ООО «Аврора роботикс»
390000, РЯЗАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, Г. РЯЗАНЬ, УЛ. КАШИРИНА, СТР. 1Г, ТЕХНОПАРК «АВРОРА»
ИНН 7723400469 КПП 623401001 ОГРН 1157746650896
https://avrora-robotics.com/

Руководство пользователя ПО «Анализатор сигналов металлодетектора»

Рязань, 2026

Оглавление

1. Введение 3

1.1. Область применения 3

1.2. Краткое описание возможностей 3

1.3. Уровень подготовки пользователя 4

1.4. Перечень эксплуатационной документации 5

2. Назначение и условия применения «Гео-Сигнатура» 7

2.1. Назначение 7

2.2. Условия применения 7

3. Подготовка к работе 10

3.1. Состав и содержание дистрибутивного носителя данных 10

3.2. Порядок загрузки данных и программ 10

3.3. Порядок проверки работоспособности 10

4. Описание операций 13

4.1. Описание операций технологического процесса обработки данных 13

5. Завершение работы и документирование 17

6. Рекомендации по освоению 18

6.1. Официальная документация по ключевым библиотекам: 18

6.2. Последовательность изучения материалов 18

1. Введение

1.1. Область применения

Программное обеспечение «Анализатор сигналов металлодетектора» (Программа анализа звуковых сигналов металлодетектора с калибровкой по эталонам) применяется в сфере инженерной разведки, гуманитарного разминирования, археологических исследований и неразрушающего контроля для решения задач автоматизированного спектрально-амплитудного анализа звуковых откликов поисковых приборов в реальном времени.

Основные области использования:

- **Обеспечение безопасности и инженерная разведка:** Для дистанционной или операторской классификации скрытых в грунте металлических объектов (противопехотных и противотанковых мин, взрывателей, осколков) по их характерному звуковому отклику при проведении поисковых работ.
- **Археологические исследования:** Для дискриминации целей в реальном времени (отделение ценных артефактов и монет из цветных металлов от современного железного мусора) на основе тонально-частотных характеристик сигнала.
- **Инженерно-технический и неразрушающий контроль:** Для выявления скрытых металлических элементов, арматуры и коммуникаций в строительных конструкциях и грунте.

Целевые пользователи системы:

- Сотрудники саперно-пиротехнических и инженерно-разведывательных подразделений.
- Археологи и участники полевых поисковых экспедиций.
- Операторы мобильных робототехнических комплексов, оснащенных индукционными металлодетекторами.
- Специалисты по неразрушающему контролю и обследованию территорий.

ПО предназначено для использования в качестве интеллектуального программного модуля обработки аудиопотока с металлодетектора, повышая

достоверность распознавания целей и снижая утомляемость оператора за счет автоматической фильтрации помех и сравнения сигналов с эталонными профилями.

1.2. Краткое описание возможностей

Программный комплекс «Анализатор сигналов металлодетектора» предназначен для потокового захвата, цифровой фильтрации и классификации звуковых сигналов, поступающих через микрофонный или линейный вход управляющего компьютера в реальном времени.

«Анализатор сигналов металлодетектора» предоставляет единую графическую среду для калибровки, мониторинга и протоколирования обнаружений. При работе с системой используется специализированный аналитический инструментарий, который предоставляет следующие ключевые возможности:

- **Захват и предварительная обработка звука:** Непрерывный многопоточный прием аудиосигнала с частотой дискретизации 44.1 кГц (блоки по 2048 отсчетов) с автоматическим замером уровня фонового шума (RMS) и настройкой динамического порога тишины.
- **Спектрально-амплитудный анализ и фильтрация помех:** Вычисление доминирующей частоты методом быстрого преобразования Фурье (БПФ с окном Ханна в полосе 50–2000 Гц), выделение аналитической огибающей сигнала через преобразование Гильберта, оценка стабильности тона, гладкости и симметрии импульса для отсечения резких шорохов, ветра и механических ударов.
- **Калибровка по эталонным образцам:** Изолированный режим записи звуковых сигнатур различных типов целей (`мина`, `монета`, `осколок`, `предмет` и др.) с накоплением статистики (до 20 замеров на класс) и сохранением профилей в базу `templates.json`.
- **Автоматическая классификация в реальном времени:** Распознавание новых сигналов путем расчета взвешенного евклидова расстояния в пространстве Z-оценок до сохраненных эталонных классов.

