

Руководство пользователя

gtlab

Программное обеспечение GTL



Содержание

1. Принятые сокращения и определения	3
2. Назначение программного обеспечения GTL	3
3. Основное окно программы	4
3.1 Элементы основного окна	4
3.2 Начало работы. Окно «Настройки», добавление плеера	4
3.3 Перечень доступных инструментов.....	7
3.4 Опции	8
3.5 Добавление устройства gtlab	9
3.6 Добавление виртуального генератора.....	9
3.7 Добавление аудио устройства	10
4. Конфигурация каналов плеера.....	11
4.1 Общий вид и описание	11
4.2 Выбор записей из файлов.....	14
5. Описание инструментов (виртуальных приборов)	21
5.1 Осциллограф	21
5.2 Орбита	23
5.3 Рекордер	24
5.4 Спектроанализатор	25
5.5 Спектроанализатор II	29
5.6 Октава (или октавный спектр).....	32
5.7 Перекрёстный спектр (кросс-спектр).....	32
5.8 Порядковый спектр	33
5.9 Кепстр	34
5.10 АФЧХ	35
5.11 Частотомер.....	35
5.12 Вольтметр переменного напряжения (AC)	36
5.13 Вольтметр постоянного напряжения (DC).....	36
5.14 Диагностика	37
5.15 Процессинг.....	40

1. Принятые сокращения и определения

АФЧХ – амплитудно-фазовая частотная характеристика (APFC)

СКЗ – среднее квадратическое значение (RMS)

СКО – среднее квадратическое отклонение

ЛКМ – левая кнопка мыши

ПКМ – правая кнопка мыши

БПФ – быстрое преобразование Фурье (FFT)

АРМ – автоматизированное рабочее место

JS API – интерфейс прикладного программирования Java Script

2. Назначение программного обеспечения GTL

GTL – это программное обеспечение, предназначенное для проведения анализа сигналов вибрации. Анализ производится с помощью большого количества виртуальных приборов (инструментов). Отличительной особенностью GTL является широкий спектр настроек как самих записей сигналов, так и инструментов для анализа. Пользователь GTL имеет возможность быстро и качественно получить всю необходимую диагностическую информацию и сделать заключение о техническом состоянии объекта диагностики. В распоряжении пользователя имеются следующие виртуальные приборы:

- осциллограф;
- орбита;
- рекордер;
- спектроанализатор;
- спектроанализатор (II);
- октава (октавный спектр);
- перекрёстный спектр;
- порядковый спектр;
- кепстр;
- АФЧХ (APFC);
- корреляция
- частотомер;
- вольтметр постоянного напряжения;
- вольтметр переменного напряжения;
- диагностика.

Часть виртуальных приборов объединяют в себе несколько связанных между собой инструментов. Кроме того, доступно вычисление следующих параметров сигнала:

- СКЗ (среднее квадратическое значение);
- максимум;
- минимум;
- пик-пик (размах от минимума до максимума);
- отклонение;
- эксцесс;
- период;

- частота;
- СКО (среднее квадратическое отклонение, стандартное отклонение).

Возможности программы GTL постоянно расширяются, удобство пользования и качество получаемой диагностической информации повышаются. Развиваются существующие и добавляются новые возможности и инструменты. Всё это делает GTL уникальным продуктом на рынке диагностического ПО.

3. Основное окно программы

3.1 Элементы основного окна

При первом запуске ПО GTL перед пользователем появляется основное окно программы (рисунок 1). В левом верхнем углу находятся кнопки следующих команд (слева направо): «Новый проект», «Открыть проект», «Сохранить проект», «Инструменты», «Настройки», «Отображение логов», «Опции», «О приложении».

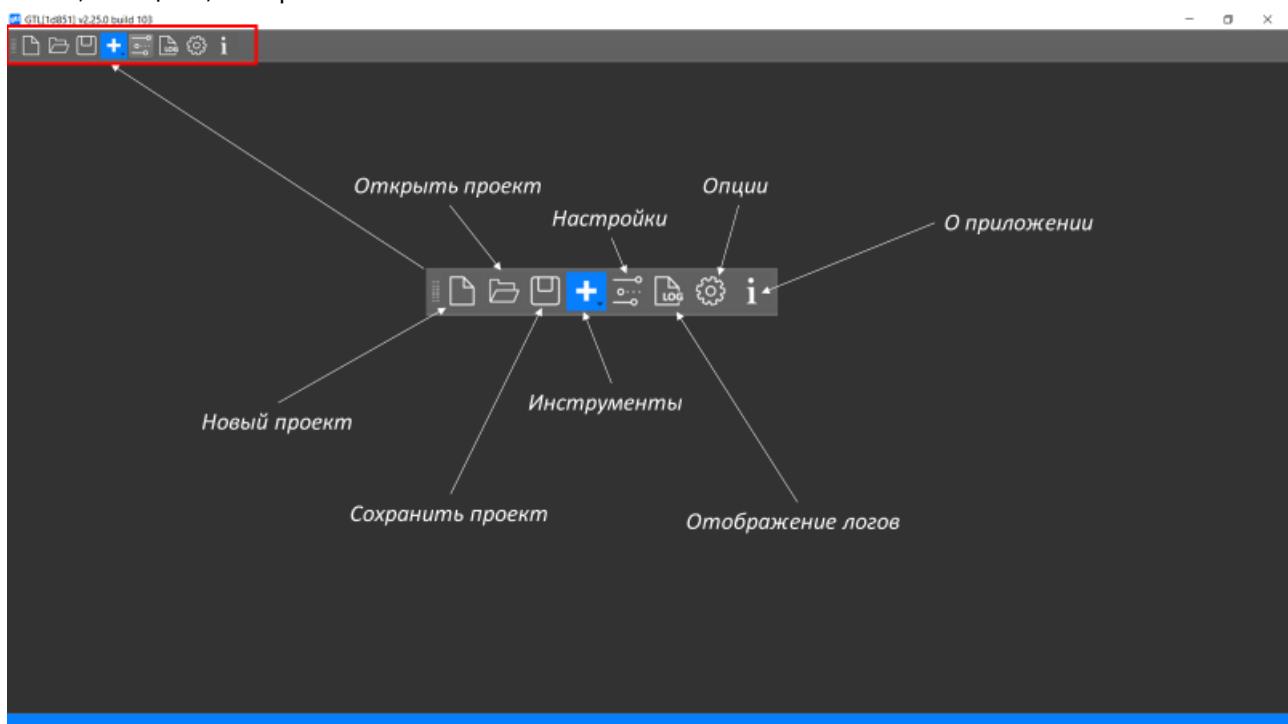


Рисунок 1. Основное окно программы и его элементы.

3.2 Начало работы. Окно «Настройки», добавление плеера

Для того, чтобы начать работу с приложением, необходимо нажать кнопку «Настройки» (рисунок 2). Далее в левой части окна настроек (на белом фоне) нажать на правую кнопку мыши (далее по тексту ПКМ), во всплывающем окне выбрать пункт «Добавить плеер» (рисунок 3). Плеер – это основной элемент работы программы GTL с записями сигналов. Он позволяет получить доступ к директориям расположения записей сигналов пользователя, настраивать каналы записей (добавлять фильтры и другие модули обработки) и воспроизводить записи. Воспроизведение записей в свою очередь инициализирует поступление данных в активные (добавленные на рабочее пространство) виртуальные приборы – происходит выполнение математических вычислений. Работа и функционал виртуальных приборов описан ниже в настоящем документе. Плеер, как метод работы с записями, является отличительной особенностью программы GTL, он позволяет анализировать информацию в динамическом режиме. Это означает, что пользователь

может наблюдать изменения параметров сигналов (например, флюктуации амплитуд спектра), что является крайне важным фактором для диагностики многих дефектов.

После добавления плеера, пользователю становится доступным выбор директории с расположением записей (рисунок 4). Программа GTL работает с записями в аудио формате WAV, файлы с иным форматом не будут отображаться в дереве объектов. Все изменения и настройки, которые были произведены с записями сохраняются автоматически в отдельный файл (в директории расположения записи), поэтому при следующем сеансе работы с приложением пользователю не потребуется повторять действия по настройке измерений.

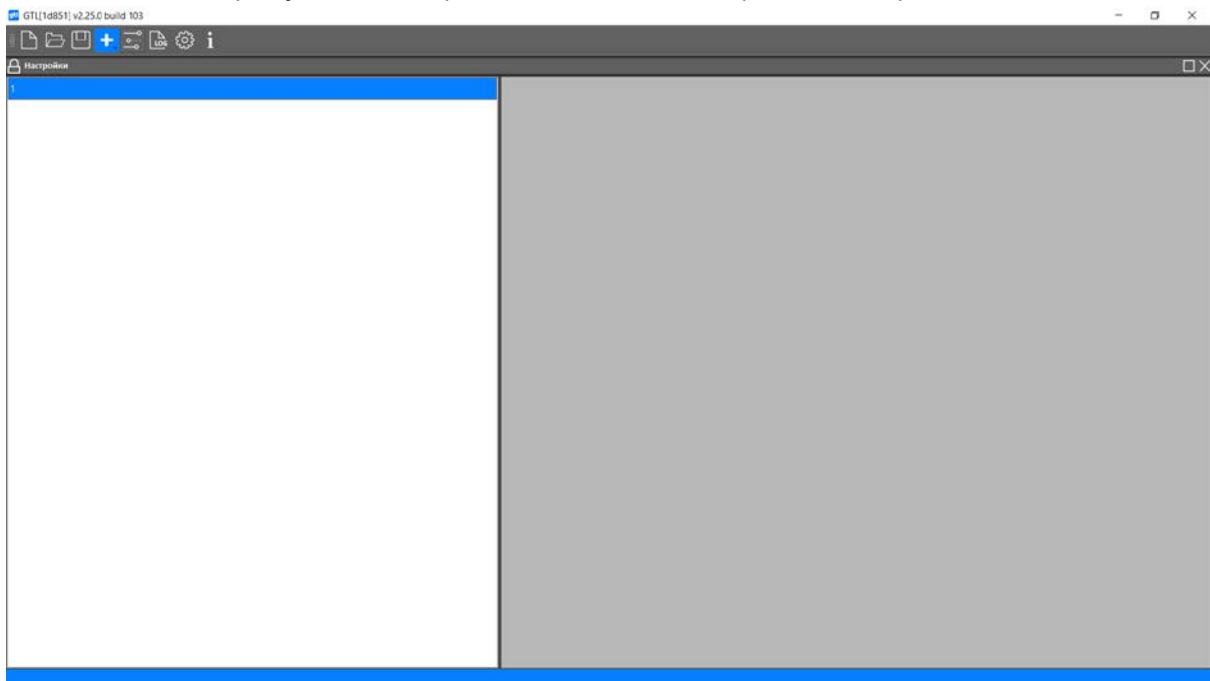


Рисунок 2. Окно «Настройки».

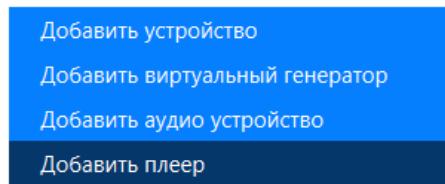


Рисунок 3. Добавление плеера.

Элементы управления воспроизведением записей изображены на рисунке 5:

- «Запуск / пауза воспроизведения»;
- «Зацикливание воспроизведения» – служит для автоматического перезапуска воспроизведения после завершения цикла; эта функция особенно полезна при анализе коротких сигналов или выделенных диапазонов (участков записи), когда за один цикл невозможно набрать необходимое количество данных;
- «Увеличение скорости воспроизведения» – служит для ускорения набора данных, что в свою очередь увеличивает скорость работы виртуальных приборов; эта функция предназначена для случаев, когда пользователю необходимо получить результат быстрее и нас не интересует процесс изменения величин в процессе записи;
- «Прогресс воспроизведения» – шкала, дублирующая перемещение курсора воспроизведения по записи;
- «Сохранить как» – сохранение записи с новыми настройками; элемент позволяет изменить частоту дискретизации, количество каналов и имя записи (рисунок 6).

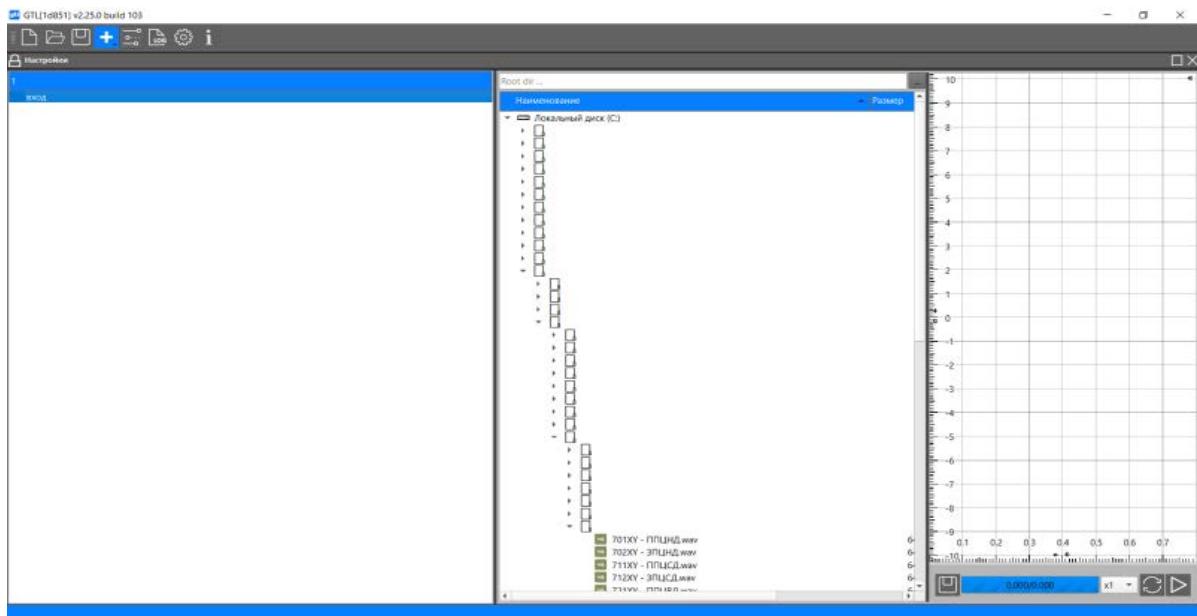


Рисунок 4. Окно «Настройки» с добавленным плеером. Отображение директории с расположением файлов записей сигналов.



Рисунок 5. Элементы управления воспроизведением записей.

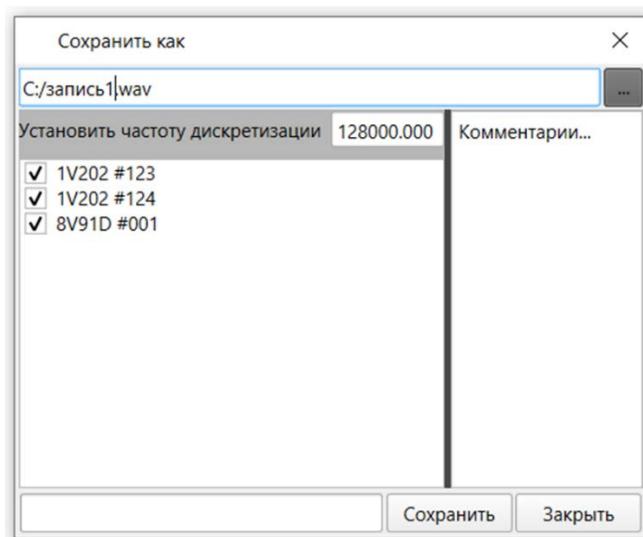


Рисунок 6. Сохранение записи с новыми настройками.

В ГТЛ есть возможность добавления и одновременной работы нескольких плееров (рисунок 7). Это позволяет работать с разными записями одновременно, т.е. для каждого плеера выбрана своя запись (сигнал из директории пользователя). Запуск каждого плеера происходит отдельно. Каналы добавленных плееров автоматически становятся доступными для выбора во всех активных инструментах программы. На рисунке 7 также можно видеть возле имени входа плеера индикатор запуска – индикатор имеет зелёный цвет, если запущен, белый – остановлен.



Рисунок 7. Использование нескольких плееров для анализа записей.

3.3 Перечень доступных инструментов

Для того, чтобы открыть меню с доступными инструментами, необходимо нажать левую кнопку мыши (далее по тексту ЛКМ) на элементе «Инструменты» (рисунок 8):

- «Осциллограф» – график зависимости величин от времени (форма волны, амплитудная зависимость);
- «Орбита» – график движения оси вала (зависимость между осциллограммами радиально расположенных датчиков);
- «Рекордер» – запись сигналов с внешнего устройства или из уже имеющихся записей;
- «Спектроанализатор» – предназначен для конфигурации и просмотра графиков спектра (зависимость амплитуды от частоты);
- «Спектроанализатор II» – отличается от «Спектроанализатора» тем, что позволяет отдельно настраивать спектр каждого добавленного сигнала отдельно и воспроизводить их синхронно; кроме того, можно добавить несколько копий одного и того же сигнала и задать разные настройки спектра;
- «Октава» – спектральный анализ в октавных полосах;
- «Перекрёстный спектр» (кросс-спектр или взаимный спектр) – взаимная корреляция двух сигналов в частотной области;
- «Порядковый спектр» – зависимость амплитуды от порядка относительно, например, частоты вращения;
- «Кепстр» – это функция обратного преобразования Фурье от логарифма спектра мощности сигнала;
- «АФЧХ» – зависимости амплитуды и фазы от частоты;

- «Корреляция» – взаимосвязь двух сигналов;
- «Частотомер» – измерение частоты сигнала по периоду перехода амплитуды через пороговое значение;
- «Вольтметр постоянного напряжения» – служит для вычисления постоянной составляющей сигнала;
- «Вольтметр переменного напряжения» – служит для вычисления переменной составляющей сигнала;
- «Диагностика» – инструмент анализа сигналов с помощью логики алгоритмов (использование пользовательских скриптов).

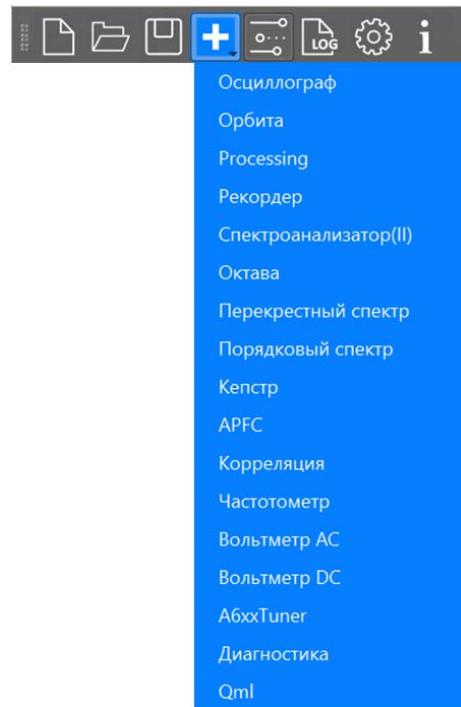


Рисунок 8. Меню инструментов.

3.4 Опции

При нажатии ЛКМ на элемент «Опции» (рисунок 1) открывается меню со следующими опциями (рисунок 9):

- «Скрипты» – выбор директории расположения алгоритмов (скрипты от производителя или пользовательские), которые предназначены для некоторых специализированных вычислений;
- «Языки» – выбор языка надписей элементов программы (русский / английский)
- «Плеер» («player» -> «Путь к кэшу»).

