



# КИНЕТИКА

КАТАЛОГ ОБОРУДОВАНИЯ  
ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ  
СТРУКТУРОСКОПИИ





**Решение ваших задач  
при помощи инновационных  
средств производства.**

## **О КОМПАНИИ**

В мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, KEENETICA занимает уникальную нишу, объединяя опыт и знания известных ученых с креативностью и свежими идеями молодых инженеров.

С более чем пятилетним опытом на рынке, мы гордимся тем, что являемся разработчиком специализированного оборудования и инновационных материалов, способствующих трансформации различных отраслей.

Команда успешно реализовала десятки НИОКТР, внедрив их в промышленность и тем самым обеспечив нашим клиентам конкурентные преимущества. Нашими заказчиками успели выступить, в том числе, крупные государственные структуры (ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», АО «ВНИИНМ», ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», ФАУ «ЦАГИ», АО «УЗГА», ПАО «Сухой», Корпорация «Иркут»).

Наша компания стремится предлагать решения, которые качественно меняют работу по созданию новых продуктов и технологий.

Мы верим в силу инноваций и их способность решать сложные задачи. Наша миссия — разрабатывать передовые технологии, которые не только соответствуют современным требованиям, но и предвосхищают будущее.

KEENETICA — это технологичные решения и оборудование, основанные на научных исследованиях и практическом опыте.



## LUSid waves

Лазерно-ультразвуковая диагностика — уникальный метод неразрушающего контроля, позволяющий проводить комплексные исследования материалов, деталей, изделий.

В основе лежит принцип генерации ультразвуковых волн — оптоакустический эффект, позволяющий отделить генерирующую и принимающие части излучающего устройства.

Применение оптоакустического эффекта для генерации ультразвуковых импульсов позволяет исключить мёртвую зону — принципиальный недостаток классического ультразвука, в основе генерации которого лежит пьезоэффект. Кроме того, оптоакустический принцип генерации позволяет формировать широкополосные ультразвуковые импульсы малой, субмикросекундной длительности, с высокой однородностью фронта генерируемой волны, недостижимой для пьезоэлектрических методов генерации ультразвука.

Малая длительность, широкополосность импульса и отсутствие слепой зоны качественно отличают лазерно-ультразвуковую диагностику от обычных ультразвуковых методов. Данные преимущества позволяют достигать феноменальной разрешающей способности, порядка 10 микрон, что приближает лазерно-ультразвуковой метод к рентгеновской томографии. Но в отличие от рентгеновской томографии, лазерно-ультразвуковой метод позволяет исследовать габаритные объекты, получать точные количественные, а не относительные качественные, свойственные рентгеновским методам оценки характеристик, обладает меньшей себестоимостью и безопасен для человека.

Механическая природа ультразвуковых волн в сочетании с уникальными характеристиками ультразвуковых импульсов, генерируемых за счёт оптоакустического эффекта, позволяет измерять пористость, модули упругости, механические напряжения, толщину тонких поверхностных слоёв, а также проводить характерные для ультразвуковых методов измерения толщины и скорости звука с высокой точностью. Высокая разрешающая способность открывает новые возможности в дефектоскопии и структуроскопии, позволяя исследовать объекты с микронным разрешением.

Уникальные возможности лазерно-ультразвукового метода диагностики в сочетании с современными методами обработки и визуализации данных и развитием вычислительной техники позволяет проводить комплексные исследования материалов, деталей или изделий, получать данные о структуре, дефектности и механических характеристиках во всем исследуемом объёме. Возможность применения метода лазерно-ультразвукового контроля на всем жизненном цикле изделия в сочетании с высокой детализацией получаемых данных позволяет исследовать объекты в динамике,

## KEENETICA

Широкая линейка оборудования и уникальные алгоритмы обработки данных рождает новую технологию — LUSid waves. Наша технология позволяют переосмыслить и вывести на новый уровень парадигму проектирования и изготовления уникальных изделий, требующих крайне точного соответствия расчётных и реальных характеристик.

анализировать процессы, возникающие на разных этапах жизненного цикла, что является фундаментом для построения цифрового двойника исследуемого объекта.

Для раскрытия всего потенциала лазерно-ультразвукового метода необходима разработка уникальных оптоакустических преобразователей и правильная обработка ультразвукового сигнала, позволяющая извлечь чистый сигнал от исследуемого объекта и аналитически рассчитать измеряемые величины. Разработки нашей компании основываются на результатах многолетних теоретических исследований и испытаний. За счёт этого нами разработана широкая номенклатура оптоакустических преобразователей и реализованы уникальные алгоритмы обработки сигнала, которые позволяют использовать на практике все теоретические возможности лазерно-ультразвукового метода: измерения пористости, модулей упругости, напряженного состояния, высокоточное измерение толщин и скоростей звука.

