

Программное обеспечение

Z E T L A B

Руководство пользователя

ЗТМС.01000-01 34 РО

ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы"

Содержание

Введение

О ZETLAB	7
О виртуальных приборах	8

Установка и обновление ПО и драйверов

Требования к ПК.....	12
Установка ПО ZETLAB.....	13
Удаление ПО ZETLAB.....	21
Обновление ПО ZETLAB.....	23
Обновление драйверов.....	25
Проверка целостности установочного файла дистрибутивов ZETLAB.....	28

Подключение приборов

Подключение по USB.....	30
Подключение по Ethernet.....	31

О работе с ПО ZETLAB

Приступая к работе.....	36
Время усреднения данных и частота дискретизации сигналов.....	38
Элементы управления.....	42
1.Управление курсором и масштабирование графиков	43
2.Интегральный уровень сигнала	45
3.Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы	46
4.Настройка внешнего вида графиков	49

Панель управления ZETLAB

Главное меню панели ZETLAB.....	56
Меню запуска программ.....	60
Многоэкранный интерфейс.....	62

Описания программ

Анализ сигналов.....	65
1.Узкополосный спектр	66
1.1.Поддерживаемое оборудование и входные данные.....	70
1.2.Интерфейс программы.....	71
1.3.Настройка программы	72
1.4.Дополнительные окна	76
Кепстр	76
Спектрограмма	76
3D-Спектрограмма	78
Проходная	79
1.5.Запись результатов в файл.....	80
2.Долеоктавный спектр	86
2.1.Поддерживаемое оборудование.....	87

2.2.Интерфейс программы.....	87
2.3.Настройка программы.....	88
2.4.Дополнительные окна.....	95
Спектрограмма.....	95
3D-спектрограмма.....	96
Проходная.....	98
2.5.Запись результатов в файл.....	99
Измерение.....	103
1.Вольтметр переменного тока.....	104
1.1.Поддерживаемое оборудование и входные данные.....	104
1.2.Принцип работы.....	104
1.3.Интерфейс программы.....	106
1.4.Сообщения программы.....	109
2.Вольтметр постоянного тока.....	111
2.1.Поддерживаемое оборудование.....	111
2.2.Принцип работы.....	111
2.3.Интерфейс программы.....	113
2.4.Сообщения программы.....	116
3.Селективный вольтметр.....	117
3.1.Поддерживаемое оборудование.....	117
3.2.Интерфейс программы.....	118
4.Частотомер.....	120
4.1.Поддерживаемое оборудование.....	120
4.2.Интерфейс программы.....	121
5.Фазометр.....	123
5.1.Поддерживаемое оборудование.....	123
5.2.Интерфейс программы.....	124
6.Тахометр.....	126
6.1.Поддерживаемое оборудование.....	126
6.2.Интерфейс программы.....	127
7.Торсиограф.....	133
7.1.Поддерживаемое оборудование.....	133
7.2.Интерфейс программы.....	134
8.Энкодер.....	137
8.1.Поддерживаемое оборудование.....	137
8.2.Подключение датчиков.....	137
8.3.Интерфейс программы.....	141
9.Омметр.....	144
9.1.Поддерживаемое оборудование.....	144
9.2.Подключение измеряемого сопротивления.....	144
9.3.Интерфейс программы.....	145
9.4.Настройка программы и калибровка измерительного тракта.....	146
10.Тензометр.....	148
10.1.Поддерживаемое оборудование.....	148
10.2.Основы тензометрии.....	148
10.3.Применение тензорезисторов для измерения физических величин.....	152
10.4.Схемы подключения тензорезисторов.....	153
10.5.Подключение тензодатчиков к тензостанции.....	157
10.6.Интерфейс программы.....	161
10.7.Настройка тензометра.....	162
11.Виброметр.....	167
11.1.Поддерживаемое оборудование.....	167
11.2.Принцип работы.....	167
11.3.Интерфейс программы.....	168
11.4.Сообщения программы.....	171
Отображение.....	173
1.Многоканальный осциллограф.....	174
1.1.Поддерживаемое оборудование.....	174

1.2.Интерфейс программы.....	175
1.3.Запись и чтение	179
2.XYZ-осциллограф	181
2.1.Поддерживаемое оборудование.....	181
2.2.Интерфейс программы.....	181
2.3.Запись результатов	183
2.4.Настройка внешнего вида графика.....	184
Генераторы.....	187
1.Генератор сигналов	188
1.1.Поддерживаемое оборудование.....	188
1.2.Интерфейс программы.....	189
Вкладка "Синус"	190
Вкладка "Р/имп"	192
Вкладка "Шум"	194
Вкладка "ЛинЧМ"	201
Вкладка "ЛогЧМ"	203
Вкладка "Имп"	206
Вкладка "Файл"	208
Вкладка "АМ"	210
Вкладка "ЧМ"	211
Вкладка "Пила"	213
Вкладка "Вход"	215
Вкладка "Баркер"	217
2.Синхронный генератор	223
2.1.Поддерживаемое оборудование.....	223
2.2.Интерфейс программы.....	223
Синусоидальный сигнал	225
Импульсный сигнал	228
Сигнал из файла	230
ЛогЧМ	231
Радиоимпульс	234
Автоматизация.....	238
1.Формула	239
1.1.Поддерживаемое оборудование.....	239
1.2.Интерфейс программы.....	239
Каналы	241
Константы	243
Операции	244
Математические функции	250
Измерительные функции	252
Фильтры	262
Детерминированные сигналы	269
Сервисные	270
1.Диспетчер устройств	271
1.1.Интерфейс диспетчера устройств.....	271
1.2.Свойства устройств ZET.....	272
Общие свойства	274
Частота дискретизации АЦП и ЦАП.....	275
Цифровой порт	276
Ethernet	277
Синхронизация	278
1.3.Свойства измерительных каналов устройств ZET.....	283
1.4.База данных датчиков	290
1.5.Свойства интеллектуальных устройств ZETSENSOR.....	292
Свойства ZET 7020	292
Свойства ZET 7060-E	296

Справка и техническая поддержка

Введение

Настоящий документ является руководством оператора программного обеспечения **ZETLAB**, разработанного в ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы" (ЗАО "ЭТМС"), г. Зеленоград.

В данном документе изложены требования к компьютеру для установки и работы с ПО **ZETLAB**, порядок установки, удаления и переустановки ПО **ZETLAB**, порядок настройки измерительных каналов, описания программ (интерфейс, порядок работы, настройка), а также схемы подключения датчиков к измерительным устройствам и примеры работы.

О ZETLAB

Программное обеспечение **ZETLAB** – это виртуальная лаборатория, предоставляющая пользователю мощные средства для визуализации, спектрального анализа, измерения электрических параметров, генерации, записи и воспроизведения сигналов.

Виртуальные приборы **ZETLAB** предназначены для решения задач измерения и управления в области сейсмологии, вибрации, термометрии, тензометрии и т.д. Программы из состава **ZETLAB** обрабатывают сигналы, поступающие на входные каналы анализаторов спектра, сейсмостанций, тензостанций, плат АЦП/ЦАП, интеллектуальных датчиков и т.д.

Программы АЦП (раздел "Измерение") и программы ЦАП (раздел "Генерация сигналов") образуют базу виртуальной лаборатории **ZETLAB**, на которой строятся более сложные приборы (разделы "Метрология", "Автоматизация").

Набор поставляемых программ **ZETLAB** зависит от типа используемого прибора:

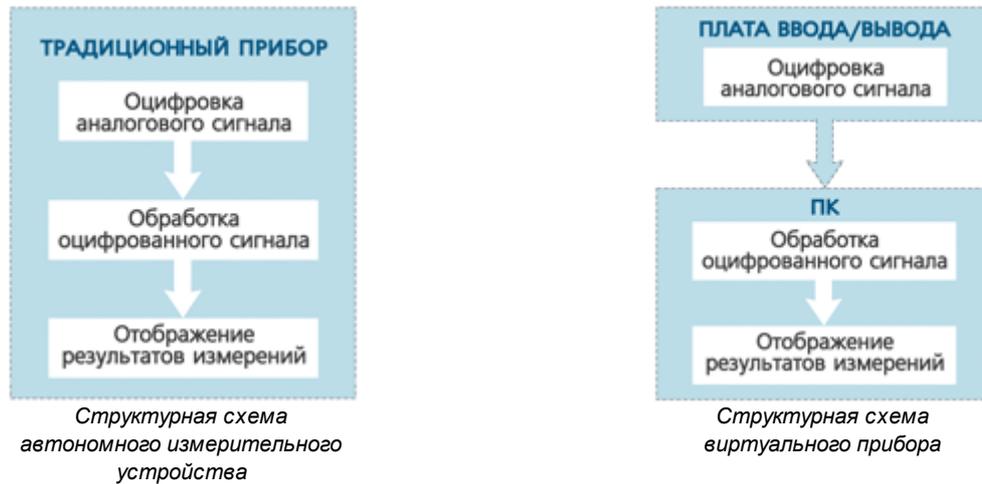
- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками ZETSENSOR (опционно).

В описании каждой программы в разделе "Поддерживаемое оборудование и входные данные" приведен перечень приборов, с которыми программа поставляется в базовой конфигурации или опционно.

О виртуальных приборах

Концепция виртуальных приборов

Времена, когда измерительные системы состояли из множества приборов и занимали целые лаборатории, уходят в прошлое. Мощность и доступность современных компьютеров позволяют использовать их для реализации алгоритмов, заложенных в традиционных приборах. Таким образом, роль измерительного устройства сводится к оцифровке сигналов, а их обработка и вывод результатов на экран осуществляется программными средствами:



Преимущества виртуальных приборов

Поскольку функциональные характеристики системы, построенной на базе виртуальных приборов, определяются программным обеспечением, простая плата АЦП/ЦАП может быть одновременно и вольтметром, и осциллографом, и генератором, и тензодатчиком и каким угодно другим прибором, экономя рабочее пространство и средства пользователя.



Замена реальных приборов виртуальными

Применение модулей АЦП/ЦАП и ноутбуков с программным обеспечением, эквивалентными целой измерительной лаборатории, значительно расширило возможности измерений в полевых условиях.

Использование технологии беспроводной связи между оцифровщиком данных и компьютером позволяет проводить измерения на подвижных элементах конструкции. Например, комплект плата АЦП/ЦАП + модуль Wi-Fi или Bluetooth устанавливается на подвижной части (на крутящемся валу медленно вращающейся турбины, на автомобиле), а ПК устанавливается на расстоянии до 500 м (в зависимости от поставляемой антенны) на неподвижный участок.

Оцифровка сигналов может проводиться в автономном режиме с записью на флэш-накопитель, а обработка – после перенесения записанных сигналов на ПК. Помимо собственно значений сигнала

могут записываться, например, координаты расположения устройства. При использовании программ картографии можно воссоздать траекторию движения объекта в процессе эксперимента, наблюдая одновременно положение объекта и его параметры в каждый отсчет времени.

Разделение аппаратных и программных ресурсов позволило строить распределенные измерительные системы. В узлах сбора данных располагаются платы АЦП/ЦАП, которые подключаются к компьютеру по линиям Ethernet. С синхронизацией устройств по GPS и/или ГЛОНАСС, сигналы от всех плат поступают в компьютер единым потоком и обрабатываются одновременно.

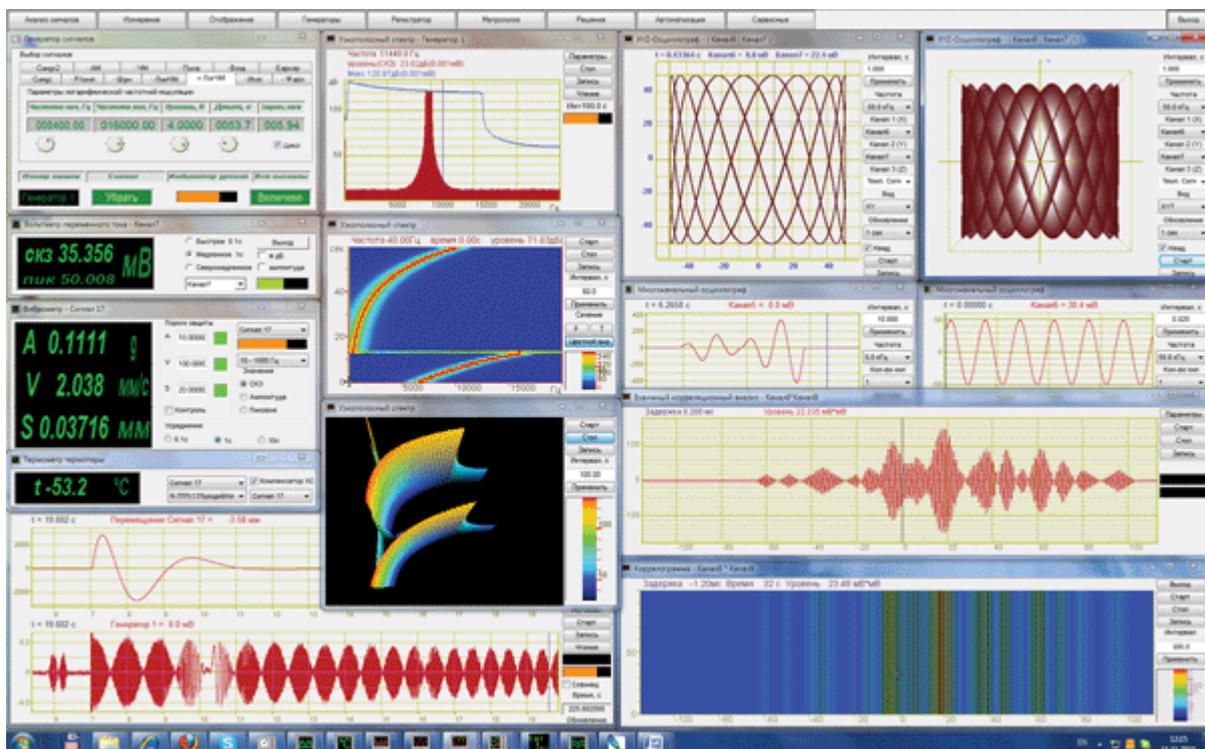
Развитие концепции виртуальных приборов открыло новый этап в создании автоматизированных систем. Использование объектно-ориентированных прикладных программных средств позволяет создавать уникальные приложения с системой анализа и сценариями работы не только программистами, а, например, технологами.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества виртуальных приборов:

- снижение затрат экономия места в лаборатории
- параллельный анализ множества параметров
- расширение областей применения: в полевых условиях, измерения на подвижных элементах конструкций, в автономном режиме
- построение многоканальных распределенных систем
- упрощение создания автоматизированных систем.

Виртуальные приборы ZETLAB

Программное обеспечение **ZETLAB** представляет собой виртуальную лабораторию, состоящую более чем из 50 приборов. Все приборы разделены на группы по назначению: анализ, измерение, отображение, генераторы и т.д. К различным устройствам АЦП/ЦАП поставляются различные пакеты программы, соответствующих их назначению и характеристикам.



Виртуальная лаборатория ZETLAB

Также программы **ZETLAB** различаются по уровню сложности. Например, вольтметр имеет лишь три опции: переключатель времени усреднения, переход на представление результатов в дБ, переключатель измерения СКЗ или амплитудного значения. В то время как в генераторе реализовано 12 различных типов сигналов, начиная от синусоидальных и импульсных, и заканчивая кодами Баркера, каждый из которых имеет свои параметры.

Помимо базовых устройств, таких, как вольтметр, генератор и т.п., **ZETLAB** предоставляет мощные средства для обработки сигналов. Одна только программа Формула реализует десятки математических и измерительных функций, содержит более 20 видов фильтров и позволяет работать как с исходными, так и с обработанными сигналами.

В **ZETLAB** данные могут анализироваться параллельно несколькими программами, кроме того, программы могут использовать результат измерений друг друга. Например, оцифрованный сигнал может быть сначала подвергнут фильтрации, после чего произведены вычисления, а конечный результат отображен на графике в двух- или трехмерном виде.

В программное обеспечение **ZETLAB** также входят решения, такие как измерение АЧХ с обратной связью, регулятор, обнаружитель событий, которые используют в своей работе результаты измерений одних программ (например, вольтметр, термометр), управляя при этом подключенными к ПК устройствами с помощью других программ (например, генератор, коммутационный блок).

Установка и обновление ПО и драйверов

В данном разделе рассмотрены вопросы установки ПО **ZETLAB**: первичная установка, удаление, обновление (переустановка). Также приводятся требования к компьютеру для установки и работы ПО **ZETLAB**.

Требования к ПК

Программное обеспечение **ZETLAB** предназначено для использования на персональных компьютерах типа IBM PC Intel® Pentium®/Celeron®/ или совместимые с ними, работающих под управлением русскоязычной (локализованной) либо корректно русифицированной версии операционных систем:

1. Microsoft® Windows® XP с пакетом обновления не ниже SP3.
2. Microsoft® Windows® Vista с пакетом обновления SP1.
3. Microsoft® Windows® 7 32 разрядная с пакетом обновления SP1.
4. Microsoft® Windows® 7 64 разрядная с пакетом обновления SP1.
5. Microsoft® Windows® Server 2003.
6. Microsoft® Windows® Server 2008 32 разрядная
7. Microsoft® Windows® Server 2008 64 разрядная с пакетом обновления SP2.
8. Microsoft® Windows® Server 2008 R2 с пакетом обновления SP1.
9. Microsoft® Windows® Starter (без ограничения на количество запущенных программ).

Конфигурация компьютера для установки и запуска программного обеспечения **ZETLAB** и драйверов устройств:

- двухядерный процессор или более;
- тактовая частота процессора – не менее 1,6 ГГц;
- наличие интерфейса HighSpeed USB 2.0*;
- оперативная память – не менее 2 Гб;
- свободное место на жестком диске – не менее 20 Гб;
- видеокарта с 3D-графическим ускорителем, поддержкой OpenGL, DirectX, не менее 128 Мб памяти;
- разрешение экрана не менее 1280x1024;
- наличие манипулятора «мышь» или иного указательного устройства (сенсорный экран, трекбол (track ball), тачпад (TouchPad), графический планшет);
- наличие стандартной клавиатуры или иного устройства ввода (сенсорный экран, графический планшет);
- привод CD-ROM для установки программ.

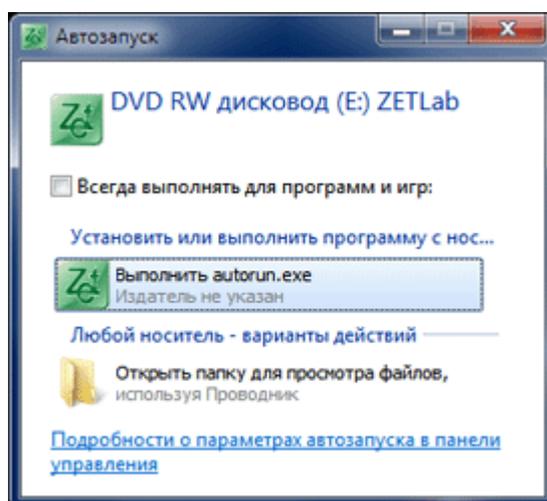
**подключение через интерфейс SuperSpeed USB 3.0 не гарантируется.*

Установка ПО ZETLAB

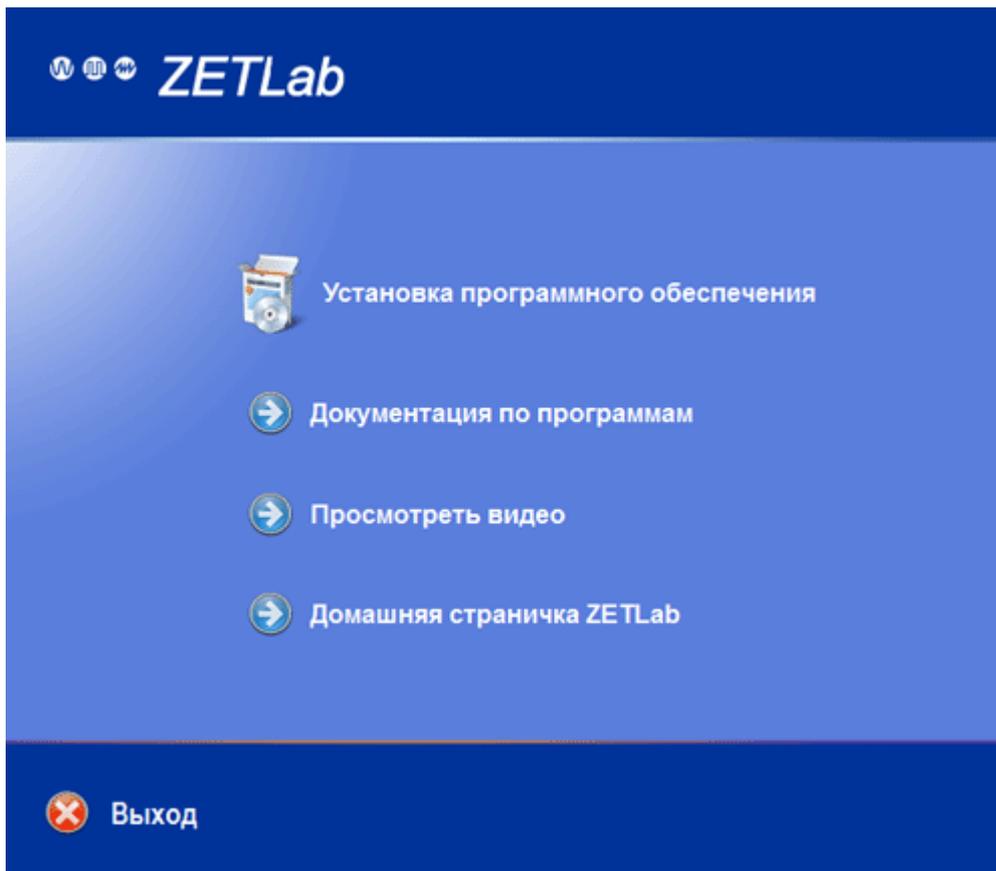
Установка программного обеспечения **ZETLAB** может производиться как при подключенном, так и при отключенном оборудовании ZET. В последнем случае после установки ПО и подключения оборудования будет произведено обновление драйверов к устройству.

Установка **ZETLAB** производится с установочного диска, поставляемого с приобретаемым ZET-устройством или, при обновлении **ZETLAB**, с помощью установочного файла (имеет расширение «.msi»).

При установке **ZETLAB** с установочного диска необходимо вставить диск в дисковод компьютера. При этом может открыться окно "Автозапуск" или сразу главное окно установки программного обеспечения **ZETLAB** и **ZETVIEW**. При открытии окна "Автозапуск" с вариантами "Выполнить autorun.exe" или "Открыть папку для просмотра файлов" выбрать пункт "Выполнить autorun.exe" - тогда запустится главное окно установки программного обеспечения **ZETLAB** и **ZETVIEW**.

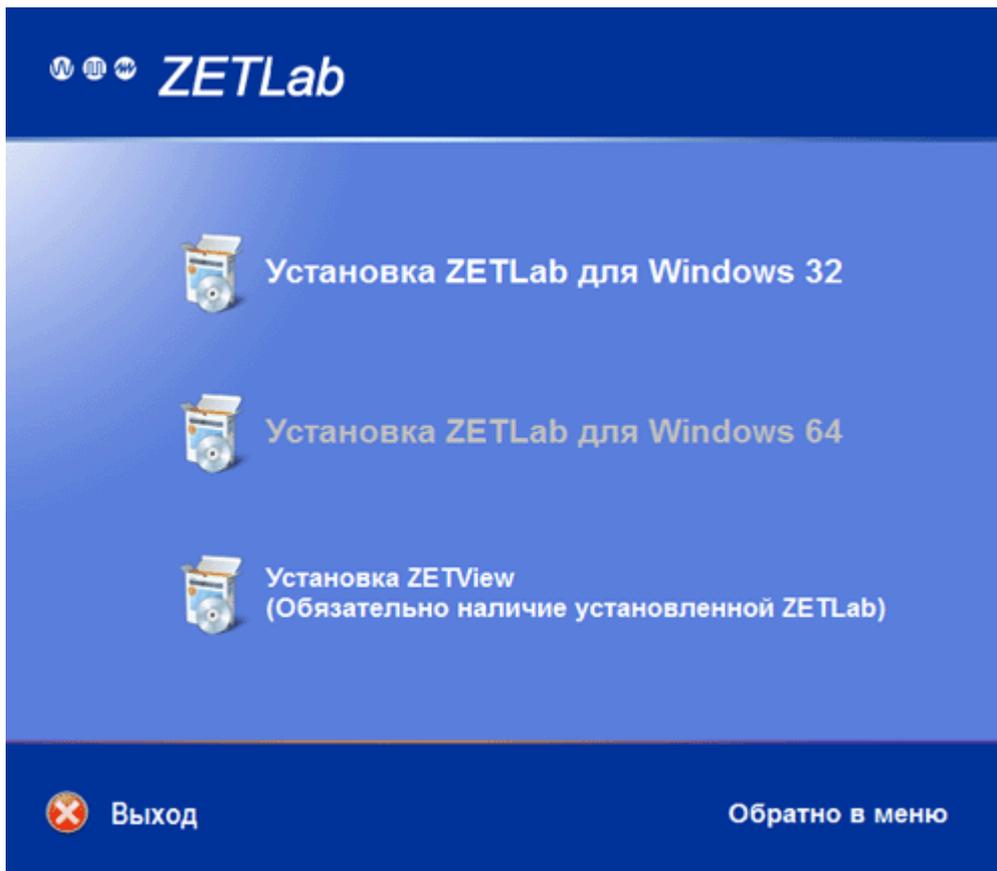


Окно выбора действий при запуске диска



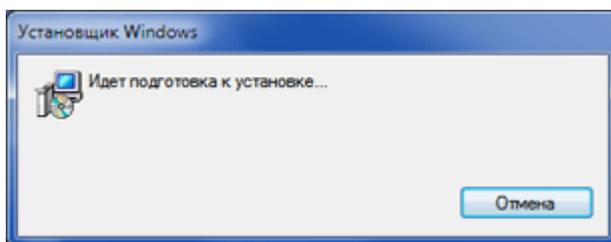
Главное окно установки программного обеспечения ZETLAB и ZETVIEW

В главном окне программы установки программного обеспечения **ZETLAB** и **ZETVIEW** необходимо выбрать пункт «Установка программного обеспечения», при этом программа предложит установить **ZETLAB** или **ZETVIEW** – для установки **ZETLAB** необходимо выбрать «Установка **ZETLAB**» (для 32-х разрядной или 64-х разрядной Windows в соответствии с типом системы). При этом запустится программа установки **ZETLAB**.



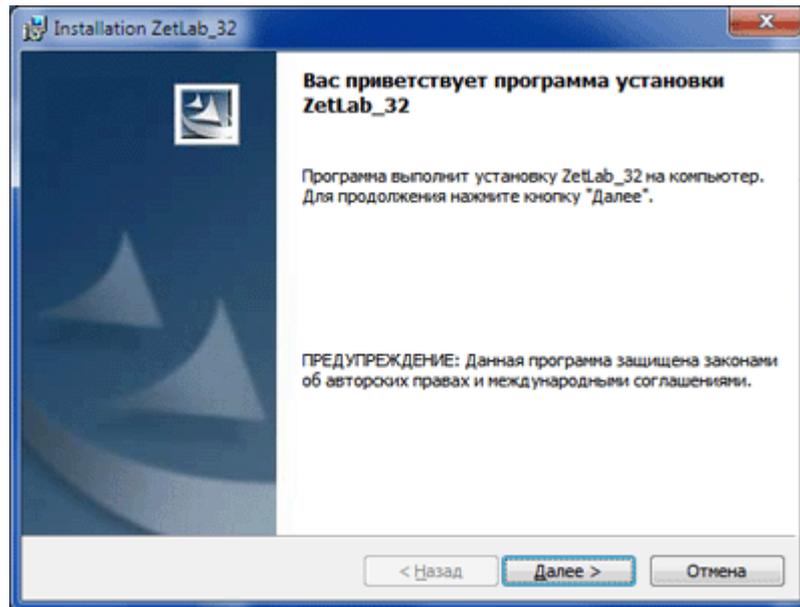
Окно установки программного обеспечения ZETLAB и ZETVIEW

Сначала будет произведена подготовка к установке:



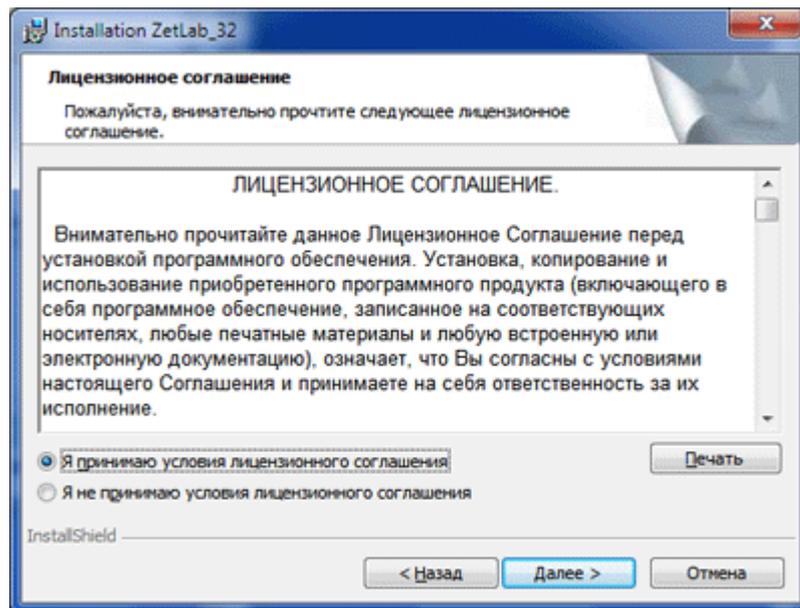
Подготовка к установке

Далее запустится мастер установки программного обеспечения с запросом подтверждения установки **ZETLAB**. Для подтверждения необходимо нажать кнопку "Далее".



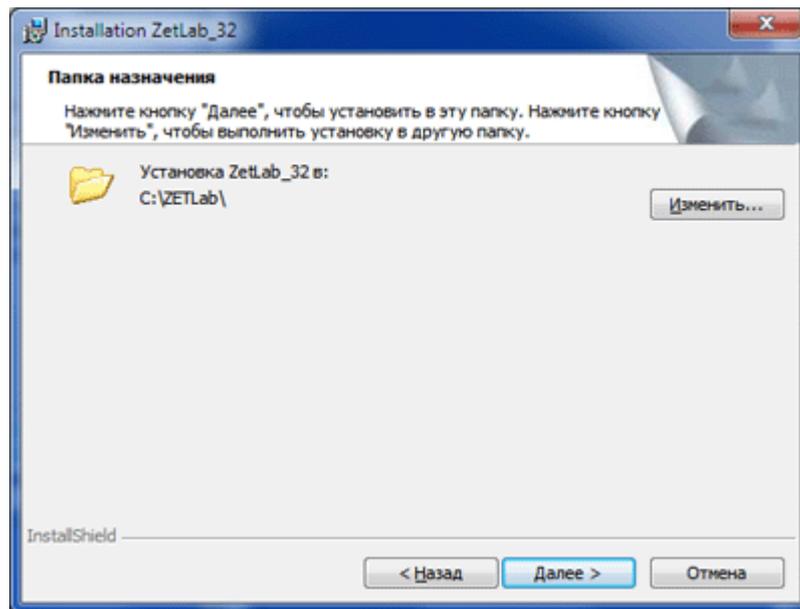
Подтверждение установки

Далее необходимо принять условия лицензионного соглашения (в противном случае программа не будет установлена) и нажать кнопку "Далее".



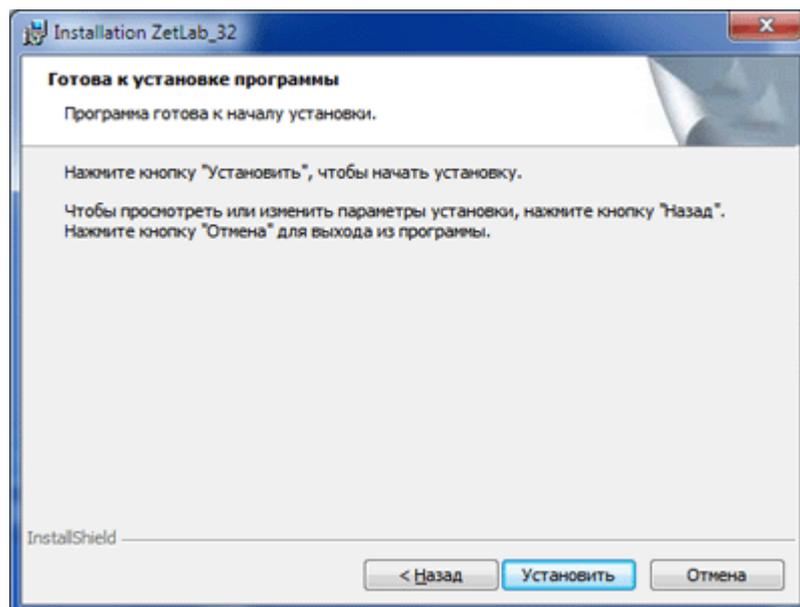
Ознакомление с лицензионным соглашением

Далее будет предложено выбрать директорию установки **ZETLAB**. По умолчанию программы **ZETLAB** устанавливаются в директорию **ZETLAB**.



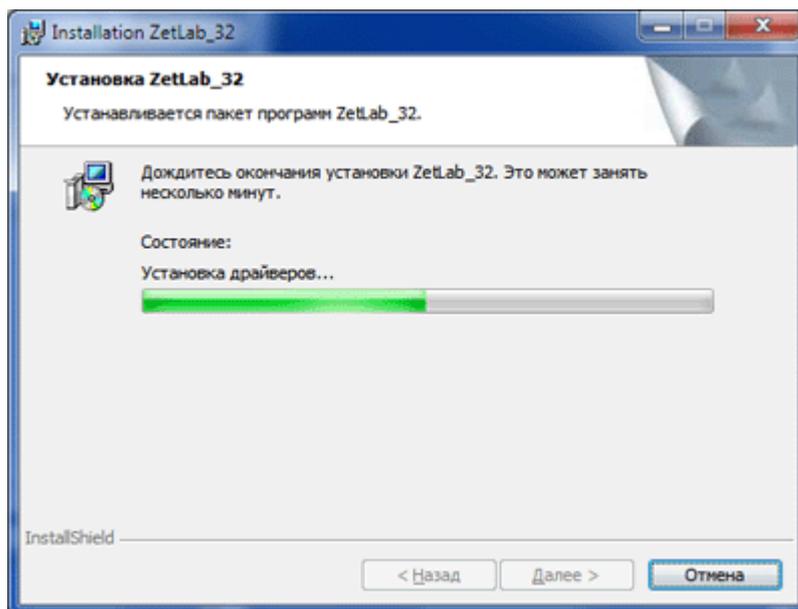
Выбор директории установки

Далее мастер установки выведет сообщение о готовности к установке. Для установки необходимо нажать кнопку "Установить".



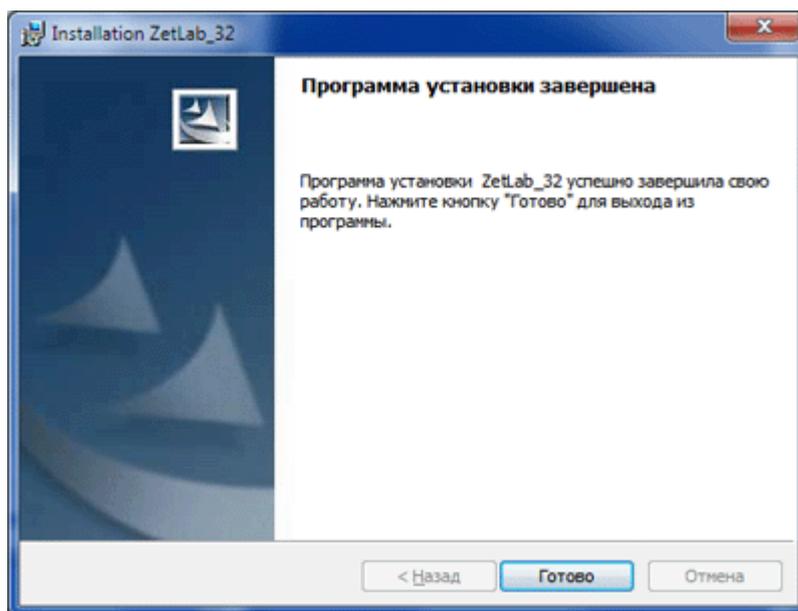
Запуск установки

Установка **ZETLAB** займет несколько минут. По окончании установки станет активной кнопка "Далее", которую необходимо нажать для завершения установки



Установка ZETLAB

Для выхода из программы установки необходимо нажать "Готово".

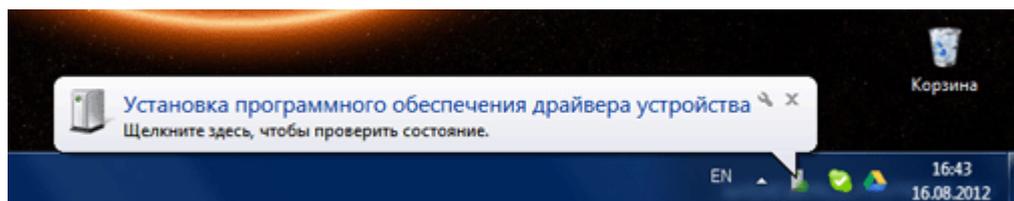


Завершение установки

Установка драйверов

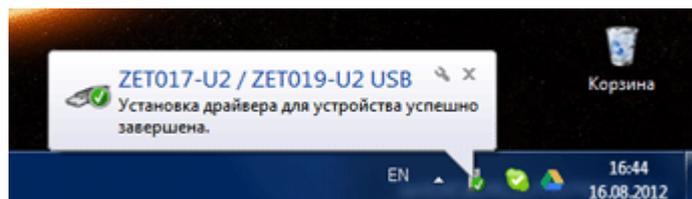
В процессе установки ПО **ZETLAB** также были скопированы на компьютер драйвера на оборудование ZET (анализаторы спектра, платы АЦП/ЦАП, тензостанции, сейсмостанции, интеллектуальные датчики и др.). Если при установке ПО был подключен какой-либо ZET прибор, драйвера на него были автоматически установлены и прибор готов к работе по завершению процесса установки.

Если прибор во время установки ПО не был подключен, то при первом подключении прибора к ПК в системном трее появится сообщение об установке программного обеспечения драйвера (см. рисунок).



Установка драйвера при подключении прибора к ПК

Установка драйвера может занять несколько минут. По окончании установки драйвера появится сообщение об успешном завершении, при этом в заголовке сообщения отобразится название устройства.

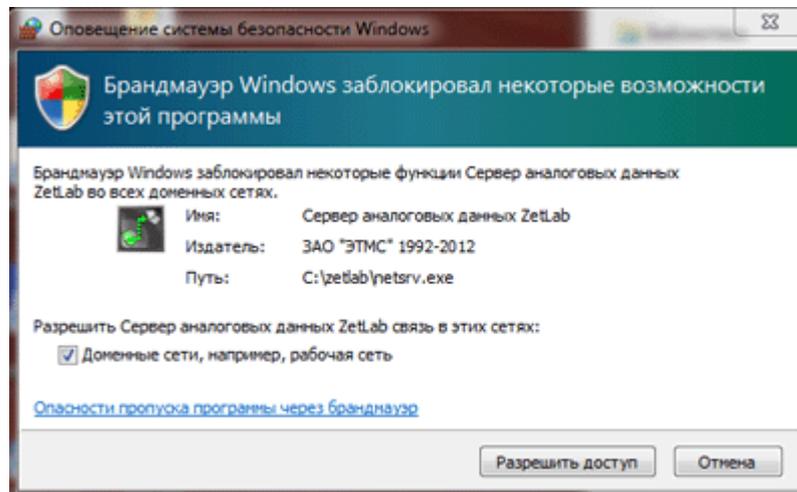


Сообщения об успешной установке драйвера

Если установка драйверов не была произведена автоматически (такое могло произойти, например, при обновлении **ZETLAB**, если в процессе удаления работали какие-либо из программ), то обновить драйвера можно самостоятельно. Указания по обновлению драйверов приведены в подразделе [Обновление драйверов](#) настоящего документа.

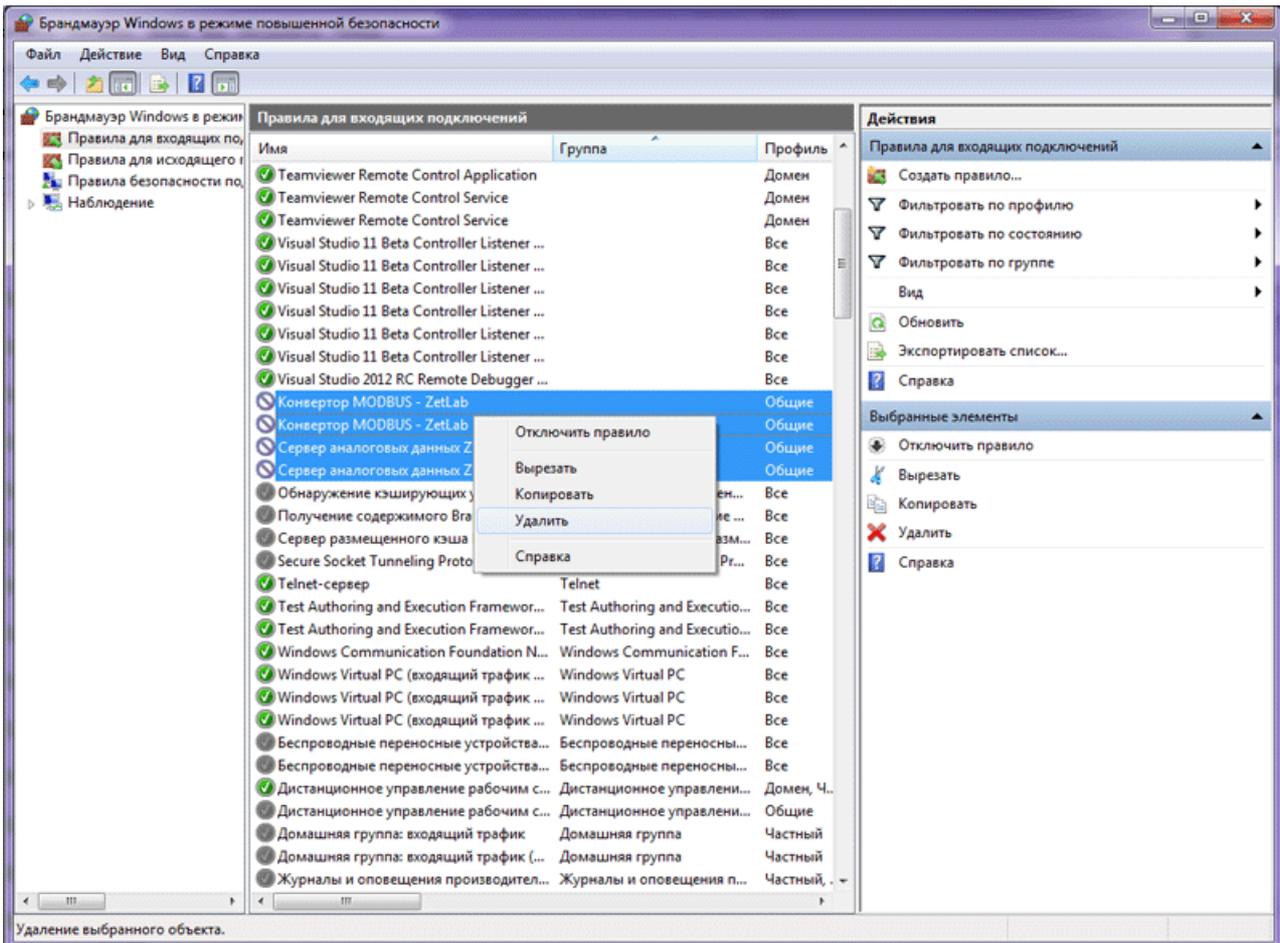
Доступ программ **Z E T L A B** к сети

При установке может открыться предупреждение системы безопасности (пример - рисунок ниже). В таком случае необходимо разрешить доступ программы к сети.



Предупреждение системы безопасности

Если при установке **ZETLAB** на запрос о предоставлении сети был выбран пункт "Отмена", необходимо проделать следующее: "Панель управления - Брандмауэр - Дополнительные параметры" и удалить записи как в примере на рисунке ниже.

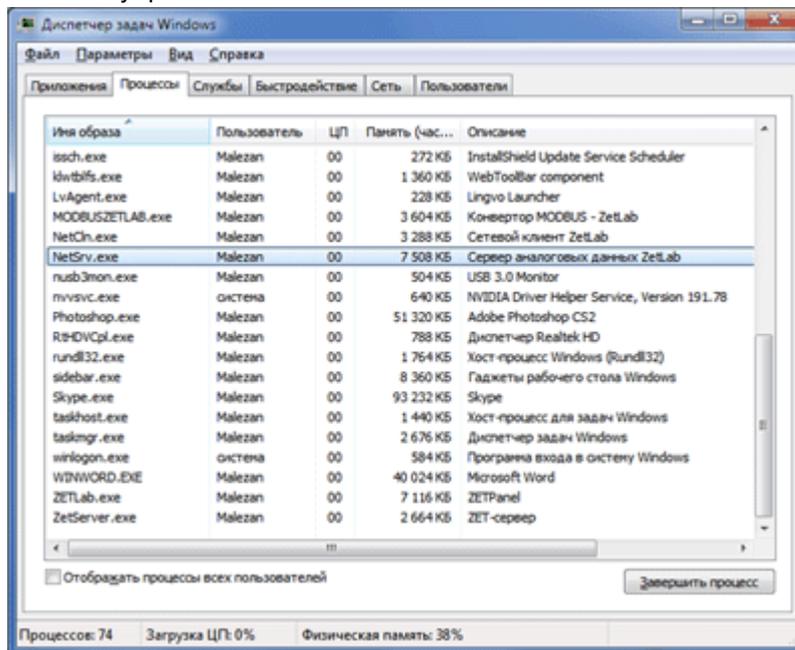


Разрешение доступа к сети

Удаление ПО ZETLAB

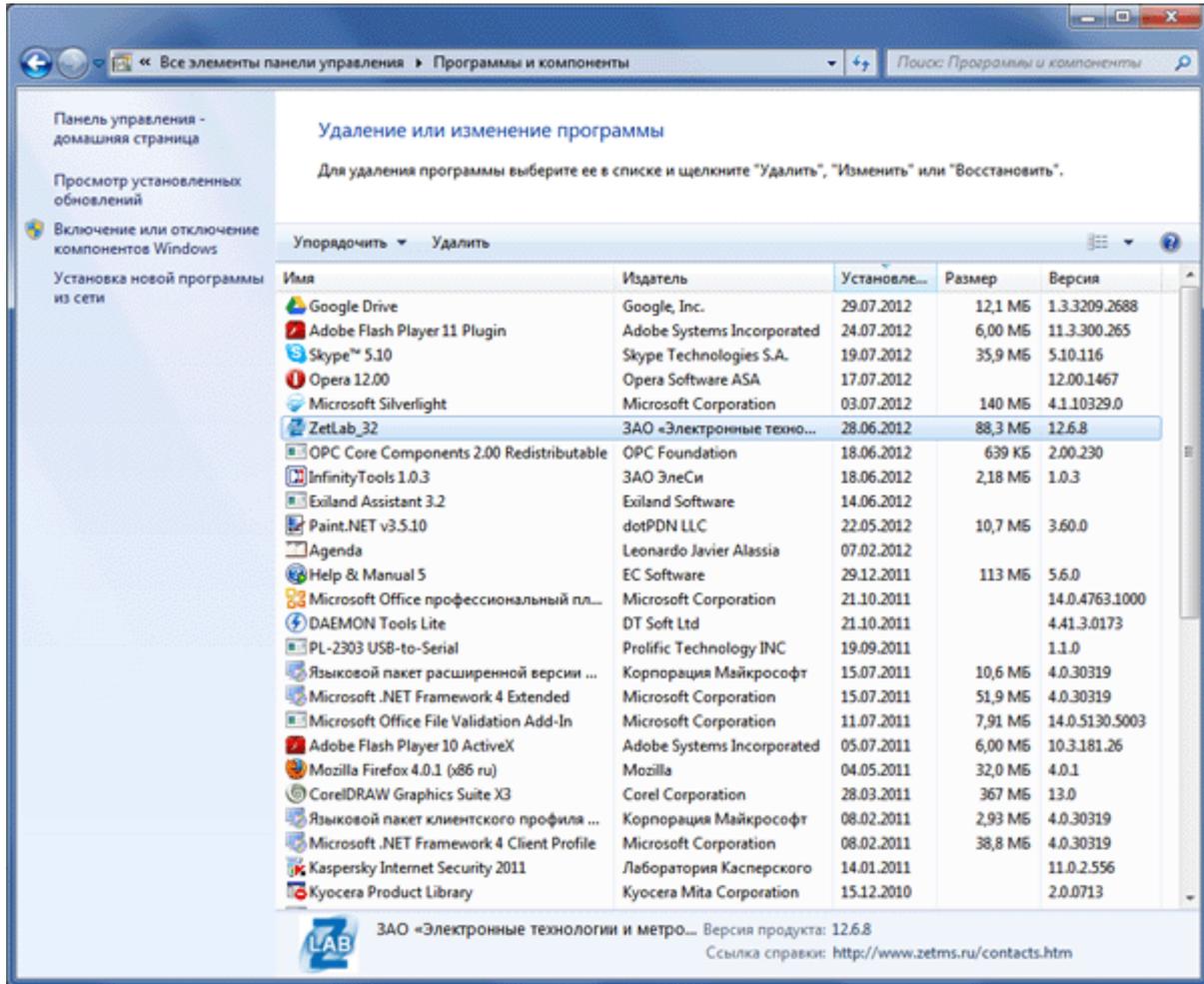
Последовательность действий при удалении ПО:

1. Закрыть все используемые программы **ZETVIEW**, **ZETSCOPE**, **ZETCABLETEST**, **ZETLAB**.
2. Выключить приборы ZET (анализаторы спектра, платы АЦП/ЦАП, осциллографы и др.) и отключить их от ПК.
3. Проверить в диспетчере задач (см рисунок ниже), что нет программ **ZETLAB**, работающих в скрытом режиме:
 - Modbus.exe
 - NetServer.exe
 - NetSrv.exe
 - ZetServer.exe
4. Если какая-либо из перечисленных программ запущена, то завершить ее выполнение.
5. Удалить ПО через панель управления ОС.



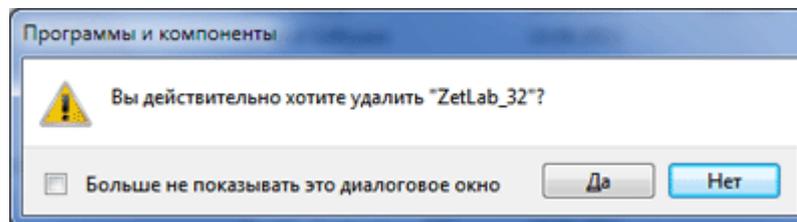
Диспетчер задач Windows

Для удаления программы необходимо из меню Пуск панели задач Windows выбрать команду Панель управления > Программы и компоненты, после чего запустится окно "Удаление или изменение программы" (см. рисунок ниже).



Панель управления, окно удаления программ

В открывшемся окне "Удаление или изменение программы" из списка установленных программ необходимо выбрать пакет программного обеспечения **ZETLAB**, нажав на него левой клавишей «мыши». Выбранное программное обеспечение выделится синим цветом. После нажатия кнопки Удалить появится информационное окно (см. рисунок ниже), запрашивающее подтверждение удаления программного обеспечения **ZETLAB**. В этом окне, для подтверждения процесса удаления, нажать кнопку "Да".



Подтверждение удаления ZETLAB

*Примечание: отключение ZET-устройства и закрытие всех программ **ZETLAB** требуется для полного удаления **ZETLAB** и драйверов. Только в этом случае гарантируется корректная установка новой версии программного обеспечения и драйверов во всех операционных системах при последующих установках **ZETLAB**.*

Обновление ПО ZETLAB

Установка обновлений **ZETLAB** (а также **ZETCABLETEST**, **ZETVIEW** и **ZETSCOPE**) производится только после удаления установленного ранее программного обеспечения.

Примечание 1: для работы программного обеспечения **ZETVIEW** требуется наличие установленного программного обеспечения **ZETLAB**.

Примечание 2: Программное обеспечение **ZETSCOPE**, поставляемое с осциллографами ZET 302, имеет функции записи результатов измерений. Для просмотра записанных файлов используется программа "Просмотр и обработка результатов" из состава ПО **ZETLAB**. Таким образом, для работы с ПО **ZETSCOPE** не требуется наличие ПО **ZETLAB**, но оно может являться дополнением к ПО **ZETSCOPE**.

Порядок действий

Порядок действий при обновлении ПО:

Набор ПО	ZETLAB	ZETLAB+ZETSCOPE	ZETLAB+ZETVIEW	ZETLAB+ZETSCOPE+ZETVIEW
1) Удалить текущие версии в последовательности :	ZETLAB	1) ZETSCOPE 2) ZETLAB	1) ZETVIEW 2) ZETLAB	1) ZETVIEW 2) ZETSCOPE 3) ZETLAB
2) Установить новые версии в последовательности :	ZETLAB	1) ZETLAB 2) ZETSCOPE	1) ZETLAB 2) ZETVIEW	1) ZETLAB 2) ZETSCOPE 3) ZETVIEW

Удаление **ZETLAB** производить в соответствии с подразделом [Удаление ПО ZETLAB](#) настоящего документа, удаление **ZETVIEW** и **ZETSCOPE** - в соответствии с руководствами оператора на них.

Установку **ZETLAB** производить в соответствии с подразделом [Установка ПО ZETLAB](#) настоящего документа, установку **ZETVIEW** и **ZETSCOPE** - в соответствии с руководствами оператора на них.

Следование всем рекомендациям по удалению и установке ПО гарантирует корректное обновление **ZETLAB** и драйверов. В подразделе [Обновление драйверов](#) приведены указания по обновлению драйверов в случае, если оно не было произведено автоматически.

Чистка реестра

Если при соблюдении всех приведенных рекомендаций после обновления **ZETLAB** возникают проблемы, возможно, требуется чистка реестра Windows. Последовательность действий следующая:

1. Удалить все продукты ZetLab через панель управления, начиная с ZetView и заканчивая ZetLab_32 (или ZetLab_64).
2. Удалить ручную папку, куда был установлен ZetLab (например, C:\ZetLab).
3. Запустить редактор реестра: Win+R, regedit, Enter
4. В дереве реестра зайти на ветку: - для 32-битной системы:
HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\Windows\CurrentVersion\SharedDLLs - для 64-битной системы:
HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Wow6432Node\Microsoft\Windows\CurrentVersion\SharedDLLs
5. Найти и удалить в данной ветке все строки, которые начинаются с пути установки (например, с "C:\ZetLab").
6. Установить ZetLab_32 (или ZetLab_64), затем остальные программные продукты.

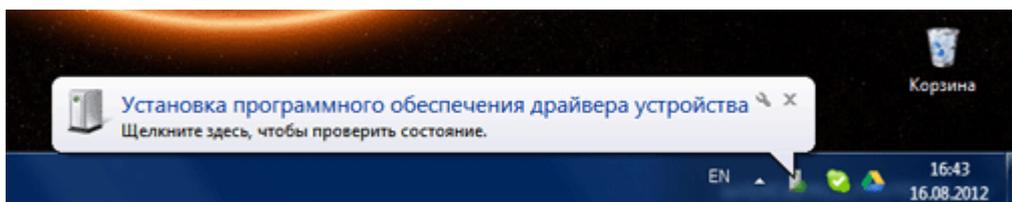
Примечание: работать с реестром Windows следует с осторожностью. Перед удалением строк желательно сохранить данную ветку, чтобы в случае удаления не тех строк была возможность

восстановить изменения.

Обновление драйверов

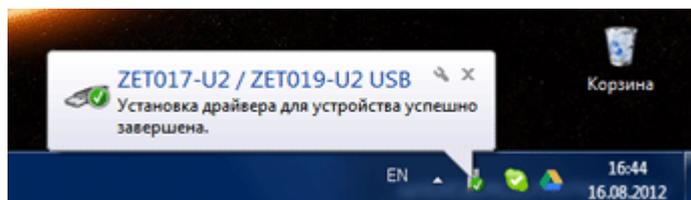
В процессе установки ПО **ZETLAB** на компьютер копируются драйвера на оборудование ZET (анализаторы спектра, платы АЦП/ЦАП, тензостанции, сейсмостанции, интеллектуальные датчики и др.). Если при установке ПО был подключен какой-либо ZET прибор, драйвера на него были автоматически установлены и прибор готов к работе по завершению процесса установки.

Если прибор во время установки ПО не был подключен, то при первом подключении прибора к ПК в системном трее появится сообщение об установке программного обеспечения драйвера (см. рисунок).



Установка драйвера при подключении прибора к ПК

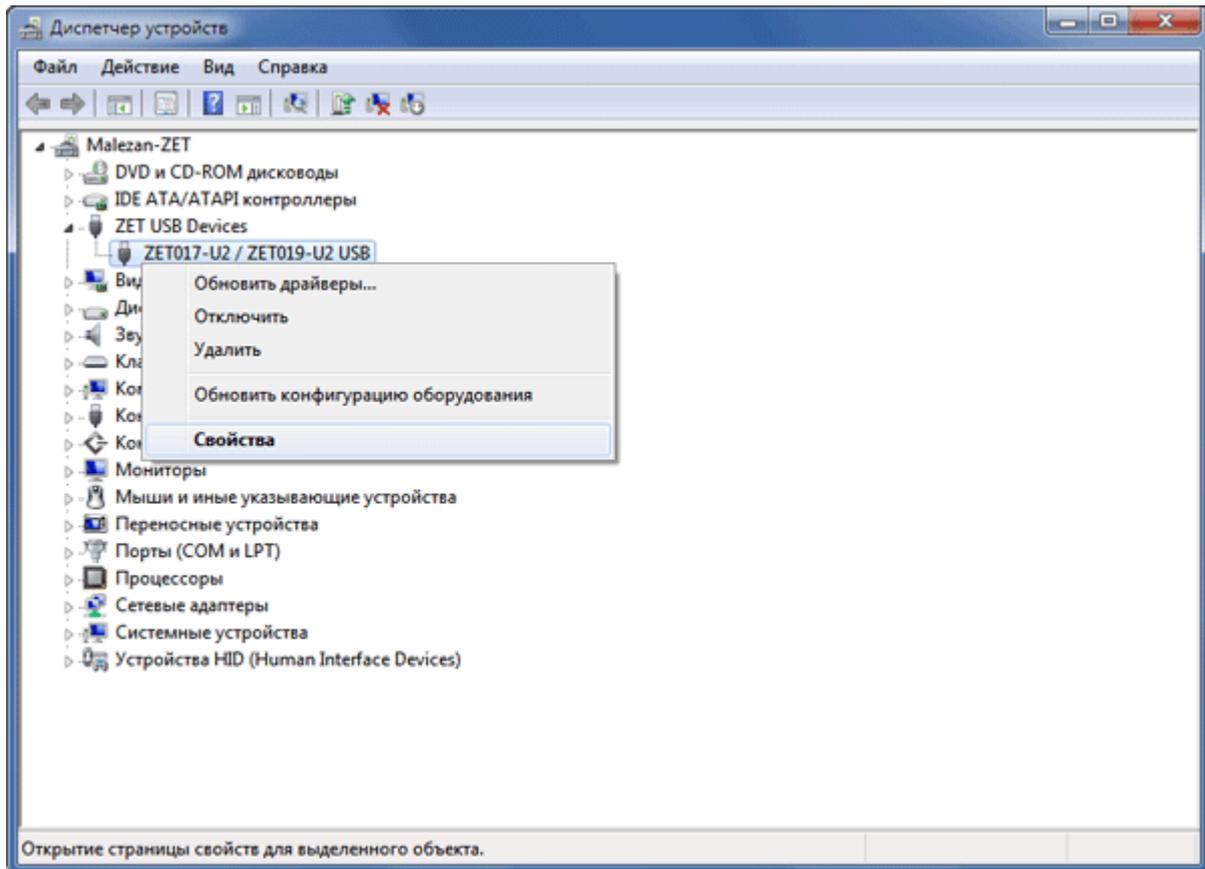
Установка драйвера может занять несколько минут. По окончании установки драйвера появится сообщение об успешном завершении, при этом в заголовке сообщения отобразится название устройства.



Сообщение об успешной установке драйвера

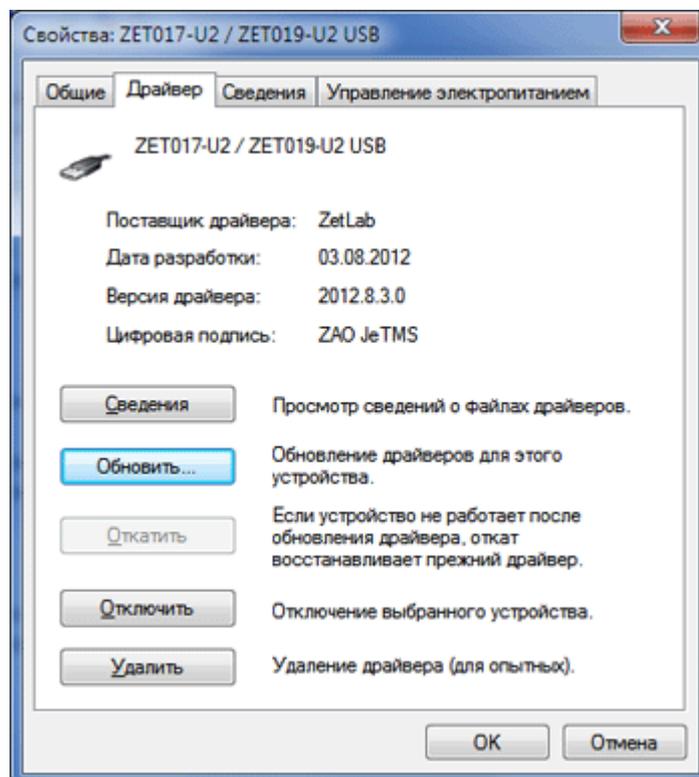
Если установка драйверов не была произведена автоматически (такое могло произойти, например, при обновлении **ZETLAB**, если в процессе удаления работали какие-либо из программ), то обновить драйвера можно самостоятельно. Для этого необходимо зайти в "Мой компьютер", вызвать контекстное меню (щелчком правой кнопки "мыши" по свободному полю окна "Мой компьютер"), в контекстном меню выбрать "Свойства", в открывшемся окне выбрать "Диспетчер устройств" (в Windows 7 ссылка "Диспетчер устройств" находится слева, в Windows XP в окне свойств компьютера необходимо перейти на вкладку "Оборудование").

В диспетчере устройств раскрыть список "ZET USB Devices" выбрать подключенное устройство, вызвать контекстное меню, выбрать пункт **Свойства**.



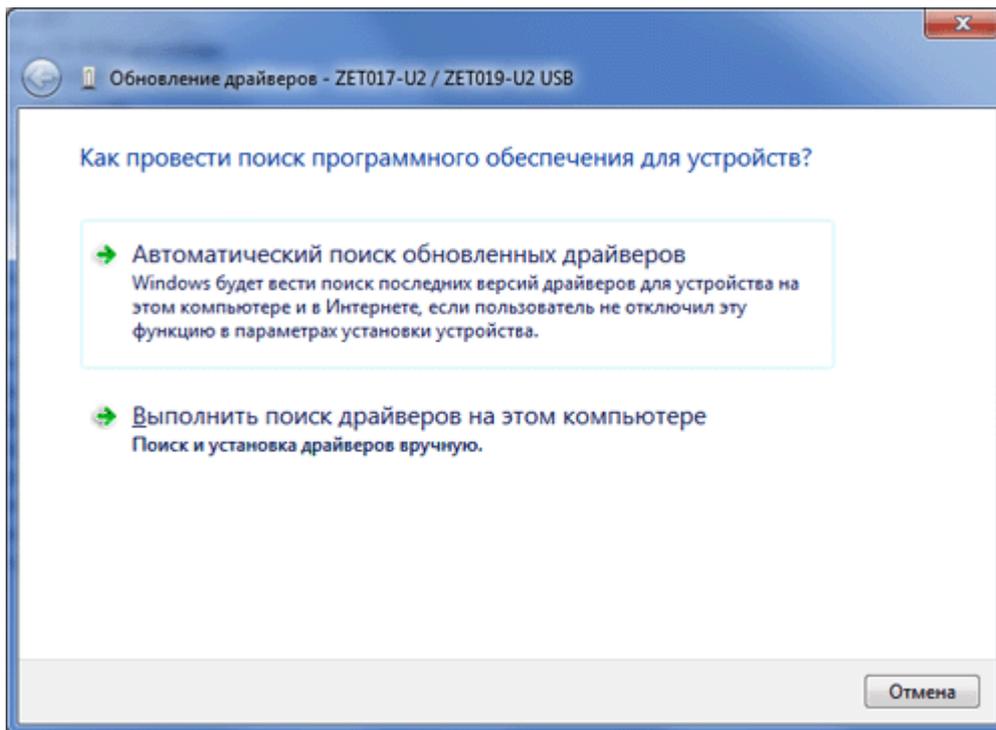
Диспетчер устройств

В окне свойств устройства перейти на вкладку "Драйвер" и нажать кнопку "Обновить".



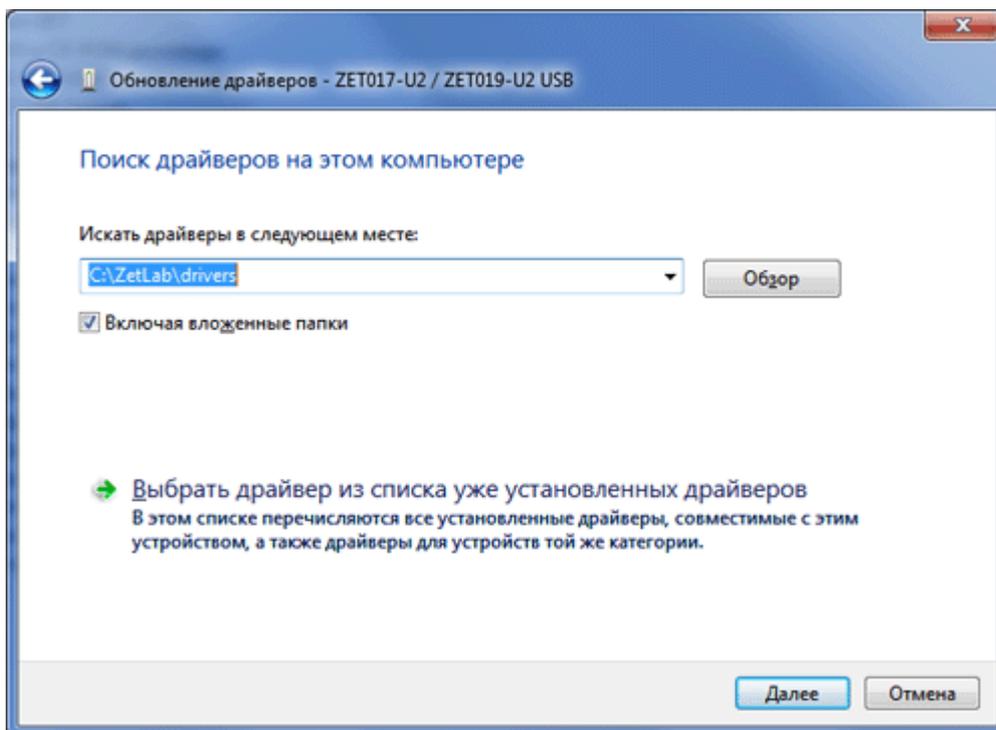
Обновление драйвера

В открывшемся окне выбрать "Выполнить поиск драйверов на этом компьютере"



Выбор места обновлений драйвера

Указать директорию драйверов к ZET-устройствам: C:\ZetLab\drivers и нажать кнопку "Далее".



Директория драйверов к ZET-устройствам

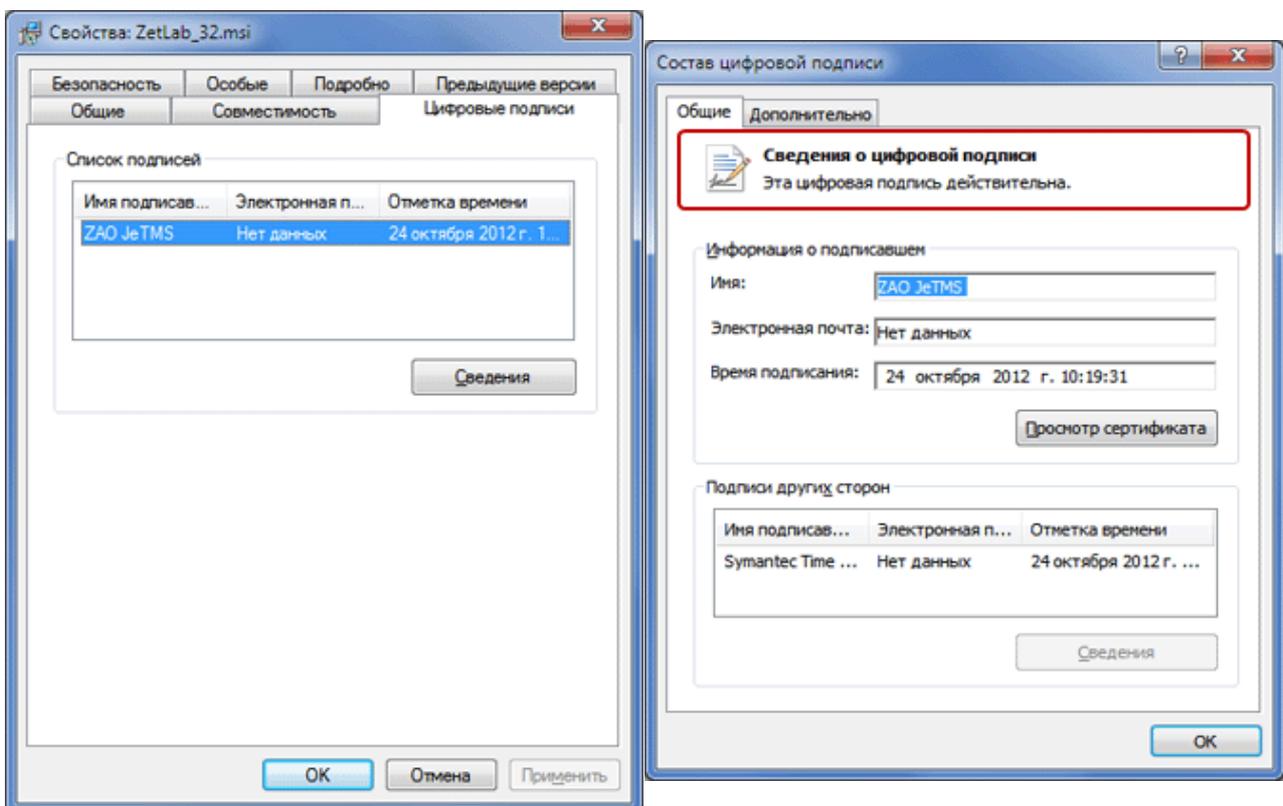
Далее будут установлены драйвера на подключенное оборудование и появится сообщение об успешном завершении установки.

Проверка целостности установочного файла дистрибутивов ZETLAB

Обновления программного обеспечения, производимого ЗАО "ЭТМС", доступны в сети (их можно скачать в ftp сервера). Для проверки целостности загруженных из сети файлов можно воспользоваться стандартными средствами Windows по проверке цифровой подписи или программами по проверке контрольной суммы md5.

Контрольная сумма md5 файла дистрибутива указывается в одноименном текстовом файле. Проверяется бесплатными программами загруженными из интернета.

Для проверки цифровой подписи необходимо открыть свойства установочного файла (щелчок правой кнопкой мыши по названию файла и выбор пункта "Свойства"), в окне свойств перейти на вкладку "Цифровые подписи", выбрать ЗАО JeTMS и нажать кнопку "Сведения". В окне "Состав цифровой подписи" должно быть указано, что цифровая подпись действительна.



Подключение приборов

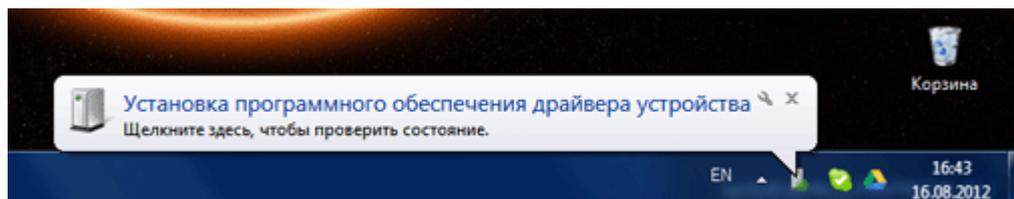
В данном разделе приведено описание настроек программ **ZETLAB** при подключении приборов ZET по различным интерфейсам.

Подключение по USB

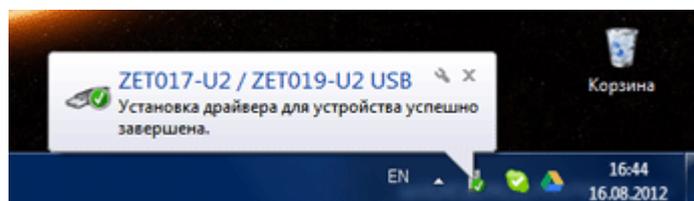
Подключение устройств ZET к компьютеру осуществляется входящим в комплект кабелем HighSpeed USB 2.0 к порту HighSpeed USB 2.0 ПЭВМ, при выключенном или включенном питании компьютера.

*Примечание: подключение интеллектуальных датчиков **ZETSENSOR** к компьютеру производится с использованием преобразователей интерфейсов ZET 7070 или ZET 7174.*

Если программное обеспечение **ZETLAB** уже установлено на компьютере, то при первом подключении устройства ZET драйвера на него установятся автоматически: при подключении устройства появится сообщение о том, что производится установка ПО драйвера устройства, затем сообщение об успешной установке драйверов.



Сообщение об установке драйверов



Сообщения об успешной установке драйвера

Если программное обеспечение **ZETLAB** не было установлено, его необходимо установить. При установке ПО **ZETLAB** с подключенным ZET устройством драйвера на устройство будут установлены в процессе установки **ZETLAB**.

Таким образом, драйвера на устройство ZET будут установлены автоматически:

- в процессе установки **ZETLAB**, если устройство было подключено во время установки **ZETLAB**,
- или при первом подключении устройства к компьютеру, на котором установлено **ZETLAB**.

Если драйвера на устройство не были установлены автоматически, их можно установить с помощью диспетчера устройств Windows - см раздел [Обновление драйверов](#).

Подключение по Ethernet

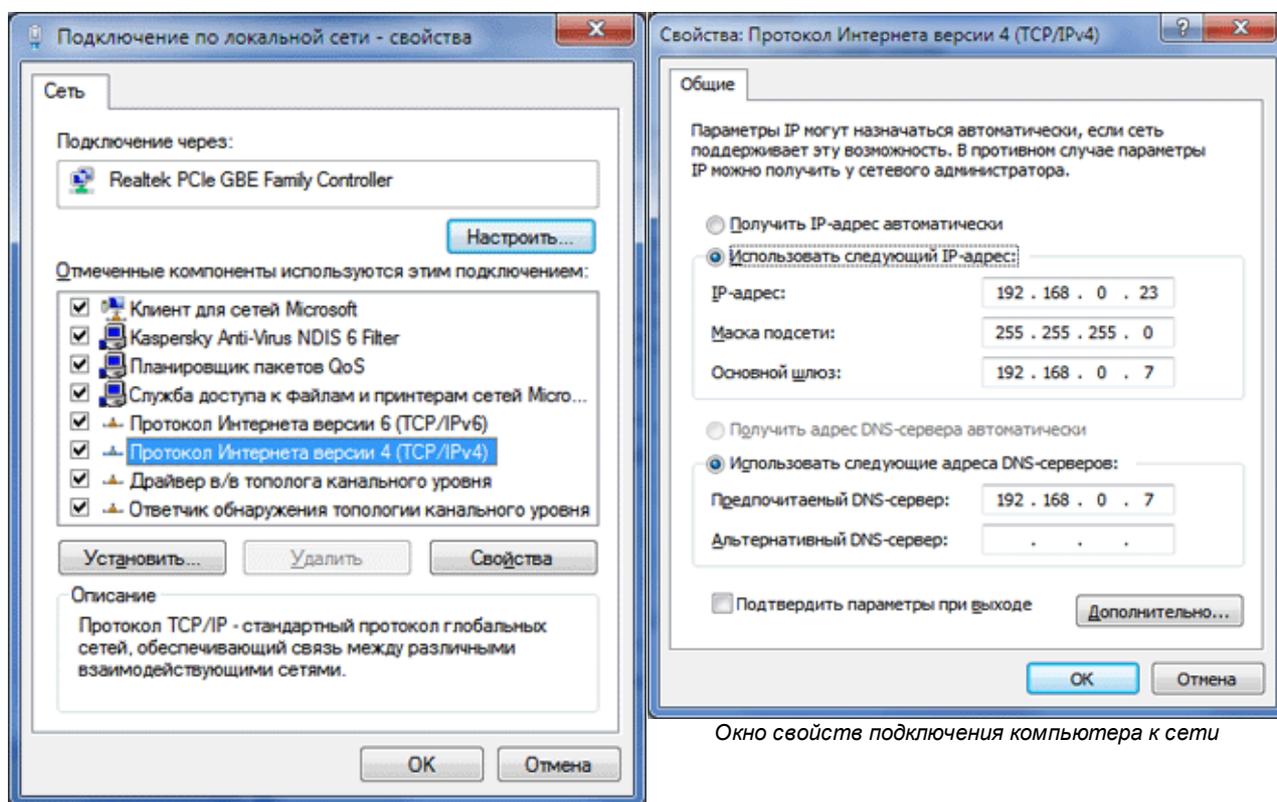
Устройства ZET с опцией "Интерфейс Ethernet" можно подключать к ПК по локальной сети.

Для работы устройств ZET по локальной сети необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить устройство ZET к ПК по USB и задать IP-адрес и маску подсети в программе [Диспетчер устройств ZET](#)
2. Подключить устройство ZET к локальной сети и настроить подключение в программе "Подключение устройств по Ethernet"

Настройка устройств ZET для работы по локальной сети

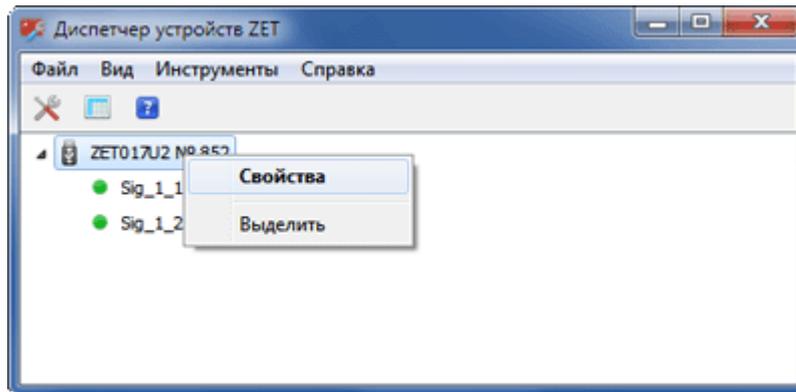
Для связи устройства ZET с компьютером по локальной сети необходимо, чтобы они находились в одной сети. Узнать IP-адрес компьютера можно через панель управления Windows — пункт "Центр управления сетями и общим доступом", далее — "Подключение по локальной сети". В открывшемся окне "Подключение по локальной сети - свойства" выбрать пункт "Протокол Интернета 4 (TCP/IP)" и нажать кнопку "Свойства", в открывшемся окне списать IP-адрес и маску подсети



Окно свойств подключения компьютера к сети

Вызов свойств подключения компьютера к сети

Далее необходимо настроить сетевые свойства ZET-устройства. Для этого запустить программу [Диспетчер устройств ZET](#) из меню "Сервисные" панели ZETLAB и, щелкнув правой кнопкой "мыши" по названию устройства, выбрать в появившемся контекстном меню пункт "Свойства".



Вызов окна свойств ZET-устройства

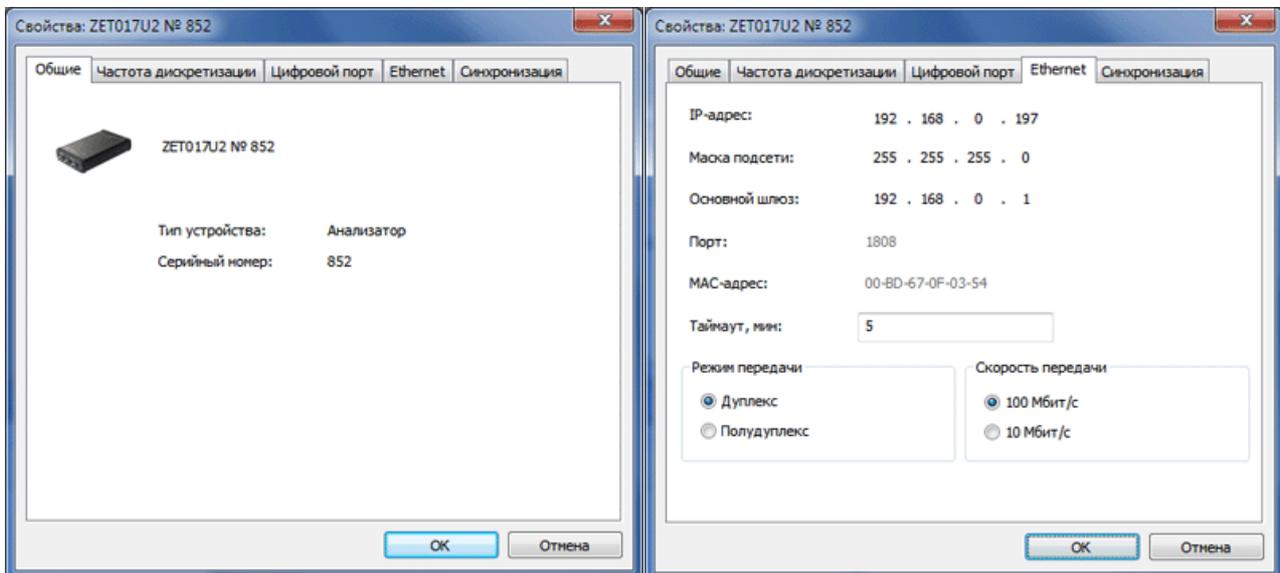
Окно свойств устройства открывается на вкладке "Общие". Для задания сетевых параметров необходимо перейти на вкладку "Ethernet". Установить IP-адрес и маску подсети так, чтобы компьютер и настраиваемое устройство были в одной группе.

Допустим, мы имеем следующие параметры сети:

- IP-адрес используемого в работе компьютера: 192.168.0.23;
- Маска подсети: 255.255.255.0;
- Основной шлюз: 192.168.0.1;

В таком случае для настраиваемого устройства необходимо указать следующие значения:

- IP-адрес: 192.168.0.197 (последнее число адреса может быть и другим, но с начала надо убедиться, что данный IP-адрес не занят другими компьютерами либо иными устройствами);
- Маска подсети 255.255.255.0;
- Основной шлюз 192.168.0.1.



Общие свойства ZET-устройства

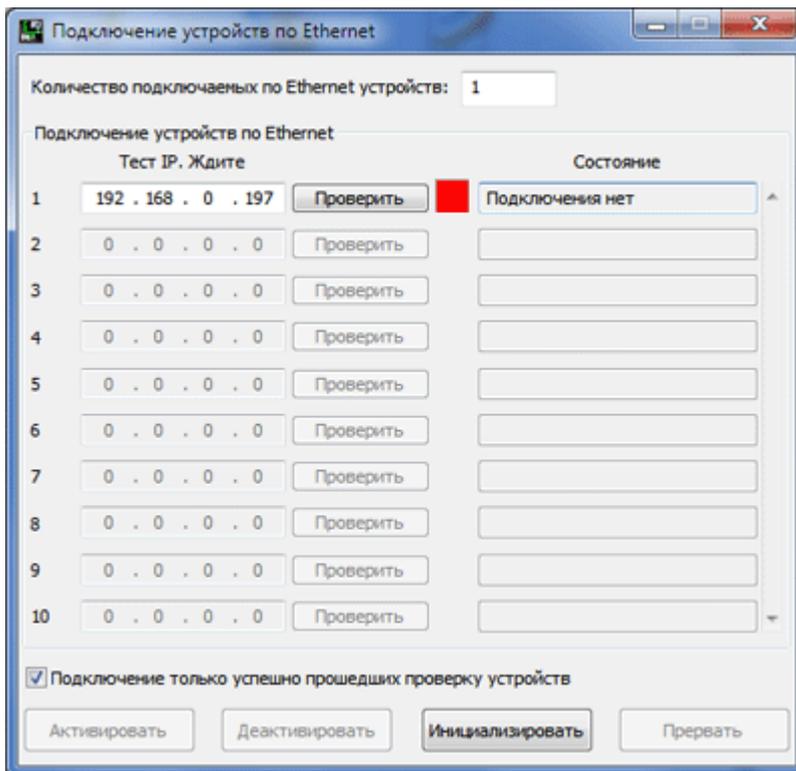
Сетевые настройки ZET-устройства

После сохранения сетевых настроек ZET-устройства его можно отключать от шины USB компьютера и подключить к сети на месте эксплуатации с помощью кабеля Ethernet. Далее необходимо настроить подключение по Ethernet на компьютере, находящимся в той же сети.

Настройка подключения устройств ZET по локальной сети

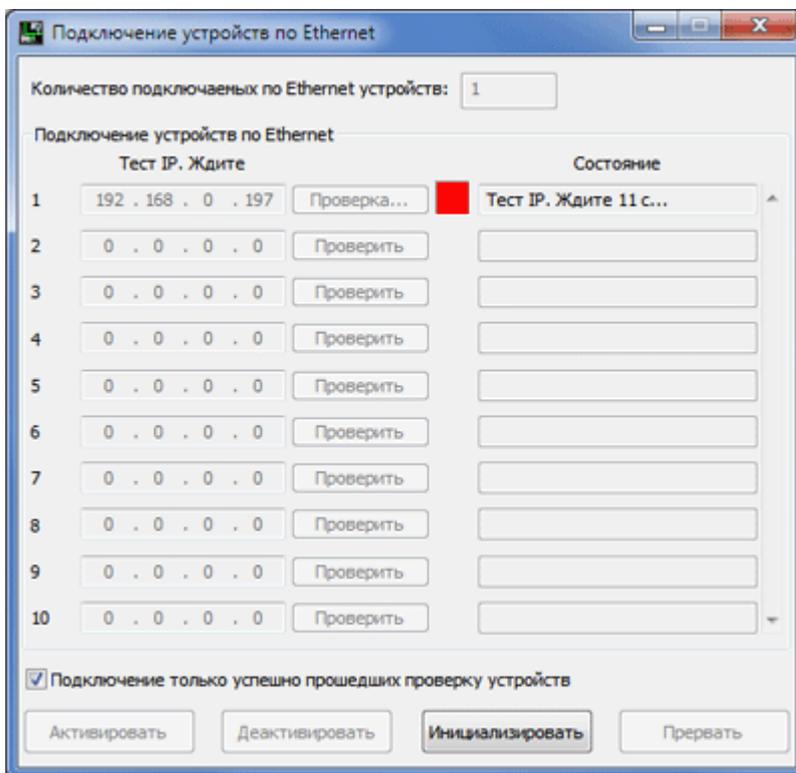
Для настройки подключения устройства ZET к компьютеру по локальной сети необходимо запустить программу "Подключение по Ethernet" из меню "Сетевые" панели ZETLAB.

Далее необходимо указать количество подключаемых по Ethernet устройств и указать их IP-адреса.



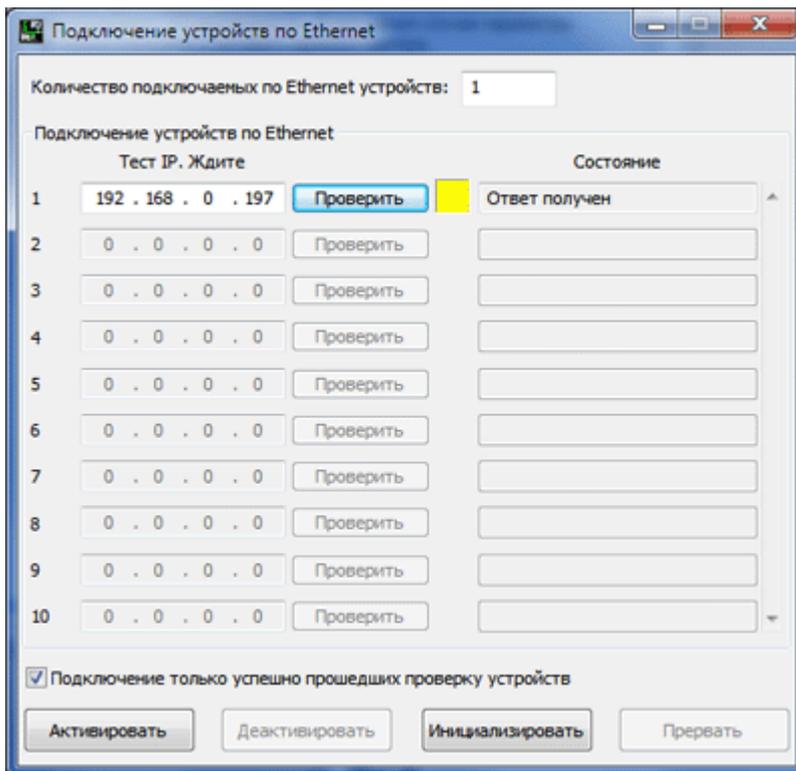
Шаг 1: указать IP-адрес ZET-устройства

Далее необходимо нажать кнопку "Проверить" справа от IP-адреса устройства, с которым осуществляется соединение.



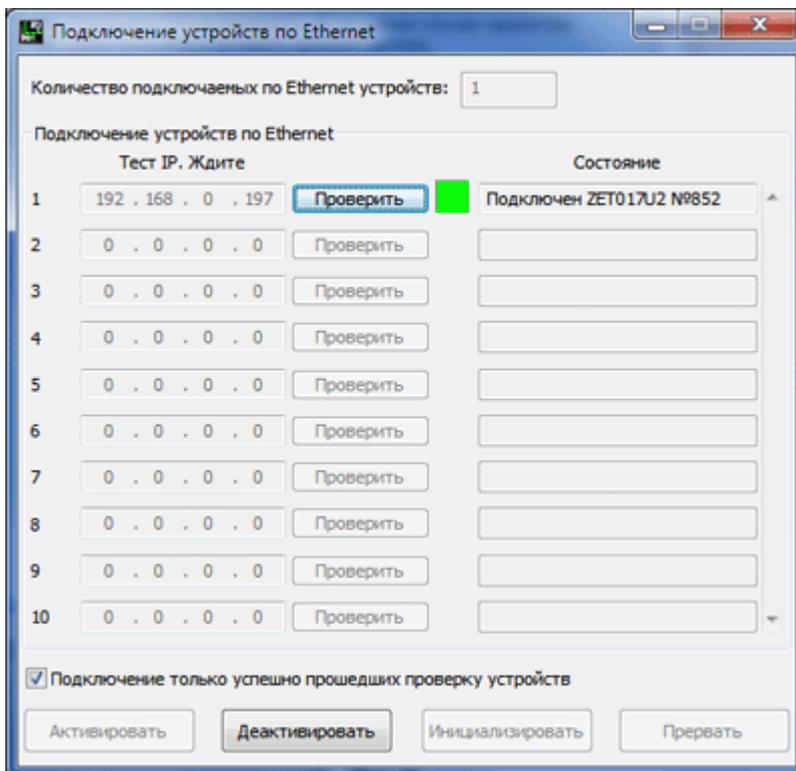
Шаг 2: Нажать кнопку "Проверить" и дождаться окончания проверки

Когда получены ответы от всех устройств, с которыми планируется вести работу по сети, можно инициализировать связь с ними (кнопка "Инициализировать").



Шаг 3: Инициализировать подключение при получении ответа

При успешной инициализации устройств права от IP-адреса отобразится его обозначение и номер и измерительные каналы появятся в списке каналов ZET-сервера.



Устройство готово к работе по локальной сети

О работе с ПО ZETLAB

В данном разделе будут рассмотрены общие вопросы работы с программным обеспечением **ZETLAB**: настройки измерительных каналов, настройки программ и т.п.

Многие ZET-приборы являются универсальными устройствами и при решении конкретной задачи возникает вопрос правильной настройки измерительных каналов. Кроме того, получаемые результаты напрямую зависят от настроек программ. Описания параметров программ приводятся в разделах, посвященных каждой конкретной программе, а в данной главе рассматриваются общие принципы, такие как время усреднения данных, частота дискретизации сигнала и т.п.

Приступая к работе

Программное обеспечение **ZETLAB** предназначено для обработки сигналов, регистрируемых измерительным оборудованием **ZET** с различных первичных преобразователей (датчиков).

Работа с программным обеспечением **ZETLAB** начинается с:

- изучения эксплуатационной документации на ПО, измерительные приборы и датчики,
- установки ПО,
- подключения датчиков к измерительному прибору и измерительного прибора к ПК,
- настройки измерительных каналов,
- настройки программы.

Описание установки ПО **ZETLAB** и требования к ПК приведены в разделе 2 настоящего руководства "[Установка ПО ZETLAB](#)".

Подключение датчиков к измерительному прибору рассматривается в описаниях программ измерения, таких как "Термометр термопары", "Термометр термосопротивления", "Тензометр", а также на нашем сайте <http://zetlab.ru> и в руководствах по эксплуатации на измерительные приборы и датчики.

Настройка ПО при подключении измерительного прибора к ПК рассматривается в разделе "[Подключение приборов](#)" настоящего руководства. Порядок подключения измерительного прибора к ПК рассматривается в руководстве по эксплуатации на прибор.

Итак, документация изучена, датчики установлены в местах измерений, подключены к приборам, приборы подключены к компьютеру. С чего начать измерения?

Для получения результатов необходимо:

1. Настроить измерительный прибор, как минимум требуется подобрать подходящую частоту дискретизации сигнала - см. подраздел "[Время усреднения данных и частота дискретизации сигналов](#)" настоящего документа. Частота дискретизации задается в программе [Диспетчер устройств ZET](#).
2. Далее требуется настроить измерительные каналы. Настройки измерительных каналов зависят от типа подключенного датчика и типа программы, которая будет использоваться для измерений. Например, для вибродатчиков указывается коэффициент преобразования и единицы измерений - измерения программой "Виброметр" осуществляются с учетом этих данных. То же самое касается датчиков оборотов, датчиков перемещений - в настройках измерительных каналов указываются чувствительность (коэффициент преобразования) и единицы измерений согласно паспорту. А при подключении датчиков силы, термометров и т.п. все настройки задаются в программах измерения, а параметры измерительных каналов должны оставаться заданными по умолчанию. Настройки измерительных каналов задаются в программе [Диспетчер устройств ZET](#).
3. Выбрать программу для анализа или измерения. При необходимости провести предварительную обработку сигналов, например, фильтрацию. Для записи результатов может использоваться самописец.

О питании датчиков

Питание некоторых датчиков обеспечивается внешним источником, например, при подключении датчиков к платам АЦП/ЦАП через усилитель ZET 410/412 используются встроенные источники тока и источники напряжения усилителя.

Датчики стандарта ICP подключаются к анализатору спектра и в настройках измерительных каналов устанавливается флаг ICP.

При запитывании датчиков также может использоваться генератор измерительного прибора (выход ЦАП). Управление этим генератором осуществляется с помощью программы "Генератор сигналов различной формы".

Примечание: не все ZET приборы имеют ЦАП.

Рекомендуем

Программы **ZETLAB** могут запускаться непосредственно из директории их установки (по умолчанию "C:\ZETLab") или из панели управления **ZETLAB**.

Панель управления **ZETLAB** позволяет не только быстро запустить нужный виртуальный прибор, но и имеет множество полезных функций, таких как сохранение проектов (особенно актуально, когда работа ведется с большим количеством программ). Поскольку панель **ZETLAB** не является измерительным прибором, пользователи обходят своим вниманием ее описание, и в результате упускают из вида некоторые удобные функции.

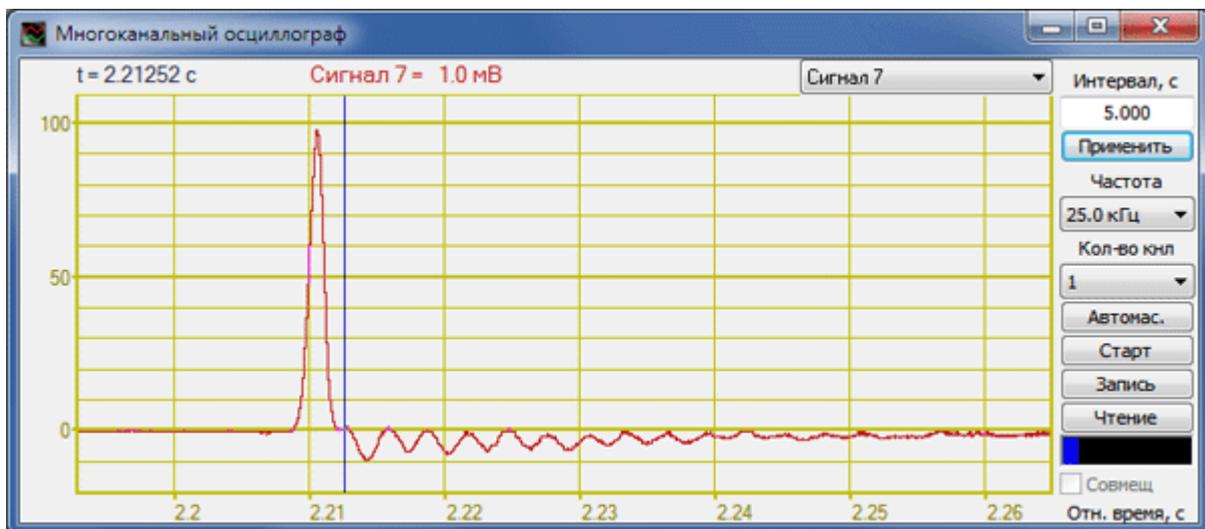
Время усреднения данных и частота дискретизации сигналов

В большинстве программ **ZETLAB** встречается такой параметр, как время усреднения данных. На что он влияет и с чем связан? Установленное время усреднения напрямую влияет на получаемый результат измерений и неразрывно связан с частотой дискретизации сигнала.

Параметры измерений напрямую связаны с изменением обрабатываемого сигнала во времени. В целом различают:

- быстро протекающие процессы (взрывы, ударные воздействия) или высокочастотные
- медленно протекающие процессы (изменение температуры на улице) или низкочастотные
- сверхмедленно протекающие процессы (сейсмические воздействия).

Сравним 2 сигнала: один получен при испытаниях изделий на ударной установке, другой при мониторинге температуры в помещении. Для анализа сигнала удара развертка по оси времени составляет 0,07 секунд. Сигнал температуры в офисном помещении за такое время едва ли заметно изменится. Из приведенных примеров очевидно, что анализ разных сигналов необходимо проводить в разные интервалы времени.



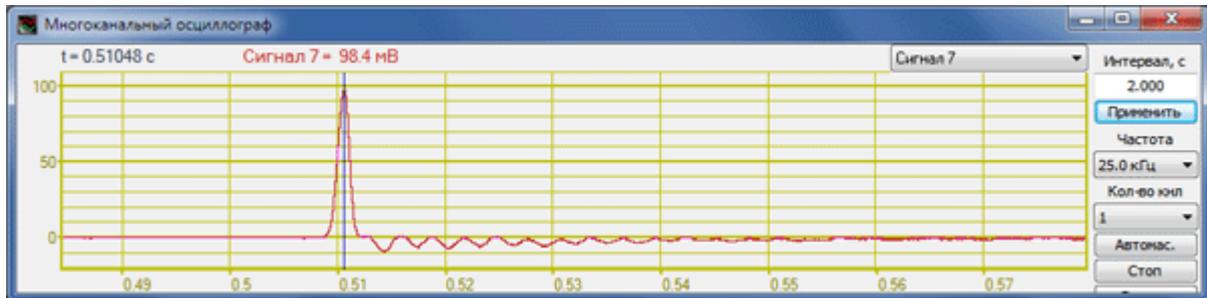
Осциллограмма сигнала удара, интервал отображения 0,07 секунд



Осциллограмма сигнала температуры, интервал отображения 5000 с

Но ни одна программа не даст достоверных результатов, если исходный сигнал имеет недостаточную или, наоборот, избыточную степень детализации.

На рисунках ниже приведен пример отображения одного и того же сигнала удара с разной частотой: 25 кГц и 250 Гц. Неоруженным глазом видно, что второй вариант представления сигнала для анализа не пригоден.

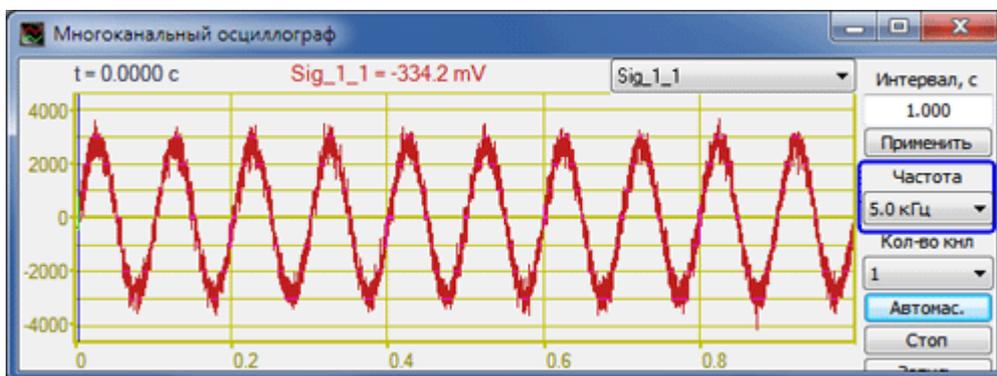


Отображение сигнала удара с частотой 25 кГц

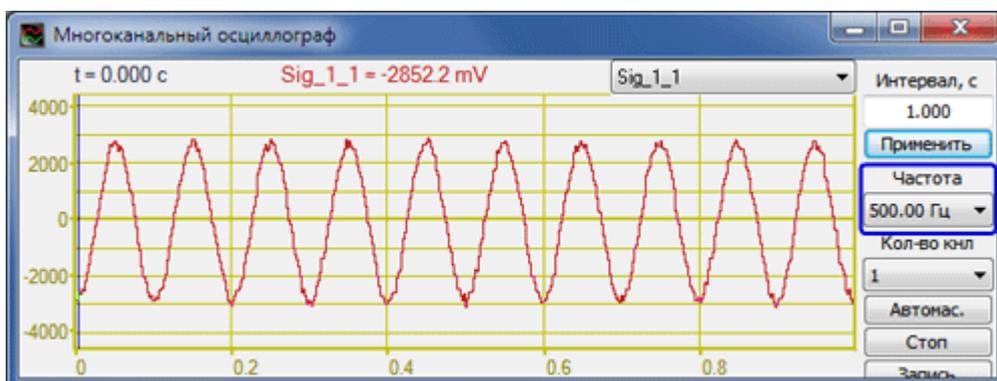


Отображение сигнала удара с частотой 250 Гц

На рисунках ниже представлен пример отображения одного и того же сигнала (синусоидальный сигнал с большим уровнем шума) с разной частотой: 5 кГц и 500 Гц. Поскольку частота самого сигнала составляет 10 Гц, частоты представления 500 Гц вполне достаточно: на один период сигнала приходится 50 точек ($500/10=50$). А вот анализ сигнала с частотой представления 5 кГц является избыточным.



Отображение сигнала с частотой 5 кГц



Отображение сигнала с частотой 500 Гц

Приведенные выше примеры получены с помощью программы "Многоканальный осциллограф" и

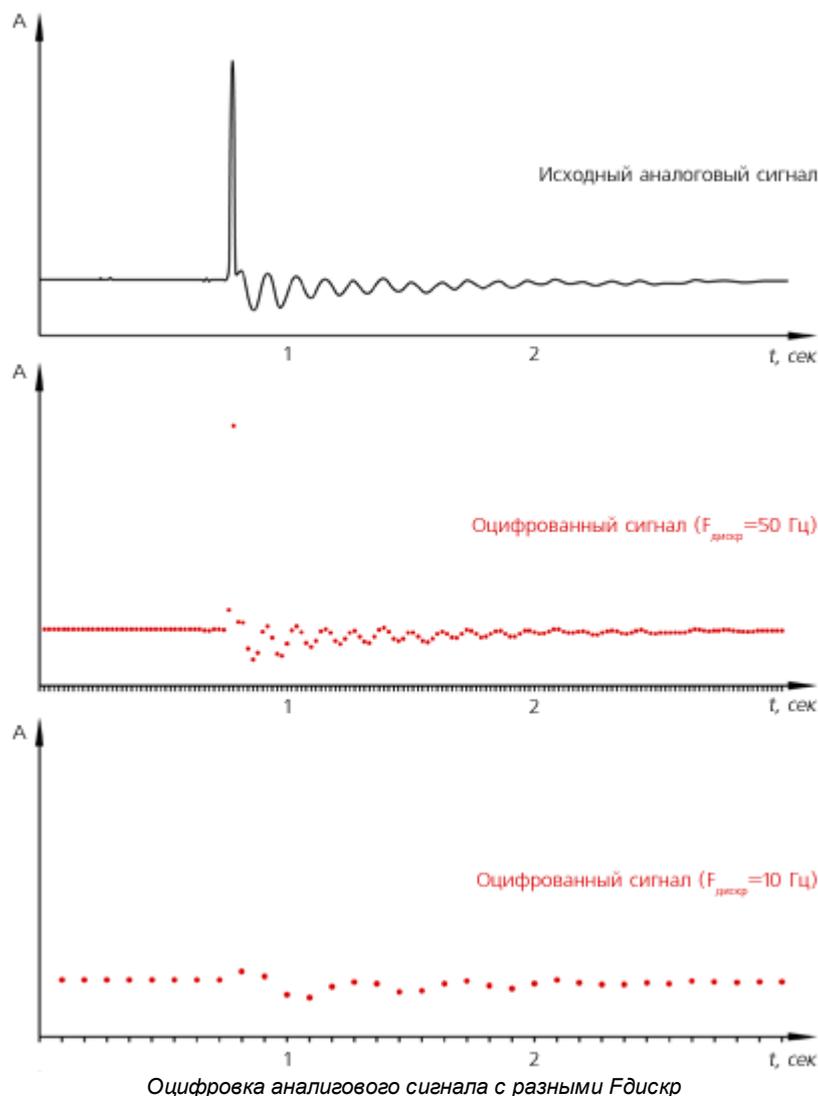
являются лишь наглядной демонстрацией влияния временных и частотных параметров на результат. Изменяемая в программе "Многоканальный осциллограф" частота представления сигнала влияет лишь на отображаемые данные, и зависит от частоты дискретизации сигнала. Не все программы **ZETLAB** имеют параметр *Частота представления*, но результат работы любой программы зависит от частоты дискретизации сигнала.

Частота дискретизации сигнала

Начнем с того, что программы **ZETLAB** предназначены для обработки оцифрованных сигналов. Аналоговый сигнал с датчика оцифровывается измерительным прибором и полученный цифровой сигнал формируется в виде канала сервера данных ZETSERVER. Канал данных представляет собой мгновенные отсчеты сигнала - определенное количество в секунду. Количество отсчетов в секунду называется частотой дискретизации F_{ADC} и задается для измерительного прибора в программе

[Диспетчер устройств ZET](#).

На рисунках ниже приводится пример оцифровки одного и того же сигнала с разными частотами дискретизации. Пример наглядно демонстрирует, что частота дискретизации при оцифровке сигнала должна быть достаточной для анализа исследуемого процесса.



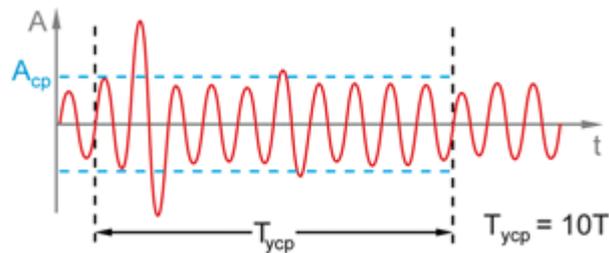
Общее правило при выборе частоты дискретизации: чем быстрее протекает процесс, чем выше должна быть частота дискретизации.

Частотный диапазон

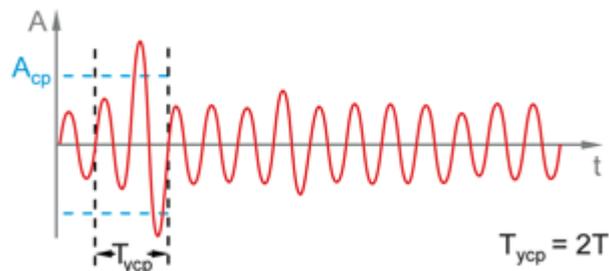
Поскольку сигналы оцифровываются с определенной частотой дискретизации, их анализ может проводиться в ограниченном диапазоне частот. Значения параметров сигнала могут быть вычислены программами, если на период сигнала приходится не менее 2-3-х точек. Например, при частоте дискретизации сигнала 25 кГц возможен анализ в диапазоне до 10 кГц.

Время усреднения данных

Оцифрованный сигнал представляет собой последовательность мгновенных значений сигнала. И на данном этапе из всех временных параметров измерений имеется только один - частота дискретизации, т.е. количество точек в секунду. При вычислении какого-либо параметра сигнала появляется другой параметр - время усреднения данных. На рисунках ниже приведен пример расчета СКЗ (среднеквадратичное значение сигнала) с усреднением, равным двум периодам сигнала T , и с усреднением, равным десяти периодам сигнала T . Необходимо подбирать время усреднения в соответствии с решаемой задачей. Если требуется сглаживание помех, то рекомендуется увеличить время усреднения данных при измерениях. При исследованиях переходных процессов, наоборот, требуется высокая степень детализации и быстрое усреднение.