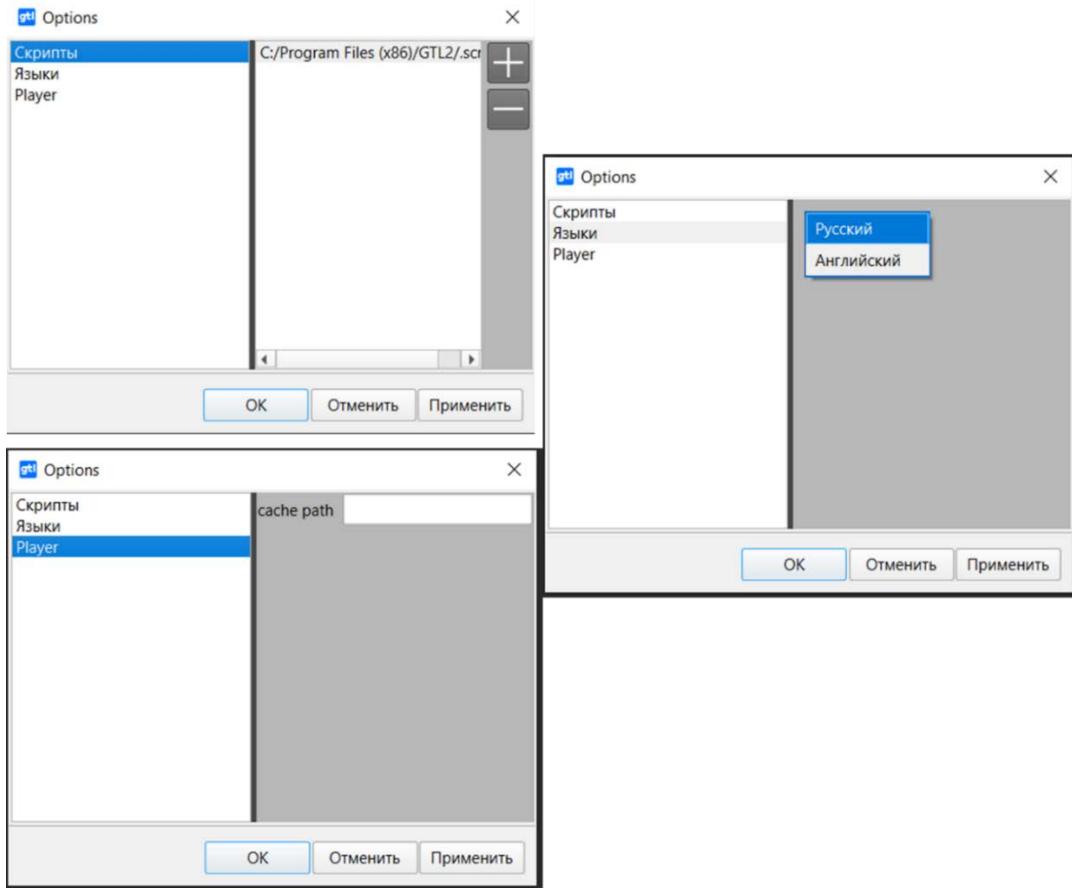


Рисунок 9. Меню опций.

3.5 Добавление устройства gtlab

Для создания записей (сигналов) необходимо добавить устройство записи (контроллер gtlab), которое должно быть подключено к АРМ (компьютер или планшет, на котором установлено ПО GTL). В графе «Тип» необходимо выбрать используемое устройство (рисунок 10).

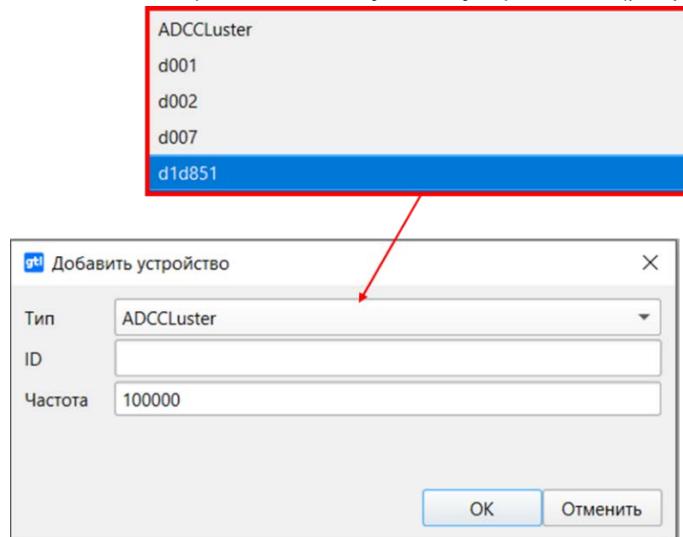


Рисунок 10. Добавление устройства.

3.6 Добавление виртуального генератора

Виртуальный генератор – инструмент для генерации входного сигнала с заданными параметрами: частотой, амплитудой и фазой (рисунок 11). Предназначен для тестирования инструментов или проверки гипотез в диагностических алгоритмах. При добавлении генератора требуется указать

необходимое количество каналов, уникальный код создаваемого генератора (ID) и частоту дискретизации. Генерируемая частота, амплитуда и фаза задаются после создания генератора для каждого канала отдельно. Генератор используется как входной сигнал для всех виртуальных приборов программы (виртуальные приборы, перечисленные в пункте 3.3).

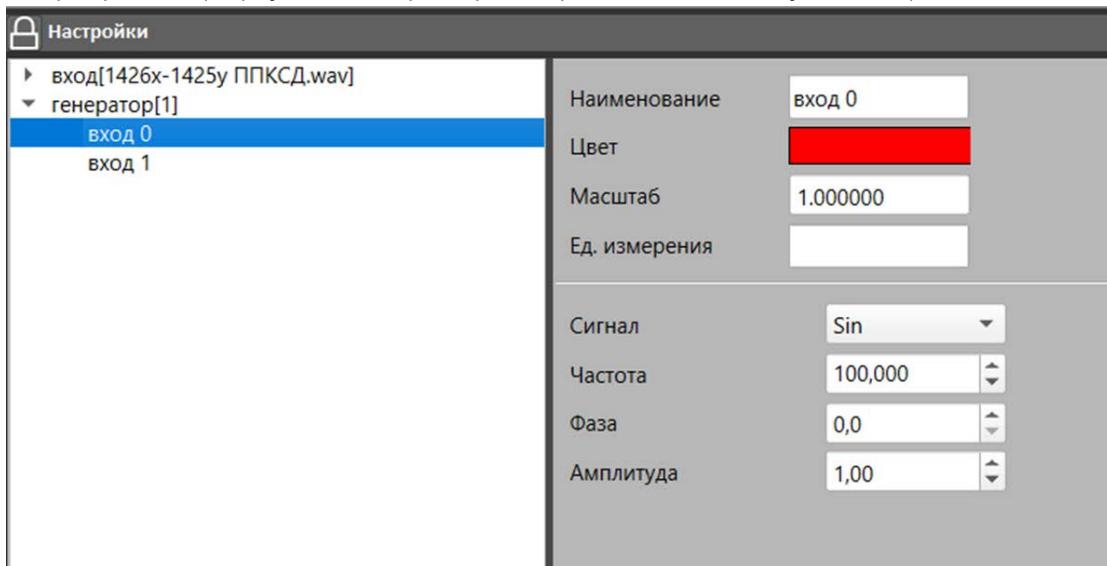


Рисунок 11. Настройки виртуального генератора.

3.7 Добавление аудио устройства

Для создания записей можно использовать стороннее аудио устройство, подключённое к АРМ, например, встроенный аудио контроллер (рисунок 12).

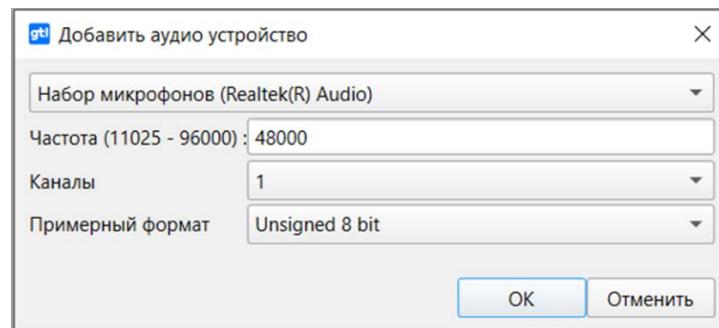


Рисунок 12. Добавление аудио устройства.

4. Конфигурация каналов плеера

4.1 Общий вид и описание

Для того, чтобы начать работу с записями (начать анализ), необходимо в окне «Конфигуратор каналов» (пункт 3.2) нажать ЛКМ по входу и выбрать необходимый файл с записью сигнала. Для отображения каналов записи нажать на стрелку (слева от названия записи) или два раза на название записи (рисунок 13).

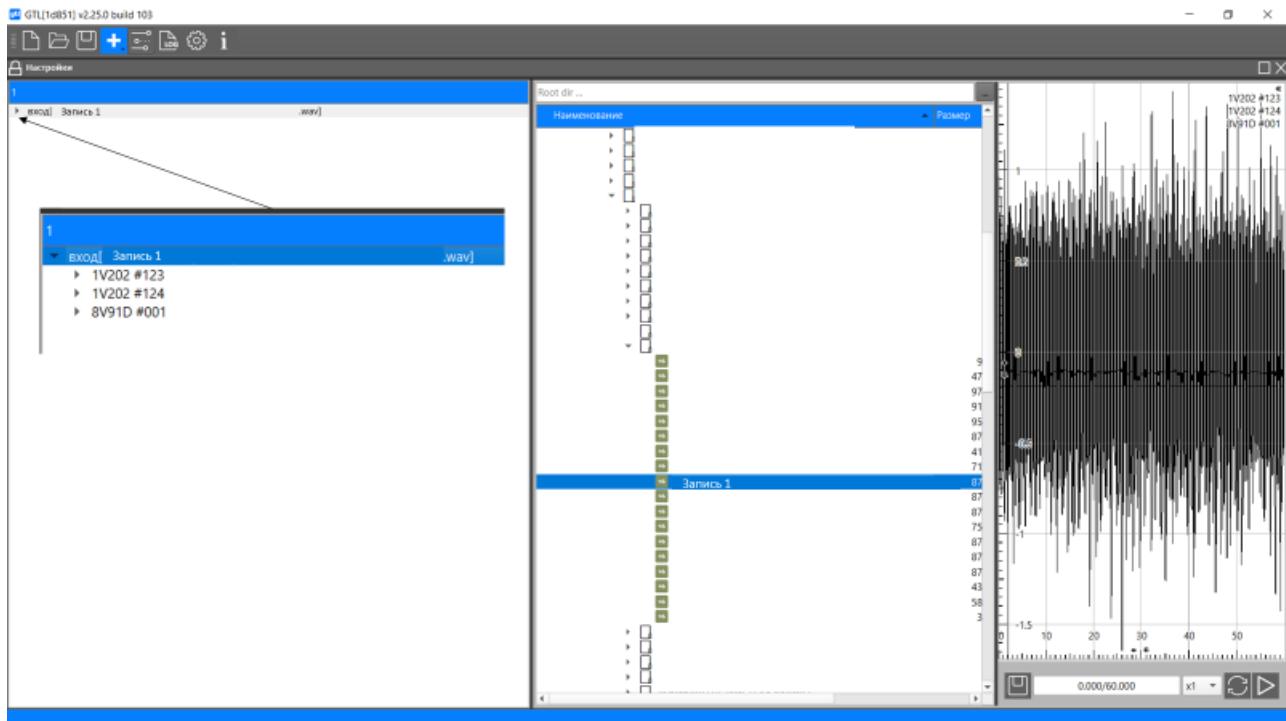


Рисунок 13. Выбор записи сигналов, отображение каналов.

При выборе входа (нажать ЛКМ) в правой части окна «Конфигуратор каналов» появится изображение сигналов, содержащихся в записи. Нажатием ПКМ по изображению сигналов вызывается меню настроек отображения сигналов плеера (рисунок 14). В состав настроек входят:

- «Маркеры» – добавление маркеров на графиках для определения точных значений по осям X и Y. При добавлении нового маркера в левом нижнем углу окна графиков появляется таблица со значениями по осям для всех каналов (рисунок 15). Маркеры можно передвигать по графикам путём наведения указателя и зажатия ЛКМ.
- «Диапазоны» – выделение диапазона/диапазонов на графике для воспроизведения конкретного участка записи (рисунок 16). Воспроизведение записей будет производиться только по выделенным диапазонам, остальная часть будет игнорироваться. Опция крайне полезна при анализе записей, содержащих удары или нежелательные явления.
- «Мультиось» – отображение сигналов на разных осях по каналам или на одной оси на одном графике (рисунок 17).
- «Установить тёмную/светлую тему» – тёмный или светлый фон за графиками плеера (рисунок 18).
- «Данные» – копировать или сохранить изображение графиков плеера; сохранение значений точек графиков в формате CSV доступно в инструментах («Осциллограф», «Спектроанализатор» и др.).

Изменение масштаба изображения графиков выполняется с помощью следующих действий:

- Изменение масштаба по оси Y: колесо прокрутки мыши + SHIFT или выделение вертикального отрезка с помощью ЛКМ;
- Изменение масштаба по обеим осям графика: колесо прокрутки мыши + CTRL или выделения окна с помощью ЛКМ;
- Изменение масштаба по оси X: выделение горизонтального отрезка с помощью ЛКМ;
- Возврат к начальному масштабу (автомасштабирование): двойной щелчок ЛКМ на поле графиков.

Эти настройки есть во всех инструментах программы GTL, некоторые из них имеют иную реализацию. Подробнее об этом ниже в соответствующих пунктах описания инструментов.

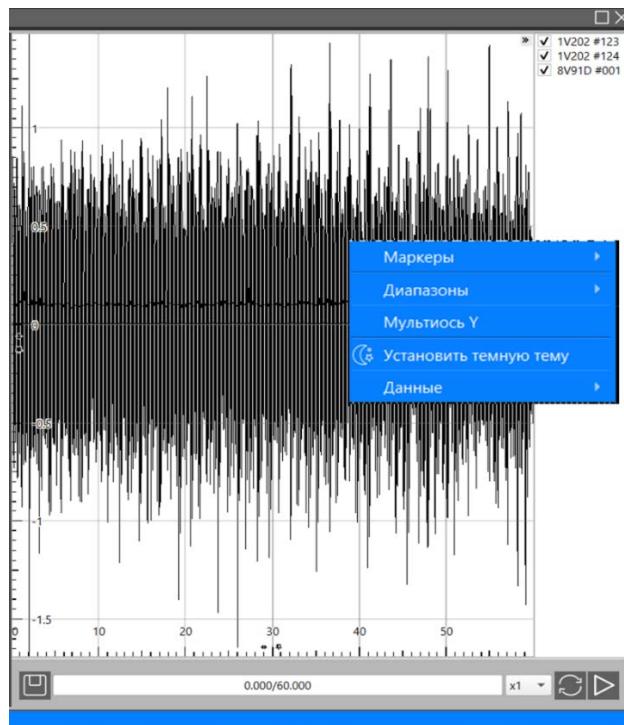


Рисунок 14. Меню настроек отображения сигналов в плеере.

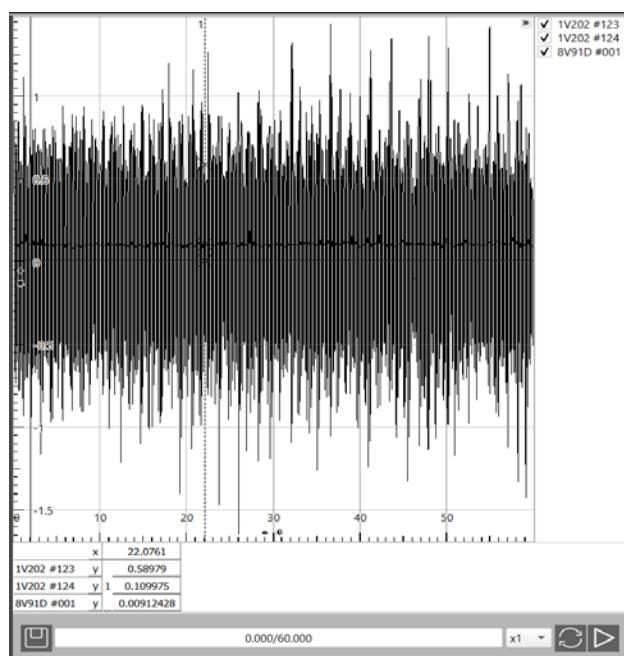


Рисунок 15. Добавление маркера на графиках.

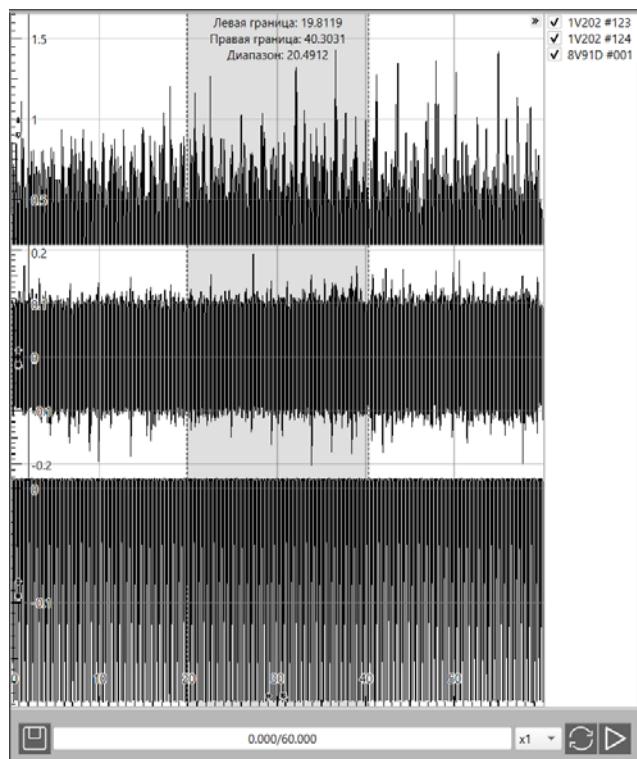


Рисунок 16. Добавление диапазона.

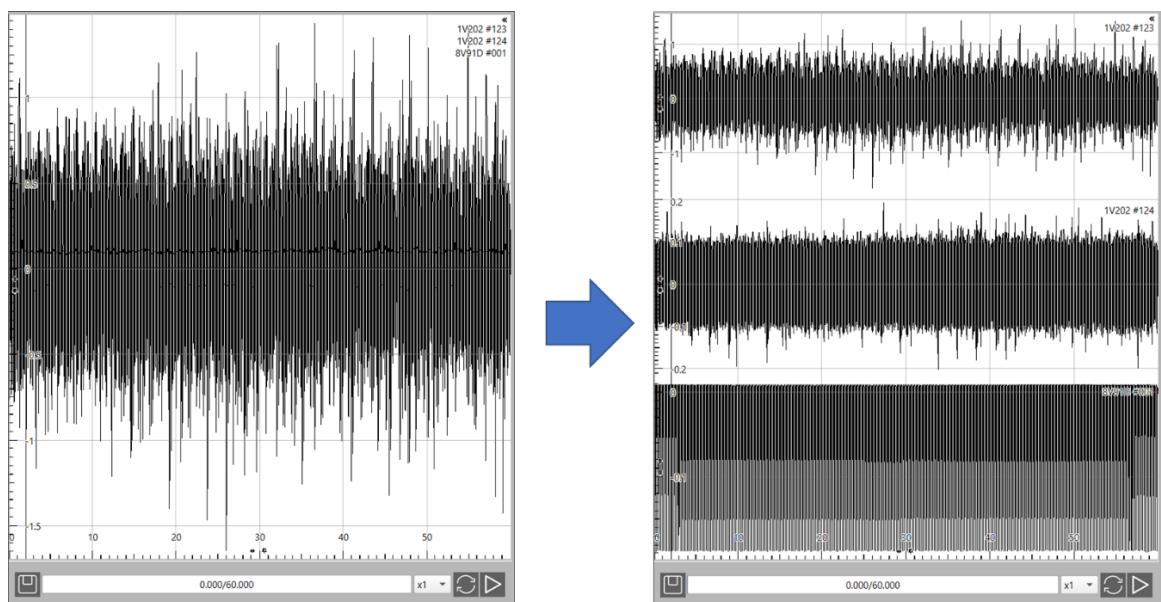


Рисунок 17. Мультиос – отображение каналов на отдельных графиках.

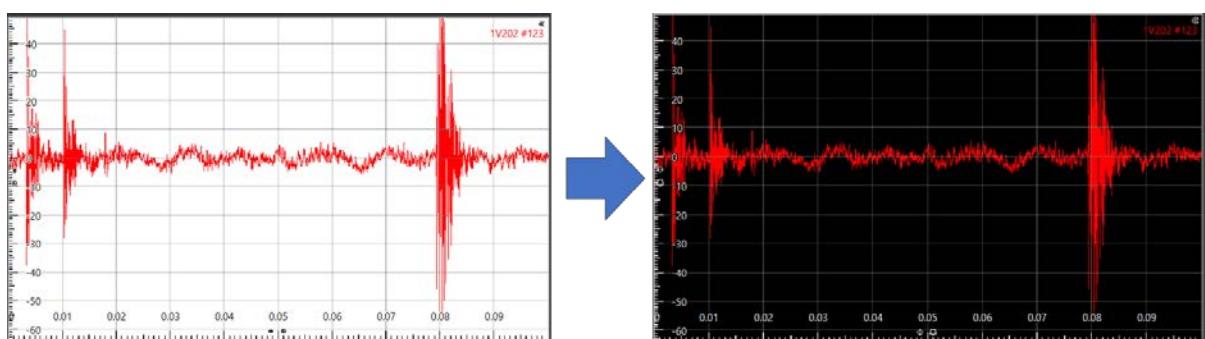


Рисунок 18. Изменение фона графиков.

4.2 Выбор записей из файлов

Выбор записи из файлов осуществляется следующим образом (рисунок 19):

- Нажать ЛКМ на добавленный вход в левом верхнем углу окна «Конфигуратор каналов»;
- В появившемся дереве выбрать расположение записи на диске.

