

КИНЕТИКА

ИНН: 9701079037
КПП: 771501001
ОГРН: 1177746581055
127282, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный
округ Северное Медведково, ул. Полярная, д.
31 стр. 1, помещ. 45/1
e-mail: info@keenetica.ru
Телефон: +7 925 000-444-3

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

 Орлов М.А.

«29 » сентябрь 2025

RU.КНТК.1220.01-01 34 3

РУКОВОДСТВО АДМИНИСТРАТОРА

«Программный комплекс для автоматизированной дефектоскопии и
структуроскопии KeenetiX Pro»

Москва, 2025

Содержание

Системные требования.....	3
Термины и сокращения.....	3
1 Описание	4
2 Интерфейс и работа с приложением	5
2.1 Настройка сканера	5
2.1.1 Конфигурация приложения	6
2.1.2 Графические поля для отображения А и В-сканов.	7
2.1.3 Графическое окно для отображения спектра сигнала.	8
2.1.4 Панель управления	9
2.1.5 Масштаб.	10
2.1.6 Контраст	11
2.1.7 Параметры строба.....	11
2.2 Система перемещения (KeenetiXFrame).....	14
2.2.1 Настройка зоны сканирования	14
2.2.2 Показатели зоны сканирования.....	17
2.2.3 Графический визуализатор.....	17
2.2.4 Панель управления	18
2.3 Результаты сканирования.....	19
2.3.1 Управление сканированием.....	21
2.3.2 Менеджер дефектов.....	22
2.4 Файловая система	24
2.4.1 Экспорт	24
2.5 Интерфейс и оформление.....	25
2.6 Справочная информация	25
Приложение А – Интерфейс конфигурации «KeenetiXLinear 1D»	26
Приложение Б – Система перемещения «KeenetiXFrame 2.5D v3»	28
Приложение В – Система перемещения «KeenetiXLinear 1D v1».....	32

Системные требования

Минимальные системные характеристики:

Windows 10

16 ГБ ОЗУ

Экран Full HD 1920x1280

Intel Core i5 10-го поколения

Рекомендованные системные характеристики:

Windows 10 22H2

32 ГБ ОЗУ

512 ГБ твердотельный ПЗУ

Экран 4K 3840x2160

Intel Core i5 12-го поколения

CUDA совместимый графический ускоритель

Термины и сокращения

УЗ – ультразвуковой;

КЛУС – Контактная лазерная ультразвуковая структуроскопия

КМ – композиционный материал;

ЧПУ – числовое программное управление;

ОЭБ – оптико-электронный блок.

Термины:

Система сканирования – структуроскоп, включающий в себя ОЭБ и УЗ преобразователь, контактирующий с исследуемым образцом.

Система перемещений – устройство, предназначенное для перемещения УЗ преобразователя по поверхности образца.

Интерфейс приложения – совокупность средств взаимодействия и визуализации данных, обеспечивающая удобный и стабильный контроль работы приложения. Данное руководство раскрывает пользовательский интерфейс приложения, поверхностно освещая реализацию некоторых математических алгоритмов.

A-скан – график амплитуды возвращенных УЗ волн в зависимости от времени. Является первичным источником информации получаемым от системы сканирования приложением. Для уменьшения уровня шумов требуется фильтрация.

B-скан – пространственное или временное расширение графика A-скана на дополнительную координату (например Ось X или временная шкала.)

C-скан – поверхность, содержащая информацию о точках, лежащих на эквидистанте к контактной поверхности. В случае плоской контактной поверхности C-скан представляет собой горизонтальный срез, получаемый на основе отдельных точек графиков A-сканов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	3

1 Описание

Программный комплекс для автоматизированной дефектоскопии и структуроскопии «KeenetiX Pro» – программное обеспечение для управления приборами лазерно-ультразвуковой (ЛУ) дефектоскопии, визуализации и анализа результатов ЛУ исследований. Области применения KeenetiX Pro – неразрушающий контроль и диагностика деталей, конструкций, изделий на производстве, в процессе эксплуатации. Входной контроль заготовок, контроль качества технологических операций сварки, пайки. Лабораторные исследования (структуроскопия, дефектоскопия, измерение механических характеристик) материалов, деталей, конструкций, изделий. Подсистемы ПО:

Подсистема сканирования

Этот модуль отвечает за захват исходных данных с оборудования и их предварительную обработку. Включает управление приборами сбора информации, обработку сигналов, фильтрацию и подготовку данных к дальнейшему анализу.

Подсистема перемещений

Отвечает за управление позиционированием оборудования и исполнительных механизмов. Обеспечивает точное управление осями и координацию движений, в том числе по нескольким степеням свободы (например, XY, YZ, XZ). Предусмотрены механизмы контроля скорости, а также безопасность перемещений с учётом ограничений и аварийных остановок.

Подсистема алгоритмов машинного обучения

Включает алгоритмы аналитики и предиктивного моделирования, обрабатывающие данные, поступающие с модуля сканирования и базы данных. Использует методы машинного обучения для распознавания образов, классификации, прогнозирования дефектов.

Подсистема помощи принятия решений

Обеспечивает поддержку принятия решений (СППР) на основе результатов анализа данных, включая построение рекомендаций для оператора.

Подсистема базы данных

Организует хранение, индексацию и управление данными всей системы. Обеспечивает быстрый доступ к историческим и текущим данным, поддерживает резервное копирование и целостность информации. Включает средства для обработки запросов и интеграции с другими подсистемами для обмена данными в реальном времени.

Подсистема графического интерфейса

Предоставляет визуальный интерфейс для оператора и администратора системы. Позволяет просматривать ситуацию в реальном времени, управлять параметрами сканирования и перемещений, запускать алгоритмы анализа и просматривать результаты. Интерфейс интуитивен и поддерживает настройку под конкретные задачи пользователя, включая составление отчетности и уведомления о статусах системы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					4

2 Интерфейс и работа с приложением

Интерфейс приложения содержит классические элементы офисных приложений – лента, вкладки управления исполнительными механизмами и устройствами. Функционал приложения распределен между отдельными *вкладками*, предназначенными для настройки отдельных элементов системы диагностики.

Все графические окна приложения KeenetiX имеют один пользовательский интерфейс, основные методы редактирования окна просмотра представлены ниже:

Масштабирование – для равностороннего масштабирования графики необходимо использовать зуммирование (колесико мыши). При необходимости масштабирования только одной оси необходимо зажать ПКМ на области графического окна и перемещать мышь вдоль оси масштабирования;

Перемещение окна доступа – для перемещения окна доступа по доступной области графического окна необходимо зажать ЛКМ на области графического окна и перемещать мышь в направлении интересующей области:

Взаимодействие с элементами – взаимодействие с элементами на графическом окне производится с помощью зажатия ПКМ на выбранном элементе и перемещения мыши;

Специальные возможности – на некоторых графических окнах реализованы специальные методы взаимодействия с содержимым окна. Например, на *B-сканах* и *C-сканах*, операция двойного щелчка ПКМ перемещает маркеры плоскостей сечения в точку под указатель мыши.

2.1 Настройка сканера.

В этом модуле реализованы инструменты для настройки приема сигнала с оптико-электронного блока (ОЭБ), его обработку и отображение на графических модулях программы.

После запуска приложения откроется главное окно приложения (рис. 1) на вкладке «Настройка сканера», она предназначена для измерения скорости УЗ в материале ОК, для измерения толщины ОК, предварительной настройки сканера перед автоматизированным лазерно-ультразвуковым контролем либо для лазерно-ультразвукового контроля в ручном режиме, где:

1 - Графическое окно для отображения А-сканов (график значений амплитуды сигнала по времени), позволяющее анализировать исходный и обработанный сигналы, генерируемые ОЭБ. На данном графическом окне присутствуют подвижные маркеры глубины и регион, регулирующий контраст изображений;

2 - Графическое окно для отображения В-сканов (Растровое изображение, составляемое из отдельных А-сканов по линейной координате (время или метрика пространства), позволяющее анализировать изменение сигнала во времени, влияние настраиваемых параметров на качество сигналов. На данном графическом окне присутствуют подвижные маркеры глубины и текущего номера исследуемого пакета данных.

3 - Графическое окно для отображения спектра сигнала (преобразование Фурье), позволяющее регулировать частотные границы фильтра, построенного на основании преобразования Фурье. Фильтрация сигнала необходима для снижения уровня шумов и исключения низкочастотных паразитных включений в сигнале, связанных с конструкцией УЗ преобразователя.

4 - Панель настроек (панель управления, масштаб, контраст, вычисление подачи), представленная набором вкладок с функционалом настройки графики, параметров ОЭБ, расчетом физических свойств образца и технологических параметров процесса неразрушающего контроля.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

RU.KHTK.1220.01-01 34 3

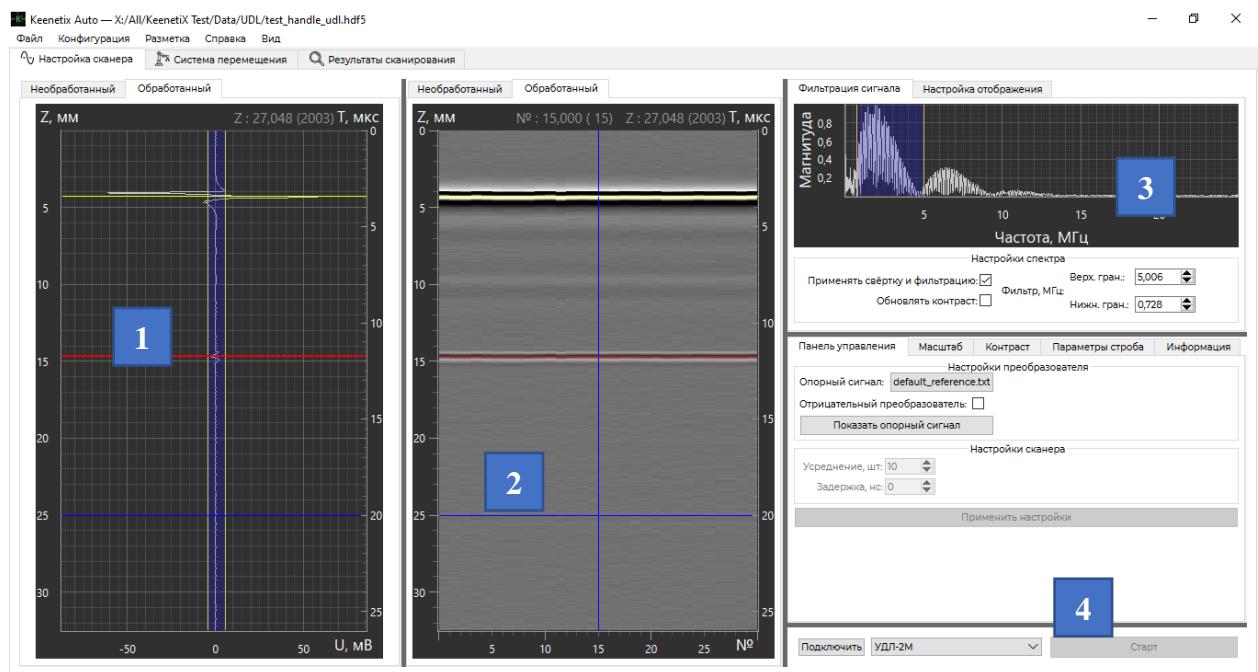


Рис. 1 Настойка сканера.

2.1.1 Конфигурация приложения.

Перед подключением прибора к ПК необходимо выбрать соответствующую конфигурацию приложения («Конфигурация» >> «Конфигурация приложения») (рис.2):

- 1 – выбрать язык;
- 2 – прибор;
- 3 – используемую систему перемещения ОАП;
- 4 – систему координат;
- 5 – нажать «OK»;

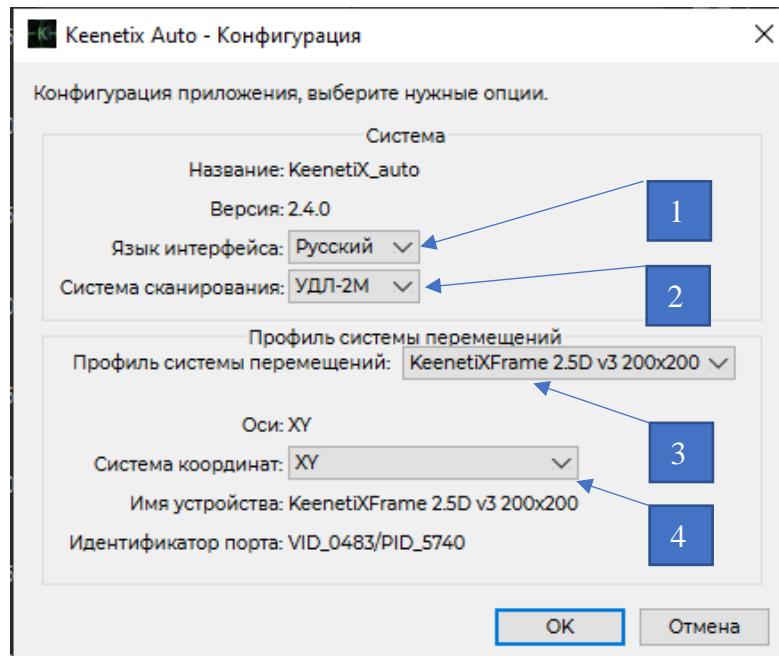


Рис. 2 – Конфигурация приложения.

2.1.2 Графические поля для отображения А и В-сканов.

A-скан.

Данный элемент представлен двумя вкладками «необработанный/обработанный», содержащими отображения соответствующих вариаций сигнала. По горизонтальной оси откладывается **амплитуда** сигнала в мВ, по вертикальной оси косвенно вычисленная **глубина** в мм (координата Z), на которой произошло отражение акустических волн и на графике сигнала появился характерный пик. Ось Z выстраивается сверху вниз, так как глубина измеряется от поверхности, с которой контактирует преобразователь.

На вкладках располагаются **регионы регулирования контраста**, связанные с изображениями **B** и **C-сканов**. Для изменения размеров региона контраста необходимо передвинуть соответствующую границу. Для перемещения региона необходимо зажать ЛКМ внутри закрашенной области региона и перемещать мышь. Точную регулировку границ регионов контраста можно производить в вкладке «**Контраст**» элемента «**Панель настроек**».

