

WinПОС

Пакет Обработки Сигналов

Руководство пользователя

Издание второе
(2.9)

БЛИЖ.409801.002-04 90

© 2009 НПП «Мера», г. Королев

Оглавление

Оглавление	3
Об этой книге	9
Структура книги	9
Принятые обозначения.....	10
Часть 1. Введение	11
Что такое WinПОС	11
Варианты поставки WinПОС.....	11
WinПОС в измерительном цикле	12
История создания WinПОС.....	13
Требования к компьютеру	14
Часть 2. Установка WinПОС	15
Запуск WinПОС.....	16
Порядок обновления версий.....	16
Изменение варианта поставки	16
Часть 3. Приступая к работе	17
Особенности WinПОС	17
Интерфейс WinПОС. Главное окно	17
Дерево сигналов.....	20
Дерево графиков	20
Главное меню	20
Контекстные меню	21
Панели инструментов	22
Обзор вспомогательных окон WinПОС	23
Окно настройки алгоритмов	23
Выбор сигналов	23
Менеджер сигналов	24
Редактор сценариев.....	25
Журнал.....	25
Вибролинейка	25
Окна настроек графиков.....	26
Окно справочной системы	26
Часть 4. Загрузка и сохранение сигналов	27
Форматы файлов	27
Загрузка сигналов	28

Сохранение сигналов	28
Текстовые (ASCII) файлы	29
Мастер открытия.....	29
Мастер сохранения	29
Сеансы работы.....	30
Сеансы работы.....	31
Автоматическое сохранение и восстановление сеанса.....	31
Рабочий каталог WinПОС	31
Сохранение и восстановление сеансов вручную	31
База данных испытаний	32
Часть 5. Создание графиков	33
Разновидности графиков.....	33
Создание новой страницы	34
Создание страниц по шаблону	34
Добавление графика	35
Добавление координатной оси	35
Добавление сигнала (линии).....	35
С созданием нового графика или страницы	35
В выбранный график	35
В выбранную ось координат	36
Добавление нескольких сигналов, папки.....	36
Удаление страницы, графика, линии, оси	36
Настройка графиков	37
Трехмерный график.....	41
Настройки по умолчанию.....	42
Часть 6. Просмотр сигналов.....	45
Особенности просмотра трехмерного графика.....	45
Курсор. Просмотр текущих значений	49
Двухмерный график.....	49
Синхронизация курсоров	49
Трехмерный график.....	50
Масштабирование и прокрутка графиков	50
Двухмерный график.....	51
Трехмерный график.....	52
Прослушивание сигналов	53
Вспомогательная информация о сигнале и состоянии параметра.....	54
Специализированные курсоры	56
Табличное представление сигналов	57
Использование горячих клавиш при просмотре	58
Часть 7. Редактирование сигналов и файлов	61

Редактирование файлов	61
Копирование сигналов	62
В дереве сигналов	62
С помощью Менеджера сигналов	62
Копирование части сигнала	62
С помощью панели редактирования графика	62
С помощью Менеджера сигналов	63
Склеивание сигналов	64
С помощью панели редактирования графика	64
Автоматическое склеивание сигналов	65
Параметрические и полярные сигналы	65
С помощью алгоритма «Параметрический график»	65
С помощью диалога «Создать новый сигнал» в окне Менеджер сигналов	65
Сигналы программного генератора	66
Удаление фрагментов сигнала	66
С помощью панели редактирования графика	66
С помощью Менеджера сигналов	67
Отмена редактирования	68
Работа с папкой (файлом)	68
Изменение характеристик сигнала	69
Основные свойства сигнала	69
Изменение градуировочной характеристики	69
Редактирование значений сигнала	70
Редактирование значений в таблице	70
Редактирование интервала на графике	71
Изменение одного значения	71
Часть 8. Оформление графиков и подготовка отчетов	73
Оформление графиков	73
Легенда	73
Номера линий	74
Скрытые линии	75
Координатная сетка	75
Значения на сетке	75
Вид линии	75
Представление спектра гистограммами	76
Выноски	77
Комментарии	78
Печать и сохранение графиков	78
Печать страницы	78
Подпись	79
Рулонная печать, эмуляция	79
Сохранение изображений	80

Копирование графиков через буфер обмена..... 80

Часть 9. Обработка сигналов 81

Последовательность действий..... 81

Быстрый вызов алгоритма..... 84

Настройка стандартных алгоритмов WinПОС 84

Автоспектр..... 84

Октавный спектр..... 86

Взаимный спектр 86

Комплексный спектр 87

Функция когерентности 87

Передачная функция 87

Логарифмирование..... 87

Преобразование спектра..... 87

Преобразование Гильберта..... 88

Рекурсивная фильтрация 88

Нерекурсивная фильтрация 89

Медианная фильтрация 90

Огибающая 91

Дифференцирование 91

Интегрирование (первообразная) 91

Нормирование 92

Автокорреляция, взаимная корреляция 92

Арифметические операции 92

Плотность вероятности 93

Центрирование 93

Вероятностные характеристики 93

Передискретизация..... 93

Параметрический график..... 94

Мгновенный спектр..... 94

Трехмерный спектр..... 96

Часть 10. Анализ динамических процессов, вибраций 97

Рассчитываемые характеристики..... 97

Особенности расчетов..... 98

Последовательная обработка (тренды) 99

Расчет СКЗ в полосе..... 101

Расчет АФЧХ 101

Вибропаспорт 107

РЕЖИМ WINPOS..... 109

РЕЖИМ EXCEL 116

Диаграмма Кэмпбелла..... 119

Настройки..... 120

Окно результатов	121
Порядковый анализ.....	124
Настройки.....	127
Часть 11. Автоматизация WinПОС.....	129
Сценарии WinПОС	129
Запуск из командной строки	130
Приложение А. Алгоритмы обработки	131
Введение	131
Спектральный анализ.....	132
Спектр	133
Спектр мощности	133
Спектр плотности мощности	134
Спектральная плотность энергии.....	134
Амплитудный спектр (СКЗ)	134
Комплексный спектр.....	134
Взаимные спектральные характеристики	135
Взаимный спектр	135
Взаимный спектр плотности мощности	135
Функция когерентности функция некогерентности	136
Когерентная и некогерентная выходная мощность	136
Отношение сигнала к шуму	136
Передаточная функция	136
Фильтрация.....	137
Медианный фильтр	137
Вероятностные характеристики	137
Математическое ожидание (среднее значение)	138
Дисперсия	138
Среднеквадратичное отклонение.....	138
Асимметрия	138
Экссесс.....	138
Оценка плотности распределения вероятности.....	138
Метод ядерных оценок	138
Гистограмма	139
Логарифмирование	139
Автокорреляция	139
Взаимная корреляция.....	140
Дифференцирование.....	140
Интегрирование	140
Нормирование.....	142
Центрирование	142
Преобразование Гильберта. Вычисление огибающей	142

Вычисление огибающей с использованием детектора.....	143
Расчет октавных спектров.....	143

Приложение Б. Рекомендации по применению алгоритмов обработки 147

Практический анализ сигналов с применением алгоритма БПФ.....	147
Ограничения метода БПФ.....	147
Эффект наложения.....	148
Эффект взвешивания.....	148
Эффект частотола.....	149
БПФ с увеличением масштаба частоты.....	149
Увеличение масштаба частоты в реальном времени.....	150
Увеличение масштаба частоты без разрушения информации.....	150
Параметры анализа на основе БПФ.....	151
Использование весовых окон при гармоническом анализе.....	151
Эквивалентная шумовая полоса (ЭШП).....	152
Усиление преобразования (УП).....	153
Корреляция перекрывающихся участков.....	153
Максимальные потери преобразования.....	154
Обнаружение двух близких тонов.....	154
Заключение.....	154
Корреляционный анализ.....	156
Автокорреляционная функция и функция взаимной корреляции.....	156
Главные области практического применения.....	157
Коэффициент корреляции и функция когерентности.....	159
Коэффициент корреляции.....	159
Функция когерентности.....	160
Когерентная выходная мощность.....	161
Частотные характеристики. Рекомендации.....	161
Рекомендации по применению цифровых фильтров.....	162
Сравнительная характеристика методов численного интегрирования дифференциального уравнения.....	163
Рекомендуемая литература.....	164

Приложение В. Форматы файлов..... 165

1. Структура файла УСМЛ.....	165
2. Структура файла МЕРА.....	166
3. Структура файла настроек расчета вибропаспорта.....	169

Приложение Г. Возможные проблемы. Методы устранения .. 171

Глоссарий 173

Об этой книге

Эта книга является полным руководством по работе с пакетом обработки сигналов – WinПОС. Книга рассчитана на пользователей Windows, поэтому не содержит описания стандартных в Windows элементов графического пользовательского интерфейса (GUI).

Структура книги

Часть 1 рассказывает о возможностях, области применения, истории создания WinПОС.

Часть 2 содержит необходимые сведения по установке и обновлению WinПОС, требования к компьютеру.

Часть 3 знакомит с интерфейсом и дает общее представление о принципах работы в WinПОС. Содержит ссылки на описание всех элементов интерфейса, может использоваться как справочник при работе с пакетом.

Части с 4 по 11 подробно описывают методы работы и интерфейс WinПОС.

Приложение А содержит математическое описание алгоритмов WinПОС.

В *Приложении Б* собраны методические рекомендации по применению алгоритмов.

В *Приложении В* описываются форматы файлов WinПОС.

Приложение Г может помочь при возникновении сбоев и нестандартных ситуаций.

В конце книги помещен *гlossарий*.

Принятые обозначения

Для облегчения восприятия текста в руководстве используются следующие обозначения.

- < > В угловых скобках даются обозначения клавиш и их комбинаций, например, <Ctrl>

- Символ → разделяет уровни меню. Таким образом, запись **Файл→Открыть...** говорит о том, что в меню **Файл** следует выбрать пункт **Открыть...**

- Файл** Жирным шрифтом выделены названия пунктов меню или элементов диалоговых окон, которые можно выбрать, активизировать при помощи мышки.

- Сигнал* Курсивом выделены названия глав руководства, окон WinПОС и термины, впервые появляющиеся в тексте, объяснение которым дается в *Глоссарии*.

- signal Равномерным шрифтом выделен текст или числа, которые необходимо ввести с клавиатуры, строки конфигурационных файлов.

- ❗ Важная информация, совет или рекомендация.

Часть 1. Введение

Что такое WinПОС

Программный продукт WinПОС предназначен для обработки измерительной информации с помощью стандартных математических и статистических *алгоритмов*, графического представления данных и документирования.

WinПОС – это:

- мощный графический интерфейс (2D и 3D),
- пакетная обработка данных,
- более 50 алгоритмов обработки *сигналов*,
- поддержка сценариев (VBScript) и подключаемых модулей,
- средства оформления *графиков*,
- подготовка отчетов,
- анализ вибраций,
- сигналы длиной до 2 миллиардов значений,
- интеграция с MR-300 и Recorder,
- подробное руководство пользователя и программиста,
- развернутая справочная система.

Варианты поставки WinПОС

WinПОС поставляется в четырех редакциях: view, standard, professional и expert.

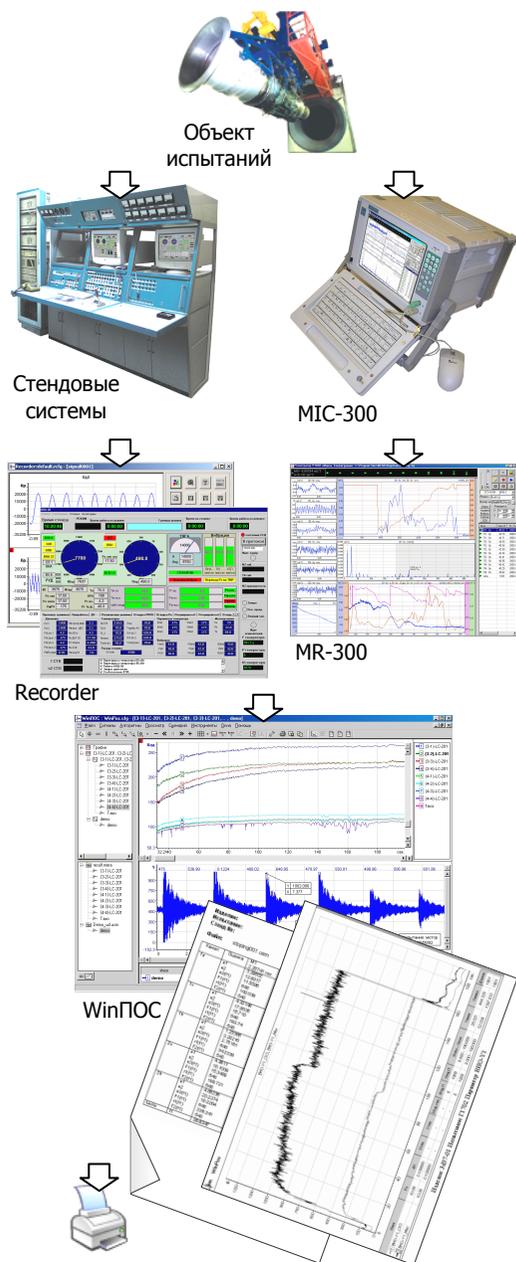
WinПОС **view**, в отличие от **standard**, содержит демонстрационный набор алгоритмов и предназначен преимущественно для просмотра измерительной информации и документирования.

WinПОС в вариантах поставки **professional** и **expert** позволяет создавать свои собственные алгоритмы обработки сигнала, автоматизировать процесс обработки входного сигнала от выбора входного файла до документирования результатов обработки. Трехмерные сигналы также поддерживаются только в двух старших версиях.

WinПОС **expert** позволяет произвести анализ нестационарных, динамических процессов, в том числе и вибрационных (См. ч. 10 *Анализ вибраций*).

	Алгоритмы	Сценарии, плагины	Трехмерные сигналы	Анализ вибраций
view	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
standard	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
professional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
expert	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

WinПОС в измерительном цикле



НПП «Мера» производит и поставляет аппаратные и программные средства для полной автоматизации сбора и обработки измерительной информации. WinПОС – одно из завершающих звеньев этого цикла.

Портативные многоканальные комплексы, стенды и системы мониторинга оснащаются регистраторами (Recorder и MR-300). Регистратор выполняет функции цифрового магнитофона, может осуществлять специализированную обработку данных и формировать управляющие воздействия.

Дальнейшая обработка зарегистрированной информации проводится в WinПОС, переключение в который производится нажатием кнопки  в регистраторах.

Алгоритмы WinПОС в сочетании со сценариями и подключаемыми модулями позволяют реализовывать комплексные процедуры обработки. Завершить обработку помогает профессиональный набор средств подготовки отчетов. WinПОС органично дополняет средства регистрации разработки НПП «Мера», а также успешно применяется и как самостоятельный инструмент, и в сочетании с другими исследовательскими пакетами.

История создания WinПОС

Название **WinПОС** расшифровывается как **П**акет **О**бработки **С**игналов (ПОС) для Windows.

В начале 90-х годов прошлого века НПП «Мера» был разработан Пакет Обработки Сигналов – ПОС. Это была революционная по возможностям программа для своего времени. Она нашла применение практически во всех отраслях промышленности и использовалась многими исследовательскими и научными учреждениями.

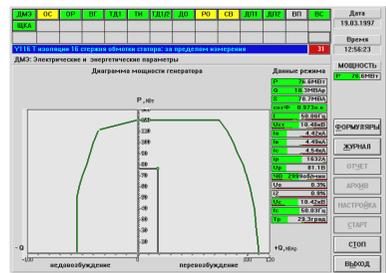
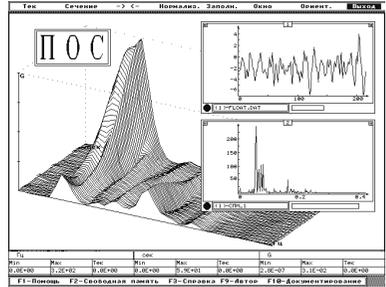
В середине 90-х был разработан пакет ПОС-М, позволивший применить удачные решения ПОС в мониторинге и системах стендовых испытаний. Предприятия энергетики, авиадвигателестроительные фирмы, плавучий космодром «Морской старт» и сейчас эксплуатируют ПОС-М.

Ограничения операционной системы MS-DOS и растущие требования к объемам измерительных данных и удобству их обработки, представления, не позволяли совершенствовать ПОС и ПОС-М в их прежнем виде. Так появился WinПОС.

WinПОС унаследовал лучшие из ПОС (мощный математический инструментарий, простоту и удобство работы, расширяемость) и поднял их на новый, современный уровень.

WinПОС **expert** заменил динамические анализаторы разработки НПП «Мера» - программы DAN и WDAN.

В 2004 году было получено Свидетельство об официальной регистрации программы «Пакет обработки сигналов WinПОС».



Требования к компьютеру

WinПОС устанавливается на любой компьютер с архитектурой PC под управлением ОС Microsoft Windows 98 SE и старше: Windows 2000, XP и т.д.

На компьютере должен быть свободен один порт USB или LPT (ключ для параллельного порта допускает подключение в разрыв между компьютером и внешним LPT-устройством, например, принтером).

Программа занимает не более 20 Мбайт дискового пространства (в зависимости от варианта поставки), однако желательно обеспечить запас дискового пространства, достаточный для сохранения временных файлов, сеансов работы и результатов расчетов.

В нижнем правом углу окна WinПОС показывается свободное пространство на жестком диске, доступное для размещения временных файлов и сохранения файлов сеансов.

- ❗ При нехватке места – примите меры по расчистке диска или выберите другой диск (раздел диска) для размещения рабочего каталога WinПОС (См. ч.4. *Загрузка и сохранение сигналов, Сеансы работы*, рис. 4.7).

Для обеспечения приемлемой скорости расчетов частота процессора должна быть не ниже 1 ГГц, а объем оперативной памяти не менее 128 Мб.

Для работы с трехмерной графикой желателен графический адаптер с поддержкой аппаратного ускорения функций OpenGL и мышка с колесиком прокрутки.

Часть 2. Установка WinПОС

Вставьте компакт-диск WinПОС в CD-ROM компьютера. Установка WinПОС начнется автоматически. Если автозапуск запрещен, запустите программу Setup.exe из корневого каталога компакт-диска. В появившемся окне (рис. 2.1) выберите «Установить WinПОС».

Следуйте инструкциям программы установки. Для перехода между страницами мастера используйте кнопки < Назад и Далее >, по окончании настройки нажмите **Установить** и на последней странице - **Готово**.

В ходе установки Вам будет предложено ознакомиться с текстом *Лицензионного соглашения*. Подтвердите согласие с ним, выбрав «**Я принимаю соглашение**».

Программа установки позволяет:

- изменить стандартный путь установки (C:\Program Files\MERA\WinPOS),
- задать название папки в меню *Пуск*,
- выбрать состав ПО: выставите *полную* или *компактную установку*, либо отметьте необходимые компоненты галочками (см. рис. 2.2),
- разместить на рабочем столе и панели быстрого запуска дополнительные ярлыки для ускорения запуска WinПОС.



Рис. 2.1. Автозапуск WinПОС

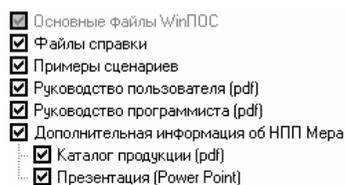


Рис. 2.2. Состав ПО

По окончании установки предлагается перезагрузить компьютер. При обновлении WinПОС можно выбрать «**Нет, я перезагружу компьютер позже**».

Для запуска WinПОС Вам потребуется подключить электронный USB- или LPT-ключ. Программа установки выводит подробную инструкцию по подключению и эксплуатации электронных ключей, которую также можно найти в файле instruct.pdf (подкаталог Active установочной директории WinПОС).

1. USB-ключ не следует подключать к компьютеру до установки WinПОС, иначе Windows начнет самостоятельный поиск драйвера для него. Если же это произошло, следует отказаться от поиска драйвера мастером Windows, нажав кнопку **Отмена**, и отсоединить USB-ключ от компьютера.

- 2.** Под ОС Windows XP после присоединения USB-ключа запускается Мастер нового оборудования. Для корректной работы ключа необходимо выполнить инструкции Мастера, не обращая внимания на предупреждение о том, что драйверы не тестировались на совместимость с XP и предложение прекратить установку.

3. Для Windows NT/2000/XP необходимо, чтобы Вы обладали правами АДМИНИСТРАТОРА системы. Для пользователей с обычными правами Windows NT запрещает операции установки, удаления и конфигурирования драйверов.
4. LPT-ключ можно присоединять к работающему компьютеру только при отсутствии периферийных устройств на данном порту.

Запуск WinПОС

WinПОС запускается с рабочего стола, панели быстрого запуска и через меню **Пуск** Windows. Зарегистрированные сигналы открываются в WinПОС кнопкой панели управления MR-300 и Recorder или двойным щелчком мышки на имени файла данных (МЕРА или УСМЛ) в *Проводнике* Windows.

Порядок обновления версий

Обновленную версию WinПОС можно скачать с сайта www.nppmera.ru (раздел *Поддержка/Download*). Имя файла программы установки зависит от варианта поставки и версии WinПОС. Например, это имя может выглядеть так:

winpos-2.0.0.0-pro-setup.exe

Здесь *2.0.0.0* – номер версии, *pro* - вариант поставки (См. в ч.1 главу *Варианты поставки WinПОС*).

Список изменений и исправлений можно найти в файле WhatsNew.txt в установочной директории WinПОС.

В целях уменьшения размера программа установки не содержит электронных версий *Руководства пользователя* (WPUsersGuide.pdf) и *Руководства программиста* (WPProgrammersGuide.pdf). Последние редакции этих документов можно скачать с той же страницы сайта. Если сохранить их в одной директории с программой установки, то они будут установлены так же, как и с компакт-диска. Эти файлы также можно самостоятельно скопировать в установочную директорию WinПОС.

Изменение варианта поставки

Электронный ключ WinПОС позволяет запускать обозначенный на ключе вариант поставки и младшие редакции пакета. Если возникла потребность в использовании старшей версии WinПОС (т.е. в переходе «View» → «Standard» → «Professional» → «Expert»), возможно дистанционное перепрограммирование ключа.

После оплаты повышения версии WinПОС надо запустить программу GSRemote.exe из установочного каталога WinПОС, выбрать **Обновление содержимого памяти ключа**, затем **Создать число-вопрос**. Полученное число выслать по адресу winpos@nppmera.ru. По получении числа-ответа в этой же программе выбрать **Обработать число-ответ** и **Обновление блока памяти**, затем ввести число-ответ в соответствующее поле. Если операция обновления прошла успешно, можно скачать и установить заказанную версию WinПОС.

Часть 3. Приступая к работе

Особенности WinПОС

При разработке WinПОС особое внимание уделялось оптимизации пользовательского интерфейса, упрощению повторяющихся операций без потери гибкости и настраиваемости.

Так, для построения графиков всех параметров открытого файла достаточно одного движения мышки, а диапазон обработки можно задать в одно действие. Выберите алгоритм в выпадающем меню, если требуется – настройте, нажмите кнопку **Выполнить**, и можете просматривать результаты в виде графиков.

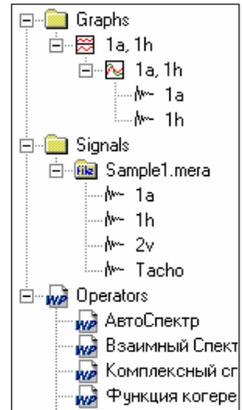
В основе такой модели пользовательского интерфейса лежит несколько принципов.

1. *Что вижу – то обрабатываю.* Любое действие, по умолчанию, относится к сигналу или сигналам, отображаемым в данный момент в графике. Если виден только фрагмент сигнала – обработка будет проведена на выбранном интервале.

2. Все объекты WinПОС хранятся в иерархической структуре - *глобальном дереве*, которое выполняет в WinПОС те же функции, что и реестр или файловая система в Windows. Любой сигнал, график или алгоритм имеет свое имя и место в этом дереве. Поэтому, даже если сигнал не отображается в графике, к нему можно обратиться через дерево.

3. *Пакетная обработка.* Операция с *папкой* в дереве приводит к обработке всех объектов этой папки. Таким образом можно обработать все сигналы одной папки, графика или *страницы* как один сигнал.

Далее в этой части следует краткое описание интерфейса WinПОС, которое (в особенности схемы на рис. 3.1-3.3) в дальнейшем можно использовать как справочник при изучении остальных частей *Руководства* и дальнейшей работе в WinПОС.



Интерфейс WinПОС. Главное окно

Управление программой осуществляется через привычный для пользователей ОС Windows графический интерфейс. Вид главного окна WinПОС приведен на рисунке 3.1.

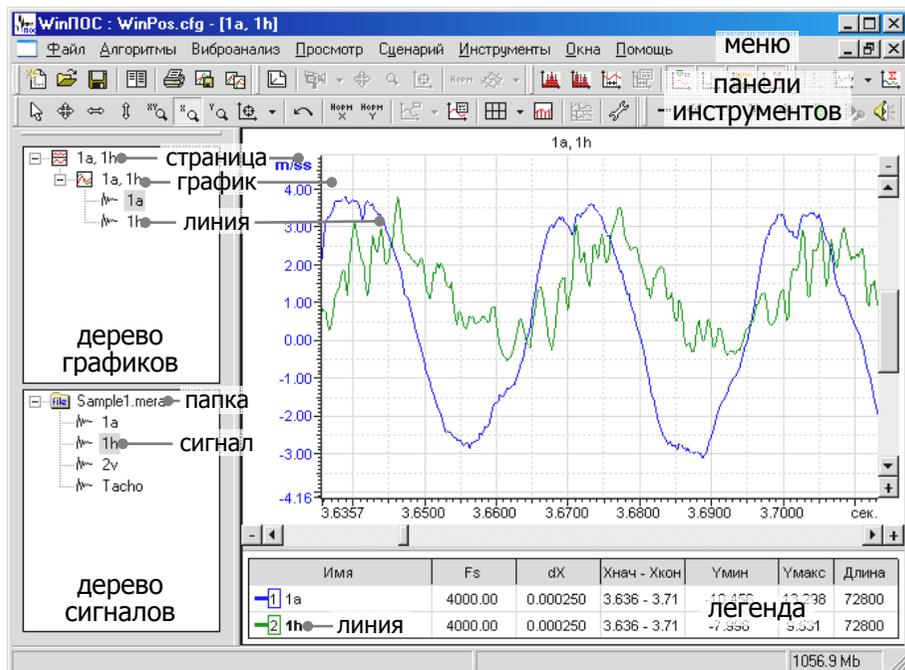


Рис. 3.1. WinПОС. Общий вид



Рис. 3.2. Контекстные меню основных объектов WinПОС

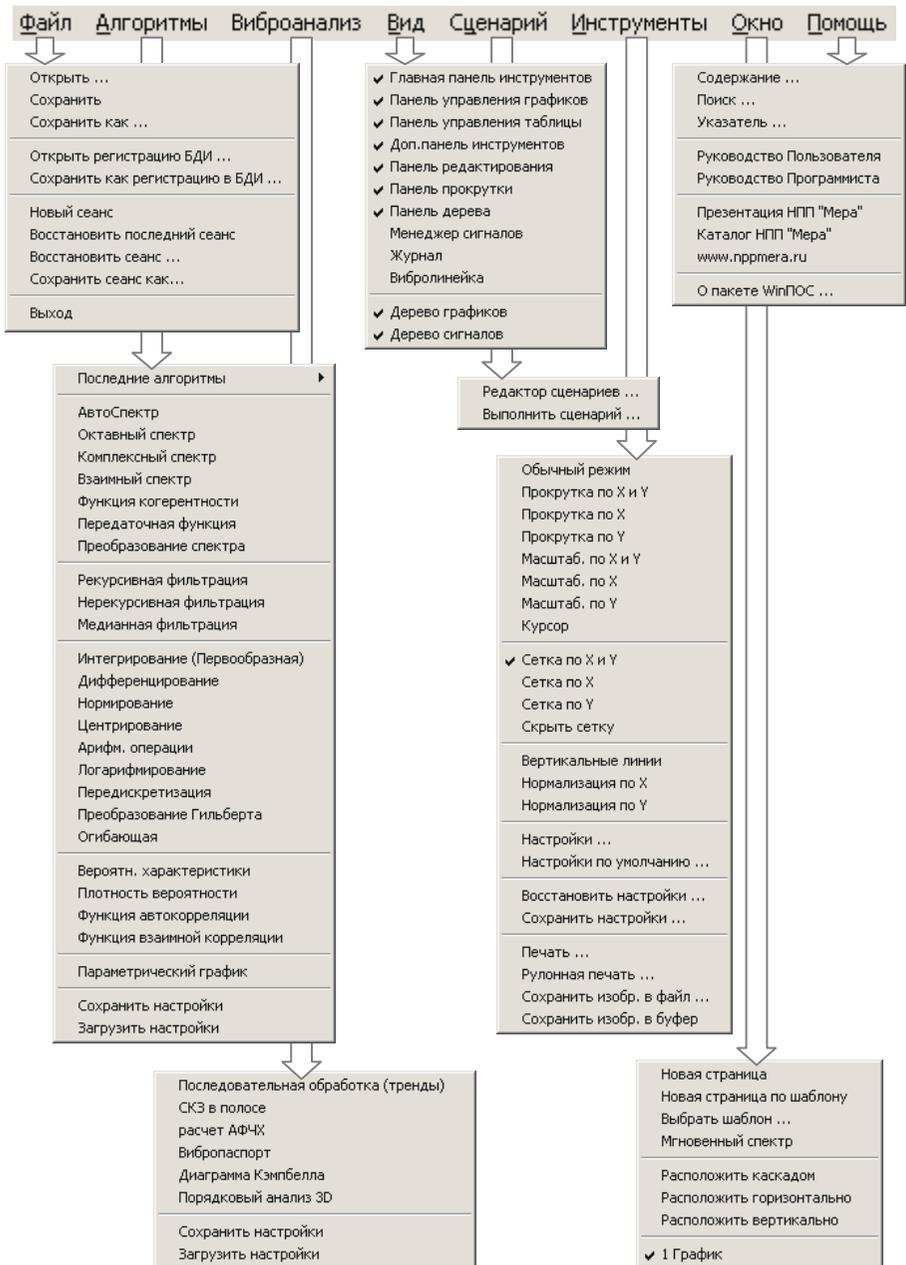
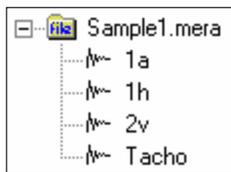


Рис 3.3. Главное меню

Большую часть окна занимает рабочая область, в которой размещаются страницы с графиками. Обычно слева от рабочей области помещается *Панель Древа*. Нижнюю часть её занимает *Дерево сигналов*, верхнюю – *Дерево графиков*.

Дерево сигналов



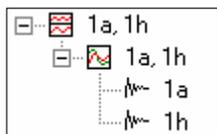
Все открытые в WinПОС сигналы помещаются в глобальное дерево (см. выше), в папку Signals. Содержимое этой папки показывается в *Дерево сигналов*.

Каждому сигналу соответствует один элемент, лист дерева. Сигналы группируются в папки. Так все результаты расчетов попадают в папку *Результаты*.

Файлы МЕРА и УСМЛ при открытии помещаются в дерево как папки с сигналами.

Значок «+» слева от имени папки позволяет раскрыть содержимое папки, «-» - скрыть. Двойной щелчок мышкой на папке создает страницу с графиками сигналов этой папки, на сигнале – открывает диалог *Добавления линий* (Рис. 5.7).

Дерево графиков



Верхний уровень дерева графиков – страницы, к ним привязаны графики, к графикам – *линии*, изображающие сигнал.

Двойной щелчок на имени страницы, графика или линии делает этот элемент активным. В рабочей области справа выбранная страница рисуется поверх остальных страниц, график помечается значком , а линия перерисовывается поверх остальных линий графика и выделяется в легенде жирным шрифтом. См. ч.6 *Просмотр графиков*.

Главное меню

Схематично изображено на рис. 3.3. Полное описание в соответствующих частях настоящего *Руководства* (указаны в скобках).

Файл: операции открытия, сохранения файлов, сохранения и загрузки настроек, выход. В нижней части меню – список последних открытых файлов. (См. ч.4. *Загрузка и сохранение сигналов*).

Алгоритмы: список алгоритмов обработки сигналов (См. ч.9. *Обработка сигналов*), сохранение и загрузка настроек алгоритмов. Галочка слева от

названия показывает, что этот алгоритм выбран в качестве алгоритма по умолчанию. (См. там же *Быстрый вызов алгоритма*).

Виброанализ (только WinПОС **expert**): список алгоритмов виброанализа (См. ч.10. *Анализ вибраций*), сохранение и загрузка настроек алгоритмов.

Вид – изменение вида WinПОС, включение и отключение панелей инструментов, вспомогательных окон (См. ниже *Вспомогательные окна WinПОС*). Включенный элемент слева помечается галочкой.

Сценарий (только WinПОС **professional** и **expert**): встроенный редактор, запуск сценариев (См. ч.11. *Сценарии WinПОС*). В нижней части меню – список последних выполненных сценариев.

Инструменты: команды панели управления графиком, вызов диалогов настройки активного графика и настроек по умолчанию (См. ч.6 *Просмотр сигналов*), команды документирования (дублируются на главной панели инструментов, см. ч. 8 *Подготовка отчетов и печать*)

Окно: команды создания новых страниц (См. ч.5. *Создание графиков*), стандартные команды MDI Windows по расположению страниц в рабочей области (Обычно всю область занимает текущая страница). В нижней части меню – список созданных страниц. Активная страница отмечается галочкой.

Помощь - доступ в справочную систему WinПОС (**Содержание...**) и информация **О пакете WinПОС...**: версия программы, телефон технической поддержки, другая контактная информация.

Контекстные меню

Объектами WinПОС можно управлять через контекстные меню, доступ к которым открывается правой кнопкой мышки над выбранным объектом (Рис. 3.2).

Так, для открытия контекстного меню страницы надо щелкнуть правой кнопкой мышки по названию страницы в дереве графиков.

Меню графика – по названию графика в дереве графиков или в поле графика. Меню графика включает в себя пункты меню страницы.

Меню линии – по названию линии в дереве графиков или по имени сигнала в легенде.

Меню папки и сигнала – в дереве сигналов.

Панели инструментов

На панели инструментов вынесены наиболее важные команды управления WinПОС. Включая и скрывая панели в меню **Вид**, можно подобрать оптимальный набор инструментов для любых задач. В скобках даны номера частей руководства, где описываются эти инструменты. Наиболее удобное расположение панелей можно подобрать, перемещая панели мышкой (надо "ухватиться" мышкой за полосу с левой стороны панели).

Главная панель инструментов

 Создать новую страницу (5),  Создать новую 3D-страницу (5),  Открыть...,  Сохранить как... (4),  Открыть Менеджер сигналов (7),  Печать графика/таблицы,  Сохранить изображение страницы в файле,  Сохранить изображение страницы в буфере обмена (8).

Панель графика

 Прокрутка поля графика,  Масштабирование графика,  Показать курсор,  Нормализация,  Возврат к предыдущему диапазону,  Сетка,  Вертикальные линии от точек сигнала (8),  Сетка (6),  Фиксированный/свободный вид,  Перемещение и поворот графика,  Добавить выноску (флаг),  Добавить комментарий,  Синхронизация курсоров (6),  Настройки (5).

Дополнительная панель инструментов

 Модуляционный курсор,  Гармонический курсор,  Разностный курсор,  Расширенная информация по разностному курсору,  Отображать метки, режимы, уставки, разрывы и статусы,  Установить, переименовать, удалить метку или режим,  Выбор режима отображения регистраций с паузами,  Отображение с учетом информации Системы Единого Времени (6).

Панель редактирования

 Редактирование значений,  Замена значений сигнала,  Склейка сигналов графика,  Копирование с созданием нового сигнала,  Копирование фрагмента сигнала,  Вставка фрагмента сигнала,  Выделение фрагмента сигнала,  Удаление фрагмента сигнала,  Отмена редактирования сигнала,  Работа с папкой (7).

Панель прокрутки

 Медленнее,  Протяжка влево,  Остановить,  Протяжка вправо,  Быстрее,  Озвучить текущий сигнал,  Воспроизведение звуковой дорожки,  Регулировка громкости (6).

Панель управления таблицы

 Новая таблица,  Сохранить изменения,  Сохранить таблицу как...,  Отменить изменения,  Повторить изменения (6).

Обзор вспомогательных окон WinПОС

Окно настройки алгоритмов

Большинство алгоритмов обработки сигнала требуют дополнительной настройки, которая происходит при выборе варианта обработки в подменю *Алгоритмы* главного или контекстных меню. Окно настройки состоит из одинаковой для всех алгоритмов правой части, где задаются источники данных и имена результатов, и левой части, где задаются значения параметров алгоритма.

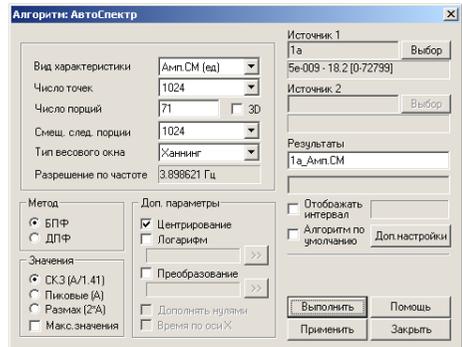


Рис. 3.4. Настройка алгоритмов. Автоспектр

Подробнее - см. часть 9. *Обработка сигналов.*

Выбор сигналов

Кнопка **Выбор** окна настройки алгоритмов, окна сохранения сигналов открывает диалог *Выбор сигналов* (Рис. 3.5).

В левой части окна можно выбрать сигнал из *Дерева сигналов* или *Графиков* (переключаются закладками внизу окна дерева). Справа – окно с краткой информацией о выбранных сигналах.

Окно предварительного просмотра внизу и поля ввода справа служат для выбора участка сигнала для дальнейшей работы.

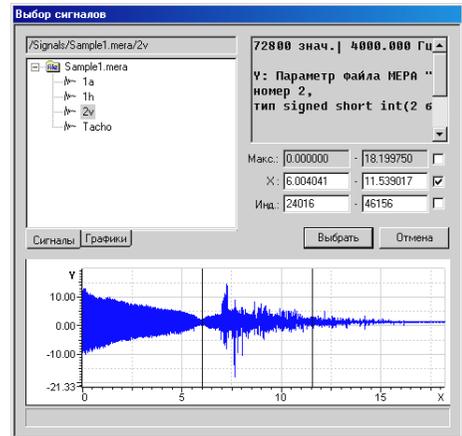


Рис. 3.5. Выбор сигналов

Для изменения или выбора интервала переместите левый и правый курсоры в окне предварительного просмотра (при выборе всего сигнала совпадают с границами графика) или выставите точные значения в полях **X** или **Инд.** Галочки справа от этих полей устанавливают режим выбора диапазона при пакетной обработке сигналов из одной папки (**Макс.** – означает весь сигнал).

❶ При выборе сигналов из *Дерева графиков* по умолчанию устанавливается диапазон значений сигналов, отображаемый на выбранном графике.

См. также в ч. 4. главу *Сохранение сигналов* и ч. 9 *Обработка сигналов*.

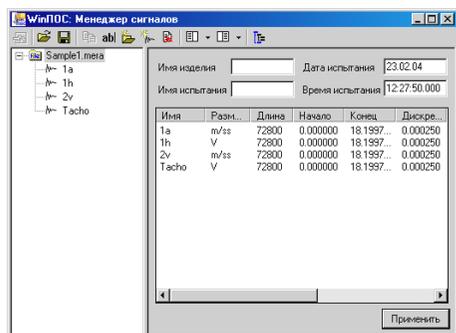


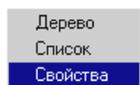
Рис. 3.6. Менеджер сигналов

Менеджер сигналов

Менеджер сигналов предназначен для просмотра и изменения информации о файлах, сигналах, градуировочных характеристиках, просмотра значений сигналов в табличном виде. Предоставляет сервис копирования, переименования, каталогизации, чтения и записи сигналов. Открывается кнопкой  или через Вид→Менеджер сигналов. См.

также Часть 7. *Редактирование сигналов*.

Окно *Менеджера сигналов* (Рис. 3.6) состоит из двух информационных панелей и панели инструментов. Каждая из информационных панелей может отображаться в виде «дерева» или «списка». На правой панели может отображаться информация о выбранном объекте в виде «страниц свойств».



Переключение вида панелей производится нажатием кнопок   на панели инструментов: простое нажатие кнопки вызывает циклический перебор состояний панели, по стрелке справа от кнопки можно сразу установить требуемый вид панели.

Назначение кнопок панели инструментов менеджера сигналов.

-  F4 Создать график выделенного сигнала.
-  F3 Открыть файл. Дублирует команду **Файл**→**Открыть**.
-  F2 Сохранить как... Дублирует команду **Файл**→**Сохранить как...**
-  F5 Копировать. В открывающемся диалоговом окне задается новое расположение сигналов и диапазон значений для копирования. Опция удаления оригиналов позволяет заменить копирование сигналов операцией перемещения.
-  F6 Переименовать выделенный объект.
-  F7 Создать новую папку в дереве сигналов.
-  Создать новый сигнал.
-  F8 Удалить выбранный объект.
-  Alt+F1 Переключить (установить) вид левой панели
-  Alt+F2 Переключить (установить) вид правой панели
-  Показывать все ресурсы WinПОС: выводятся каталоги сигналов, графиков и алгоритмов.

Редактор сценариев

WinПОС в вариантах поставки **professional** и **expert** позволяет создавать свои собственные алгоритмы обработки сигнала, автоматизировать процесс обработки входного сигнала от выбора входного файла до документирования результатов обработки. В состав WinПОС входит удобная среда для редактирования, выполнения и отладки сценариев на VBScript (Рис. 3.7).

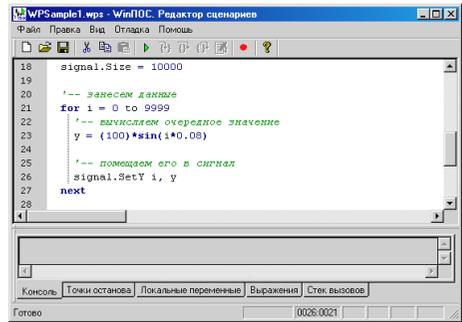


Рис. 3.7. Редактор сценариев

Подробнее - см. часть 11. *Сценарии WinПОС и Руководство программиста.*

Журнал

В *Журнал* (Рис. 3.8) автоматически заносятся действия оператора (открытие и сохранение файлов, выполнение алгоритмов и др.). Журнал можно использовать также как записную книжку, что делает его удобным инструментом для систематизации процесса обработки данных. Каждая строка журнала содержит время, описание события и строку дополнительных параметров (например, настроек выполненного алгоритма).

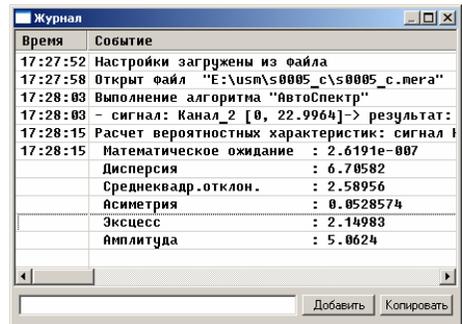


Рис. 3.8. Окно журнала

Для работы с журналом выберите: **Вид**→**Журнал**. Для добавления заметки – впишите текст в поле ввода и нажмите **Добавить**. Для переноса текста в буфер обмена – выделите строки и нажмите **Копировать**.

Окно журнала показывает историю текущего сеанса работы. Полная история хранится в файле winpos.log в рабочем каталоге WinПОС.

Вибролинейка

Так называется в WinПОС окно пересчета вибропараметров (Рис. 3.9). При заданной частоте вибраций и по одному параметру – ускорению, скорости или перемещению, рассчитываются остальные два вибропараметра. Открыть: **Вид**→**Вибролинейка**.



Рис. 3.9. Вибролинейка

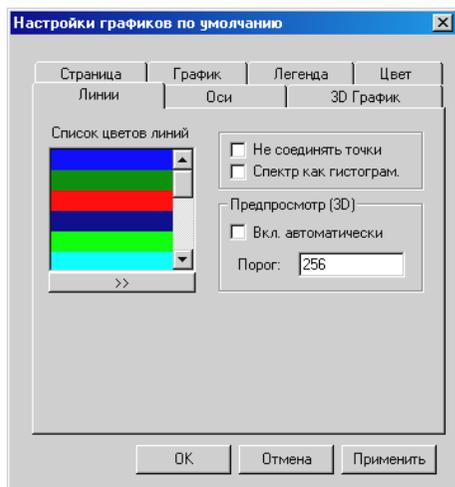


Рис. 3.10. Настройки по умолчанию

Окна настроек графиков

Взаимное расположение графиков на странице, вид графика, легенды, формат представления и цвет сигналов можно выбрать на закладках окон настроек графиков. Окно *настроек графиков по умолчанию* (показано на рис. 3.10) изменяет характеристики новых графиков. Вид уже созданных графиков можно изменить с помощью окна *настроек графиков* (рис. 5.9-5.19).

Подробнее - см. часть 5. *Создание графиков*, глава *Настройка графиков*.

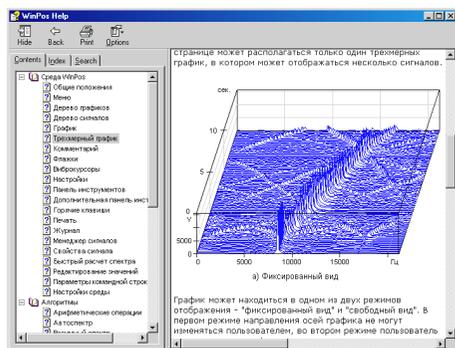


Рис. 3.11. Окно справочной системы

Окно справочной системы

Справочная система WinПОС содержит описание пользовательского интерфейса, алгоритмов, вибрационного анализа, методов написания сценариев, контактную информацию и ссылки на электронные версии Руководства Пользователя и Программиста.

Доступ к справочной системе осуществляется по клавише <F1>, через меню **Помощь**→**Содержание...** или

по кнопке **Помощь** в настройках алгоритмов. Справка WinПОС оформлена в виде стандартного файла помощи Windows (CHM) и кроме перечня статей содержит алфавитный указатель и систему поиска по ключевому слову (Рис. 3.11).

Часть 4. Загрузка и сохранение сигналов

Форматы файлов

WinПОС позволяет загружать и сохранять данные в форматах МЕРА и УСМЛ, а также работать с двоичными и текстовыми (ASCII) форматами файлов, таблицами MS Excel (См. рис. 4.1).

Форматы МЕРА и УСМЛ предназначены для пакетного хранения сигналов. Двоичные данные каждого параметра сопровождаются описанием сигнала, включающим градуировочные характеристики, информацией об испытании и процессе регистрации.

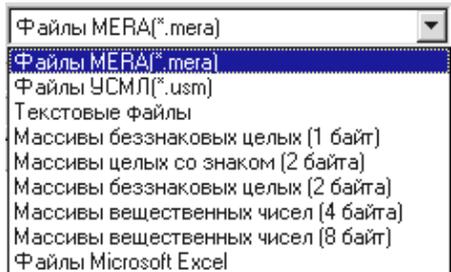


Рис 4.1 Типы файлов

Формат МЕРА – единый формат хранения измерительной информации, разработанный для применения в регистраторах и WinПОС. Вибрационный анализ работает только с файлами МЕРА.

Основные характеристики формата МЕРА:

- практически неограниченное число сигналов,
- сигналы длиной до 2 миллиардов измерений (до 16Гб),
- открытость, простота операций и легкая расширяемость,
- раздельное хранение двоичных данных каждого сигнала и описаний обеспечивает:
 - повышенную надежность,
 - быстрый доступ к параметрам, включая операции редактирования, добавления и удаления сигналов.

Формат УСМЛ, сложившийся во времена господства катушечных магнитофонов, из-за ряда ограничений не отвечает современным требованиям, и реализован в WinПОС из соображений совместимости (в том числе с пакетом ПОС).

① **Файлы УСМЛ легко можно преобразовать в МЕРА с помощью меню **Сохранить как...**** Следует помнить, что при обратном преобразовании (из МЕРА в УСМЛ) теряется часть дополнительной информации (комментарии, метки, режимы и т.п.).