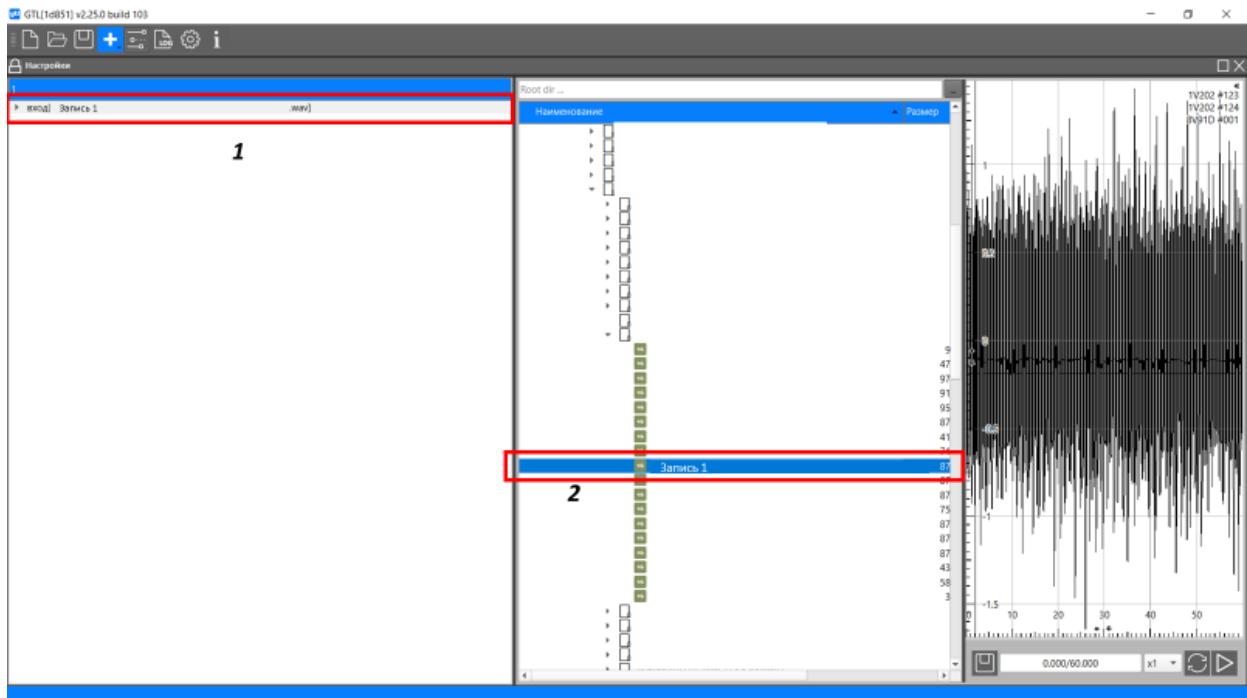


Рисунок 19. Выбор записи.

Чтобы раскрыть список каналов, которые содержит выбранная запись необходимо два раза нажать ЛКМ по имени входа или один раз на стрелку слева от имени (рисунок 20).

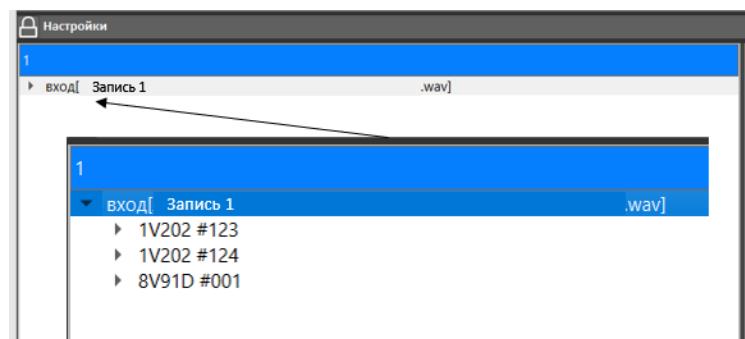


Рисунок 20. Отображение каналов записи.

4.3 Редактирование единиц измерения и масштабных коэффициентов каналов записи

Настройки канала (рисунок 21) включают в себя:

- «Наименование» (имя канала можно изменить также в дереве объектов, дважды нажав ЛКМ);
- «Цвет» – цвет графика;
- «Масштаб» – коэффициент амплитуды сигнала может быть отредактирован, если, например, при записи коэффициент не был введен или введен с ошибкой.
- «Ед. измерения» – единица измерения (необязательный параметр).

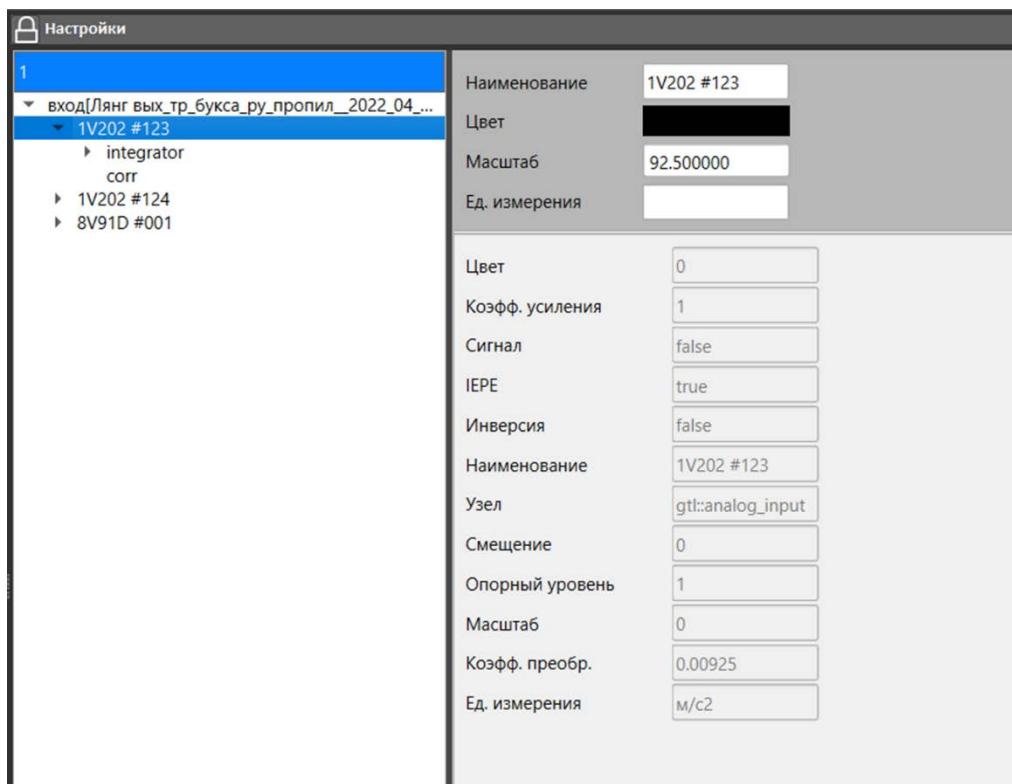


Рисунок 21. Настройки канала записи.

4.4 Добавление измерений для каналов

Программа GTL предоставляет пользователю возможность конфигурировать сигналы по каналам для подготовки и использования их в виртуальных приборах. Для каждого канала доступно добавление следующих элементов:

- «Фильтр» – подавление или усиление определённых частотных компонент сигнала;
- «Интегратор» – получение обратной производной (позволяет выполнить преобразование: ускорение → скорость → перемещение);
- «Дифференциатор» – получение производной (позволяет выполнить преобразование: перемещение → скорость → ускорение);
- «Скользящие значения» – вычисление параметров сигналов «на лету» при воспроизведении для построения графика).

Все эти элементы добавляются нажатием ПКМ и выбором из меню необходимого пункта (рисунок 22).

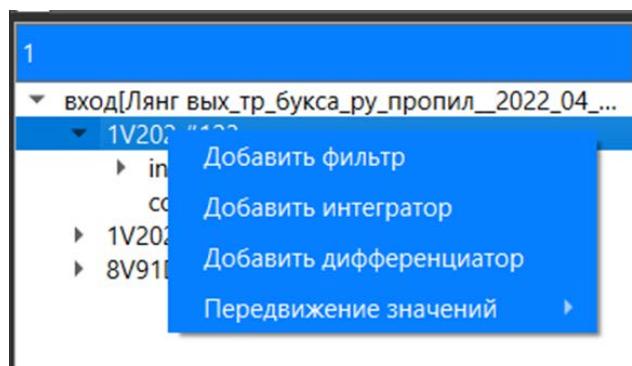


Рисунок 22. Добавление вычислений для канала записи.

4.4.1 Фильтр

Фильтрация сигналов необходима для подавления помех, содержащихся в сигнале, или для выделения отдельных составляющих сигнала. Для того, чтобы добавить к каналу фильтрацию, необходимо нажать ПКМ на названии канала и выбрать пункт «Добавить фильтр» (рисунок 23). ПО GTL предлагает пользователю следующий перечень фильтров:

- Бессель
- Баттерворт
- Чебышёв (тип 1)
- Чебышёв (тип 2)
- эллиптический
- Лежандр
- Роберт Бристоль-Джонсон

После выбора вида фильтра требуется выбрать один из следующих типов фильтрации:

- lowpass – фильтр низких частот, подавление частот выше граничной;
- highpass – фильтр высоких частот, подавление частот ниже граничной;
- bandpass – полосовой фильтр, подавление частот вне выделенного диапазона;
- bandstop – режекторный фильтр, подавление частот в выделенном диапазоне;
- lowshelf – фильтр низких частот с усилением частот ниже граничной;
- highshelf – фильтр высоких частот с усилением частот выше граничной;
- bandshelf – полосовой фильтр с усилением частот в выделенном диапазоне;

Общими свойствами для всех видов фильтрации являются:

- порядок – параметр, отражающий качество функции фильтрации (меняет крутизну спадов на границах коридора); примечание: повышение этого параметра увеличивает время вычислений, что в свою очередь усиливает отставание по фазе от исходного сигнала;
- частота – граничная (для ВЧ и НЧ фильтров) или центральная частота для полосового.

Частными параметрами являются:

- ширина – полоса пропускания/подавления фильтра;
- коэффициент усиления – усиление пропускаемой области частот (для всех фильтров shelf).

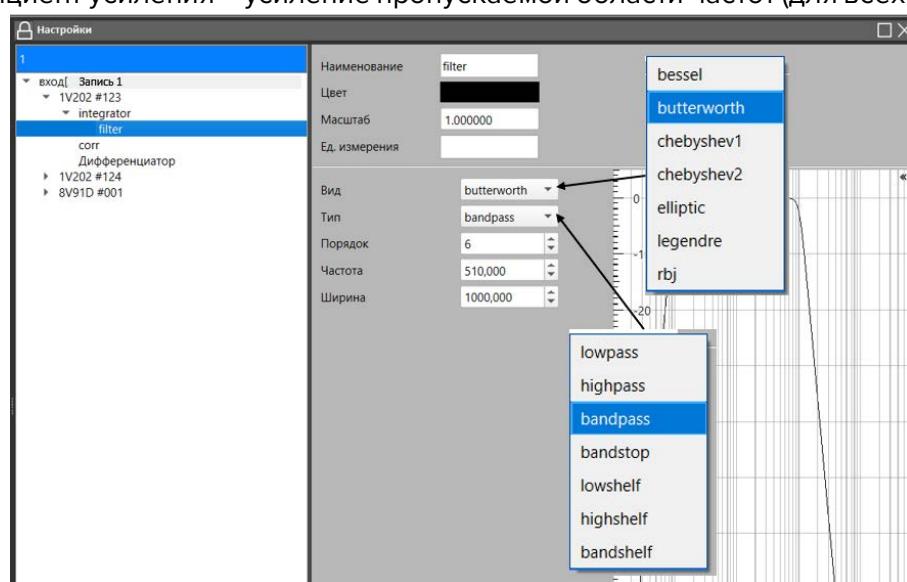


Рисунок 23. Выбор вида и типа фильтрации сигнала.

4.4.2 Интегратор

Интегрирование – это математическая операция обратная дифференцированию – восстановление функции по её производной. Эта функция в программе GTL служит для преобразования сигнала вибрации следующим образом: виброускорение -> виброскорость -> виброперемещение.

4.4.3 Дифференциатор

Дифференцирование – это математическая операция нахождения производной функции. В GTL служит для следующего преобразования сигнала вибрации: виброперемещение -> виброскорость -> виброускорение (дальнейшее дифференцирование виброускорения даёт резкость).

4.4.4 Скользящее значение

Этот инструмент предназначен для вычисления «на лету» (в процессе воспроизведения) основных параметров, характеризующих уровень сигнала, с возможностью вывода результата на график. График полученных значений можно визуализировать в осциллографе. Для вычислений доступны следующие параметры:

- СКЗ – среднее квадратическое значение;
- максимальная амплитуда – максимум положительной части сигнала;
- минимальная амплитуда – максимум отрицательной части сигнала;
- пик-пик – размах сигнала (дельта между максимумом и минимумом сигнала);
- порог – параметр, показывающий наличие/отсутствие превышения заданного порогового значения (булева величина – 0/1);
- корреляция – особый инструмент, позволяющий определить степень взаимосвязи изменения целевого сигнала с заранее сохранённым семплом (ниже описан алгоритм работы с этим инструментом);

На рисунке 24 представлен пример визуализации скользящего значения СКЗ виброскорости (в верхней части осциллографа отображается сигнал виброскорости, в нижней – график вычисления СКЗ).

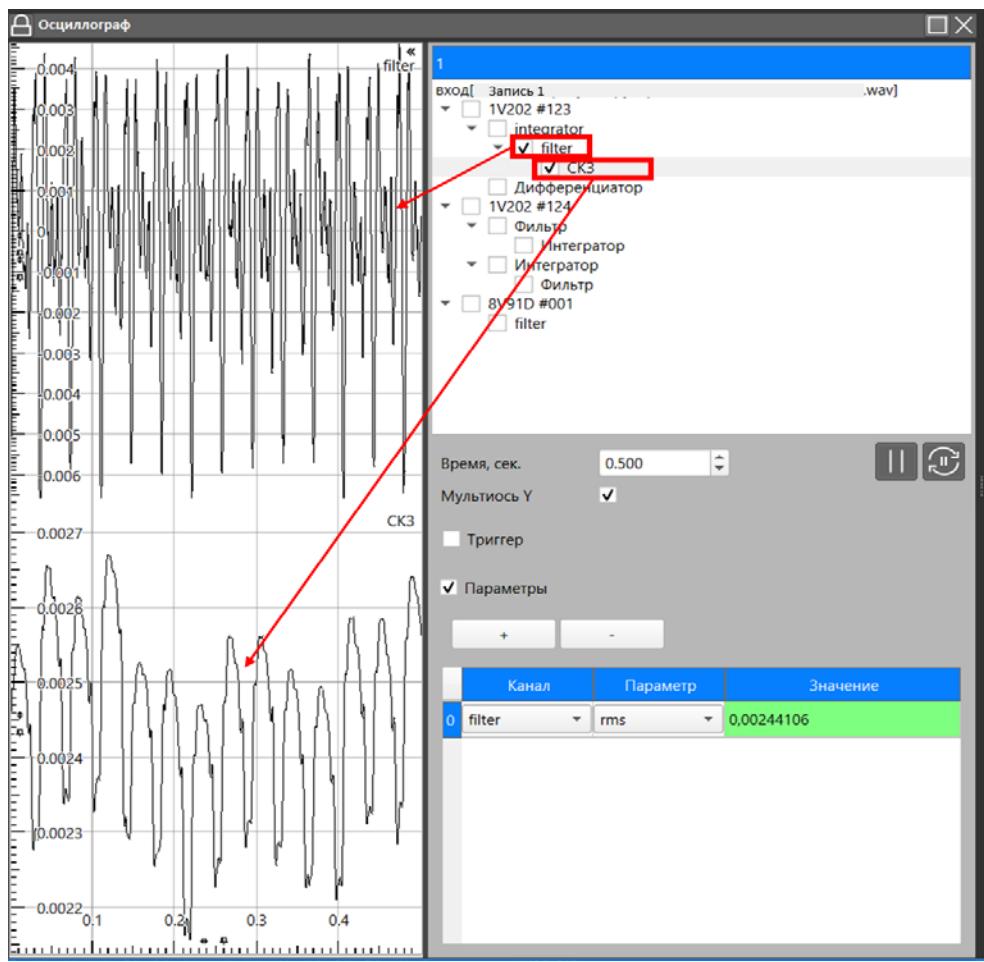


Рисунок 24. Построение графика по выбранному скользящему значению.

4.4.4.1 Корреляция

Корреляция – это параметр, отражающий взаимосвязь между двумя сигналами (наборами значений). Для того, чтобы запустить корреляционный анализ, необходимо выполнить следующие шаги (рассмотрен вариант с использованием осциллографа):

- 1) выбрать участок сигнала, с которым необходимо произвести сравнение (этот сигнал может быть выбран из другой записи или сгенерирован в сторонней программе); чтобы выбрать участок сигнала, например в осциллографе Gtl, необходимо выбрать временное окно и запустить плеер (рисунок 25);
- 2) остановить плеер в требуемый момент времени и сохранить участок сигнала; нажать ПКМ на графике сигнала, выбирать во всплывающем меню «Данные» -> «Сохранить как текст» (рисунок 26);
- 3) привести файл выгрузки к определённому виду, показанному на рисунке 27 – удалить первый столбец с метками времени и первую строку с заголовками;
- 4) далее в окне «Настройки» нажать кнопку «Load» («Загрузить») и выбирать сохранённый файл (формат .csv или .txt); в окне появится график выбранного сигнала (рисунок 28);
- 5) перейти в осциллограф, выбрать в дереве сигнал и объект вычисления корреляции и запустить плеер (запустится процесс вычисления корреляции);
- 6) для более точного понимания уровня корреляции можно вывести значение в «Параметры» в окне осциллографа (рисунок 29).

Параметр «корреляция» имеет несколько методов вычисления: fft, faltung, factor. Рекомендованным является factor.

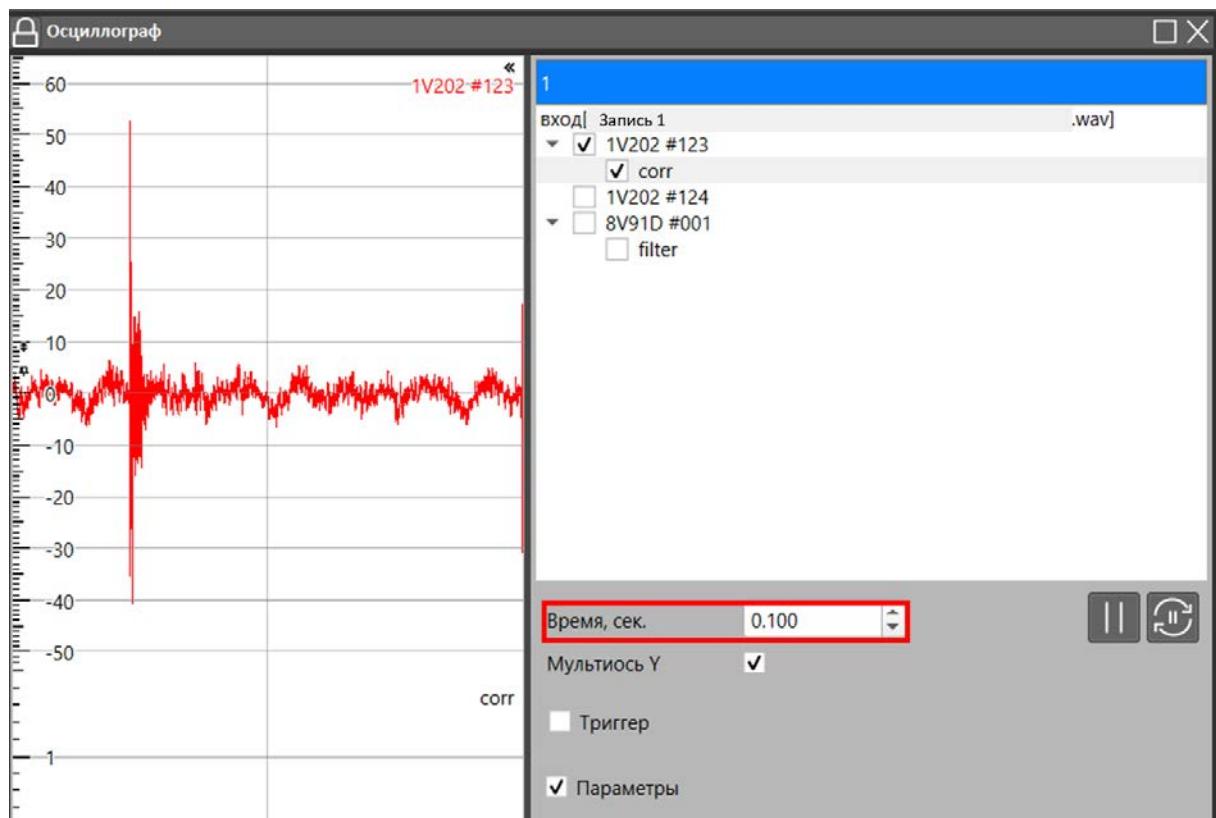


Рисунок 25. Выбор участка сигнала в осциллографе для последующего проведения корреляционного анализа с другими сигналами.