На обеих вкладках предусмотрены **маркеры глубины** (сплошные линии), позволяющие определить точную координату точки на графике сигнала. Основным маркером глубины является маркер синего цвета, связанный с маркером **B-скана**. Текущая координата маркера записывается в заголовке графического окна в формате:

<ось> : <координата> (<индекс>)

На вкладках предусмотрены дополнительные **маркеры глубины** желтого и красного цвета, а также их дублирующие автоматические версии (штриховые линии). Автоматические маркеры алгоритм располагает в экстремумах кривой сигнала, ближайших к дополнительным маркерам соответствующего цвета. В механизме поиска экстремумов учитывается относительной размер пика. Регулировка **чувствительности** производится в соответствующем поле вкладки «**Масштаб**», элемента «**Панель настроек**». Дополнительные маркеры можно быстро перемещать с помощью двойного щелчка ЛКМ.

B-скан.

Данный элемент представлен двумя вкладками «необработанный/обработанный», содержащими отображения соответствующих вариаций разверток пакетов данных во времени (рисунок 10). Графическое поле содержит изображение, составленное из отдельных *A-сканов*.

По горизонтальной оси откладывается **метрика** пространственной или временной координаты, по вертикальной оси косвенно вычисленная **глубина** в мм (координата Z). Ось Z связана с соответствующей осью на *A-сканах*.

На обеих вкладках предусмотрены **маркеры глубины** (горизонтальные сплошные линии), устроенные аналогично маркерам глубины на *A-сканах* (п. 4.2). Помимо маркеров глубины на окнах присутствуют **маркеры сечений** (вертикальные сплошные линии), которые определяют данные для отображения в графических окнах сканов меньших размерностей. Дополнительно на окне *B-скана* возможно активировать элемент **линейка**, отображающий разность координат **вспомогательных маркеров глубины**.

Данные сканирования имеют дискретную природу. Отображение данных производится с помощью растрового изображения.

Настройка контрастности изображения *B-скана* производится с помощью редактирования положения и размеров региона регулировки контраста на соответствующем графическом окне *A-сканов* (п. 4.2).

Выбор **цветовой палитры** изображения осуществляется в вкладке «**Контраст**» элемента «**Панель настроек**». Палитра по умолчанию – оттенки серого.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					7

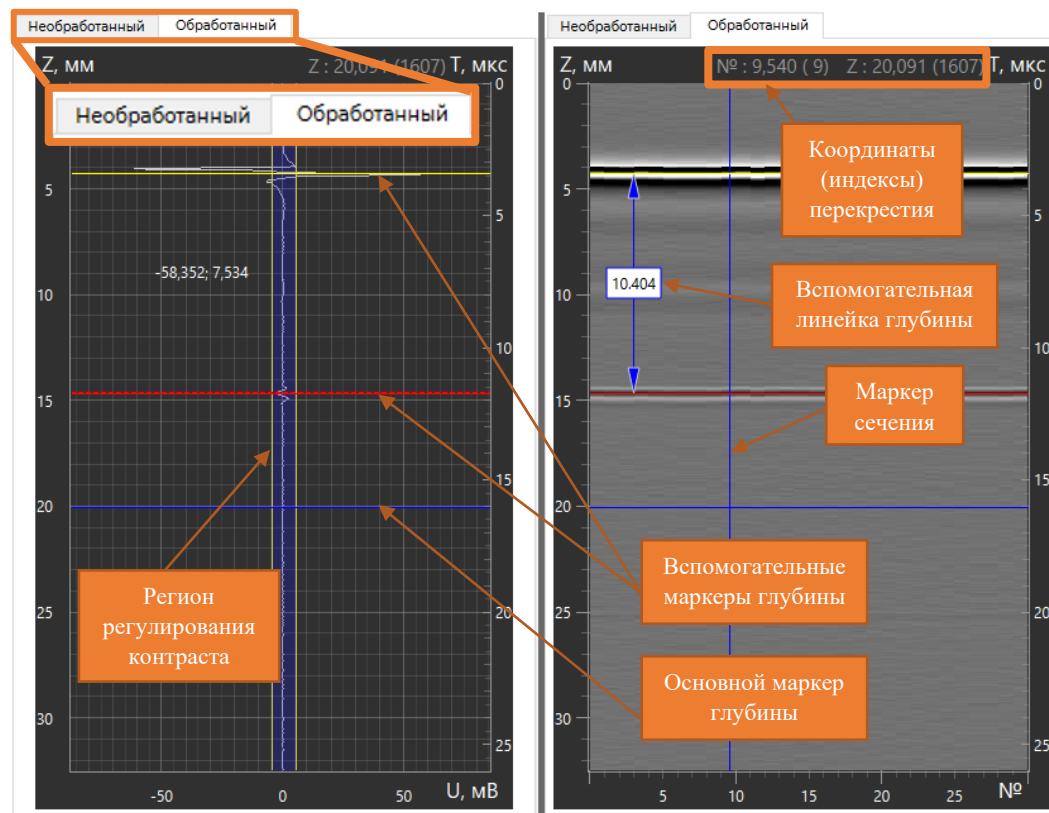


Рис. 4 –Элементы настройки отображения

2.1.3 Графическое окно для отображения спектра сигнала.

Окно предназначено для настройки параметров фильтрации сигнала с использование преобразования Фурье (вкладка «Фильтрация сигнала», рис. 5а). Алгоритм строит спектр исходного сигнала (конволюция), производит отсечение частот, не входящих в диапазон фильтрации и выполняет обратное преобразование (деконволюция).

По горизонтальной оси откладываются **частоты** гармонических составляющих сигнала в МГц, по вертикальной оси откладывается **амплитуда спектра** в вольтах, определяющая вклад гармонической составляющей каждой частоты. Зондирующий импульс преобразователя и обрабатывающий контроллер ОЭБ устроены таким образом, что сигнал раскладывается на частоты от 1 до 100 МГц, при этом значимый вклад оказывают лишь первые 25 МГц, так как спектр имеет комплексную природу.

Для регулировки границ диапазона используемых гармонических составляющих сигнала на графического окне предусмотрен **регион выборки частот**.

Установить требуемые границы **региона выборки частот** можно задав численное значение или с помощью ЛКМ.

При необходимости **фильтрацию** сигнала можно **отключить**, используя соответствующее поле под графическим окном спектра.

При активной функции «**Обновлять контраст**» после применения нового региона выборки фильтра рассчитываются и устанавливаются новые границы контраста. По умолчанию функция отключена.

Во вкладке «**Настройка отображения**» можно применить дополнительную обработку полученных изображений. Количество **точек сглаживания** определяет разбиение пикселей на промежуточные точки, позволяющие корректно применять растровые фильтры. Параметр **обновлений в секунду** определяет частоту обновления графических окон. Для применения **функции фильтрации** ее необходимо выбрать в соответствующем окне и настроить параметры растрового фильтра. Представлены **фильтр Гаусса** и **медианный фильтр** (скользящее среднее).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					8

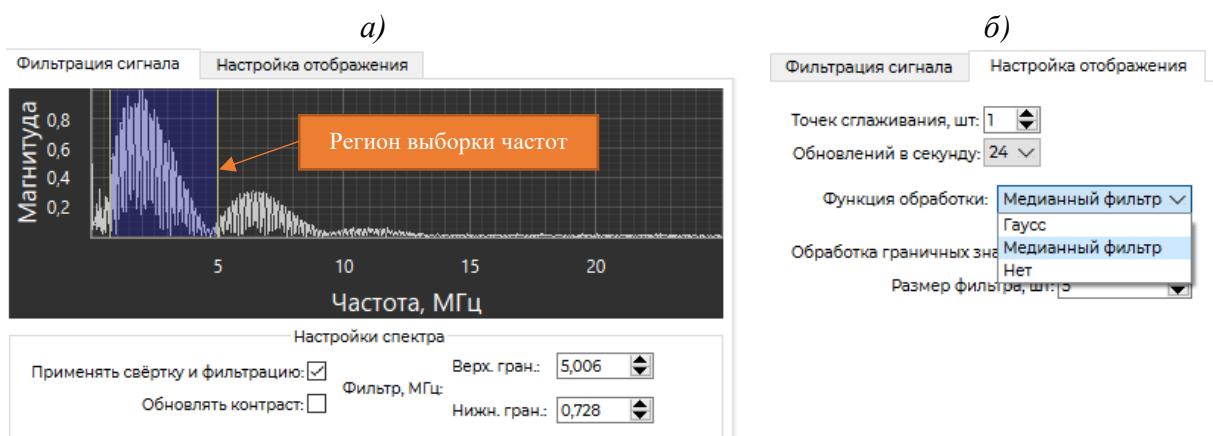


Рис. 5 – Фильтрация, а) – вкладка «Фильтрация сигнала», б) – вкладка «Настройка отображения»

2.1.4 Панель управления.

Панель настроек содержит элементы настройки используемого прибора. Для подключения к ПК дефектоскоп должен быть включен, и соединен с ПК с помощью USB (УДЛ-2М).

Во вкладке «Панель управления» (рис. 7) выполнить следующие действия:

- 1 – выбрать файл **опорного сигнала**;
- 2 – если **преобразователь отрицательный**, установить соответствующий флаг;
- 3 – выбрать подключаемое устройство из выпадающего списка;
- 4 – «**Подключить**» устройство к ПК;
- 5 – задать значение **усреднения** и **задержки** регистрации;
- 6 – «**Применить настройки**», нажать «**Старт**»;
- 7 – изменения параметры (п.5-6, фильтрация), настроить систему сканирования;
- 8 – для завершения сканирования нажать «**Стоп**» (кнопка «**Старт**»).

Кнопка «**Показать опорный сигнал**» вызывает диалоговое окно, демонстрирующее выбранный опорный сигнал (рис.6, п.1) и его частотный спектр (п.2). В диалоговом окне можно выбрать файл опорного сигнала (п.3) и посмотреть его фазовое смещение (п.4)

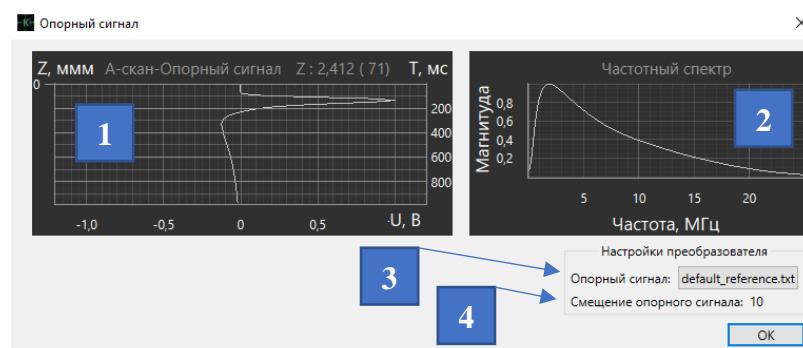


Рис. 6 – Демонстрация опорного сигнала

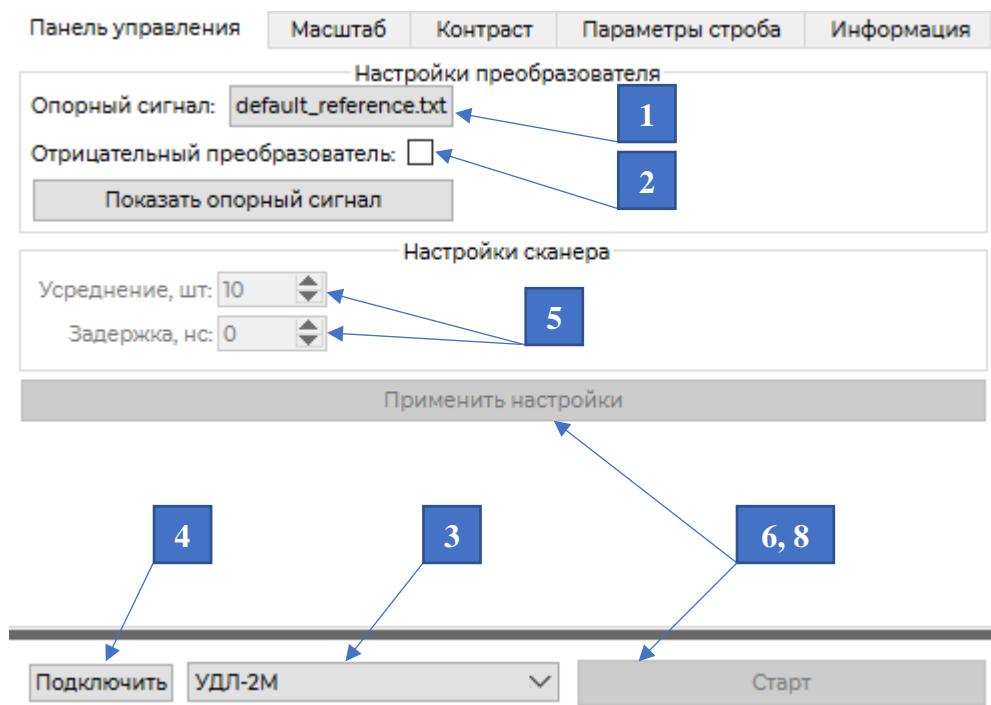


Рис. 7 – Панель подключения

2.1.5 Масштаб.

Вкладка настройки масштаба предоставляет функционал для вычисления **скорости звука** материала образца и установки известной скорости звука в качестве коэффициента пропорциональности в вычислении метрики оси *Z* для определения **толщины** образца и глубины залегания дефектов (рис. 7а). Скорость звука устанавливается для всего приложения.

Чтобы измерить и установить **скорость УЗ**:

- 1 – задать измеренную **толщину** объекта контроля;
- 2 – выставить **вспомогательные маркеры глубины** в окрестности поверхностного и донного пиков на графическом окне *A*-скана (рис. 7б);
- 3 – выставить чувствительность определения пиков в блоке «**Поиск пиков**» в процентах от максимальной амплитуды сигнала (двойной клик ЛКМ). Положения пиков, обнаруженных алгоритмом, отображаются как **пунктирная линия**;
- 4 – принять значение **рассчитанной скорости УЗ** при заданной толщине ОК;
- 5 – вычисленное значение толщины должно совпадать с измеренной, значение толщины отображается на линейке *B*-скана;
- 6 – если скорость звука известна заранее, ее можно установить используя поле ввода с пометкой (**эксперим.**);
- 7 – Если поиск пиков в реальном времени не нужен, отключите **автоматический расчет** для увеличения быстродействия приложения.