Форматы МЕРА и УСМЛ описываются в приложении В. *Форматы файлов.*

Загрузка сигналов

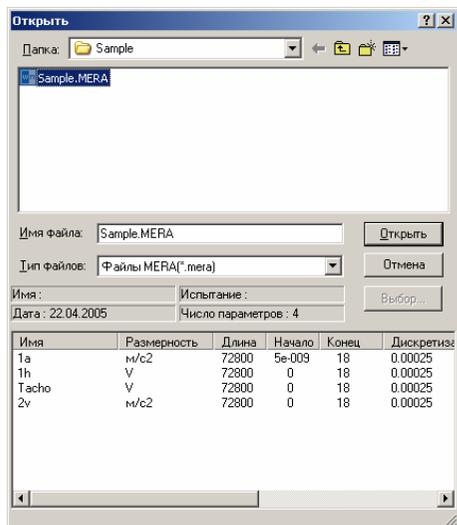


Рис. 4.2 Открытие файла

Выберите **Файл→Открыть...**, кнопку  главной панели инструментов или нажмите <F3>.

Окно *Открытие файла* (Рис. 4.2) – стандартный диалог Windows, в нижней части которого находится панель предварительного просмотра содержимого файла.

Установите формат данных из списка **Тип файлов** (Рис. 4.1).

Найдите файл и нажмите **Открыть**. В дереве сигналов появится новый сигнал или папка сигналов.

Файлы MERA и УСМЛ открываются  также из проводника Windows двойным щелчком на имени файла.

Название сигнала получается из файла MERA или УСМЛ, из заголовка текстового файла или соответствует имени двоичного файла. Название, единицы измерения и другие характеристики сигнала можно изменить в *Менеджере сигналов* (См. ч.7 *Редактирование сигналов*).

Файлы MERA и УСМЛ содержат полные описания сигналов. Для корректного создания сигналов из двоичных или текстовых файлов требуется задать, как минимум, частоту дискретизации. Работать с текстовыми файлами помогают мастера открытия и сохранения (См. ниже).

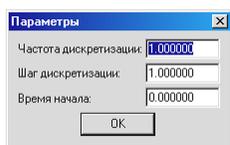


Рис. 4.3 Параметры

При открытии двоичного файла можно задать дискретизацию сигнала (частоту или шаг) и время начала регистрации в диалоге *Параметры* (Рис. 4.3).

Сохранение сигналов

Для сохранения сигналов в контекстном меню страницы, графика, линии, сигнала или папки следует выбрать пункт **Сохранить как...**. Данные из *Дерева сигналов* также можно сохранить с помощью пунктов подменю **Файл** главного меню или кнопкой .

Окно *Сохранение* (Рис. 4.4) – стандартный диалог Windows, в нижней части которого находится панель предварительного просмотра содержимого файла.

Установите формат данных из списка **Тип файлов** (Рис. 4.1).

В случае сохранения данных из дерева сигналов будут записаны полные диапазоны значений сигналов. При вызове диалога из контекстного меню страницы, графика или линии будет сохранен видимый диапазон значений сигналов.

Для изменения сохраняемого диапазона и перечня сигналов следует нажать кнопку **Выбор...**, которая откроет окно *выбора сигналов* (Рис. 3.5).

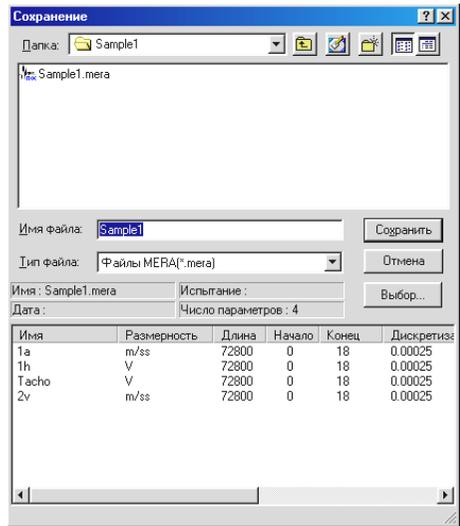


Рис. 4.4. Сохранение файла

Текстовые (ASCII) файлы

При открытии текстового файла запускается *Мастер открытия текстовых файлов* (Рис. 4.5). А *Мастер сохранения текстовых файлов* (Рис. 4.6) поможет создать текстовые файлы со столбцами значений сигналов.

Для перехода между страницами мастера используйте кнопки **<Назад** и **Далее>**, по окончании настройки нажмите **Готово** на последней странице.

Мастер открытия

На первой странице задается общий формат текстового файла. Вторая страница позволяет выполнить разбиение на столбцы. На третьей странице столбцы ассоциируются с сигналами. Если в файле присутствуют столбцы времени, необходимо указать порядок чередования столбцов. В противном случае – задать дискретизацию (поля **x0** – начальное значение времени, **dx** – шаг по времени, **f** – частота). В списке можно также изменить имена сигналов по умолчанию.

Мастер сохранения

На первой странице отображается список выбранных сигналов, задается порядок чередования столбцов значений и времен. Можно задать **разделитель колонок**, включить автоматическое формирование шапки таблицы: включить **имена сигналов** (имя столбца времени задается отдельно) и **единицы измерения** в двух первых строках таблицы. При выборе опции **Отдельный**

файл для каждого сигнала на диске будет создан каталог с именем, которое отображается в поле Имя файла в окне Сохранить как... (Рис. 4.4), в который будут помещены отдельные файлы с измерениями только одного сигнала, имя файла будет совпадать с именем сигнала. Текст, введенный в поле **Заголовок**, будет размещен над таблицей, в первых строках файла. На второй странице можно, глядя на разметку таблицы в поле предварительного просмотра, изменить ширину столбцов и задать количество значащих цифр после запятой отдельно для значений сигналов и столбцов времени.

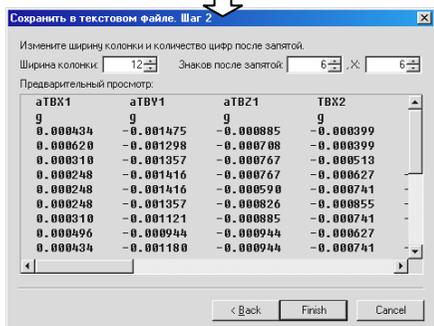
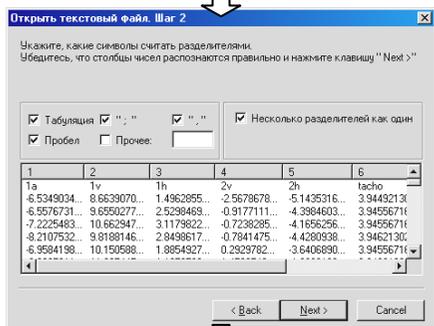
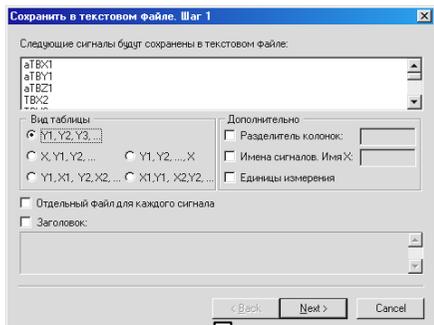
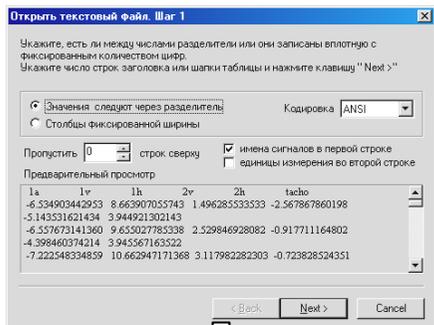


Рис. 4.6 Мастер сохранения ASCII файлов

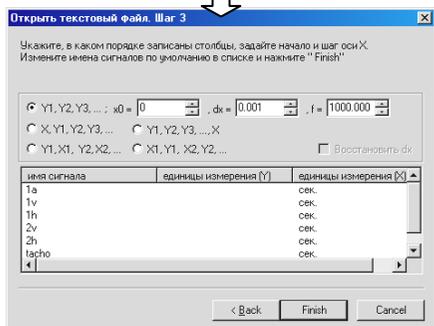


Рис. 4.5 Мастер чтения ASCII файлов

Открытие большого текстового файла и сохранение больших сигналов в текстовых файлах может занять продолжительное время.



Используйте клавишу <Esc> для прерывания и отмены операции.

Сеансы работы

Полученные в процессе работы результаты и графики можно сохранить на диске как *сеанс*. Загрузив сеанс, можно вернуться к незавершенной работе.

Автоматическое сохранение и восстановление сеанса

Сеанс может автоматически сохраняться на выходе или периодически, с заданным интервалом. Периодическое сохранение сеанса поможет восстановиться в случае программного или аппаратного сбоя.

Для включения автоматического сохранения сеанса отметьте единственную опцию на закладке **Общие** (Рис. 4.7) окна настроек по умолчанию (меню **Инструменты**, пункт **Настройки по умолчанию...**). Для периодического сохранения – установите интервал времени в секундах на той же странице ниже. При запуске WinПОС может быть сразу загружен последний сохраненный автоматически сеанс. Для этого отметьте позицию *Автоматическое восстановление сеанса* на той же странице.

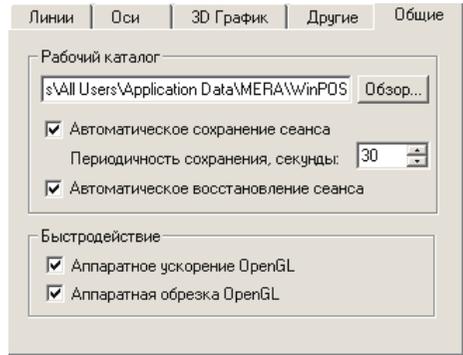


Рис. 4.7. Общие настройки WinПОС

Кроме того последнее автосохранение можно загрузить через меню **Файл**→**Восстановить последний сеанс** (Рис. 3.3).

Рабочий каталог WinПОС

Созданные в процессе работы сигналы временно сохраняются на жестком диске в рабочем каталоге WinПОС. Там же помещается автоматически сохраняемый сеанс. Изменить рабочий каталог можно на странице **Общие** настроек по умолчанию (Рис. 4.7). Нажмите кнопку **Обзор...** и выберите новое расположение рабочих файлов. Обратите внимание на объем свободного места на выбранном диске (показывается в окне выбора директории).

Сохранение и восстановление сеансов вручную

Если необходимо прервать работу, отвлечься на другую обработку в WinПОС, а затем вернуться к отложенной работе, можно сохранить и загрузить сеанс вручную.

Выберите **Сохранить сеанс как...** в меню **Файл** (Рис. 3.3) и укажите место для сохранения данных сеанса. Для очистки сеанса выберите **Файл→Новый сеанс**. Для возврата к сохраненному сеансу выберите **Файл→Восстановить сеанс...**, укажите путь к сохраненным данным сеанса.

Сеанс можно перенести на другой компьютер или поместить в архив и восстановить позднее с помощью тех же пунктов меню. Но при этом следует помнить, что данные сеанса не содержат файлов исходных данных (вместо них сохраняются ссылки на файлы).

Поэтому при переносе сеанса необходимо перенести и файлы исходных данных. Список таких «внешних» файлов при сохранении помещается в журнал (Рис. 3.8) и отображается предложение открыть журнал. При переносе сеанса скопируйте файлы данных по этому списку. Перед восстановлением сеанса на другом компьютере разместите «внешние» файлы в одноименных каталогах. Если этого не сделать, в процессе загрузки будет предложено найти пропущенные файлы самостоятельно, с помощью диалога выбора файлов.

База данных испытаний

Базы Данных Испытаний (не входит в поставку WinПОС) помогает систематизировать измерительные данные и автоматизировать управление регистрациями (запросы, выборки). Описание работы с БДИ содержится в *Руководстве Пользователя Базы Данных Испытаний*.

Для открытия регистрации из Базы Данных Испытаний выберите меню **Файл→Открыть регистрацию БДИ...**, далее в окне просмотра БДИ найдите

требуемую регистрацию и нажмите **Выбрать**. С помощью меню БДИ можно также открывать результаты запросов, выборки.

Для сохранения выбранной папки WinПОС в базе данных выберите **Файл→Сохранить как регистрацию БДИ...**, в окне базы выберите испытание и нажмите **Выбрать**. Будет создана новая регистрация, содержащая сигналы текущей папки.

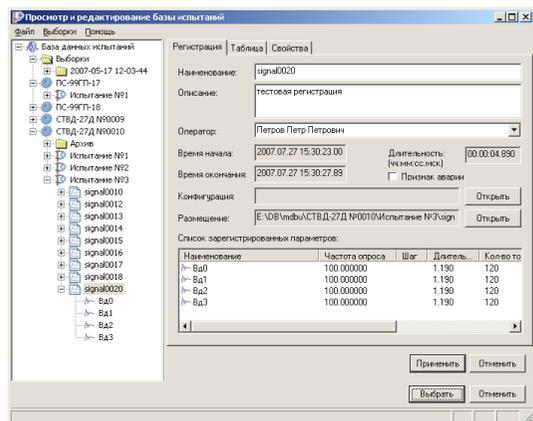


Рис. 4.8. Вид окна просмотра БДИ

Часть 5. Создание графиков

При запуске WinПОС создает страницу с пустым графиком. Новые страницы с графиками также создаются автоматически для результатов расчетов и при переносе сигнала или папки в *Дерево графиков*.

Самый простой и удобный способ построения графика сигнала в WinПОС – перетащить мышкой сигнал из *Дерева сигналов* в поле графика или в *Дерево графиков* (Нажмите левую кнопку мышки на имени сигнала, переместите курсор в область отрисовки графика, отпустите кнопку).

Для управления графиками пользуйтесь панелями инструментов, меню **Инструменты** (Рис. 3.2) и контекстными меню.

Разновидности графиков

WinПОС строит графики двухмерные (Рис. 5.1) и трехмерные (Рис. 5.2).

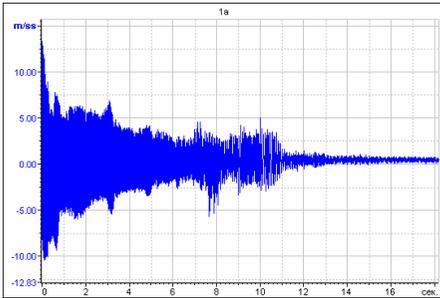


Рис 5.1

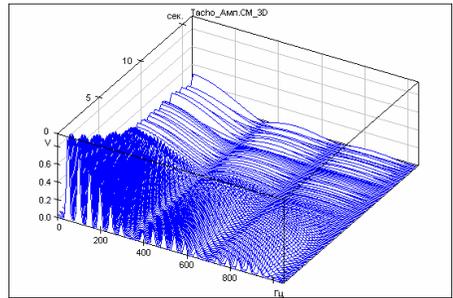


Рис 5.2

Несколько сигналов можно поместить в один график (Рис. 5.3) или создать несколько графиков на одной странице (Рис. 5.4).

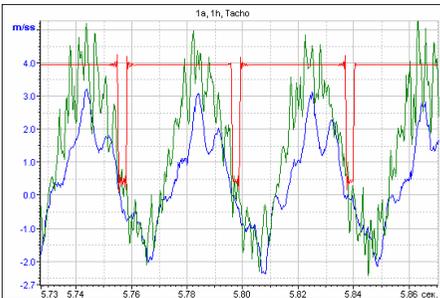


Рис 5.3

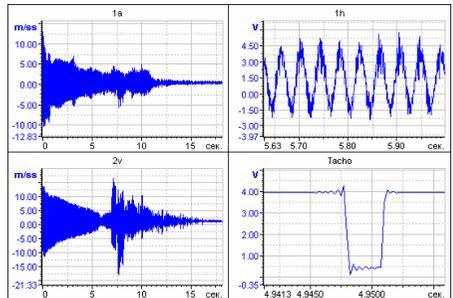


Рис 5.4

Для каждого сигнала можно создать отдельную ось ординат. Оси могут изображаться раздельно (Рис. 5.5) или могут быть представлены несколькими шкалами оцифровки вдоль единой оси (Рис. 5.6).

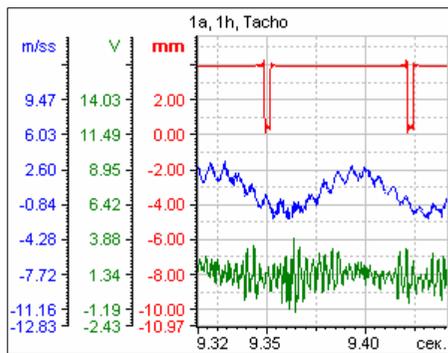


Рис 5.5

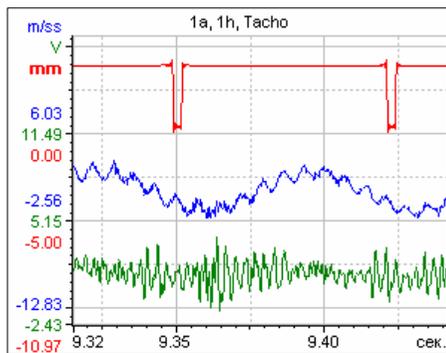


Рис 5.6

Создание новой страницы

Нажмите кнопку  главной панели инструментов или выберите пункт меню **Окно→Новая страница** – будет создана новая страница с пустым двухмерным графиком. Для создания страницы трехмерного графика нажмите кнопку .

Создать страницу по готовому шаблону можно через меню **Окно→Новая страница по шаблону**, см. ниже *Шаблоны страниц*.

Пункт меню **Окно→Мгновенный спектр** создает страницу с двумя графиками: исходного сигнала и спектра, рассчитываемого в позиции курсора или по видимому диапазону сигнала, или парой графиков: сигнал и его плотность вероятности - см. ч.9 *Обработка сигналов. Мгновенный спектр*.

Создание страниц по шаблону

Шаблоны страниц позволяют избежать повторной настройки графиков, запоминают диапазоны просмотра сигналов, расположение и формат легенды, комментариев. Шаблоны – незаменимый инструмент для подготовки отчетов с сериями графиков заданного вида, для просмотра характерных участков сигналов.

Пункт **Сохранить как шаблон...** контекстного меню страницы или графика позволяет сохранить вид активной страницы в виде файла шаблона (.tpl) и установить этот шаблон текущим.

Окно→Новая страница по шаблону создает новую страницу по текущему шаблону. Если шаблон не был выбран (см. ниже), действует, как **Новое окно** того же меню.

Окно→Выбрать шаблон... устанавливает текущий шаблон с помощью окна выбора файла шаблона (.tpl).

Добавление графика

В контекстном меню страницы или графика выберите пункт **Добавить график**.

Добавление координатной оси

В диалоге *Настройки графиков*, на закладке *Оси Y* нажмите **Добавить** (Рис. 5.14). Настройте параметры оси и нажмите **Применить**.

Добавление сигнала (линии)

С созданием нового графика или страницы

Вариант 1. Перетащите мышкой сигнал из дерева сигналов на страницу (помечается значком ) в дереве графиков (нажмите левую кнопку мышки на имени сигнала, переместите курсор в поле дерева графиков, отпустите кнопку над именем страницы) или в пустое поле дерева графиков – будет создана новая страница.

Вариант 2. Двойным щелчком мышки на выбранном сигнале откройте окно *Добавление линий*, выберите нужную страницу (Рис. 5.7) или выберите **В новую страницу**. Нажмите **Ok**.

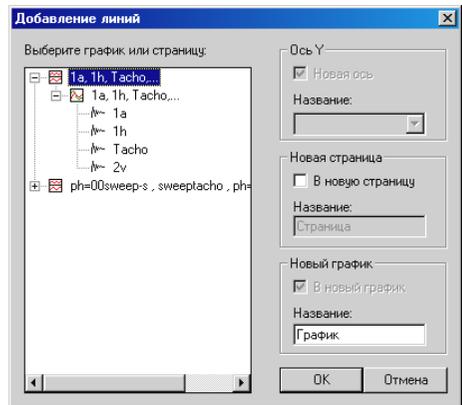


Рис 5.7 Добавление линий

В выбранный график

Вариант 1. Перетащите мышкой сигнал из дерева сигналов в дерево графиков, отпустив левую кнопку мышки над именем графика (графики помечаются значком ).

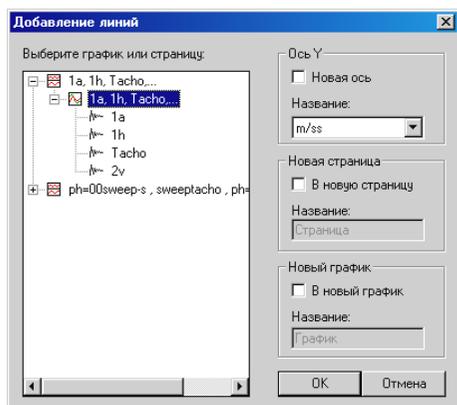


Рис 5.8 Добавление линий

текущей (выделяется жирным шрифтом). Перетащите мышкой сигнал из дерева сигналов в график.

Вариант 2. Двойным щелчком мышки на выбранном сигнале откройте окно *Добавление линий*, выберите нужный график. В поле **Ось Y** выберите нужную ось или создайте новую (галочка **Новая ось** там же). Нажмите **Ok**.

❗ Цвет координатной оси (оцифровки и названия) выбирается по цвету первой линии в этой оси.

Добавление нескольких сигналов, папки

На одну страницу (Рис. 5.4). Скопируйте мышкой папку из дерева сигналов в дерево графиков (нажмите левую кнопку мышки на имени папки, переместите курсор в поле дерева сигналов, отпустите кнопку). Или просто сделайте двойной щелчок мышкой на папке.

В один график (Рис. 5.3). Перетащите мышкой папку из дерева сигналов в дерево графиков, удерживая на клавишу <Ctrl> (Нажмите на клавиатуре <Ctrl>, нажмите левую кнопку мышки на имени папки, переместите курсор в поле дерева графиков, отпустите кнопку).

Удаление страницы, графика, линии, оси

Удалить график и страницу можно командами **Удалить график** и **Удалить страницу** из контекстного меню страницы, графика. Удалить ось можно из окна настроек графика (закладка *Ось Y*). Линия удаляется из контекстного меню, которое можно вызвать правой кнопкой мышки в дереве графиков или в окне легенды.

Вариант 2. Двойным щелчком мыши на требуемом графике в дереве графиков сделайте его активным. Перетащите в него сигнал мышкой.

Вариант 3. Двойным щелчком мышки на выбранном сигнале откройте окно *Добавление линий*, выберите нужный график (Рис. 5.8) или выберите **В новый график**. Нажмите **Ok**.

В выбранную ось координат

Вариант 1. Щелчком мышки на имени оси в графике сделайте её

Настройка графиков

Вид графиков можно изменить с помощью окна *Настройки графиков* (Рис. 5.9). Это окно открывается кнопкой  комбинацией <Ст+О> или выбором пункта **Настройки...** в меню страницы, графика, линии, а также в подменю **Инструменты** главного меню.

Пункт **Настройки по умолчанию...** меню **Инструменты** позволяет задать параметры для всех новых графиков (см. ниже). При этом не затрагиваются установки уже созданных графиков.

В левой части окна настройки находится дерево графиков, справа - закладки с параметрами.

 Настройки применяются к выделенному объекту и его дочерним объектам.

На закладке *Страница* (Рис. 5.9) можно установить синхронизацию осей: **Общая ось X**, **Общая ось Y**. При этом масштабирование всех графиков на странице будет происходить одновременно.

А также задать взаимное расположение графиков (См. рис. 5.10).

При табличном расположении графиков можно задать размерность таблицы (поле *Количество графиков*). Если на странице больше графиков, чем задано, невидимые графики будут помечены в дереве затемненным значком. Перейти к такому графику можно двойным щелчком на его имени в дереве или с помощью линейки прокрутки справа.

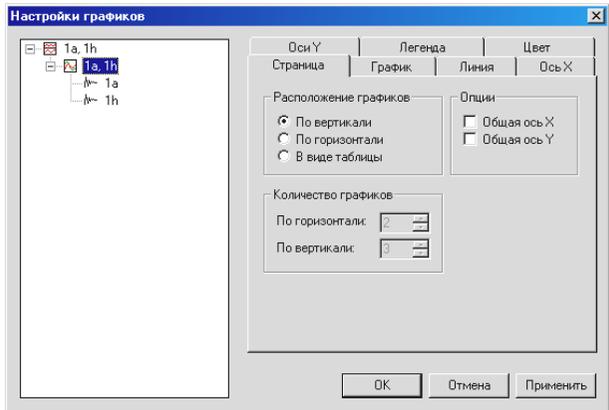


Рис 5.9 Настройки графиков. Страница

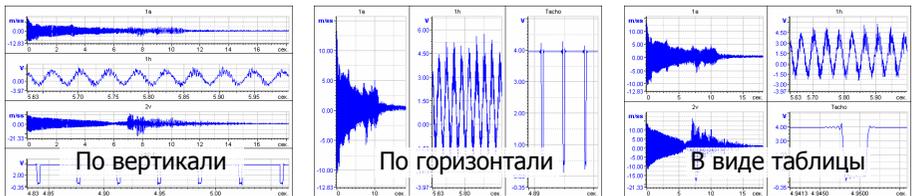


Рис. 5.10. Расположение графиков на странице

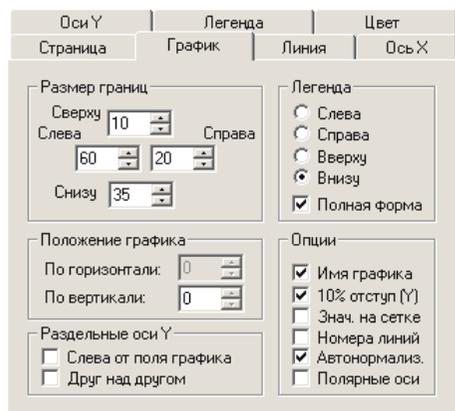


Рис 5.11 Настройки графиков. График

автоматически выбирается по максимальному размаху сигнала;

Полярные оси – график в полярных координатах.

Расположение осей на графике задается в поле **Раздельные оси Y**:

Слева от поля графика – для каждой линии графика строится своя вертикальная ось,

Друг над другом – вариант вертикального деления поля графика по числу осей.

На закладке *График* (Рис. 5.11) можно задать расположение и поля графика, выравнивание легенды и дополнительные настройки:

Имя графика – показывать название графика;

10% отступ (Y) – размах оси Y на 10% больше размаха сигнала;

Знач. на сетке – значения сигнала в точках пересечения линий с сеткой на поле графика;

Номера линий – номера линий в поле графика;

Автономализ. – масштаб оси Y

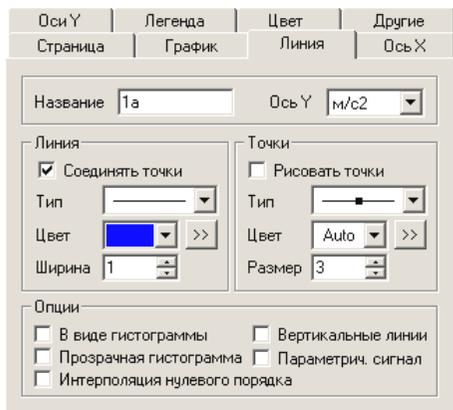


Рис 5.12 Настройки графиков. Линия

Закладка *Линия* (Рис 5.12):

Название – название линии. Обычно, имя файла или название параметра в файле MEPA или USML;

Ось Y – ось Y, к которой привязана линия. Выбирается из списка, в котором перечислены все существующие оси;

Соединять точки – точки на графике соединяются линиями;

Тип линии – тип линии, которая соединяет точки на графике. Линия может быть сплошной, прерывистой, пунктирной и штрихпунктирной;

Цвет линии может быть выбран из списка, или из стандартного диалога *Цвет*, который появляется при нажатии на кнопку 

Ширина линии – толщина линии в точках, может изменяться в пределах от 1 до 5;

Рисовать точки – каждое значение на графике отображается символом, который можно выбрать из выпадающего списка **Тип**;

Цвет точек – определяет цвет точек. Если выбран пункт *Auto*, точки будут рисоваться тем же цветом, что и линия;

Размер точек – определяет размер точек (символов) ;

В виде гистограммы – график рисуется в виде гистограммы. Используется, например, для отображения октавных спектров;

Прозрачная гистограмма – гистограмма отображается контуром. Удобно, когда на одном графике рисуется несколько гистограмм одновременно;

Интерполяция нулевого порядка – значения в точках между измерениями не интерполируются;

Вертикальные линии – на графике рисуются вертикальные линии от точек сигнала, соответствующих измеренным значениям, до оси абсцисс;

Параметрический сигнал – сигнал рассматривается как зависимость Y от индекса. Значения по X используются только для оцифровки оси X.

На закладке *Ось X* (Рис. 5.13) можно переименовать ось, установить её границы, а также выбрать:

Формат - определяет вид оцифровки. В выпадающем списке можно выбрать подходящий формат (**auto** – автоматический выбор формата) или задать свой. При этом знак **#** – обозначает одну цифру, **0** – указывает на необходимость дополнения строки нулями, **e** – включает инженерный формат чисел, **T=%H:%M:%S** – включает отображение астрономического времени.

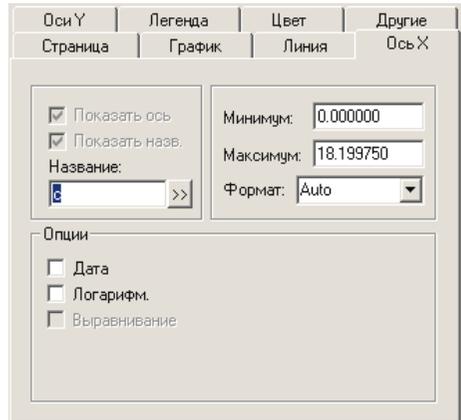


Рис 5.13 Настройки графиков. Ось X

Дата – под астрономическим временем отображается дата;

Логарифм – устанавливает логарифмическую шкалу.

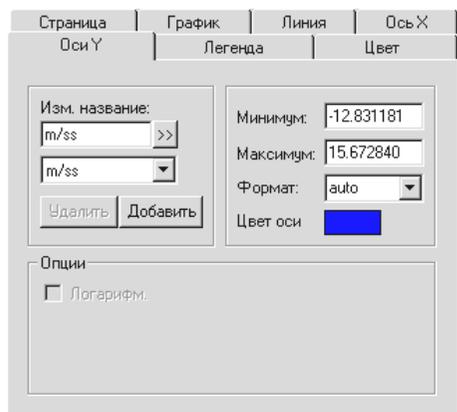


Рис 5.14 Настройки графиков. Ось Y

Закладка *Ось Y* (Рис. 5.14).

В выпадающем списке слева можно выбрать одну из осей или **Добавить** новую. Кнопка **Удалить** поможет удалить все оси кроме последней.

Для выбранной оси можно задать границы и цвет.

Формат - определяет вид оцифровки (см. *Ось X* выше).

Логарифм – включает логарифмический масштаб, если значения на оси больше 0.

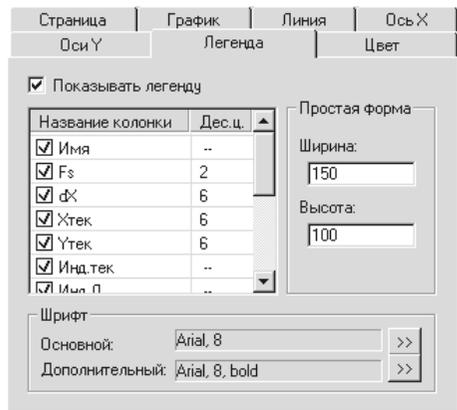


Рис 5.15 Настройки графиков. Легенда

На закладке *Легенда* (Рис. 5.15) задается формат и шрифт легенды.

В списке колонок легенды можно включить отображение характеристики и задать количество знаков после запятой (двойным щелчком левой кнопки мышки на поле) для каждой из характеристик.

Расшифровка названий характеристик приведена в параграфе *Легенда* главы *Оформление графиков* (часть 8). На этой же странице задаются размеры простой формы легенды.

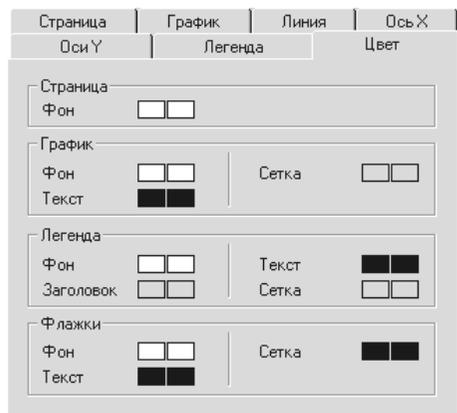


Рис 5.16 Настройки графиков. Цвет

На закладке *Цвет* (Рис. 5.16) устанавливается цветовая гамма оформления выбранной станицы или графика.

Диалог выбора цвета выводится по нажатию на прямоугольник с текущим цветом элемента оформления.

Левый прямоугольник – цвет элемента на экране, правый – при печати.

Трехмерный график

При выборе трехмерного графика в окне **Настройки графиков** в правой части окна меняется набор закладок.

На закладке *График* (Рис. 5.17) можно задать поля графика (*Размер грани*) (линии по X, по Y, по X и Y или закрашенная плоскость), включить удаление невидимых линий (**Скрывать невид. линии**).

Можно включить отображение **имени графика**, расположить оцифровку справа (**Оцифр. справа**) и инвертировать оцифровку оси Z (**Инвертир. Z**), изменить интерпретацию данных по оси Y (**Автономализация** и **Цвет по макс. Y**). См. также *Настройки по умолчанию*.

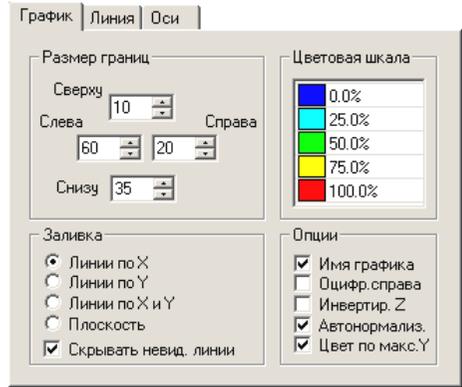


Рис 5.17 Настройки 3D-графиков. График

Контекстное меню поля **Цветовая шкала** дает возможность изменять, добавлять и удалять цвета и границы заливки, и сохранять эти настройки.

На закладке *Линия* (Рис 5.18) можно переименовать линию, изменить толщину линии и цвет (как и для двухмерного графика), задать яркость для двухцветного окрашивания.

Для ускорения прорисовки можно **включить** режим предварительного просмотра, задав **порог** прореживания. При этом число линий сетки по каждой оси будет сокращено в (Размерность по оси/Порог) раз.

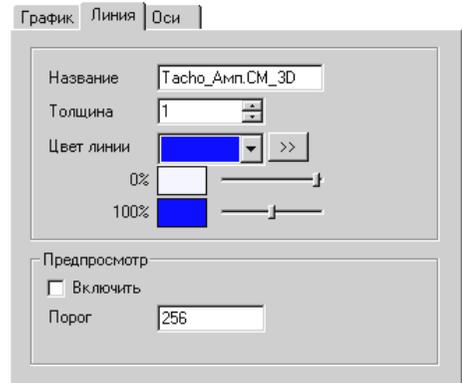


Рис 5.18 Настройки 3D-графиков. Линия

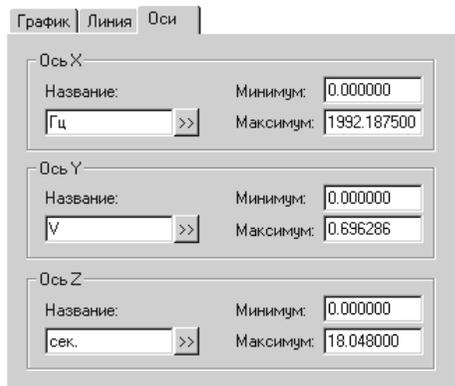


Рис 5.19 Настройки 3D-графиков. Оси

Настройки по умолчанию

Настройки графиков по умолчанию сохраняются в конфигурационном файле и используются при создании новых страниц. Закладки *Страница*, *График*, *Легенда* и *Цвет* не отличаются от закладок окна **Настройки графиков** (см. выше).

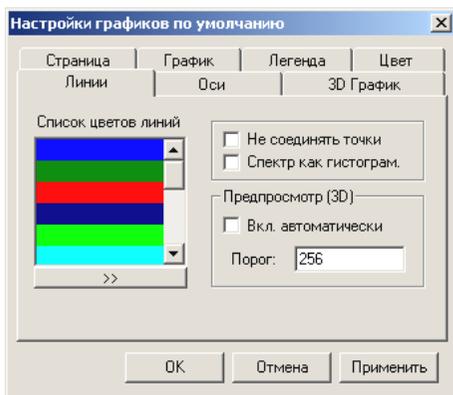


Рис 5.20 Настройки по умолчанию. Линии

Закладка *Оси* (Рис. 5.19) позволяет изменить название и границы для каждой из трех осей. Кнопка **>>** рядом с полем названия оси позволяет обратиться к истории редактирования и выбрать ранее введенное название.

Закладка *Линии* (Рис. 5.20).

Список цветов линий – при добавлении в график цвет новой линии выбирается из этого списка. Для изменения цвета надо выбрать его, нажать на кнопку **>>** под списком и выбрать новый цвет в открывшемся диалоге.

Не соединять точки – изображать значения сигнала точками, не соединяя их линиями.

Спектр как гистограмма – графики спектров будут рисоваться в виде гистограммы.

Предпросмотр (3D) – используется в трехмерном графике.

Вкл. Автоматически – трехмерный график будет создаваться в режиме предварительного просмотра (прореживания), если число точек по одной из осей превышает число, указанное в поле *Порог*.

Закладка *Оси* (Рис. 5.21).

Название – названия осей по умолчанию. Кнопка  - выбор из ранее введенных наименований.

Формат – формат оцифровки осей.

Шрифт – шрифты оцифровки и названий осей. *Дополнительный шрифт* используется для выделения выбранной (активной) оси. Шрифт выбирается в диалоге по кнопке  справа от соответствующего поля.

Изменение шрифта влияет на все графики (уже открытые и новые).

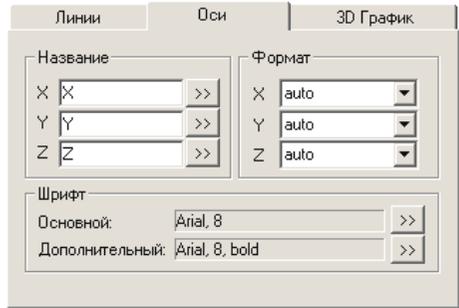


Рис 5.21 Настройки по умолчанию. Оси

Закладка *3D График* (Рис. 5.22).

Режим просмотра – вид главного графика.

Заливка – способ отрисовки графика: в виде линий по оси X, линий по оси Y, линий по обеим осям или в виде поверхности.

Скрывать невид. линии – режим удаления невидимых линий.

Оцифровка справа - оцифровка по осям Y и Z переносится в правую часть графика.

Инвертир. Z – ось Z переворачивается так, чтобы минимальное значение находилось на дальнем конце оси, а максимальное - на ближнем.

Автономализ. – автоматическое масштабирование по оси Y.

Цвет по макс. Y – шкала цвета: 100% соответствуют максимальному значению сигнала, 0% – минимальному.

Виды - задает виды представления данных (изометрия, вид сверху, сечения) на странице.

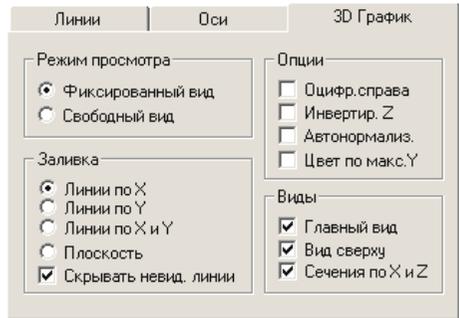


Рис 5.22 Настройки по умолчанию. 3D

Часть 6. Просмотр сигналов

Многие действия при просмотре графиков относятся не ко всей странице, а к выбранному (текущему, активному) графику, линии, оси. Текущей страницей является страница, видимая в данный момент, или верхняя при расположении страниц каскадом. Для обозначения активного графика используется символ **a** в левом верхнем углу графика. Текущая линия отмечается жирным шрифтом в легенде и рисуется поверх других линий. Название текущей оси также выделяется жирным шрифтом. См. рис. 6.1.



Рис 6.1 Активный и максимизированный активный график

Сделать график текущим можно щелчком мышки в поле графика, линию – щелчком на имени сигнала в легенде, ось – на названии оси.

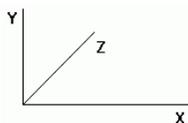
Двойной щелчок на объекте в *Дереве графиков* делает его текущим. Если выбранный объект был скрыт, произойдет переход на нужную страницу, график будет помечен как активный.

Двойной щелчок в поле графика позволяет развернуть график на всю страницу. Такой график помечается значком **am** (активный, максимизированный). См. правый график на рис. 6.1. Повторный двойной щелчок возвращает графику старые размеры.

Особенности просмотра трехмерного графика

Трехмерные графики используются для просмотра трехмерных сигналов, открытых из файла МЕРА или полученных в результате расчета спектра с включенной опцией **3D**. Для того, чтобы отобразить сигнал в трехмерном графике, надо перетащить требуемый трехмерный сигнал из дерева сигналов в окно

дерева графиков или в поле существующего трехмерного графика. Создать пустой график можно, нажав кнопку  на панели инструментов. На странице может располагаться только один трехмерный график с одним сигналом.



На рисунке слева показаны обозначения осей. Применительно к трехмерному спектру, по оси X откладывается частота, по оси Z - время начала порции, по оси Y - значения амплитуд спектра.

Страница трехмерного графика обычно разделена на четыре области: область трехмерного графика и три проекции графика на плоскости - см. рис. 6.2.

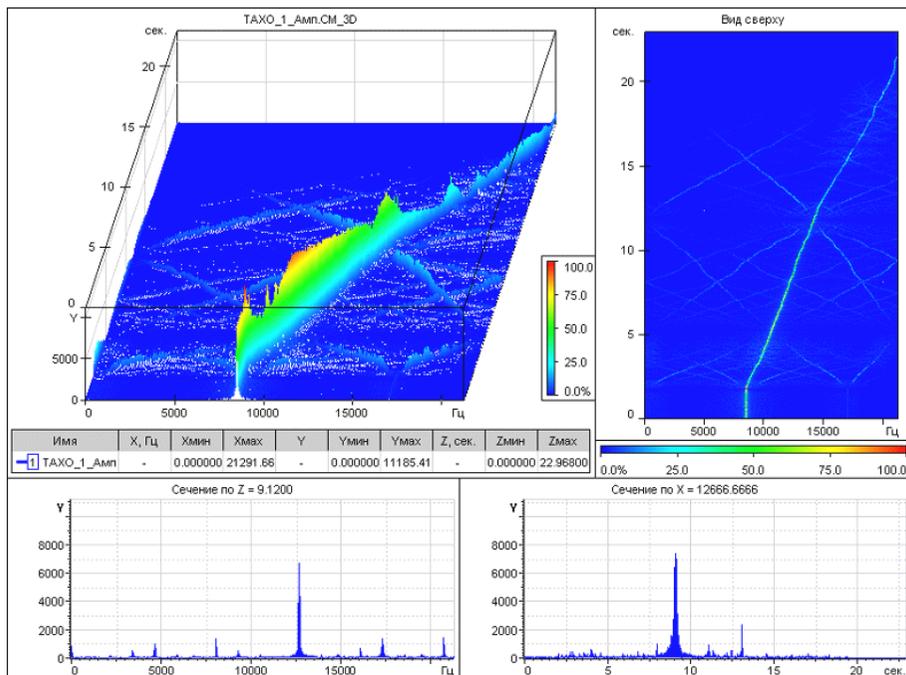
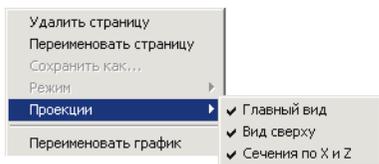


Рис. 6.2 Страница трехмерного графика



Лишние виды можно отключить через подменю **Проекция** контекстного меню страницы. Невозможно отключить одновременно главный вид и вид сверху, а сечения по Z и X отключаются вместе. В настройках по умолчанию можно указать, какие виды будут отображаться на новой странице.

Для главного вида и вида сверху можно указать способ окраски через пункт **Окраска линии** контекстного меню. При двухцветной или многоцветной окраске, на графике отображается шкала, показывающая соответствия цвета и значения по Y (Рис. 6.3).

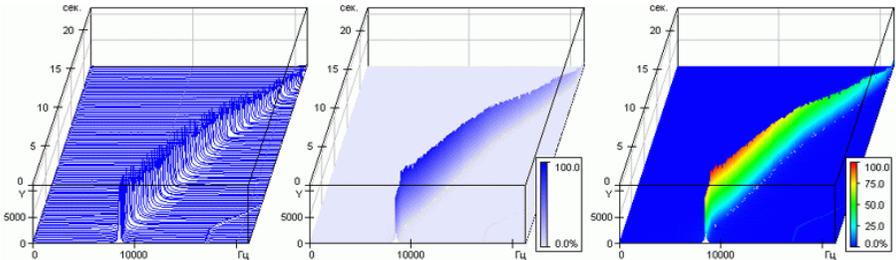
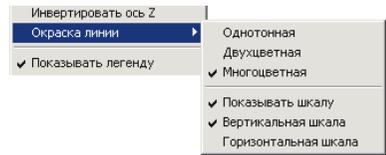


Рис. 6.3 Варианты окраски: однотонная, двухцветная, многоцветная

Отключить шкалу или изменить ее ориентацию можно с помощью того же меню или в диалоге настроек, который открывается двойным щелчком мышки на шкале. Изменять положение и размеры шкалы можно с помощью мышки.

Многоцветная окраска линий работает только для режимов отрисовки графиков в виде линий по X или Y. Для вида сверху, при нажатии кнопки  на панели инструментов, размер и положение графика автоматически изменяется так, чтобы он не перекрывался шкалой. Для этого шкала должна располагаться достаточно близко к краю графика.

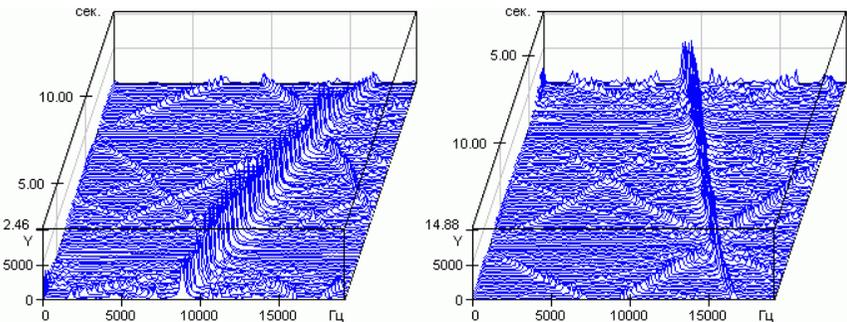


Рис. 6.4 График с нормальной и инвертированной шкалой

При необходимости, ось Z можно инвертировать (пункт **Инвертировать ось Z** в контекстном меню графика). Это позволяет посмотреть на график с противоположной стороны, без его вращения и изменения направлений других осей (См. рис. 6.4).

График может находиться в одном из двух режимов отображения - "фиксированный вид" и "свободный вид" (Рис. 6.5). В первом режиме направления осей X и Y графика не изменяются, во втором - можно вращать график в произвольном направлении. Кнопка  панели управления возвращает график к первоначальному виду. При нажатии на стрелку справа от кнопки появляется меню, позволяющее переключить режим отображения графика между фиксированным и свободным видом.

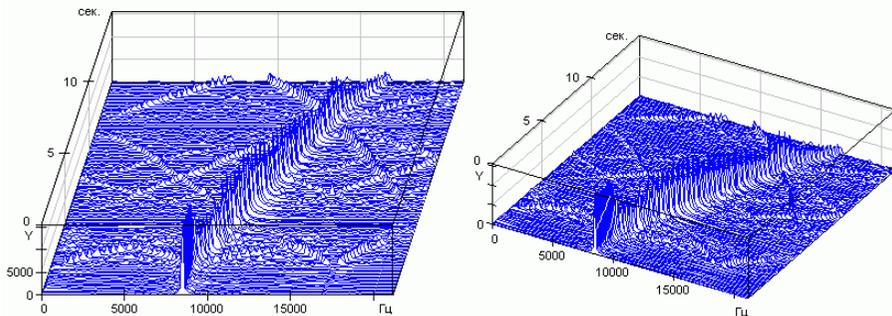


Рис. 6.5 Фиксированный и свободный вид трехмерного графика

Кнопка  позволяет вращать график, изменять длину осей и положение начала координат. Для перемещения графика требуется удерживать клавишу <Shift> и перетаскивать график мышкой при нажатой левой кнопке, колесиком изменяется размер всего графика (левую кнопку при этом нажимать не надо).

Для изменения длин осей требуется удерживать клавишу <Alt>, движение курсора мышки по горизонтали (при нажатой левой кнопке) изменяет длину оси X, по вертикали - оси Y; длина оси Z изменяется колесиком мышки.