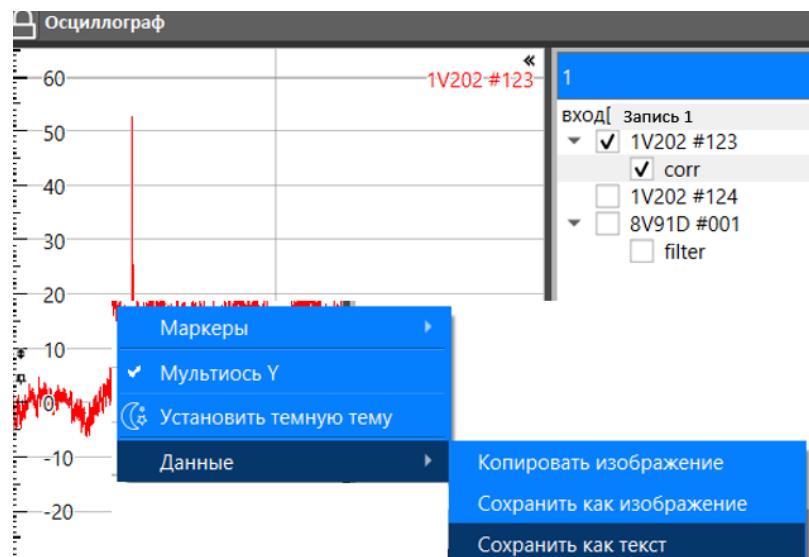


Рисунок 26. Сохранение значений сигнала (осциллограммы).

Рисунок 27. Подготовка файла для корреляционного анализа.

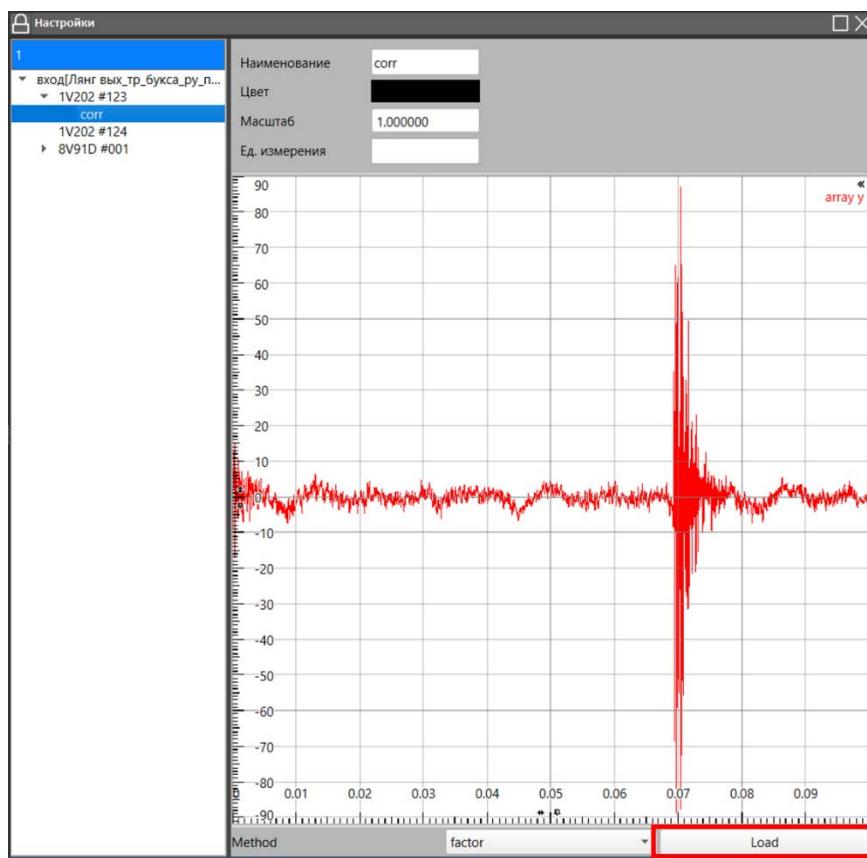


Рисунок 28. Загрузка участка сигнала, с которым будет выполняться сравнение.

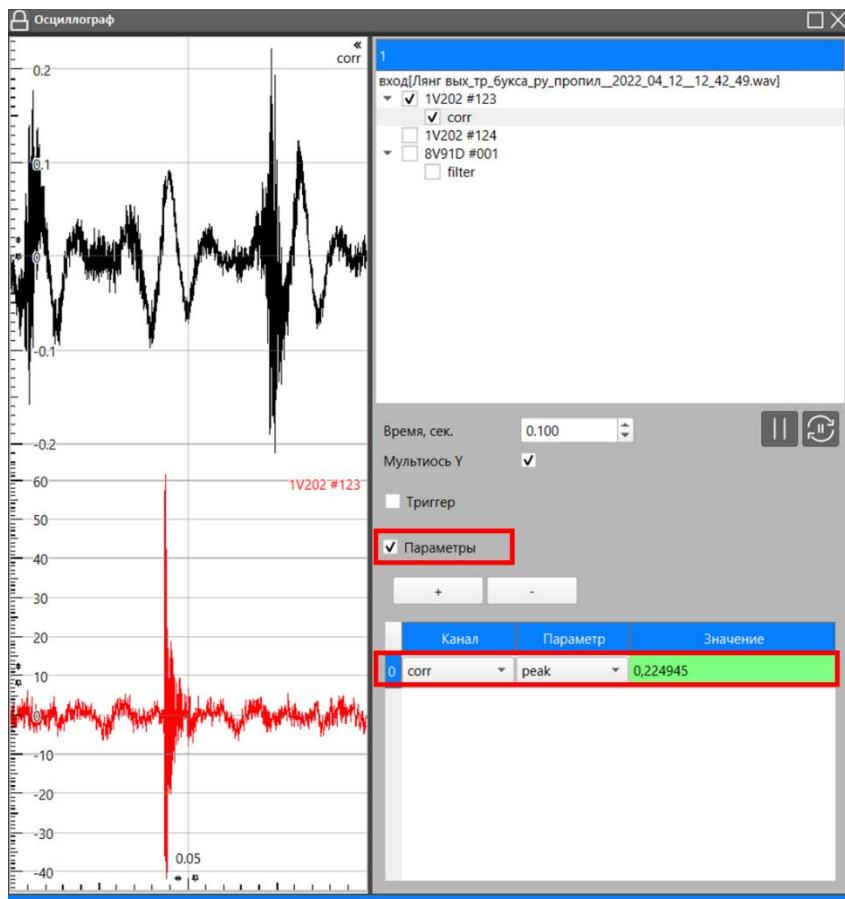


Рисунок 29. Вычисление корреляции в осциллографе.

5. Описание инструментов (виртуальных приборов)

5.1 Осциллограф

Осциллограф предназначен для отображения графика формы сигналов, а также мониторинга изменения скользящих значений (описанных в пункте 4.4.4). Элементы этого виртуального прибора показаны на рисунке 30. Вывод графиков сигналов в осциллографе имеет такие же настройки, как и в плеере (окно «Конфигуратор каналов»), описанные в пункте 4.1. Чтобы включить визуализацию сигналов в осциллографе, необходимо выбрать один или несколько сигналов и запустить воспроизведение плеера в окне «Настройки». Воспроизведение и его зацикливание в окне самого осциллографа активированы по умолчанию. В отличии от окна визуализации сигналов в окне настроек, осциллограф имеет следующие функции:

- «Время» – ширина временного окна отображения сигналов (указывается в секундах);
- «Триггер» – условие останова воспроизведения сигналов; необходимо задать пороговое значение, выбрать фронт волны (рисунок 31), деактивировать зацикливание воспроизведения сигнала в осциллографе;
- «Параметры» – активация меню вычисления параметров сигналов (рисунок 32), таких как:
 - о СКЗ;
 - о максимум;
 - о минимум;
 - о сдвиг относительно нуля по оси Y;
 - о Пик;
 - о Пик-Пик (размах);
 - о частота (частота сигнала также можно вычислить в отдельном виртуальном приборе «Частотомер», который описан ниже в пункте 5.12);
 - о период;

- о экспесс;
- о СКО;

Все эти параметры вычисляются для выбранного временного окна, т.е. для тех данных, что в данный момент изображены на графике осциллографа.

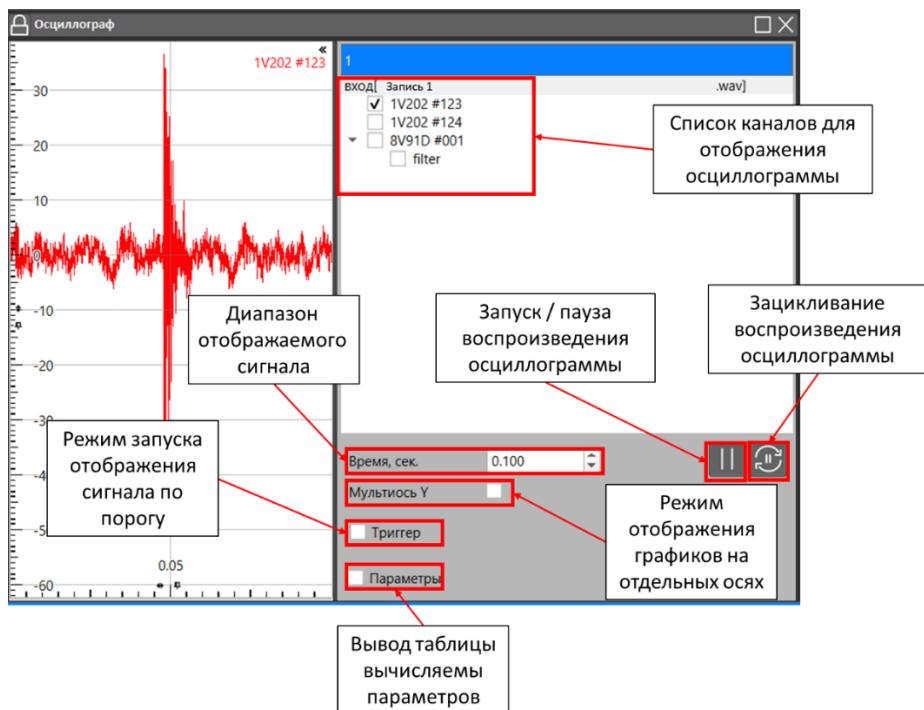


Рисунок 30. Элементы виртуального прибора «Оscиллограф».

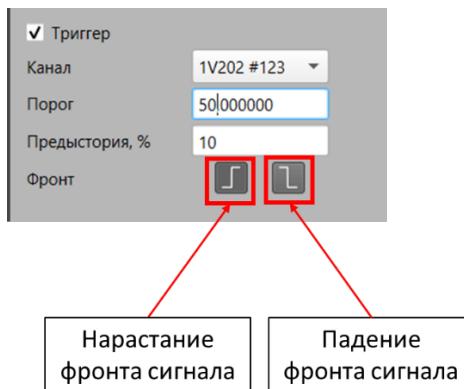


Рисунок 31. Настройки триггера останова воспроизведения сигналов.

На графике осциллографа можно добавить маркеры для определения уровня различных параметров сигналов в конкретной точке. Маркер добавляется нажатием ПКМ на графике и выбором соответствующего пункта (подробнее о маркерах описано в пункте 5.5).

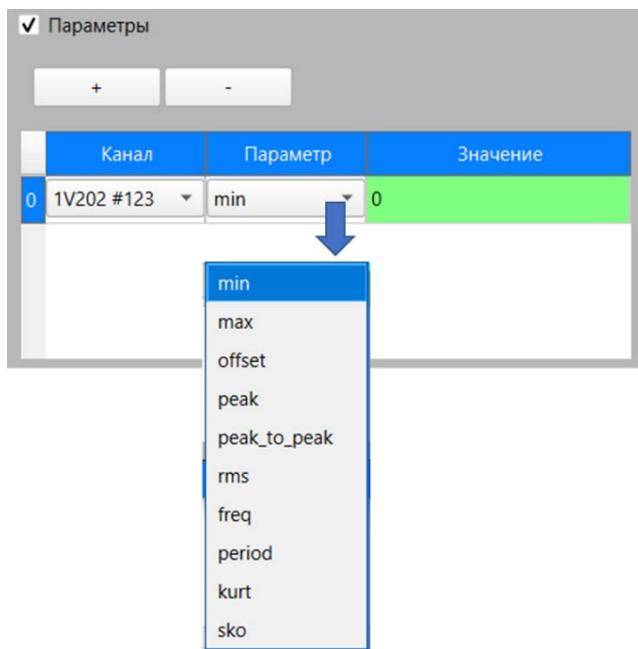


Рисунок 32. Вычисление параметров сигналов.

5.2 Орбита

Орбита – это инструмент, предназначенный для оценки формы перемещения оси вращения вала. По сути это график зависимости одного сигнала от другого. В идеале для построения орбиты необходимо использовать сигналы датчиков виброперемещения, которые физически установлены в радиальном взаимно перпендикулярном направлении. К этим сигналам рекомендуется применять полосовой фильтр, полоса пропускания которого выбирается таким образом, чтобы в конечный сигнал вошли 3-4 высшие гармоники частоты вращения.

«Орбита» имеет следующие элементы управления (рисунок 33):

- список доступных для выбора каналов: необходимо выбрать два канала;
- выбор ориентации каналов по осям: необходимо определить, какой канал соответствует горизонтальному, а какой вертикальному направлениям;
- «Время» – это длина сигналов, используемых в построении орбиты (можно выбрать часть сигналов или выделить участки сигналов с помощью диапазонов в окне «Настройки»);
- «Старт» и «Стоп» – это метки времени начала и конца сигналов, используемых в построении орбиты (аналог диапазонов в окне «Настройки»);
- «Обороты» – количество оборотов, которое должно войти в диапазон сигналов, используемых в построении орбиты.

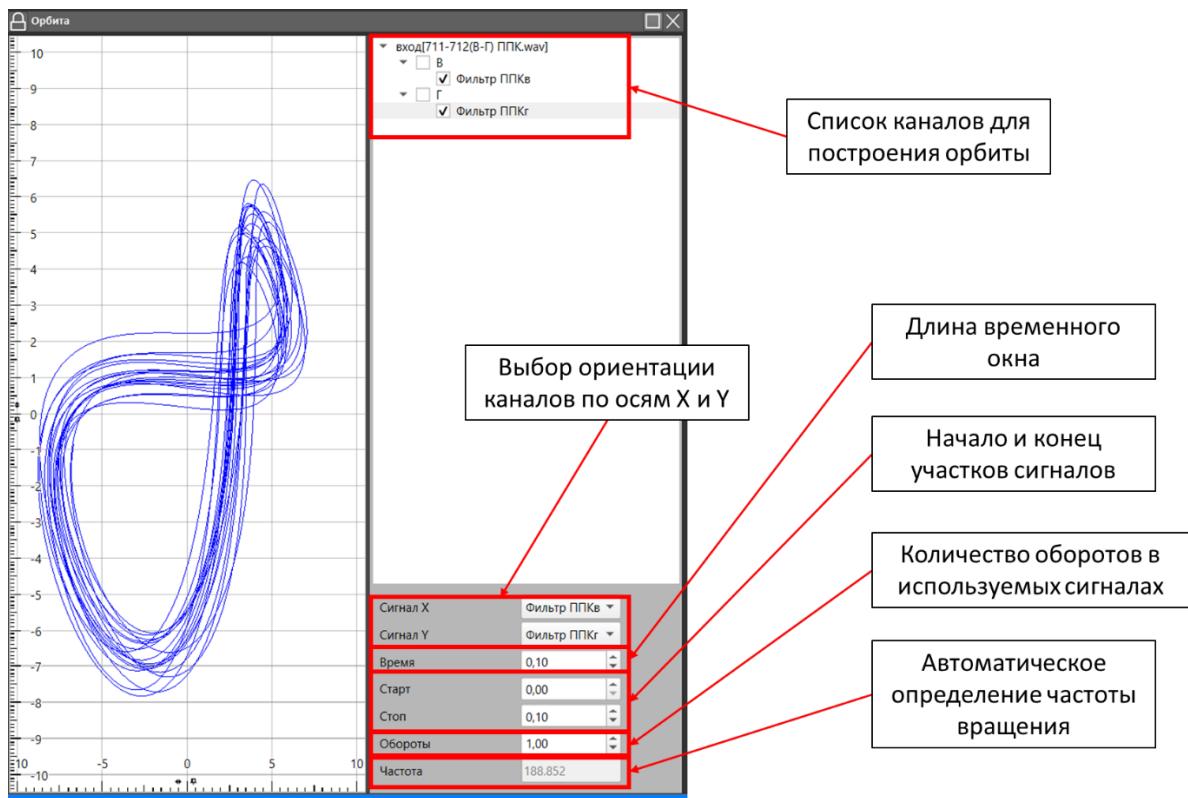


Рисунок 33. Элементы виртуального прибора «Орбита».

5.3 Рекордер

Рекордер – инструмент, предназначенный для создания новых записей по данным с внешних источников или уже имеющихся файлов. Может быть применён, например, для создания одноканальной записи из исходной многоканальной. Окно инструмента содержит следующие элементы (рисунок 34):

- список доступных для выбора каналов;
- директория и имя новой записи – выбор места сохранения новой записи и её имени;
- «Длина записи» – выбор длительности записи по времени в секундах; при активации режима «непрерывности» окно времени становится неактивным – запись идёт до тех пор, пока не закончится воспроизведение исходного файла или не будет нажата кнопка «Стоп»;
- кнопка «Старт/Стоп» записи – это метки времени начала и конца сигналов, используемых в построении орбиты (аналог диапазонов в окне «Конфигуратор каналов»);
- область для добавления комментария к записи;
- шкала прогресса записи.

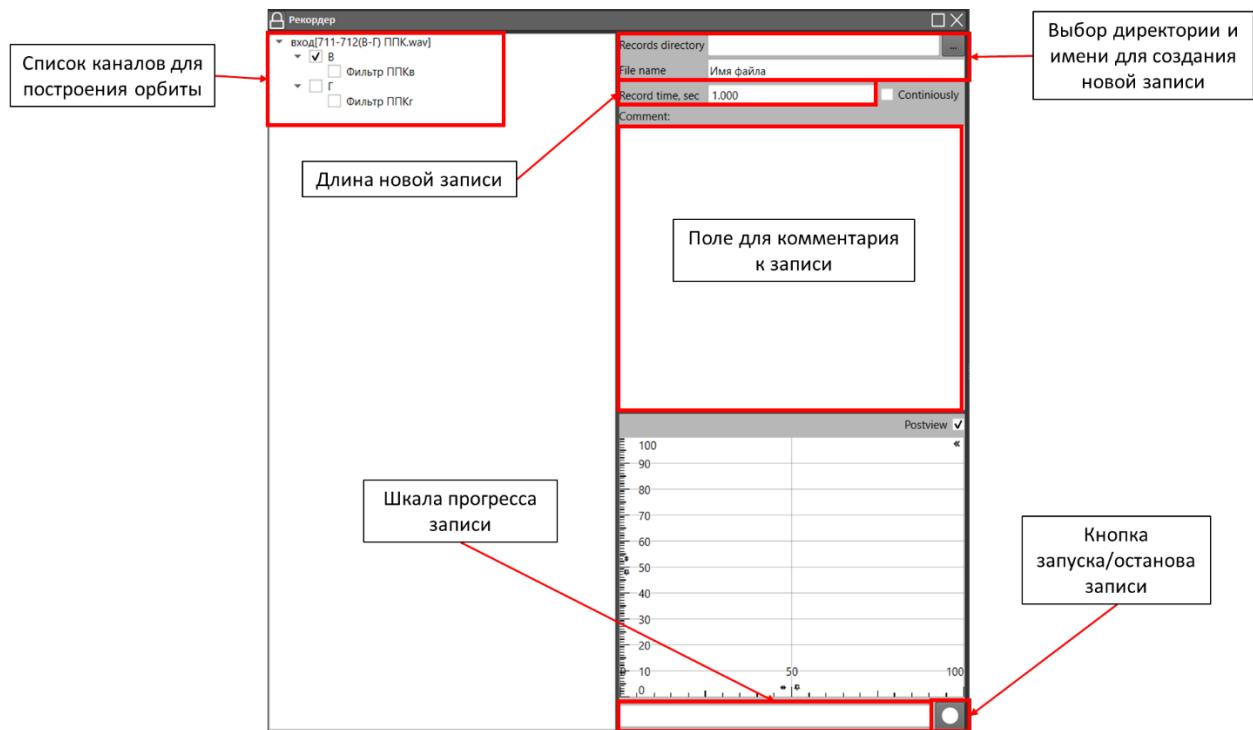


Рисунок 34. Элементы виртуального прибора «Рекордер».