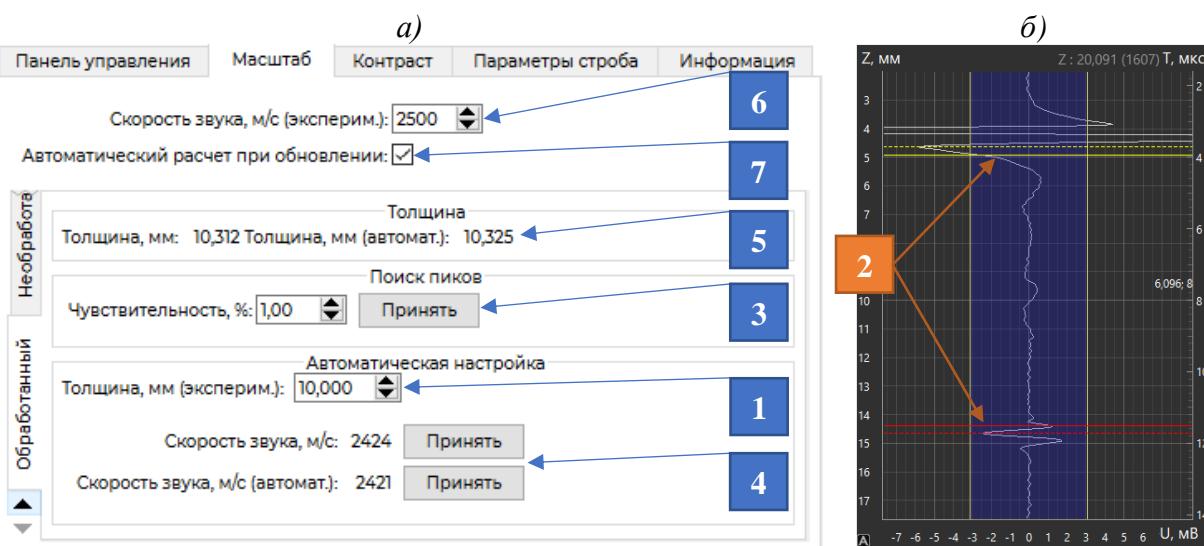


Рис. 7 – Масштаб, а) – вкладка «Масштаб», б) – вспомогательные маркеры глубины

2.1.6 Контраст

Вкладка содержит функционал точной регулировки границ регионов **контраста** на графических окнах *A*-сканов, используемых для изображения *B*-сканов (рис. 8, п.1), а также выбрать **палитру цветов** отображения *B* и *C*-сканов (п.2). Для **инвертирования** палитры установите соответствующий флаг (п.3).

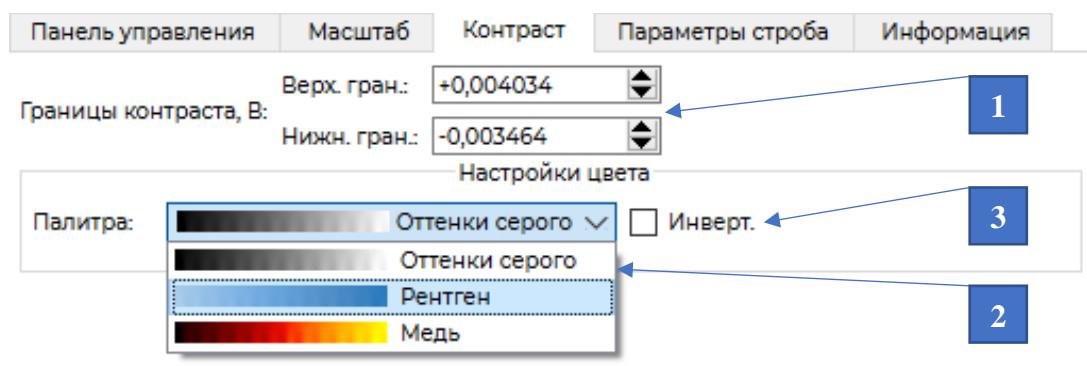


Рис. 8 – Контраст

2.1.7 Параметры строба.

Данная вкладка содержит элементы управления элементами «*Строб*», предназначенными для индикации отклонений амплитуд сигнала в выделенной области трека. *Стробы* создаются индивидуально для *обработанного* и *необработанного A-сканов*.

Для создания строба необходимо нажать на клавишу «+» (Рис.9, п.1), в появившемся диалоговом окне (п.2) ввести уникальную метку *строба* (допускаются символы UNICODE), и нажать «OK». Удаление строба производится при помощи кнопки со значком «корзины» (п.3) с последующем подтверждением (п.4) или клавиши «Delete».

Стробы позволяют регистрировать относительную силу сигнала в указанной области, определяют отношение *«Сигнал/Шум»*.

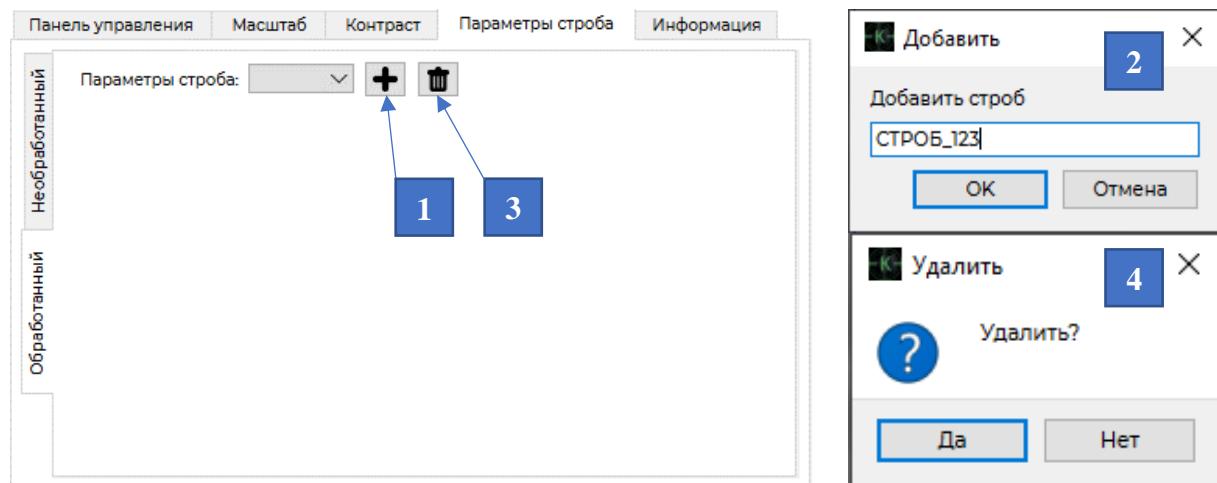


Рис. 9 – Создание и удаление стробов

После подтверждения создания нового *строба* (Рис.10б) на вкладке «Параметры строба» появятся настройки элемента (Рис.10а):

1 – выбор *цвета* элемента;

2 – флаг вывода *сообщения* о срабатывании, после срабатывания строб переводится в режим ожидания и не поднимает сообщение до тех пор, пока не будет сброшен (п.8);

3 – *уровень* срабатывания;

4 – *режим* срабатывания (превышение уровня или потеря сигнала);

5 – относительный *уровень* сигнала;

6 – *диапазон* контроля;

7 – *видимость* строба;

8 – кнопка *сброса* режима ожидания.

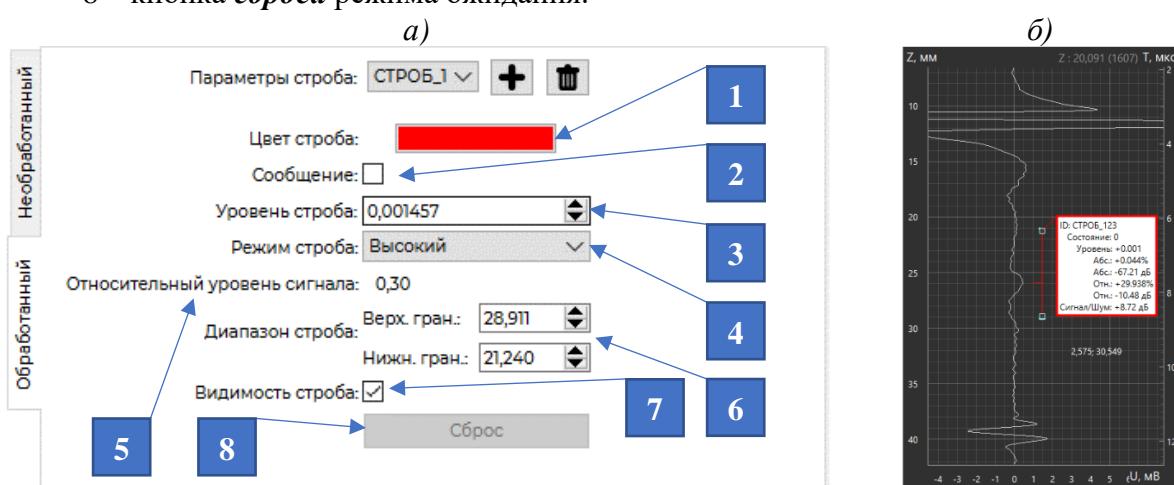


Рис. 10 – Настройки строба, а) – вкладка «Параметры строба», б) – строб

На рисунке 11 представлены стробы с различными режимами (а) – высокий, (б) – низкий), активированные стробы отображаются жирным стилем. Стробы работают симметрично относительно нулевой линии (рис.11в). Пример сообщения, выводимого при активации строба, показан на рисунке 12а.

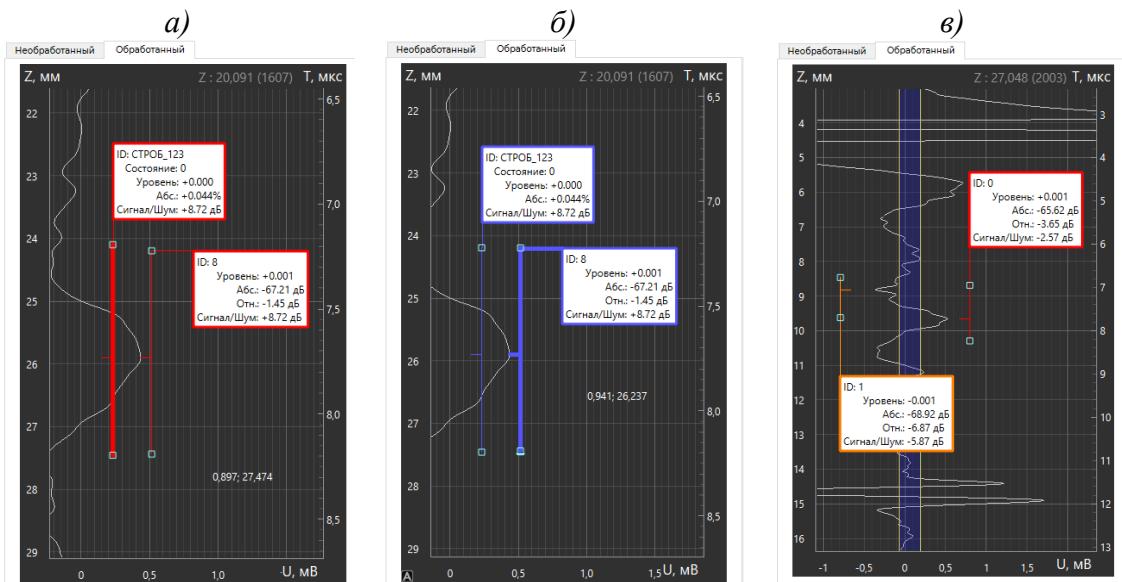


Рис.11 – Режимы стробов, а) – высокий, б) – низкий, в) независимость от знака

Сноска строба с информацией подвижна и перемещается с помощью ЛКМ. Сообщение сноски настраивается через контекстное меню («ПКМ по сноске» >> «сообщение») (рис.12б). В контекстном меню реализованы некоторые действия, описанные в разделе выше.

Сообщение, заключенное в сноску, содержит (может содержать) следующие записи:

1. **ID**: Уникальная метка строба, указываемая при его создании;
2. **Уровень**: Уровень срабатывания строба (амплитуда сигнала);
3. **Абс. %**: Отношение максимальной амплитуды сигнала в области строба к максимальной амплитуде сигнала (1 В), выраженное в процентах;
4. **Абс. дБ**: Отношение максимальной амплитуды сигнала в области строба к максимальной амплитуде сигнала (1 В), выраженное в децибелах;
5. **Отн. %**: Отношение максимальной амплитуды сигнала в области строба к уровню строба, выраженное в процентах;
6. **Отн. дБ**: Отношение максимальной амплитуды сигнала в области строба к уровню строба, выраженное в децибелах;
7. **Сигнал/Шум**: Отношение максимальной амплитуды сигнала в области строба к СКО сигнала в интервале индексов (100, 300), выраженное в децибелах.

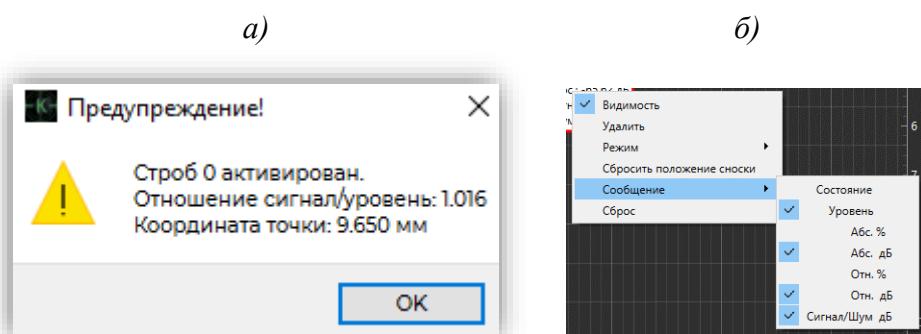


Рис.11 – Сообщения стробов, а) – сообщение об активации, б) – контекстное меню настройки сообщения

2.2 Система перемещения (KeenetiXFrame).

Данный модуль предназначен для управления системами перемещения (манипуляторами). Интерфейс модуля позволяет настраивать тип системы координат, выполнять базирование системы координат манипулятора, задавать траекторию перемещения сканирующей головки, а также получать статистику и визуализацию движения сканирующей головки. Данный модуль позволяет создавать траектории для сканирования объектов сложных форм.