Вычисление СКЗ за время, равное 10 периодам сигнала



Вычисление СКЗ за время, равное 2 периодам сигнала

Элементы управления

Программы **ZETLAB** имеют интуитивно понятный интерфейс, удобную систему управления. При разработке программ **ZETLAB** учитываются общепринятые стандарты и обозначения, что делает работы с ними простой и удобной

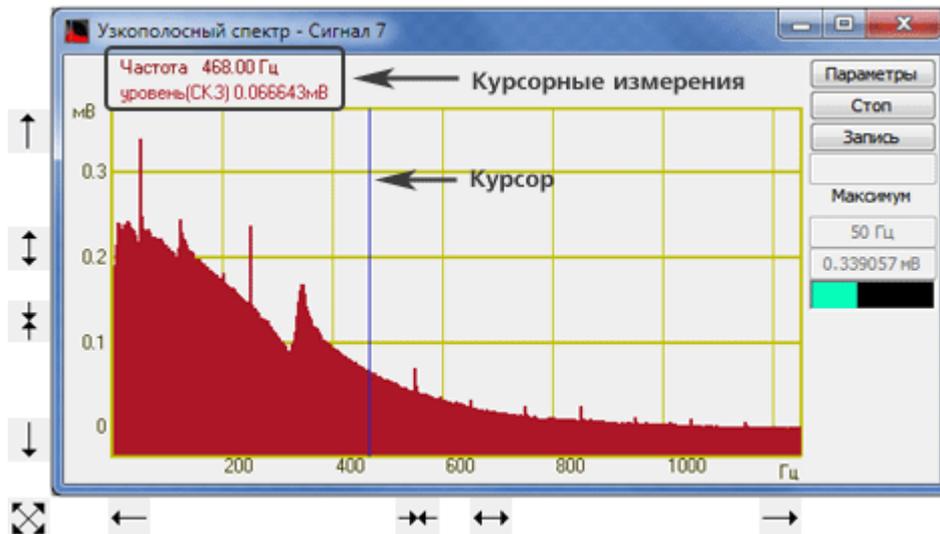
В данном разделе будет описана работа с элементами управления программ **ZETLAB**.

1 Управление курсором и масштабирование графиков

Программы **ZETLAB**, имеющие поле для отображения результатов в графическом виде, также имеют удобную систему масштабирования графиков и управления курсором.

Курсорные измерения

В легенде каждого графика отобразится значение графика в положении курсора



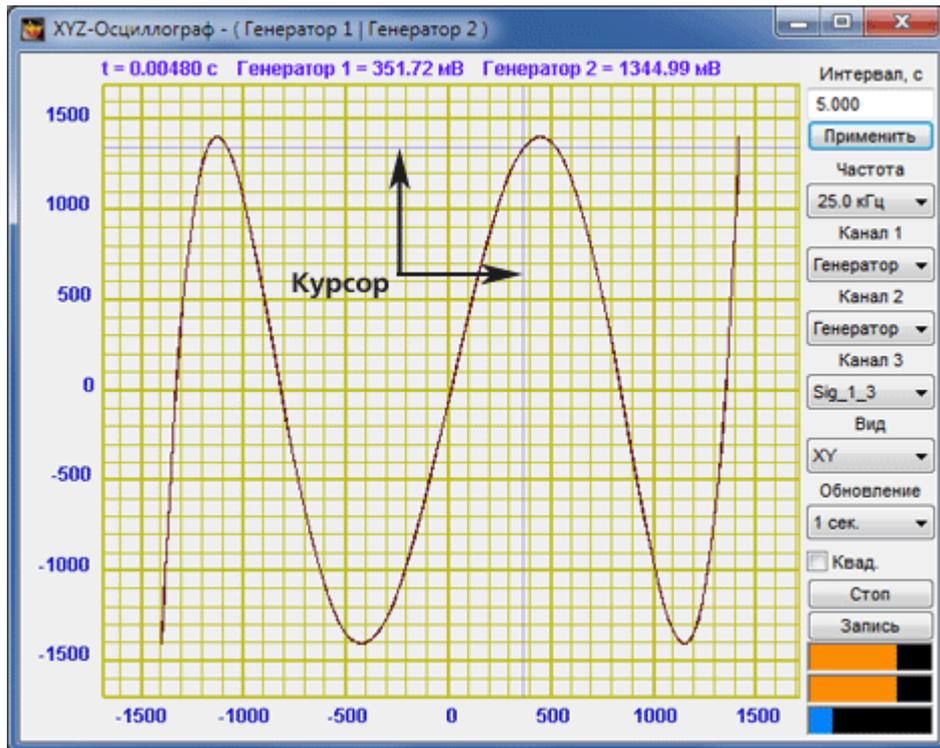
Узкополосный спектр, управление курсором и масштабирование графиков

Перемещение курсора

Перемещение курсора графика на нужное время или нужную частоту осуществляется несколькими способами:

- подвести указатель «мыши» на нужное значение, нажать, и удерживая нажатой левую кнопку «мыши», дождаться пока курсор графика (вертикальная линия) не сравняется с установленным указателем «мыши». При нажатой и удерживаемой левой клавише «мыши» курсор графика будет следовать за перемещением указателя «мыши» по графику;
- при активном окне программы нажать левой кнопкой «мыши» на поле графика, и, при помощи ролика «мыши», перемещать курсор графика;
- при активном окне программы перемещение курсора влево осуществляется нажатием и удерживанием кнопки клавиатуры <A> (в латинской раскладке), вправо – <D>;
- при активном окне программы перемещение курсора вверх осуществляется нажатием и удерживанием кнопки клавиатуры <W> (в латинской раскладке), вниз – <S>.

В программах **XYZ-Осциллограф** и **XYZ-Плоттер** перемещение курсоров для плоскостей XT, YT и ZT осуществляется как описано выше. Перемещение курсора графика на нужное значение для плоскостей XY, YZ, XZ осуществляется следующим способом подвести указатель «мыши» на нужное значение, нажать, и удерживая нажатой левую кнопку «мыши», дождаться пока курсор графика (перекрещенные горизонтальная и вертикальная линии) не сравняется с установленным указателем «мыши». При нажатой и удерживаемой левой клавише «мыши» курсор графика будет следовать за перемещением указателя «мыши» по графику.



XYZ-Осциллограф

Масштабирование графика

Масштабирование числовых осей осуществляется при помощи манипулятора «мышь». При перемещении указателя «мыши» вдоль числовых значений осей указатель «мыши» будет принимать внешний вид в соответствии с предполагаемым действием масштабирования графика. После установки указателя нажать левой кнопкой «мыши», либо прокрутить ролик:

- растяжение или сжатие графика происходит при помощи указателей принявших вид: , – для горизонтальной оси и , – для вертикальной оси;
- сдвинуть график вправо/влево или вверх/вниз можно при помощи указателей принявших вид: , – для горизонтальной оси и , – для вертикальной оси;
- если поместить указатель «мыши» на пересечение числовых осей, то он примет вид . При нажатии левой клавиши «мыши» при указателе такого вида происходит автомасштабирование по оси уровня сигнала.

В программах **XYZ-Осциллограф** и **XYZ-Плоттер** в трехмерном виде (XYT, XZT, YZT и XYZ), а также в **3D-спектрограммах** сигнал (отношение сигналов) можно визуально рассматривать с любой стороны, вращая его вокруг трех взаимоперпендикулярных осей. Вращение вокруг трех взаимоперпендикулярных осей осуществляется следующим образом – нажимая и удерживая левую кнопку «мыши», перемещая ее по полю графика вращать график вокруг любой из осей.

Увеличение или уменьшение вида XYT, XZT, YZT и XYZ осуществляется вращением ролика «мыши».

Двойное нажатие левой кнопки «мыши» по графическому полю вида XYT, XZT, YZT и XYZ возвращает график в исходное положение по отношению к осям и масштабу.

2 Интегральный уровень сигнала

Индикатор  показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку соответствующего канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня, индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

3 Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы

Результаты измерений программ **ZETLAB**, отображаемые в графическом виде, могут быть скопированы в текстовые редакторы.

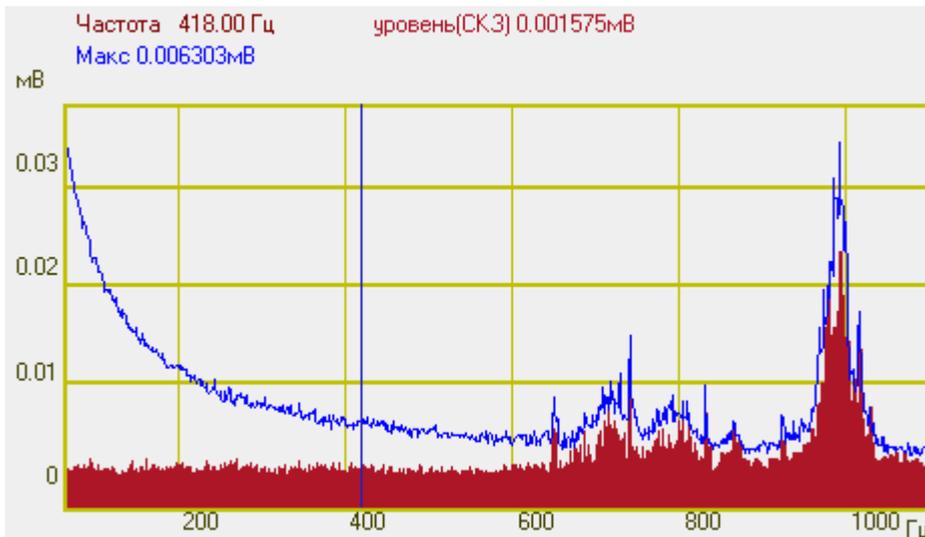
Копирование графика

Для копирования графика нажать левой кнопкой «мыши» на поле графика и нажать комбинацию «горячих клавиш» клавиатуры <Ctrl> + <C>. График запишется в буфер обмена (*Clipboard*). Вставить график в любой открытый документ Microsoft Word или Excel можно нажатием «горячих клавиш» клавиатуры <Ctrl> + <V>, или нажатием на правую кнопку «мыши» и выбором в появившемся меню команды *Вставить*.

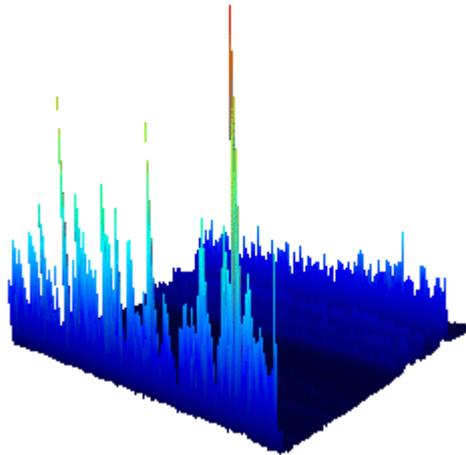
На рисунках ниже представлены примеры копирования графиков узкополосного спектра, 3D-спектрограммы и формы сигналов.



Копирование графика осциллографа



Копирование графика спектра



Копирование графика спектрограммы

Копирование сопроводительной информации

Для копирования сопроводительной информации нажать левой кнопкой «мыши» на поле графика программы и нажать на кнопку клавиатуры <T> (в латинской раскладке клавиатуры). Вставить эту информацию в любой открытый текстовый документ можно нажатием «горячих клавиш» клавиатуры <Ctrl> + <V>, или нажатием на правую кнопку «мыши» и выбором в появившемся меню команды *Вставить*.

Сопроводительная информация имеет следующую структуру: в первой строке пишется заголовок окна; во второй и последующих строках – измеряемые величины в положении курсора, т.е. легенда графика.

Пример 1: Узкополосный спектр с дополнительным графиком "Максимальный"

Узкополосный спектр - Сигнал 9	
Частота	449.64 Гц
уровень(СКЗ)	0.001131мВ
Макс	0.004890мВ

Пример 2: Многоканальный осциллограф

Многоканальный осциллограф	
t =	0.436 с
Сигнал 9 =	-8.030 мВ

Копирование численных значений

Для копирования численных значений видимой части графика нажать левой кнопкой «мыши» на поле графика и нажать на кнопку клавиатуры <N> (в латинской раскладке клавиатуры). Вставить эту информацию в любой открытый текстовый документ можно нажатием «горячих клавиш» клавиатуры <Ctrl> + <V>, или нажатием на правую кнопку «мыши» и выбором в появившемся меню команды *Вставить*.

Вставленная информация в текстовый документ будет иметь следующую структуру: сначала идет сопроводительная информация, в следующих строках будут располагаться значения графиков (в первом столбце - значения по оси абсцисс, в последующих - соответствующие значения графиков).

При копировании и вставки численных значений графиков в документы Excel, возможна обработка этой информации и построение графиков.

Пример 1: Узкополосный спектр с дополнительным графиком "Максимальный"

Узкополосный спектр - Сигнал 1
 Частота 950.0 Гц
 уровень(СКЗ) 0.010361мВ
 Макс -1000.000000мВ

10 0,109256 -1000
 20 0,093899 -1000

Пример 2: Многоканальный осциллограф, режим совмещенного отображения 3-х сигналов

Многоканальный осциллограф
 t = 0.4260 с
 Сигнал 1 = 4.8 мВ
 Сигнал 2 = -37.7 мВ
 Сигнал 3 = -11.9 мВ

0,000000	4,535515	47,064354	56,736637
0,000400	4,497148	41,935211	52,541870
0,000800	4,495026	38,754341	50,536747
...			

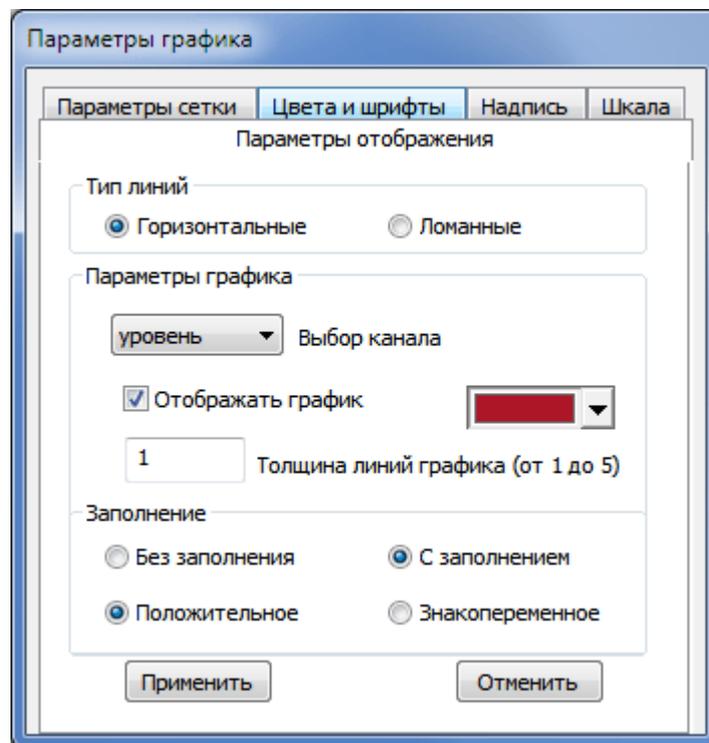
4 Настройка внешнего вида графиков

При нажатии на правую кнопку «мыши» на поле графика в программах

- Узкополосный спектр,
- Долеоктавный спектр,
- Взаимный узкополосный спектр,
- Взаимный долеоктавный спектр,
- Взаимный корреляционный анализ,
- Гистограмма

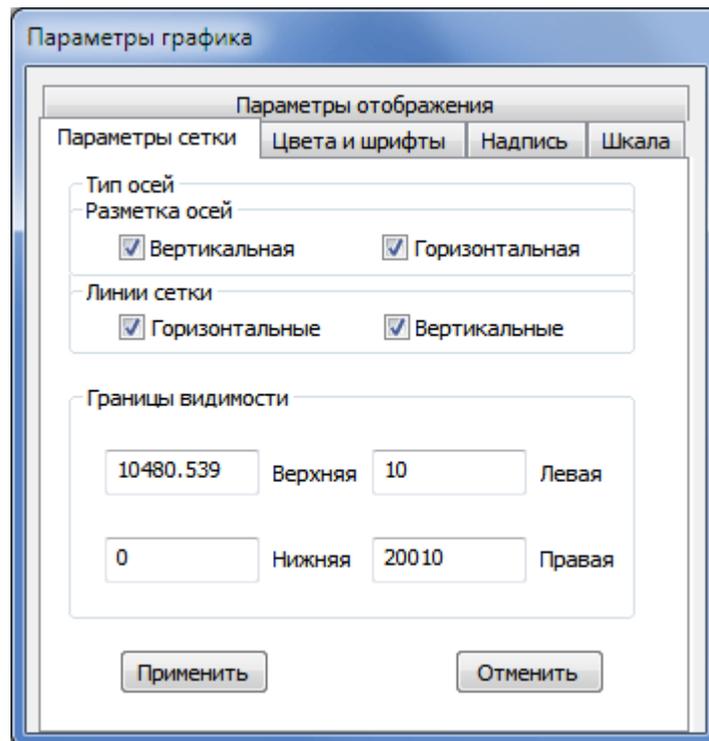
появляется дополнительное окно **Параметры графика**.

На вкладке *Параметры отображения* настраиваются тип линий и параметры графика. Типы линий графиков могут быть в виде горизонтальных (ступенек) или ломаных линий. В этой вкладке также устанавливаются параметры отображения каждого из графиков, цвет, толщина, заполнение (закрашивание) области графика.



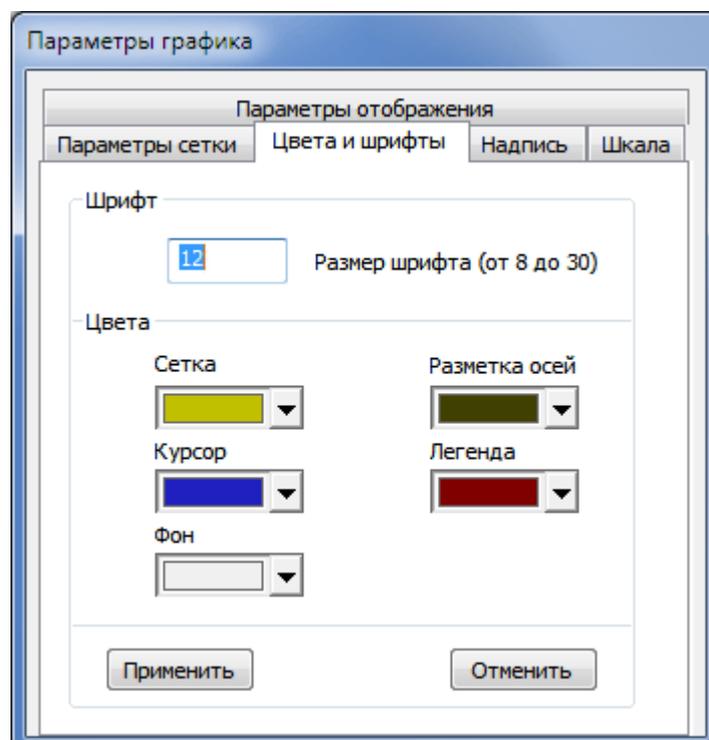
Параметры отображения

На вкладке *Параметры сетки* можно включать или отключать отображение горизонтальной и вертикальной разметки осей и линий сетки. В этой вкладке также задается область видимости (область отображения) графиков: верхняя, нижняя, правая и левая границы графиков.



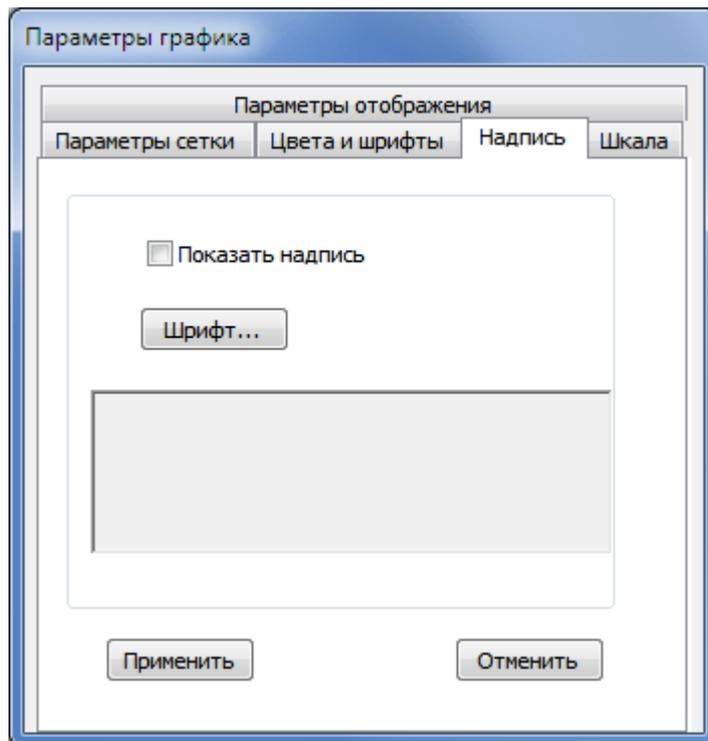
Параметры сетки

На вкладке *Цвета и шрифты* можно изменять размер шрифта числовых значений осей и измеряемых величин. В этой вкладке также задается цвет сетки, курсора, фона, разметки осей, легенды.



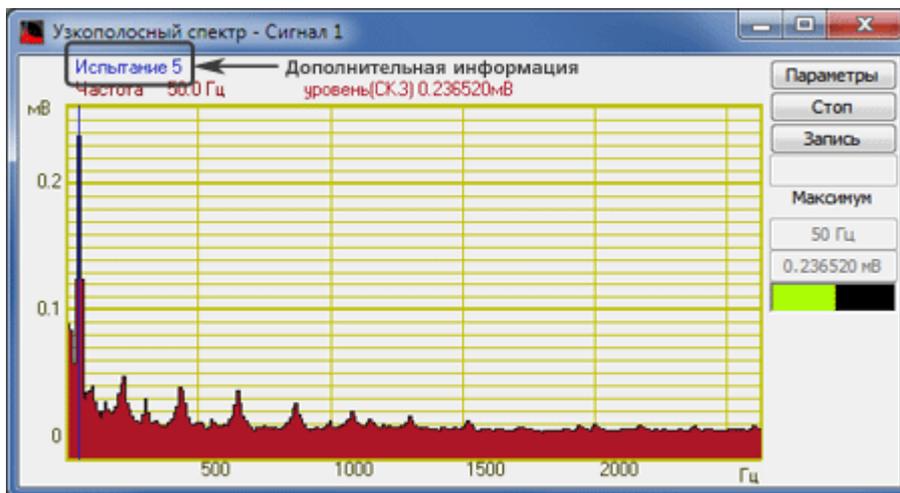
Цвета и шрифты

На вкладке *Надпись* можно записать дополнительную текстовую информацию, которая будет отображаться при копировании и вставки графика спектра в текстовый документ. Для записи этой информации необходимо поставить флажок Показывать надпись, выбрать необходимый шрифт для ввода и в поле ввода надписи набрать текст.



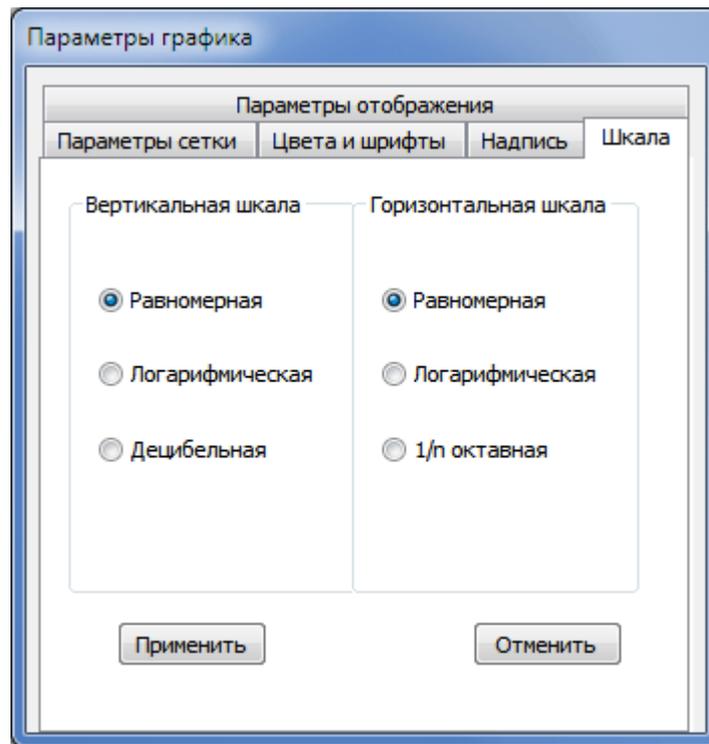
Надпись

На рисунке ниже показано окна программы **Узкополосный спектр** с дополнительной информацией.

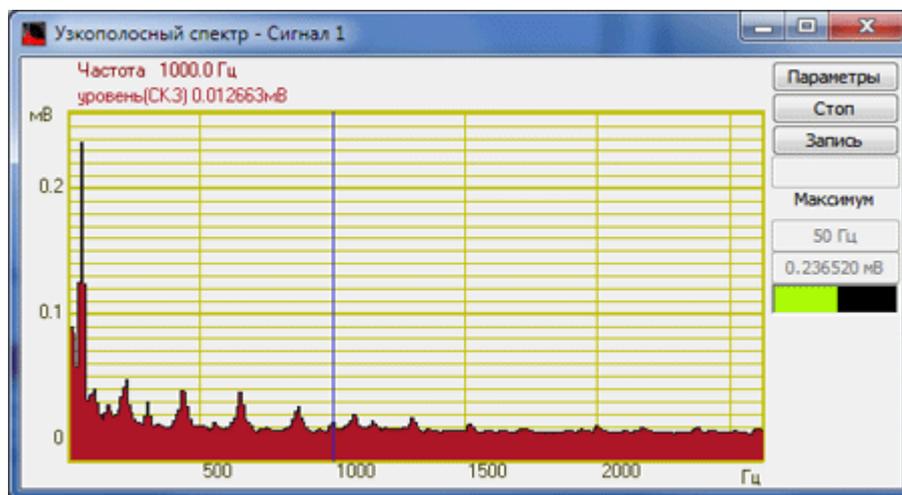


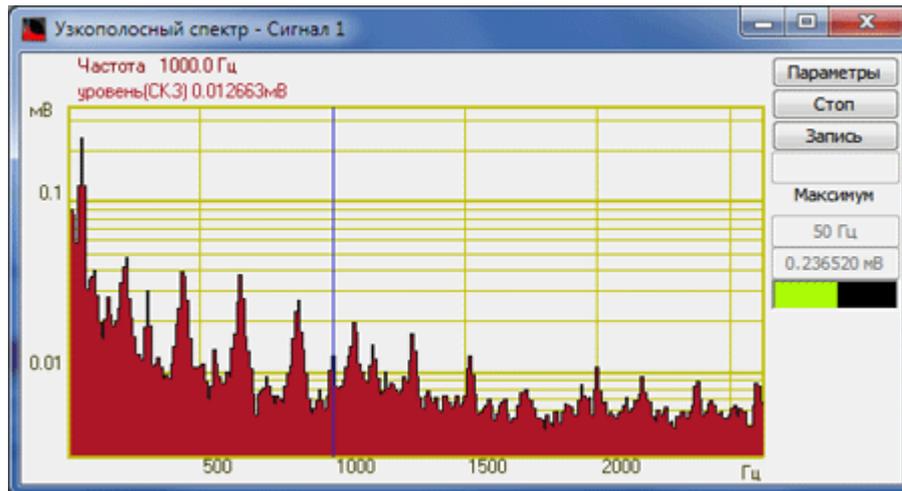
Окно "Узкополосный спектр" с дополнительной информацией

На вкладке *Шкала* можно выбрать тип представления горизонтальной и вертикальной шкал.

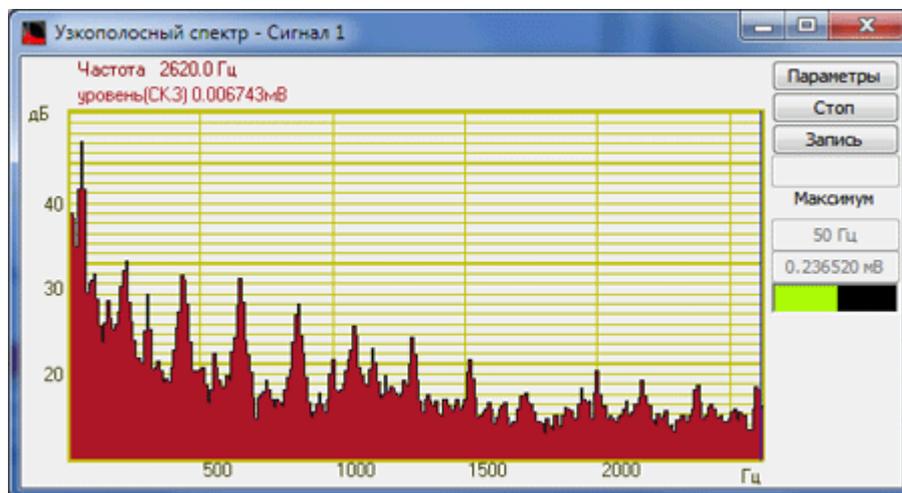
*Шкала*

Вертикальная шкала может быть представлена в равномерном, логарифмическом или децибельном виде. При отображении шкалы в децибельном виде используется опорное значение для выяснения уровня сигнала в дБ, указанное в параметрах измерительного канала. При этом значения графика не изменяются - изменяются только подписи по оси ординат. На рисунках ниже представлен спектр одного и того же сигнала в разных развертках по оси ординат.

*Вертикальная шкала: равномерная*

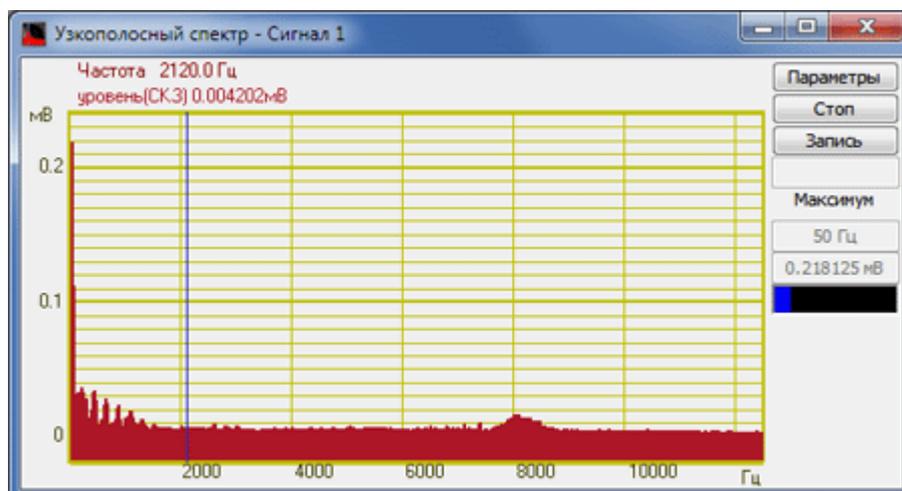


Вертикальная шкала: логарифмическая

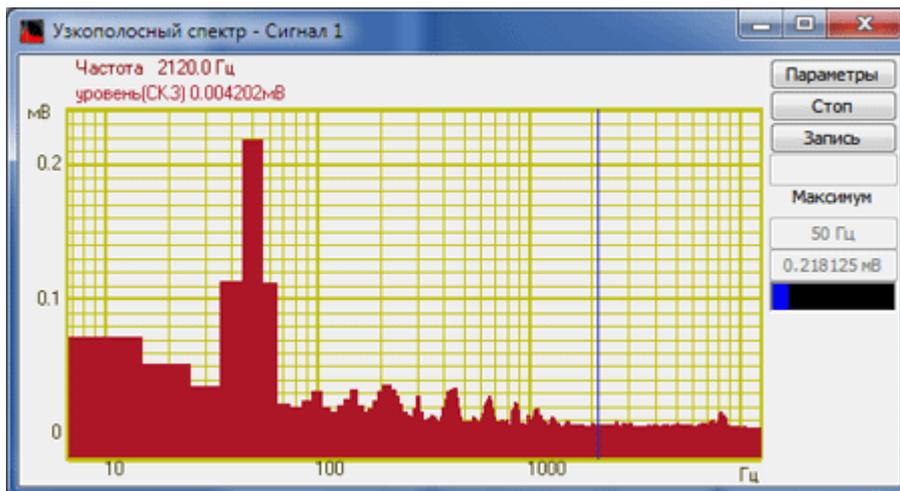


Вертикальная шкала: децибелльная

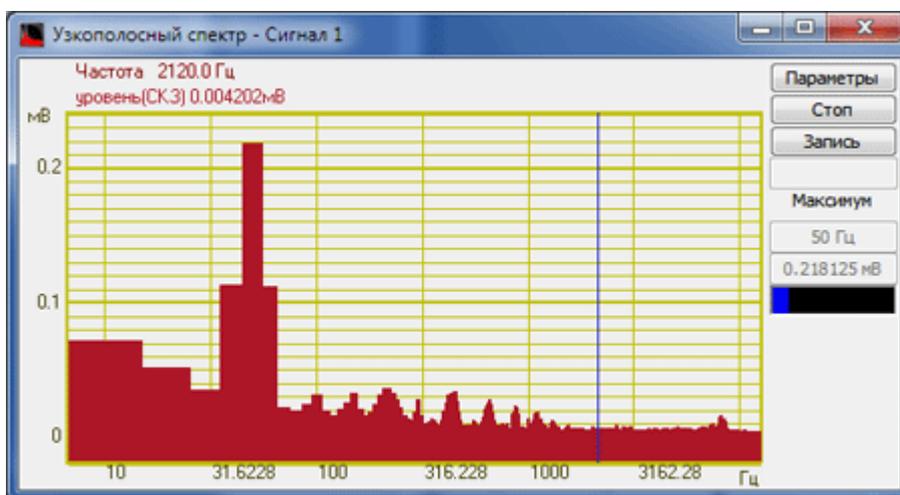
Горизонтальная шкала может быть представлена в равномерном, логарифмическом или 1/п-октавном (долектавном) виде. При выборе неравномерной шкалы абсцисс значения не изменяются- изменяется только масштаб представления и/или подписи по оси. На рисунках ниже представлен спектр одного и того же сигнала в разных развертках по оси абсцисс.



Горизонтальная шкала: равномерная



Горизонтальная шкала: логарифмическая



Горизонтальная шкала: 1/n октавная

Сохранение измененных настроек осуществляется нажатием на кнопку *Применить*, при этом окно **Параметры** закрывается, а выбранные настройки вступят в силу.

Выход из окна **Параметры** без сохранения настроек осуществляется нажатием на кнопку *Отменить*, либо на кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна, либо нажатием любой кнопкой «мыши» на любое место экрана, не занимаемое окном **Параметры**.

Панель управления ZETLAB

Панель управления **ZETLAB** - это программа, позволяющая быстро найти нужный инструмент в виртуальной лаборатории **ZETLAB**. Панель управления **ZETLAB** также предоставляет пользователю средства для удобной работы: прямой доступ к записанным файлам и настройкам, функции авторазмещения окон программ и сохранения рабочих проектов, возможность работать в многоэкранном интерфейсе.

В процессе установки программного обеспечения **ZETLAB** на рабочем столе и в меню Пуск ОС Windows создается ярлык для запуска панели **ZETLAB**:



При запуске панели управления **ZETLAB** она располагается в верхней части рабочего стола ОС Windows, а ее значок - в системном трее.



Панель управления ZETLAB



Значок панели ZETLAB в системном трее

Панель управления **ZETLAB** представляет собой горизонтальную панель с главным меню, меню запуска различных программ и меню работы в многоэкранном интерфейсе:



Главное меню

Меню запуска программ ZETLAB

Меню запуска SCADA проектов

Меню работы в многоэкранном интерфейсе

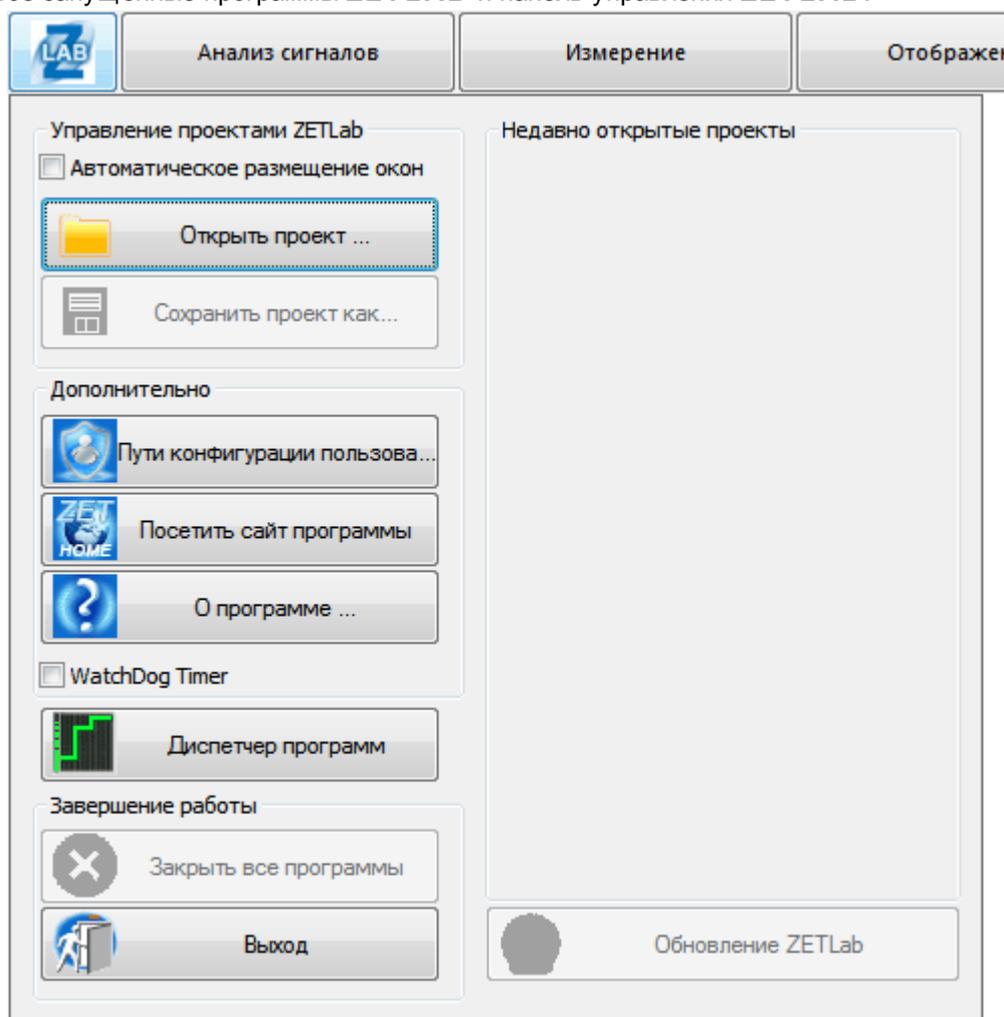
Фрагмент панели ZETLAB

Количество меню запуска программ **ZETLAB** зависит от типа используемого ZET-прибора.

Главное меню панели ZETLAB

Главное меню панели управления ZETLAB позволяет:

- включать/отключать функцию автоматического размещения окон программ ZETLAB,
- сохранять и запускать сохраненные проекты,
- открыть директорию сохранения файлов конфигурации,
- посетить сайт <http://zetlab.ru>
- открыть информацию о программе,
- запустить WatchDog Timer,
- запустить диспетчер программ ZETLAB,
- закрыть все запущенные программы ZETLAB и панель управления ZETLAB.



Панель управления ZETLAB: главное меню

Автоматическое размещение окон

Функция автоматического размещения окон предназначена для автоматического размещения окон запускаемых пользователем программ ZETLAB на экране монитора, что позволяет экономить время при запуске большого числа программ ZETLAB и максимально эффективно использовать все рабочее пространство. В зависимости от количества и типа запускаемых программ их окна размещаются по всей полезной площади экрана монитора.

Существуют 2 типа окон программ:

- автоматически масштабируемые по всей полезной площади (например, программы типа **Многоканальный осциллограф**, **Узкополосный спектральный анализ**);

- имеющие привязку к левому верхнему краю экрана монитора (например, программы типа **Вольтметр переменного тока**, **Генератор сигналов**).

При выключенной функции *Автоматическое размещение окон* окна запускаемых программ располагаются в центре экрана. Пользователь по своему усмотрению может задавать размеры и положение окон программ на рабочем столе ОС Windows.

Функция *Автоматическое размещение окон* включается/отключается в главном меню панели **ZETLAB**.

Проекты ZETLAB

Проект **ZETLAB** - это набор программ **ZETLAB**. при сохранении проектов **ZETLAB** сохраняется не только перечень программ, но также их настройки и размещение.

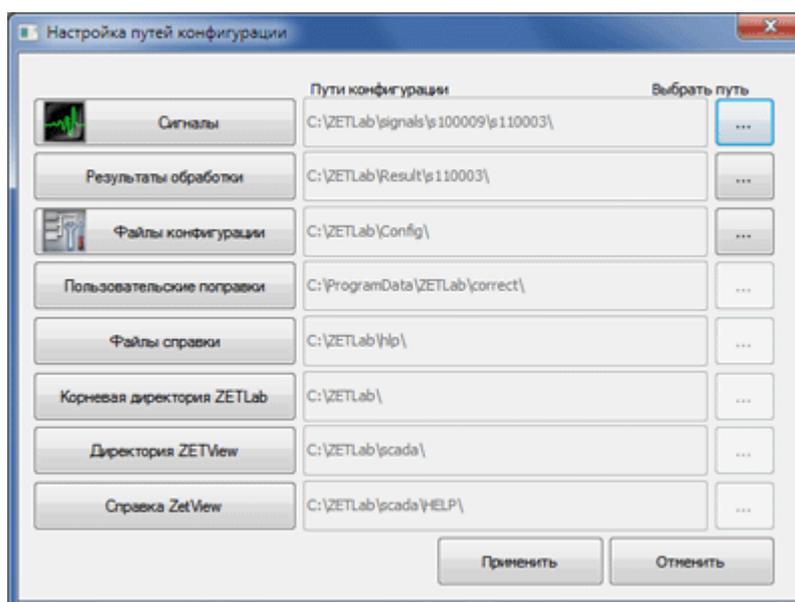
Сохранение проектов **ZETLAB** и последующую их загрузку удобно использовать при большом количестве запущенных программ и настройке этих программ, а также при каждодневных однотипных измерениях. Один раз, запустив все необходимые программы и настроив их должным образом, сохраняется проект **ZETLAB**. В дальнейшем просто достаточно загрузить сохраненный ранее проект и все программы, которые были запущены и настроены перед сохранением проекта **ZETLAB**, будут запущены с такими же настройками и расположением на экране (экранах), как и в момент сохранения этого проекта.

При сохранении проекта все запущенные программы, их настройки и параметры сохраняются в файл с расширением *.zpg. Можно записать несколько различных проектов **ZETLAB** в различные файлы. Проекты **ZETLAB** сохраняются как в одноэкранном, так и в многоэкранном режимах.

Для сохранения проекта необходимо в контекстном меню выбрать команда *Сохранить проект*, после чего откроется окно **Сохранить проект...** В окне **Сохранить проект...** необходимо ввести имя проекта (имя файла) и нажать кнопку *Сохранить*, после чего проект будет сохранен в указанную директорию. По умолчанию имя файла проекта Project_01.zpg. Директория по умолчанию – C:\ZetLab\config\. Пользователь может сам назначать директорию для сохранения проектов, но при каждом новом сохранении проекта **ZETLAB** будет предложена для сохранения директорию по умолчанию.

Файлы конфигурации пользователей

Файлы конфигурации пользователей отображаются в окне **Настройка путей конфигурации**, которая запускается командой *Пути конфигурации* из главного меню панели **ZETLAB**. Путь к файлам отображается в поле *Пути конфигурации*, слева от пути располагается кнопка, позволяющая открыть соответствующую директорию, справа - кнопка, позволяющая ее изменить (выбрать другую папку).



Настройка путей конфигурации пользователей

Директория *Сигналы* предназначена для сохранения файлов сигналов, записываемых программой **Запись сигналов**. Сигналы сохраняются в двоичном виде (файл в формате "ana") с паре файлом-описателем (в формате "apn").

Директория *Результаты обработки* предназначена для сохранения файлов результатов работы программ **ZETLAB**. Файлы сохраняются в формате "dtu" и могут открываться программами **Галерея сигналов** и **Просмотр результатов**, а также любым текстовым редактором.

В директории *Файлы конфигурации* хранятся файлы с настройками программ **ZETLAB**. Это значительно упрощает работу с **ZETLAB**, поскольку не требует от пользователя ежедневной настройки программ - даже при использовании нескольких экземпляров программ, при их последующем запуске каждая программа "помнит" свои настройки.

В директории *Пользовательские поправки* хранятся файлы калибровки измерительных каналов и каналов генераторов используемого ZET-прибора.

Директория *Файлы справки* содержит файл-справку (данное руководство оператора в формате "chm") по программному обеспечению **ZETLAB** и примеры, используемые в данном руководстве оператора.

В *корневой директории ZETLAB* хранятся файлы всех программ **ZETLAB** и используемым ими компонентам.

В директории **ZETVIEW** хранятся файлы, используемые SCADA системой **ZETVIEW**, а также примеры программ, реализованные в **ZETVIEW** (запускаются из меню "Специальные программы" панели управления **ZETLAB**).

В директории *Справка ZETVIEW* содержится файл-справка по **ZETVIEW** (руководство пользователя) с используемыми примерами.

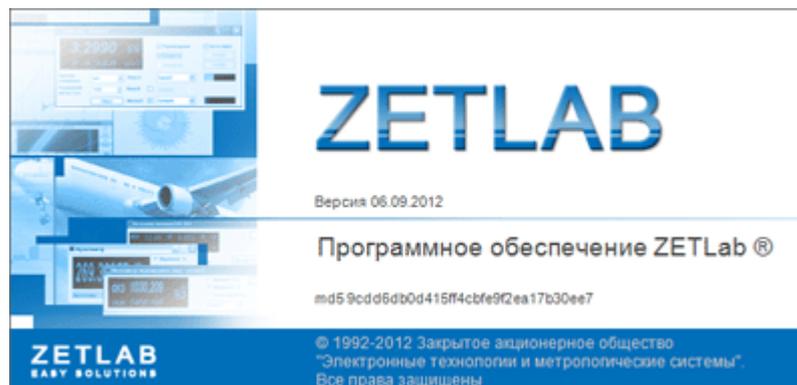
Примечание: SCADA система ZETVIEW поставляется с ZET-прибора опционно.

Сайт программы

Команда *Посетить сайт программы* запускает браузер, используемый по умолчанию, и переходит на сайт производителя продукции **ZETLAB**: <http://zetlab.ru>.

О программе

Функция *О программе* главного меню панели **ZETLAB** вызывает окно с информацией о программном обеспечении **ZETLAB**: обозначение, номер версии, цифровой идентификатор (контрольная сумма исполняемого кода).



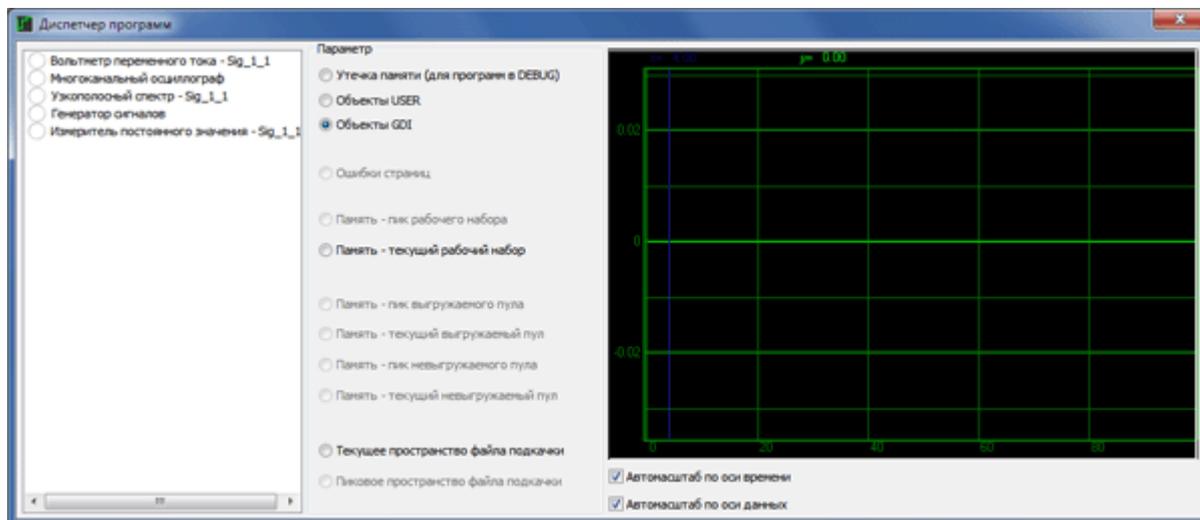
Окно "О программе"

WatchDog Timer

Программный сторожевой таймер (WatchDog Timer) используется в автоматизированных системах мониторинга (непрерывно контроля) параметров сигналов. В случае зависания какой-либо программы **ZETLAB**, сторожевой таймер перезагружает компьютер и вновь запускает все необходимые программы.

Диспетчер программ

Диспетчер программ **ZETLAB** предназначен для мониторинга состояния памяти и других параметров системы, связанных с работой программ **ZETLAB**. В левой части окна программы отображается список запущенных программ **ZETLAB**, в правой - график выбранного параметра.



Диспетчер программ ZETLAB

Программа находится в стадии разработки.

Завершение работы

Главное меню панели **ZETLAB** также содержит команды *Закрыть все программы* и *Выход*. Функция *Закрыть все программы* закрывает все запущенные программы **ZETLAB**, кроме панели **ZETLAB**. Команда *Выход* закрывает все программы **ZETLAB**, включая панель **ZETLAB**.

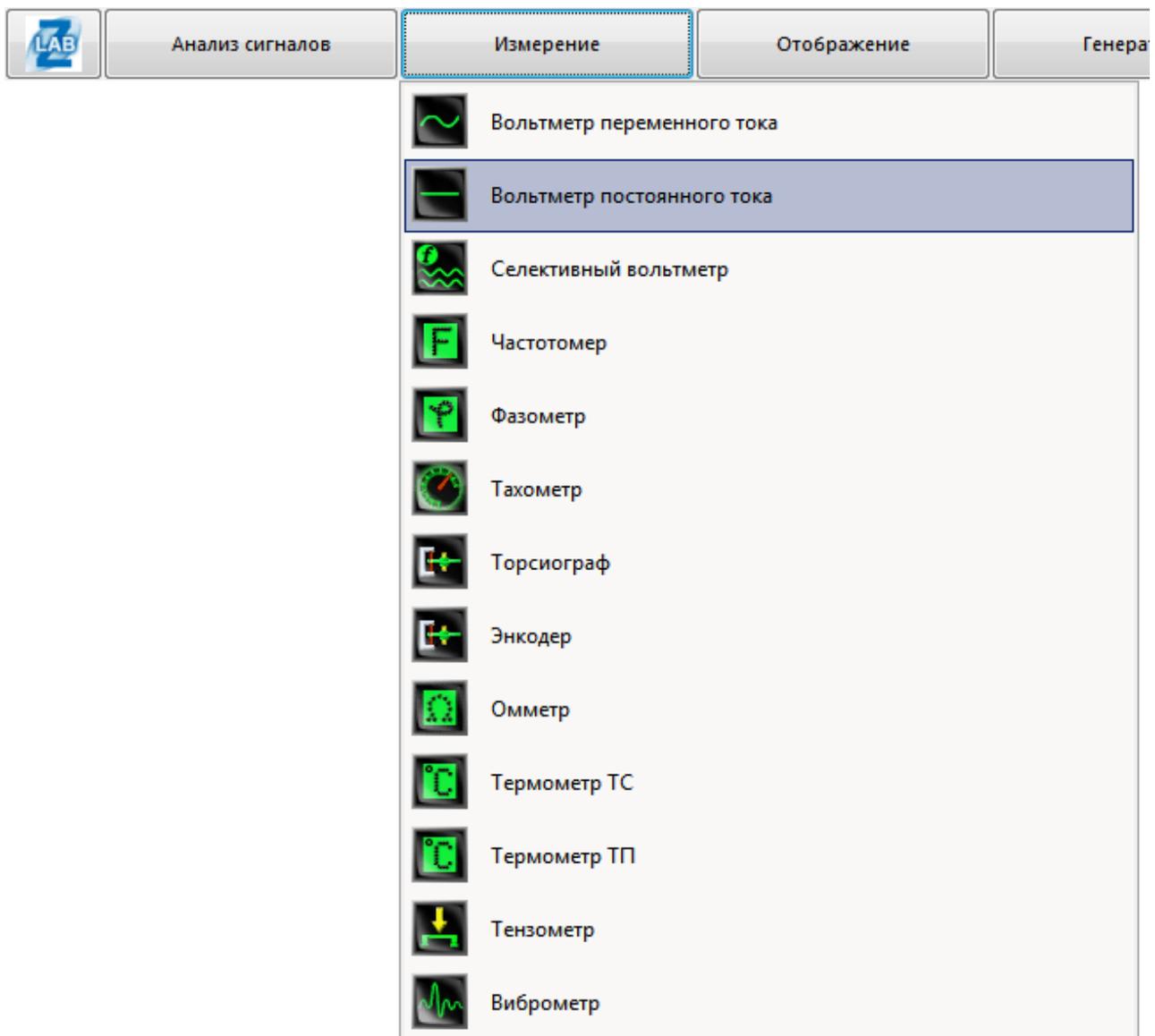
Меню запуска программ

Основную часть панели **ZETLAB** составляют меню запуска программ **ZETLAB**: виртуальных приборов, сервисных и сетевых программ, программ, реализованных в SCADA системе **ZETVIEW**.

Запуск программ

Для запуска какой-либо программы нужно нажать левой кнопкой «мыши» на название соответствующего меню (группы программ), из развернувшегося списка программ этого раздела выбрать нужную и нажать на нее левой кнопкой «мыши».

Каждое меню группы программ содержит список программ, отображаемый при нажатии левой клавишей «мыши» на кнопку вызова меню группы программ на панели **ZETLAB**. В раскрывающемся меню группы программ рядом с названиями программ находятся пиктограммы, позволяющие быстро связать команду запуска программы с ее графическим изображением. При наведении курсора на название программы появляется подсказка с кратким описанием программы.



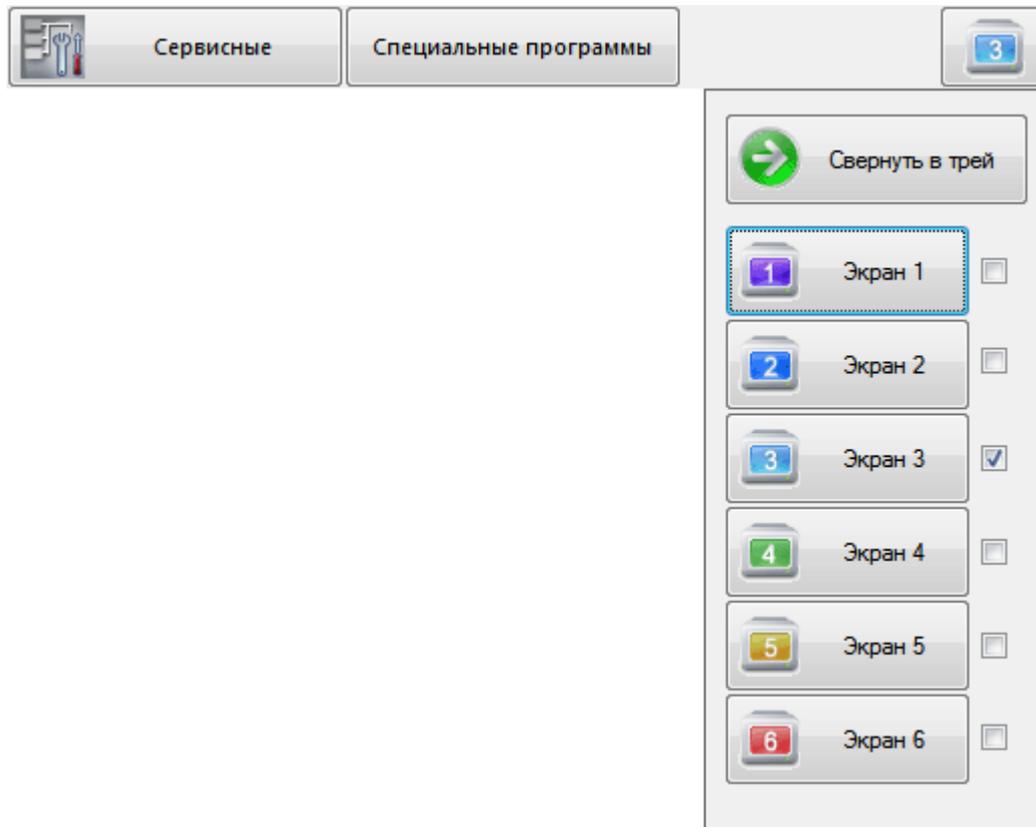
Панель управления ZETLAB: меню "Измерение"

Перечень меню, и перечень программ в каждом меню зависит от типа подключаемого ZET-прибора и определяется списком поставляемых с ним программ (базовых и опционных). Панель **ZETLAB** может иметь следующие меню:

- Главное - предоставляет быстрый доступ к файлам конфигурации и записанным сигналам, позволяет сохранять/загружать проекты, содержит функции автоматического размещения окон и сторожевого таймера.
- Анализ сигналов - программы анализа сигналов с применением различных алгоритмов: преобразование Фурье, Вейвлет-анализ, преобразование STA/LTA, статический анализ, корреляционный анализ и др.
- Измерение - программы измерения параметров сигналов.
- Отображение - программы визуализации сигналов, результатов измерений и работы с записанными данными.
- Генераторы - программы генерации сигналов.
- Регистрация - программы записи и воспроизведения.
- Метрология - программы снятия АЧХ и ФЧХ (в версиях ZETLAB начиная с 06/11 не поддерживаются, реализованы аналогичные проекты в ZETVIEW)
- Автоматизация - программы фильтрации, регулирования, управления.
- Сетевые программы - программы приема/передачи данных по сети.
- Сервисные - настроечные вредства.
- Специальные программы - проекты, реализованные в SCADA ZETVIEW
- Работа с экранами - меню управления функцией [Многоэкранный интерфейс](#).

Многоэкранный интерфейс

Функция *Многоэкранный интерфейс* предназначена для создания эффекта использования до 6-ти рабочих экранов.

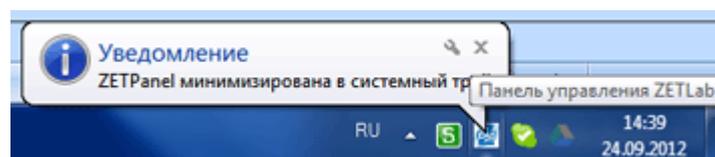


Многоэкранный интерфейс

Меню переключения экранов располагается в правой части панели **ZETLAB**. Задействованный экран отмечен флагом, все запускаемые программы отображаются в нем. При переходе на другой экран, окон программ, запущенных на других экранах, не видно, в том числе не отображаются значки программ в панели задач ОС Windows. В этом и заключается удобство работы в многоэкранном интерфейсе - программы, предназначенные для предварительной обработки сигналов (например, **Фильтрация сигналов**) или измерения параметров сигналов (например, **Виброметр**), можно запустить на одном экране, а **Многоканальный осциллограф**, в котором отображаются результаты измерений - в другом. Таким образом, программы, необходимые для обработки сигналов, но не несущие пользователю полезной информации, могут работать в "скрытом" режиме и сгруппированы по экранам в зависимости от своего назначения и функций, выполняемых в конкретном случае. А программы, с которыми оператор ведет непосредственную работу, выведены на отдельный экран, в котором используется максимум полезной площади рабочего стола ОС Windows.

Свернуть в трей

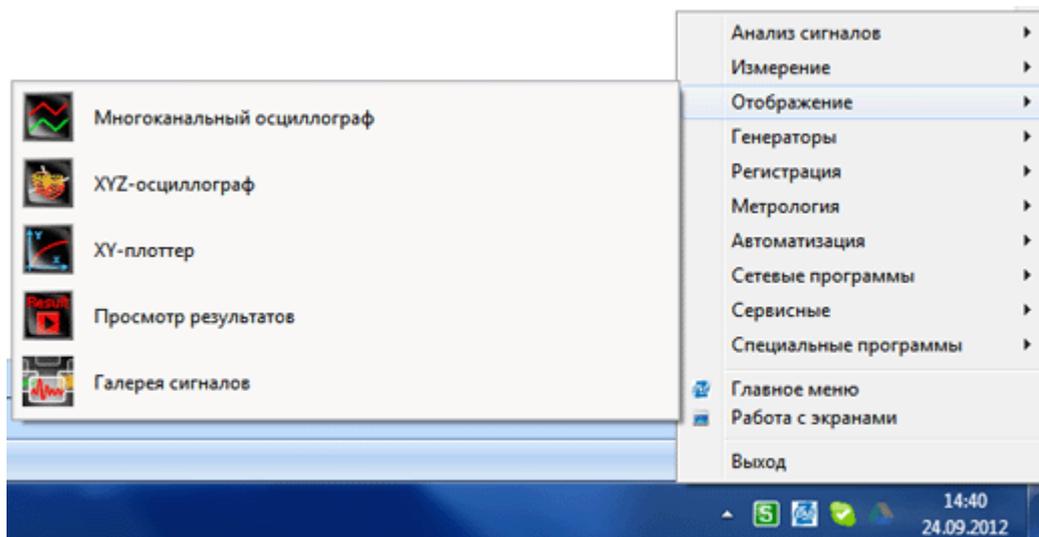
При выборе команды *Свернуть в трей* панель **ZETLAB** сворачивается в системный трей, при этом появляется уведомление:



Уведомление о минимизации панели ZETLAB в системный трей

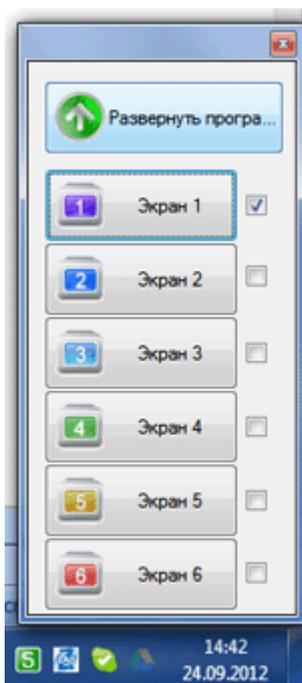
При нажатии на значок панели **ZETLAB** в системном трее открывается меню панели **ZETLAB** в

компактном виде (меню вызывается вне зависимости от того, свернута панель **ZETLAB** в трей или нет):



Меню панели ZETLAB, открываемое из системного трея

Для восстановления положения панели **ZETLAB** в верхней части рабочего стола ОС Windows, необходимо в меню панели **ZETLAB**, вызываемом из системного трея, выбрать пункт *Работа с экранами*, и в открывшемся окне команду *Развернуть программу*.



Описания программ

Данный раздел посвящен описанию виртуальных приборов **ZETLAB**.

Анализ сигналов

Программы раздела **Анализ** позволяют проводить анализ сигналов с применением различных алгоритмов.

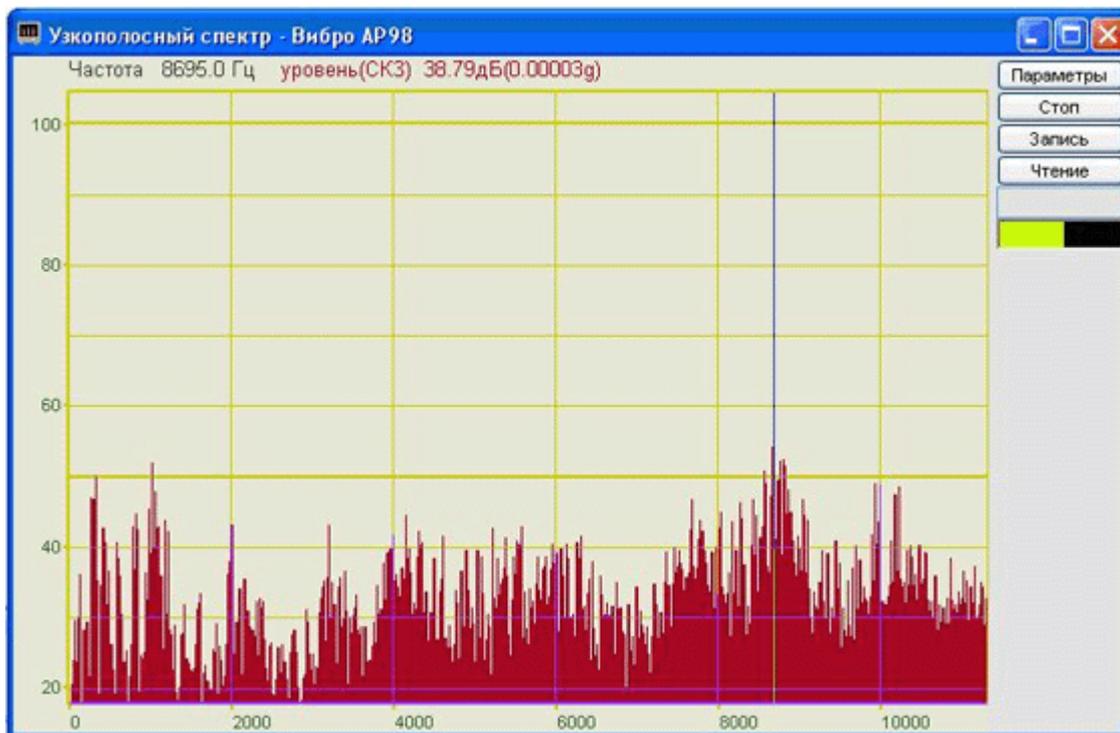
В целом можно выделить программы для вибрационного анализа, программы для анализа сейсмических сигналов и общие программы анализа.

Многие из программ анализ легли в основу готовых решений, таких как ПО для системы контроля сейсмических воздействий, ПО для системы мониторинга и диагностики конструкций зданий, ПО для балансировки роторов и валов и т.п.

1 Узкополосный спектр

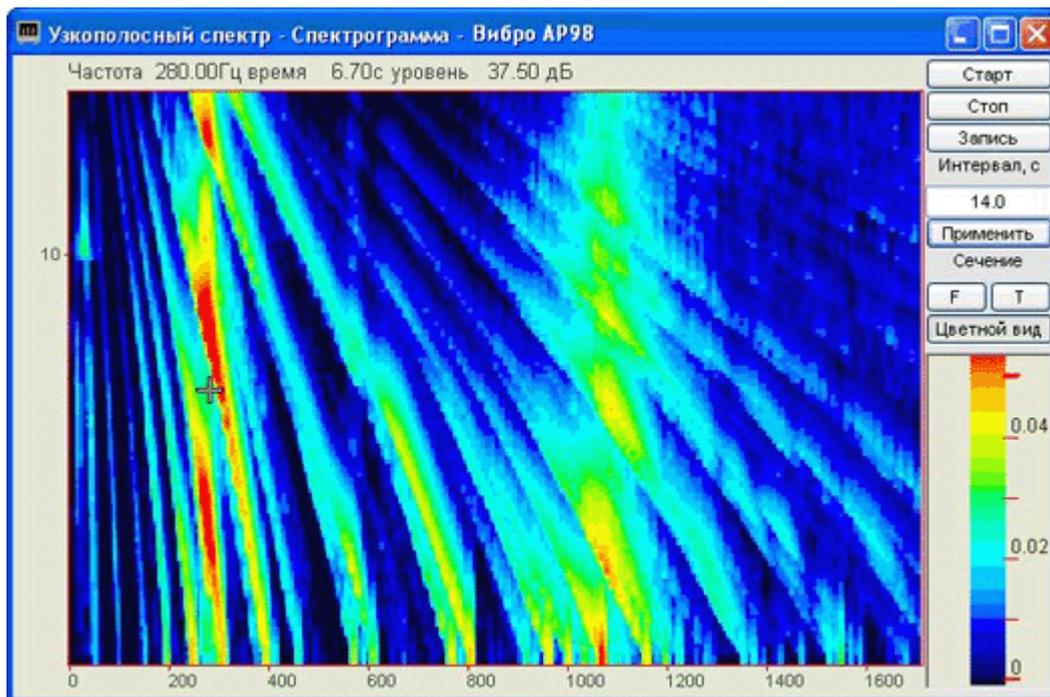
Программа **Узкополосный спектр** предназначена для частотного анализа сигнала. По временной реализации сигнала находятся отклики по набору частотных фильтров. Центральные частоты фильтров равномерно распределены по оси частот.

При помощи программы **Узкополосный спектр** пользователь по форме спектра может определить наличие в измерительном канале тональных сигналов (дискретных составляющих) и шумовых компонент.



Спектр сигнала

Дополнительные возможности построения спектрограмм (набор спектров, рассчитанные в последовательные промежутки времени и представленные в 2-мерном и/или 3-мерном виде) позволяют проследить динамику нестационарных процессов.



Спектрограмма сигнала

Построение сечений спектрограммы по времени и по частоте позволяет измерить параметры нестационарных процессов.



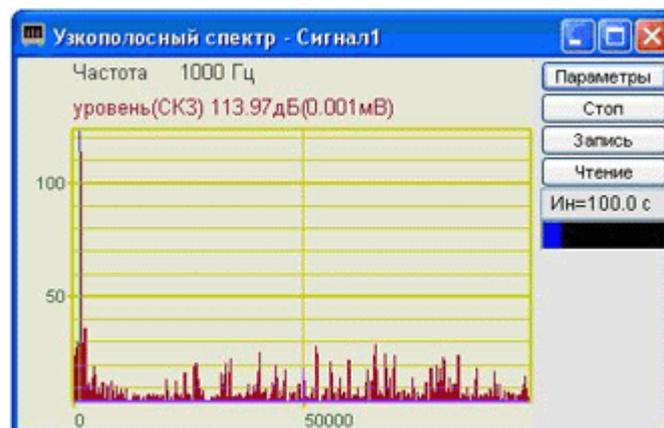
Спектрограмма - сечение по частоте



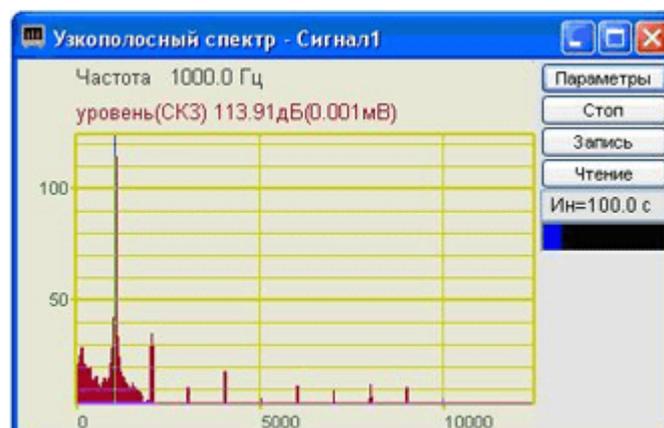
Спектрограмма - сечение по времени

Возможность получения максимальных и усредненных спектров, сравнение спектров с заданным спектром (нормой) позволяет легко определить различие между заданным и реальным уровнем. Это необходимо при проведении различного вида мониторинга оборудования, входного/выходного контроля.

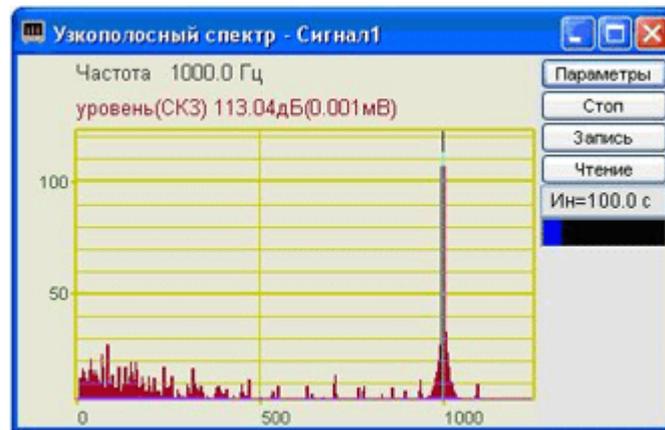
Одновременный спектральный анализ в различных частотных диапазонах одного и того же сигнала дает возможность наблюдать спектр как во всем частотном диапазоне (панорамный режим), так и проводить детальный анализ спектра в выбранных частотных диапазонах. Это необходимо при наличии в сигнале высокочастотных и низкочастотных дискретных составляющих.



Спектральный анализ сигнала в полосе до 100 кГц



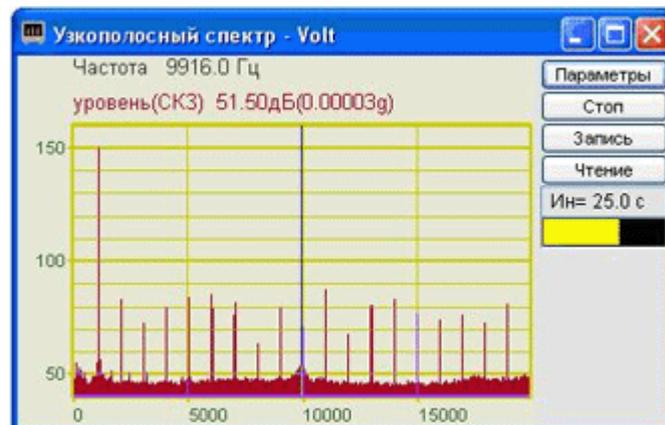
Спектральный анализ сигнала в полосе до 15 кГц



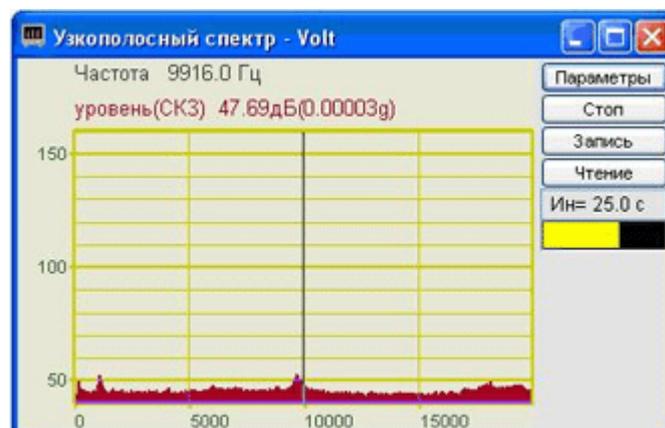
Спектральный анализ сигнала в полосе до 1,5 кГц

Высокое разрешение (до 32000-х полос) позволяет с высокой точностью определить частоту стационарного тонального сигнала; разделить несколько близлежащих частотных компонент. Эта ситуация часто наблюдается при виброакустическом анализе различных механизмов с электрическим приводом. В окрестности 50 Гц, как правило, наблюдается несколько дискретных составляющих, связанных с электромагнитной наводкой, механическими колебаниями, связанными с вращением асинхронного электродвигателя. Как правило, все эти источники находятся в полосе не более 0,5 Гц.

При анализе шумовых компонент мешающим фактором является наличие дискретных составляющих на спектре. В программе предусмотрена функция *Очистка спектра от дискретных составляющих (ДС)*. Эта функция подавляет все стационарные тональные сигналы. На рисунках ниже показан спектр сигнала с дискретными составляющими и после очистки спектра.



Спектр сигнала с дискретными составляющими



Спектр сигнала после очистки от дискретных составляющих

При виброакустическом анализе обычно используется пьезоэлектрические акселерометры. Эти датчики

отдают сигнал, пропорциональный ускорению в точке крепления. Нормы на уровни вибрации и их спектральный состав часто задаются по виброскорости. Для того чтобы получить сигнал виброскорости, необходимо проинтегрировать по времени сигнал виброускорения. При балансировке важно получать виброперемещение в точке крепления датчика. Двойной интеграл по времени сигнала виброускорения позволяет получить сигнал виброперемещения. Эти дополнительные функции интегрирования и дифференцирования сигнала реализованы в программе.

Для измерения уровня дискретных составляющих обычно используют измерение уровня среднеквадратического значения (СКЗ) в полосе фильтра. В этом случае уровень дискретной составляющей практически не зависит от полосы анализа. Для измерения уровня шумовых компонент необходимо измерять спектральную плотность мощности (СПМ), которая задается в *единица измерения/Гц*. Это необходимо, так как спектральная плотность мощности шума не зависит от полосы анализа. Программа **Узкополосный спектр** позволяет рассчитывать спектры по СКЗ, СПМ и амплитудным значениям.

1.1 Поддерживаемое оборудование и входные данные

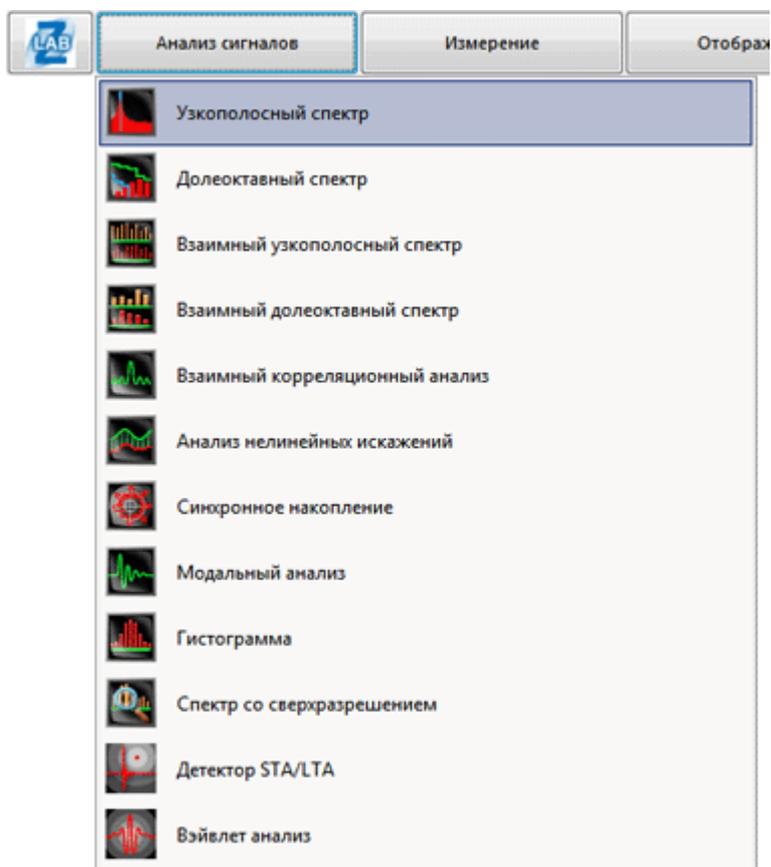
Входными данными программы **Узкополосный спектр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным переменным сигналом. Под переменным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого зависят от времени.

Программа **Узкополосный спектр** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками **ZETSENSOR** (опционно).

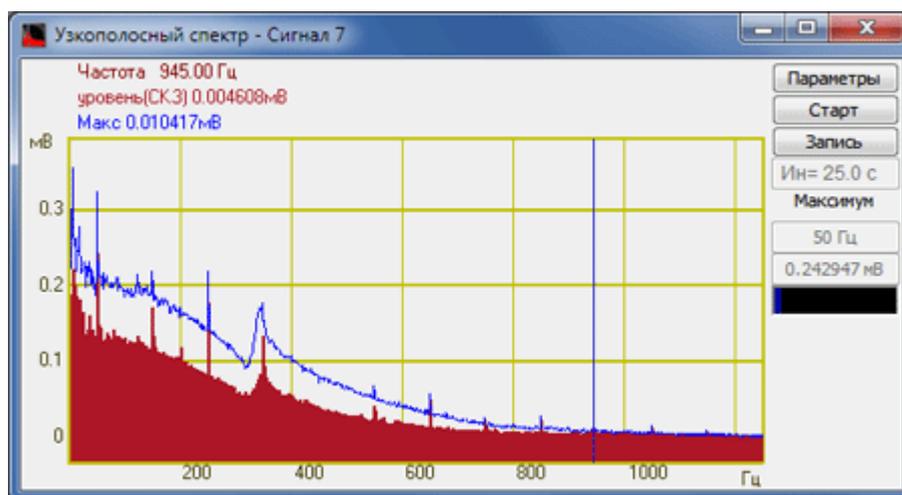
1.2 Интерфейс программы

Программа **Узкополосный спектр** запускается из меню **Анализ** панели **ZETLAB**.



Запуск программы "Узкополосный анализ"

В заголовке окна будет отображаться название самой программы и, через тире, название выбранного для анализа канала. Над графиком спектра отображаются измеряемые величины (частота, уровень сигнала), соответствующие положению курсора графика.



Окно программы "Узкополосный спектр"

Примечание: программу можно запустить непосредственно из рабочей директории ZETLAB (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: spectr.exe

Основную часть программы **Узкополосный спектр** занимает поле для отображения результатов

измерений - спектра сигнала, а также дополнительных графиков.

В правой части окна программы находятся кнопки и индикаторы:

- *Параметры* - вызывает окно настройки программы: канал измерений, параметры анализа и т.д.
- *Старт/Стоп* - включение/выключение анализа.
- *Запись* - сохранение результатов в файл, структура файла описана в подразделе [Запись результатов в файл](#).
- *Ин=... с* - интервал времени, прошедший с момента начала измерений. Данный параметр имеет отношение только к расчету дополнительных графиков. В настройках программы **Узкополосный спектр** указывается время расчета дополнительных графиков. По истечении заданного времени закончится расчет, дополнительные графики останутся, а в поле отобразится установленный интервал расчета (длительность)
- В полях под надписью *Максимум* указываются частота и значение текущего максимума спектра.
- Индикатор [Интегральный уровень сигнала](#) отображает отношение текущего значения сигнала к максимуму диапазона измерений. Позволяет быстро оценить уровень сигнала и отображает перегрузку по каналу.

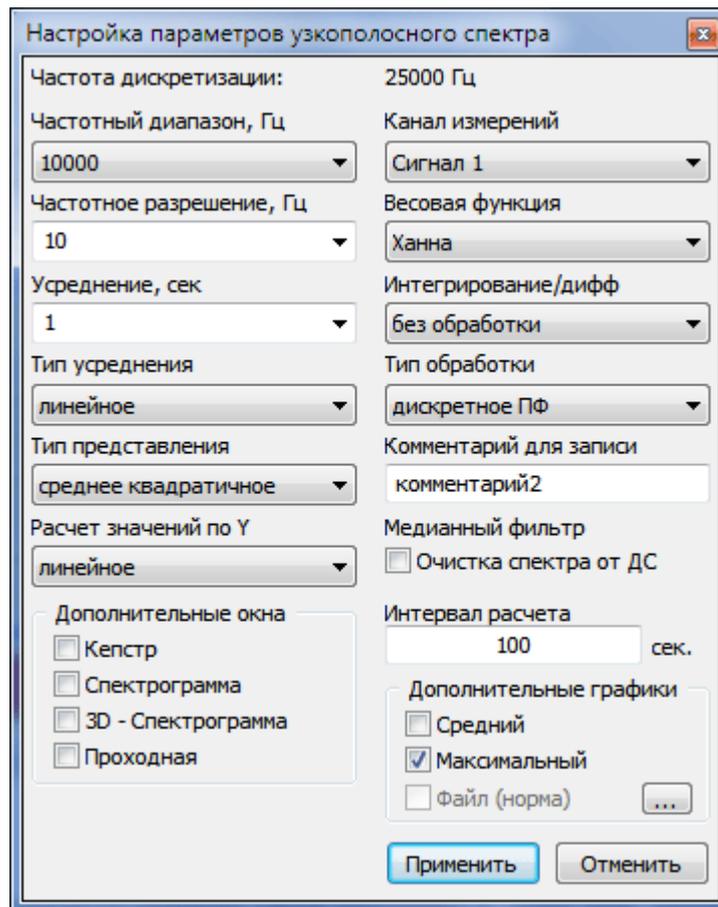
См. также:

- [Управление курсором и масштабирование графиков](#)
- [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)
- [Настройка внешнего вида графика](#)

1.3 Настройка программы

Для настройки параметров программы **Узкополосный спектр** необходимо левой кнопкой «мыши» нажать кнопку **Параметры**, которая находится в верхнем правом углу, после чего отобразится окно **Настройка параметров узкополосного спектра**. Окно **Настройка параметров узкополосного спектра** можно также вызвать нажатием клавиши <Esc> клавиатуры при активном окне программы **Узкополосный спектр**.

В верхней части окна будет отображена установленная частота дискретизации в Гц (частота дискретизации устанавливается в программе [Диспетчер устройств ZET](#) в [окне настройки параметров приборов](#)).



Настройка параметров узкополосного спектра

Список *Частотный диапазон, Гц* - выбор частотного диапазона (полосы анализа) в котором будет производиться анализ сигнала. Значения списка зависят от частоты дискретизации канала.

Список *Канал измерений* - выбор включенного физического либо виртуального канала, по которому в программе **Узкополосный спектр** будет отображаться спектр сигнала.

Список *Частотное разрешение, Гц* - выбор частотного разрешения (шаг между частотами разложения быстрого либо дискретного преобразования Фурье).

Список *Весовая функция* - выбор типа весовой функции (окно взвешивания), применяемой при спектральном анализе. Весовая функция описывает зависимость вклада предшествующих отсчетов исследуемого сигнала в вычисляемый спектр. Возможный тип выбираемой весовой функций:

- прямоугольная;
- Хана;
- Хэмминга;
- Блэкмана;
- Барлета;
- Блэкмана стандартная.

Основные параметры весовых функций приведены в таблице:

Наименование весовой функции	Допустимое отклонение средней частоты фильтра 1000 Гц, %	Эквивалентная шумовая полоса, Гц	Полоса по уровню 3 дБ, Гц	Отклонение ширины полосы фильтра, Гц
Прямоугольная	0,05	20,00	17,8	0,60
Хэмминга	0,05	30,00	28,8	0,90
Блэкмана	0,05	34,54	33,6	1,04

Список *Усреднение, сек* – выбор продолжительности усреднения мгновенных спектров, в секундах. Значения усреднения можно либо выбирать из списка, либо ввести с клавиатуры. Максимальное усреднение 10 с, минимальное усреднение 0,1 с.

Список *Интегрирование/дифф.* - выбор вида обработки сигнала: двойное дифференцирование, дифференцирование, без обработки, интегрирование, двойное интегрирование. Функция полезна при работе с датчиками скорости и ускорения.

Список *Тип усреднения* - выбор типа режима накопления и усреднения спектров: линейное, экспоненциальное.

Список *Тип обработки* - выбор типа обработки сигнала: быстрое или дискретное преобразование Фурье.

Узкополосный спектр рассчитывается с помощью преобразования Фурье с использованием весовых функций.

Дискретным преобразованием Фурье называют пару взаимно однозначных преобразований:

прямое преобразование

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1;$$

обратное преобразование

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j \frac{2\pi}{N} nk}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1.$$

где:

$x(n)$, $n=0, 1, \dots, N-1$ – последовательность во временной области (вещественная или комплексная);

$X(k)$, $k=0, 1, \dots, N-1$ – дискретные коэффициенты Фурье (вещественные или комплексные) – один период последовательности в частотной области;

k – номер отсчета последовательности $X(k)$, соответствующий частоте $k\Delta\omega$;

$e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}$ - поворачивающийся множитель, отображает угол поворота на единичной окружности комплексной z -плоскости.

Быстрым преобразованием Фурье называют набор алгоритмов, предназначенных для быстрого вычисления ДПФ. Для БПФ длина N исходной последовательности должна быть равной $N=2^v$, где v – целое положительное число.

Количество фильтров в узкополосном анализе может быть равным 2^n или $(1, 2, 4, 5, 8) \cdot 10^n$. Центральные частоты узкополосных фильтров равны:

$$f_m = f_{\text{дискр}} m/N/2$$

где $f_{\text{дискр}}$ – частота дискретизации, m – номер фильтра, N – количество полос анализа.

Ширина полосы фильтров узкополосного спектрального анализа зависит от применяемой весовой

функции.

Список *Тип представления* - выбор типа представления: спектральная плотность, спектральная мощность, среднее квадратичное и пиковое значение.

В поле *Комментарий для записи* можно ввести с клавиатуры любую необходимую информацию. Максимальная длина вводимой информации - 200 символов. Она будет добавлена в текстовый файл с расширением *.dtu в виде комментария при записи результатов обработки сигналов.

Список *Расчет значений по Y* - выбор Логарифмическое в дБ (логарифмический масштаб, относительно опорного значения для вычисления дБ) или Линейное (линейный масштаб в единицах измерения) отображение спектра. Опорное значение для вычисления дБ задается в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

Флаг *Медианный фильтр* включает/выключает очистку спектра от дискретных составляющих.

Рамка *Дополнительные окна* – установка/снятие флагов для включения/ выключения дополнительных окон анализа. Включаемые/выключаемые дополнительные окна:

- [Кепстр](#);
- [Спектрограмма](#);
- [3D-спектрограмма](#);
- [Проходная](#).

В поле *Интервал расчета* задается временной интервал расчета дополнительных графиков (Максимальный и Средний). Минимальное время расчета – 10 секунд, максимальное – 1000 секунд.

В рамке *Дополнительные графики* для отображения на графическом поле программы **Узкополосный спектр** максимальных и средних спектров, а также заданного спектра (Файл (норма)) необходимо установить соответствующие флажки.

При установленных флагах *Максимальный* и *Средний* в главном окне программы **Узкополосный анализ** в графической части будут отображаться выбранные дополнительные графики, а в поле индикатора, расположенного под кнопкой *Запись*, появится надпись *Ин=* и рядом с этой надписью начнется отсчет времени установленного интервала для расчета дополнительных графиков (Максимальный и Средний).

Для отображения в главном окне программы **Узкополосный спектр** в графической части заданного спектра (Файл (норма)) необходимо сначала указать директорию, где хранится этот файл. Для этого, в окне **Настройка параметров узкополосного спектра** нажать кнопку, расположенную справа от надписи Норма, и в стандартном открывшемся диалоговом окне указать директорию, где хранится файл заданного спектра. Директория по умолчанию – C:\ZetLab\config\. Далее, установив/сняв флаг Файл (норма), можно включить/выключить отображение заданного спектра. Этой функцией удобно воспользоваться, когда надо отследить превышение сигнала над заданной спектральной характеристикой.

Файл (норма) создается и редактируется любым текстовым редактором, например, NotePad, и должен иметь расширение *.nrm. Структура файла должна иметь следующий вид:

1.		80.
10.		70.
100.0		80.
1000.0		90.
10000.0		100.

В левый столбец заносятся частоты по порядку возрастания сверху вниз в герцах, во второй – уровень в децибелах. Разделителем между значениями частоты и соответствующим уровнем на этой частоте является пробел.

1.4 Дополнительные окна

Программа **Узкополосный спектр** имеет следующие дополнительные возможности:

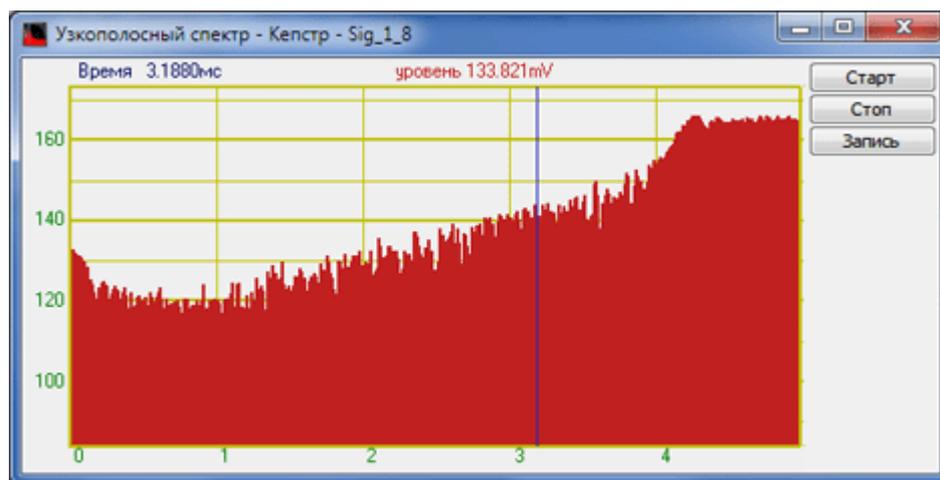
- Построение [кепстра](#)
- Построение [спектрограмм](#)
- Построение [3D-спектрограмм](#)
- Построение [проходных](#)

1.4.1 Кепстр

При установке флажка *Кепстр* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров узкополосного спектра** открывается дополнительное окно кепстрального анализа **Узкополосный спектр – Кепстр**. В названии окна пишется название самого спектра (Узкополосный спектр), через тире название дополнительного окна (Кепстр) и, через тире, название канала (например Сигнал 1).

Кепстр - это обратное преобразование Фурье от логарифма спектра, имеющий размерность времени.

Кепстральный анализ применим, например, при анализе речи для определения частоты основного тона и позволяет отделить медленно меняющуюся составляющую спектра от быстро меняющейся.



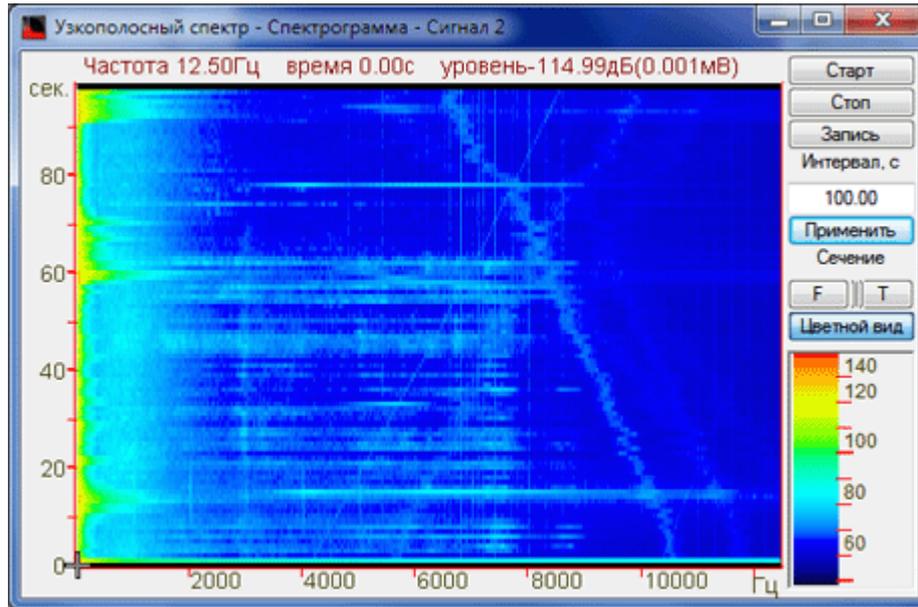
Узкополосный спектр - Кепстр

1.4.2 Спектрограмма

При установке флага *Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров узкополосного спектра** открывается дополнительное окно время-частотного распределения сигнала **Узкополосный спектр – Спектрограмма**.

Спектрограмма дает представление о распределении частот спектра в разные моменты времени.

В названии окна пишется название самого спектра (Узкополосный спектр), через тире название дополнительного окна (Спектрограмма) и, через тире, название канала.



Узкополосный спектр - спектрограмма

Цвет отображает уровень спектра. Низкие уровни отображаются черным цветом, высокие – красным.

Уровень спектра отображается в соответствии с настройками программы **Узкополосный спектр**: СКЗ, пиковое, в дБ, спектральная плотность, спектральная мощность, интегрированный/ дифференцированный сигнал и т.д.

Перемещение курсора графика осуществляется установкой указателя «мыши» на пересечение интересующих частоты и времени и нажать левой клавишей «мыши». Масштабирование графика спектрограммы осуществляется также, как и в главном окне программы **Узкополосный спектр** (см. [О работе с ПО ZETLAB – Управление курсором и масштабирование графиков](#)). Масштабирование по уровню в спектрограмме осуществляется нажатием левой клавишей «мыши», при появляющихся соответствующих графических видах курсора, на вертикальную шкалу спектрограммы, которая находится под кнопкой *Цветной вид*.

Перенос графической и численной информации осуществляется также, как и в главном окне программы **Узкополосный спектр** (см. [О работе с ПО ZETLAB – Перенос графической и численной информации](#)).

Кнопка *Старт* запускает накопление спектров в спектрограмму, при этом обнуляются накопленные спектры.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления текущих спектров в спектрограмме. Также, при нажатии кнопки *Стоп*, происходит остановка включенных окон сечений (**Сечение по частоте** и **Сечение по времени**). Окна сечений спектрограммы описываются ниже. Дальнейшее продолжение процесса накопления спектров осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать значения накопленных спектров в текстовый файл с расширением *.*gru*. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. В дальнейшем, эти данные можно использовать при построении трехмерного изображения записанных данных в программах трехмерного моделирования. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

В поле под надписью *Интервал, с* устанавливается интервал времени накопления спектров в спектрограмме. Интервал устанавливается в секундах. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Для установки введенного интервала времени накопления спектров необходимо нажать кнопку *Применить* или клавишу <Enter> клавиатуры.

Кнопка *F*, под надписью *Сечение*, включают окно сечения по частоте спектрограммы.

Кнопка *T*, под надписью *Сечение*, включают окно сечения по времени спектрограммы.

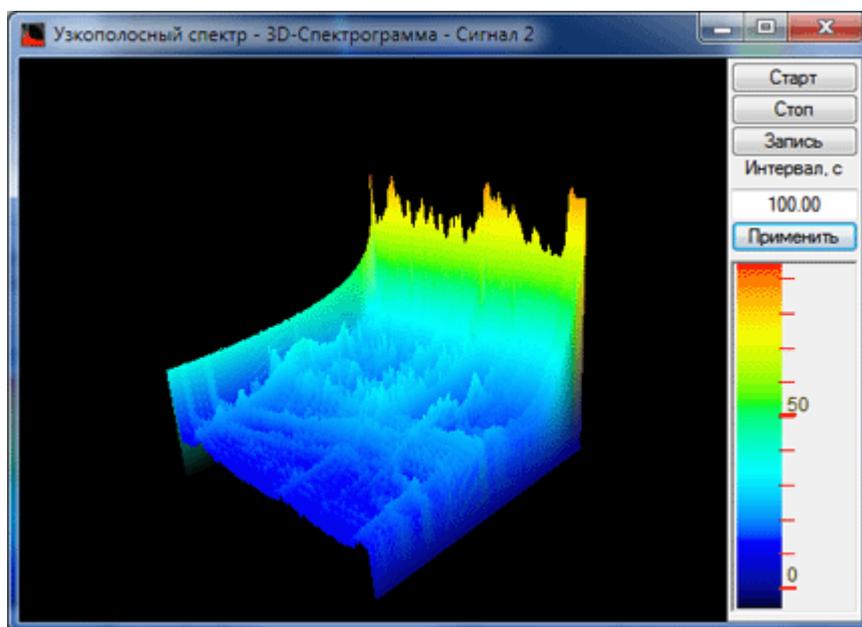
Цветной вид – при нажатой кнопке спектрограмм отображается в цветном виде (по умолчанию). Если кнопку отжать, то спектрограмма и вертикальная шкала спектрограммы (цветовой аналог уровня сигнала) станут черно-белыми. Это удобно, при подготовке спектрограммы к печати.

Вертикальная шкала спектрограммы, которая находится под кнопкой *Цветной вид*, показывает соотношение цвета спектрограммы уровню.

Для закрытия окна **Спектрограмма** надо, либо в окне **Настройка параметров узкополосного спектра** снять флаг *Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "х", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *Спектрограмма* автоматически снимется.

1.4.3 3D-Спектрограмма

При установке флага *3D-Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров узкополосного спектра** открывается дополнительное окно время-частотного распределения сигнала **Узкополосный спектр – 3D-Спектрограмма**. В этом окне будет отображаться трехмерное время-частотное распределение сигнала. Трехмерная спектрограмма дает представление об изменении формы огибающей во времени.



3D-спектрограмма

В названии окна пишется название самого спектра (Узкополосный спектр), через тире название дополнительного окна (3D-Спектрограмма) и, через тире, название канала (например Сигнал 2).

Цвет отображает уровень спектра. Низкие уровни отображаются черным цветом, высокие – красным.

Масштабирование по уровню в трехмерной спектрограмме осуществляется нажатием левой клавишей «мыши», при появляющихся соответствующих графических видах курсора, на вертикальную шкалу трехмерной спектрограммы, которая находится под кнопкой *Применить*.

Цвет фона трехмерной спектрограммы по умолчанию – черный. При двойном нажатии правой кнопки «мыши» по графическому полю трехмерной спектрограмм цвет фона можно изменить на белый и наоборот.

3D-спектрограмму можно визуальнo рассматривать с любой из ее сторон, вращая ее вокруг трех взаимоперпендикулярных осей. Вращение вокруг трех взаимоперпендикулярных осей осуществляется следующим образом: нажимая и удерживая левую кнопку «мыши», перемещая ее по полю графика трехмерной спектрограммы, можно вращать трехмерную спектрограмму вокруг осей X и Y; нажимая и удерживая правую кнопку «мыши», перемещая ее по полю графика трехмерной спектрограммы, можно вращать трехмерную спектрограмму вокруг оси Z.

Увеличение или уменьшение 3D-спектрограммы осуществляется вращением ролика «мыши».

Двойное нажатие левой кнопки «мыши» по графическому полю трехмерной спектрограммы возвращает трехмерную спектрограмму в исходное положение по отношению к осям и масштабу.

Кнопка *Старт* запускает накопление спектров в трехмерную спектрограмму, при этом обнуляются накопленные спектры.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления текущих спектров в трехмерной спектрограмме. Дальнейшее продолжение процесса накопления спектров осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать значения накопленных спектров в текстовый файл с расширением *.gpr. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. В дальнейшем, эти данные можно использовать при построении трехмерного изображения записанных данных в программах трехмерного моделирования. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла трехмерной спектрограммы такая же как и у двухмерной и описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

В поле под надписью *Интервал*, устанавливается интервал времени накопления спектров в спектрограмме. Интервал устанавливается в секундах. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Для установки введенного интервала времени накопления спектров необходимо нажать кнопку *Применить* или клавишу <Enter> клавиатуры.

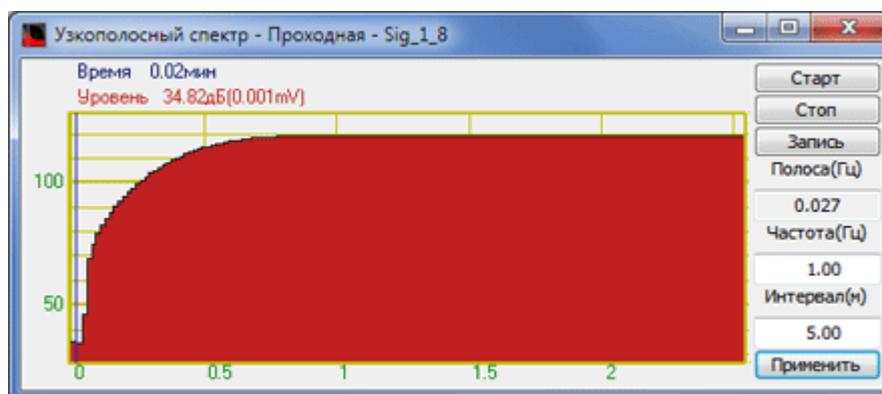
Вертикальная шкала спектрограммы, которая находится под кнопкой *Применить*, показывает соотношение цвета спектрограммы уровню.

Для закрытия окна 3D-Спектрограмма надо, либо в окне **Настройка параметров узкополосного спектра** снять флаг *3D-Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *3D-Спектрограмма* автоматически снимется.

1.4.4 Проходная

При установке флага *Проходная* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров узкополосного спектра** открывается дополнительное окно **Узкополосный спектр – Проходная**. В этом окне будет отображаться проходная характеристика сигнала на заданной частоте.

На рисунке ниже представлена проходная гармонического сигнала на его несущей частоте 1 Гц. График иллюстрирует процесс накопления сигнала - в основном окне программы **Узкополосный спектр** составляющая 1 Гц возрастает постепенно, и скорость нарастания зависит от полосы анализа: чем уже полоса, тем дольше происходит накопление сигнала, но, вместе с тем, тем точнее результат измерений.



Узкополосный спектр - проходная

В названии окна пишется название самого спектра (**Узкополосный спектр**), через тире название дополнительного окна (**Проходная**) и, через тире, название канала (например Sig_1_1).

Управление курсором и масштабирование графика осуществляется также, как и в главном окне

программы **Узкополосный спектр** (см. [Управление курсором и масштабирование графиков](#)).

Перенос графической и численной информации осуществляется также, как и в главном окне программы **Узкополосный спектр** (см. [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)).

Кнопка *Старт* запускает накопление данных частотной проходной, при этом обнуляются накопленные данные

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления. Дальнейшее продолжение процесса накопления осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать накопленные данные проходной сигнала на заданной частоте в текстовый файл с расширением *.dtu. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

Индикатор под надписью *Полоса (Гц)* отображается значение полосы пропускания в герцах. Полоса пропускания характеризует уровень сигнала на выходе узкополосного фильтра на несущей частоте в полосе частот зависящей от частотного разрешения и весовой функции, установленных в программе **Узкополосный спектр**.

Поле под надписью *Частота (Гц)* служит для установки несущей частоты относительно которой будет производиться накопление в заданном интервале времени. Частота задается в герцах. Значение частоты вводится с клавиатуры. Для этого необходимо, установив курсор «мыши» на это поле, нажать левую клавишу «мыши» и с клавиатуры ввести необходимое значение частоты из установленного частотного диапазона в программе **Узкополосный спектр**.

Поле под надписью *Интервал (м)* предназначено для установки интервала накопления проходной. Интервал задается в минутах. Минимальное значение интервала 1 мин, максимальное определяется параметрами компьютера. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Для этого необходимо, установив курсор «мыши» на это поле, нажать левую клавишу «мыши» и с клавиатуры ввести необходимое значение времени интервала. Для установки введенного интервала времени необходимо нажать кнопку *Применить* или клавишу <Enter> клавиатуры.

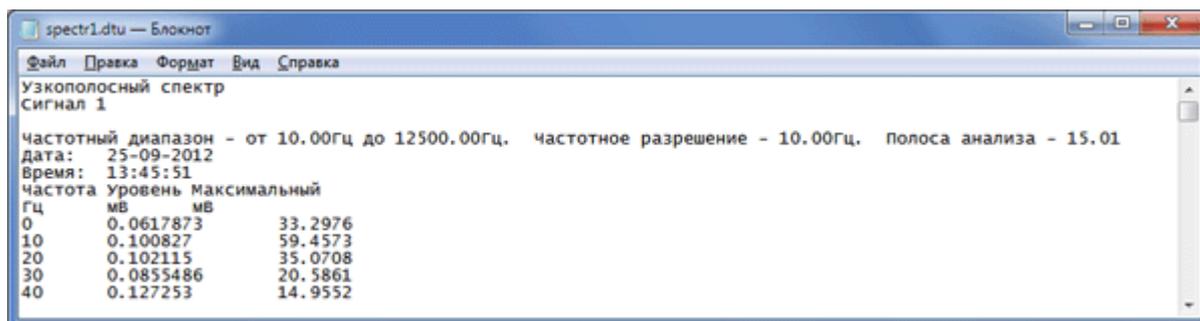
Для закрытия окна **Проходная** надо, либо в окне **Настройка параметров узкополосного спектра** снять флаг *Проходная* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *Проходная* автоматически снимется.

1.5 Запись результатов в файл

Запись спектра

В программе **Узкополосный спектр** предусмотрена возможность записи мгновенного значения отображаемого спектра в текстовый файл с расширением *.dtu. При нажатии на кнопку *Запись* в окне программы **Узкополосный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.

Пример файла приведена на рисунке ниже.



```
spectr1.dtu — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
Узкополосный спектр
Сигнал 1
Частотный диапазон - от 10.00Гц до 12500.00Гц.  частотное разрешение - 10.00Гц.  Полоса анализа - 15.01
Дата: 25-09-2012
Время: 13:45:51
Частота  Уровень  Максимальный
Гц      мВ      мВ
0       0.0617873  33.2976
10      0.100827  59.4573
20      0.102115  35.0708
30      0.0855486  20.5861
40      0.127253  14.9552
```

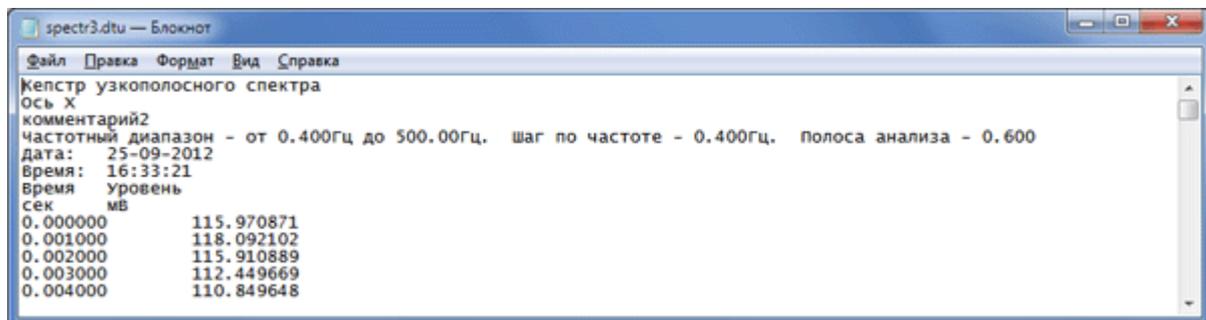
Файл результатов, записанный программой "Узкополосный спектр"

Структура файла представлена в таблице ниже.

Номер строки	Строки	Описание
1	Узкополосный спектр	Название программы
2	Сигнал 1	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя, заданный в настройках программы
4	Частотный диапазон - от 10.00Гц до 12500.00Гц. Частотное разрешение - 10.00Гц. Полоса анализа - 15.01	Параметры настройки программы
5	Дата: 25-09-2012	Дата записи файла
6	Время: 13:45:51	Время записи файла
7	Частота Уровень Максимальный	Заголовки столбцов данных
8	Гц мВ мВ	Единицы измерения по столбцам
9 и последующие	0 0.0617873 3.2976	Численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Запись кепстра

Мгновенные значения отображаемого кепстра записываются в текстовый файл с расширением *.dtu. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **Кепстр** программы **Узкополосный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла представлена в таблице ниже.