5.4 Спектроанализатор

Спектроанализатор – виртуальный прибор для построения графиков спектров (зависимость амплитуды от частоты гармоники). Данный виртуальный прибор позволяет получить следующие графики:

- автоспектр;
- спектр огибающей (требует предварительной фильтрации сигнала для оценки высокочастотной составляющей; фильтр добавляется к каналу в окне «Конфигуратор каналов»);
- фазовый спектр;
- спектр плотности мощности.

Для построения графиков спектров необходимо выбрать один или несколько каналов

Окно анализатора спектра содержит следующие элементы настроек и управления (рисунок 35):

- «Тип» – тип графика спектра;
- «Частота» – верхняя граничная частота спектра (правая граница по оси X (оси частот));
- «Разрешение» – количество точек на 1 Гц (взаимозависимый параметр с количеством линий);
- «Количество линий» – количество линий во всем диапазоне спектра (взаимозависимый параметр с разрешением);
- «Окно» – тип окна преобразования;
- «Количество усреднений»;
- «Перекрытие» – % перекрытия;
- «Единицы измерения» – отображение амплитуды в абсолютных значениях или в относительных (дБ);
- «Мультиось Y» – отображение графиков на одной или разных осях (при построении спектров нескольких каналов одновременно);
- «Логарифмическая шкала по оси X»;
- «Параметры» – таблица вычисления параметров и отображения настроек маркеров.

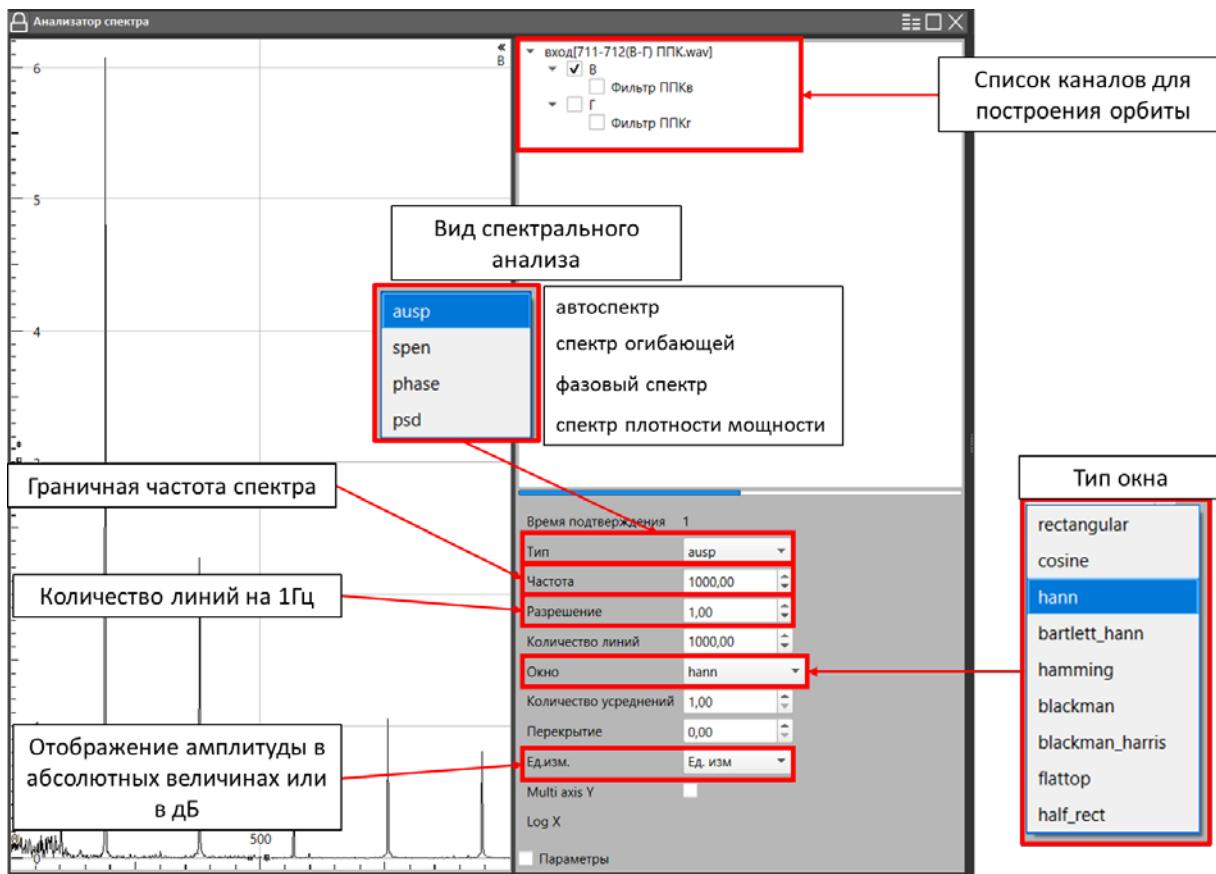


Рисунок 35. Основные элементы окна виртуального прибора «Анализатор спектра».

В окне «Параметры» можно получить значения СКЗ, максимума и частоты максимума спектра сигнала (рисунок 36).



Рисунок 36. Вычисление значений параметров сигналов в окне «Параметры».

Также в окне «Параметры» доступны вкладки с настройками и значениями маркеров (рисунок 37). В анализаторе спектра доступно добавление на графиках следующих маркеров:

- «Одиночный»;
- «Полосовой»;
- «Гармонический».

Для одиночного маркера можно задать частоту (координату по оси X), цвет и добавить комментарий (двойное нажатие ЛКМ в соответствующем поле). Для гармонического дополнительно к настройкам одиночного маркера добавляется количество гармоник, а также нажатием ПКМ по имени фильтра отобразить модулирующие частоты справа и слева от основных гармоник. Полосовой маркер может быть настроен шириной полосы или левой и правой границами, кроме того есть возможность выбрать параметр вычисления уровня в полосе маркера – СКЗ, пик или плотность мощности. Маркеры добавляются нажатием ПКМ на графике спектра, во всплывающем меню выбирается необходимый тип маркера. Удалить маркеры можно также нажатием ПКМ и выбором соответствующего пункта или в таблице параметров (рисунок 37).

Амплитуда (уровень по оси Y соответствующий значению по оси X) отображается в таблице в левом нижнем углу окна графиков (рисунок 38).

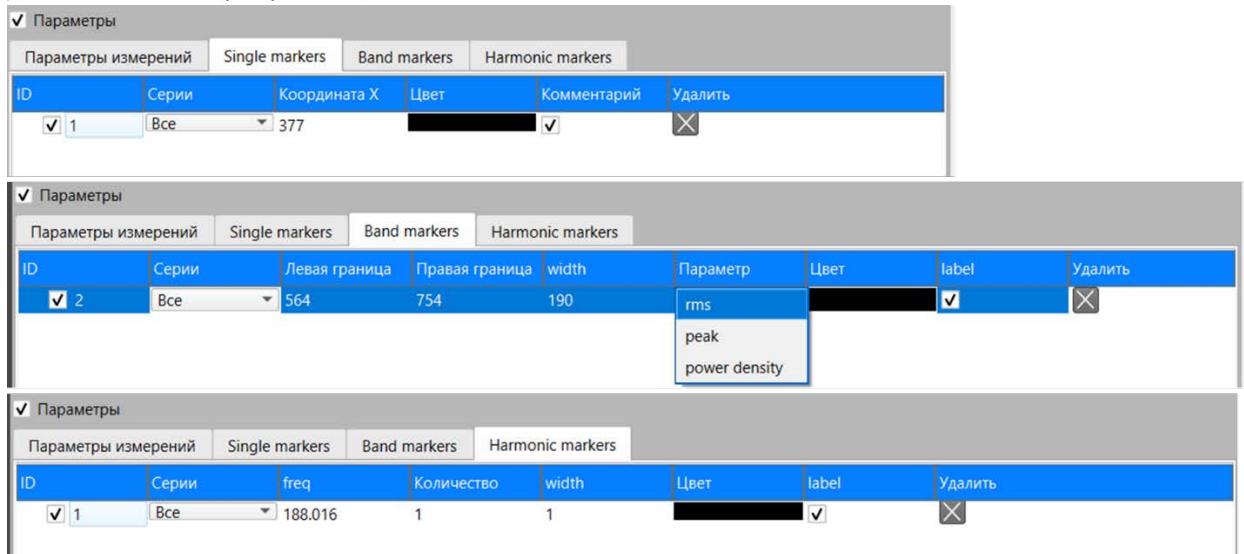


Рисунок 37. Настройка маркеров в окне «Параметры».

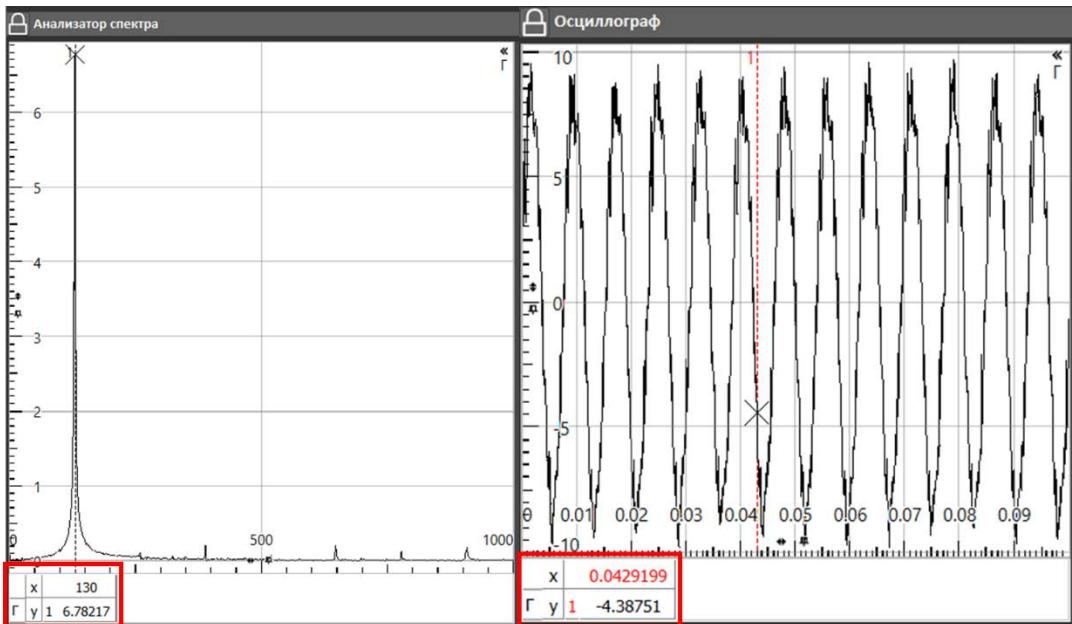


Рисунок 38. Значения графиков под маркерами.

Таблицу значений маркеров под исследуемым графиком можно открепить от своего стационарного места нажав на соответствующий символ (рисунок 39) и перетащить её, зажав ЛКМ. Обратное закрепление таблицы под графиком выполняется путём повторного нажатия кнопки.

Дополнительно для визуализации спектров реализован инструмент «спектрограмма» (рисунок 40). Инструмент позволяет наблюдать изменение спектра во времени. Для вызова окна спектрограммы необходимо нажать на соответствующую кнопку окна спектроанализатора (рисунок 41). Доступные настройки спектрограммы:

- «мин», «макс» – минимум и максимум шкалы амплитуд;
- «время» – длительность сигнала, для которого будут построены последовательные спектры; для того, чтобы в спектрограмму необходимо знать какое время.

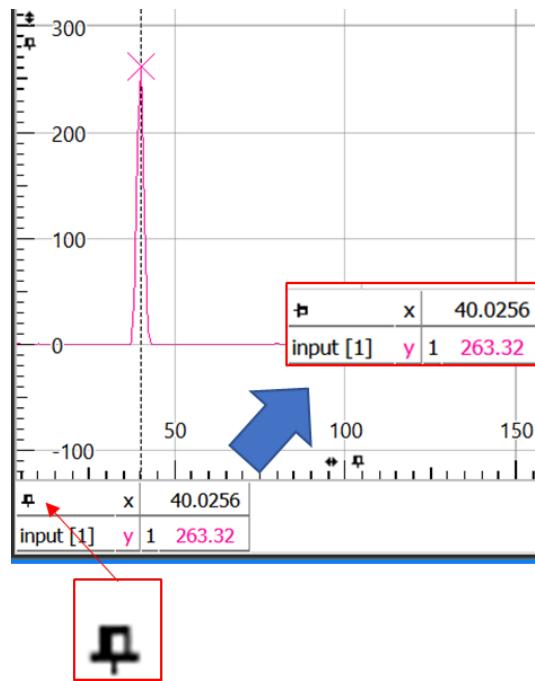


Рисунок 39. Открепление таблицы значений маркеров под графиком.

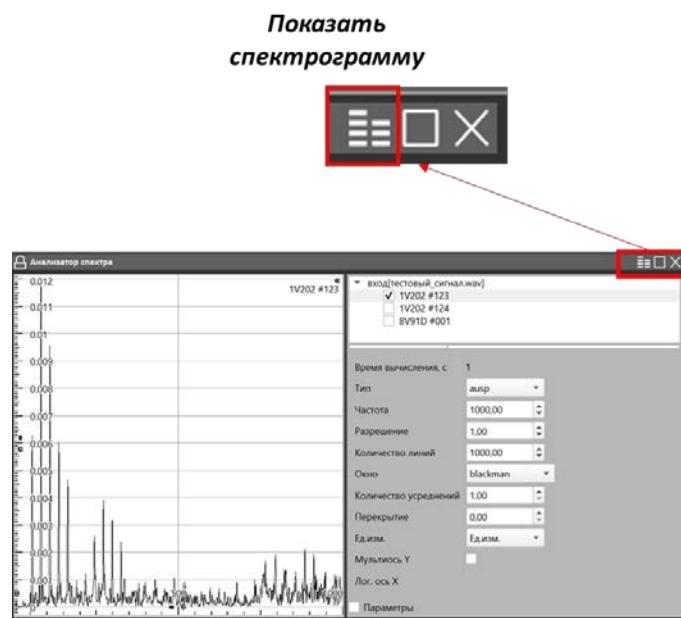


Рисунок 40. Добавление спектрограммы

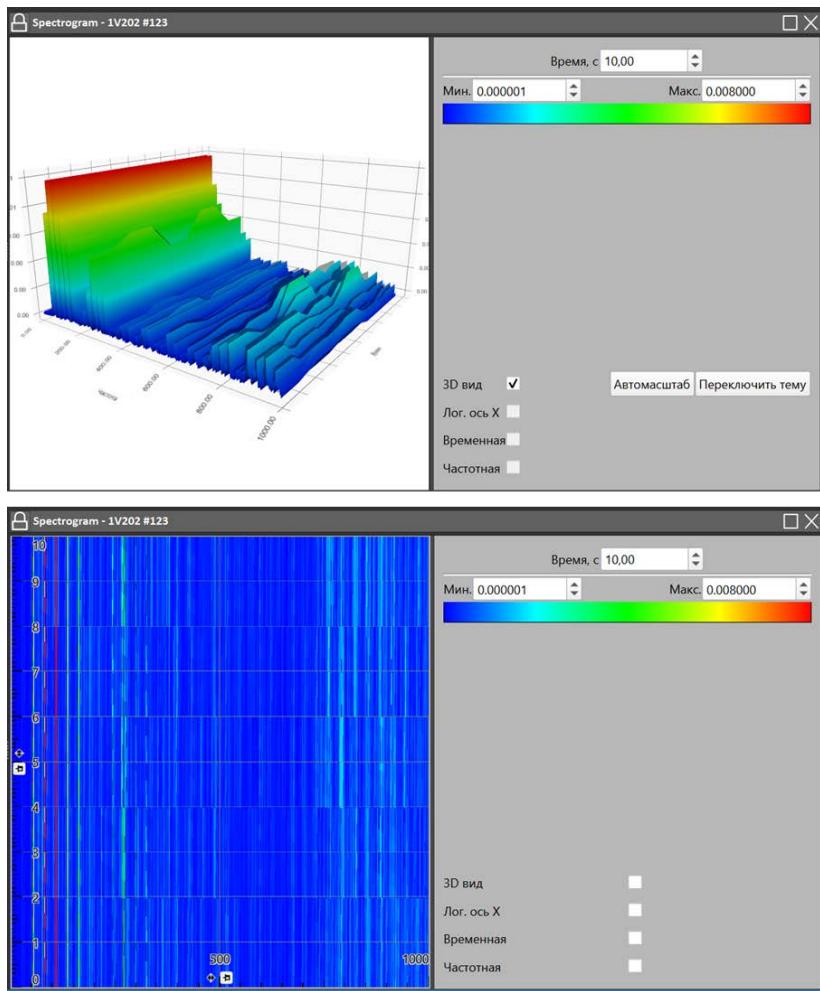


Рисунок 41. Спектограмма (3D и 2D вид).

5.5 Спектроанализатор II

Спектроанализатор – виртуальный прибор для построения графиков спектров. Данный виртуальный прибор позволяет получить следующие графики:

- автоспектр;
- спектр огибающей (требует предварительной фильтрации сигнала для оценки высокочастотной составляющей);
- фазовый спектр;
- спектр плотности мощности.

Чтобы добавить источники сигналов для анализа спектра необходимо нажать ПКМ в правом верхнем поле (рисунок 42). В появившемся меню выбрать один из пунктов:

- добавить один или несколько источников («Добавить»);
- выбрать все добавленные источники («Show all»);
- отменить выбор всех источников («Hide selection»).

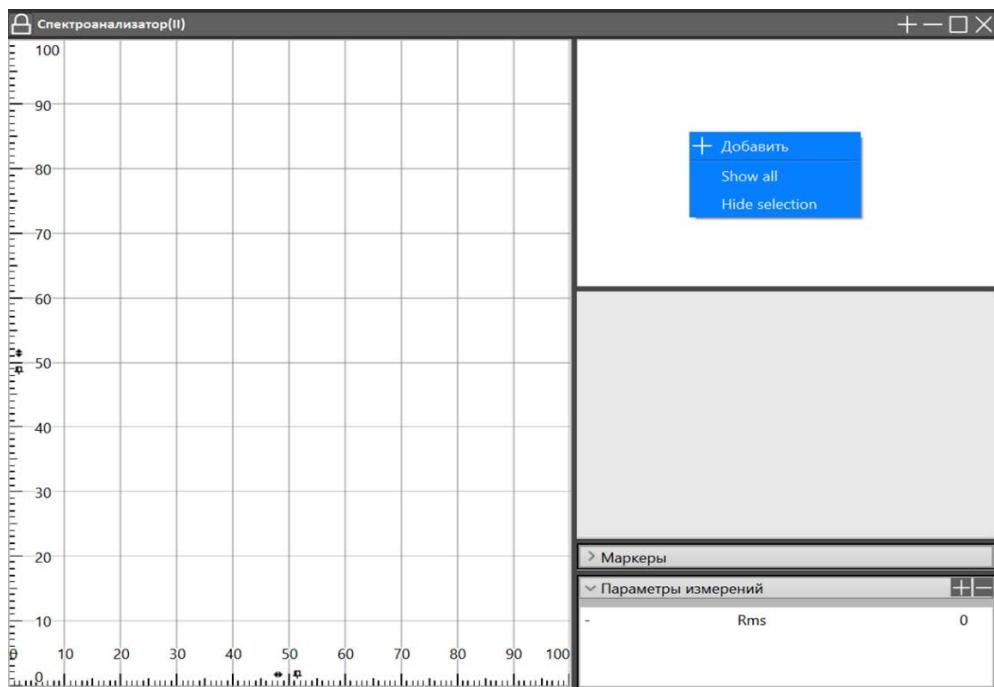


Рисунок 42. Окно спектроанализатора II.

Настройки вычисления спектра (рисунок 43):

- Наименование (произвольное название графика);
- Цвет графика;
- Тип (автоспектр, спектр огибающей, фазовый спектр, спектр мощности);
- Частота (границчная частота);
- Разрешение (количество герц на линию);
- Количество линий (для выбранного диапазона от 0 до границной частоты);
- Количество усреднений;
- Перекрытие;
- Окно;
- Отображение оси Y (амплитуда в абсолютных, относительных единицах или СКЗ);
- Время вычисления (справочный параметр).

При добавлении группы спектров настройки устанавливаются изначально по умолчанию (для всех спектров одинаковые). Далее настройки можно поменять отдельно для каждого из графиков. Кроме того, поменять можно и источник сигнала.