Модуль системы перемещения *KeenetiXFrame 2.5D* (рис. 12) состоит из:

1 – **настройки зоны сканирования:** панель ввода настроек зоны сканирования, позволяет редактировать геометрию, заливку, кинематику сканирования.

2 – **показатели зоны сканирования:** панель вывода расчетных показателей зоны сканирования, в том числе размерность массива данных, время процесса, геометрические показатели, потребный объем памяти.

3 – **графической визуализации зоны сканирования:** позволяет редактировать геометрию зону сканирования, выводить расчетную траекторию движения преобразователя, нативно управлять системой перемещения (двойной клик ЛКМ).

4 – **панели управления:** элемент управления системой перемещений, обеспечивающий подключение системы перемещений, управление положением, вывод текущего положения датчика, ввод пользовательских команд отладки.

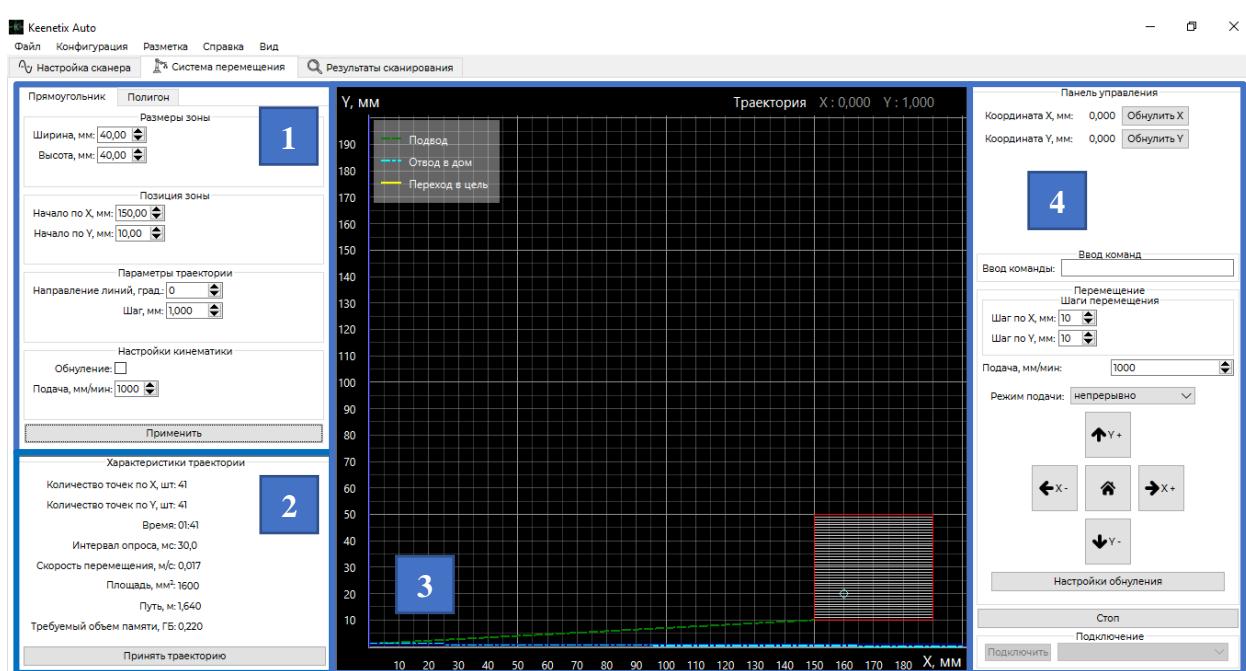


Рис. 12 – Система перемещения

2.2.1 Настройка зоны сканирования

Зону сканирования можно задать в виде прямоугольника (вкладка «Прямоугольник») или сложной фигуры (вкладка «ПолYGON»), ограниченную максимальными размерами рабочей области системы перемещений. На основании параметров зоны сканирования строится дискретная сетка с указанным *шагом*, в узлах которой производится сканирование.

Во вкладке «Прямоугольник» (рис. 13а) задаются:

1 – **Размеры зоны (высота, ширина):** определяют линейные размеры зоны сканирования, задаются в мм;

2 – Позиция зоны (начало по X, начало по Y): определяет точку левого нижнего угла прямоугольной области. Отсчет координат ведется от точки физического обнуления (правый нижний угол рабочей области системы перемещения). Позиция зоны задается в мм;

3 – Параметры траектории (шаг, угол линий заливки): определяют положение точек, в которых производится сканирование образца и характер движения. Параметр **шаг** задает расстояние между двумя соседними точками, в которых производится сканирование, измеряется в мм. **Угол заливки** может быть равен 0° или 90° , **угол заливки** следует задавать таким образом, чтобы линии заливки были параллельны длинной стороне прямоугольной границы зоны сканирования для увеличения производительности;

4 – Настройки кинематики (скорость перемещения): определяют **подачу**, скорость с которой движется датчик по поверхности образца в мм/мин. Флаг «**Обнуление**» определяет необходимость механического обнуления перед выполнением программы сканирования;

5 – Кнопка «**Применить**» позволяет применить изменения и перестроить траекторию согласно обновленному заданию, если были введены недопустимые значения, будет выведено сообщение об ошибках.

- ! Значения позиции начала зоны следует задавать целыми числами;
- ! Зона сканирования не может быть больше или равной рабочей зоне;
- ! Следует выставлять зазор между границами образца и зоной в 3-5 мм (Рис. 13б).

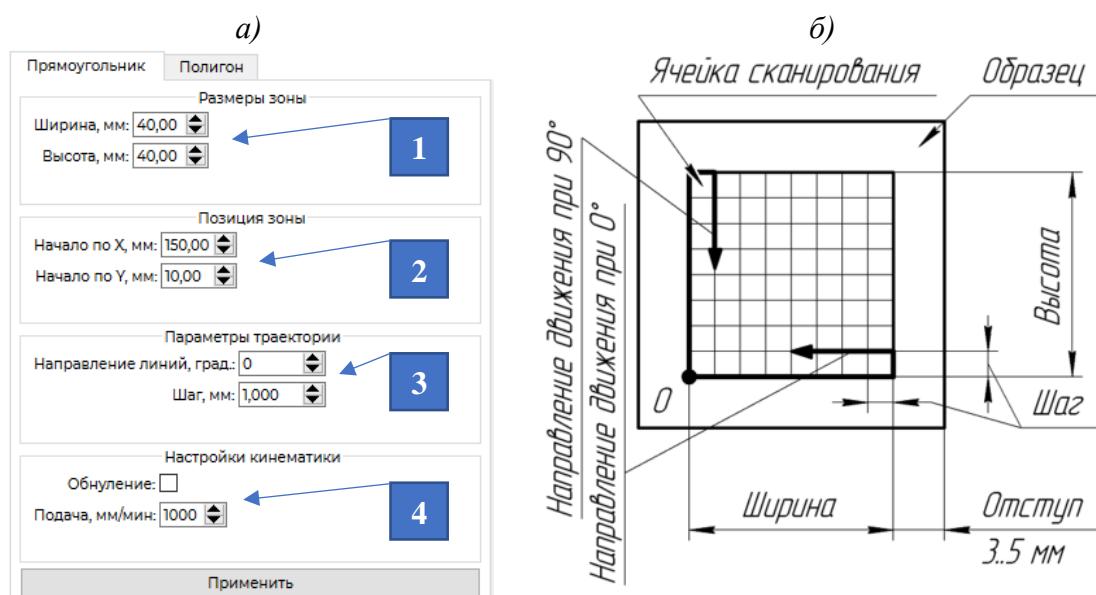


Рис. 13 – Настройка траектории «Прямоугольник», а) – параметры траектории, б) – схема траектории

Для построения зоны сканирования в виде сложной фигуры перейти во вкладку «**Полигон**» (рис. 14) и задать траекторию используя следующие поля:

1 – Источник траектории: (при наличии) загрузить готовый файл с траекторией сканирования;

2 – Параметры траектории (угол заливки линий, шаг) (рис.14а);

3 – Настройки кинематики (подача, обнуление);

4 – Траектория (точки X, Y (п.5)) с помощью кнопок «**добавить**, **удалить**, **поднять**, **пустить**, **редактировать**» (п.6) можно построить зону сканирования необходимой формы (рис.14).

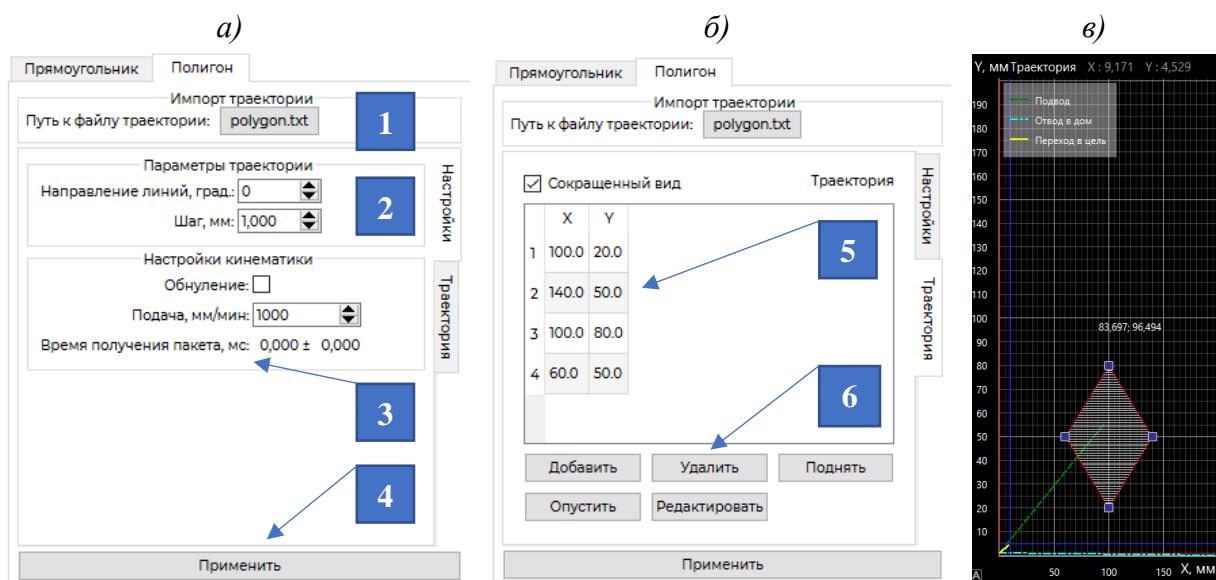


Рис. 14 – Настройка траектории «Прямоугольник»,

- а) – параметры траектории,
б) – таблица точек траектории,
в) – результат расчета.

- ! Координаты точек следует задавать целыми числами;
- ! Зона сканирования не может быть больше или равной рабочей зоне;
- ! Следует выставлять зазор между границами образца и зоной в 3-5 мм (Рис. 13б);
- ! Фигура должна быть выпуклой.

После завершения настройки траектории требуется нажать клавишу «Принять». Если в результате расчета было определено, что потребный *интервал опроса* системы перемещения меньше минимального допустимого значения (определяется на этапе настройки сканера, вкладка «Информация»), то будет выведено предупреждение, показанное на рисунке 15. В таком случае следует уменьшить скорость перемещения, увеличить шаг или уменьшить количество усреднений.

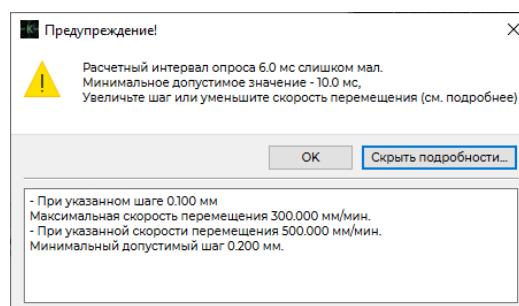


Рис. 15 – Предупреждение о превышении частоты опроса системы перемещения

2.2.2 Показатели зоны сканирования.

Показатели зоны сканирования (рис. 12) позволяют получить *общую информацию* о предстоящем сканировании (рис.16, п.1), спрогнозировать *время* операции неразрушающего контроля (п.2), оценить *качество получаемого изображения* (п.3).

При применении новой траектории определяется *размер памяти* (п.4), необходимый для записи данных.

- ! Размер памяти не должен превышать размер оперативной памяти ЭВМ, на которой выполняется программа;
- ! Размер памяти необходим для сохранения данных на жесткий диск.

Если параметры траектории устраивают оператора, а требуемой объем памяти лежит в допустимой области значений, необходимо нажать кнопку «Принять» траекторию (п.5) для инициализации массивов и графических окон отображения результатов сканирования.



Рис. 16 – Показатели зоны сканирования

2.2.3 Графический визуализатор.

Графический визуализатор позволяет редактировать геометрию зоны сканирования и выводить рассчитанную траекторию движения преобразователя. Визуализатор представлен декартовой системой координат, ограниченной физическими размерами рабочей области системы перемещений (рис. 17а). В системе координат определен *красный прямоугольник* (п.1), отражающий *границу зоны сканирования*. Прямоугольник с помощью мыши (ЛКМ) можно перемещать по рабочей области и изменять его размер, используя *маркер в правом верхнем углу* прямоугольника.

Внутри прямоугольника строится *ломаная линия* (п.2), отражающая траекторию перемещения преобразователя. На прямых участках преобразователь движется непрерывно.

На визуализаторе изображается перекрестием *синих* маркеров (п.3) *целевое положение* системы перемещения (координата, которую система стремится достигнуть) и перекрестием *красных* маркеров (п.4) *текущее положение* преобразователя. Также нанесены дополнительные линии переходов (п.5), в верхнем правом углу указаны целевые координаты преобразователя.

При изменении настроек зоны сканирования (геометрия, заливка, скорость перемещения, интервал получения пакета) пунктирной линией строится

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					17

фигура предпросмотра (рис.17б). Для подтверждения используется кнопка «Применить» (п.2.2.1).