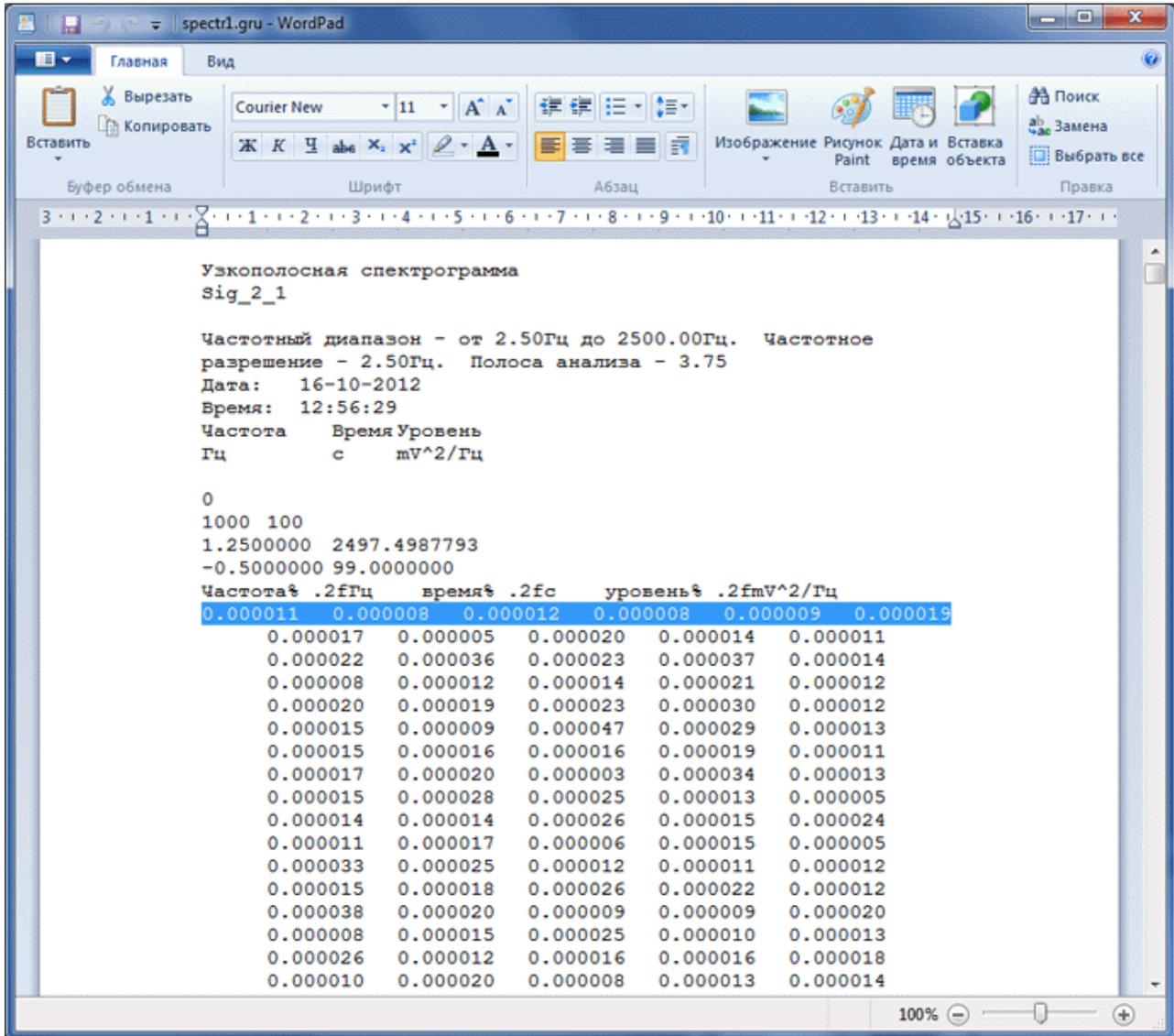


файл результатов, записанный окном "Узкополосный спектр - Кепстр"

Номер строки	Строки	Описание
1	Кепстр узкополосного спектра	Название программы
2	Ось X	Название канала ввода сигнала
3	Комментарий2	Комментарий пользователя, заданный в настройках программы
4	Частотный диапазон - от 0.400Гц до 500.00Гц. Шаг по частоте - 0.400Гц. Полоса анализа - 0.600	Параметры настройки программы
5	Дата: 25-09-2012	Дата записи файла
6	Время: 16:33:21	Время записи файла
7	Время Уровень	Заголовки столбцов данных
8	сек мВ	Единицы измерения по столбцам
9 и последующие	0.000000 115.970871	Численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Запись спектрограммы

Значения накопленных спектров записываются в текстовый файл с расширением *.gru. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **Спектрограммы** программы **Узкополосный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.



файл результатов, записанный окном "Узкополосный спектр - спектрограмма"

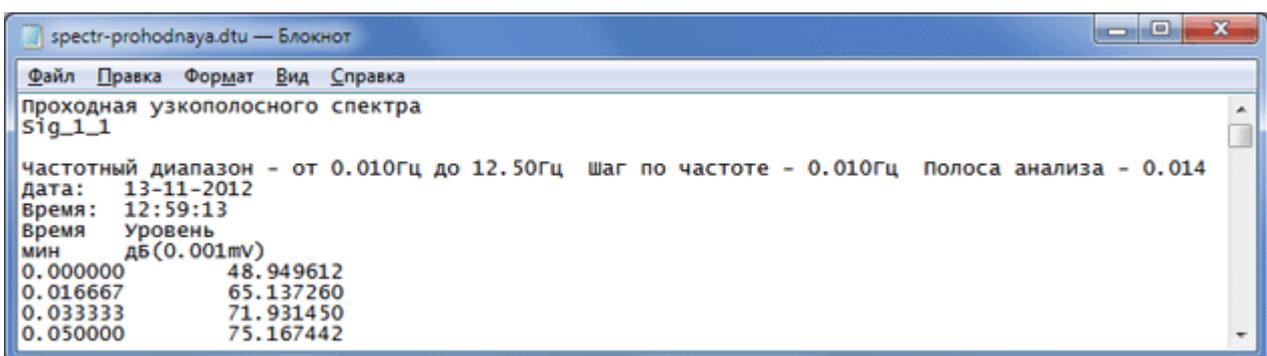
Структура файла:

Номер строки	Строки	Описание
1	Узкополосная спектрограмма	Название дополнительного окна
2	Sig_2_1	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя
	Частотный диапазон - от 2.50Гц до 2500.00Гц. Частотное разрешение - 2.50Гц. Полоса анализа - 3.75	Параметры узкополосного спектра
7	Дата: 16-10-2012	Дата записи файла
8	Время: 12:56:29	Время начала записи файла

9	Частота Уровень	Время mV ² /Гц	Заголовки столбцов данных
10	Гц Гц	с	Единицы измерения (по столбцам)
11			Пустая строка
12	0		Границы временного и частотного диапазона и уровня сигнала
13	1000	100	
14	1.2500000 2497.4987793		Значения в положении курсора
15	-0.5000000 99.0000000		
16	Частота% .2Гц % .2fc % .2fmV ² /Гц	уровень время	Служебная информация
17-я и последующие строки		Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.	

Запись проходной характеристики

Накопленные данные проходной сигнала на заданной частоте записываются в текстовый файл с расширением *.dtu. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **Проходная** программы **Узкополосный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.



файл результатов, записанный окном "Узкополосный спектр - проходная"

Структура файла:

Номер строки	Строки	Описание
1	Проходная узкополосного спектра	Название дополнительного окна
2	Sig_1_1	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя, заданный в

		окне настройки узкополосного спектра
4	Частотный диапазон - от 0.010Гц до 12.50Гц Шаг по частоте - 0.010Гц Полоса анализа - 0.014	Параметры узкополосного спектра
5	Дата: 13-11-2012	Дата записи файла
6	Время: 12:59:13	Время начала записи файла
7	Время Уровень	Заголовки столбцов данных
8	мин дБ(0.001mV)	Единицы измерения (по столбцам)
9-я и последующие строки		Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

2 Долеоктавный спектр

Программа **Долеоктавный спектр** предназначена для частотного анализа сигнала. По временной реализации сигнала находятся отклики по набору частотных фильтров. Центральные частоты фильтров распределены по оси частот в геометрической прогрессии.

Октавный и 1/3-октавный анализ широко используются при проведении измерений уровней шума и вибрации. Предельные уровни шума и вибрации задаются в санитарных, эксплуатационных и сдаточных нормах в интегральных, 1/3-октавных и октавных полосах частот. Программа используется для измерения виброакустических характеристик.

1/12- и 1/24-октавные анализы предназначены для более детального частотного анализа сигнала и его дискретных и шумовых составляющих.

Дополнительные возможности построения спектрограмм (набор спектров, рассчитанные в последовательные промежутки времени и представленные в двухмерном и трехмерном виде) позволяют проследить динамику нестационарных процессов.

Построение сечений спектрограммы по времени и по частоте позволяет измерить параметры нестационарных процессов.

Возможность получения максимальных, усредненных, минимальных и мгновенных спектров и сравнение их с заданным спектром (нормой) позволяет легко определить различие между заданным и реальным уровнем спектров. Это необходимо при проведении различного вида контроля оборудования, входного/выходного контроля, сдаточных испытаний.

При виброакустическом анализе обычно используются пьезоэлектрические акселерометры. Эти датчики отдают сигнал, пропорциональный ускорению в точке крепления датчика. Нормы на уровни вибрации и их спектральный состав часто задаются по виброскорости. Для того чтобы получить сигнал виброскорости, необходимо проинтегрировать по времени сигнал виброускорения. Для балансировки важно получать виброперемещение в точке крепления датчика. Двойной интеграл по времени сигнала виброускорения позволяет получить сигнал виброперемещения. Эти дополнительные функции интегрирования и дифференцирования сигнала реализованы в программе.

При измерениях уровней воздушного шума зачастую необходимо использовать корректирующие фильтры А, В, С, D. При включении корректирующего фильтра отображаются интегральные уровни с выбранным корректирующим фильтром и без фильтра. При этом спектр отображается с учетом выбранного корректирующего фильтра.

Основные функции и параметры программы:

- измерение уровней сигнала в октавных, 1/3-, 1/12-, 1/24-октавных спектральных полосах. Количество полос - 17, 51, 204, 406 соответственно. Октавные и 1/3-октавные фильтры соответствуют ГОСТ 17168-82 "Фильтры электронные октавные и третьоктавные. Общие технические требования и методы испытаний" по первому классу точности;
- усреднение анализируемого сигнала: от 0,1 до 10 с;
- типы усреднения: линейное, экспоненциальное;
- виды коррекции: линейная амплитудно-частотной характеристики, коррекции А, В, С, D;
- интегрирование/дифференцирование сигналов;
- тип представления анализируемого сигнала: спектральная плотность, среднее квадратичное или пиковое значение;
- расчет и отображение проходной характеристики, общей проходной и проходной гармоник;
- расчет и отображение спектрограмм в режиме 2-мерной топографической карты с отображением уровней по цветам и в режиме 3-мерной карты;
- расчет и отображение графиков максимальных, минимальных и средних значений за заданный промежуток времени;
- возможность наложения нормирующего графика для оценки характеристик переходных процессов;
- анализ гармонических составляющих;
- запись и чтение конфигурации программы для облегчения проведения измерений в случаях, когда требуется повторяемость действий;

- встроенная коррекция АЧХ
- программа **Долеоктавный спектр** является виртуальным измерительным прибором и может использоваться в SCADA системе ZETVIEW для автоматизации измерений.

Для определения взаимных характеристик сигналов предназначена программа **Взаимный долеоктавный спектр**.

2.1 Поддерживаемое оборудование

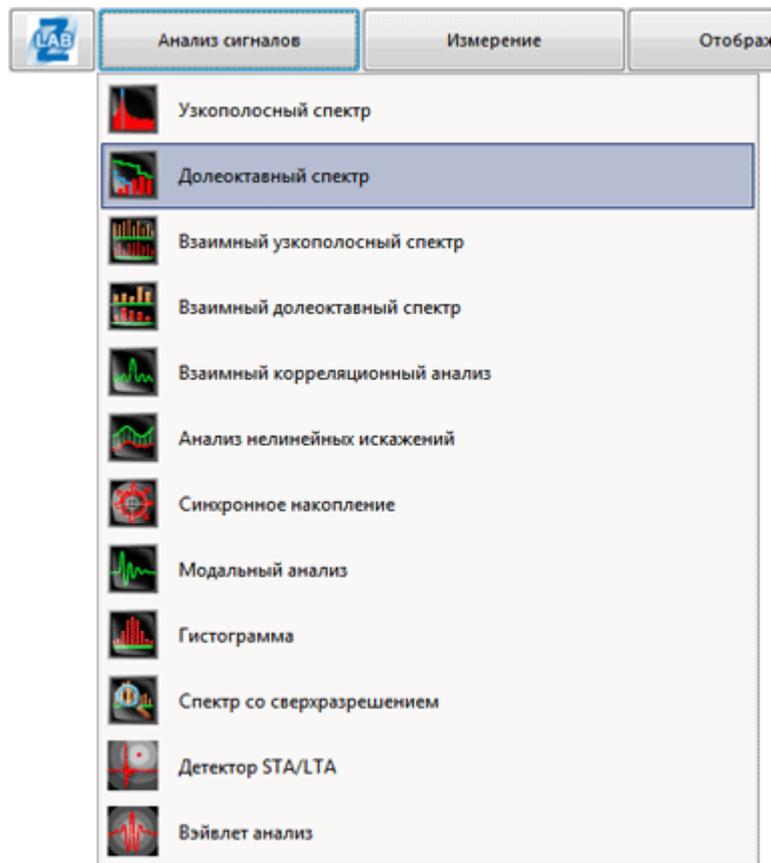
Входными данными программы **Долеоктавный спектр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным переменным сигналом. Под переменным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого зависят от времени.

Программа **Долеоктавный спектр** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером.

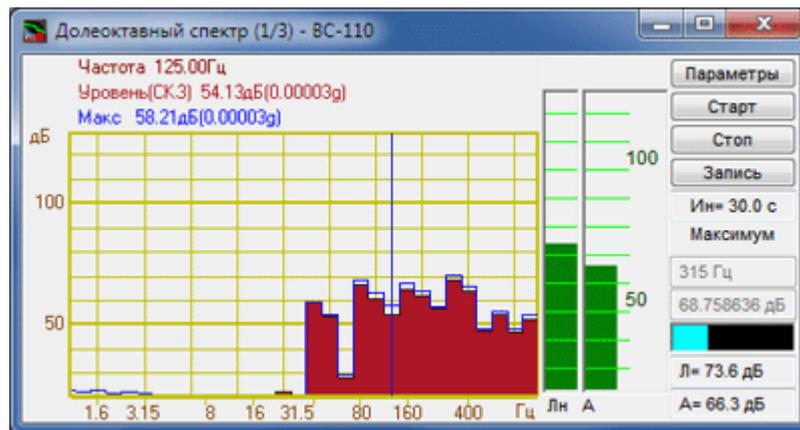
2.2 Интерфейс программы

Программа **Долеоктавный спектр** запускается из меню **Анализ** панели **ZETLAB**.



Запуск программы "Долеоктавный анализ"

В заголовке окна будет отображаться название самой программы и, через тире, название выбранного для анализа канала. Над графиком спектра отображаются измеряемые величины (частота, уровень сигнала), соответствующие положению курсора графика.



Окно программы "Долеоктавный спектр"

Примечание: программу можно запустить непосредственно из рабочей директории ZETLAB (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: dspectr.exe

Основную часть программы **Долеоктавный спектр** занимает поле для отображения результатов измерений - спектра сигнала, а также дополнительных графиков. Индикатор, расположенный справа от графика, отображает интегральные уровни с линейно-частотной характеристикой (слева) и с частотной характеристикой типа А-Д (справа). Тип частотной характеристики выбирается в окне **Настройка параметров долеоктавного спектра** в поле под надписью *Интегральный уровень*. Отображение индикатора можно включать/выключать в окне **Настройка параметров долеоктавного спектра** при помощи флага *Интегральный уровень*.

В правой части окна программы находятся кнопки и индикаторы:

- *Параметры* - вызывает окно настройки программы: канал измерений, параметры анализа и т.д.
- *Старт/Стоп* - включение/выключение анализа. При первом запуске программы кнопка **Старт** по умолчанию нажата. Если был задан интервал расчета для дополнительных графиков, то при нажатии на данную кнопку он обнуляется и расчет начинается заново.
- *Запись* - сохранение результатов в файл, структура файла описана в подразделе [Запись результатов в файл](#).
- *Ин=... с* - интервал времени, прошедший с момента начала измерений. Данный параметр имеет отношение только к расчету дополнительных графиков. В настройках программы **Долеоктавный спектр** указывается время расчета дополнительных графиков. По истечении заданного времени закончится расчет, дополнительные графики останутся, а в поле отобразится установленный интервал расчета (длительность)
- В полях под надписью *Максимум* указываются частота и значение текущего максимума спектра.
- Индикатор [Интегральный уровень сигнала](#) отображает отношение текущего значения сигнала к максимуму диапазона измерений. Позволяет быстро оценить уровень сигнала и отображает перегрузку по каналу.

См. также:

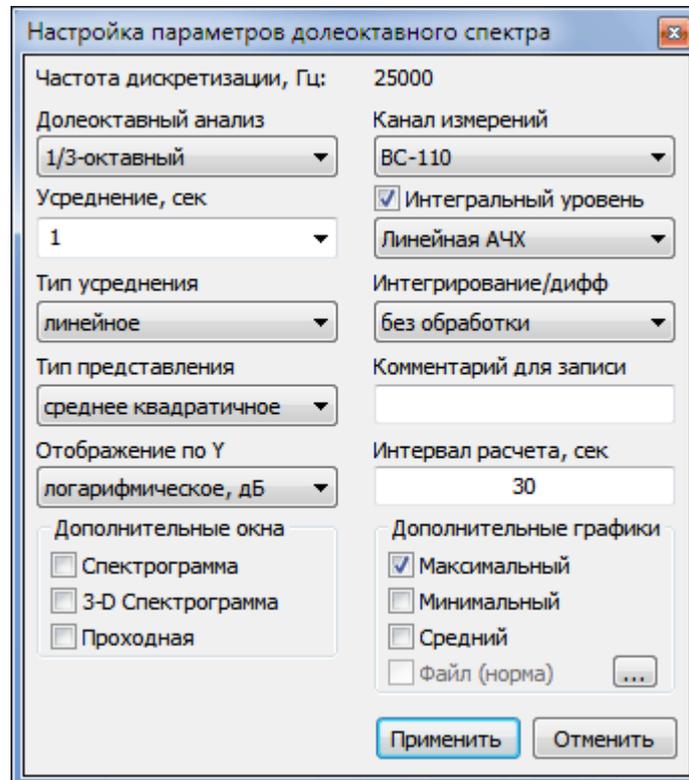
- [Управление курсором и масштабирование графиков](#)
- [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)
- [Настройка внешнего вида графика](#)

2.3 Настройка программы

Для настройки параметров программы **Долеоктавный спектр** необходимо левой кнопкой «мыши» нажать кнопку **Параметры**, которая находится в верхнем правом углу, после чего отобразится окно **Настройка параметров долеоктавного спектра**. Окно **Настройка параметров долеоктавного спектра** можно также вызвать нажатием клавиши <Esc> клавиатуры при активном окне программы

Долеоктавный спектр.

В верхней части окна будет отображена установленная частота дискретизации в Гц (частота дискретизации задается в программе [Диспетчер устройств ZET](#) в [окне настройки параметров приборов](#)).



Настройка параметров долеоктавного спектра

Список *Долеоктавный анализ* - выбор вида анализа: октавный, 1/3-октавный, 1/12-октавный, 1/24-октавный.

Октавные и 1/3-октавные фильтры соответствуют первому классу точности по ГОСТ 17168 и нулевому классу точности по МЭК 1260. Долеоктавный анализ реализован на основе параллельных цифровых фильтров. Количество фильтров в октавном анализе – 17, в 1/3-октавном – 51, в 1/12-октавном – 200, в 1/24 – 400.

Центральные частоты октавных и 1/3-октавных фильтров соответствуют требованиям МЭК 1260 и равны:

$$f_m = (G^{x/b})(f_r)$$

$G = 103/10$ - октавное отношение (равно 2 для фильтров с двоичным прореживанием и 1,995 для фильтров с декадным прореживанием, в данной программе реализовано декадное прореживание, рекомендованное МЭК 1260)

f_r - опорная частота 1000 Гц;

b - доля октавы формируемого фильтра: равна 1 для октавного фильтра и 3 для 1/3 - октавного фильтра.

Номер фильтра по МЭК 1260 и по ГОСТ 17168, точное и номинальное значения средней геометрической частоты фильтра приведены в таблице ниже.

Номер фильтра по МЭК 1260	Номер фильтра по ГОСТ 17168	Точное значение средней геометр. частоты фильтра, Гц	Номинальное значение средней геометр. частоты фильтра, Гц	Октавные фильтры	Третьооктавные фильтры
-31	-1	0,794	0,8	-	+
-30	0	1,000	1,0	+	+
-29	1	1,259	1,25	-	+
-28	2	1,585	1,6	-	+
-27	3	1,995	2	+	+
-26	4	2,512	2,5	-	+
-25	5	3,162	3,15	-	+
-24	6	3,981	4	+	+
-23	7	5,012	5	-	+
-22	8	6,310	6,3	-	+
-21	9	7,943	8	+	+
-20	10	10,000	10	-	+
-19	11	12,589	12,5	-	+
-18	12	15,849	16	+	+
-17	13	19,953	20	-	+
-16	14	25,119	25	-	+
-15	15	31,623	31,5	+	+
-14	16	39,811	40	-	+
-13	17	50,119	50	-	+
-12	18	63,096	63	+	+
-11	19	79,433	80	-	+
-10	20	100,00	100	-	+
-9	21	125,89	125	+	+
-8	22	158,49	160	-	+
-7	23	199,53	200	-	+
-6	24	251,19	250	+	+
-5	25	316,23	315	-	+
-4	26	398,11	400	-	+
-3	27	501,19	500	+	+
-2	28	630,96	630	-	+
-1	29	794,33	800	-	+
0	30	1 000,0	1 000	+	+
1	31	1 258,9	1 250	-	+
2	32	1 584,9	1 600	-	+
3	33	1 995,3	2 000	+	+
4	34	2 511,9	2 500	-	+
5	35	3 162,3	3 150	-	+
6	36	3 981,1	4 000	+	+
7	37	5 011,9	5 000	-	+
8	38	6 309,6	6 300	-	+
9	39	7 943,3	8 000	+	+
10	40	10 000	10 000	-	+
11	41	12 589	12 500	-	+
12	42	15 849	16 000	+	+
13	43	19 953	20 000	-	+
14	44	25 188	25 000	-	+
15	45	31 622	31 500	+	+
16	46	39 811	40 000	-	+
17	47	50 119	50 000	-	+
18	48	63 096	63 000	+	+
19	49	79 433	80 000	-	+

Номер фильтра по МЭК 1260	Номер фильтра по ГОСТ 17168	Точное значение средней геометр. частоты фильтра, Гц	Номинальное значение средней геометр. частоты фильтра, Гц	Октавные фильтры	Третьоктавные фильтры
20	50	100 000	100 000	–	+

Центральные частоты 1/12-октавных и 1/24-октавных фильтров соответствуют требованиям МЭК 1260 и равны:

$$f_m = (G^{(2x+1)/2b})(f_r)$$

b - доля октавы формируемого фильтра: равна 12 для 1/12-октавного фильтра и 24 для 1/24 – октавного фильтра.

Граничные частоты фильтров определяются:

$$f_1 = (G^{-1/(2b)})(f_m), f_2 = (G^{+1/(2b)})(f_m)$$

Эффективная ширина полосы долеоктавных фильтров равна $f_2 - f_1$.

Основное затухание фильтров для относительной частоты f/f_m равно номинальному затуханию фильтров с допустимым отклонением согласно таблицам ниже.

Пределы относительного затухания для октавных фильтров первого класса точности по ГОСТ 17168

Относительная частота, f/f_m	Затухание, дБ, октавных фильтров 1-ого класса точности
$\geq 0,125$	от +65,0 до ∞
0,25	от +50,0 до ∞
0,5	от +23,0 до ∞
0,7071	от –0,5 до +6,0
0,8409	от –0,5 до +1,0
1,0000	от –0,5 до +1,0
1,1892	от –0,5 до +1,0
1,4142	от –0,5 до +6,0
2	от +23,0 до ∞
4	от +50,0 до ∞
≥ 8	от +65,0 до ∞

Пределы относительного затухания для октавных фильтров нулевого класса точности по МЭК 1260. ($G = 103/10$)

Относительная частота, f/f_m	Затухание, дБ, октавных фильтров 0-ого класса точности
G^0	–0,15; +0,15
$G^{\pm} 1/8$	–0,15; +0,2
$G^{\pm} 1/4$	–0,15; +0,4
$G^{\pm} 3/8$	–0,15; +1,1
$< G^{+1/2}$ $> G^{-1/2}$	–0,15; +4,5
$G^{\pm} 1/2$	+2,3; +4,5
$G^{\pm} 1$	+18,0; + ∞

Относительная частота, f/f_m	Затухание, дБ, октавных фильтров 0-ого класса точности
$G^{\pm 2}$	+42,5; $+\infty$
$G^{\pm 3}$	+62; $+\infty$
$\geq G^{+4}$ $\leq G^{-4}$	+75; $+\infty$

Пределы относительного затухания для 1/3-октавных фильтров первого класса точности по ГОСТ 17168

Относительная частота, f/f_m	Затухание, дБ, 1/3-октавных фильтров 1-ого класса точности
0,2	от +75,0 до ∞
0,25	от +68,0 до ∞
0,5	от +45,0 до ∞
0,7937	от +14,0 до ∞
0,8909	от -0,5 до +6,0
0,9439	от -0,5 до +1,0
1,0000	от -0,5 до +0,5
1,0595	от -0,5 до +1,0
1,1225	от -0,5 до +6,0
1,2599	от +14,0 до ∞
2	от +45,0 до ∞
4	от +68,0 до ∞
5	от +75,0 до ∞

Пределы относительного затухания для 1/3-октавных фильтров нулевого класса точности по МЭК 1260

Относительная частота, f/f_m	Затухание, дБ, 1/3-октавных фильтров 0-ого класса точности
1,000 00	-0,15; +0,15
1,026 67 0,974 02	-0,15; +0,2
1,055 75 0,947 19	-0,15; +0,4
1,087 46 0,919 58	-0,15; +1,1
<1,122 02 >0,891 25	-0,15; +4,5
<1,122 02 >0,891 25	+2,3; +4,5
1,294 37 0,772 57	+18,0; $+\infty$
1,881 73 0,531 43	+42,5; $+\infty$
3,053 65 0,327 48	+62; $+\infty$
$\geq 5,391 95$ $\leq 0,185 46$	+75; $+\infty$

Список *Канал измерений* - выбор включенного физического либо виртуального канала, по которому в программе **Долеоктавный спектр** будет отображаться спектр сигнала.

Список *Усреднение, сек* – выбор продолжительности усреднения мгновенных спектров, в секундах.

Значения усреднения можно либо выбирать из списка, либо ввести с клавиатуры. Максимальное усреднение 100 с, минимальное усреднение 0,1 с.

Флаг *Интегральный уровень* включает/выключает отображение индикаторов линейночастотной характеристики и частотных характеристик типа А, В, С, D. При включенном флажке, под надписью *Интегральный уровень* выбираем вид амплитудно-частотной характеристики: линейная АЧХ, то есть без коррекции или относительная частотная характеристика А, В, С, D (ГОСТ 17187). Шумомеры должны иметь частотную характеристику А. Шумомеры, включая микрофон, дополнительно могут иметь частотные характеристики В, С, D или некоторые из них согласно таблице ниже. При включении флага *Интегральный уровень* отображаются вертикальные индикаторы и шкала со значениями интегральных уровней без коррекции (линейная АЧХ) и с выбранной коррекцией. Спектр отображается с выбранной коррекцией частотной характеристики. Все максимальные, минимальные и средние спектры рассчитываются с выбранной коррекцией.

Номинальная частота, Гц	Относительная частотная характеристика шумомера, дБ			
	А	В	С	Д
10	-70,4	-38,2	-14,3	-26,6
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	-24,6
16	-56,7	-28,5	-8,5	-22,6
20	-50,5	-24,2	-6,2	-20,6
25	-44,7	-20,4	-4,4	-18,7
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	-16,7
40	-34,6	-14,2	-2,0	-14,7
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12,8
63	-26,2	-9,3	-0,8	-10,9
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9,0
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7,2
125	-16,1	-4,2	-0,2	-5,5
160	-13,4	-3,0	-0,1	-4,0
200	-10,9	-2,0	0	-2,6
250	-8,6	-1,3	0	-1,6
315	-6,6	-0,8	0	-0,8
400	-4,8	-0,5	0	-0,4
500	-3,2	-0,3	0	-0,3
630	-1,9	-0,1	0	-0,5
800	-0,8	0	0	-0,6
1 000	0	0	0	0
1 250	+0,6	0	0	+2,0
1 600	+1,0	0	-0,1	+4,9
2 000	+1,2	-0,1	-0,2	+7,9
2 500	+1,3	-0,2	-0,3	+10,4
3 150	+1,2	-0,4	-0,5	+11,6
4 000	+1,0	-0,7	-0,8	+11,1
5 000	+0,5	-1,2	-1,3	+9,6
6 300	-0,1	-1,9	-2,0	+7,6
8 000	-1,1	-2,9	-3,0	+5,5
10 000	-2,5	-4,3	-4,4	+3,4
12 500	-4,3	-6,1	-6,2	+1,4
16 000	-6,6	-8,4	-8,5	-0,7
20 000	-9,3	-11,1	-11,2	-2,7

Список *Тип усреднения* - выбор типа режима накопления и усреднения спектров: линейное, экспоненциальное.

Список *Интегрирование/дифф.* - выбор вида обработки сигнала: двойное дифференцирование, дифференцирование, без обработки, интегрирование, двойное интегрирование. Функция полезна при работе с датчиками скорости и ускорения.

Список *Тип представления* - выбор типа представления: среднее квадратичное или пиковое значение.

В поле *Комментарий для записи* можно занести любую необходимую информацию, максимальная длина - 200 символов. Она будет добавлена в виде комментария в файл при записи результатов обработки сигнала.

Список *Отображение по Y* – выбор логарифмического (в дБ, относительно опорного значения для вычисления в дБ) или линейного масштаба (в единицах измерения) отображения спектра. Опорное значение для вычисления дБ задается в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

В поле *Интервал расчета, сек* вносится временной интервал расчета дополнительных графиков в секундах. Максимально возможное значение интервала 1000 с, минимальное 10 с.

Устанавливая/снимая флаги в рамке *Дополнительные окна* можно посмотреть следующие характеристики сигнала: спектрограмма, 3D-спектрограмма, проходная.

В рамке *Дополнительные графики* для отображения на графическом поле программы **Долеоктавный спектр** максимальных, минимальных и средних спектров, а также заданного спектра (Файл (норма)) необходимо установить соответствующие флаги.

При установленных флагах *Максимальный*, *Минимальный* и *Средний* в главном окне программы **Долеоктавный спектр** в графической части будут отображаться выбранные дополнительные графики, а в поле индикатора, расположенного под кнопкой *Запись*, начнется отсчет времени установленного интервала для расчета дополнительных графиков (Максимальный, Максимальный и Средний).

Для отображения в главном окне программы **Долеоктавный спектр** в графической части заданного спектра (Файл (норма)) необходимо выбрать файл нормированного спектра, для чего нажать кнопку, расположенную справа от флага *Файл (норма)* и в открывшемся окне выбрать нужный файл. Далее, установив/сняв флаг *Файл (норма)*, можно включить/выключить отображение заданного спектра.

Этой функцией удобно воспользоваться, когда надо отследить превышение сигнала над заданной спектральной характеристикой.

Файл (норма) создается и редактируется любым текстовым редактором, например, NotePad, и должен иметь расширение *.nrm. Структура файла должна имеет следующий вид:

1.	80.
10.	70.
100.0	80.
1000.0	90.
10000.0	100.

В левый столбец заносятся частоты по порядку возрастания сверху вниз в герцах, во второй – уровень в децибелах. Разделителем между значениями частоты и соответствующим уровнем на этой частоте является пробел.

Кнопка *Применить* – служит для ввода настроек в программу **Долеоктавный спектр** и выхода из окна **Настройка параметров долеоктавного спектра**.

Кнопка *Отменить* – служит для выхода из окна **Настройка параметров долеоктавного спектра** без ввода настроек в программу **Долеоктавный спектр**.

Закреть окно **Настройка параметров долеоктавного спектра** без ввода настроек в программу **Долеоктавный спектр** можно также и нажатием левой кнопкой «мыши» на кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна.

2.4 Дополнительные окна

Программа **Долеоктавный спектр** имеет следующие дополнительные возможности:

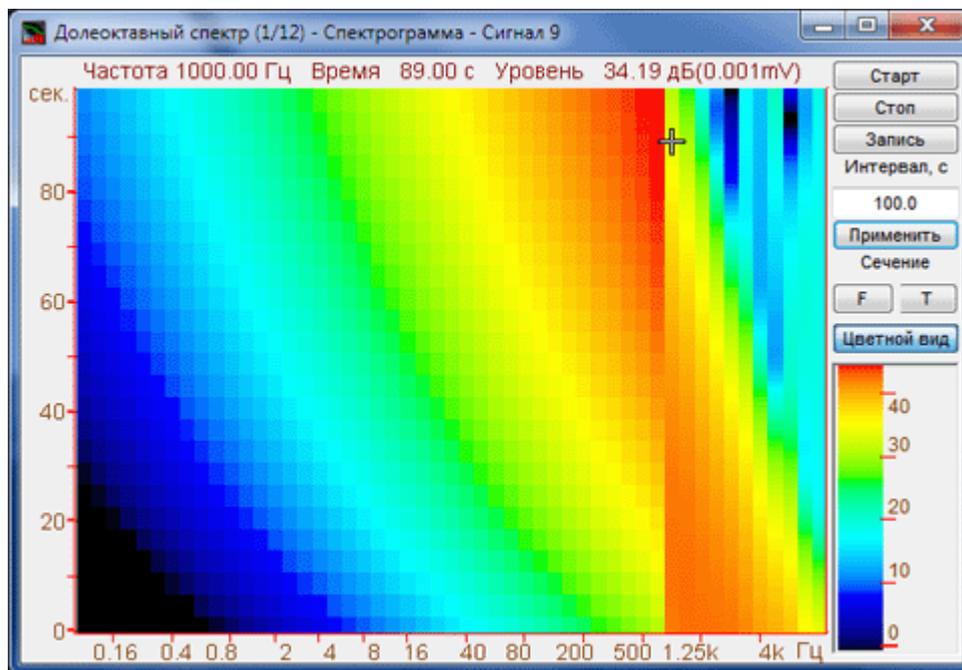
- Построение [спектрограмм](#)
- Построение [3D-спектрограмм](#)
- Построение [проходных](#)

2.4.1 Спектрограмма

При установке флага *Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров долеоктавного спектра** открывается дополнительное окно время-частотного распределения сигнала **Долеоктавный спектр – Спектрограмма**.

Спектрограмма дает представление о распределении частот спектра в разные моменты времени.

В названии окна пишется название самого спектра (Долеоктавный спектр), через тире название дополнительного окна (Спектрограмма) и, через тире, название канала.



Долеоктавный спектр - спектрограмма

Основную часть окна занимает поле отображения спектрограммы, в легенде графика отображаются значения измеряемых величин (в данном случае частота, время и уровень) в положении курсора.

Цвет отображает уровень спектра. Низкие уровни отображаются черным цветом, высокие – красным.

Уровень спектра отображается в соответствии с настройками программы **Долеоктавный спектр**: СКЗ, пиковое, интегрированный/дифференцированный сигнал и т.д.

Перемещение курсора графика осуществляется установкой указателя «мыши» на пересечение интересующих частоты и времени и нажать левой клавишей «мыши». Масштабирование графика спектрограммы осуществляется также, как и в главном окне программы **Долеоктавный спектр** (см. *О работе с ПО ZETLAB – [Управление курсором и масштабирование графиков](#)*). Масштабирование по уровню в спектрограмме осуществляется нажатием левой клавишей «мыши», при появляющихся соответствующих графических видах курсора, на вертикальную шкалу спектрограммы, которая находится под кнопкой *Цветной вид*.

Перенос графической и численной информации см. *О работе с ПО ZETLAB – [Перенос графической и](#)*

численной информации.

Кнопка *Старт* запускает накопление спектров в спектрограмму, при этом обнуляются накопленные спектры.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления текущих спектров в спектрограмме. Также, при нажатии кнопки *Стоп*, происходит остановка включенных окон сечений (**Сечение по частоте** и **Сечение по времени**). Окон сечений спектрограммы описываются ниже. Дальнейшее продолжение процесса накопления спектров осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать значения накопленных спектров в текстовый файл с расширением *.*gri*. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. В дальнейшем, эти данные можно использовать при построении трехмерного изображения записанных данных в программах трехмерного моделирования. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

В поле под надписью *Интервал*, с устанавливается интервал времени накопления спектров в спектрограмме. Интервал устанавливается в секундах. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Для установки введенного интервала времени накопления спектров необходимо нажать кнопку *Применить* или клавишу <Enter> клавиатуры.

Кнопка *F*, под надписью *Сечение*, включают окно сечения по частоте спектрограммы.

Кнопка *T*, под надписью *Сечение*, включают окно сечения по времени спектрограммы.

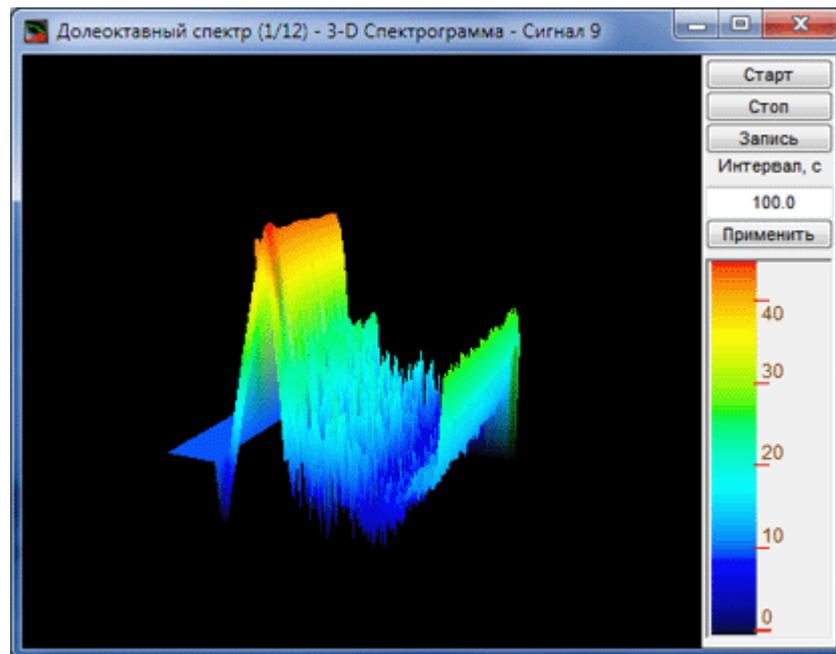
Цветной вид – при нажатой кнопке спектрограмм отображается в цветном виде (по умолчанию). Если кнопку отжать, то спектрограмма и вертикальная шкала спектрограммы (цветовой аналог уровня сигнала) станут черно-белыми. Это удобно, при подготовке спектрограммы к печати.

Вертикальная шкала спектрограммы, которая находится под кнопкой *Цветной вид*, показывает соотношение цвета спектрограммы уровню.

Для закрытия окна **Спектрограмма** надо, либо в окне **Настройка параметров долеоктавного спектра** снять флаг *Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *Спектрограмма* автоматически снимется.

2.4.2 3D-спектрограмма

При установке флага *3D-Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров долеоктавного спектра** открывается дополнительное окно время-частотного распределения сигнала **Долеоктавный спектр – 3D-Спектрограмма**. В этом окне будет отображаться трехмерное время-частотное распределение сигнала. Трехмерная спектрограмма дает представление об изменении формы огибающей во времени.



3D-спектрограмма

В названии окна пишется название самого спектра (Додеоктавный спектр), через тире название дополнительного окна (3D-Спектрограмма) и, через тире, название канала (например Сигнал 9).

Цвет отображает уровень спектра. Низкие уровни отображаются черным цветом, высокие – красным.

Масштабирование по уровню в трехмерной спектрограмме осуществляется нажатием левой клавишей «мыши», при появляющихся соответствующих графических видах курсора, на вертикальную шкалу трехмерной спектрограммы, которая находится под кнопкой *Применить*.

Цвет фона трехмерной спектрограммы по умолчанию – черный. При двойном нажатии правой кнопки «мыши» по графическому полю трехмерной спектрограммы цвет фона можно изменить на белый и наоборот.

3D-спектрограмму можно визуально рассматривать с любой из ее сторон, вращая ее вокруг трех взаимоперпендикулярных осей. Вращение вокруг трех взаимоперпендикулярных осей осуществляется следующим образом: нажимая и удерживая левую кнопку «мыши», перемещая ее по полю графика трехмерной спектрограммы, можно вращать трехмерную спектрограмму вокруг осей X и Y; нажимая и удерживая правую кнопку «мыши», перемещая ее по полю графика трехмерной спектрограммы, можно вращать трехмерную спектрограмму вокруг оси Z.

Увеличение или уменьшение 3D-спектрограммы осуществляется вращением ролика «мыши».

Двойное нажатие левой кнопки «мыши» по графическому полю трехмерной спектрограммы возвращает трехмерную спектрограмму в исходное положение по отношению к осям и масштабу.

Кнопка *Старт* запускает накопление спектров в трехмерную спектрограмму, при этом обнуляются накопленные спектры.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления текущих спектров в трехмерной спектрограмме. Дальнейшее продолжение процесса накопления спектров осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать значения накопленных спектров в текстовый файл с расширением *.gpr. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. В дальнейшем, эти данные можно использовать при построении трехмерного изображения записанных данных в программах трехмерного моделирования. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла трехмерной спектрограммы такая же как и у двумерной и описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

В поле под надписью *Интервал, с* устанавливается интервал времени накопления спектров в

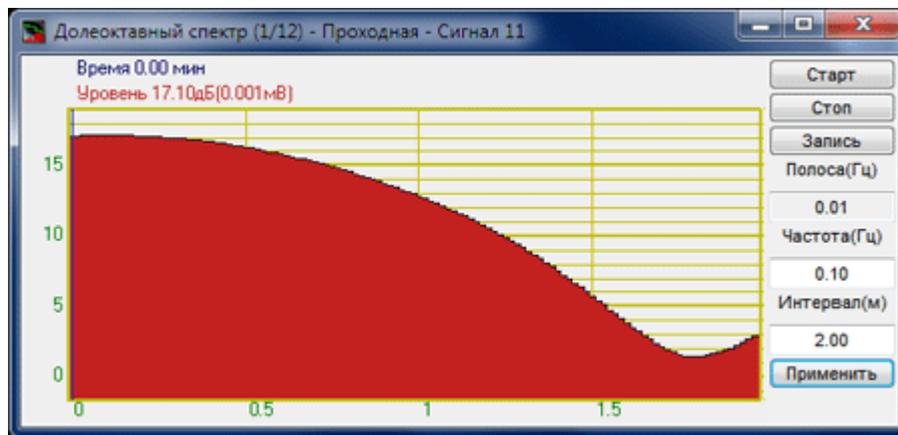
спектрограмме. Интервал устанавливается в секундах. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Для установки введенного интервала времени накопления спектров необходимо нажать кнопку Применить или клавишу <Enter> клавиатуры.

Вертикальная шкала спектрограммы, которая находится под кнопкой *Применить*, показывает соотношение цвета спектрограммы уровню.

Для закрытия окна 3D-Спектрограмма надо, либо в окне **Настройка параметров долеоктавного спектра** снять флаг *3D-Спектрограмма* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "х", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *3D-Спектрограмма* автоматически снимется.

2.4.3 Проходная

При установке флага *Проходная* в рамке *Дополнительные окна* окна **Настройка параметров долеоктавного спектра** открывается дополнительное окно **Долеоктавный спектр – Проходная**. В этом окне будет отображаться проходная характеристика сигнала на заданной частоте.



Узкополосный спектр - проходная

В названии окна пишется название самого спектра, через тире название дополнительного окна и, через тире, название канала (например Сигнал 11).

Управление курсором и масштабирование графика осуществляется также, как и в главном окне программы **Долеоктавный спектр** (см. [Управление курсором и масштабирование графиков](#)).

Перенос графической и численной информации осуществляется также, как и в главном окне программы **Долеоктавный спектр** (см. [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)).

Кнопка *Старт* запускает накопление данных частотной проходной, при этом обнуляются накопленные данные

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс накопления. Дальнейшее продолжение процесса накопления осуществляется нажатием кнопки *Старт*, описанной выше.

Кнопка *Запись* позволяет записать накопленные данные проходной сигнала на заданной частоте в текстовый файл с расширением *.dtu. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\. Структура файла описана в разделе [Запись результатов в файл](#).

В поле под надписью *Полоса(Гц)* отображается значение полосы анализа в герцах. Полоса пропускания зависит от частоты, т.е. при изменении частоты пересчитывается и полоса.

В поле под надписью *Частота(Гц)* устанавливается частота в герцах. Значения частоты вводятся с клавиатуры.

В поле под надписью *Интервал(м)* устанавливается интервал расчета в минутах. Значения интервала вводятся с клавиатуры. Максимальное значение интервала определяется параметрами компьютера,

минимальное 1 мин.

Кнопка *Применить* или клавиша клавиатуры <Enter> запускают программу с измененными параметрами.

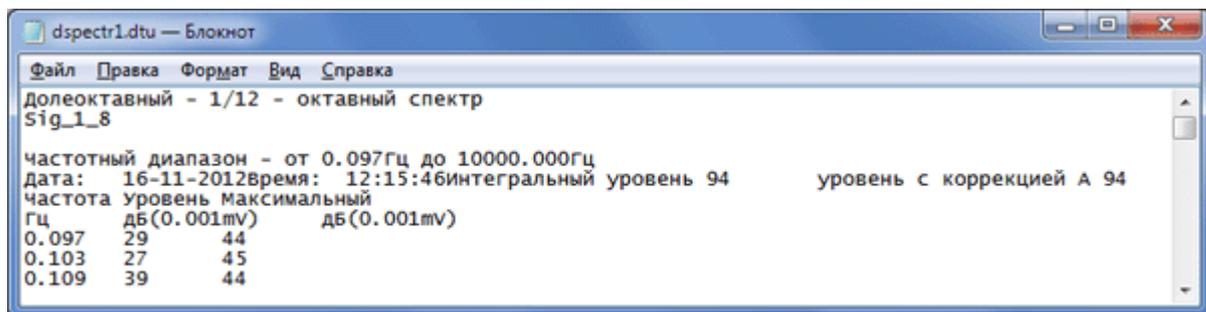
Для закрытия окна **Проходная** надо, либо в окне **Настройка параметров узкополосного спектра** снять флаг *Проходная* в рамке *Дополнительные окна*, либо нажать кнопку "x", расположенную в правом верхнем углу окна, при этом флаг *Проходная* автоматически снимется.

2.5 Запись результатов в файл

Запись спектра

В программе **Долеоктавный спектр** предусмотрена возможность записи мгновенного значения отображаемого спектра в текстовый файл с расширением *.dtu. При нажатии на кнопку *Запись* в окне программы **Долеоктавный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.

Пример файла приведена на рисунке ниже.



Файл результатов, записанный программой "Долеоктавный спектр"

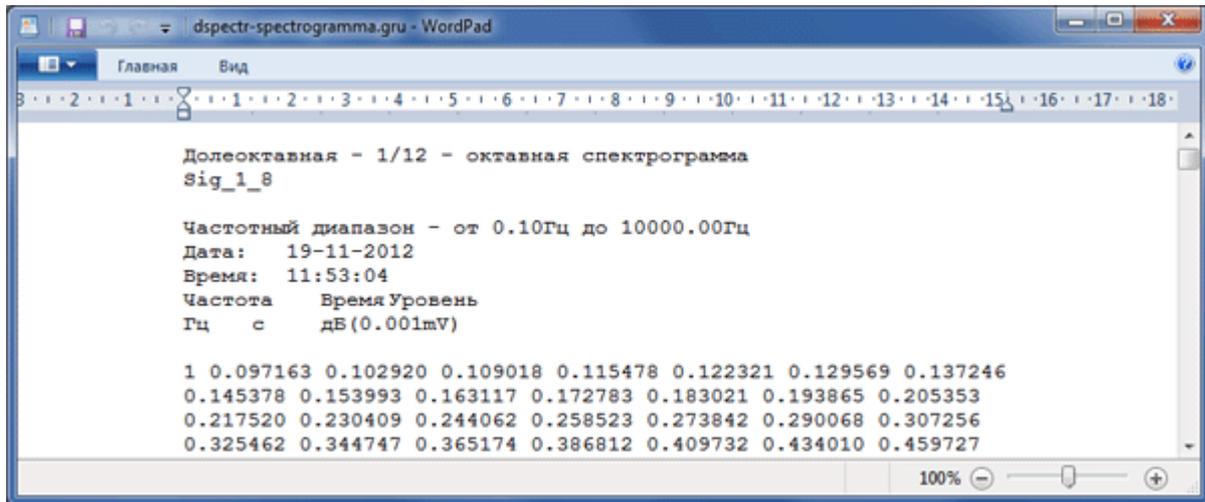
Структура файла представлена в таблице ниже.

Строки файла	Описание
Долеоктавный – 1/3 – октавный спектр	название спектра
Sig_1_8	название канала ввода сигнала
	комментарий пользователя
Частотный диапазон – от 0.097Гц до 10000.00Гц	частотный диапазон в герцах
Дата: 16-11-2012	дата начала записи файла
Время: 12:15:46	время начала записи файла
Интегральный уровень 94 Уровень с коррекцией A 94	интегральный уровень с частотной характеристикой типа A-D
Частота Уровень Максимальный	заголовки столбцов данных
Гц дБ(0.001mV) дБ(0.001mV)	единицы измерения данных (по столбцам соответственно)
	численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Запись спектрограммы

Значения накопленных спектров записываются в текстовый файл с расширением *.gru. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **Спектрограммы** программы **Долеоктавный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения

файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.



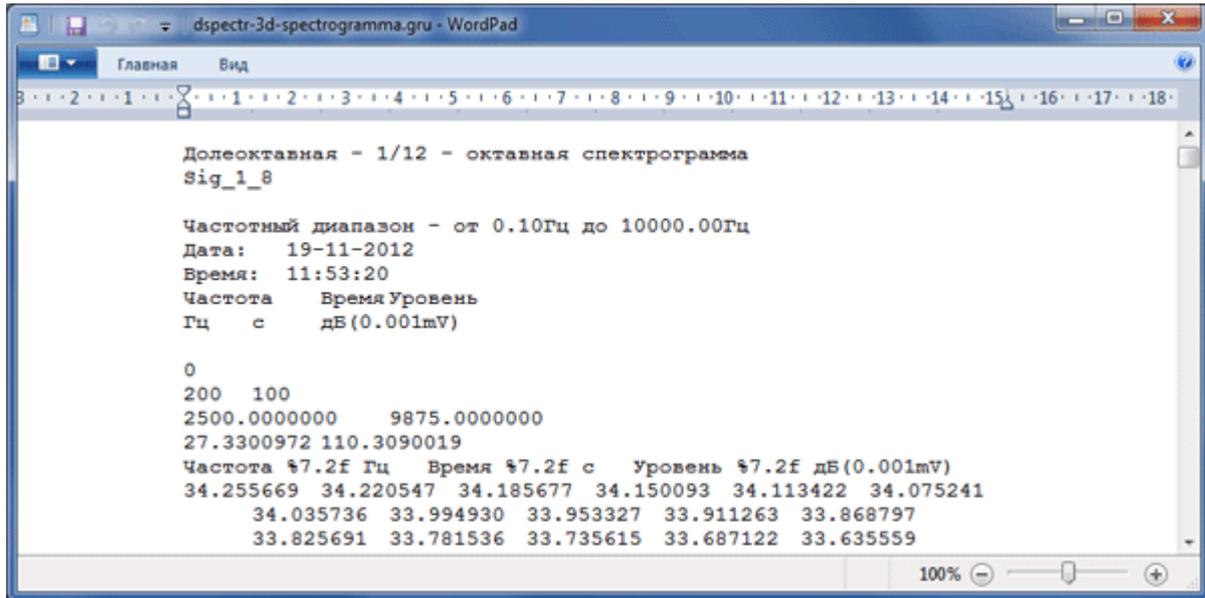
файл результатов, записанный окном "Долеоктавный спектр - спектрограмма"

Структура файла:

Номер строки	Строки	Описание
1	Узкополосная спектрограмма	Название дополнительного окна
2	Sig_1_8	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя
6	Частотный диапазон - от 0.10Гц до 10000.00Гц.	Параметры узкополосного спектра
7	Дата: 16-11-2012	Дата записи файла
8	Время: 12:15:58	Время начала записи файла
9	Частота Время Уровень	Заголовки столбцов данных
10	Гц с дБ(0.001mV)	Единицы измерения (по столбцам)
11		Пустая строка
12-я и последующие строки	Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.	

Запись 3D-спектрограммы

Значения накопленных спектров записываются в текстовый файл с расширением *.gru. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **3D-Спектрограммы** программы **Долеоктавный спектр** открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.



файл результатов, записанный окном "Долеоктавный спектр - 3D-спектрограмма"

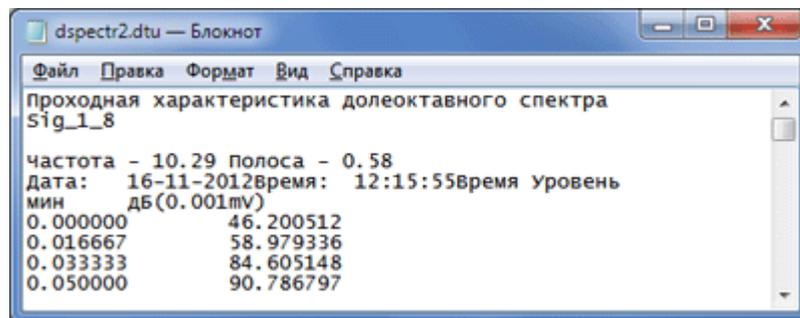
Структура файла:

Номер строки	Строки	Описание
1	Узкополосная спектрограмма	Название дополнительного окна
2	Sig_1_8	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя
6	Частотный диапазон - от 0.10Гц до 10000.00Гц.	Параметры узкополосного спектра
7	Дата: 16-11-2012	Дата записи файла
8	Время: 12:15:58	Время начала записи файла
9	Частота Время Уровень	Заголовки столбцов данных
10	Гц с дБ(0.001mV)	Единицы измерения (по столбцам)
11		Пустая строка
12	0	
13	200 100	Границы временного и частотного диапазона, уровня сигнала.
	2500.0000000 9875.0000000	
14	27.3300972 110.3090019	Значения в положении курсора
15	Частота %7.2f Гц Время %7.2f с Уровень %7.2f дБ(0.001mV)	Служебная информация
16-я и последующие строки		Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Запись проходной характеристики

Накопленные данные проходной сигнала на заданной частоте записываются в текстовый файл с расширением *.dtu. При нажатии кнопки *Запись* в дополнительном окне **Проходная** программы

Долеоктавный спектр открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.



файл результатов, записанный окном "Долеоктавный спектр - проходная"

Структура файла:

Номер строки	Строки	Описание
1	Проходная характеристика долеоктавного спектра	Название дополнительного окна
2	Sig_1_8	Название канала ввода сигнала
3		Комментарий пользователя, заданный в окне настройки долеоктавного спектра
4	Частотный диапазон - от 0.010Гц до 12.50Гц Шаг по частоте - 0.010Гц Полоса анализа - 0.014	Параметры узкополосного спектра
5	Дата: 13-11-2012	Дата записи файла
6	Время: 12:59:13	Время начала записи файла
7	Время Уровень	Заголовки столбцов данных
8	мин дБ(0.001mV)	Единицы измерения (по столбцам)
9-я и последующие строки		Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Измерение

Программы раздела "Измерение" предназначены для измерения различных параметров сигналов.

Вольтметры являются универсальными измерительными приборами и рассчитывают постоянные и переменные уровни сигналов (СКЗ, СКО, амплитудные, пиковые и др.). При подключении вибродатчиков вольтметр переменного тока покажет уровень вибрации (ускорение), при подключении датчиков тока - перейдет в режим амперметра и т.д.

Такие программы как "Тензометр", "Виброметр", "Термометр" являются специализированными и предназначены для измерения параметров при подключении датчиков определенного типа с использованием соответствующего оборудования (тензостанции, анализатора спектра).

Программы "Энкодер", "Торсиограф", "Тахометр" предназначены для измерений параметров, связанных с вращением: угла поворота, скорости вращения, неравномерности вращения и т.п.

Все программы раздела "Измерение" отображают результат измерения на цифровом табло. Специализированные программы (т.е. все, кроме вольтметров) создают виртуальные каналы с результатами обработки, которые доступны другим программам **ZETLAB**. Это позволяет, например, вести запись температуры Многоканальным самописцем, построить взаимную зависимость напряженности от приложенной силы на XYZ-осциллографе, получить спектр вибромерещения и т.д.

1 Вольтметр переменного тока

Программа **Вольтметр переменного тока**, поставляемая в виде исполняемого файла "VoltMeter.exe", предназначена для измерения параметров переменных сигналов. Измеряемые параметры - амплитуда, пиковое значение и среднеквадратическое значение (СКЗ) переменной составляющей сигнала.

Программа **Вольтметр переменного тока** может применяться в различных областях науки и техники.

Программа **Вольтметр переменного тока** предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе "[Требования к ПК](#)" настоящего руководства. На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа **Вольтметр переменного тока** может содержать незначительные изменения, не описанные в данном руководстве.

1.1 Поддерживаемое оборудование и входные данные

Входными данными программы **Вольтметр переменного тока** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным переменным сигналом. Под переменным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого зависят от времени. В первую очередь программа **Вольтметр переменного тока** ориентирована на работу с гармоническими сигналами, имеющими не нулевую постоянную составляющую.

Для оцифровки аналоговых сигналов можно использовать:

- анализаторы спектра **ZET 017-U2**, **ZET 0174-U4**, **ZET 017-U8**, **A19-U2**, **A23**, **BK-01**,
- тензометрические станции **ZET 017-T8**,
- шумомеры-виброметры **ZET 110**,
- сейсмостанции **ZET 048-C**, **ZET 048-I**, **ZET 048-E**,
- модули АЦП/ЦАП **ZET 210**, **ZET 220**, **ZET 230**,
- платы АЦП/ЦАП **14/2**, **14/32**, **24/4**.

1.2 Принцип работы

При вычислении измеряемых параметров входных сигналов выполняются следующие операции:

- с сервера данных **ZETLAB** считывается некоторое количество отсчётов с выбранного канала;
- из полученных отсчётов выделяется выборка, содержащая целое число периодов;
- в выборке отсчётов определяется среднее значение;
- отсчёты в выборке центрируются;
- по центрированным отсчётам в выборке определяется СКЗ и амплитуда переменной составляющей сигнала, которая определяется как половина размаха сигнала.

С сервера данных **ZETLAB** считывается отсчёты количеством N

$$N = time * Freq_{ADC}$$

где: $time$ - время усреднения, $Freq_{ADC}$ - частота дискретизации АЦП. Время усреднения может принимать следующие значения: 0,1 сек; 1 сек; 10 сек.

По полученным отсчётам определяется некоторое среднее значение как среднее между максимальным и минимальным значениями. Затем определяется отсчёт первого перехода значения сигнала через полученное среднее значение. Обозначим номер этого отсчёта как n_1 . Далее определяется отсчёт последнего переход того же направления через это среднее значение. Обозначим номер этого отсчёта как n_2 . Тогда

$$\bar{x} = \frac{1}{n_2 - n_1} \sum_{n=n_1}^{n_2-1} x_n,$$

$$CKЗ = \sqrt{\frac{1}{n_2 - n_1} \sum_{n=n_1}^{n_2-1} (x_n - \bar{x})^2},$$

$$A_{\text{пик}} = \max(\max(\sum_{n=n_1}^{n_2-1} (x_n - \bar{x})), -\min(\sum_{n=n_1}^{n_2-1} (x_n - \bar{x}))),$$

$$A = [\max(\sum_{n=n_1}^{n_2-1} (x_n - \bar{x})) - \min(\sum_{n=n_1}^{n_2-1} (x_n - \bar{x}))] * 0.5.$$

где: \bar{x} - рассчитанное значение величины сигнала, x_n - n-ый отсчёт входно-го сигнала. $A_{\text{пик}}$ - пиковое значение переменной составляющей сигнала, A - амплитуда переменной составляющей сигнала.

Для оптимизации ресурсов, используемых программой, при чтении данных с АЦП всегда используется время, равное 0,1 сек, и далее с по-мощью определённых действий с данными выполняются вычисления в соответствии с представленными выше формулами. Поэтому следует избегать использования частот дискретизации АЦП, для которых произведение

$$0,1 * Freq_{ADC}$$

не является целым числом.

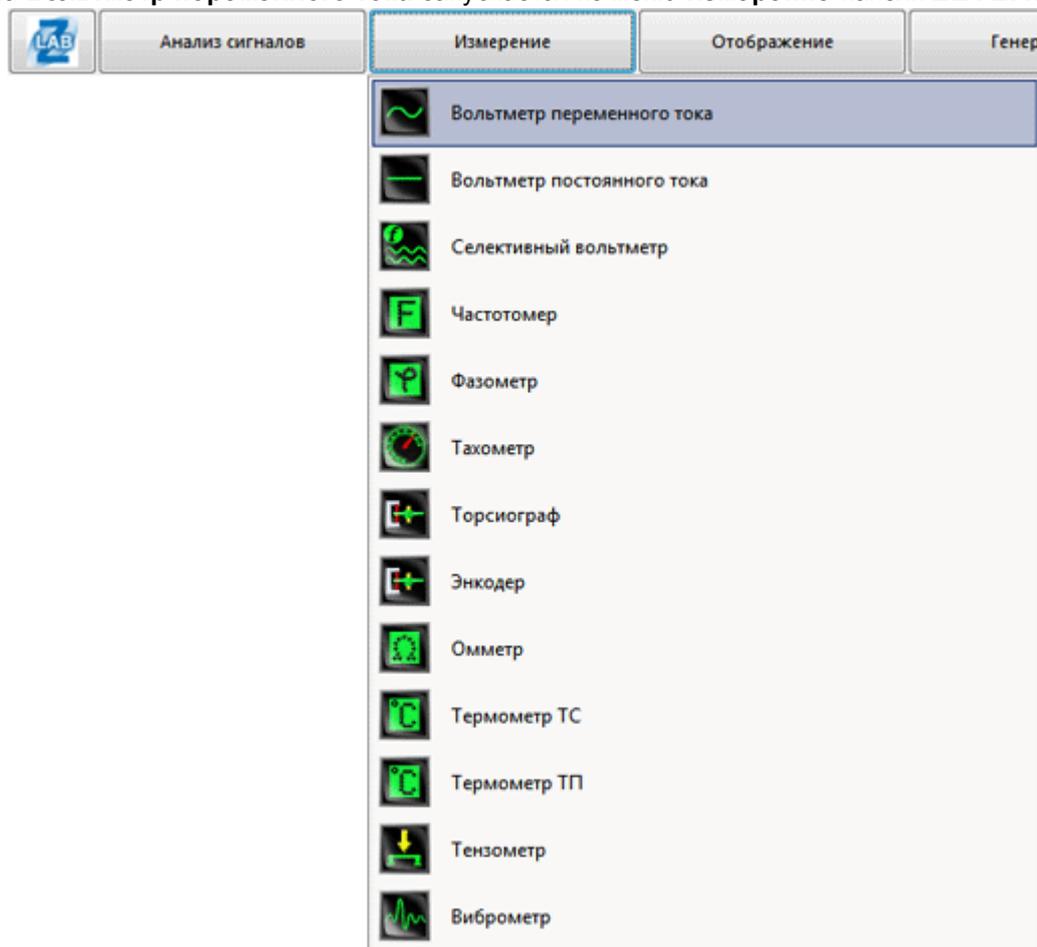
Для времён усреднений 0,1 и 1 сек выборки сигналов, используемые для вычислений, являются не перекрывающимися, идущими друг за другом без потери данных. При этом рассчитанные данные в окне программы обновляются соответственно через 0,1 или 1 сек.

Для времени усреднения 10 сек для обоих измеряемых параметров реализовано скользящее среднее с перекрытием данных 90%. Обновление данных в окне программы в этом случае осуществляется с интервалом в 1 сек.

Сразу после загрузки программа начинает свою работу.

1.3 Интерфейс программы

Программа **Вольтметр переменного тока** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск вольтметра переменного тока

Примечание: программу **Вольтметр переменного тока** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: VoltMeter.exe.

В заголовке окна будет отображаться название самой программы и, через тире, название выбранного для измерений канала.



Вольтметр переменного тока

Название программы изменяется в зависимости от размерности выбранного канала для измерений, подключенного к измерительному каналу.

При подключении датчика тока с соответствующей настройкой измерительного канала в [Диспетчере устройств ZET](#) название программы изменяется на **Амперметр переменного тока** и программа будет отображать значение тока:



Амперметр переменного тока

При подключении, например, датчика вибрации с соответствующей настройкой измерительного канала в [Диспетчере устройств ZET](#) название программы изменяется на **Измеритель переменного значения** и программа будет отображать значение виброускорения:



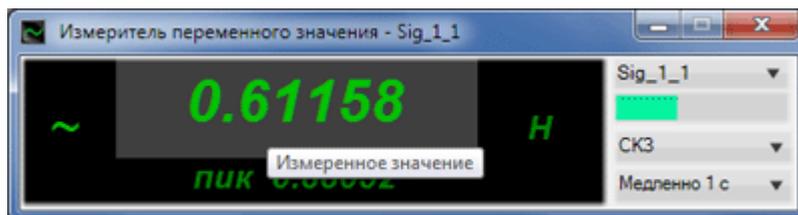
Измеритель переменного значения

В таблице ниже представлены все возможные варианты заголовков программы.

Заголовок	Размерность канала
Вольтметр переменного тока	В, мВ или мкВ
Амперметр переменного тока	А, мА или мкА
Температура	град или С
Измеритель переменного значения	остальные случаи

В левой части окна расположены 4 индикатора, которые на черном фоне зелёным шрифтом отображают символическую информацию. Левый индикатор всегда отображает знак "тильда" - принятое обозначение переменного тока. Правый отображает размерность выбранного канала, которая может меняться при изменении канала. Верхний индикатор отображает измеренное программой значение амплитуды или СКЗ переменной составляющей выбранного канала. Точность отображения определяется минимальным значением данного канала, которое является одним из параметров канала, и которое можно узнать или отредактировать с помощью программы [Диспетчер устройств ZET](#) вкладки **Сервисные** панели **ZETLAB**. Нижний индикатор отображает слово "пик" и через пробел - пиковое значение переменной составляющей сигнала.

При наведении курсора "мыши" на верхний или нижний индикатор вид курсора меняется на изображение правой руки с вытянутым указательным пальцем. Сам индикатор меняет цвет своего фона с черного на серый (см. рисунок ниже). Индикатор становится выбранным, клик левой кнопкой "мыши" по нему осуществляет копирование представленного на индикаторе числа в буфер обмена. Копирование осуществляется в текстовом режиме, что позволяет использовать скопированное число в других программах, например в текстовом редакторе "Word" или электронной таблице "Excel". Одновременное нажатие клавиш клавиатуры "Ctrl" и "C" выполняет копирование в буфер обмена значения, представленного в верхнем индикаторе.



Копирование результатов измерений в буфер обмена

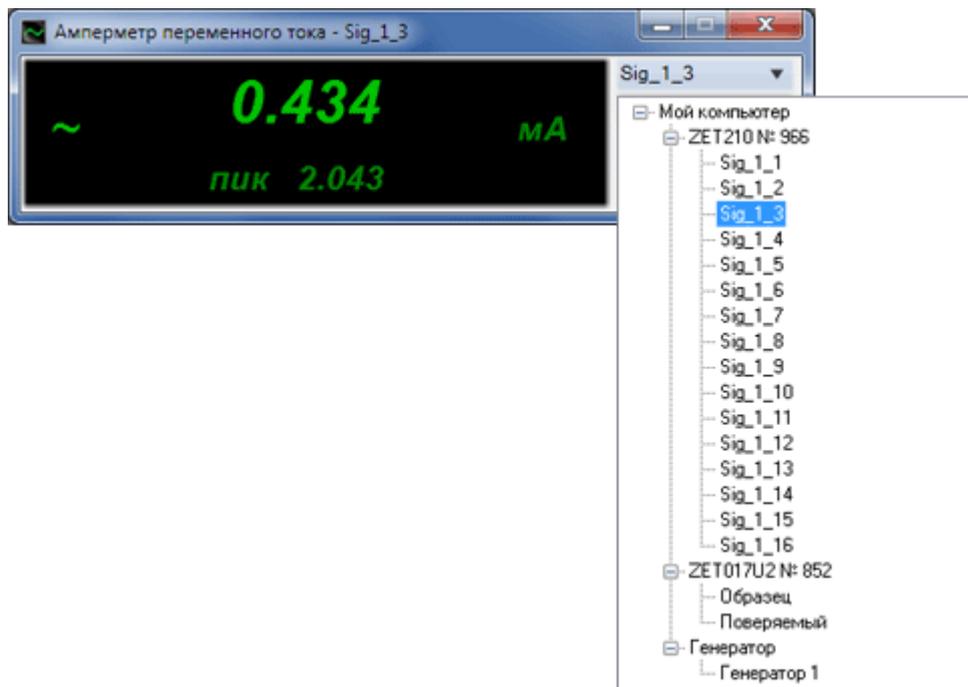
В правой части окна программы расположены четыре элемента: первый (сверху) для выбора измеряемого канала, второй, отображающий интегральный уровень загрузки канала, третий для выбора

отображаемой в верхнем индикаторе величины и четвертый для выбора времени усреднения.

При наведении курсора манипулятора "мыши" на первый, третий и четвёртый элементы вид курсора меняется на изображение правой руки с вытянутым указательным пальцем.

При клике левой кнопкой "мыши" по верхнему элементу появляется выпадающий перечень доступных каналов сервера **ZETLAB**, пример которого представлен на рисунке ниже. Выбор канала осуществляется путём клика левой кнопки "мыши" на требуемом канале. После этого перечень каналов исчезает, в заголовке окна появляется название выбранного канала, правый индикатор отображает размерность нового канала, а также возможна замена заголовка программы в соответствии с таблицей, приведённо выше.

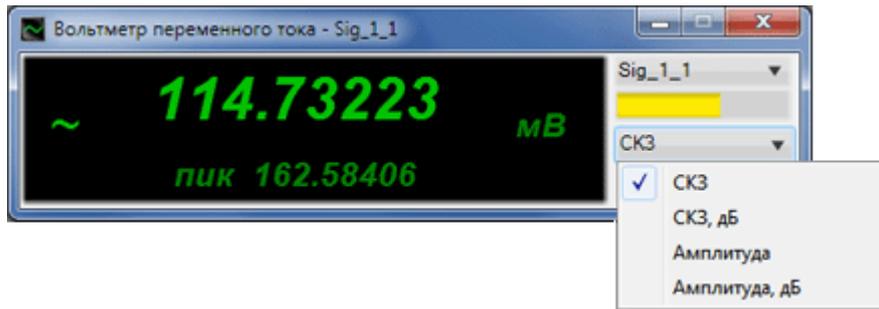
После изменения измеряемого канала, а также в самом начале работы программы ни верхний, ни нижний индикаторы не отображают никаких чисел, т.к. параметры сигнала ещё не измерены. Первые значения будут определены только через время, равное времени усреднения.



Выбор измерительного канала

Второй элемент показывает интегральный уровень сигнала. Отображение осуществляется с помощью изменения цвета индикатора и ширины цветного поля индикатора, который может занимать до двух третей всего поля. При изменении уровня канала от минимального до максимального допустимого уровня цвет меняется от синего до красного. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не кликнет по индикатору левой кнопкой "мыши".

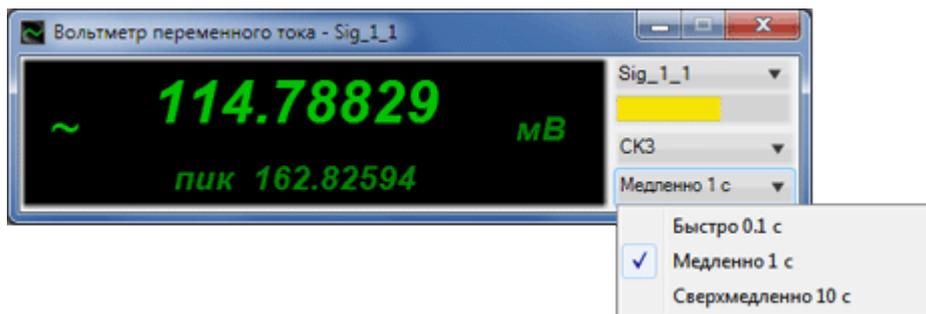
Третий элемент позволяет выбрать параметр для отображения в верхнем индикаторе. При клике левой кнопкой "мыши" по этому элементу появляется выпадающий перечень доступных вариантов, который представлен на рисунке ниже. Галочкой отмечена строка, соответствующая текущему варианту отображения. Для его изменения необходимо кликнуть левой кнопкой "мыши" по строке с требуемым вариантом.



Выбор режима измерений

Имеется возможность вывода параметров в дБ. При этом величина опорного значения, относительно которой рассчитывается десятичный логарифм, является параметром выбранного канала, который можно узнать или отредактировать с помощью программы [Диспетчер устройств ZET](#) вкладки **Сервисные** панели **ZETLAB**. Для каналов, измеряющих напряжение, эта величина равняется 1 мкВ. При выборе вариантов отображения в дБ пиковое значение, отображаемое в нижнем индикаторе, также пересчитывается в дБ.

Нижний элемент предназначен для выбора времени усреднения. При клике левой кнопкой "мыши" по элементу появляется выпадающий перечень, представленный на рисунке ниже. Галочкой отмечена строка, соответствующая текущему времени усреднения. Для его изменения необходимо кликнуть левой кнопкой "мыши" по строке с требуемым значением времени усреднения.



Выбор времени усреднения

1.4 Сообщения программы

Программа имеет возможность работы без участия оператора, поэтому свои сообщения программа выдаёт не в виде диалоговых окон, а записывает их в системный журнал приложений, для просмотра которого можно использовать программу **Журнал ошибок ZETLAB** из вкладки **Сервисные** панели управления **ZETLAB**.

Формат сообщений, записываемых программами ПО **ZETLAB** в журнал, следующий:

"Имя программы №хх. Текст сообщения",

где имя программы в данном случае - "Вольтметр постоянного тока"; хх - номер запущенной копии программы.

В системный журнал программа записывает не только сообщения об ошибках, но также и сообщения об изменениях своих параметров. Записанные сообщения позволяют восстановить последовательность действий программы, что часто бывает полезным при анализе возникающих во время работы программы ошибок. В таблице ниже приведены сообщения программы.

Текст сообщения	Категория
Ошибка при подключении к серверу данных	ошибка
Ошибка при чтении данных из реестра	ошибка
Файл конфигурации в папке DirConfig не доступен	ошибка
Ошибка при вызове справки программы	ошибка

Папка DirSignal не доступна	ошибка
Папка DirResult не доступна	ошибка
Программа начала работать	сообщение
Частота дискретизации АЦП = xxx.xx Гц	сообщение
Нет рабочих каналов сервера данных. Программа не будет загружена	ошибка
Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта	ошибка
Переходим на канал - Сигнал x	сообщение
Переходим на усреднение с кодом x	сообщение
Поток сервера не отвечает на запросы. Программа будет закрыта	ошибка
Программа завершила свою работу	сообщение

При работе с запущенной панелью управления сообщения об ошибках программ **ZETLAB** дублируются временными всплывающими текстами в системном трее (область уведомлений - элемент панели инструментов рабочего стола или "панель задач" в Windows, используется для нужд постоянно используемых программ).

Получение сообщения "Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта" готорит о том, что в данный момент времени загружено слишком много программ, работающих с сервером данных **ZETLAB**, либо о том, что используемый компьютер имеет недостаточный объем ОЗУ. В первом случае следует закрыть неиспользуемые программы и перезапустить программу. Во втором случае необходимо либо заметить компьютер, либо в используемом увеличить объем ОЗУ.

2 Вольтметр постоянного тока

Программа **Вольтметр постоянного тока**, поставляемая в виде исполняемого файла "VoltMeterDC.exe", предназначена для измерения параметров постоянных сигналов. Измеряемые параметры - величина сигнала и её среднеквадратическое отклонение (СКО).

Программа может применяться в различных областях науки и техники.

Программа предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе [Требования к ПК](#). На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа может содержать незначительные изменения, не описанные в данном руководстве.

2.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Вольтметр постоянного тока** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным постоянным сигналом. Под постоянным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого в статистическом смысле либо не зависят от времени, либо изменениями которых за время измерения можно пренебречь.

Примеры допустимых параметров, измеряемых программой: сила тока и напряжение постоянного тока, температура медленно меняющихся процессов.

Пример недопустимого параметра, измеряемого программой: постоянная составляющая переменного тока с ненулевой амплитудой. В данном случае мгновенное значение напряжения и силы тока будут изменяться в соответствии с некоторой временной функцией. Для периодического сигнала эта функция будет периодической, например: для гармонического сигнала временная функция будет иметь "синусоидальный" вид.

Для оцифровки аналоговых сигналов можно использовать:

- анализаторы спектра **ZET 017-U2**, **ZET 0174-U4**, **ZET 017-U8**, **A19-U2**, **A23**, **ВК-01**,
- тензометрические станции **ZET 017-T8**,
- шумомеры-виброметры **ZET 110**,
- сейсмостанции **ZET 048-C**, **ZET 048-I**, **ZET 048-E**,
- модули АЦП/ЦАП **ZET 210**, **ZET 220**, **ZET 230**,
- платы АЦП/ЦАП **14/2**, **14/32**, **24/4**.

2.2 Принцип работы

Значение постоянного входного сигнала программа рассчитывает по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n,$$
$$N = time * Freq_{ADC},$$

где: \bar{x} - рассчитанное значение величины сигнала, N - количество отсчётов, x_n - n -ый отсчёт входного сигнала. $time$ - время усреднения, $Freq_{ADC}$ - частота дискретизации АЦП.

Время усреднения может принимать следующие значения: 0,1 сек; 1 сек; 10 сек. Для оптимизации ресурсов, используемых программой, при чтении данных с АЦП всегда используется время, равное 0,1 сек, и далее с помощью очевидных действий с данными выполняются вычисления в соответствии с представленной выше формулой. Поэтому следует избегать использования частот дискретизации АЦП, для которых произведение

$$0,1 * Freq_{ADC}$$

не является целым числом.

При выборе переменного сигнала рассчитанное значение будет являться смещённым относительно истинного значения. Так для гармонического сигнала только в случае равенства времени усреднения целому числу периодов сигнала рассчитанное программой значение будет равняться постоянной составляющей гармонического сигнала. Иначе появляется смещение, величина которого будет определяться соотношением частот сигнала и дискретизации АЦП. Следует отметить, что с увеличением частоты входного сигнала смещение рассчитанного значения уменьшается.

СКО значения постоянного входного сигнала программа рассчитывает по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - \bar{x})^2}$$

При использовании переменного сигнала в качестве входного сигнала рассчитанное СКО будет равняться (при $N \gg 1$) среднеквадратическому значению центрированного сигнала.

Несмотря на то, что при выборе любого времени усреднения сигнал оцифровывается порциями по 0,1 сек, отображаемое значение СКО соответствуют вышеприведённой для неё формуле.

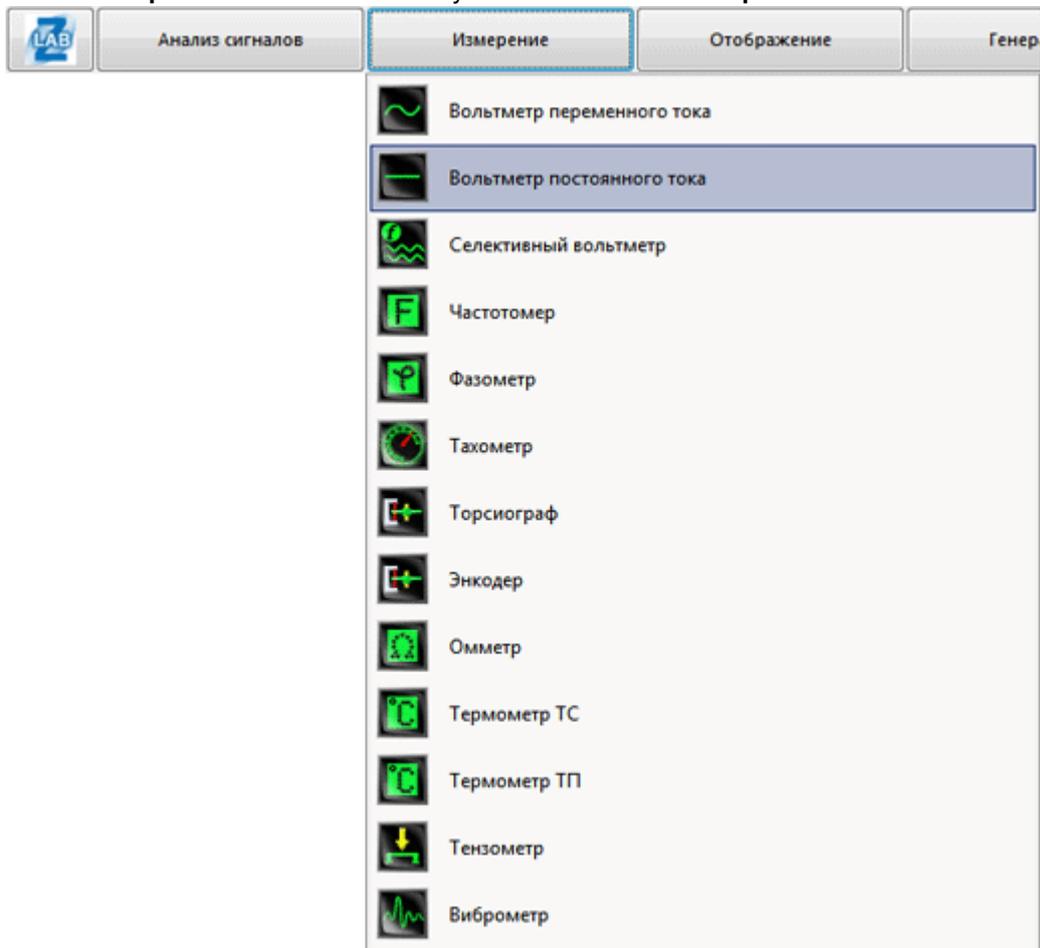
Для времён усреднений 0,1 и 1 сек выборки сигналов, используемые для вычислений, являются не перекрывающимися, идущими друг за другом без потери данных. При этом рассчитанные данные в окне программы обновляются соответственно через 0,1 или 1 сек.

Для времени усреднения 10 сек для обоих измеряемых параметров реализовано скользящее среднее с перекрытием данных 90%. Обновление данных в окне программы в этом случае осуществляется с интервалом в 1 сек.

Сразу после загрузки программа начинает свою работу.

2.3 Интерфейс программы

Программа **Вольтметр постоянного тока** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск программы "Вольтметр постоянного тока"

Окно программы представлено на рисунке ниже. Окно имеет сверху строку заголовка с функциональными кнопками, слева индикаторы для отображения информации, справа элементы контроля режима работы программы.



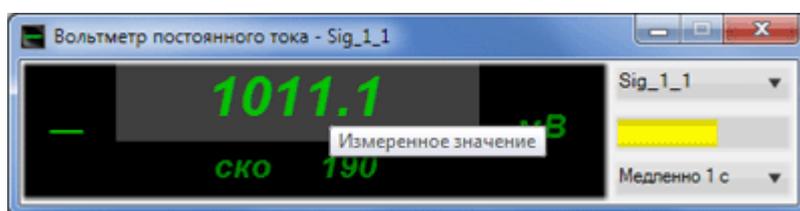
Вольтметр постоянного тока

Строка заголовка программы содержит сам заголовок и имя измеряемого канала. Заголовок изменяется в зависимости от размерности выбранного канала для изменений. В таблице ниже представлены все возможные варианты заголовков программы.

Заголовок	Размерность канала
Вольтметр постоянного тока	В, мВ или мкВ
Амперметр постоянного тока	А, мА или мкА
Температура	град или С
Измеритель постоянного значения	остальные случаи

В левой части окна расположены 4 индикатора, которые на черном фоне зелёным шрифтом отображают символьную информацию. Левый индикатор всегда отображает "тире" - принятое обозначение постоянного тока. Правый отображает размерность выбранного канала, которая может меняться при изменении канала. Верхний индикатор отображает измеренное программой значение выбранного канала. Точность отображения определяется минимальным значением данного канала, которое является одним из параметров канала, и которое можно узнать или отредактировать с помощью программы [Диспетчер устройств ZET](#) вкладки **Сервисные** панели **ZETLAB**. Нижний индикатор отображает слово "ско" и через пробел - измеренное значение СКО. Количество значащих цифр в значении СКО определяется первой значащей цифрой: если это "1", то отображаются 2 цифры, иначе - одна.

При наведении курсора манипулятора "мыши" на верхний или нижний индикатор вид курсора меняется на изображение правой руки с вытянутым указательным пальцем. Сам индикатор меняет цвет своего фона с черного на серый (см. рисунок 2). Индикатор становится выбранным, клик левой кнопкой "мыши" по нему осуществляет копирование представленного на индикаторе числа в буфер обмена. Копирование осуществляется в текстовом режиме, что позволяет использовать скопированное число в других программах, например в текстовом редакторе "Word" или электронной таблице "Excel". Одновременное нажатие клавиш клавиатуры "Ctrl" и "C" выполняет копирование в буфер обмена измеренного постоянного значения.

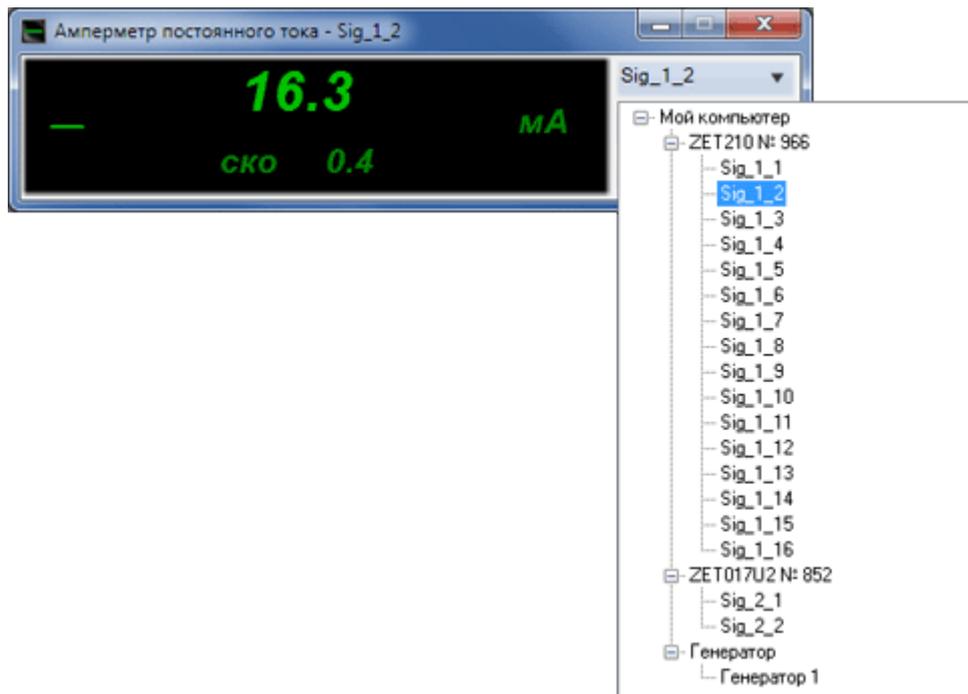


Копирование измеренного значения

В правой части окна программы расположены три элемента: верхний для выбора измеряемого канала, средний, отображающий интегральный уровень загрузки канала, и нижний для выбора времени усреднения.

При наведении курсора манипулятора "мыши" на верхний и нижний элементы вид курсора меняется на изображение правой руки с вытянутым указательным пальцем.

При клике левой кнопкой "мыши" по верхнему элементу появляется выпадающий перечень доступных каналов сервера **ZETLAB**, пример которого представлен на рисунке ниже. Выбор канала осуществляется путём клика левой кнопки "мыши" на требуемом канале. После этого перечень каналов исчезает, в заголовке окна появляется название выбранного канала, правый индикатор отображает размерность нового канала, а также возможна замена заголовка программы в соответствии с таблицей, приведенной выше.

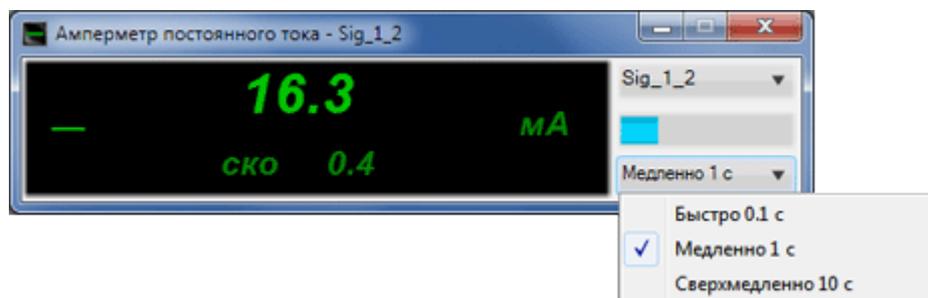


Выбор измерительного канала

После изменения измеряемого канала, а также в самом начале работы программы величина СКО не отображается, т.к. она ещё не измерена. Первое значение СКО будет определено только через время, равное времени усреднения. Отображаемое при этом величина значения сигнала является приблизительной, т.к. это всего лишь значение одного отсчёта, считанного с нового канала. СКО рассчитывается программой только в случае $N > 9$.

Средний элемент показывает интегральный уровень сигнала. Отображение осуществляется с помощью изменения цвета индикатора и ширины цветного поля индикатора, который может занимать до двух третей всего поля. При изменении уровня канала от минимального до максимального допустимого уровня цвет меняется от синего до красного. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не кликнет по индикатору левой кнопкой "мыши".

Нижний элемент предназначен для выбора времени усреднения. При клике левой кнопкой "мыши" по элементу появляется выпадающий перечень, представленный на рисунке ниже.



Выбор времени усреднения

Галочкой отмечена строка, соответствующая текущему времени усреднения. Для его изменения необходимо кликнуть левой кнопкой "мыши" по строке с требуемым значением времени усреднения.

2.4 Сообщения программы

Программа имеет возможность работы без участия оператора, поэтому свои сообщения программа выдаёт не в виде диалоговых окон, а записывает их в системный журнал приложений, для просмотра которого можно использовать программу **Журнал ошибок ZETLAB** из вкладки **Сервисные** панели управления **ZETLAB**.

Формат сообщений, записываемых программами ПО **ZETLAB** в журнал, следующий:

"Имя программы №хх. Текст сообщения",

где имя программы в данном случае - "Вольтметр постоянного тока"; хх - номер запущенной копии программы.

В системный журнал программа записывает не только сообщения об ошибках, но также и сообщения об изменениях своих параметрах. Записанные сообщения позволяют восстановить последовательность действий программы, что часто бывает полезным при анализе возникающих во время работы программы ошибок. В таблице ниже приведены сообщения программы.

Текст сообщения	Категория
Ошибка при подключении к серверу данных	ошибка
Ошибка при чтении данных из реестра	ошибка
Файл конфигурации в папке DirConfig не доступен	ошибка
Ошибка при вызове справки программы	ошибка
Папка DirSignal не доступна	ошибка
Папка DirResult не доступна	ошибка
Программа начала работать	сообщение
Частота дискретизации АЦП = ххх.хх Гц	сообщение
Нет рабочих каналов сервера данных. Программа не будет загружена	ошибка
Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта	ошибка
Переходим на канал - Сигнал х	сообщение
Переходим на усреднение с кодом х	сообщение
Поток сервера не отвечает на запросы. Программа будет закрыта	ошибка
Программа завершила свою работу	сообщение

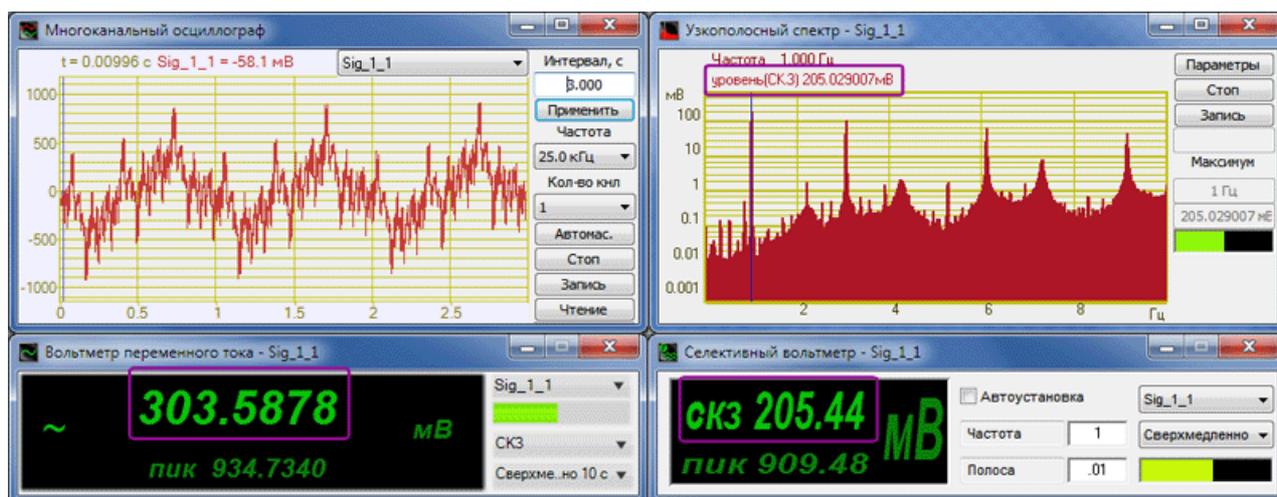
При работе с запущенной панелью управления сообщения об ошибках программ **ZETLAB** дублируются временными всплывающими текстами в системном трее (область уведомлений - элемент панели инструментов рабочего стола или "панель задач" в Windows, используется для нужд постоянно используемых программ).

Получение сообщения "Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта" говорит о том, что в данный момент времени загружено слишком много программ, работающих с сервером данных **ZETLAB**, либо о том, что используемый компьютер имеет недостаточный объём ОЗУ. В первом случае следует закрыть неиспользуемые программы и перезапустить программу. Во втором случае необходимо либо заметить компьютер, либо в используемом увеличить объём ОЗУ.

3 Селективный вольтметр

Программа **Селективный вольтметр** предназначена для измерения среднеквадратичного (СКЗ, True RMS) и пикового (пик-пик) значения напряжения переменного тока на основной (несущей) частоте сигнала. Особенностью селективного вольтметра является исключение влияния гармоник на показания.

Ниже приводится пример анализа сигнала различными программами **ZETLAB**: на **осциллографе** отображается форма сигнала, в программе **Узкополосный спектр** - отклики по набору частотных фильтров, на **вольтметре переменного тока** - СКЗ сигнала во всем измеряемом диапазоне частот, на **селективном вольтметре** - СКЗ сигнала в полосе ($1 \pm 0,01$) Гц.



Сравнение обычного вольтметра и селективного

Данный пример наглядно иллюстрирует принцип работы селективного вольтметра - измерение СКЗ сигнала в заданной полосе частот. Это позволяет проводить точные измерения в условиях сильных помех и шумов.

3.1 Поддерживаемое оборудование

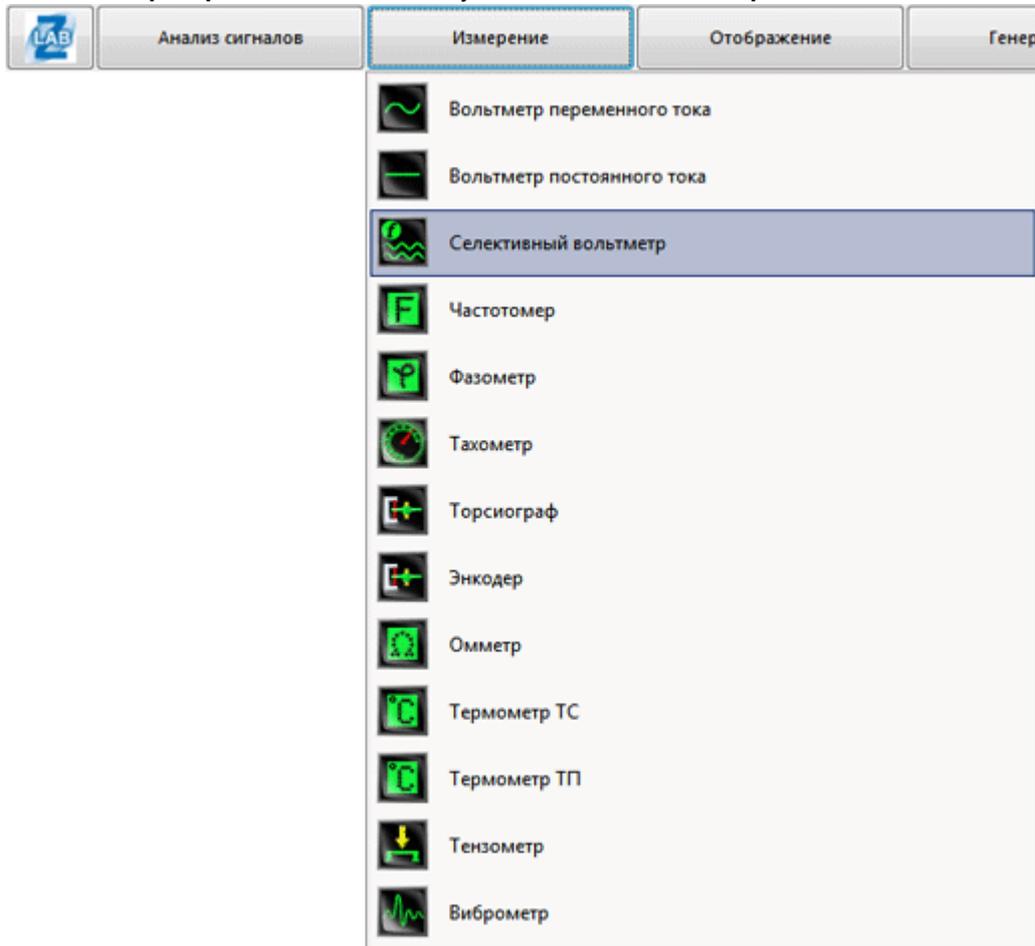
Входными данными программы **Селективный вольтметр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным переменным сигналом. Под переменным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого зависят от времени.

Программа **Селективный вольтметр** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками ZETSENSOR (опционно).

3.2 Интерфейс программы

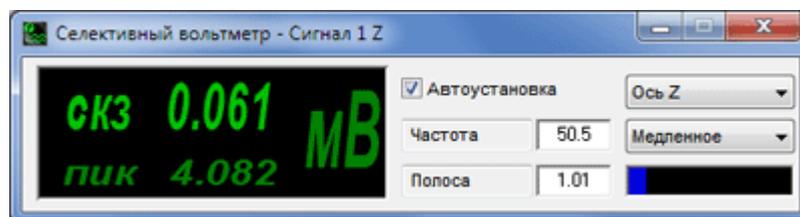
Программа **Вольтметр переменного тока** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск селективного вольтметра переменного тока

Примечание: программу **Селективный вольтметр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: VoltMeterSel.exe.

В заголовке окна будет отображаться название самой программы и, через тире, название выбранного для измерений канала.



Селективный вольтметр переменного тока

В левой части рабочего окна программы **Селективный вольтметр** расположен графический индикатор, в котором отображаются уровни среднеквадратичного (истинного СКЗ) и пикового значений сигнала выбранного канала в установленных единицах измерения на несущей частоте с установленной шириной полосы фильтра. Единицы измерения устанавливаются в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

Флаг *Автоустановка* служит для включения/выключения автоматической установки несущей частоты и ширины полосы фильтра. При установленном флажке *Автоустановка* программа сама определяет несущую частоту и ширину полосы. Несущая частота и ширина полосы фильтра устанавливаются в герцах (Гц). При снятом флажке *Автоустановка* несущая частота и ширина полосы фильтра задаются

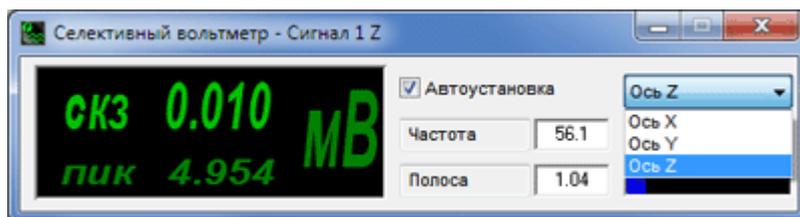
вручную.

Поле ввода несущей частоты, расположенное справа от надписи *Частота*, служит для ввода значения несущей частоты в ручном режиме или для отображения автоматически установленной несущей частоты при установленном флаге *Автоустановка*. В ручном режиме значение несущей частоты вводится с клавиатуры, предварительно нажав левой клавишей «мыши» на это поле. После ввода значения несущей частоты, для расчета СКЗ на этой частоте, нажать кнопку <Enter> клавиатуры.

Поле ввода ширины полосы фильтра, расположенное справа от надписи *Полоса*, служит для ввода значения ширины полосы фильтра в ручном режиме или для отображения автоматически установленной ширины полосы фильтра при установленном флажке *Автоустановка*. В ручном режиме значение ширины полосы фильтра вводится с клавиатуры, предварительно нажав левой клавишей «мыши» на это поле. После ввода значения ширины полосы фильтра, для расчета СКЗ в этой полосе, нажать кнопку <Enter> клавиатуры.

Для измерения СКЗ и пикового значения, по интересующему включенному физическому либо виртуальному каналу, необходимо в поле списка (со стрелкой), расположенном справа от флага *Автоустановка*, выбрать название этого канала. При этом на графическом индикаторе станет отображаться уровень сигнала в установленных единицах измерения по этому каналу. Выбрать необходимый канал можно двумя способами:

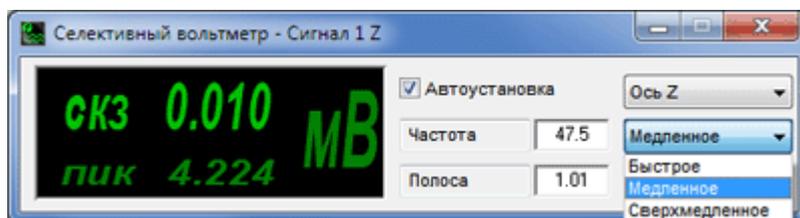
- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка канал;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать канал.



Выбор измерительного канала

В поле списка (со стрелкой), расположенном справа от поля ввода несущей частоты, выбирается время усреднения. Выбор из списка *Быстрое* – устанавливает время усреднения 0,1 секунды, при этом СКЗ правильно измеряется для сигнала с частотой не менее 20 Гц. Выбор из списка *Медленное* – устанавливает время усреднения 1 секунду, при этом СКЗ правильно измеряется для сигнала с частотой не менее 2 Гц. Выбор из списка *Сверхмедленное* – устанавливает время усреднения 10 секунд, при этом СКЗ правильно измеряется для сигнала с частотой не менее 0,2 Гц. Выбрать необходимое время усреднения можно двумя способами:

- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка канал;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать канал.



Выбор времени усреднения

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

4 Частотомер

Программа предназначена для измерения частоты сигнала (частоты периодических колебаний) и длительности периода.

Программа создает виртуальный канал частоты, который может использоваться в программах **ZETLAB**, например, на **XYZ-Осциллогарфе** для построения амплитудно-частотной характеристики, или в программе **Формула** при расчете виброскорости и виброперемещения по значению виброускорения и частоты сигнала и т.д.

4.1 Поддерживаемое оборудование

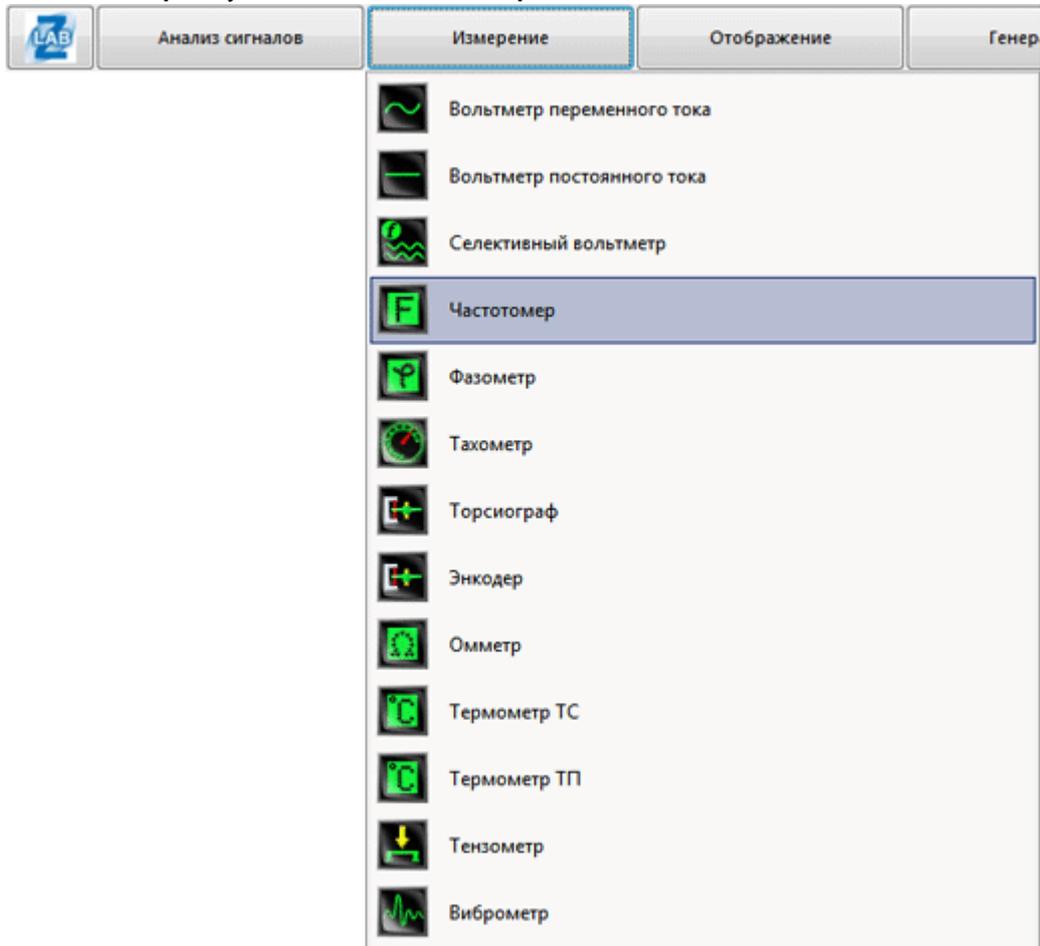
Входными данными программы **Частотомер** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является оцифрованным произвольным переменным сигналом. Под переменным сигналом в данном случае понимается сигнал, мгновенные величины которого зависят от времени.

Программа **Частотомер** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками **ZETSENSOR** (опционно).

4.2 Интерфейс программы

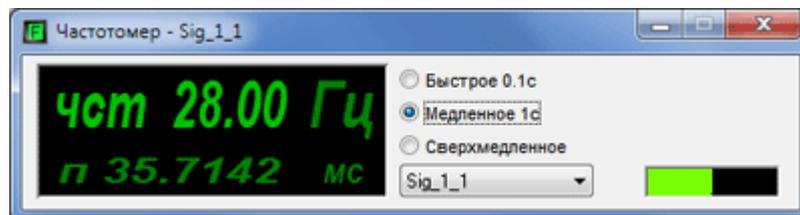
Программа **Частотомер** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск частотомера

*Примечание: программу **Частотомер** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: *FreqMeter.exe*.*

В заголовке окна будет отображаться название самой программы и, через тире, название выбранного для измерений канала.



Частотомер

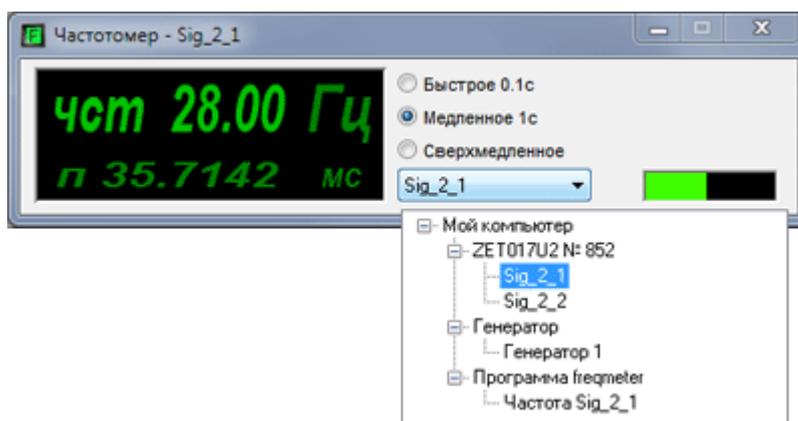
В левой части рабочего окна программы **Частотомер** расположен графический индикатор, в котором отображаются частота и длительность периода сигнала выбранного канала. Частота отображается в герцах (Гц), длительность в миллисекундах (мс).

Для установки времени усреднения нажать на переключатель времени усреднения левой клавишей «мыши». Переключатель "Быстрое 0.1с" устанавливает время усреднения 0,1 секунды, при этом частота и длительность периода правильно измеряются для сигнала с частотой не менее 20 Гц. Переключатель "Медленное 1с" устанавливает время усреднения 1 секунду, при этом частота и длительность периода правильно измеряются для сигнала с частотой не менее 2 Гц. Переключатель "

«Сверхмедленное» устанавливает время усреднения 10 секунд, при этом частота и длительность периода правильно измеряются для сигнала с частотой не менее 0,2 Гц.

Для измерения частоты и длительности периода, по интересующему включенному физическому либо виртуальному каналу, необходимо в поле списка (со стрелкой) выбрать название этого канала. Выбрать необходимый канал можно двумя способами:

- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка канал;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать канал.