- **Визуализация в графическом интерфейсе (GUI):** Отображение параметров текущего импульса и интерактивное ведение журнала обнаружений в окне приложения (`Tkinter`).
- **Экспорт результатов:** Сохранение накопленной таблицы обнаружений с полными частотно-временными характеристиками в форматы MS Excel (`.xlsx`) и CSV для последующего анализа и документирования.

1.3. Уровень подготовки пользователя

Оператор (пользователь) системы «Анализатор сигналов металлодетектора» должен обладать базовыми навыками работы с операционной системой компьютера (Windows, Linux или macOS) и стандартным файловым менеджером, а также иметь следующие знания и навыки:

Базовые технические навыки:

- Умение работать с файлами и папками в операционной системе.
- Навык запуска графических приложений и настройки аудиоустройств записи (микрофонного/линейного входа) в ОС.
- Опыт работы с табличными редакторами (MS Excel, LibreOffice Calc) для просмотра выгруженных отчетов.

Предметные знания:

- Понимание принципов работы индукционных металлодетекторов и звуковой индикации целей.
- Базовое представление о частоте (высоте тона), амплитуде и длительности звукового отклика при проводке катушки над предметом.

Квалификация пользователя должна позволять:

- Подключать аудиовыход металлодетектора или микрофон к управляющему компьютеру и проверять уровень сигнала.
- Выполнять процедуру калибровки программы по эталонным образцам целей перед началом поиска.
- Настраивать пороги фильтрации (порог тишины, минимальную стабильность частоты и длительность цели) под текущие полевые условия.

- Корректно интерпретировать данные таблицы обнаружений (частоту, стабильность, присвоенный класс и коэффициент сходства) и экспортировать отчеты.

Примечание: Для выполнения установки, развертывания и модификации исходного кода ПО (изменение частоты дискретизации, границ полосы частот или весовых коэффициентов метрики сходства) требуется администратор с более высокой квалификацией, включая опыт администрирования ОС, знания Python и основ цифровой обработки сигналов (DSP). Требования к администратору изложены в документе «Руководство администратора».

1.4. Перечень эксплуатационной документации

Для успешной работы с программным комплексом «Анализатор сигналов металлодетектора» пользователю необходимо ознакомиться со следующей документацией, входящей в комплект поставки:

- **«Анализатор сигналов металлодетектора». Техническое описание и функциональные характеристики** (ГОСТ 19.404-79) — содержит основную информацию о назначении, возможностях, классификации и технических требованиях системы.
- **«Анализатор сигналов металлодетектора». Руководство пользователя** — включает полное описание процедур подключения оборудования, калибровки, запуска, настройки фильтров, интерпретации результатов и устранения типовых неисправностей.

Рекомендуется для ознакомления администраторам и ответственным специалистам:

- **«Анализатор сигналов металлодетектора». Руководство администратора. Установка и развертывание** — описывает процедуры установки библиотек аудиозахвата, настройки системных аудиодрайверов и интеграции.
- **«Анализатор сигналов металлодетектора». Политика поддержки и жизненный цикл ПО** — содержит информацию о сроках поддержки, контактах технической службы и процессах сопровождения.

2. Назначение и условия применения «Гео-Сигнатура»

2.1. Назначение

Программный комплекс «Анализатор сигналов металлодетектора» предназначен для автоматизации следующих видов деятельности и функций:

- **Потоковый захват и предварительная обработка звука:** Непрерывный прием аудиосигнала с выхода металлодетектора в реальном времени с автоматическим замером фонового шума и адаптацией динамического порога тишины.
- **Спектрально-амплитудный анализ и фильтрация помех:** Вычисление доминирующей частоты методом БПФ, выделение аналитической огибающей через преобразование Гильберта, оценка стабильности тона, плавности и симметрии импульса для отсечения шорохов, ветра и механических ударов.
- **Калибровка по эталонным образцам:** Запись и статистическое усреднение акустических сигнатур различных типов целей (мин, монет, осколков, артефактов) в изолированном режиме калибровки с сохранением профилей в базу (`templates.json`).
- **Автоматическая классификация находок в реальном времени:** Распознавание поступающих сигналов путем расчета взвешенного евклидова расстояния в пространстве Z-оценок до сохраненных эталонных классов с отображением в графическом окне.
- **Формирование отчетов и стандартизация анализа:** Ведение интерактивного журнала обнаружений, экспорт результатов в таблицы MS Excel и CSV, а также минимизация субъективного фактора при интерпретации звуковой индикации прибора.