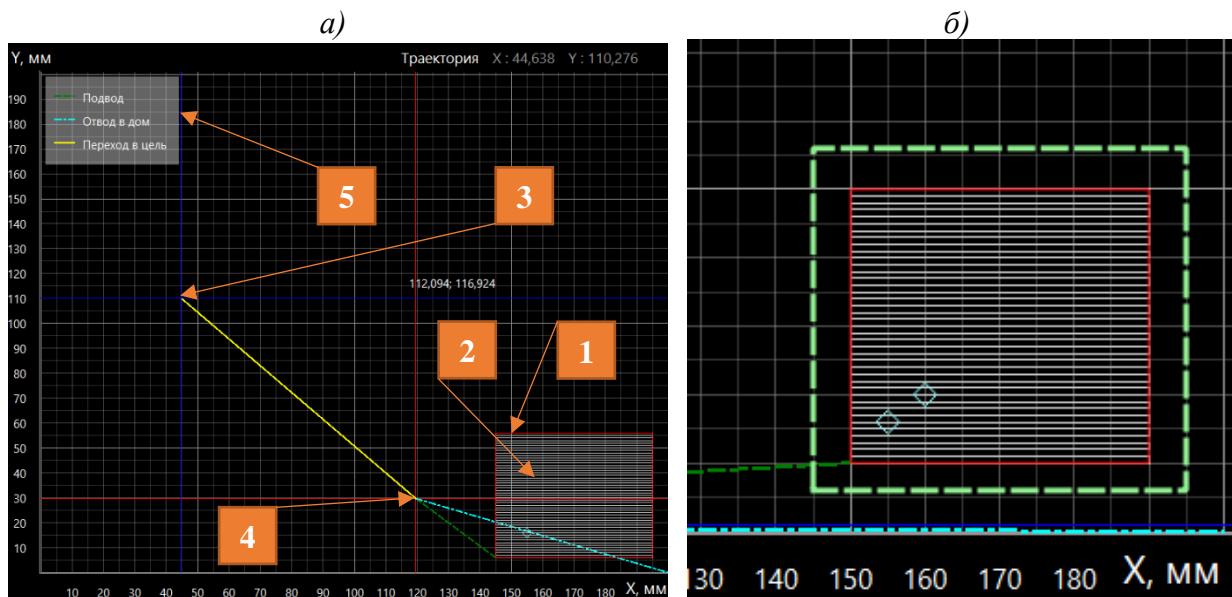


Рис. 17 – Графический визуализатор, а) – Элементы рабочего поля,
б) – фигура предпросмотра

2.2.4 Панель управления.

Панель управления (рис.18) отвечает за подключение/отключение системы перемещений, перемещение преобразователя вне режима сканирования.

Для подключения/отключения системы перемещения к ПК необходимо соединить их с помощью USB кабеля, выбрать соответствующую систему из *выпадающего списка* (п.1) и нажать кнопку «Подключить/Отключить» (п.2) на панели управления.

Текущие координаты преобразователя отображаются в блоке «Координаты» (п.3)

Управление может осуществляться через элемент *Ввод команд* (п.4) в формате G-code (согласующийся с ГОСТ 20999-83/ISO 6983-1:2009), а также через кнопки управления в виде *клавиатуры* (п.5). Поддерживается два *режима подачи* (п.6). *Непрерывное* перемещение осуществляется с фиксированной *подачей* (п.7) до тех пор, пока нажата кнопка со стрелкой. Для перемещения *на фиксированный шаг* необходимо выставить *шаг* (п.8) в соответствующем поле.

Переместиться в точку можно с помощью двойного нажатия ЛКМ по рабочему полю графического визуализатора.

Для запуска механического обнуления по концевым выключателям необходимо нажать на кнопку с иконкой «Дом» (п.9). Система поддерживает также *логическое обнуление* (п.10), сбрасывающее координаты в начальное положение (нижний правый угол).

Логическое обнуление Кнопка «Стоп/Сброс» (п.11) позволяет активировать/бросить *режим экстренной остановки и блокировки*. При активации данного режима блокируются любые команды, предназначенные для системы перемещения (в том числе старт программы сканирования) и поднимается соответствующее предупреждение.

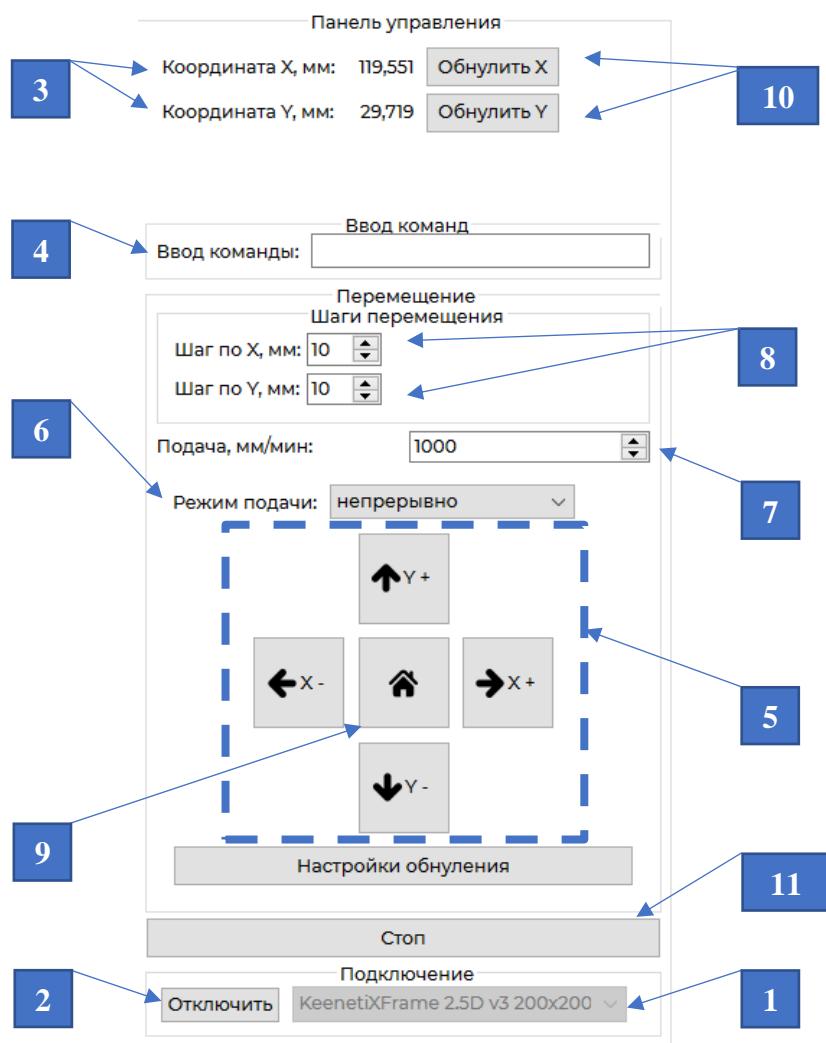


Рис. 18 – Панель управления системой перемещения

2.3 Результаты сканирования.

Данный модуль (рис. 19) позволяет визуализировать A, B, и C-сканы. Расположение визуализаций A-сканов (п.1) B-сканов (XZ – п.2, YZ – п.3) и C-скана (п.4) соответствует расположению основных видов на чертеже согласно ЕСКД (рис.20). В модуле продублирована вкладка «Фильтрация сигнала» (п.5) и «Настройка отображения» (рис.19, п.6), (п.2.1.3), а также вкладки «Масштаб» (п.7), (п.2.1.5), «Контраст» (п.8) (п.2.1.6), «Параметры строба» (п.9), (п.2.1.7). Функционал данных элементов идентичен элементам на вкладке «Настройка сканера».

Справа находится **панель управления программой** (п.10), (п.2.3.1), на которой расположены элементы контроля и мониторинга и **менеджер дефектов** (п.11), (п.2.3.2) предназначенный для организации объектов разметки дефектов. Графические окна и панели инструментов разделены **подвижными разделителями**, при необходимости скрывающими указанные столбцы с виджетами.

На B-сканах предусмотрены маркеры границ зоны контроля (**маркеры образца**) (п.12) ярко зеленого цвета. Маркеры предназначены для разметки зоны контроля.

RU.KHTK.1220.01-01 34 3

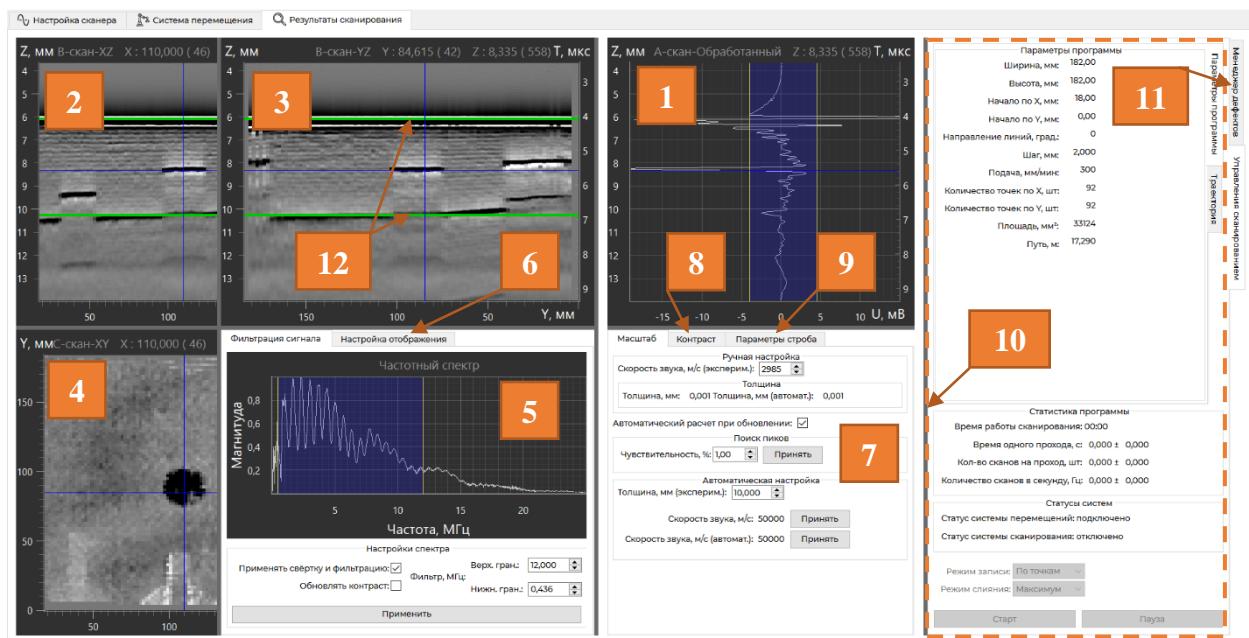


Рис. 19 – Вкладка «Результаты сканирования»

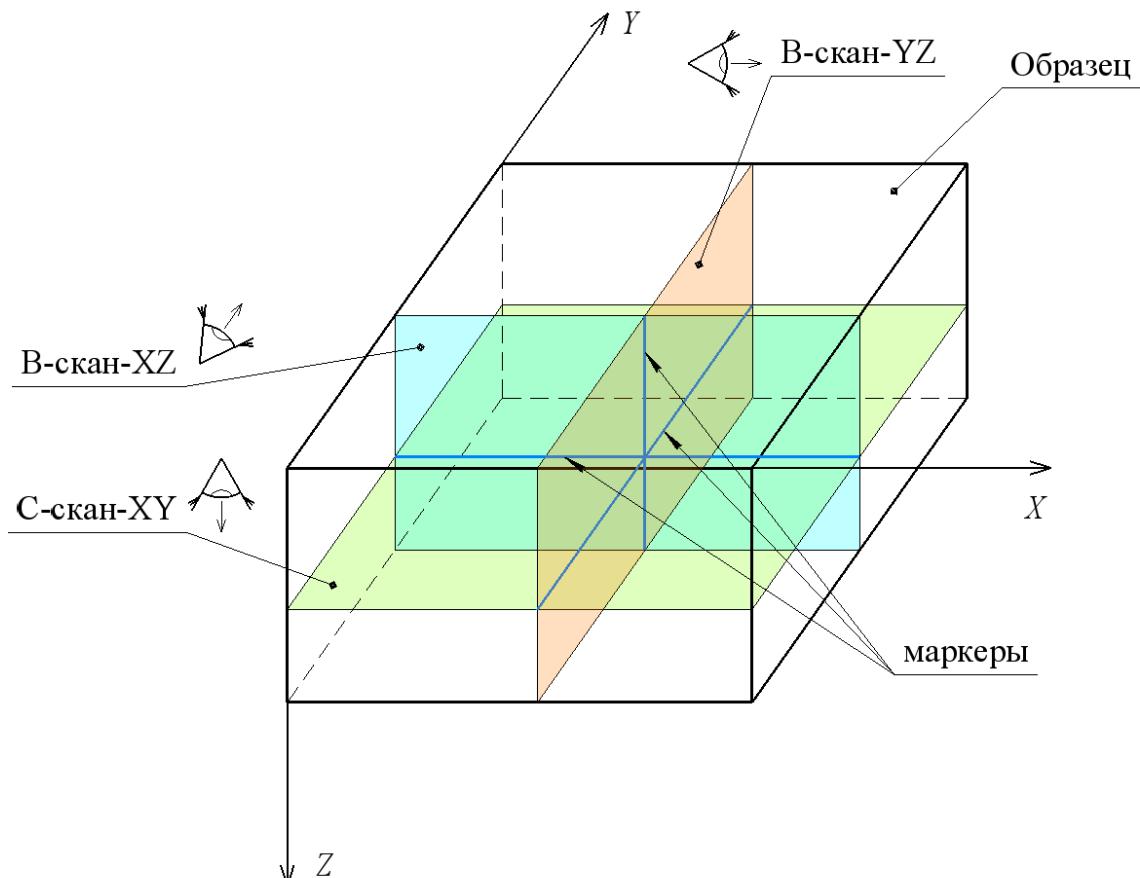


Рис. 20 – Расположение основных видов

2.3.1 Управление сканированием.

Панель инструментов «Управление сканированием» содержит элементы контроля и мониторинга программы сканирования.

Для запуска и контроля процесса сканирования необходимо:

1. Выполнить подключение и настройку сканера согласно п. 2.1;
2. Выполнить подключение и настройку системы перемещений согласно п. 2.2;
3. Выбрать **режим записи** (рис.21а, п.1) из доступных для данной системы перемещений;
4. Выбрать **режим слияния** (п.2) данных при регистрации нескольких сканов в одной точке;
5. Запустить программу кнопкой «Старт/Стоп» (п.3), Статусы систем указаны в отдельном блоке (п.4);
6. Приостанавливать/продолжать выполнение программы с помощью кнопки «Пауза/Продолжить» (п.5);
7. В случае нештатной ситуации можно полностью отменить выполнение процесса нажатием на кнопку «Старт/Стоп» (п.3) во время работы программы.