Выбор измерительного канала

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня, индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

5 Фазометр

Программа **Фазометр** предназначена для измерения разности фаз двух сигналов в градусах и радианах.

5.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Фазометр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**.

Программа **Фазометр** входит в состав следующего ПО:

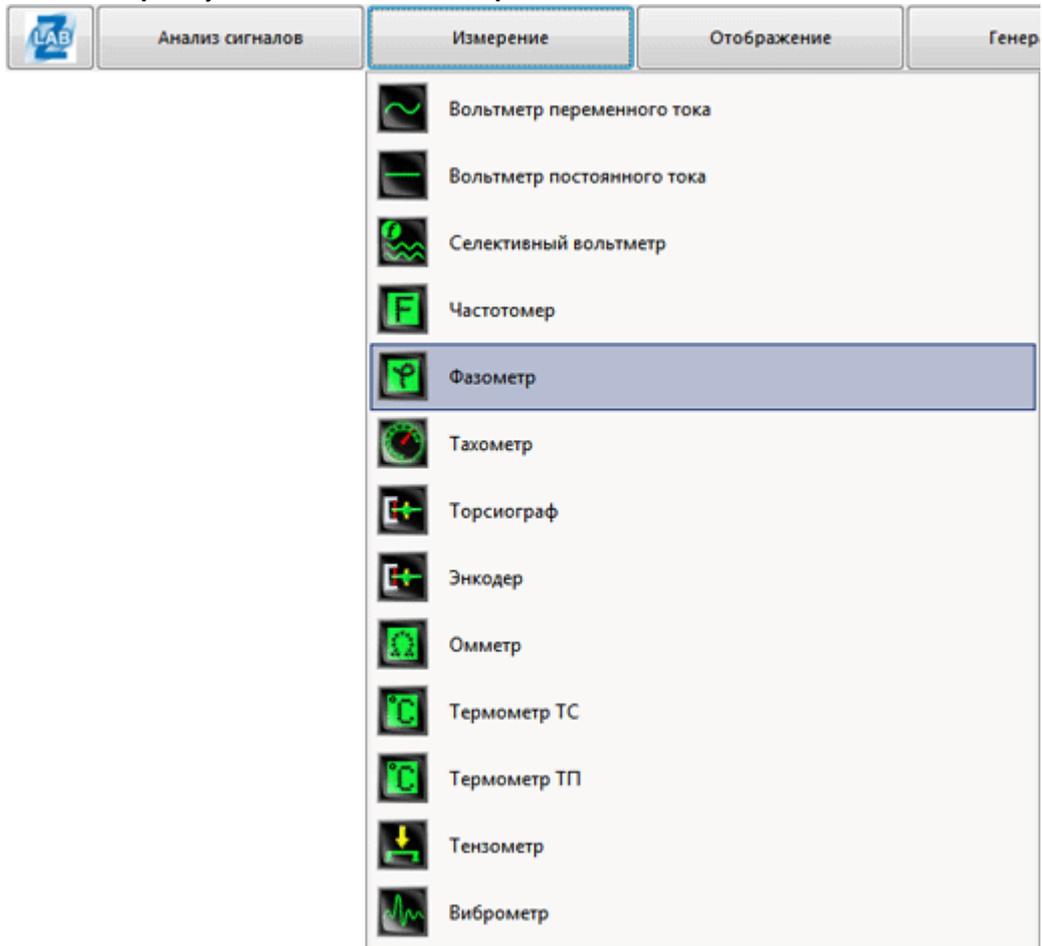
- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками **ZETSENSOR** (опционно).

Следует учитывать, что

1. В модулях АЦП/ЦАП **ZET 210**, **ZET 220**, **ZET 230** установлен один аналогоцифровой преобразователь (АЦП), который выполняет последовательную оцифровку всех подключенных каналов. Многоканальный мультиплексор коммутирует входные каналы модуля на вход микросхемы АЦП, при этом возникают фазовые задержки между каналами. Для измерения разности фаз с помощью модуля АЦП/ЦАП с компенсацией фазовой задержки между каналами можно использовать программу Фазометр в SCADA **ZETVIEW**.
2. Шумомеры-виброметры **ZET 110** имеют один измерительный канал и для измерения разности фаз не используются.
3. Синхронная работа интеллектуальных датчиков **ZETSENSOR** осуществляется только при построении измерительной сети с интерфейсом CAN.
4. Для измерения разности фаз сигналов, поступающих на входные каналы разных устройств одного типа (например, на удаленные сейсмостанции распределенной сети), необходимо выполнять синхронизацию устройств.

5.2 Интерфейс программы

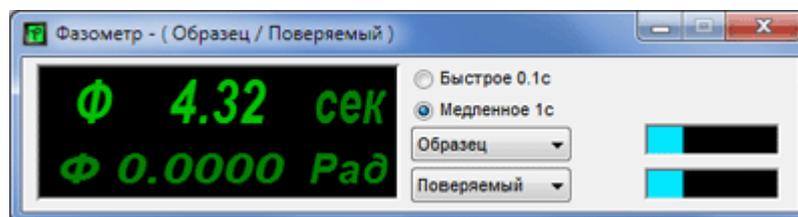
Программа **Фазометр** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск фазометра

Примечание: программу **Фазометр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: `C:\ZETLAB\`). Имя запускаемого файла: `PhaseMeter.exe`.

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и названия двух каналов, между которыми измеряется разность фаз.



Фазометр

В левой части рабочего окна программы **Фазометр** расположен графический индикатор, в котором отображается значение фазы между двумя сигналами выбранных каналов. Фаза отображается в градусах (Град) и радианах (Рад).

Для установки времени усреднения нажать на переключатель времени усреднения левой клавишей «мыши». Переключатель *Быстрое 0.1с* устанавливает время усреднения 0,1 секунды, при этом фаза правильно измеряется для сигналов с частотой не менее 20 Гц. Переключатель *Медленное 1с* устанавливает время усреднения 1 секунду, при этом фаза правильно измеряется для сигналов с частотой не менее 2 Гц

Для измерения фазы между двумя сигналами, по интересующим включенным физическим либо виртуальным каналам, необходимо в полях списков (со стрелкой) выбрать названия этих каналов. Выбрать необходимый канал в поле списка можно двумя способами:

- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка канал;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать канал.

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. У каждого из выбранных каналов есть свой индикатор, расположенный справа от поля списка каналов. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

6 Тахометр

Программа **Тахометр** предназначена для измерения частоты вращения валов машин и механизмов, а также для подсчета количества полных оборотов.

Для сложных узлов, например, коробки передач, устанавливается передаточное число.

Параметры сигнала тахометра являются ценными при диагностике, а также в практических исследованиях характеристик двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и других роторных механизмов (турбины, компрессоры, насосы, вентиляторы и т.д.).

Для исследования, диагностики и балансировки различных вращающихся механизмов используется программа **Синхронное накопление**.

Для исследования и диагностики нестационарных процессов во время вращения используется программа **Индикатор угловых перемещений**.

При использовании программы **Многоканальный самописец** в режиме отображения частоты сигнала можно получить количество оборотов в минуту (частота * 60 = об/мин). По полученным параметрам графика, определяются время разгона и время торможения ДВС. Также по этим параметрам можно определить демпфирование системы с целью дальнейшего анализа.

При работе механизма с постоянной частотой вращения по данному графику можно анализировать:

- поведение регулятора оборотов системы (восстановление заданных оборотов) при подключении или изменении нагрузки потребителя мощности;
- определение степени неравномерности вращения при постоянной нагрузке (особенно для ДВС).

При интегрировании значений мгновенной угловой скорости вращения можно получить значения крутильных колебаний вала в радианах или градусах.

Измерение разности мгновенных скоростей (в двух сечениях вала) позволит определять угол скручивания вала (постоянный или переменный) и вычислять такие параметры, как напряжение в вале и мощность механизма.

6.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Тахометр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**. Как правило, при измерениях частоты вращения применяют датчики оборотов оптического или индукционного типа, например датчик **BC 401**. Настройки измерительных каналов (параметры датчика) задаются в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

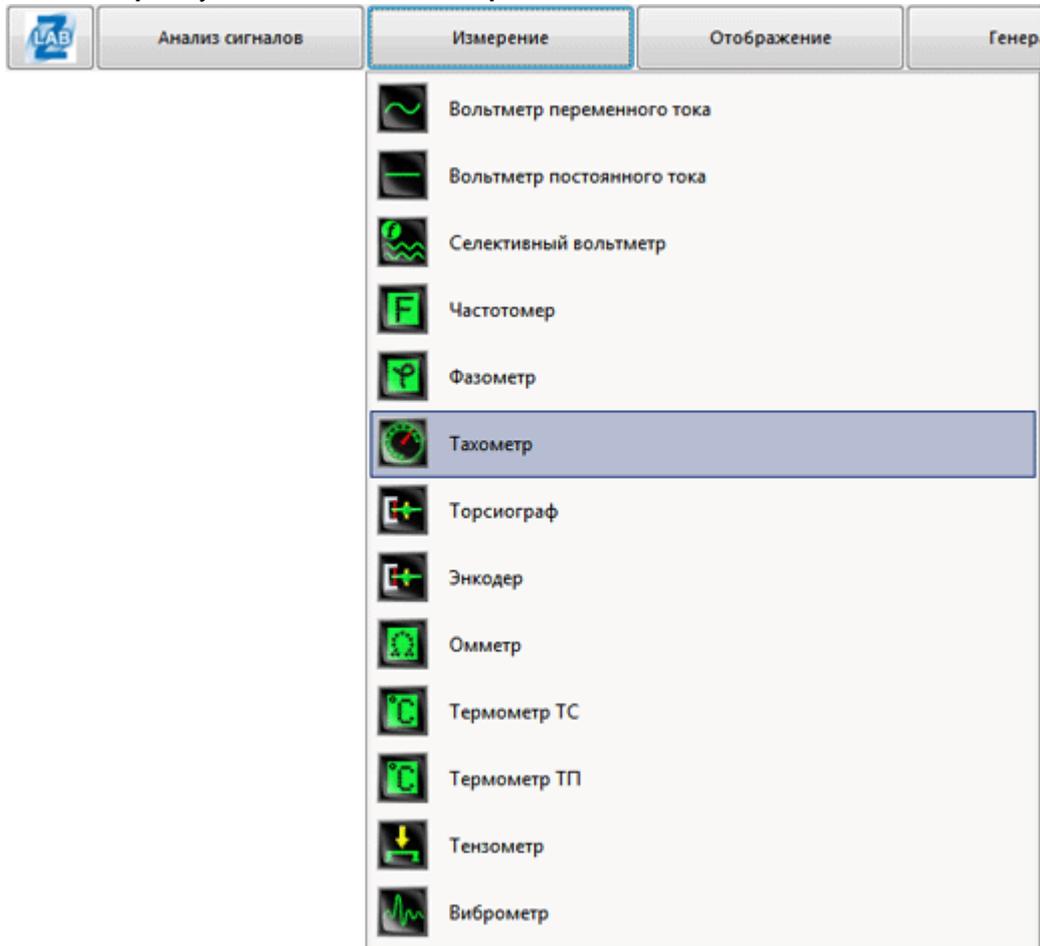
Программа предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе "[Требования к ПК](#)" настоящего руководства. На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа **Тахометр** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером.

6.2 Интерфейс программы

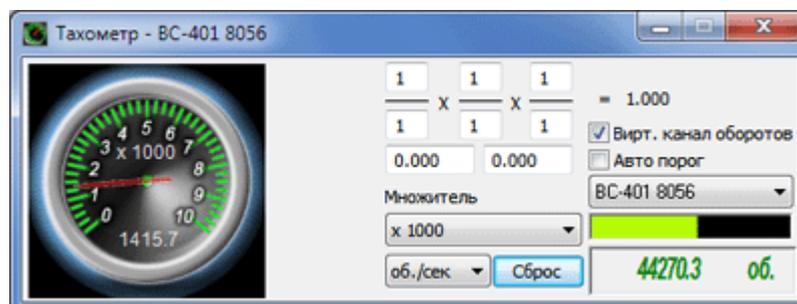
Программа **Тахометр** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск тахометра

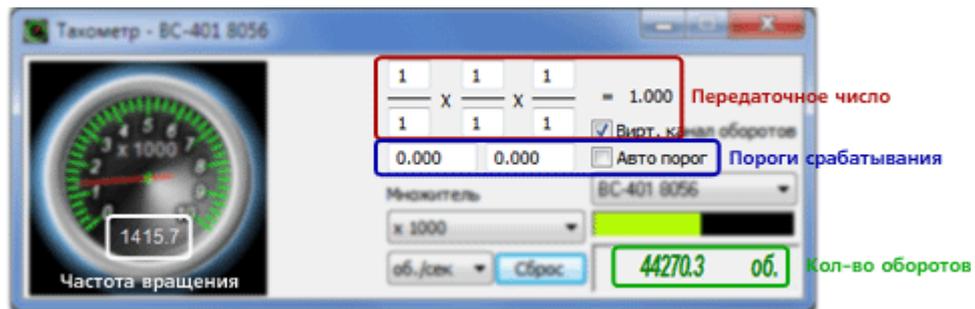
*Примечание: программу **Тахометр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: *TachoMeter.exe*.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и названия двух каналов, между которыми измеряется разность фаз.



Тахометр

В левой части рабочего окна программы **Тахометр** расположен графический индикатор, в котором отображаются частота вращения. Справа располагаются элементы управления: поле расчета передаточного числа, поля задания порогов, список множителей стрелочного индикатора, список единиц измерения, флаг генерирования виртуального сигнала, список измерительных каналов, кнопка сброса количества оборотов, а также индикатор уровня и индикатор общего количества оборотов:



Тахометр

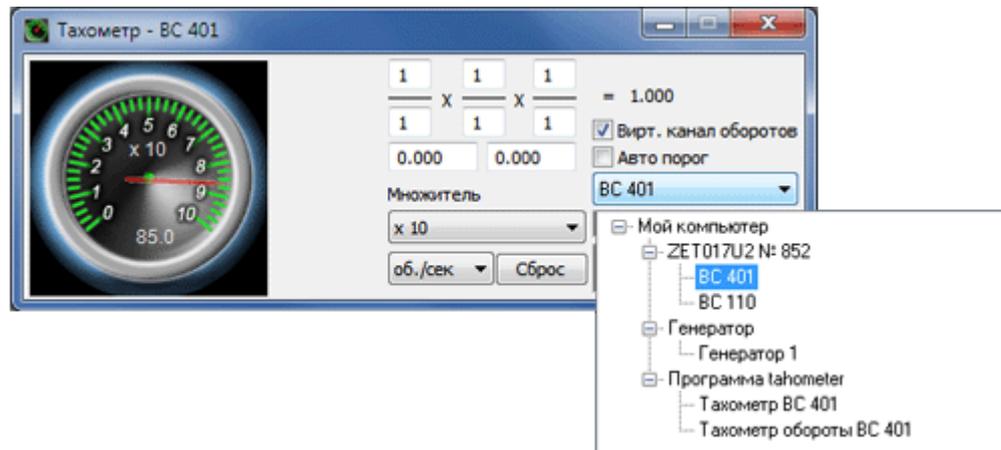
Выбор из списка осуществляется двумя способами:

- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка нужный пункт;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать нужный пункт.

В поля ввода значения вводятся с клавиатуры.

Измерительный канал

Измерительный канал выбирается из списка:



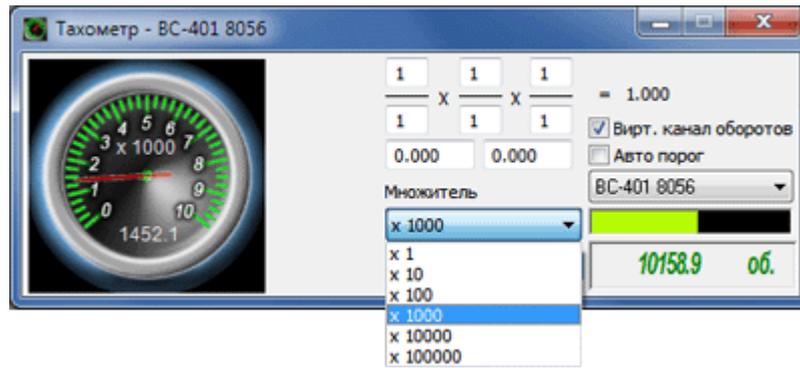
Выбор измерительных каналов

При необходимости, перед проведением измерений программой **Тахометр** можно проводить фильтрацию сигнала или другую предварительную обработку. Такие программы, как Фильтрация сигналов, создают виртуальные каналы

Под списком выбора канала измерения располагает индикатор *Интегральный уровень*, который показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

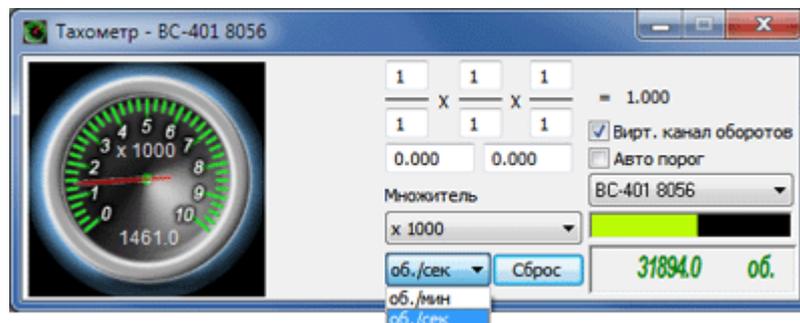
Индикация результатов

Стрелочный индикатор имеет коэффициент, который выбирается из списка, расположенного под надписью *Множитель*. В нижней части индикатора отображается значение частоты вращения без коэффициента.



Выбор множителя стрелочного индикатора

Частота вращения отображается в оборотах в минуту (об./мин) или в оборотах в секунду (об./сек) - единицы измерения выбираются из списка:



Выбор единиц измерения

Количество полных оборотов отображается на индикаторе, расположенном в правом нижнем углу программы. Слева от индикатора оборотов расположена кнопка *Сброс*, предназначенная для обнуления количества полных оборотов. При нажатии на кнопку *Сброс* подсчет оборотов будет начат с нуля.

Генерирование результатов

Программа **Тахометр** генерирует сигнал частоты вращения в выбранных единицах измерения (об/сек или об/мин). Виртуальный канал будет иметь название *Тахометр Название Канала*.

Для генерирования сигнала количества оборотов необходимо установить флаг *Вирт. канал оборотов*. Виртуальный канал будет иметь название *Тахометр обороты Название Канала*.

Пороги срабатывания

Флаг **Авто порог** служит для включения/выключения автоматической/ручной установки верхнего и нижнего порога входного уровня, по которому будут производиться измерения скорости вращения. Установленный флажок – программа сама автоматически устанавливает верхний и нижний порог уровня сигнала. Снятый флажок – разрешен ручной ввод верхнего и нижнего порога уровня сигнала.

Поля ввода, расположенные слева от флага **Авто порог**, служат для установки верхнего и нижнего порога в ручном режиме (флаг **Авто порог** снят). Верхнее поле ввода служит для установки верхнего порога, нижнее – для установки нижнего порога. Ввод значений верхнего и нижнего порога осуществляется с клавиатуры. После ввода значений нажать клавишу <Enter> клавиатуры. При установленном флаге **Авто порог** поля ввода верхнего и нижнего порога не доступны для ввода значений. Верхний и нижний порог устанавливается для исключения ложных срабатываний при измерении частоты вращения. Для правильного измерения частоты вращения верхний порог не должен превышать максимального уровня сигнала по этому каналу, нижний порог не должен быть ниже минимального уровня. Определить максимальный и минимальный уровень сигнала по каналу, к которому подключен датчик оборотов, можно, например, запустив программу **Многоканальный осциллограф** выбрать этот канал и по осциллограмме оценить эти уровни.

Передаточное число

На рисунке ниже показан фрагмент программы **Тахометр** с полями ввода (поля ввода образуют

матрицу 3x2) количества зубьев зубчатых передач ведущего (за ведущий принимается вращающийся механизм, на который установлен датчик оборотов) и ведомых вращающихся механизмов. Значение количества зубьев в одном поле ввода от 1 до 99. Ввод значений количества зубьев осуществляется с клавиатуру. После ввода значения, для включения в расчет, нажать клавишу <Enter> клавиатуры или нажать левой кнопкой «мыши» на другое поле ввода. Справа от полей ввода количества зубьев располагается поле, в котором рассчитывается общее передаточное число.

$$\frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} = 1.000$$

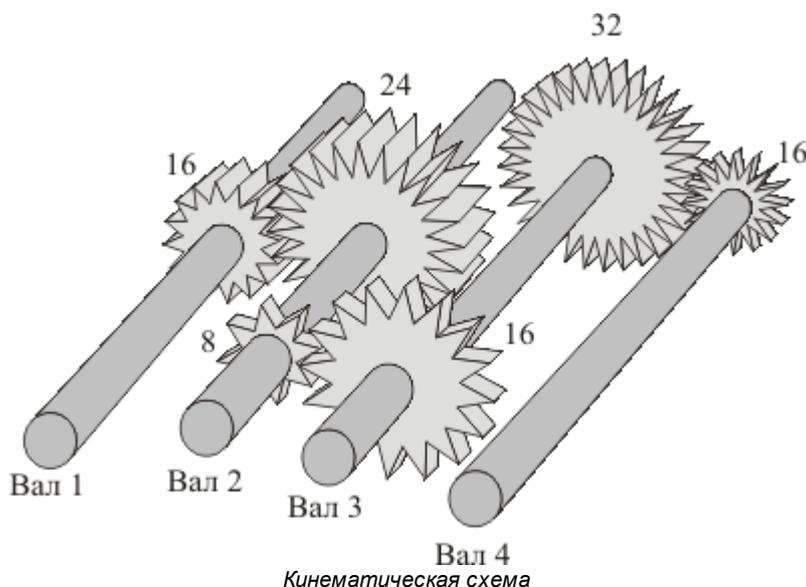
Поле расчета передаточного числа

Если необходимо измерять скорость вращения на вращающемся механизме, к которому есть доступ для установки датчика оборотов, то в полях ввода количества зубьев вводятся все одинаковые (единичные) значения. При этом передаточное число будет равняться единице, а на графическом индикаторе будут отображаться скорость вращения и количество полных оборотов вращающегося механизма, на который непосредственно установлен датчик оборотов.

Если имеется сложная кинематическая схема, в которой доступ для установки датчика оборотов возможен только к одному из вращающихся механизмов, а измерять скорость вращения надо на другом вращающемся механизме в этой схеме, то, зная количества зубьев шестерней и колес до исследуемого вращающегося механизма, необходимо ввести эти значения количества зубьев. При этом передаточное число будет рассчитано в соответствии с указанными количествами зубьев, а на графическом индикаторе будут отображаться скорость вращения и количество полных оборотов исследуемого вращающегося механизма. Ниже приведены примеры, в которых предполагается измерять скорость вращения на вращающемся механизме, на котором нет возможности установить датчик оборотов.

Примеры

На рисунке ниже представлена кинематическая схема, на примере которой буду описаны правила заполнения полей ввода количества зубьев. Каждому валу на схеме приписан порядковый номер. Цифра возле каждой шестерни означает количество зубьев у нее.



1. Датчик оборотов установлен на валу 1 (он становится ведущим, так как на нем установлен датчик). Необходимо измерить скорость вращения на валу 3. Соответственно, в полях ввода количества зубьев вводится следующие значения:

- в первом столбце в числителе записывается 16 – количество зубьев шестерни ведущего вала 1;
- в знаменателе первого столбца записывается 24 – количество зубьев шестерни ведомого вала 2 (ведомый по отношению к валу 1);
- во втором столбце в числителе записывается 8 – количество зубьев шестерни ведущего вала 2 (ведущий по отношению к валу 3);
- в знаменателе второго столбца записывается 16 – количество зубьев шестерни ведомого вала 3 (ведомый по отношению к валу 2);
- в числителе и знаменателе третьего столбца вводятся единичные значения.

На рисунке ниже показаны поля ввода количества зубьев и поле передаточного числа с введенными значениями в этом примере.

$$\frac{16}{24} \times \frac{8}{16} \times \frac{1}{1} = 0.333$$

После ввода необходимых значений на графическом индикаторе будет отображаться расчетное значение скорости вращения и количество полных оборотов вала 3

2. Датчик оборотов установлен на валу 2 (он становится ведущим, так как на нем установлен датчик). Необходимо измерить скорость вращения на валу 1. Соответственно, в полях ввода количества зубьев вводятся следующие значения:

- в первом столбце в числителе записывается 24 – количество зубьев шестерни ведущего вала 2;
- в знаменателе первого столбца записывается 16 – количество зубьев шестерни ведомого вала 1 (ведомый по отношению к валу 2);
- в числителе и знаменателе второго и третьего столбцов вводятся единичные значения.

На рисунке ниже показаны поля ввода количества зубьев и поле передаточного числа с введенными значениями в этом примере.

$$\frac{24}{16} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} = 1.500$$

После ввода необходимых значений на графическом индикаторе будет отображаться расчетное значение скорости вращения и количество полных оборотов вала 1

3. Датчик оборотов установлен на валу 4 (он становится ведущим, так как на нем установлен датчик). Необходимо измерить скорость вращения на валу 1. Соответственно, в полях ввода количества зубьев вводятся следующие значения:

- в первом столбце в числителе записывается 16 – количество зубьев шестерни ведущего вала 4;
- в знаменателе первого столбца записывается 32 – количество зубьев шестерни ведомого вала 3 (ведомый по отношению к валу 4);
- во втором столбце в числителе записывается 16 – количество зубьев шестерни ведущего вала 3 (ведущий по отношению к валу 2);
- в знаменателе второго столбца записывается 8 – количество зубьев шестерни ведомого вала 2 (ведомый по отношению к валу 3);
- в третьем столбце в числителе записывается 24 – количество зубьев шестерни ведущего вала 2 (ведущий по отношению к валу 1);
- в знаменателе третьего столбца записывается 16 – количество зубьев шестерни ведомого вала 1 (ведомый по отношению к валу 2).

На рисунке ниже показаны поля ввода количества зубьев и поле передаточного числа с введенными значениями в этом примере.

$$\frac{16}{32} \times \frac{16}{8} \times \frac{24}{16} = 1.500$$

После ввода необходимых значений на графическом индикаторе будет отображаться расчетное значение скорости вращения и количество полных оборотов вала 1.

7 Торсиограф

Программа **Торсиограф** предназначена для измерения неравномерности вращений движущихся частей различных механизмов.

Программа **Торсиограф** порождает виртуальные каналы перемещения и скорости перемещения. Эти каналы доступны для последующего анализа другими программами из состава **ZETLAB**.

7.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Торсиограф** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**. Настройки измерительных каналов задаются в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

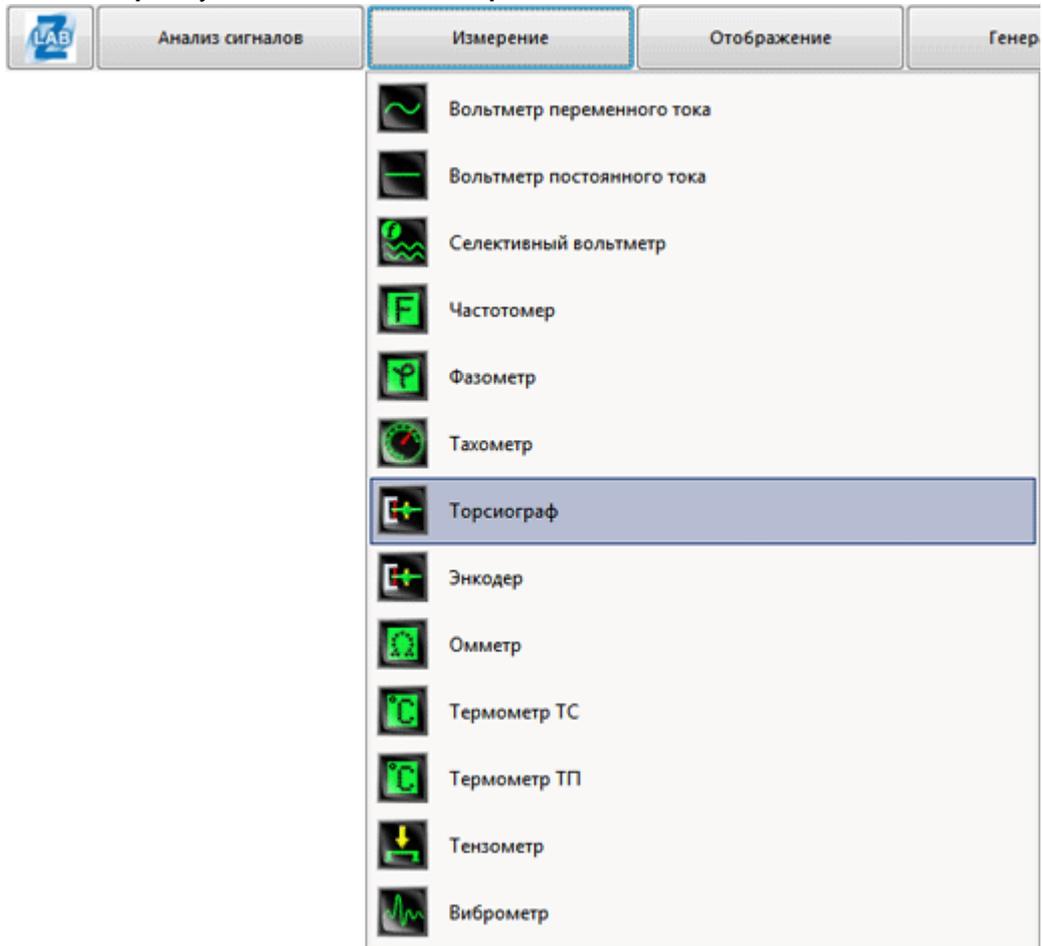
Программа предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе "[Требования к ПК](#)" настоящего руководства. На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа **Торсиограф** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером.

7.2 Интерфейс программы

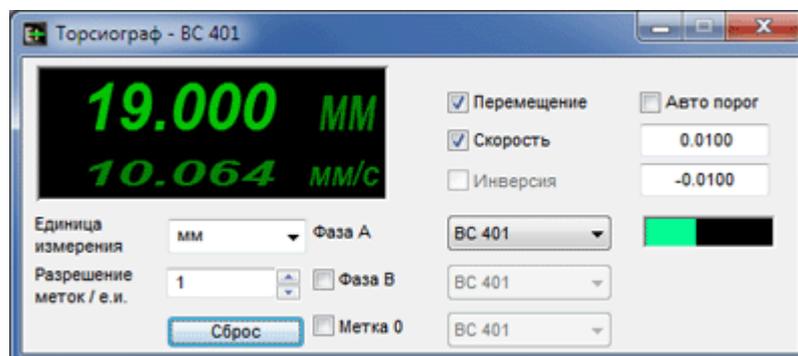
Программа **Тахометр** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск торсиографа

*Примечание: программу **Тахометр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: *Torsiograph.exe*.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название измерительного канала.

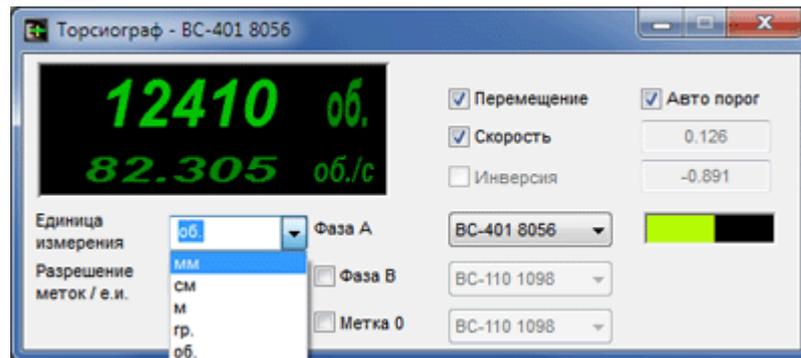


Торсиограф

В левой верхней части рабочего окна программы **Торсиограф** расположен графический индикатор, в котором отображаются измеренные угловое или линейное перемещение (положение) и скорость перемещения, информация о которых поступает с выбранного (выбранных) канала. В зависимости от поставленной задачи перемещение измеряется в указанных единицах измерения, а скорость

перемещения в единицах измерения в секунду. Например, для измерения перемещение в миллиметрах необходимо в списке Единица измерения (список описывается ниже) указать единицу измерения миллиметры (мм), после этого перемещение на графическом индикаторе будет отображаться в мм, а скорость перемещения в мм/с (миллиметров в секунду).

В списке, расположенном справа от надписи *Единица измерения*, выбирается либо вводится с клавиатуры единица измерения, в которой будет отображаться сигнал по выбранному каналу. Для выбора необходимой единицы измерения необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на кнопку списка, и, в раскрывшемся списке, выбрать нужную единицу измерения. Если в списке нет необходимой единицы измерения, то, нажав правой клавишей «мыши» на поле списка, с клавиатуры ввести требуемую единицу измерения.



Выбор единиц измерений

Разрешение торсиографов определяется количеством импульсов за один оборот (pulses per revolution, rpr). В поле, расположенном справа от надписи *Разрешение меток/е.и.*, выбирается необходимое количество меток в установленную единицу измерения. Например, торсиограф имеет 1080 меток на один оборот, соответственно 3 метки на один градус поворота. Необходимо измерять положение датчика в градусах с точность измерения в один градус. Для этого, в списке *Единица измерения* выбирается единица измерения – градусы (гр.), а в списке *Разрешение меток/е.и.* устанавливается 3 (три метки на один градус поворота датчика). Устанавливается необходимое разрешение нажатием левой кнопки «мыши» по кнопкам списка разрешения, либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка разрешения, прокрутив ролик «мыши», либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка разрешения, ввести значение с клавиатуры и нажать клавишу <Enter>.

Под полем списка *Разрешение меток/е.и.* располагается кнопка *Сброс*, нажатие которой приводит к обнулению значения перемещения (положения).

Флаги *Перемещение* и *Скорость*, расположенные справа от графического индикатора, разрешают включение/выключение виртуальных каналов *Перемещение* и *Скорость*, создаваемых программой **Торсиограф**. Эти каналы доступны для последующего анализа другими программами **ZETLAB**. Установленные флажки – виртуальные каналы включены, снятые – выключены.

Флаг *Инверсия*, который становится доступным для установки или снятия при установленном флаге *Фаза В*, позволяет инвертировать сигнал направления перемещения. Установленный флажок – происходит инверсия, снятый – сигнал не инвертирован.

Выбор измерительного канала осуществляется из списка, расположенного справа от надписи *Фаза А*.

При использовании в измерениях канала В торсиографа необходимо установить флаг, расположенный справа от надписи *Фаза В*, и, в ставшем доступным поле списка выбрать название включенного физического канала, к которому подключен канал В торсиографа. Снятие флага *Фаза В* блокирует поле списка выбора канала В и флаг установки инверсии.

При необходимости вычисления абсолютного положения необходимо установить флаг, расположенный справа от надписи *Метка 0*, и, в ставшем доступным поле списка выбрать название включенного физического канала, к которому подключен канал нулевой метки торсиографа. Каждый раз, при прохождении нулевой метки датчиком происходит обнуление на графическом индикаторе измеренных показаний перемещения. Например, это удобно при измерении линейных перемещений, при которых происходит возвратно-поступательное перемещение. Установив нулевую метку посередине, можно

измерять перемещение в ту или другую сторону относительно установленной нулевой метки.

Флаг *Авто порог* служит для включения/выключения автоматической/ручной установки верхнего и нижнего порога входного уровня, по которому будут производиться измерения перемещения. Установленный флаг – программа сама автоматически устанавливает верхний и нижний порог уровня сигнала. Снятый флаг – разрешен ручной ввод верхнего и нижнего порога уровня сигнала.

Поля ввода, расположенные под флагом *Авто порог*, служат для установки верхнего и нижнего порога в ручном режиме (флаг *Авто порог* снят). Верхнее поле ввода служит для установки верхнего порога, нижнее – для установки нижнего порога. Ввод значений верхнего и нижнего порога осуществляется с клавиатуры. После ввода значений нажать клавишу клавиатуры <Enter>. При установленном флаге *Авто порог* поля ввода верхнего и нижнего порога не доступны для ввода значений. Верхний и нижний порог устанавливается для исключения ложных срабатываний при измерении перемещения. Для правильного измерения перемещения верхний порог не должен превышать максимального уровня сигнала по этому каналу, нижний порог не должен быть ниже минимального уровня. Определить максимальный и минимальный уровень сигнала по каналу, к которому подключен энкодер, можно, например, запустив программу **Многоканальный осциллограф** выбрать этот канал и по осциллограмме оценить эти уровни.

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. При установке/снятии флагов *Фаза В* и *Метка 0* справа от этих каналов отображаются/скрываются соответствующие индикаторы. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

8 Энкодер

Программа **Энкодер** предназначена для измерения относительного положения (перемещения), скорости и направления перемещения при помощи оптических датчиков угловых или линейных перемещений (энкодеров), подключенных к входным каналам АЦП. Программа **Энкодер** порождает виртуальные каналы перемещения и скорости перемещения. Эти каналы доступны для последующего анализа другими программами из состава **ZETLAB**.

8.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Энкодер** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, которые являются выходными сигналами датчиков линейных и угловых перемещений.

Программа **Энкодер** предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе "[Требования к ПК](#)" настоящего руководства. На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа **Энкодер** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером.

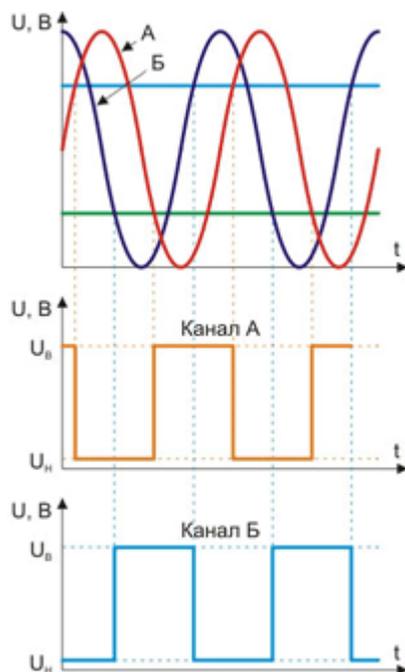
8.2 Подключение датчиков

Программа **Энкодер** предназначена для работы с каналами, которые являются выходными сигналами датчиков линейных и угловых перемещений.

На базе оптических датчиков создаются датчики линейных и угловых перемещений. Точность таких датчиков может быть от 1 мкм до 1 мм при длине измерительной базы от 8 мм до 3 м. Датчики угловых перемещений могут иметь от 100 до 10000 маркеров на один оборот, т.е. разрешение может быть от нескольких градусов до 5 минут.

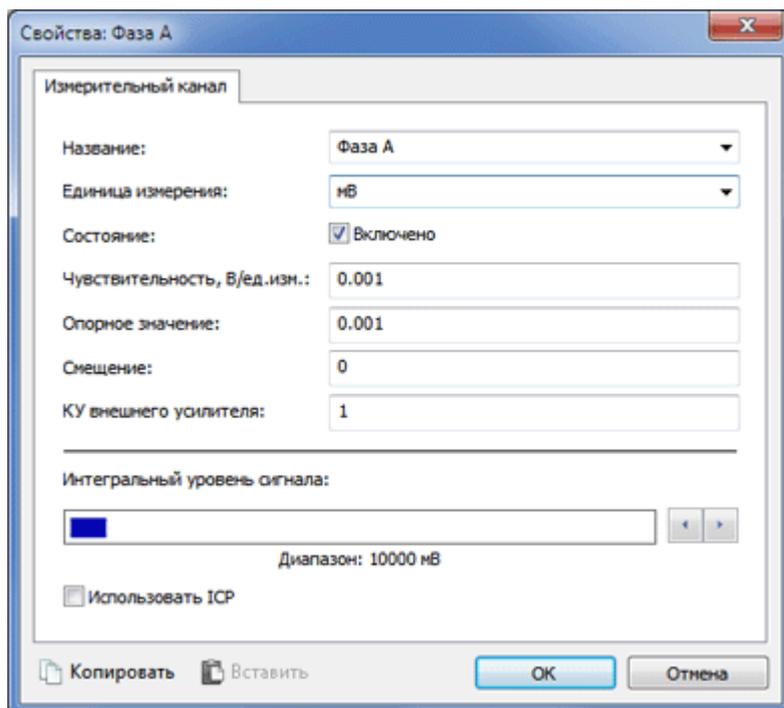
Оптическая технология предложила ряд классических способов для построения энкодера - датчика представляющего информацию о движении, положении или направлении либо непосредственно в цифровой форме (абсолютные энкодеры), либо генерирующего последовательность импульсов (инкрементальные энкодеры).

Далее в описании программы **Энкодер** речь пойдет только об инкрементальных энкодерах, так как программа **Энкодер** построена для работы только с таким типом этих датчиков. Принцип работы инкрементальных энкодеров проиллюстрирован на рисунке ниже. Оптический энкодер состоит из тонкого оптического диска и стационарного блока - измерительной головки, включающей в себя источник света и фотодетектор. Оптический диск содержит поверхность из прозрачных и непрозрачных участков. Маркерами могут быть, например, отверстия в металлическом листе или метки на стеклянном диске. При вращении диска, в зависимости от его типа, маркеры пропускают или перекрывают луч света, направленный от светового источника к фотоприемнику.



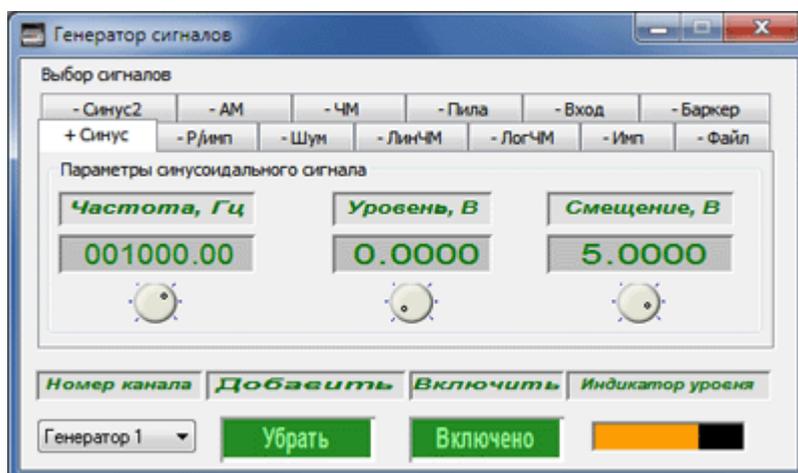
Фотодетектор генерирует сигнал с частотой, равной частоте следования кодовых элементов в цифровой форме или аналоговый импульсный сигнал, который также может быть усилен и оцифрован. При добавлении второй пары светодиод-фототранзистор с угловым смещением относительно первой, соответствующим четверти периода сигнала, может быть получена вторая последовательность импульсов - канал Б с фазовым смещением относительно канала А на 90° . Инкрементальный энкодер, который использует два оптических канала, позволяет одновременно удваивать разрешение при измерении положения и скорости и определять направление. Третий канал используется для привязки к начальной отметке (метка «0»).

Для измерения перемещения (положения) и скорости перемещения необходимо в программе [Диспетчер устройств ZET](#) настроить параметры каналов, к которым подключен энкодер. Параметры измерительных каналов должны быть настроены относительно измерения напряжения, как показано на рисунке ниже (названия каналов задаются пользователем произвольно):



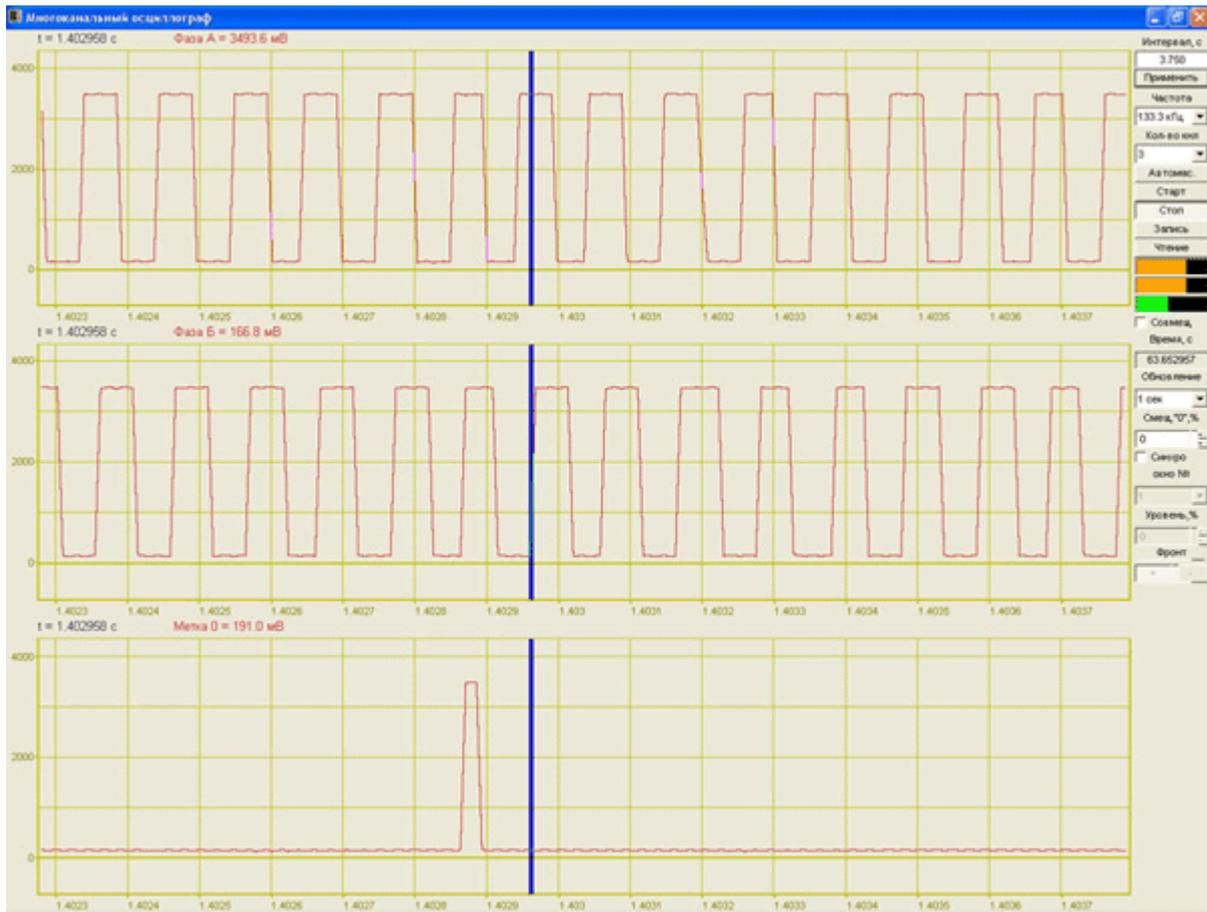
Настройки измерительных каналов

Для питания датчиков можно использовать выход встроенного генератора (при условии комплектации встроенным генератором) в режиме генерирования синусоидального сигнала (см. рисунок) с постоянным смещением нуля 5 В или внешний источник питания 5 В.



Настройки генератора для питания датчиков

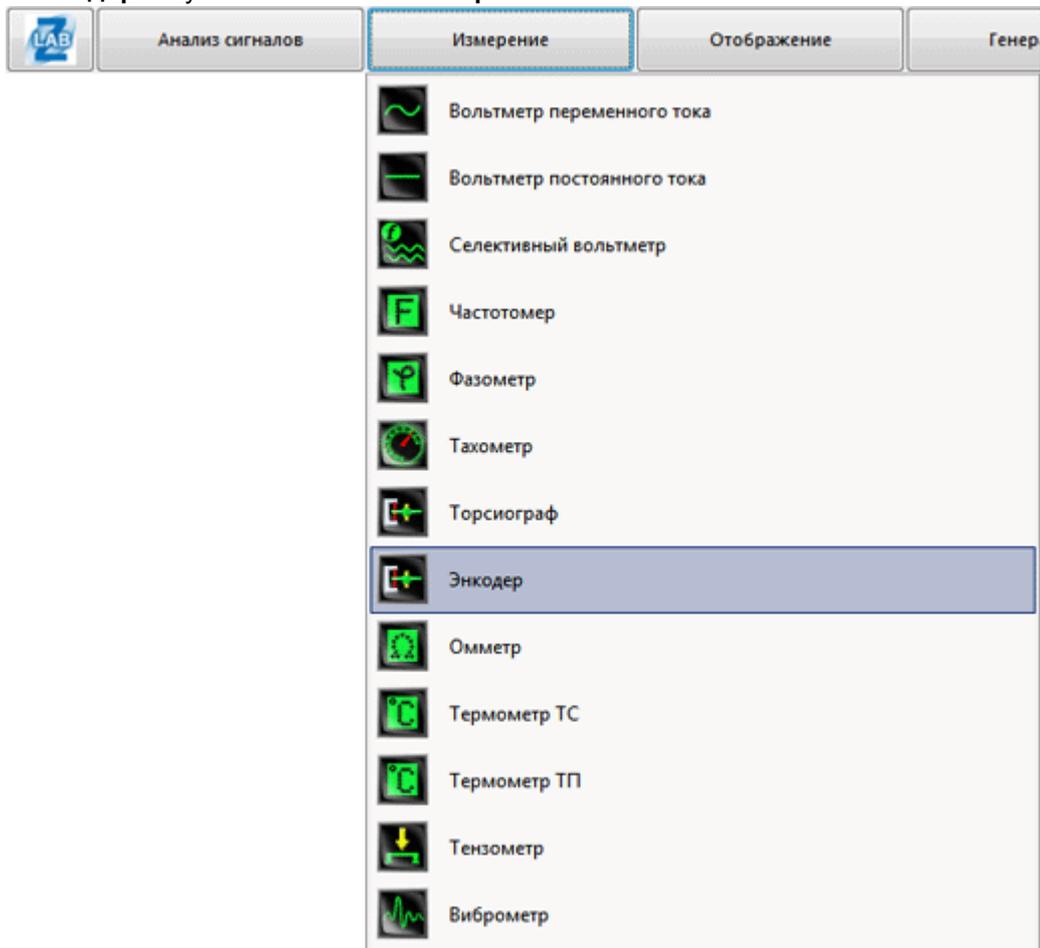
На рисунке ниже показаны осциллограммы сигналов, поступающих от датчика углового перемещения. На верхней осциллограмме показан сигнал канала А энкодера (фаза А), на средней – канал В (фаза В), на нижней – сигнал нулевой метки (метка 0).



Сигналы энкодера

8.3 Интерфейс программы

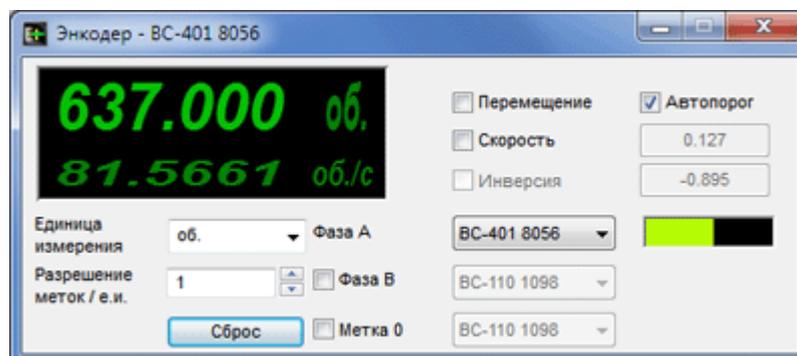
Программа **Энкодер** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск энкодера

*Примечание: программу **Энкодер** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: Encoder.exe.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название измерительного канала.

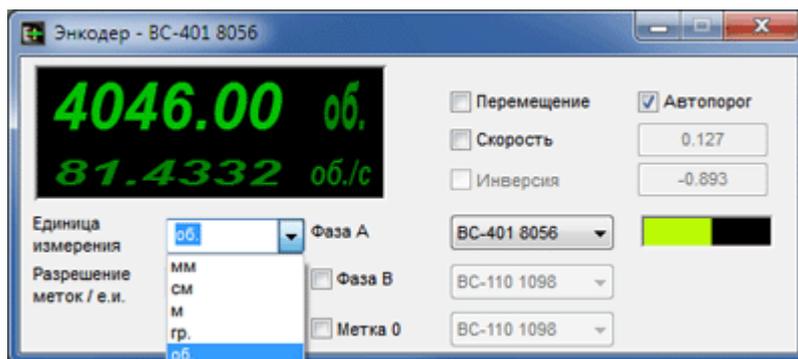


Энкодер

В левой верхней части рабочего окна программы **Энкодер** расположен графический индикатор, в котором отображаются измеренные угловое или линейное перемещение (положение) и скорость перемещения, информация о которых поступает с выбранного (выбранных) канала. В зависимости от поставленной задачи перемещение измеряется в указанных единицах измерения, а скорость

перемещения в единицах измерения в секунду. Например, для измерения перемещение в миллиметрах необходимо в списке Единица измерения (список описывается ниже) указать единицу измерения миллиметры (мм), после этого перемещение на графическом индикаторе будет отображаться в мм, а скорость перемещения в мм/с (миллиметров в секунду).

В списке, расположенном справа от надписи *Единица измерения*, выбирается либо вводится с клавиатуры единица измерения, в которой будет отображаться сигнал по выбранному каналу. Для выбора необходимой единицы измерения необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на кнопку списка, и, в раскрывшемся списке, выбрать нужную единицу измерения. Если в списке нет необходимой единицы измерения, то, нажав правой клавишей «мыши» на поле списка, с клавиатуры ввести требуемую единицу измерения.



Выбор единиц измерения

Разрешение инкрементальных энкодеров определяется количеством импульсов за один оборот (pulses per revolution, ppr). В списке, расположенном справа от надписи *Разрешение меток/е.и.*, выбирается необходимое количество меток в установленную единицу измерения. Например, инкрементальный энкодер углового перемещения имеет 1080 меток на один оборот, соответственно 3 метки на один градус поворота. Необходимо измерять положение энкодера в градусах с точность измерения в один градус. Для этого, в списке *Единица измерения* выбирается единица измерения – градусы (гр.), а в списке *Разрешение меток/е.и.* устанавливается 3 (три метки на один градус поворота энкодера). Устанавливается необходимое разрешение нажатием левой кнопки «мыши» по кнопкам списка разрешения, либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка разрешения, прокрутив ролик «мыши», либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка разрешения, ввести значение с клавиатуры и нажать клавишу .

Под полем списка *Разрешение меток/е.и.* располагается кнопка *Сброс*, нажатие которой приводит к обнулению значения перемещения (положения).

Флаги *Перемещение* и *Скорость*, расположенные справа от графического индикатора, разрешают включение/выключение виртуальных каналов *Перемещение* и *Скорость*, порождаемых программой **Энкодер**. Эти каналы доступны для последующего анализа другими программами. Установленные флаги – виртуальные каналы включены, снятые – выключены. Данные в этих виртуальных каналах идут в темпе обработки каждого импульса без усреднения. Это позволяет исследовать не только перемещение и скорость перемещения, но и их неравномерность. При включении энкодера совместно с другими датчиками, например, давления или температуры, данные с этих датчиков и данные перемещения и скорости перемещения идут синхронно с точностью до одного импульса энкодера.

Флаг *Инверсия*, который становится доступным для установки или снятия при установленном флаге *Фаза В*, позволяет инвертировать сигнал направления перемещения. Установленный флаг – происходит инверсия, снятый – сигнал не инвертирован.

Для измерения перемещения и скорости перемещения по физическому каналу, к которому подключен канал А энкодера, необходимо в поле списка (со стрелкой), расположенному справа от надписи *Фаза А*, выбрать название этого канала.

При использовании в измерениях канала В энкодера необходимо установить флаг, расположенный справа от надписи *Фаза В*, и, в ставшем доступным поле списка выбрать название включенного

физического канала, к которому подключен канал В энкодера. Снятие флага *Фаза В* блокирует поле списка выбора канала В и флаг установки инверсии.

При необходимости вычисления абсолютного положения необходимо установить флаг, расположенный справа от надписи *Метка 0*, и, в ставшем доступным поле списка выбрать название включенного физического канала, к которому подключен канал нулевой метки энкодера. Каждый раз, при прохождении нулевой метки пары светодиодфототранзистор происходит обнуление на графическом индикаторе измеренных показаний перемещения. Например, это удобно при измерении линейных перемещений, при которых происходит возвратнопоступательное перемещение. Установив нулевую метку посередине можно измерять перемещение в ту или другую сторону относительно установленной нулевой метки.

Флажок *Авто порог* служит для включения/выключения автоматической/ручной установки верхнего и нижнего порога входного уровня, по которому будут производиться измерения перемещения. Установленный флажок – программа сама автоматически устанавливает верхний и нижний порог уровня сигнала. Снятый флажок – разрешен ручной ввод верхнего и нижнего порога уровня сигнала.

Поля ввода, расположенные под флажком *Авто порог*, служат для установки верхнего и нижнего порога в ручном режиме (флажок *Авто порог* снят). Верхнее поле ввода служит для установки верхнего порога, нижнее – для установки нижнего порога. Ввод значений верхнего и нижнего порога осуществляется с клавиатуру. После ввода значений нажать клавишу клавиатуры. При установленном флажке *Авто порог* поля ввода верхнего и нижнего порога не доступны для ввода значений. Верхний и нижний порог устанавливается для исключения ложных срабатываний при измерении перемещения. Для правильного измерения перемещения верхний порог не должен превышать максимального уровня сигнала по этому каналу, нижний порог не должен быть ниже минимального уровня. Определить максимальный и минимальный уровень сигнала по каналу, к которому подключен энкодер, можно, например, запустив программу *Многоканальный осциллограф* выбрать этот канал и по осциллограмме оценить эти уровни. Для выхода из программы необходимо нажать кнопку, расположенную в правом верхнем углу окна.

Флаг *Авто порог* служит для включения/выключения автоматической/ручной установки верхнего и нижнего порога входного уровня, по которому будут производиться измерения перемещения. Установленный флаг – программа сама автоматически устанавливает верхний и нижний порог уровня сигнала. Снятый флаг – разрешен ручной ввод верхнего и нижнего порога уровня сигнала.

Поля ввода, расположенные под флажком *Авто порог*, служат для установки верхнего и нижнего порога в ручном режиме (флаг *Авто порог* снят). Верхнее поле ввода служит для установки верхнего порога, нижнее – для установки нижнего порога. Ввод значений верхнего и нижнего порога осуществляется с клавиатуры. После ввода значений нажать клавишу клавиатуры <Enter>. При установленном флажке *Авто порог* поля ввода верхнего и нижнего порога не доступны для ввода значений. Верхний и нижний порог устанавливается для исключения ложных срабатываний при измерении перемещения. Для правильного измерения перемещения верхний порог не должен превышать максимального уровня сигнала по этому каналу, нижний порог не должен быть ниже минимального уровня. Определить максимальный и минимальный уровень сигнала по каналу, к которому подключен энкодер, можно, например, запустив программу **Многоканальный осциллограф** выбрать этот канал и по осциллограмме оценить эти уровни.

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку выбранного канала. При установке/снятии флагов *Фаза В* и *Метка 0* справа от этих каналов отображаются/скрываются соответствующие индикаторы. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши».

При использовании программы **Энкодер** совместно с программами из состава **ZETLAB** и датчиками угловых перемещений, пользователь может проводить анализ крутильных колебаний и использовать эту аппаратуру для замены торсиографов.

9 Омметр

Программа предназначена измерения электрического сопротивления, подключенного к входным каналам плат и модулей АЦП ЦАП и анализаторов спектра.

При измерении сопротивления используются параметры еще 2-х программ, запускаемых в скрытом виде: **Генератор сигналов** и [Вольтметр переменного тока](#).

9.1 Поддерживаемое оборудование

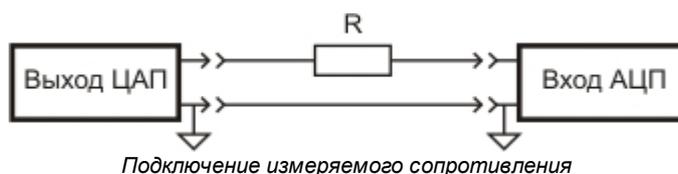
Программа **Омметр** входила в состав программного обеспечения **ZETLAB** версий до 09/2011, поставляемом с модулями АЦП/ЦАП и анализаторами спектра.

На данный момент функции программы **Омметр** могут быть реализованы в небольшом SCADA-проекте:

- Пример проекта на сайте: <http://zetlab.ru/catalog/programs/scada/samples/ohmmeter/index.php>
- Схема подключения и настройка измерительных каналов из приведенного примера: http://zetlab.ru/support/articles/adc_dacs/izmerenie_soprotivleniya.php

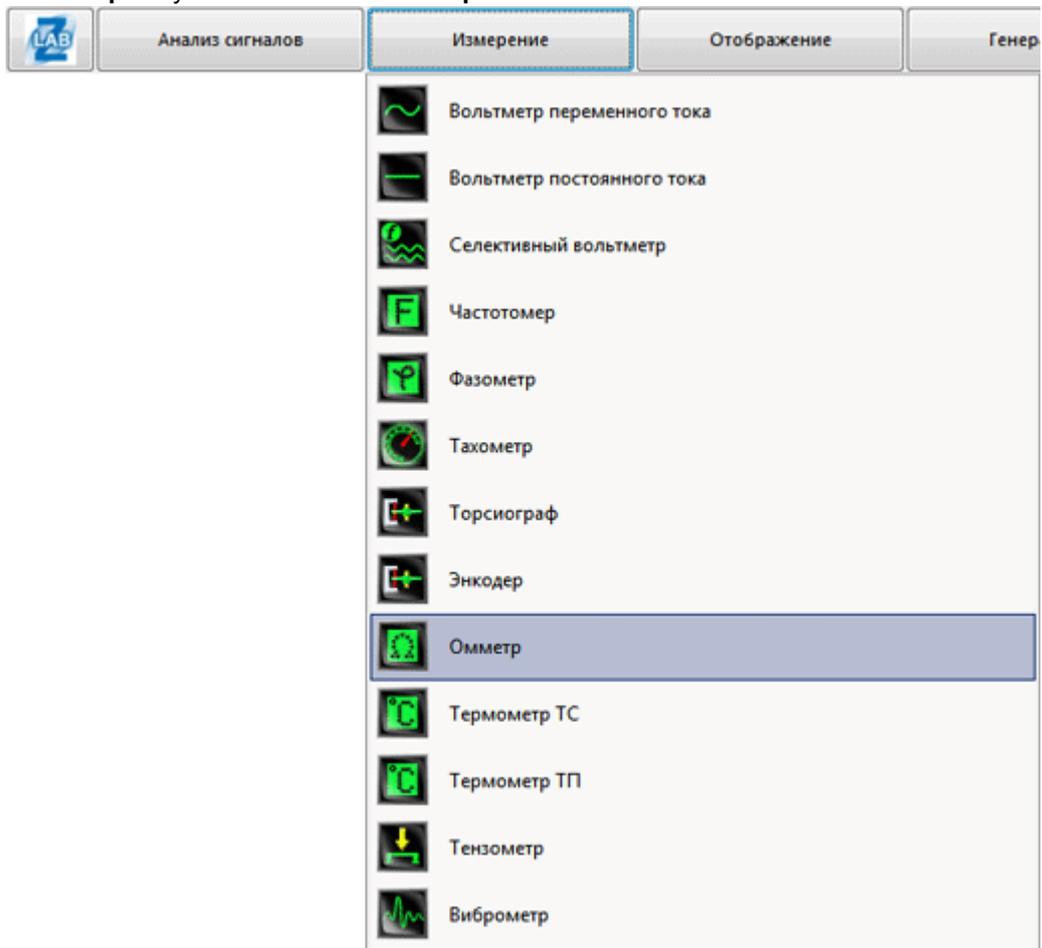
9.2 Подключение измеряемого сопротивления

Измеряемое сопротивление необходимо подключать как показано на рисунке ниже - в "разрыв" линии "ЦАП - АЦП".



9.3 Интерфейс программы

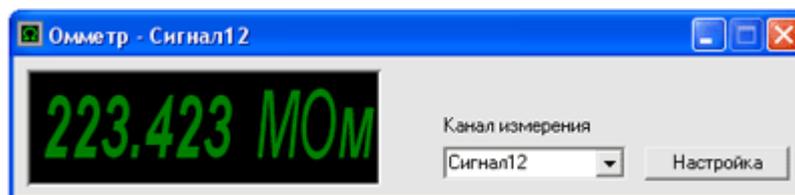
Программа **Омметр** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск омметра

*Примечание: программу **Омметр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: OhmMeter.exe.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название измерительного канала.



Омметр

При запуске программы **Омметр** в скрытом виде запускаются еще 2 программы: **Генератор сигналов** и **Вольтметр переменного тока**. Параметры этих программ используются при расчете электрического сопротивления.

Окно программы имеет следующие элементы:

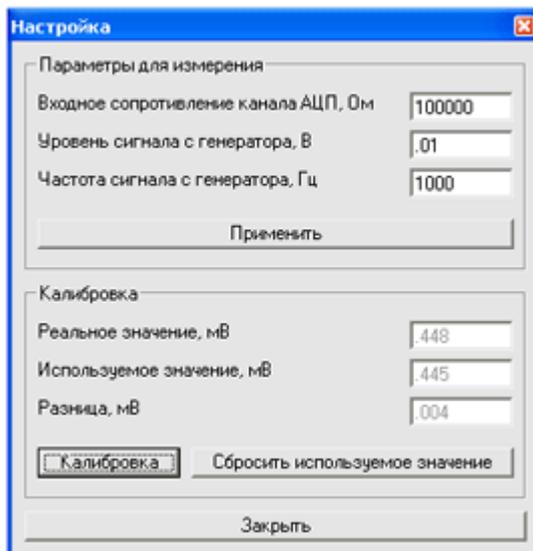
Слева - черное поле с зелеными символами - индикатор измеряемого значения сопротивления.

Ниспадающий список под надписью *Канал измерения* - для выбора канала АЦП или анализатора спектра, к которому подключено измеряемое сопротивление.

Кнопка *Настройка* - для [настройки программы и калибровки измерительного тракта](#).

9.4 Настройка программы и калибровка измерительного тракта

Для корректной работы программы и правильного измерения сопротивления необходимо произвести настройку программы и калибровку измерительного тракта. Для этого необходимо нажать на кнопку *Калибровка* в главном окне программы **Омметр**. При нажатии на кнопку появляется дополнительное окно **Настройка**, внешний вид которого показан на рисунке.



Настройка омметра

В рамке *Параметры для измерения* находятся следующие элементы:

Поле *Входное сопротивление канала АЦП, Ом* - входное сопротивление канала модуля АЦП или анализатора спектра, к которому подключено измеряемое сопротивление.

Поле *Уровень сигнала с генератора, В* - среднеквадратическое значение (СКЗ) синусоидального сигнала, который будет подаваться с выходного канала ЦАП или анализатора спектра.

Поле *Частота сигнала, Гц* - частота синусоидального сигнала, который будет подаваться с выходного канала ЦАП.

Кнопка *Применить* - для вступления изменений в силу.

Примечание: входное сопротивление анализаторов спектра ZET017, ZET017-U2 и ZET17-U8 составляет 100 кОм, модуля ZET 210 – 2 кОм, модулей ZET 220 и ZET 230 – 100 кОм.

В рамке *Калибровка* находятся следующие элементы:

Поле *Реальное значение, мВ* - реальное измеряемое среднеквадратическое (СКЗ) синусоидального сигнала, поступающего на входной канал АЦП, к которому подключено измеряемое сопротивление.

Поле *Используемое значение, мВ* - используемое в расчетах среднеквадратическое (СКЗ) синусоидального сигнала.

Поле *Разница, мВ* - разница между реальным и используемым значениями.

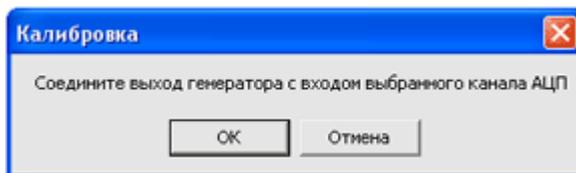
Внизу окна находится кнопка *Закреть* для закрытия окна **Настройка**.

Проведение калибровки

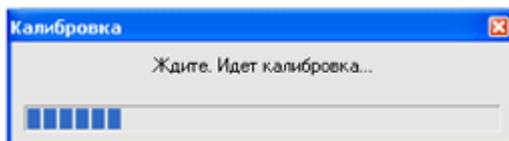
Для проведения калибровки необходимо выполнить следующие действия:

1. Нажать на кнопку *Сбросить используемое значение*. При этом в поле *Используемое значение, мВ* отобразится значение, указанное в поле *Уровень сигнала с генератора, В* в рамке *Параметры для измерения*.

2. Нажать на кнопку *Калибровка*. Появится окно с указанием соединить выход генератора со входом используемого канала АЦП.



3. Следуя указанию надписи в появившемся окне, необходимо соединить выход генератора (ЦАП) с входом выбранного канала АЦП и нажать на кнопку *ОК*. Появится еще одно окно, внешний вид которого показан на рисунке ниже. В этом окне отображается ход выполнения калибровки. Через 5 секунд это окно исчезнет и в соответствующих полях в рамке *Калибровка* установятся измеренные значения.



10 Тензометр

Программа **Тензодатчик** предназначена для измерения усилия с помощью тензорезисторов и тензодатчиков.

10.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Тензометр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является выходным сигналом тензометрических датчиков, датчиков силы растяжения и сжатия, мостовых схем.

Для оцифровки аналоговых сигналов используется тензометрическая станция **ZET 017-T8**.

Программа **Тензометр** входит в состав программного обеспечения **ZETLAB TENZO**, поставляемого с тензостанциями.

10.2 Основы тензометрии

Тензометрия (от лат. *tensus* - напряжённый, натянутый и греч. *metreo* - измеряю) – экспериментальное определение напряжённого состояния конструкций, основанное на измерении местных деформаций. При механической деформации материала его электрическое сопротивление изменяется. Этот эффект называется тензорезистивным эффектом. На основе этого эффекта реализованы тензодатчики, реагирующие на механическое напряжение σ :

$$\sigma = \frac{F}{a} = E \frac{dl}{l}$$

где E – модуль Юнга материала, F – приложенная сила, $dl/l = \epsilon$ – относительная деформация материала.

Рассмотрим цилиндрический проводник (провод), который растягивается с силой F . Объем провода u остается постоянным, при этом сечение уменьшается и длина увеличивается. Сопротивление проводника можно записать в виде:

$$R = \rho \frac{l^2}{u}$$

где ρ – удельное сопротивление материала.

После дифференцирования получим выражение для определения чувствительности сопротивления к удлинению провода:

$$\frac{dR}{dl} = 2 \frac{\rho l}{u}$$

Чувствительность повышается при увеличении длины провода и его удельного сопротивления и уменьшается при увеличении сечения провода. Относительное изменение сопротивления провода в зависимости от относительной деформации ϵ можно записать в виде:

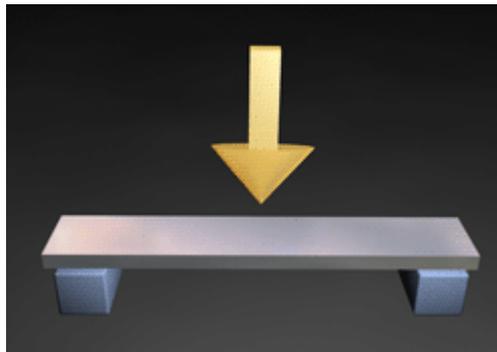
$$\frac{dR}{R} = S_k \epsilon$$

где S_k – коэффициент тензочувствительности. Для металлических проводов он лежит в пределах 2-6, а для полупроводников – 20-200.

Например, рассмотрим тензосопротивление со следующими характеристиками представленными в таблице:

Чувствительность (S_k) :	2.0
Материал подложки	Полиамид
Измерительная решетка	Константовая фольга
База (длина измерительной решетки), мм :	20; 50; 100; 150
Температурный коэффициент чувствительности, 1/К	$115 \cdot 10^{-6}$
Поперечная чувствительность, %	0.1
Температурный диапазон эксплуатации, °С :	-70...+200 статические измерения -200...+200 динамические измерения
Номинальное сопротивление, Ом	120; 350; 700; 1000

Рассмотрим тензометрические весы, основанные на измерении стрелы прогиба центра балки лежащей на двух опорах.



Стрела прогиба λ равна:

$$\lambda = Fl^3 / (48EI)$$

где F – приложенная сила в середине балки, l – длина балки, I – момент инерции поперечного сечения балки. Если поперечное сечение балки имеет форму прямоугольника с шириной a и высотой b , то

$$I = 1/12 ab^3$$

Для кругового поперечного сечения радиуса r .

$$I = 1/4 \pi r^4$$

Радиус изгиба балки составит:

$$R = \frac{4EI}{Fl}$$

Если на нижнюю сторону балки прямоугольного сечения наклеить тензорезистор, то относительная деформация резистора будет:

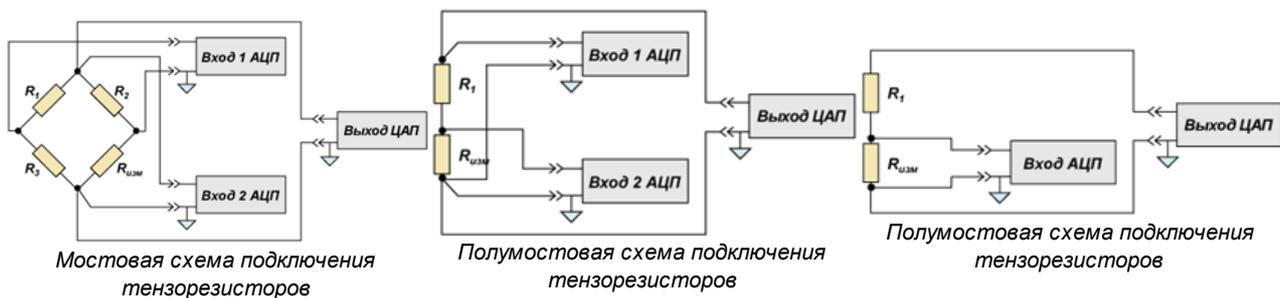
$$e = \frac{3Fl}{2Eab^2}$$

Пусть стальная балка имеет сечение $a = b = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ и длину $l = 10 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м}$, тогда стреле прогиба $\lambda = 1 \text{ мм}$ будет соответствовать усилие $F = 8000 \text{ Н}$, что соответствует весу массы 800 кг . Относительная деформация тензорезистора наклеенного на нижнюю сторону балки будет составлять $0,006$ и относительное изменение сопротивления $0,012$. Для создания весов имеющих разрешающую способность 1 кг , необходимо регистрировать относительное изменение сопротивления до 10^{-5} .

В таблице ниже приведены модуль Юнга и предел прочности для некоторых материалов.

Материал	Модуль Юнга, 109 Н/м ²	Предел прочности, 107 Н/м ²
Сталь	196	127
Железо	186	33
Медь	120	24
Латунь	102	35
Алюминий	68	7,8
Свинец	1,7	1,5

При измерении сопротивления тензорезистора используют мостовую или полумостовую (делитель напряжения) схему подключения. В качестве сопротивлений $R_1 - R_3$ обычно используются такие же тензорезисторы, как и измерительный, только наклеенные на балку в поперечном направлении, нечувствительном к деформации. Это связано в первую очередь с высоким температурным коэффициентом сопротивления тензорезистора.



В данном примере при изменении температуры на 1e относительное сопротивление изменится на 10^{-4} , что соответствует ошибке в измерении веса 10 кг . При использовании в качестве $R_1 - R_3$ таких же тензорезисторов, находящихся в тех же условиях, что и измерительный тензорезистор, существенно упрощается термокомпенсация мостовой схемы.

Для этого необходимо использовать 6-проводную схему измерения. Одна пара проводов служит для питания моста, другая пара проводов служит для измерения подаваемого напряжения, третья пара – для измерения разности потенциалов в мостовой схеме.

Рассмотрим мостовую схему с датчиками 120 Ом . При питании схемы напряжением $1,2\text{ В}$, ток проходящий по каждому резистору будет составлять 5 мА . При нулевой нагрузке разность потенциалов в мостовой схеме $V_{\text{изм}}$ будет равна нулю, при максимальной нагрузке $800\text{ кг} - 3\text{ мВ}$. В полумостовой схеме измерения при нулевой нагрузке разность потенциалов будет равна 600 мВ , при максимальной нагрузке – 603 мВ . Изменению веса на 1 кг соответствует изменение напряжения на 10 мкВ . При проведении измерений разности потенциалов с помощью АЦП в мостовой схеме необходимо использовать 14-16 разрядный АЦП. В полумостовой схеме – 18-20 разрядный АЦП.

На основе тензорезистивного эффекта также изготавливаются датчики давления со встроенной мостовой схемой.

Фоторезистивные датчики – это датчики, сопротивление которых изменяется в зависимости от освещенности датчика. В темноте такой датчик обладает высоким сопротивлением, а при падении света сопротивление уменьшается. Такой датчик обладает нелинейной характеристикой.

Также существует большое количество потенциометрических датчиков – датчиков положения, угла поворота. Принцип измерения сопротивления таких датчиков аналогичен измерению сопротивления терморезистора.

Сходным по функционированию являются емкостные и индукционные датчики. Например, индукционный датчик линейного перемещения построен по полумостовой схеме с входным сопротивлением 350 Ом . Для питания датчика необходима несущая частота 5 кГц . Датчик состоит из двух трансформаторных обмоток. На одну обмотку трансформатора подается переменное напряжение, с другой обмотки снимается выходной сигнал. Выдвижной щуп выполнен из ферромагнетика. В зависимости от положения щупа меняется коэффициент трансформации между обмотками и соответственно меняется амплитуда выходного сигнала. По амплитуде выходного сигнала определяется перемещение щупа.

Линейность такого рода датчиков не превышает 1-2%.

Также производятся акселерометры на основе пьезорезистивного эффекта.

Особенности измерений

Обычно применяются три схемы подключения резистивных датчиков. Первая схема - мостовая, вторая и третья - полумостовые схемы (см. рисунки выше). В первой и второй схеме происходит контроль подаваемого напряжения и измеряется относительное падение напряжения V_1/V_2 . В третьей схеме проводится измерение напряжения V_1 относительно подаваемого напряжения.

При использовании многоканальных модулей АЦП/ЦАП удобно применять 6-проводную схему подключения датчика. В этом случае исключается погрешность падения напряжения на подводящих проводах и изменения падения напряжения на подводящих проводах из-за температурной зависимости сопротивления.

Другим источником погрешности является наводимая помеха от других цепей. Самой значимой является сетевая помеха 50 Гц. Чем длиннее подводящие провода, тем выше уровень наводимой помехи. Для снижения уровня наводки необходимо использовать витые пары проводов в экране.

При запитывании датчиков постоянным током дополнительным источником погрешностей является ЭДС создаваемая на месте скрутки проводов и разности температур мест скруток. Это приводит к дрейфу постоянной составляющей сигнала. При реализации алгоритма вольтметра с использованием АЦП, погрешность полученных результатов может быть достаточно высокой. Это связано, в первую очередь, с тем, что алгоритм вольтметра постоянного тока суммирует все сигналы и полезный сигнал от датчика, и сигнал помехи. Для того чтобы разделить эти сигналы можно подавать в качестве питания датчиков переменный сигнал. Если для оценки уровня сигнала использовать селективный вольтметр, регистрирующий уровень заданной частоты, то при этом происходит отстройка от сетевой помехи 50 Гц и от дрейфа постоянной составляющей сигнала. При таком виде обработки сигнала возрастает и эффективное количество бит АЦП. Например, частота преобразования 16-разрядного АЦП составляет 200 кГц. При обработке алгоритмом селективного вольтметра полоса анализа составляет 10 Гц. Таким образом, полоса анализа в 10000 раз меньше всей полосы сигнала. В предположении, что помеха является случайной и равномерно распределена по спектру сигнала, уровень помехи в полосе анализа селективного вольтметра снизится в 100 раз, и эффективное количество разрядов АЦП составит 21 разряд. Такой метод обработки оправдан только для медленно меняющихся процессов.

Дополнительным источником погрешности такого способа является межканальное проникновение высокочастотных сигналов. Эта погрешность является систематической и в основном зависит от длины подводящих проводов от модуля АЦП до датчика и геометрического расположения провода и датчика, но она практически не меняется во времени. При этом необходима калибровка измерительного тракта по месту. Это усложняет процедуру поверки и калибровки измерительных систем.

При измерении по мостовой схеме выходной сигнал равен:

$$V_1/V_2 = \frac{R_{\text{изм}}}{R_2 + R_{\text{изм}}} - \frac{R_3}{R_1 + R_3}$$

Если сопротивления $R_1 = R_2 = R_3 = R$, то можно записать:

$$V_1/V_2 = \frac{1}{2} \frac{R_{\text{изм}} - R}{R + R_{\text{изм}}}$$

Для полумостовой схемы:

$$V_1/V_2 = \frac{R_{\text{изм}}}{R + R_{\text{изм}}}$$

Дополнительными источниками помех является нелинейная зависимость падения напряжения от значения измеряемого сопротивления.

В пакете **ZETLAB** предусмотрены программы селективного вольтметра, узкополосного фильтра, программы коррекции амплитуды и многие другие, позволяющие существенно повысить точность при снижении цены на аппаратуру.

Подключение к оборудованию ZETLAB

Резистивные датчики и мостовые схемы можно подключать непосредственно к тензометрической станции **ZET 017-T8** и с помощью программного обеспечения **ZETLAB TENZO** проводить первичную обработку сигналов, калибровку, нормирование уровней, проводить отображение измеряемых физических величин и их регистрацию и реализовать системы контроля и управления.

При подключении тензодатчиков, мостовых, полумостовых и четверть мостовых схем к измерительным модулям **ZETSENSOR** они образуют интеллектуальный тензодатчик. Обработка сигнала датчика осуществляется измерительным модулем и измеренное значение передается в цифровом виде.

10.3 Применение тензорезисторов для измерения физических величин

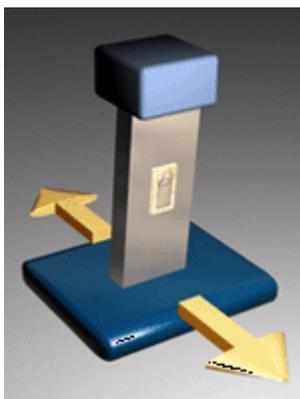
Требуемые физические величины могут быть определены посредством измерения деформаций рабочего тела, вызванных силой, давлением, перемещением и др.



Измерение силы

Измерение силы

Тензорезистор, наклеенный на рабочее тело датчика, являющегося опорой для груза или прилагаемого усилия, может измерить силу, направленную на эту опору, или вес, лежащего на ней груза.



Измерение вибрации,
ускорения

Измерение вибрации/ускорения

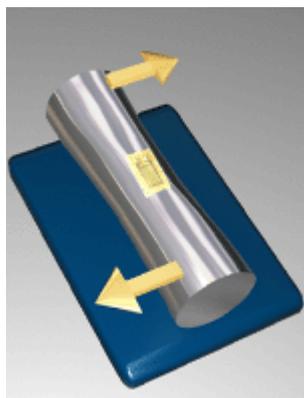
Тензорезистор, наклеенный на тонкую упругую пластину, позволяет измерять частоту, а также амплитуду вибрации и ускорения, воздействующих на эту пластину.



Измерение перемещения

Измерение перемещения

Тензорезистор, наклеенный на упругий элемент, позволяет определить изгибающие усилия на этот упругий элемент, таким образом давая возможность измерить перемещение, вызвавшее это изгибающие усилия.



Измерение крутящего момента

Измерение крутящего момента

Тензорезистор, наклеенный на карданный вал автомобильного двигателя, или торсионный вал буровой машины, позволяет измерить силу трансмиссии, иными словами крутящий момент данного вала.



Измерение давления

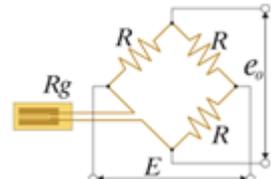
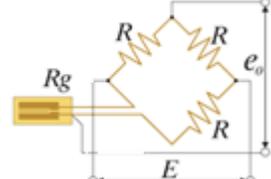
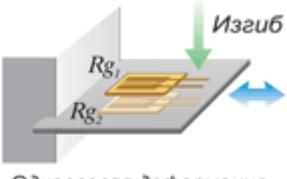
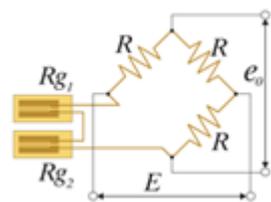
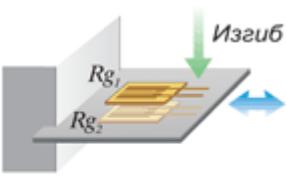
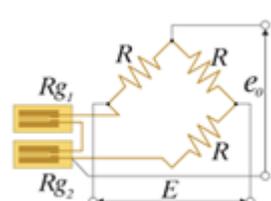
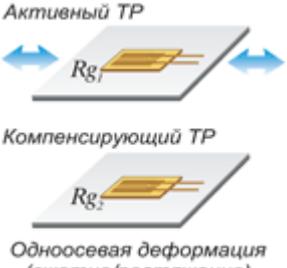
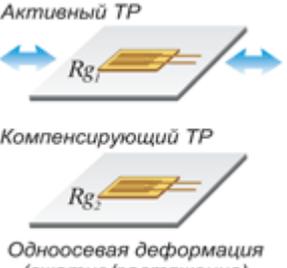
Измерение давления

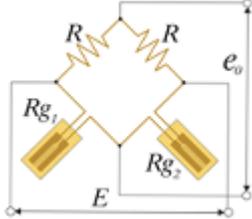
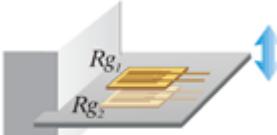
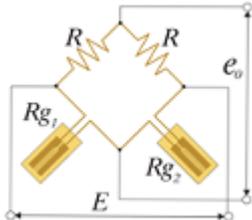
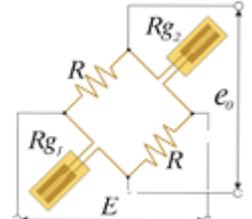
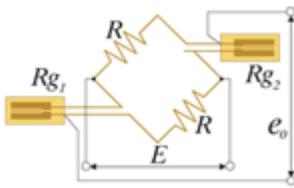
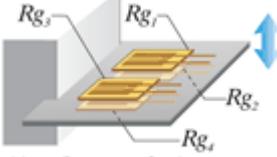
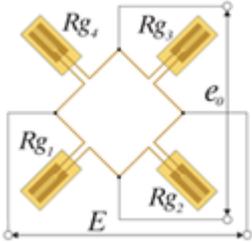
Тензорезистор, наклеенный на диафрагму (мембрану), позволяет определить давление воздуха или жидкости на эту диафрагму. Как правило, тензорезистор приклеивают на заднюю поверхность диафрагмы, чтобы избежать его повреждения за счет непосредственного давления воздуха или жидкости.

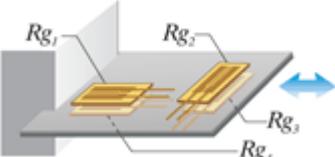
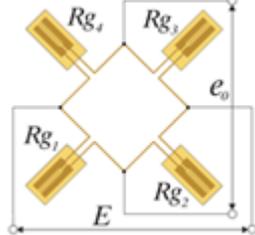
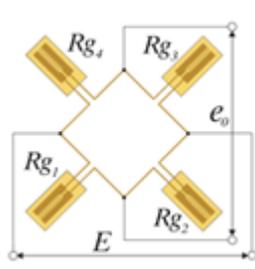
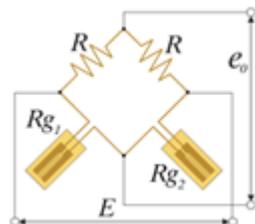
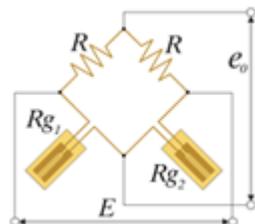
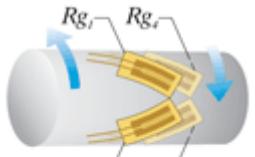
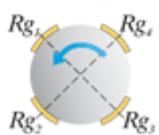
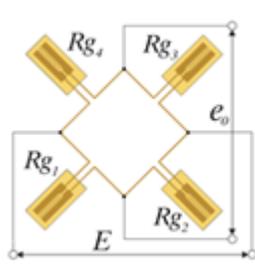
10.4 Схемы подключения тензорезисторов

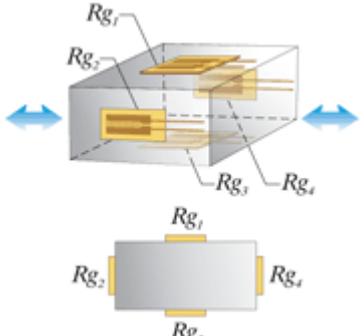
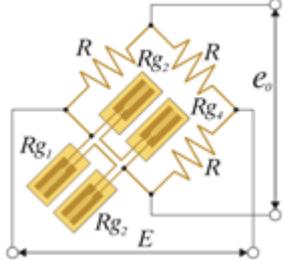
Тензорезисторы предназначены для измерения напряжений, возникающих на поверхности различных деталей. С помощью тензорезисторов можно измерять степень сжатия и растяжения, скручивания, изгиба. При известном модуле Юнга и профиле изделия можно рассчитать прикладываемые к изделию силы.

В таблице приведены различные схемы подключения тензорезисторов. Имеется возможность исключения различных влияющих факторов на измерения, например, влияние температуры.

Пример	Схема	Выход
<p>Один активный тензорезистор, двухпроводная схема подключения. Применима при малых изменениях температуры. Без термокомпенсации. $x1$ выход. Изгиб также влияет на измерения.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>K_s – К-фактор ε_0 – деформация E – питание моста e_0 – выходное напряжение Rg – сопротивление тензорезистора R – постоянное сопротивление</p>
<p>Один активный тензорезистор, трехпроводная схема подключения. Без термокомпенсации. Температурная погрешность кабеля исключена. $x1$ выход. Изгиб влияет на измерения.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$
<p>Два активных тензорезистора, двухпроводная схема включения. Без термокомпенсации. Деформация изгиба исключена. $x1$ выход.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>Rg_1..деформация – ε_1 Rg_2..деформация – ε_2 $\varepsilon_0 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/2$ R – постоянное сопротивление $R = Rg_1 + Rg_2$</p>
<p>Два активных тензорезистора, трехпроводная схема включения. Без термокомпенсации. Деформация изгиба исключена. Температурная погрешность кабеля исключена. $x1$ выход.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>Rg_1..деформация – ε_1 Rg_2..деформация – ε_2 $\varepsilon_0 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/2$ R – постоянное сопротивление $R = Rg_1 + Rg_2$</p>
<p>Два тензорезистора: активный и компенсационный. Термокомпенсирована. Температурная погрешность кабеля исключена. $x1$ выход</p>		
 <p>Активный ТР Rg_1 Компенсирующий ТР Rg_2 Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>	 <p>Активный ТР Rg_1 Компенсирующий ТР Rg_2 Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>	$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>K_s – К-фактор ε_0 – деформация E – питание моста e_0 – выходное напряжение Rg_1..деформация – ε_1 R – постоянное сопротивление Rg_2..деформация – 0</p>
<p>Два активных тензорезистора (ортогональное расположение). Термокомпенсирована. Температурная погрешность кабеля исключена. $x(1+v)$ выход</p>		

Пример	Схема	Выход
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = ((1+\nu)E/4) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ <p>ν – коэффициент Пуассона Rg_1, Rg_2 – сопротивление тензорезисторов Rg_1..деформация – ϵ_0 Rg_2..деформация – $\nu\epsilon_0$ R – постоянное сопротивление</p>
<p>Два активных тензорезистора. Термокомпенсирована. Температурная погрешность кабеля исключена. Деформация сжатия/растяжение исключена. x2 выход</p>		
 <p>Деформация изгиба</p>		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ <p>Rg_1..деформация – ϵ_0 Rg_2..деформация – $-\epsilon_0$ R – постоянное сопротивление</p>
<p>Два активных тензорезистора. Оппозитная схема. Без термокомпенсации. Деформация изгиба исключена подключением в противоположных направлениях. x2 выход.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ <p>Rg_1..деформация – ϵ_0 Rg_2..деформация – ϵ_0 R – постоянное сопротивление</p>
<p>Два активных тензорезистора. Оппозитная схема. Без термокомпенсации. Температурная погрешность кабеля исключена. Деформация изгиба исключена. x2 выход.</p>		
 <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ <p>Rg_1..деформация – ϵ_0 Rg_2..деформация – ϵ_0 R – постоянное сопротивление</p>
<p>Четыре активных тензорезистора. Применима для измерений деформации изгиба. Термокомпенсирована. Температурная погрешность кабеля исключена. Деформация сжатия/растяжения исключена. x4 выход.</p>		
 <p>Изгибающая деформация</p>		$e_0 = E \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ <p>Rg_1, Rg_3 – деформация изгиба – ϵ_0 Rg_2, Rg_4 – деформация изгиба – $-\epsilon_0$</p>
<p>Четыре активных тензорезистора. Термокомпенсирована. Температурная погрешность кабеля исключена. x2(1+ν) выход.</p>		

Пример	Схема	Выход
		$e_0 = ((1+\nu)E/2) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>ν - коэффициент Пуассона Rg_1, Rg_3 - деформация изгиба - ε_0 Rg_2, Rg_4 - деформация изгиба - $-\varepsilon_0$</p>
<p>Четыре активных тензорезистора. Термокомпенсация. Температурная погрешность кабеля исключена. Деформация изгиба исключена. x2 выход.</p>		
<p>Активные ТР</p>  <p>Компенсирующие ТР</p>  <p>Одноосевая деформация (сжатие/растяжение)</p>		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>Rg_1, Rg_3 - деформация изгиба - ε_0 Rg_2, Rg_4 - деформация изгиба - 0</p>
<p>Два активных тензорезистора. Применима для измерения деформации изгиба. Термокомпенсация. Температурная погрешность кабеля исключена. x2 выход.</p>		
		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>Rg_1..деформация - ε_0 Rg_2..деформация - $-\varepsilon_0$ R - постоянное сопротивление</p>
<p>Четыре активных тензорезистора. Применима для измерения деформации изгиба. Термокомпенсация. Температурная погрешность кабеля исключена. x4 выход.</p>		
 		$e_0 = E \cdot K_s \cdot \varepsilon_0$ <p>Rg_1, Rg_3 - деформация изгиба - ε_0 Rg_2, Rg_4 - деформация изгиба - $-\varepsilon_0$</p>
<p>Четыре активных тензорезистора. Применима для измерения общей деформации. Без термокомпенсации. x1 выход.</p>		

Пример	Схема	Выход
		$e_0 = (E/2) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$ $\epsilon_0 = (\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4) / 2$ <p>R – постоянное сопротивление $R = Rg_1 = Rg_2 = Rg_3 = Rg_4$</p>

Отношение между деформацией и выходным напряжением

Выход тензометрических мостовых схем представлен в единицах деформации ($\mu\epsilon$) или в выходном напряжении (мВ/В или $\mu\text{В/В}$) относительно напряжения питания моста. Эти величины соотносятся согласно следующей формуле:

$$e_0 = (E/4) \cdot K_s \cdot \epsilon_0$$

Если питание моста $E = 1 \text{ В}$ и К-фактор $K_s = 2$, то $2e_0 = \epsilon_0$

Так, выход по деформации будет в 2 раза больше, чем выходное напряжение моста.

Например, $3000 \mu\epsilon$ — $1500 \mu\text{В/В} = 1,5 \text{ мВ/В}$.

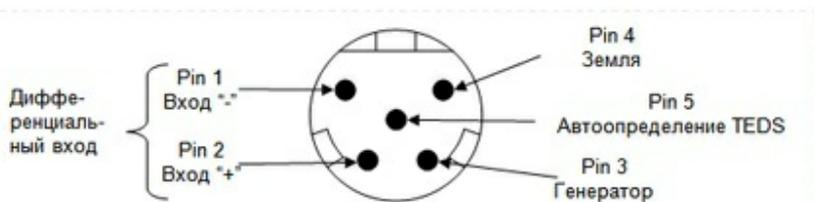
Для малых деформаций используют фольговые тензорезисторы.

Для больших деформаций используют проволочные тензорезисторы.

10.5 Подключение тензодатчиков к тензостанции

Тензометрическая станция **ZET017-T8** имеет входные каналы типа miniXLR 92M-502, при этом комплектуется кабелями для подключения тензодатчиков и тензорезисторов для каждого канала.

Разъем входных каналов тензостанции



Разъем входного канала тензостанции	Клеммы кабеля
Вход -	IN -
Вход +	IN +
Генератор	GEN
Земля	GND
Автоопределение TEDS	—

Контакты "Вход -" и "Вход +" образуют дифференциальный вход тензостанции, на который поступает сигнал с датчика (тензомоста).

Контакт "Генератор" предназначен для подачи питания на датчик со встроенного генератора тензометрической станции. Управление генератором осуществляется с помощью программы **Генератор сигналов**, сигнал подается на все каналы тензостанции.

Примечание: генератор также имеет выход BNC на задней панели тензостанции.

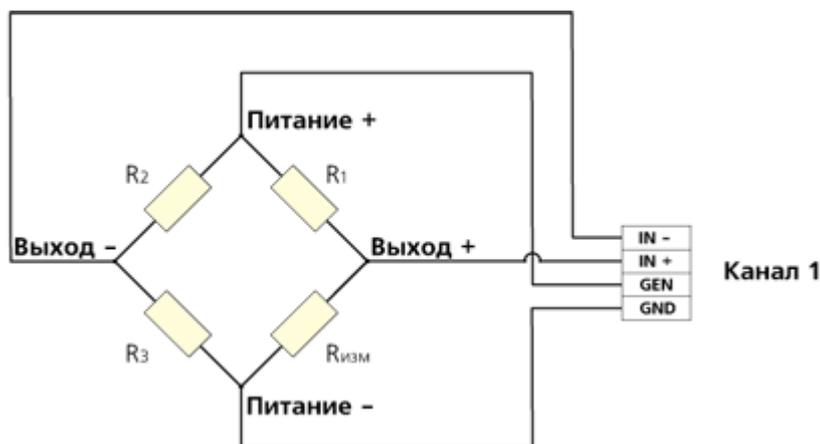
Измерения проводятся с помощью программы **Тензометр**. Для каждого канала запускается отдельный экземпляр программы. Можно запустить несколько экземпляров программы для одного измерительного канала и настроить на измерения различных параметров по соответствующим тарифовочным таблицам. Все настройки производятся в окне [Настройки параметров измерителя](#). Дополнительно в программе [Диспетчер устройств ZET](#) для тензостанции задается частота преобразования сигналов и названия измерительных каналов.

Сигнал на выходе тензодатчика пропорционален поданному питанию и прилагаемой нагрузке, поэтому для получения значений измеряемой величины необходимо проводить *относительные измерения*, т.е. учитывать питание схемы. Для этого может использоваться виртуальный канал генератора, или задействован входной канал тензостанции. Программа **Тензометр** не только отображает текущее значение измеряемой величины, но и создает виртуальный канал, доступный для отображения на многоканальном осциллографе, самописце параметров сигналов и в других программах **ZETLAB TENZO**.

Схемы подключения тензорезисторов к тензостанции

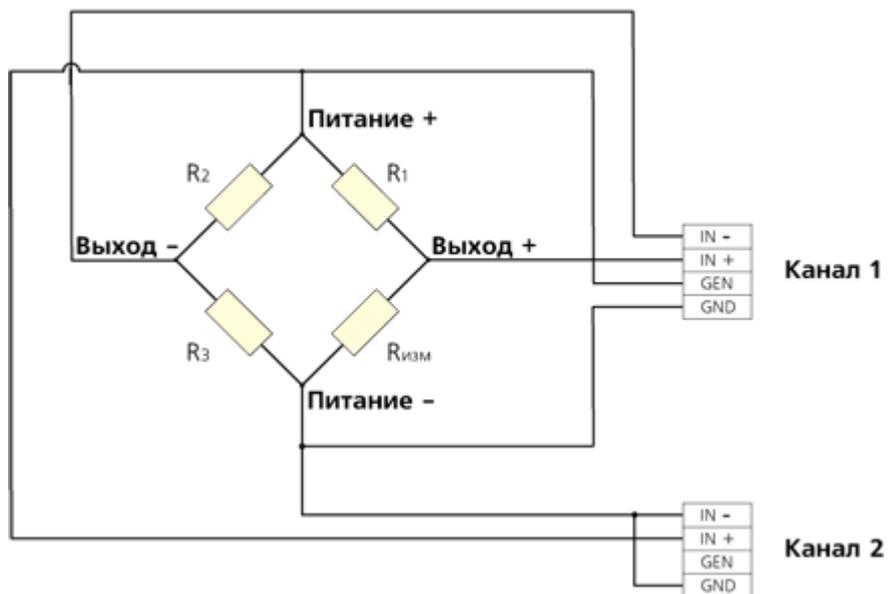
На рисунках ниже рассмотрены примеры подключения тензорезисторов к тензостанции по 4-х и 6-ти проводным схемам.

1. Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 1 входной канал (4-х проводная схема подключения). Измерения проводятся относительно виртуального канала генератора.



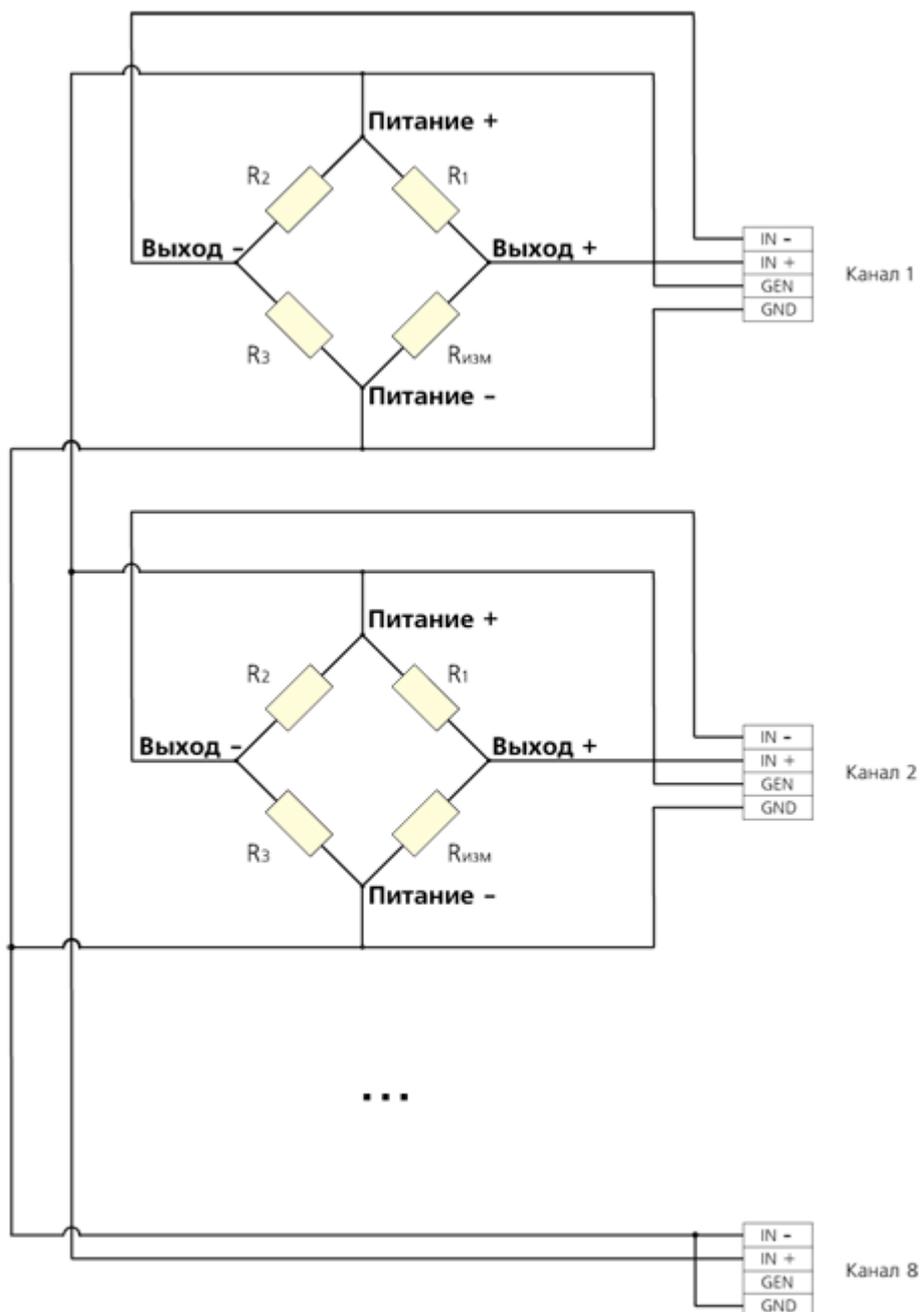
Мостовая схема, 4-х проводное подключение к тензостанции

Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 2 входных канала: измерительный и опорный. Измерения проводятся относительно опорного канала.



Мостовая схема, 6-ти проводное подключение к тензостанции

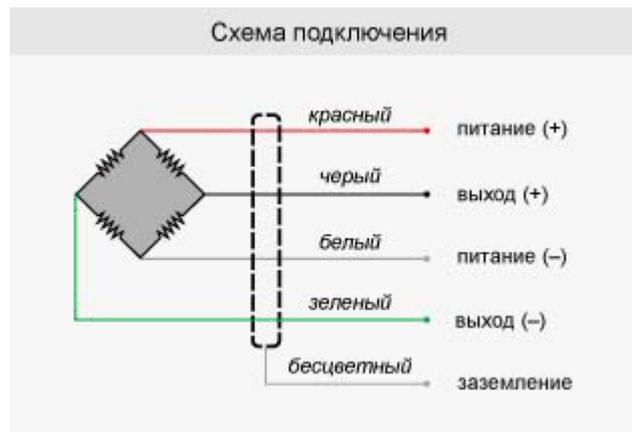
Подключение нескольких тензомостов к тензостанции с использованием 1 опорного канала. Используется, когда измерительные точки находятся на небольших расстояниях друг от друга.



Подключение к тензостанции нескольких тензомостов с одним опорным каналом

Схема подключения тензодатчиков к тензостанции

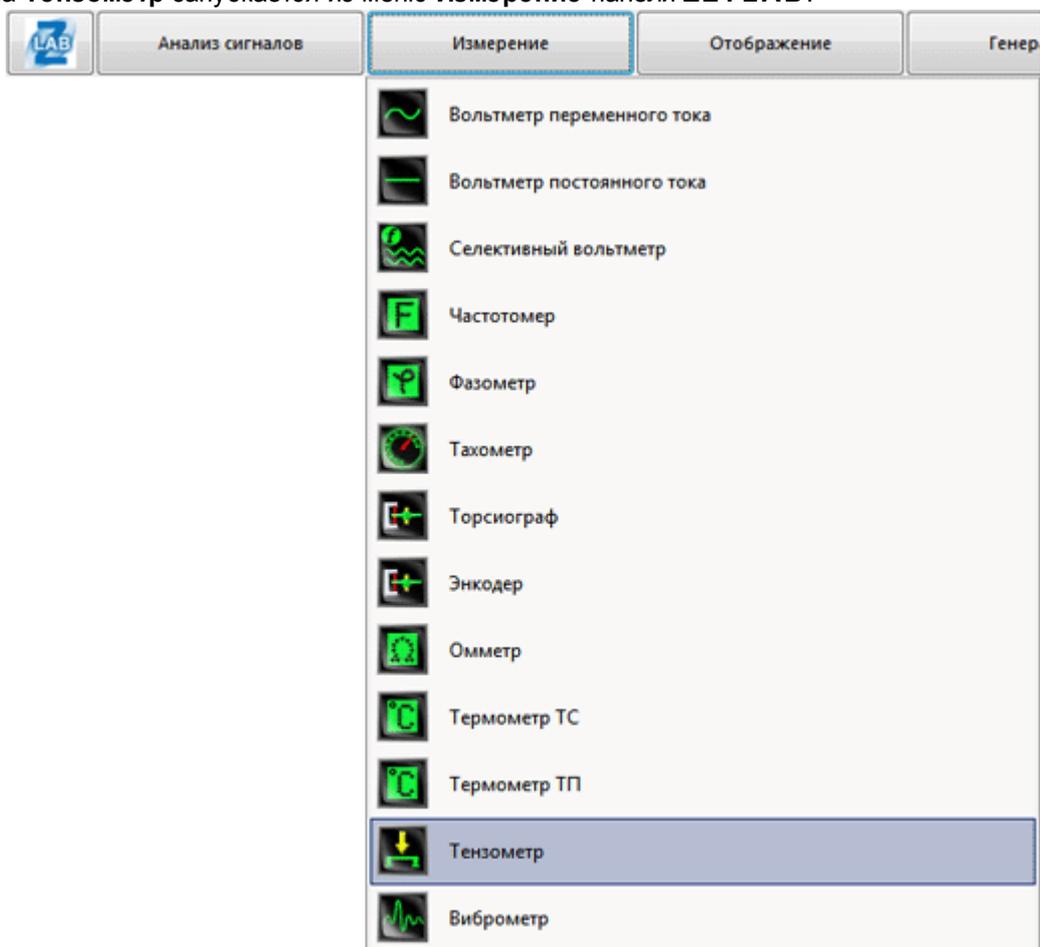
Тензодатчики и датчики силы, поставляемые с тензостанцией **ZET017-T8**, имеют схему подключения, приведенную на рисунке:



Подключение к измерительным каналам тензостанции осуществляется также, как подключение мостовых схем тензорезисторов - по 4-х и 6-ти проводным схемам (см рисунки выше).

10.6 Интерфейс программы

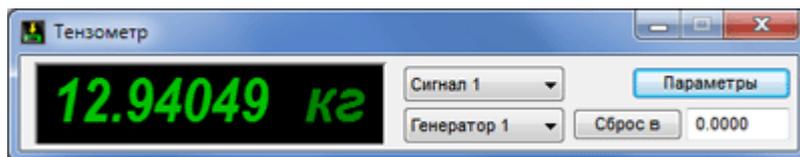
Программа **Тензомер** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**.



Запуск тензометра

*Примечание: программу **Тензомер** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: *TenzoMeter.exe*.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы.