В анализаторе спектра доступно добавление на графиках следующих маркеров (рисунок 44):

- «Одиночный»;
- «Полосовой»;
- «Гармонический».

Для одиночного маркера можно задать частоту (координату по оси X), цвет и добавить комментарий (двойное нажатие ЛКМ в соответствующем поле). Для гармонического дополнительно к настройкам одиночного маркера добавляется количество гармоник, а также нажатием ПКМ по имени фильтра отобразить модулирующие частоты справа и слева от основных гармоник. Полосовой маркер может быть настроен шириной полосы или левой и правой границами, кроме того есть возможность выбрать параметр вычисления уровня в полосе маркера – СКЗ, пик или плотность мощности. Маркеры добавляются нажатием ПКМ на графике спектра, во всплывающем меню выбирается необходимый тип маркера. Удалить маркеры можно также нажатием ПКМ и выбором соответствующего пункта или в таблице параметров. Амплитуда (уровень по оси Y соответствующий значению по оси X) отображается в таблице в левом нижнем углу окна графиков. Маркеры могут быть применены ко всем графикам или одному выбранному.

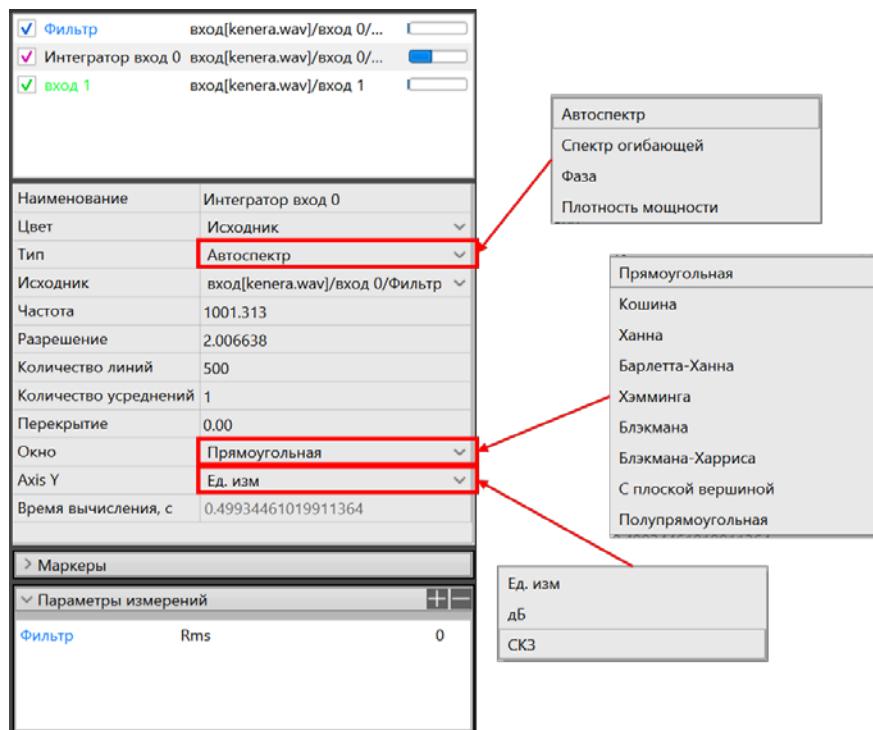


Рисунок 43. Добавление источника сигнала для построения спектра.

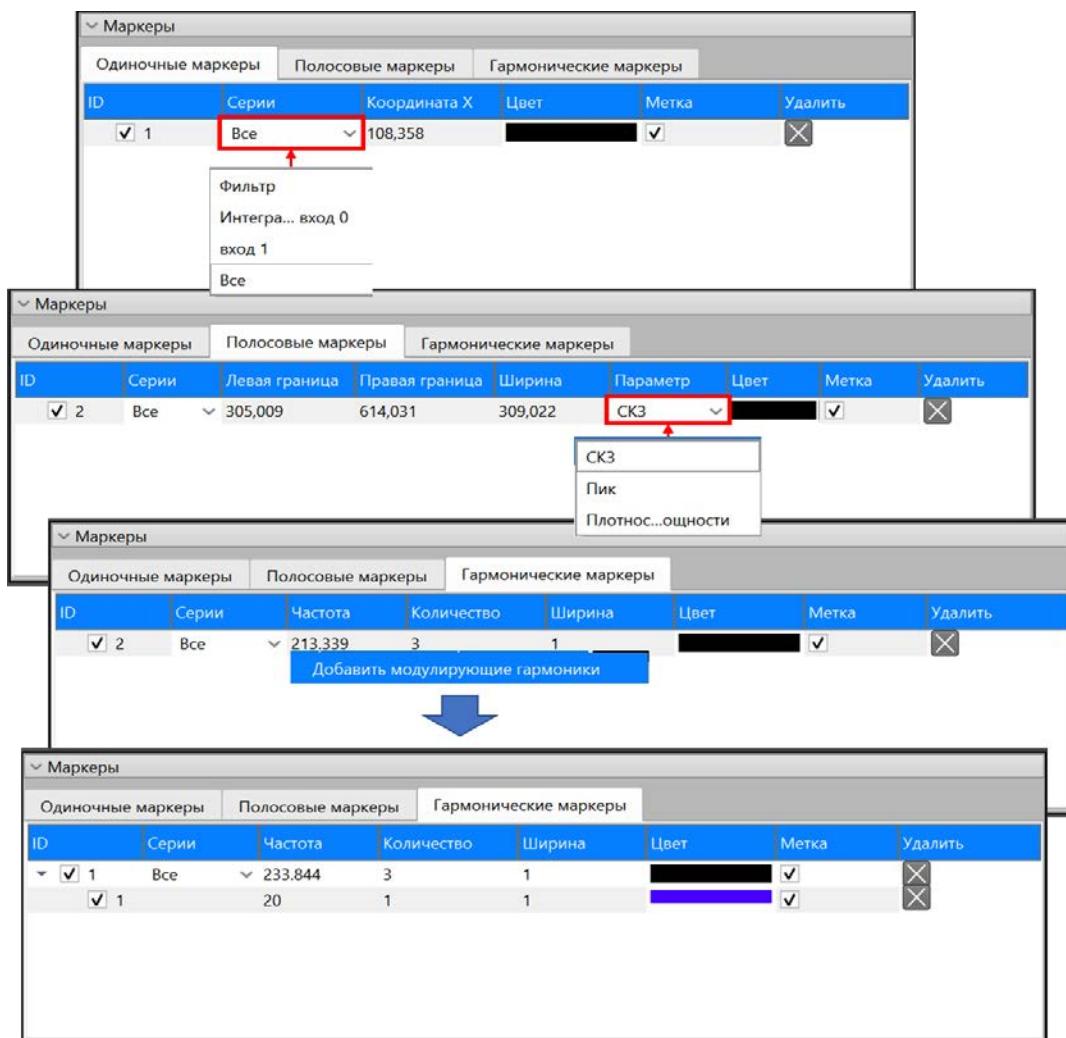


Рисунок 44. Настройки маркеров спектроанализатора II.

5.6 Октава (или октавный спектр)

Октавный спектр – инструмент, предназначенный в основном для мониторинга вибрации (сигналов) механизмов, частота вращения которых изменяется от оборота к обороту. Границные частоты полос дольоктавных спектров определяются соотношением:

$$f_0 = \sqrt{f_h * f_b}$$

где f_0 – средняя геометрическая частота, f_h – нижняя граничная частота, f_b – верхняя граничная частота.

Верхняя и нижняя граничные частоты каждой полосы третьоктавного спектра связаны соотношением $f_h=2^{(1/3)} * f_b$, т.е. их граничные частоты отличаются на одну треть октавы. Ширина полосы третьоктавного фильтра равна 23% от его средней геометрической частоты, это значит, что чем выше средняя частота, тем шире соответствующая частотная полоса, однако в логарифмическом масштабе ширина полос одинакова.

Октавный спектр имеет следующие элементы и настройки (рисунок 45):

- «Максимальная» и «Минимальная частота» – границы отображаемого спектра;
- «Соотношение» – соотношение нижней и верхней частоты полос;
- «Вид» – вид вычисления уровня в полосах;
- «Фракция» – соотношение границ полос;
- Единицы измерения по оси Y.

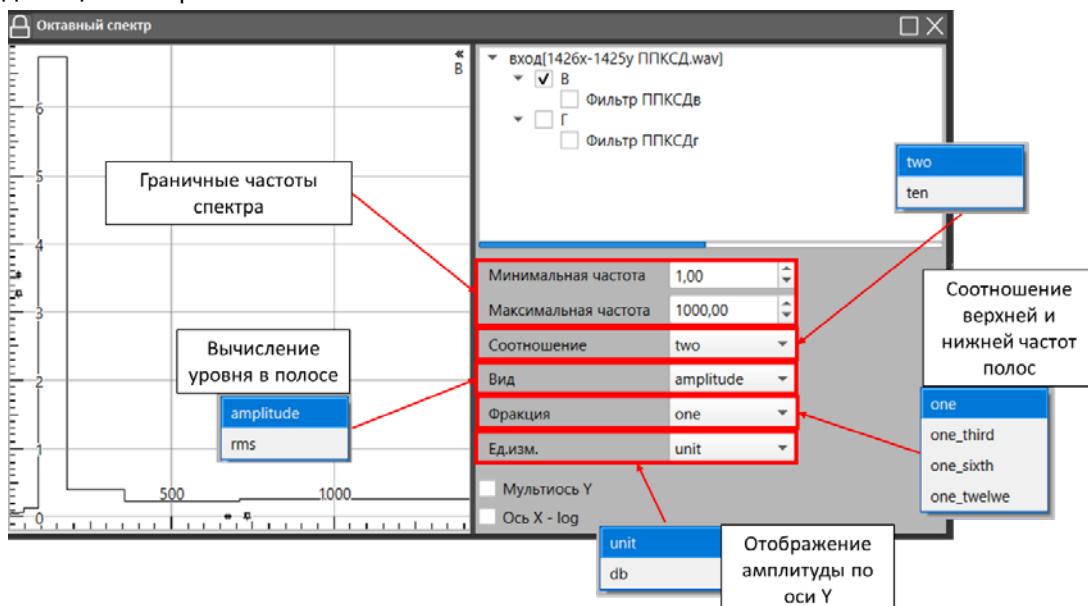


Рисунок 45. Окно октавного спектра.

5.7 Перекрёстный спектр (кросс-спектр)

Перекрёстный спектр (или кросс-спектр) предназначен для выявления взаимного влияния двух сигналов в частотной области. На рисунке 46 показан перекрёстный спектр и автоспектры двух сигналов. Перекрёстный спектр характеризует степень и характер связи между частотными составляющими двух временных рядов. В отличие от анализатора спектра в перекрёстном спектре необходимо обязательно выделить в окне сигналов два канала.

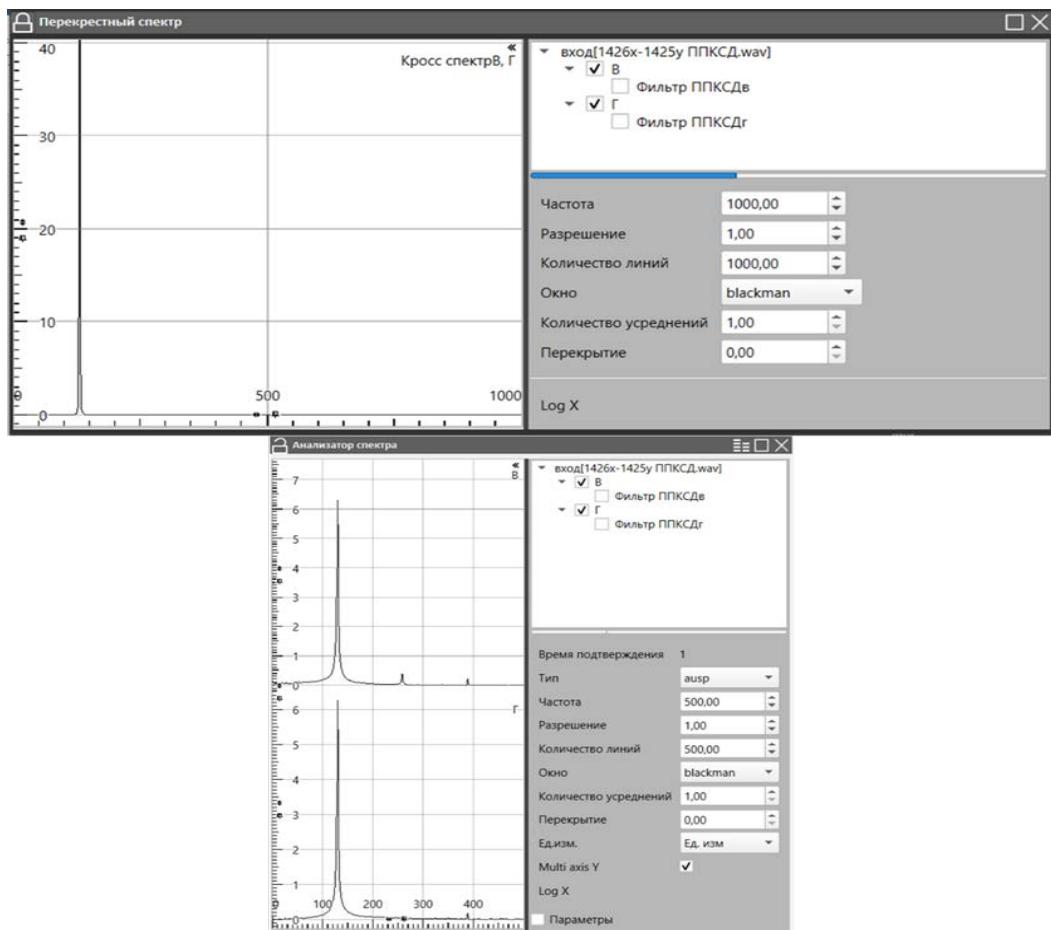


Рисунок 46. Перекрёстный спектр (сверху) и анализатор спектра (снизу).

5.8 Порядковый спектр

Порядковый спектр (рисунок 47) предназначен для сложения за гармониками, связанными с частотой вращения. Вместо герц по оси X откладываются «порядки», т.е. отношение к частоте вращения. Таким образом, при изменении частоты вращения ротора механизма гармонические составляющие всегда остаются на одной позиции. Инструмент полезен для мониторинга дефектов линии вала (небаланс, несоосность, механические ослабления) агрегатов с переменной частотой вращения.

Порядковый спектр имеет следующие настройки типа поиска частоты вращения (или той частоты, относительно которой необходимо построить порядки):

- «По порогу» – задаётся порог для осциллограммы (рисунок 48), при переходе через который вычисляется период целевой частоты (частоты вращения); пояснение на;
- «По максимуму» – по максимуму в спектре;
- «По заданному» – по заданному значению частоты.

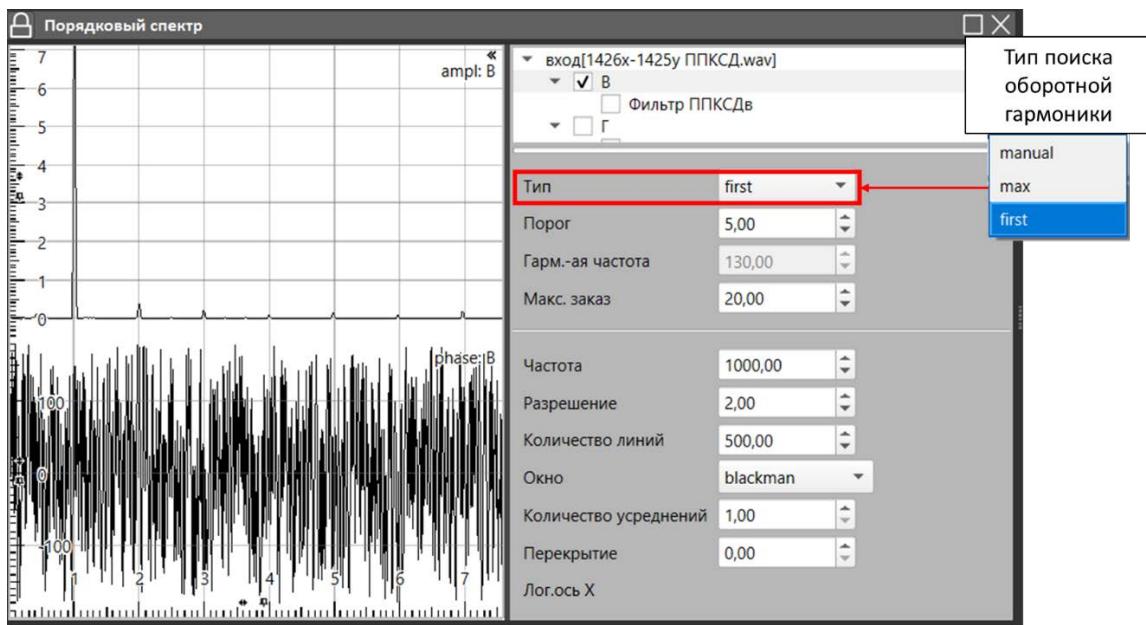


Рисунок 47. Окно порядкового спектра.

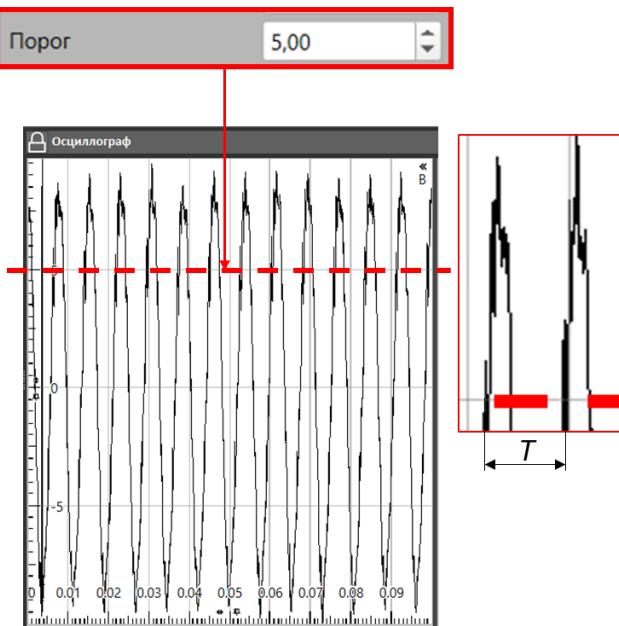


Рисунок 48. Определение частоты вращения для порядкового спектра по порогу.

5.9 Кепстр

Кепстр – это функция обратного преобразования Фурье от логарифма спектра мощности сигнала. По сути, кепстр относится к обычному спектру также как орбита к сигналу. Кепстральный анализ используется для идентификации серии гармоник, боковых полос спектров и для оценки их относительной мощности. Кепстральный анализ для диагностики высокооборотных сложных машин с большим числом взаимосвязанных источников имеет определенные преимущества перед спектральным анализом, так как логарифмическое преобразование (псевдокорреляция) делает результат менее чувствительным к неоднородностям спектра. На рисунке 49 представлено окно данного виртуального прибора.

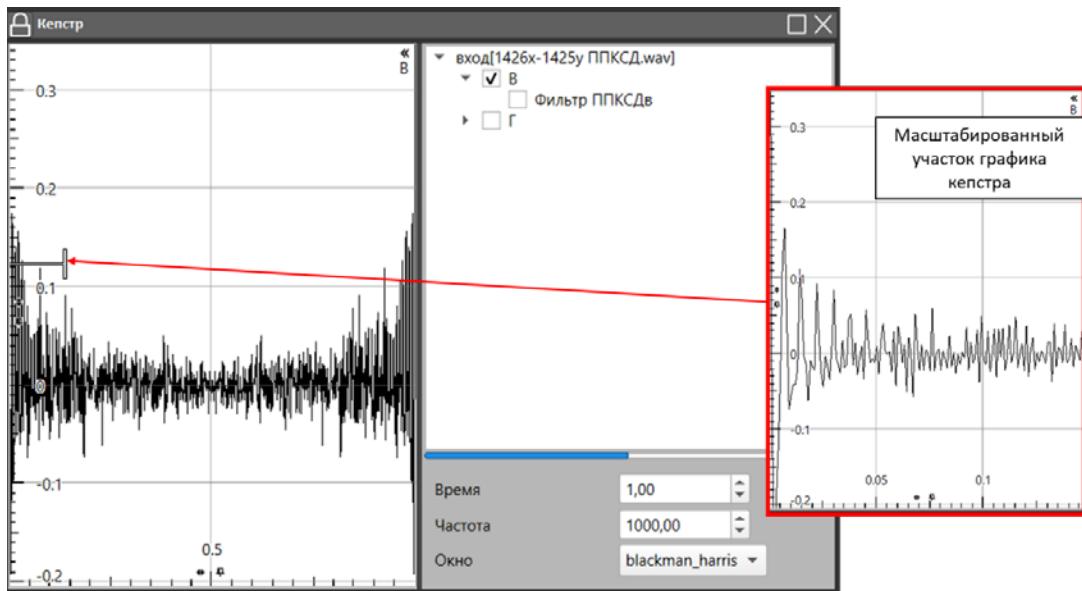


Рисунок 49. Окно кепстра.