После записи нескольких линий приложение начнет выводить информацию о производительности системы в блоке «Статистика программы» (п.6);

Сводная информация о параметрах и показателях траектории собрана на вкладке «Параметры программы» (п.7), Текущее положение преобразователя отображается на вкладке «Траектория» (рис.21б, п.8).

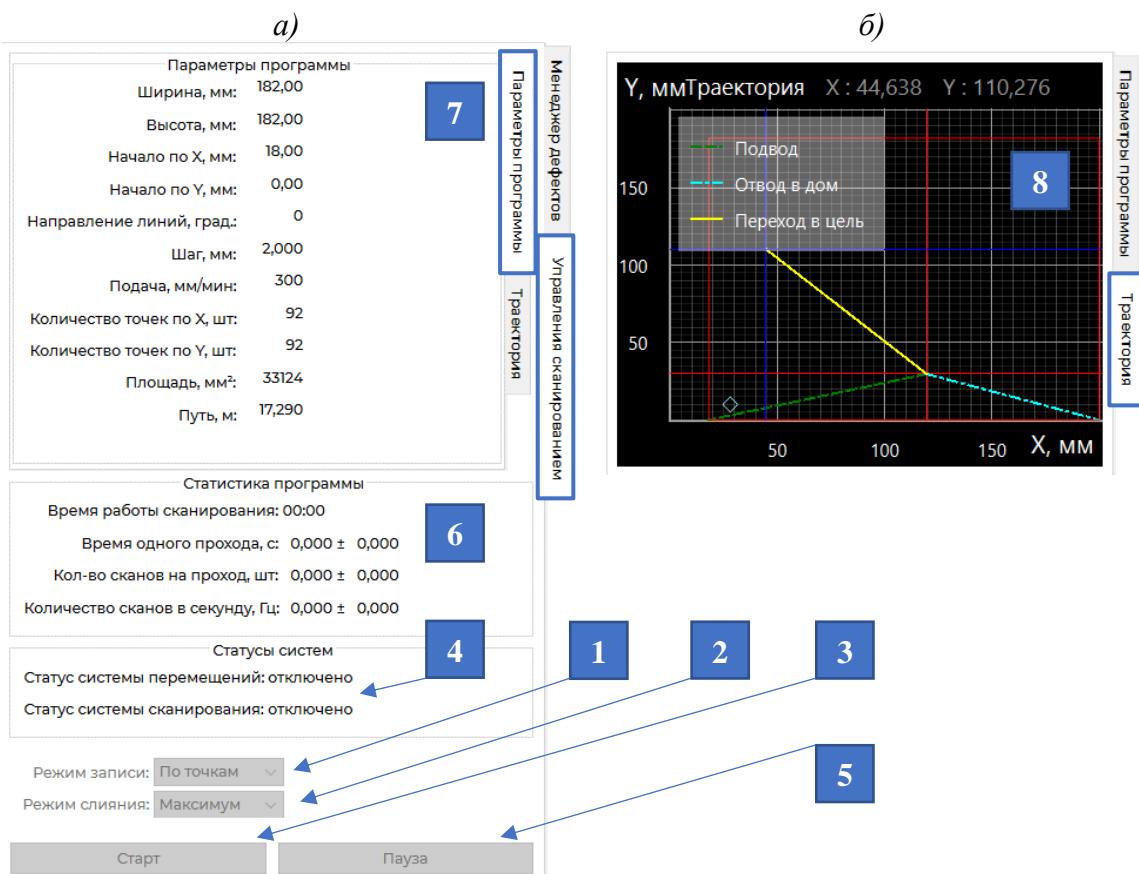


Рис. 21 – Управление сканированием, а) – Панель управления сканированием
б) – Окно просмотра

2.3.2 Менеджер дефектов.

Инструмент «Менеджер дефектов» (рис.22а) предназначен для разметки областей особого интереса или отдельных точек на С-скане.

Инструмент позволяет размечать дефекты с помощью объектов «область внимания» или *ROI* (*region of interest*). Объекты *ROI* подразделяются на *3D* (п.1) и *2D* (п.2) разметку. На рисунке 22б показана группа из трех объектов *3D* разметки. Видимость проекции параллелепипеда на срезе зависит от положения синих *маркеров сечений*. Если объект пересекается срезом, его проекция отображается.

2D разметка представлена прямоугольными объектами *ROI* нулевой толщины, отображаемыми на В-скане-XY. Каждый фронтальный срез размечается индивидуально, что позволяет точнее определить форму дефекта в плоскости С-скана.

Информация о объектах разметки храниться в таблицах (п.3). Для объектов разметки *ROI* возможно задать метку, видимость, цвет. Информация об описании доступных классах разметки хранится в файле «*KeenetiX/datas/ml_models/default_labeling_classes.yaml*». Содержание файла представлено на рис. 23. Отображение дополнительной информации об объектах разметки можно получить, убрав флаг «*Сокращенный вид*» (п.4).

Видимость всех объектов разметки выбранного типа (*2D* или *3D*) возможно установить используя флаг «*Видимость всех объектов разметки*» (п.5). Флаг «*Соответствие цвета*» (п.6) активирует установку цветов дефектам в согласии с их метками при создании новых объектов или при изменении меток существующих объектов. Цвета по умолчанию указываются в файле «*default_labeling_classes.yaml*, описанном выше».

Вывод меток объектов на графических окнах можно отключить, убрав флаг «*Показывать метки*» (п.7). «*Видимость маркеров образца*» позволяет отключать видимость маркеров границ зоны контроля (п.8)

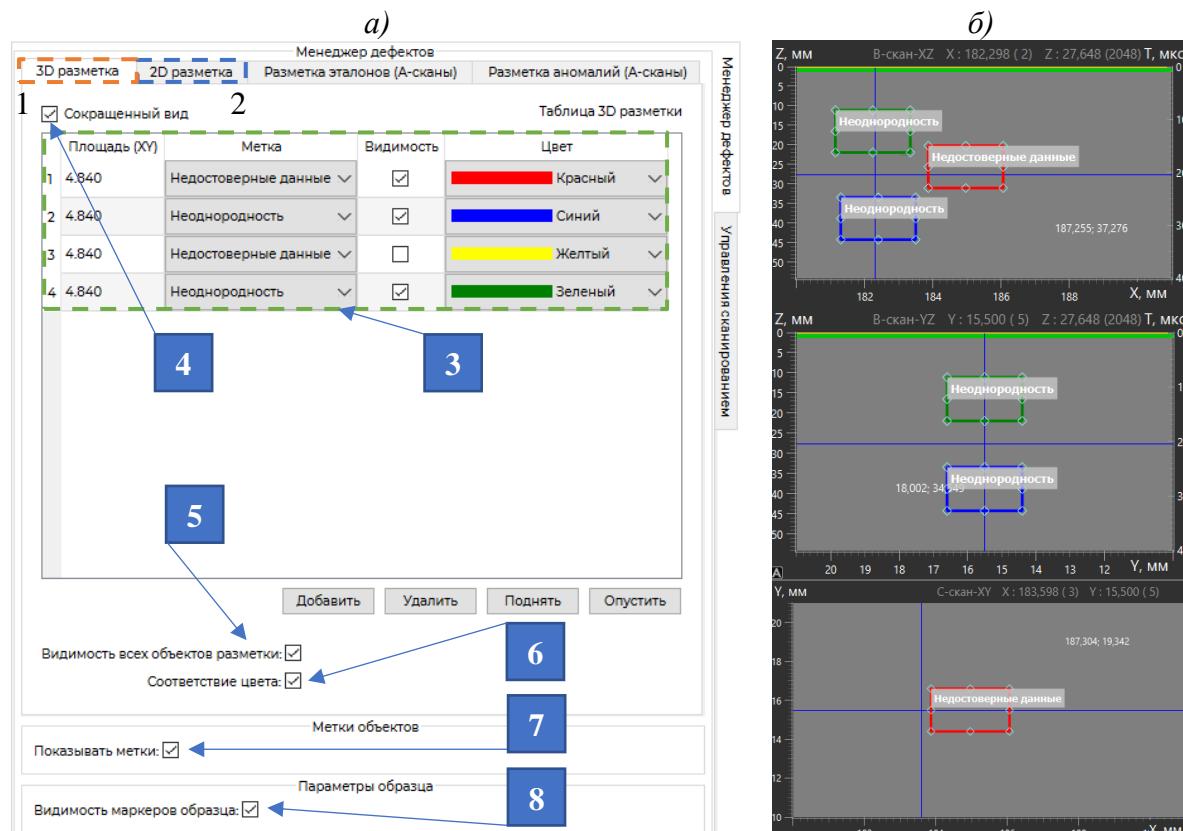


Рис. 22 – Менеджер дефектов, а) – панель инструментов, б) – объекты разметки ROI

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					22

RU.KHTK.1220.01-01 34 3

```

0:
  lclass_key: 0
  lclass_type: data_anomaly
  lclass_labels:
    ru: Недостоверные данные
    in_use: true
    color: "#ff0000"

1:
  lclass_key: 1
  lclass_type: irregularity
  lclass_labels:
    ru: Неоднородность
    in_use: true
    color: "#0000ff"

```

Рис. 23 – Содержимое файла «default_labeling_classes.yaml»

Помимо объектов разметки ***ROI*** возможно размечать отдельные *A*-сканы в массиве. Для этого следует вызвать контекстное меню на любом графическом окне и использовать меню «Разметить *A*-скан как» (рис.24а). *A*-скан, расположенный под перекрестьем, будет отмечен соответствующей меткой. Для очистки меток можно использовать «Очистить разметку точки/всех точек». Разметка *A*-сканов дублируется в соответствующих таблицах **менеджера дефектов**.

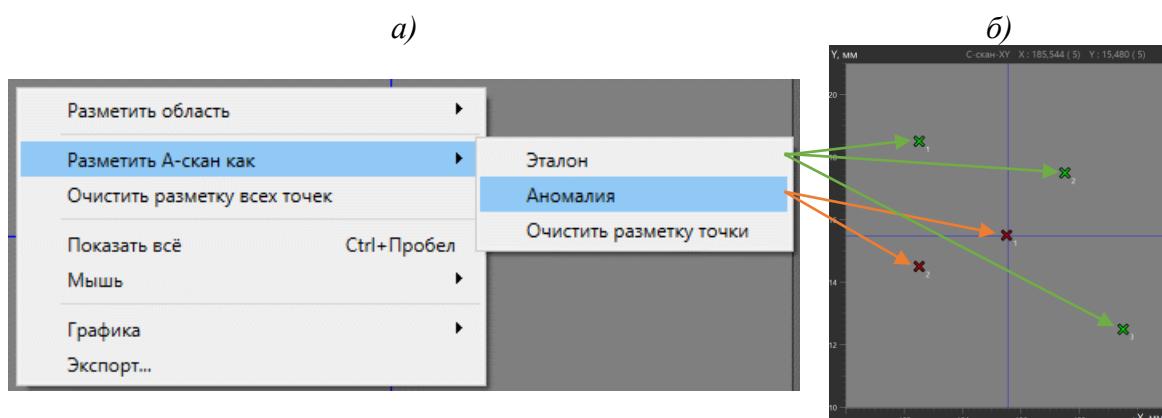


Рис. 24 – Разметка *A*-сканов, а) – контекстное меню, б) – *C*-скан

Менеджер дефектов			
Разметка эталонов (<i>A</i> -сканы)		Разметка аномалий (<i>A</i> -сканы)	
<input checked="" type="checkbox"/> Сокращенный вид			Эталонные <i>A</i> -сканы
Координаты X, мм	Координаты Y, мм	Индекс X	Индекс Y
1 182.5	18.5	2.0	8.0
2 187.5	17.5	7.0	7.0
3 189.5	12.5	9.0	2.0

Рис. 25 – Таблицы разметки *A*-сканов

2.4 Файловая система

Для сохранения или открытия результатов исследования необходимо использовать меню «Файл» (рис.26). Действия «Открыть», «Сохранить», «Сохранить как», «Закрыть» выполняют соответствующие операции через открытие диалогового окна проводника, Формат сохранения файлов – «.hdf5».

Действие «Сохранить данные ручного контроля» предназначено для сохранения данных, полученный в результате ручного контроля на вкладке «Настройка сканера». Файлы ручного сканирования не отличаются от стандартных файлов и обрабатываются приложением в штатном режиме.

Меню «Недавнее» содержит элементы быстрого доступа к недавним редактируемым файлам.

Меню «Экспорт» содержит поддерживаемые форматы экспорта и позволяет выгрузить данные сканирования в формат, удобный оператору.

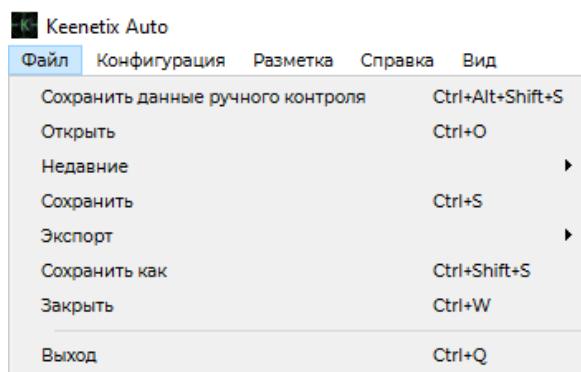


Рис. 26 – Меню «Файл»

2.4.1 Экспорт

Поддерживаются два формата экспорта данных в табличные форматы (.csv и .xlsx), Диалоговое окно экспорта представлено на рис. 27, и имеет следующие параметры экспорта:

1. Флаг «**Отображаемый А-скан**» определяет будет экспортирован только текущий А-скан или весь массив данных;
2. Поле «**Формат индексов**» позволяет выбрать стиль индексов по глубине (нет, порядковый номер точки, время в мкс);
3. Флаг «**Заголовки столбцов**» определяет будет ли подписываться каждый А-скан в формате «*i*<индекс по x> *j*<индекс по y>».