Тензомер

В левой части рабочего окна программы **Тензодатчик** расположен графический индикатор, в котором отображается измеренное значение усилия. Усилие измеряется в ньютонах (Н) или килограмм-сила (кгс). Дополнительно могут измеряться различные величины, которые используются при измерениях с применением тензорезистивных датчиков. Единицы измерения устанавливаются в окне [настройки тензометра](#).

Справа от индикатора результатов измерений располагаются поля выбора измерительного и опорного каналов в виде списков:



Выбор опорного канала

В качестве измерительного канала выбирается название включенного физического канала, к которому подключен тензодатчик. В качестве канала также можно выбрать виртуальный канал, например, после фильтрации сигнала. Опорный канал используется при проведении относительных измерений. Поле списка выбора опорного канала будет доступно для выбора канала только при установленном флаге *относительные* в окне настроек программы **Тензодатчик** (описание см. в разделе [Настройка тензометра](#)).

Выбрать необходимый канал можно двумя способами:

- нажать на стрелку поля и «мышью» выбрать из раскрывшегося списка канал;
- нажать левой кнопкой «мыши» на поле и при помощи ролика «мыши», либо кнопок клавиатуры со стрелками вверх и вниз выбрать канал.

В поле справа от кнопки *Сброс в* выставляется значение балансировки в указанных единицах измерения. Если произошла разбалансировка прибора и при отсутствии прикладываемого усилия прибор показывает некоторое значение, то в поле обходимо выставить значение 0 и нажать на кнопку *Сброс в*, при этом дальнейшие измерения будут производиться с учетом балансировки.

Кнопка *Параметры* служит для вызова окна [Настройка параметров измерителя](#) (настройка параметров программы **Тензодатчик**).

10.7 Настройка тензометра

При нажатии левой кнопкой «мыши» на кнопку *Параметры*, расположенной в правой части рабочего окна программы **Тензомер**, открывается окно **Настройка параметров измерителя**.

Настройка тензометра при подключении тензодатчика

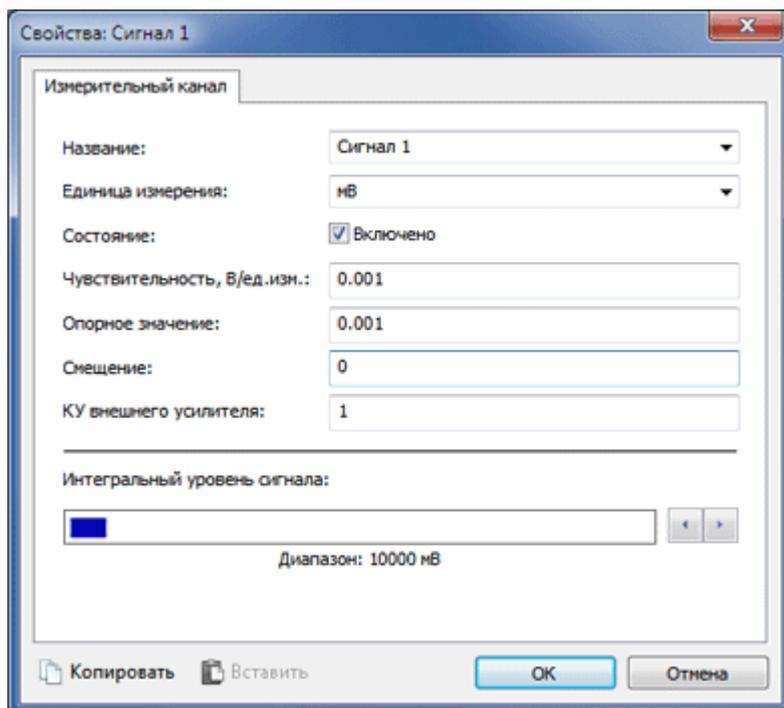
Н	Показания
1	0.5175
10	0.5195
100	0.5215
1000	0.5254

Настройка тензометра при подключении тензомоста

Проводить настройку параметров необходимо для того, чтобы программа **Тензометр** правильно отображала измеренные величины относительно калибровочной таблицы или параметров тензодатчика и в тех единицах измерения, которые будут указаны в окне **Настройка параметров измерителя**. В противном случае, при отсутствии калибровочной таблицы или параметров тензодатчика, программа будет показывать отношение уровней сигнала измерительного и опорного каналов.

Параметры каналов

Примечание: измерительный и опорный каналы должны иметь настройки по умолчанию (задаются в программе [Диспетчер устройств ZET](#)):



Настройки измерительного канала

Единицы измерения

В поле ввода рамки *Единица измерения* вводятся единицы измерения (например Н, кгс, кг, раз и т.д.), относительно которых будут производиться измерения. При подключении датчиков силы и тензорезисторов в поле *Единица измерения* указывают единицы измерения согласно паспорту на датчик.

Тип измерений

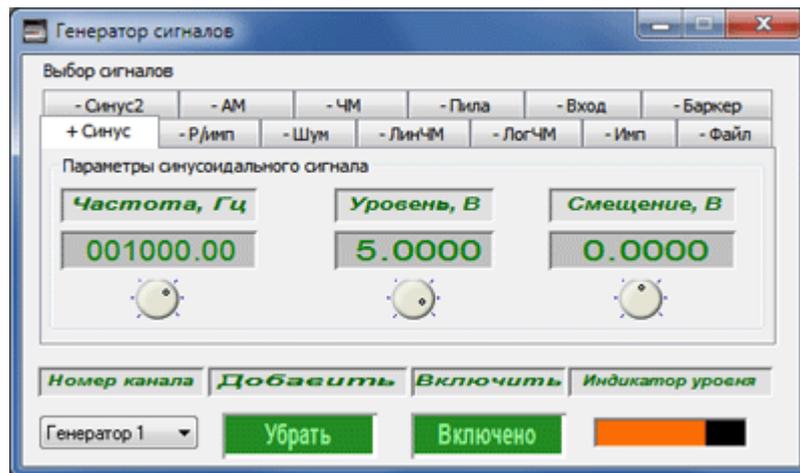
При установленном флаге *Относительные* в рамке *Измерения* будут проводиться относительные измерения (рассчитывается отношение уровня сигнала измерительного канала к уровню сигнала опорного канала).

При снятом флаге *Относительные* будут проводиться абсолютные измерения (выдается значение уровня сигнала измерительного канала), при этом, выбор опорного канала в программе **Тензодатчик** будет не доступен.

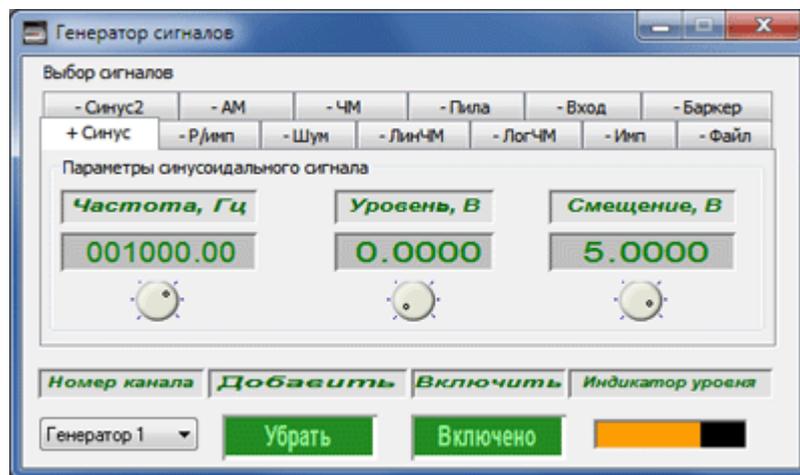
Питание датчиков

При установленном флаге *Переменный ток* в рамке *Измерения* расчет значений будет проводиться по алгоритму селективного вольтметра, и, соответственно, измерительная схема (первичный преобразователь) должна быть запитана переменным током. При снятом флаге *Переменный ток* расчет значений будет проводиться по алгоритму вольтметра постоянного тока, и, соответственно, измерительная схема (первичный преобразователь) должна быть запитана постоянным током.

Примечание: питание датчиков и мостовых схем может осуществляться от встроенного генератора тензометрической станции, параметры питания задаются в программе Генератор сигналов:



Питание датчиков переменным током 5 В



Питание датчиков постоянным током 5 В

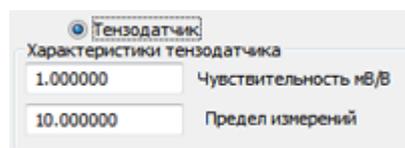
Рекомендуемая частота питания тензодатчиков колеблется в пределах 80 - 1500 Гц (не рекомендуется выбирать частоту 50 Гц). При регистрации медленнопротекающих процессов выбирают минимальную частоту сигнала для запитывания тензодатчика. Для измерения параметров быстропротекающих процессов требуется высокая частота питания датчика. Частота дискретизации генератора должна как минимум в несколько раз превышать требуемую частоту дискретизации сигнала с датчика, а частота питания датчика - частотный диапазон сигнала.

Сглаживание

В поле *Сглаживание* задается время усреднения данных в микросекундах. Для быстропротекающих процессов данный параметр указывают минимальным, для медленно протекающих - более высоким. Чем выше время сглаживания, тем меньше на показания влияют случайные составляющие. Параметр Сглаживание аналогичен параметру [Время усреднения](#).

Настройки тензодатчика (датчика силы)

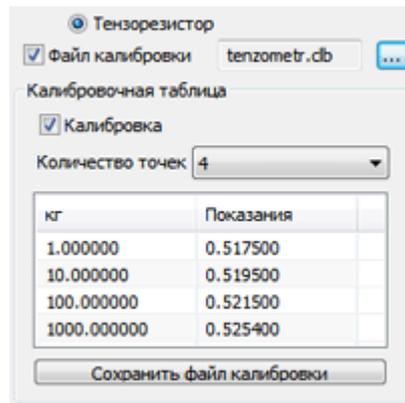
В случае использования датчика силы (тензодатчика) достаточно указать его чувствительность (коэффициент преобразования) и предел измерений, указанные в паспорте датчика.



Настройки датчика силы

Настройки мостовой схемы

При использовании тензорезисторов необходимо заполнить калибровочную таблицу.

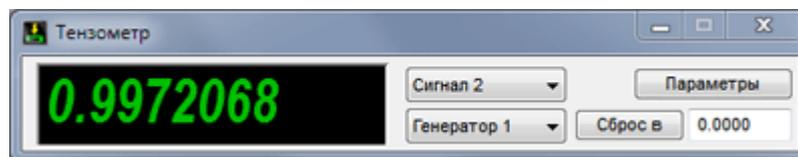


Настройки тензомостовой схемы

В поле *Файл калибровки* вводится путь к файлу с сохраненными ранее настройками и калибровочной таблицы. При нажатии на кнопку, расположенную справа от поля ввода пути, открывается стандартное окно открытия файла. В этом окне указать путь и имя файла калибровки. Директория, где хранятся файлы калибровки, по умолчанию – C:\ZETLab\config\. Файлы калибровки имеют расширение *.clb.

В рамке *Калибровочная таблица* располагаются элементы для создания, редактирования и сохранения калибровок.

Флажок *Калибровка* служит для выбора режима отображения. При установленном флаге программа **Тензодатчик** будет отображать прямое отношение уровней сигнала измерительного и опорного каналов без единиц измерения и без учета калибровочной таблицы (см рисунок ниже). При снятом флаге – в выбранных единицах измерения и в соответствии с калибровочной таблицей.



Тензомер, режим калибровки

В списке, находящемся справа от надписи *Количество точек*, выбирается необходимое количество точек для калибровки первичного преобразователя. Минимальное количество точек – 2, максимальное – 15. Для выбора необходимого количества точек необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на кнопку списка, и, в раскрывшемся списке, выбрать нужное количество точек.

После выбора количества точек для калибровки в таблице, расположенной под списком количества точек, отобразится столько строк, сколько было выбрано количество точек. В левом столбце таблицы калибровки в ячейках задаются количественные выражения в установленных единицах измерения (прилагаемая нагрузка), в правом указываются численные значения отношения уровней сигнала соответствующие количественному выражению. Численные значения берутся из показаний программы **Тензодатчик** в режиме калибровки, т.е. с установленным флагом *Калибровка*.

Кнопка *Сохранить файл калибровки* служит для сохранения параметров калибровки в файл. После нажатия кнопки открывается стандартное диалоговое окно для сохранения файла. В этом окне необходимо указать путь и имя файла. Директория, куда предлагается сохранить файл калибровки, по умолчанию – C:\ZETLab\config\. Файлы калибровки имеют расширение *.clb.

Программа **Тензодатчик** не проводит экстраполяции данных, а только интерполяцию. Т.е. интервал отображаемых величин задается в калибровочной таблице в виде максимальных и минимальных значений.

11 Виброметр

Программа **Виброметр**, поставляемая в виде исполняемого файла "VibroMeter.exe", предназначена для расчета средних значений виброускорения, виброскорости и виброперемещения с пороговым контролем по каждому из этих параметров.

Программа может применяться в различных системах контроля вибрационных параметров, например - в системах управления виброиспытаниями.

Программа предназначена для работы на компьютере, аппаратные средства которого удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе "[Требования к ПК](#)" настоящего руководства. На компьютере должно быть установлено ПО **ZETLAB**. К компьютеру должен быть подключен АЦП, поддерживаемый ПО **ZETLAB**.

Программа может содержать незначительные изменения, не описанные в данном руководстве.

11.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Виброметр** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**, который является выходным сигналом, измеряющим ускорение (т.е. имеющий размерность "g" или "м/с²").

Для оцифровки аналоговых сигналов можно использовать анализаторы спектра ZET 017-U8, ZET 017-U2, A19, A19-U2, A23, BK-01, шумомеры-виброметры ZET 110 и сейсмостанции ZET 048.

В качестве источников аналогового сигнала можно использовать следующие акселерометры:

- однокомпонентные акселерометры BC 110, BC 111, BC 201, BC 202;
- однокомпонентные сейсмографы BC 120, BC 130, BC 1311;
- трёхкомпонентные сейсмоприёмники BC 1313.

Программа **Виброметр** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером.

11.2 Принцип работы

Входной сигнал программы **Виброметр**, являющийся выходным сигналом акселерометра, т.е. сигнал виброускорения, фильтруется с помощью одного из четырёх возможных цифровых полосовых фильтров. Далее из этого сигнала с помощью цифровых интегрирующих фильтров рассчитываются сигналы виброскорости и виброперемещения. Таким образом программа генерирует три сигнала, которые передаются в созданные ею виртуальные каналы сервера данных **ZETLAB**, имеющие в названии первое слово "Ускорение", "Скорость" или "Перемещение" соответственно.

Сигналы усредняются за выбранный интервал времени (0,1 сек, 1 сек или 10 сек), после чего полученные величины отображаются в элементах диалогового окна программы **Виброметр**. Возможно отображение среднеквадратического значения (СКЗ), величины средней амплитуды или пикового значения.

При использовании порогового контроля оператор должен задать пороговые значения виброускорения, виброскорости и виброперемещения, после чего разрешить пороговый контроль. При превышении любого из значений своего порога:

- индикатор значения окрашивается в красный цвет;
- выдаётся сигнал всем используемым генераторам **ZETLAB** отключить выходной сигнал;
- возможна выдача сигналов типа "сухой контакт": логического уровня "1" в соответствующий

виртуальный канал и/или на выбранный цифровой бит (при их наличии в используемом АЦП).

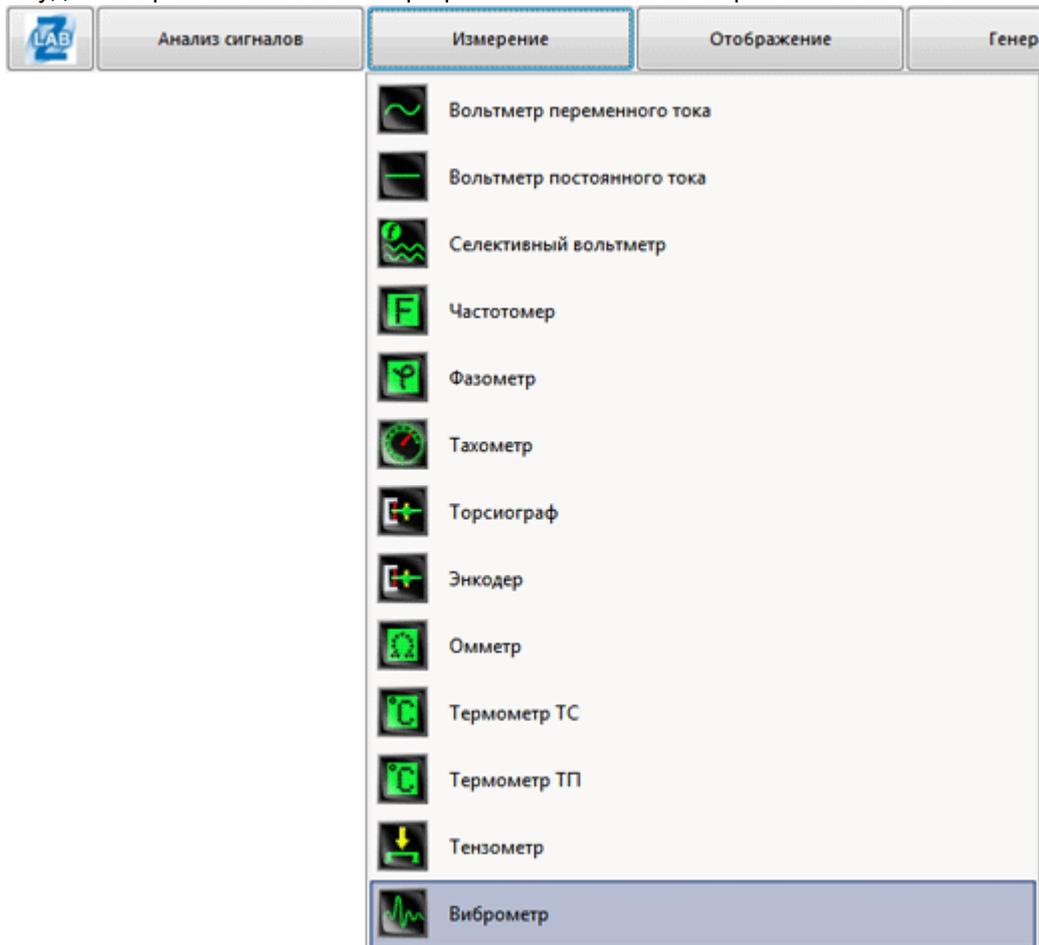
Время удержания высокого логического уровня после срабатывания порогового контроля может задаваться оператором от 1 до 100 сек с шагом 1 сек.

Сразу после загрузки программа **Виброметр** начинает свою работу.

Не рекомендуется изменять во время работы программы частоту дискретизации используемого АЦП и коэффициенты усиления измеряемых каналов.

11.3 Интерфейс программы

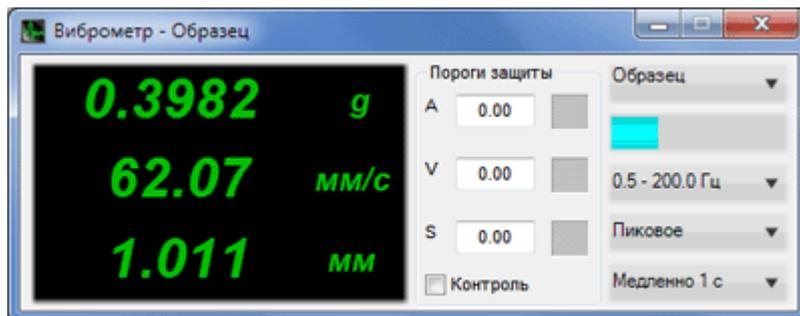
Программа **Виброметр** запускается из меню **Измерение** панели **ZETLAB**. В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название измерительного канала.



Запуск виброметра

*Примечание: программу **Виброметр** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: *VibroMeter.exe*.*

Программа **Виброметр** имеет два варианта диалогового окна: с элементами, отображающими работу порогового контроля и без них.



Виброметр (без элементов порогового контроля)

В левой части окна на черном фоне зелёным шрифтом отображаются:

- с пометкой "A" средние значения виброускорения и его размерность ("g" - ускорение свободного падения или "м/с²");
- с пометкой "V" средние значения виброскорости и её размерность "мм/с";
- с пометкой "S" средние значения виброперемещения и его размерность "мм".

В средней части окна на панели *Пороги защиты* расположены элементы для ввода значений порогов для виброускорения, виброскорости и виброперемещения, помеченные символами "A", "V" и "S" соответственно, и цветové индикаторы, принимающие зелёный или красный цвета. Красный цвет индикатора соответствует превышению среднего значения, зелёный - в противном случае. На данной панели также расположен переключатель *Контроль*, с помощью которого включается и выключается пороговый контроль в программе.

В правом верхнем углу окна программы сверху вниз расположены следующие элементы:

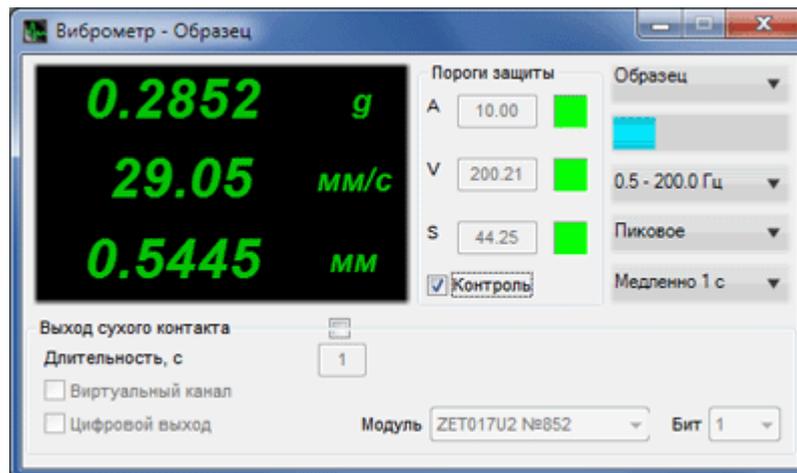
- лист выбора каналов сервера данных **ZETLAB** для использования в качестве исходных данных. В данном элементе будут отображаться только каналы, размерность данных которых соответствует ускорению: "g" или "м/с²";
- горизонтальный индикатор уровня выбранного сигнала;
- лист выбора полосового фильтра для фильтрации сигналов;
- лист выбора типов значений, отображаемых в левой части окна;
- лист выбора времени усреднения сигнала.

В программе используются фильтры для пропускания следующих частотных полос (значения границ полосы являются частотами среза фильтра):

- от 1,0 до 200,0 Гц;
- от 10,0 до 1000,0 Гц;
- от 3,0 до 10000,0 Гц;
- от 1,0 до 10,0 Гц.

Приведённые значения частот среза фильтров соответствуют частоте дискретизации используемого АЦП 25 кГц. Для другой частоты дискретизации АЦП эти значения будут программой скорректированы в соответствии с требованиями цифровой обработки сигналов (частота среза не должна быть произвольно малой и не должна быть произвольно близкой к половине частоты дискретизации АЦП).

Для использования порогового контроля оператор должен задать требуемые уровни порогов по всем трём сигналам и установить переключатель *Контроль*, после чего высота окна увеличится и станет отображаться панель *Выход сухого контакта*.



Виброметр с элементами порогового контроля

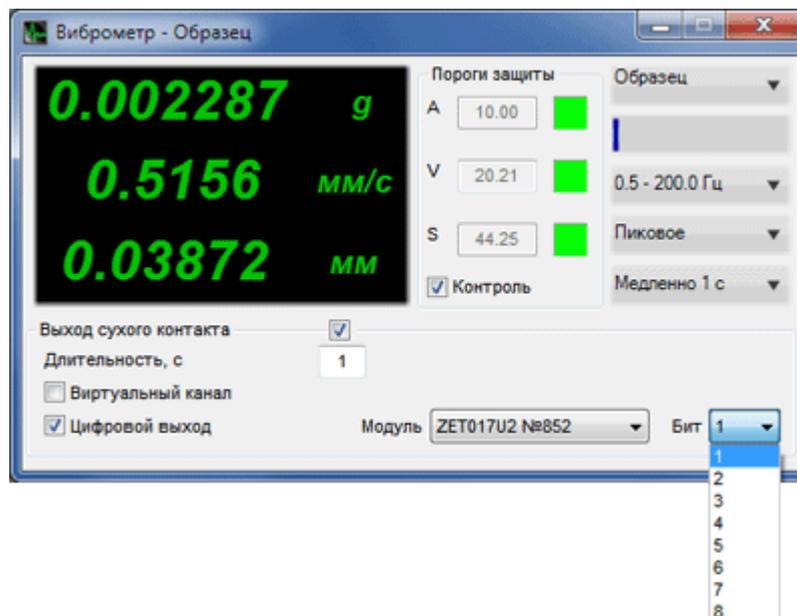
После установки переключателя *Контроль* становятся недоступными элементы задания величин порогов защиты, переключатели выбора типов отображаемых значений и переключатели времени усреднения сигнала.

Рядом с названием панели *Выход сухого контакта* расположен переключатель, задающий возможность использования сигналов типа "сухой контакт". В случае сброшенного этого переключателя все элементы панели становятся недоступными.

Программа может задавать сигналы "сухого контакта" двух типов:

- виртуальный канал сервера данных с первым словом "СК" в имени канала;
- цифровой выход на один из выходных битов (при условии их наличия в используемом ZET-устройстве).

Использование каждого из этих двух сигналов обусловлено соответствующим переключателем на панели *Выход сухого контакта*. Длительность удержания сигнала логической единицы в этих сигналах может задаваться оператором от 1 до 100 сек.



Выбор выхода "сухого контакта"

11.4 Сообщения программы

Программа имеет возможность работы без участия оператора, поэтому свои сообщения программа выдаёт не в виде диалоговых окон, а записывает их в системный журнал приложений, для просмотра которого можно использовать программу **Журнал ошибок ZETLAB** из вкладки **Сервисные** панели управления **ZETLAB**.

Формат сообщений, записываемых программами ПО **ZETLAB** в журнал, следующий:

"Имя программы №xx. Текст сообщения",

где имя программы в данном случае - "Виброметр"; xx - номер запущенной копии программы.

В системный журнал программа записывает не только сообщения об ошибках, но также и сообщения об изменениях своих параметрах. Записанные сообщения позволяют восстановить последовательность действий программы, что часто бывает полезным при анализе возникающих во время работы программы ошибок. В таблице приведены сообщения программы. Возможные также и другие сообщения.

Текст сообщения	Категория
Ошибка при подключении к серверу данных	ошибка
Ошибка при чтении данных из реестра	ошибка
Файл конфигурации в папке DirConfig не доступен	ошибка
Файл справки отсутствует	ошибка
Ошибка при вызове справки программы	ошибка
Папка DirHelp не доступна	ошибка
Папка DirSignal не доступна	ошибка
Папка DirResult не доступна	ошибка
Папка InstallLocation не доступна	сообщение
Программа начала работать	сообщение
Частота дискретизации АЦП = xxx.xx Гц	сообщение
Нет рабочих каналов сервера данных. Программа не будет загружена	ошибка
Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта	ошибка
Переходим на канал - Сигнал x	сообщение
Переходим на полосовой фильтр № x	сообщение
Переходим на усреднение с кодом x	сообщение
Переходим на значение СКЗ	сообщение
Переходим на значение амплитуды	сообщение
Переходим на значение пика	сообщение
Разрешаем пороговый контроль	сообщение
Запрещаем пороговый контроль	сообщение
Новое значение порога по ускорению = x,xx	сообщение
Новое значение порога по скорости = x.xx	сообщение
Новое значение порога по перемещению = x.xx	сообщение
Разрешаем сухой контакт	сообщение
Запрещаем сухой контакт	сообщение
Новая длительность удержания события = xx сек	сообщение
Разрешаем передачу данных в виртуальный канал сухого контакта	сообщение
Запрещаем передачу данных в виртуальный канал сухого контакта	сообщение
Разрешаем цифровой бит сухого контакта	сообщение
Запрещаем цифровой бит сухого контакта	сообщение
Новый модуль для цифрового выхода = x	сообщение
Новый бит для цифрового выхода = x	сообщение
Поток сервера не отвечает на запросы. Программа будет закрыта	ошибка
Программа завершила свою работу	сообщение

При работе с запущенной панелью управления сообщения об ошибках программ **ZETLAB** дублируются временными всплывающими текстами в системном трее (область уведомлений - элемент панели инструментов рабочего стола или "панель задач" в Windows, используется для нужд постоянно используемых программ).

Получение сообщения "Сервер данных имеет слишком много каналов. Не достаточно памяти для работы программы в данном режиме. Программа будет закрыта" говорит о том, что в данный момент времени загружено слишком много программ, работающих с сервером данных **ZETLAB**, либо о том, что используемый компьютер имеет недостаточный объем ОЗУ. В первом случае следует закрыть неиспользуемые программы и перезапустить программу. Во втором случае необходимо либо заметить компьютер, либо в используемом увеличить объем ОЗУ.

Отображение

В данном разделе рассмотрены программы графического представления сигналов и результатов обработки программами **ZETLAB** в 2-х и 3-х мерном виде, а также программы работы с записанными файлами.

1 Многоканальный осциллограф

Программа **Многоканальный осциллограф** предназначена для оценки формы сигнала и измерения мгновенных значений. Синхронно могут отображаться несколько сигналов, взятых в один промежуток времени, каждый в своих единицах измерения. Для сравнения сигналов их осциллограммы можно отобразить в одних осях координат. Простая и удобная система управления курсором и масштабирование графиков позволяет изучить изменения процесса в целом и детально.

Основные функции программы:

- ✓ отображение формы и амплитуды сигналов, поступающих с входных каналов;
- ✓ задание временного интервала отображения сигналов;
- ✓ выбор частотного диапазона отображаемых сигналов;
- ✓ гибкое изменение количества отображаемых каналов;
- ✓ автоматическое масштабирование как нескольких одновременно, так и по отдельности осциллограмм;
- ✓ синхронизация по выбранному каналу;
- ✓ включение/выключение режима остановки кадров;
- ✓ динамическое отображение интегральных уровней сигналов, определение перегрузки по каждому каналу и запоминание состояния перегрузки;
- ✓ отображение абсолютного времени с момента последнего запуска АЦП или с момента начала воспроизведения сигналов из файла;
- ✓ синхронное позиционирование курсора на осциллограммах позволяет оценить амплитуду всех сигналов в один момент времени;
- ✓ сохранение графической и численной информации отображенной в окне программы в буфер обмена для вставки в текстовый редактор.

1.1 Поддерживаемое оборудование

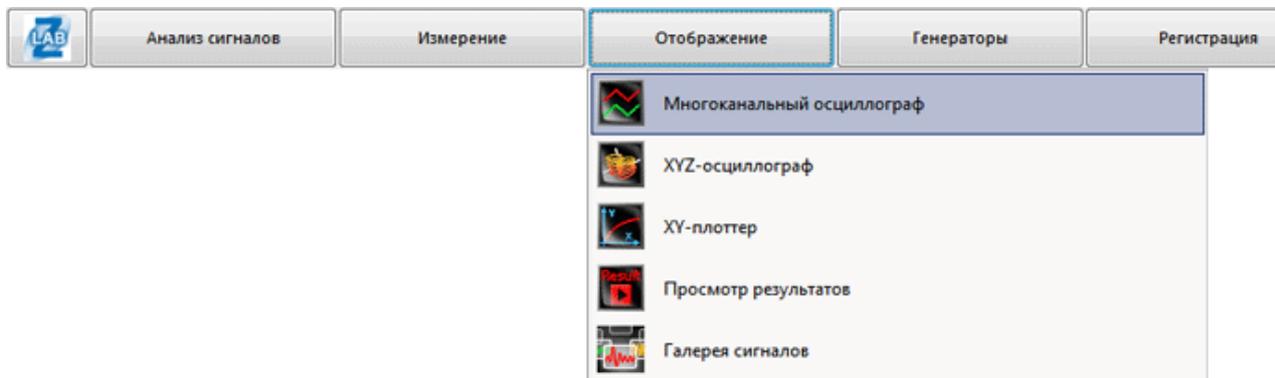
Входными данными программы **Многоканальный осциллограф** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**.

Программа **Многоканальный осциллограф** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками **ZETSENSOR** (опционно).

1.2 Интерфейс программы

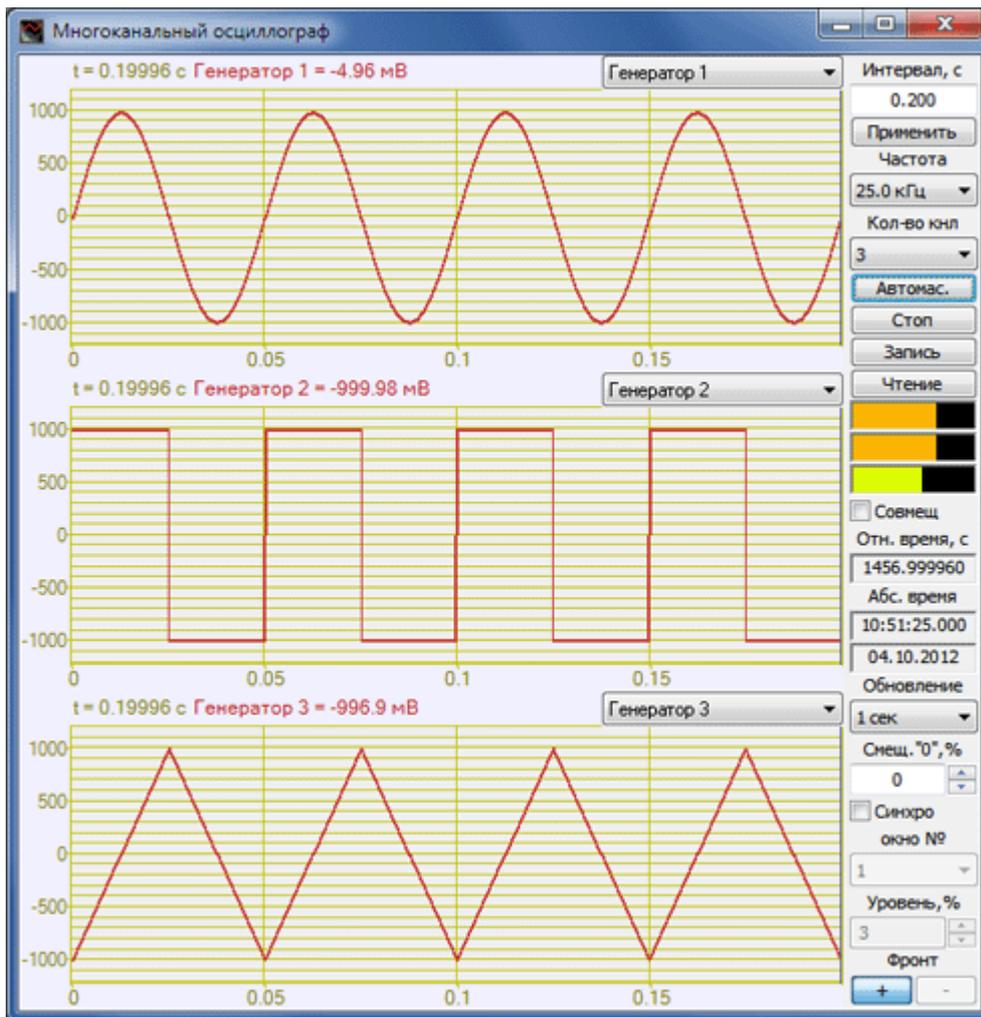
Программа **Многоканальный осциллограф** запускается из меню **Отображение** панели **ZETLAB**.



Запуск многоканального осциллографа

*Примечание: программу **Многоканальный осциллограф** можно запустить непосредственно из рабочей директории ZETLAB (по умолчанию: C:\ZETLab\). Имя запускаемого файла: OscGraph.exe.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы. Ниже располагаются осциллограммы (временные реализации) сигналов выбранных каналов. Сверху каждой осциллограммы указывается название канала и измеряемые величины (время в секундах и амплитуда в единицах измерения) относительно положения курсора графика и поле выбора канала отображения.



Многоканальный осциллограф, отображение 3-х сигналов

Кнопки и элементы управления располагаются в правой части окна программы.

Интервал отображения и частота представления данных

Поле, находящееся под надписью *Интервал, с*, служит для ввода временного интервала отображения сигнала (горизонтальная развертка). Максимальное и минимальное значения интервала зависят от выбранного частотного диапазона отображаемых сигналов. Чем больше частотный диапазон, тем больше объем обрабатываемых данных и меньше временной интервал для отображения сигнала, соответственно, чем меньше частотный диапазон, тем меньше объем обрабатываемых данных и больше интервал для отображения сигнала. Значения интервала вводятся с клавиатуры, предварительно установив курсор в поле ввода интервала. Для установки введенного временного интервала необходимо нажать кнопку *Применить*, расположенную под полем ввода интервала, или клавишу <Enter> клавиатуры.

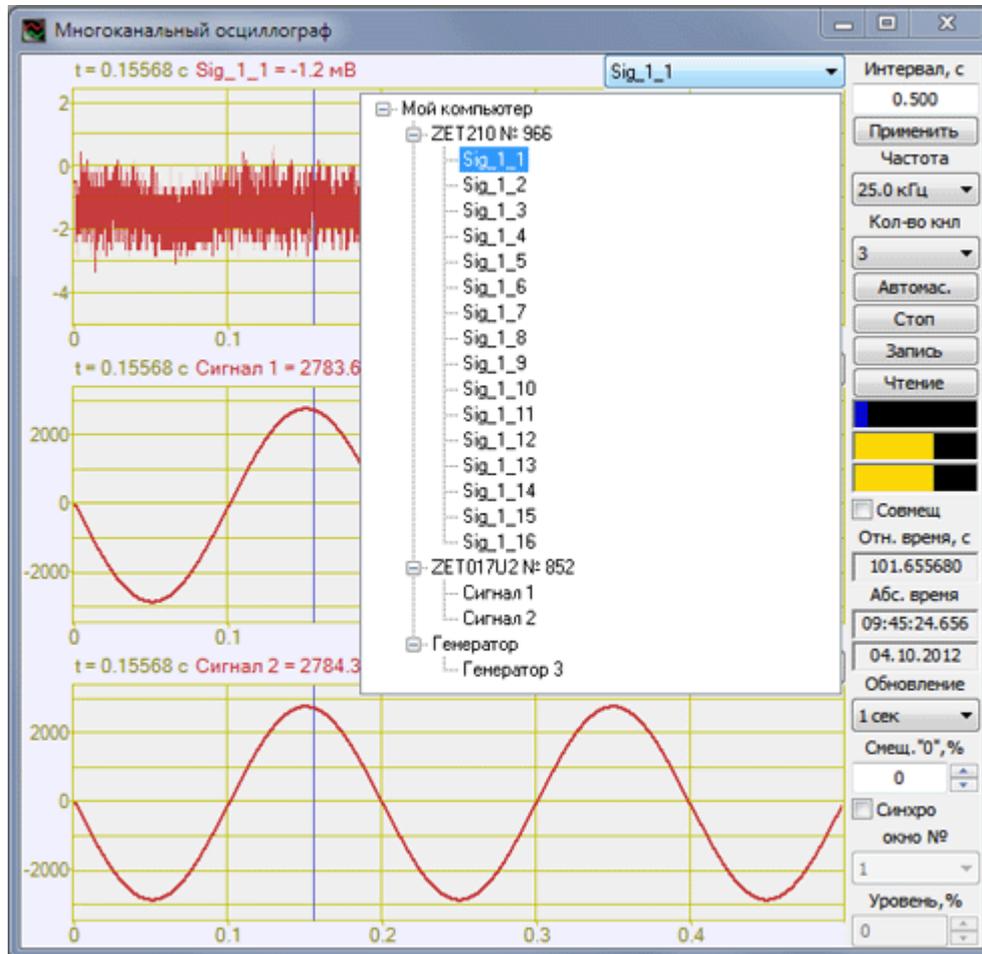
Кнопка *Применить*, служит для установки введенного временного интервала, а также возвращает в исходный масштаб данные по оси времени.

В списке под надписью *Частота* выбирается частотный диапазон отображаемых сигналов. Частотный диапазон зависит от установленной частоты дискретизации, выставленной в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

Каналы отображаемых сигналов

В списке под надписью *Кол-во кнл*, выбирается необходимое количество осциллограмм для отображения в окне программы **Многоканальный осциллограф**. Максимальное количество осциллограмм в одной запущенной программе — 8.

Каждой из включенных осциллограмм для отображения сигнала может быть присвоен любой включенный физический канал, либо любой виртуальный канал. Виртуальные каналы создаются соответствующими программами (программы фильтрации, генерации сигналов, тензометрии и др.). Список выбора каналов располагается в правой верхней части каждой осциллограммы:



Выбор измерительного канала

Кнопка *Автомас.* служит для автоматического масштабирования (приведение масштаба графика к уровню сигнала) всех одновременно осциллограмм по оси уровня.

Если необходимо произвести автоматическое масштабирование отдельно взятой осциллограммы, то необходимо поместить курсор «мыши» в левый нижний угол шкалы графика и при принявшем графический вид  курсоре нажать левую клавишу «мыши».

Запуск/остановка отображения

Кнопка *Старт* запускает процесс непрерывного отображения сигнала, при этом обнуляются накопленные данные, а название кнопки меняется на *Стоп*.

При запуске программы **Многоканальный осциллограф** отображение сигналов начинается сразу же. Кнопка *Старт* служит для запуска отображения после паузы.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс непрерывного отображения сигнала, при этом название кнопки меняется на *Старт*.

Запись и чтение результатов

Кнопки *Запись* и *Чтение* предназначены для записи осциллограмм в файл и отображения записанных данных. Подробнее запись и чтение осциллограмм рассмотрены в следующем разделе - [Запись и чтение](#).

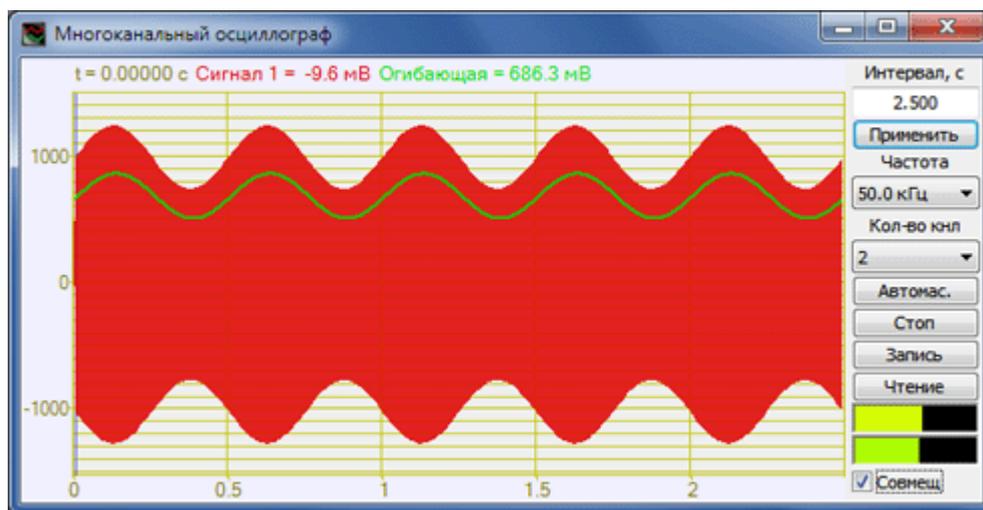
Индикаторы уровня сигналов

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку соответствующего канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши». Количество индикаторов будет соответствовать количеству открытых осциллограмм.

Режим совмещения

При установке флага *Совмещ* сигналы всех включенных осциллограмм отобразятся в одной координатной сетке на одной осциллограмме. Эта опция удобна при сравнении однотипных сигналов.

На рисунке ниже приведен пример отображения амплитудно-модулированного сигнала и его огибающей в режиме совмещения.



Отображение сигналов в режиме совмещения

Для выхода из режима совмещения необходимо снять флаг *Совмещ*. При этом, сигналы отображенные на совмещенной осциллограмме, распределятся по отдельным осциллограммам. Осциллограмм будет отображено столько, сколько в списке *Кол-во кнл* будет выбрано каналов для отображения.

Примечание: при установленном флажке *Совмещ*, нельзя выбирать отображаемые каналы.

Время и дата

Поле под надписью *Отн. время, с*, отображается время в секундах, отсчитываемое от момента последнего запуска АЦП или с момента начала воспроизведения сигналов из файла. В полях под надписью *Абс. время* отображается текущее время и дата.

В списке, под надписью *Обновление* можно выбрать частоту обновления осциллограмм: медленно – один раз в секунду; быстро – один раз в 0,1 секунды.

Позиционирование сигналов в осях графиков

В списке, под надписью *Смещ. "0", %* задается горизонтальное (вдоль временной оси) смещение сигнала. Горизонтальное смещение задается в процентах. Увеличивая или уменьшая смещение можно установить просматриваемый сигнал в удобное положение на осциллограмме. Устанавливается необходимое смещение нажатием левой кнопки «мыши» по кнопкам списка смещения, либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка смещения, прокрутив ролик «мыши», либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка смещения, ввести значение с клавиатуры и нажать клавишу <Enter>.

Установка флага *Синхро* позволяет включить режим синхронизации. Режим синхронизации позволяет получить устойчивое изображение сигнала на осциллограмме. Синхронизация осуществляется по установленным пороговому уровню и фронту одного из выбранных для отображения каналов программы **Многоканальный осциллограф**. Положение отображаемых сигналов относительно точки синхронизации задается в поле *Смещ. "0", %*. При снятии флажка *Синхро* режим синхронизации

отключается.

В списке, под надписью *Окно №*, выбирается осциллограмма, относительно сигнала, которой будет производиться синхронизация. Нумерация осциллограмм (окон) – сверху вниз. При снятом флаге *Синхро* этот список заблокирован. Для выбора необходимой осциллограммы, относительно сигнала, которой будет производиться синхронизация, необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на кнопку списка, и, в раскрывшемся списке выбрать номер осциллограмму.

В списке, под надписью *Уровень, %* задается пороговый уровень синхронизации. Пороговый уровень задается в процентах от отображаемого диапазона уровня сигнала. Пороговый уровень синхронизации отображается в виде горизонтальной темно-зеленой линии на графике. При снятом флаге *Синхро* этот список заблокирован. Устанавливается необходимый пороговый уровень нажатием левой кнопки «мыши» по кнопкам списка порогового уровня, либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка порогового уровня, прокрутив ролик «мыши», либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка порогового уровня, ввести значение с клавиатуры и нажать клавишу <Enter>.

Кнопки под надписью *Фронт* задают режим синхронизации по нарастающему (нажата кнопка "+") или убывающему (нажата кнопка "-") фронту сигнала. При снятом флаге *Синхро* эти кнопки заблокированы.

Дополнительно

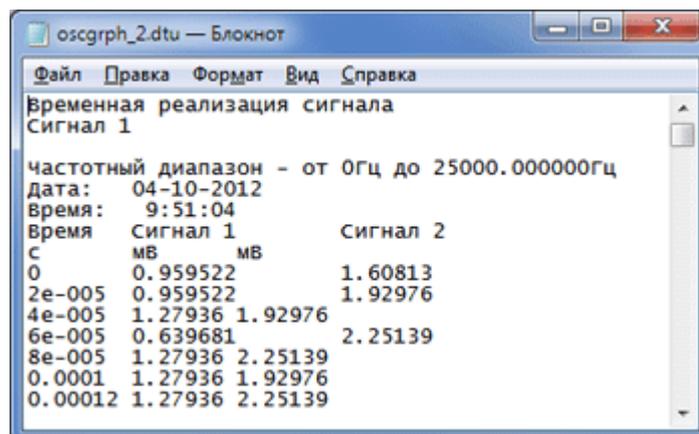
См. также:

- [Управление курсором и масштабирование графиков](#)
- [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)

1.3 Запись и чтение

Кнопка *Запись* позволяет записать накопленные данные одновременно по всем осциллограммам одной программы **Многоканальный осциллограф** за установленный интервал в текстовый файл с расширением *.dtu. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Директория по умолчанию – C:\ZETLab\Result\.

Пример файла приведена на рисунке ниже.



Файл, записанный осциллографом

Структура файла представлена в таблице ниже.

Номер строки	Строки	Описание
1	Временная реализация сигнала	Описание данных
2	Сигнал 1	Название первого канала
3		Строка для комментария, при записи файлов программой Многоканальный осциллограф не используется
4	Частотный диапазон - от 0Гц до 25000.00Гц	Частотный диапазон записываемых сигналов
5	Дата: 25-09-2012	Дата записи файла
6	Время: 13:45:51	Время записи файла
7	Время Сигнал 1 Сигнал 2	Заголовки столбцов данных
8	с мВ мВ	Единицы измерения по столбцам
9 и последующие	0 0.0617873 3.2976	Численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Кнопка *Чтение* позволяет просмотреть записанные ранее файлы осциллограмм с расширением *.dtu. Нажатие кнопки Чтение открывает стандартное диалоговое окно открытия файла для чтения. После выбора необходимого файла сохраненные данные из этого файла со всеми настройками по каналам отобразятся на графическом поле программы Многоканальный осциллограф. Для перехода в обычный режим (режим реального времени) работы программы необходимо повторно нажать кнопку *Чтение*.

2 XYZ-осциллограф

Программа **XYZ-Осциллограф** предназначена для оценки формы сигнала и отображения параметрической зависимости сигналов.

Имеются три последовательности, зависящие от времени: $X(t)$, $Y(t)$ и $Z(t)$. Относительно для этих последовательностей пользователь может построить:

- ✓ временную реализацию в плоскости (x,t) , (y,t) или (z,t) ;
- ✓ параметрическую кривую (x,y) , где $x=X(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости XY ;
- ✓ параметрическую кривую (x,z) , где $x=X(t)$, $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости XZ ;
- ✓ параметрическую кривую (z,y) , где $z=Z(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости YZ ;
- ✓ параметрическую кривую (x,y,t) , где $x=X(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XYZ ;
- ✓ параметрическую кривую (x,z,t) , где $x=X(t)$, $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XZT ;
- ✓ параметрическую кривую (z,y,t) , где $z=Z(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве YZT ;
- ✓ параметрическую кривую (x,y,z) , где $x=X(t)$, $y=Y(t)$, $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XYZ .

2.1 Поддерживаемое оборудование

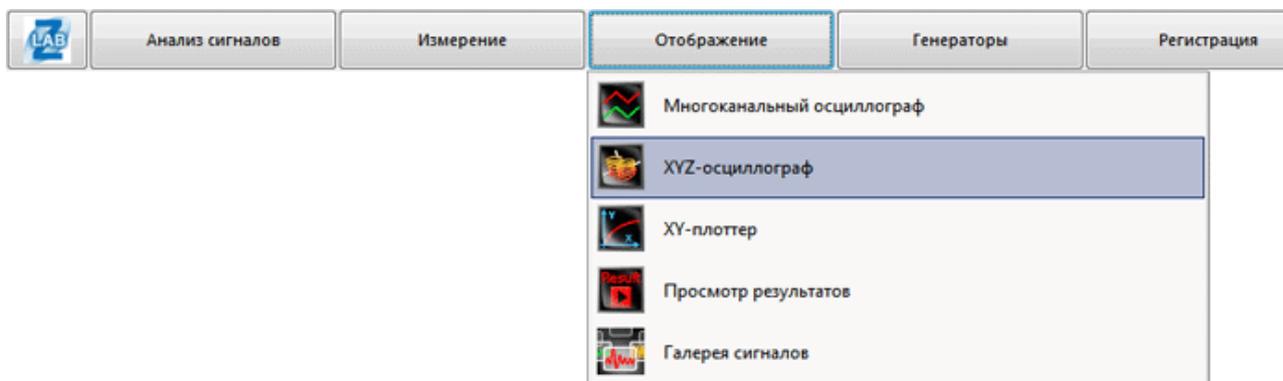
Входными данными программы **XYZ-Осциллограф** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**.

Программа **XYZ-Осциллограф** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями,
- **ZETLAB NOISE** - программное обеспечение, поставляемое с виброметром-шумомером,
- **ZETLAB SENSOR** - программное обеспечение, поставляемое с интеллектуальными датчиками **ZETSENSOR** (опционно).

2.2 Интерфейс программы

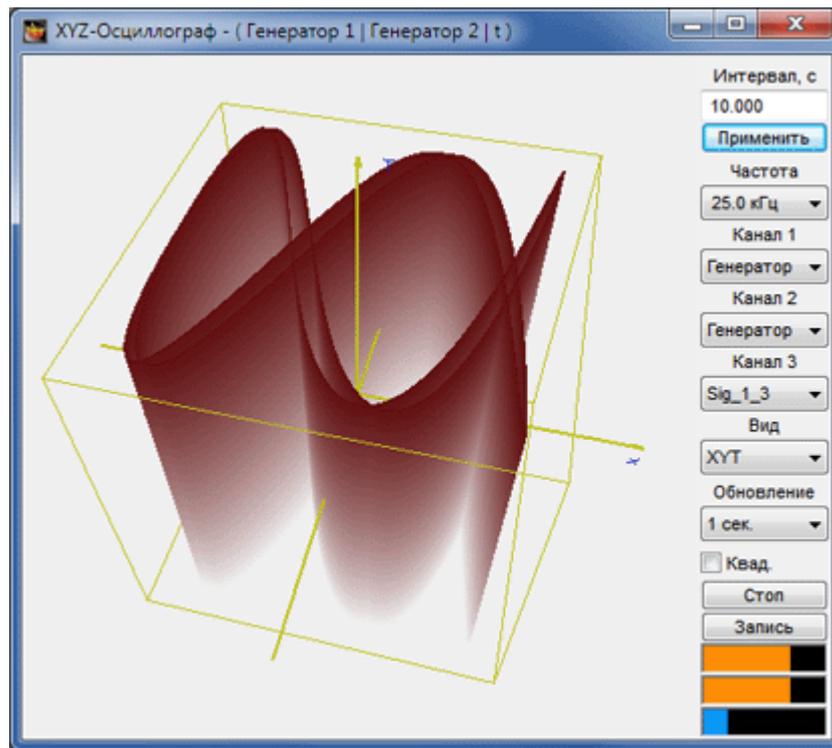
Программа **Многоканальный осциллограф** запускается из меню **Отображение** панели **ZETLAB**.



Запуск XYZ-осциллографа

*Примечание: программу **Многоканальный осциллограф** можно запустить непосредственно из рабочей директории ZETLAB (по умолчанию: C:\ZETLab\). Имя запускаемого файла: XYOscGraph.exe.*

В заголовке окна программы будет отображаться название программы и наименование обрабатываемого канала (каналов).



XYZ-осциллограф

Кнопки и элементы управления располагаются в правой части окна программы.

Интервал отображения и частота представления данных

Поле, находящееся под надписью *Интервал, с*, служит для ввода временного интервала отображения отношений сигналов (горизонтальная развертка). Максимальное и минимальное значения интервала зависят от выбранного частотного диапазона отображаемых отношений сигналов. Чем больше частотный диапазон, тем больше объем обрабатываемых данных и меньше временной интервал для отображения отношения сигналов, соответственно, чем меньше частотный диапазон, тем меньше объем обрабатываемых данных и больше интервал для отображения отношения сигналов. Значения интервала вводятся с клавиатуры, предварительно установив курсор в поле ввода интервала. Для установки введенного временного интервала необходимо нажать кнопку *Применить*, расположенную под полем ввода интервала, или клавишу <Enter> клавиатуры.

Кнопка *Применить*, служит для установки введенного временного интервала, а также возвращает в исходный масштаб данные по оси времени.

В списке под надписью *Частота, Гц* выбирается частотный диапазон отображаемых отношений сигналов. Для выбора необходимого частотного диапазона необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на кнопку списка, и, в раскрывшемся списке, выбрать нужный частотный диапазон. Частотный диапазон зависит от установленной частоты дискретизации, выставленной в программе [Диспетчер устройств ZET](#).

Выбор измерительных каналов

В списке под надписью *Канал 1*, выбирается канал для отображения на графиках видов в плоскости X.

В списке под надписью *Канал 2*, выбирается канал для отображения на графиках видов в плоскости Y.

В списке под надписью *Канал 3*, выбирается канал для отображения на графиках видов в плоскости Z.

Вариант отображения

В списке под надписью *Вид*, выбирается вид отображения: XT, YT, ZT, XY, YZ, XZ, XYT, YZT, XZT, XYZ.

- Графики видов XT, YT, ZT - временные реализации (осциллограммы) канала 1, канала 2 и канала 3 соответственно.
- График вида XY – параметрическая кривая, где $x=X(t)$ и $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости XY – фигура

Лиссажу.

- График вида XZ – параметрическая кривая, где $x=X(t)$ и $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости XZ – фигура Лиссажу.
- График вида YZ – параметрическая кривая, где $z=Z(t)$ и $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ на плоскости YZ – фигура Лиссажу.
- График вида XYT – параметрическая кривая, где $x=X(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XYT – трехмерная фигура Лиссажу.
- График вида XZT – параметрическая кривая, где $x=X(t)$, $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XZT – трехмерная фигура Лиссажу.
- График вида YZT – параметрическая кривая, где $z=Z(t)$, $y=Y(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве YZT – трехмерная фигура Лиссажу.
- График вида XYZ – параметрическая кривая, где $x=X(t)$, $y=Y(t)$, $z=Z(t)$, $T < t < (T+\Delta T)$ в трехмерном виде в пространстве XYZ – фигура Лиссажу в динамике.

Флаг *Квад.* служит для выравнивания масштаба по оси X и Y . Нажатая кнопка – происходит выравнивание, отжатая – нет.

Запуск/остановка отображения

Кнопка *Старт* запускает процесс непрерывного отображения сигнала, при этом обнуляются накопленные данные, а название кнопки меняется на *Стоп*.

Кнопка *Стоп* (пауза) останавливает процесс непрерывного отображения сигнала, при этом название кнопки меняется на *Старт*.

Запись результатов

Кнопка *Запись* позволяет записать накопленные данные за установленный интервал в текстовый файл с расширением **.dtu*. Структура файла рассмотрена в разделе [Запись результатов](#).

Индикаторы уровня сигналов

Индикатор *Интегральный уровень* показывает интегральный уровень сигнала по каждому каналу и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку соответствующего канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши». Количество индикаторов будет соответствовать количеству открытых осциллограмм.

Дополнительно

- [Управление курсором и масштабирование графиков](#)
- [Перенос графической и численной информации в текстовые редакторы](#)

2.3 Запись результатов

При нажатии на кнопку *Запись* в программе *XYZ-Осциллограф* открывается стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла.

Директория по умолчанию – *C:\ZETLab\Result*. В файл записываются накопленные данные за установленный интервал. Данные записываются в текстовый файл с расширением **.dtu*.

Пример файла приведена на рисунке ниже.

```

xyoscgrph_1.dtu — Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
Временная реализация сигнала
Сигнал 1+Сигнал 2+Sig_1_3
Частотный диапазон - от 0Гц до 25000.000000Гц
Дата: 04-10-2012
Время: 16:00:59
Время Сигнал 1 Сигнал 2 sig_1_3
с мВ мВ Н
0.000000 1.599203 1.608132 -5.581054
0.000020 1.919044 1.286506 -5.581054
0.000040 1.599203 1.286506 -5.581054
0.000060 0.959522 0.964879 -5.813598
0.000080 1.599203 1.929759 -6.046142
0.000100 1.599203 1.286506 -5.697326
0.000120 1.919044 0.643253 -5.348510
0.000140 1.599203 1.286506 -5.581054
0.000160 1.279363 0.964879 -5.813598
0.000180 1.919044 0.964879 -5.581054
0.000200 1.919044 1.286506 -5.348510
0.000220 0.959522 1.608132 -5.348510
0.000240 1.599203 1.608132 -5.348510
0.000260 1.599203 1.608132 -5.348510
0.000280 1.919044 1.286506 -5.348510
0.000300 1.279363 1.286506 -5.348510

```

Файл, записанный xyz-осциллографом

Структура файла представлена в таблице ниже.

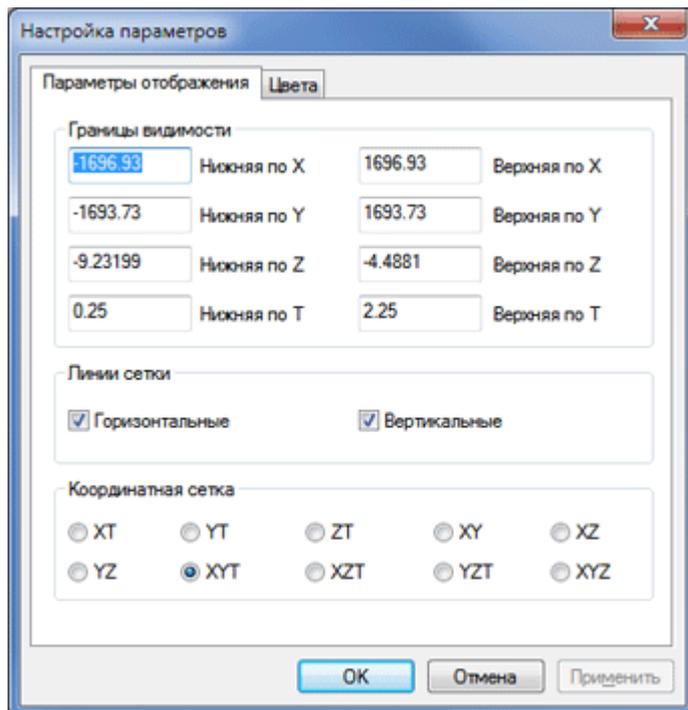
Номер строки	Строки	Описание
1	Временная реализация сигнала	Описание данных
2	Сигнал 1+Сигнал 2+Сигнал 3	Название каналов
3		Строка для комментария, при записи файлов программой XYZ-осциллограф не используется
4	Частотный диапазон - от 0Гц до 25000.00Гц	Частотный диапазон записываемых сигналов
5	Дата: 25-09-2012	Дата записи файла
6	Время: 13:45:51	Время записи файла
7	Время Сигнал 1 Сигнал 2 Сигнал 3	Заголовки столбцов данных
8	с мВ мВ мВ	Единицы измерения по столбцам
9 и последующие	0 0.0617873 3.2976 0.599203	Численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.

Файлы, записанные программой **XYZ-Осциллограф** можно открыть любым текстовым редактором или программами **Просмотр результатов** и **Галерея сигналов**.

2.4 Настройка внешнего вида графика

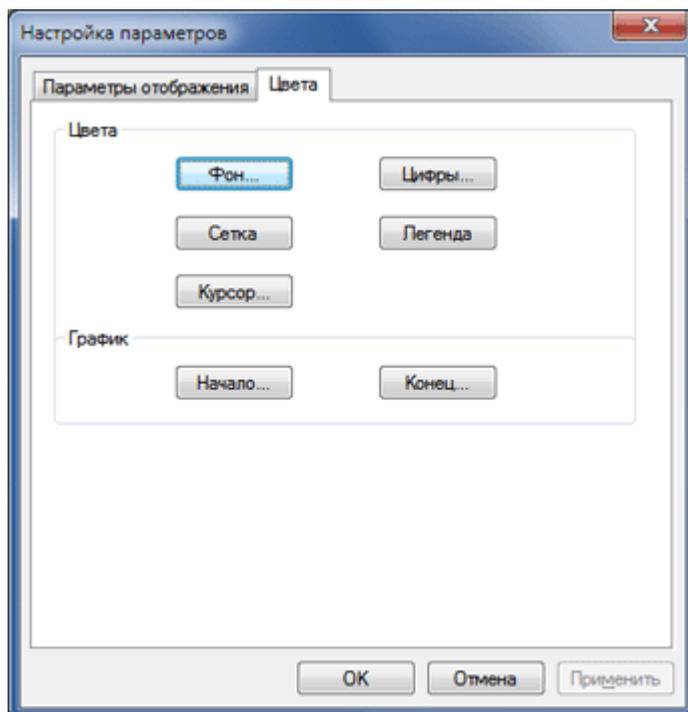
При нажатии правой кнопкой "мыши" по полю графика программы **XYZ-Осциллограф** открывается окно настройки параметров отображения.

На вкладке *Параметры отображения* задаются границы отображения, флаг отображения осей и выбирается координатная сетка (тип представления данных):



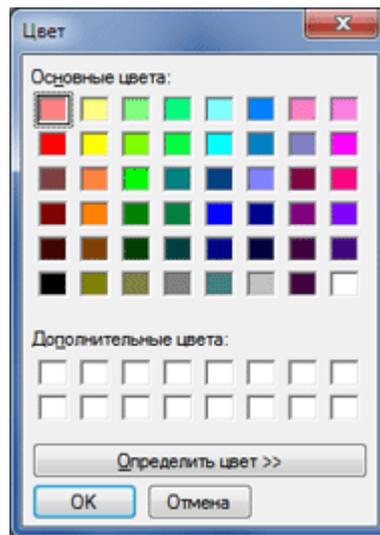
Настройка границ отображения

На вкладке *Цвета* задаются цвета поля графика, графика, сетки, курсора и т.д.



Настройка цвета

При нажатии на кнопку с параметром открывается окно выбора цвета и выбранный цвет устанавливается для данного параметра.



Выбор цвета

Генераторы

В данном разделе рассмотрены программы генерирования сигналов на выходах модулей АЦП/ЦАП, анализаторов спектра и тензостанций: **Генератор сигналов** и **Синхронный генератор**.

Примечание: программы **Генератор с ОС**, входящие в состав системы управления вибростендами описаны в руководстве оператора на систему управления вибростендами.

1 Генератор сигналов

Программа **Генератор сигналов** предназначена для формирования сигналов различной формы, амплитуды и частоты на выходных каналах устройств ZET. Функционально программа **Генератор сигналов** заменяет стационарные генераторы, используемые в лабораторных условиях.

Программа **Генератор сигналов** порождает виртуальный канал, который в списках выбора каналов в программах из состава **ZETLAB** появится с названием *Генератор N*. Данными этого виртуального канала будут данные с выхода цифро-аналогового преобразователя (выход генератора) и будут доступны для последующего анализа другим программам из состава **ZETLAB**.

В программе **Генератор сигналов** реализована возможность получения на выходе генератора сложных сигналов путем смешивания различных типов генерируемых сигналов.

Внимание! Программа Генератор сигналов поставляется только с устройствами, в состав которых входит цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

Типы генерируемого сигнала:

- [синусоидальный сигнал](#);
- [радиоимпульсный сигнал](#);
- [белый, розовый, полосовой и детерминированный шум](#);
- [частотно-модулированный сигнал с линейной разверткой по частоте \(ЛинЧМ\)](#);
- [частотно-модулированный сигнал с логарифмической разверткой по частоте \(ЛогЧМ\)](#);
- [импульсный сигнал](#);
- [генерация сигнала из файла](#);
- [амплитудно-модулированный сигнал](#);
- [частотно-модулированный сигнал](#);
- [пилообразный сигнал](#);
- [воспроизведение сигналов, поступающих на входные каналы](#),
- [коды Баркера](#).

Одна программа **Генератор сигналов** позволяет управлять одним генератором (выходом ЦАП устройства ZET). Для генерирования сигнала на нескольких генераторах необходимо запустить несколько экземпляров программы **Генератор сигналов** и в каждой программе выбрать генератор на выходе которого будет формироваться сигнал.

Для генерирования синхронных сигналов используется программа [Синхронный генератор](#).

1.1 Поддерживаемое оборудование

Программа **Генератор сигналов** входит состав следующего ПО:

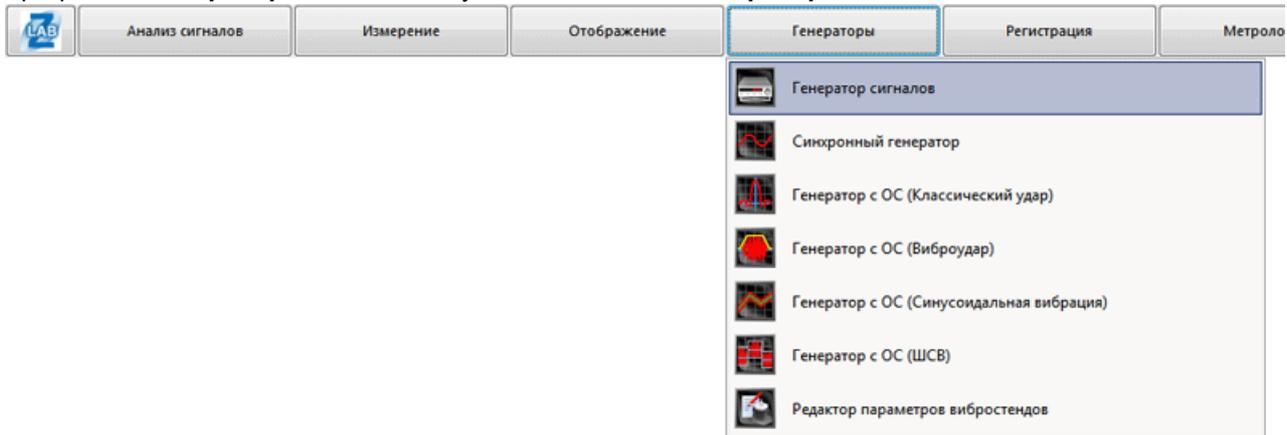
- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями.

Примечание 1. При разности частоты дискретизации АЦП и ЦАП устройства, используемого для генерации сигнала, более чем в 10 раз проявляется эффект пропадаания одной точки из виртуального сигнала в **ZETLAB**. При этом генерируемый сигнал полностью соответствует заданным параметрам. Поэтому при таких настройках виртуальный сигнал не может использоваться для расчетов, например, с помощью арифмометра, или в качестве опорного сигнала в программе Тензометр. Если использование виртуального канала необходимо, следует снизить частоту дискретизации ЦАП или увеличить частоту дискретизации АЦП.

Примечание 2. При подключении устройств к ПК по Ethernet частота дискретизации ЦАП не должна превышать 100 кГц. Если устройство имеет несколько выходов ЦАП, то частота дискретизации ЦАП не должна превышать 100/N кГц, где N - количество задействованных генераторов.

1.2 Интерфейс программы

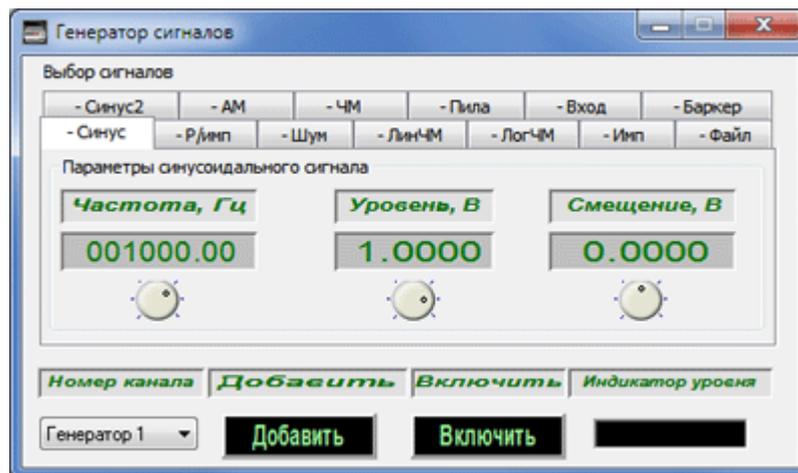
Программа **Генератор сигналов** запускается из меню **Генераторы** панели **ZETLAB**.



Запуск генератора

*Примечание: программу **Генератор сигналов** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: DAC_OCX.exe.*

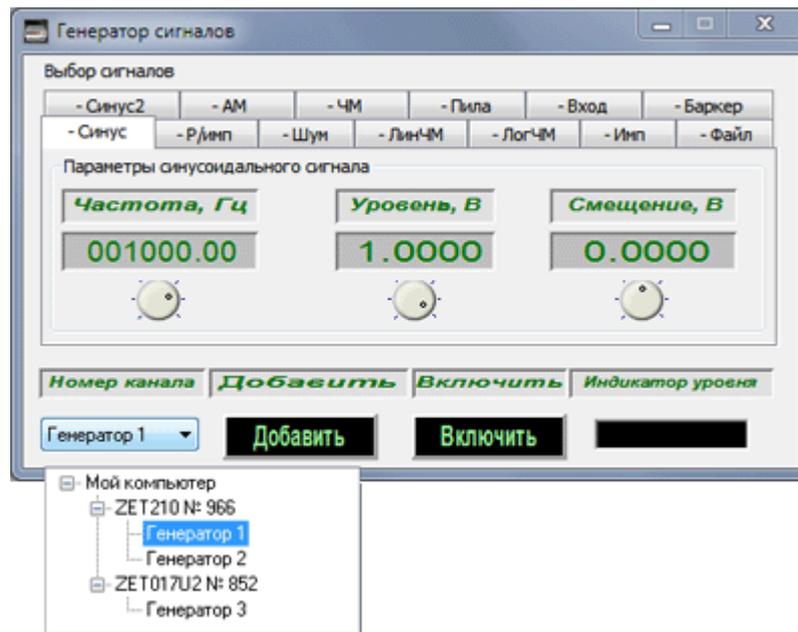
В заголовке программы отображается ее название - **Генератор сигналов**.



Генератор сигналов

Основную часть программы занимают вкладки настройки генерируемых сигналов (описываются ниже).

Канал генератора выбирается из списка в левой нижней части программы:



Выбор канала генератор

Кнопка *Добавить* предназначена для предварительного включения выбранного для генерирования сигнала. Сигнал при этом не будет подаваться на выход генератора (сигнал на выходе генератора будет подаваться только после нажатия кнопки *Включить*). Индивидуальная кнопка *Добавить* для каждого типа сигнала (вкладки) своя. Одновременно в одной программе может быть включено несколько типов сигналов, то есть будет генерироваться сигнал сложной (смешанной) формы. После нажатия кнопки она подсветится, изменится название кнопки на *Убрать*, а в названии вкладки, выбранного для генерирования сигнала, появится знак «+» (плюс), говорящий о том, что этот сигнал будет подаваться на выход генератора. Выключение какого-либо из выбранных для генерирования сигналов осуществляется нажатием на подсвеченную кнопку *Убрать*, после чего этот тип сигнала перестанет подаваться на выход генератора, кнопка перестанет подсвечиваться, надпись изменится на *Добавить*, а в названии вкладки появится знак «-» (минус).

Кнопка *Включить* предназначена для включения генерирования сигналов. Глобальная кнопка *Включить* запускает генератор сигналов с такими параметрами сигнала (сигнала сложной формы) какие были установлены во вкладках типов сигналов и в которых были нажаты кнопки *Добавить* сигнал.

В правом нижнем углу окна программы отображается индикатор интегрального уровня сигнала.

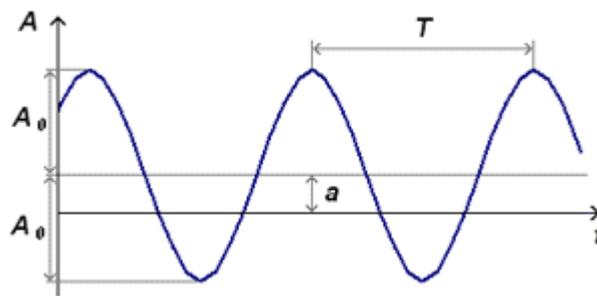
1.2.1 Вкладка "Синус"

Амплитуда синусоидального сигнала рассчитывается по формуле:

$$A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где:

- $A_0 = U_{скз} \cdot \sqrt{2}$ – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала ($f = 1/T$, T – период сигнала),
- t – текущее время,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

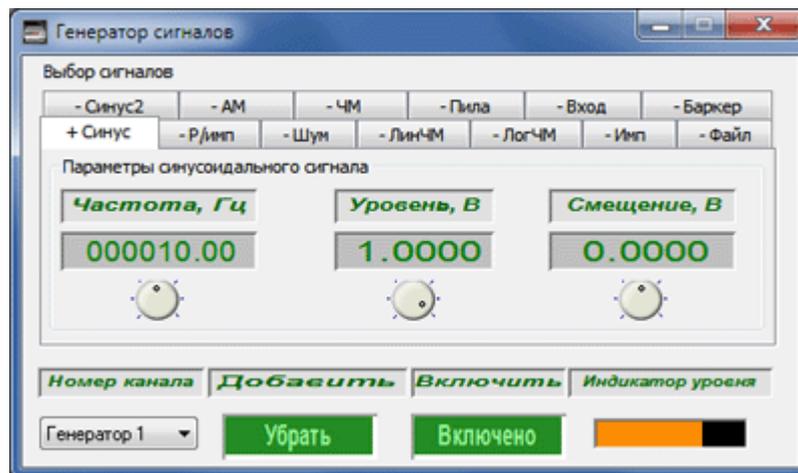


Форма синусоидального сигнала

Для генерирования синусоидального сигнала с заданной частотой, уровнем и смещением постоянной составляющей необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку **-Синус** или вкладку **-Синус2**, после чего в окне программы **Генератор сигналов** отобразятся элементы задания параметров синусоидального сигнала:

- **Частота, Гц** – частота генерируемого сигнала в герцах. Частота сигнала f связана с его периодом T (рисунок выше) зависимостью $f=1/T$.
- **Уровень, В** - среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня, с которым будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах. На рисунке выше уровень обозначен A_0 .
- **Смещение, В** – значение смещения постоянной составляющей, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах. На рисунке выше смещение обозначено a .

После установки необходимых параметров синусоидального сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки **Добавить** сигнал и кнопки **Включить** все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке ниже.



Параметры генерируемого синусоидального сигнала

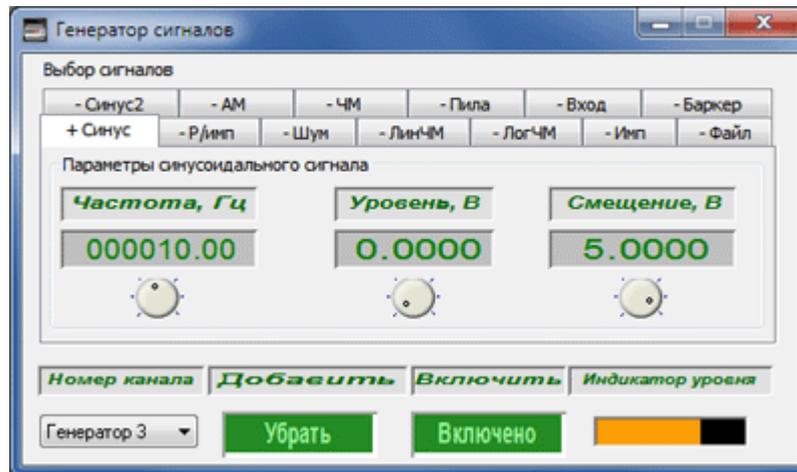
На рисунке ниже показана соответствующая форма сигнала, полученная с помощью программы [Многоканальный осциллограф](#).



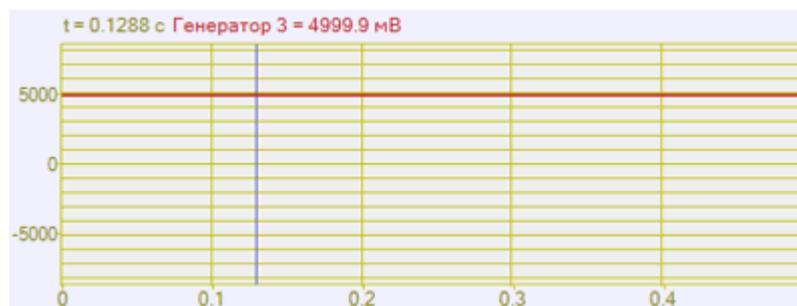
Осциллограмма генерируемого синусоидального сигнала

Обратите внимание на то, что в качестве уровня задается среднеквадратичное значение (СКЗ) сигнала. При этом максимальная амплитуда (пиковое значение) равна СКЗ* $\sqrt{2}$

При использовании генератора для питания датчиков постоянным током также используется вкладка *Синус*, при этом не уровень сигнала, а его смещение:



Параметры генерируемого сигнала



Осциллограмма генерируемого сигнала

1.2.2 Вкладка "Р/имп"

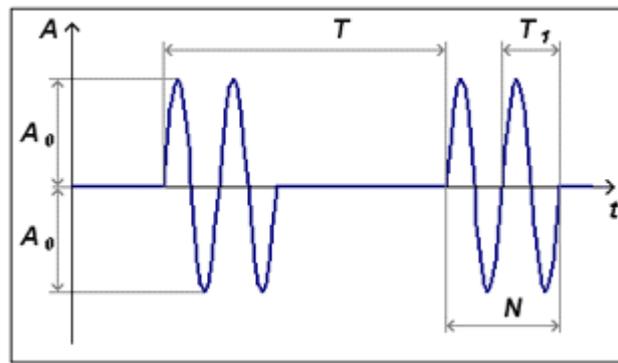
Радиоимпульсный сигнал представляет собой сигнал с кратковременным изменением установившегося состояния, характеризующийся малым интервалом времени по сравнению с временными характеристиками установившегося процесса.

Уровень радиоимпульсного сигнала в каждый момент времени вычисляется по формуле:

$$A = \begin{cases} A_0 \sin \omega_1 Nt, & \text{если } \omega_1 Nt < \omega t \\ 0 & \text{если } \omega_1 Nt > \omega t \end{cases}$$

где:

- A_0 – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала,
- f – частота сигнала, связана с его периодом T зависимостью $f=1/T$
- t – текущее время,
- N – коэффициент заполнения.

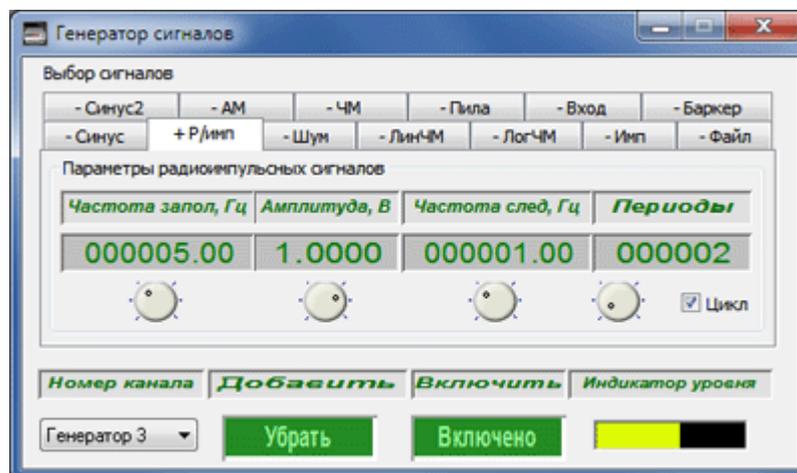


форма радио-импульсного сигнала

Для генерирования радиоимпульсного сигнала (прерывистые колебания) необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку **-Р/имп**, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров радиоимпульсного сигнала:

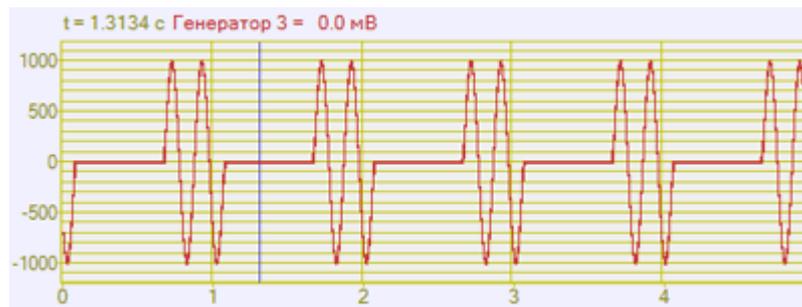
- **Частота запол** – частота заполнения (несущая частота), с которой будут генерироваться радиоимпульсы. Частота заполнения задается в герцах. Связана с периодом T_1 на рисунке выше.
- **Амплитуда** - пиковое значение сигнала, с которой будут генерироваться радиоимпульсы. Амплитуда задается в вольтах. На рисунке выше амплитуда обозначена A_0 .
- **Частота след** – частота следования (частота модулирования), с которой будут генерироваться радиоимпульсы. Частота следования задается в герцах. Связана с периодом T на рисунке выше.
- **Периоды** - ширина, с которой будет генерироваться сигнал - количество импульсов N длительностью T_1 в одном периоде T .
- Флаг **Цикл**, служит для однократного либо циклического повторения радиоимпульса.

После установки необходимых параметров радиоимпульсного сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки **Добавить** сигнал и кнопки **Включить** все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке:



Параметры генерируемого сигнала

На рисунке ниже показана соответствующая форма сигнала, полученная с помощью программы программы [Многоканальный осциллограф](#).



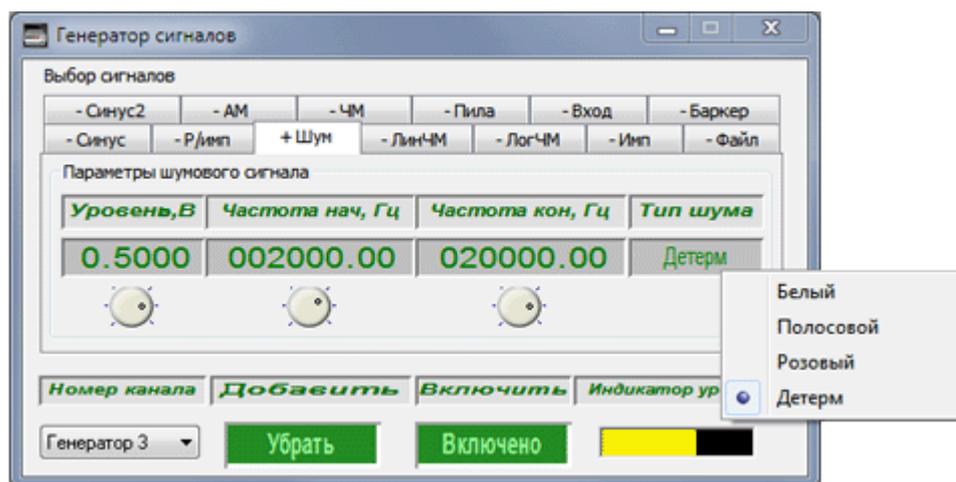
Осциллограмма генерируемого сигнала

1.2.3 Вкладка "Шум"

В программе **Генератор сигналов** реализовано 4 типа шума:

- белый,
- полосовой,
- розовый,
- детерминированный.

Тип шума выбирается из контекстного меню: нажать правой клавишей «мыши» по полю выбора типа шума, расположенному под надписью Тип шума, и в раскрывшемся списке выбрать нужный тип.



Выбор типа шума

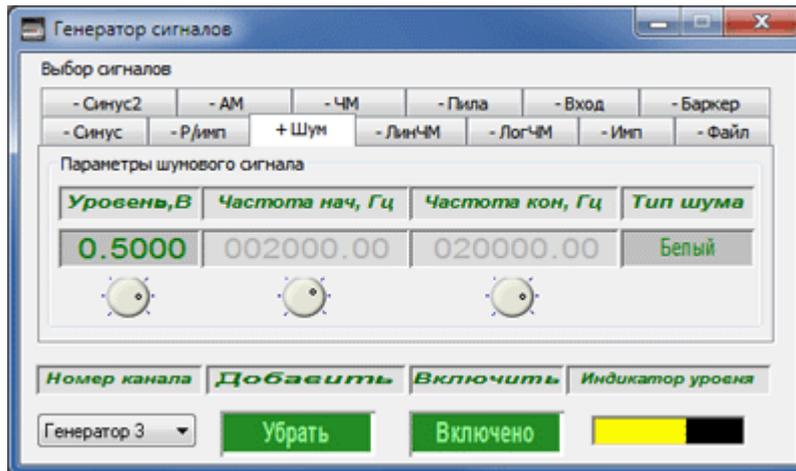
Для полосового, розового и детерминированного указываются начальные и конечные частоты генерирования шума, белый шум генерируется во всей полосе работы генератора (определяется частотой дискретизации ЦАП).

В поле *Уровень, В* задается уровень шума.

Белый шум - стационарный шум, спектральные составляющие которого равномерно распределены по всему диапазону задействованных частот. Белый шум рассчитывается по формуле:

$$A = A_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^{12} rand() - 6 \right)$$

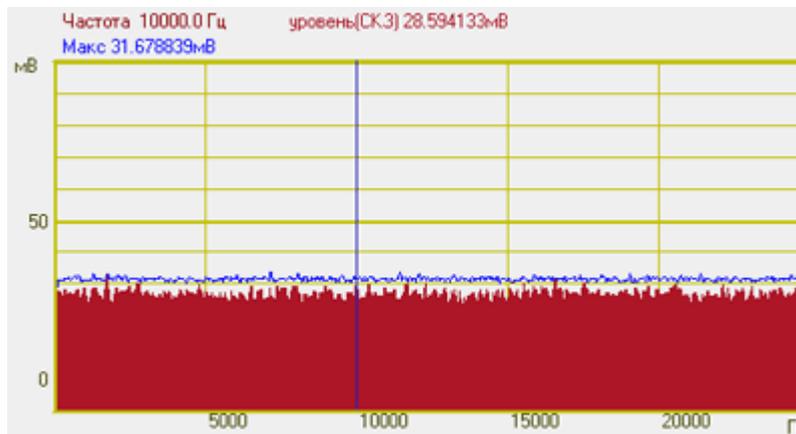
где: $A_0 = U_{\text{свз}} \cdot \sqrt{2}$ – начальная амплитуда сигнала, $rand()$ – функция вычисления случайного числа, причем $0 < rand() < 1$.



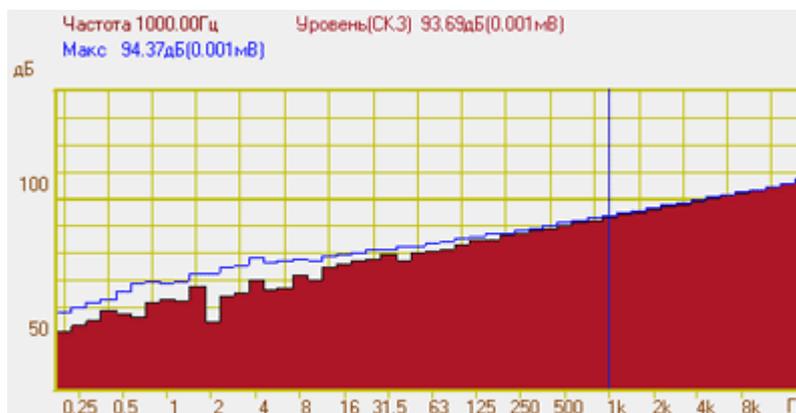
Параметры генерирования белого шума



Осциллограмма генерируемого белого шума

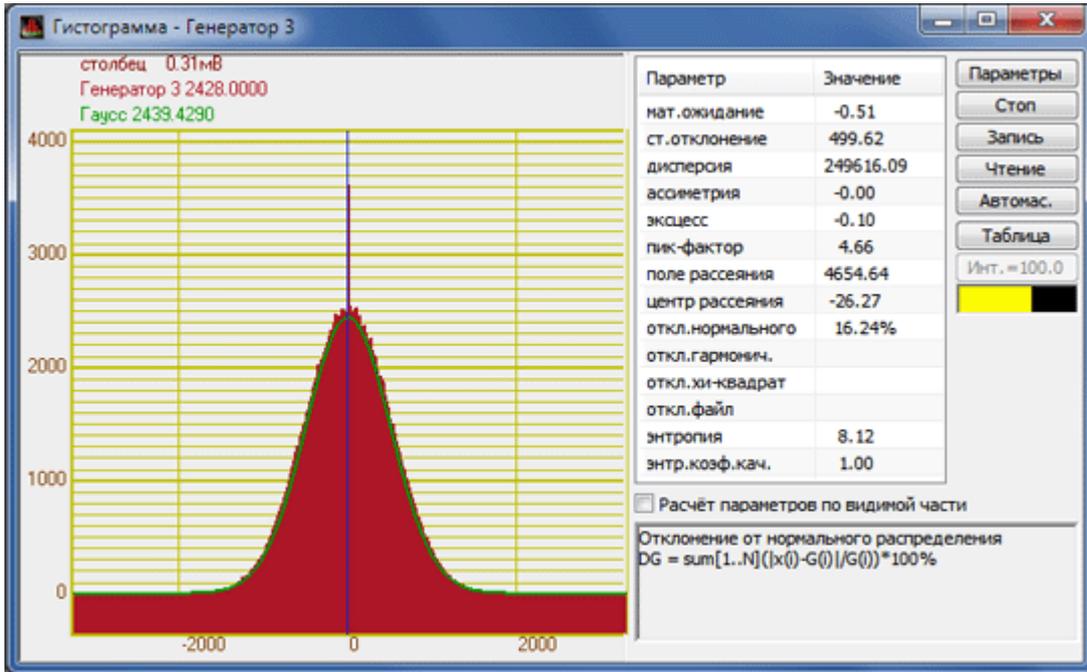


Спектр генерируемого белого шума



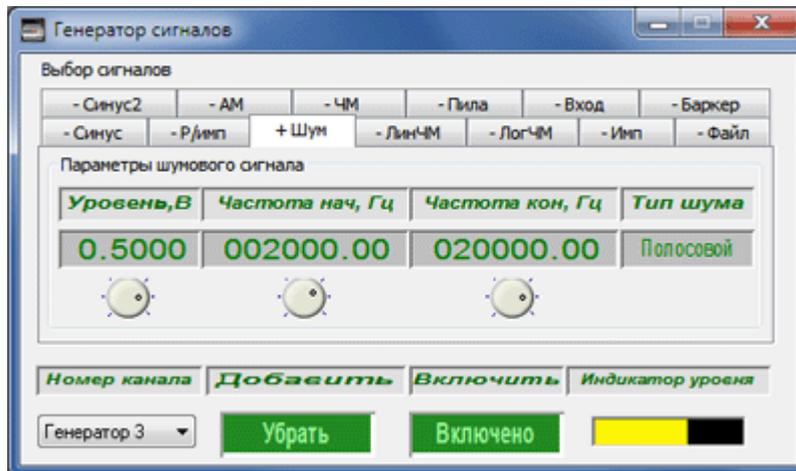
Десятиоктавный спектр генерируемого белого шума

Отклонение белого шума от нормального распределения составляет <20 %

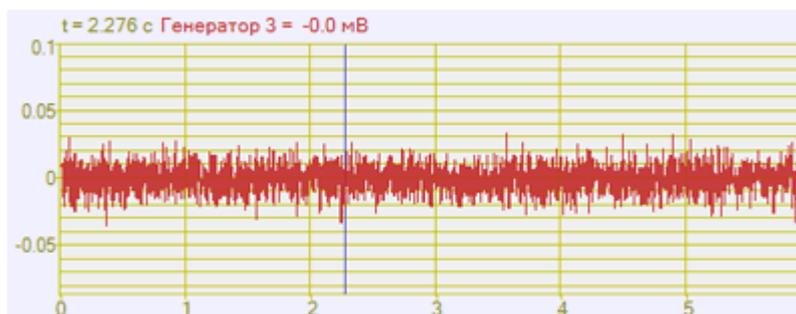


Гистограмма генерируемого белого шума

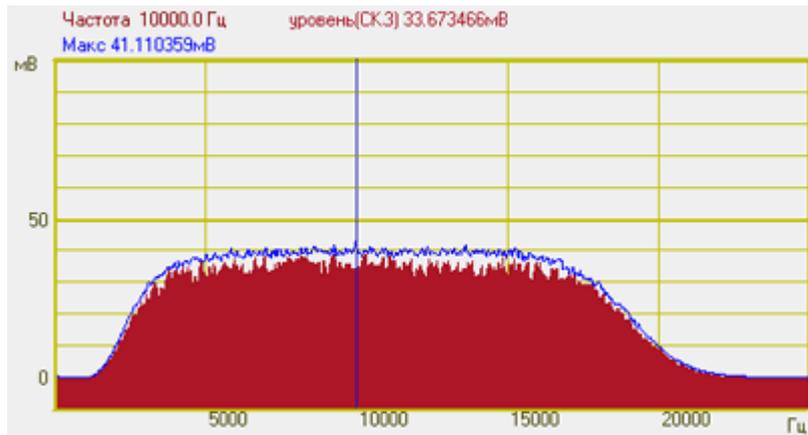
Полосовой шум - шумовой сигнал с ограниченным частотным интервалом.



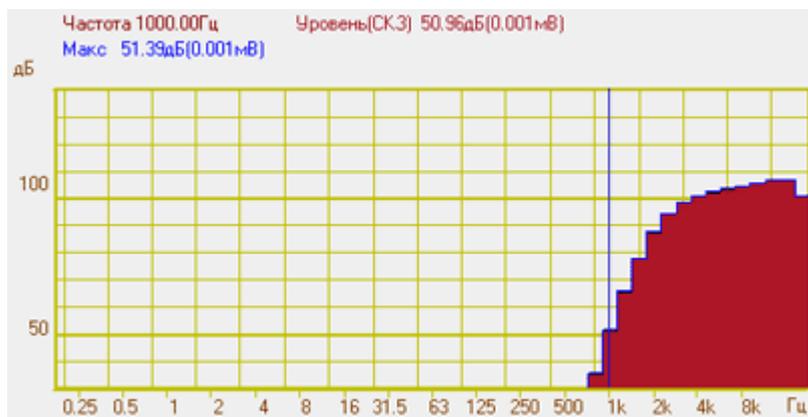
Параметры генерирования полосового шума



Осциллограмма генерируемого полосового шума

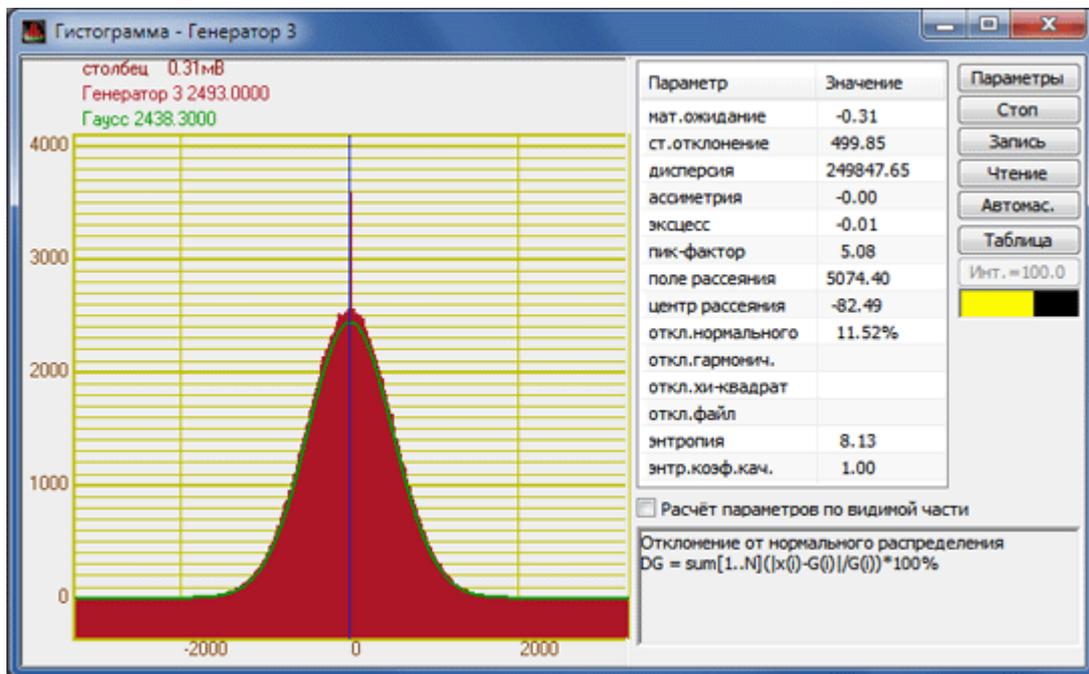


Спектр генерируемого полосового шума



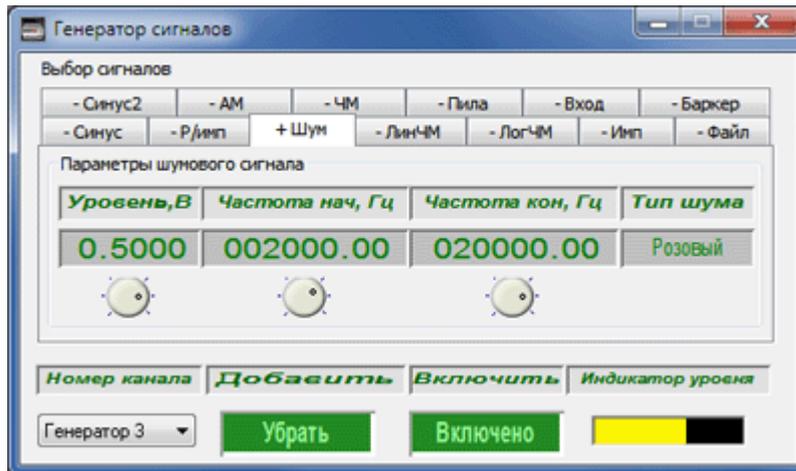
Десятичный спектр генерируемого полосового шума

Отклонение полосового шума от нормального распределения составляет <15 %

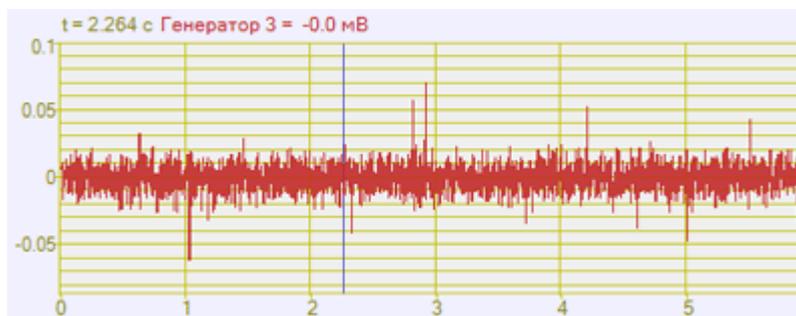


Гистограмма полосового шума

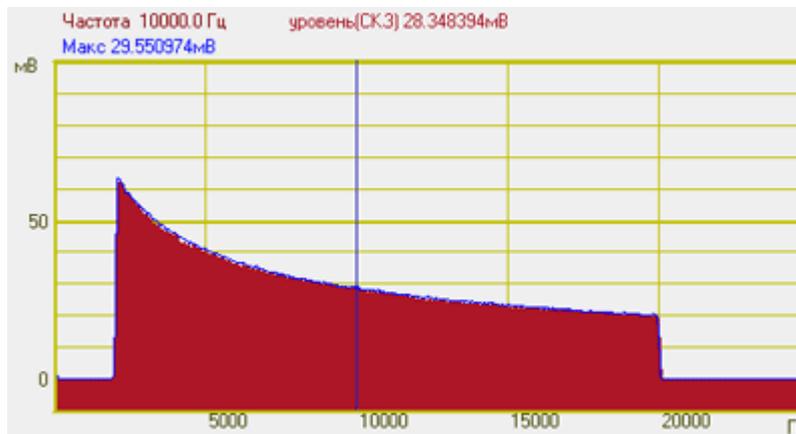
Розовый шум - шумовой сигнал, спектральный уровень которого снижается с увеличением частоты со спадом 3 дБ на октаву.



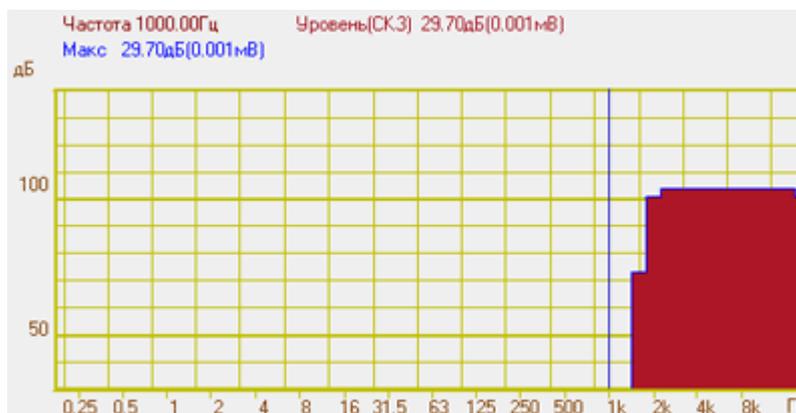
Параметры генерирования розового шума



Осциллограмма генерируемого розового шума

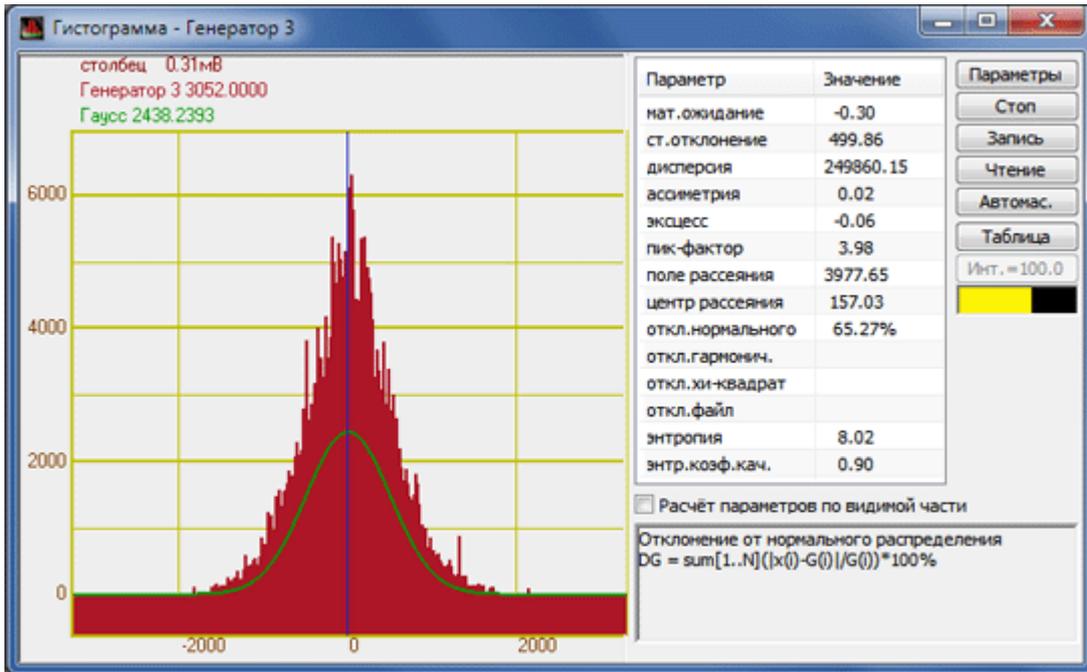


Спектр генерируемого розового шума



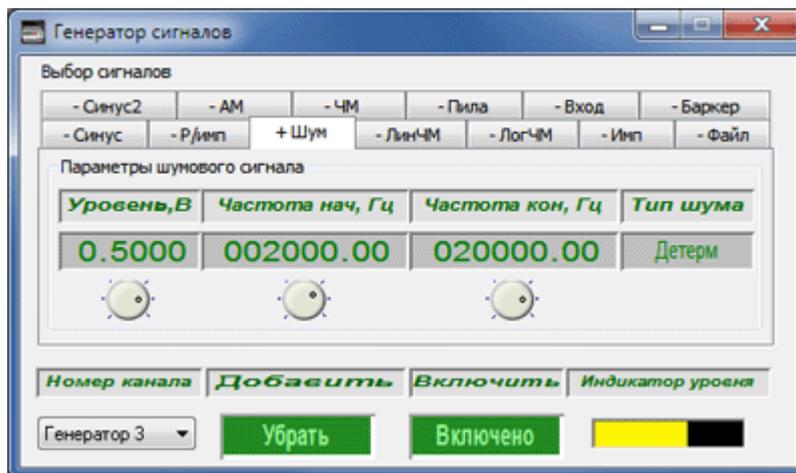
Додеоктавный спектр генерируемого розового шума

Отклонение розового шума от нормального распределения составляет порядка 50%.

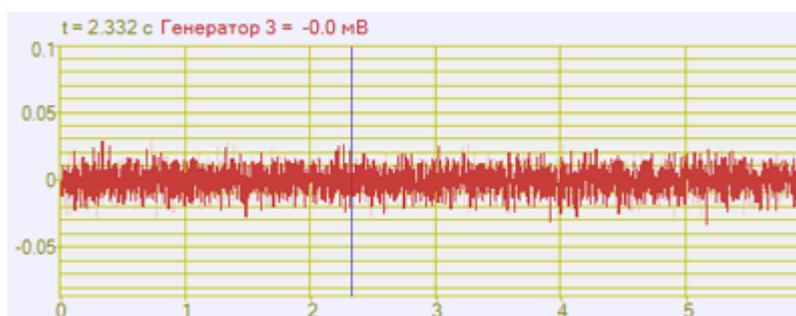


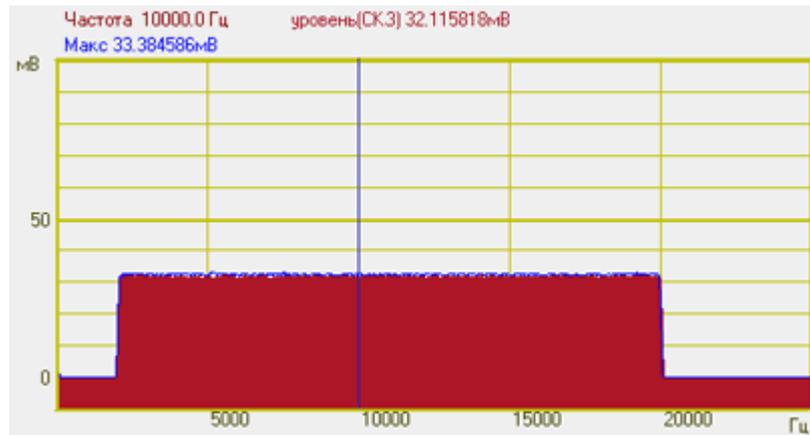
Гистограмма генерируемого розового шума

Детерминированный шум - белый шум ограниченный заданным частотным диапазоном.