2.2. Условия применения

Применение программного комплекса «Анализатор сигналов металлодетектора» в соответствии с его назначением обеспечивается при соблюдении следующих условий:

Технические средства и программная среда:

- **Аппаратная платформа:** Персональный компьютер, ноутбук или защищенный полевой планшет, оснащенный исправным аудиоинтерфейсом (микрофонным или линейным входом).
- **Минимальная конфигурация:** Процессор с частотой 2.0 ГГц, 2 ГБ оперативной памяти (ОЗУ), 200 МБ свободного дискового пространства.
- **Операционные системы:** Совместимо с российскими ОС (Альт, РЕД ОС, Astra Linux), а также с Microsoft Windows (7 и новее), дистрибутивами Linux и macOS.
- **Общесистемное программное обеспечение:** Интерпретатор Python версии 3.8 или выше с графической библиотекой `Tkinter`.
- **Необходимые библиотеки:** Установленные пакеты `numpy`, `sounddevice`, `scipy`, `pandas`, `openpyxl`.

Входная информация и носители данных:

- **Формат входного сигнала:** Непрерывный одноканальный (моно) аналоговый аудиосигнал, поступающий с аудиовыхода металлодетектора или выносного микрофона на звуковую карту компьютера и оцифровываемый с частотой 44 100 Гц (размер блока `CHUNK = 2048` отсчетов).
- **Файлы конфигурации и эталонов:** База калибровочных профилей хранится в локальном файле формата JSON (`templates.json`).
- **Выходные носители:** Журнал обнаружений экспортируется в файлы форматов Microsoft Excel (`.xlsx`) или текстовые таблицы (`.csv`).

Требования к персоналу:

- **Пользователь (оператор):** Должен обладать базовыми навыками работы с ПК, графическим интерфейсом приложений, настройкой аудиоустройств записи и табличными редакторами. Необходимо понимание принципов работы металлодетектора для проведения корректной калибровки по эталонам.
- **Администратор:** Требуется квалификация для установки ПО, настройки системных аудиодрайверов, развертывания в рабочем окружении и модификации параметров цифровой обработки сигналов.

Общие условия:

- Работа с «Анализатор сигналов металлодетектора» возможна и целесообразна при наличии подключенного индукционного металлодетектора со звуковой индикацией и задачи на обнаружение и классификацию скрытых металлических предметов.
- Доступ к запуску и работе с программой предоставляется пользователям, обладающим настроенным аудиооборудованием и установленным программным обеспечением.

3. Подготовка к работе

3.1. Состав и содержание дистрибутивного носителя данных

Дистрибутив программного комплекса «Анализатор сигналов металлодетектора» поставляется в виде архивированной папки (`MetalDetector_Analyzer.zip`) и включает следующие компоненты:

- **Исполняемый модуль и база эталонов:**
  - `metal_detector_calib.py` — основной исполняемый файл программы с графическим интерфейсом пользователя (скрипт Python).
  - `templates.json` — файл базы данных эталонных акустических сигнатур классов целей *(создается автоматически при сохранении первого эталона)*.
- **Эксплуатационная документация (в формате PDF):**
  - `Техническое_описание_Анализатор_МД.pdf`
  - `Руководство_пользователя_Анализатор_МД.pdf`
  - `Руководство_администратора_Анализатор_МД.pdf`
  - `Политика_поддержки_Анализатор_МД.pdf`
- **Вспомогательные файлы и скрипты:**
  - `requirements.txt` — файл зависимостей Python для автоматической установки необходимых библиотек (`numpy`, `sounddevice`, `scipy`, `pandas`, `openpyxl`).
  - `start_analyzer.sh` / `start_analyzer.bat` — скрипты быстрого запуска графического приложения (для Linux и Windows соответственно).