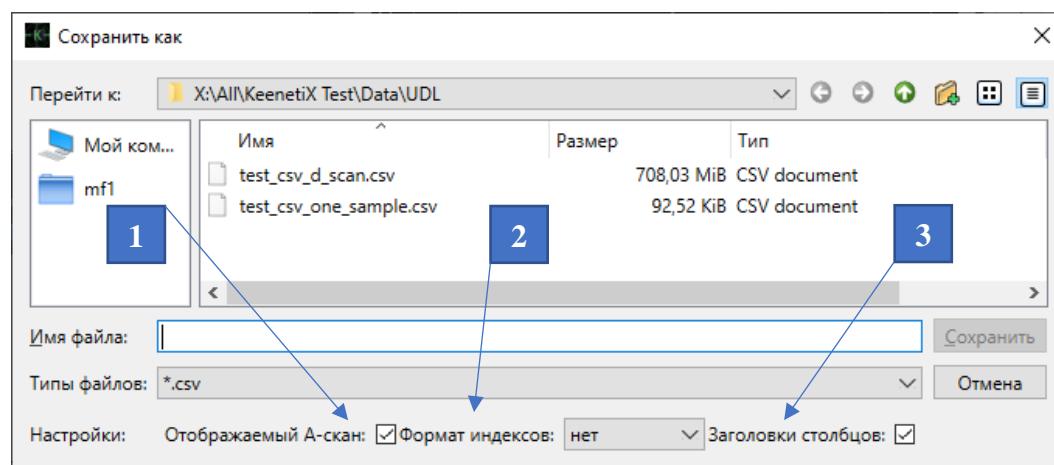


Рис. 27 – Диалоговое окно «Экспорт»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.5 Интерфейс и оформление

Приложение поддерживает инструмент «Темы» (меню «Вид») (рис.28). Темы используют модифицированный шаблон интерфейса и применяются в тестовом режиме.

Для переключения на тему **по умолчанию** необходимо выбрать соответствующую строку в меню «**Тема**».

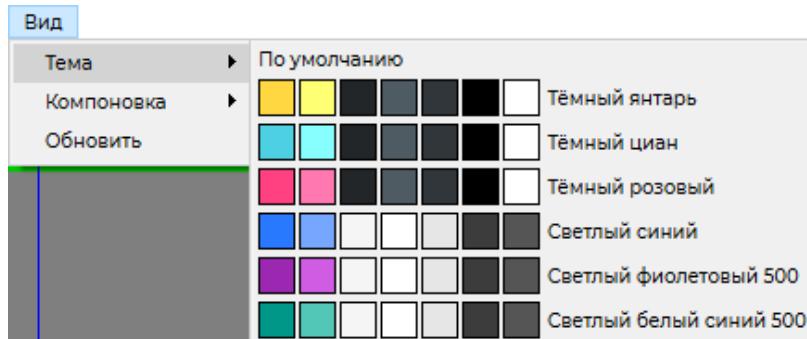


Рис. 28 – Диалоговое окно «Вид»

2.6 Справочная информация

Меню «Справка» (рис.29) содержит быстрый доступ к настоящему *руководству пользователя* и описанию сочетаний «горячих клавиш».

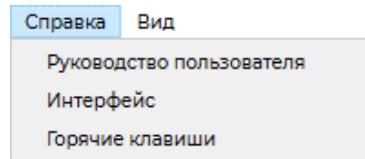


Рис. 29 – Диалоговое окно «Вид»

2.7 Ограничения:

Правообладатель не несет ответственности за работоспособность ПО в следующих случаях:

- Несвоевременное (позднее 24 часов) оповещение правообладателя о неисправностях ПО.
 - Непредоставление своевременного (не позднее 24 часов) удалённого доступа к месту эксплуатации ПО (по соответствующему запросу правообладателя) для проведения ремонтно-восстановительных и/или регламентных работ с учетом возможных требований секретности.
 - Неоказание содействия правообладателю, в том числе в отношении идентификации и решения проблемы.
 - Непредоставление информации правообладателю со списком контактных лиц (инженеров), которые должны участвовать в решении технических проблем.
 - Представители пользователя не ознакомлены с настоящим документом.
 - Несвоевременное (позднее 24 часов) уведомление правообладателя об изменениях списка уполномоченных представителей пользователя.

Приложение А – Интерфейс конфигурации «KeenetiXLinear 1D»

KeenetiXLinear 1D – пассивная система перемещения преобразователя, позволяющая проводить контроль вдоль оси.

Для данной системы перемещения конфигурация приложения изменена (рис.А.1) в соответствии с особенностями массива данных, регистрируемых при сканировании:

1. Функционал вкладок «Система перемещения» интегрирован в вкладку «Результаты сканирования» в виде элемента «Панель управления»;
2. Отображение массива ограничивается лишь парой А-скан, В-скан;
3. Добавлен ползунок для перемещения вдоль оси X;
4. «Менеджер дефектов» поддерживает только 2D разметку.

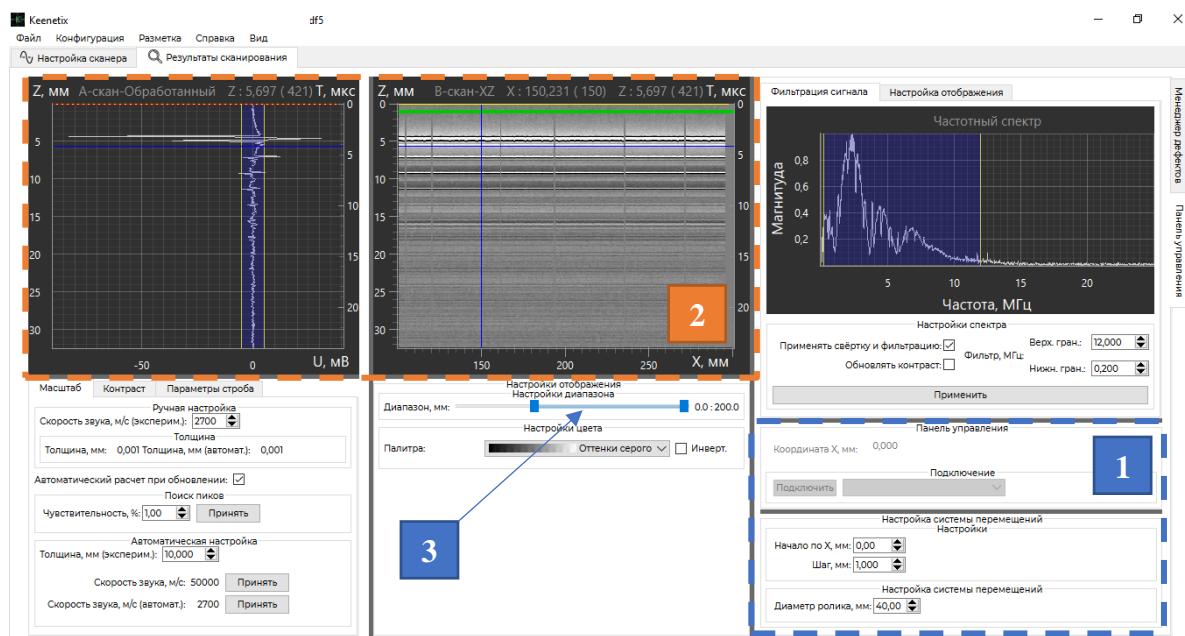


Рис. А.1 – Конфигурация вкладки «Результаты сканирования»

Для подключения и настройки системы перемещения выполнить: (рис.А.2):

1. Выбрать систему перемещения из выпадающего списка;
2. «Подключить» систему;
3. Выставить точку **начала отсчета** оси координат;
4. Выставить **шаг** сканирования;
5. Выставить **диаметр** ролика энкодера, если используется нештатный
6. Контролировать текущую **координату**.

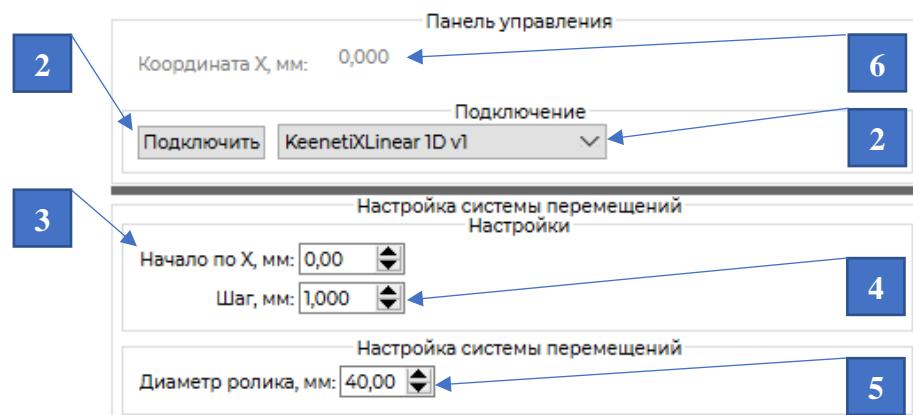


Рис. А.2 – Панель управления «KeenetiXLinear 1D»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					26

При движении системы перемещений, главный синий **маркер сечения** на В-скане будет соответствовать текущей координате преобразователя.

- ! При достижении **крайнего правого положения** массив **расширяется** на 20 точек вправо, запись продолжается.
- ! Данные записываются только при движении в **прямом направлении**, при движении в обратном направлении запись данных не производится.
- ! Любые изменения настроек системы перемещения (рис. А.2, п.3-5) приводят к перезаписи данных и выделению нового массива с указанными параметрами.
- ! **Скорость движения преобразователя контролируется оператором.** При слишком больших скоростях перемещения наблюдается **отставание записи данных**, что приводит к недостоверности результатов сканирования. В этом случае следует **уменьшить частоту обновления кадров** или **уменьшить число усреднений** или **увеличить шаг сканирования** или **уменьшить скорость перемещения**.

Для переключения на конфигурацию приложения «KeenetiXLinear 1D», необходимо выбрать в настройках конфигурации (п.2.1.1) профиль «**KeenetiXLinear 1D v1**» (рис.А.3) и перезапустить приложение в выбранной конфигурации.

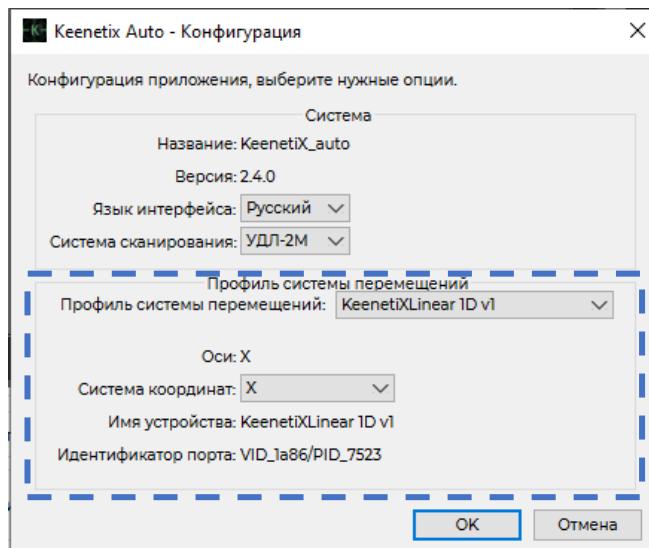


Рис. А.3 – Конфигурация «KeenetiXLinear 1D»

Приложение Б – Система перемещения «KeenetiXFrame 2.5D v3»

Описание:

Система представляет собой устройство типа «планшет», управляемое компьютером с помощью приложения «KeenetiX» (рисунок Б.1). Устройство позволяет автоматизировать сканирование плоских образцов и поверхностей с небольшой кривизной. Характеристики конкретной версии устройства указаны в таблице ниже и в паспорте изделия, поставляемого производителем совместно с устройством.



Рис. Б.1 – Система перемещения «KeenetiXFrame 2.5D»

Сводная таблица технических характеристик системы перемещения «KinetiXFrame 2D»:

Таблица Б.1 – Характеристики системы перемещений

Рабочее поле сканирования	200x200 мм
Минимальный шаг сканирования	0,1 мм
Перемещаемая масса	0,3 кг
Точность позиционирования лазерно-ультразвукового преобразователя	0,01 мм
Максимальная скорость перемещения лазерно-ультразвукового преобразователя	15 мм/с
Возможность компенсации кривизны поверхности	±15°
Вид крепления лазерно-ультразвукового преобразователя на каретке	Хомут
Производительность вакуумного насоса	12 л/мин
Разрешение цветного сенсорного дисплея	480x272 точек
Потребляемая мощность	200 Вт
Напряжение питания	230 В, 50 Гц;
Габаритные размеры	478x434x170 мм
Масса системы планшетного сканирования	4,0 кг

Руководство по настройке системы перемещения:

1. Установка лазерного-УЗ преобразователя.

Установка **преобразователя** 1 осуществляется на специальный **кронштейн** 2. Необходимо отсоединить **закрепительные хомуты** 3, установить преобразователь в гнездо и зафиксировать с помощью закрепительных хомутов **винтами** 4 (рис.Б.2).

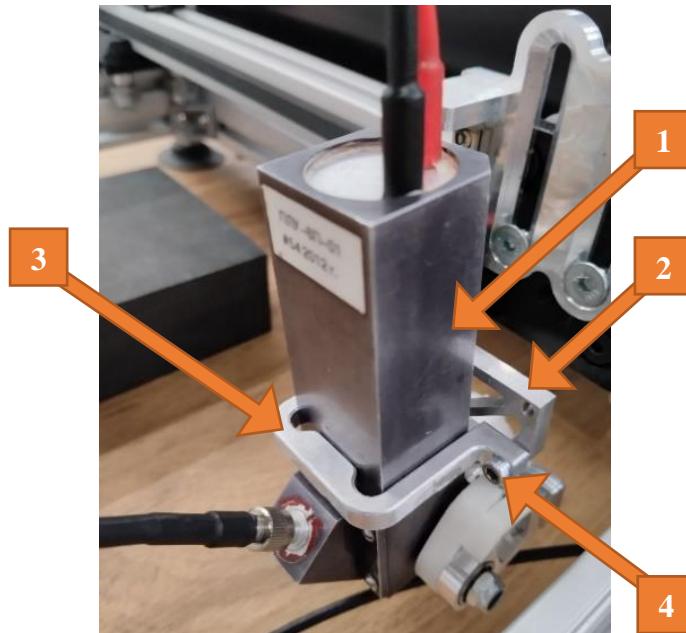


Рис. Б.2 – Установка преобразователя»

2. Регулировка высоты контактной поверхности преобразователя относительно уровня установки устройства.