Для вращения графика требуется удерживать клавишу <Ctrl>, движение курсора мышки по горизонтали (при нажатой левой кнопке) вращает график вокруг воображаемой вертикальной оси, по вертикали - вокруг воображаемой горизонтальной оси, колесиком - вокруг воображаемой оси, перпендикулярной плоскости экрана. График «фиксированного вида» позволяет управлять только направлением оси Z.

 Отображение сигналов с большим количеством значений (порядка 300000 и больше) может занять до десятков секунд. Такие сигналы целесообразнее просматривать в прореженном виде, который включается из контекстного меню линии (пункт **Предпросмотр**).

Кнопка  изменяет способ заливки графика. При нажатии на кнопку скрываются или показываются "невидимые" линии. При нажатии на стрелку справа от кнопки, появляется меню, позволяющее выбрать отрисовку линий по X, по Y, по X и Y или в виде закрашенной плоскости.

Курсор. Просмотр текущих значений

В режиме курсора можно просмотреть значения сигналов в выбранный момент времени или, напротив, найти момент времени, в который амплитуда сигнала была, например, максимальной.

Режим курсора активизируется кнопкой  панели управления графиками, сочетанием клавиш <Ctrl+3>, а также через **Инструменты**→**Курсор**.

Двухмерный график

В двухмерном графике курсор изображается черной вертикальной линией (См. рис. 6.6).

Пересечение курсора с линией сигнала отмечается горизонталью того же цвета, что и линия. Нажав  справа от , можно выбрать режим горизонтальных меток: **По всем линиям**, **По одной линии** (отмечается пересечение только с активной линией).

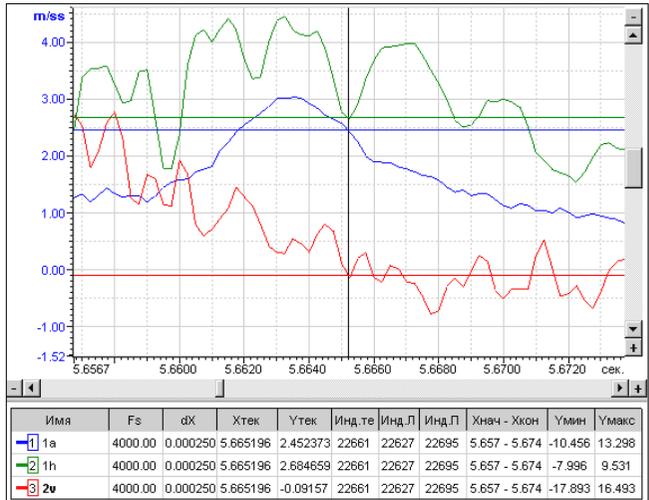


Рис 6.6 Режим курсора для двухмерного графика

Текущие значения сигналов выводятся в легенде: *Xтек.*, *Yтек.*, *Инд.тек* (текущий индекс).

Курсор перемещается мышкой (надо захватить вертикальную линию, нажав на ней левую кнопку мышки, и, не отпуская кнопки, установить курсор в новую позицию). Клавиши <<->, <-> и клавиша <Ctrl> при передвижении курсора мышкой позволяют перемещать курсор точно по дискретным значениям сигнала (без интерполяции). Клавиша <Tab> позволяет задать положение курсора, введя число с клавиатуры.

Синхронизация курсоров

Если на одной странице расположено несколько графиков, курсоры в каждом графике перемещаются независимо. Кнопка **Синхронизация курсоров**  связывает курсоры всех графиков страницы и позволяет перемещать все курсоры, как один.

Трехмерный график

В трехмерном графике курсор изображается двумя проекциями сигнала на плоскости XY и YZ (См. рис. 6.7). В окнах проекций также изображаются курсоры текущих значений: в окне *Вид сверху* – перекрестье, в окнах сечений курсоры изображаются, как в двухмерных графиках, с горизонталью текущего уровня сигнала.

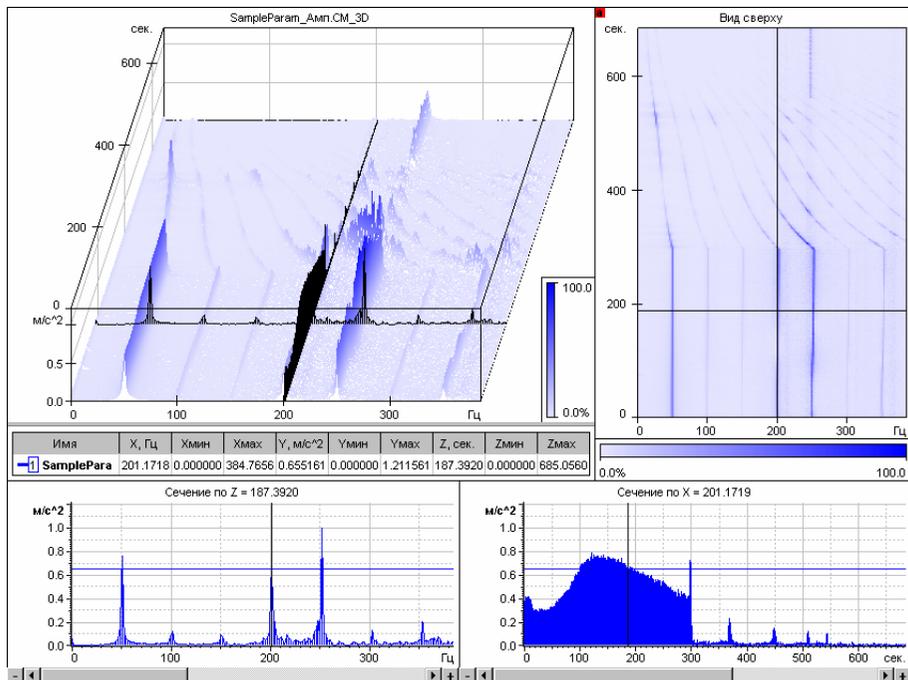


Рис. 6.7 Режим курсора для трехмерного графика

Текущие значения выводятся в легенде по осям: X, Y, Z.

Курсор перемещается мышкой (над линиями курсора текущих курсор мышки принимает вид \oplus или \oplus , нажмите левую кнопку мышки и переместите курсор) или клавишами (\leftarrow и \rightarrow для движения курсора вдоль оси X, клавишами \downarrow и \uparrow – вдоль оси Z) в любом из окон. В окне трехмерного графика и в окнах проекций курсоры перемещаются синхронно.

Масштабирование и прокрутка графиков

Обычно при создании графика сигнала отображается весь диапазон его значений. (Такое поведение задает флажок **Автономализ.** на закладке

График диалога настроек графиков. См. рис. 5.11). Для того чтобы изучить детали поведения сигналов на небольшом временном интервале применяют инструменты группы масштабирования и прокрутки.

Масштабирование и прокрутка включаются кнопками  и  панели инструментов, через меню **Инструменты**, контекстное меню (пункт **Режим**) или мышкой в сочетании с управляющими клавишами.

Двухмерный график

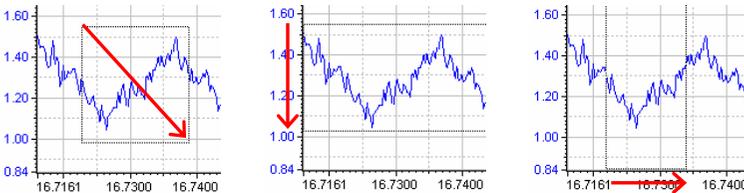
• Масштабирование

Выберите режим масштабирования:

-  ▼ Масштаб по X и Y **Инструменты**→**Масштаб по X и Y**, <Ctrl>+мышь
- ▼ Масштаб по X **Инструменты**→ **Масштаб по X**, <Ctrl>+мышь над X
- ▼ Масштаб по Y **Инструменты**→ **Масштаб по Y**, <Ctrl>+мышь над Y

Режим масштабирования также можно включить нажатием <Ctrl+2>.

- ① Режим масштабирования графика автоматически включается нажатием и удержанием клавиши <Ctrl> в процессе выделения области на поле графика (масштабирование по обеим осям), а по отдельной оси - на поле данной оси.



Установите курсор мышки в поле графика над началом фрагмента сигнала для увеличения. Нажмите левую кнопку мышки и, не отпуская кнопки, отметьте на графике область для увеличения (отмечается прямоугольником), отпустите кнопку. Выбранная область займет всё поле графика.

• Прокрутка

Область просмотра можно сдвинуть относительно исходного графика. Выберите режим прокрутки:

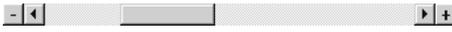
-  ▼ Прокрутка по X и Y **Инструменты**→**Прокрутка по X и Y**, <Shift>+мышь
- ▼ Прокрутка по X **Инструменты**→**Прокрутка по X**, <Shift>+мышь над X
- ▼ Прокрутка по Y **Инструменты**→**Прокрутка по Y**, <Shift>+мышь над Y

Режим прокрутки также можно включить нажатием <Ctrl+1>.

- ① Режим прокрутки графика автоматически включается нажатием и удержанием клавиши <Shift> в процессе сдвига графика по обеим осям (в поле графика), а по отдельной оси - на поле данной оси.

Нажмите в поле графика левую кнопку мышки и, не отпуская кнопки, сдвиньте график перемещением мышки (график как бы «приклеивается» к курсору), отпустите кнопку.

- **Панели прокрутки**

 Панели прокрутки, расположенные по правой и нижней границам графика, также служат для масштабирования и сдвига графика сигнала. Относительный размер и положение ползунка прокрутки говорит о величине и расположении отображаемого фрагмента.

Кнопка  увеличивает масштаб,  – уменьшает,  – отвечает за нормализацию по данной оси. Кнопки , , ,  отвечают за сдвиг области просмотра. Ухватившись мышкой за ползунок, также можно прокрутить график.

- **Возврат к исходному масштабу**

Кнопка  позволяет вернуться к предыдущему масштабу или области просмотра. Каждое нажатие этой кнопки отменяет последнюю операцию по изменению просматриваемого диапазона.

- **Автоматическая прокрутка**

Кнопки управления автоматической прокруткой графика по оси X сгруппированы с кнопками воспроизведения сигнала –       (См. ниже *Прслушивание сигналов*):  - протяжка влево,  - протяжка вправо,  – уменьшить,  - увеличить скорость прокрутки,  - остановить протяжку.

Трехмерный график

- **Масштабирование**

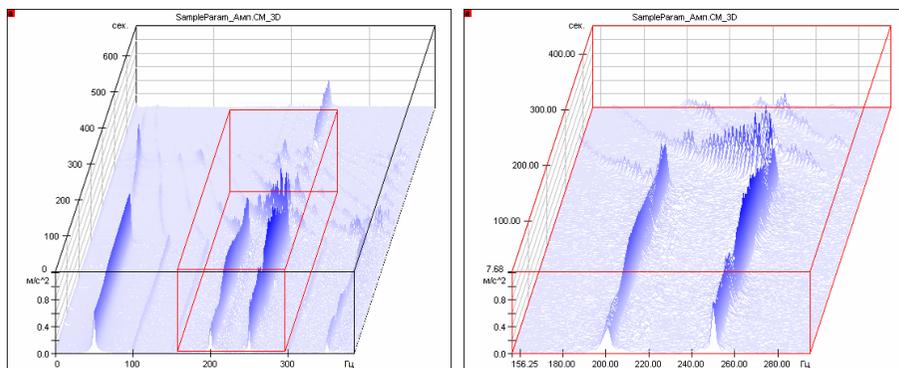


Рис. 6.8 Масштабирование трехмерного графика (до и после нажатия <Enter>)

Масштабирование включается кнопкой на панели инструментов . На графике красным цветом отображается рамка, с помощью которой выбирается область для увеличения. Границы рамки перемещаются мышкой (над линиями рамки курсор мышки принимает вид ,  или , нажмите левую кнопку мышки и измените размер рамки, нажмите <Enter>). На рисунке 6.8 показан вид графика до и после нажатия <Enter>.

Рамку можно перемещать и клавишами <←>/<→> и <↑>/<↓> на клавиатуре, для перемещения правой или верхней границы необходимо дополнительно удерживать клавишу <Shift>. Изменение масштаба происходит при нажатии клавиши <Enter>. Масштаб по оси Y изменяется автоматически. В режиме масштабирования в полях Xмин, Xмакс, Zмин, Zмакс легенды отображаются текущие границы.

- **Прокрутка**

Прокрутка осуществляется в режиме курсора. При помощи клавиш <←>/<→> клавиатуры переместите курсор за границы отображаемого участка графика.

- **Возврат к исходному масштабу**

Нормализация графика происходит по кнопке . Нормализация устанавливает максимальные диапазоны для осей, чтобы отобразить весь график.

Прослушивание сигналов

MR-300 позволяет дополнить данные кадра (файла .MERA) звуковой дорожкой (для чего к MIC-300 подключается микрофон). При просмотре таких кадров в графике можно нажать кнопку  («Воспроизведение звуковой дорожки»). Для отображаемого фрагмента записи будет озвучена звуковая дорожка (параметр «audio»). При этом синхронно с воспроизведением будет сдвигаться курсор текущих значений по всем графикам этого кадра на экране (слева направо от текущего положения или начала отображаемого фрагмента сигнала).

Кнопка  («Воспроизведение текущего сигнала») позволяет озвучить текущий (не обязательно звуковой) сигнал, при этом частота сигнала будет приведена к 22050 Гц, а амплитуда нормирована.

Кнопка  позволяет изменить громкость воспроизведения или полностью отключить звук (крайнее нижнее положение движка). Закрывать окно регулировки можно повторным нажатием на ту же кнопку.



Вспомогательная информация о сигнале и состоянии параметра

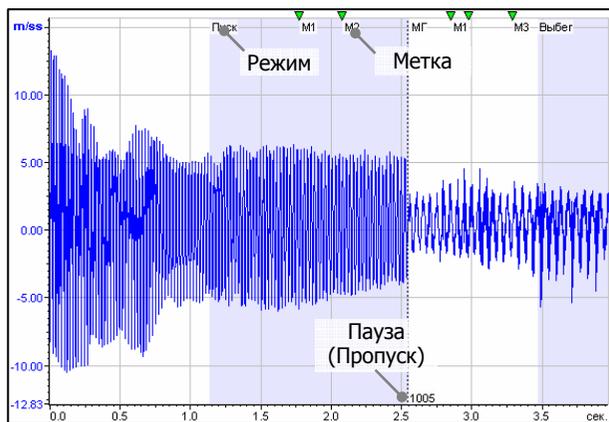
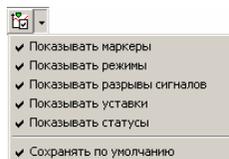


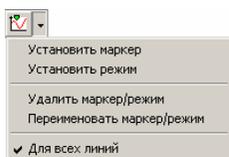
Рис 6.9 Режимы, маркеры, пропуски

WinПОС позволяет просмотреть информацию о процессе регистрации сигнала. *Режимы* («Пуск», «Малый газ» и т.п.) испытания отображаются именованными закрашенными областями, *метки* значений – зелеными треугольниками. См. рис. 6.9.

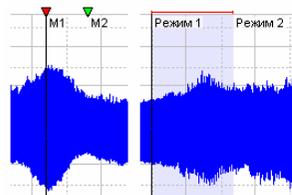
Включить и выключить отображение меток, режимов, пауз, уставок и



статусов можно кнопкой на дополнительной панели инструментов. Нажатие на саму кнопку переключает отображение всех элементов, нажатие на стрелку справа от кнопки выводит меню, с помощью которого можно переключить отображение для отдельных элементов. Если выбрана опция **Сохранять по умолчанию**, то состояние переключателей будет сохранено в настройках по умолчанию.



В режиме курсора можно изменять информацию о метках и режимах регистрации сигнала. Метка устанавливается кнопкой дополнительной панели инструментов или выбором пункта меню **Установить метку** (по стрелке справа от этой кнопки). Режим устанавливается пунктом меню **Установить режим**. Если выбрана опция **Для всех линий**, то режим или метка будут установлены на все линии в активного графика. В противном случае – только на активную линию.



Чтобы удалить или переименовать метку/режим, надо выбрать его, подведя курсор к метке или началу режима (при этом метка поменяет цвет на красный, а режим выделяется горизонтальной линией над полем графика), и выбрать действие в том же меню. Выбрать нужную метку или режим можно также из списка меток (вид легенды).

Если в процессе регистрации были *пропуски* (вызванные аппаратными сбоями или нажималась «Пауза»), то место «склейки» в WinPOC отмечается пунктирной линией с подписанным временем реальной временной шкалы.

Сам сигнал с разрывами может быть представлен тремя способами:

- **простой** – шкала времени изображается так, как будто сигнал зарегистрирован без разрывов, сигнал рисуется слитно (Рис.6.11);
- **сокращенный** – шкала времени неравномерная, сигнал рисуется слитно (Рис.6.10);
- **развернутый** – шкала времени равномерная, сигнал рисуется фрагментами с пропусками (Рис.6.10).

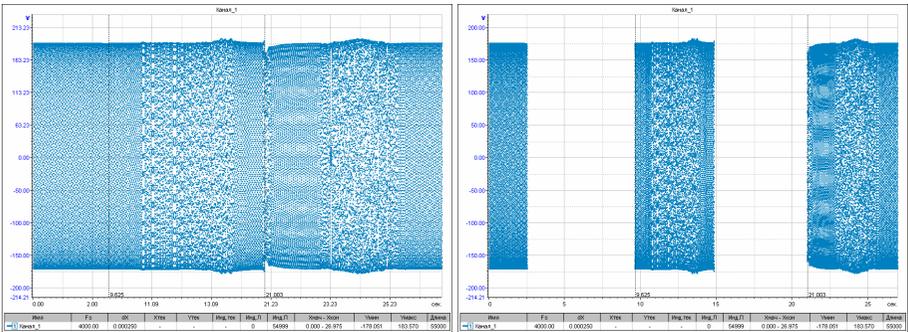
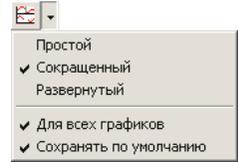
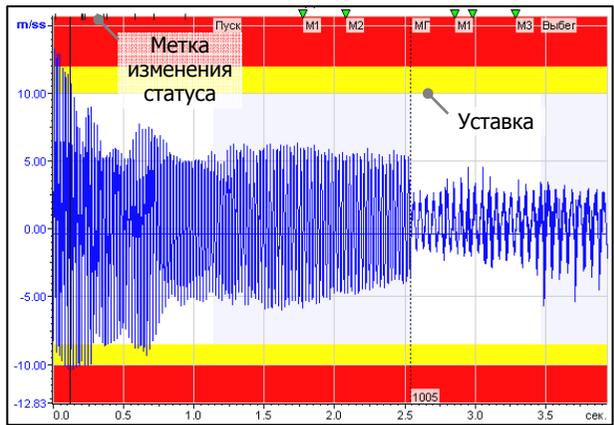


Рис. 6.10 Сокращенный и развернутый виды сигнала с пропусками

WinPOC может показывать на графике значения *уставок* сигнала: области выше или ниже уставки окрашиваются в цвет уставки.

Изменения *статуса* (превышения, недостоверность и т.п.) сигнала помечаются вертикальными рисками на верхней границе графика. При перемещении курсора информация о текущем статусе сигнала выводится в поле



Сигнал: 1а, статус: 0x82, описание: выход за диапазон АЦП

Рис 6.11 Уставки, метки изменения и расшифровки статуса

строки состояния.

На рисунке 6.11 показан график сигнала с нанесенной вспомогательной информацией. Включено отображение меток, режимов, пропусков, уставок и засечек изменения состояния сигнала (статусов).

Если Ваши сигналы были зарегистрированы с информацией от СЕВ (Системы Единого Времени), WinПОС может показать их в шкале единого времени. Нажмите кнопку **СЕВ** для просмотра сигналов в шкале СЕВ, повторно нажмите кнопку для возврата к шкале времени регистрации.

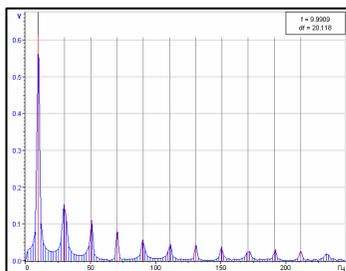


Рис 6.12 Гармонический курсор

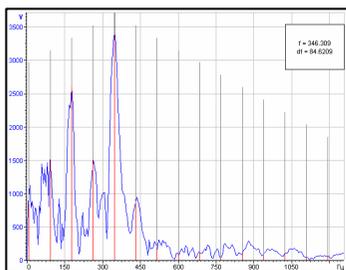


Рис 6.13 Модуляционный курсор

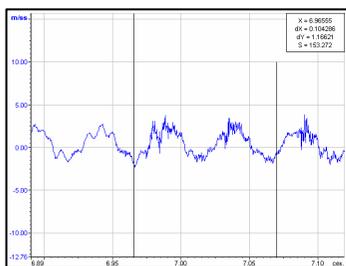


Рис 6.14 Разностный курсор

Специализированные курсоры

Гармонический курсор предназначен для идентификации гармонически связанных составляющих рассчитанной спектральной характеристики сигнала. При нажатии на кнопку  открывается окно настройки курсора (Рис. 6.15). Задайте количество дополнительных курсоров (указателей гармоник) и нажмите **Ок**.

Выберите составляющую с основной частотой, сдвигая основной курсор.

Передвигая дополнительные курсоры мышкой можно совместить их линии с соответствующими гармоникам значениями. Для большей контрастности линия курсора, накладывающаяся на спектр, меняет цвет на красный (по умолчанию). См. рис. 6.12.

Значения частот – положения основного курсора и смещения указателей гармоник выводятся в поле комментария в правом верхнем углу поля графика. Двойным щелчком мышки на этом окне можно открыть окно настроек курсора (Рис. 6.15).

В окне настроек можно задать цветовую схему курсора, задать положение основного и дополнительных курсоров (числами) и изменить количество указателей гармоник.

Модуляционный курсор (📏) помогает при поиске групп боковых полос в частотной области. По принципу настройки и работы этот курсор не отличается от гармонического курсора (Рис. 6.13).

Разностный курсор (📏), рис. 6.14) позволяет определить разницу по X и Y между двумя значениями сигнала, а также вычислить определенный интеграл (площадь под кривой сигнала).

Для разностного курсора кнопка (📏) вызывает окно расчета скорости (V) по заданному перемещению (S) и измеренному dX (Рис. 6.16).

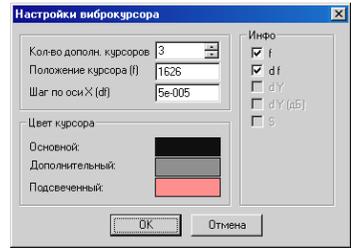


Рис.6.15 Настройка виброкурсоров

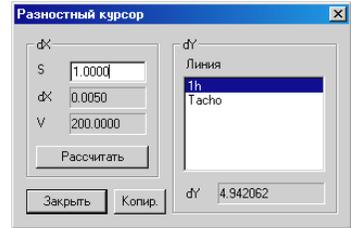


Рис 6.16 Расчет для разн.курс.

Табличное представление сигналов

Таблица позволяет просмотреть сигналы в виде столбцов значений, привязанных к общей шкале времени (Рис. 6.17).

Нажмите кнопку (📄) (Новая таблица) на панели управления таблицей. Добавить сигнал в таблицу можно так же, как и в график – перетащите мышкой сигнал (или папку) на страницу таблицы.

Удалить сигнал из таблицы можно через контекстное меню столбца (Рис. 6.17, пункт **Удалить столбец**), которое вызывается нажатием правой кнопкой мышки на шапке столбца.

Также через контекстное меню столбца и строки доступны стандартные функции редактирования (копировать, вставить и т.д.), добавление пустой строки или столбца.

Значения сигнала в ячейках таблицы можно изменять. Активная ячейка помечается рамкой. Измененные значения выводятся красным цветом. Используйте кнопки (↶) и (↷) для отмены изменений или повторного ввода. Сохраняйте изменения кнопкой (💾).

Для печати выделенного фрагмента таблицы нажмите кнопку (🖨).

Кнопка  (**Сохранить таблицу как...**) позволяет экспортировать данные таблицы в файл формата CSV (Common Separated Values). После формирования файла, следует попытка открыть его в MS Excel. Заметьте, размерность CSV-файла (количество столбцов и строк) может превышать максимальные значения размеров таблиц MS Excel.

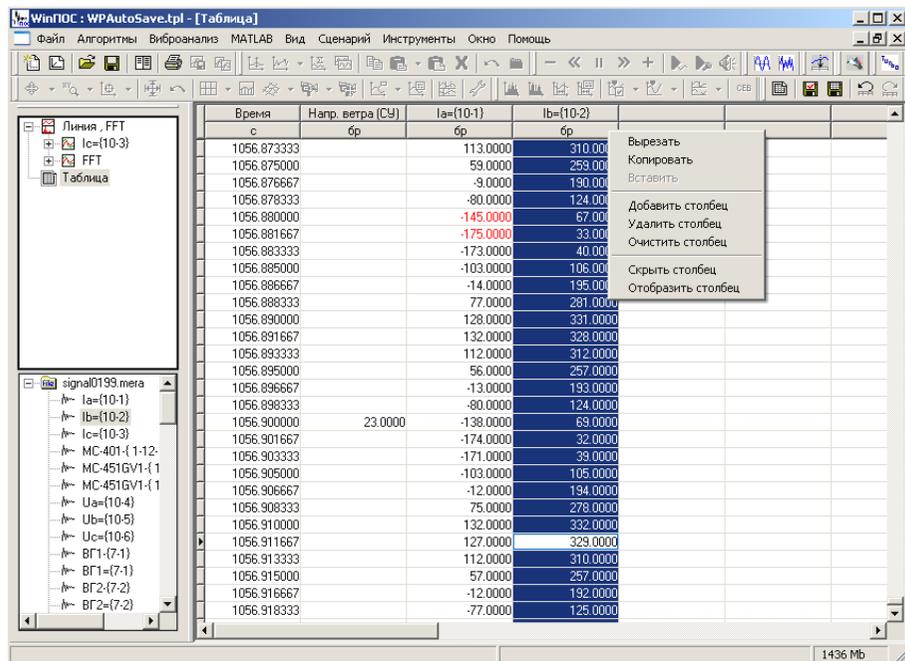


Рис. 6.17 Вариант табличного представления значений сигналов

Использование горячих клавиш при просмотре

- <F5> Переключение между окнами дерева графиков/дерева сигналов/рабочей областью (страницей)
- <Ctrl+Tab> Переключение между страницами
- <Ctrl+I> Включает и выключает режим прокрутки графика (по обеим осям)
- <Ctrl+2> Включает и выключает режимы масштабирования графика
- <Ctrl+3> Включает и выключает режим курсора графика
- <Ctrl+[~]> Возврат к предыдущему масштабу, положению
- <Ctrl+G> Переключает режим сетки в графике
- <Ctrl+L> Отображать/скрыть вертикальные линии от значений сигнала

<Ctrl+F>	Устанавливает метку в положении курсора
<Ctrl+O>	Открывает окно настроек
<Ctrl+P>	Печать активной страницы

Следующие клавиши работают, только если страница в фокусе. Если при нажатии клавиш ничего не происходит, вероятно, выбрано дерево сигналов или графиков, нажмите один или два раза <F5> или щелкните мышкой над страницей.

<G>	Сделать активным следующий график
<Y>	Сделать активной следующую ось Y
<L>	Сделать активной следующую линию
<+>, <->	Увеличить/уменьшить масштаб по оси X активного графика
<Shift+"+", "-">	Увеличить/уменьшить масштаб по активной оси Y
<<->, <->>	Прокрутка графика по оси X
	В режиме курсора – перемещение курсора по X
<Shift+<->, >->>	В режиме курсора – прокрутка графика по оси X
<Tab>	Установить курсор в заданную позицию.
<↑>, <↓>	Прокрутка графика по активной оси Y

Другие горячие клавиши (работают не только при просмотре графика):

<Esc>	Прерывание текущей операции (расчет, отрисовка и т.п.)
<F1>	Вызов окна справки
<F3>	Диалог открытия файла
<пробел>	В дереве сигналов: исключает сигнал из обработки

Часть 7. Редактирование сигналов и файлов

В этой части рассказывается, как с помощью WinПОС:

- откорректировать сигналы и файлы замеров,
- удалить сигналы или участки, не содержащие полезной информации,
- создать новые сигналы и файлы замеров.

Новые сигналы в WinПОС создаются автоматически в результате выполнения алгоритмов (См. ч.9 *Обработка сигналов*). Кроме того, Вы можете:

- создать новый сигнал, скопировав исходный сигнал или его участок,
- объединить несколько сигналов или фрагментов в новый сигнал,
- создать сигнал, представляющий зависимость одного параметра от другого,
- сгенерировать искусственный сигнал программно.

Вы можете вызывать функции редактирования в главном окне с помощью панели редактирования и компоновать файлы замеров в дереве сигналов.

Менеджер сигналов (См. рис. 7.1) поможет изменить характеристики сигналов и поработать с табличным представлением сигналов. Элементы управления окна *Менеджер сигналов* описаны в *Обзоре вспомогательных окон WinПОС* части 3.

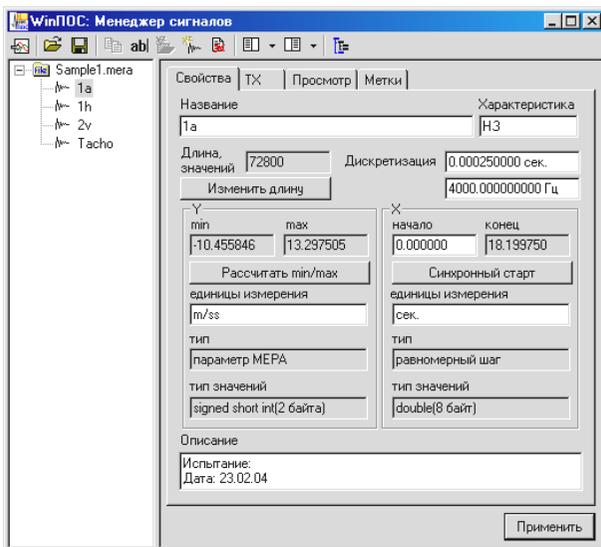


Рис. 7.1. Менеджер сигналов. Свойства

Редактирование файлов

Информационные поля файла замера Вы можете изменить на страницах *Менеджера сигналов* (См. рис. 3.6). Как добавить сигналы в файл, описано ниже в разделе, посвященном копированию сигналов. Для удаления сигнала из файла в контекстном меню сигнала в дереве сигналов надо выбрать пункт **Удалить** или в окне *Менеджер сигналов* нажать кнопку .

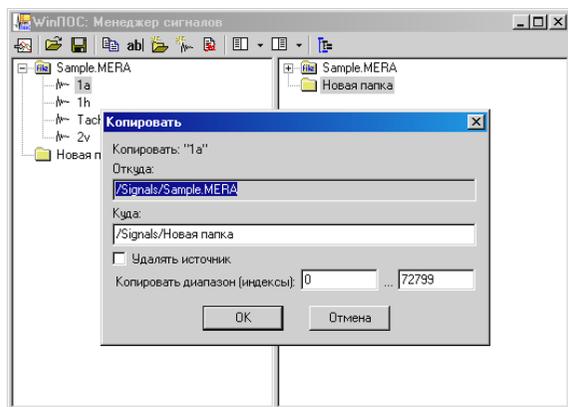
Фактически файл изменится на диске только после операции «Сохранить» или «Сохранить как...» (для создания нового файла). Подробнее см. ч. 4. *Загрузка и сохранение сигналов.*

Копирование сигналов

В дереве сигналов

Скопировать сигнал в дереве сигналов так же просто, как поместить сигнал в график. Нажмите левую кнопку мышки над именем сигнала в дереве сигналов и, не отпуская кнопки, переместите указатель мышки к папке, в которую требуется скопировать сигнал. Отпустите кнопку над названием папки. Сигнал будет скопирован в эту папку.

С помощью Менеджера сигналов



- Кнопками  Менеджера сигналов включите в левой и правой панелях отображение дерева сигналов.

- Выберите в одной панели папку, в которую будет копироваться сигнал, а в другой - сигнал, который требуется скопировать.

Рис. 7.2. Менеджер сигналов. Копирование сигнала

Нажмите кнопку . В диалоге *Копировать* (Рис. 7.2) проверьте пути в полях *Откуда* и *Куда* и нажмите **ОК**. Сигнал будет скопирован в указанную папку. При включенном *Удалять источник*, сигнал будет не скопирован, а перемещен в выбранную папку.

Копирование части сигнала

С помощью панели редактирования графика

- Включите двойной курсор (См. рис. 7.3, 1).
- Выберите интересующий участок сигнала и нажмите кнопку  на панели редактирования (Рис. 7.3, 2). Информация о выбранном участке будет сохранена во внутреннем буфере обмена.
- Нажмите кнопку  на панели редактирования (Рис. 7.3, 3). Новый сигнал будет создан и показан в графике (Рис. 7.3, 4).

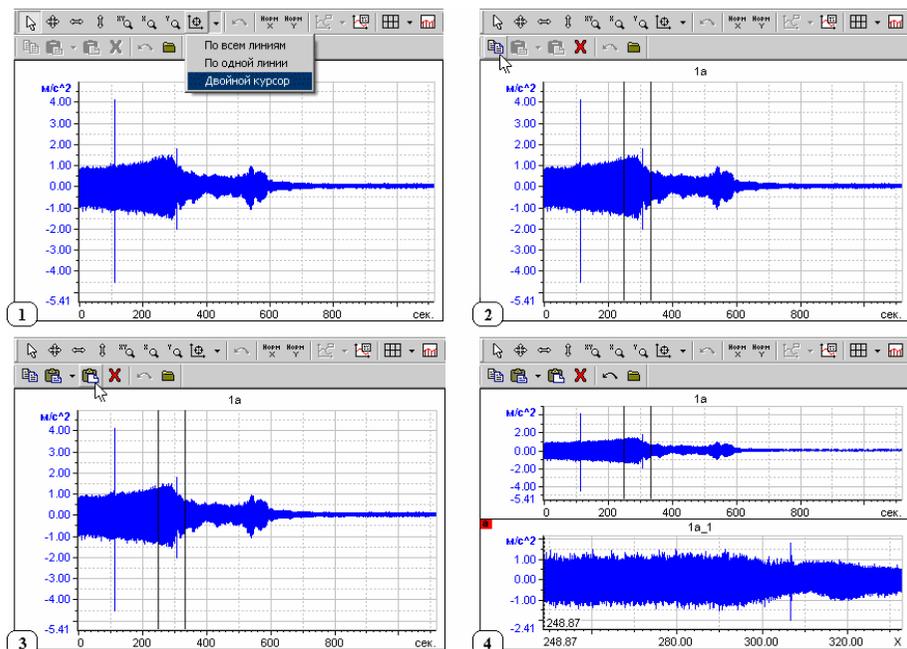


Рис 7.3. Копирование части сигнала

При копировании части сигнала не происходит физического дублирования данных до тех пор, пока сигнал не будет сохранен на диск: в результирующий сигнал добавляется ссылка на исходные данные. Поэтому сигналы, из которых копировались данные, не могут быть удалены, пока не будут удалены результирующие сигналы. Кроме этого, изменение исходных сигналов может повлечь за собой изменения и в результирующих сигналах.

С помощью Менеджера сигналов

Выполните те же действия, что и для копирования целого сигнала, но в диалоге *Копировать* (Рис. 7.2) задайте новый диапазон индексов в полях *Копировать диапазон*.

Или создайте новый сигнал, установив старый в качестве источника.

- Нажмите кнопку  панели инструментов окна *Менеджер сигналов*.
- В окне, показанном на рис. 7.4, в

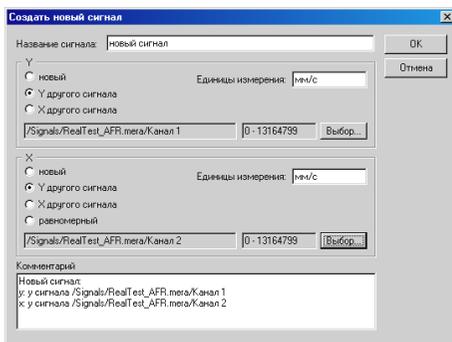


Рис. 7.4. Создание нового сигнала

поле *Y* отметьте *Y* другого сигнала, нажмите кнопку **Выбор...** и укажите исходный сигнал или часть сигнала с помощью окна выбора сигналов (Рис. 3.5).

- В поле *X* отметьте *X* другого сигнала, нажмите кнопку **Выбор...** и укажите тот же сигнал, что и для оси ординат.
- Введите название нового сигнала и нажмите **ОК**. Новый сигнал будет помещен в папку «Новые сигналы» дерева сигналов.

Склеивание сигналов

С помощью панели редактирования графика

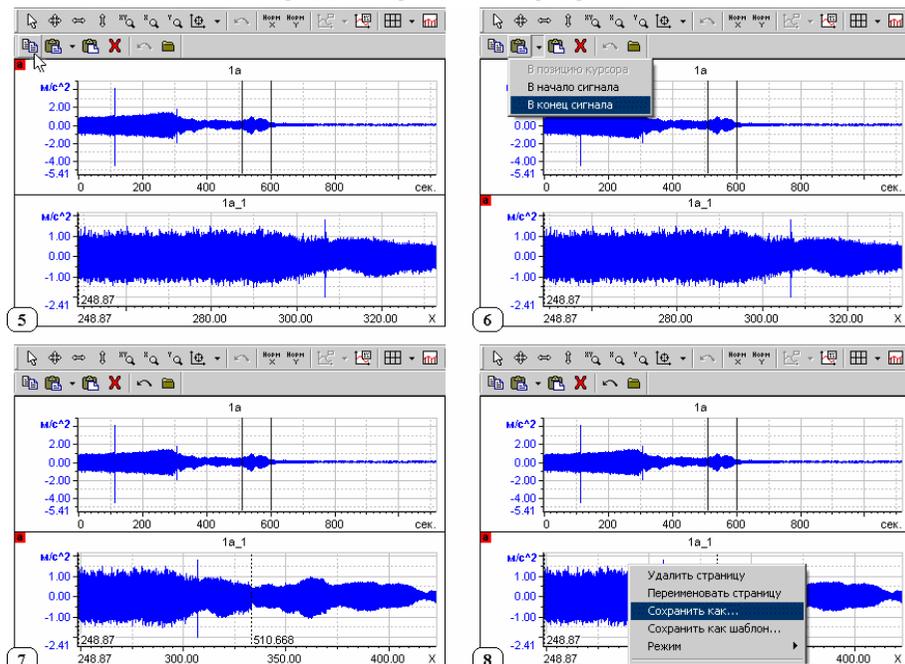


Рис 7.5. Копирование части сигнала

Вы можете добавить скопированный сигнал или фрагмент к другому сигналу.

- Скопируйте сигнал, как это описано выше в параграфе Копирование сигнала с помощью панели редактирования графика. См. рис. 7.3 и 7.5, 5.
- Выберите график с сигналом, к которому требуется добавить фрагмент, нажмите кнопку . См. рис. 7.5, 6.

При включенном курсоре текущих значений исходный фрагмент будет вставлен в позицию курсора, иначе – в конец сигнала (рис. 7.5, 7). Стрелка справа от кнопки  позволяет принудительно установить режим вставки: в

позицию курсора (запрещено при отключенном курсоре), в начало или в конец сигнала (рис. 7.5, 6).

- ❗ При копировании участка одного сигнала в начало другого, время начала (начальное значение по оси X) второго сигнала приравнивается ко времени начала скопированного участка.

Необходимо, чтобы у сигналов совпадали типы данных и градуировочные характеристики.

Автоматическое склеивание сигналов

Функция автоматической склейки сигналов может быть полезна при соединении фрагментов одного параметра, разнесенных по разным файлам замеров.

- Поместите сигналы, которые требуется склеить в один график.
- Нажмите кнопку  панели редактирования.

Сигналы активного графика будут объединены в один в порядке их следования в легенде графика. Результирующий сигнал получает все свойства (частоту, время старта, градуировку и т.п.) первого сигнала, места склейки помечаются метками с именами исходных сигналов. Готовый сигнал помещается в папку «Новые сигналы» дерева сигналов WinПЛОС.

Параметрические и полярные сигналы

С помощью алгоритма «Параметрический график»

В части 9 описано, как настроить алгоритм «Параметрический график» для создания параметрических или полярных сигналов. Если Вам требуется строить параметрические графики часто, ускорьте вызов алгоритма:

- Установите «Параметрический график» алгоритмом по умолчанию (в окне настройки алгоритма).
- В контекстном меню сигнала, зависимость от которого требуется построить, нажмите **Выделить сигнал**.
- Удерживая клавишу <Alt>, перенесите мышкой сигнал в график, как при создании обычного графика.

Будет выполнен алгоритм по умолчанию и результат, параметрический график, будет построен вместо простого графика.

С помощью диалога «Создать новый сигнал» в окне Менеджер сигналов

- Нажмите кнопку  на панели инструментов окна *Менеджер сигналов*.

- В окне, показанном на рис. 7.4, в поле *Y* отметьте *Y* *другого сигнала*, нажмите кнопку **Выбор...** и укажите исходный сигнал или часть сигнала с помощью окна выбора сигналов (Рис. 3.5).
 - В поле *X* отметьте *Y* *другого сигнала*, нажмите кнопку **Выбор...** и укажите сигнал, значения которого соответствуют новой оси абсцисс.
 - Введите название нового сигнала и нажмите **ОК**. Новый сигнал будет помещен в папку «Новые сигналы» дерева сигналов WinПОС.
-  При создании нового сигнала по двум другим сигналам длина нового сигнала будет равна длине самого короткого из исходных сигналов.

Сигналы программного генератора

Создание искусственного сигнала возможно в версиях WinПОС professional и expert. Вы можете вызвать готовый плагин генерации сигналов (панель ) , один из примеров из комплекта поставки WinПОС, или самостоятельно написать сценарий, программу или плагин (подключаемый модуль) практически на любом языке программирования, поддерживающем технологию OLE. См. ч. 11 *Автоматизация WinПОС* и *Руководство программиста*.

Удаление фрагментов сигнала

Удаление фрагментов сигнала, не содержащих полезной информации, существенно сокращает объем данных замера и время обработки. Однако, следует помнить, что при этом может исказиться привязка данных к шкале времени.

С помощью панели редактирования графика

- Включите двойной курсор, выберите участок для удаления (Рис.7.6, 1).
- Нажмите кнопку  на панели редактирования (Рис.7.6, 2). Подтвердите действие. Выбранный участок сигнала будет удален, а на его месте установлена метка разрыва (Рис.7.6, 3).

При удалении участка сигнала не происходит физического удаления данных, до тех пор, пока сигнал не будет сохранен на диск (Рис.7.6, 4).

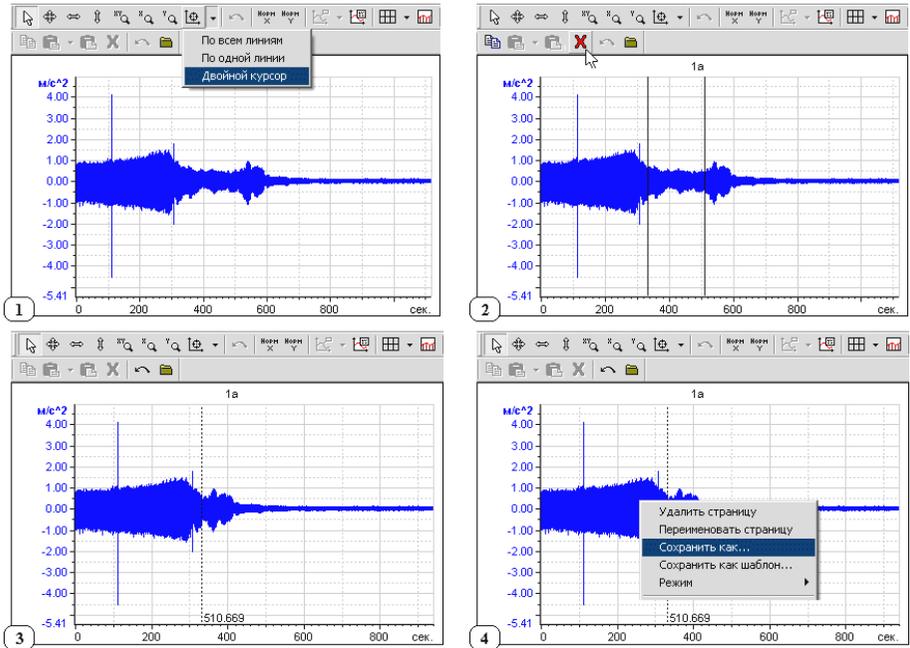


Рис. 7.6. Последовательность действий при удалении части сигнала

С помощью Менеджера сигналов

- Выберите сигнал в окне *Менеджер сигналов*.
- На закладке *свойств* (Рис. 7.1) сигнала нажмите кнопку **Изменить длину** рядом с полем *Длина, значений*.
- В диалоговом окне *Изменение длины сигнала* (Рис. 7.7) выделите курсорами участок сигнала (при открытии окна курсоры установлены в начале сигнала) или введите точные значения в соответствующие поля.
- Выберите операцию из выпадающего списка:
 - обрезать (оставить указанный интервал),
 - удалить указанный интервал,
 - вставить указанное число значений.
- Нажмите ОК.

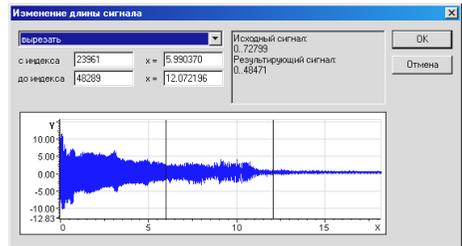


Рис. 7.7. Изменение длины сигнала

Изменение длины сигнала происходит сразу после подтверждения и не может быть отменено.

Отмена редактирования

Отложенные операции редактирования (копирование, вставка и удаление с помощью панели редактирования) могут быть отменены.

Выберите график с измененным сигналом и нажмите кнопку  на панели редактирования. Подтвердите действие. Из сигнала будет удалена вся информация о редактировании, и он будет восстановлен к первоначальному виду. Если сигнал целиком состоит из скопированных участков других сигналов, то при отмене редактирования он будет удален.

Работа с папкой (файлом)

Операции редактирования (копирование, вставка и удаление с помощью панели редактирования) могут быть выполнены, на примере одного сигнала, над всеми сигналами в папке (файле) одновременно.

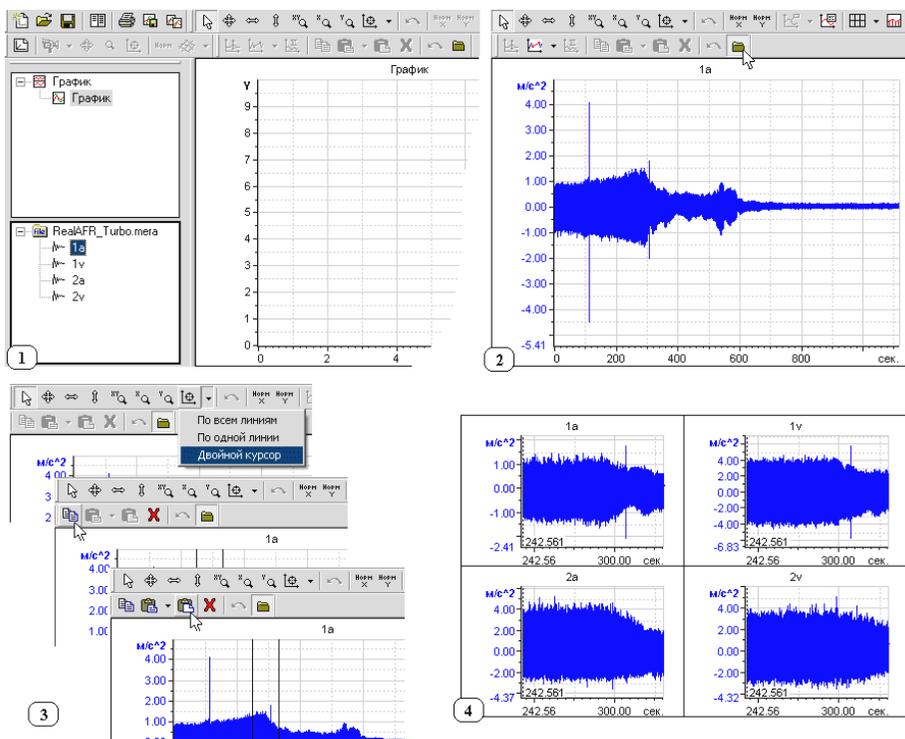


Рис. 7.8. Редактирование каталога

- Откройте один из сигналов в графике и нажмите кнопку  (Рис. 7.8, 1-2).
- Выполните все необходимые операции над выбранным сигналом. Аналогичные операции будут автоматически выполняться над остальными сигналами в папке (Рис. 7.8, 3-4).
- Повторно нажмите кнопку  для выхода из режима работы с папкой.