Параметры генерирования детерминированного шума



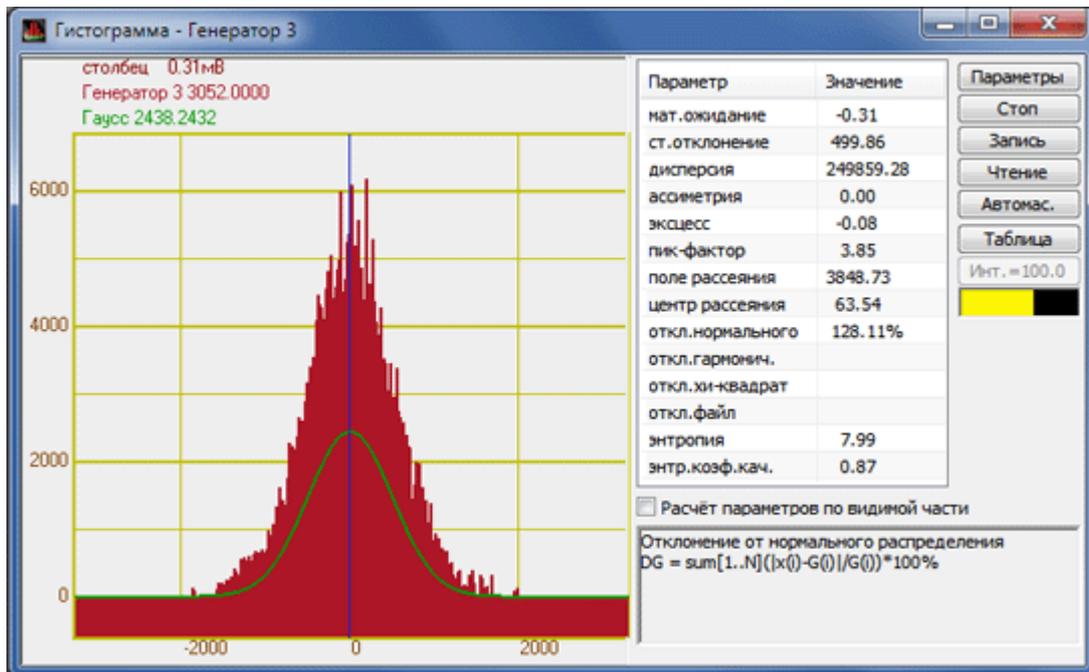


Спектр генерируемого детерминированного шума



Десятилетний спектр генерируемого детерминированного шума

Детерминированный шум имеет максимальное отклонение от нормального распределения по сравнению с другими видами генерируемого шума.



Гистограмма генерируемого детерминированного шума

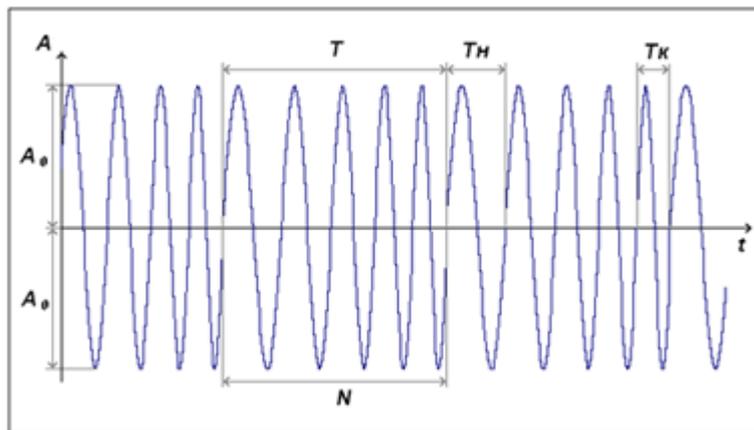
1.2.4 Вкладка "ЛинЧМ"

Частотно-модулированный сигнал с линейной разверткой по частоте (ЛинЧМ) представляет собой синусоиду с равномерно увеличивающейся по времени частотой.

ЛинЧМ рассчитывается по формуле:

$$A(t) = A_0 \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\mu t^2}{2} + \varphi_0\right)$$

- $A_0 = U_{\text{СКЗ}} \cdot \sqrt{2}$ – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала ($f = 1/T$, T - период сигнала),
- t – текущее время,
- $\mu = \Delta f/T$ – скорость изменения сигнала,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

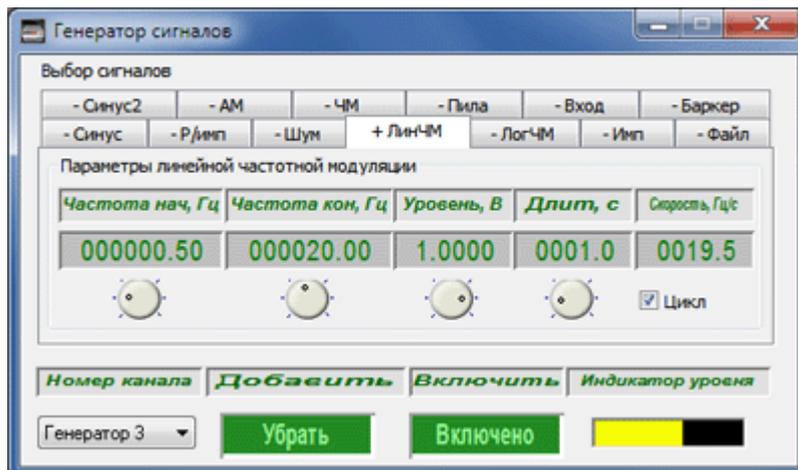


Форма сигнала

Для генерирования ЛинЧМ, с заданными параметрами, необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку *-ЛинЧМ*, после чего в окне программы **Генератор сигналов** отобразятся элементы задания параметров ЛинЧМ:

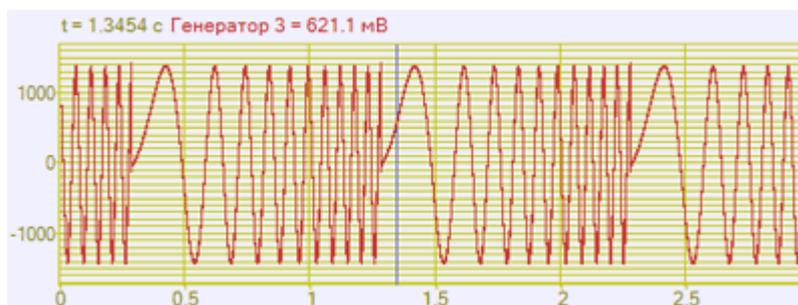
- **Частота нач** – начальная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛинЧМ. Связана с периодом T_n на рисунке 1 соотношением $f_n = 1/T_n$. Начальная частота задается в герцах.
- **Частота кон** – конечная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛинЧМ. Связана с периодом T_k на рисунке 1 соотношением $f_k = 1/T_k$. Конечная частота задается в герцах
- **Уровень** – среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня, с которым будут генерироваться ЛинЧМ. Уровень задается в вольтах. Обратите внимание, что в качестве уровня задается среднеквадратичное значение. Пиковое значение (на рисунке выше обозначено как A_0) связано с СКЗ соотношением $A_0 = \text{СКЗ} \cdot \sqrt{2}$
- **Длит** – длительность цикла, с которым будет генерироваться ЛинЧМ. Длительность задается в секундах. На рисунке выше длительность одного цикла обозначена T .
- **Скорость** – скорость изменения частоты относительно герца в секунду (Гц/с), с которой будет генерироваться ЛинЧМ. Рассчитывается автоматически исходя из длительности и начальной и конечной частот.
- **Цикл** – флаг установки однократного либо многократного повторения цикла

После установки необходимых параметров ЛинЧМ сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке:



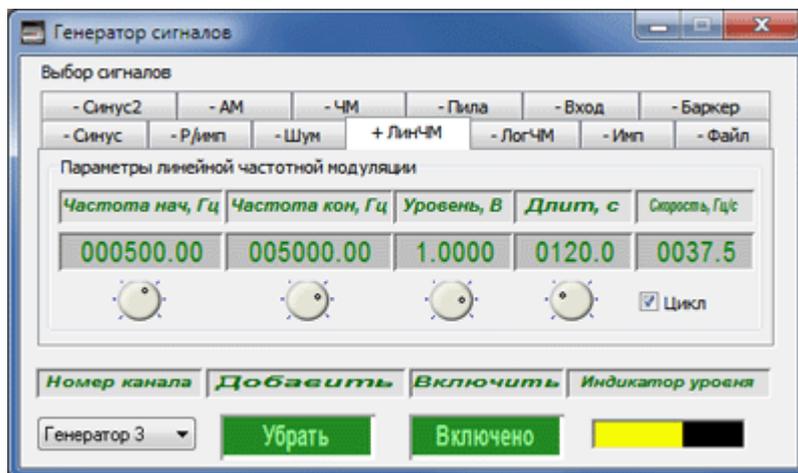
Параметры генерируемого сигнала

Форма сигнала с заданными параметрами:

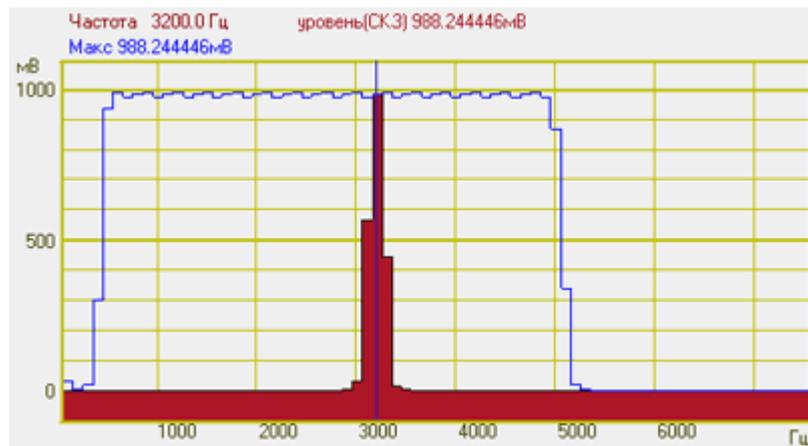


Осциллограмма сигнала

На рисунках ниже показаны узкополосный и 1/3-октавный спектры с их накопленными максимальными значениями в установленном диапазоне частот ЛинЧМ:



Параметры генерируемого сигнала



Узкополосный спектр генерируемого сигнала



Долгокавный спектр генерируемого сигнала

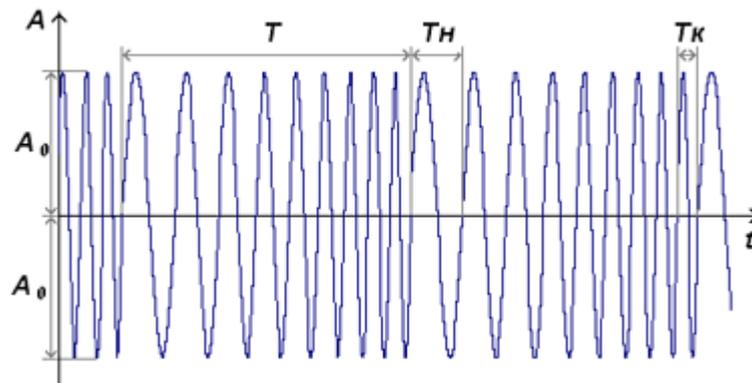
1.2.5 Вкладка "ЛогЧМ"

Частотно-модулированный сигнал с логарифмической разверткой по частоте (ЛогЧМ) представляет собой синусоиду с частотой, изменяющейся по логарифмическому закону.

ЛогЧМ рассчитывается по формуле:

$$A = A_0 \cdot \sin \left(\frac{\omega \cdot T}{\ln \left(\frac{f_k}{f_0} \right)} \cdot \left(\frac{f_k}{f_0} \right)^{\frac{1}{T}} + \varphi_0 \right)$$

- $A_0 = U_{\text{СКЗ}} \cdot \sqrt{2}$ – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала ($f = 1/T$),
- T – время изменения частоты,
- f_0 – начальная частота сигнала,
- f_k – конечная частота сигнала,
- t – текущее время,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

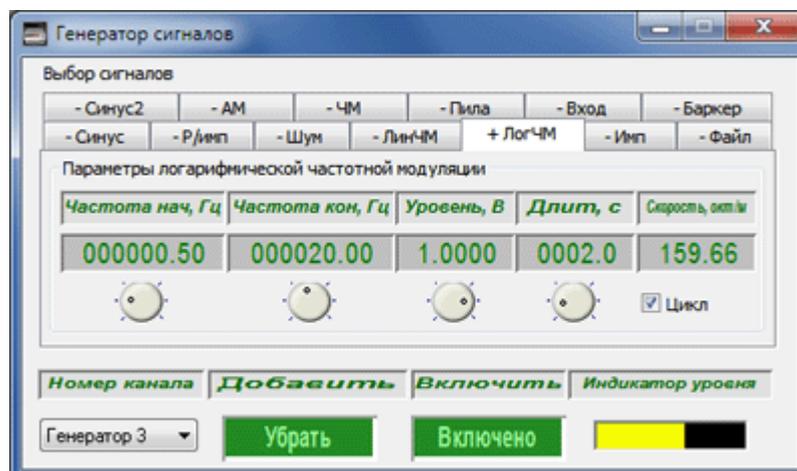


Форма сигнала

Для генерирования ЛогЧМ, с заданными параметрами, необходимо в программе **Генератор сигнала** перейти на вкладку *-ЛогЧМ*, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров ЛогЧМ:

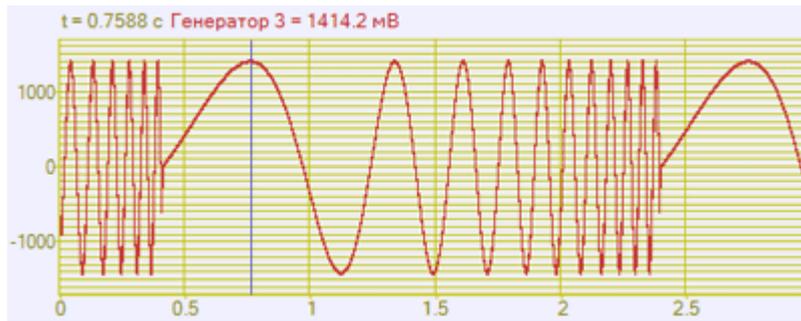
- *Частота нач* – начальная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛогЧМ. Связана с периодом T_n на рисунке выше соотношением $f_n = 1/T_n$. Начальная частота задается в герцах.
- *Частота кон* – конечная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛогЧМ. Связана с периодом T_k на рисунке выше соотношением $f_k = 1/T_k$. Конечная частота задается в герцах.
- *Уровень* – среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня, с которым будут генерироваться ЛогЧМ. Уровень задается в вольтах. Обратите внимание, что в качестве уровня задается среднеквадратичное значение. Пиковое значение (на рисунке выше обозначено как A_0) связано с СКЗ соотношением $A_0 = \text{СКЗ} * \sqrt{2}$.
- *Длит* – длительность цикла, с которым будет генерироваться ЛогЧМ. Длительность задается в секундах. На рисунке выше длительность одного цикла обозначена T .
- *Скорость* – скорость изменения частоты относительно октав в минуту (окт/мин), с которой будет генерироваться ЛогЧМ. Рассчитывается автоматически исходя из длительности и начальной и конечной частот.
- *Цикл* – флаг установки однократного либо многократного повторения цикла.

После установки необходимых параметров ЛогЧМ сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке:



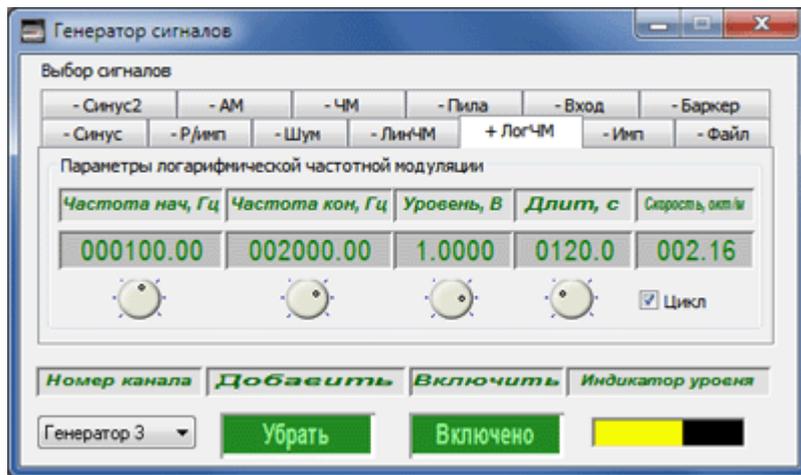
Параметры генерируемого сигнала

Форма сигнала с заданными параметрами:

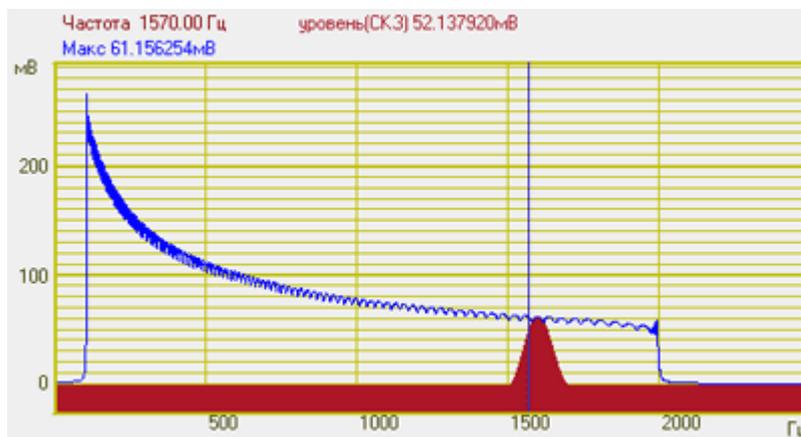


Осциллограмма сигнала

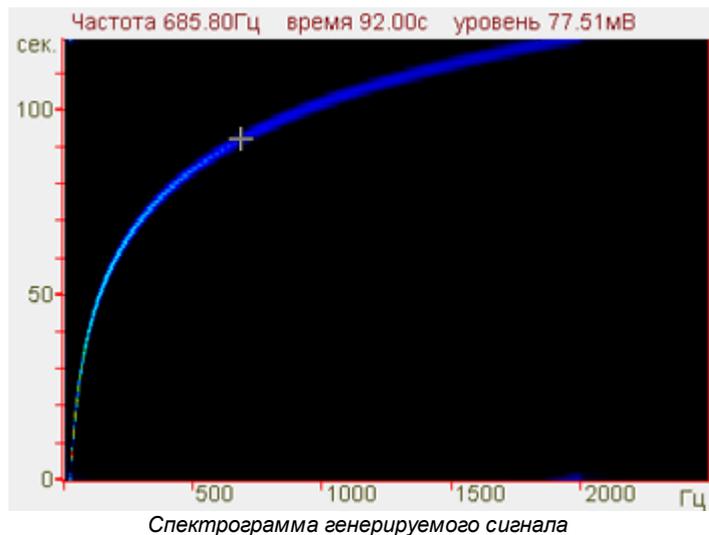
На рисунках ниже показаны узкополосный спектр, спектрограмма и 1/3-октавный спектр с их накопленными максимальными значениями в установленном диапазоне частот ЛогЧМ:



Параметры генерируемого сигнала



Узкополосный спектр генерируемого сигнала



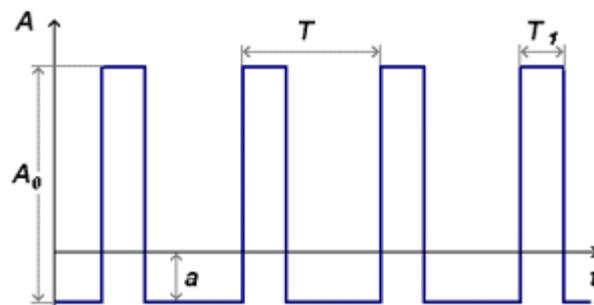
1.2.6 Вкладка "Имп"

Импульсный сигнал представляет собой сигнал с кратковременным изменением установившегося состояния, характеризующийся малым интервалом времени по сравнению с временными характеристиками установившегося процесса.

Импульс вычисляется по формуле:

$$A = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega t < 2\pi \cdot S \\ 0, & \text{если } \omega t > 2\pi \cdot S \end{cases}$$

- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала ($f=1/T$),
- t – текущее время,
- S – коэффициент заполнения.

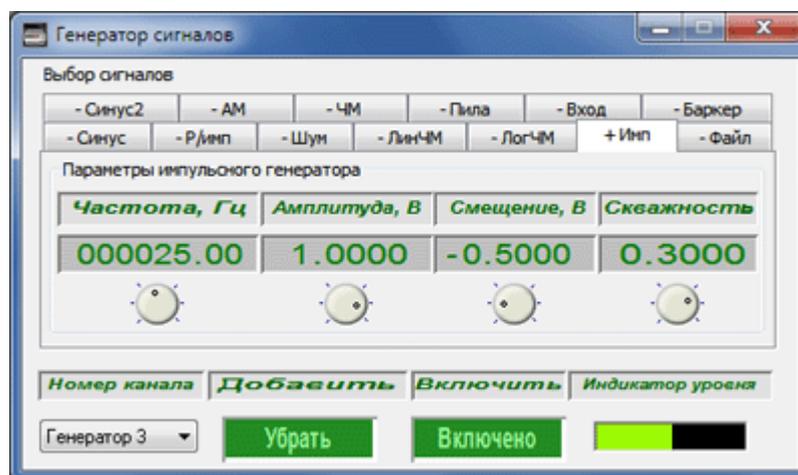


Форма сигнала

Для генерирования импульсного сигнала с заданной частотой, амплитудой, смещением постоянной составляющей и скважностью необходимо в программе Генератор сигналов перейти на вкладку -Имп, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров импульсного сигнала:

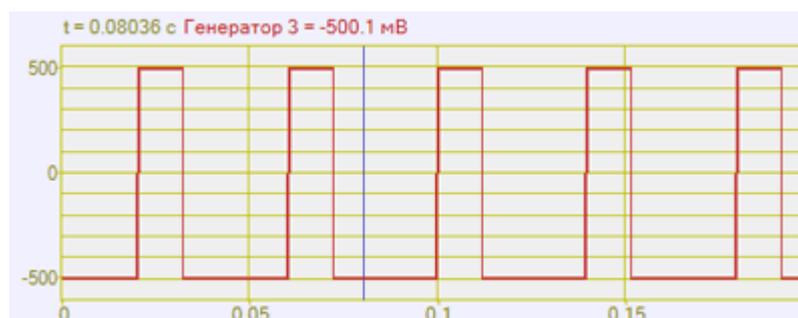
- **Частота, Гц** – несущая частота генерируемого сигнала в герцах. Частота сигнала f связана с его периодом T (рисунок выше) зависимостью $f = 1/T$.
- **Амплитуда** – пиковое значение сигнала, с которым будут генерироваться импульсы. Задается в вольтах. На рисунке выше уровень обозначен буквой A .
- **Смещение** – значение смещения постоянной составляющей, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах. На рисунке выше смещение обозначено буквой a .
- **Скважность** – коэффициент заполнения - отношение длительности импульса к периоду следования, т. е. T_1/T . Коэффициент заполнения задается в долях периода от 0,01 до 0,99.

После установки необходимых параметров импульсного сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке ниже:



Параметры генерируемого сигнала

На рисунке ниже показана соответствующая форма импульсного сигнала, полученная с помощью программы [Многоканальный осциллограф](#).



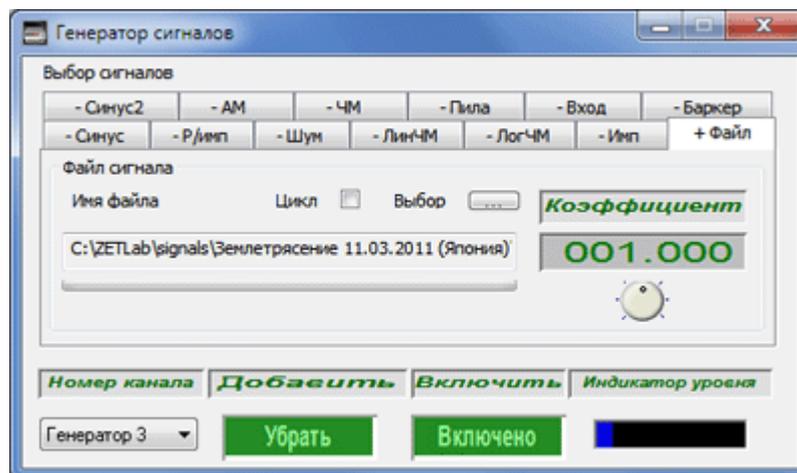
Осциллограмма генерируемого сигнала

1.2.7 Вкладка "Файл"

Функция генерирования сигнала из файла позволяет воспроизводить на выходе генератора ранее записанные сигналы. Это позволяет, например, проводить испытания оборудования и программного обеспечения - при воспроизведении сигналов землетрясения в системах контроля сейсмических воздействий можно определить работоспособность функций обнаружения сейсмического события, определения параметров землетрясения, выдачи сухого контакта, и т.д.

Для генерирования ранее записанных сигналов необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку -Файл, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров сигнала:

- *Имя файла* – название файла и путь к нему. Выбранный файл будет генерироваться на выходе ЦАП однократно или циклически с заданным коэффициентом. Выбрать файл можно нажатием кнопки **Выбор**. Файлы могут иметь расширения:
 - *.*anp* и *.*ana* – двоичные файлы, созданные программой **Запись сигналов**.
 - *.*dtu* – текстовые файлы, записанные программой **Многоканальный осциллограф** (ранее имели формат *.*dtn*).
 - *.*dat* – текстовые файлы, созданные пользователем.
- *Коэффициент* – коэффициент усиления/ослабления сигнала передаваемого с выхода генератора. При значении коэффициента больше единицы происходит усиление сигнала, меньше единицы – ослабление. Например, уровень записанной временной реализации с входных каналов модуля ЦАП/ЦАП ZET 210 может быть до 7,5 В, а на выходе генератора этого же модуля возможно получить уровень сигнала до 1,5 В, соответственно для генерирования из файла этой временной реализации необходимо ослабить уровень сигнала не менее чем в пять раз.
- Флаг *Цикл* – задает однократное либо многократное повторения цикла генерирования сигнала из файла. Флаг может устанавливаться/сниматься как до начала генерирования, так и во время.



Параметры генерации сигнала из файла

Начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы.

Двоичные файлы (расширение *.*anp* и *.*ana*) создаются средствами регистрации программного обеспечения **ZETLAB** при записи сигналов, поступающих с первичных преобразователей, например, программой **Запись сигналов**. При генерировании сигнала из двоичного файла сигнал на выходе генератора устройства будет иметь такую же структуру и форму, как и при записи сигнала с первичного преобразователя.

Примечание: с некоторыми устройствами ZET средства регистрации и чтения сигналов программного обеспечения ZETLAB поставляются опционно.

Текстовые файлы с расширением *.*dtu* создаются при записи осциллограмм программой **Многоканальный осциллограф**. При выборе такого файла во вкладке -Файл программы **Генератор сигналов** отобразится дополнительный элемент настройки – выбор канала воспроизведения (см.

рисунок ниже). Если в программе [Многоканальный осциллограф](#) было включено несколько каналов для отображения (несколько осциллограмм), то при сохранении результатов все данные по всем осциллограммам одной программы [Многоканальный осциллограф](#) запишутся в один файл с расширением *.dtu. В программе **Генератор сигналов**, после выбора файла с сохраненными несколькими осциллограммами, в поле выбора канала, расположенном справа от надписи *Канал*, можно будет выбрать любой из каналов, которые были сохранены в этот файл. Для этого нажать правой кнопкой «мыши» по полю выбора канала, и в раскрывшемся списке выбрать необходимый канал.



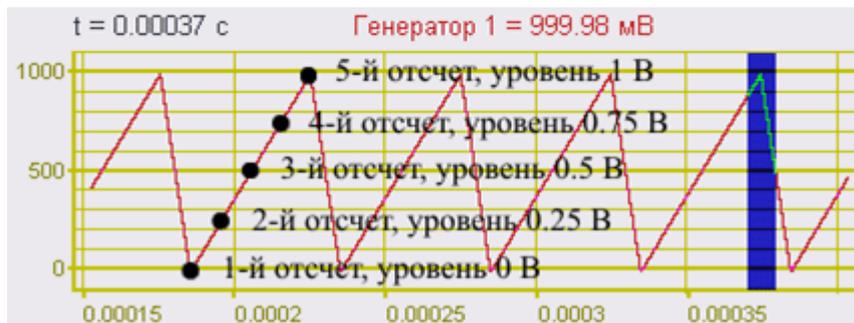
Генерация сигнала из файла *.dtu

Внимание! В режиме чтения текстовых файлов с расширением *.dtn программа **Генератор сигналов** правильно будет брать данные и генерировать сигнал только из файлов записанных в программе [Многоканальный осциллограф](#). При использовании файлов с таким же расширением записанных в других программах из состава **ZETLAB** программа **Генератор сигналов** правильно и достоверно не будет генерировать сигнал.

Текстовые файлы с расширением *.dat могут быть созданы в любом текстовом редакторе. В нем должны содержаться строки, в которых будут указаны требуемые уровни сигнала. Уровни указываются в вольтах (В). Разделителем целой и дробной части должна быть точка. Время между отсчетами определяется частотой дискретизации ЦАП (задается в программе [Диспетчер устройств ZET](#)).

В таблице ниже приведен пример содержимого текстового файла с заданными уровнями, а на рисунке показана осциллограмма генерирования сигнала из этого файла. На график осциллограммы, для показания расположения отсчетов, нанесены метки. Сигнал из файла в данном примере генерируется в цикле, в результате чего форма сигнала приняла форму «пилы».

Номер строки	Заданный уровень	Описание
1	0	1-й отсчет – уровень 0 В
2	0.25	2-й отсчет – уровень 0.25 В
3	0.5	3-й отсчет – уровень 0.5 В
4	0.75	4-й отсчет – уровень 0.75 В
5	1	5-й отсчет – уровень 1 В



Генерация сигнала из текстового файла

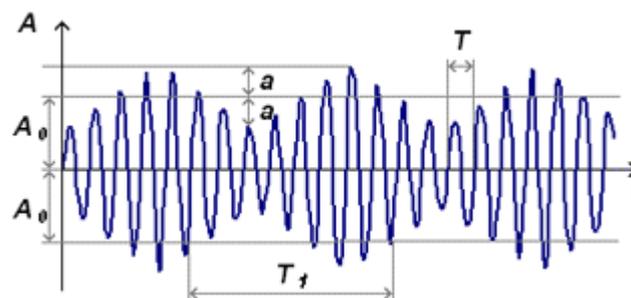
1.2.8 Вкладка "AM"

Амплитудно-модулированный сигнал представляет собой сигнал, у которого изменение амплитуды колебаний происходит с частотой намного меньшей, чем частота самих колебаний.

Уровень амплитудно-модулированного сигнала вычисляется по формуле:

$$A = (A_0 + a \sin \omega_1 t) \sin \omega t$$

- A_0 – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала (f - частота сигнала, связана с его периодом T зависимостью $f=1/T$),
- $\omega_1 = 2\pi f_1$ – фаза сигнала (f_1 - частота сигнала, связана с его периодом T_1 зависимостью $f_1=1/T_1$),
- t – текущее время,
- a – амплитуда модуляции.



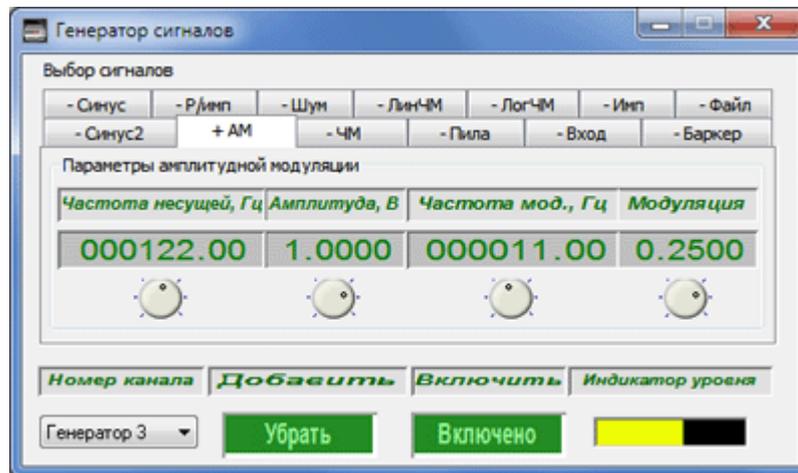
Форма сигнала

Для генерирования амплитудно-модулированного сигнала необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку -AM, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров амплитудно-модулированного сигнала:

- **Частота несущей** – несущая частота, с которой будет генерироваться сигнал. Связана с его периодом T (рисунок выше) зависимостью $f=1/T$. Частота заполнения задается в герцах (Гц).
- **Амплитуда** – пиковое значение сигнала, с которой будет генерироваться сигнал. Амплитуда задается в вольтах (В). На рисунке выше амплитуда обозначена A_0 .
- **Частота модуляции** – частота модуляции, с которой будут генерироваться сигнал. Связана с его периодом T_1 (рисунок выше) зависимостью $f_1=1/T_1$. Частота модуляции задается в герцах (Гц).

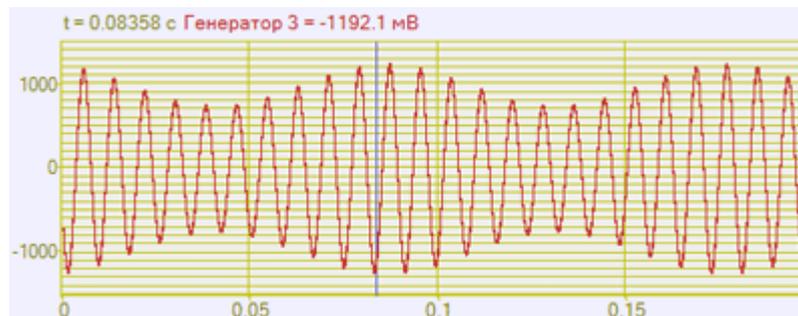
- *Модуляция* – глубина модуляции, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в процентах от амплитуды сигнала. На рисунке выше величина модуляции обозначена a/A_0 .

После установки необходимых параметров амплитудно-модулированного сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке ниже.



Параметры сигнала

На рисунке ниже показана соответствующая форма сигнала, полученная с помощью программы [Многоканальный осциллограф](#).



Осциллограмма генерируемого сигнала

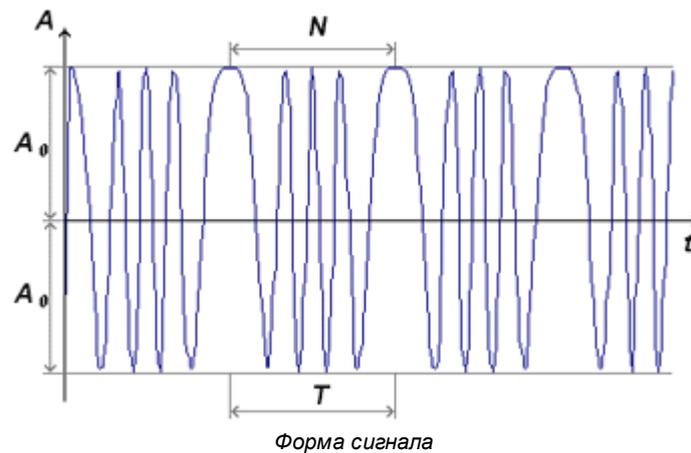
1.2.9 Вкладка "ЧМ"

Частотно-модулированный сигнал представляет собой сигнал, у которого частота несущего колебания изменяется во времени по синусоидальному закону.

Амплитуда сигнала в каждый момент времени определяется формулой:

$$A = A_0 \sin[\omega t + \Delta\omega \sin\omega_1 t + \varphi_0]$$

- A_0 – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала (f – частота несущей сигнала),
- $\omega_1 = 2\pi f_1$ – фаза сигнала (f_1 – частота модуляции сигнала),
- $\Delta\omega$ – девиации частоты (модуляция),
- t – текущее время,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

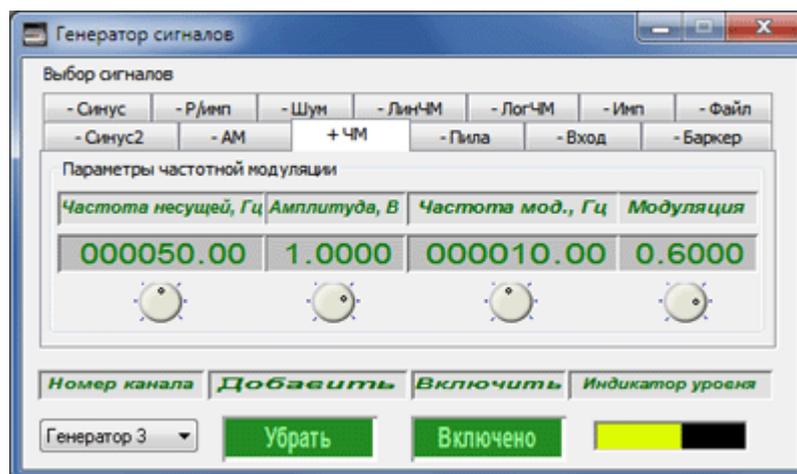


Количество импульсов N в одном периоде T (см. рисунок) равно отношению несущей частоты к частоте модуляции.

Для генерирования частотно-модулированного сигнала необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку **-ЧМ**, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров частотно-модулированного сигнала:

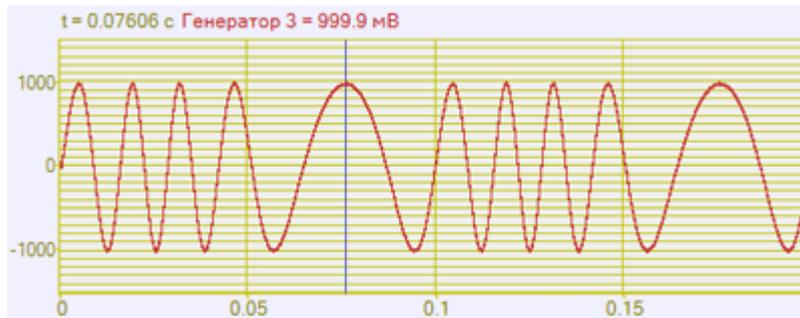
- **Частота несущей** – несущая частота, с которой будет генерироваться сигнал. Частота заполнения задается в герцах (Гц).
- **Амплитуда** – пиковое значение сигнала, с которой будет генерироваться сигнал. Амплитуда задается в вольтах (В). На рисунке выше амплитуда обозначена A_0 .
- **Частота модуляции** – частота модуляции, с которой будет генерироваться сигнал. Частота модуляции задается в герцах (Гц).
- **Модуляция** - глубина модуляции, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в процентах от частоты сигнала.

После установки необходимых параметров частотно-модулированного сигнала и начала генерирования (начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки **Добавить** сигнал и кнопки **Включить** все сигналы) окно программы примет вид как показано на рисунке ниже.



Параметры генерируемого сигнала

На рисунке ниже показана соответствующая форма сигнала, полученная с помощью программы [Многоканальный осциллограф](#).

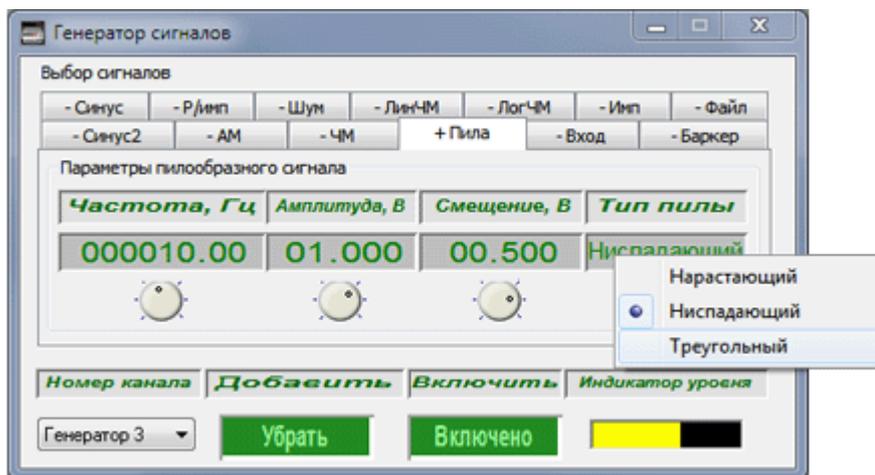


Оциллограмма генерируемого сигнала

1.2.10 Вкладка "Пила"

Для генерирования пилообразного сигнала необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку –*Пила*, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров пилообразного сигнала:

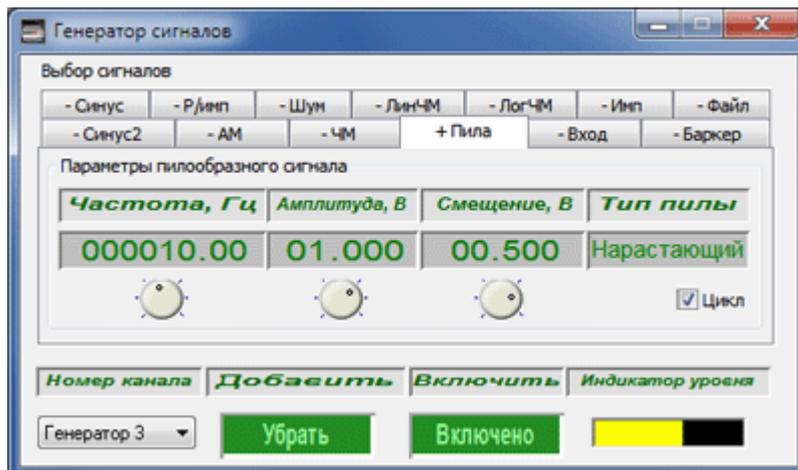
- *Частота, Гц* – частота генерируемого сигнала в герцах. Частота сигнала f связана с его периодом T зависимостью $f=1/T$.
- *Амплитуда, В* - уровень, с которым будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах.
- *Смещение, В* – значение смещения постоянной составляющей, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах.
- *Тип пилы* – нарастающий, ниспадающий или треугольный. Выбирается из списка, который вызывается правой кнопкой "мыши".



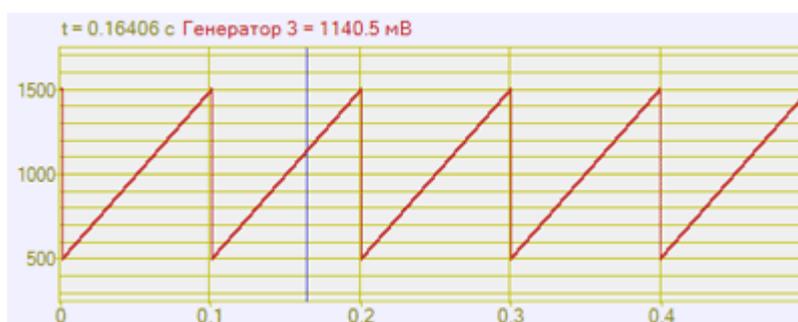
Выбор типа пилы

Начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы.

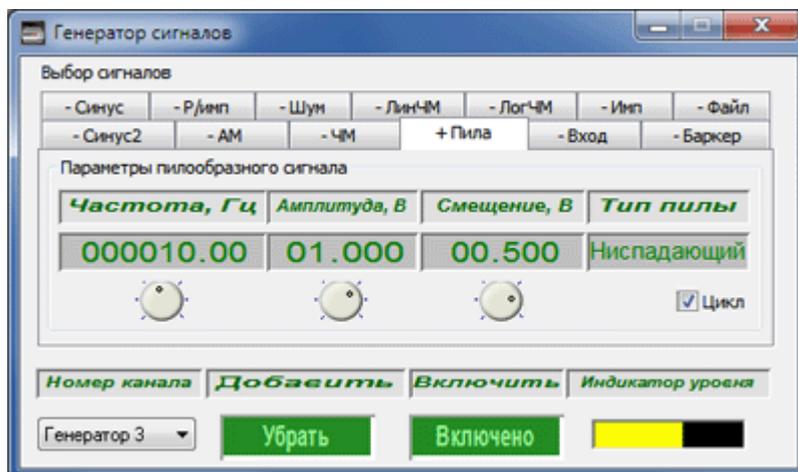
На рисунках ниже показаны параметры и соответствующие формы сигналов для треугольного, нарастающего и ниспадающего типов пилы.



Форма сигнала



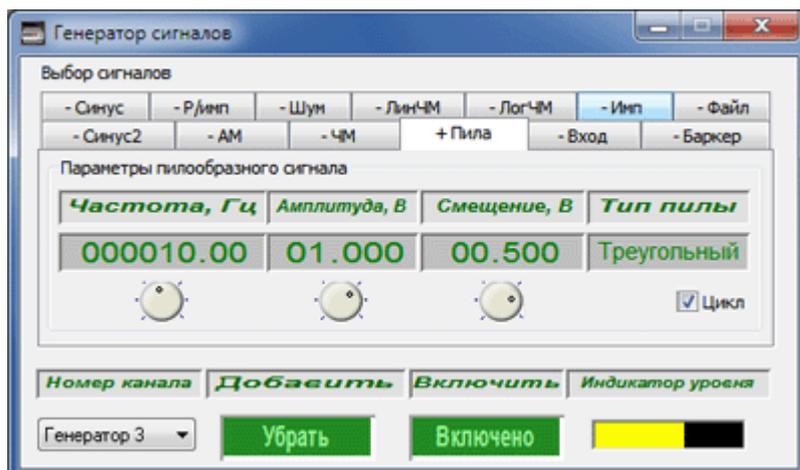
Осциллограмма сигнала



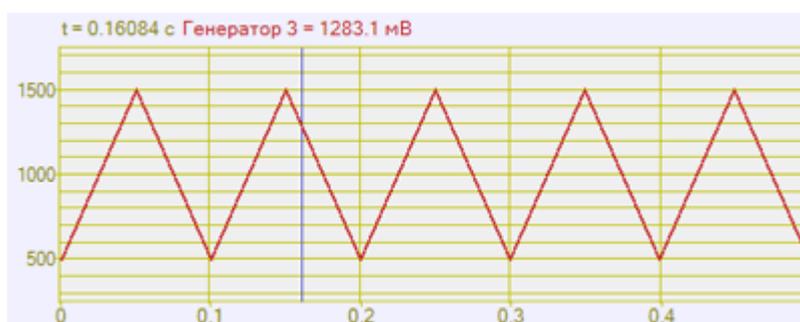
Форма сигнала



Осциллограмма сигнала



Форма сигнала



Осциллограмма сигнала

1.2.11 Вкладка "Вход"

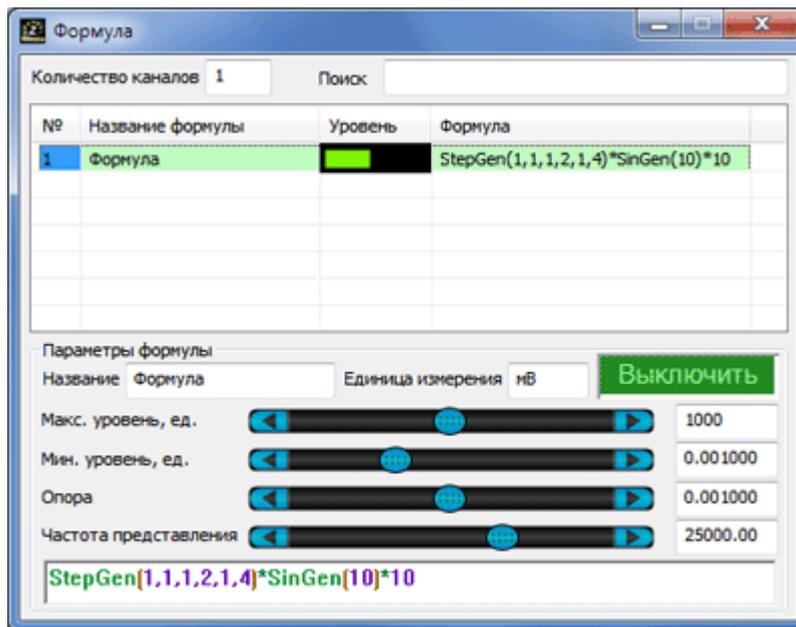
Функция генерирования входного сигнала значительно расширяет возможности программы **Генератор сигналов**. Например, когда необходимо подать с выхода сигнал сложной формы, по формулам, не реализованным в программе **Генератор сигналов**, можно обратиться к программе **Формула**, которая позволяет не только формировать сигналы различной формы, но и производить над ними различные математические и арифметические операции.

Для генерирования на выходе генератора сигнала, поступающего на входные каналы, необходимо в программе **Генератор сигналов** перейти на вкладку *-Вход*, после чего в окне программы **Генератор сигналов** отобразятся элементы задания параметров сигнала.

- Входной канал – входной канал устройства ZET или виртуальный канал, создаваемый программами **ZETLAB**. Выбранный сигнал будет передаваться с выхода генератора.
- Коэффициент – коэффициент усиления/ослабления сигнала передаваемого с входного канала АЦП или виртуального канала на выход генератора.

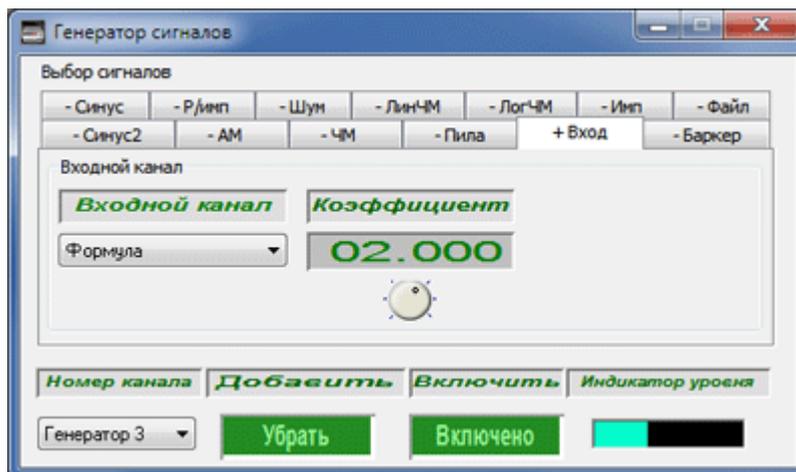
Начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы.

На рисунке ниже показано окно программы **Формула**, в которой формируется сигнал, являющийся произведением двух других сигналов.



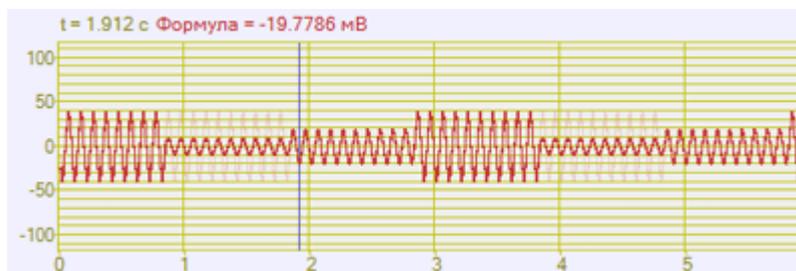
Формула

Этот сигнал передается с выхода генератора с коэффициентом усиления 2.

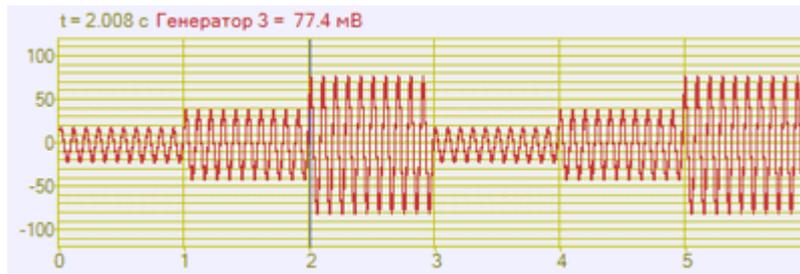


Генератор сигналов

На рисунках ниже приводятся осциллограммы сигнала формулы и генератора:



Осциллограмма сигнала формулы



Оциллограмма сигнала генератора

1.2.12 Вкладка "Баркер"

Сигналы Баркера - это фазо-модулированные сигналы, которые в частном случае определяются по формуле:

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} q_k f_k(t)$$

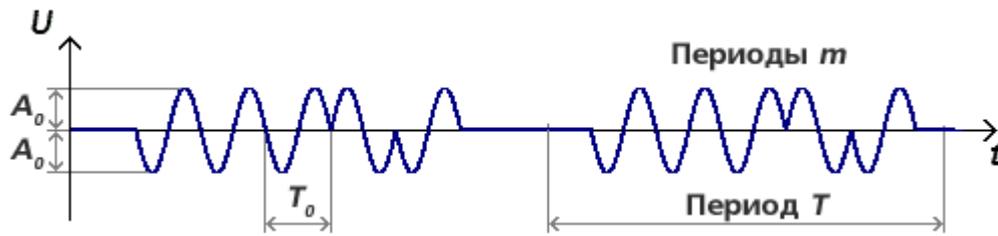
- $q_k = \pm 1$ (при k от 0 до $N-1$),
- $f_k(t) = A_0 \sin(\omega t)$
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала (f – частота сигнала, связана с периодом $f=1/T$),
- A_0 – амплитуда сигнала

Сигналы Баркера имеют спектры мощности, наименее уклоняющиеся (в квадратичном смысле) от спектра единичного дискрета. Их автокорреляционные функции соответственно приближаются к автокорреляционной функции дискрета. Остатки (боковые пики) автокорреляционной функции сигналов Баркера не превышают величины $1/N$. Такие коды существуют для $N \leq 13$. Ниже приводится таблица кодов Баркера:

N	k												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	+1	-1											
3	+1	+1	-1										
4	+1	+1	-1	+1									
5	+1	+1	+1	-1	+1								
7	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1						
11	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1		
13	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1

Для генерирования сигнала Баркера нужного кода с заданными частотой, уровнем и периодом, необходимо в программе Генератор сигналов перейти на вкладку -Баркер, после чего в окне программы Генератор сигналов отобразятся элементы задания параметров сигнала Баркера.

- *Частота, Гц* – частота импульсов генерируемого сигнала в герцах. Частота сигнала f связана с его периодом T_0 (рисунок ниже) зависимостью $f=1/T_0$.
- *Периоды* – количество импульсов в одном дискрете. Подробнее этот параметр описан ниже.
- *Ампл* – амплитуда, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах. На рисунке ниже амплитуда обозначена A_0 .
- *Период* – количество дискретов, генерируемых за одну секунду, т.е. частота повторения кода Баркера (частота повторения дискретов).
- *Код* – код Баркера.



Форма сигнала с кодом Баркера 5

Периоды

В простом случае, когда в программе **Генератор сигналов** количество периодов (параметр *Периоды*) равно 1, последовательность импульсов в одном дискрете генерируемого сигнала соответствует таблице, приведенной выше. При количестве периодов m увеличивается не количество дискретов в одну секунду, а количество импульсов в одном дискрете.

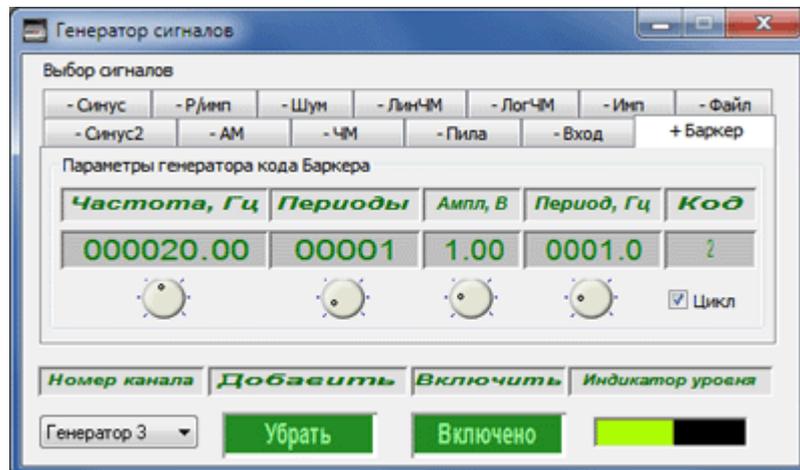
Например, для сигнала Баркера с кодом 5 последовательность q_k для количества периодов m будет равна:

- $m=1$: {+1; +1; +1; -1; +1};
- $m=2$: {+1; +1; +1; +1; +1; +1; -1; -1; +1; +1};
- $m=3$: {+1; +1; +1; +1; +1; +1; +1; +1; +1; -1; -1; -1; +1; +1; +1}
- и т.д.

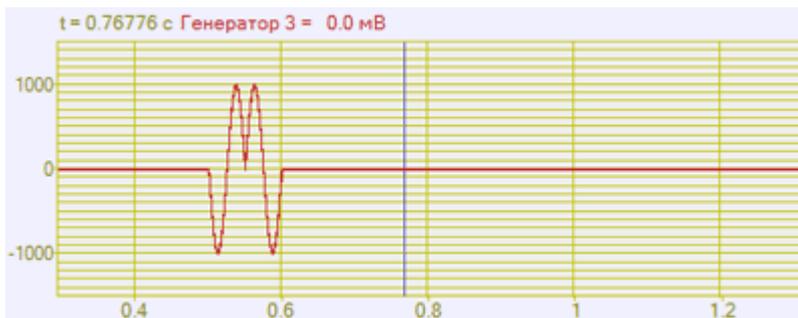
То есть в одном дискрете количество импульсов одного знака увеличивается в число раз, равное заданному параметру *Периоды*.

Начало генерирования происходит после последовательного нажатия кнопки *Добавить* сигнал и кнопки *Включить* все сигналы в программе **Генератор сигналов**.

На рисунках ниже показаны настройки генерирования кодов Баркера и соответствующие формы сигнала, а также автокорреляционная функция для кода 13:



Параметры сигнала



Осциллограмма сигнала

Генератор сигналов

Выбор сигналов

- Синус - Р/Имп - Шум - ЛинЧМ - ЛогЧМ - Имп - Файл
 - Синус2 - АМ - ЧМ - Пила - Вход + Баркер

Параметры генератора кода Баркера

Частота, Гц	Периоды	Ампл, В	Период, Гц	Код
000020.00	00001	1.00	0001.0	3

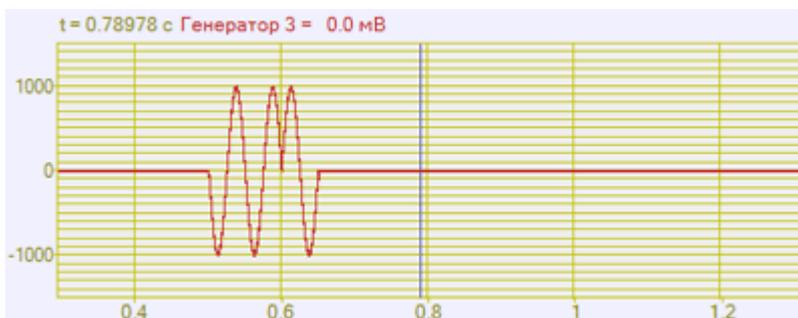
Цикл

Номер канала: Генератор 3

Добавить Включить Индикатор уровня

Убрать Включено

Параметры сигнала



Осциллограмма сигнала

Генератор сигналов

Выбор сигналов

- Синус - Р/Имп - Шум - ЛинЧМ - ЛогЧМ - Имп - Файл
 - Синус2 - АМ - ЧМ - Пила - Вход + Баркер

Параметры генератора кода Баркера

Частота, Гц	Периоды	Ампл, В	Период, Гц	Код
000020.00	00001	1.00	0001.0	4

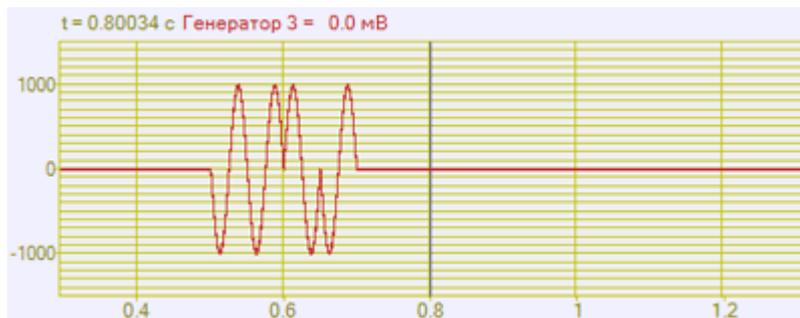
Цикл

Номер канала: Генератор 3

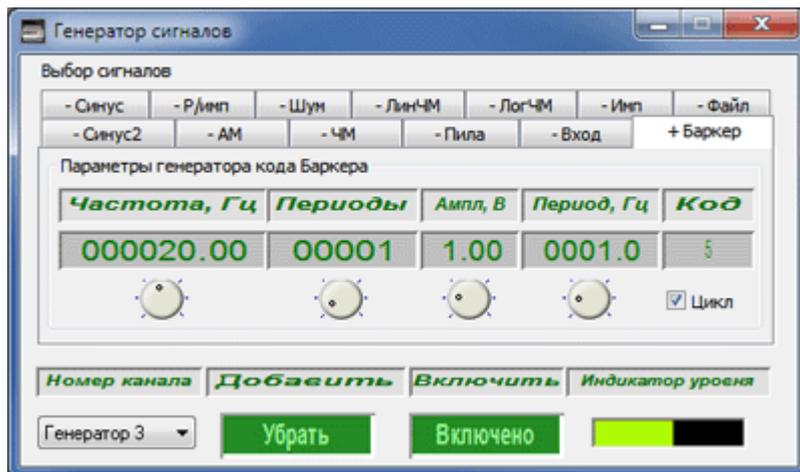
Добавить Включить Индикатор уровня

Убрать Включено

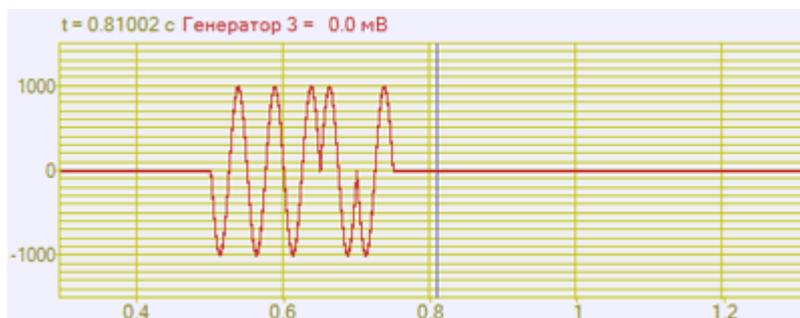
Параметры сигнала



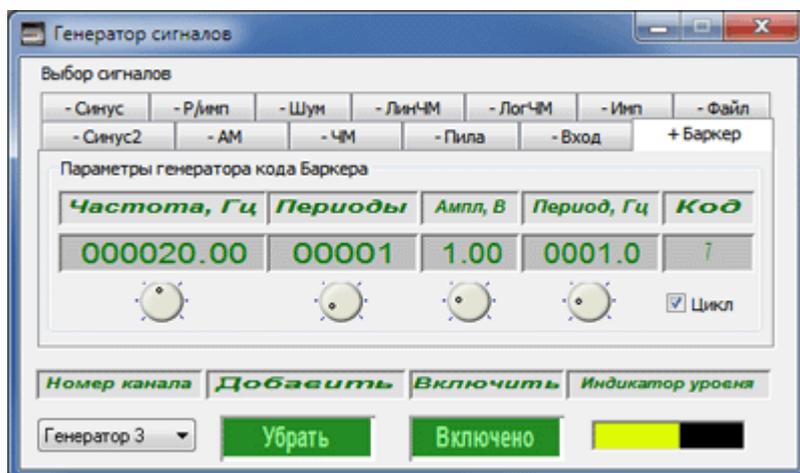
Осциллограмма сигнала



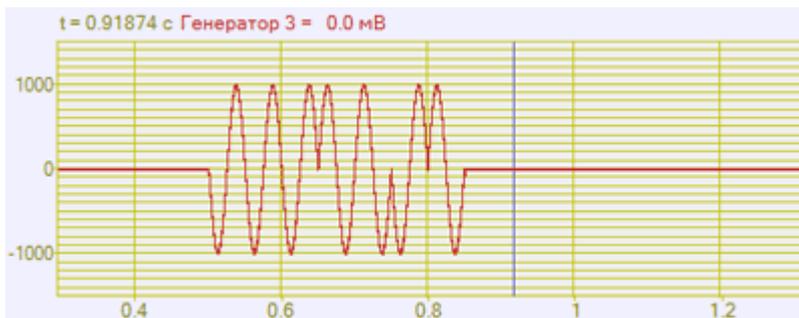
Параметры сигнала



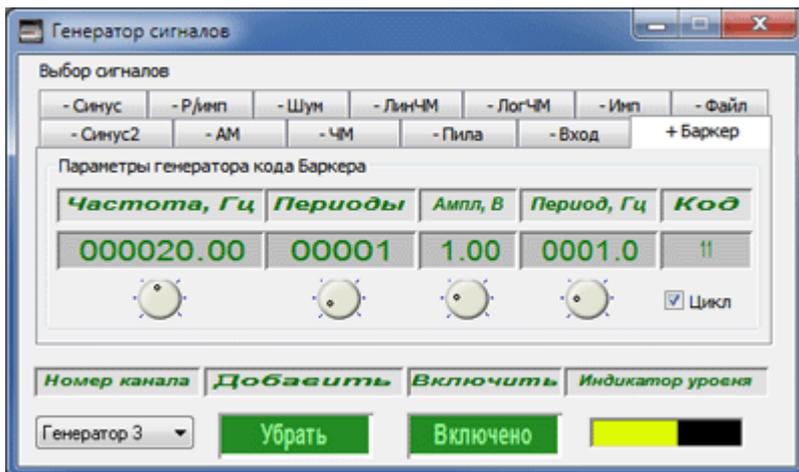
Осциллограмма сигнала



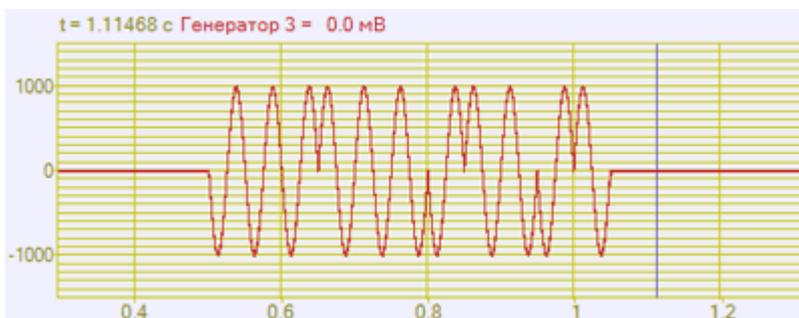
Параметры сигнала



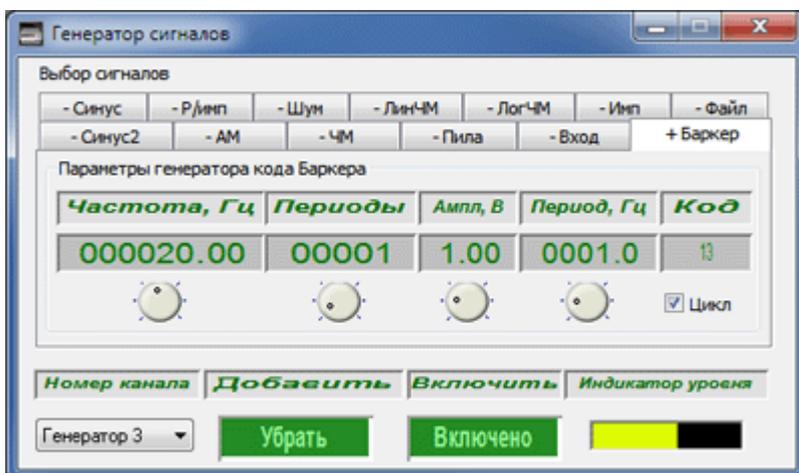
Осциллограмма сигнала



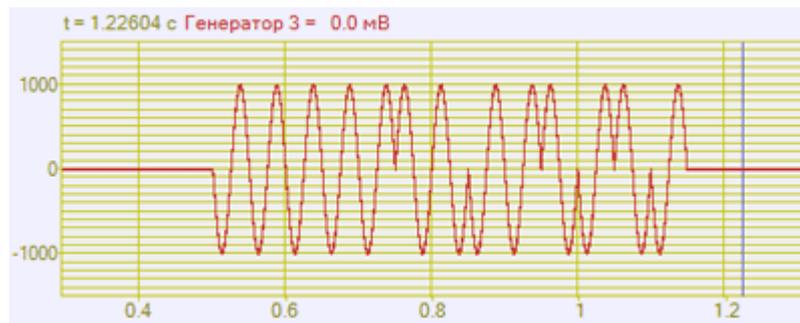
Параметры сигнала



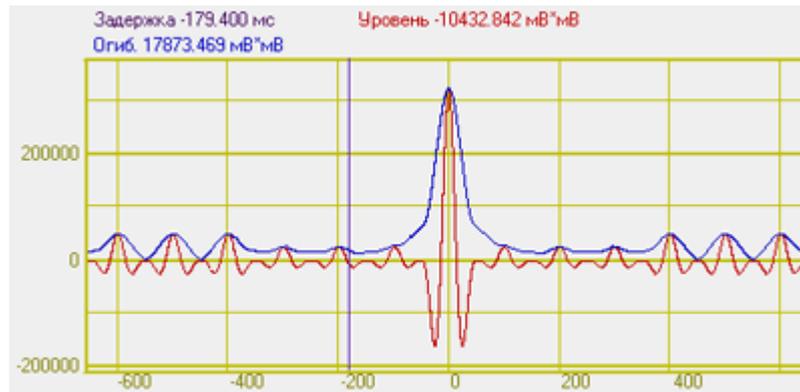
Осциллограмма сигнала



Параметры сигнала



Оциллограмма сигнала



Автокорреляционная функция

2 Синхронный генератор

Программа **Синхронный генератор** предназначена для формирования сигналов на выходных каналах устройств, производимых ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы". Типы генерируемых сигналов: синусоидальный и меандр. Максимальное количество каналов равно количеству выходов ЦАП всех подключенных устройств. Особенностью программы является синхронизация генерируемых сигналов.

Программа **Синхронный генератор** создает виртуальные каналы, которые в списках выбора каналов в программах из состава **ZETLAB** отображаются с названиями *Генератор 1*, *Генератор 2* и т.д. Данными этих виртуальных каналов являются данные с выхода цифро-аналогового преобразователя (выход генератора) и доступны для последующего анализа другим программам **ZETLAB**.

Программа позволяет управление одновременно несколькими выходами генератора сигналов (цифроаналоговыми преобразователями) как одного подключенного устройства, так и нескольких.

Внимание! Программа **Синхронный генератор** поставляется только с устройствами, в состав которых входит цифроаналоговый преобразователь (ЦАП).

2.1 Поддерживаемое оборудование

Программа **Синхронный генератор** входит состав следующего ПО:

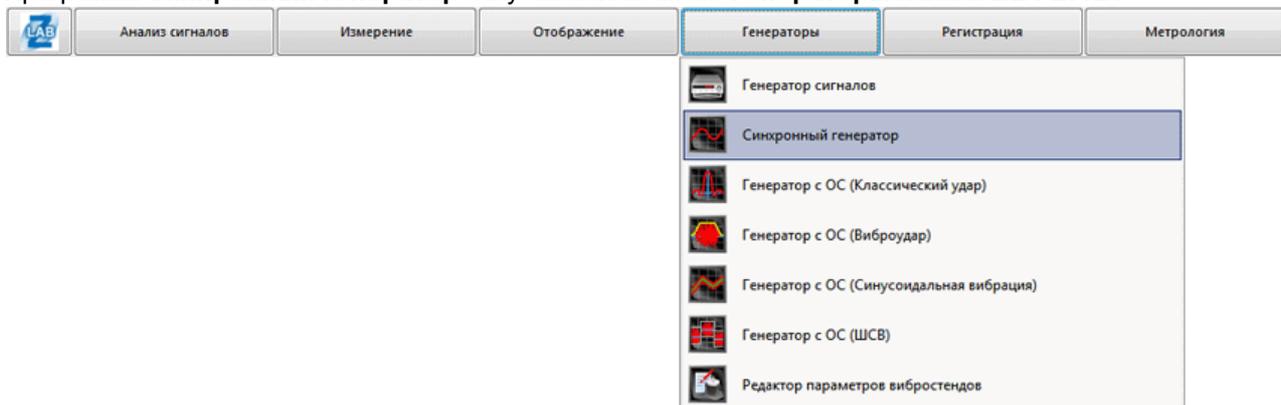
- **ZETLAB BASE** - программное обеспечение, поставляемое с платами АЦП/ЦАП,
- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями.

Примечание 1. При разности частоты дискретизации АЦП и ЦАП устройства, используемого для генерации сигнала, более чем в 10 раз проявляется эффект пропадаания одной точки из виртуального сигнала в **ZETLAB**. При этом генерируемый сигнал полностью соответствует заданным параметрам. Поэтому при таких настройках виртуальный сигнал не может использоваться для расчетов, например, с помощью арифмометра, или в качестве опорного сигнала в программе Тензомер. Если использование виртуального канала необходимо, следует снизить частоту дискретизации ЦАП или увеличить частоту дискретизации АЦП.

Примечание 2. При подключении устройств к ПК по Ethernet частота дискретизации ЦАП не должна превышать 100 кГц. Если устройство имеет несколько выходов ЦАП, то частота дискретизации ЦАП не должна превышать $100/N$ кГц, где N - количество задействованных генераторов.

2.2 Интерфейс программы

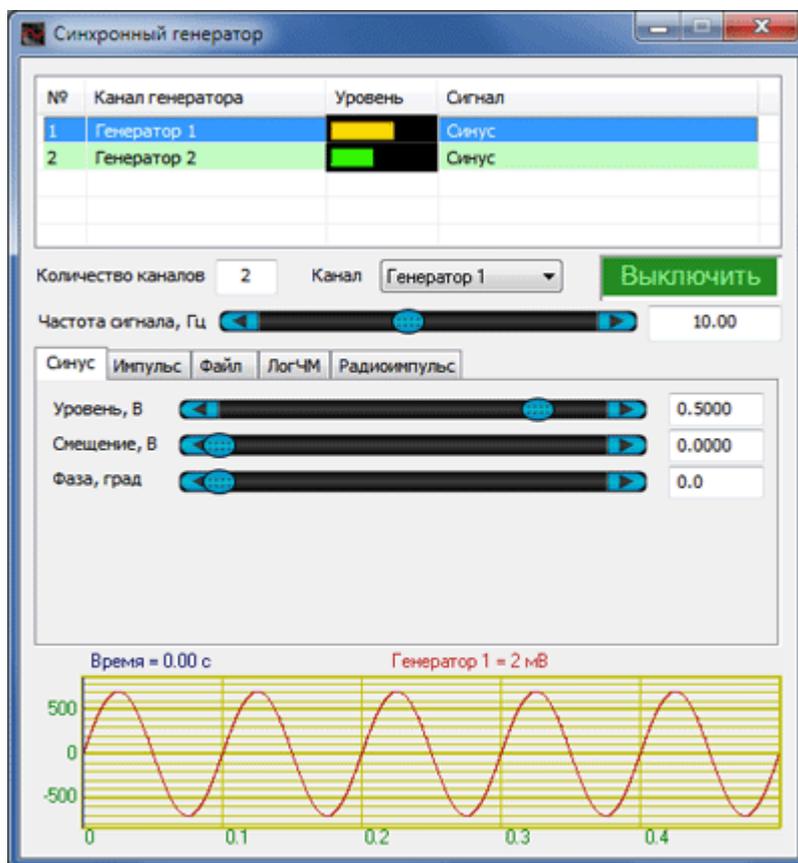
Программа **Синхронный генератор** запускается из меню **Генераторы** панели **ZETLAB**.



Запуск синхронного генератора

Примечание: программу **Синхронный генератор** можно запустить непосредственно из рабочей директории **ZETLAB** (по умолчанию: C:\ZETLAB\). Имя запускаемого файла: SynchroChanDac.exe.

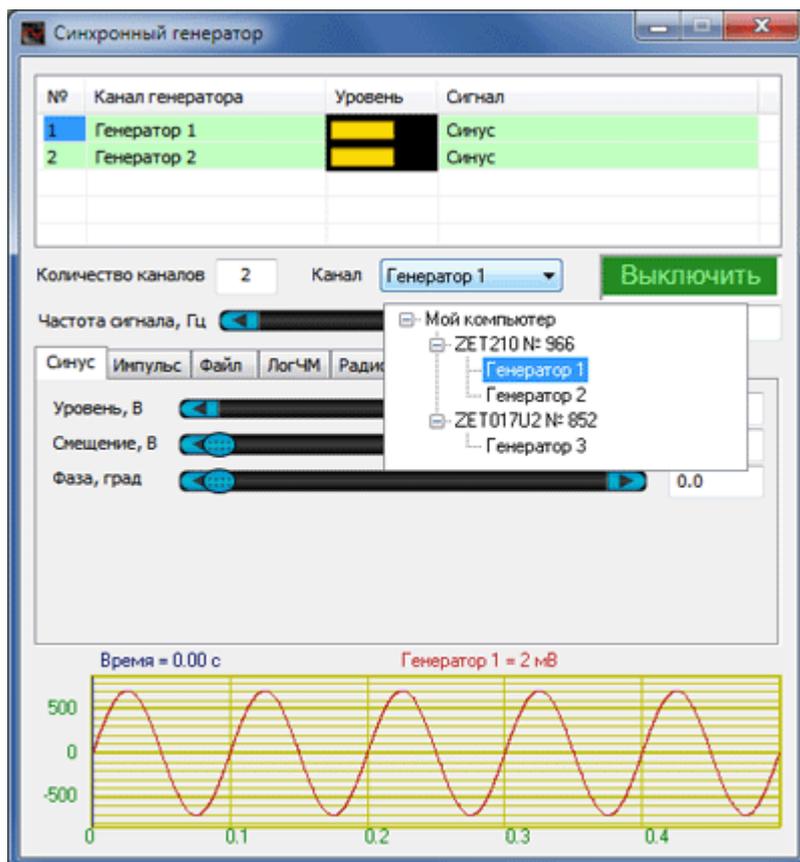
В заголовке программы отображается ее название - **Синхронный генератор**.



Синхронный генератор

Верхнюю часть программы занимает список генераторов, среднюю - параметры генерируемого сигнала, нижнюю - осциллограмма генерируемого сигнала.

В поле *Количество каналов* устанавливается количество генерируемых сигналов, справа от него для каждого канала выбирается генератор, на выходе которого будет формироваться сигнал:



Выбор генератора

Глобальная кнопка *Включить/Выключить* (в отжатом состоянии имеет название *Включить*, в нажатом - *Выключить*) включает/выключает генерирование всех сигналов.

В поле *Частота сигнала, Гц* задается частота всех сигналов синусоидальной и импульсной формы.

Программа **Синхронный генератор** позволяет генерировать следующие типы сигналов:

- [Синусоидальный сигнал](#)
- [Импульсный сигнал](#)
- [Сигнал из файла](#)
- [Частотно-модулированный сигнал](#)
- [Радио-импульсный сигнал](#)

Параметры сигналов описываются в соответствующих разделах.

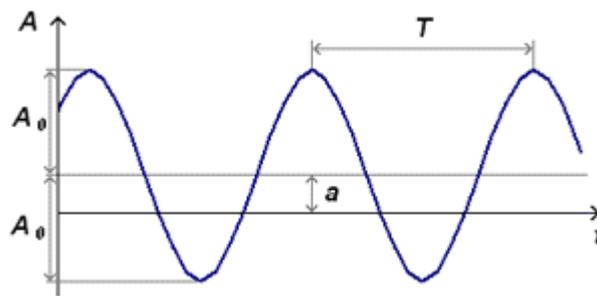
2.2.1 Синусоидальный сигнал

Амплитуда синусоидального сигнала рассчитывается по формуле:

$$A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где:

- $A_0 = U_{\text{с.кз}} \cdot \sqrt{2}$ – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала (f – частота сигнала, $f = 1/T$, T – период сигнала),
- t – текущее время,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

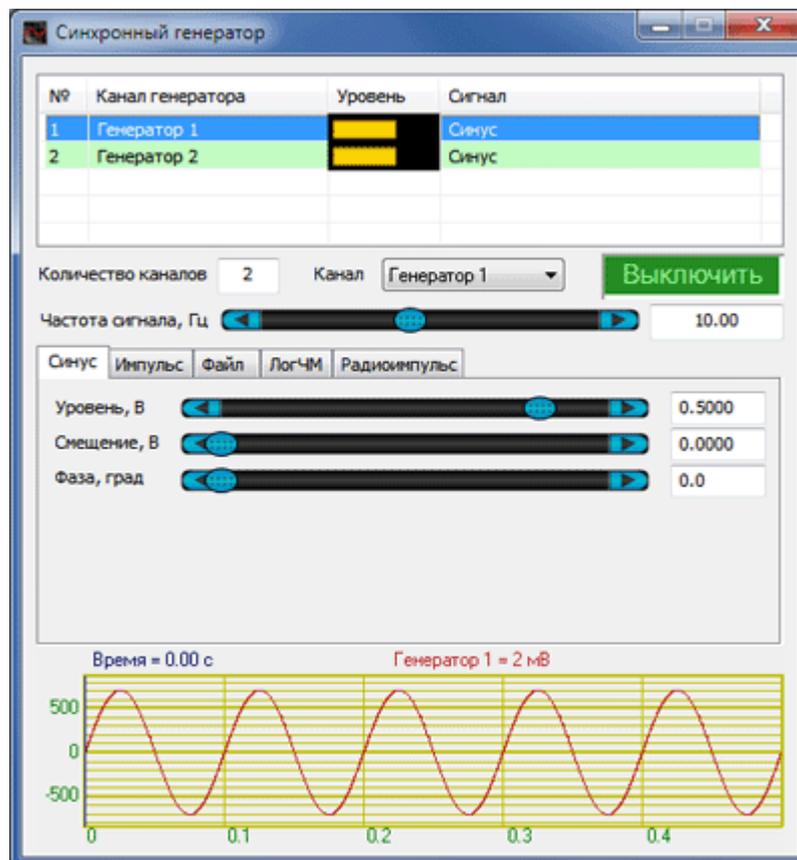


Форма синусоидального сигнала

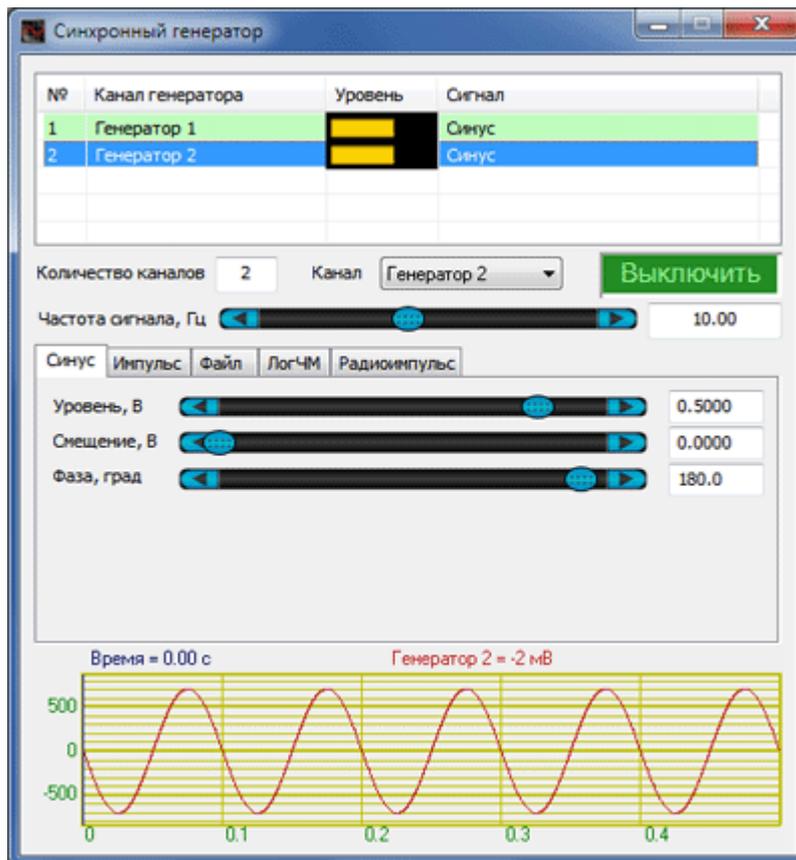
В программе **Синхронный генератор** частота всех генерируемых синусоидальных сигналов задается в поле *Частота сигнала, Гц* (располагается над вкладками сигналов). Изменить частоту также можно с помощью горизонтального регулятора.

В поле *Уровень, В* задается СКЗ генерируемого сигнала в вольтах. В поле *Смещение, В* задается постоянная составляющая сигнала (на рисунке выше обозначена a). В поле *Фаза, град*, задается начальная фаза сигнала φ_0 .

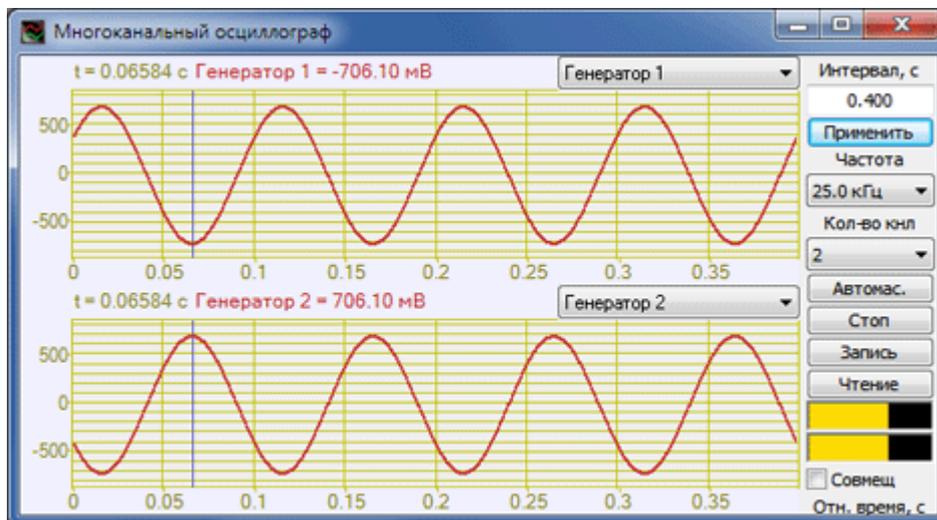
На рисунках ниже приводится пример генерирования двух синусоидальных сигналов в противофазе.



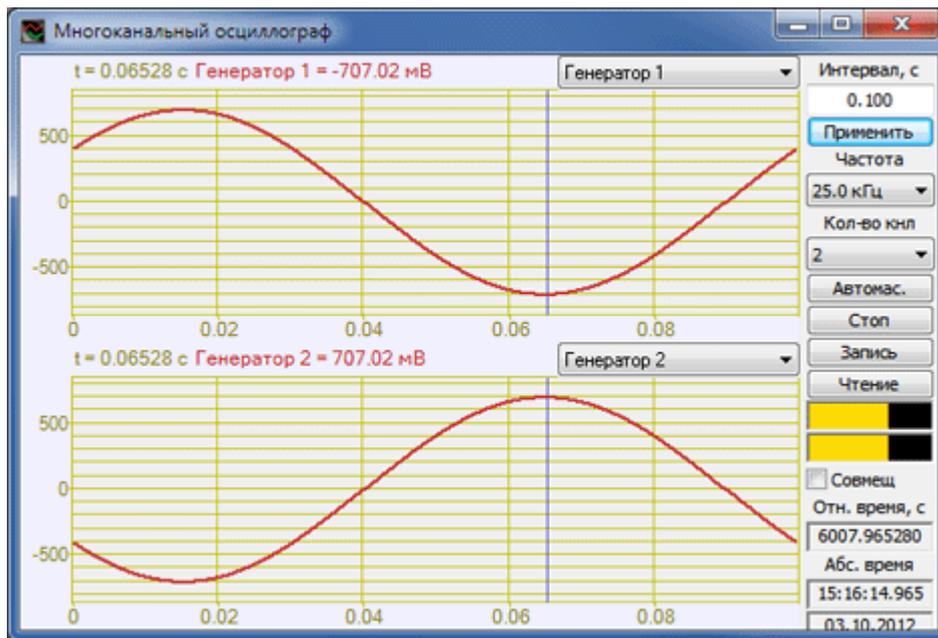
Параметры генерируемого сигнала, канал 1



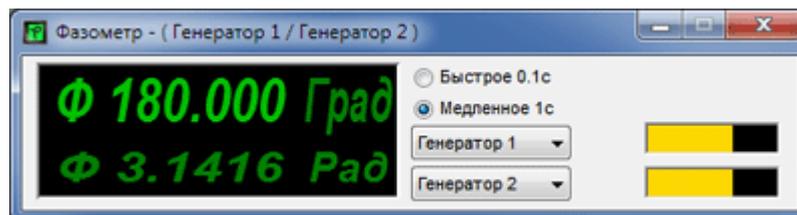
Параметры генерируемого сигнала, канал 2



Осциллограммы генерируемых сигналов



Осциллограмма генерируемых сигналов



Разность фаз генерируемых сигналов: измерение программой Фазометр

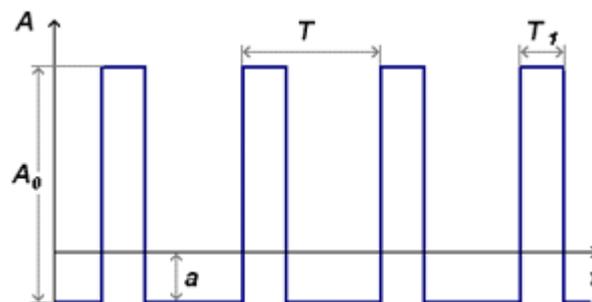
2.2.2 Импульсный сигнал

Импульсный сигнал представляет собой сигнал с кратковременным изменением установившегося состояния, характеризующийся малым интервалом времени по сравнению с временными характеристиками установившегося процесса.

Импульс вычисляется по формуле:

$$A = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega t < 2\pi \cdot S \\ 0, & \text{если } \omega t > 2\pi \cdot S \end{cases}$$

- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала (f – частота сигнала, $f=1/T$, T – период сигнала),
- t – текущее время,
- S – коэффициент заполнения (скважность, $T1/T$).



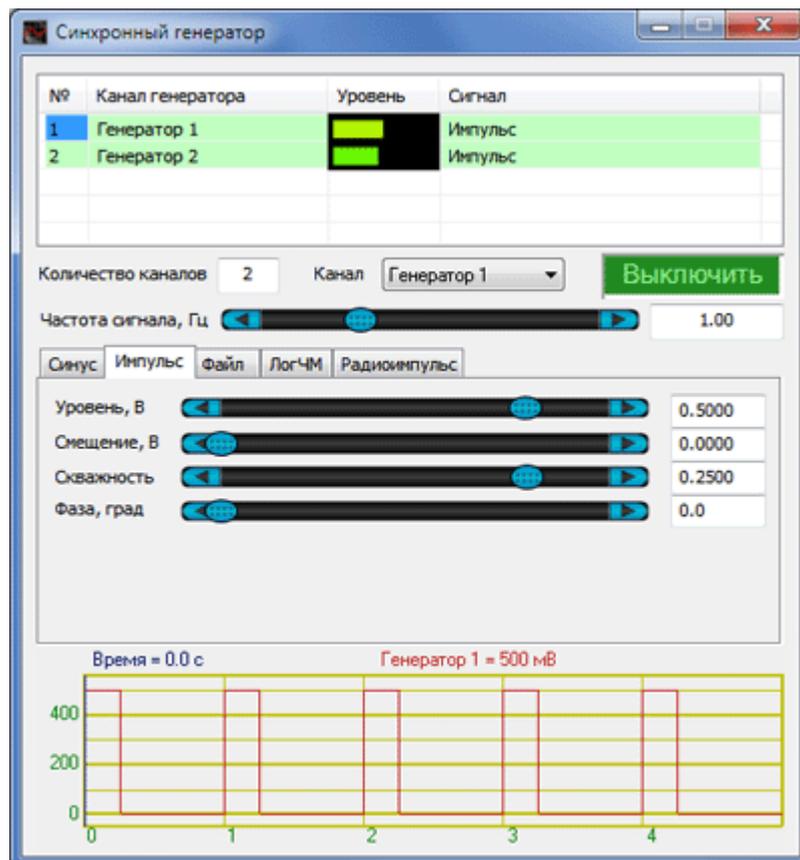
Форма сигнала

В программе **Синхронный генератор** частота всех генерируемых импульсных сигналов задается в поле *Частота сигнала, Гц* (располагается над вкладками сигналов). Изменить частоту также можно с помощью горизонтального регулятора.

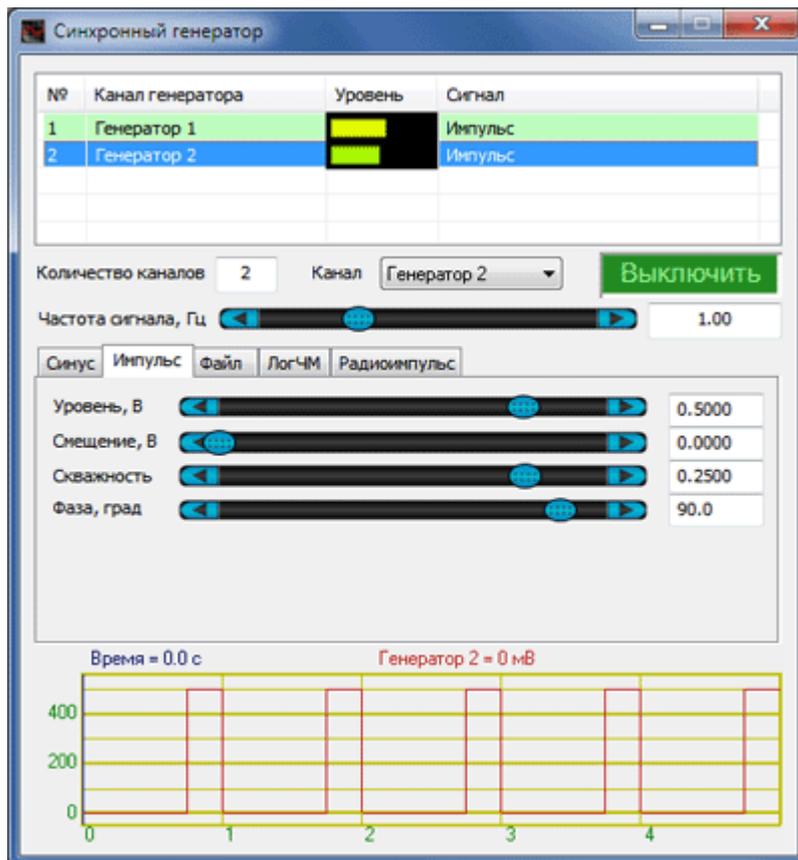
В поле *Уровень, В* задается амплитуда генерируемого сигнала в вольтах (на рисунке выше обозначена A_0). В поле *Смещение, В* задается постоянная составляющая сигнала (на рисунке выше обозначена a).

В поле *Скважность* задается коэффициент заполнения как отношение длительности импульса к его периоду. В поле *Фаза, град*, задается начальная фаза сигнала φ_0 .

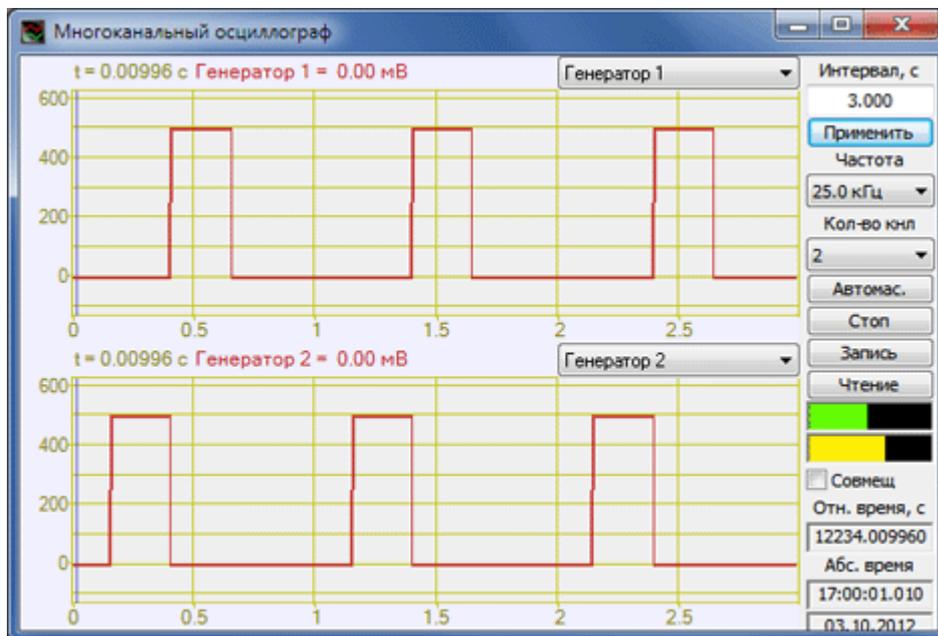
На рисунках ниже приводится пример генерирования двух импульсных сигналов со сдвигом в четверть периода.



Параметры генерируемого сигнала, канал 1



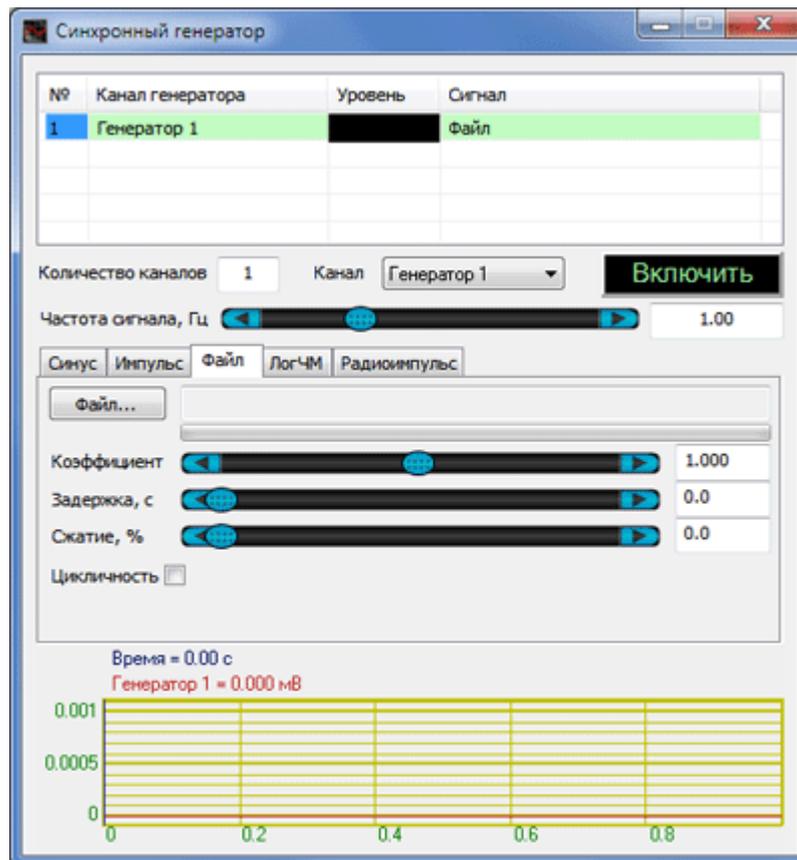
Параметры генерируемого сигнала, канал 2



Осциллограммы генерируемых сигналов

2.2.3 Сигнал из файла

Для синхронного воспроизведения записанных сигналов используется функция генерирования сигнала из файла в программе **Синхронный генератор**.



Параметры генерации записанного файла

При нажатии на кнопку *Файл* открывается окно выбора файла, который будет воспроизведен на выходе генератора с указанным коэффициентом усиления/ослабления напряжения (поле *Коэффициент*) и коэффициентом сжатия по времени (поле *Сжатие, %*). Воспроизведение начинается после нажатия кнопки *Включить* по истечении указанного времени задержки (поле *Задержка*). Флаг *Цикличность* включает/отключает цикличное воспроизведение сигнала.

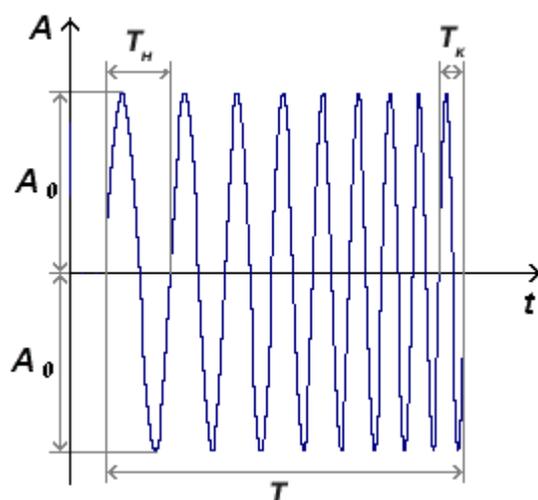
2.2.4 ЛогЧМ

Частотно-модулированный сигнал с логарифмической разверткой по частоте (ЛогЧМ) представляет собой синусоиду с частотой, изменяющейся по логарифмическому закону.

ЛогЧМ рассчитывается по формуле:

$$A = A_0 \cdot \sin \left(\frac{\omega \cdot T}{\ln \left(\frac{f_k}{f_0} \right)} \cdot \left(\frac{f_k}{f_0} \right)^{\frac{t}{T}} + \varphi_0 \right)$$

- $A_0 = U_{\text{скз}} \cdot \sqrt{2}$ – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала ($f = 1/T$),
- T – время изменения частоты,
- f_0 – начальная частота сигнала,
- f_k – конечная частота сигнала,
- t – текущее время,
- φ_0 – начальная фаза сигнала.

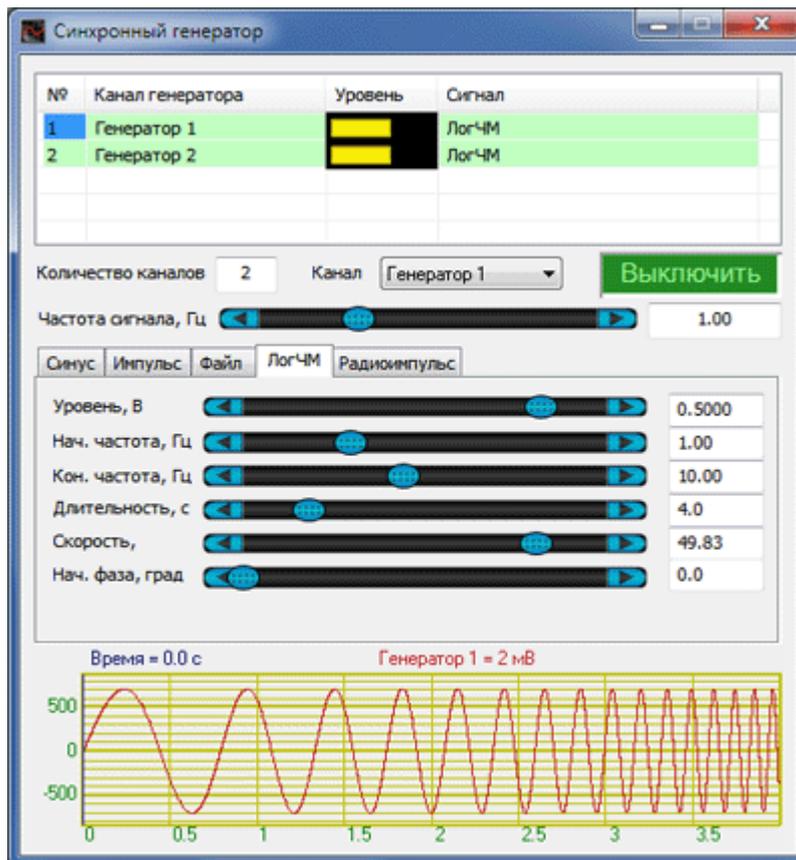


Форма сигнала

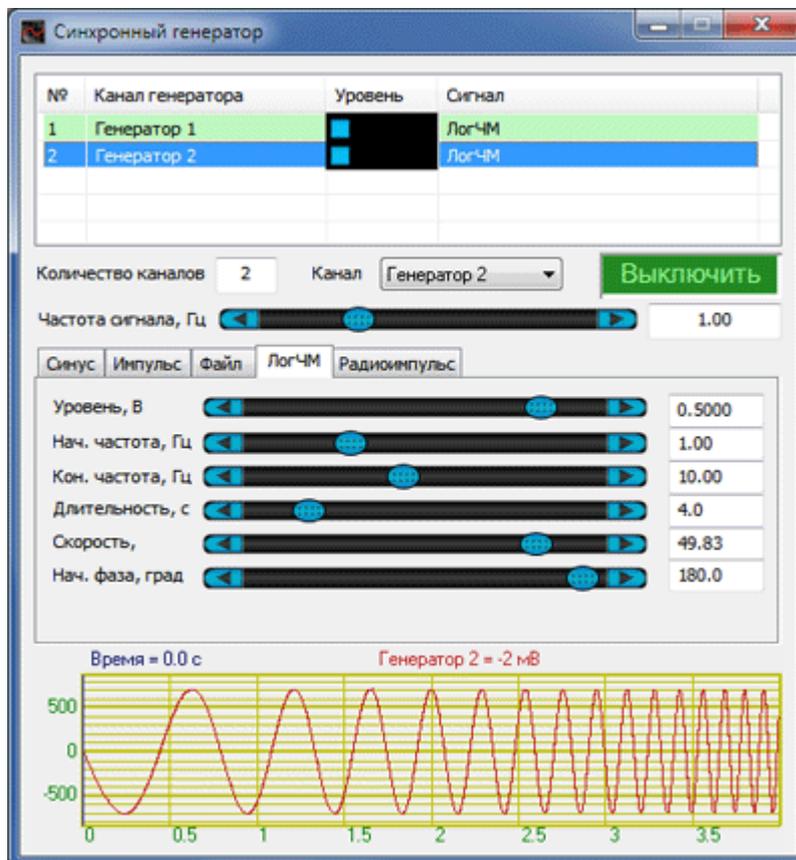
Для генерирования ЛогЧМ, с заданными параметрами, необходимо в программе **Синхронный генератор** перейти на вкладку *ЛогЧМ*, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров ЛогЧМ:

- *Уровень* – среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня, с которым будут генерироваться ЛогЧМ. Уровень задается в вольтах. Обратите внимание, что в качестве уровня задается среднеквадратичное значение. Пиковое значение (на рисунке выше обозначено как A_0) связано с СКЗ соотношением $A_0 = \text{СКЗ} \cdot \sqrt{2}$.
- *Нач. частота*, Гц – начальная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛогЧМ. Связана с периодом T_n на рисунке выше соотношением $f_n = 1/T_n$. Начальная частота задается в герцах.
- *Кон. частота*, Гц – конечная частота частотного диапазона, в котором будет генерироваться ЛогЧМ. Связана с периодом T_k на рисунке выше соотношением $f_k = 1/T_k$. Конечная частота задается в герцах.
- *Длительность*, с – длительность цикла, с которым будет генерироваться ЛогЧМ. Длительность задается в секундах. На рисунке выше длительность обозначена T .
- *Скорость* – скорость изменения частоты относительно октав в минуту (окт/мин), с которой будет генерироваться ЛогЧМ. Рассчитывается автоматически исходя из длительности и начальной и конечной частот.
- *Нач. фаза*, град – начальная фаза сигнала (φ_0).

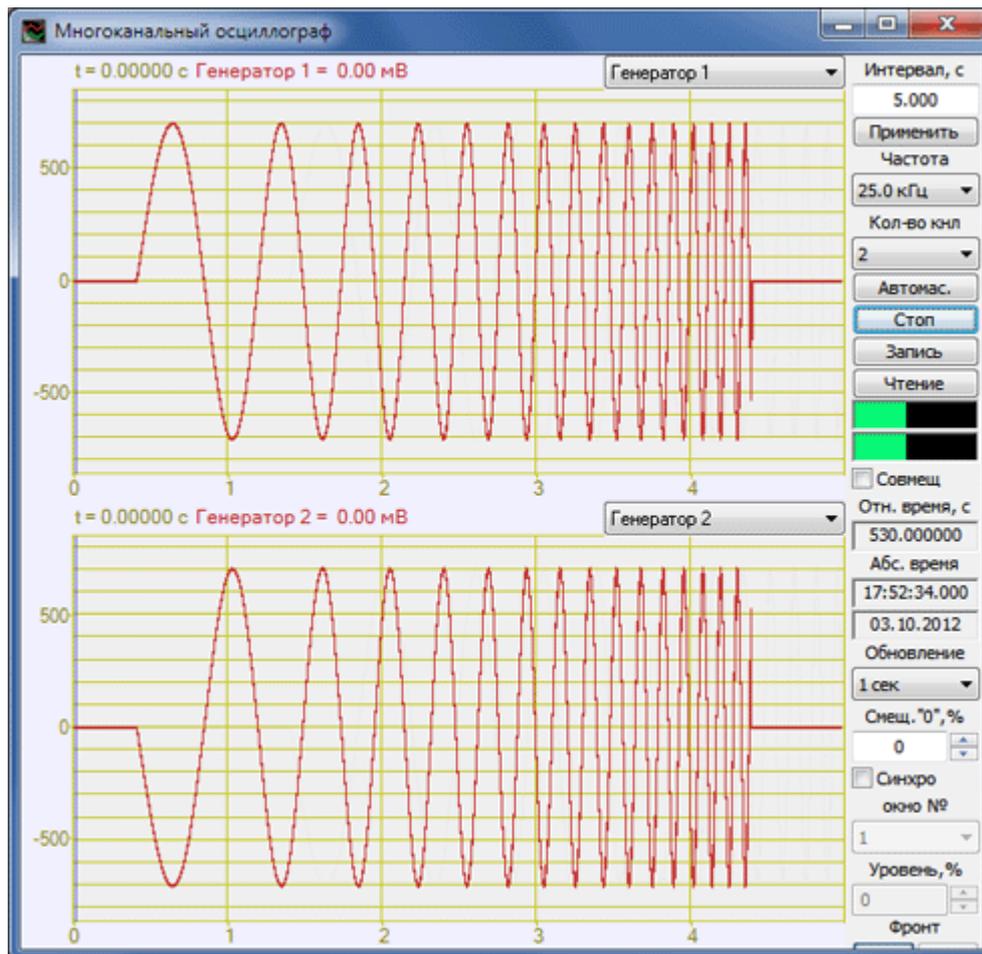
На рисунках ниже приводится пример генерирования двух частотно-модулированных сигналов в противофазе:



Параметры генерируемого сигнала, канал 1



Параметры генерируемого сигнала, канал 2



Оциллограммы генерируемых сигналов

2.2.5 Радиоимпульс

Радиоимпульсный сигнал представляет собой сигнал с кратковременным изменением установившегося состояния, характеризующийся малым интервалом времени по сравнению с временными характеристиками установившегося процесса.