Регулировка уровня высоты контактной поверхности может осуществляться с помощью перемещения преобразователя в гнезде (рис.Б.2), а также с помощью специального **подвижного кронштейна** 1, закрепляемого на **каретке** 2 (рис.Б.3).

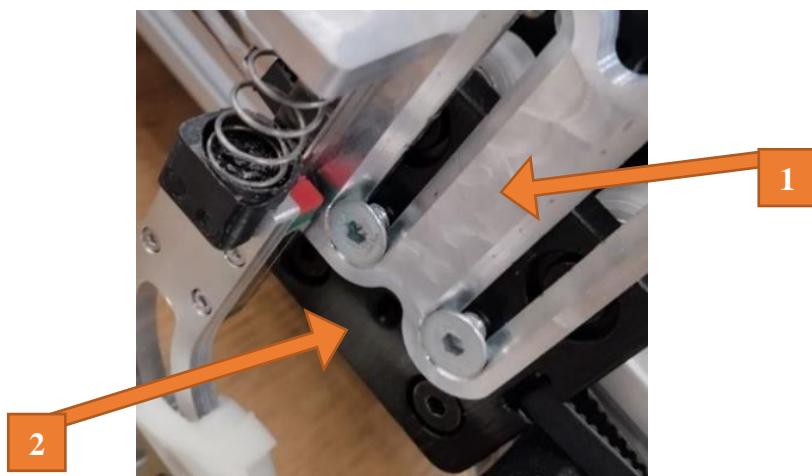


Рис. Б.3 –Подвижный кронштейн

3. Установка исследуемого образца

Образец должен быть закреплен **неподвижно относительно устройства** (рис.Б.4), в соответствии с выбранной системой координат. Для этого можно использовать **двухсторонние клейкие ленты, механические прижимы, крепеж**.

Следует устанавливать образец как можно ближе к точке «**дом**» устройства (определить ее можно, оправив команду на механическое обнуление (п.2.2.4)). Поверхность образца необходимо покрыть акустическим проводником (вода, УЗ-гель).

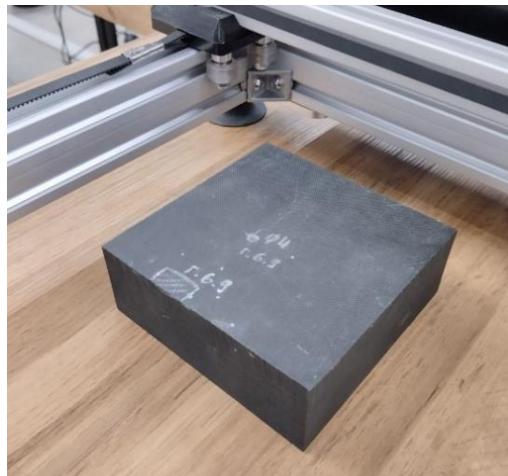


Рис. Б.4 – Установка образца с помощью клейкой ленты

4. Подключение устройства

Для подключения устройства необходимо установить **кабель питания 1** и **USB кабель связи 2**, включить **тумблер 3** на лицевой панели устройства (рис.Б.5).

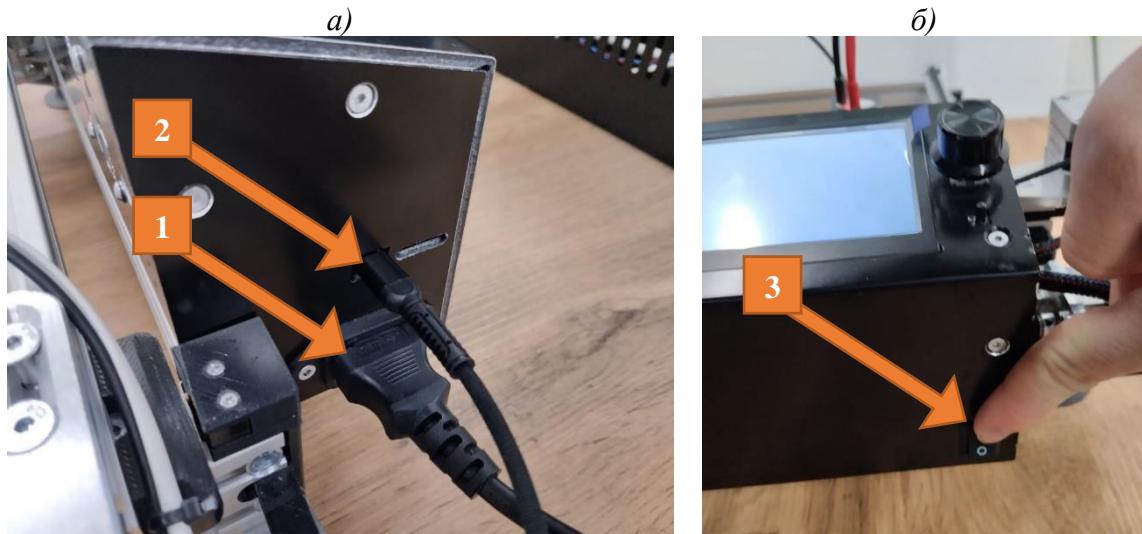


Рис. Б.5 – Подключение системы, а) – подключение кабелей, б) – тумблер питания

5. Управление вакуумным насосом

Включение/выключение **вакуумного насоса**, используемого для обеспечения прижатия планшета к исследуемой поверхности, производится с помощью **кнопки 1** на лицевой панели устройства (рис.Б.6). После включения насоса надавить на раму системы перемещения для обеспечения плотного прижатия присосок к поверхности стола.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

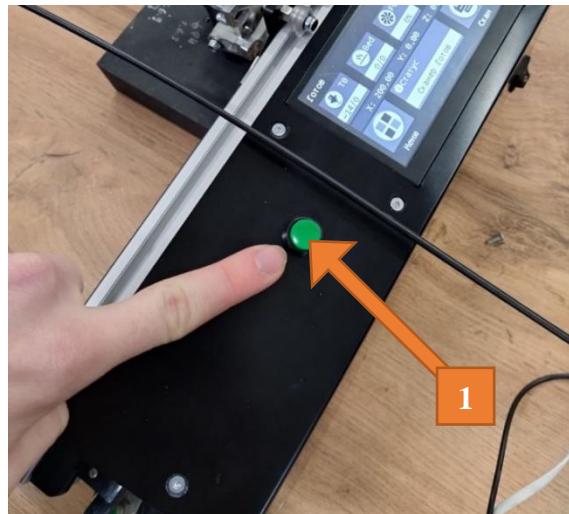


Рис. Б.6 – Управление вакуумным насосом

Приложение В – Система перемещения «KeenetiXLinear 1D v1»

Описание:

Система представляет собой устройство типа «*ролик*», управляемое компьютером с помощью приложения «KeenetiX» (рисунок В.1). Устройство позволяет контролировать изменение координаты вдоль линейной оси координат. Характеристики конкретной версии устройства указаны в таблице ниже и в паспорте изделия, поставляемого производителем совместно с устройством.

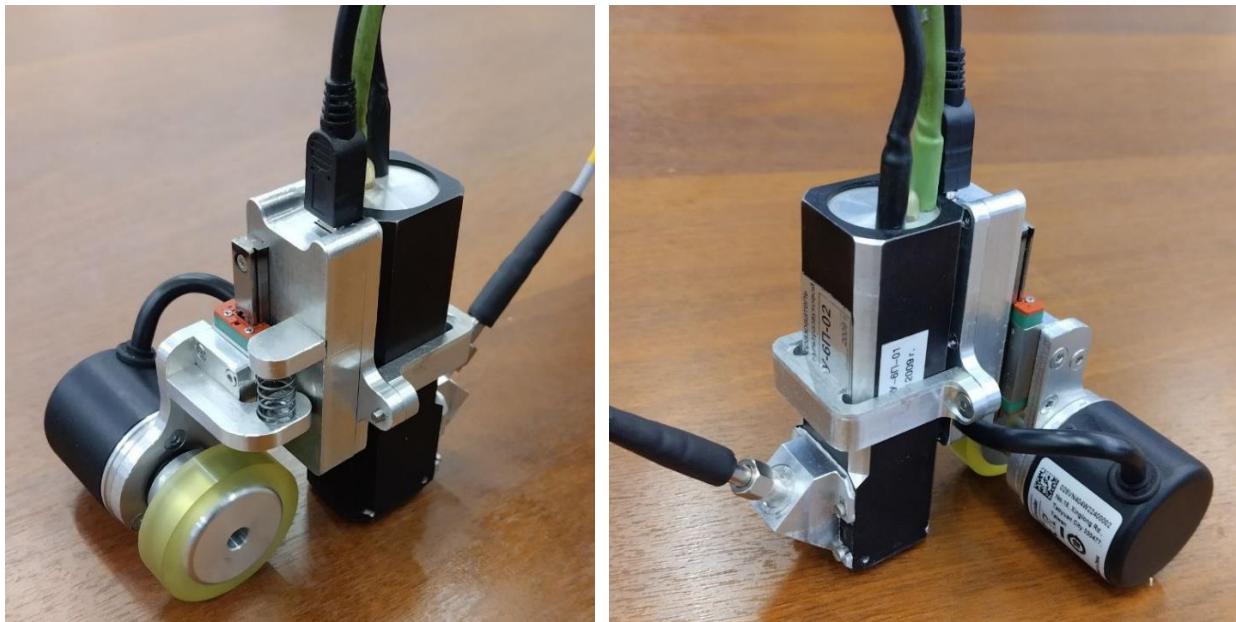


Рис. В.1 – Система перемещения «KeenetiXLinear 1D v1»

Сводная таблица технических характеристик системы перемещения «KinetiXLinear 1D»:

Таблица В.1 – Характеристики системы перемещений

Минимальный шаг сканирования	0,1 мм
Точность позиционирования лазерно-ультразвукового преобразователя	0,05 мм
Максимальная скорость перемещения лазерно-ультразвукового преобразователя	15 мм/с
Вид крепления лазерно-ультразвукового преобразователя на каретке	Хомут
Потребляемая мощность	0,7 Вт
Напряжение питания	5В DC
Габаритные размеры	88x95x82 мм
Масса системы сканирования	0,4 кг
Свободный ход пружины	11 мм

Руководство по настройке системы перемещения:

1. Установка лазерного-УЗ преобразователя.

Для установки **преобразователя** 1 необходимо отсоединить **закрепительный хомут** 2, установить преобразователь в гнездо и зафиксировать с помощью закрепительного хомута **винтами** 3 (рис.В.2а). При этом поверхность преобразователя следует выставлять заподлицо с контактной площадкой ролика (рис.В.2б)

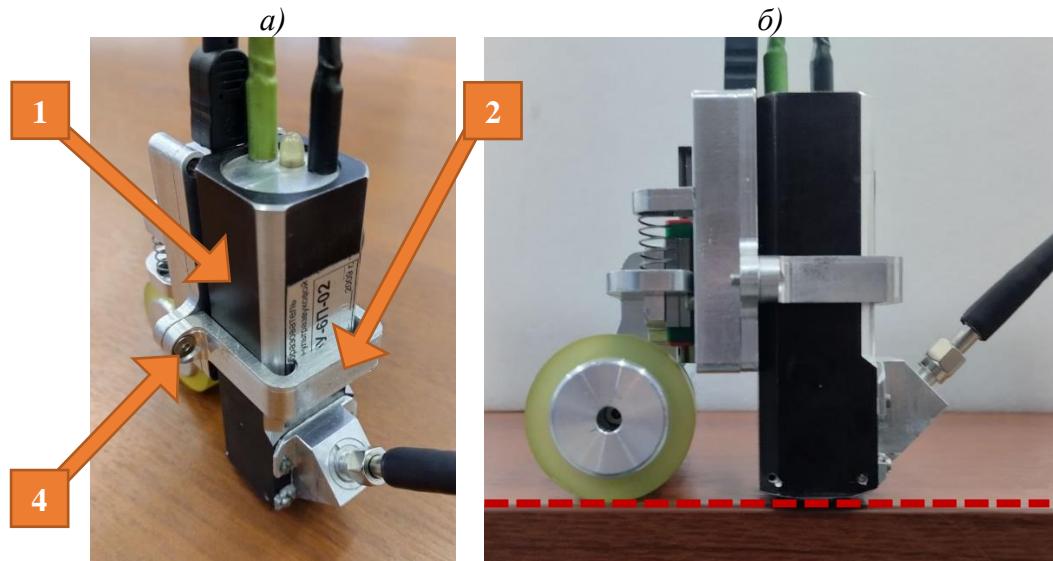


Рис. В.2 – Система перемещения «KeenetiXLinear 1D»,

а) – установка преобразователя,

б) – уровень контактной поверхности

2. Подключение устройства

Для выполнения подключения устройства необходимо установить **кабель MicroUSB** 1 в **гнездо** 2 на корпусе системы перемещения (рис.В.3).

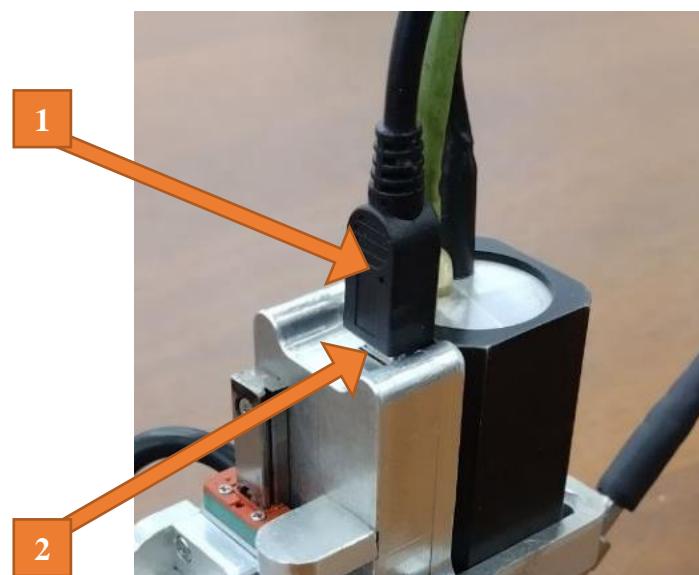


Рис. В.3 – Подключение «KeenetiXLinear 1D»