Выбор конкретного сигнала не влияет на результат. В процессе редактирования папки для очередной операции можно выбирать сигнал, отличный от выбранного первоначально.

Изменение характеристик сигнала

Основные свойства сигнала

Откройте окно *Менеджер сигналов* (**Вид**→**Менеджер сигналов** или ). В окне слева выберите сигнал. На закладке *свойств* сигнала (Рис. 7.1) можно изменить единицы измерения, тип характеристики, добавить описание, изменить частоту дискретизации, задать время старта.

Для установки времени старта сразу для всех сигналов папки предусмотрена кнопка **Синхронный старт**.

Минимальное и максимальное значения рассчитываются автоматически при построении графика. Надпись «неизв.» в соответствующих полях говорит о том, что значения еще не рассчитаны. Запустить расчет принудительно можно с помощью кнопки **Рассчитать min/max**.

Характеристики сигнала изменяются после нажатия кнопки **Применить**.

Изменение градуировочной характеристики

Выберите сигнал в окне *Менеджер сигналов*. На закладке *ТХ* (Рис. 7.9) отображается градуировочная характеристика сигнала в виде дерева с коэффициентами. В нижней части закладки можно добавлять, удалять и редактировать значения коэффициентов. При добавлении новой ТХ следует задать ее тип в диалоге *Добавить ТХ* (Рис. 7.10).

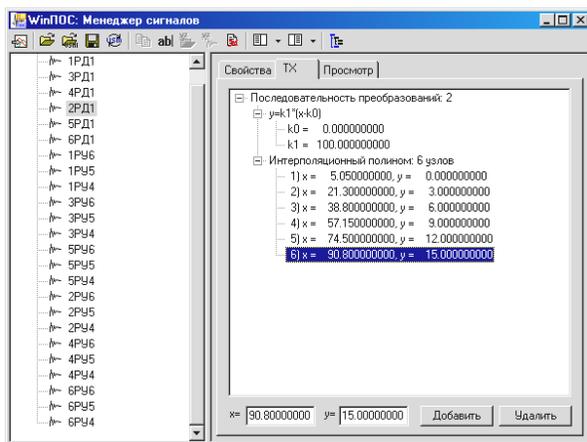


Рис. 7.9. Менеджер сигналов. ТХ

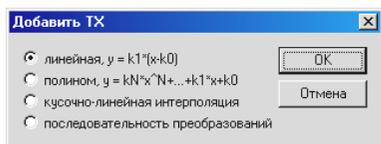


Рис. 7.10. Добавить ТХ

(до применения ТХ), а в четвертой – в единицах измерения сигнала (после применения). См. рис. 7.11.

Если требуется, например, пересчитать значения из кодов в Вольты, а из Вольтов в кг/см^2 , выберите **Последовательность преобразований** и добавьте в неё две ТХ.

На закладке *Просмотр* в колонке $y(\text{codes})$ располагаются значения сигнала в кодах

Редактирование значений сигнала

Редактирование значений в таблице

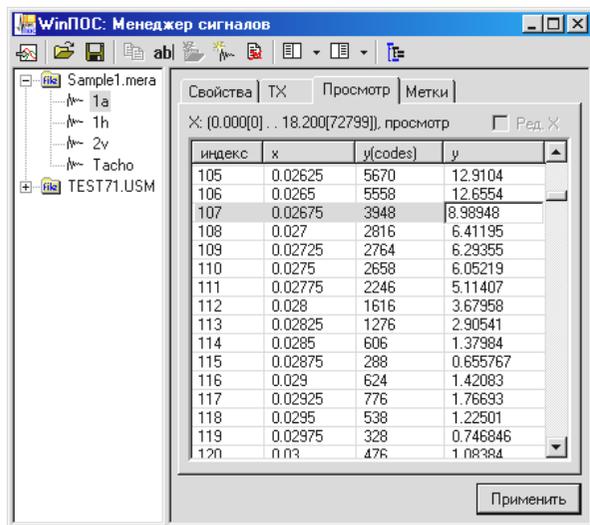


Рис. 7.11. Менеджер сигналов. Просмотр

Выберите сигнал в окне *Менеджер сигналов*. На закладке *Просмотр* (Рис. 7.11) - значения сигнала в виде таблицы.

Одновременно в таблице показываются до 1000 значений. Перейти к нужному значению можно с помощью полосы прокрутки. Если на экране в пределах 1000 значений не отображается нужное значение, надо двойным щелчком мышки на любой ячейке в столбце *индекс* или *x* включить режим редактирования

ячейки таблицы и ввести нужное значение смещения или времени. Переход к нужному значению происходит после щелчка мышки вне поля редактируемой ячейки.

Изменить значение сигнала также можно двойным щелчком мышки на ячейке столбца *y*. Значение в таблице изменяется по щелчку мышки вне поля редактируемой ячейки, а данные сигнала изменятся только после нажатия кнопки **Применить**.

У сигналов с неравномерным шагом можно изменять и значения по оси *x*, выбрав опцию **Ред. X**, при этом отключится режим прокрутки по оси абсцисс.

0.000000
-8.069582
-7.095039
-7.309074
5.000000

Щелчком правой кнопки мышки над ячейкой можно изменить количество цифр после запятой. В поле ячейки возникает управляющий элемент, правая кнопка которого повышает точность представления чисел, левая – понижает. Изменение точности влияет на весь столбец таблицы.

Редактирование интервала на графике

Для изменения значений сигнала в нескольких точках нажмите на значок  справа от кнопки **Замена значений сигнала**.

В подменю выберите режим замены значений сигнала. Отведите мышкой область отсечки значений (Нажмите левую кнопку мышки и, не отпуская кнопки, переместите указатель мышки, отпустите кнопку). При этом значения сигнала, которые попадут под замену, будут отображаться более светлыми.

Линия отсечки (рисуеться красным) означает следующее:

в режиме **Рисовать линии** - заменить значения сигнала на значения этой линии (Рис 7.12),

в режиме **Стирать выше** - значения выше линии заменять на точки линии, ниже – не изменять (Рис 7.13),

в режиме **Стирать ниже** - стирать значения ниже линии отсечки, заменяя их на значения линии (Рис 7.14).

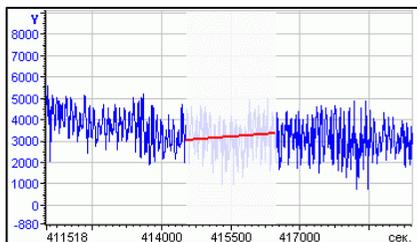


Рис. 7.12. Редактирование. Рисовать

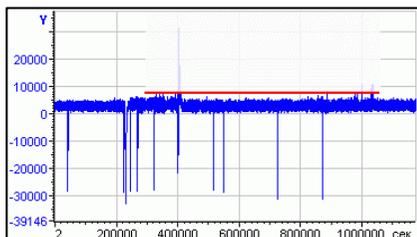


Рис. 7.13. Редактирование. Стирать выше

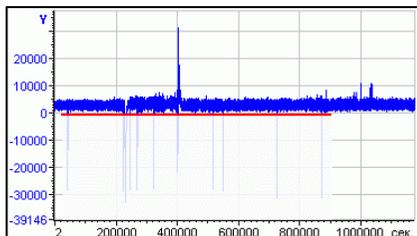


Рис. 7.14. Редактирование. Стирать ниже



Изменение значений сигнала не может быть отменено. При входе в режимы замены значений выдается соответствующее предупреждение.

Изменение одного значения

Для изменения значения в выбранной точке переключитесь в режим курсора, установите курсор на нужную точку и нажмите на панели редактирования кнопку

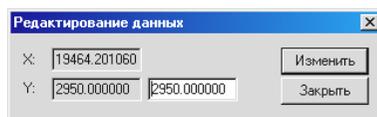


Рис. 7.15. Редактирование данных

Редактирование значений .

Введите новое значение сигнала в данной точке в диалоговом окне *Редактирование данных* (Рис. 7.15). Нажмите **Изменить**.

Часть 8. Оформление графиков и подготовка отчетов

Оформление графиков

Для повышения информативности и наглядности представления результатов в WinПОС предусмотрены такие элементы оформления графиков, как многофункциональная легенда, нумерация линий, печать значений на сетке, подписи, выноски, метки, режимы и комментарии (См. рис. 8.1).

В диалоге настроек графика на закладке *График* (Рис. 5.11) можно включить и выключить отображение названия графика (**Имя графика**), номеров линий (**Номера линий**), значений на сетке (**Знач. на сетке**), выбрать расположение легенды и изменить другие настройки.



Рис. 8.1. Повышение информативности графика

Легенда

Одним из основных элементов графика является легенда. Легенда может быть представлена в одном из трех видов - простом, полном и как список меток.

В простой форме легенды отображаются только названия линий. Если включен режим курсора, то также показывается текущее положение курсора и значения каждой линии в этой точке.

1	K_1-53A	Y = -58.9178
2	K_2-53B	Y = -20.7214
3	K_3-53D	Y = -12.5634
		X = 72.7220

Полная форма легенды представляет собой таблицу, в которой для каждого сигнала отображаются несколько параметров: частота дискретизации, значения по X и Y в точке курсора и т.д. Полный список доступных параметров

приведен в таблице 8.1. На закладке *Легенда* окна *Настройки графиков* (Рис. 5.15) можно указать, какие из этих колонок будут показываться в легенде. Показать или скрыть легенду – на той же закладке или в контекстном меню графика (**Показывать легенду**). Размер полей легенды можно изменить, захватив границу поля курсором мышки и сдвинув ее в требуемую сторону.

Имя	Fs	dX	Xтек	Утек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Хнач - Хкон	Размах Y	МО	СКЗ	Длина
К_1-53А	5333.33	0.000188	72.721986	-58.917813	387851	383626	468115	71.930 - 87.772	329.095	18.296	46.941	875719
К_2-53В	5333.33	0.000188	72.721986	-20.721377	387851	383626	468115	71.930 - 87.772	166.327	0.237	22.028	875719
К_3-53Д	5333.33	0.000188	72.721986	-12.563433	387851	383626	468115	71.930 - 87.772	172.566	15.474	30.302	875719

Таблица 8.1 Список доступных колонок в полной форме легенды

<i>Имя</i>	Название линии (сигнала), рядом показан цвет и порядковый номер
<i>Fs</i>	Частота дискретизации сигнала
<i>dX</i>	Шаг по оси X, $dX = 1 / Fs$
<i>Xтек</i>	Текущее положение курсора
<i>Утек</i>	Значение сигнала в точке курсора
<i>Инд.тек</i>	Индекс значения в точке курсора
<i>Инд.Л</i>	Индекс первого значения на графике
<i>Инд.П</i>	Индекс последнего значения на графике
<i>Хнач - Хкон</i>	Текущий диапазон по X
<i>Умин - Умакс (тек)</i>	Минимальное и максимальное значения сигнала на текущем диапазоне по X
<i>Размах Y</i>	Разность максимального и минимального значений на текущем диапазоне
<i>Умин</i>	Минимальное значение сигнала на всем диапазоне
<i>Умакс</i>	Максимальное значение сигнала на всем диапазоне
<i>МО</i>	Математическое ожидание сигнала на текущем диапазоне по X
<i>СКЗ</i>	СКЗ сигнала на текущем диапазоне по X
<i>Длина</i>	Количество значений в сигнале

В легенде может отображаться список всех выносок, меток и режимов, присутствующих на графике.

К_1-53А X = 93.9517 Y = 37.6206	К_1-53А X = 75.5692 Режим 1	К_3-53Д X = 93.4049 M1
К_1-53А X = 95.1875 Y = -24.9363	К_2-53В X = 93.4049 M1	К_3-53Д X = 93.1350 M2
К_1-53А X = 93.4049 M1	К_2-53В X = 93.1350 M2	К_3-53Д X = 75.5692 Режим 1
К_1-53А X = 93.1350 M2	К_2-53В X = 75.5692 Режим 1	

Номера линий

При одновременном просмотре на графике нескольких линий проследить изменение каждого параметра помогает цветовое выделение каждого сигнала, однако при большом количестве линий и при печати графика на черно-белом принтере цветового выделения недостаточно. Номера линий проставляются в прямоугольнике на соответствующей линии в поле графика и в легенде рядом с именем сигнала. Включаются на закладке *График* окна настроек.

Скрытые линии

Если в графике много линий, и они загораживают друг друга, часть линий можно временно скрыть, не удаляя их из графика. Для этого в контекстном меню линии (вызывается из легенды и в дереве графиков) надо выбрать пункт **Скрыть линию** или нажать клавишу <пробел> на выделенной линии в дереве графиков. Скрытая линия в легенде помечается перечеркнутым номером:  1h, а в дереве графиков – специальным значком на пиктограмме:  1h.

Активная линия всегда рисуется поверх остальных линий.

- ❶ Скрытая линия, как и скрытый сигнал (см. 4.9 *Обработка сигналов*), при вызове алгоритмов исключаются из обработки.

Координатная сетка

Вид координатной сетки изменяется кнопкой  (последовательным перебором или выбором из меню по стрелке рядом с ней) или через меню **Инструменты**. Можно установить **Сетку по X и Y**, **Сетку по X**, **Сетку по Y** (См. рис. 8.2) и **Скрыть сетку**.

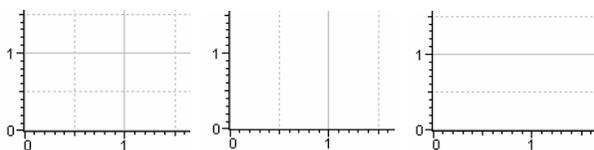


Рис. 8.2. Виды координатной сетки

Значения на сетке

Значения сигналов на сетке облегчают просмотр изменений сигналов на бумаге, заменяя отчасти курсор на напечатанном графике. Числа в столбце следуют в том же порядке, что и сигналы в легенде и выводятся цветом линии. Значения скрытой линии (см. выше) выводятся, чтобы не нарушать порядок следования чисел. Режим включается на закладке *График* настроек (см. выше).

Вид линии

Обычно сигнал выглядит на графике сплошной линией, измерения сигнала соединяются отрезками (интерполяция первого порядка). Такой режим позволяет оценить форму и изменение сигнала, но не позволяет увидеть отдельные измерения (точки).

Режим рисования вертикальных линий от точек сигнала (См. второй график на рис. 8.3) решает не только эту проблему. Он может быть полезен для более четкой привязки к временной оси и при сопоставлении сигналов с разной дискретизацией. Включается галочкой **Вертикальные линии** на закладке *Линия* окна *Настройки графиков* (Рис. 5.12) или кнопкой  панели управления графика.

В ряде случаев (например, при просмотре телеметрических данных) может быть полезен режим, в котором сигнал изображается отдельными точками-измерениями (третий график на рис. 8.3). Такой режим включается галочкой **Не соединять точки** на закладке *Линия* окна *Настройки графиков* (Рис. 5.12).

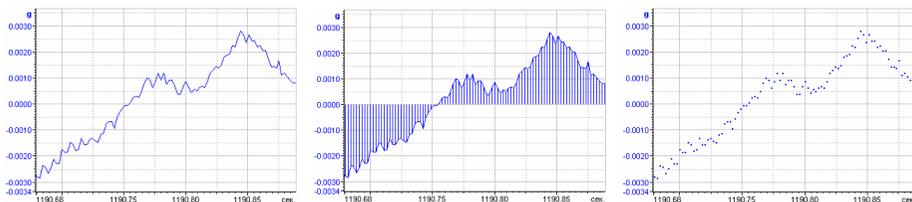


Рис. 8.3. Варианты представления линии

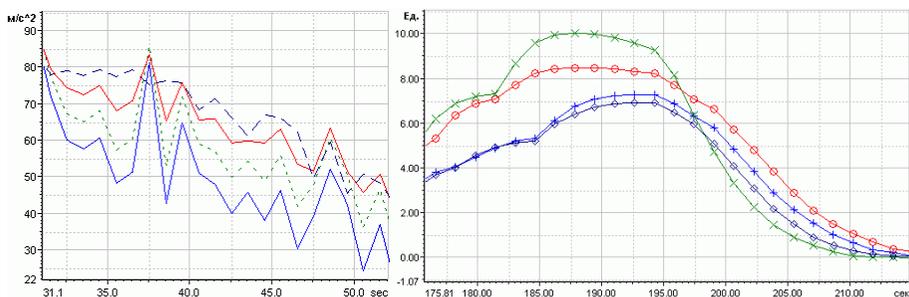


Рис. 8.4. Выделение линии

Если линии нескольких медленно меняющихся параметров в одном графике плохо различимы по цветам (например, при монохромной печати) можно изменить штриховку линии или пометить значения сигнала значками, как это показано на рис. 8.4. Для этого обратитесь к закладке *Линия* окна *Настройки графиков* (Рис. 5.12), опции **Тип линии** и **Тип точки**.

Представление спектра гистограммами

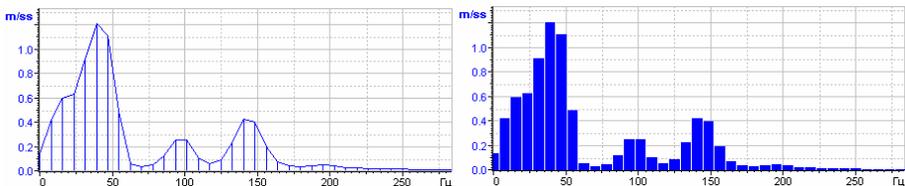


Рис. 8.5. Гистограммы

Обычно спектры изображаются кривыми с вертикальными линиями (См. рис.8.5), но на закладке *Линии* в **Инструменты**→**Настройки по**

умолчанию... можно установить отображение спектра в виде гистограмм (опция **Спектр как гистограмма**).

Выноски

Выноски позволяют добавить на график точные значения сигналов в выбранных точках или прокомментировать участки сигналов (Рис. 8.6).

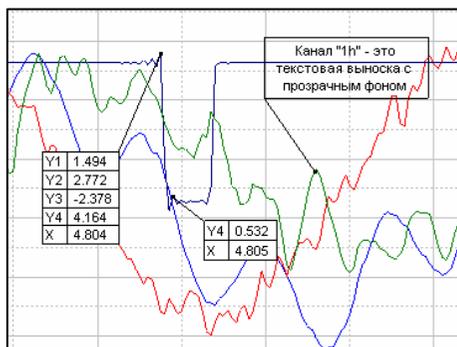


Рис. 8.6. Виды выносок

Переключитесь в режим курсора, кнопкой панели инструментов. Установите курсор на интересующем Вас значении. Нажмите кнопку - **Добавить выноску (флаг)** (или комбинацию <Ctrl+F>). Щелчком левой кнопки мыши укажите позицию выноски. Выноска ставится на ближайшую к курсору точку сигнала.

Значок справа от кнопки позволяет выбрать тип выноски: **На одну линию**, **На все линии** или **Текстовая**.

Для редактирования или удаления необходимо дважды щелкнуть мышкой в поле выноски.

Для перемещения выноски нажмите и удерживайте левую кнопку мышки в поле выноски, переместите прямоугольник в новую позицию, отпустите кнопку. Размер прямоугольника подбирается автоматически, и его нельзя изменить.

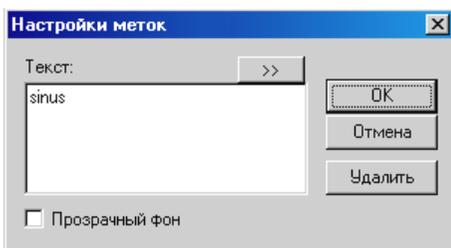
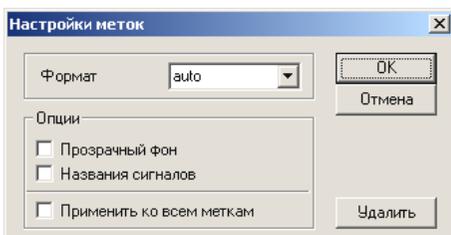


Рис. 8.7. Настройка выносок

В диалогах настройки выносок (Рис. 8.7) можно включить **прозрачный фон**. Для выносок со значениями – заменить сокращенные обозначения линий (Y1,Y2,Y3,...) на **названия сигналов** и задать **Формат** вывода значений: в выпадающем списке можно выбрать подходящий формат (**auto** – автоматический выбор формата) или задать свой в поле редактирования. При этом знак # - обозначает одну цифру, 0 – указывает на необходимость дополнения строки нулями, e – включает инженерный формат чисел.

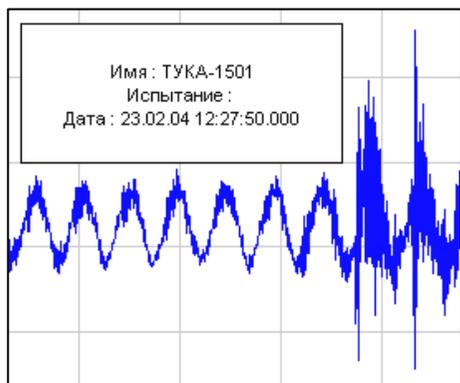


Рис. 8.8. Комментарий

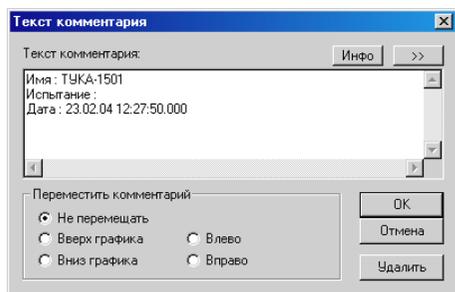


Рис. 8.9. Настройка комментариев

ментарий из файла МЕРА или УСМЛ.

Поле **Переместить комментарий** позволяет выровнять комментарий вдоль одной из сторон графика.

Чтобы передвинуть комментарий, нажмите и удерживайте левую кнопку мышки в поле текста, переместите прямоугольник в новую позицию, отпустите кнопку. Изменить размер комментария можно за его рамку (указатель мышки над рамкой заменяется стрелками, указывающими направление перемещения: нажмите левую кнопку мышки и передвиньте рамку).

Печать и сохранение графиков

Печать страницы

Печать активной страницы происходит через окно предварительного просмотра (Рис. 8.10), которое открывается по кнопке  главной панели инструментов или через меню **Инструменты**→**Печать...**

Надпись текстовой выноски редактируется в поле **Текст** (Рис. 8.7). Кнопка  открывает окно «истории» со строками ранее введенного текста.

Комментарии

Нажмите кнопку  (**Добавить комментарий**). «Нарисуйте» мышкой прямоугольник для текста комментария (Нажмите левую кнопку мышки в поле отрисовки графика, затем, не отпуская кнопки мышки, переместите курсор, очерчивая прямоугольником область будущего комментария). Для редактирования (Рис. 8.9, поле *Текст комментария*) или удаления необходимо дважды щелкнуть мышкой в поле комментария.

Кнопка  открывает окно истории ввода.

Кнопка **Инфо** добавляет коммен-

Кнопка **Страница...** окна предварительного просмотра позволяет задать величину полей и выбрать размер и ориентацию бумаги в стандартном диалоге Windows.

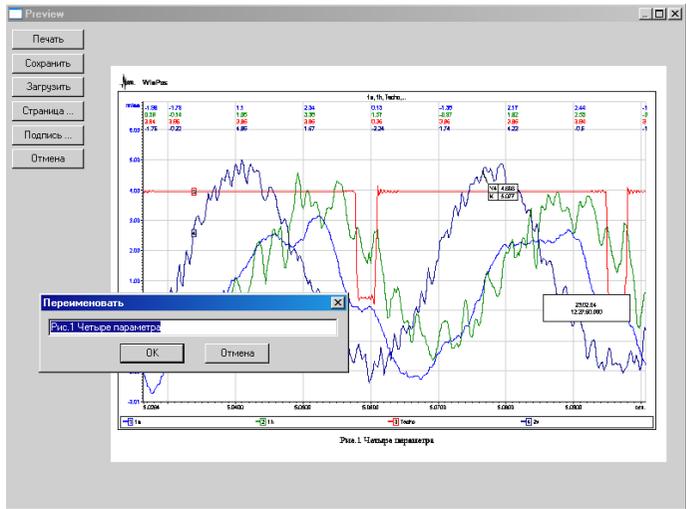


Рис. 8.10. Предварительный просмотр. Подпись

Кнопка **Сохранить** создает графический файл (формата BMP) с изображением страницы. А кнопка **Загрузить** позволяет найти и распечатать ранее сохраненную страницу.

Кнопка **Печать** открывает стандартный диалог выбора и настройки принтера и печати.

Подпись

Кнопка **Подпись...** окна предварительного просмотра (См. рис. 8.10) при печати позволяет добавить внизу страницы сопроводительную надпись.

Рулонная печать, эмуляция

Печать на принтере с рулонной подачей бумаги (См. рис. 8.11) позволяет получать более удобные для дальнейшего изучения графики с большей детализацией по оси времени. Если принтер не поддерживает рулонную подачу бумаги, происходит эмуляция рулонной печати на отдельных листах бумаги, так что график с большим разрешением по времени все же можно получить, хотя бы склеиванием таких листов.

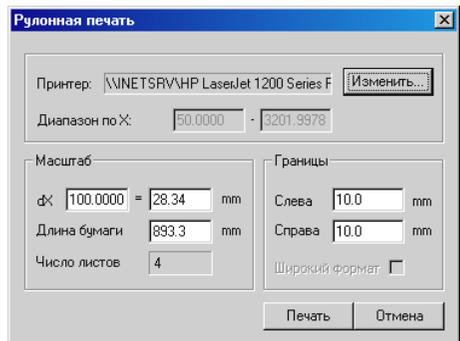


Рис. 8.11. Настройка рулонной печати

В окне настройки рулонной печати можно выбрать принтер (кнопка **Изменить...**), задать *Масштаб* (поля разрешения, **dX...=...mm**, связаны с полем *Длина бумаги*) и установить *Границы*. *Диапазон по X* устанавливается по текущему графику.

Окно рулонной печати открывается через меню **Инструменты**→**Рулонная печать...**

Сохранение изображений

Текущую страницу графиков можно сохранить в графический файл (формат BMP), нажав кнопку  главной панели инструментов или через меню **Инструменты**→**Сохранить изобр. в файл...**(открывается стандартный диалог выбора файла).

Копирование графиков через буфер обмена

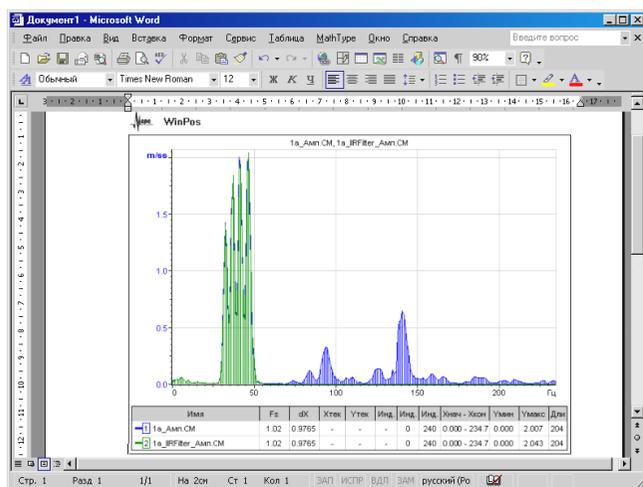
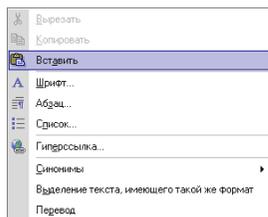


Рис. 8.12. График, вставленный в документ Microsoft Word

Этот инструмент позволяет вставлять графики WinПОС, иллюстрирующие Ваши отчеты, непосредственно в текст документа (См. рис. 8.12).

Кнопка  и пункт меню **Инструменты**→**Сохранить изобр. в буфер обмена** создают копию текущей страницы в буфере обмена.



Теперь для включения графика WinПОС в текстовый документ надо подвести курсор к нужному месту в документе и выбрать команду **Вставить** в меню (контекстном меню) Вашего текстового процессора или нажать на клавиатуре <Shift+Ins>.

Часть 9. Обработка сигналов

WinПОС позволяет произвести цифровую обработку записанной информации с использованием большого количества встроенных стандартных алгоритмов. Сценарии WinПОС (См. ч.11) позволяют выстраивать уникальные комплексные программы обработки с применением стандартных алгоритмов.

Последовательность действий

Последовательность обработки сигналов можно представить схемой из пяти шагов. Применить алгоритм можно к сигналу, папке с несколькими сигналами, ко всем сигналам страницы, графика или к одной линии. При выборе страницы, графика, линии алгоритм будет применен к просматриваемому диапазону значений по принципу: что вижу – то обрабатываю. Если для обработки выбрана папка с сигналами или график с несколькими линиями, клавишей <пробел> на сигнале, линии в дереве графиков или скрытием линии (См. *Оформление графиков* в ч.8) можно исключить сигнал из обработки. Исключенный сигнал в дереве графиков помечается специальным значком на пиктограмме перед именем:  1h.



Шаг 1-2 Выбор сигналов – Выбор алгоритма

1. Выберите объект (сигнал, папка, страница, график, линия), к которому будет применен алгоритм.
2. Откройте контекстное меню объекта для обработки (См. главу *Контекстные меню* в ч. 3 и рис. 3.2) и выберите подменю **Алгоритмы**, выберите алгоритм.

Шаг 1-2 Выбор алгоритма - Выбор сигналов

1. Выберите алгоритм в подменю **Алгоритмы** главного меню (См. рис. 3.3).
2. В диалоге настройки алгоритма (Рис. 9.1) нажмите кнопку **Выбор** рядом с полем *Источники* и выберите объект и установите диапазон обработки с помощью диалога *Выбор сигналов* (Рис. 3.5).

По умолчанию выбранный алгоритм применяется к текущей линии активного графика.

Шаг 3 Настройка алгоритма

Выбор любого алгоритма, кроме **Вероятностных характеристик**, приводит к открытию окна настройки алгоритма (Рис. 9.1).

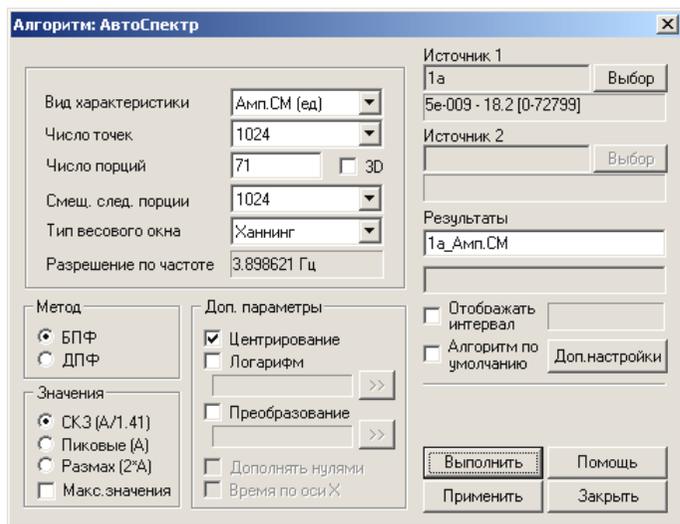


Рис. 9.1. Настройка алгоритмов. Автоспектр

Большинство алгоритмов принимает на вход один исходный сигнал, и производит один результирующий сигнал, но, например, для *Взаимного спектра*, требуется указать два источника, а расчет характеристики *Real и Imag* автоспектра производит два результирующих сигнала.

Выбранный для обработки диапазон значений и индексов сигнала подписывается под полем *Источники*. Для изменения обрабатываемого диапазона значений или повторного выбора сигналов пользуйтесь кнопкой **Выбор** и диалогом *Выбор сигналов* (Рис. 3.5). Кнопка **Применить** позволяет запомнить настройки без выполнения алгоритма. Кнопка **Помощь** выводит краткую справку по алгоритму.

Шаг 4 Выполнение алгоритма

Нажатие кнопки **Выполнить** запускает процесс расчетов, за ходом которого можно следить по индикаторам внизу главного окна WinПОС. Правый показывает общее состояние вычислений, слева выводится имя обрабатываемого сигнала и ход вычислений. Прервать расчет можно клавишей <Esc>.

Рассчитанные сигналы помещаются в папку *Результаты*, к именам сигналов добавляется суффикс, сокращенное наименование алгоритма. Обрабатываемой папке соответствует папка в *Результатах*.

Шаг 5 Создание графиков результатов

По окончании вычислений автоматически создается и становится текущей страница с графиками результатов. См. рис 9.2.

Окно настройки состоит из одинаковой для всех алгоритмов правой части, где задаются источники данных и имена результатов, и левой части, ответственной за настройку выбранного оператора. Настройка алгоритмов описана ниже.

Если обрабатывался один сигнал, будет создана страница с двумя графиками: исходного (на выбранном диапазоне) и результирующего сигналов. Если у алгоритма было два источника или два результата, то - по одному графику на каждый сигнал (всего до четырех графиков).

При пакетной обработке создается страница с результатами, исходные сигналы на неё не помещаются.

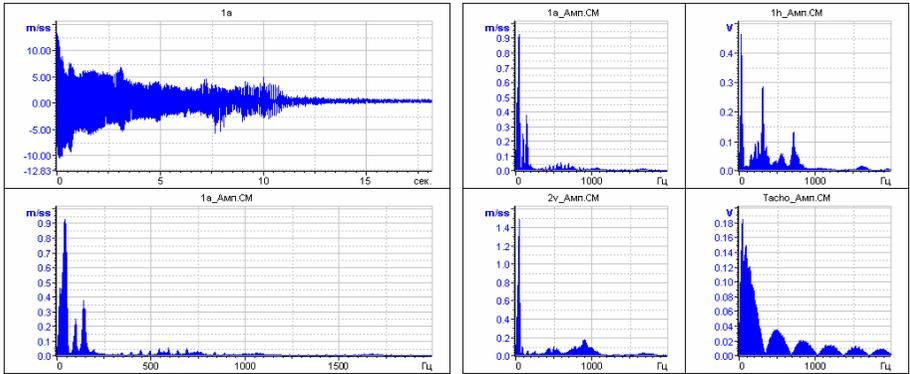
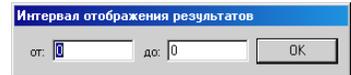


Рис. 9.2. Результаты расчета спектра одного сигнала и всех сигналов папки

Для задания предпочтительного диапазона просмотра результирующих сигналов надо установить **Отображать интервал** и в диалоге задать диапазон значений по оси абсцисс результирующего графика.



Правильное применение алгоритмов обработки предполагает знакомство с основами высшей математики, знание физических процессов происходящих во время испытаний и методик измерений. Хотя описание всех алгоритмов можно найти в справочниках по высшей математике, в приложении *А. Алгоритмы обработки* даны основные формулы и комментарии по реализации этих алгоритмов в WinПОС. Приложение *Б. Рекомендации по применению алгоритмов обработки* поможет правильно выбрать настройки алгоритмов для получения результатов, наиболее полно отвечающих поставленным задачам.

Настройки алгоритмов сохраняются автоматически при закрытии WinПОС и при сохранении сеанса (см. ч. 4). Для сохранения нескольких наборов настроек, например, для разных программ обработки, можно воспользоваться командами **Алгоритмы**→**Сохранить настройки** и **Алгоритмы**→**Загрузить настройки**.

Для облегчения доступа к наиболее востребованным задачам в подменю **Последние алгоритмы** (меню **Алгоритмы**) ведется список выполненных ранее операций, упорядоченный по времени их вызова.

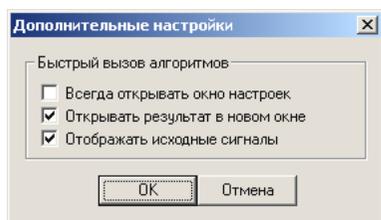
Быстрый вызов алгоритма

1. Если в процессе обработки Вы часто вызываете один и тот же алгоритм, работу можно заметно ускорить:

- отметьте поле **Алгоритм по умолчанию** (См. рис. 9.1),
- удерживая клавишу <Alt>, мышкой перенесите сигнал из дерева сигналов в график, как при создании графика (ч.5. *Создание графиков*).

Будет выполнен алгоритм по умолчанию, и вместо графика исходного сигнала Вы сразу увидите на графике результат.

2. Если Вы используете алгоритмы, работающие с двумя источниками, можно заранее указать второй источник. Нажмите **Выделить сигнал** в контекстном меню сигнала. В дереве сигнал помечается значком .



Чтобы сделать быстрый вызов алгоритма максимально удобным для Вас, нажмите кнопку **Доп.настройки** (Рис. 9.1).

В окне *Дополнительные настройки* отметьте:

Всегда открывать окно настроек – для настройки алгоритма по умолчанию при быстром вызове (иначе алгоритм вызывается с текущими настройками),

Открывать результат в новом окне – для помещения результатов в новую страницу (иначе результат попадет туда, куда его «перенесли» мышкой),

Отображать исходные сигналы – для создания страниц с исходными сигналами (иначе строятся графики только результирующих сигналов).

Настройка стандартных алгоритмов WinПОС

Автоспектр

Вид характеристики:

СПМ - спектр плотности мощности (размерность результата: $ед^2/Гц$),

СМ - спектр мощности (размерность результата: $ед^2$),

СПЭ - спектр плотности энергии (размерность результата: $ед^2 \cdot с/Гц$),

Амп.СМ - амплитудный спектр (размерность результата: $ед$),

Real и Imag - действительная и мнимая части спектра,

Мод. и Фаза - модуль (амплитуда) и фаза.

Метод: Быстрое (БПФ) или Дискретное Преобразование Фурье (ДПФ).

Число точек - количество точек (размер порции), по которым будет рассчитываться спектр. Для БПФ: 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536, 131072, 262144, 524288, 1048576. Для ДПФ – произвольное.

Число порций - количество порций для усреднения. По умолчанию устанавливается максимально возможным, исходя из выбранного количества точек, смещения порций и размера выбранной для обработки части сигнала.

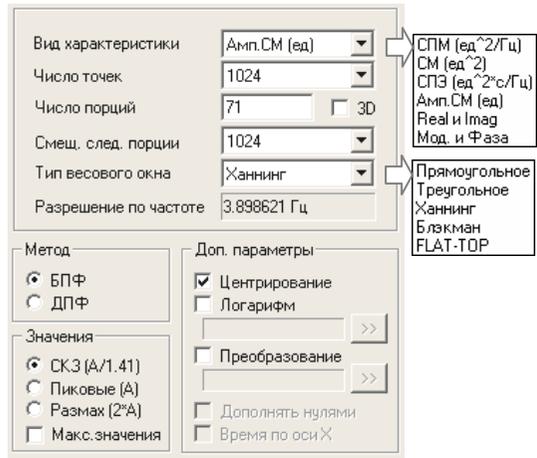


Рис. 9.3. Автоспектр

3D – спектры, рассчитанные по порциям, не усредняются, а откладываются вдоль оси Z. Число порций БПФ – размерность результата по Z. См. ниже главу *Трехмерный спектр*.

Смещ. след. порции - смещение начала следующей порции после расчета по предыдущей. Для БПФ: $1, \frac{1}{4}N, \frac{1}{2}N, \frac{3}{4}N, N$, где N - число точек БПФ. Для ДПФ и для трехмерного спектра – произвольное.

Тип весового окна: Прямоугольное, Треугольное, Ханнинг, Блэкман, FLAT-TOP.

Значения: эффективные (*СКЗ*) или амплитудные (*Пиковые, Размах*). Значения усредняются, если не выбрана опция *Макс. значения*.

Центрирование – отсечка постоянной составляющей сигнала.

Логарифм – результат будет прологарифмирован с использованием алгоритма «Логарифмирование» (см. ниже, рис. 9.9). Нажмите кнопку  справа от поля параметров логарифмирования для того, чтобы изменить множитель (10 или 20) и задать опорное значение.

Преобразование – к результату будет применен алгоритм «Преобразование спектра» (см. ниже, рис. 9.10). Нажмите кнопку  справа от поля параметров преобразования для того, чтобы их изменить.

Дополнять нулями – для сигналов, длина которых меньше заданного числа точек: исходный сигнал дополняется нулями до размера порции. Может помочь в устранении неопределенностей, обусловленных наличием узкополосных компонент сигнала.

Время по оси X - доступно, если считается трехмерный спектр (выбрана опция **3D**). Если эта опция включена, то по оси X результирующего трехмерного спектра будет откладываться время, а по оси Z - частота.

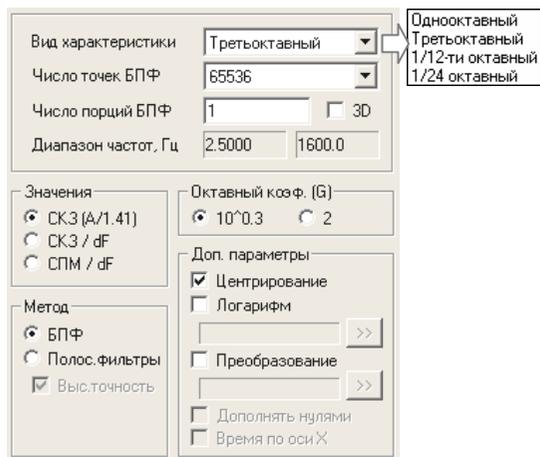


Рис. 9.4. Октавный спектр БПФ.

Октавный спектр

Вид характеристики - вид рассчитываемого спектра: октавный, третьоктавный, 1/12-ти октавный, 1/12 и 1/24-октавный.

Число порций БПФ – количество порций, по которым усредняется спектр. По умолчанию устанавливается максимально возможным.

3D - спектры, рассчитанные по порциям, не усредняются, а откладываются вдоль оси Z, размерность результата определяется числом порций

Значения - задает тип результата: СКЗ, отношение СКЗ к ширине полосы, отношение мощности к ширине полосы.

Метод расчета спектра: быстрое преобразование Фурье, полосовые фильтры. **Выс.точность** доступна только при расчете методом фильтрации, при этом используются полосовые фильтры более высокого порядка.

Октавный коэф. (G) – коэффициент, используемый при расчете границ октавы или доли октавы.

Прочие настройки совпадают с аналогичными настройками *Автоспектра*.

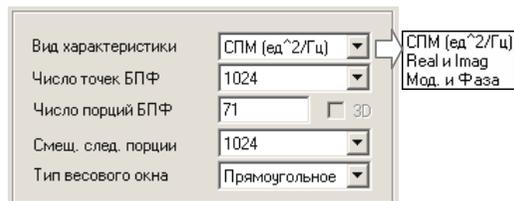


Рис. 9.5. Взаимный спектр

Взаимный спектр

Вид характеристики: СПМ - взаимный спектр мощности (размерность результата: $ед^2/Гц$), Real и Imag - действительная и мнимая части спектра, Мод. и Фаза - модуль (амплитуда) и фаза.

Прочие настройки совпадают с аналогичными настройками *Автоспектра*.

Комплексный спектр

Вид характеристики – только Real и Imag и Imag - действительная и мнимая части спектра.

Остальные настройки – см. *Автоспектр*.

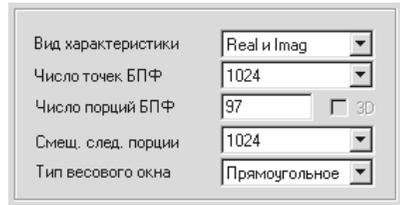


Рис. 9.6. Взаимный комплексный спектр

Функция когерентности

Вид характеристики:

COHERENCE – когерентность, NOTCOHER – некогерентность, COP – когерентная выходная мощность, NOTCOP – некогерентная выходная мощность, S/N - отношение сигнал/шум.

Остальные настройки – см. *Автоспектр*.

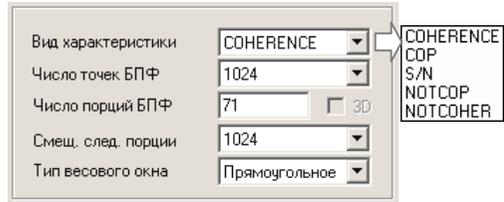


Рис. 9.7. Функция когерентности

Передаточная функция

Вид характеристики:

функция H_1 или функция H_2 .

Остальные настройки – см. *Автоспектр*.

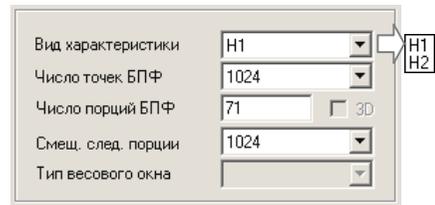


Рис. 9.8. Передаточная функция

Логарифмирование

Логарифм – в списке устанавливается коэффициент: $10 \cdot \log X$ или $20 \cdot \log X$.

Максимум / опорное значение. Выбор опорного значения: максимальное значение исходного сигнала или указанное в поле ввода (U_{ref} , см. Приложение А).

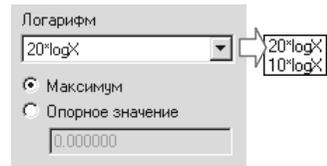
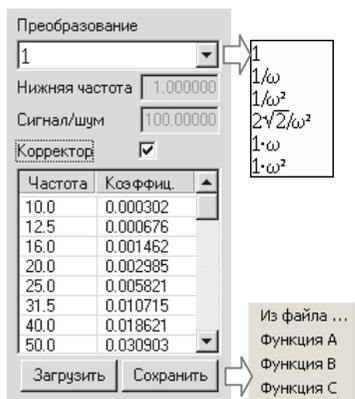


Рис. 9.9. Логарифмирование

Преобразование спектра

Преобразование:

1 - без преобразования, $\frac{1}{\omega}$ - однократное интегрирование, $\frac{1}{\omega^2}$ - двукратное интегрирование, $\frac{2\sqrt{2}}{\omega^2}$ - переход от спектра ускорения к спектру перемещения,



$1 \cdot \omega$ - однократное дифференцирование, $1 \cdot \omega^2$ - двукратное дифференцирование.

Нижняя частота и **Сигнал/шум** – настройки ФВЧ.

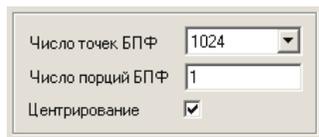
Значения спектра можно умножить на значения корректирующей функции. Функция задается парами чисел: частота и соответствующий коэффициент умножения амплитуды.

Для подключения корректирующей функции отметьте поле **Корректор**.

Рис. 9.10. Преобразование спектра Для ввода значений частот и коэффициентов с клавиатуры двойным щелчком активизируйте ячейку таблицы, введите число и нажмите клавишу <Enter>. Для вставки и удаления строк пользуйтесь клавишами <Ins> и . Для того, чтобы сохранить в файл введенную характеристику, нажмите **Сохранить** и выберите файл в стандартном диалоге сохранения.

Для загрузки функции с диска нажмите кнопку **Загрузить**, выберите пункт меню **Из файла...** и укажите файл. Для загрузки частотных (акустических) характеристик для третьоктавного спектра нажмите кнопку **Загрузить** и выберите **функцию А, В** или **С** (См. источники [7] и [8] в приложении Б.).

Характеристики хранятся в файлах формата CSV(Common Separated Values). Вы можете открыть файл характеристики в MS Excel или как текстовый файл.



Преобразование Гильберта

Операция выполняется через Быстрое Преобразование Фурье (БПФ).

Задайте размер блока (**Число точек БПФ**) и количество блоков (**Число порций БПФ**).

Рис. 9.11. Преобразование Гильберта

Центрирование – подавление постоянной составляющей исходного сигнала.

Рекурсивная фильтрация

Тип аппроксимации: характеристики Баттерворта, Чебышева или эллиптическая.

Тип фильтра: ФВЧ – фильтр верхних частот, полосовой или ФНЧ – фильтр низких частот.

Число двухполосников определяет порядок фильтра (См. ниже *Нерекурсивная фильтрация*).

Частота среза - частота среза фильтра по уровню -3 дБ. Верхняя - для ФНЧ, нижняя - для ФВЧ. Для полосового фильтра задаются обе частоты.

Неравномерность в полосе пропускания - максимальная амплитудная неравномерность фильтра.

Частота дискретизации. По умолчанию устанавливается частота дискретизации входного сигнала.

В центральной части окна настройки параметров фильтрации отображаются графики амплитудно-частотной, фазовой и импульсной (на закладке *Импульсная*) характеристик фильтра с учетом установленных параметров. Изменение типа фильтра или аппроксимации сразу же отражается на графиках характеристик, после изменения числовых характеристик для обновления графиков требуется нажать кнопку **Применить**.

При установке параметров рекомендуется выполнить условие:

$$2 < \frac{F_s}{F_{cp}} < 100 \quad , \quad \text{где } F_{cp} \text{ - частота среза фильтров, } F_s \text{ - частота дискретизации (опроса).}$$

Нерекурсивная фильтрация

Тип аппроксимации - ряд Фурье.

Тип фильтра: ФВЧ – фильтр верхних частот, полосовой, ФНЧ – фильтр низких частот, Режекторный.