5.10 АФЧХ

Инструмент АФЧХ (амплитудно-фазовая частотная характеристика) предназначен для выявления взаимосвязи (согласованности) между двумя сигналами на всём частотном диапазоне (рисунок 50). В верхней части экрана вычисляется взаимосвязь на различных частотах, которую можно выразить в виде отношения амплитуд гармоник (в абсолютных или относительных единицах) или как когерентность, в нижней части экрана – разность фаз, которую можно отобразить в градусах или в радианах.

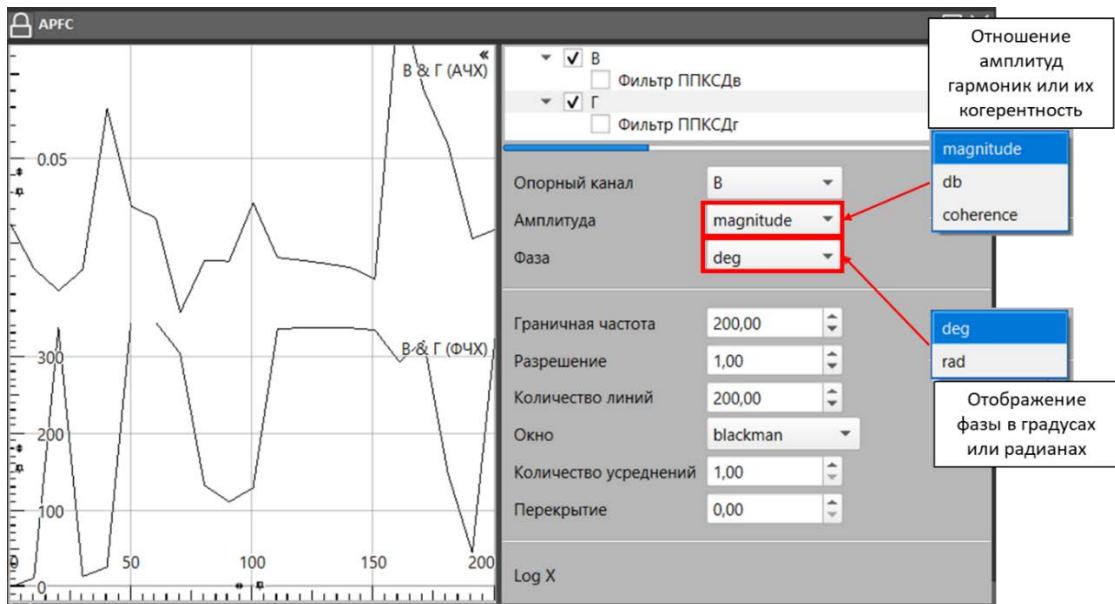


Рисунок 50. Окно АФЧХ.

5.11 Частотомер

Частотомер предназначен для вычисления основной действующей (преобладающей) частоты в сигнале. Аналог данного инструмента реализован в виртуальном приборе «Осциллограф». Измерение частоты происходит по периоду между переходами сигнала через определённый заданный порог по амплитуде (рисунок 48). Частотомер имеет настройки времени окна измерения и порогового значения по амплитуде (рисунок 51).

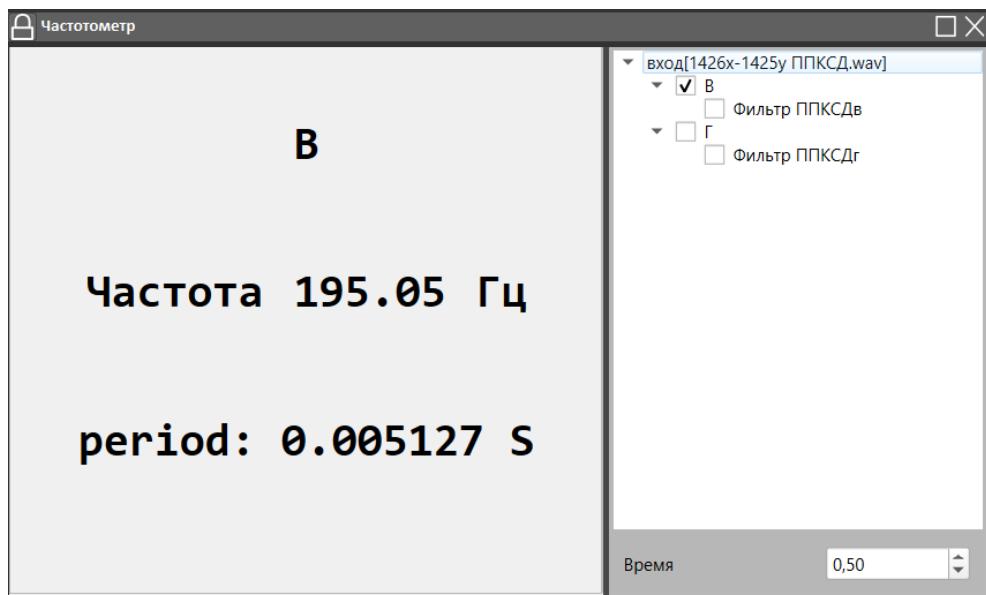


Рисунок 51. Окно частотометра.

5.12 Вольтметр переменного напряжения (AC)

Вспомогательный виртуальный прибор, предназначенный для измерения переменного напряжения записанного сигнала (рисунок 52). Инструмент имеет минимум настроек: ширина временного окна и переключение амплитуды (вольты и децибелы). В окне вольтметра переменного напряжения отображается имя канала, амплитудное значение, СКЗ и стандартное отклонение.

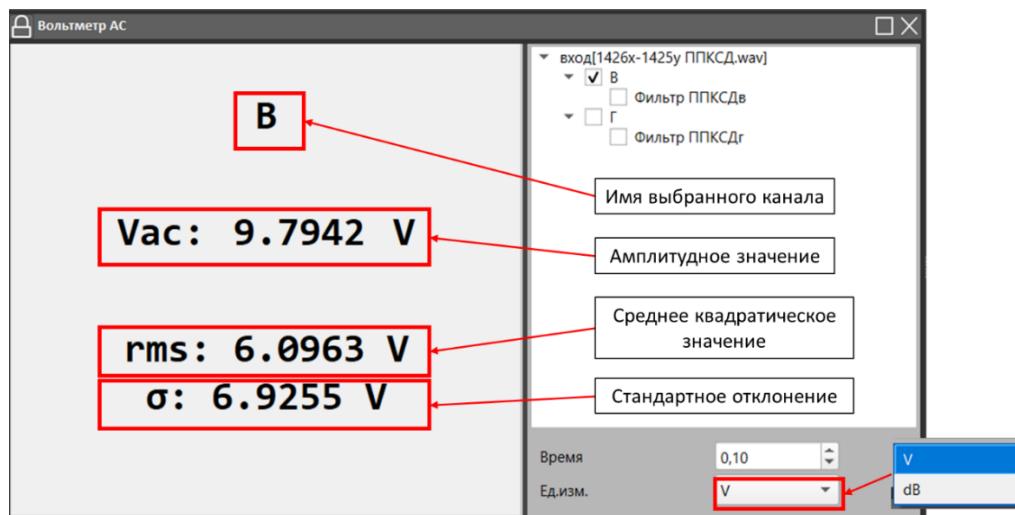


Рисунок 52. Вольтметр переменного напряжения.

5.13 Вольтметр постоянного напряжения (DC)

Вспомогательный виртуальный прибор, предназначенный для измерения постоянного напряжения записанного сигнала (рисунок 53). Инструмент имеет только одну настройку - ширину временного окна. В окне вольтметра постоянного напряжения отображается имя канала и измеренное значение.

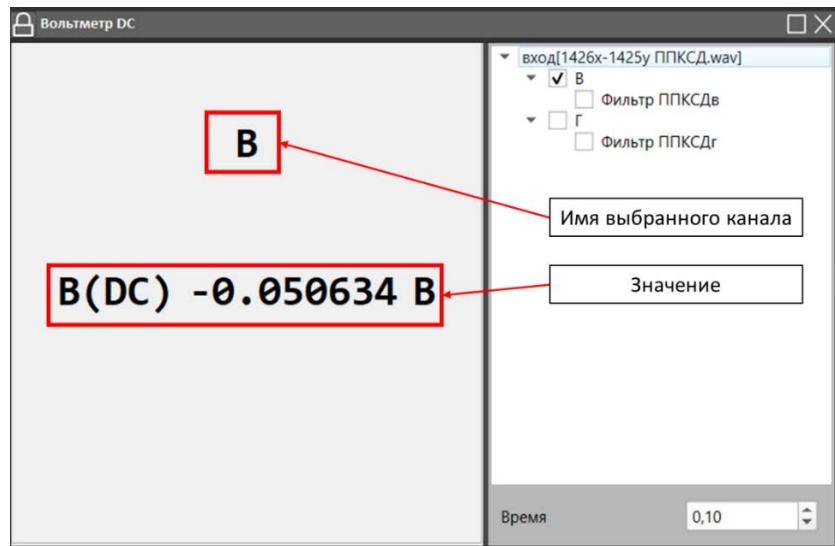


Рисунок 53. Вольтметр постоянного напряжения.

5.14 Диагностика

Инструмент предназначен для продвинутых пользователей и служит для выполнения диагностических скриптов, визуализации результатов и настройкой алгоритмами. «Диагностика» имеет следующие элементы управления: таблицы с вычисленными параметрами, спектры сигналов, графики АФЧХ (рисунок 54).

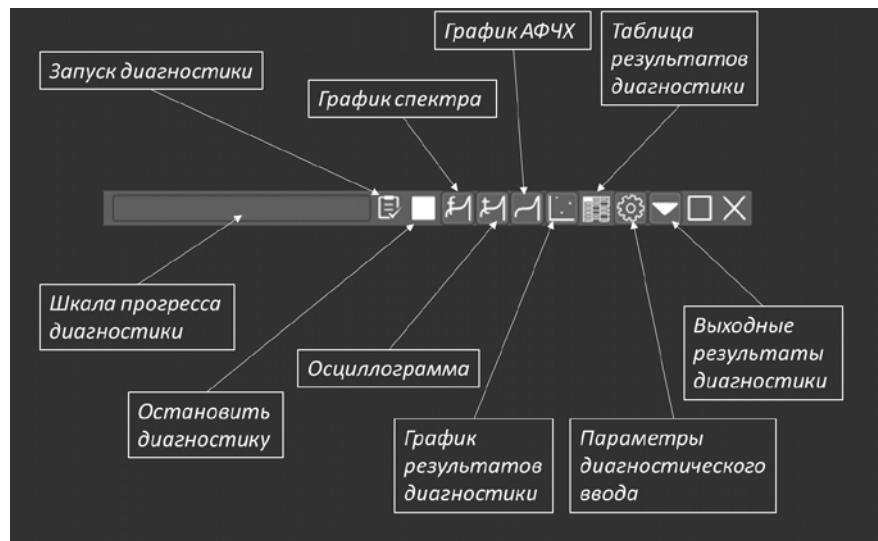


Рисунок 54. Элементы визуализации инструмента "Диагностика".

Левая часть окна «Диагностики» предназначена для указания источника сигналов. В качестве источника сигналов может выступать устройство (источник в «Конфигураторе каналов») или записи из директории пользователя (рисунок 55). Скрипт для диагностики можно создать или загрузить готовый (например, из папки расположения ПО GTL). Работы со скриптами организована в правой части окна диагностики. Для проверки выполнения кода можно использовать вывод переменных в «лог» (кнопка вызова отображения логов – рисунок 1).

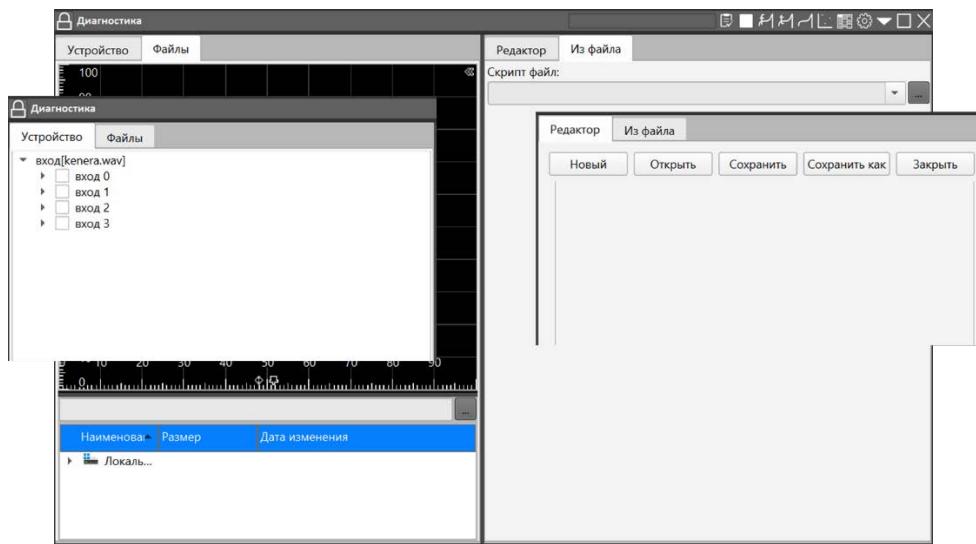


Рисунок 55. Выбор источника сигналов и скриптов для проведения диагностики.

Скрипт для проведения диагностики пользователь может написать сам или использовать те файлы, которые располагаются в папке установки ПО (рисунок 56).

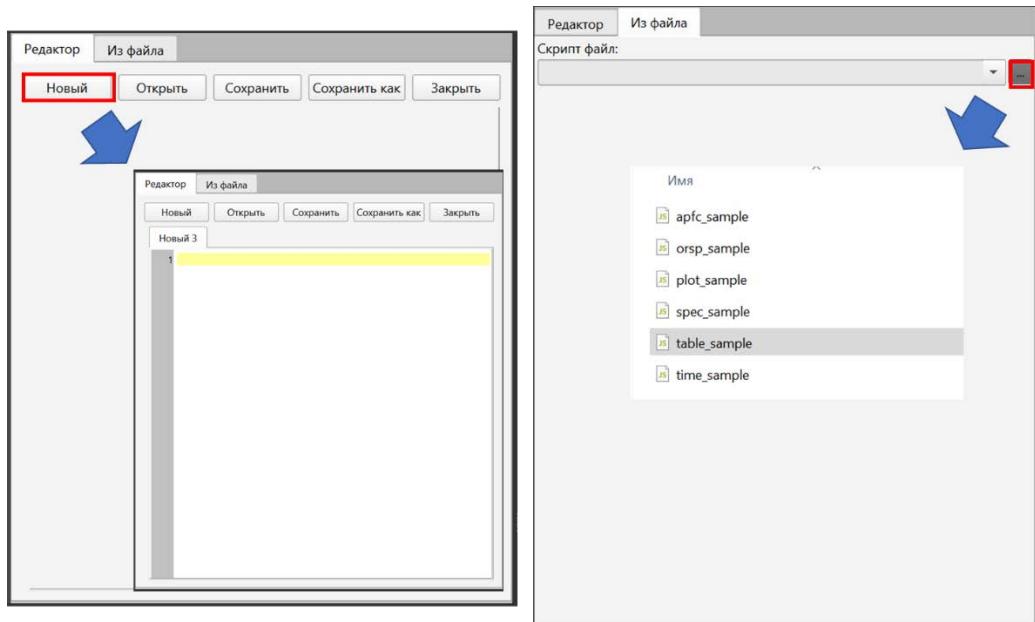


Рисунок 56. Выбор источника диагностического скрипта.

В качестве примера использования инструмента «Диагностика» на рисунке 55 представлен скрипт для построения таблицы с параметрами table_sample.js (СКЗ, амплитуда, пик-фактор, дисперсия) по всем отмеченным пользователем каналам записи. Если для диагностики используется вход «Устройство» -> «Плеер», то, как и для всех других инструментов GTL, необходимо запустить воспроизведение сигналов. Далее нужно запустить диагностику и вызвать окно с таблицей результатов диагностики – нажать соответствующие кнопки панели окна (рисунок 57).

```

1 let vheaders = []; //массив заголовков строк таблицы
2 let hheaders = ["rms", "amp", "var", "pf"]; //массив заголовков столбцов таблицы
3 let rmss = []; //массив значений СКЗ вибрации
4 let amps = []; //массив значений амплитуды вибрации
5 let vars = []; //массив значений дисперсии
6
7 for (let i = 0; i < gtl.analog_inputs.length; i++) {
8   vheaders.push(gtl.analog_inputs[i].name); //формируем массив заголовков строк таблицы по названию каналов вибр
9   rmss.push(gtl.add_value_rms(gtl.analog_inputs[i])); //формируем массив значений СКЗ вибрации (записываем объект
10  amps.push(gtl.add_value_ampl(gtl.analog_inputs[i])); //формируем массив значений амплитуды вибрации (записывае
11  vars.push(gtl.add_value_var(gtl.analog_inputs[i])); //формируем массив значений дисперсии (записываем объекты)
12
13 gtl.table.set_value(i, 0, 0); //записываем в i-й столбец строки 0 значение 0;
14 gtl.table.set_value(i, 1, 0); //записываем в i-й столбец строки 1 значение 0;
15 gtl.table.set_cell(i, 2, { value: 0, align: gtl.align.bottom | gtl.align.right }); //записываем в i-й столбец
16 gtl.table.set_cell(i, 3, { value: 0, align: gtl.align.top | gtl.align.right }); //записываем в i-й столбец стр
17 };
18 gtl.table.vheaders = vheaders; //формируем заголовки строк таблицы
19 gtl.table.hheaders = hheaders; //формируем заголовки столбцов таблицы
20
21 // [Диагностика]
22 function diagnose() {
23   gtl.log.info("Формирование таблицы ", "Формирование...");
24   for (let i = 0; i < gtl.analog_inputs.length; i++) {
25     //форматируем ячейку (строка i, столбец 0)
26     gtl.table.set_cell(i, 0, { value: rmss[i].value, color: 0x00ffff, bgnd: 0x0000ff, align: gtl.align.right | g
27
28     //форматируем ячейку (строка i, столбец 1) альтернативным способом
29     let cell = gtl.table.cell(i, 1); //форматируем столбец под индексом 1
30     cell["value"] = amps[i].value; //извлекаем значение амплитуды вибрации из массива
31     cell["color"] = 0xffff00; //устанавливаем красный цвет шрифта
32     cell["bgnd"] = 0xffff00; //устанавливаем желтый цвет заливки
33     cell["align"] = gtl.align.left | gtl.align.top; //выравниваем значение в левый верхний угол
34     gtl.table.set_cell(i, 1, cell); //задаем форматирование ячейки (строка i, столбец 1)
35
36     //форматируем ячейку (строка i, столбец 2)
37     gtl.table.set_value(i, 2, vars[i].value); //извлекаем значение дисперсии из массива
38     gtl.table.set_color(i, 2, 0xf7ffff); //устанавливаем синий цвет шрифта
39     gtl.table.set_bgnd(i, 2, 0xfffbffff); //устанавливаем фиолетовый цвет заливки
40
41     //форматируем ячейку (строка i, столбец 3)
42     gtl.table.set_value(i, 3, amps[i].value / rmss[i].value); //рассчитываем и записываем значение пик фактора
43     gtl.table.set_color(i, 3, 0x0ff1f00); //устанавливаем синий цвет шрифта
44     gtl.table.set_bgnd(i, 3, 0xfffbff00); //устанавливаем фиолетовый цвет заливки
45   };
46
47   gtl.log.info("Формирование таблицы ", "Завершено");
48   gtl.diagnostic.stop();
49 };

```

Рисунок 57. Применение скрипта для построения таблицы с вычисляемыми параметрами.

В результате через некоторое время после инициализации работы скрипта и набора данных из запущенного плеера в таблице появятся вычисленные значения (рисунок 58).

Для создания пользовательских скриптов можно воспользоваться инструкцией для диагностического модуля GTLd, где описано создание таких объектов как:

- параметры для мониторинга состояния (СКЗ, амплитуда, эксцесс и пр.);
- интегрирование и дифференцирование сигнала;
- фильтры;
- спектры различных видов;
- графики для построения результатов вычислений;
- и многие другие.

	rms	amp	var	pf
вход 0	28,1497	158,97	595,726	5,6473
вход 1	5,41502	20,2157	26,057	3,73326
вход 2	4,64497	24,6406	21,142	5,3048
вход 3	3,69988	13,4302	13,4459	3,62991

Рисунок 58. Таблица с результатами диагностики.