3.2. Порядок загрузки данных и программ

Перед началом работы с программным комплексом «Анализатор сигналов металлодетектора» на рабочем месте пользователя необходимо выполнить следующие действия:

- **Шаг 1: Загрузка дистрибутива.** Получите дистрибутивный архив программы (`MetalDetector_Analyzer.zip`) от администратора или загрузите его с официального сайта правообладателя (ООО «Аврора Роботикс»). Скопируйте архив в желаемую директорию на вашем компьютере (например, в `C:\Programs\` или в вашу рабочую папку).

- **Шаг 2: Извлечение файлов программы.** Распакуйте архив `MetalDetector_Analyzer.zip` с помощью стандартного архиватора операционной системы (например, 7-Zip, WinRAR или встроенного средства). В результате будет создана папка `MetalDetector_Analyzer`, содержащая все файлы программы.
- **Шаг 3: Подготовка программного окружения.**
  - Убедитесь, что на компьютере установлен Python версии 3.8 или выше с графическим модулем `Tkinter`. Это можно проверить, выполнив в командной строке (терминале) команду: `python --version`
  - Если Python не установлен, скачайте его с официального сайта `python.org` и установите, следуя инструкциям установщика.
  - Откройте командную строку (терминал) и перейдите в распакованную папку с программой: `cd C:\Programs\MetalDetector_Analyzer`
  - Установите необходимые для работы программы библиотеки Python, выполнив команду: `pip install -r requirements.txt`
- **Шаг 4: Подготовка аудиооборудования и эталонов.**
  - Подключите аудиовыход металлодетектора к линейному или микрофонному входу компьютера (либо расположите микрофон рядом с динамиком прибора) и убедитесь, что устройство записи выбрано по умолчанию в настройках звука ОС.
  - При наличии ранее сохраненной базы эталонов поместите файл `templates.json` в корневую папку программы. При его отсутствии калибровка проводится перед началом работы согласно разделу 4.1.

После выполнения этих действий программный комплекс «Анализатор сигналов металлодетектора» готов к запуску и работе в реальном времени.

3.3. Порядок проверки работоспособности

Для проверки работоспособности программного комплекса «Анализатор сигналов металлодетектора» с рабочего места пользователя необходимо выполнить следующие действия:

- Откройте командную строку (терминал):

- В Windows: нажмите `Win + R`, введите `cmd` и нажмите `Enter`, либо найдите «Командная строка» в меню «Пуск».
- В Linux/macOS: откройте приложение «Терминал».

- Перейдите в директорию с программой. Выполните команду: `cd C:\Путь\К\Вашей\Папке\MetalDetector_Analyzer`
- Запустите графическое приложение. Введите команду и нажмите `Enter`: `python metal_detector_calib.py`
- **Ожидаемые результаты корректной работы:**
  - На экране откроется главное окно программы с заголовком **«Металлодетектор – калибровка и работа»** размером 1200×800 пикселей.
  - В нижней строке состояния отобразится приглашение: `Нажмите 'Старт (работа)' или 'Калибровка'.`
  - При нажатии кнопки **«▶ Старт (работа)»** и подаче звукового сигнала на микрофон (например, свиста или звука металлодетектора) программа в течение 1–2 секунд завершит автоматическую калибровку порога тишины, после чего зафиксирует сигнал, отобразит его частотно-временные характеристики новой строкой в центральной таблице и активирует кнопку **«Сохранить таблицу»** после нажатия **«□ Стоп»**.

4. Описание операций

4.1. Описание операций технологического процесса обработки данных

Программный комплекс «Анализатор сигналов металлодетектора» реализует сквозной технологический процесс захвата, цифровой фильтрации и классификации звуковых откликов индукционного металлодетектора в реальном времени. Процесс состоит из четырех последовательных этапов, включающих операции, выполняемые как пользователем, так и системой автоматически.