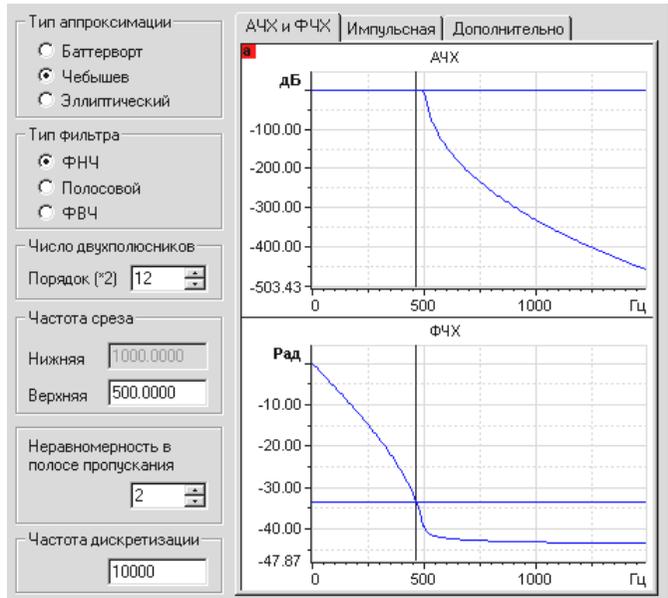


Рис. 9.12. Рекурсивная фильтрация

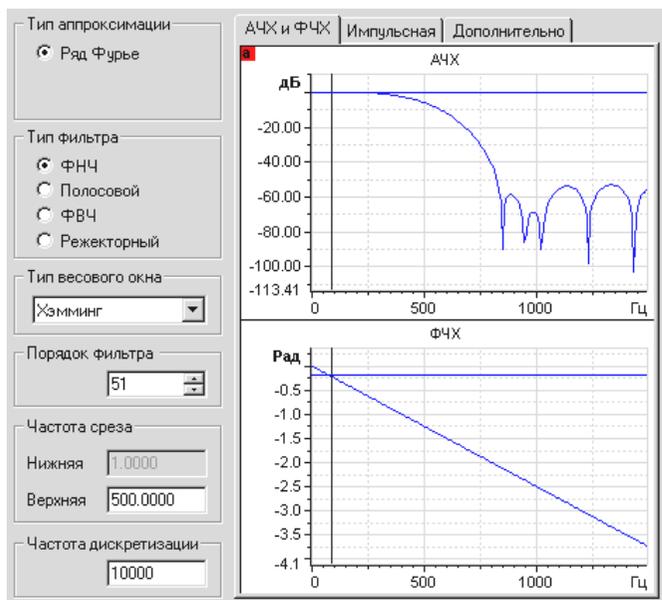


Рис. 9.13. Нерекурсивная фильтрация

следовательно, тем меньшее количество нежелательных составляющих входного сигнала поступает на его выход.

Частота среза - частота среза фильтра по уровню -3 дБ. Верхняя - для ФНЧ, нижняя - для ФВЧ. Для полосового и режекторного фильтра задаются обе частоты.

Частота дискретизации. По умолчанию устанавливается частота дискретизации входного сигнала.

В центральной части окна настройки параметров фильтрации прорисовываются графики амплитудно-частотной, фазовой и импульсной (на закладке *Импульсная*) характеристик фильтра с учетом установленных параметров. Изменение типа фильтра или аппроксимации сразу же отражается на графиках характеристик, после изменения числовых характеристик для обновления графиков требуется нажать кнопку **Применить**.

Медианная фильтрация

Тип фильтра: Дискретный или Аналоговый.

Количество точек - ширина апертуры фильтра, может принимать только нечетные значения.

Тип весового окна для проведения преобразования Фурье: Хэмминга или Хэнна.

Порядок фильтра определяет крутизну, т.е. скорость спада АЧХ при переходе от

полосы пропускания к

полосе подавления. Чем выше порядок фильтра, тем

точнее формируется его полоса пропускания и,

Порог - для дискретного фильтра используется при автоматическом определении уровней, определяет диапазон возможных колебаний значений в пределах одного уровня; для аналогового фильтра определяет допустимое отклонение значения сигнала от его медианы, при котором не происходит замены значения медианой.

Верхний и Нижний уровни - определяют соответствующие уровни сигнала. Используются только дискретным фильтром.

Автоматическое определение уровней - автоматическое определение верхнего и нижнего уровня сигнала по заданному порогу.

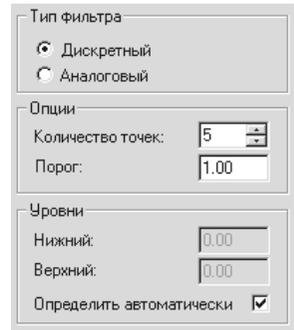


Рис. 9.14

Огибающая

В поле **Метод** выберите способ вычисления огибающей: пик-детектор или преобразование Гильберта.

Для пик-детектора выберите **Коэффициент (К)**, определяющий "постоянную времени".

Для преобразования Гильберта - задайте размер блока (**Число точек БПФ**) и количество блоков (**Число порций БПФ**).

Центрирование – центрирование исходного сигнала, подавление постоянной составляющей.

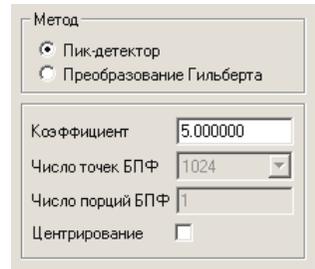


Рис. 9.15. Огибающая

Дифференцирование

Метод: трех- или пятиточечный.



Рис. 9.16. Дифференцирование

Интегрирование (первообразная)

Метод: Эйлера, Ханнинга, РС-цепочки или в приложении к вибрационному анализу.

Центрировать – исключить пост. составляющую.

Только для РС-цепочки:

Число точек усреднения – см. Приложение А.

Только для виброинтегрирования:

Пер. процесс – режим подавления переходного процесса, **Количество точек** и **Частота среза** - настройки ФВЧ.

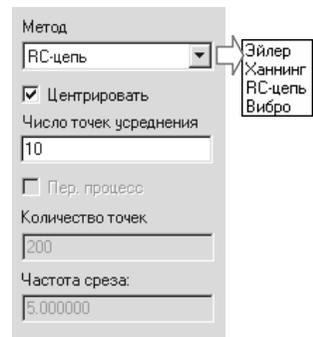


Рис. 9.17. Интегрирование

Рис. 9.18

Нормирование

Минимум, максимум – предельные значения результата,

Разрешить сдвиг – сигнал смещается и заполняет заданный диапазон (поля минимум и максимум задают размах нового сигнала).

Рис. 9.19

Автокорреляция, взаимная корреляция

Количество точек – длина выборки (m)

Рис. 9.20. Арифметические операции

Арифметические операции

Для выполнения простейших арифметических действий:

- отметьте поле **Вид операции**,
- выберите операцию из выпадающего списка,
- при выборе действий над значениями одного сигнала введите число в поле **Константа**

Операции с буферами производятся над парами значений выбранных сигналов. Если шкалы времени сигналов не совпадают, то для каждого измерения первого сигнала берется интерполированное в тот же момент времени значение второго (интерполяция линейная).

Более сложные действия над значениями сигналов можно выполнить, записав выражение, формулу (доступно только в версиях professional и expert).

- отметьте поле **Выражение**,
- наберите арифметическое выражение в синтаксисе VBS (Visual Basic Script) или выберите в выпадающем списке ранее набранное выражение.

Выражение может содержать числа, обозначения сигналов, знаки арифметических операций (+, -, *, /, ^), круглые скобки и вызовы математических функций. Для обозначения входных сигналов используются латинские буквы А (первый сигнал) и В (второй сигнал). Кроме того, можно использовать значение переменной I - индекс очередного значения (0 соответствует началу выбранного диапазона входного сигнала).

Формула будет применяться поочередно ко всем значениям первого входного сигнала (А). Если в выражении участвует второй сигнал (В), для каждого значения первого сигнала будет взято значение второго, соответствующее тому же времени (при отсутствии - интерполируется).

Примеры корректных выражений:

$ATN(A)$
 $10 * SIN(A) + 3.33 * COS(B)$
 $(0.1 * B * B - 0.7 * A + 17) / (A + 12.345)$
 $(A - 20) ^ 3 + (A - 7) ^ 2 + A - 0.15$

Список математических функций:

ABS - модуль числа,
 ATN - арктангенс,
 COS - косинус,
 EXP - экспонента,

LOG - натуральный логарифм,
 SIN - синус,
 SQR - квадратный корень числа,
 TAN – тангенс

Плотность вероятности

Метод: гистограмма или ядерная оценка,

Тип: вероятность попадания или плотность распределения (ПРВ).

Количество точек - количество точек выходной характеристики (параметр M).



Рис. 9.21. Плотность вероятности

Центрирование

Подавление постоянной составляющей. Дополнительные настроек нет.

Вероятностные характеристики

Оценки математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, асимметрии и эксцесса сигнала записываются в журнал событий.

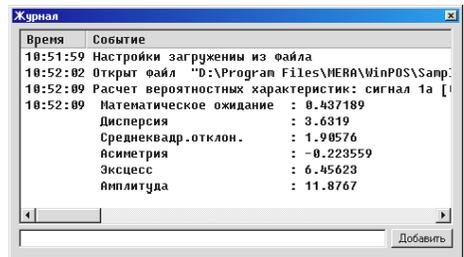


Рис. 9.22. Вероятностные характеристики

Передискретизация

Старая частота, старый шаг – параметры дискретизации исходного сигнала.

Новая частота, новый шаг – параметры дискретизации нового сигнала.

Вид аппроксимации: линейная интерполяция, полином второго порядка, кубические локальные сплайны или аппроксимация полиномом 1-6 порядков по методу наименьших квадратов.

Кнопка **Параметры фильтра** позволяет настроить параметры **Рекурсивной** и **Нерекурсивной фильтрации**, если не установлено – **не фильтровать**.

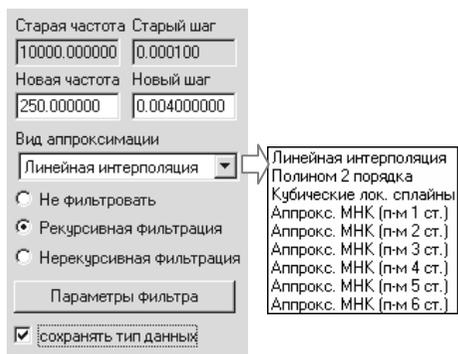


Рис. 9.23. Передискретизация

Сохранять тип данных – результирующий сигнал будет иметь тот же формат (например, двухбайтовое целое число со знаком) элемента данных, что и исходный. В этом случае при увеличении частоты могут наблюдаться характерные «полочки» из-за ограниченного разрешения исходного формата данных.

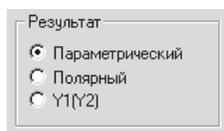


Рис. 9.24

Параметрический график

Алгоритм позволяет создавать графики зависимостей одного параметра от другого и графики в полярных координатах.

Выберите **Параметрический** результат, если сигналы для осей X и Y связаны единой шкалой времени. В этом случае за основу нового сигнала берется сигнал по оси абсцисс. Значения результирующего сигнала по оси ординат будут соответствовать по времени значениям сигнала по оси абсцисс. Источники могут иметь разную частоту дискретизации.

Выберите **Y1(Y2)**, если сигналы связаны индексацией значений (как правило, это сигналы с одинаковой частотой дискретизации).

Для построения графика в полярных координатах выберите **Полярный** результат и укажите в качестве источников сигналы модуля (амплитуд) и фазы (в градусах или радианах).

Мгновенный спектр

С помощью пункта меню **Окна→Мгновенный спектр** можно создать специализированную страницу для расчета спектра "на лету" (Рис. 9.25). Это страница с двумя графиками: в верхний график требуется добавить исходный сигнал, в нижнем – отображается спектр сигнала. Добавлять (или удалять) сигналы можно только в верхний график.

Спектр рассчитывается на текущем диапазоне и пересчитывается при его изменении. Если данный диапазон меньше размера блока, указанного в настройках алгоритма, то расчета не происходит и спектр не отображается. Не рассчитываются следующие виды спектра: "Real и Imag", "Мод. и Фаза".

Если включен режим курсора, то спектр рассчитывается по одному блоку, который берется исходя из положения курсора (курсор указывает на центр блока) и не зависит от отображаемого диапазона.

Для изменения настроек спектра требуется открыть контекстное меню страницы мгновенного спектра (нажатием правой кнопки мыши) и выбрать в нем пункт **Настройки алгоритма** (См. рис. 9.26).

Таким же образом можно исследовать вероятность попадания, плотность вероятности и ПРВ для видимого участка сигнала (Рис. 9.27).

В контекстном меню окна мгновенного спектра откройте подменю **Выбор алгоритма** (Рис. 9.26). Выберите **Плотность вероятности**. Для обратного переключения выберите **Автоспектр**.

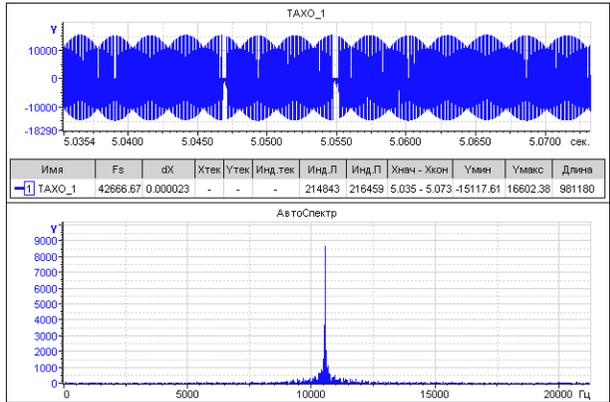


Рис 9.25 Страница мгновенного спектра

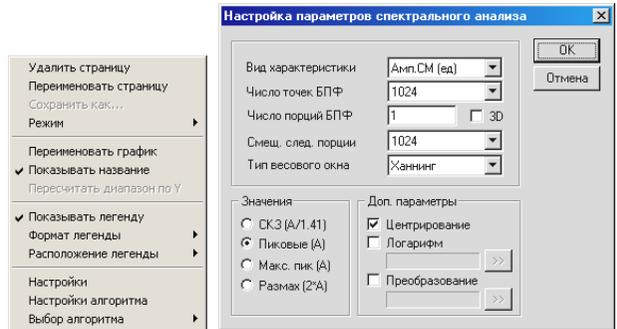


Рис 9.26 Настройка мгновенного спектра

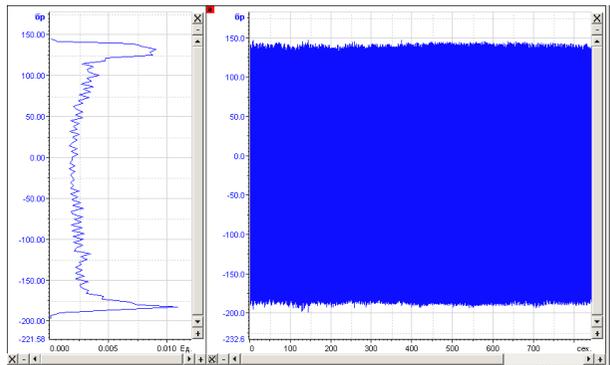


Рис 9.27 Страница быстрого расчета ПРВ

Трехмерный спектр

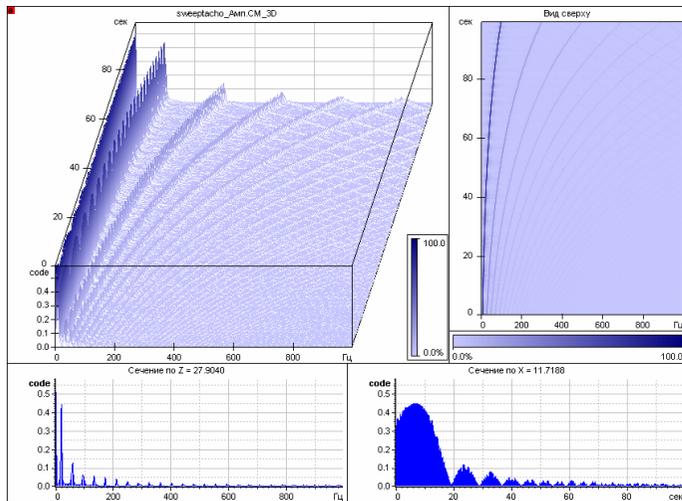


Рис 9.28. Результат расчета трехмерного амплитудного спектра

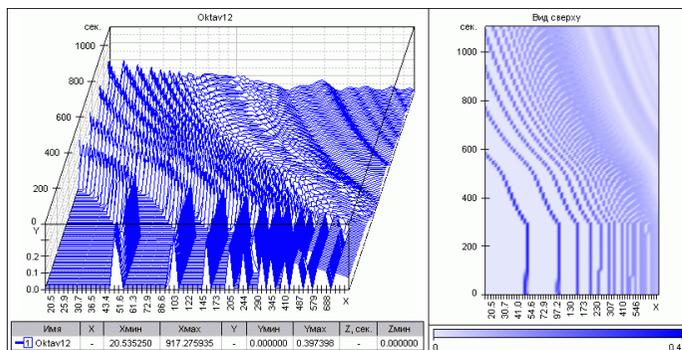


Рис 9.29. Результат расчета трехмерного 1/12-октавного спектра

результата по Z. Ось Z оцифрована в секундах, показывающих время начала очередной порции. Аналогичным образом строится трехмерный октавный спектр (см. рис. 9.4 и 9.29).

В режиме курсора (См. часть 6. *Просмотр сигналов*) проекции трехмерного спектра позволяют подробнее изучить участки спектра. *Сечение по Z* – это обычный двухмерный спектр, рассчитанный на порции со смещением равным Z (указано сверху графика). *Сечение по X* показывает зависимость амплитуд от времени для фиксированной частоты (см. строку “X=...” сверху графика).

Для ряда сигналов трехмерный спектр дает более полную и наглядную картину происходящих процессов. При этом рассчитанные по порциям спектры не усредняются, а откладываются вдоль оси Z.

Установив флажок **3D** в настройках автоспектра (см. рис. 9.3), можно рассчитать трехмерный амплитудный спектр, спектр мощности, плотности мощности и плотности энергии. При этом поле *Число порций* БПФ определяет размерность

Часть 10. Анализ динамических процессов, вибраций

WinПОС позволяет произвести анализ нестационарных, динамических процессов, в том числе и вибрационных. Инструменты из меню **Виброанализ** применяются в таких приложениях, как:

- многоканальная обработка динамических процессов,
- оценка вибрационного состояния роторных машин (на стационарных режимах),
- расчет параметров в режимах разбег/выбег,
- обработка тензометрических измерений,
- обработка аудио-сигналов,
- обработка пульсаций давлений, шумов.

Во входном файле данных, полученном при проведении измерений, могут быть записаны сигналы с разного типа датчиков (акселерометры, проксиметры, микрофоны, тензо- и терморезисторы, термодпары и т.д.). Алгоритмы виброанализа позволяют построить зависимость выбранных характеристик этих сигналов от времени или исследовать характеристики сигнала в привязке к сигналам датчика оборотов (тахосигнал), что находит применение при исследовании вибраций оборудования с вращающимися частями, например, турбин. Эти же характеристики могут быть оформлены в виде вибропаспорта изделия, т.е. в виде файлов или таблиц специального вида (См. ниже главу *Вибропаспорт*).

Для доступа к алгоритмам вибрационного анализа необходимо нажать кнопку **Виброанализ** основного меню программы (См. рис. 3.3).

Порядок проведения обработки, получение и сохранения результатов такой же, как описано выше для стандартных алгоритмов. Обратите внимание, что расчет АФЧХ производится только для файлов МЕРА и УСМЛ (*.usm, *.mera).

Рассчитываемые характеристики

- тахо-характеристика (частотная характеристика тахосигнала),
- амплитуда/СКЗ/размах и фаза гармоника,
- амплитуда/СКЗ/размах от частоты,
- амплитуда/СКЗ/размах,
- математическое ожидание (МО),
- низкочастотная вибрация (НЧВ),
- СКЗ в полосе,
- спектральный анализ.

Особенности расчетов

Выбранный временной диапазон сигнала разбивается на целое число участков, длина которых одинакова и определяется либо пользователем, либо - тахосигналом. После этого по массиву точек соответствующих указанной длине производится расчет определенной пользователем характеристики и строится зависимость от времени с разрешением $T_d = \frac{N}{F_s}$, где: F_s – частота дискретизации исходного сигнала; N – число точек в массиве. Причем первая рассчитываемая точка привязывается к началу диапазона (T_n), следующая привязывается к $T = T_n + T_d$ и т.д. Общая формула: $T_i = T_n + T_d \cdot i$. Обратите внимание, что после такого преобразования результирующий сигнал будет иметь частоту дискретизации равную $F_d = \frac{F_s}{N}$.

Рассчитываемый параметр можно записать в виде $Y(T_i) = F([X]_i)$, где: i -номер порции, начинается с нуля, T_i - время, соответствующее i порции, Y -рассчитываемая характеристика сигнала, $[X]_i$ - массив точек i участка.

При изменении временного разрешения характеристик сигнала надо учитывать, что при этом пропорционально уменьшается длина обрабатываемых участков, что приводит к изменению ширины полосы обрабатываемого сигнала.

Среднее. Определяется в соответствии с формулой оценки математического ожидания для дискретного набора данных.

$$Mo_k = \frac{\text{Sum}[X]_k}{N}, \text{ где: } N - \text{количество точек в выборке } [X]_k$$

Амплитуда. Определяется среднее (Mo). Затем находится максимальное и минимальное значение относительно среднего и, из последних двух, определяем наибольшее абсолютное значение.

$$A_k = \text{Max}(\text{Abs}(\text{Min}([X]_k - Mo), \text{Abs}(\text{Max}([X]_k - Mo)))$$

Размах. Находятся максимальное и минимальное значения, и размах определяется путем вычитания минимального значения из максимального.

$$P_k = \text{Max}([X]_k) - \text{Min}([X]_k)$$

СКЗ. характеристика, описывающая мощность сигнала. Вычисляется в соответствии с формулой расчета среднеквадратичного значения сигнала:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum ([X]_k - Mo)^2}{N}}$$

АЧХ/ФЧХ. Определяется мощность (амплитуда, СКЗ или размах) выбранной гармонической составляющей в массиве точек посредством косинусно-синусного преобразования, что соответствует прохождению суммарного сигнала через узкополосной фильтр с автоматически перестраиваемой центральной частотой. Ширина полосы анализирующего фильтра определяет-

ся выражением $\Delta f = \frac{F_s}{N}$, где: F_s – частота дискретизации исходного сигнала; N – число точек в массиве (задается при настройке алгоритма).

Фаза определяется как разность аргументов выбранной гармонической составляющей и воображаемой косинусной функцией, пик положительного полупериода которой соответствует отметке на тахосигнале. Таким образом, переход тахосигнала через установленный порог привязывается к косинусоиде с нулевым фазовым сдвигом.

Гармонический анализ проводится по формулам дискретного преобразования Фурье для расчета амплитуды и фазы на заданной частоте. Это равносильно применению полосового нерекурсивного фильтра с центральной частотой, кратной тахо-частоте:

$$f_i = i \cdot f_T, \quad \text{где: } \begin{array}{l} i - \text{номер гармоники (может быть и дробным);} \\ f_T - \text{тахо-частота;} \\ f_i - \text{центральная частота полосы фильтра;} \end{array}$$

и шириной частотной полосы фильтра:

$$\Delta f = (F_s \cdot k_{\%}) / 100 \cdot k_{\text{ЭШП}}, \quad \text{где: } \begin{array}{l} F_s - \text{частота опроса;} \\ k_{\text{ЭШП}} - \text{эквивалентная шумовая полоса (подробнее см.} \\ \text{приложение Б. Рекомендации по обработке);} \\ k_{\%} - \text{коэффициент регулирования ширины полосы} \\ \text{фильтра (ширина полосового фильтра в процентном} \\ \text{отношении к частоте опроса сигнала).} \end{array}$$

Примечание: Формулы дискретного преобразования Фурье – лишь основа. Для доведения алгоритма до расчетного были проведены дополнительные исследования, по результатам которых в алгоритме были учтены и доработаны тонкие моменты, когда стандартный метод на практике дает неустойчивое решение.

Для проверки результатов расчета по алгоритмам гармонического анализа, заложенным в пакете WinПОС, была использована специализированная аппаратура фирмы Брюль&Кьер. Проведенный эксперимент показал идентичность полученных результатов.

Последовательная обработка (тренды)

Эта группа алгоритмов позволяет представить поведение мгновенных оценок характеристик сигнала во времени. Окно *Последовательной обработки* (Рис. 10.1) открывается через меню **Виброанализ**→**Последовательная обработка (тренды)**.

Окно разделено на две части. В верхней части расположены три функциональные зоны – установки опций обработки, окно со списком выбранных сигналов и область управляющих элементов для выбора обрабатываемого файла и указания файла сохранения результатов. В нижней части

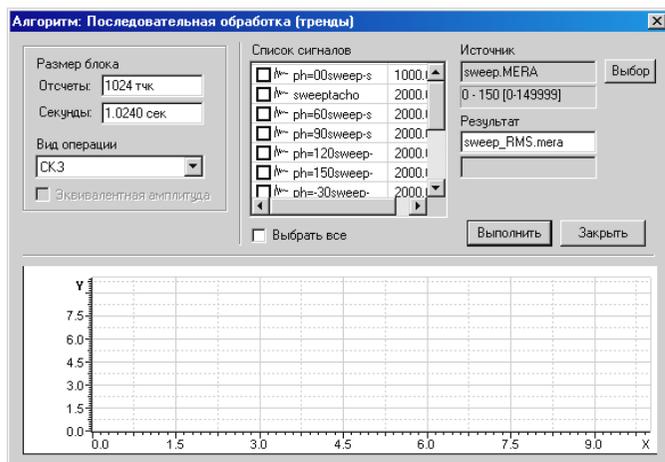


Рис. 10.1. Последовательная обработка (тренды)

больших объёмов, когда время счета может быть весьма существенным).

Для настройки алгоритма требуется задать *Размер блока* (в отсчетах или секундах) и *Вид операции*:

- среднее (математическое ожидание),
- СКЗ (среднеквадратичное значение),
- амплитуда,
- размах (двойная амплитуда),
- пик-фактор.

Если выбрана опция *Эквивалентная амплитуда*, то сначала производится расчет СКЗ, а потом результат пересчитывается в амплитуду или размах.

Выберите (кнопка **Выбор**) сигнал или папку в диалоге *Выбор сигналов* (Рис. 4.6). Имена сигналов и их частоты выводятся в *Списке сигналов*, галочкой рядом с именем сигнала помечаются сигналы для обработки. Для обработки всех сигналов отметьте **Выбрать все**. Имя выходного файла вводится в поле *Результат*.

Обработка запускается кнопкой **Выполнить**. За ходом обработки можно следить в окне предварительного просмотра. Результирующие сигналы выводятся на экран в отдельные графики по каждому сигналу.

окна расположен график для предварительного просмотра результатов. Предварительный просмотр позволяет прервать процесс обработки (клавишей <Esc>), если в ходе него обнаружится явный сбой, и принять соответствующие меры (Важно при обработке файлов

Расчет СКЗ в полосе

Для исследования поведения во времени оценки мощности сигнала, проходящей на заданный частотный диапазон, выберите пункт меню **Виброанализ** → **СКЗ в полосе**. Окно *Расчета СКЗ в полосе* (Рис. 10.2) отличается от окна

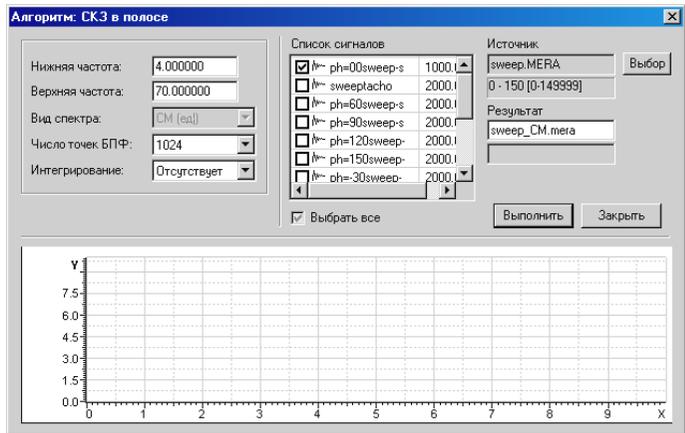


Рис. 10.2. Расчет СКЗ в полосе

Последователь-

ной обработки (Рис. 10.1) областью опций обработки – в них задается частотный диапазон, а также параметры БПФ. В поле *Верхняя частота* может быть указано значение "-1", при этом в качестве верхней границы частотного диапазона будет принято максимальное значение частоты. Поле *Интегрирование* позволяет рассчитывать виброускорение, виброскорость и виброперемещение.

Расчет АФЧХ

Эта группа алгоритмов позволяет представить поведение оценок характеристик гармоник сигнала во времени или в функции частоты. Выберите пункт меню **Виброанализ** → **Расчет АФЧХ**. Окно *Расчета АФЧХ* (Рис. 10.3) отличается от окна *Последовательной обработки* (Рис. 10.1) областью опций обработки.

Для расчета АФЧХ выберите исходные сигналы, пометив их галочкой, задайте тахосигнал, нажав на его названии в списке сигналов правой кнопкой мыши и выбрав из контекстного меню пункт **Тахосигнал**. Сам тахосигнал помечать галочкой не надо, если не требуется рассчитать по нему кроме частоты еще и АФЧХ.

- ❶ Если у исходных сигналов частоты дискретизации различаются, то перед расчетом они передискретизируются к большей частоте. При этом вносится дополнительная погрешность, зависящая от разницы в частотах. В среднем, величина погрешности лежит в пределах 1%.

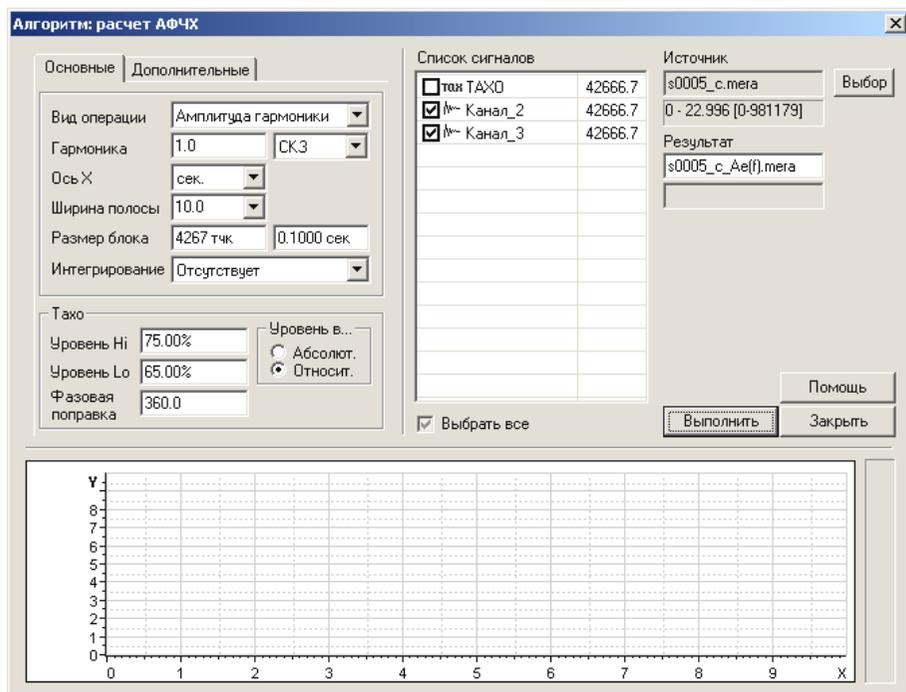


Рис. 10.3. Расчет АФЧХ

Аналогично тахосигналу можно задать опорный сигнал. В этом случае АЧХ исходных сигналов делится на АЧХ опорного сигнала.

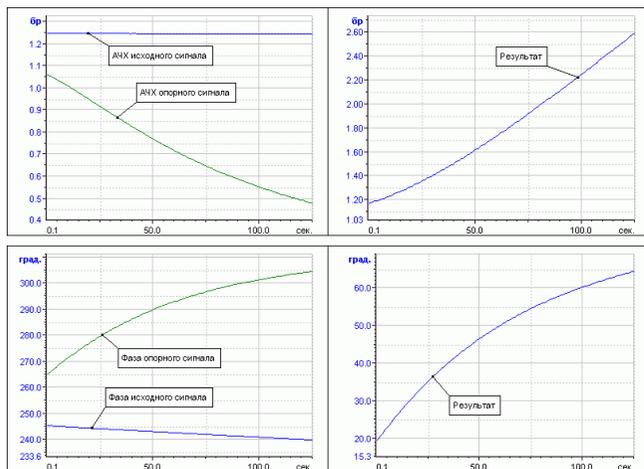


Рис. 10.4. Влияние опорного сигнала на результат расчета АФЧХ

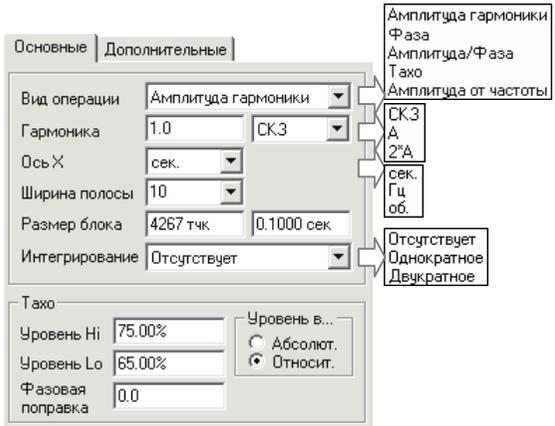
Фаза считается как разность фаз опорного сигнала и исходного. Один и тот же сигнал может быть одновременно опорным и тахосигналом. Влияние опорного сигнала на результат алгоритма показано на рисунке 10.4.

Настройки разделены на две группы: основные настройки и дополнительные, которые расположены на отдельных закладках. В пределах одной закладки выделены настройки характеристики и настройки обработки тахосигнала.

Основные настройки характеристики

Вид операции - определяет рассчитываемую характеристику:

- амплитуда (*Амплитуда гармоники*), фаза (*Фаза*), амплитуда и фаза (*Амплитуда/Фаза*) выбранной гармоники;
- изменение частоты – тахо-характеристика (*Тахо*);
- Амплитуда от частоты - эффективное значение (СКЗ), амплитуда или размах общего уровня сигнала (по всем гармоникам).



Гармоника - порядковый номер гармоники. Справа от этого поля можно указать тип результата: *СКЗ*, *A* – амплитуда, *2*A* – размах.

Ось X - определяет размерность рассчитываемой характеристики по оси X: *Гц* - частота, *сек.* – время, *об.* - обороты.

Ширина полосы - ширина полосы анализирующего фильтра в Герцах (Гц). При изменении ширины полосы также изменяются значения в поле *Размер блока*.

Размер блока - определяет размер блока, по которому выполняется расчет. Может задаваться в отчетах или в секундах.

Интегрирование - определяет вид преобразования над рассчитанной характеристикой в частотной области: *отсутствует*, *однократное*, *двукратное*.

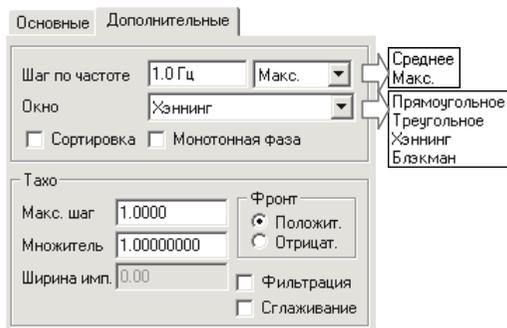
Основные настройки Тахо

Уровень Hi и **Уровень Lo** - соответственно положительный и отрицательный уровни, последовательный переход сигнала через которые считается фронтом сигнала. Такой алгоритм определения фронта сигнала значительно повышает помехоустойчивость алгоритма.

Уровень в... - определяет единицы, в которых задаются уровни - абсолютные или относительные (в процентах от максимального размаха).

Фазовая поправка - значение, от которого начинает изменяться фаза.

Дополнительные настройки характеристики



Шаг по частоте - шаг, с которым будет изменяться частота. Если несколько значений попадают в один диапазон, результирующее значение будет браться или *среднее* или *максимальное* (в зависимости от выбранного режима в поле справа). Имеет смысл только, если в поле *Ось X* выбраны Герцы или обороты.

Окно - определяет тип весового окна: *Прямоугольное*, *Треугольное*, *Хэннинг*, *Блэкман*. Выбор окна оказывает влияние на эффективную ширину полосы анализирующего фильтра.

Сортировка - упорядочение полученных данных по возрастанию рассчитанной частоты. Сортировка может потребоваться в том случае, если частота тахосигнала изменялась не монотонно.

Монотонная фаза - позволяет фазе изменяться за пределы диапазона 0-360 градусов.

Дополнительные настройки Тахо

Фронт (*Положительный* или *Отрицательный*) - определяет фронт тахосигнала, от которого будет рассчитываться фаза (см. рис. 10.5).

Макс. шаг - максимальная допустимая разница между двумя последовательными отсчетами. При его превышении считается, что произошел случайный выброс. Используется, если включено *сглаживание*.

Множитель - коэффициент, на который умножается рассчитанное значение частоты тахосигнала. Такую операцию необходимо выполнить в тех случаях, когда частота вращения измерялась не непосредственно на исследуемом вале, а через некоторый редуктор. Тогда частота вращения исследуемого агрегата будет равна произведению коэффициента редукции на измеренную частоту вращения вторичного вала.

Ширина имп. - минимально допустимая "нормальная" длительность (в долях от рассчитанной максимальной длительности импульса датчика оборотов) тахосигнала для выполнения временной фильтрации. В ряде случаев наличие дефектов ротора приводит к тому, что помимо "штатного" сигнала датчика оборотов на тахосигнал накладываются помехи, мешающие нормальной работе программы обработки. Существенным отличием этих помех является их значительно меньшая длительность. Временная фильтрация убирает из

записи тахосигнала сигналы, длительность которых меньше установленной в поле *Ширина имп.* значения. Используется, если включена *Фильтрация*. Фильтруется исходный файл, результат фильтрации используется для расчетов.

Фильтрация - включает фильтрацию исходного сигнала по ширине импульсов (см. выше).

Сглаживание - дополнительная амплитудная фильтрация тахосигнала. Цель такой фильтрации - исключить случайные амплитудные выбросы тахосигнала. Производится анализ нескольких последовательных значений (выборки), и если внутри такой выборки амплитуда сигнала превышает установленное значение (допустимая скорость роста, скачок – устанавливается в поле *Макс. шаг*) производится линейная интерполяция значений такой выборки.

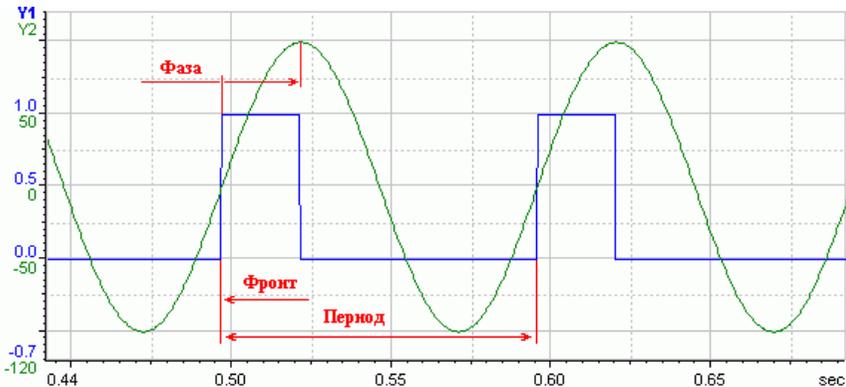


Рис. 10.5. Графическое представление особенностей расчета ФЧХ

Расчет производится по кнопке **Выполнить**. В ходе расчета на панель предварительного просмотра (внизу) выводятся расчетные характеристики.

- ⓘ Обратите внимание, если на рассчитанном графике имеются отрицательные значения частоты (времени), то это говорит о том, что тахосигнал имел "сбои". Не было ни одного перехода через определенный порог, или тахосигнал падал до нуля. В этом случае рекомендуется проверить установки анализа тахосигнала.

Рекомендации по настройке алгоритма

АЧХ считается разными способами, в зависимости от того, что выбрано в поле *Вид операции* - *Амплитуда* или *Амплитуда/Фаза*, результаты могут немного отличаться. В общем случае, предпочтение следует отдавать операции *Амплитуда/Фаза*, даже если расчет фазы не требуется, однако в отдельных случаях операция *Амплитуда* может давать более правильный результат.

Размер блока следует выбирать таким, чтобы в него помещались как минимум несколько полных периодов на всем диапазоне изменения частоты. Если выбран слишком маленький блок, на некоторых участках алгоритм не сможет рассчитать частоту по тахосигналу. Однако, не следует выбирать слишком большой размер блока, так как при этом будет происходить потеря информации из-за усреднения большого количества значений.

Уровни для расчета тахо рекомендуется выставлять в относительных единицах (процентах), особенно, если амплитуда тахосигнала существенно изменяется со временем. В этом случае, абсолютные значения будут рассчитываться на каждом блоке отдельно.

Вибропаспорт

Алгоритм предназначен для пакетного расчета вибрационных характеристик и формирования отчета-паспорта в виде, диктуемом отраслевыми стандартами. Перечень характеристик, рассчитываемых в данном алгоритме, и их обозначений приведен в таблице:

Название характеристики	Обозначение
Тахо	n / f
СКЗ гармоники	$e(f)$
Амплитуда гармоники	$a(f)$
Размах гармоники	$r(f)$
Фаза гармоники	$F(f)$
СКЗ от частоты	$es(f)$
Амплитуда от частоты	$as(f)$
Размах от частоты	$rs(f)$
СКЗ	e
Амплитуда	a
Размах	r
МО	m
НЧВ	h / fh
СКЗ в полосе	f
Спектральный анализ	$F / K(f)$

В режиме *вибропаспорта* приведенные выше оценки рассчитываются отдельно для каждого оборота вращающейся части оборудования с интерполяцией сигнала между дискретными отсчетами. Для разбиения всей реализации сигнала на обороты используется тахосигнал.

В энергетике для статического анализа вибрационных характеристик применяется представление в виде таблиц Microsoft Excel (формат XLS). См. рис. 10.6.

В авиамоторостроении, как правило, требуется представлять результаты обработки в текстовом формате, например, в формате RTF. См. рис. 10.7.

В соответствии с этим предусмотрены два режима работы алгоритмов вибропаспорта:

- режим с помещением результатов в дерево сигналов (*режим WinPos*);
- режим с помещением результатов в таблицы Excel (*режим Excel*).

В обоих режимах имеются средства для перехода в другой режим с сохранением настроек рассчитываемых параметров.

Основные параметры вибрации	
№ канала	№1 №2 №3 №4 №5 №6 №7 №8 №9 №10 №11 №12 №13 №14 №15 №16
имя канала	1a 1v 1h 2v 2h
Общ	a_w м/с ² 1,422 2,141 0,83 1,958 2,864
	V_w мм/с 8,38 11,5 3,713 9,535 17,04
1-я гармоника	V_{e1} мм/с 7,272 10,27 2,831 8,216 15,38
	Φ_v град 450 450 450 450 450
	S_{r1} мкм 171,7 235,1 65,81 175,1 371,8
	Φ град 360 360 360 360 360
нр	S_h мкм
вч	f_h Гц
	a_r м/с ²
	V_r мм/с

Рис. 10.6. Вид XLS-таблицы с параметрами вибрации

Изделие:
Испытание:
Стенд №:

Файл: stoping001.usm

Дата: 08.12.2003

Канал	Оценка	M1 2.20741 сек.	M2 5.01022 сек.	M3 7.55963 сек.	M4 9.99148 сек.	M5 13.4378 сек.
1a	e1	3.29802	1.66669	1.53153	1.69005	0.158795
	e2	13.8817	9.75624	11.3436	20.433	2.00621
	e3(f1)	11.5588	8.20884	9.80571	20.5317	0.312789
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	142.039	145.069	255.006	814.528	18.815
	F2(f1)	540	540	540	540	540
1v	e1	4.32148	3.47219	3.36018	1.55395	0.267673
	e2	17.8635	20.8942	16.0408	14.9193	1.75021
	e3(f1)	15.718	17.7165	13.4423	14.962	0.748389
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	193.74	312.98	343.991	593.542	46.0174
	F2(f1)	540	540	540	540	540
1h	e1	1.23365	1.73131	1.87921	0.735055	0.255682
	e2	3.20216	9.92384	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)	34.2229	182.057	92.8304	97.8809	8.26182
	F2(f1)	540	540	540	540	540
2v	e1	4.3611	2.21766	2.9113	1.66933	0.347251
	e2	18.1009	12.8183	14.7606	15.705	2.6857
	e3(f1)	15.3489	8.16912	9.05638	15.7689	0.22606
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	188.721	144.364	227.006	625.607	13.598
	F2(f1)	540	540	540	540	540
2h	e1	4.88236	5.92361	4.15628	1.73109	0.198203
	e2	20.2374	35.2655	34.8068	21.3111	2.3253
	e3(f1)	18.3264	33.3259	24.13	23.3674	0.733191
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	226.241	588.857	610.707	927.129	44.1032
	F2(f1)	540	540	540	540	540
tacho	f1	36.6347	25.4769	17.4234	11.3542	7.48363

Рис. 10.7. Вид RTF-таблицы с параметрами вибрации

РЕЖИМ WINPOS

В результате выбора пункта меню **Вибропаспорт** открывается окно настройки этого режима (Рис. 10.8).

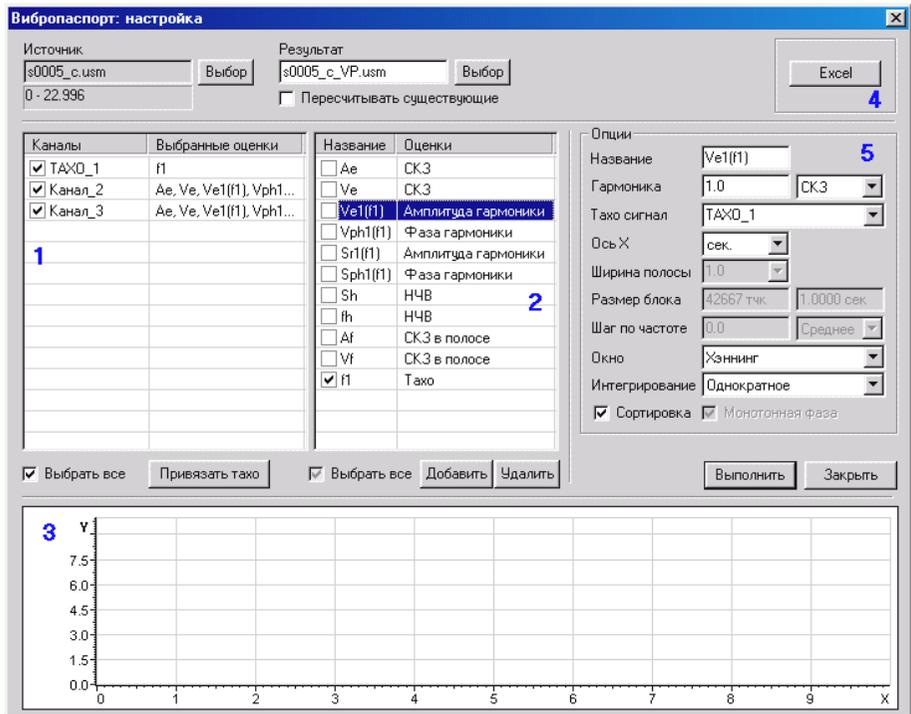


Рис 10.8 Окно настройки вибропаспорта

Здесь 1 – список каналов; 2 – список оценок (характеристик); 3 – окно отображения хода расчета; 4 – кнопка выбора таблицы Excel(переход в режим Excel); 5 – опции выбранной оценки.

На панели (1) показаны все сигналы в выбранном файле. Те из них, которые должны обрабатываться данным алгоритмом должны быть отмечены галочкой в соответствующем квадратике. Чтобы отметить все сигналы, можно воспользоваться опцией **Выбрать все**. Во втором столбце списка перечислены краткие названия оценок, рассчитываемых для соответствующих сигналов. На панели (2) показаны оценки, которые подготовлены для использования в расчете. Добавить новую или удалить существующую оценку можно с помощью кнопок **Добавить** и **Удалить** под данным списком. Галочками отмечаются оценки, рассчитываемые для выбранного сигнала. При выборе оценки из списка, справа отображаются ее опции.