5.15 Процессинг

Процессинг – это инструмент для обработки сигнала и сохранения результатов обработки как отдельных новых источников сигналов в исходном файле записи. Просмотреть результаты обработки можно только в процессинге (в плеере они будут недоступны). Инструмент позволяет после обработки и сохранения изменений в любой момент времени без проведения дополнительных расчётов, использования и настройки инструментов и затрачивания времени получить доступ к необходимым параметрам сигнала, а именно:

- спектр сигнала (автоспектр, фаза, спектр огибающей, спектр мощности);
- фильтрация сигнала (ФНЧ, ФВЧ, полосовой, режекторный, шельфовый НЧ, шельфовый ВЧ, шельфовый полосовой);
- скользящее значение (среднее, СКЗ, пик-пик, эксцесс, частота и др.).

При этом спектр и скользящее значение можно просмотреть в конкретный момент времени исходного сигнала. Окно процессинга представлено на рисунке 59.

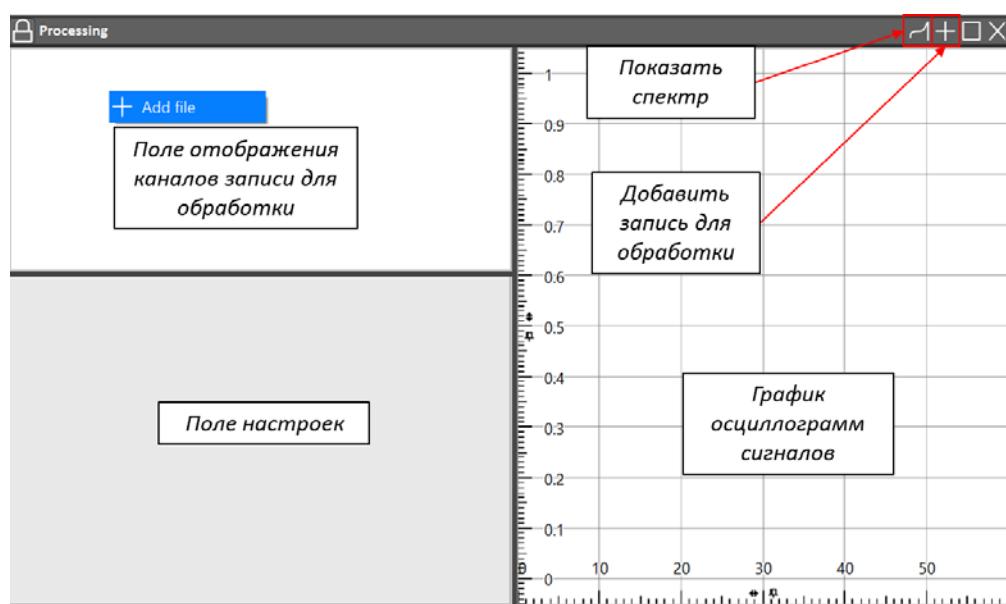


Рисунок 59. Элементы окна инструмента "Процессинг".

Для того, чтобы добавить новую математическую обработку в исходную запись, необходимо:

- выбрать запись, для каналов которой необходимо применить новое вычисление – для этого нажать ПКМ в поле отображения записей;

- нажать ПКМ на канале записи и выбрать нужное вычисление – рисунок 60; настроить выбранное математическое вычисление и нажать кнопку обработки – рисунок 61; в случае спектров кнопка обработки отсутствует – вычисления происходят автоматически при задании настроек; после проведения обработки (фильтрация и скользящее значение) сигнал доступен для просмотра на графике процессинга.

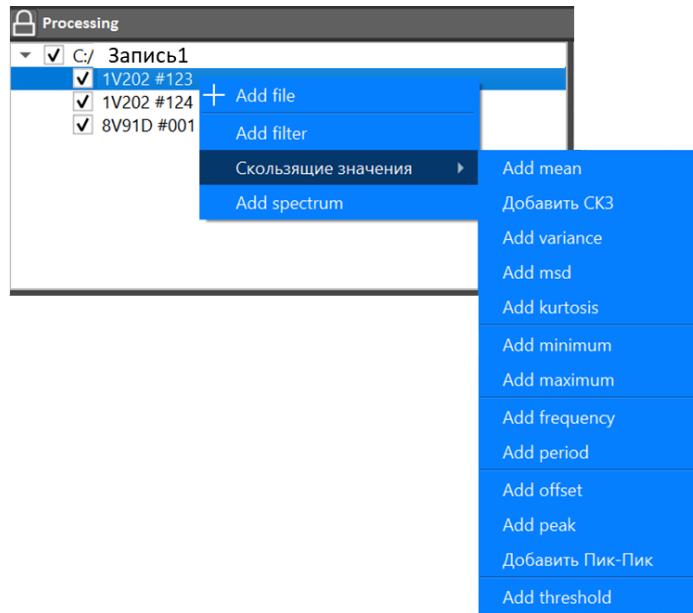


Рисунок 60. Добавление вычислений для канала выбранной записи.

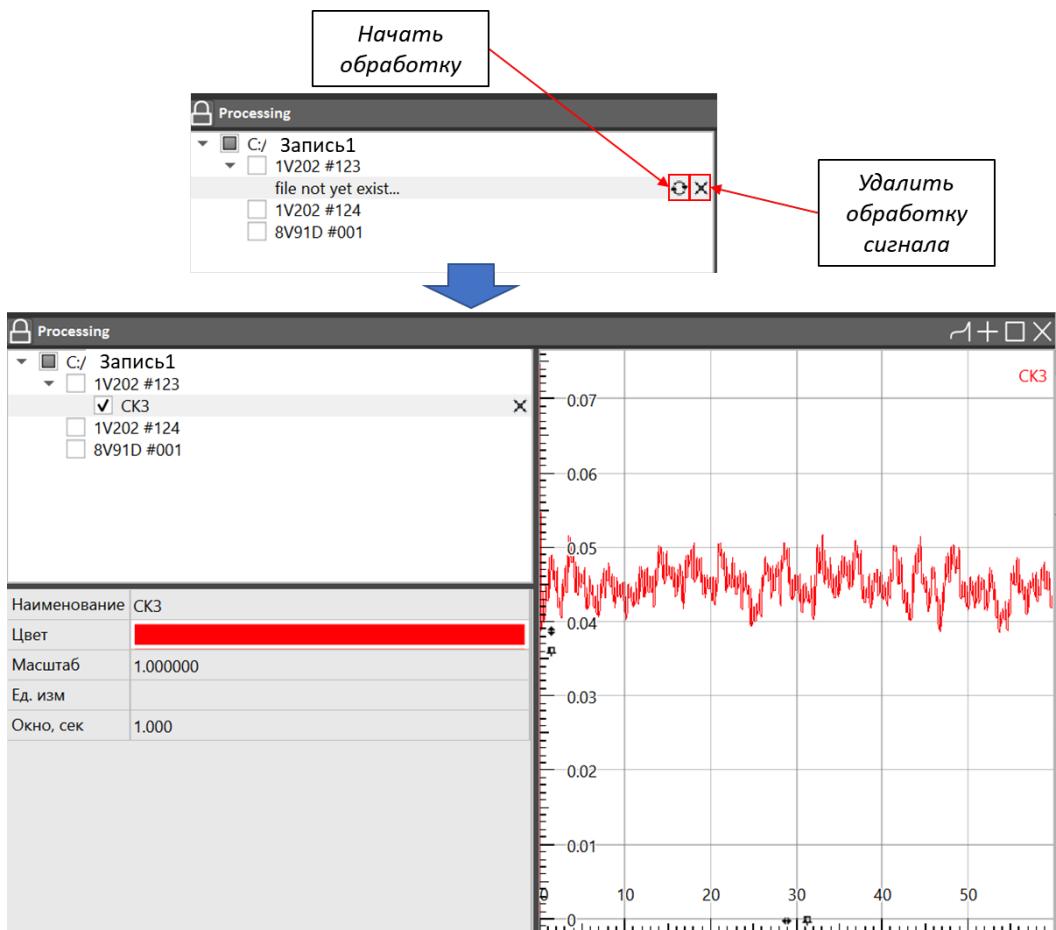


Рисунок 61. Обработка сигнала и отображение просмотр графика результата.

Для того, чтобы получить возможность просматривать спектр (спектры), необходимо добавить и настроить спектральный анализ в соответствующем канале записи (рисунок 62). В настройках по умолчанию задаётся вычисление 10-ти спектров. Спектр и спектрограмма доступны в отдельно вызываемом окне – кнопка «Показать спектр» на рисунке 59 и кнопка «Показать спектрограмму» на рисунке 62.

Спектрограмма, при её вызове, отображается автоматически. Для спектрограммы можно вызвать окна срезов графика по времени и частоте (рисунок 63). Срез по времени показывает спектр для выбранного момента времени, а срез по частоте – тренд амплитуды гармоники для выбранной частоты. В настройках спектрограммы можно переключаться между режимами 2D/3D.

Для того, чтобы отобразить спектры, необходимо перенести их по отдельности или все с помощью кнопки Shift в окно спектров (рисунок 64). Спектры и спектрограмму можно просмотривать для конкретного выбранного участка сигнала. Передвигая участок обработки спектра на осциллограмме сигнала, можно наблюдать изменение спектров и спектрограммы; ширина участка зависит от выбранного количества *count* и требуемого времени сигнала для построения спектра с заданными пользователем настройками (рисунок 65).

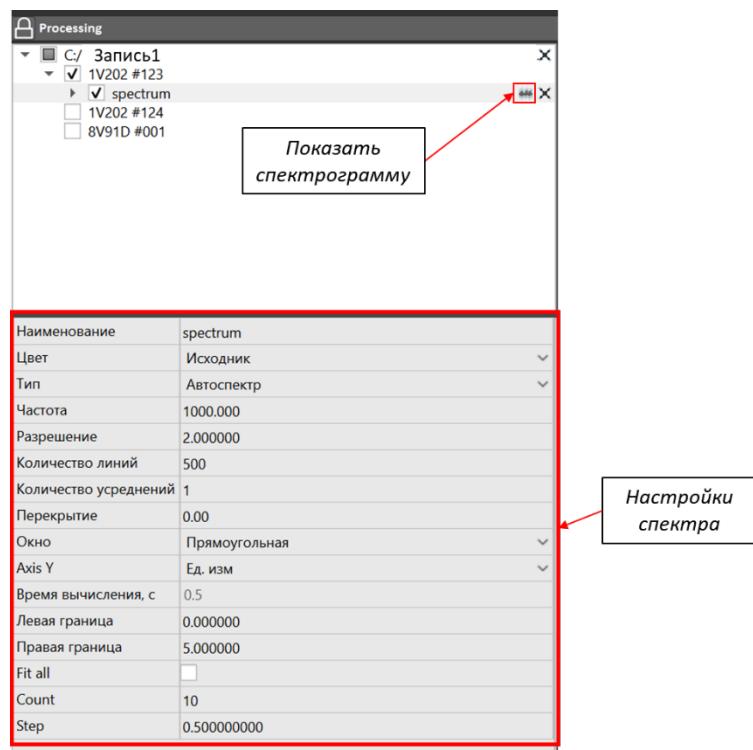


Рисунок 62. Добавление спектра и его настройки.

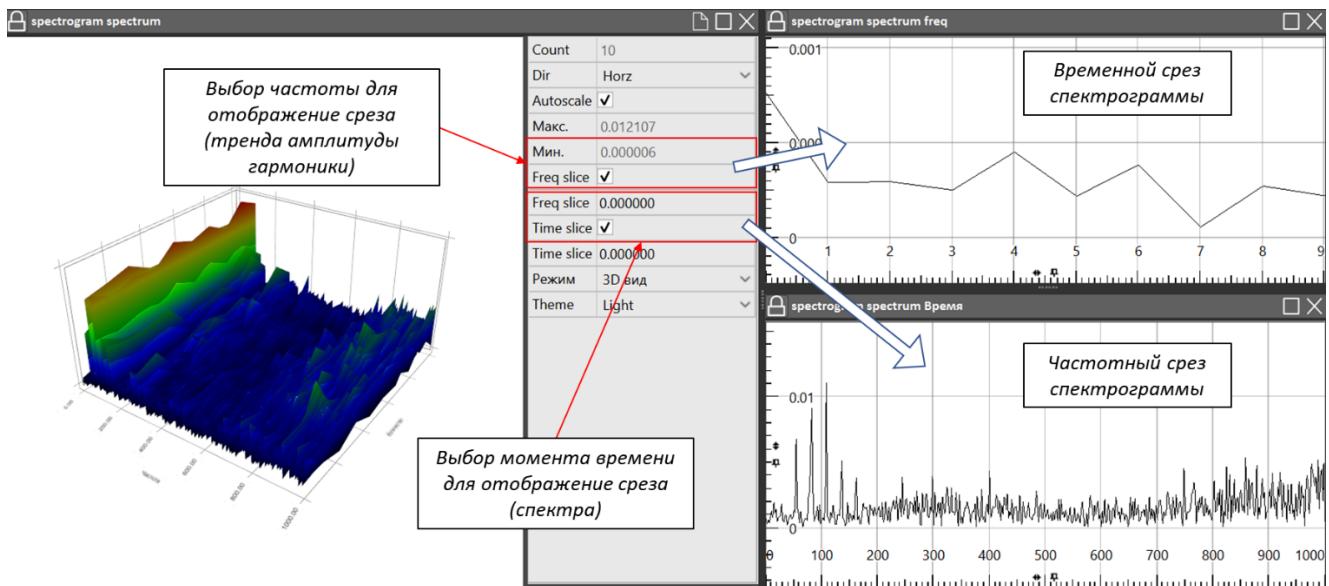


Рисунок 63. Спектрограмма процессинга.

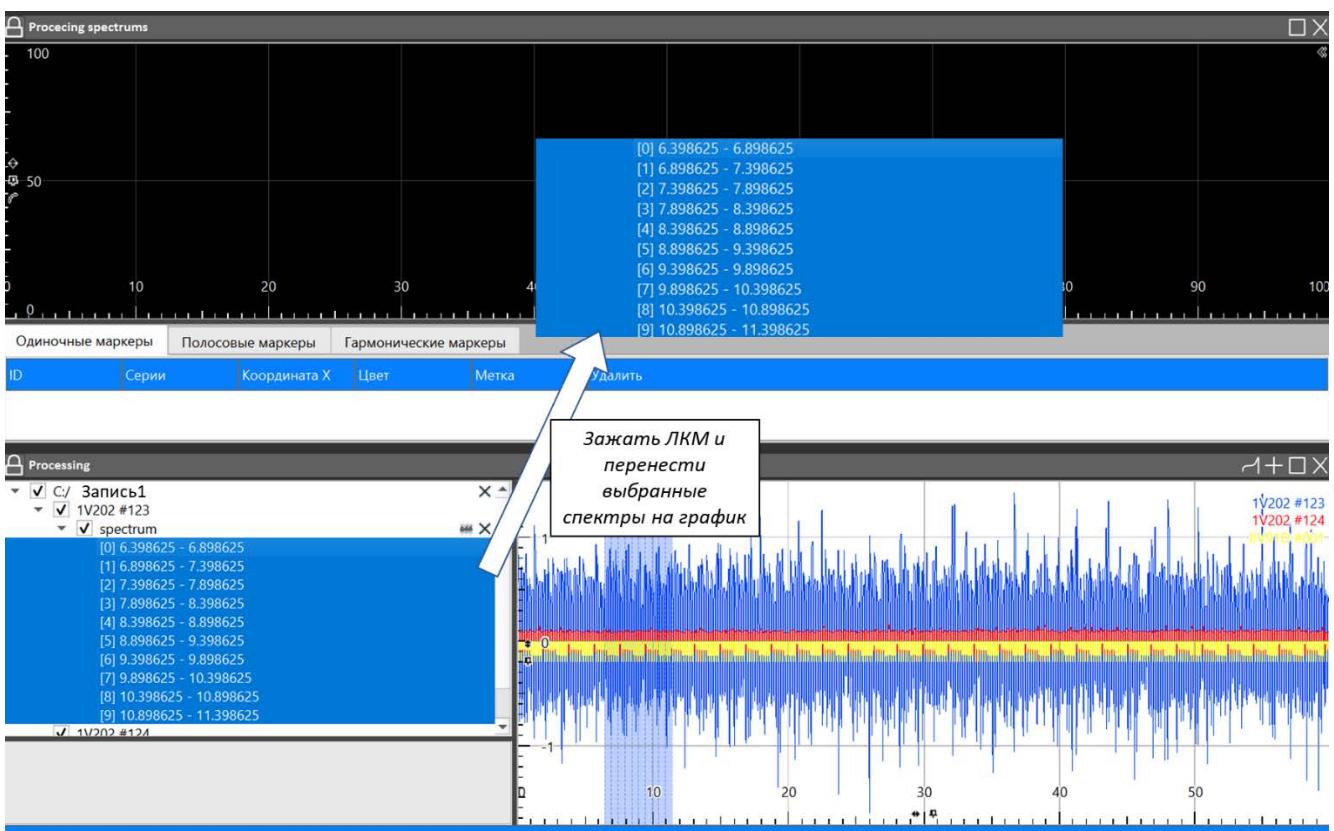


Рисунок 64. Отображение спектров процессинга на графике.

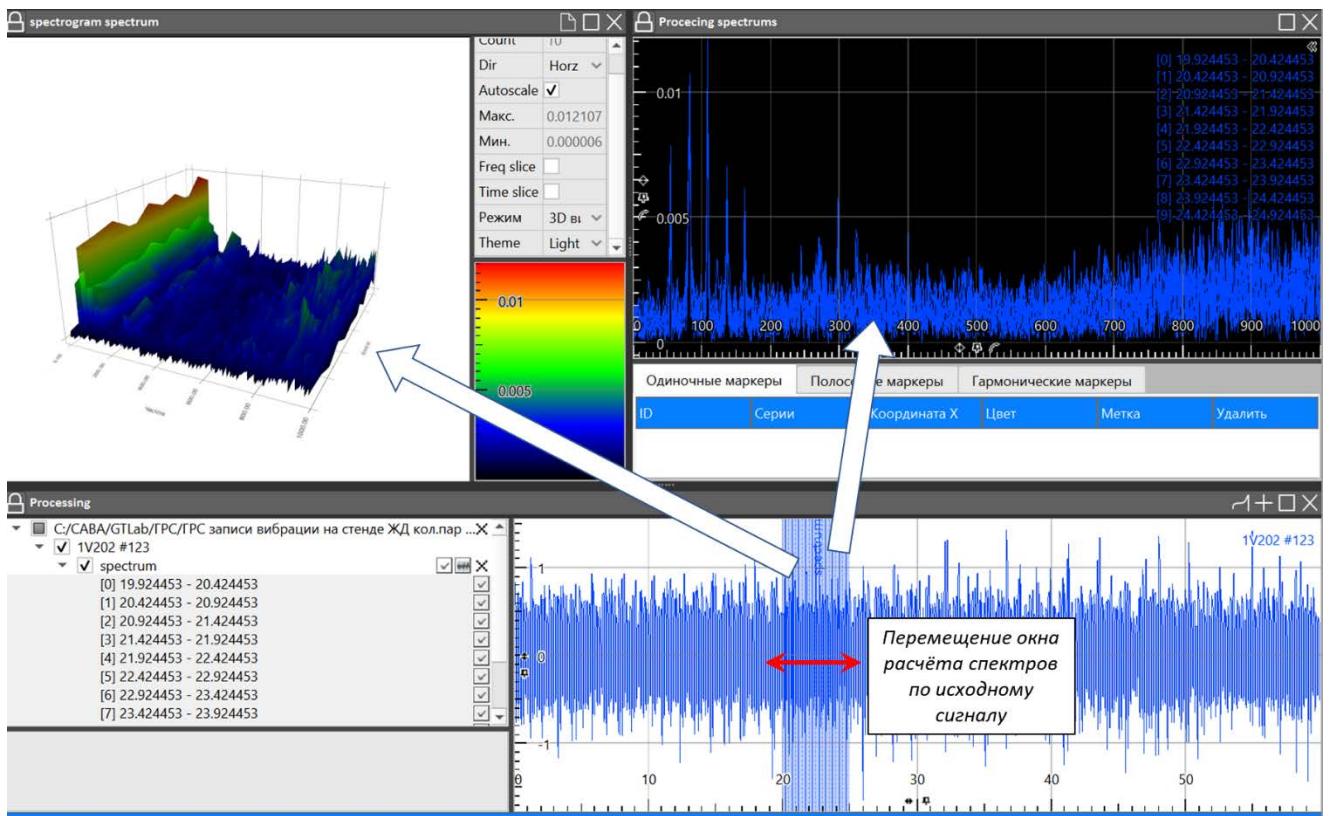


Рисунок 65. Отображение спектров для разных участков исходного сигнала.