Этап 1. Подготовка оборудования и калибровка эталонов

- **Цель этапа:** Обеспечение качественного приема аудиосигнала и формирование базы эталонных звуковых сигнатур целевых объектов.
- **Исполнитель:** Пользователь (оператор) и система (автоматически).
- **Операции:**
  - **Подключение и проверка аудиотракта:** Пользователь подключает аудиовыход металлодетектора (или выносной микрофон) к аудиоинтерфейсу управляющего компьютера, запускает графическое приложение (`metal_detector_calib.py`) и проверяет готовность устройства записи в операционной системе.
  - **Запись эталонных сигнатур (Калибровка):** Пользователь переводит программу в изолированный режим калибровки (кнопка **«🔧 Калибровка»**), выдерживает паузу 1–2 секунды для автоматического замера фонового шума, проводит датчиком над эталонными образцами (`мина`, `монета`, `осколок`, `предмет`) и сохраняет полученные профили признаков в локальный файл базы данных `templates.json` (кнопка **«Запомнить эталон»**). Рекомендуется выполнить 4–6 проходов на каждый класс для накопления статистики (до 20 замеров на класс), после чего остановить калибровку кнопкой **«□ Стоп»**.
- **Критерий завершения этапа:** Сформированный и сохраненный файл базы эталонов `templates.json` с профилями интересующих классов целей и готовность системы к переходу в рабочий режим сканирования.

Этап 2. Инициализация рабочего режима и настройка фильтров

- **Цель этапа:** Перевод системы в режим полевого сканирования, адаптация к фоновому шуму и задание порогов фильтрации.
- **Исполнитель:** Система с участием пользователя.
- **Операции:**
    - **Настройка параметров детекции:** При необходимости пользователь корректирует в панели **«Настройки»** графического окна значения параметров (`Порог тишины` — по умолчанию `0.005`; `Мин. стабильность` — по умолчанию `0.6`; `Мин. длит. цели (с)` — по умолчанию `0.15`), подтверждая ввод кнопкой **«Применить»**.
    - **Запуск потокового аудиозахвата:** Пользователь нажимает кнопку **«▶ Старт (работа)»**. Система запускает фоновый поток захвата звука (`AudioCaptureThread`) с частотой дискретизации 44 100 Гц (блоки по 2048 отсчетов).
    - **Автоматическая адаптация к шуму:** В течение первых 1–2 секунд тишины детектор вычисляет среднеквадратичный уровень (RMS) акустического фона и устанавливает адаптивный порог срабатывания (`2.0 × RMS`).
- **Критерий завершения этапа:** Аудиопоток стабильно принимается, порог тишины откалиброван, в строке состояния отображается статус `Режим работы: ожидание сигналов...`

Этап 3. Потоковая цифровая обработка и классификация сигналов

- **Цель этапа:** Выделение полезных звуковых импульсов на фоне механических помех и их распознавание по базе эталонов в реальном времени.
- **Исполнитель:** Система (автоматически).
- **Операции:**
    - **Детекция и буферизация импульса:** При превышении текущего уровня RMS над порогом тишины система начинает накопление аудиофрагмента с удержанием микропауз (`HOLD_TIME = 0.2` с) до полного затухания отклика.

- **Спектральный анализ и фильтрация помех:** Для каждого накопленного события система вычисляет доминирующую частоту методом БПФ (с окном Ханна в полосе 50–2000 Гц), строит огибающую через преобразование Гильберта и оценивает стабильность тона, гладкость и симметрию нарастания сигнала. Резкие шорохи и щелчки, не прошедшие проверку качества (`quality_score >= 0.3`) и длительности, отбрасываются.
- **Сравнение с эталонами (Классификация):** Система рассчитывает взвешенное евклидово расстояние в пространстве Z-оценок между признаками текущего сигнала и статистическими профилями из базы `templates.json`, присваивая находке имя ближайшего класса (при расстоянии `< 3.0`) или метку `неизвестно`.

- **Критерий завершения этапа:** Полезный сигнал верифицирован, вычислены его частотно-временные характеристики и определен класс объекта.

Этап 4. Визуализация в журнале и экспорт результатов

- **Цель этапа:** Интерактивное отображение обнаружений оператору в реальном времени и сохранение итогового протокола.
- **Исполнитель:** Система с участием пользователя.
- **Операции:**
  - **Отображение в графической таблице:** Система в реальном времени добавляет строку с параметрами подтвержденного сигнала (`ID`, `Время`, `Длит. (с)`, `Нараст.`, `Частота (Гц)`, `Амплитуда`, `Стабильность`, `Класс`, `Сходство`) в интерактивную таблицу окна и обновляет счетчик в строке состояния.
  - **Остановка сканирования:** По завершении обследования участка пользователь нажимает кнопку **«□ Стоп»**, останавливая поток захвата звука.