Во время работы алгоритма, на панели (3) отражается процесс расчета очередной оценки. В любой момент можно прервать расчет клавишей <ESC>. Переход в режим Excel производится нажатием кнопки (4) с выбором таблицы и страницы файла Excel.

Настройки оценок

Общее для всех страниц поле **Название** позволяет изменить стандартные наименования оценок.

The image shows a dialog box titled 'Опции' (Options) with various settings for signal processing. The settings are as follows:

Название	f1	Ось Y	Гц
Ширина полосы	1.0	Размер блока	1.0000 сек
Разм. блока	42667 тчк	Шаг по частоте	Среднее
Шаг по частоте	0.0 Гц	Уровень Hi	70.00%
Уровень Hi	70.00%	Уровень Lo	30.00%
Уровень Lo	30.00%	Множитель	1.00000000
Множитель	1.00000000	Макс. шаг	1.0000
Макс. шаг	1.0000	Ширина имп.	0.50
Ширина имп.	0.50	Фазовая поправка	360.0
Фазовая поправка	360.0	Фронт	<input checked="" type="radio"/> Положит. <input type="radio"/> Отрицат.
		Уровень в...	<input type="radio"/> Абсолют. <input checked="" type="radio"/> Относит.
		<input checked="" type="checkbox"/> Сглаживание	<input type="checkbox"/> Фильтрация

Тахо

Ширина полосы - ширина полосы анализирующего фильтра в Герцах (Гц). При изменении ширины полосы также изменяются значения в поле **Размер блока**.

Ось Y - определяет размерность рассчитываемой тахо-характеристики: Гц/об.

Размер блока - определяет размер блока (в отчетах или в секундах), по которому выполняется расчет.

Шаг по частоте - определяет шаг, с которым будет изменяться частота. Если несколько значений попадают в один диапазон, будет результирующее значение (в зависимости от

братся среднее или максимальное выбранного режима в поле справа).

Уровень Hi, Уровень Lo - положительный и отрицательный уровень, используемый для определения фронта сигнала.

Фронт - определяет фронт тахосигнала, от которого будет рассчитываться фаза.

Уровень в... - определяет единицы, в которых задаются уровни - абсолютные или относительные (в процентах от максимального размаха).

Множитель - коэффициент, на который умножается рассчитанное значение частоты тахосигнала.

Макс. шаг - максимальная допустимая разница между двумя последовательными отсчетами. При включенном **сглаживании** и превышении значения считается, что произошел случайный выброс.

Сглаживание - включает сглаживание выбросов.

Ширина имп. - минимально допустимая ширина импульса (в долях от рассчитанной максимальной длительности импульса датчика оборотов). Используется, если включена **фильтрация**.

Фильтрация - включает фильтрацию исходного сигнала по ширине импульсов.

Фазовая поправка - значение, от которого начинает изменяться фаза.

Более подробное описание настроек можно найти выше, в описании *Расчета АФЧХ*.

Амплитуда и фаза гармоник

Гармоника - порядковый номер гармоники (требуется только для амплитуды и фазы).

Тахосигнал - название тахосигнала.

Ось X - определяет размерность рассчитываемой характеристики по оси X. Может принимать значения сек./Гц/об.

Ширина полосы - ширина полосы анализирующего фильтра в Герцах (Гц). Данное значение задается в настройках тахо-характеристики.

Размер блока - определяет размер блока, по которому выполняется расчет. Данное значение задается в настройках тахо-характеристики.

Шаг по частоте - определяет шаг, с которым будет изменяться частота. Если несколько значений попадают в один диапазон, результирующее значение будет братья или среднее или максимальное (в зависимости от выбранного режима в поле справа). Данное значение задается в настройках тахо-характеристики.

Окно - определяет тип весового окна.

Интегрирование - преобразование над характеристикой в частотной области.

Сортировка - сортирует данные по оси X.

Монотонная фаза - позволяет фазе изменяться за пределы диапазона 0-360 градусов. Имеет смысл только при расчете фазы.

СКЗ, амплитуда и размах от частоты

Настройки полностью аналогичны настройкам амплитуды гармоники, за тем исключением, что активны только поля **Название**, **Тахосигнал**, **Ось X**, **Интегрирование** и **Сортировка**.

СКЗ, амплитуда, размах и МО

В выпадающем списке рядом с полем **Название** выберите требуемый тип оценки.

Размер блока - определяет размер блока, по которому выполняется расчет. Может задаваться в отчетах или в секундах.

Интегрирование - преобразование над рассчитанной характеристикой в частотной области.

Если выбрана опция **Эквивалентная амплитуда**, то сначала производится расчет СКЗ, а потом результат пересчитывается в амплитуду или размах.

Опции
Название: Ah
Тип оценки: НЧВ Частота
Частота среза: 70.000000
Число точек БПФ: 1024
Интегрирование: Отсутствует

НЧВ

Тип оценки - определяет рассчитываемую характеристику.

Частота среза - частота, разделяющая диапазоны низких и высоких частот.

Число точек БПФ - число точек, по которым рассчитывается спектр.

Интегрирование - определяет вид преобразования над рассчитанной характеристикой в частотной области.

Опции
Название: Af
Нижняя частота: 10.000000
Верхняя частота: 20.000000
Вид спектра: CM (ед.)
Число точек БПФ: 1024
Интегрирование: Отсутствует

СКЗ в полосе

Нижняя частота - нижняя граница частотного диапазона.

Верхняя частота - верхняя граница частотного диапазона.

Вид спектра - не настраивается. Всегда считается спектр мощности.

Число точек БПФ - число точек, по которым рассчитывается спектр.

Интегрирование - определяет вид преобразования над рассчитанной характеристикой в частотной области.

Опции
Название: AF
Тип оценки: Частота Гармоника
Тахо сигнал:
Число точек БПФ: 1024
Интегрирование: Отсутствует

Спектральный анализ

Тип оценки - определяет рассчитываемую характеристику.

Тахосигнал - название исходного тахосигнала.

Число точек БПФ - число точек, по которым рассчитывается спектр.

Интегрирование - определяет вид преобразования над рассчитанной характеристикой в частотной области.

После завершения расчетов, автоматически открывается окно результатов (Рис. 10.9). Кроме того, все результаты расчетов размещаются в виде сигналов в дереве сигналов в ветвь, названную по имени обрабатываемого файла, к которому добавлен постфикс «_VP».

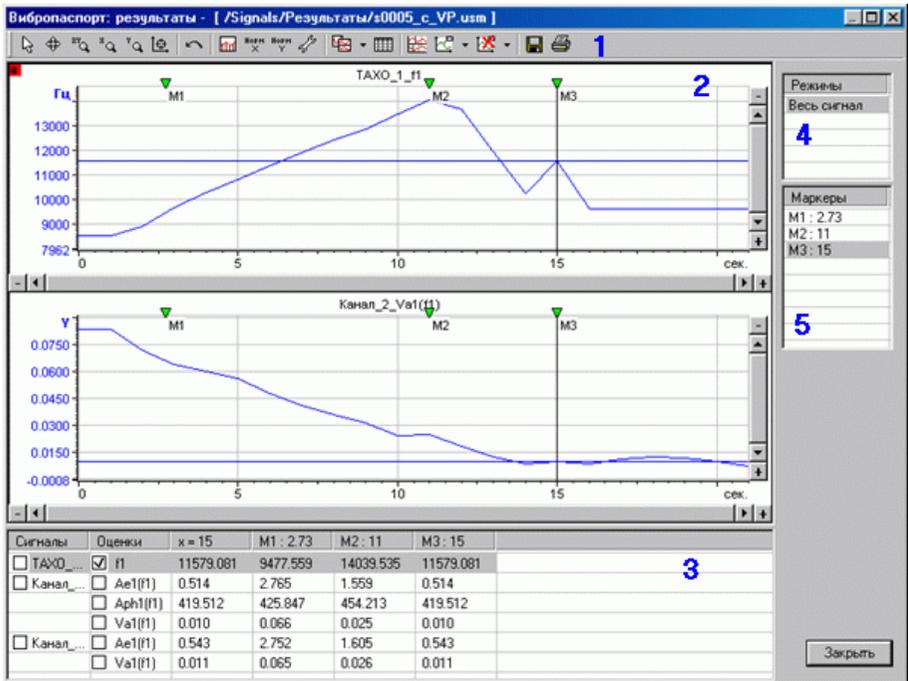


Рис. 10.9. Окно результатов расчета вибропаспорта

Здесь 1 – панель инструментов; 2 – графики оценок; 3 – таблица оценок (имеет два режима); 4 – список режимов; 5 – список меток.

После завершения вычислений и открытия окна результатов, в графиках (2) по умолчанию показываются две первые оценки. В дальнейшем, можно изменить как количество графиков кнопкой на панели инструментов (1), так и отображаемые в них сигналы, для чего требуется выбрать активный график и отметить нужные сигналы или оценки галочкой в таблице оценок (3).

Таблица оценок, в свою очередь, имеет два режима, переключаемых кнопкой на панели инструментов (1). Первый режим представлен на рис. 10.9. В первой колонке отображаются названия исходных сигналов, во второй – подсчитанные по ним оценки, в третьем – значения оценок в точке, определяемой положением курсора в активном графике. Во всех следующих колонках отображаются значения оценок в точках установки меток. В таблице показываются только те метки, которые находятся внутри диапазона выбранного режима.

Если в исходных сигналах присутствовали режимы, то они будут перечислены на панели (4), в противном случае, в данном списке будет единственная строка "Весь сигнал". Под списком режимов расположен список меток (5). В нем

перечислены все метки, установленные в диапазоне выбранного режима; метки, не попавшие в этот диапазон, не показываются. При выборе метки, курсор на всех графиках перемещается на неё, при необходимости изменяется диапазон оси X на графике так, чтобы показать выбранную метку. Добавление и удаление меток выполняется кнопками  и  на панели инструментов.

Сформированный отчет можно сохранить в виде таблицы в формате RTF.

Назначение кнопок панели инструментов окна результатов.

 Обычный режим - в этом режиме возможен только просмотр графика сигналов/результата обработки и работа с входными данными. Изменить вид графика нельзя.

 Прокрутка, сдвиг графика по обеим осям (X и Y) одновременно. Для сдвига необходимо в окне графика нажать левую кнопку мышки и, не отпуская ее, передвинуть курсор мыши в требуемую сторону. График сигнала будет сдвигаться вместе с курсором.

 Увеличение масштаба по обеим осям (X и Y) одновременно. Для увеличения масштаба графика необходимо подвести курсор к началу/концу участка, масштаб которого требуется увеличить. Нажать левую кнопку мышки и, не отпуская ее, передвинуть курсор мыши в требуемую сторону, к концу/началу увеличиваемого участка. В окне графика пунктирной линией будет прорисовываться прямоугольная рамка границ увеличиваемого участка. Когда левая кнопка мышки будет отпущена, этот участок растянется на все окно просмотра.

 Увеличение масштаба по оси X.

 Увеличение масштаба по оси Y.

 Режим курсора (вертикальные и горизонтальные линии в окне графика).

 Возврат к предыдущему диапазону осей активного графика.

 Вертикальные линии от значений сигнала к оси Y.

 Устанавливает масштаб по оси X так, что в окно просмотра выводятся все измеренные точки от максимального до минимального значения (Нормализация по X).

 Устанавливает масштаб по оси Y так, что в окно просмотра выводятся все измеренные точки от максимального до минимального значения (Нормализация по Y).

 Настройки. Позволяет настроить параметры отображения графиков.

 Устанавливает количество графиков в окне.

-  Переключает режимы отображения таблицы оценок.
-  Синхронизация курсоров. Кнопка активна при включенном режиме курсора и количестве графиков на странице больше одного.
-  Устанавливает метку на один или все сигналы в точке положения курсора.
-  Удаляет метку, выбранную в списке меток.
-  Сохранение таблицы оценок в формате RTF.
-  Печать графиков.

Второй режим таблицы оценок показан на рис. 10.10.

Сигналы	e1	r1(f1)	F1(f1)	f1	
ТАХО_1				11579.809	
Канал_2		0.000	476.260		
Канал_3	1.934				

Рис. 10.10. Таблица оценок

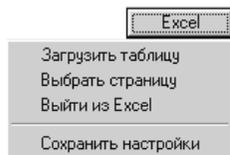
В этом режиме по вертикали откладываются исходные сигналы, по горизонтали – все оценки, заведенные в окне настроек. В ячейках таблицы показываются значения оценок, посчитанных по соответствующим сигналам, в точке установки выбранной метки или курсора в активном графике (если его положение не совпадает с выбранной меткой). Если определенная оценка рассчитывалась не по всем сигналам, то соответствующие ячейки таблицы будут пустыми.

Для получения итогового отчета в формате RTF (пример показан на рис. 10.7), как правило, требуется этап расстановки меток. Эта расстановка производится при графическом просмотре результатов вычислений (См. рис. 10.9).

После того, как формирование таблицы закончено, можно сохранить отчет в формате RTF. Для этого требуется нажать кнопку  на панели инструментов и указать название файла. В дальнейшем этот файл-отчет может быть обработан программами Microsoft Word или WordPad или импортирован в приложения пользователя.

РЕЖИМ EXCEL

Вибропаспорт позволяет рассчитывать параметры вибрации по заранее настроенным шаблонам и сохранять результаты в файле Excel.



Эта возможность доступна с помощью кнопки **Excel** в правом верхнем углу окна настройки (Рис. 10.8). При нажатии на эту кнопку появляется меню, в котором сначала требуется **выбрать таблицу** (файл формата XLS). При этом появляется стандартное окно открытия файла.

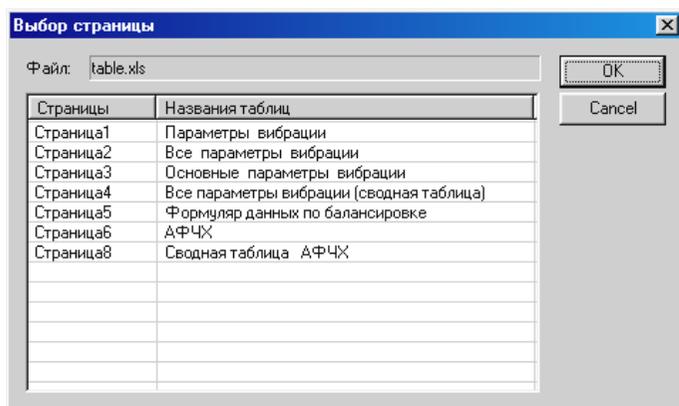


Рис. 10.11. Окно выбора страницы

После того, как таблица выбрана, открывается окно, в котором перечислены все страницы в данном файле (Рис. 10.11).

Надо выбрать страницу, в которой лежит требуемый шаблон, и нажать кнопку **OK**.

Внимание! Выбранная таблица является лишь шаблоном, по которому будет сгенерирован отчет. Все настройки, необходимые для расчета, берутся из файла *.INI (название этого файла совпадает с названием выбранного файла XLS), который должен находиться в одном каталоге с файлом XLS.

После этого читаются настройки, и заполняется список оценок. Если обрабатываемый файл был открыт заранее, происходит автоматическая расстановка оценок по сигналам, по следующим критериям: если для сигнала с данным именем список оценок приведен в файле настроек, то этому сигналу выставляются только указанные оценки. В противном случае, сигналу присваиваются все оценки, кроме тахо-характеристики. В поле «Результат» указываются названия файла и страницы, в которые будут записаны результаты расчета.

При необходимости, любые настройки перед расчетом могут быть изменены пользователем. Список оценок и их опции можно сохранить в файле настроек, выбрав пункт «Сохранить настройки» из приведенного выше меню.

Процесс расчета отображается на графике в нижней части окна. После окончания расчета, сгенерированная таблица автоматически открывается с помощью программы Microsoft Excel.

Примеры шаблонов (таблицы Excel)

Описание структуры и пример файла настроек расчета вибропаспорта приводится в приложении В. *Форматы файлов.*

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	Н	О	Р	Q	Т	U	V	
1	Таблица 1.		Запись информации																	
2	Предприятие						Нагрузка	W_a МВт						Частота вращения	n , об/мин			Пуск		
3	Объект							W_r Мвар							f , Гц			Режим		
4																		Серия		
5	Дата			Дополнит. сведения															Замер	
6	Время																	Код		
7	Параметры вибрации																			
8	№2 канала		№2 1	№2 2	№2 3	№2 4	№2 5	№2 6	№2 7	№2 8	№2 9	№2 10	№2 11	№2 12	№2 13	№2 14	№2 15	№2 16		
9	имя канала																			
10	V_e	мм/с																		
11	S_{r1}	мкм																		
12	Φ	град																		
13																				
14																				

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	Н	О	Р	Q	Т	U	V	W	
1	Таблица 8+		Сводная таблица АФЧХ																		
2	Предприятие																		Режим		
3	Объект																		№		
4	Дата			Главные параметры вибрации																	
5																					
6				Номер сечения	№ 1				№ 2				№ 3								
7	№ п/п	Время	Имя канала	1v	1h	1a	2v	2h	2a	3v	3h	3a									
8			p	f	S	Φ	S	Φ													
9			об/мин	Гц	мкм	град	мкм	град													
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	Н	О	Р	Q	Т	U						
1	Таблица 3.																							
2	Предприятие						Нагрузка	W_a МВт						Частота вращения	n , об/мин			Пуск						
3	Объект							W_r Мвар							f , Гц			Режим						
4																		Серия						
5	Дата			Дополнит. сведения															Замер					
6	Время																	Код						
7	Основные параметры вибрации																							
8	Спектр		№2 канала	№2 1	№2 2	№2 3	№2 4	№2 5	№2 6	№2 7	№2 8	№2 9	№2 10	№2 11	№2 12	№2 13	№2 14	№2 15	№2 16					
9	вибрац		имя канала																					
10	Параметры	1-я гармоника	a_e	мм/с ²																				
11			V_e	мм/с																				
12			V_{e1}	мм/с																				
13			Φ_v	град																				
14			S_{r1}	мкм																				
15			Φ	град																				
16			S_n	мкм																				
17			f_n	Гц																				
18			ВЧ	1-я гармоника	a_t	мм/с ²																		
19					V_t	мм/с																		
20																								

WinПОС. Руководство пользователя

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
	Таблица 5.					Форма Б2								
1	Формуляр данных по балансировке													
2	Эл.станция													
3	Турбогрегат													
4	Дата													
5	Время													
6	Пуск, №													
7	Режим													
8	Бал. груза	снят/уст.												
9		№плоскос.												
10		Обозначение												
11		Вес,грамм												
12		Угол,град.												
13	Дополнительная информация													
14	№ подш.	Имя канала	Параметры вибрации											
15	подш № 1	1v	S ₁₁ , мкм											
16			φ, град											
17		1h	S ₁₁ , мкм											
18			φ, град											
19	подш № 2	1a	S ₁₁ , мкм											
20			φ, град											
21		2v	S ₁₁ , мкм											
22			φ, град											
23	подш № 2	2h	S ₁₁ , мкм											
24			φ, град											
25		2a	S ₁₁ , мкм											
26			φ, град											
27	подш № 3	3v	S ₁₁ , мкм											
28			φ, град											
29		3h	S ₁₁ , мкм											
30			φ, град											
31	подш № 3	3a	S ₁₁ , мкм											
32			φ, град											

Вариант представления результатов виброисследований

Таблица 1.

Предприятие	СГРЭС-2		Нагрузка	W _a , МВт	Частота вращения	n, об/мин	3003,9									
Объект	ТА-2	К-800-240-5		W _r , Мвар		f, гц	50,066									
Дата	15.08.2006		Дополнит. сведения					Пуск №6, Режим х.х.								
Время	15:25:26															
Все параметры вибрации																
№ гарм.	№ канала		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14
	имя канала		1v	2v	3v	4v	5v	6v	7v	8v	9v	10v	11v	12v	11a	12a
Общ.уров.	a _е	м/с ²	0,32	1,10	0,70	1,02	1,09	1,47	1,90	1,61	2,55	3,05	3,18	0,50	2,62	0,60
	V _е	мм/с	0,60	2,45	1,22	2,27	2,60	4,04	3,62	2,82	7,49	6,22	4,87	0,88	2,76	1,58
	S _r	мкм	7,3	24,2	13,0	23,8	27,4	38,8	33,7	24,8	71,0	58,4	114,9	12,1	22,3	18,1
1 гарм.	S _{r1}	мкм	4,6	21,6	9,1	19,9	21,6	35,5	24,0	18,1	66,0	46,7	15,2	6,4	7,1	13,1
	φ	град	131,0	216,4	213,8	229,5	76,9	298,5	223,8	65,9	195,5	88,1	148,2	70,9	160,4	224,5
	V _{е1}	мм/с	0,51	2,40	1,02	2,22	2,41	3,95	2,67	2,01	7,34	5,19	1,69	0,71	0,79	1,46
2 гарм.	V _{е2}	мм/с	0,27	0,15	0,60	0,28	0,91	0,57	2,36	1,87	1,13	3,24	3,46	0,35	2,19	0,43
ВЧВ	V _f (вчв)	мм/с	0,28	0,41	0,64	0,46	0,91	0,71	2,35	1,88	1,23	3,29	3,75	0,45	2,50	0,46
НЧВ	V _f (25Hz)	мм/с	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,8	0,1	0,2	0,1

Диаграмма Кэмпбелла

Диаграмма Кэмпбелла применяется для анализа динамических процессов, в основном, на нестационарных режимах.

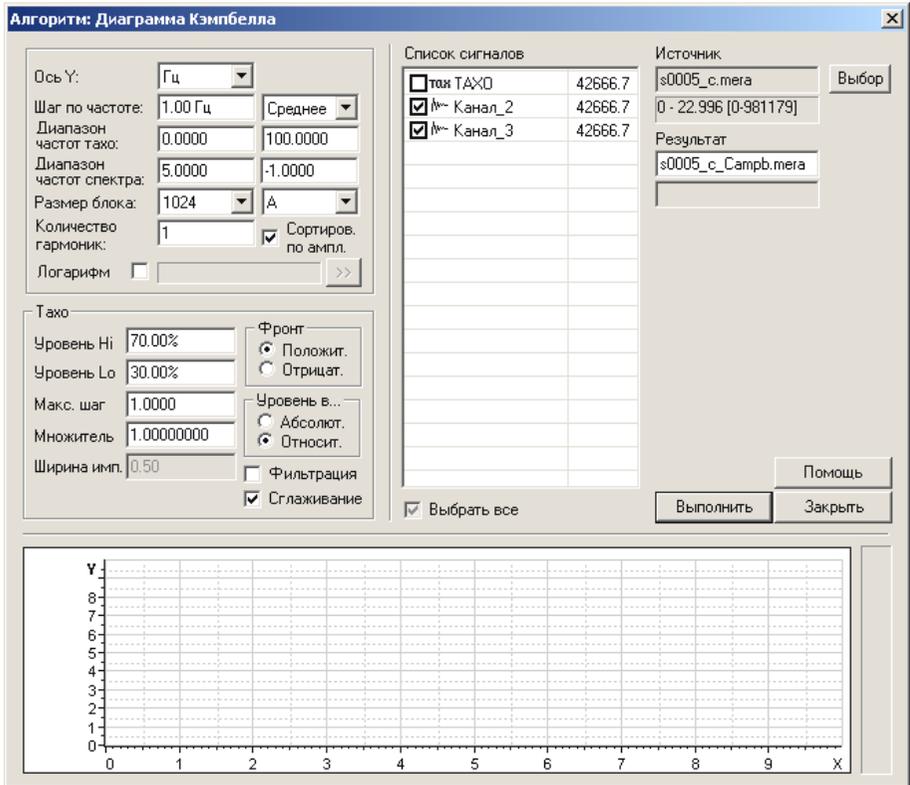


Рис. 10.12. Окно настройки расчета диаграммы Кэмпбелла

Для расчета необходимо задать тахосигнал, нажав на его названии в списке сигналов правой кнопкой мыши и выбрав в контекстном меню пункт **Тахосигнал**. По этому сигналу рассчитывается характеристика (тахохарактеристика), показывающая изменение частоты вращения от времени испытания. Для каждого значения полученной характеристики, находящегося в пределах указанного *диапазона частоты тахо*, по соответствующему блоку данных выбранных сигналов строится амплитудный спектр. Подробнее о методе расчета промежуточных спектров см. главу *Порядковый анализ 3D*.

На указанном в настройках диапазоне частот спектра ищутся пики (максимумы) и сортируются по амплитуде или частоте, в зависимости от заданных настроек. На рисунке показано, какие максимумы будут выбраны из

одинакового спектра при сортировке по частоте (верхний график) и по амплитуде (нижний график).

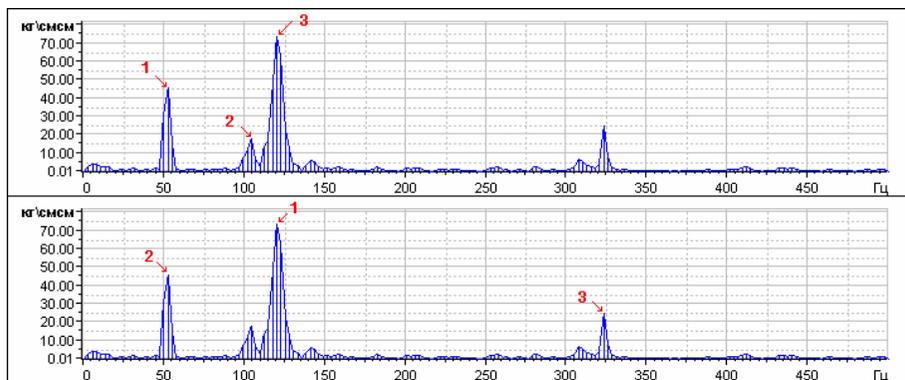


Рис. 10.13. Варианты выбора максимумов на спектре

Если несколько значений тахо-характеристики попадают в один и тот же диапазон, определяемый заданным в настройках шагом по частоте, то берутся средние или максимальные значения пиков, в зависимости от указанного в настройках метода (справа от поля "Шаг по частоте"). Это может произойти, если был выбран большой шаг по частоте, на данном участке частота изменялась медленно или изменение частоты было немонотонным.

Значения тахо-характеристики, частоты максимума на спектре, амплитуды (СКЗ или размаха) и кратности (отношение частоты пика на спектре к частоте тахо-характеристики) для каждого из заданного количества максимумов сохраняются в отдельный сигнал. По окончании расчета открывается окно, в котором можно просмотреть результаты в виде таблицы или диаграммы.

i В расчете могут участвовать только те сигналы, частота дискретизации которых совпадает с частотой дискретизации тахосигнала.

Настройки

Настройки разделены на две группы: настройки алгоритма и настройки тахо-характеристики. Настройки тахо описаны выше, в главе *Вибродиагностика*.

Ось Y:	Гц	
Шаг по частоте:	1.00 Гц	Среднее
Диапазон частот тахо:	9000.0000	14000.0000
Диапазон частот спектра:	5.0000	-1.0000
Размер блока:	1024	A
Количество гармоник:	1	<input checked="" type="checkbox"/> Сортиров. по ампл.
Логарифм	<input type="checkbox"/>	>>

Ось Y - определяет размерность по оси Y (частота тахо-характеристики): Гц или обороты в минуту.

Шаг по частоте - определяет шаг, с которым будет изменяться частота тахо. Если несколько значений попадают в один диапазон, результирующее значение будет браться или среднее или максимальное (в зависимости от выбранного режима в поле справа).

Диапазон частот тахо - минимальное и максимальное значения частот тахо, в пределах которых будет выполняться расчет.

Диапазон частот спектра - минимальное и максимальное значения частот, в пределах которых будет выполняться поиск максимумов на спектре. Если вместо максимального значения указано отрицательное число (например "-1"), то вместо него будет взято максимальное значение частоты, полученное при расчете спектра.

Размер блока - определяет размер блока в отсчетах, по которому выполняется расчет. Справа от данного поля можно выбрать тип значений - СКЗ/Амплитуда/Размах.

Количество гармоник - определяет количество пиков на спектре, для которых строится диаграмма.

Сортировка по амплитуде - если эта опция выбрана, то найденные на спектре максимумы будут отсортированы по их амплитуде, в противном случае - по частоте.

Логарифм - логарифмирование результата (алгоритм "Логарифмирование"). Кнопка  открывает окно настроек логарифма.

Окно результатов

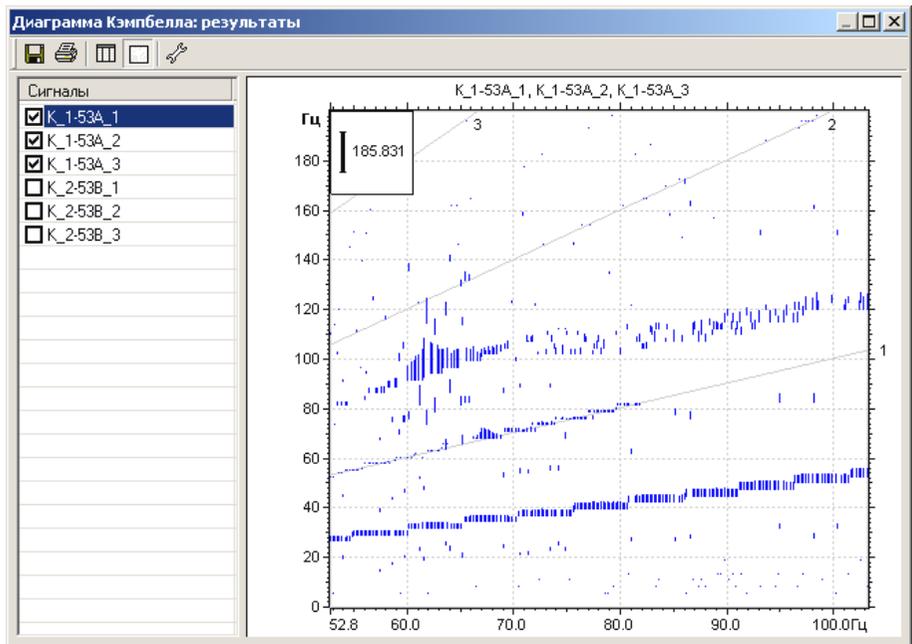


Рис. 10.14. Окно диаграммы Кэмпбелла

Все полученные при расчете сигналы содержатся в списке в левой части окна. Их название состоит из названия исходного сигнала и номера максимума в конце. Результаты расчета можно просматривать в виде таблицы или диаграммы, переключение между которыми осуществляется кнопками  и  на панели управления.

Частота тахо (f), Гц	Частота (f), Гц	Кратность (K)	Амплитуда (A)
101.5	126.3021	1.2444	20.8897
101.0	119.7917	1.1861	39.8887
100.5	184.0278	1.8311	16.6586
100.0	85.9375	0.8594	40.7323
99.5	225.2604	2.2639	2.7592
99.0	173.1771	1.7493	37.2090
98.5	96.3542	0.9782	55.2504
98.0	117.1875	1.1958	55.2171
97.5	121.5278	1.2464	36.5426

Рис. 10.15. Результаты расчетов в табличном виде

В таблице отображается только один сигнал, который выбран в списке. В первой колонке выводится частота тахо-характеристики, во второй - частота максимума на спектре, в третьей - кратность гармонике (частота максимума поделенная на частоту тахо-характеристики), в четвертой - величина спектра в данной точке. Для всех колонок, кроме первой, можно настроить шаг округления с помощью окна настроек, вызываемого кнопкой  на панели управления. Кнопкой  можно сохранить выделенные галочкой сигналы в текстовый файл или файл формата Microsoft Excel.

Диаграмма показывает зависимость частот пиков на спектре от частоты вращения. В диаграмме можно отобразить несколько сигналов, установив галки напротив их названий в списке. Все сигналы, полученные по одному каналу рисуются в диаграмме одинаковым цветом.

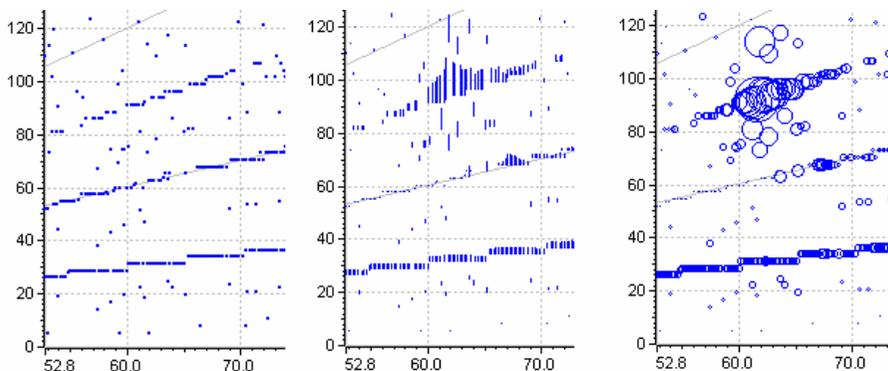
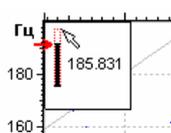


Рис. 10.16. Варианты представления данных диаграммы Кэмпбелла

Значения рисуются в виде точек, вертикальных линий или окружностей. Высота линий и диаметр окружностей зависят от значения сигнала (СКЗ, амплитуды или размаха) в данной точке. Эта зависимость задается группой "Масштаб" в настройках. Если выбрана опция "Значение в процентах", то за 100% берется максимальное значение из всех сигналов.



Масштаб также можно изменить, перетащив мышкой верхнюю часть масштабной шкалы на диаграмме.

Диапазон по оси X соответствует диапазону изменения тахо-характеристики. Если включено автоматическое

определение диапазона по Y, то он выставляется от нуля до максимального значения частоты на спектре для всех отображаемых в диаграмме сигналов. В настройках можно отключить автоматическое определение диапазона по Y и выставить требуемые значения вручную. Кроме сетки по осям X и Y, в диаграмме присутствует дополнительная сетка, показывающая кратные гармоники (порядки). Можно задать порядок первой и последней линии, а также шаг между ними.

Нажав кнопку  в панели управления, можно распечатать диаграмму на принтере.

Вид диаграммы - определяет способ отрисовки значений - в виде точек, вертикальных линий или окружностей.

Масштаб - позволяет настроить соответствие между значением сигнала и размером его изображения на диаграмме. Размер задается в точках экрана (пикселах), значение сигнала - в абсолютных величинах или в процентах. При отображении в виде точек, эти поля недоступны и не влияют на размер точек.

Диапазон по оси Y - позволяет включить или отключить автоматическое определение и выставить диапазон по Y вручную.

Линии порядков - задает частоту отображения линий порядков и их диапазон.

Шаг округления - задает шаг округления значений всех столбцов таблицы, кроме первого.

Сохранить как настройки по умолчанию - если эта опция установлена, все изменения настроек будут сохранены в файле WinPOS.cfg и будут использоваться при следующем применении.

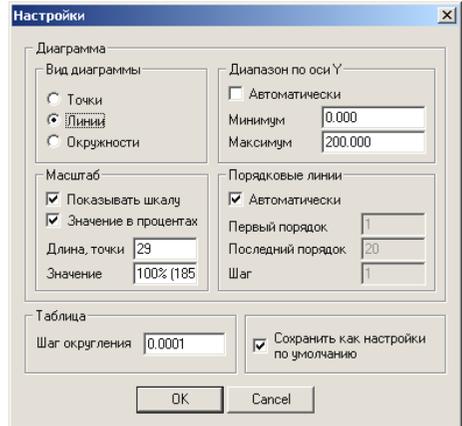


Рис. 10.17. Настройки диаграммы Кэмпбелла

Порядковый анализ

Порядковый анализ применяется для анализа динамических процессов, в основном, на нестационарных режимах, например, выбега или разбега. Результатом расчета является трехмерный сигнал, в котором по оси X откладывается частота спектра или кратность гармоник, по Z частота вращения или время, а по Y - амплитуда, размах или СКЗ.

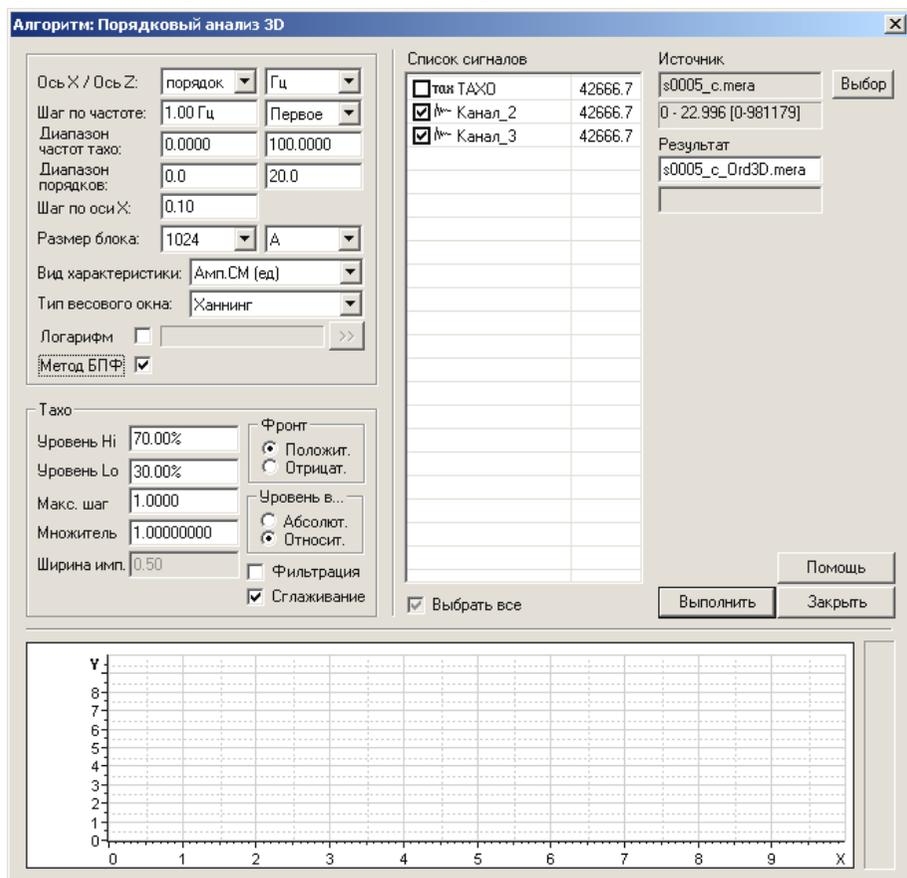


Рис. 10.18. Окно настройки порядкового анализа

Для расчета необходимо задать исходный тахосигнал, нажав на его названии в списке сигналов правой кнопкой мыши и выбрав из контекстного меню пункт **Тахосигнал**. По этому сигналу рассчитывается характеристика, показывающая изменение частоты вращения во время испытания. Если в настройках по оси Z указана частота (в Герцах или оборотах), то на полученной характеристике выбирается диапазон по частоте, указанный в

настройках (поле *Диапазон частот тахо*); если по оси Z выбраны секунды, то последующий расчет идет на всем диапазоне частот (т.е. по всему сигналу).

- ❶ В расчете могут участвовать только те сигналы, частота дискретизации которых совпадает с частотой дискретизации тахосигнала.

Для каждого значения тахо-характеристики, попадающего в этот диапазон, определяется соответствующий ему блок данных в исходном сигнале. Например: очередное значение для тахо-характеристики было рассчитано по блоку размером 1024 отсчета, с началом на 10-ой секунде, тогда из сигнала с исходными данными от датчика ускорения берется блок в 1024 отсчета, начиная с десятой секунды записи. По этому блоку считается спектр, с указанными в настройках характеристиками и сохраняется в результирующий сигнал, как очередное сечение по оси Z. Если в настройках по оси X выбраны порядки, частоты спектра делятся на частоту тахо-характеристики, на которой был получен этот спектр.

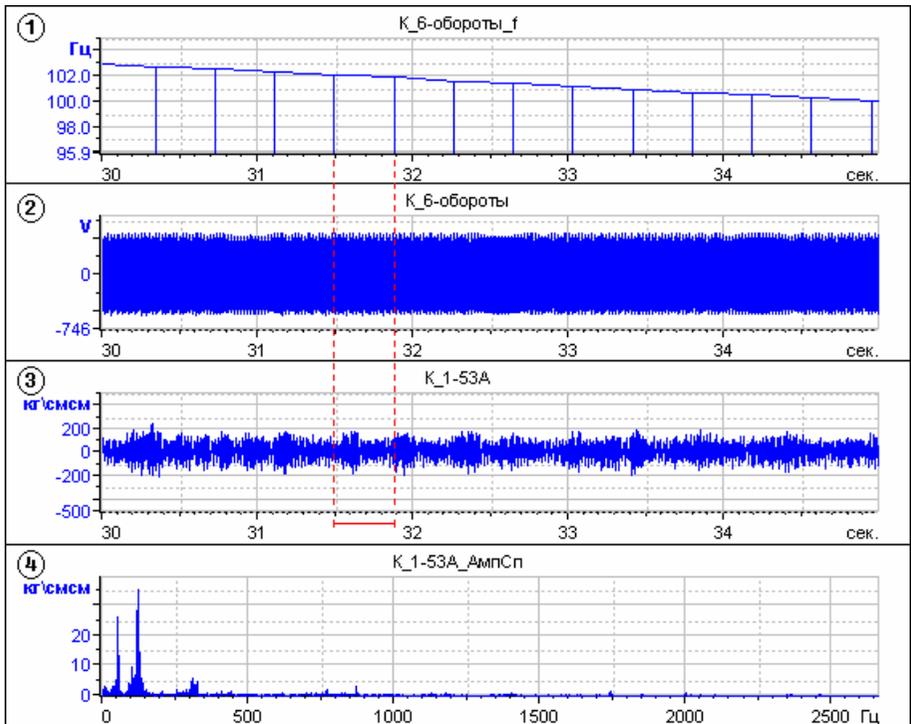


Рис. 10.19. Выбор диапазона для расчета спектра

- 1 - Результирующая характеристика изменения частоты вращения вала;
- 2 - Исходный сигнал с датчика оборотов (тахосигнал);
- 3 - Исходный сигнал с датчика ускорений;
- 4 - Спектр по выделенному блоку сигнала (3).

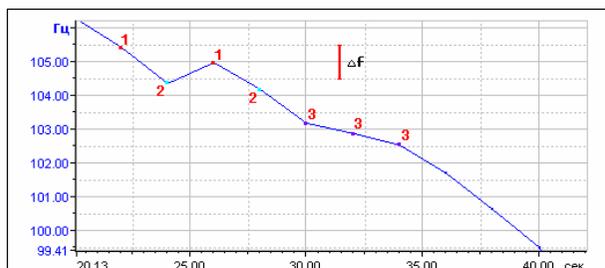


Рис. 10.20

Если по оси Z выбрана частота, и несколько значений тахо-характеристики попадают в один и тот же диапазон, определяемый заданным в настройках шагом по частоте, то на данном диапазоне в результирующий сигнал записывается только один спектр. Это может произойти, если был выбран большой шаг по частоте, на данном участке частота изменялась медленно или изменение частоты было немонотонным.

На рисунке 10.20 одинаковым цветом и цифрами показаны точки, попадающие в один диапазон. Шаг по частоте равен 1 Гц и показан вертикальной линией красного цвета. На диапазонах 104.5 - 105.5 Гц (1) и 103.5 - 104.5 Гц (2) сигнал немонотонный, поэтому в эти диапазоны попадают по два значения. В диапазон 102.5 - 103.5 Гц (3) из-за медленного изменения сигнала попали три значения.

Метод, по которому получается результирующий спектр, указывается в настройках (справа от поля "Шаг по частоте"). За результирующий может быть взят первый спектр, посчитанный для данного диапазона, спектр, полученный путем усреднения нескольких спектров, или спектр, полученный выбором максимальных значений из нескольких спектров.

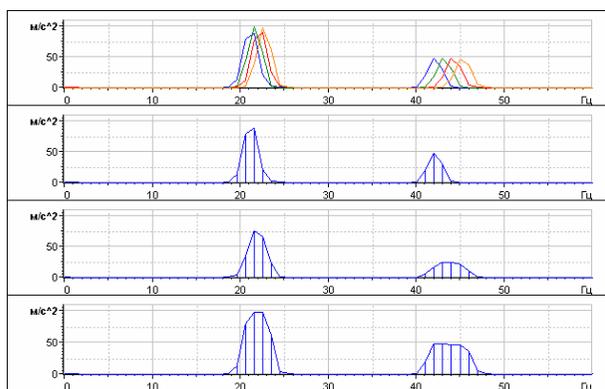


Рис. 10.21

Если по оси Z выбрана частота, и несколько значений тахо-характеристики попадают в один и тот же диапазон, определяемый заданным в настройках шагом по частоте, то на данном диапазоне в результирующий сигнал записывается только один спектр. Это может произойти, если был выбран большой шаг по частоте, на данном участке частота изменялась медленно или изменение частоты было немонотонным.

На рисунке 10.20 одинаковым цветом и цифрами показаны точки, попадающие в один диапазон. Шаг по частоте равен 1 Гц и показан вертикальной линией красного цвета. На диапазонах 104.5 - 105.5 Гц (1) и 103.5 - 104.5 Гц (2) сигнал немонотонный, поэтому в эти диапазоны попадают по два значения. В диапазон 102.5 - 103.5 Гц (3) из-за медленного изменения сигнала попали три значения.

Метод, по которому получается результирующий спектр, указывается в настройках (справа от поля "Шаг по частоте"). За результирующий может быть взят первый спектр, посчитанный для данного диапазона, спектр, полученный путем усреднения нескольких спектров, или спектр, полученный выбором максимальных значений из нескольких спектров.

Рисунок 10.21 показывает результаты применения различных методов к четырем исходным спектрам, изображенным на первом графике сверху. На втором графике приведен первый спектр, на третьем — усредненный, на четвертом — максимальный.

После окончания расчета, результат отображается в виде трехмерного графика.

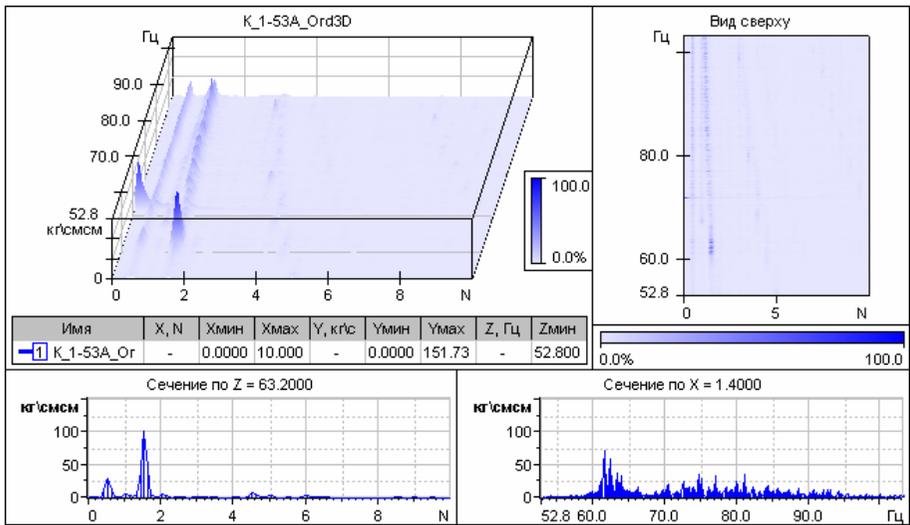


Рис. 10.22. Просмотр результатов порядкового анализа в трехмерном графике

Настройки

Настройки разделены на две группы: настройки алгоритма и настройки тахо-характеристики. Настройки тахо описаны в главе *Виброаппарат*.

Ось X / Ось Z - определяет размерность по осям X и Z. По оси X можно выставить Герцы или порядки, по оси Z - секунды, Герцы или обороты.

Шаг по частоте - определяет шаг, с которым будет изменяться частота тахо-характеристики. Если несколько значений попадают в один диапазон (например, при немономтонном изменении частоты тахо в выбранном диапазоне времени), то качестве результирующего будет взят первый полученный спектр, усредненный или максимальный спектр (в зависимости от выбранного режима в поле справа от данного).

Ось X / Ось Z:	порядок	Гц
Шаг по частоте:	1.00 Гц	Первое
Диапазон частот тахо:	0.0000	100.0000
Диапазон порядков:	0.0	20.0
Шаг по оси X:	0.10	
Размер блока:	1024	A
Вид характеристики:	Амп.СМ (ед)	
Тип весового окна:	Ханнинг	
Логарифм	<input type="checkbox"/>	>>
Метод БПФ	<input checked="" type="checkbox"/>	

Диапазон частот тахо - минимальное и максимальное значения частот тахо-характеристики, в пределах которых будет выполняться расчет.

Диапазон порядков - минимальное и максимальное значения, которые будут установлены для оси X в результирующем сигнале, если по оси X выбраны порядки.

Шаг по оси X - шаг, с которым происходит передискретизация при пересчете частот спектра в порядки. Чем меньше это значение, тем точнее результирующий спектр совпадает по форме с исходным (при этом увеличивается размер результирующего сигнала).