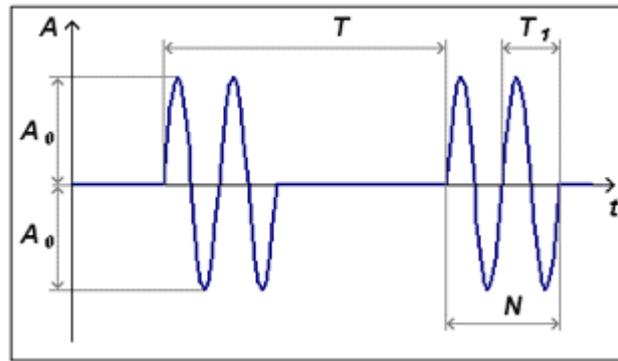
Уровень радиоимпульсного сигнала в каждый момент времени вычисляется по формуле:

$$A = \begin{cases} A_0 \sin \omega_1 Nt, & \text{если } \omega_1 Nt < \omega t \\ 0 & \text{если } \omega_1 Nt > \omega t \end{cases}$$

где:

- A_0 – амплитуда сигнала,
- $\omega = 2\pi f$ – фаза сигнала,
- f – частота сигнала (несущая частота), связана с его периодом T зависимостью $f=1/T$
- t – текущее время,
- N – коэффициент заполнения (отношение несущей частоты к частоте следования).

Примечание: на рисунке ниже N обозначено количество импульсов в одном периоде.



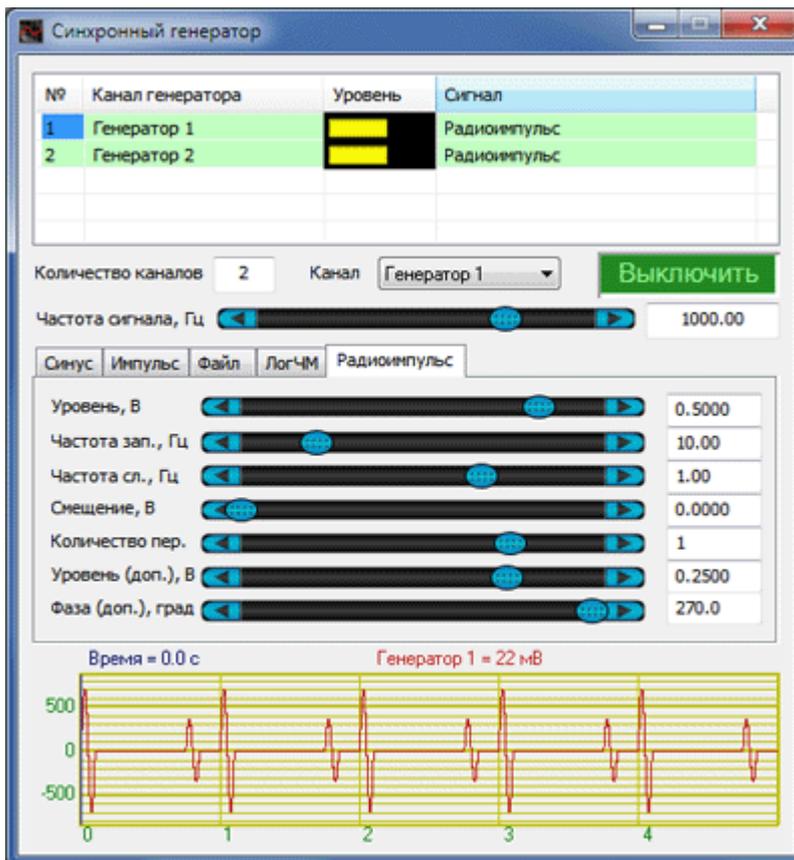
форма радио-импульсного сигнала

Для генерирования радиоимпульсного сигнала (прерывистые колебания) необходимо в программе **Синхронный генератор** перейти на вкладку *-Радиоимпульс*, после чего в окне программы отобразятся элементы задания параметров радиоимпульсного сигнала:

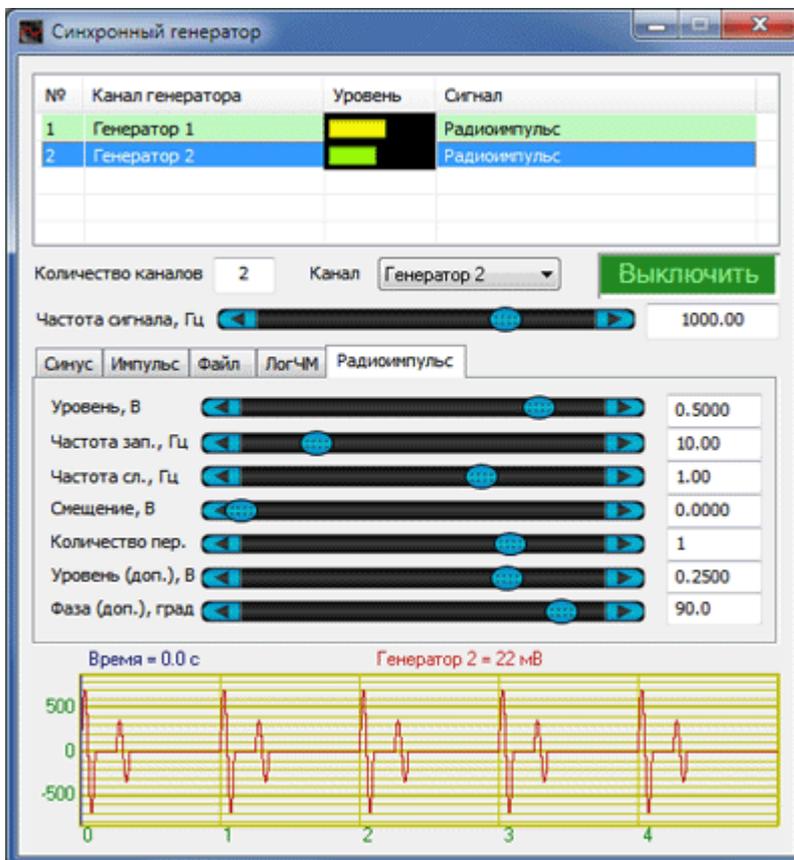
- *Уровень, В* – среднеквадратичное значение (СКЗ) уровня, с которым будут генерироваться сигнал. Уровень задается в вольтах. Обратите внимание, что в качестве уровня задается среднеквадратичное значение. Пиковое значение (на рисунке выше обозначено как A_0) связано с СКЗ соотношением $A_0 = \text{СКЗ} * \sqrt{2}$
- *Частота зап., Гц* – частота заполнения (несущая частота), с которой будут генерироваться радиоимпульсы. Частота заполнения задается в герцах. Связана с периодом T_1 на рисунке выше.
- *Частота сл., Гц* – частота следования (частота модулирования), с которой будут генерироваться радиоимпульсы. Частота следования задается в герцах. Связана с периодом T на рисунке выше.
- *Смещение, В* – значение смещения постоянной составляющей, с которой будет генерироваться сигнал. Задается в вольтах
- *Количество пер.* – ширина, с которой будет генерироваться сигнал - количество импульсов N длительностью T_1 в одном периоде T .
- *Уровень (доп.) В* – СКЗ дополнительного импульса.
- *Фаза (доп.), град* – фазовое смещение дополнительного импульса относительно основного импульса.

Радиоимпульсный сигнал генерируется циклично.

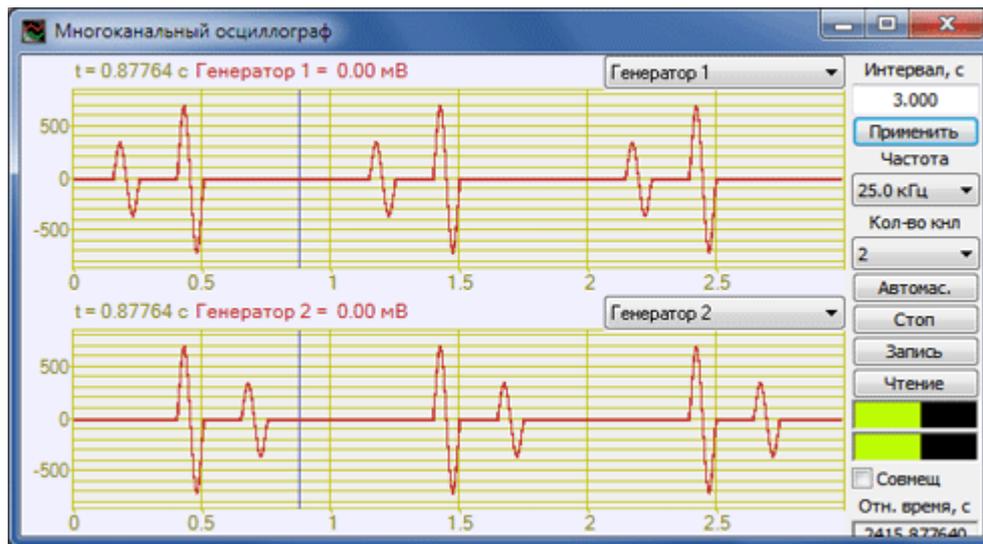
На рисунках ниже приводится пример генерирования радиоимпульсных сигналов с дополнительным импульсом с разным фазовым сдвигом:



Параметры генерируемого сигнала, канал 1



Параметры генерируемого сигнала, канал 2



Осциллограмма генерируемых сигналов

Автоматизация

В данном разделе рассмотрены различные средства автоматизации - управление коммутационным блоком, регулирование по каналу обратной связи, а также средства обработки сигналов - предварительная фильтрация, операции над сигналами и т.д.

1 Формула

Программа **Формула** предназначена для выполнения арифметических, алгебраических и логических операций и фильтрации над непрерывными потоками данных, поступающих от модулей АЦП и ЦАП, виртуальных каналов в реальном масштабе времени. В режиме пост-обработки можно выполнять различные операции из ранее записанных файлов программами **Регистратор** и **Запись сигналов**.

Программа **Формула** создает от 1 до 100 виртуальных каналов. Одновременно можно запускать несколько экземпляров программы **Формула**.

1.1 Поддерживаемое оборудование

Входными данными программы **Формула** являются цифровые данные канала сервера **ZETLAB**.

Программа **Формула** входит в состав следующего ПО:

- **ZETLAB ANALIZ** - программное обеспечение, поставляемое с анализаторами спектра,
- **ZETLAB VIBRO** - программное обеспечение, поставляемое с системой управления вибростендами,
- **ZETLAB TENZO** - программное обеспечение, поставляемое с тензостанциями,
- **ZETLAB SEISMO** - программное обеспечение, поставляемое с сейсмостанциями.

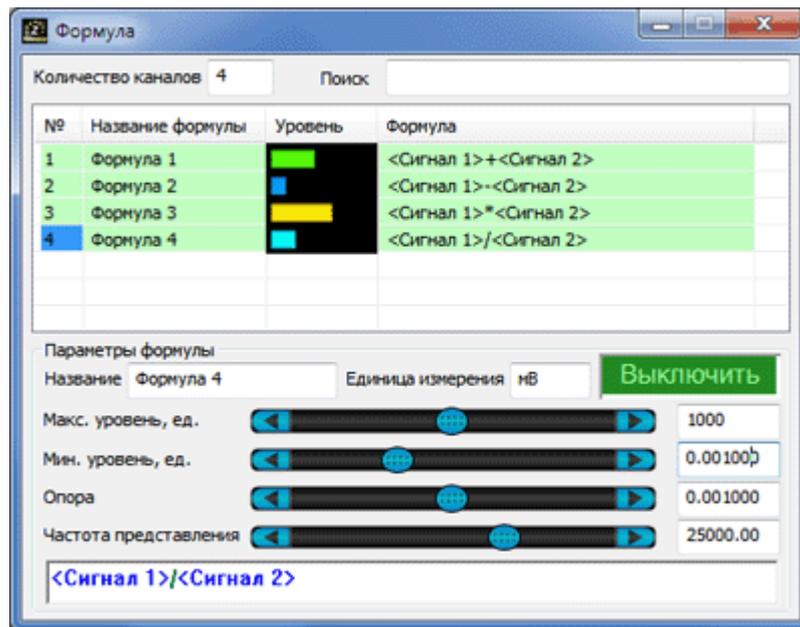
1.2 Интерфейс программы

Программа **Формула** запускается из меню **Автоматизация** панели **ZETLAB**.



Запуск программы "Формула"

В заголовке программы отобразится название - **Формула**.



Формула

В верхней части программы задается количество каналов, создаваемой программой **Формула**. В одном экземпляре программы **Формула** можно создавать до 100 каналов.

Среднюю часть программы занимает таблица создаваемых каналов. Одновременно отображается 7 строк таблицы, при создании большего количества каналов появляется полоса прокрутки. Для быстрого перехода на строку нужного канала предназначен поиск (поле справа над таблицей).

В таблице каналов отображается порядковый номер канала, название создаваемого сигнала, его интегральный уровень и формула. Если в формуле, по которой рассчитывается сигнал, нет ошибок, строка отображается зеленым цветом. Строки с ошибками в формулах отображаются красным цветом.

Нижнюю часть программы **Формула** занимает область редактирования создаваемого канала. Каждый канал **Формулы** редактируется индивидуально, но кнопка *Включить/Выключить* включает/отключает создание всех каналов **Формулы**. Для редактирования канала **Формулы** необходимо выбрать его в таблице (щелкнуть левой кнопкой "мыши" в строке канала).

Параметры формулы

Каждый сигнал, создаваемый программой **Формула** поступает в сервер данных **ZETLAB** и, таким образом, становятся доступными для всех программ **ZETLAB**. Каналы **Формулы** имеют названия, заданные в поле *Название*.

В поле *Единица измерения* указывается единица измерения по создаваемому каналу. Например, если программа **Формула** используется для расчета вторичных параметров напряженно-деформированного состояния по сигналу с тензодатчика, то сигнал будет иметь единицы измерения рассчитываемого параметра.

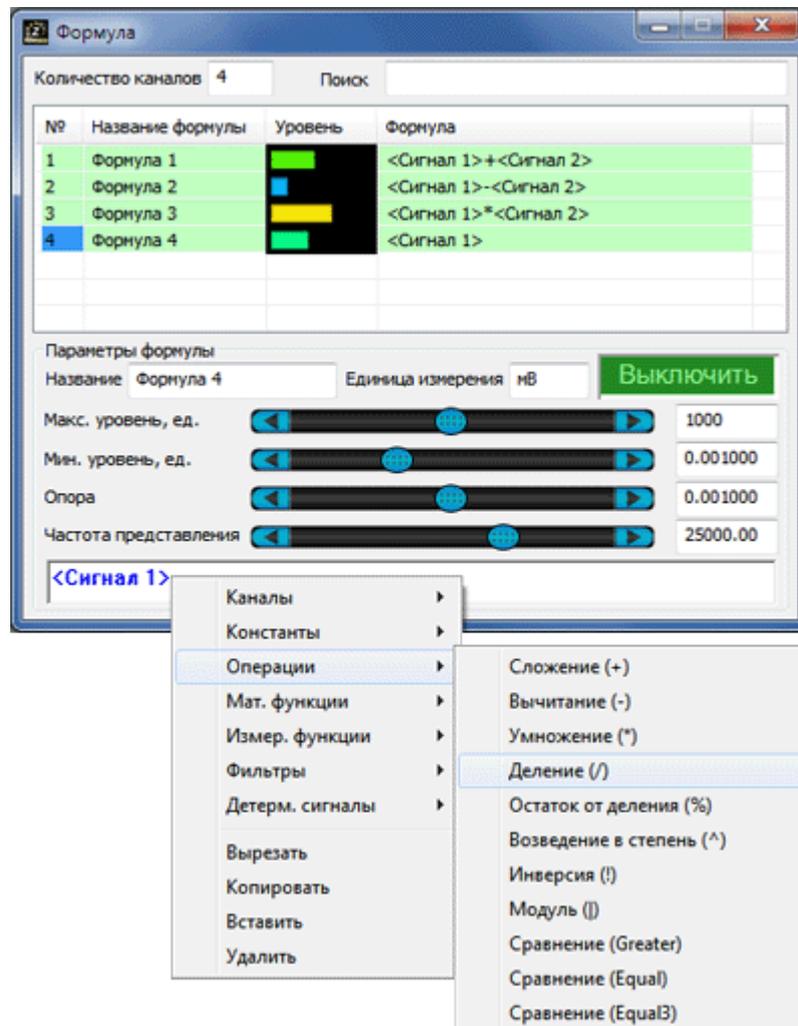
Кнопка *Включить/Выключить* включает/отключает создание всех каналов **Формулы**.

В полях *Макс. уровень, ед. изм.*, и *Мин. уровень, ед. изм.*, указывается диапазон уровня создаваемого сигнала в его единицах измерения - для расчета относительного уровня, который отображается на индикаторах *Интегральный уровень*. Установленные значения не влияют на уровень создаваемого сигнала - расчет производится по заложенной формуле.

В поле *Опора* указывается значение для расчета уровня сигнала в дБ, которое используется такими программами, как [Вольтметр переменного тока](#), [Узкополосный спектр](#) и др. для отображения результатов измерения в дБ.

В поле *Частота представления* задается частота дискретизации создаваемого сигнала - количество точек сигнала в одной секунде.

В нижней части программы располагается поле задания формулы, по которой ведется расчет сигнала. Формулу можно вводить с клавиатуры и пользоваться контекстным меню, которое вызывается нажатием правой кнопки "мыши" по полю:



Контекстное меню поля создания формулы

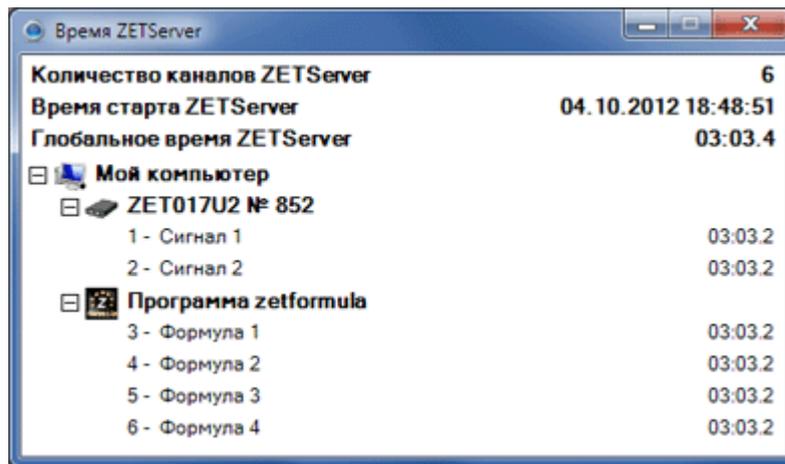
Контекстное меню содержит следующие пункты:

- [Каналы](#) - список каналов ZET-сервера,
- [Константы](#) - список констант,
- [Операции](#) - список математических операций,
- [Мат. функции](#) - список математических функций,
- [Измер. функции](#) - список измерительных функций,
- [Фильтры](#) - список фильтров,
- [Детерм. сигналы](#) - список детерминированных сигналов;

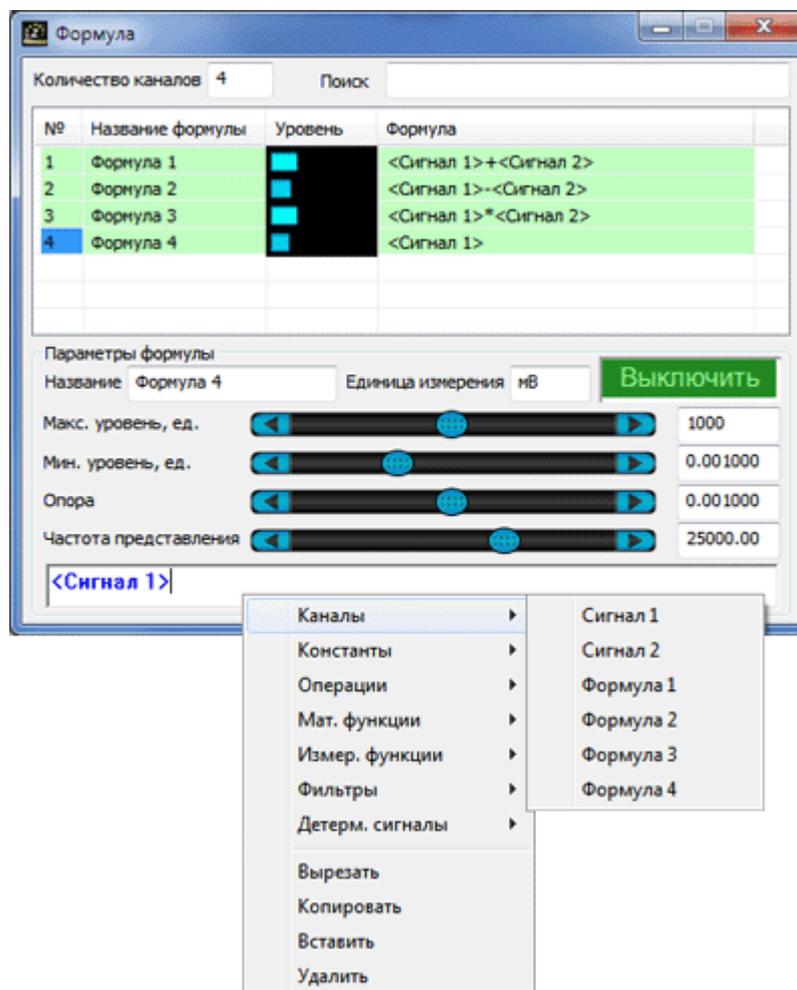
А также стандартные команды *Вырезать*, *Копировать*, *Вставить* и *Удалить*, которые производят соответствующие действия над выделенным фрагментом формулы.

1.2.1 Каналы

В меню *Каналы* отображаются доступные каналы. На рисунках ниже приведен пример списка каналов в программе **Время ZETSERVER** и в контекстном меню **Формулы**.



Список каналов ZET-сервера



Список каналов в программе "Формула"

При выборе канала его название отображается в строке формулы в угловых скобках

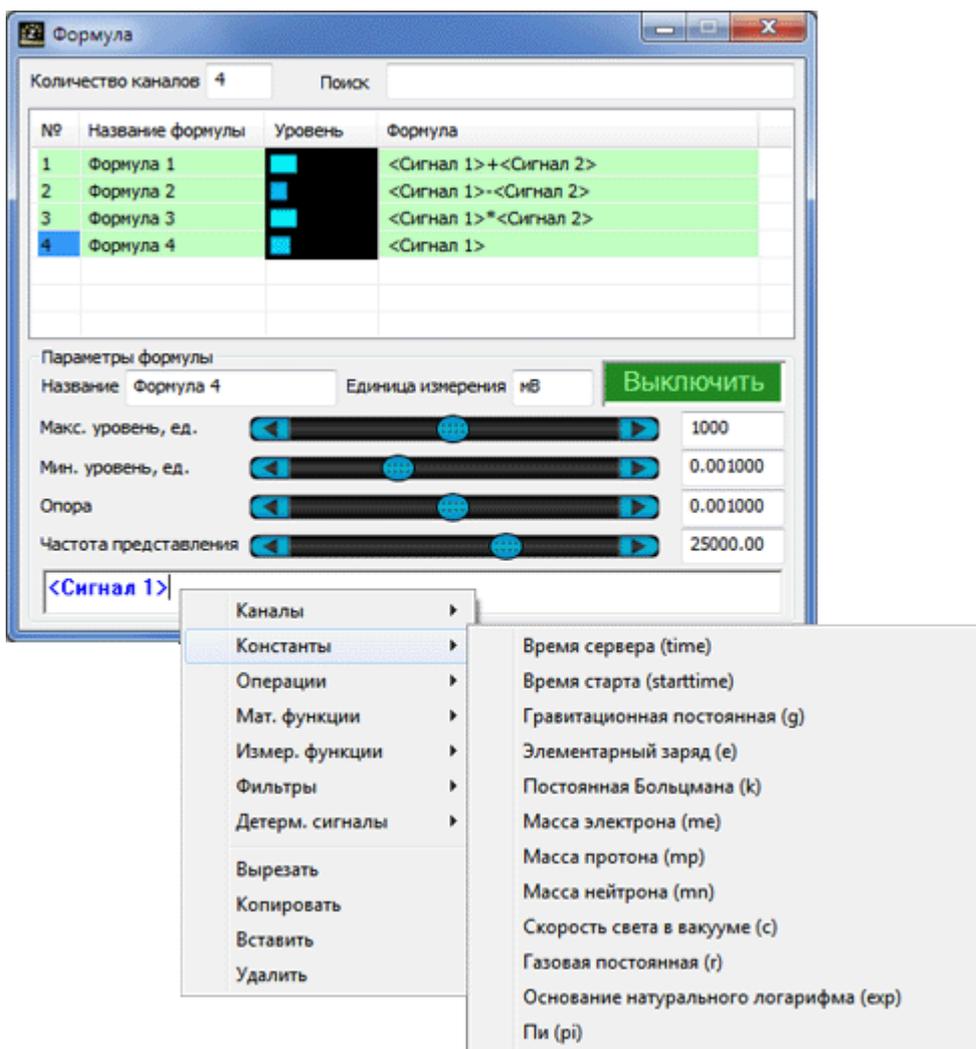
Если к компьютеру подключены несколько устройств ZET и частоты дискретизации по ним различны, то по каналам с меньшими частотами дискретизации производится кусочно-линейная интерполяция и повышение частоты дискретизации до наибольшей в системе.

На некоторых устройствах ZET установлена одна микросхема АЦП делающая поочередную выборку между каналами, что вызывает фазовые задержки. Программа **Формула** синхронизирует такие каналы в фоновом режиме.

Промежуточные результаты вычислений являются так же каналами, но они не отображаются в системе ZETLAB. Т.е. в функциях, которые требуют в качестве аргумента канал, возможно использование выражения в качестве этого аргумента.

1.2.2 Константы

Для удобства пользователя в программе **Формула** доступны некоторые математические и физические константы.



Формула: константы

В таблице ниже приведены значения констант.

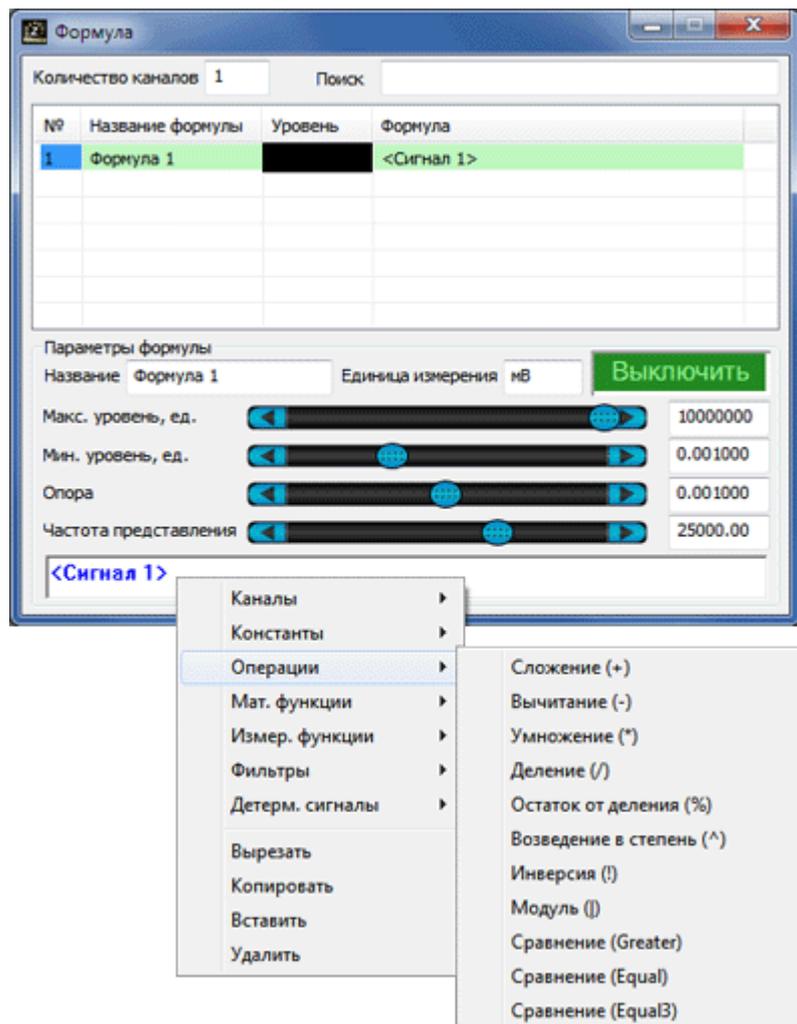
Название в меню	Отображение в строке формулы	Название	Значение	Ед. изм.
Время сервера (time)	<time>	время сервера	время ZET-сервера	с
Время старта (starttime)	<starttime>	время запуска программы Формула		с
Гравитационная постоянная (g)	<g>	гравитационная постоянная	6,67410 ⁻¹¹	м ³ /(кг·с ²)
Элементарный заряд (e)	<e>	элементарный заряд	1,602410 ⁻¹⁹	Кл
Постоянная Больцмана (K)	<k>	постоянная Больцмана	1,380410 ⁻²³	Дж/К

Масса электроны (me)	< me >	масса электрона	9,10938291(40)Ч10 ⁻³¹	кг
Масса протона (mp)	<mp>	масса протона	1,672621777(74)Ч10 ⁻²⁷	кг
Масса нейтрона (mn)	<mn>	масса нейтрона	1,674927351(74)Ч10 ⁻²⁷	кг
Скорость света в вакууме (c)	<c>	скорость света в вакууме	299 792 458	м/с
Газовая постоянная (R)	<r>	газовая постоянная	8,314	Дж/(К·моль)
Основание натурального логарифма (exp)	<exp>	постоянная Эйлера	2,718...	
ПИ (pi)	<pi>	число ПИ	3.14....	

В строке формулы константы отображаются в угловых скобках сиреневым цветом

1.2.3 Операции

На рисунке ниже представлено меню *Операции* программы **Формула**.



Формула: операции

"+" – сложение каналов, констант, результатов вычисления выражений.

"-" – разность каналов, констант, результатов вычисления выражений.

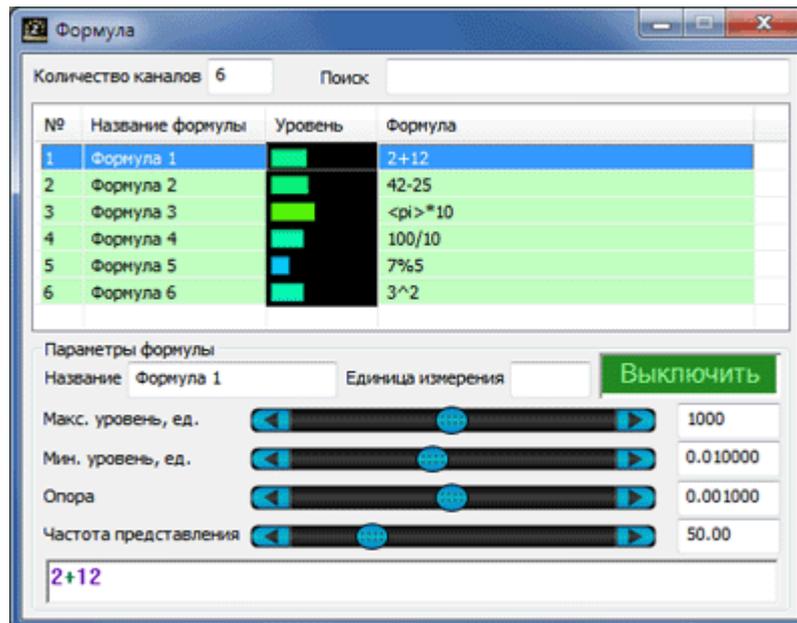
"*" – произведение каналов, констант, результатов вычисления выражений.

"/" – частное каналов, констант, результатов вычисления выражений.

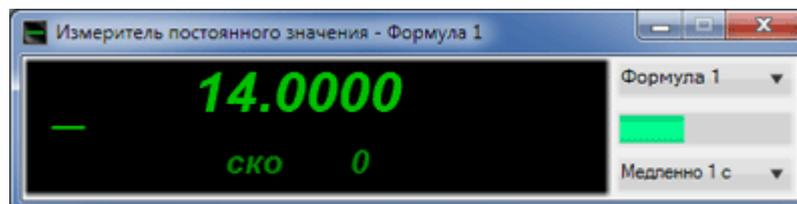
"%" – остаток от деления.

"^" – возведение в степень.

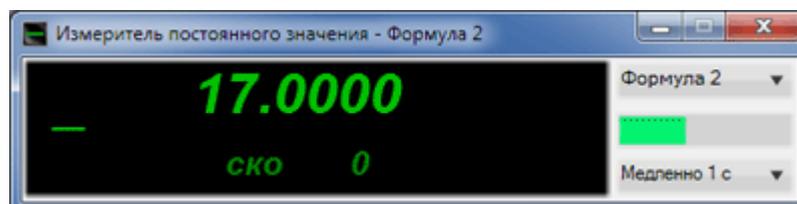
На рисунках ниже показана работа основных математических операций «+», «-», «*», «/», «%» и «^». Для наглядности работа производится с числами (константами), однако данные операции могут применяться к каналам (используются мгновенные значения сигналов) и результатам вычисления выражений. Значения по каналам программы **Формула** измеряются вольтметрами постоянного тока, т.к. в данном примере результатом вычисления математического выражения является константа.



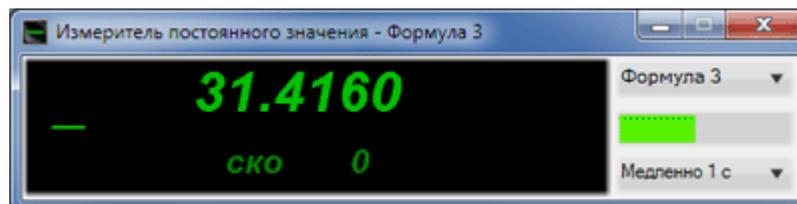
Формула: операции «+», «-», «*», «/», «%» и «^»



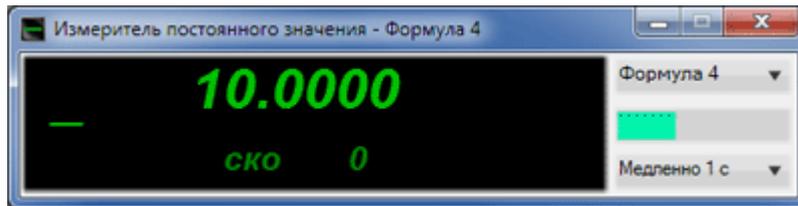
Результат работы операции "+"



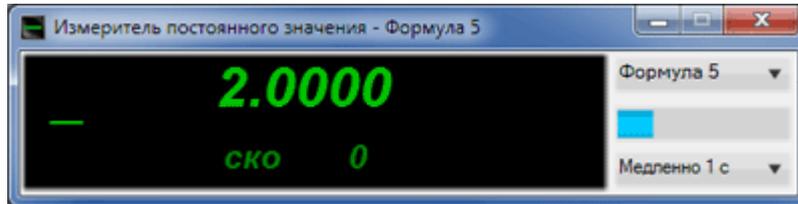
Результат работы операции "-"



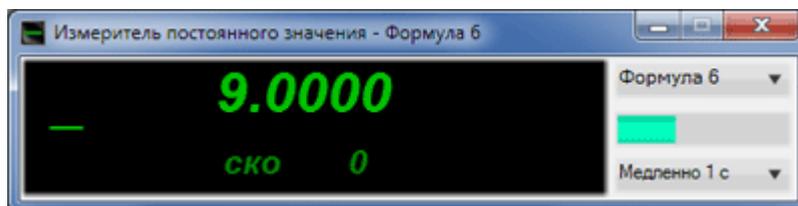
Результат работы операции "*"



Результат работы операции "!"



Результат работы операции "%"



Результат работы операции "^"

"!" – унарный постфиксный оператор инверсии, равносильен умножению на (-1).

"|" – унарный постфиксный оператор модуля: устанавливает положительный знак для всех значений.

В примере на рисунке ниже продемонстрирована работа операторов инверсии и модуля. В качестве основы взята функция *TriGen* (пилообразный сигнал). На осциллографе отображены исходный сигнал (Формула 1), инверсный сигнал (Формула 2) и сигнал, взятый по модулю (Формула 3).

№	Название формулы	Уровень	Формула
1	Формула 1		TriGen(100)*100-50
2	Формула 2		<Формула 1>!
3	Формула 3		<Формула 1>

Параметры формулы

Название: Формула 3 Единица измерения: **Выключить**

Макс. уровень, ед. 1000

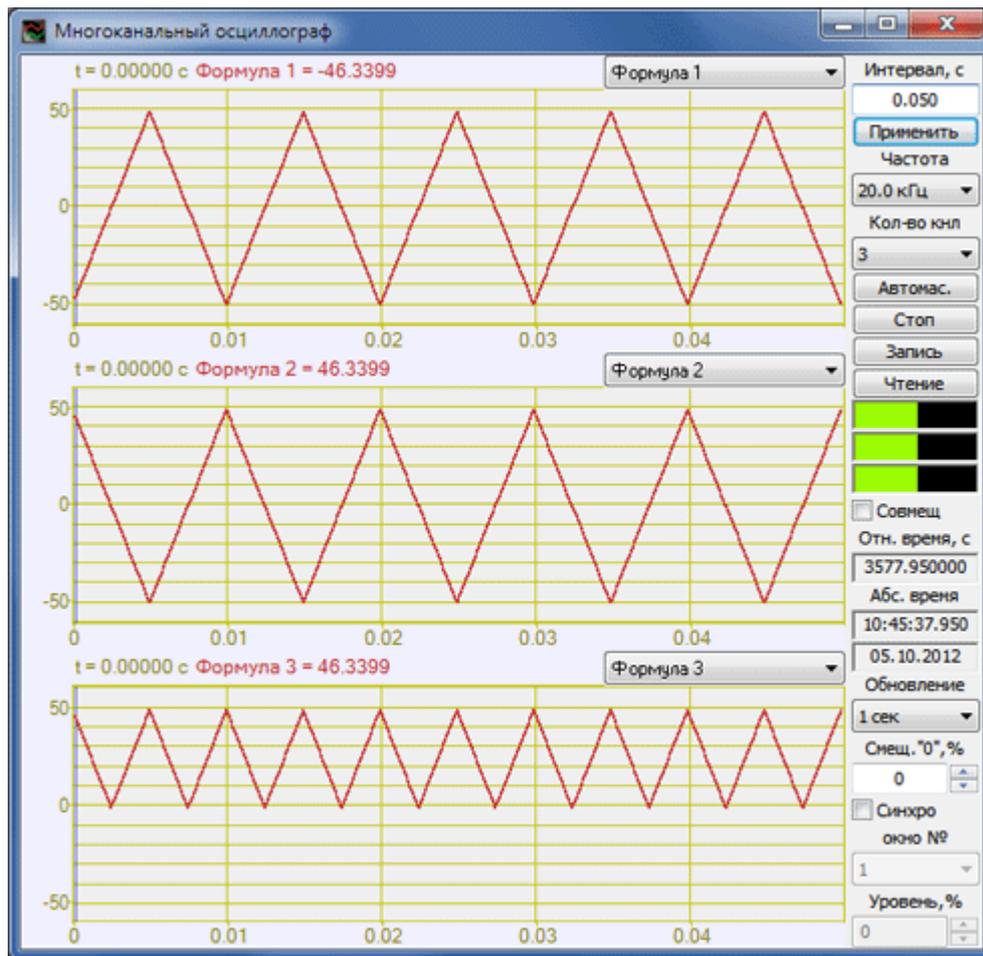
Мин. уровень, ед. 0.001000

Опора 0.001000

Частота представления 20000.00

<Формула 1>|

Формула: операции "!" и "|"



Результат работы операций "!" и "!"

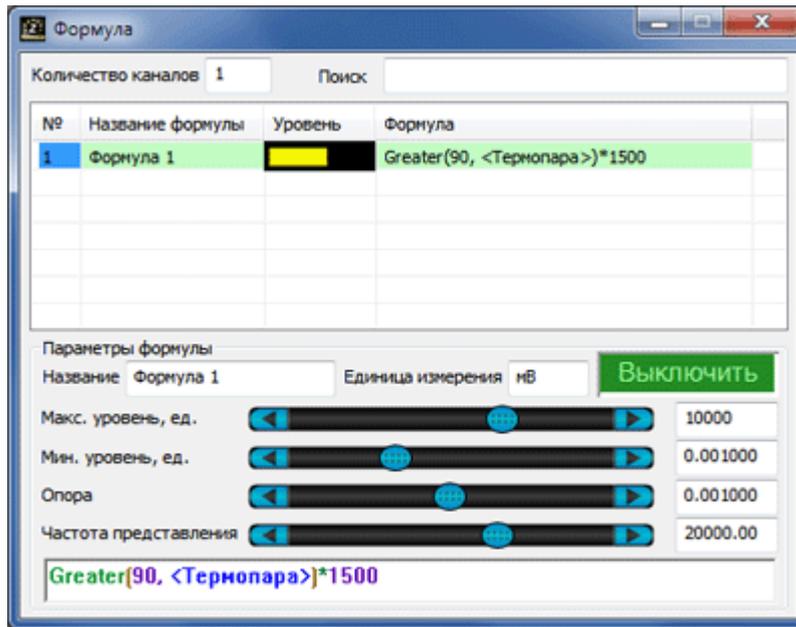
Greater ($a1, a2$) – операция сравнения, возвращает единицу, если значение первого операнда больше значения второго, иначе возвращает ноль.

Equal ($a1, a2, const$) – операция сравнения на равенство, если разница между значениями первого и второго операндов по модулю меньше значения $const$, возвращается единица, иначе - ноль.

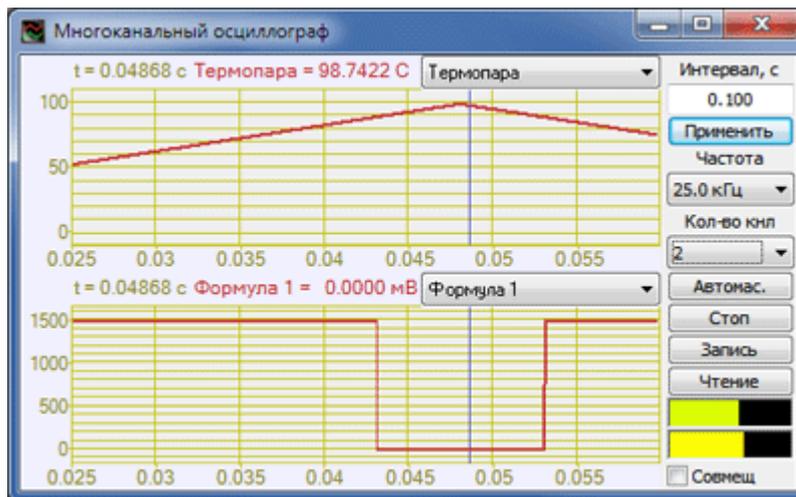
Equal3 ($a1, a2, const$) – операция сравнения на равенство, если разница между значениями первого и второго операндов больше значения $const$, возвращается единица, меньше $-const$ - минус единица, иначе – ноль.

Операции *Greter*, *Equal*, *Equal3* удобны для написания функций порогового обнаружения и создания различных регуляторов. В качестве операндов могут использоваться каналы (операции производятся с мгновенными значениями сигналов), константы и выражения (операции производятся с результатами вычисления).

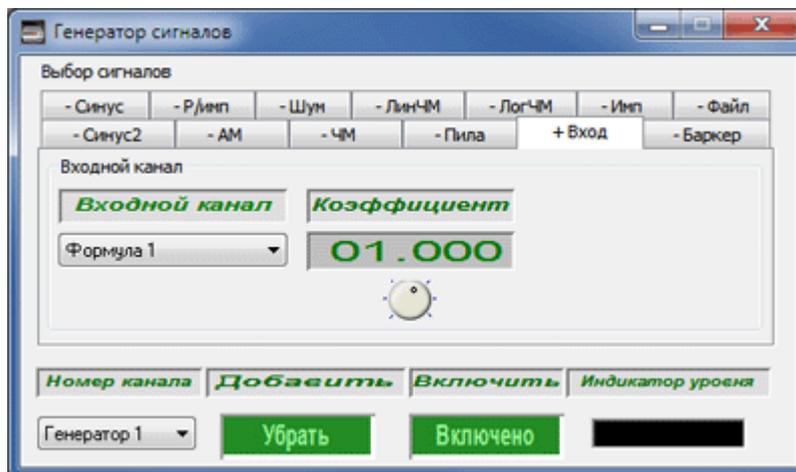
В примере на рисунке ниже продемонстрирована работа функции *Greater*. Значения сигнала «Канал 1» равны 1,5 В, если показания датчика "Термопара1" меньше 90. Можно организовать систему поддержания постоянной температуры, если к выходу ЦАП подключить реле, управляющее током на нагревательном элементе, и запустить программу [Генератор сигналов](#), настроенную на генерацию сигнала «Канал 1».



Формула: операция "Greater"



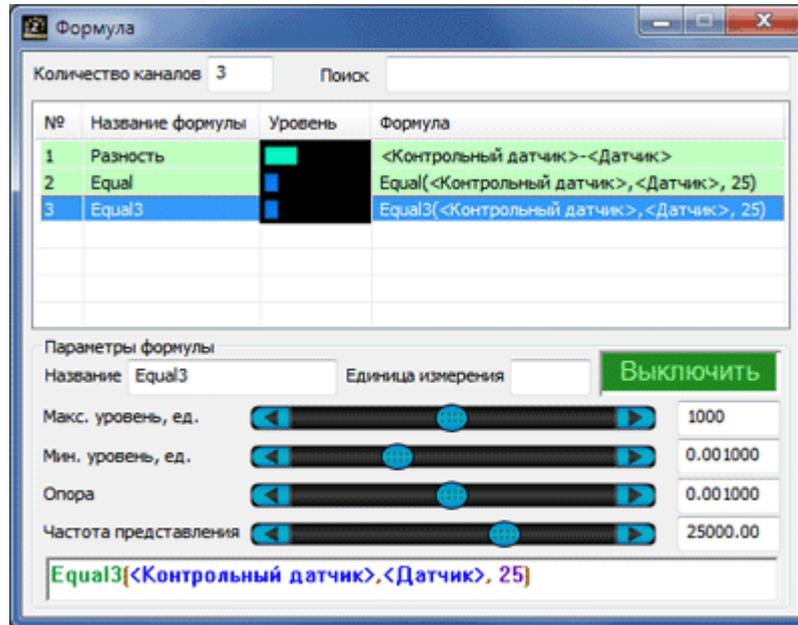
Результат работы операции "Greater"



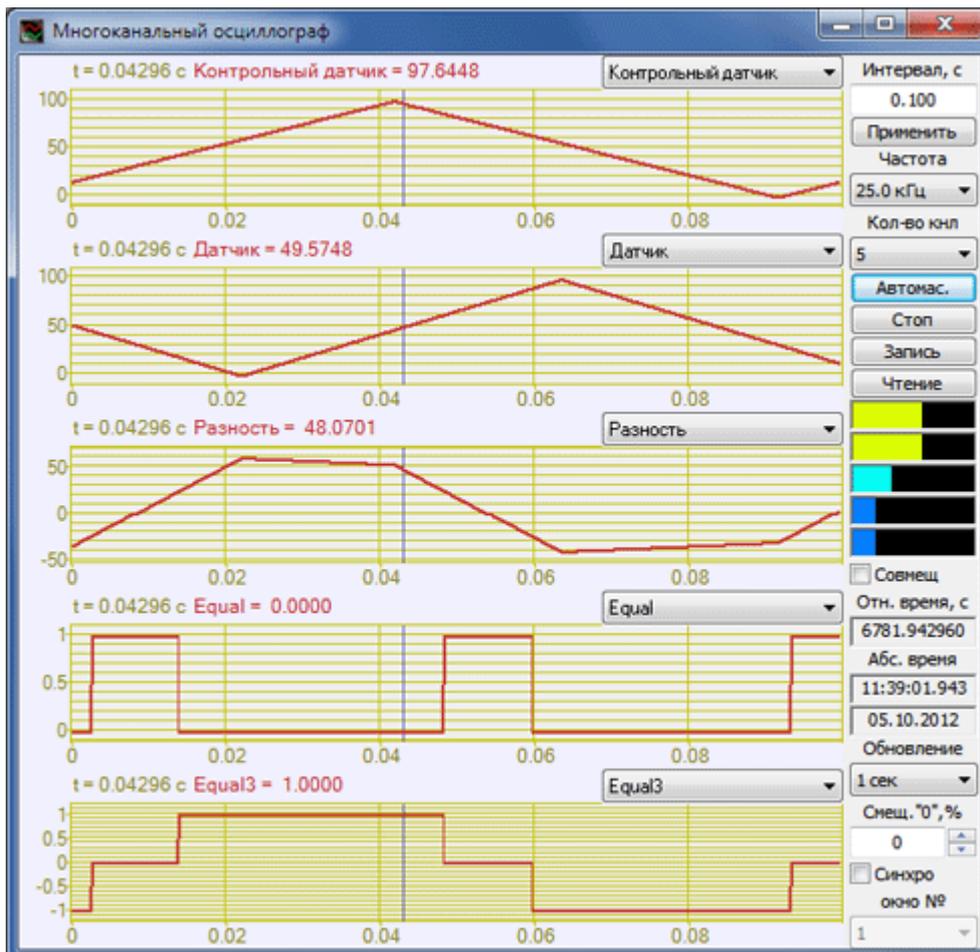
Использование результатов работы формулы для управления генератором

На рисунке ниже показан пример программы **Формула**, демонстрирующий работу операций *Equal* и *Equal3*. Для удобства демонстрации создано 3 канала. Первый канал «Разность» - рассчитывает разность

между мгновенными значениями по измерительным каналам «Контрольный датчик» и «Датчик». Второй канал - результат операции *Equal*, третий канал – результат операции *Equal3*.



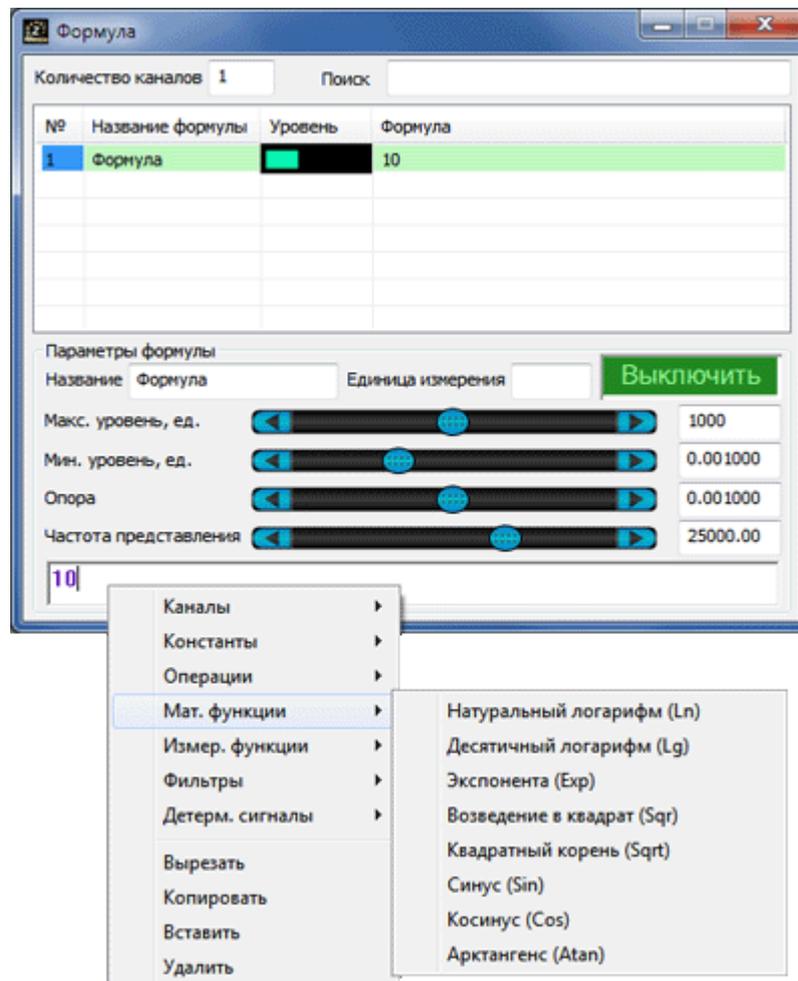
Формула: операции "Equal" и "Equal3"



Результат работы операций "Equal" и "Equal3"

1.2.4 Математические функции

Математические функции предназначены для произведения математических операций – вычисление логарифмов, возведения в степень и т.д. В качестве аргумента математических функций могут использоваться каналы (операции производятся над мгновенными значениями сигналов), константы и выражения.



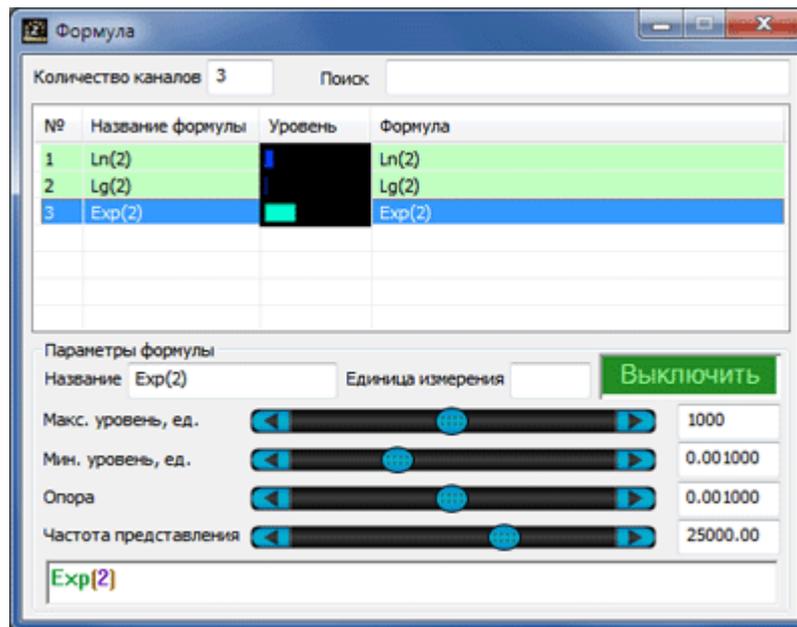
Формула: математические функции

$Ln(a)$ – вычисление натурального логарифма аргумента.

$Lg(a)$ – вычисление десятичного логарифма аргумента.

$Exp(a)$ – вычисление экспоненты аргумента.

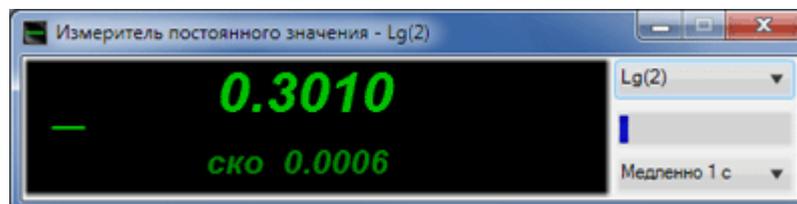
На рисунке ниже приведен пример вычисления натурального и десятичного логарифмов и экспоненты. Для наглядности работа производится с числами (константами), однако данные операции могут применяться к каналам (используются мгновенные значения сигналов) и результатам вычисления выражений. Значения по каналам программы **Формула** измеряются вольтметрами постоянного тока, т.к. в данном примере результатом вычисления математического выражения является константа.



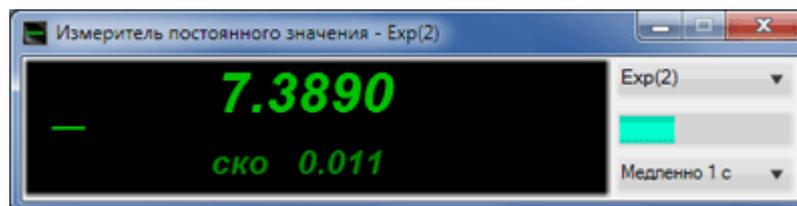
Формула: мат. функции "Ln", "Lg" и "Exp"



Результат работы мат. функции "Ln"



Результат работы мат. функции "Lg"

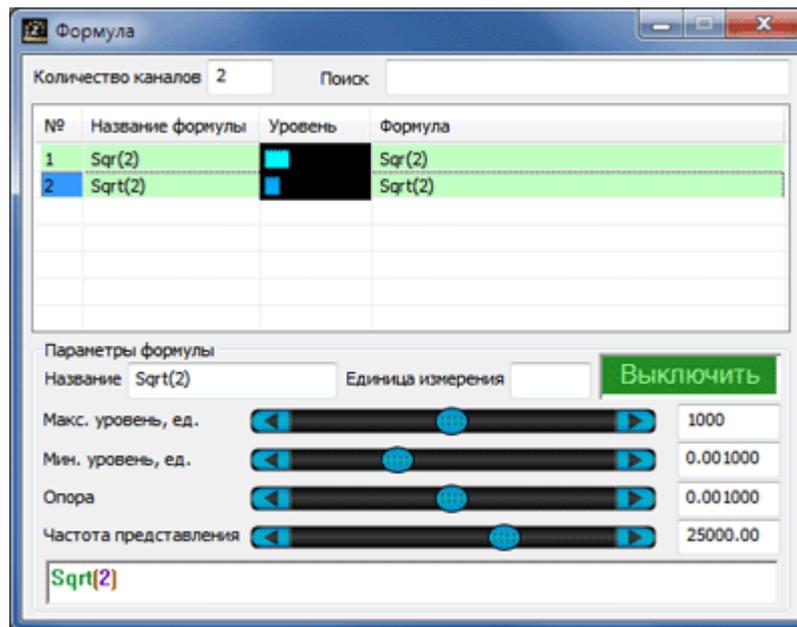


Результат работы мат. функции "Exp"

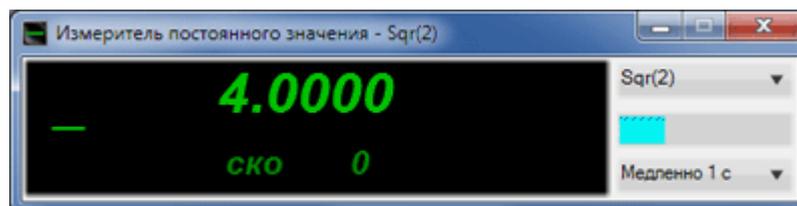
$Sqr(a)$ – вычисление квадрата аргумента.

$Sqrt(a)$ – вычисление квадратного корня аргумента.

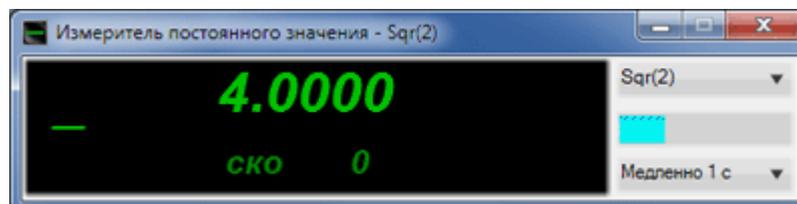
На рисунке ниже приведен пример возведения в квадрат и вычисления квадратного корня. Для наглядности работа производится с числами (константами), однако данные операции могут применяться к каналам (используются мгновенные значения сигналов) и результатам вычисления выражений. Значения по каналам программы **Формула** измеряются вольтметрами постоянного тока, т.к. в данном примере результатом вычисления математического выражения является константа.



Формула: команды "Sqr" и "Sqrt"



Результат работы команды "Sqr"



Результат работы команды "Sqrt"

$Sin(a)$ – вычисление синуса аргумента (задается в радианах).

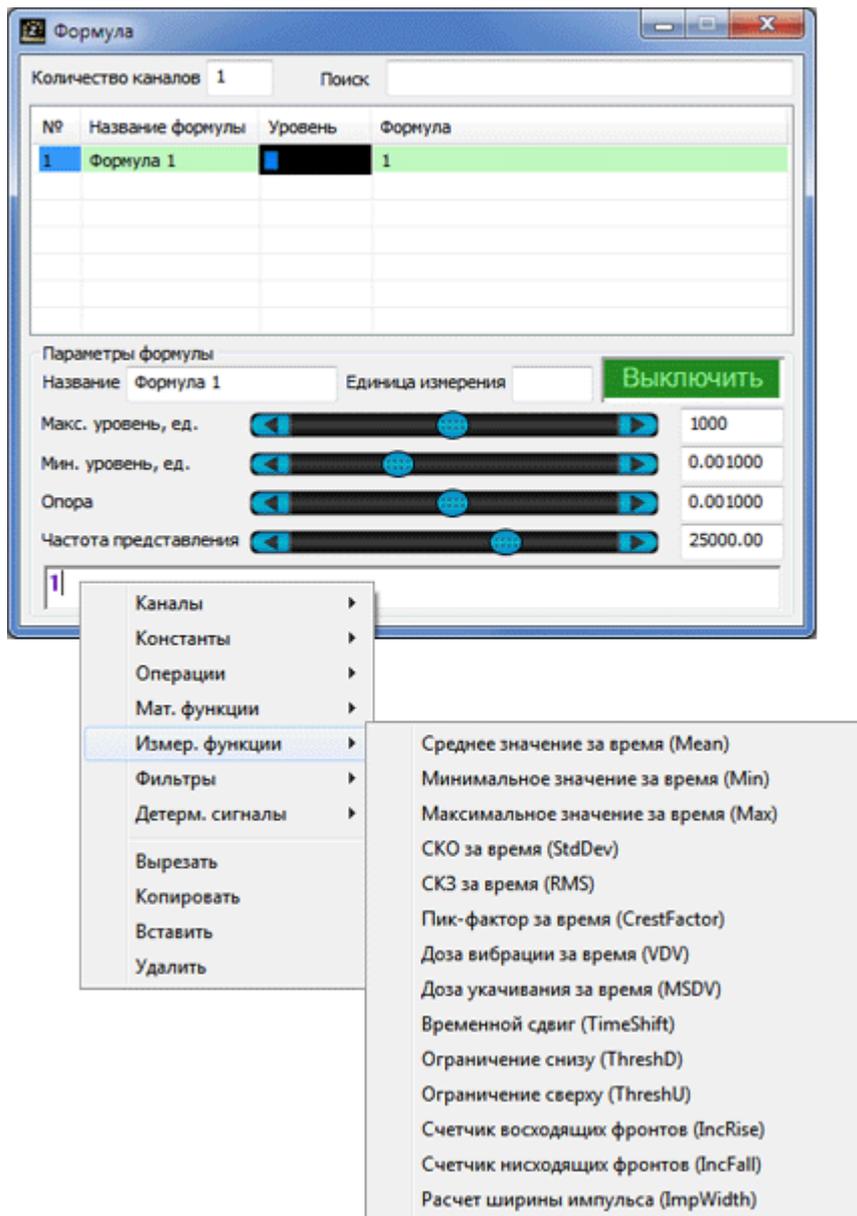
$Cos(a)$ – вычисление косинуса аргумента (задается в радианах).

$Atan(a)$ – вычисление арктангенса аргумента (задается в радианах).

На рисунке ниже приведен пример, в котором в программе **Формула** вычисляются синус, косинус и тангенс. Для наглядности работа производится с числами (константами), однако данные операции могут применяться к каналам (используются мгновенные значения сигналов) и результатам вычисления выражений. Значения по каналам программы **Формула** измеряются вольтметрами постоянного тока, т.к. в данном примере результатом вычисления математического выражения является константа.

1.2.5 Измерительные функции

Измерительные функции предназначены для измерения различных параметров сигналов. Как и для других функций программы **Формула**, аргументы могут быть заданы в виде выражения.



Формула: измерительные функции

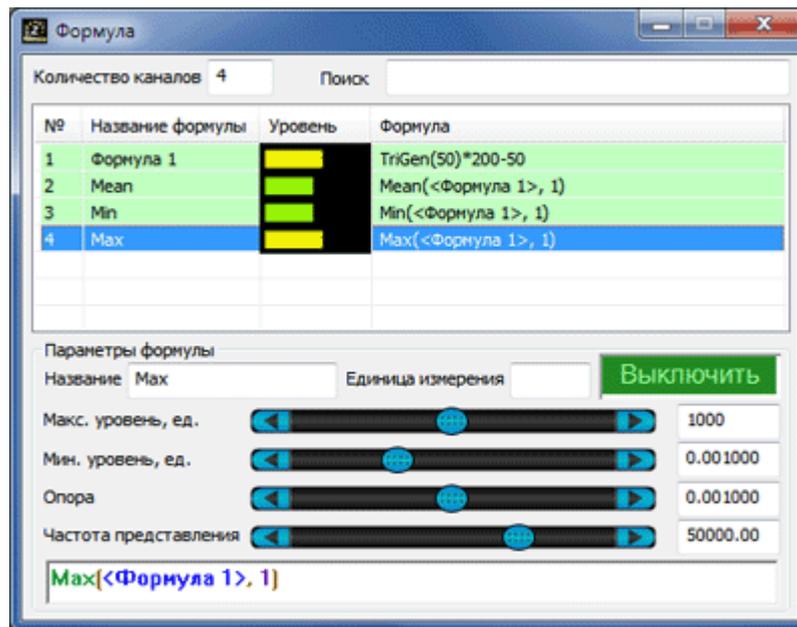
$Min(<канал>, t)$ – находит минимальное значение по каналу за t предшествующих секунд.

$Max(<канал>, t)$ – находит максимальное значение по каналу за t предшествующих секунд.

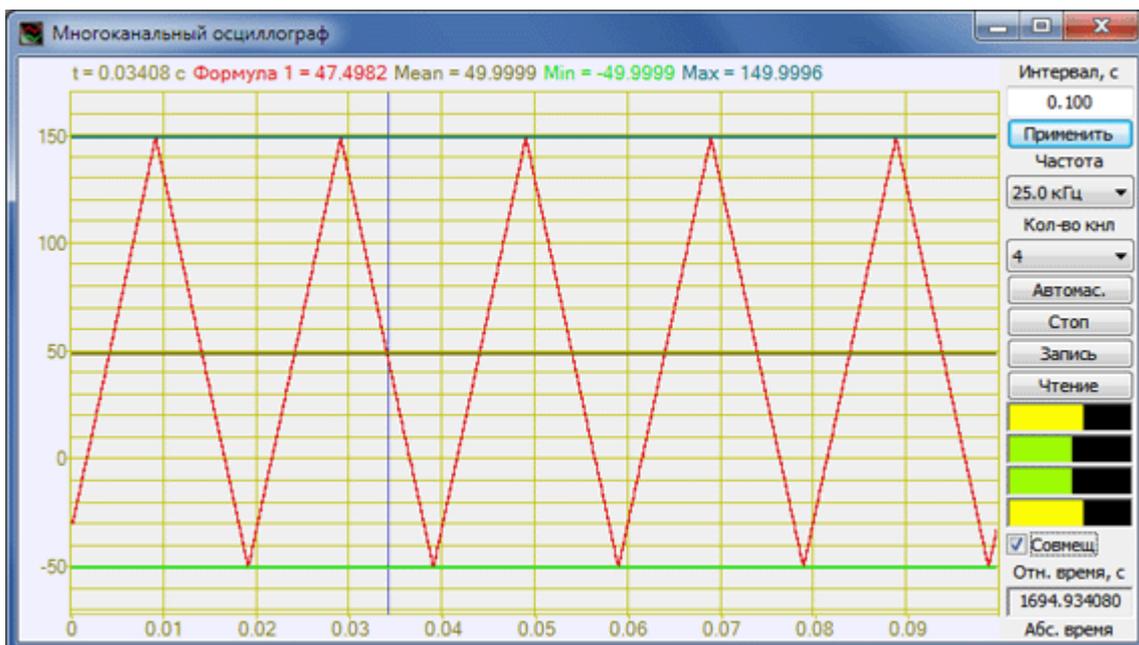
$Mean(<канал>, t)$ – находит среднее значения по каналу за t предшествующих секунд.

Эти функции являются по своей сути фильтрами, АЧХ которых выглядит подобно функции $\sin(x)/x$, где x – величина, обратная введенному временному промежутку. Для значений временного интервала выше 0.1 с, эти значения округляются с точностью 0.1 с до ближайшего большего, с целью ускорения работы и экономии памяти программой.

На рисунке ниже продемонстрировано вычисление минимального, максимального и среднего значений по каналу. В качестве анализируемого задан сигнал треугольной формы. Результаты вычисления отображаются на осциллографе в режиме совмещения:



Формула: функции "Min", "Max", "Mean"

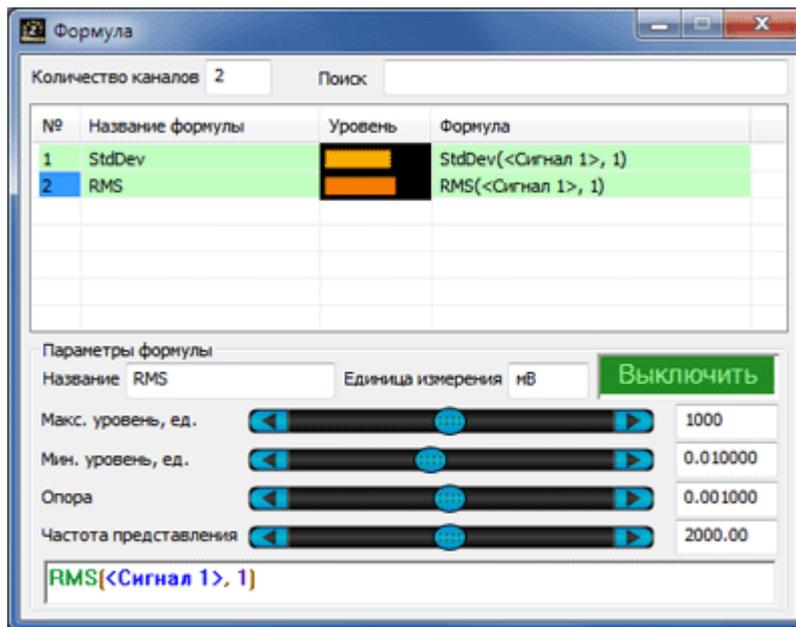


Результат работы функций "Min", "Max", "Mean"

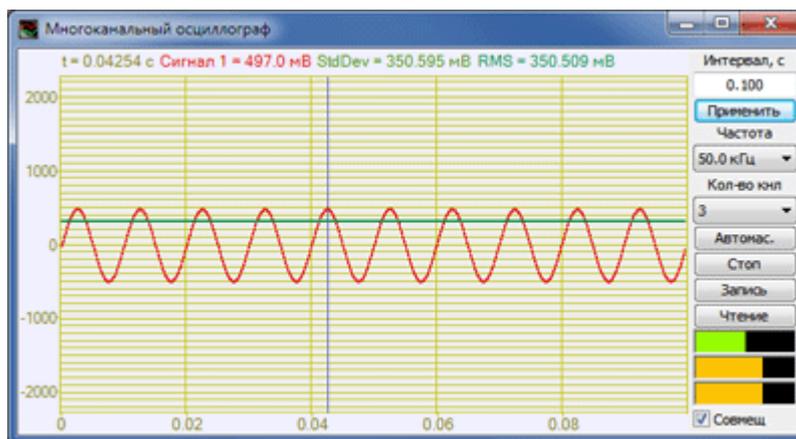
$StdDev(<канал>, t)$ – нахождение стандартного отклонения от мат. ожидания (квадратного корня из дисперсии) по каналу за t предшествующих секунд. Для периодических сигналов по сути является вольтметром переменного тока.

$RMS(<канал>, t)$ – среднеквадратичный уровень сигнала в течение времени t .

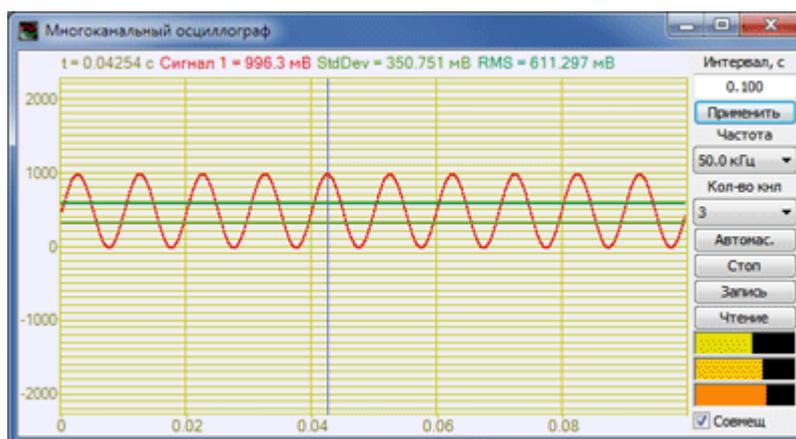
На рисунке ниже представлен результат работы функций $StdDev$ и RMS , в качестве аргумента используется сигнал одной и той же амплитуды, но имеющей различный постоянный составляющей.



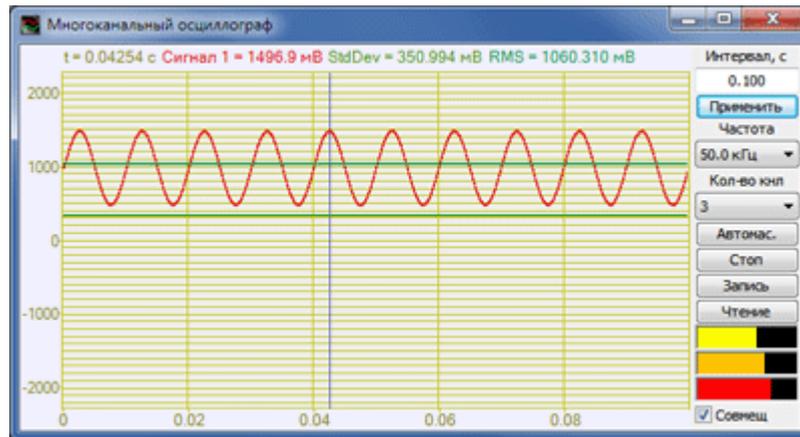
Формула: функции "StdDev" и "RMS"



Результат работы функций "StdDev" и "RMS", центрированный сигнал



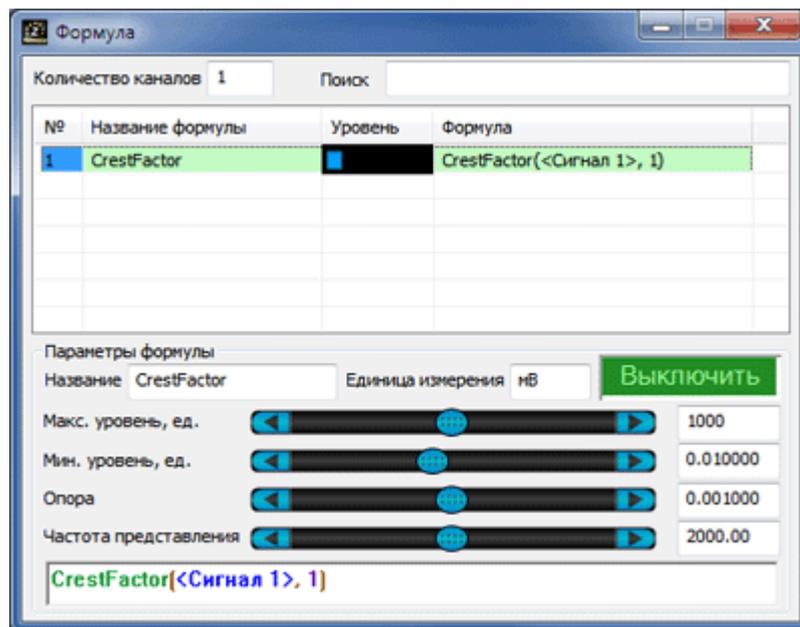
Результат работы функций "StdDev" и "RMS", смещенный сигнал



Результат работы функций "StdDev" и "RMS", смещенный сигнал

$CrestFactor(<канал>, t)$ – пик фактор, рассчитывает отношение амплитудного значения (пик) сигнала к среднеквадратичному с усреднением за t предшествующих секунд.

На рисунке ниже представлен результат работы функции $CrestFactor$, в качестве аргумента используется синусоидальный сигнал, параметры которого (СКЗ и пик) измеряются вольтметром переменного тока. Результат работы функции $CrestFactor$ отображается вольтметром постоянного тока.



Формула: функция "CrestFactor"



Параметры сигнала: СКЗ и пик



Результат работы функции "CrestFactor"

$VDV(\langle \text{канал} \rangle, t)$ – доза вибрации за время t .

$MSDV(\langle \text{канал} \rangle, t)$ – доза укачивания за время t .

Пик-фактор (*CrestFactor*), доза вибрации (VDV) и доза укачивания ($MSDV$) являются параметрами скорректированного ускорения и выполнены по ГОСТ ИСО 8041-2006:

среднеквадратичное значение скорректированного ускорения a_w : Усредненная по времени поступательная или угловая вибрация, определяемая формулой:

$$a_w = \left(\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2},$$

- $a_w(\xi)$ - текущее значение скорректированного ускорения (поступательного или углового) как функция времени ξ ;
- T - период измерений.

уровень скорректированного ускорения L_w : Уровень среднеквадратичного значения скорректированного ускорения, дБ, определяемый формулой:

$$L_w = 20 \lg \frac{a_w}{a_0},$$

- a_w - среднеквадратичное значение скорректированного ускорения, м/с^2 ;
- a_0 - опорное значение ускорения, равное 10^{-6} м/с^2 .

текущее среднеквадратичное значение скорректированного ускорения $a_{w,\theta}(t)$: Среднеквадратичное значение скорректированного ускорения в момент времени t , определяемое формулой:

$$a_{w,\theta}(t) = \left(\frac{1}{\theta} \int_{t-\theta}^t a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2},$$

- $a_w(\xi)$ - текущее значение скорректированного ускорения в момент времени ξ ;
- θ - период интегрирования;
- t - текущее время.

Примечание - в качестве аппроксимации линейного усреднения может быть использовано экспоненциальное усреднение, определяемое формулой:

$$a_{w,\tau}(t) = \left(\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t a_w^2(\xi) \exp\left(-\frac{\xi-t}{\tau}\right) d\xi \right)^{1/2},$$

- τ - постоянная времени экспоненциального усреднения.

максимальное кратковременное среднеквадратичное значение (скорректированного ускорения) $MTVV$: Максимальное значение текущего среднеквадратичного значения скорректированного ускорения для периода интегрирования θ , равного 1 с.

доза укачивания $MSDV$: Величина, представляющая собой интеграл квадрата скорректированного ускорения $a_w(t)$, выражаемая в $\text{м/с}^{1,5}$ и определяемая формулой

$$MSDV = \left(\int_0^{\theta} a_w^2(\xi) d\xi \right)^{1/2},$$

где Φ - общий период времени, в течение которого наблюдают низкочастотные колебания, вызывающие укачивание (болезнь движения).

Примечания:

1 Доза укачивания может быть получена из среднеквадратичного значения скорректированного ускорения умножением на коэффициент $\Phi^{1/2}$.

2 Если не определено иначе, время воздействия Φ принимают равным периоду измерений T .

доза *вибрации* **VDV**: Величина, представляющая собой интеграл четвертой степени скорректированного ускорения $a_w(t)$, выражаемая в $\text{м/с}^{1,75}$ и определяемая формулой:

$$VDV = \left(\int_0^{\Phi} a_w^4(t) dt \right)^{1/4},$$

где Φ - общее время воздействия вибрации¹⁾.

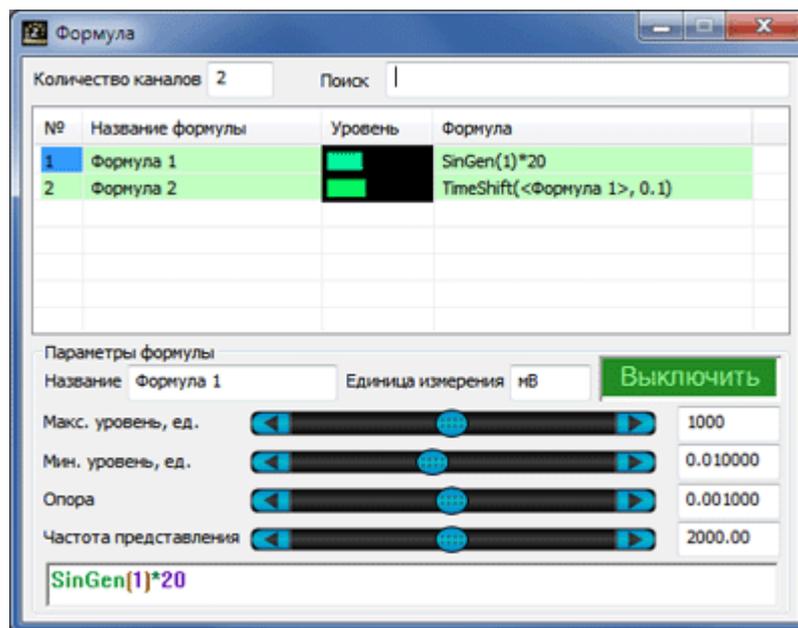
Примечания

1 Доза вибрации более чувствительна к пиковым значениям ускорения, чем среднеквадратичное значение.

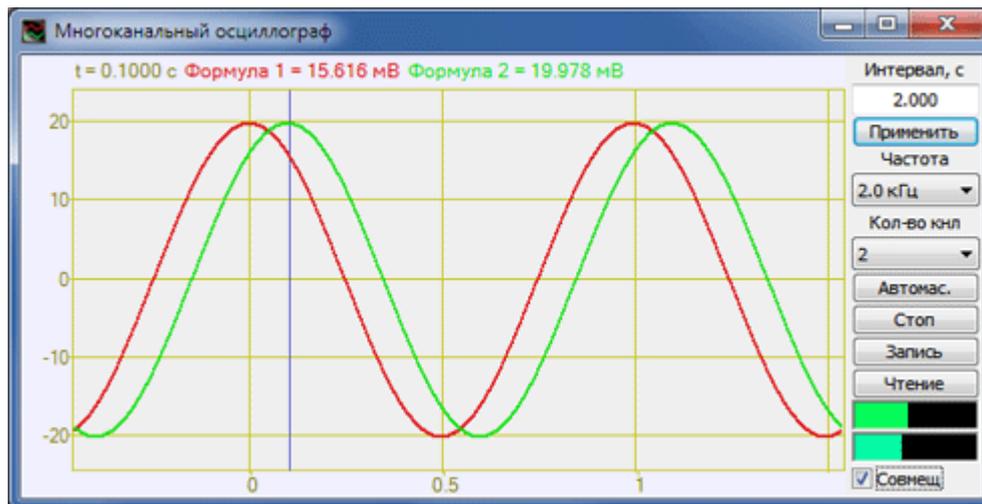
2 Если не определено иначе, время воздействия Φ принимают равным периоду измерений T .

TimeShift (<канал>, t) – сдвиг во времени значений по каналу, на заданное количество секунд.

На рисунке ниже продемонстрирована работы функции *TimeShift*. В качестве исходного сигнала задана функция *SinGen* (Формула 1). Сдвиг по времени осуществляется на 0,1 с (Формула 2).



Формула: функция "TimeShift"



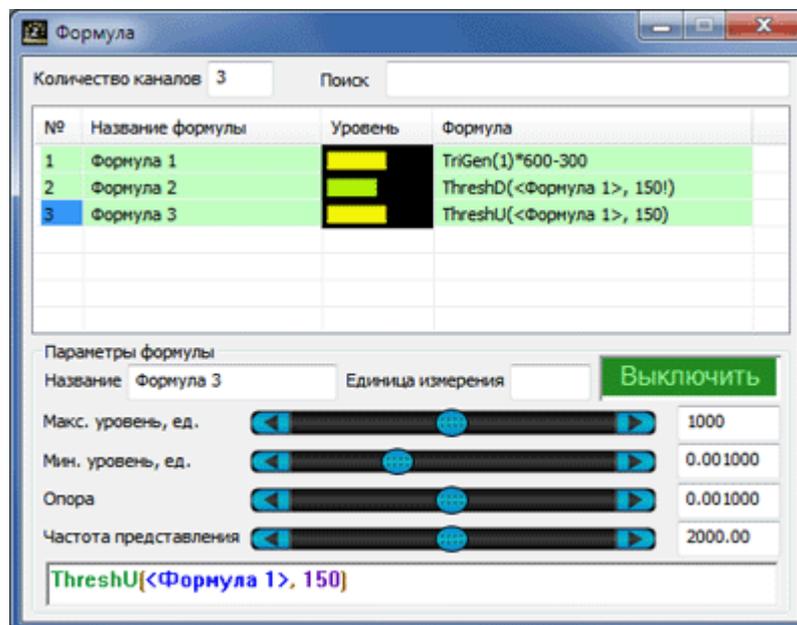
Результат работы функции "TimeShift"

ThreshD (<канал>, const) – ограничение снизу значений по каналу константной. Т.е. все значения, меньшие константы заменяются ею.

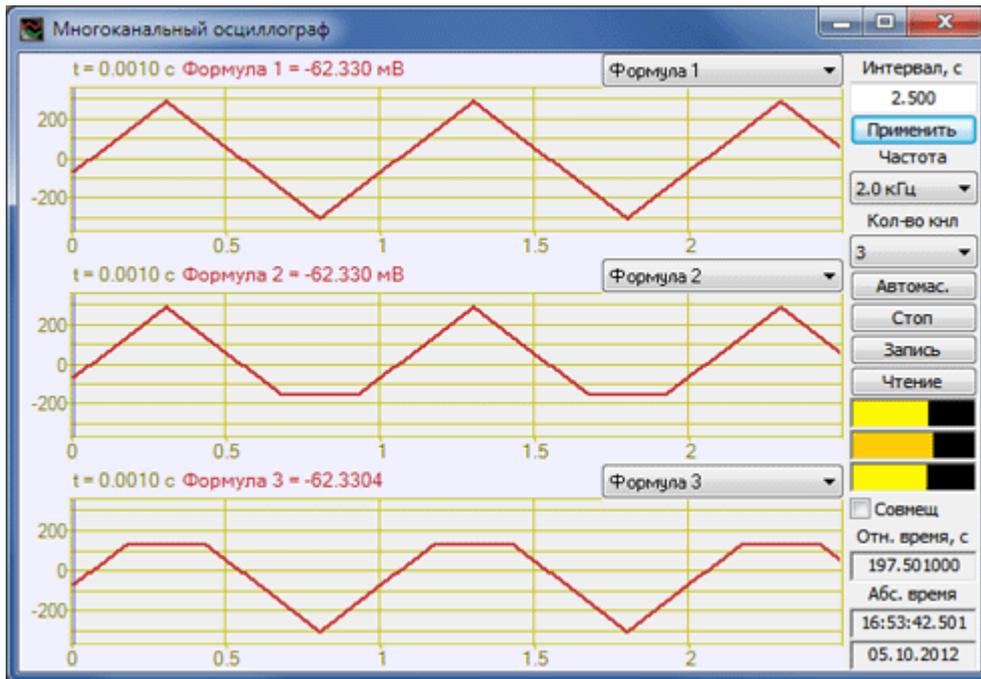
ThreshU (<канал>, const) – ограничение сверху значений по каналу константной. Т.е. все значения, большие константы заменяются ею.

Для задания отрицательного значения в качестве константы следует использовать постфиксный оператор инверсии.

На рисунке ниже продемонстрирован результат работы функций *ThreshD* и *ThreshU*. В качестве исходного использован сигнал треугольной формы с амплитудой ± 300 мВ (Формула 1). Ограничение снизу осуществляется значением -150 (Формула 2), сверху – значением 150 (Формула 3).



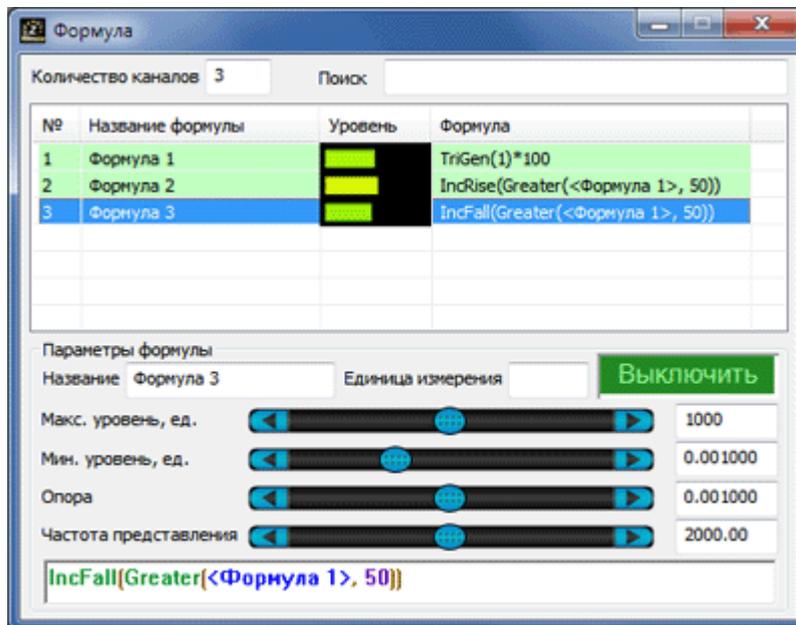
Формула: функции "ThreshD" и "ThreshU"



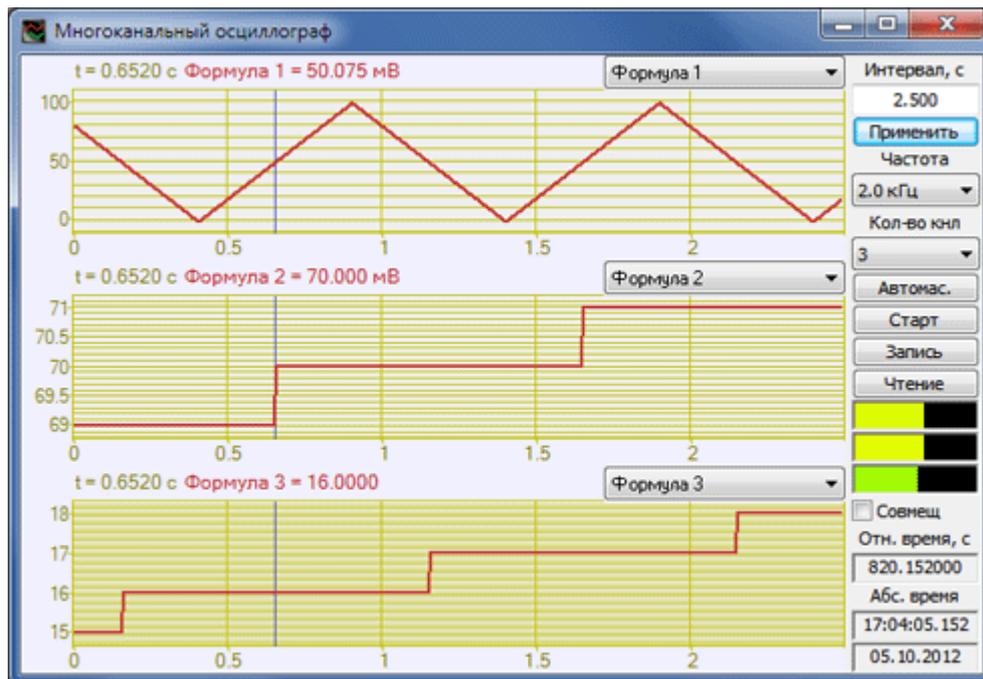
Результат работы функции "ThreshD" и "ThreshU"

- *IncRise* (<канал>) – счетчик фронтов (переходов из 0 в 1).
- *IncFall* (<канал>) – счетчик срезов (переходов из 1 в 0).

Следует использовать с логическими функциями *Equal* и *Greater*. На рисунке ниже приведен пример работы счетчиков переходов. За основу взят пилообразный сигнал *TriGen*.



Формула: счетчики переходов

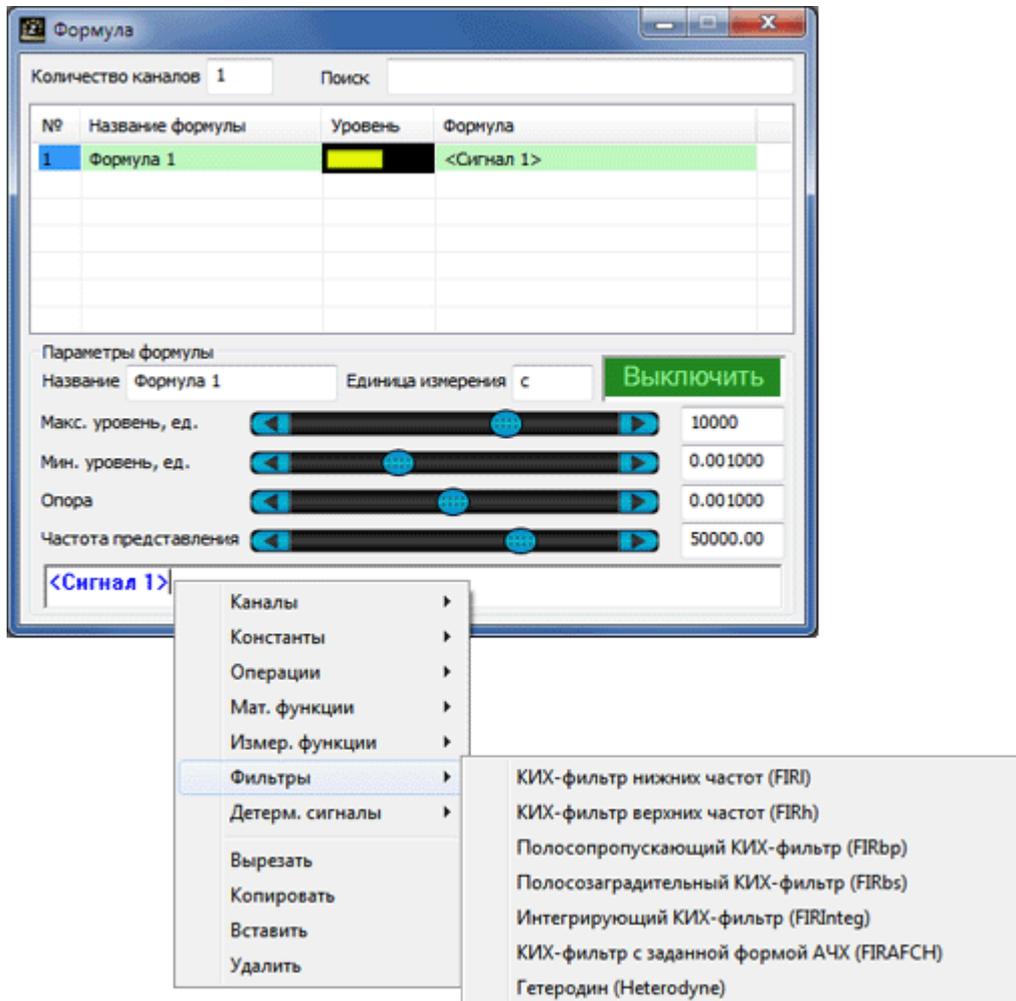


Результаты работы счетчиков переходов

ImpWidth(<канал>) – ширина импульса в секундах. Следует использовать с логическими функциями *Equal* и *Greater*.

1.2.6 Фильтры

Меню *Фильтры* содержит функции, накладывающие различные фильтры:



Формула: фильтры

Несколько слов насчет использования КИХ-фильтров

Фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры) имеют задержку, определяемую количеством коэффициентов. Причем задержка всегда равна количеству коэффициентов фильтра. Также количество коэффициентов служит мерой точности фильтра: отношение частоты дискретизации по каналу, отнесенное к числу коэффициентов фильтра представляет собой половину полосы частот в которой фильтр удовлетворяет требованиям. Вообще говоря, для цифрового фильтра в подавляющем числе случаев число коэффициентов лучше увеличивать. Но есть одно важное ограничение: при большом числе коэффициентов фильтрация сигнала занимает слишком много процессорного времени. В связи с этим в программе **Формула** введен алгоритм вычисления оптимального числа коэффициентов.

Количество коэффициентов фильтра вычисляется согласно следующему алгоритму:

1) определяется тактовая частота установленного процессора, и число коэффициентов рассчитывается так, чтобы загрузка одного ядра процессора составляла 3%. Формула для расчета: $\text{tapslen} = \text{CPUSPEED} * 2\% / \text{ADC_FREQUENCY}$, где tapslen - число коэффициентов фильтра, CPUSPEED - тактовая частота процессора, Гц, ADC_FREQUENCY - частота дискретизации по фильтруемому каналу.

2) Если полученный результат превышает рационально допустимое количество коэффициентов (2000), то

количество коэффициентов приравнивается к нему.

3) Если полученный результат меньше минимально допустимого(20), то количество коэффициентов приравнивается к нему.

4) Если полученный результат не позволяет вычислить результат с требуемой точностью по частоте, то используется формула: $\text{tapslen} = 1/(0.5 \cdot \text{NORM_FREQ})$, где NORM_FREQ - нормализованная частота, т.е. введенная частота отнесенная к частоте дискретизации.

5) Если же полученный результат является слишком дорогостоящим по вычислительной мощности (загружает более 30% одного ядра процессора), то окончательный результат будет рассчитываться по формуле: $\text{tapslen} = \text{CPUSPEED} \cdot 30\% / \text{ADC_FREQUENCY}$.

Пример:

Пусть необходимо рассчитать временную задержку по каналу с частотой дискретизации 500 кГц на двухядерном процессоре 2.5 ГГц, при наложении ФНЧ на 300 Гц.

Воспользуемся алгоритмом по шагам:

1) $\text{tapslen} = 2.5 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-2} / 5 \cdot 10^5 = 100$ - вариант при котором загрузка процессора составит 2% деленое на количество ядер, т.е. 1%

2), 3) - не влияют на результат

4) $\text{tapslen} = 1 / (5 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^2 / 5 \cdot 10^5) = 3.3 \cdot 10^3$ - такое количество коэффициентов необходимо для удовлетворения поставленной задачи

5) $\text{tapslen} = 2.5 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-1} / 5 \cdot 10^5 = 1500$ - такое количество коэффициентов мы можем себе позволить при данных условиях.

Теперь, когда получено количество коэффициентов фильтра $\text{tapslen} = 1500$, оценим временную задержку и то насколько требуемый фильтр удовлетворяет нашим требованиям по точности.

Временная задержка $dt = \text{tapslen} / \text{ADC_FREQUENCY} = 1.5 \cdot 10^2 / 5 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^{-4}$ (секунды), или 300 мкс.

Частота среза фильтра составит: $F_{\text{среза}} = \text{ADC_FREQUENCY} / (0.5 \cdot 10^{-1} \cdot \text{tapslen}) = 5 \cdot 10^5 / (0.5 \cdot 10^{-1} \cdot 1.5 \cdot 10^3) = 6.7 \cdot 10^3$ (Герц), т.е. в два раза больше чем требовалось.

Будьте внимательны! При высоких частотах дискретизации не стоит настраивать фильтры с очень большой точностью - вы загрузите процессор, а результата так и не добьетесь. Старайтесь выбирать для измерений наиболее оптимальный диапазон частот. Если вам нужно исследовать ВЧ-сигнал, то мы советуем использовать аппаратный гетеродин.

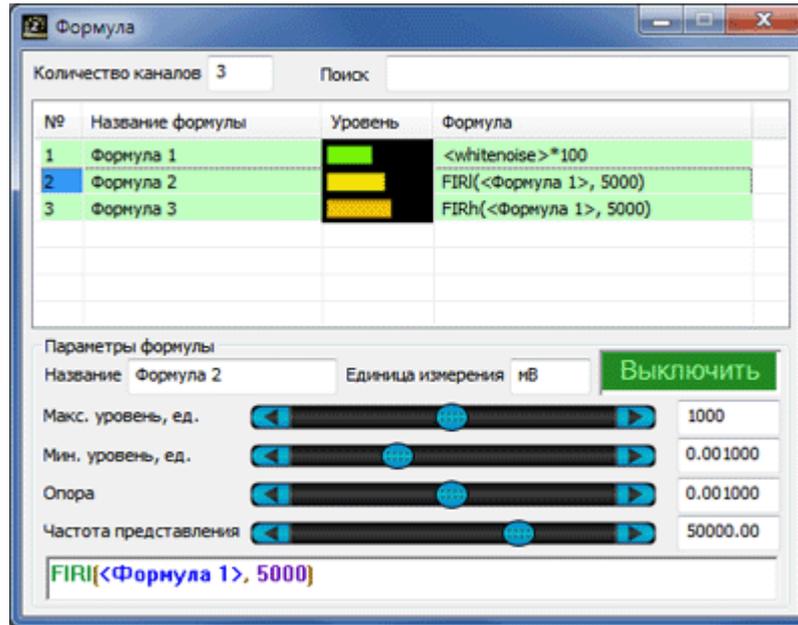
Примечание: в программе **Фильтрация сигналов** используются фильтры с бесконечной импульсной характеристикой. При описании фильтров **Формулы** будут приводиться результаты работы фильтров программы **Фильтрация сигналов** - для сравнения.

Описание фильтров

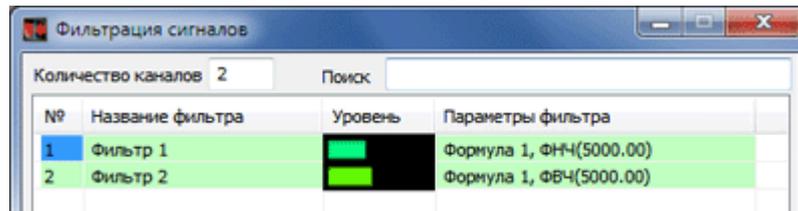
FIRl(<канал>, const) – фильтр низких частот с граничной частотой равной const. Частота не может быть меньше нуля и больше половины частоты дискретизации. Данный тип фильтра следует использовать для отсека нежелательных высокочастотных составляющих, к примеру - в задаче идентификации движения человека или автомобиля по земле, где интересующий нас сигнал лежит в области низких частот.

FIRh(<канал>, const) – фильтр высоких частот с граничной частотой равной const. Частота не может быть меньше нуля и больше половины частоты дискретизации. Данный тип фильтра следует использовать для отсека постоянной и низкочастотной составляющих сигнала. Пример использования: вывод звуковой информации с отсекаем неслышимой части и постоянной составляющей.

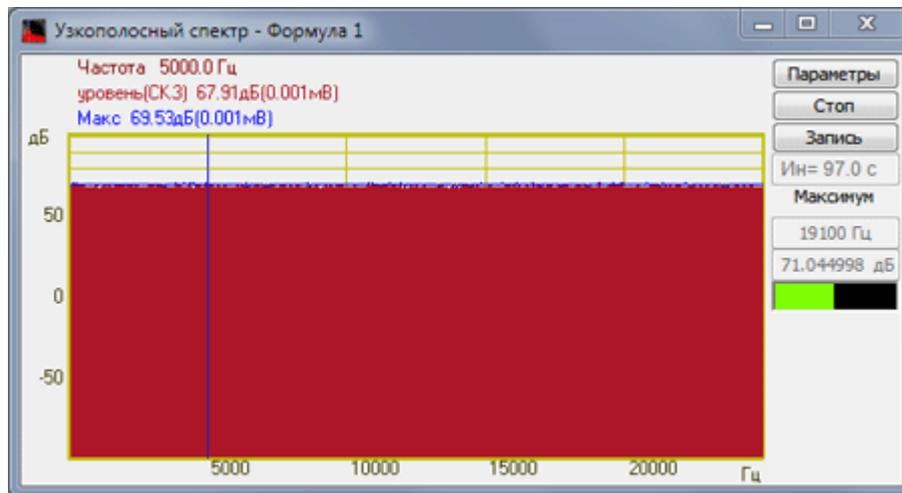
На рисунках ниже приведен пример фильтрации шумового сигнала (используется функция формулы <whitenoise>) фильтром низких и фильтром высоких частот в программе **Формула** и программе **Фильтрация сигналов**.



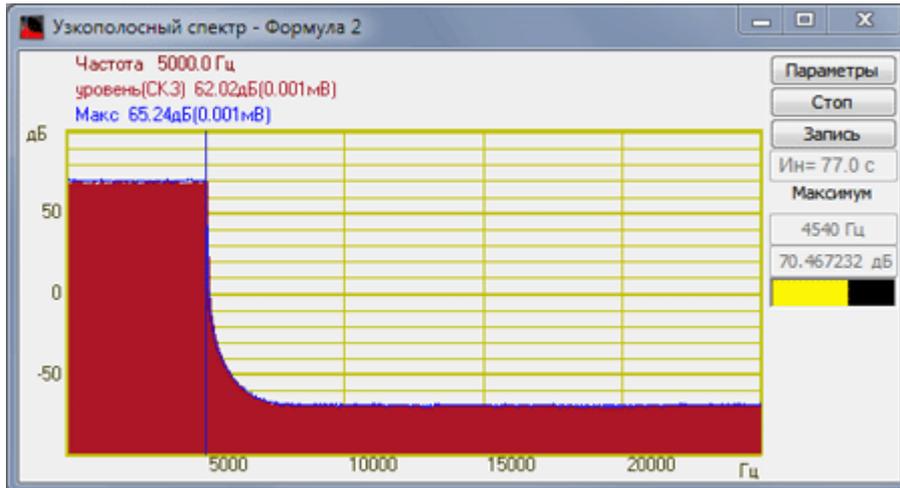
Параметры фильтрации в программе "Формула"



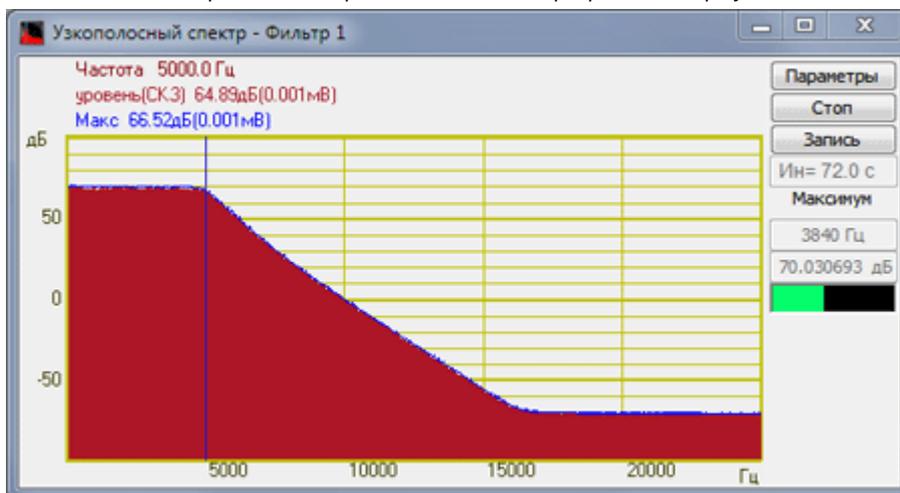
Параметры фильтрации в программе "Фильтрация сигналов"



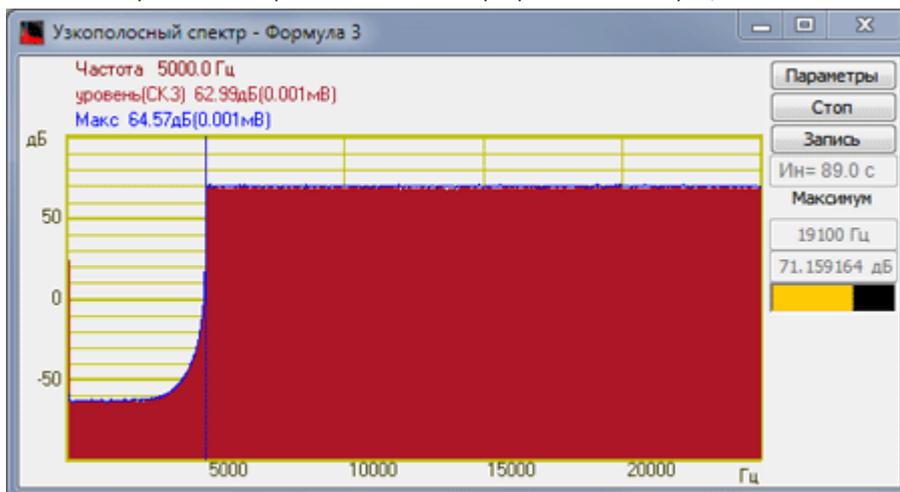
Спектр исходного сигнала



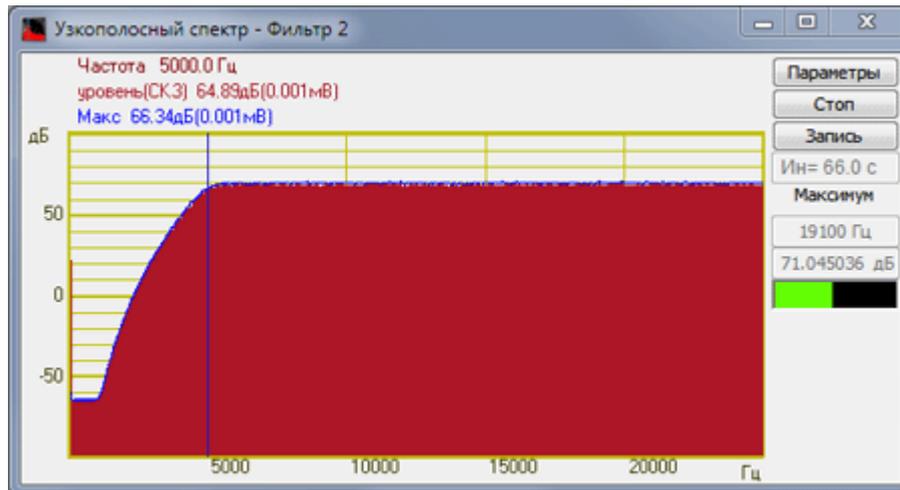
Спектр сигнала, обработанного ФНЧ программы "Формула"



Спектр сигнала, обработанного ФНЧ программы "Фильтрация сигналов"



Спектр сигнала, обработанного ФВЧ программы "Формула"

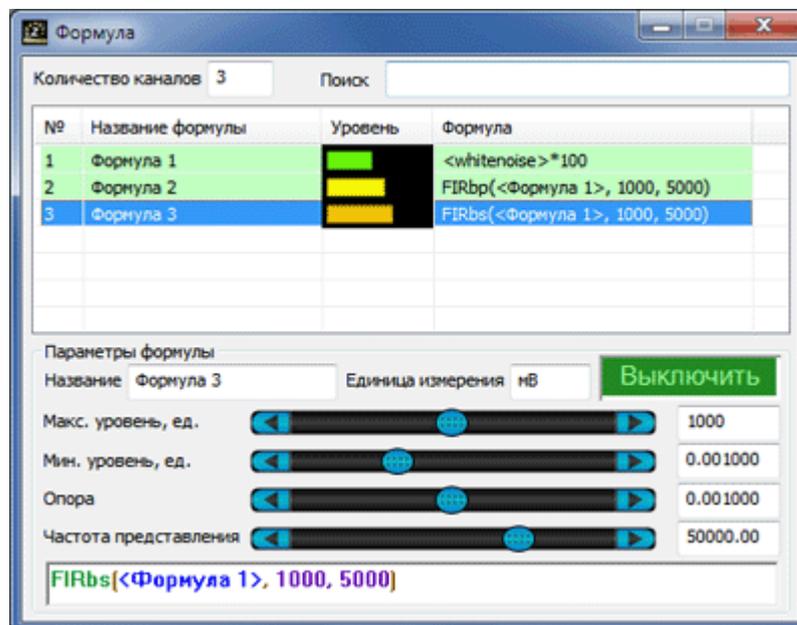


Спектр сигнала, обработанного ФВЧ программы "Фильтрация сигналов"

$FIRbp(<канал>, const 1, const 2)$ – полосовой фильтр, пропускающий частоты от первой до второй. Значения частот не могут быть меньше нуля и больше половины частоты дискретизации. Если введены такие значения, то фильтр на их место подставляет предельно допустимые. Фильтр может быть использован для вырезания частот соответствующих человеческому голосу.