- **Экспорт протокола обнаружений:** Пользователь нажимает кнопку **«Сохранить таблицу»** и в диалоговом окне сохраняет накопленный журнал событий в файл формата MS Excel (`.xlsx`) или CSV.

- **Критерий завершения этапа:** Все зафиксированные цели отображены в таблице интерфейса, итоговый файл отчета успешно сохранен на диск.

Взаимосвязь и поток данных: Процесс является цикличным в рамках сеанса сканирования и линейным при документировании. Возврат к Этапу 1 (режим калибровки) возможен в любой момент после остановки рабочего захвата при необходимости добавления новых эталонных образцов или очистки устаревших шаблонов (кнопка **«Очистить эталоны»**). В ходе рабочего цикла (Этапы 2–4) захват аудиопотока, цифровая фильтрация, сравнение с базой `templates.json` и обновление таблицы интерфейса выполняются непрерывно в реальном времени до нажатия кнопки **«□ Стоп»**.

5. **Завершение работы и документирование**
   - **Цель этапа:** Формальное окончание сеанса полевого сканирования, сохранение протокола обнаружений и фиксация базы эталонов.
   - **Исполнитель:** Пользователь (при поддержке системы).
   - **Операции:**
     - **Анализ и интерпретация результатов:** Пользователь просматривает итоговую таблицу обнаружений в окне программы и сохраненный файл Excel, анализируя частоту, длительность, стабильность тона, присвоенный класс цели и коэффициент сходства (`Сходство`
     -). На основе этих данных принимается решение о локализации и идентификации металлических объектов.
     - **Архивирование результатов:** Пользователь сохраняет полный набор материалов сеанса (выгруженный файл протокола `.xlsx`/`.csv` и актуальный файл базы эталонов `templates.json`) в отдельную папку для целей отчетности, документирования и переноса настроек на другие рабочие станции.
     - **Закрытие приложения:** Пользователь убеждается, что захват звука остановлен (кнопка **«□ Стоп»**), и завершает работу, закрывая графическое окно приложения (штатный обработчик корректно завершает фоновый аудиопоток) и терминал.
   - **Критерий завершения этапа:** Журнал обнаружений экспортирован и заархивирован, фоновый поток захвата остановлен, приложение закрыто.

6. Рекомендации по освоению

Для эффективного освоения и успешной эксплуатации программного комплекса «Анализатор сигналов металлодетектора» рекомендуется следовать данному плану.

6.1. Официальная документация по ключевым библиотекам:

- **SciPy Signal & FFT Documentation** (`https://scipy.org`) — для углубленного понимания алгоритмов быстрого преобразования Фурье и выделения аналитической огибающей аудиосигнала через преобразование Гильберта.
- **Python-sounddevice Documentation** (`https://readthedocs.io`) — для понимания принципов потокового захвата аудиоданных в реальном времени и настройки параметров звукового буфера (`CHUNK`, `SAMPLE_RATE`).
- **Pandas User Guide** (`https://pydata.org`) — для работы с экспортируемыми журналами обнаружений в форматах MS Excel и CSV.

6.2. Последовательность изучения материалов

Начальный уровень (для всех пользователей):

- Ознакомьтесь с документами: «Техническое описание и функциональные характеристики» и «Руководство пользователя», входящими в комплект поставки. Особое внимание уделите разделам 1.1, 1.2, 1.3 и 4.1.
- Изучите структуру файла эталонов `templates.json`, чтобы понимать, какие статистические параметры (`freq`, `duration`, `rise_ratio`, `stability`, `smoothness`, `amp`) сохраняются для каждого класса целей.
- **Практическое освоение (ключевой этап):** Выполните контрольный пример (запустите графическое окно `python metal_detector_calib.py`, проведите тестовую калибровку по 3–5 звуковым сигналам одного класса, переключитесь в рабочий режим и сохраните тестовый Excel-отчет). Это обязательный шаг для проверки работоспособности аудиотракта и получения первого опыта работы.

Продвинутый уровень (для администраторов и ответственных специалистов):

- Изучите полный раздел «Руководство администратора. Установка и развертывание» для понимания процедур настройки системных аудиодрайверов и установки зависимостей.
- Ознакомьтесь с «Политикой поддержки и жизненного цикла ПО» для получения информации о каналах связи и процедурах обновления.