Размер блока - определяет размер блока в отсчетах, по которому выполняется расчет. Справа от данного поля можно выбрать тип значений - СКЗ/Амплитуда/Размах.

Вид характеристики - определяет тип спектра.

Тип весового окна - определяет тип весового окна, используемого при расчете спектра.

Логарифм - логарифмирование результата (алгоритм "Логарифмирование"). Кнопка  открывает окно настроек логарифма.

Часть 11. Автоматизация WinПОС

Сценарии WinПОС

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.

Для написания собственных быстродействующих алгоритмов обработки, для обработки значительных объемов данных, и создания приложений, опирающихся на WinПОС, но требующих дополнительных настроек или способных формировать специализированные отчеты, лучше всего подходит Borland Delphi. Также можно использовать Borland C++ Builder, Microsoft Visual C++, Visual Basic или FoxPro.

Однако для написания небольших сценариев автоматизации работы WinПОС или несложных алгоритмов больше подходит Visual Basic Script. VBScript входит в состав поставки Microsoft Windows, не требует отдельного компилятора, а удобная среда редактирования и отладки сценариев включена в состав WinПОС.

Редактор сценариев (Рис. 11.1) открывается через меню **Сценарий**→**Редактор сценариев...**

Редактор сценариев – это текстовый редактор с синтаксической подсветкой и стандартным набором инструментов, к которым можно обратиться с помощью меню, панели инструментов и горячих клавиш.

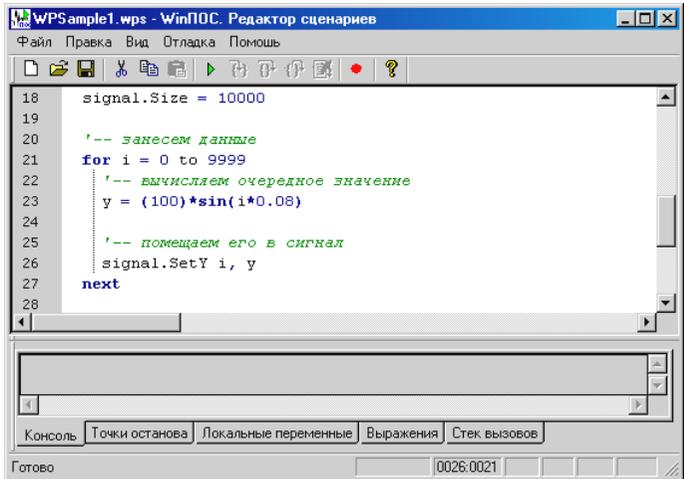


Рис. 11.1. Окно подготовки сценариев обработки

Редактор также предоставляет все необходимые инструменты для выполнения сценариев под отладкой: точки останова и выполнение по шагам, просмотр локальных переменных и стека вызовов, вычисление выражений.

Подробное описание редактора сценариев, интерфейсов, способов оформления программ и примеры Вы сможете найти в *Руководстве программиста*.

Готовый сценарий можно запустить на выполнение несколькими способами:

- из редактора сценариев - *Выполнить программу* (F5),
- в главном окне WinПОС выбрать **Сценарий→Выполнить сценарий...** или выбрать один из ранее запускавшихся сценариев в том же меню.
- из командной строки (“winpos.exe myscript.wps”).

Вот так на VBScript будет выглядеть классический пример первой программы:

```
sub main
  DebugPrint "Hello, world!"
end sub
```

Строка «Hello, world!» будет напечатана в консоли *Редактора сценариев*.

Запуск из командной строки

В качестве параметров командной строки WinПОС могут быть указаны через пробел имена файлов УСМЛ(.usm), МЕРА(.mera) или файлов сценариев(.wps). При этом файлы данных будут помещены в дерево сигналов, а сценарий будет выполнен. С помощью ключа -s можно сразу поместить заданный файл данных (УСМЛ или МЕРА) на страницу графиков.

```
WinPos.exe [-h] [[-s] [usmlfile1.usm]..[-s]
  [-q]..[usmlfileN.usm]] [[wpsfile1.wps]..[wpsfileM.wps]]
```

Список ключей

- s открывать все указанные за ”-s” файлы в графиках
- q отменяет действие ключа ”-s”
- h выдать справку о параметрах командной строки

Примеры

```
WinPos.exe -h
- будет выдана справка о ключах командной строки

WinPos.exe test.mera u123_45.usm start.mera
- 3 файла будут добавлены в дерево сигналов

WinPos.exe test.usm u123_45.usm -s start.mera error.usm -q finish.usm
- 5 файлов будут добавлены в список, start.usm и error.usm будут представлены в графиках

WinPos.exe myscript.wps
- будет выполнен сценарий myscript.wps

WinPos.exe test.mera myscript.wps
- будет открыт test.mera и выполнен сценарий myscript.wps
```

Приложение А. Алгоритмы обработки

Введение

WinПОС позволяет произвести обработку данных в следующем объеме: спектральный анализ, корреляционный анализ, фильтрация, расчет огибающей, интегрирование, дифференцирование, а также вычислить оценки следующих характеристик: плотности распределения вероятности, математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, асимметрии и эксцесса.

Основой частотного анализа является преобразование Фурье. Определяющими выражениями для преобразования Фурье входной последовательности $\{x(n)\}$ $n=0, \dots, N-1$ являются :

$$G(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \exp \left\{ -j \cdot \frac{2\pi kn}{N} \right\}, \text{ прямое преобразование,}$$

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} G(k) \cdot \exp \left\{ j \cdot \frac{2\pi kn}{N} \right\}, \text{ обратное преобразование.}$$

Вычислительной процедурой для дискретного преобразования Фурье (ДПФ) является алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Ниже рассмотрим конкретный алгоритм, который заложен в пакете WinПОС.

В большинстве случаев на практике значения $x(n)$ являются действительными, а алгоритм БПФ рассчитан на комплексные значения. Чтобы устранить эту избыточность и загрузить мнимую часть входных данных, входной поток делится на две последовательности следующим образом: отсчеты с нечетными порядковыми номерами - одна, с четными номерами - другая последовательность. Соответственно одна из этих последовательностей будет действительной, другая - мнимой частью входного массива для алгоритма БПФ.

Таким образом, если $\{x(n)\}$, $n=0, \dots, N-1$ - входная последовательность, а $W = \exp \left\{ -j \frac{2\pi}{N} \right\}$, $f(l) = x(2l)$, $h(l) = x(2l+1)$, в результате разделения имеем :

$$G(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W^{kn} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{l=0}^{N/2-1} (f(l) \cdot W^{2lk} + h(l) \cdot W^{(2l+1)k}) =$$

$$= \frac{1}{N} \cdot \sum_{l=0}^{N/2-1} f(l) \cdot (W)^{2lk} + \frac{1}{N} \cdot \sum_{l=0}^{N/2-1} h(l) \cdot (W)^{(2l+1)k} = F(k) + W^k \cdot H(k)$$

В итоге:

$$G(k) = \begin{cases} F(k) + W^k \cdot H(k), \text{ для } : 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ F(k - \frac{N}{2}) + W^k \cdot H(k - \frac{N}{2}), \text{ для } : \frac{N}{2} \leq k \leq N - 1 \end{cases}$$

Далее формируется входной массив: $Z(k) = f(k) + ih(k)$, где $k=0, 1, \dots, N/2-1$, к которому и применяется алгоритм БПФ прореживания по времени с замещением по основанию 2 с двоично-инверсным порядком данных на входе.

Применяя формулы разделения к преобразованию Фурье $\{Z(k)\}$, получим два преобразования $\{F(k)\}$ и $\{H(k)\}$,

$$\operatorname{Re}(F(k)) = 0.5 \cdot (\operatorname{Re}Z(k) + \operatorname{Re}Z(N/2-k))$$

$$\operatorname{Im}(F(k)) = 0.5 \cdot (\operatorname{Im}Z(k) - \operatorname{Im}Z(N/2-k))$$

$$\operatorname{Re}(H(k)) = 0.5 \cdot (\operatorname{Im}Z(k) + \operatorname{Im}Z(N/2-k))$$

$$\operatorname{Im}(H(k)) = 0.5 \cdot (\operatorname{Re}Z(k) - \operatorname{Re}Z(N/2-k)), \text{ где } k=1, \dots, N/2-1.$$

Преобразование $\{G(N/2-k)\}$ вычисляем по формулам :

$$\operatorname{Re}G(0) = \operatorname{Re}Z(0) + \operatorname{Im}Z(0)$$

$$\operatorname{Im}G(0) = 0$$

$$\operatorname{Re}G(N/2) = \operatorname{Re}Z(0) - \operatorname{Im}Z(0)$$

$$\operatorname{Im}F(N/2) = 0$$

Замечания по использованию алгоритма БПФ будут сделаны при описании алгоритмов вычисления характеристик, а также в приложении Б. *Рекомендации по обработке.*

Спектральный анализ

В рамках спектрального анализа вычисляются оценки следующих характеристик:

- амплитудный спектр, спектр мощности, спектральная плотность мощности, спектральная плотность энергии, комплексный спектр;
- взаимный спектр;
- функция когерентности, когерентная выходная мощность, некогерентная выходная мощность, отношение сигнал/шум;
- передаточные функции.

Для уменьшения нежелательных эффектов, обусловленных конечностью интервалов наблюдения, могут быть использованы весовые функции. В WinПОС это:

- прямоугольная весовая функция (отсутствие весовой функции);
- функция Ханнинга :
 $W(n) = 0.5 \cdot (1 - \cos(2\pi n/N))$, $n=0, \dots, N-1$;
- функция Блэкмана-Хэрриса:
 $W(n) = A_0 - A_1 \cos(2\pi n/N) + A_2 \cos(2 \cdot 2\pi n/N) - A_3 \cos(3 \cdot 2\pi n/N)$, $n=0, \dots, N-1$,
где N - число дискретных отсчетов взвешиваемого процесса,
 $A_0 = 0.35873$; $A_1 = 0.48829$; $A_2 = 0.14128$; $A_3 = 0.01168$;
- треугольная:

$$W(n) = \begin{cases} 2 \cdot n/N, & \text{для } n = 0, 1, \dots, N/2; \\ W(N-n), & \text{для } n = N/2 + 1, \dots, N-1 \end{cases}$$

- Flat Top:

$$W(n) = 1 - A_0 \cdot \cos(2\pi n/N) + A_1 \cdot \cos(2 \cdot 2\pi n/N) - A_2 \cdot \cos(3 \cdot 2\pi n/N) + A_3 \cdot \cos(4 \cdot 2\pi n/N),$$

$$n = 0, \dots, N-1, A_0 = 1.93; A_1 = 1.29; A_2 = 0.388; A_3 = 0.0322;$$

Подробнее о выборе весовой функции см. приложение Б. *Рекомендации по обработке.*

Спектр

Дискретное преобразование Фурье для выборки процесса $\{x(n), n=0, \dots, N-1\}$ задается формулой :

$$F(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot \exp\left\{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot n}{N}\right\}$$

На основе дискретного преобразования Фурье $F(k)$ определяется ряд характеристик. Вид характеристики, а также ряд параметров для ее определения задаются в WinПОС в левой части окна настройки алгоритма, некоторые учитываются автоматически. Термин "реализация" соответствует в WinПОС термину "порции".

Спектр мощности

Характеристика определяется усреднением по M реализациям и имеет размерность $(e\delta^2)$:

$$G_{см}(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M G_{смj}(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M |F_j(k)|^2 = \frac{1}{M} \cdot \frac{1}{N^2} \cdot \sum_{j=0}^M |F'_j(k)|^2, \text{ где: } F'_j(k) = \frac{1}{N} \cdot F_j(k)$$

В случае расчета одностороннего спектра мощности (именно он рассчитывается в пакете WinПОС) и применения весовых окон необходимо ввести поправочные коэффициенты :

$G'_{см}(k) = 2 \cdot K_n \cdot G_{см}(k) / K_{кум}$, где 2 - указывает на то, что рассчитываем односторонний спектр мощности,

$K_n = 1$ для эффективных значений, $K_n = 2$ для пиковых значений,

$K_{кум}$ - коэффициент когерентного усиления по мощности (равен квадрату коэффициента когерентного усиления), зависит от выбора весовой функции, определяется по таблице (см. приложение Б. *Рекомендации по обработке*), в WinПОС учитывается автоматически.

Спектр плотности мощности

Характеристика определяется как среднее по M реализациям и имеет размерность $(e\delta^2/\Gamma\psi)$: $G_{\text{снм}}(k) = \frac{1}{\Delta f} \cdot G_{\text{см}}(k)$

Для одностороннего спектра плотности мощности и в случае применения весовых функций формула примет вид:

$$G'_{\text{снм}}(k) = \frac{G'_{\text{см}}(k)}{\Delta f \cdot \beta}, \quad \text{где } \beta - \text{эквивалентная шумовая полоса: поправочный}$$

коэффициент связан с применением весовых функций, учитывается автоматически, Δf - частота опроса.

Спектральная плотность энергии

Усреднение производится по M реализациям, размерность характеристики - $(e\delta^2 \cdot c/\Gamma\psi)$:

$$G_{\text{снз}}(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M G_{\text{снз}j}(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M G_{\text{снм}j}(k) \cdot T = G_{\text{снм}}(k) \cdot T$$

Для односторонней спектральной плотности энергии с учетом весовых окон:

$$G'_{\text{снз}}(k) = G'_{\text{снм}}(k) \cdot T. \quad \text{Здесь и выше } T - \text{интервал наблюдения.}$$

Амплитудный спектр (СКЗ)

Определяется через спектр мощности и имеет размерность $(e\delta)$: $G_A(k) = \sqrt{G_{\text{см}}(k)}$

Для одностороннего амплитудного спектра и в случае применения весовых окон формула, соответственно, примет вид: $G'_A(k) = \sqrt{G'_{\text{см}}(k)}$

Комплексный спектр

Спектр, вычисляемый как комплексная величина, может быть представлен в одной из двух форм:

- в виде вещественной и мнимой части:

$$\text{Re } F(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Re } F_j(k) = \frac{1}{M} \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Re } F'_j(k)$$

$$\text{Im } F(k) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Im } F_j(k) = \frac{1}{M} \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Im } F'_j(k)$$

- в виде модуля и фазы:

$$\text{Mod } F(k) = |F(k)| = \sqrt{(\text{Re } F(k))^2 + (\text{Im } F(k))^2}$$

$$\text{Fas } F(k) = \arctg\left(\frac{\text{Im } F(k)}{\text{Re } F(k)}\right)$$

Взаимные спектральные характеристики

Взаимные спектральные характеристики для входных процессов $a(t)$ и $b(t)$ определяются на основе комплексных мгновенных спектров $A(f)$ и $B(f)$ и взаимного спектра $G_{AB}(f)$.

$$A(f) = \int_0^T a(t) \cdot \exp\{-j2\pi f t\} dt; \quad B(f) = \int_0^T b(t) \cdot \exp\{-j2\pi f t\} dt$$

В дискретной форме :

$$A(k) = \left(\sum_{n=0}^{N-1} a_n \cdot \exp\left\{-j \cdot \frac{2\pi kn}{N}\right\} \right) \cdot \Delta t = \frac{1}{F_{\text{опр}}} \cdot A_{\text{опф}}(k); \quad B(k) = \frac{1}{F_{\text{опр}}} \cdot B_{\text{опф}}(k)$$

Взаимный спектр определяется на основе мгновенных спектров $A(f)$ и $B(f)$ и дается выражением :

$$S_{AB}(k) = A^*(k) \cdot B(k), \text{ где } \text{“*”} - \text{знак комплексного сопряжения.}$$

Связь между односторонними и двусторонними характеристиками устанавливается соотношением:

$$G_{AB}(f) = \begin{cases} 2 \cdot S_{AB}(f), & \text{для } f > 0 \\ S_{AB}(f), & \text{для } f = 0 \\ 0, & \text{для } f < 0 \end{cases}$$

Аналогично для автоспектров $G_{AA}(f)$ и $G_{BB}(f)$, где

$$S_{AA}(k) = A^*(k) \cdot A(k) \text{ и } S_{BB}(k) = B^*(k) \cdot B(k).$$

Везде в дальнейшем подразумевается, что в качестве оценок взаимного спектра и автоспектров берутся средние по M реализациям.

Взаимный спектр

Характеристика является комплексной величиной и может быть представлена в одном из двух видов :

- в виде вещественной и мнимой части (ко-спектра и квад-спектра):

$$\text{Re } G_{AB}(k) = \frac{2}{M} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Re}(S_{ABj}(k))$$

$$\text{Im } G_{AB}(k) = \frac{2}{M} \cdot \sum_{j=0}^M \text{Im}(S_{ABj}(k))$$

- в виде модуля и фазы:

$$\text{Mod } G_{AB}(k) = |2 \cdot S_{AB}(k)|,$$

$$\text{Fas } G_{AB}(k) = \text{arctg} \left(\frac{\text{Im } S_{AB}(k)}{\text{Re } S_{AB}(k)} \right)$$

Взаимный спектр плотности мощности

Размерность характеристики - $(e\delta^2/\Gamma u)$:

$$G_{смм_{AB}}(k) = \frac{1}{T} \cdot |G_{AB}(k)|$$

В случае применения весовых окон необходимо ввести поправочные коэффициенты, и формула будет иметь вид:

$$G'_{смм_{AB}}(k) = G_{смм_{AB}}(k) / (K_{кум} \cdot \beta)$$

где: $K_{кум}$ - коэффициент когерентного усиления сигнала по мощности;
 β - эквивалентная ширина шумовой полосы.

Функция когерентности функция некогерентности

Функция когерентности определяется на основе собственных спектров и взаимного спектра учитываемых сигналов по формуле:

$$v^2(k) = \frac{|G_{AB}(k)|^2}{G_{AA}(k) \cdot G_{BB}(k)},$$

Примечание: функция когерентности определяется на основе претерпевших усреднение функций, в случае же единой изолированной оценки имеет равные единице значения.

Функция некогерентности определяется как $1 - v^2(k)$.

Когерентная и некогерентная выходная мощность

Когерентная выходная мощность определяется на основе функции когерентности и отображает долю измеряемого собственного спектра (выходного) сигнала $G_{BB}(f)$, совершенно когерентную с определенным (входным) сигналом, представленным функцией $a(t)$ и собственным спектром $G_{AA}(f)$.

Математическое выражение характеристики имеет вид: $СОР(k) = v^2(k) \cdot G_{BB}(k)$.

Выражение для некогерентной мощности на выходе, соответственно, примет вид: $NCOP(k) = (1 - v^2(k)) \cdot G_{BB}(k)$

Отношение сигнала к шуму

Определяется на основе функции когерентности по формуле: $S/N(k) = \frac{v^2(k)}{1 - v^2(k)}$

Передаточная функция

Определяются две отличающиеся принципиально друг от друга оценки комплексной частотной характеристики этой системы :

$$H_1(k) = \frac{S_{AB}(k)}{S_{AA}(k)} \quad \text{и} \quad H_2(k) = \frac{S_{BB}(k)}{S_{BA}(k)}$$

Фильтрация

Подсистема фильтрации реализует цифровую рекурсивную фильтрацию и основана на последовательном подключении канонических звеньев второго порядка.

$Y_n = B_0 \cdot Y_{n-2} + B_1 \cdot Y_{n-1} + A_0 \cdot X_{n-2} + A_1 \cdot X_{n-1} + A_2 \cdot X_n$, где: Y_n - отфильтрованный массив, X_n - входной массив, B_0 , B_1 , A_0 , A_1 , A_2 - коэффициенты фильтра, рассчитываемые в соответствии с заданными характеристиками.

Передаточная функция для рекурсивного звена имеет вид:

$$H(Z) = \frac{A_0 \cdot Z^{-2} + A_1 \cdot Z^{-1} + A_2}{B_0 \cdot Z^{-2} + B_1 \cdot Z^{-1} + 1}$$

Во избежание получения переходных процессов большой длительности рекомендуется выполнять условие:

$$2 < \frac{F_s}{F_{cp}} < 100 \quad , \quad \text{где } F_{cp} \text{ - частота среза фильтров, } F_s \text{ - частота дискретизации (опроса).}$$

При этом, например, фильтр 12-го порядка будет иметь не более 700 отсчетов переходного процесса.

Если, например, $2 < \frac{F_s}{F_{cp}} < 50$, то можно гарантировать, что максимальная длительность переходного процесса не более 350 отсчетов.

Медианный фильтр

Медианный фильтр подавляет импульсные помехи, длительность которых меньше половины ширины апертуры.

Из сигнала выбирается определенное число последовательных точек, равное ширине апертуры фильтра. Данная последовательность сортируется и из нее выбирается среднее значение (значение с номером $N/2+1$, где N ширина апертуры), называемое медианой. Если медиана отличается от значения исходного сигнала в данной точке больше, чем на значение порога, в соответствующую точку результирующего сигнала будет записано значение медианы, в противном случае - значение исходного сигнала. Окно фильтра смещается на одно значение в сторону конца сигнала и процесс повторяется.

Вероятностные характеристики

Для последовательности отсчетов $\{x_n, n=0, \dots, N-1\}$ оценки вышеуказанных характеристик вычисляются по формулам приведенным ниже.

Математическое ожидание (среднее значение)

$$m_x = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_n$$

Дисперсия

Характеризует рассеивание значений случайной величины около ее математического ожидания.

$$D_x = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^2$$

Среднеквадратичное отклонение

Характеризует рассеивание, но имеет размерность случайной величины.

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}$$

Асимметрия

Служит для характеристики "скошенности" распределения. Если распределение симметрично относительно математического ожидания, то асимметрия равна 0.

$$Sk = \frac{1}{N \cdot \sigma_x^3} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^3$$

Экссесс

Характеризует "крутость" (островершинность или плосковершинность) распределения.

$$E_x = \frac{1}{N \cdot \sigma_x^4} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^4 - 3$$

Примечание: Для нормального распределения эксцесс равен 0. Кривые, более островершинные по сравнению с нормальной, обладают положительным эксцессом. Кривые более плосковершинные - отрицательным эксцессом.

Оценка плотности распределения вероятности

Оценка плотности распределения вероятности (ПРВ) строится либо методом ядерных оценок с использованием квадратичной ядерной функции, либо в виде гистограммы.

Метод ядерных оценок

Оценка ПРВ методом ядерных оценок с использованием квадратичной ядерной функции задается формулой

$$P(x_m) = \frac{1}{N \cdot h} \cdot \sum \exp \left\{ -\frac{(x_m - x_k)^2}{2 \cdot h^2} \right\}$$

где: $\{X_k\}$ - процесс, для которого строится ПРВ;

N - число точек исходного процесса для оценки ПРВ;

$h = \sigma N^{-1/5}$;

σ - среднеквадратичное отклонение процесса;

M - число точек оцениваемой функции ПРВ (задается).

Гистограмма

Основой для построения гистограммы является так называемый "статистический ряд": весь диапазон значений случайной величины X делится на интервалы или "разряды" (число интервалов задается пользователем); подсчитывается количество значений m_i , приходящееся на каждый i -ый разряд (если значение находится в точности на границе двух разрядов, то к числам m_i того и другого разряда прибавляется по 0.5), полученное число делится на общее число наблюдений n и, таким образом, находят частоту, соответствующую данному i -ому разряду: $p_i^* = m_i / n$.

Гистограмма же строится следующим образом. По оси абсцисс откладываются разряды, и на каждом из разрядов как на основании строится прямоугольник, площадь которого равна частоте данного разряда. Для построения гистограммы нужно частоту каждого разряда разделить на его длину и полученное число взять в качестве высоты прямоугольника. При увеличении исходных данных и, соответственно, числа разрядов гистограмма будет приближаться к графику плотности распределения величины X .

Примечание: На практике рекомендуется иметь в каждом разряде не менее 5-10 наблюдений. Если количество наблюдений в отдельных разрядах мало (порядка 1-2), эти разряды объединяются.

Логарифмирование

Логарифмирование данных производится по формуле:

$$U_{lg} = k \cdot \log_{10} \left(\frac{U}{U_{ref}} \right), \text{ [dB]},$$

где k - коэффициент, принимающий одно из двух значений (10 или 20) в зависимости от характеристики (например, для амплитудного спектра этот коэффициент равен 20, для спектра мощности 10);

U_{ref} - некоторое опорное значение, задается конкретным числом или максимальным значением из логарифмируемого массива.

Автокорреляция

Для вычисления оценки нормированной функции корреляции случайной последовательности, обладающей свойствами стационарности и эргодичности, использованы следующие формулы:

а) оценка для функции корреляции :

$$K_x(k) = \frac{1}{N-k} \cdot \sum_{j=1}^{N-k} x^0(j) \cdot x^0(j+k), k=0,1,2,\dots,m$$

где: $\{x^{\circ}(j)\}$ – центрированная реализация;
 m – максимальное число шагов (задается при настройке);
 N – количество элементов в последовательности.

б) оценка для нормированной функции корреляции :

$$\rho_x(k) = K_x(k)/D_x \quad \text{где } D_x - \text{ дисперсия.}$$

Взаимная корреляция

Оценка взаимной корреляционной функции вычисляется на основе формул:

а) для взаимной функции корреляции :

$$K_{xy}(k) = \frac{1}{N-k} \cdot \sum_{j=1}^{N-k} x^{\circ}(j) \cdot y^{\circ}(j+k), k=0,1,2,\dots,m$$

где: $\{x^{\circ}(j)\}, \{y^{\circ}(j)\}$ – центрированные реализации.

б) для нормированной взаимной корреляционной функции:

$$\rho_{xy}(k) = K_{xy}(k)/(\sigma_x \cdot \sigma_y),$$

где σ_x, σ_y - средние квадратичные отклонения соответствующих процессов.

Дифференцирование

В WinПОС реализованы три алгоритма численного дифференцирования:

- "трехточечный", первая производная вычисляется по формуле:

$$Y'_n = \frac{1}{2 \cdot \Delta x} \cdot (Y_{n+1} - Y_{n-1})$$

- "пятиточечный":

$$Y'_n = \frac{1}{12 \cdot \Delta x} \cdot [(Y_{n-2} - Y_{n+2}) - 8 \cdot (Y_{n-1} - Y_{n+1})]$$

- "куб.сплайн" для аппроксимации входной функции используются формулы кубической сплайн-интерполяции :

$$Y_n(x) = A_n + B_n \cdot (x-x_n) + C_n \cdot (x-x_n)^2 + D_n \cdot (x-x_n)^3, \text{ где коэффициенты } A_n, B_n, C_n,$$

D_n вычисляются из следующих предположений :

- 1) сплайн-функция, ее первая и вторая производные непрерывны в узловых точках;
- 2) вторая производная равна нулю в конечных точках участка дифференцирования.

Интегрирование

Вычисление определенного интеграла.

Для вычисления определенного интеграла в заданных пределах использован метод трапеций:

$$S = 0.5 \cdot Y_0 + \sum_{n=1}^{N-2} Y_n + 0.5 \cdot Y_{N-1}$$

Численное решение задач Коши.

WinПОС предлагает четыре метода численного интегрирования дифференциального уравнения первого порядка: $y'=f(x,y)$

Начальное условие $y(x_0)=y_0$ может быть задано пользователем либо автоматически устанавливается в "0". Чтобы исключить из полученного результата постоянную составляющую, процесс необходимо центрировать.

Метод Эйлера - состоит в пошаговом применении формулы третьего порядка:

$$y_{n+1} = y_n + 0.5 \cdot (3 \cdot f_n - f_{n-1}) \cdot \Delta x$$

Метод Хемминга:

без модификации (формула четвертого порядка) с расчетом первых трех точек по формулам Эйлера

$$y_{n+1}^{pred} = y_{n-3} + \frac{4}{3} \cdot (2 \cdot f_n - f_{n-1} + 2 \cdot f_{n-2}) \cdot \Delta x$$

$$y_{n+1}^{corr} = \frac{1}{8} \cdot (9 \cdot y_n - y_{n-2}) + \frac{3}{8} \cdot (f_{n+1} + 2 \cdot f_n - 2 \cdot f_{n-1}) \cdot \Delta x$$

$$y_{n+1} = y_{n+1}^{corr} - \frac{9}{121} \cdot (y_{n+1}^{corr} - y_{n+1}^{pred})$$

Метод RC-цепочки:

численный аналог RC-схемы (НЧ-фильтра 1-го порядка) задается формулой

$y_{n+1} = y_n - y_n / M + f_{n+1} \cdot \Delta x$, где M - число точек усреднения для RC-цепочки.

Для определения числа точек усреднения можно воспользоваться следующими формулами

$$M = F_s / (2 \pi F_b) \text{ или } M = RC / \Delta t$$

где: F_s - частота опроса,
 F_b - частота среза эквивалентного НЧ-фильтра;
 RC - постоянная RC-цепочки,
 Δt - период дискретизации.

Вибро.

Этот метод использует метод RC-цепочки, но предварительно осуществляет высокочастотную фильтрацию в заданной полосе частот, что позволяет адаптировать алгоритм к условиям измерения вибраций.

Нормирование

Нормирование сигнала производится в тех случаях, когда необходимо чтобы результирующие значения сигнала изменялись в строго определенных пределах.

Процедура нормирования сводится к умножению каждого значения сигнала на некоторый коэффициент так, значения сигнала не превышают заданных значений.

$$Y_i^{nor} = \frac{Y_0}{Y_{max}} \cdot Y_i, \quad \text{где: } Y_0 - \text{ заданное (требуемое) максимальное значение; } Y_{max} - \text{ максимальное измеренное значение; } Y_i - \text{ текущее значение сигнала.}$$

Центрирование

Центрирование выполняется с целью отсечки постоянной составляющей сигнала: $Y_i^{центр} = Y_i - \bar{Y}$, где \bar{Y} - математическое ожидание.

Преобразование Гильберта. Вычисление огибающей

Для получения трансформанты Гильберта используется прямое и обратное преобразование Фурье. Порядок расчета :

Для входного массива выполняется прямое преобразование Фурье :

$$F(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} f(n) \cdot \exp \left\{ -j \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot n}{N} \right\}$$

Полученный спектр преобразуется к виду :

$$Z(k) = \begin{cases} 2 \cdot F(k), & \text{для } k=1, \dots, N/2-1; \\ F(k), & \text{для } k=0; \\ 0, & \text{для } k=N/2, \dots, N-1 \end{cases}$$

Путем обратного преобразования Фурье спектра $Z(k)$ получают аналитический сигнал: $z(n) = f(n) + j \cdot \tilde{f}(n)$, где: $\tilde{f}(n)$ есть трансформанта Гильберта входного сигнала $f(n)$.

Формула для вычисления огибающей:

$$|z(n)| = \sqrt{f^2 + \tilde{f}^2(n)}$$

Вычисление огибающей с использованием детектора

Условия, накладываемые на входной процесс: процесс должен быть центрированным и для получения достоверных результатов узкополосным. Алгоритм вычисления огибающей в дискретной форме:

$$y'_n = y_{n-1} + \frac{|x_n| - y_{n-1}}{K}, \quad \text{где } K=RC/\Delta t - \text{коэффициент "RC"- усреднения,}$$

$$\Delta t - \text{ время дискретизации}$$

$$y_n = \begin{cases} y'_n, \text{ при } y'_n > x_n \\ x_n, \text{ при } y'_n \leq x_n \end{cases}$$

Расчет октавных спектров

WinПОС позволяет рассчитывать октавный, третьоктавный и 1/12-октавный спектры двумя способами.

Первый основан на применении рекурсивной фильтрации и реализуется по классической схеме: полосовой фильтр - квадратичный детектор – интегратор. В основу схемы положено математическое определение спектра мощности. В этой схеме полосовой фильтр выделяет спектральные составляющие, лежащие в требуемой полосе, затем отфильтрованный сигнал возводится в квадрат и усредняется. Для получения нормированного спектра, результат делится на ширину полосы текущей октавы или доли октавы.

Таким образом, например, третьоктавный спектр мощности рассчитывается в соответствии с формулой:

$$A_{1/3}(f_0) = \frac{1}{T} \cdot \int_{\pi} L(X(t))^2 dt = \frac{1}{T} \cdot \int_{f_0 \cdot (1/6)_{\text{окт}}}^{f_0 \cdot (1/6)_{\text{окт}}} A^2(f) df$$

где: T - период анализа;
 $X(t)$ - входной сигнал;
 $L(X(t))$ - оператор полосовой рекурсивной фильтрации.

Алгоритмы рекурсивной фильтрации применяются здесь вследствие того, что являются наиболее адекватными процедурами анализа с одинаковой относительной шириной элементарной полосы. При третьоктавном анализе отношение правой и левой границ элементарной полосы составляет $2^{1/3}$.

К фильтрам предъявляется два основных требования по точности – АЧХ фильтра и отклонение эффективной ширины полосы пропускания от номинальной, которые должны соответствовать ГОСТ 17186-82. Используемые в программе WinПОС фильтры соответствуют первому классу точности по ГОСТ 17186-82 (фильтры для точных лабораторных или натуральных измерений).

На рисунке А.1 приведены АЧХ октавных и третьоктавных фильтров WinПОС и фильтров первого класса точности по ГОСТ 17168-82 (см. таблицу А.1).

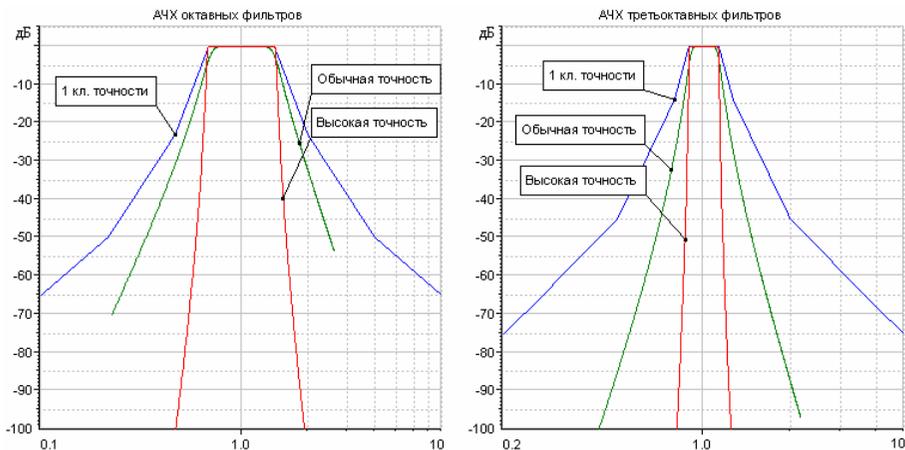


Рис. А.1. АЧХ октавных и третьоктавных фильтров WinПОС и фильтров первого класса

Таблица А.1 Параметры фильтров первого класса точности по ГОСТ 17168-82

Октавный фильтр, 1 класс точности		Третьоктавный фильтр, 1 класс точности	
Относ.частота, f / f_m	Затухание, дБ	Относ.частота, f / f_m	Затухание, дБ
0.125	< -65	0.2	< -75.0
0.25	< -50	0.25	< -68.0
0.5	< -23	0.5	< -45.0
0.7071	От -6.0 до 0.5	0.7937	< -14.0
0.8409	От -1.0 до 0.5	0.8909	От -6.0 до 0.5
1.0000	От -1.0 до 0.5	0.9439	От -1.0 до 0.5
1.1892	От -1.0 до 0.5	1.0000	От -0.5 до 0.5
1.4142	От -6.0 до 0.5	1.0595	От -1.0 до 0.5
2	< -23	1.1225	От -6.0 до 0.5
4	< -50	1.2599	< -14.0
8	< -65	2	< -45.0
		4	< -68.0
		5	< -75.0

Таблица А.2 Отклонение эфф. ширины полосы пропускания

Вид фильтра	Номинальное значение	Отклонение эфф. ширины полосы пропускания, %			
		ГОСТ 17168-82		Обычн.точность	Выс.точность
		1 кл.	2 кл.		
Октавный	0.7071	8	10	18.3	5.1
Третьоктавный	0.2316	8	10	20.1	4.0
1/12-октавный	0.0576	8	10	7.4	4.9

Таблица А.2 показывает отклонение эффективной полосы пропускания от номинального значения ширины полосы. Приведены значения для фильтров с максимальными погрешностями.

Второй способ реализован на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ), описание которого можно найти выше. В данном случае требования ГОСТ в полной мере не выполняются, что обусловлено меньшей крутизной фильтров. 1/24-октавный спектр рассчитывается только методом БПФ.

Рисунок А.2 демонстрирует характер зависимости результатов от выбранного способа.

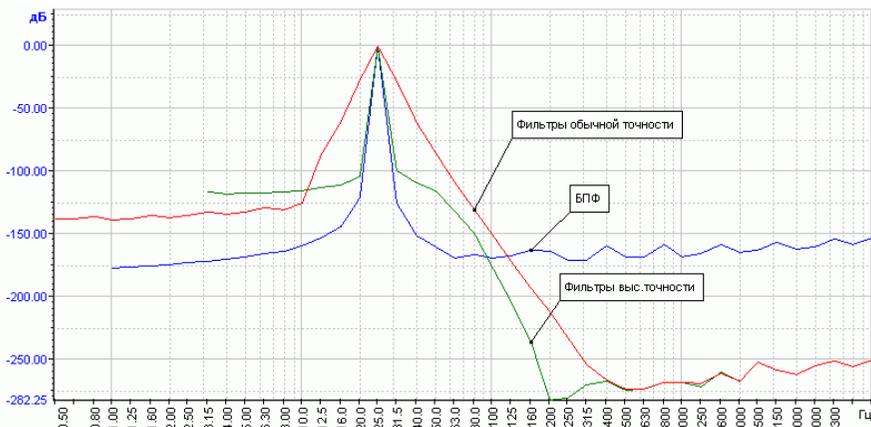


Рис. А.2. Третьооктавные логарифмические спектры сигнала, представляющего собой синус с частотой 25 Гц, посчитанные разными методами

В большинстве случаев, рекомендуется использовать при расчете октавных спектров метод БПФ. Расчет через БПФ выполняется на порядок быстрее фильтрации, не требует большого количества исходных данных и обеспечивает высокую точность (порядка -160 дБ) на всем интервале частот. Метод фильтрации с фильтрами высокой точности целесообразно использовать, если необходимо получить максимальную точность в области высоких частот и исходный сигнал имеет большую длину. Чем длиннее исходный сигнал, тем шире диапазон частот, на котором достигается высокая точность (порядка -250 дБ). Фильтры обычной точности позволяют считать спектр по сигналу меньшей длины, обеспечивают аналогичную высокоточным фильтрам точность в области высоких частот, но при этом имеют более пологую АЧХ. Фильтры обычной точности позволяют получить значения спектра в низкочастотной области, Чем больше длина исходного сигнала, тем дальше в низкочастотную область расширяется диапазон частот спектра.

Центральные и граничные частоты

Центральные частоты вычисляются по следующим формулам:

для октавных и третьоктавных спектров: $f_m = G^{x/b} * f_r$,

для 1/12-ти и 1/24-х октавных спектров: $f_m = G^{(2x+1)/2b} * f_r$, где

G - октавный коэффициент (равен 2 или 1.995, в зависимости от настроек),
 f_r - опорная частота, 1000Гц, b - доля октавы фильтра (1, 3, 12 или 24 соответственно), x - номер октавы или доли октавы.

Граничные частоты вычисляются по формулам:

$$f_1 = G^{-1/2b} * f_m, f_2 = G^{+1/2b} * f_m$$

Следует помнить, что диапазон анализируемых частот ограничен частотой Найквиста ($F_s/2$). Так, для $F_s = 1$ кГц, получаем диапазон до 450 Гц (см. таблицу А.3).

Таблица А.3 Центральные частоты октавного и третьоктавного спектров

Октавный	Треть-октавный	Октавный	Треть-октавный	Октавный	Треть-октавный
125000	160000	500	630	2	2.5
	125000		500		2
	100000		400		1.6
63000	80000	250	315	1	1.25
	63000		250		1
	50000		200		0.8
31500	40000	125	160	0.5	0.63
	31500		125		0.5
	25000		100		0.4
16000	20000	63	80	0.25	0.315
	16000		63		0.25
	12500		50		0.2
8000	10000	31.5	40	0.125	0.16
	8000		31.5		0.125
	6300		50		0.1
4000	5000	16	20	0.063	0.08
	4000		16		0.063
	3150		12.5		0.05
2000	2500	8	10	0.0315	0.04
	2000		8		0.0315
	1600		6.3		0.025
1000	1250	4	5		
	1000		4		
	800		3.15		

Приложение Б. Рекомендации по применению алгоритмов обработки (Методические указания)

Раздел содержит информацию по практическому применению той или иной характеристики при анализе сигналов. Изложение носит краткий справочный характер, более подробную информацию можно получить, обратившись к источникам, список которых приведен в конце данного приложения.

Практический анализ сигналов с применением алгоритма БПФ

Одним из важнейших методов в области анализа сигналов является алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), являющийся быстрым методом вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ). БПФ дает возможность определения ряда величин и функций, относящихся к анализу сигналов, многоканальным измерениям и определению характеристик систем, например, корреляционных функций, функций когерентности, частотных характеристик и др. Одно из главных преимуществ основанного на БПФ анализа заключается в сохранении фазовой информации и, следовательно, в возможности несложного прямого и обратного преобразования из временной области в частотную и наоборот.

Ограничения метода БПФ

Присущие процессу БПФ ограничения являются по существу ограничениями, связанными с дискретным преобразованием Фурье (ДПФ). Эти ограничения, в основном, обусловлены конечным и дискретным характером алгоритма дискретного преобразования Фурье. Природа этих ограничений станет более понятной, если рассматривать ДПФ как результат пропускания сигнала через набор согласованных полосовых фильтров с центральными частотами:

$$f_i = i \cdot (f_s / N), \text{ где } f_s - \text{ частота опроса, } N - \text{ число точек БПФ.}$$

Составляющая анализируемого сигнала, частота которой f_a не совпадает с частотой спектральной линии (бина) ДПФ, проявится на соседних спектральных линиях, причем значения амплитуды будут определены с некоторыми погрешностями (См. рис. Б.1).

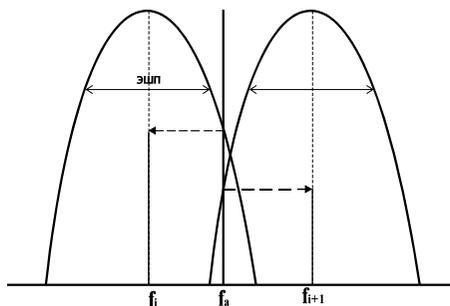


Рис. Б.1. ДПФ как набор согласованных полосовых фильтров

Эффект наложения

Первой операцией цифрового анализа является дискретизация временного анализа. Сформулированная Шенноном теорема о дискретном представлении устанавливает, что временная функция в дискретном представлении не должна содержать составляющих с частотами, превышающими половину частоты дискретизации (частоты Найквиста). В противном случае составляющие спектра $G(f)$ исходного сигнала $g(t)$, частоты которых превышают частоту Найквиста, неправильно интерпретируются и представляются как составляющие с более низкими частотами ("эффект наложения").

- ① Рекомендации. При анализе стационарных и других сигналов в диапазоне частот с точно определенными пределами проблемы эффекта наложения обычно решаются применением аналоговых фильтров нижних частот

Примечание: В аппаратуре фирмы "Брюль&Кьер" проблема решается применением фильтров нижних частот с острым срезом при частоте, равной $\approx 80\%$ от частоты Найквиста. Для эффективного заграждения превышающих предел рабочего частотного диапазона составляющих наклон АЧХ фильтра нижних частот берется порядка 120дБ/окт. На индикаторное устройство и на внешнюю аппаратуру выводятся лишь результаты, на которые вообще не влияет присутствие фильтра. Например, в процессе преобразования с учетом 1024 дискретных значений во временной области вычисляются значения 512 составляющих в частотной области, но на индикаторное устройство и на внешнюю аппаратуру выводятся значения лишь 400 частотных составляющих.

Эффект взвешивания

Очередной операцией при анализе является ограничение сигнала во временной области (конечная реализация). Эта операция эквивалентна умножению на прямоугольную весовую функцию (временное окно). Результат применения весовой функции лишь относительно мало заметен в случае спектров без выраженных пиков. Однако, если спектры содержат дискретные составляющие, применение весовой функции сопровождается заменой этих составляющих спектром использовавшейся весовой функции. Весовое окно ведет себя как фильтр (с соответствующими характеристиками ЭШП и $K_{\text{ку}}$ см.

табл. Б.1), мощность сигнала на выходе которого пропорциональна мощности гармоник входного сигнала в полосе его пропускания. Этот эффект известен под названиями "эффект взвешивания", "эффект кадрирования", "формирование боковых полос" и "утечка" (присущая дискретной составляющей мощность в результате утечки появляется в смежных полосах).

- Рекомендации. Прямоугольная весовая функция (или отсутствие весовой функции) не оптимальна при анализе стационарных сигналов, в частности, сигналов, содержащих дискретные составляющие, ввиду потенциальной разрывности на соединяемых друг с другом концах обрабатываемой реализации

Оптимальная при анализе стационарных сигналов весовая функция должна иметь нулевые значения на обоих концах и изменяющиеся плавно значения в пределах заданной длины реализации анализируемого сигнала. О выборе весовой функции см. соответствующий специальный раздел.

Эффект частотола

Эффект частотола связан с дискретным представлением непрерывных частотных спектров (см. пояснение к рис. Б.1). Встречается данный эффект не только при анализе на основе БПФ, но и в тех ситуациях, где используются дискретные (не перестраиваемые) полосовые фильтры, например, при октавном или третьоктавном анализе. Практически данный эффект заключается в следующем: пока частота определенной составляющей анализируемого сигнала не совпадет с частотой соответствующей спектральной линии, присущие этой составляющей значения амплитуды и частоты будут определены с некоторыми систематическими погрешностями (значение частоты будет соответствовать значению частоты близлежащей в направлении к более высоким частотам спектральной линии). Компенсация этих погрешностей возможна в случае, если учитываемая составляющая является изолированной, стабильной частотной составляющей.

БПФ с увеличением масштаба частоты

Быстрое преобразование Фурье с увеличением масштаба частоты используется в случае, когда необходимо увеличить разрешение по частоте в определенном участке спектра анализируемого сигнала. Можно использовать два отличающихся друг от друга метода:

- "увеличение масштаба частоты в реальном времени", который основан на уменьшении частоты выборки f_s ;
- "увеличение масштаба частоты без разрушения информации", основанный на увеличении длины реализации N .

Увеличение масштаба частоты в реальном времени

Основные принципы метода:

- путем умножения временного сигнала $g(t)$ на единичный вектор, вращающийся с частотой $-f_k$, начало отсчета частоты совмещается с частотой f_k ;
- модифицированный комплекснозначный сигнал фильтруется цифровым фильтром нижних частот с тем, чтобы устранить все составляющие, присущие которым частоты не находятся в узкой полосе вокруг частоты f_k . В процессе фильтрации устраняется также та часть спектра, в которой могло произойти наложение в результате сдвига.
- повторяется процесс выборки дискретных значений с новой частотой опроса (для десятикратного увеличения масштаба частоты необходимо составляющее 20:1 изменение частоты выборки);
- на основе полученных таким образом комплексных дискретных значений путем быстрого преобразования Фурье определяется спектр с увеличенным масштабом частоты.

Увеличение масштаба частоты без разрушения информации

При помощи данного метода можно в процессе преобразования учесть большее число дискретных значений путем повторения происходящего с учетом меньшего числа дискретных значений процесса преобразования. Смысл данного метода заключается в следующем:

- исходная реализация, состоящая из большого числа дискретных значений, разбивается на n подреализаций;
- сокращенные реализации в цикле подвергаются быстрому преобразованию Фурье;
- ввиду линейности дискретного преобразования Фурье сумма трансформант сокращенных реализаций равна трансформанте суммы этих реализаций.

Сумма сокращенных реализаций идентична исходной реализации после компенсации небольших смещений отдельных сокращенных реализаций во временной области. В частотной области эта компенсация заключается в линейном изменении фазового угла.

Примечание: Данный метод предъявляет высокие требования к емкости памяти, хранящей дискретные значения временного сигнала. Максимальное значение коэффициента увеличения масштаба частоты ограничено емкостью памяти.

Параметры анализа на основе БПФ

Данный раздел носит справочный характер.

Основной диапазон частот при анализе простирается от 0 Гц до частоты Найквиста и не зависит от числа дискретных значений, образующих реализацию анализируемого сигнала. Частота Найквиста f_N связана с частотой выборки f_S , соотношением $f_N = f_S/2$.

Действительный **рабочий частотный диапазон** ограничен сверху частотой среза используемого фильтра нижних частот.

Число спектральных линий при анализе в основном частотном диапазоне связано с числом дискретных значений N и обычно равно $N/2$ в диапазоне с установленным частотой Найквиста верхним пределом.