$FIRbs(<канал>, const 1, const 2)$ – полосовой фильтр, вырезающий частоты от первой до второй. Значения частот не могут быть меньше нуля и больше половины частоты дискретизации. Если введены такие значения, то фильтр на их место подставляет предельно допустимые. Разницы в порядке следования частот в выражении нет.

На рисунках ниже приведен пример фильтрации шумового сигнала (используется функция формулы $<whitenoise>$) полосопропускающим фильтром (ППФ) и полосозаграждающим фильтром (ПЗФ) в программе **Формула** и программе **Фильтрация сигналов**.



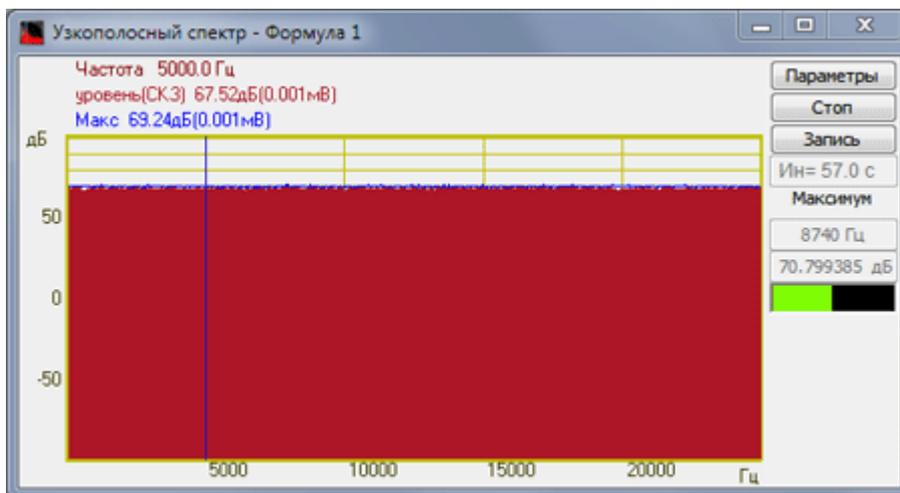
Параметры фильтрации в программе "Формула"

Фильтрация сигналов

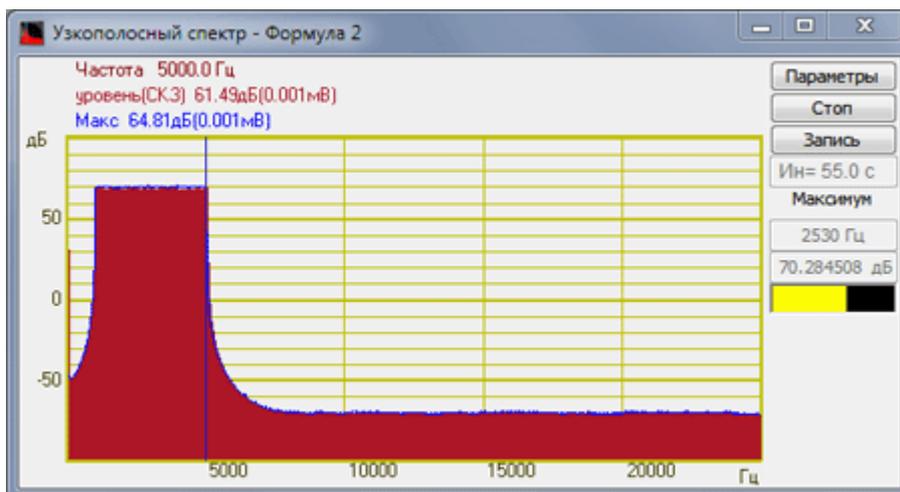
Количество каналов 2 Поиск

№	Название фильтра	Уровень	Параметры фильтра
1	Фильтр 1		Формула 1, ППФ(1000.00, 5000.00)
2	Фильтр 2		Формула 1, ПЗФ(1000.00, 5000.00)

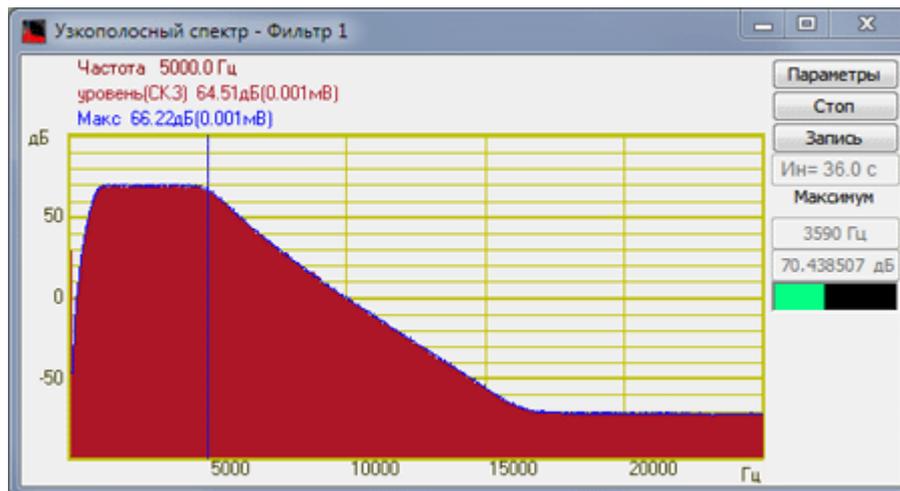
Параметры фильтрации в программе "Фильтрация сигналов"



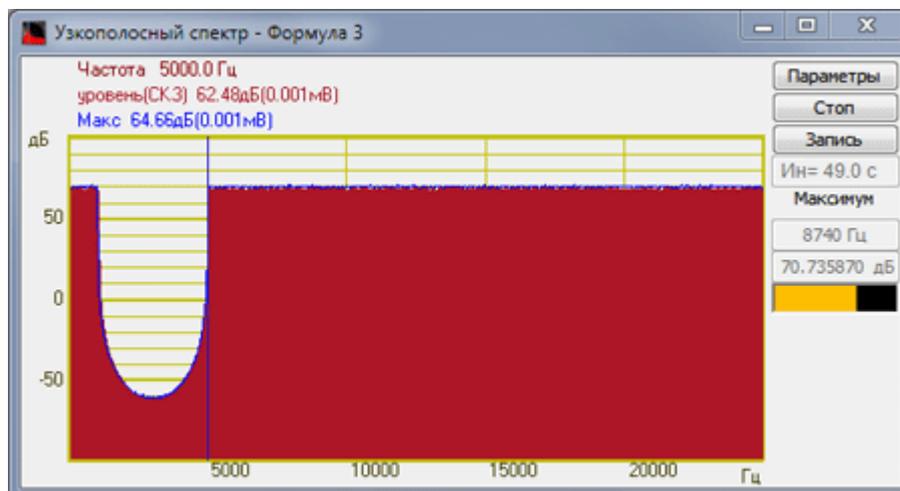
Спектр исходного сигнала



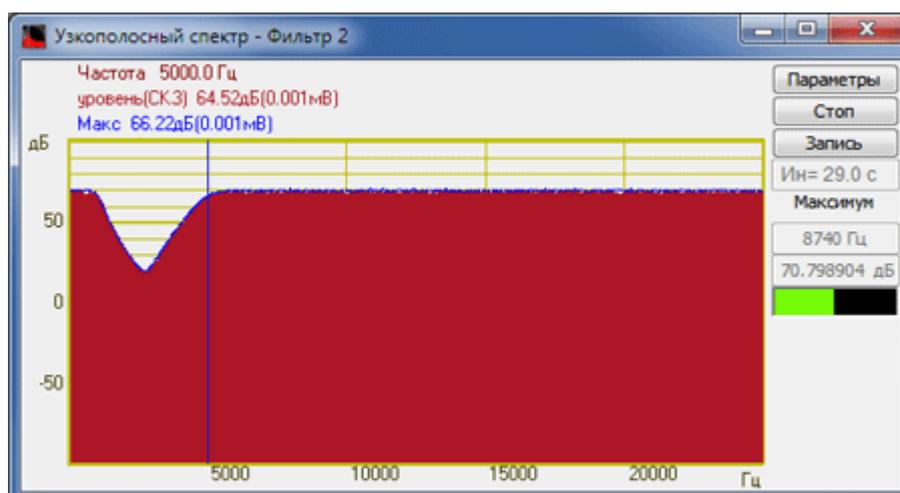
Спектр сигнала, обработанного ППФ программы "Формула"



Спектр сигнала, обработанного ППФ программы "Фильтрация сигналов"



Спектр сигнала, обработанного ПЗФ программы "Формула"



Спектр сигнала, обработанного ПЗФ программы "Фильтрация сигналов"

FIRInteg(<канал>) – интегрирующий фильтр, является потенциально неустойчивым, поэтому перед его применением следует ставить фильтр высоких частот.

FIRAFCH(<канал1>, <канал2>) – КИХ-фильтр с заданной формой АЧХ

Heterodyne(<канал>, const 1, const 2) – гетеродин. Вырезает из спектра сигнала полосу от (const 1-const2) Гц до (const1+const2) Гц. Затем сдвигает её в область низких частот. Основным использованием гетеродина является частотная демодуляция сигнала - процесс переноса части спектра из области

высоких частот в область низких. Применяется в радиотехнических задачах.

1.2.7 Детерминированные сигналы

Раздел находится в разработке

Сервисные

Раздел **Сервисные** содержит настроечные и вспомогательные средства **ZETLAB**.

Диспетчер устройств предназначен для настройки параметров подключенных ZET-устройств (частота оцифровки сигналов, параметры подключенных датчиков и т.д.)

Контроль конфигурации - программа, позволяющая сохранять настройки ZET-оборудования в файлы, сравнивать текущую конфигурацию с данными из файла, изменять текущие параметры в соответствии с сохраненными. Это удобно при использовании одного рабочего места для разных задач - **Контроль конфигурации** позволяет переключаться на различные конфигурации в два клика "мыши".

Время **ZETSEVER** - сервер данных каналов системы **ZETLAB**. Интерфейс программы предоставляет пользователю информацию по всем каналам системы **ZETLAB** на данном компьютере:

- измерительным каналам подключенных ZET-устройств,
- каналам генераторов подключенных ZET-устройств,
- виртуальных каналов, создаваемых программами ZETLAB,
- сигналов, передаваемых по сети
- демо-сигналов (в демо-режиме)

Программа **Прослушивание каналов** предназначена для воспроизведения сигналов через звуковую карту компьютера.

В Журнал ошибок **ZETLAB** вносятся сведения о работе программ.

1 Диспетчер устройств

Диспетчер устройств ZET - программа для настройки подключенных ZET-устройств: параметров АЦП и ЦАП, сетевых настроек, синхронизации, измерительных каналов, цифровых линий, интеллектуальных датчиков и управляющих устройств **ZETSENSOR**. Информация о параметрах устройств сохраняется в файл "devices.cfg" в директорию "C:\ZETLab\Config" (директория может быть изменена через главное меню панели **ZETLAB** - см. раздел **Панель управления ZETLAB – Главное меню панели ZETLAB**). Программа **Диспетчер устройств ZET** позволяет просматривать данные файла и изменять параметры устройств в удобном интерфейсе.

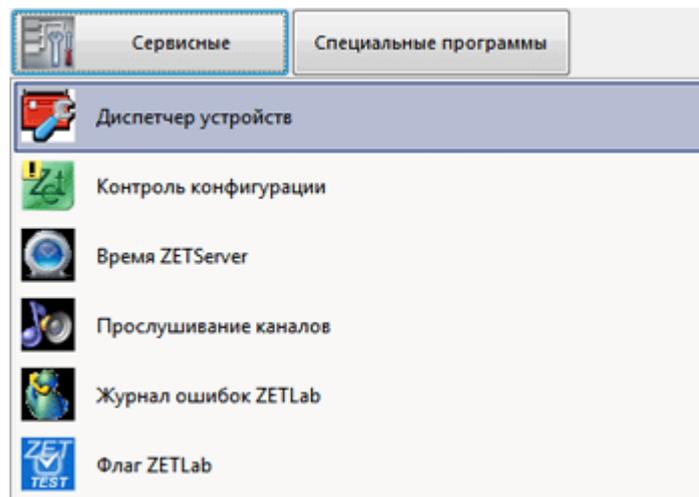
Программа **Диспетчер устройств ZET** вошла в состав ПО **ZETLAB** начиная с версии 05/12 и объединила в себе функции программ:

- Настройка АЦП/ЦАП;
- Редактирование файлов параметров (настройка параметров измерительных каналов);
- Настройка диапазона;
- Цифровой вход/выход (настройка цифрового порта);
- Настройка IP-адресов устройств.

*Примечание: при первом запуске **ZETLAB Диспетчер устройств ZET** может не сохранять изменения, вносимые пользователем - это происходит потому, что при первом запуске программы создается файл с данными устройств, но информация об этом файле еще не сохранена в базе файлов конфигурации **ZETLAB**. Для работы с диспетчером устройств необходимо внести в программу изменения, например, изменить название канала, и сохранить их кнопкой "ОК", после чего перезапустить панель **ZETLAB** и перезапустить программу **Диспетчер устройств ZET** (полнофункциональная работа с файлом параметров устройств "devices.cfg" будет вестить при втором и последующих запусках программы после первой перезагрузки панели **ZETLAB**).*

1.1 Интерфейс диспетчера устройств

Программа **Диспетчер устройств ZET** запускается из меню **Сервисные** панели **ZETLAB**.



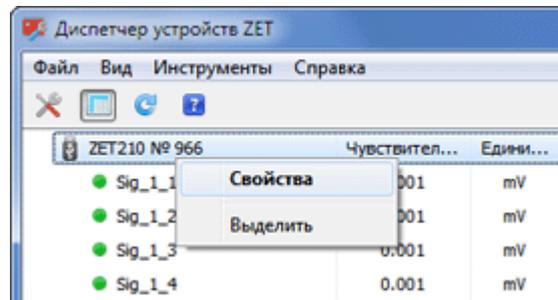
Запуск диспетчера устройств ZET

Внешний вид программы **Диспетчер устройств ZET** представлен на рисунке ниже. Основную часть программы **Диспетчер устройств ZET** занимает поле, в котором отображается список подключенных устройств и измерительных каналов. Слева от названия канала отображается значок, соответствующий способу подключения: USB или Ethernet. Слева от названия каналов отображается состояние каналов:

- серый цвет - канал выключен или используется дифференциальное включение (для модулей АЦП/ЦАП ZET210 или ZET 220),
- зеленый цвет - канал включен,
- красный - канал включен и подано питание стандарта ICP.

Количество вкладок определяется типом и конфигурацией устройства. В названии окна отображается обозначение и номер устройства.

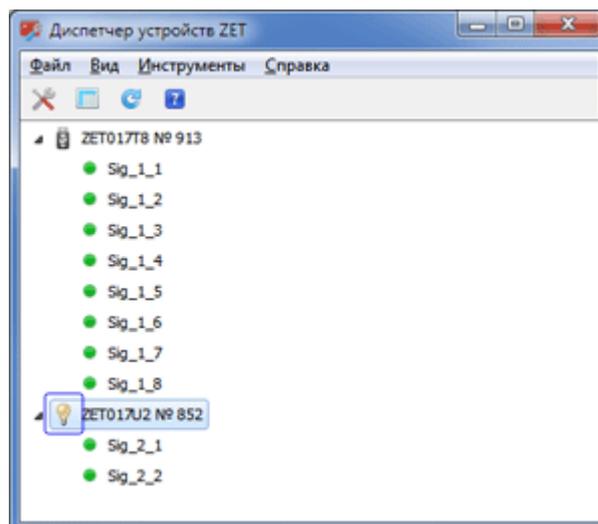
Окно редактирования свойств устройства вызывается из контекстного меню: щелчок правой кнопки "мыши" по названию устройства и выбор пункта *Свойства*.



Вызов окна "Свойства" ZET-устройства

При выборе в контекстном меню пункта *Выделить* слева от названия выделенного устройства появится значок "лампочка", при этом светодиоды прибора будут последовательно загораться и гаснуть.

Примечание: на анализаторах спектра и тензостанциях зажимаются светодиоды измерительных каналов, расположенные на передней панели, на модулях АЦП/ЦАП и сейсмостанциях - светодиод, расположенный на рядом с разъемом USB.



Диспетчер устройств ZET - выделено устройство

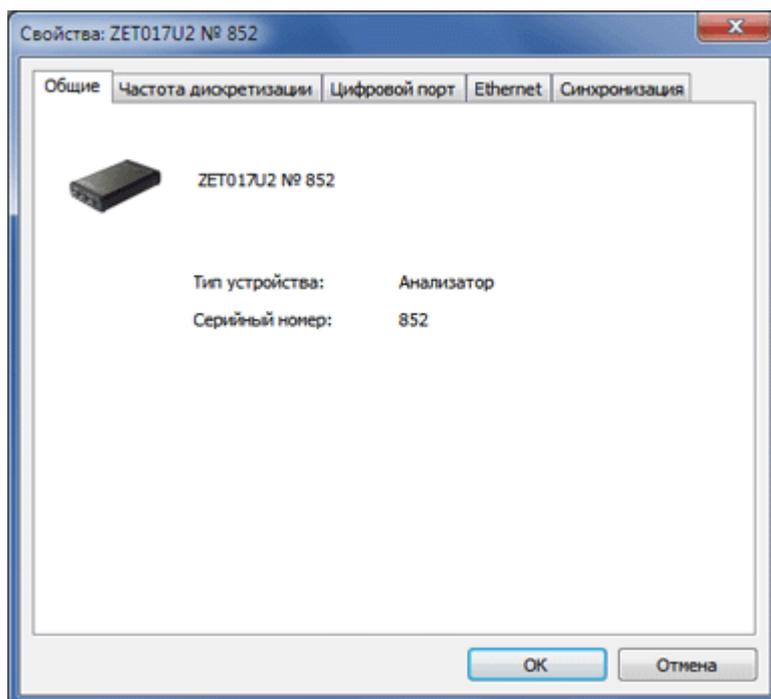
Таким образом, местоположение выделенного устройства легко определить в измерительной системе по мигающим светодиодам, что очень удобно при работе с многоканальными системами.



Многоканальная система на базе анализаторов спектра

1.2.1 Общие свойства

На вкладке **Общие** отображается обозначение, тип и заводской номер устройства. Вкладка **Общие** отображается для всех ZET-устройств.



Общие свойства анализатора спектра ZET 017-U2

1.2.2 Частота дискретизации АЦП и ЦАП

На вкладке **Частота дискретизации** выбирается частота дискретизации АЦП и ЦАП. Вкладка **Частота дискретизации** отображается для всех ZET-устройств, кроме устройств **ZETSENSOR** (параметры устройств **ZETSENSOR** описаны в главе [Свойства интеллектуальных устройств ZETSENSOR](#)). При подключении нескольких устройств частоты дискретизации АЦП и ЦАП задаются для каждого устройства отдельно.

Частота дискретизации АЦП

Частота дискретизации АЦП определяет частоту оцифровки сигналов, поступающих на входные каналы устройства.

В анализаторах спектра, тензостанциях, сейсмостанциях и модуле ZET 230 преобразование сигналов по каждому каналу производится независимыми АЦП. Частота дискретизации задается одинаковая для всех АЦП. Список частот определяется характеристиками прибора.

Модули ZET 210 и ZET 220 имеют один АЦП, на который последовательно коммутируются все включенные каналы. Список частот дискретизации в программе **Диспетчер устройств ZET** для модулей ZET 210 и ZET 220 определяется характеристиками прибора и количеством включенных каналов, поскольку в списке *Частота дискретизации* выбирается частота преобразования по каждому каналу, а не суммарная частота преобразования.

Частота дискретизации ЦАП

Частота дискретизации ЦАП задает частоту цифро-аналогового преобразования сигналов генератором устройства.

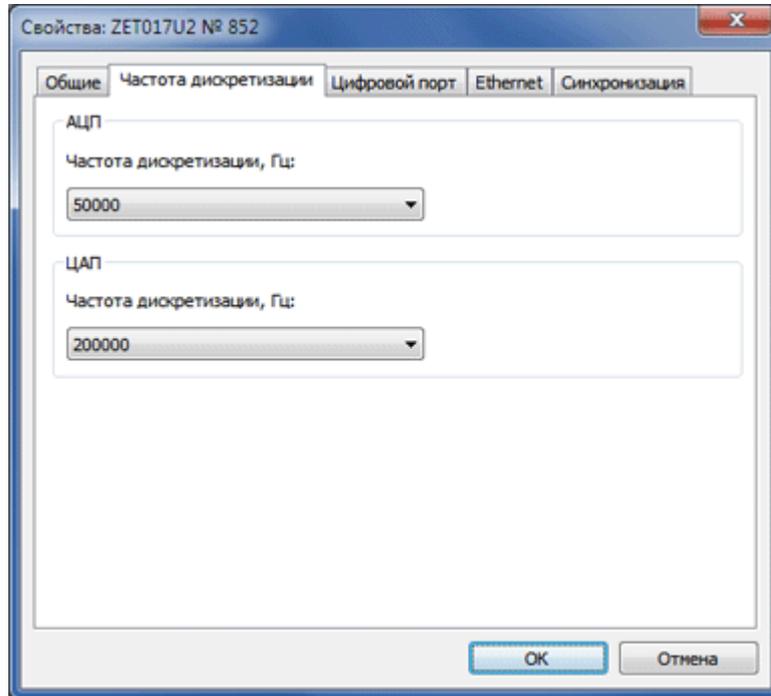
Анализаторы спектра имеют один генератор, сигнал которого передается с выхода ЦАП.

Тензостанции имеют один генератор, при этом сигнал с генератора выводится не только с выхода ЦАП, но и на контакт "Генератор" каждого измерительного канала - это обеспечивает возможность питания всех подключенных датчиков от встроенного генератора тензостанции.

Сейсмостанции не имеют выхода ЦАП, но могут комплектоваться генератором ZET 7090 для

бездемонтажной поверки подключенных датчиков и самотестирования.

Модули ZET 210 и ZET 220 имеют 2 выхода ЦАП, модуль ZET 230 имеет 4 выхода ЦАП. Во всех устройствах ЦАП независимые. Частота дискретизации ЦАП задается одна для всех генераторов одного устройства.



Частота дискретизации анализатора спектра ZET 017-U2

1.2.3 Цифровой порт

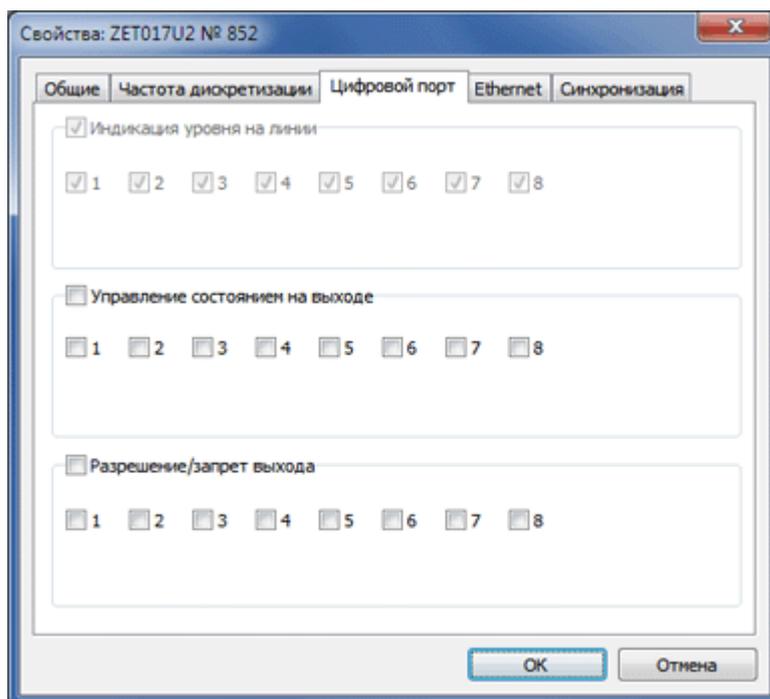
Вкладка **Цифровой порт** предназначена для управления цифровыми линиями устройств ZET. Наличие вкладки **Цифровой порт** в программе **Диспетчер устройств ZET** определяется наличием цифрового порта у устройства. Количество линий цифрового порта зависит от типа устройства.

В рамке *Индикация уровня на линии* отображается состояние цифрового порта по каждой линии: если флаг установлен (как на рисунке ниже), состояние на линии - логическая "1" (3,3 В), если флаг снят, состояние на линии соответствует логическому "0" (0 В).

В рамке *Управление состоянием на выходе* устанавливается состояние линий цифрового порта: установленный флаг задает уровень логической "1" (3,3 В), снятый - логическому "0" (0 В). Заданное состояние вступит в силу при условии, что для соответствующей линии установлен флаг в рамке *Разрешение/запрет выхода*.

В рамке *Разрешение/запрет выхода* устанавливаются разрешения на использование цифровых линий устройства программами **ZETLAB**, например, **Виброметр** (выдача сигналов сухого контакта), **Регулятор** (выдача управляющего сигнала), **Автономный регистратор** (внешний запуск по цифровому порту или выдача сигналов с цифрового порта), **Управление коммутационным блоком**.

Следует помнить, что линии цифрового порта с 6 по 8 могут использоваться для внешнего запуска при синхронизации устройств по цифровому порту. Подробнее см. [Свойства устройств ZET: вкладка Синхронизация](#).



Цифровые линии анализатора спектра ZET 017-U2

1.2.4 Ethernet

На вкладке **Ethernet** задаются настройки устройства для работы по сети. Для подключения анализатора спектра/тензостанции к компьютеру по Ethernet необходимо задать *IP-адрес*, *маску подсети* и *основной шлюз* таким образом, чтобы ZET-устройство и компьютер находились в одной сети. Подробнее см. [Подключение по Ethernet](#).

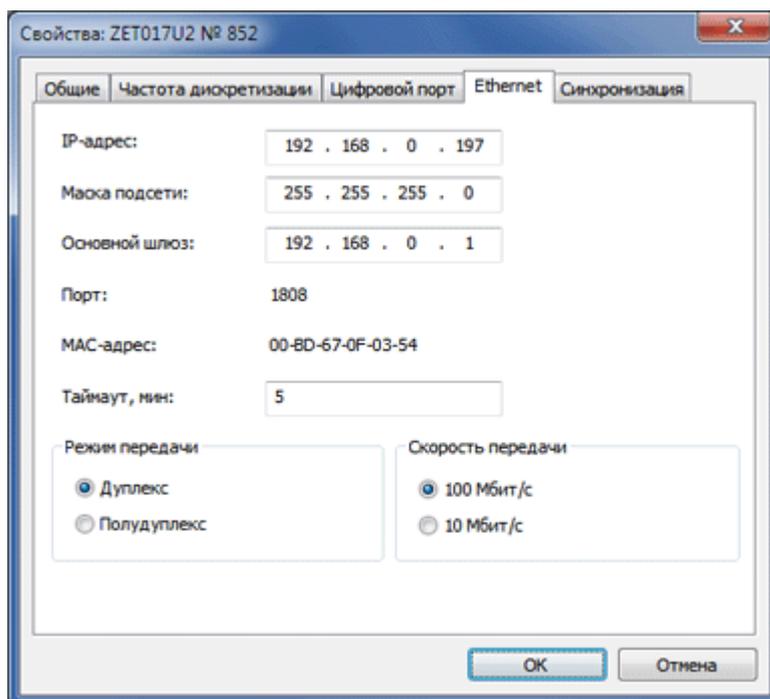
Для устройства может быть выбран режим передачи данных:

- В режиме *дуплекс* устройства могут передавать и принимать информацию или данные одновременно, по двум каналам связи, разделённым (разнесённым) физически.
- В режиме *полудуплекс* идет временное разделение каналов.

В современных сетях используется режим *дуплекс*.

Также для устройства может быть выбрана *скорость передачи* данных по сети: 10 или 100 Мбит/с.

Время таймаута определяет срабатывание аппаратного WatchDog - если к устройству не было обращений в течение указанного времени, устройство перезапускается. Драйвер USB и драйвер Ethernet обновляют этот таймер примерно раз в минуту. Время таймаута задаются для всех вариантов подключения: по USB, Ethernet, Wi-Fi.



Сетевые настройки анализатора спектра ZET 017-U2

1.2.5 Синхронизация

На вкладке **Синхронизация** задаются параметры синхронизации ZET-устройств. Наличие и параметры вкладки **Синхронизация** определяется типом и конфигурацией ZET-устройства. Модули АЦП/ЦАП и шумомеры-виброметры ZET 110 не имеют возможности синхронизации. Анализаторы спектра и тензостанции могут быть синхронизированы по цифровому порту, по GPS, по PTP; сейсмостанции ZET 048 - по GPS и по PTP.

Примечание: частота дискретизации АЦП и ЦАП синхронизируемых устройств должны быть одинаковыми.

Синхронизация по цифровому порту

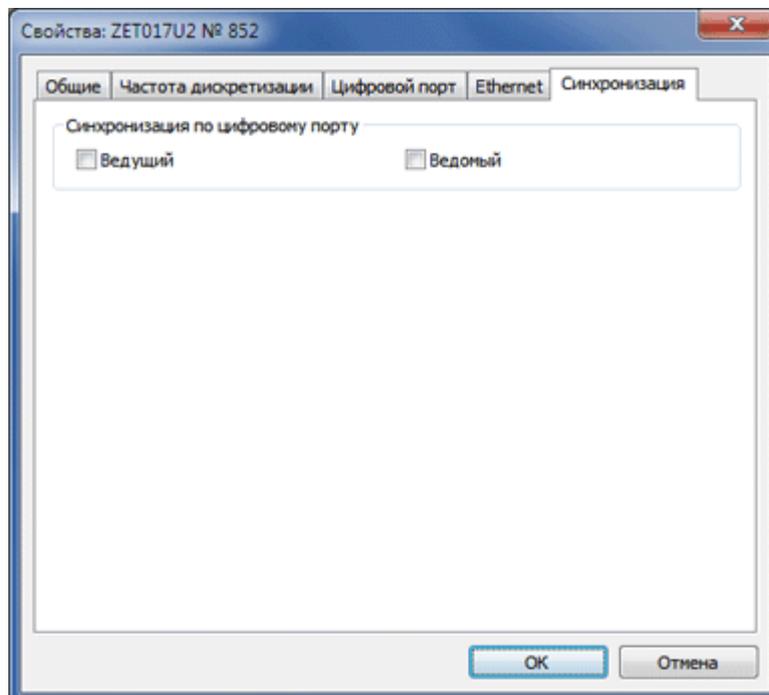
Синхронизация по цифровому порту используется для создания многоканальной измерительной системы на базе приборов одного типа, расположенных рядом. Устройства объединяются по цифровому порту, одно из устройств выполняет роль мастера (является ведущим), остальные устройства синхронизируются по сигналам от мастера (являются ведомыми). Таким образом, все входные и выходные каналы устройств работают синхронно, и создается многоканальная (до 160 каналов) система.



Синхронизация анализаторов спектра по цифровому порту

Синхронизация по цифровому порту часто используется в системе управления вибростендами при проведении испытаний с контролем параметров вибрации во многих точках.

Для синхронизации устройств по цифровому порту необходимо объединить их цифровые порты, для ведущего устройства установить флаг *Ведущий*, а для остальных - флаг *Ведомый* на вкладке **Синхронизация** в окне **Свойства** устройства в программе **Диспетчер устройств ZET**.



Параметры синхронизации анализатора спектра ZET 017-U2

При синхронизации по цифровому порту будут задействованы 6, 7 и 8 биты цифрового порта каждого устройства, поэтому они будут заблокированы для использования в обычном режиме на вкладке **Цифровой порт**. У ведущего устройства линии 6-8 цифрового порта будут работать на выход и являться источником синхронизации, у ведомых - на вход:

- 8 вывод цифрового порта используется для управления внешним запуском,
- 7 - для задания внешней частоты синхронизации АЦП,
- 6 - для задания внешней частоты синхронизации ЦАП.

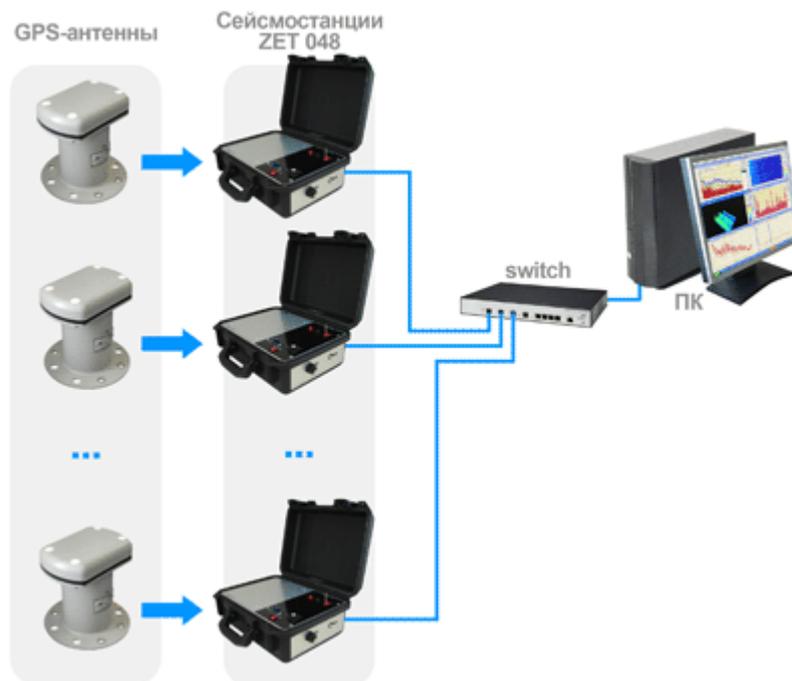
При подаче на 8 вывод цифрового порта логического «0» (0 В) на входных каналах устройства будет производиться захват поступающих на них данных (сигналов), а на выходной канал будет подаваться сигнал, заданный в программе генерирования сигналов. При подаче на 8 вывод цифрового порта логической «1» (3,3 В) входные и выходные каналы будут остановлены, и поступающие на них данные приниматься/передаваться не будут.

По нарастающему фронту сигнала, подаваемого на 7 вывод цифрового порта, будет производиться выборка сигналов поступающих с аналоговых входов. Внешняя частота синхронизации задается автоматически и не превышает внутреннюю опорную частоту, соответствующую максимальной частоте дискретизации АЦП из списка задаваемых частот дискретизации.

По нарастающему фронту сигнала, подаваемого на 6 вывод цифрового порта, на аналоговый выход поступит следующий отсчет сигнала, заданного в программе генерирования сигналов. Внешняя частота синхронизации задается автоматически и не превышает внутреннюю опорную частоту, соответствующую максимальной частоте дискретизации ЦАП из списка задаваемых частот дискретизации.

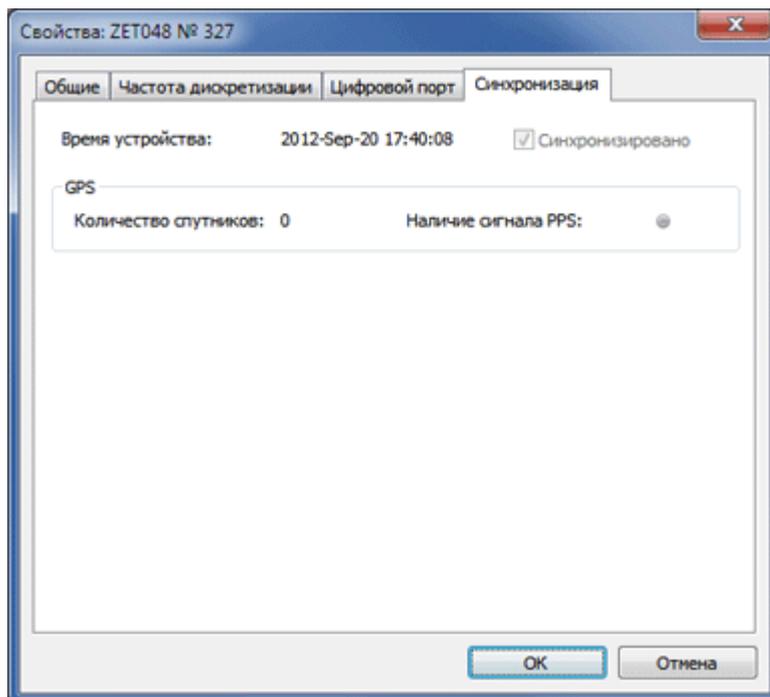
Синхронизация по GPS

Синхронизация по сигналам спутников ГЛОНАСС/GPS используется в распределенных измерительных системах, особенно в полевых испытательных комплексах, в которых удаленные узлы объединены в одну измерительную сеть по беспроводному интерфейсу WI-MAX.



Синхронизация сейсмостанций по сигналам со спутников Глонасс/GPS

Синхронизация по сигналам спутников ГЛОНАСС/GPS настраивается в программе **Синхронизация устройств** (раздел **Автоматизация** панели **ZETLAB**). В программе **Диспетчер устройств ZET** в окне **Свойства** устройства на вкладке **Синхронизация** отображается состояние синхронизации: текущее время устройства, состояние синхронизации, количество спутников и наличие сигнала PPS.

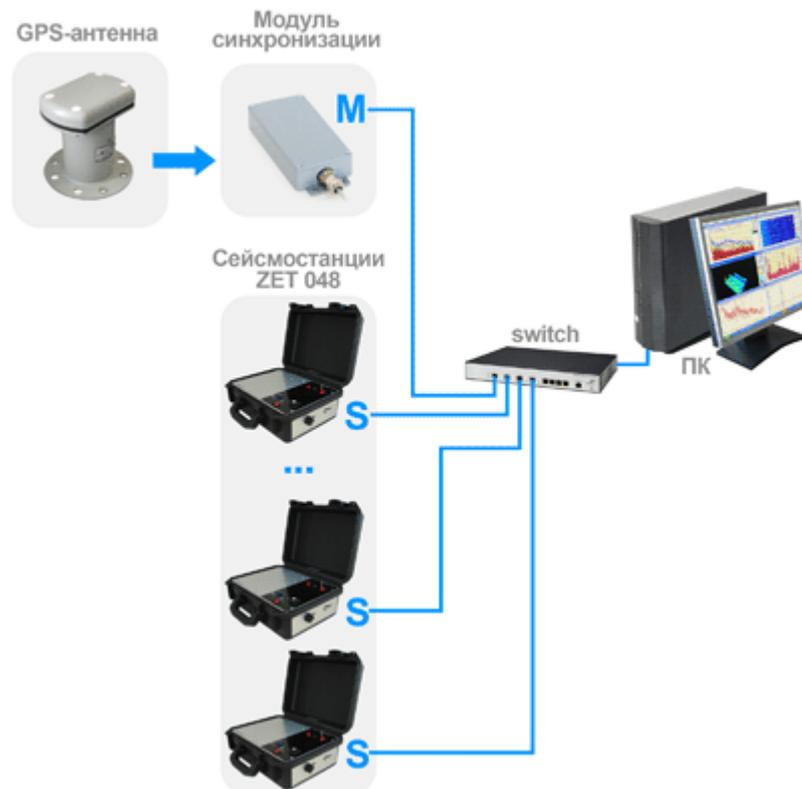


Параметры синхронизации сейсмостанции ZET 048

Синхронизация по РТР

Синхронизация по протоколу *Precision Time Protocol* (PTP), описанного стандартом *IEEE 1588*, применяется в распределенных измерительных сетях, удаленные узлы которых объединены по интерфейсу Ethernet. Использование протокола PTP (стандарт IEEE1588) обеспечивает высокую точность синхронизации, и является менее материально и трудозатратным, чем синхронизация высокоточным импульсом по выделенной линии или синхронизация каждого устройства по спутникам GPS/ГЛОНАСС. Кроме того, в некоторых случаях использование протокола PTP является единственно возможным способом синхронизации измерительных устройств. Например, синхронизация подводных анализаторов при проведении гидроакустических измерений, или синхронизация сейсмостанций при проведении сейсмических измерений под землей - в обоих случаях синхронизировать устройства с использованием радиосигналов с GPS-спутников невозможно - GPS антенны и приемники "не ловят" сигналы под землей и под водой.

Согласно протоколу *PTP* синхронизация устройств по времени осуществляется на основе схемы "ведущий – ведомый". Внутренние часы ведущего устройства могут синхронизироваться Глонасс/GPS приемниками или любым другим источником времени (зависит от требований и возможностей системы). Внутренние часы ведомых устройств синхронизируются ведущим устройством.

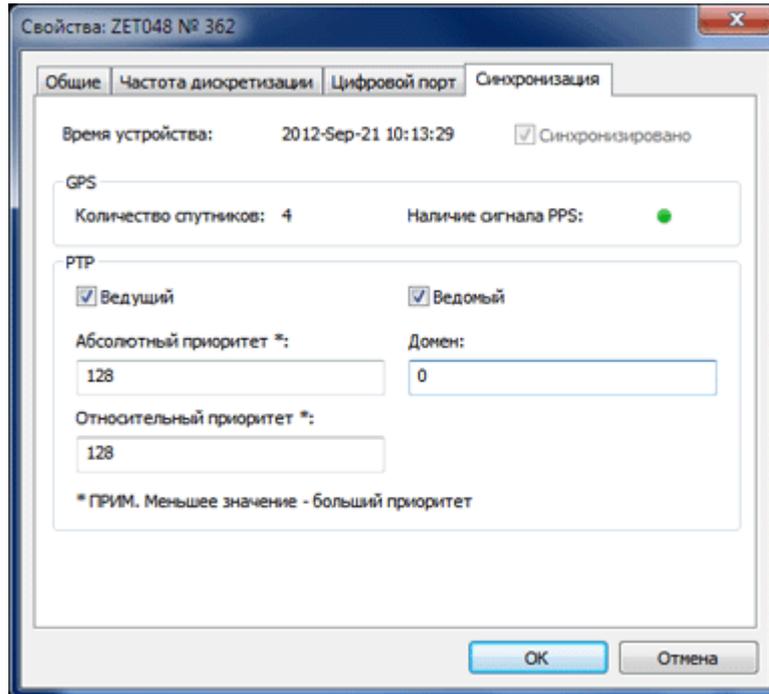


Синхронизация сейсмостанций по протоколу PTP согласно стандарту IEEE 1588

Настройка синхронизации ведущего устройства по сигналам со спутников Глонасс/GPS осуществляется в программе **Синхронизация устройств** (раздел **Автоматизация** панели ZETLAB). В программе **Диспетчер устройств ZET** в окне **Свойства** устройства на вкладке **Синхронизация** отображается состояние синхронизации.

Синхронизация устройств ZET по PTP настраивается в программе **Диспетчер устройств ZET** в окне **Свойства** устройства на вкладке **Синхронизация** в рамке PTP:

- Флаг *Ведущий* устанавливает разрешение на использование устройства в качестве ведущего (разрешение быть ведущим).
- Флаг *Ведомый* устанавливает разрешение синхронизации устройства (разрешение быть ведомым).
- В поле *Абсолютный приоритет* задается приоритет устройства, который учитывается в первую очередь при выборе ведущего. Используется в случае, если несколько устройств имеют разрешение быть ведущими. Большой приоритет имеют устройства, у которых значение данного поля меньше.
- В поле *Относительный приоритет* задается приоритет устройства, который учитывается в последнюю очередь при выборе ведущего устройства. Используется в случае, если несколько устройств имеют разрешение быть ведущими, при этом у них совпадают значения абсолютного приоритета, количество источников синхронизации (спутников), качество сигнала синхронизации). Большой приоритет имеют устройства, у которых значение данного поля меньше. Если помимо перечисленных параметров у устройств совпадает также и относительный приоритет, то ведущим выбирается устройство, у которого значение MAC-адреса меньше.
- В поле *Домен* указывается номер виртуальной подсети, к которой принадлежит устройство. Таким образом, устройства, объединенные в одну сеть по Ethernet можно разбить на подсети и в каждой подсети будет свой мастер (ведущее устройство).

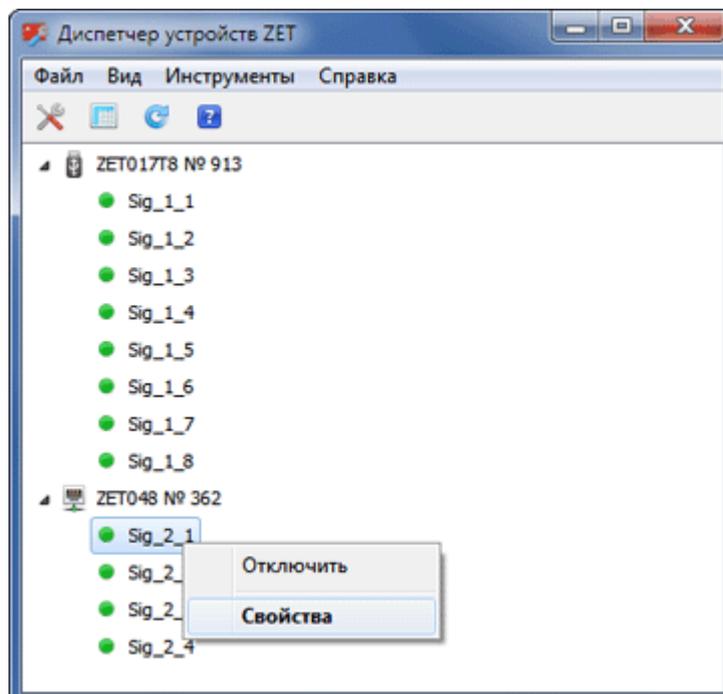


Параметры синхронизации сейсмостанции ZET048 по PTP

1.3 Свойства измерительных каналов устройств ZET

Настройки измерительных каналов приборов ZET задаются в программе **Диспетчер устройств ZET** (меню **Сервисные** панели **ZETLAB**).

Для вызова окна настройки измерительных каналов необходимо вызвать контекстное меню щелчком правой кнопки "мыши" по названию канала и выбрать пункт *Свойства*.



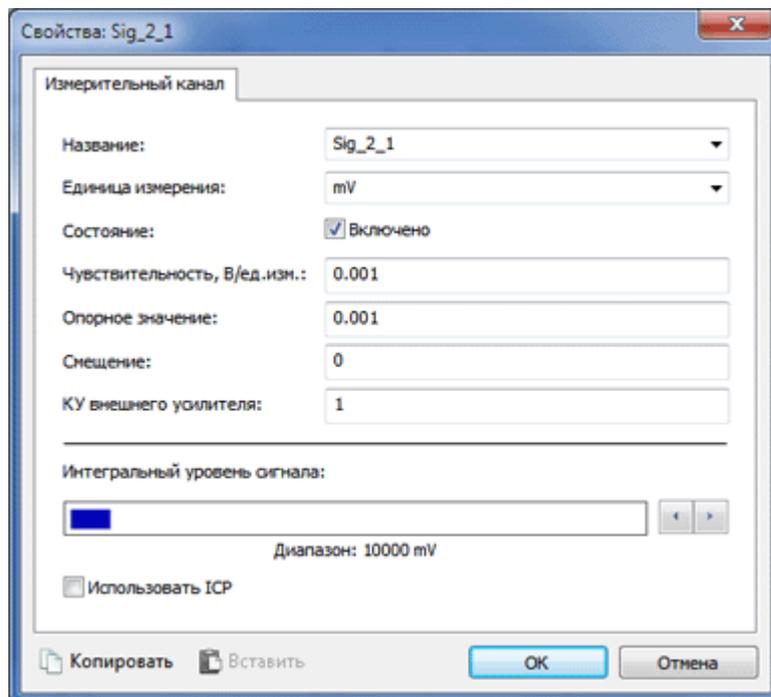
Вызов окна настройки измерительных каналов

Поля в окне **Свойства** измерительных каналов зависят от типа устройства. В частных случаях поля могут иметь информативный характер (не доступны для изменения) - например, для модулей АЦП-ЦАП

нельзя изменять измерительный диапазон, а шумомер-виброметр ZET 110 настраивается через меню прибора.

Окно **Свойства** для измерительных каналов устройств ZET может иметь следующие поля:

- Название измерительного канала,
- Единица измерения по каналу,
- Состояние работы,
- Чувствительность (коэффициент преобразования),
- Опорное значение для вычисления уровня сигнала в дБ,
- Смещение постоянной составляющей сигнала,
- Коэффициент усиления внешнего усилителя,
- Интегральный уровень сигнала с переключателями коэффициента усиления,
- Флаг питания датчиков по стандарту ICP.

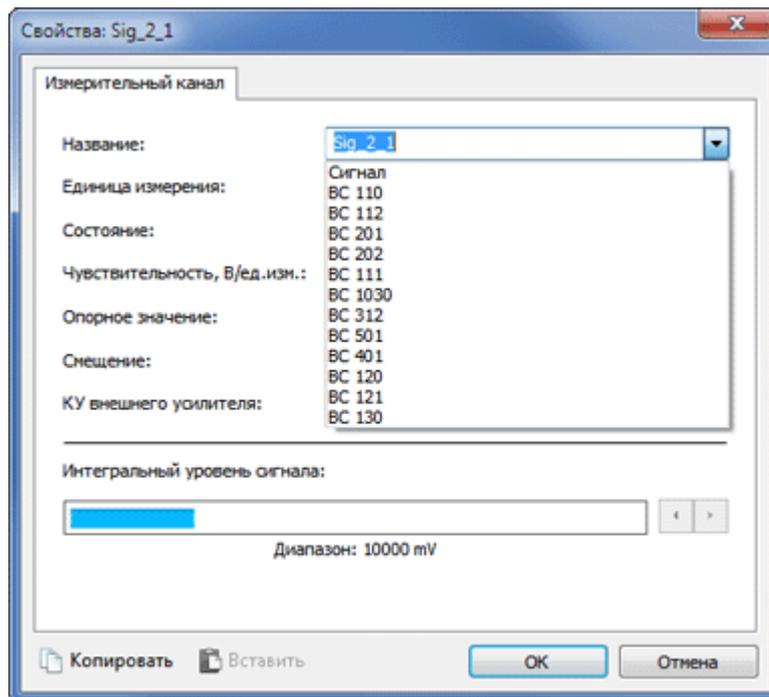


Свойства измерительного канала анализатора спектра ZET 017-U2

Название канала

В поле *Название канала* вводится удобное для пользователя название измерительного канала, длина строки не может превышать 25 символов. Это название отображается во всех программах **ZETLAB** в списке каналов.

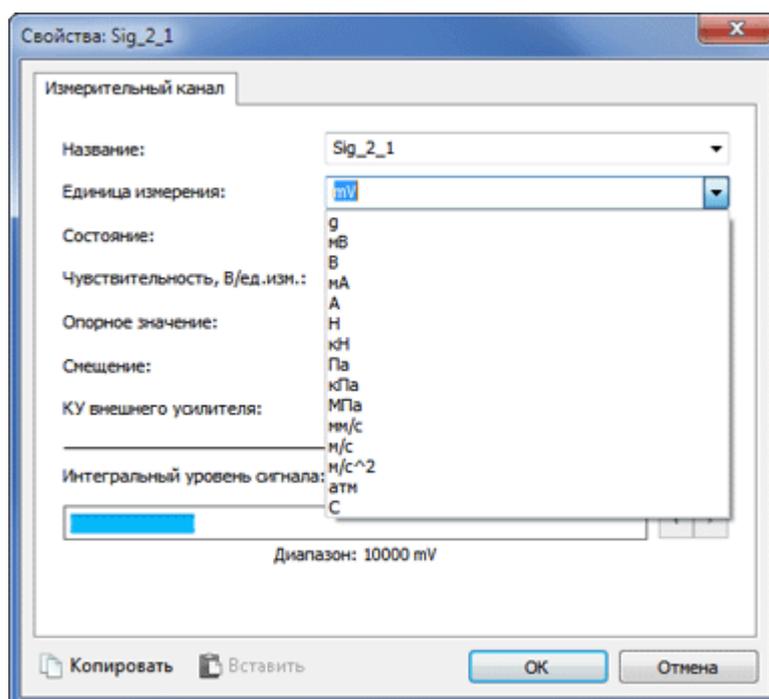
Для быстрого ввода данных по тому или иному первичному преобразователю можно воспользоваться базой данных датчиков (создание и редактирование базы данных датчиков описывается ниже). Для этого нажать левой кнопкой «мыши» на стрелку  в правой части поля, после чего откроется список внесенных в базу данных датчиков. Из этого списка выбрать интересующий датчик, после чего данные из базы по этому датчику занесутся в поля свойств измерительного канала.



Выбор датчика из списка для задания параметров

Единица измерения

В поле *Единица измерения* указывается единица измерения (физическая величина) преобразователя относительно которой происходит преобразование в электрическую величину (в вольты). Например: Па, м, г и т.д. Для представления результатов в милливольты по выбранному измерительному каналу необходимо в строке *Единица измерения* установить мВ. Единицы измерения можно вводить с клавиатуры или выбирать из списка. Для выбора единицы измерения из списка необходимо нажать левой кнопкой «мыши» на стрелку ▾ в правой части поля, после чего откроется список наиболее часто используемых единиц измерения.



Выбор единиц измерения из списка

Отображение сигналов на осциллографе и в других программах **ZETLAB** производится с учетом установленных единиц измерений. Например, в программе **Виброметр** в списке каналов отображаются только каналы с единицами измерения g или m/c^2 , поскольку данная программа предназначена для обработки сигналов ускорения.

Состояние

В строке *Состояние* для всех измерительных каналов содержится флаг включения канала, для модулей АЦП/ЦАП также флаг дифференциального включения. Дифференциальное включение могут образовывать соседние каналы, причем флаг *Дифференциальный* может быть установлен при настройке как четного так и нечетного канала, а снят - в окне настройки нечетного канала.

При синфазном включении каналов разность потенциалов берется между сигналом и «землей». Для исключения синфазной помехи используется дифференциальное включение двух соседних каналов. При дифференциальном включении разность потенциалов берется между двумя соседними каналами.

Выбор синфазное или дифференциальное включение осуществляется для модулей АЦП/ЦАП ZET 210 ZET 220.

Модуль ZET 230, сейсмостанция и тензостанция имеют дифференциальные входные каналы. Анализаторы спектра и шумомент-вибромметр имеет синфазные входные каналы с возможностью питания подключенных датчиков стандарта ICP.

Чувствительность

В поле *Чувствительность, В/ед.изм.* задается чувствительность первичного преобразователя для каждого измерительного канала, по которым будут производиться измерения. Чувствительность преобразователя характеризует коэффициент передачи входной величины (физической) к выходной (электрической). Чувствительность преобразователя, как правило, указана в паспорте преобразователя. Чувствительность следует задавать в вольтах на единицу измерения (В/ед.изм.). Например, для термопары в паспорте указана чувствительность – 10 мВ/град, соответственно в поле *Чувствительность В/ед.изм.* измерительного канала, к которому подключена эта термопара, необходимо ввести 0,01 В/град. Для представления результатов в милливольтках необходимо в этом поле установить 0,001 В/мВ. Соответствующие единицы измерения, относительно которых берется чувствительность преобразователя, указываются в поле *Единица измерения*.

Опорное значение

В поле *Опорное значение* устанавливается опорное (нулевое) значение для вычисления логарифмического уровня сигнала в дБ. При выборе единиц измерения из списка опорное значение выставляется автоматически.

Для энергетических величин (энергии, мощности и т.п.) уровень, измеряемый в беллах:

$$L = \lg \frac{A}{A_0},$$

измеряемый в децибеллах:

$$L = 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

где A – оцениваемое значение энергии (мощности и т.п.), A_0 – исходное (опорное) значение энергии (мощности и т.п.).

Для скорости, ускорения, силы и т.п. уровень, измеряемый в беллах:

$$L = 20 \lg \frac{B}{B_0},$$

измеряемый в децибелах:

$$L = 20 \lg \frac{B}{B_0}$$

где B – оцениваемое значение скорости (ускорения и т.п.), B_0 – исходное (опорное) значение скорости (ускорения и т.п.)

Для измерений уровней в акустике в качестве опорного значения A_0 принимают $2 \cdot 10^{-5}$ Па, уровней вибрации – $3 \cdot 10^{-4}$ м/с² или $3 \cdot 10^{-5}$ g (в соответствии российскими и европейскими стандартами), $1 \cdot 10^{-6}$ м/с² или $1 \cdot 10^{-7}$ g (в соответствии с американскими стандартами), уровней сигналов в электротехнике – 1 мкВ, уровней сигналов в связи – 6,3 В, уровней сигналов виброскорости – $5 \cdot 10^{-7}$ м/с или $1 \cdot 10^{-9}$ м/с, уровней сигналов виброперемещения – 10^{-12} м.

Смещение

В поле *Смещение* устанавливается величина смещения постоянной составляющей измерительного тракта. Эта величина задается в единицах измерения. Например, в датчике глубины (датчик давления) выходу 0 В – соответствует глубина 100 м. Тогда в этом поле для датчика давления устанавливается величина 100.

КУ внешнего усилителя

В поле *КУ внешнего усилителя* выставляется коэффициент усиления (в раз) предварительного усилителя – внешнего по отношению к аппаратной части, производимой ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», или неуправляемого программно. Обычно внешние усилители устанавливаются на участке измерительного тракта до аналоговых входов для усиления сигнала поступающего с первичного преобразователя.

При указании коэффициента усиления в настройках измерительного канала измерения всеми программами **ZETLAB** проводятся с учетом этого значения и не требуются дополнительных вычислений.

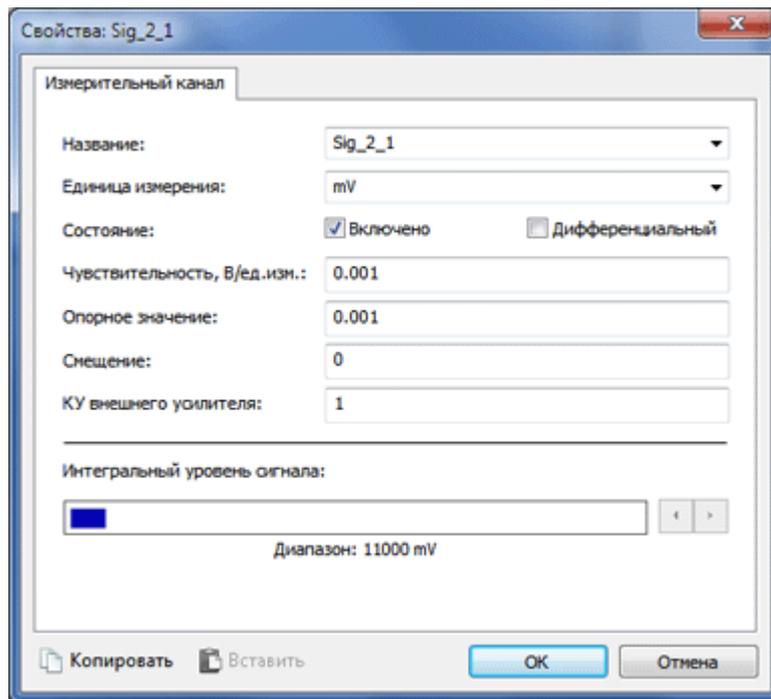
Диапазон измерений

Индикатор *Интегральный уровень сигнала* показывает текущий относительный уровень сигнала. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. Под индикатором отображается диапазон измерений в единицах измерения по каналу.

Для модулей АЦП/ЦАП и сейсмостанций уровень сигнала и диапазон измеряемых значений являются исключительно информационными. Для анализаторов спектра и тензостанций может быть включен программный коэффициент усиления (по каждому каналу отдельно) с помощью переключателей, расположенных справа от индикатора уровня. Использование коэффициента усиления приводит к изменению измеряемого диапазона. При этом также изменится относительный уровень сигнала.

ICP

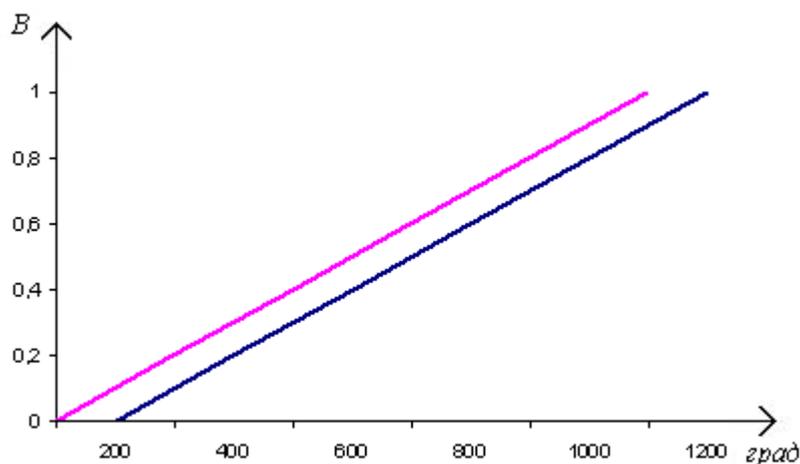
Флаг *Использовать ICP* может быть установлен только для входных каналов анализаторов спектра. Флаг *Использовать ICP* включает питание датчиков стандарта ICP, при этом светодиод измерительного канала загорается красным цветом, что свидетельствует о том, что подано напряжение 18-30 В.



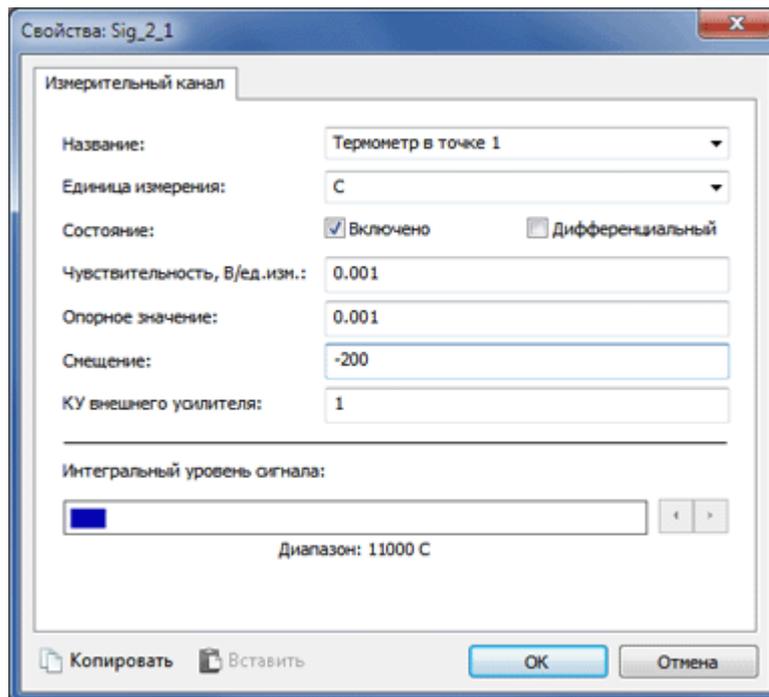
Свойства измерительного канала модуля АЦП/ЦАП ZET 220

Примеры

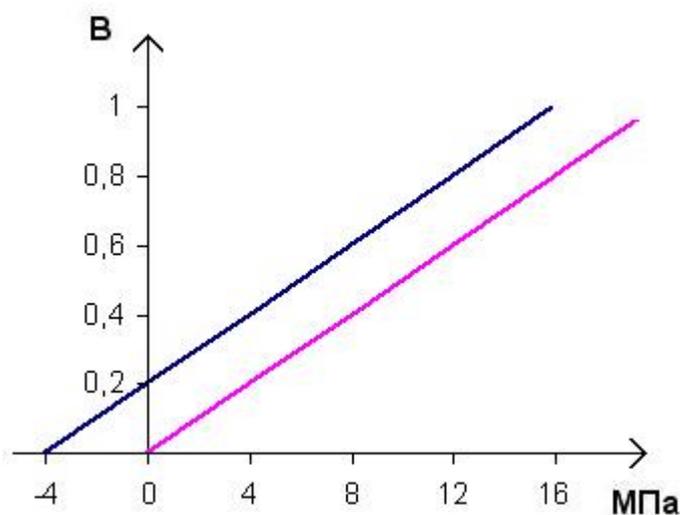
Выход термопреобразователя откалиброван следующим образом: 200 град – 0 В, 1200 град – 1 В. В данном примере термопреобразователь подключен к первому каналу модуля ZET 2XX. Чувствительность задается следующим образом – термопреобразователь работает в диапазоне от 200 до 1200 град, соответственно его шкала будет 1000 град, рабочее напряжение на выходе от 0 до 1 В, соответственно шкала по напряжению будет 1 В (синяя прямая на рисунке). Отсюда чувствительность будет $1 \text{ В}/1000 \text{ град} = 0,001 \text{ В/град}$ (тангенс угла наклона прямой). В строке *Единица измерения* заносится единица измерения, относительно которой будут производиться измерения. В данном примере – град. При данном виде измерений не будет учитываться значение смещения постоянной составляющей. Для того, что бы откалибровать термопреобразователь на измерения начиная с 1 град необходимо в строке *Смещение* внести -200 (расстояние по оси абсцисс от синей до красной прямой). В строке *Название* ввести удобное название этого канала, которое будет отображаться в программах измерения и обработки.



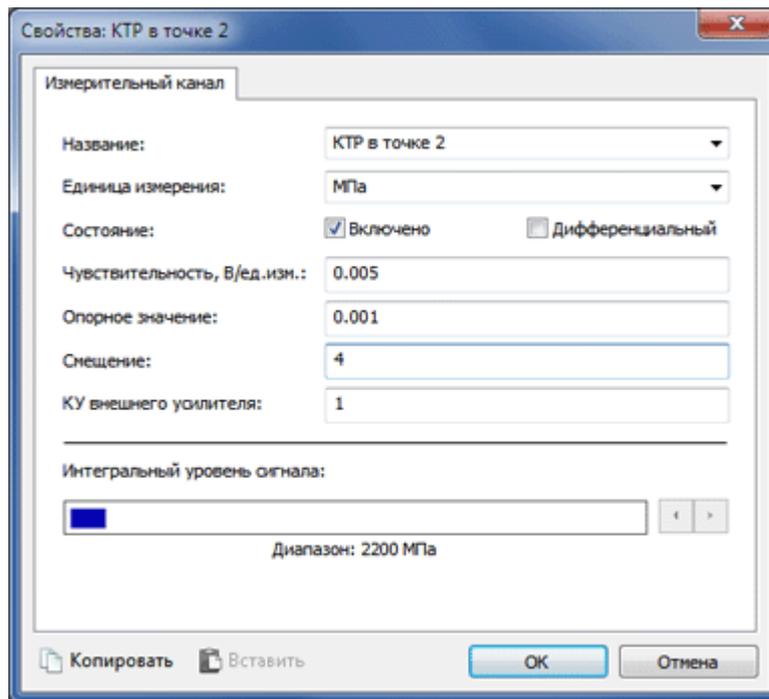
С учетом вышеописанного, настройки для этого измерительного тракта будут выглядеть следующим образом:



Преобразователь избыточного давления КРТ-1-16 имеет выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА, и верхний предел измерений 16 МПа. В данном примере датчик подключен ко второму каналу модуля «ZET 2XX». Датчик запитывается от источника питания постоянного тока напряжение 9,6 – 42 В, а на входной канал модуля «ZET 2XX», параллельно датчику подключается точный нормирующий резистор номиналом 50 Ом. Тогда на выходе КРТ будет: 0 МПа – 0,2 В, 16 МПа – 1 В (рисунок синяя прямая). Отсюда чувствительность будет $0,8 \text{ В}/16 \text{ МПа} = 0,005 \text{ В}/\text{МПа}$. В строке *Единица измерения* заносится единица измерения, относительно которой будут производиться измерения. В данном примере – МПа. При данном виде измерений не будет учитываться значение смещения постоянной составляющей. Для точного измерения давления в строке *Смещение* внести смещение на которое необходимо сместить показания для получения абсолютного нуля (расстояние по оси абсцисс от синей прямой до красной на рисунке). В строке *Название* ввести удобное название этого канала, которое будет отображаться в программах измерения и обработки.



С учетом вышеописанного строка в таблице для этого измерительного тракта будет выглядеть следующим образом:



Подключение датчиков с зарядовым выходом

Датчики с зарядовым выходом подключаются к анализаторам спектра через усилитель заряда, например, АС 100.

При подключении датчика к анализатору спектра через усилитель АС 100 в настройках измерительных каналов необходимо установить флаг *Использовать ИСР*. В поле *Чувствительность В/ед.изм.* указать чувствительность датчика (формула приводится ниже), в поле *КУ внешнего усилителя* указать коэффициент усиления АС 100 согласно паспорту на усилитель.

Для определения чувствительности конкретного зарядового датчика в "В/ед. изм." необходимо воспользоваться следующей формулой:

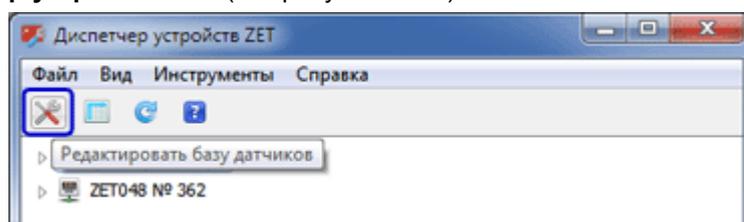
$$Q[\text{В/ед. изм.}] = Q[\text{Кл/ед. изм.}] / C,$$

где C - суммарная емкость датчика и кабеля

1.4 База данных датчиков

В программе **Диспетчер устройств ZET** предусмотрена возможность сохранения базы данных датчиков, участвующих в измерениях. База данных хранится в файле "sensors.cfg" в директории "C:\ZETLab\Config" (директория может быть изменена через главное меню панели **ZETLAB** - см. раздел **Панель управления ZETLAB – Главное меню панели ZETLAB**). Список датчиков из базы данных отображается в списке каналов при [настройке измерительных каналов устройств ZET](#) (поле *Название канала*) - при выборе датчика из базы все настройки будут произведены автоматически.

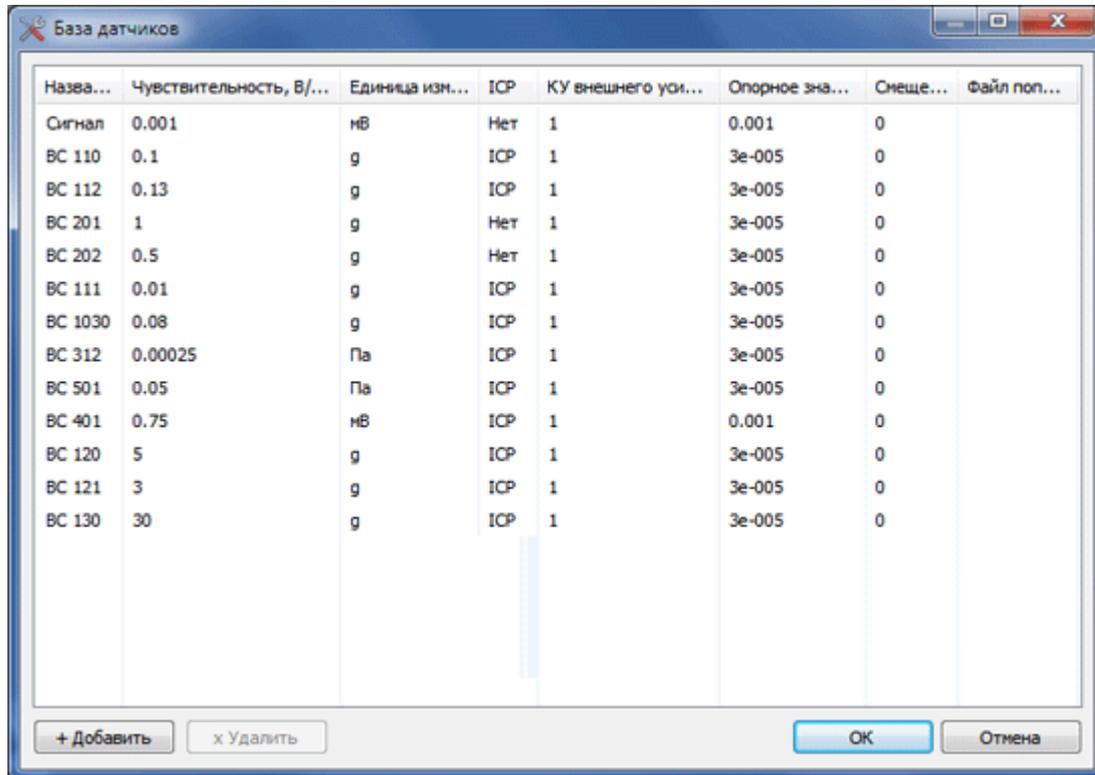
Для редактирования данных файла необходимо нажать кнопку *Редактировать базу датчиков* в окне программы **Диспетчер устройств ZET** (см. рисунок ниже).



Вызов окна редактирования базы данных датчиков

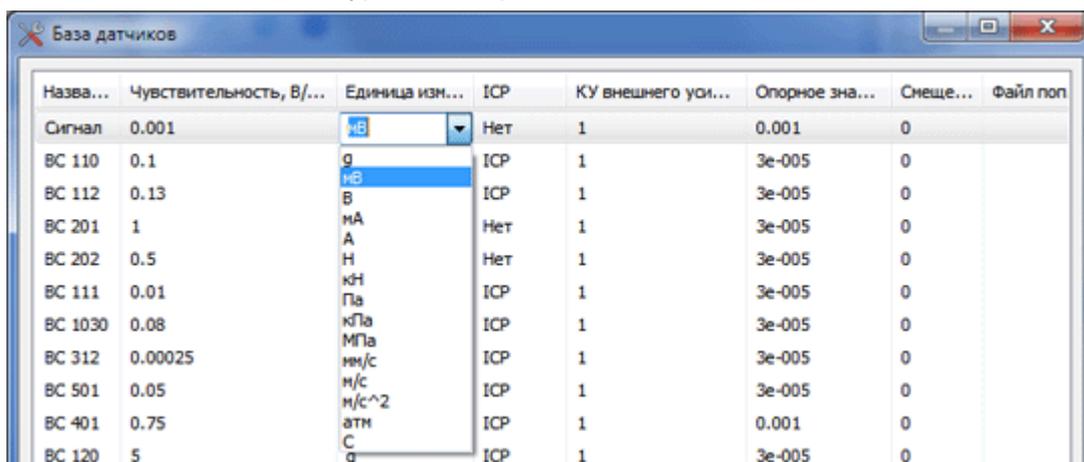
В окне **База датчиков** отображается база данных датчиков в виде таблицы, повторяющей основные свойства измерительных каналов. Физический смысл параметров датчиков приведен в описании [свойств измерительных каналов устройств ZET](#).

Под таблицей располагаются кнопки *Добавить* и *Удалить*. Кнопка *Удалить* удаляет выделенную строку, кнопка *Добавить* добавляет новую строку в таблицу.



Окно редактирования базы данных датчиков

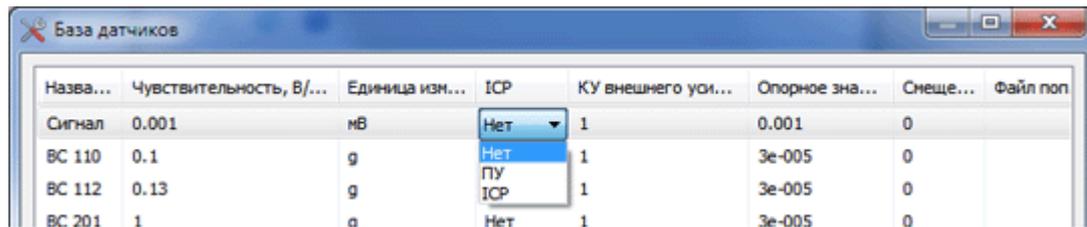
Для изменения какого-либо поля таблицы необходимо щелкнуть по нему дважды левой кнопкой "мыши" и изменить значение поля с клавиатуры или выбрать из списка.



Выбор единиц измерения из списка

В столбце *ICP* выбирается одно из трех значений:

- Нет - нет усиления,
- ПУ - программируемый коэффициент усиления,
- ICP - включение питания датчиков стандарта ICP.



Выбор коэффициента усиления

Базу данных можно вести не только по настройкам типов датчиков, но и по конкретным датчикам, используемым на предприятии - внести в базу характеристики датчика согласно паспорту с указанием номера датчика в названии канала. В этом случае при настройке параметров измерительного канала достаточно выбрать из списка подключенный датчик - и значения полей заполнятся автоматически.

Базу данных датчиков можно использовать для сохранения различных настроек измерительных каналов при использовании одного и того же устройства для различных задач. В этом также может помочь программа **Контроль конфигурации**.

1.5 Свойства интеллектуальных устройств ZETSENSOR

Интеллектуальные устройства серии **ZETSENSOR** подключаются к **ZETLAB** посредством преобразователей интерфейсов:

- модули с интерфейсом RS-485 подключаются с помощью **ZET 7070** (USB – RS-485)
- модули с интерфейсом CAN подключаются с помощью **ZET 7174** (USB – CAN)

В **Диспетчере устройств ZET** отображаются все подключенные ZET устройства, в том числе модули **ZETSENSOR**. В зависимости от типа устройства, оно может иметь один или несколько каналов.

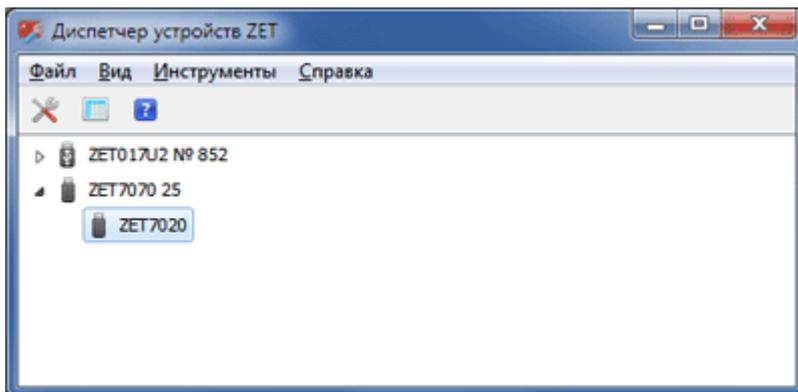
Вызов окна свойств устройства осуществляется через контекстное меню (щелчок правой кнопки "мыши" по названию канала). При выборе пункта *Свойства*, открывается окно, в котором настраиваются все параметры модуля, в т.ч. входные/выходные каналы. Количество и содержание вкладок зависят от типа устройства и прав доступа: некоторые поля могут быть заблокированы для редактирования и иметь исключительно информационный характер, другие - быть доступными только в режиме метролога, а в режиме оператора неактивными, третьи могут настраиваться пользователем.

Функцию измерения в интеллектуальных датчиках выполняют модули **ZETSENSOR**, поэтому постройки, связанные с измерением, задаются при калибровке модуля и не доступны для изменения оператором ПК. При этом настройки, влияющие на обработку готовых данных программами **ZETLAB**, задаются пользователем.

*Примечание: интеллектуальные устройства серии **ZETSENSOR** передают результаты измерений, используя стандартный протокол Modbus, и, таким образом, могут использоваться в любой системе, использующей протокол Modbus.*

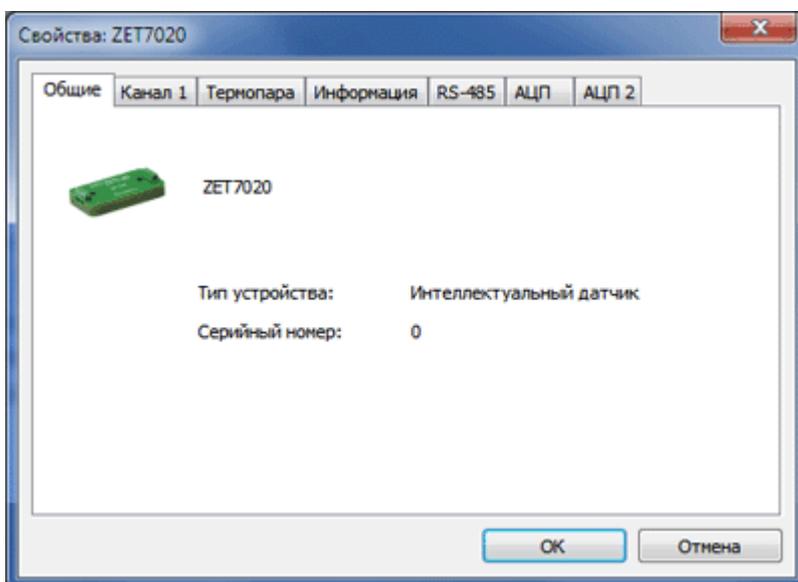
1.5.1 Свойства ZET 7020

Для подключения интеллектуального датчика температуры **ZET 7020 TermoTC-485** к **ZETLAB** используется преобразователь интерфейса ZET 7070. При необходимости настройки модуля (например, для переконфигурации или изменения названия канала) используется **Диспетчер устройств ZET**. В **Диспетчере устройств ZET** отображаются все подключенные ZET устройства. Вызов окна свойств осуществляется через контекстное меню (щелчок правой кнопки "мыши" по названию канала).



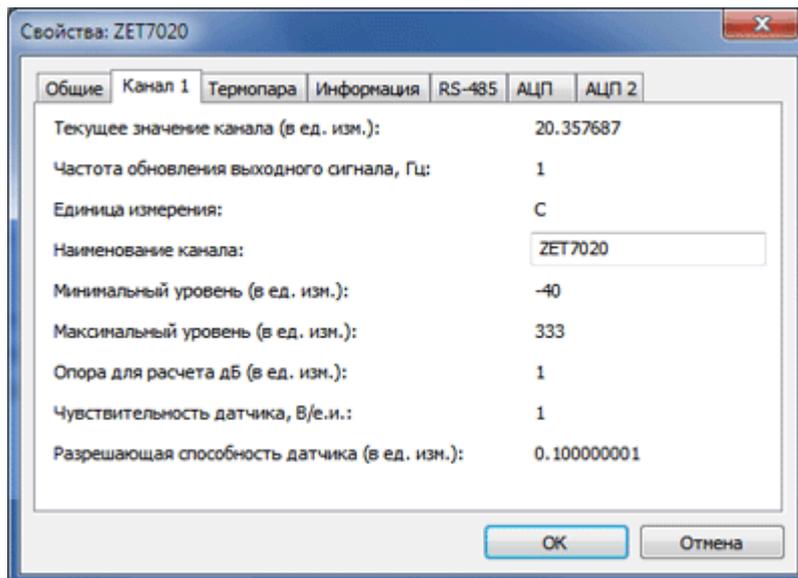
Диспетчер устройств ZET - подключенные устройства

При вызове окна свойств интеллектуального датчика температуры открывается вкладка "Общие" с общей информацией об устройстве:



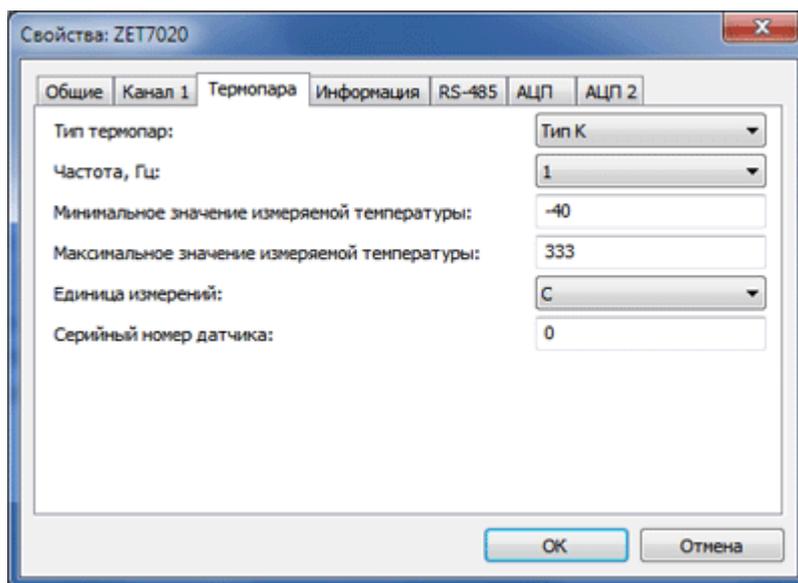
Общие свойства интеллектуального датчика

На вкладке *Канал 1* отображается информация об измерительном канале - параметры модуля **ZET 7020**. Эти параметры задаются при выпуске изделия и устанавливаются разработчиком. Пользователь может изменить название канала для удобства работы с многоканальной системой.



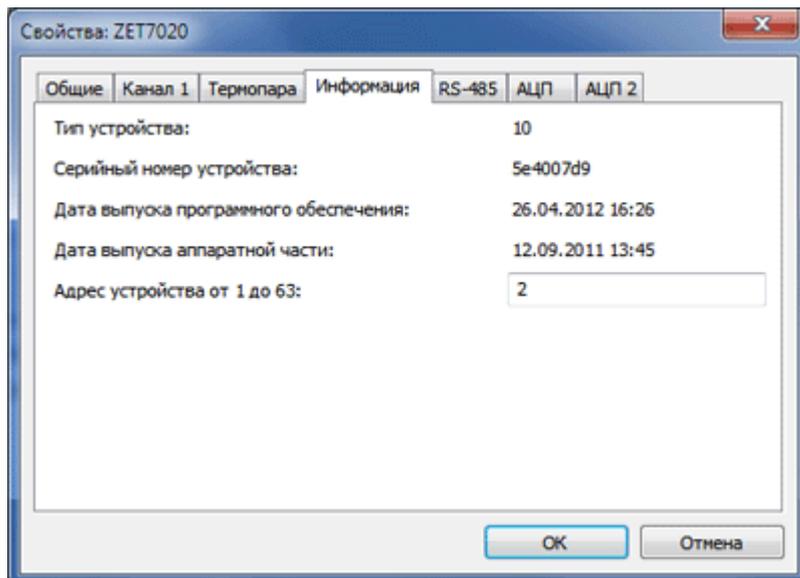
Параметры измерительного модуля ZET 7020

На вкладке *Термопара* задаются параметры подключенной термопары: тип (R, S, B, J, T, E, K, N, A1, A2, A3, L, M), диапазон измеряемых температур, а также частота оцифровки данных.



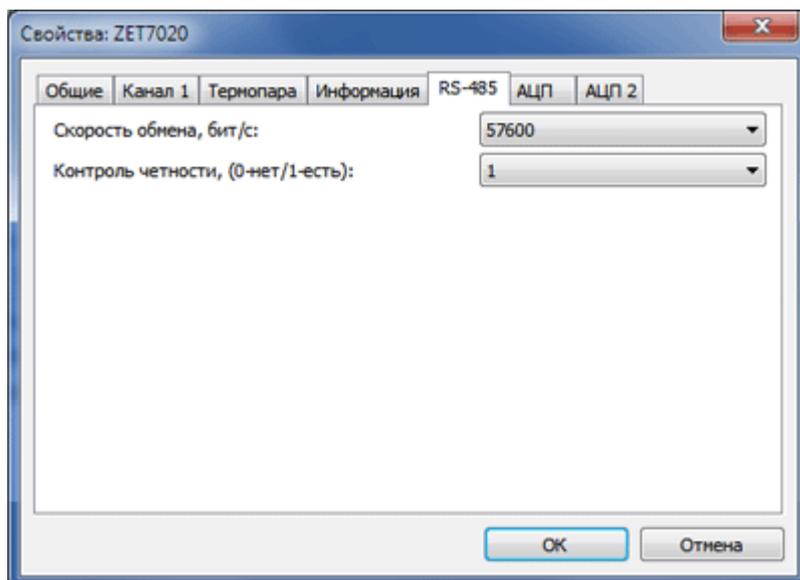
Параметры термопары

На вкладке *Информация* отображается информация об интеллектуальном датчике: серийный номер, дата выпуска ПО и аппаратной части, а также адрес устройства в измерительной сети (в одной сети не должны совпадать адреса устройств).



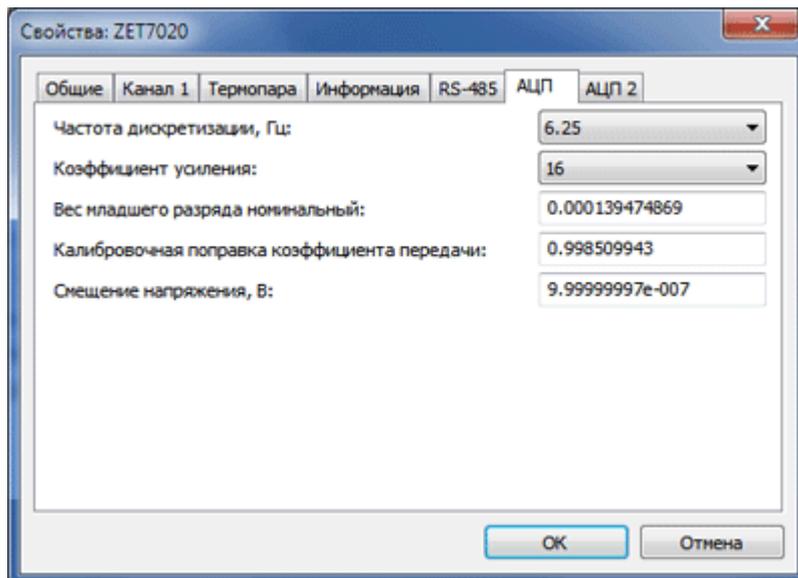
Информация об интеллектуальном датчике

На вкладке *RS-485* задаются параметры обмена данных по сети.



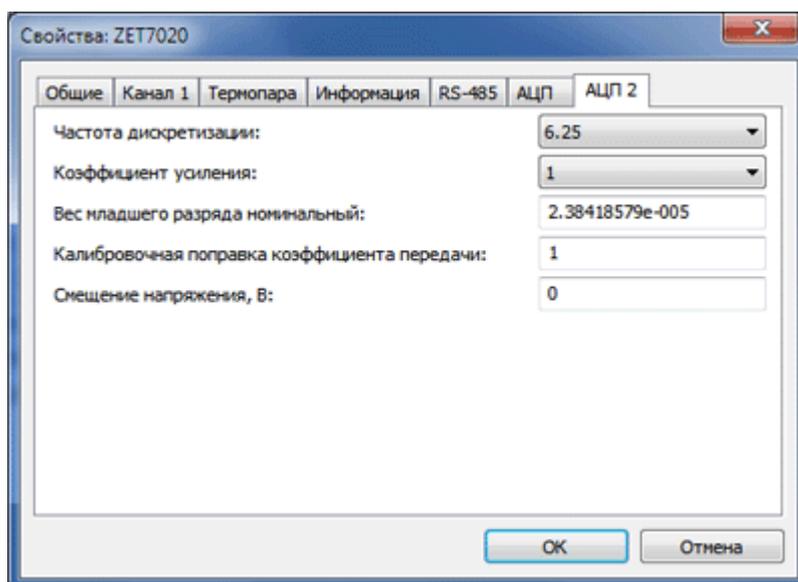
Параметры обмена данными

На вкладке *АЦП 1* задаются параметры измерительного канала.



Параметры АЦП измерительного модуля

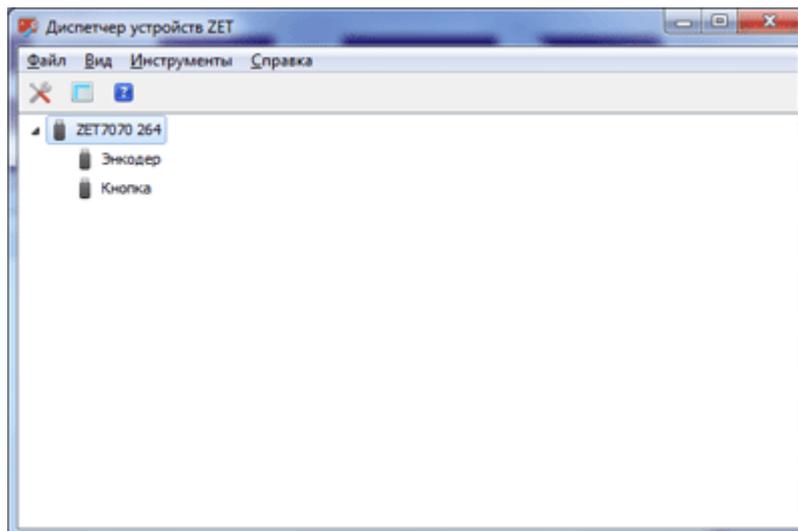
На вкладке АЦП 2 задаются параметры опорного канала.



Параметры АЦП 2 измерительного модуля

1.5.2 Свойства ZET 7060-E

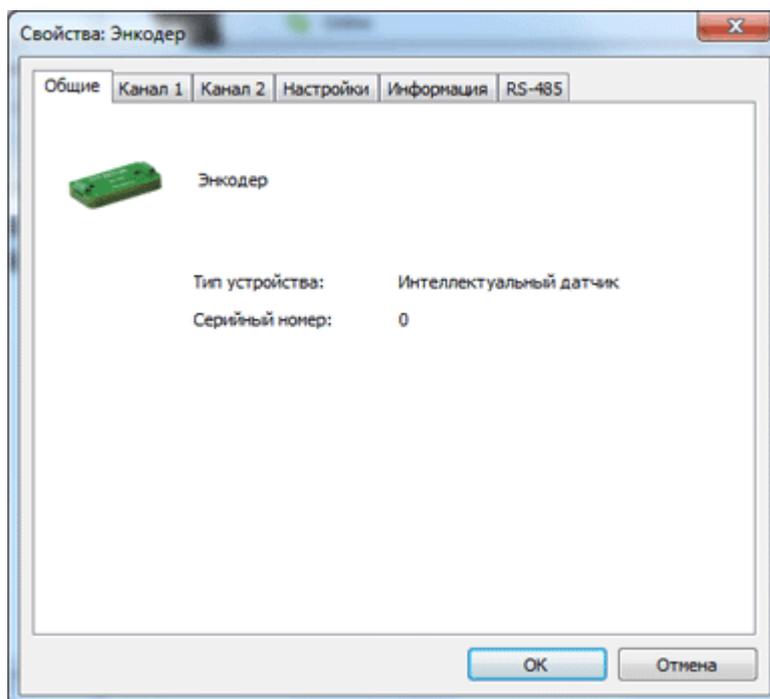
При подключении энкодера **ZET 7060-E Encoder-485** к компьютеру формируется 2 канала: канал энкодера (результат измерений энкодера - сигнал перемещения, угла отклонения, оборотов) и кнопки (сигнал состояния кнопки):



Каналы интеллектуального энкодера в ZETLAB

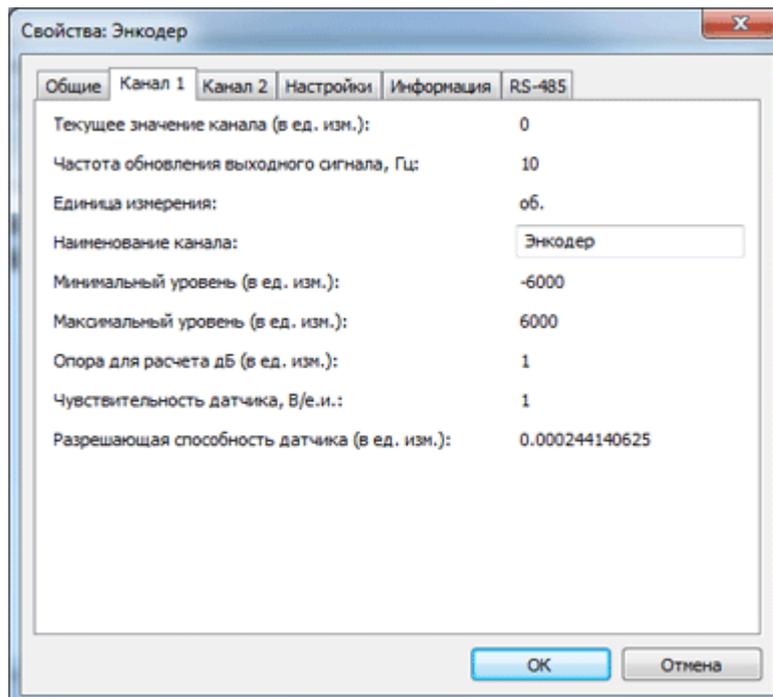
Поскольку к измерительным модулям **ZET 7060-E Encoder-485** и **ZET 7160-E Encoder-CAN** могут подключаться различные датчики (датчики перемещений, датчики угла, датчики положения, датчики оборотов и т.п.), имеется возможность конфигурирования модуля для конкретного типа датчика. Ниже представлены окна настроек интеллектуальных энкодеров.

В окне *Общие свойства* отображается название устройства, обозначение типа устройства и его серийный номер (если он присвоен).



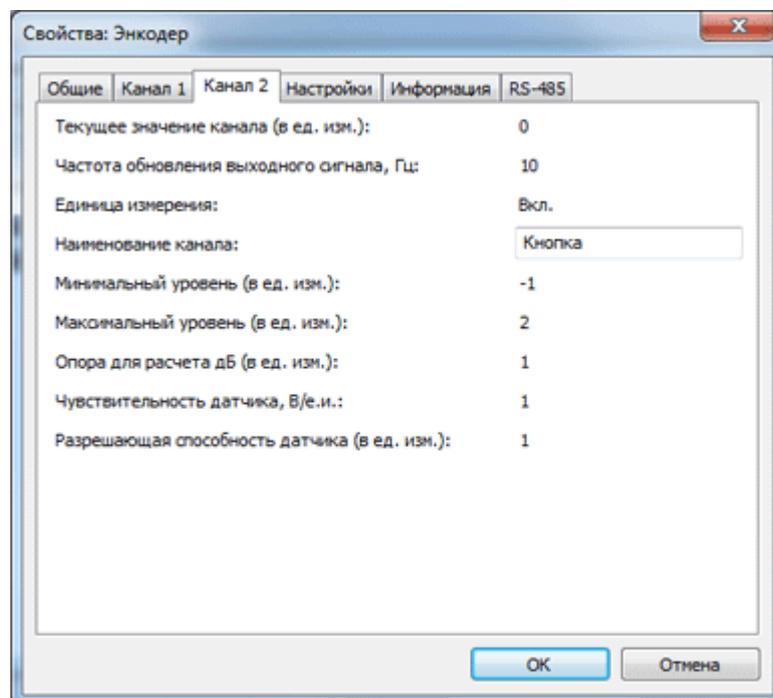
Интеллектуальный энкодер: общие свойства

В окне *Канал 1* отображаются настройки канала энкодера. Для редактирования доступно только поле *Наименование канала* (это название будет отображаться во всех программах **ZETLAB**). Остальные настройки задаются при выпуске изделия и могут изменяться в режиме метролога, а при работе оператора доступны только для отображения.



Интеллектуальный энкодер: свойства канала энкодера

В окне *Канал 2* отображаются настройки канала кнопки. Для редактирования доступно только поле *Наименование канала* (это название будет отображаться во всех программах **ZETLAB**). Остальные настройки задаются при выпуске изделия и могут изменяться в режиме метролога, а при работе оператора доступны только для отображения.



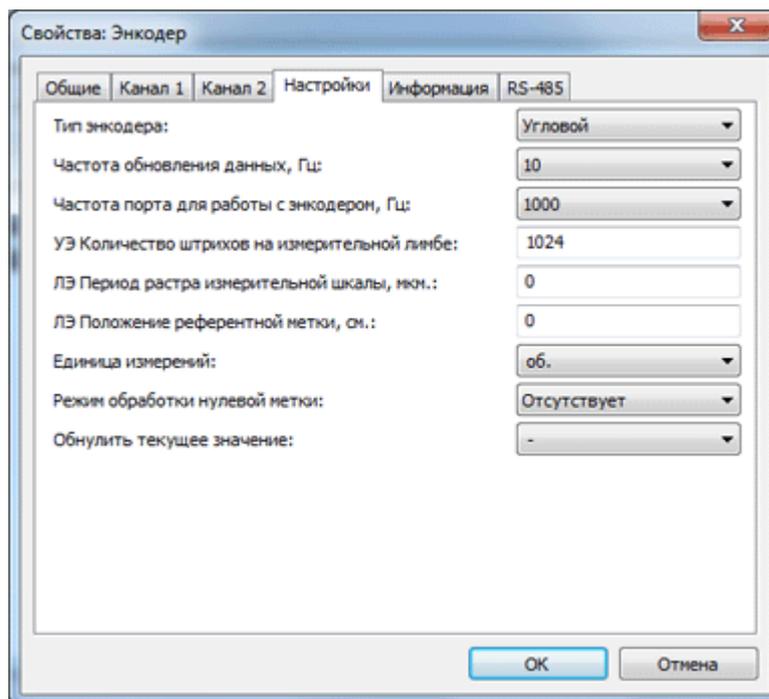
Интеллектуальный энкодер: свойства канала кнопки

В окне "Настройки" задаются параметры канала энкодера в ZETLAB (не влияет на значения, передаваемые по Modbus):

- *Тип энкодера*: линейный или угловой. Данное поле указывает, какие настройки модуля ZET7X60-E будут использоваться для преобразования сигнала от энкодера: угловой - для преобразования будет использоваться параметр "УЭ" (кол-во штрихов на измерительной лимбе); линейный - для

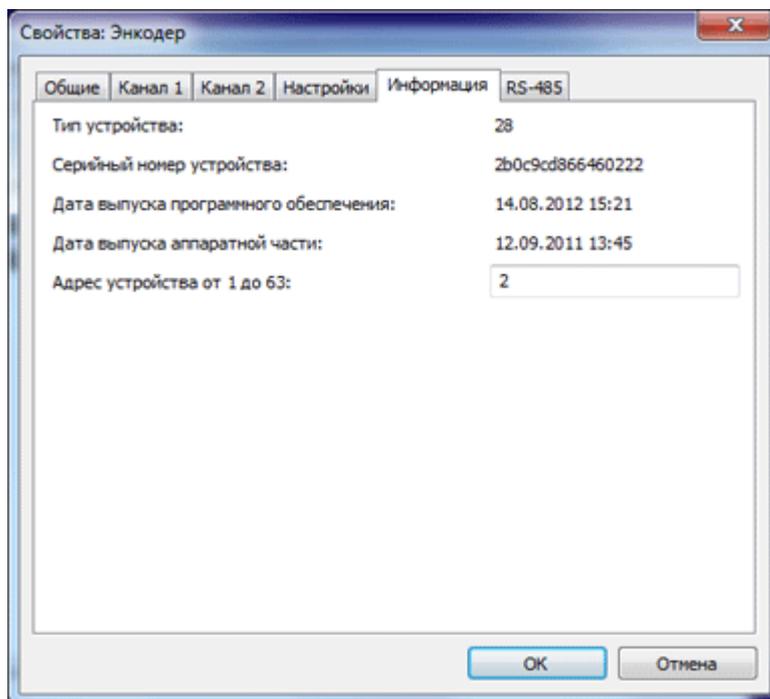
преобразования будут использоваться параметры: "ЛЭ" (период растра измерительной шкалы, мкм), "ЛЭ" (положение референтной метки).

- **Частота обновления данных, Гц:** от 1 Гц до 200 Гц (максимальное значение определяется частотой обновления получаемого сигнала, которая задана в окне "Канал 1"). Регулируя эту частоту, можно распределять нагрузку шины датчиками, работающими в одной сети.
- **Частота порта для работы с энкодером, Гц:** частота, с которой обновляются данные с входного порта модуля энкодер ZET7X60-E (регулируя эту частоту можно бороться с дребезгом плохих энкодеров. Максимально возможная частота 200 кГц).
- **УЭ Количество штрихов на измерительной лимбе:** число генерируемых угловым энкодером импульсов за один оборот.
- **ЛЭ Период растра измерительной шкалы, мкм:** это расстояние между двумя ближайшими фронтами выходных сигналов.
- **ЛЭ Положение референтной метки, см:** сигнал "нулевой метки" если проводить аналогию с угловым энкодером.
- **Единица измерений:** в каких единицах измерения будут идти данные по каналу: обороты, градусы, миллиметры, сантиметры, метры.
- **Режимы обнуления по нулевой метке:**
 - **Отсутствует** – сигнал нулевой метки, приходящий от энкодера, модулем ZET7X60-E не обрабатывается (например, до получения сигнала нулевой метки значение 11 см, после получения нулевой метки значение становится 11 см);
 - **Обнуление** – при получении сигнала нулевой метки от энкодера, модуль ZET7X60-E обнуляет своё значение (например, до получения сигнала нулевой метки значение 11 см, после получения нулевой метки значение становится 0 см);
 - **Коррекция** – при получении сигнала нулевой метки, энкодер выравнивает своё значение по границе референтной метки. Данный режим необходим, в случае, когда во время использования энкодера была превышена максимально допустимая скорость вращения. В данном случае, начиная со следующего оборота, будет точно известно положение энкодера (например, до получения сигнала нулевой метки значение 11 см, (т.к. известно, что нулевая метка идёт каждые 10 см, то значение выравнивается по этой границе) после получения нулевой метки значение становится 10 см).
- **Обнуление:** при выборе из списка значения "Обнуление" и нажатии "ОК" в окне настройки свойств, произойдет обнуление значений по каналу энкодера. При следующем запуске окна настройки в списке "Обнуление" будет вновь выставлено значение "-".



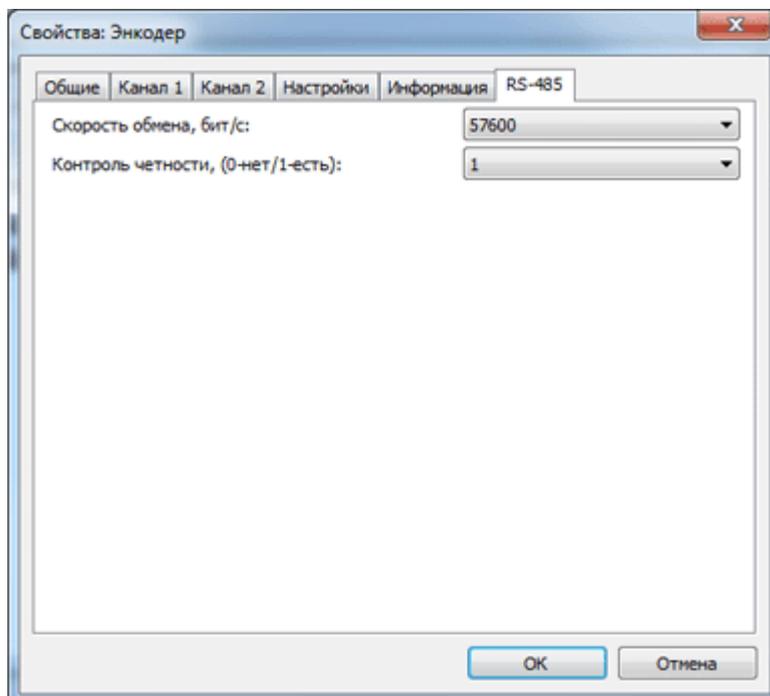
Интеллектуальный энкодер: настройки измерений

В окне *Информация* отображается информация об измерительном устройстве: цифровое обозначение типа, серийный номер, дата выпуска аппаратной и программной части. Во вкладке *Информация* можно изменять номер устройства в измерительной сети.



Интеллектуальный энкодер: информация об устройстве

В окне *RS-485 (CAN 2.0)* выбирается скорость обмена данными между измерительным устройством и сетью и выставляется контроль четности.



Интеллектуальный энкодер: настройка обмена данных по измерительной сети

Справка и техническая поддержка



Контактные данные

ЗАО "Электронные технологии и метрологические системы"

Фактический адрес: 124460, Россия, Москва, Зеленоград, проезд 4922 (Озёрная аллея), дом. 4, стр. 5

Юридический адрес: 124482, Россия, Москва, Зеленоград, Савелкинский проезд, дом 4, 21 этаж, офис 2101 ЗАО «ЭТМС».

Телефон: Тел./факс: +7(495) 739-39-19

Сайт в Internet: <http://www.zetlab.ru>

E-mail: info@zetlab.ru

Техподдержка

При возникновении вопросов, касающихся выбора нашего оборудования, эксплуатации или обслуживания Вы можете обращаться к нам по e-mail или задать вопрос на форуме на нашем сайте. На все Ваши вопросы ответят квалифицированные специалисты.

Для получения консультации у специалиста по вопросам функционирования нашей аппаратуры Вам необходимо подготовить перечень исходных данных. Исходных данных очень много и поэтому лучше их написать в письменном виде и передать по электронной почте. Попытки объяснить ситуацию на пальцах по телефону как правило приводят к потере времени.

Нам необходимы следующие данные:

- Как Вас зовут и как с вами связаться;
- Название изделия и серийный номер;
- Какой компьютер (процессор, память, видео) и операционная система;
- Какой версией и конфигурацией **ZETLAB** пользуетесь. Дата последнего обновления;
- Какие программные настройки - частота дискретизации, количество каналов, коэффициенты усиления, синфазные, дифференциальные каналы;
- Схема внешнего подключения - текстовое описание, эскиз схемы, фотография подключенного устройства или карандашный эскиза;
- Номера контактов разъемов, длина связей, тип применяемого кабеля: экранированный, витая пара;
- Какие источники сигналов используются, или какие у них внутренние сопротивления;
- Оценка уровней сигналов, приложенных к контактам изделия, какой характер сигнала используется (укажите специфические параметры сигнала, если они известны, импульсный или синусоидальный, случайный или периодичный, ширина полосы частот);
- В каких условиях эксплуатируется изделие (лаборатория, производство);
- Описать, как выполнены цепи заземления компьютера, заземлены ли источники сигналов; если да, то каким образом;
- И, наконец, опишите наблюдаемые помехи, межканальное прохождение или другой негативный эффект, снабдив это описание хотя бы какими-то количественными характеристиками или оценками! Желательно прикладывать копии экрана.

Если Вы потрудитесь немного и предоставите эти полные исходные данные, это позволит специалисту в кратчайшие сроки дать Вам наиболее точный и правильный ответ, что, безусловно, в Ваших интересах!

ZETLAB