Частота, соответствующая i -ой спектральной составляющей (гармонике):

$$f_i = i \cdot (f_S/N), \text{ где } f_S - \text{ частота опроса}$$

Разрешение по частоте (Δf) или интервал между смежными спектральными линиями при анализе определяется следующими соотношениями:

$\Delta f = 1/T = 1/(N \cdot \Delta t) = f_S/N$, где T - длина подвергаемой преобразованию реализации анализируемого сигнала;

N - входное число дискретных значений (размер преобразования);

Δt - шаг дискретизации ;

f_S - частота выборки.

Ширина частотной полосы (B) при анализе обычно больше разрешения по частоте и зависит от используемой во временной области весовой функции:

$B = \Delta f \cdot K_{\text{ЭШП}}$, где $K_{\text{ЭШП}}$ - коэффициент, связанный с выбранной весовой функцией.

Использование весовых окон при гармоническом анализе

Конечность временного интервала наблюдения и выбор ортогонального тригонометрического базиса (непрерывного или дискретного) на этом интервале приводят к появлению нежелательных эффектов размывания или просачивания ("утечки") спектральных составляющих.

Для уменьшения размывания спектральных компонент используются окна (весовые функции). Воздействие окна на массив данных состоит в уменьшении порядка разрыва на границе периодического продолжения за счет

сглаживающего эффекта. Окно ведет себя как фильтр, мощность сигнала на выходе которого пропорциональна мощности гармоник входного сигнала в полосе его пропускания (см. рис. Б.2). Окна влияют на многие показатели гармонического анализа, в том числе на обнаружимость, разрешение, динамический диапазон, степень достоверности и легкость реализуемости вычислительных операций. Чтобы иметь возможность сделать правильный выбор весовой функции, рассмотрим наиболее существенные их параметры.

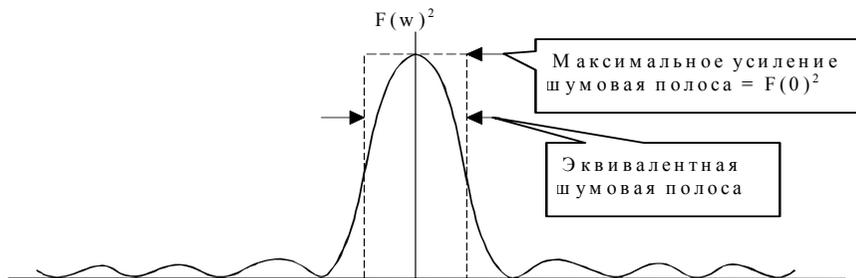


Рис. Б.2. Эквивалентная шумовая полоса окна

Эквивалентная шумовая полоса (ЭШП)

Из-за наличия широкополосного шума, попадающего в полосу пропускания окна, оценка амплитуды спектра на заданной частоте оказывается смещенной. Минимизировать накопленный шум можно с помощью узкополосного окна. Удобной мерой ширины полосы пропускания окна является его эквивалентная шумовая полоса (ЭШП - ширина полосы пропускания прямоугольного фильтра с тем же максимальным усилением по мощности, который накапливает ту же мощность, что и данное окно - см.рис. Б.2).

Значения ЭШП для окон, заложенных в WinПОС, приведены в табл. Б.1
 Формула для вычисления ЭШП имеет вид:

$$ЭШП = \frac{\sum_n w^2(nT)}{[\sum_n w(nT)]^2}, \text{ где } w(nT) \text{ - дискретные значения весовой функции.}$$

Примечание: ЭШП нормирована на величину N_0/T , где N_0 - мощность шума в единичной полосе частот, T - временной интервал наблюдения.

Усиление преобразования (УП)

В случае применения весовых окон для постоянного сигнала в отсутствие шума спектральная составляющая будет пропорциональна входной амплитуде. Аналогичное утверждение справедливо для математического ожидания этой составляющей при наличии шума. Для прямоугольного окна этот коэффициент максимальный. Уменьшение коэффициента пропорциональности для того или другого окна относительно прямоугольного характеризует ошибку (смещение) оценок амплитуд спектральных составляющих. В табл. Б.1 приведены значения когерентного усиления окон (коэффициента пропорциональности), нормированные относительно максимально возможной величины N (число отсчетов в окне). Усиление же преобразования определяется как частное от деления отношений *сигнал/шум* на выходе и на входе и является величиной, обратной нормированной ЭШП окна. И, таким образом, увеличение ЭШП окна ведет к уменьшению УП.

Корреляция перекрывающихся участков

Рассмотрим случай деления входной последовательности на несколько последовательностей меньшей длины. Число отсчетов N последовательности выбирается так, чтобы обеспечить необходимое спектральное разрешение, которое определяется формулой

$$\Delta f = \beta \cdot \frac{f_s}{N} \quad , \text{ где } f_s - \text{ частота дискретизации;} \\ \beta - \text{ коэффициент, характеризующий увеличение ширины} \\ \text{полосы для выбранного окна (обычно выбирается равным} \\ \text{ЭШП окна в бинах - см. табл. Б.1).}$$

Чтобы избежать потерь данных вблизи границ интервала (в случае, когда БПФ воздействует на взвешенные данные), преобразованию обычно подвергают перекрывающиеся участки последовательности. Степень перекрытия в большинстве случаев выбирается 50 или 75%. При этом возникают вопросы о степени корреляции случайных компонент сигнала в преобразованиях двух соседних участков последовательности и, как следствие, насколько уменьшится дисперсия при усреднении коррелированных измерений. Значения коэффициента корреляции (при относительно плоском спектре шума в пределах полосы пропускания окна) для каждого из рассматриваемых в пакете WinПОС окон при 50- и 75%-ном перекрытиях указаны в табл. Б.1.

Теперь, что касается дисперсии. При усреднении K независимых измерений эргодической случайной величины дисперсия среднего связана с дисперсией индивидуальных измерений следующим соотношением:

$$\frac{\sigma_{\text{средн.}}^2}{\sigma_{\text{измер.}}^2} = \frac{1}{K}$$

При усреднении коррелированных измерений:

- для 50%-ного перекрытия:

$$\frac{\sigma_{\text{средн.}}^2}{\sigma_{\text{измер.}}^2} = \frac{1}{K} \cdot [1 + 2c^2(0,5)] - \frac{2}{K^2} \cdot [c^2(0,5)]$$

- для 75%-ного перекрытия:

$$\frac{\sigma_{\text{средн.}}^2}{\sigma_{\text{измер.}}^2} = \frac{1}{K} \cdot [1 + 2c^2(0,75) + 2c^2(0,5) + 2c^2(0,25)] - \frac{2}{K^2} \cdot [c^2(0,75) + 2c^2(0,5) + 3c^2(0,25)]$$

Здесь $c^2(0,75)$, $c^2(0,5)$ и $c^2(0,25)$ - коэффициенты корреляции для 75%-, 50%- и 25%-ного перекрытий. Отрицательные члены описывают краевые эффекты усреднения, при $K > 10$ их можно не учитывать. Для хороших окон $c^2(0,25) \ll 1$, его также можно опустить.

Максимальные потери преобразования

Максимальные потери преобразования складываются из максимальных потерь из-за паразитной амплитудной модуляции спектра (эффект "частотокола") для данного окна (в дБ) и потерь преобразования, обусловленных формой окна. Уровень максимальных потерь всегда лежит между 3,0 и 4,3 дБ (окна с показателем $> 3,8$ дБ неудовлетворительны).

Обнаружение двух близких тонов

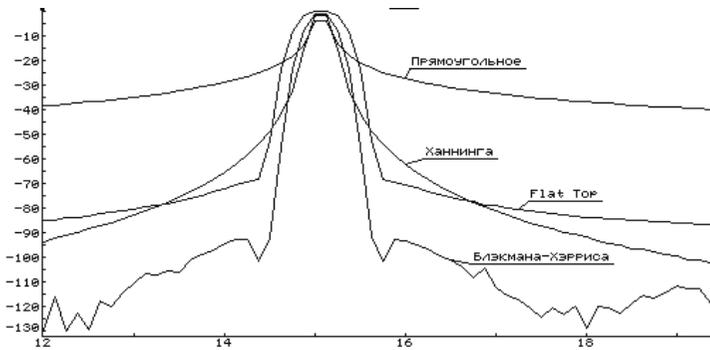
Просачивание спектральных составляющих приводит к смещению оценок амплитуд и положений гармонических составляющих сигнала. Этот эффект наиболее неприятен при обнаружении слабых сигналов в присутствии сильных помех близкой частоты. Для уменьшения нежелательных последствий амплитуда боковых полос вдали от главной полосы частотной характеристики окна должно быть малой, а переход от центральной полосы к низкоамплитудным боковым полосам очень быстрым. Значения максимального уровня боковых полос (по отношению к главной полосе) и асимптотической скорости спада боковых полос см. в табл. Б.1.

Заключение

Тип применяемого окна имеет решающее значение при обнаружении тона в присутствии других близких тонов. Для того, чтобы динамический диапазон обнаружимых сигналов был максимален, преобразование окна должно иметь узкую главную полосу и очень низкий уровень боковых полос.

В аппаратуре фирмы "Брюль&Кьер" отдается предпочтение функции Ханнинга.

В WinПОС реализованы следующие весовые окна: треугольное, Ханнинга, Блэкмана-Хэрриса и Flat Top (окно с плоской вершиной). На рис. Б.3. показаны спектры (результат дискретного преобразования Фурье) \cos -функции, взвешенной во временной области соответственно прямоугольной функцией, функцией Ханнинга, функцией Блэкмана-Хэрриса и функцией Flat Top. Частота \cos -функции находится в интервале между двумя смежными спектральными линиями ($\Delta X=0.125, f=15.0625$).



	Flat Top	Ханнинга	Блэкмана-Хэрриса	Прямоуг.
Y (Дб)	-0.016	-1.424	-0.856	-3.937
X	15.000	15.000	15.000	15.000

Рис. Б.3. Спектры \cos -функции

Из рис. Б.3. наглядно видно, что самую узкую главную полосу (полосу пропускания) имеет прямоугольное окно. В то же время это окно имеет и самый высокий уровень боковых полос, что приводит к дополнительным потерям преобразования - увеличивается мощность паразитного (вне полосы пропускания) сигнала, сильнее сказываются последствия "утечки" спектральных составляющих. Окно Блэкмана-Хэрриса имеет самый низкий уровень боковых полос, но широкую полосу пропускания. Среди приведенных окон, окно Ханнинга имеет оптимальные показатели и самые минимальные потери преобразования, что позволяет рекомендовать его для использования в виртуальных приборах. Функция Flat Top, имеющая самую широкую полосу пропускания, способствует существенному уменьшению влияния эффекта частотокола и используется для калибровки анализирующей аппаратуры при помощи опорного тонального сигнала с частотой, находящейся в интервале между смежными спектральными линиями.

Таблица Б.1 Основные параметры окон

Окно	ЭШП (бин)	К _{кк}	МУБ (дБ)	МПА (дБ)	ССБЛ (дБ/окт)	КПУ (%)	
						75	50
прямоугольное	1.0	1	-13	3.92	-6	75.0	50.0
Блэкмана-Хэрриса	2.0	0.36	-92	0.83	-6	46.0	3.8
Ханнинга	1.5	0.5	-32	1.42	-18	65.9	16.7
Flat Top	3.77		-93	0.01	0		
Треугольное	1.33	0.5	-27	1.82	-12	71.9	25.0

Здесь: ЭШП - эквивалентная шумовая полоса (бин),
 К_{кк} - коэффициент когерентного усиления,
 МУБ - максимальный уровень боковой полосы (дБ),
 МПА - максимальная погрешность амплитуды (дБ),
 ССБЛ - скорость спада боковых лепестков (дБ/октава),
 КПУ - корреляция перекрывающихся участков(%).

Корреляционный анализ

Автокорреляционная функция и функция взаимной корреляции

Функция взаимной корреляции $R_{ab}(\tau)$ выражает степень статистической связи между двумя сигналами $a(t)$ и $b(t)$ в зависимости от их взаимного смещения (параметра задержки) τ во временной области.

Функция взаимной корреляции кратковременных сигналов дается выражением:

$$R_{ab}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} a(t) \cdot b(t + \tau) dt$$

В случае стационарных сигналов необходима небольшая модификация формулы (переход от "энергии" к "мощности"):

$$R_{ab}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} a(t) \cdot b(t + \tau) dt$$

Частным случаем функции взаимной корреляции (при $a(t)=b(t)$) является автокорреляционная функция $R_{aa}(\tau)$.

На практике часто более удобно использовать нормированную автокорреляционную функцию:

$$\rho_{aa}(\tau) = \frac{R_{aa}(\tau)}{R_{aa}(0)}$$

и нормированную функцию взаимной корреляции:

$$\rho_{ab}(\tau) = \frac{R_{ab}(\tau)}{\sqrt{R_{ab}(0) \cdot R_{aa}(0)}}$$

На основе преобразования Фурье и теоремы свертки доказывается связь между автокорреляционной функцией $R_{aa}(\tau)$ и собственным спектром $S_{aa}(f)$ и между функцией взаимной корреляции $R_{ab}(\tau)$ и взаимным спектром $S_{ab}(f)$:

$$R_{aa}(\tau) = \mathbb{F}^{-1}\{S_{aa}(f)\} \quad \text{и} \quad R_{ab}(\tau) = \mathbb{F}^{-1}\{S_{ab}(f)\}$$

Главные области практического применения

Для функции взаимной корреляции

а) Определение временных задержек

Функция взаимной корреляции $R_{ab}(\tau)$ сигналов $a(t)$ и $b(t)$, регистрируемых в находящихся на пути распространения точках A и B , имеет пик, положение которого соответствует времени задержки τ , т.е. времени, занимаемому распространением на расстояние между упомянутыми точками A и B .

Примечание: предполагается, что сигналы являются широкополосными и распространение не имеет дисперсивный характер (скорость распространения не зависит от частоты). При дисперсивном характере распространения сигнала необходимо либо ограничить участок частотного диапазона, предполагая в нем неизменную скорость распространения, либо воспользоваться фазой взаимного спектра для определения временной задержки $\tau_0(f)$:

$$\phi_{AB}(f) = 2\pi f \tau_0(f)$$

б) Идентификация путей распространения

В случае присутствия нескольких путей распространения сигнала между точками A и B функция взаимной корреляции $R_{ab}(\tau)$ регистрируемых в этих точках сигналов $a(t)$ и $b(t)$ содержит соответствующее число пиков. Пики, связанные с отдельными путями распространения, находятся в положениях, присущие которым значения времени задержки τ_n соответствуют значениям занимаемого распространением по отдельным путям n времени. Амплитуды упомянутых пиков отображают относительное качество соответствующих путей распространения.

Примечание: предполагается, что сигналы являются широкополосными и распространение не имеет дисперсивный характер (скорость распространения не зависит от частоты).

Часто более целесообразно вместо действительнзначных нормированной автокорреляционной функции $\rho_{aa}(\tau)$ и нормированной функции взаимной корреляции $\rho_{ab}(\tau)$ использовать огибающие (модули) соответствующих аналитических сигналов. Отражающая модуль кривая гладка (максимумы и минимумы, имеющиеся часто в исходной характеристике, отсутствуют), так что возможна идентификация пиков (обусловленных, например, отражениями) и правильное определение присущих им амплитуд. При представлении модуля можно использовать логарифмическую шкалу и, следовательно, воспользоваться выгодами расширенного динамического диапазона и увеличенного разрешения представляемых результатов.

в) Обнаружение замаскированных шумом сигналов

В случае, если сигналы $a(t)$ и $b(t)$ содержат общий сигнал $s(t)$, замаскированный шумом, т.е. если $a(t)=s(t)+n(t)$ и $b(t)=s(t)+m(t)$ и составляющие $n(t)$ и $m(t)$ не коррелированы друг с другом, то функция взаимной корреляции $R_{ab}(t)$ содержит только информацию о коррелированной составляющей $s(t)$ сигналов $a(t)$ и $b(t)$ и имеет вид присущей сигналу $s(t)$ автокорреляционной функции $R_{ss}(t)$, в которой вообще не проявляются некоррелированные шумовые составляющие $n(t)$ и $m(t)$.

Для автокорреляционной функции

а) Обнаружение эха (отражений) в сигналах

В случае, если сигнал $a(t)$ содержит эхо с временной задержкой τ_0 , то автокорреляционная функция $R_{aa}(t)$ этого сигнала имеет рядом с пиком при $\tau=0$ пик при $\tau=\tau_0$. Кроме того, значение $\rho_{aa}(\tau_0)$ отображает меру интенсивности присутствующего эха. Сказанное относится к широкополосным сигналам, ширина частотной полосы которых достаточна для обеспечения узких и отделенных друг от друга пиков учитываемой автокорреляционной функции.

б) Обнаружение периодических сигналов в шумах

Автокорреляционная функция периодического сигнала всегда является периодической функцией. Маскирующий шум (шум фона) обычно является случайным сигналом, амплитуда автокорреляционной функции которого уменьшается с увеличением временной задержки и по истечении определенного времени принимает равное нулю значение. Следовательно, с помощью автокорреляционной функции можно обнаружить периодический сигнал по истечении времени, нужного для исчезновения шумовой составляющей.

Примечание:

1. Амплитуда нормированной автокорреляционной функции широкополосного случайного сигнала (шума) быстро уменьшается до нуля в соответствии с так называемым законом неопределенности функций, связанных через преобразование Фурье. Этот закон устанавливает связь между шириной полосы Δf собственного спектра $G_{AA}(f)$ и длительностью Δt соответствующей автокорреляционной функции $R_{aa}(t)$ в виде: $\Delta f \cdot \Delta t \geq 1$.

2. С целью обнаружения периодического сигнала, содержащего несколько частотных составляющих, часто более целесообразно использовать не автокорреляционную функцию, а собственный спектр. На основе собственного спектра можно определить как частоты, так и амплитуды отдельных составляющих замаскированного шумом периодического сигнала. Однако, если амплитуды этих составляющих малы по сравнению с уровнем маскирующего сигнала (шума фона), то необходимо осуществить анализ с увеличением масштаба частоты.

Коэффициент корреляции и функция когерентности

При анализе систем, при котором обрабатываются входные и выходные сигналы, необходимо в процессе измерений и анализа определить или оценить степень линейной зависимости между обрабатываемыми сигналами.

Коэффициент корреляции

Количественной мерой степени статистической зависимости двух случайных величин x и y , которые могут представлять сигналы на входе и выходе исследуемой системы, является коэффициент корреляции ρ_{xy} , определяющее выражение для которого имеет вид

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \text{ где ковариация: } \sigma_{xy} = E[(x - \mu_x) \cdot (y - \mu_y)], \text{ а стандартные}$$

отклонения σ_x и σ_y величин x и y определены выражениями соответственно:

$$\sigma_x = \sqrt{E[(x - \mu_x)^2]} \quad \text{и} \quad \sigma_y = \sqrt{E[(y - \mu_y)^2]}$$

Абсолютные значения коэффициента корреляции $|\rho_{xy}|$ находится в пределах от 0 до 1, при этом:

1. $|\rho_{xy}| = 1$ в случае совершенно линейной зависимости между x и y ;
2. $|\rho_{xy}| = 0$ - при отсутствии всякого рода зависимости между величинами x и y (случайный разброс соответствующих значений);
3. $|\rho_{xy}| < 1$ во всех остальных случаях и в частности:

а) в присутствии некоторого количества случайного шума, т.е. при рассеянии значений величины x и y , несмотря на линейную зависимость между x и y . Такая ситуация встречается при исследованиях линейных систем, на входных и/или выходных сигналах которых наложен случайный шум.

б) в случае хорошо определенной, но нелинейной зависимости между свободными от шума и рассеяния величинами x и y .

Функция когерентности

Аналогично коэффициенту корреляции, функция когерентности $\gamma^2(f)$ отображает в частотной области на шкале от 0 до 1 количественную меру присущей отдельным значениям частоты f степени линейной зависимости между двумя процессами (сигналами) $a(t)$ и $b(t)$.

Функция когерентности определяется выражением:

$$\gamma^2(f) = \frac{|G_{AB}(f)|^2}{G_{AA}(f) \cdot G_{BB}(f)}$$

Присущие отдельным значениям частоты f значения функции когерентности $\gamma^2(f)$ соответствуют возведенным в квадрат значениям коэффициента корреляции ρ_{xy} .

Замечание: В случае единой изолированной оценки (без проведения усреднения функций) функция когерентности имеет равные единице значения.

Функция когерентности $\gamma^2(f)$ может иметь значения меньше единицы по следующим причинам:

- 1) присутствие некоррелированного шума в сигнале $a(t)$ и/или $b(t)$;
- 2) нелинейная связь между сигналами $a(t)$ и $b(t)$;
- 3) утечка, обусловленная недостаточным разрешением и/или применением неоптимальной весовой функции (специальный вид нелинейности, обусловленный процедурой анализа);
- 4) временная задержка между сигналами $a(t)$ и $b(t)$, соизмеримая с длительностью реализаций последних.

Области применения функции когерентности

Функция когерентности используется при проверке действительности других функций и при определении меры влияния шума и/или нелинейностей на эти функции.

Примечание: Малые значения функции когерентности не всегда указывают на недействительность определяемых функций, а в некоторых случаях являются признаком необходимости в увеличении числа циклов усреднения для обеспечения действительных результатов.

На основе функции когерентности можно определить ряд других функций, находящихся разнообразное практическое применение.

Когерентная выходная мощность

$COP = \gamma^2(f) \cdot G_{BB}(f)$ - отображает долю измеряемого собственного спектра (выходного) сигнала $G_{BB}(f)$, совершенно когерентную с определенным (входным) сигналом $a(t)$.

Замечание: COP при малых значениях функции когерентности действительна лишь в случае, если уменьшение когерентности обусловлено только наложенным на выходной сигнал шумом.

В случае, если единым фактором, влияющим на степень когерентности, является наложенный на выходной сигнал шум, то когерентная выходная мощность (пропорциональная $\gamma^2(f)$) отображает "сигнал на выходе", в то время как **некогерентная выходная мощность** (пропорциональная $1 - \gamma^2(f)$) отображает "шум на выходе".

Частотные характеристики. Рекомендации

Частотные характеристики (передаточные функции) отображают в частотной области отношение величин на выходе к величинам на входе различных систем и, следовательно, совершенно характеризуют стабильные, линейные, инвариантные во времени физические системы (например, механические, акустические и электрические).

На основе результатов одновременных измерений и основанного на БПФ анализа сигналов на входе и выходе физической системы можно определить две отличающиеся друг от друга оценки комплексной частотной характеристики этой системы, т.е.

$$H_1(f) = \frac{G_{AB}(f)}{G_{AA}(f)} \quad \text{и} \quad H_2(f) = \frac{G_{BB}(f)}{G_{BA}(f)}$$

где $a(t)$ - сигнал на входе системы, $b(t)$ - сигнал на выходе системы.

Рекомендации по применению

1. В присутствии паразитного (некоррелированного) шума на выходе или нескольких независимых друг от друга сигналов на входе целесообразно

использовать оценку $H_1(f)$ в качестве оптимальной аппроксимации частотной характеристики соответствующей системы.

2. В присутствии паразитного (некоррелированного) шума на входе системы оптимальной аппроксимацией ее частотной характеристики является оценка $H_2(f)$.

3. В случаях, связанных с утечкой (из-за недостаточного разрешения по частоте) в областях резонансов затруднений предпочтение отдают оценке $H_2(f)$, аппроксимирующей частотную характеристику системы более точно, чем оценка $H_1(f)$.

В областях антирезонансов исследуемой системы, в которых не исключено присутствие шума на выходе, обычно целесообразно использовать оценку $H_1(f)$, в то время как применение оценки $H_2(f)$ обычно целесообразно в областях резонансов, где не исключены обусловленные шумом на входе и/или утечкой затруднения.

В ситуациях, в которых паразитные (некоррелированные) шумы присутствуют как на входе, так и на выходе исследуемой системы, и утечка не является причиной больших систематических погрешностей, оценки $|H_1(f)|$ и $|H_2(f)|$ можно использовать в качестве соответственно нижнего и верхнего пределов интервала, в котором находятся истинные значения модуля частотной характеристики $|H(f)|$.

Рекомендации по применению цифровых фильтров

Подсистема фильтрации WinПОС реализует цифровую рекурсивную фильтрацию с практически любыми характеристиками частотной селекции, налагаемыми на фильтр, но для оптимального соотношения качество-быстродействие рекомендуется применять следующие фильтры:

- эллиптический фильтр шестого порядка (обеспечивает затухание на удвоенной частоте среза не менее 65 ДБ);
- Чебышевский фильтр шестого порядка (обеспечивает затухание на удвоенной частоте среза не менее 60 ДБ);
- Баттервортовский фильтр восьмого порядка (обеспечивает затухание на удвоенной частоте среза не менее 55 ДБ).

Все перечисленные фильтры удовлетворяют с запасом требованиям для фильтров 1 класса (фильтры для точных лабораторных и натуральных измерений) в соответствии с ГОСТ 17168-82.

Для проверки качества требуемых характеристик можно получить амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики синтезированного фильтра на интервале частот:

- а) $0 < F < 2 \cdot F_{cp}$ для НЧ-фильтра;
- б) $F_n/2 < F < 2 \cdot F_v$ для полосового;
- в) $F_{cp}/2 < F < 2 \cdot F_{cp}$ для ВЧ-фильтра, где F_{cp} - частота среза для НЧ-, ВЧ-фильтров, F_n, F_v - нижняя и верхняя частоты среза для полосового фильтра.

Сравнительная характеристика методов численного интегрирования дифференциального уравнения

WinПОС предлагает три метода численного интегрирования дифференциального уравнения первого порядка:

- метод Эйлера;
- метод Хемминга;
- метод RC-цепочки.

Первые два метода, являясь лучшим приближением идеального интегратора, значительно, чем последний, поднимают (усиливают) сигнал на низких частотах, а потому при решении практических задач мало применимы. Наибольшее практическое значение имеет метод RC-цепочки. Так как низкочастотный эффект, хотя и значительно более слабый, имеет место и в данном случае, необходимо применение ВЧ-фильтра.

Вторая проблема - минимизация погрешности метода. Наибольший вклад дают низкие и высокие частоты (См. рис. Б.4).

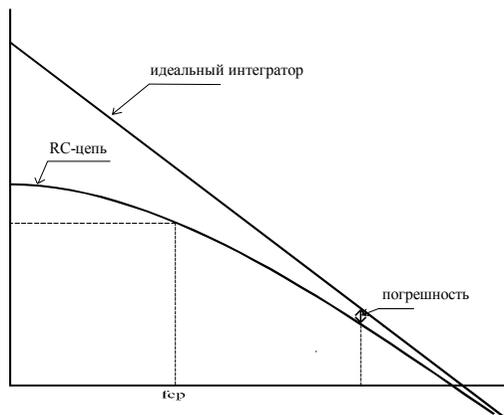


Рис. Б.4. АЧХ идеального интегратора и RC-цепи

Проблема решается исключением из анализа тех участков, которые имеют наибольшую погрешность

- для области низких частот:

если $F_{cp}=F_n/6$, (где F_{cp} - частота среза; F_n - нижняя частота анализируемого частотного диапазона), погрешность составит $<1,5\%$;

- в области высоких частот имеет смысл использовать результаты интегрирования до частоты $F=F_S/6$, где F_S - частота опроса.

Третья проблема связана с фазовой характеристикой RC-цепи, которая имеет нелинейную зависимость от частоты. В данном случае необходимо введение корректирующей фазочастотной функции, которая определяется экспериментальным путем.

Пример: $F_S=2000$ Гц; $F_n=10$ Гц;

Для данного случая $F_{cp}\approx 1.7$ Гц; $F\approx 333.3$ Гц;

число точек усреднения (см. Приложение А. *Алгоритмы обработки*) - $M\approx 180$.

Рекомендуемая литература

1. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. - М.: Мир, 1974.
2. Рандалл Р.Б. Частотный анализ. Печать: К.Ларсен и сын А/О, ДК-2600 Глоструп, Дания, август 1989.
3. Херлуфсен Х. Двухканальный анализ на основе БПФ. Ч.1 и 2. Брюль и Кьер. Technical Review, 1984.
4. Антонию А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование - М.: Радио и связь, 1983.
5. R.B.Randall & J.Hee.: "Spectrum Analysis", B&K Technical Review, No.3, 1981.
6. P.Bradshaw & R.B.Randall. Early Detection and Diagnosis of Machine Faults on the Trans Alaska Pipeline, MSA-Session, ASME Conf., Dearborn MI, Sept. 1983, pp.7-17.
7. ISO (1966). Octave, half-octave and third-octave band filters intended for analysis of sounds and vibrations, ISO 225. ISO, Geneva.
8. Янг С., Эллисон А. Измерение шума машин. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

Приложение В. Форматы файлов

1. Структура файла УСМЛ

1. Информационный файл типа УСМЛ имеет следующую структуру:

Заголовок информационного файла	Таблица паспортов параметров	Информация
32 байта	58 • <кол-во парам.>	Размеры не ограничены

2. Структура заголовка файла следующая:

УСМЛ	Имя изделия	Имя испытания	Дата испытания ДД.ММ.ГГ	Кол-во параметров (характеристик)	Резервное поле
46	8 байт	8 байт	8 байт	2 байта	2 байта

3. Структура паспорта параметра, содержащегося в таблице паспортов:

Имя параметра	Имя характеристики или НЗ	Размерность	Дискретность	К0	К1	Длина массива	Формат	Тн	Тк	РЕЗЕРВ
126	12 байт	86	46	46	46	46	16	46	46	16

4. Структура информации имеет следующий вид:

Массив значений первого параметра	Признак конца массива (FFFF)	Массив значений второго параметра	Признак конца массива (FFFF)	...	Массив значений последнего параметра	Признак конца массива (FFFF)
-----------------------------------	------------------------------	-----------------------------------	------------------------------	-----	--------------------------------------	------------------------------

5. Общие замечания

В каждом отдельном файле может содержаться либо непосредственная запись информации параметров, либо характеристики параметров. Хранение НЗ и характеристик в одном файле не желательно. В одном файле могут храниться характеристики разных параметров.

Количество параметров (характеристик) в одном файле не более 65536.

6. Заголовок файла УСМЛ

В первом четырехбайтном поле должны находиться литеры "УСМЛ".

В полях "имя изделия", "имя испытания", и "дата испытания" содержатся символьные строки по 8 байт.

7. Таблица паспортов параметров

Поле "имя характеристики" содержит символическое имя характеристики или строку "НЗ", если в файле содержится непосредственная запись.

Шаг дискретизации, масштабные коэффициенты К0 и К1, а также время начала и конца информации в массиве заданы в формате с плавающей точкой.

Масштабные коэффициенты учитываются следующим образом: $y = KI \cdot (x - KO)$, где x - значение параметра или характеристики в массиве, y - преобразованное значение x . Если $KI=0$, то масштабирование не используется.

Длина массива - целое без знака.

Поле Формата значений занимает 1 байт и может принимать значения:

Формат	Длина	Формат	Аналог в C	Аналог в Pascal
1	1 байт	целое	unsigned char	byte
2	2 байта	целое	short	integer
3	4 байта	целое	long	longint
4	4 байта	с плавающей точкой	float	single
8	8 байт	с плавающей точкой	double	double

Значение резервного байта, равное трем указывает на то, что сигнал записан с неравномерным шагом, т. е. парами Y, X , причем формат каждого значения из пары определяется полем «формат». Первую половину массива значений параметра занимают значения Y , а вторую – X .

8. Массивы значений параметров (характеристик) следуют в порядке следования их паспортов в таблице паспортов. Количество байт, занимаемых каждым значением, определяется полем паспорта "формат значения".

2. Структура файла МЕРА

Данный формат отличается от УСМЛ, в первую очередь, иным представлением данных на физических носителях: вместо одного файла формата УСМЛ (с расширением .usm) данные в формате МЕРА распределены по нескольким файлам (с расширениями, определяющими тип данных).

Перечень файлов по типам данных :

Имя испытания. mera	- информация об испытании и список параметров
Имя параметра 1.dat	- двоичные данные параметра
Имя параметра 1.x	- двоичные данные по оси x (при неравномерном шаге)
Имя параметра 1.prt	- смещение и время начала порции при прерывистой записи
Имя параметра 1.lbl	- выноски, режимы, метки в привязке ко времени
Имя параметра 1.stat	- информация о состоянии сигнала
Имя набора уставок. lvl	- файл, содержащий список уставок
Имя тх. tx	- файлы TX, подключаются при помощи ссылок

1. Файл **.mera** (текстовый)

Имеет синтаксис стандартного ini-файла: [раздел], поле=значение, ";" – комментарий. Любое поле может быть пропущено (берется его значение по умолчанию). Поля раздела [**МЕРА**] – заголовки файла (пример с перечнем полей):

[МЕРА]	- <i>сигнатура файла</i>
Test =ИмяИспытания	- <i>название испытания</i>
Prod =ИмяИзделия	- <i>наименование изделия</i>
Date =03.02.01	- <i>дата проведения испытания</i>
Time =12:34:45.789	- <i>время проведения испытания</i>

LinkAll=FALSE - если TRUE, подключаются все *.dat-файлы каталога (инф. поля заполняются значениями по умолчанию), иначе подключаются только параметры, перечисленные в файле .meta

Для каждого параметра в файле .meta существует секция [**Имя параметра**] (пример с перечнем полей):

[**{16-1}-M2408**] - имя параметра
Char=H/3 - имя характеристики («H3», «АЧХ», «спектр»,...)
Comment=Тест1 - комментарий
StartTime=01:02:03.045 - время начала записи параметра: *StartTime + Start(c)*
XUnits=c - размерность по оси X, по умолчанию: "c"
YUnits=b/р - размерность по оси Y
Start=0.0 - время начала (начальное значение X), по умолчанию: 0
Step=3.125e-005 - дискретность, по умолчанию: 1
Freq=32000 - частота, по умолчанию: 1
k0=0 - коэффициенты линейного преобразования, если не указаны: $k0=0, k1=1$
k1=0.038 - если 0, то $y=k1*(x-k0)$, если 1, то $y=k1*x+k0$, по ум.: 0
PolyTX=0 - формат данных по оси X, по умолчанию: I2 (см.ниже)
XFormat=R4 - формат данных по оси Y, по умолчанию: I2 (см.ниже)
YFormat=R8 - максимальное значение Y
maxY=11172 - минимальное значение Y
minY=-14358 - файлы TX (должны находиться в том же каталоге)
TX0=калибровка.tx
 ⓘ Если заданы k1 и k0, то сначала выполняется линейное преобразование. Если указаны TX1=,TX2=,...,TXN=, градуировки применяются последовательно.
Lvl=уставки.lv1 - файл уставок (должен находиться в том же каталоге).
UTS_Channel=имя_CEB - имя канала времени CEB для синхронизации.
 Только для для 3D параметров:
ZSize=0 - длина, значений, по оси Z (если 0 – параметр не 3D!)
ZStart=0 - начальное смещение по оси Z
ZStep=0 - шаг по оси Z
ZUnits=0 - размерность по оси Z
ZFormat=I2 - формат данных по оси Y, по умолчанию: I2 (см.ниже)

Возможные значения полей **YFormat**, **XFormat** и **ZFormat**. Предпочтительнее использовать «Вариант 1», аналог VARTYPE-типизации (см. выше):

Значения.	Значения.	Описание
Вариант 1	Вариант 2	
I1	byte	- однобайтовые целые со знаком
UI1	-	- однобайтовые целые без знака
I2	int	- двухбайтовые целые со знаком
UI2	-	- двухбайтовые целые без знака
I4	int32	- четырехбайтовые целые со знаком
I8	-	- восьмибайтовые целые со знаком
R4	single	- четырехбайтовые числа с плавающей точкой (одинарная точность)
R8	double	- восьмибайтовые числа с плавающей точкой (двойная точность)

2. Файл .dat (двоичный)

Содержит двоичные данные параметра. Формат данных определяется полем **YFormat** (см. выше) файла **.mera**

3. Файл **.x** (двоичный)

Содержит двоичные данные оси X параметра. Формат данных определяется полем **XFormat** (см. выше) файла **.mera**

При равномерной шкале X сигнала данный файл отсутствует!

4. Файл **.prt** (текстовый)

Содержит информацию о смещении и времени начала порции при прерывистой записи или трехмерной обработке. Каждая строка* содержит информацию об одном интервале в формате:

№поля	формат	Описание
1	число	Начальное значение времени очередного интервала.
2	число	Смещение в файле .dat , выраженное в измерениях (индексах).

* Поля отделяются символом пробела, строка завершается символами перевода и возврата каретки.

Данный режим не может быть использован при неравномерной шкале X!

5. Файл **.lbl** (текстовый)

Содержит информацию о режимах и метках с привязкой к временной шкале сигнала. Каждая строка* содержит информацию об одной метке в формате:

№поля	формат	Описание
1	число	Смещение по шкале абсцисс, в единицах XUnits.
2	ключевое слово, строка символов	Ключевое слово «MODE» – признак начала нового режима. Если поле пропущено, строка задает простую метку.
3	строка символов	Название режима или метки

* Поля отделяются символом пробела, строка завершается символами перевода и возврата каретки.

Пример:

```
105.533 MODE MГ  
112.178 M1  
145.300 M2
```

6. Файл **.lvl** (текстовый)

Содержит информацию о наборе уставок. Как и файл градуировок, может быть подключен (в файле **.mera**) к нескольким параметрам одновременно. Каждая строка* содержит информацию об одной уставке в формате:

№поля	формат	описание
1	символ "L" или "H"	Признак верхней ("H") или нижней ("L") уставки. . Выходящими за уставку считаются значения сигнала выше верхней или ниже нижней уставки.
2	число	Уровень уставки, выраженный в единицах YUnits.
3	шестнадцатеричная константа	цвет уставки в формате RGB
4	строка символов	текстовое сообщение уставки (может отсутствовать)

* Поля отделяются символом пробела, строка завершается символами перевода и возврата каретки.

Пример:

```
H 5.500 0xFF0000 аварийное повышение температуры
H 4.500 0xFFFF00 температура выше нормы
L -6.500 0xFFFF00 температура ниже нормы
L -7.500 0xFF0000 аварийное понижение температуры
```

7. Файл .stat (двоичный)

Содержит информацию об изменении состояния сигнала привязанную к смещению. Состоит из последовательности пар двойных слов:

№поля	формат	Описание
1	двойное слово, 32бита	Смещение в файле .dat, выраженное в байтах.
2	двойное слово, 32бита	Код состояния сигнала.

Расшифровка значений отдельных битов кода состояния присутствует в файле .mega (раздел [MERA]) в формате (цифра соответствует номеру бита двойного слова статуса (1..32)):

st1=Зашкал

st2=Недостоверно

8. Файл .tx (текстовый)

Содержит коэффициенты полинома или узлы интерполяции (числа в строковой записи). Может быть одного из двух видов:

x0 y0 Файл, каждая строка* которого содержит пару чисел, разделенных пробелом,
x1 y1 задает кусочно-линейное преобразование.
 ...

k0 Файл, каждая строка* которого содержит только одно число, определяет
k1 коэффициенты полинома.
k2 Число коэффициентов соответствует степени полинома, т.е.
 ... k0, k1 – линейное преобразование, k0,...k7 – полином 7ой степени и т.д.

* Поля отделяются символом пробела, строка завершается символами перевода и возврата каретки.

3. Структура файла настроек расчета вибропаспорта

Файл настроек имеет формат INI и может содержать несколько разделов, по одному на каждую страницу в файле Excel. Название раздела записывается в квадратных скобках, оно должно совпадать с названием соответствующей страницы. После названия раздела перечисляются параметры в виде:

<название_параметра>=<значение>

Допустимые параметры:

num_chars Количество оценок
 channel_cell Координаты ячейки в таблице, соответствующей названию первого

	канала. Значения: номер_столбца,номер_строки
channel_orient	Расположение списка каналов в таблице. Значения: HORZ – горизонтальное расположение; VERT – вертикальное расположение.
num_named_channels	Количество преднастроенных каналов
channel1_name	Название первого преднастроенного канала
channel1_chars	Список номеров оценок, рассчитываемых по данному каналу
...	...
channel[n]_name	Название преднастроенного канала
channel[n]_chars	Список номеров оценок, рассчитываемых по данному каналу
charact1_options	Опции первой оценки. Внимание! Данный параметр не рекомендуется изменять вручную. Для его изменения следует воспользоваться окном настройки вибропаспорта, после чего сохранить результат с помощью пункта меню Сохранить настройки .
charact1_cell	Координаты ячейки в таблице, соответствующей данной оценке, рассчитанной для первого канала. Если поле значения пустое, то данная оценка не будет занесена в отчет. Значения: номер_столбца,номер_строки
...	...
charact[n]_options	Опции оценки. Внимание! Данный параметр не рекомендуется изменять вручную. Для его изменения следует воспользоваться окном настройки вибропаспорта, после чего сохранить результат с помощью пункта меню Сохранить настройки .
charact[n]_cell	Координаты ячейки в таблице, соответствующей данной оценке, рассчитанной для первого канала. Если поле значения пустое, то данная оценка не будет занесена в отчет. Значения: номер_столбца,номер_строки

Пример файла настроек (жирным шрифтом выделены названия параметров):

```
----- начало файла -----
[Templatel]
num_chars=4
channel_cell=4,9
channel_orient=horz
num_named_channels=1
channel1_name=TAXO_1
channel1_chars=4

charact1_options=type=6,name=e1,username=0,srcTaho=-
1,tRez=0,tAxesX=0,tRezMag=0,tTransf=1,tWin=3,rGarm=1.000,deltaF=1.0
00000,nPointsSM=1000,fSortRez=1,fMonFase=1,LevelLo=0.000000,LevelHi
=1.000000,level_dF=1.000000,dPNTwide=0.500000,coefTaho=1.000000,fFr
ont=0,fAbsOtn=0,fFiltrTaho=1,fFiltrTahoSrc=0,nPNTAvr=5
charact1_cell=4,10

... [ часть настроек пропущена ] ...

charact4_options=type=0,name=f1,username=0,srcTaho=,tRez=24,tAxesX=
1,tRezMag=0,tTransf=0,tWin=3,rGarm=1.000,deltaF=1.000000,nPointsSM=
1000,fSortRez=1,fMonFase=1,LevelLo=0.000000,LevelHi=1.000000,level_
dF=1.000000,dPNTwide=0.500000,coefTaho=1.000000,fFront=0,fAbsOtn=0,
fFiltrTaho=1,fFiltrTahoSrc=0,nPNTAvr=5
charact4_cell=
----- конец файла -----
```

Приложение Г. Возможные проблемы. Методы устранения

Проблема	Вероятная причина	Способ устранения
<p>WinПОС сообщает, что не установлен электронный ключ, и не запускается.</p>	<p>Несоответствие типов ключа и установленной копии WinПОС.</p> <p>Например, «professional»-ключ позволяет запускать <i>WinПОС professional</i> и более младшие версии. <i>WinПОС expert</i> не будет работать с таким ключом.</p> <p>Неверный порядок установки WinПОС или конфигурация системы запрещает установку драйверов USB (LPT).</p>	<p>Установите версию WinПОС, отвечающую маркировке ключа. При повреждении маркировки запустите программу <i>chknskw.exe</i> из подпапки <i>Active</i> в установочной папке WinПОС. Обычно, это «C:\Program Files\MERA\WinPOS».</p> <p>Число в поле Маска означает: 001Fh – expert, 000Fh – professional, 0003h – standard, 0001h – view.</p> <p>1. В CMOS Setup проверьте, что использование портов USB (LPT) разрешено (enabled).</p> <p>2. Если в «Диспетчере устройств» ключ присутствует как «неизвестное USB-устройство» – удалите это устройство.</p> <p>Переустановите WinПОС, следуя подсказкам программы установки, с учетом рекомендаций части 2. <i>Установка WinПОС</i>.</p> <p>Если проблема осталась, запустите программу <i>instdrv.exe</i> из папки <i>Active</i>. Нажмите Конфигурировать драйвер, убедитесь, что для Вашего порта в поле Использовать этот порт? установлено Да. Нажмите кнопку Переустановить драйвер.</p>
<p>На графике заметны дефекты: широкая черная «рамка» справа и внизу, хаотично расположенные цветные полосы или точки, неверно отображается текст и т.п.</p>	<p>Зафиксировано на некоторых типах графических адаптеров в Windows 2000. Причина – некорректная работа драйверов OpenGL из стандартной установки Windows.</p>	<p>1. Предпочтительный.</p> <p>Обновите драйвера с сайта производителя видеокарты или установите универсальный пакет для вашего типа адаптера (Detonator для адаптеров фирмы NVIDIA, Catalyst для ATI Radeon и т.п.)*</p> <p>2. Универсальный.</p> <p>Если обновление драйверов видеоадаптера по каким-либо причинам невозможно, отключите графическое ускорение в настройках WinПОС.</p> <p>Снимите флажок Аппаратное ускорение OpenGL на закладке <i>Общие</i> (Рис. 4.7) окна настроек по умолчанию (меню Инструменты→Настройки по умолчанию...)</p>
<p>Линия выходит за поле графика.</p>	<p>Некорректная работа драйверов OpenGL из стандартной установки</p>	<p>Если проблема не исчезла после обновления драйверов видеоадаптера* (см. выше), снимите флажок Аппаратная обрезка OpenGL на</p>

Проблема	Вероятная причина	Способ устранения
	Windows.	закладке <i>Общие</i> (Рис. 4.7) окна настроек по умолчанию (меню Инструменты → Настройки по умолчанию...)
При печати графика принтер выдает пустую страницу.	Принтеру не хватает памяти для печати графика (растровое изображение).	В настройках принтера попробуйте понизить разрешение с 1200dpi до 600dpi или с 600dpi до 300dpi.
В Windows XP, если запущен WinПОС, подсказки (тултипы) кнопок панели задач содержат ошибочный текст.	По информации службы поддержки Microsoft, данная проблема проявляется в Windows XP при работе любого приложения, использующего аппаратное ускорение OpenGL.	Ошибка исправлена во втором сервис-паке для WindowsXP. Указания по обновлению и дополнительную информацию об ошибке можно найти по адресу: http://support.microsoft.com/kb/814135
При печати на принтере Kyocera: белый фон графика печатается серым, изображение как бы «размазывается», сообщения об ошибках с «color profile».	Некорректная обработка растровых изображений драйвером принтера. Отмечено только для драйверов Kyocera для Windows 98.	Обновите драйвер принтера*.

* - в папке Drivers установочного диска WinПОС можно найти универсальный пакет драйверов для видеокарт NVIDIA (Windows 2000 и XP) и драйвера для принтеров Kyocera (Windows 98 и ME).

При возникновении вопросов, на которые Вам не удалось найти ответа в *Руководстве Пользователя*, или обнаружении ошибок в работе WinПОС рекомендуем обратиться в службу технической поддержки.

Служба технической поддержки WinПОС

e-mail: winpos@nppmera.ru

тел.: +7 (495) 783-42-49

Обновление через Интернет

www.winpos.ru или

www.nppmera.ru

Меню **Поддержка**, пункт **Загрузка**, раздел **WinПОС**.

Глоссарий

Алгоритм

Математическое описание последовательности операций по преобразованию одного сигнала в другой.

Дерево

Иерархическая структура хранения данных. Используется в WinПОС для систематизации доступа к исходным данным и результатам, алгоритмам, графикам и т.д. В Windows визуализируется стандартным элементом.

График

Область, ограниченная осями координат, с построенными линиями сигналов. Один график может содержать несколько линий.

Индекс

Номер значения, смещение в массиве значений сигнала. Первому измерению сигнала соответствует нулевой индекс.

Линия

Форма представления сигнала. Плоская кривая, представляющая графическое изображение изменения одного параметра сигнала от другого. Как правило, показывает изменение регистрируемого или рассчитанного параметра от времени.

Оператор

Алгоритм вместе с набором настроек.

Папка

Программный объект, созданный для удобства хранения и поиска однотипных сигналов. Файлы форматов МЕРА и УСМЛ можно рассматривать как папку, в которой хранятся сигналы, записанные в ходе одного испытания.

Сеанс

Состояние WinПОС: загруженные и полученные в процессе обработки сигналы, построенные графики. Сеанс может быть сохранен на диске и позднее восстановлен.

Сигнал

Информация (массив данных со служебной информацией), записанная в ходе испытаний от одного физического канала или полученная в ходе обработки исходного сигнала.

Страница

Программный объект, объединяющий несколько графиков.

Таблица

Представление сигналов в виде столбцов значений, привязанных к общей шкале времени.

Тахосигнал

Сигнал с датчика оборотов. В алгоритмах вибрационного анализа применяется тахо-характеристика, рассчитываемая по тахосигналу.

Тахо-характеристика

Частотная характеристика тахосигнала. Показывает изменение во времени частоты вращения, выраженной в Герцах ($Гц$) или оборотах в минуту (*об./мин.* или *об.*). В WinПОС встречается сокращенное обозначение тахо-характеристики – «тахо».