Разработки нашей компании в области автоматизированных систем перемещения позволяют исследовать объекты сложных

форм, масштабировать системы контроля на крупногабаритные изделия.

Современный уровень развития вычислительной техники и технологий искусственного интеллекта позволяет достигать феноменальных результатов в области автоматизированной обработки данных. Наша компания предлагает уникальный подход к анализу данных лазерно-ультразвуковых исследований на основе методов машинного обучения и нейронных сетей, что существенно упрощает монотонные задачи контроля и диагностики, позволяет получить экспертную оценку без участия человека.



# ПОЧЕМУ ВЫБИРАЮТ НАС?

При решении задач заказчика мы ориентируемся, в первую очередь, на повышении эффективности работы предприятия после внедрения наших инноваций за счет:

- **Интеграции самых современных средств производства.**  
Роботизированные руки, автоматические платформы, средства автоматизации контроля качества и дозирования применяемых материалов и др.
- **Аудита и внедрения технологических изменений в процесс производства изделий и применяемых материалов.**  
Подбор и разработка оптимальных технологических операций и новых видов материалов.
- **Моделирования и расчета будущих изменений и их влияния на снижение себестоимости, объема капитальных вложений, автоматизацию процессов и повышения качества выпускаемой продукции.**

Наша задача — найти наиболее оптимальный для заказчика баланс предлагаемых внедрений.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Оборудование и ПО:

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ЛУС-01 лазерно-ультразвуковой дефектоскоп .....      | 10 |
| УДЛ-2М дефектоскоп с математической обработкой ..... | 12 |
| сигналов по методу деконволюции                      |    |
| Конкурентные преимущества .....                      | 14 |
| Преобразователи .....                                | 16 |
| Многоканальные системы .....                         | 19 |
| Программный комплекс KeenetiX .....                  | 22 |

## Автоматизация измерений:

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Полуавтоматический преобразователь .....   | 30 |
| с ленточным генератором                    |    |
| Одномерная система перемещения .....       | 30 |
| Двухмерная система перемещения .....       | 30 |
| Трехмерная система перемещения .....       | 31 |
| Роботизированная система перемещения ..... | 31 |

## Примеры исследований:

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Контроль паяных соединений .....                             | 32 |
| Исследование стеклопластика .....                            | 33 |
| Исследование зубчатого венца из капролона .....              | 34 |
| УЗК полупроводников .....                                    | 35 |
| Контроль поверхностных напряжений .....                      | 36 |
| Контроль лонжерона из композитного материала .....           | 37 |
| Контроль адгезии металлической кромки .....                  | 38 |
| Контроль разориентации зерен в материале ножки лопатки ..... | 39 |
| Контроль качества пайки лопаток .....                        | 40 |



# ОБОРУДОВАНИЕ

Лазерно-ультразвуковая  
структуроскопия





# ЛУС-01

Мобильный лазерно-ультразвуковой дефектоскоп с математической обработкой сигналов по методу деконволюции.



## Описание

В результате симбиоза технологий, не имеющих аналогов в мире, в приборе массой до 4 кг удалось получить высочайшую разрешающую способность и качество картинки.

Технология производства широкополосных оптико-акустических преобразователей позволяет проводить контроль практически без «мертвой зоны».

Дефектоскоп позволяет строить пространственно-временные срезы – В-сканы, содержащие отображения соответствующих вариаций разверток данных исходных сигналов (А-сканов) во времени с установленным контрастом.

Дефектоскоп может работать совместно с 3х, 5ти координатной системой портального типа для построения В и С сканов, повышая точность контроля и исключая человеческий фактор.

Уникальный современный низкотемпературный сенсорный экран с цветной IPS матрицей 1024x600, великолепным

быстродействием и широким углом обзора — это наилучший выбор для проведения работ в полевых условиях на ярком солнце, а также при отрицательных температурах.

Система помощи принятия решений на базе ИИ позволяет быстро локализовать аномалии на В и С сканах и быстро принимать правильные решения в отношении объекта контроля.

## Назначение

Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп Кинетик ЛУС-01 — это мобильная версия дефектоскопа, предназначенная для измерения фазовой скорости продольных ультразвуковых волн в различных материалах (металлах, сплавах, керамике, пластмассе, композитных материалах, стеклопластике, полупроводниковых материалах), толщинометрии и дефектоскопии, измерения модулей упругости и оценки напряженных состояний изделий.

- Дефектоскопия изделий изготовленных из:
- металлов и сплавов;
  - материалов аддитивного производства;
  - полимерных и композитных материалов;

- Структуроскопия и исследование морфологии материалов:
- локальные модули упругости;
  - остаточные напряжения;
  - пористость;

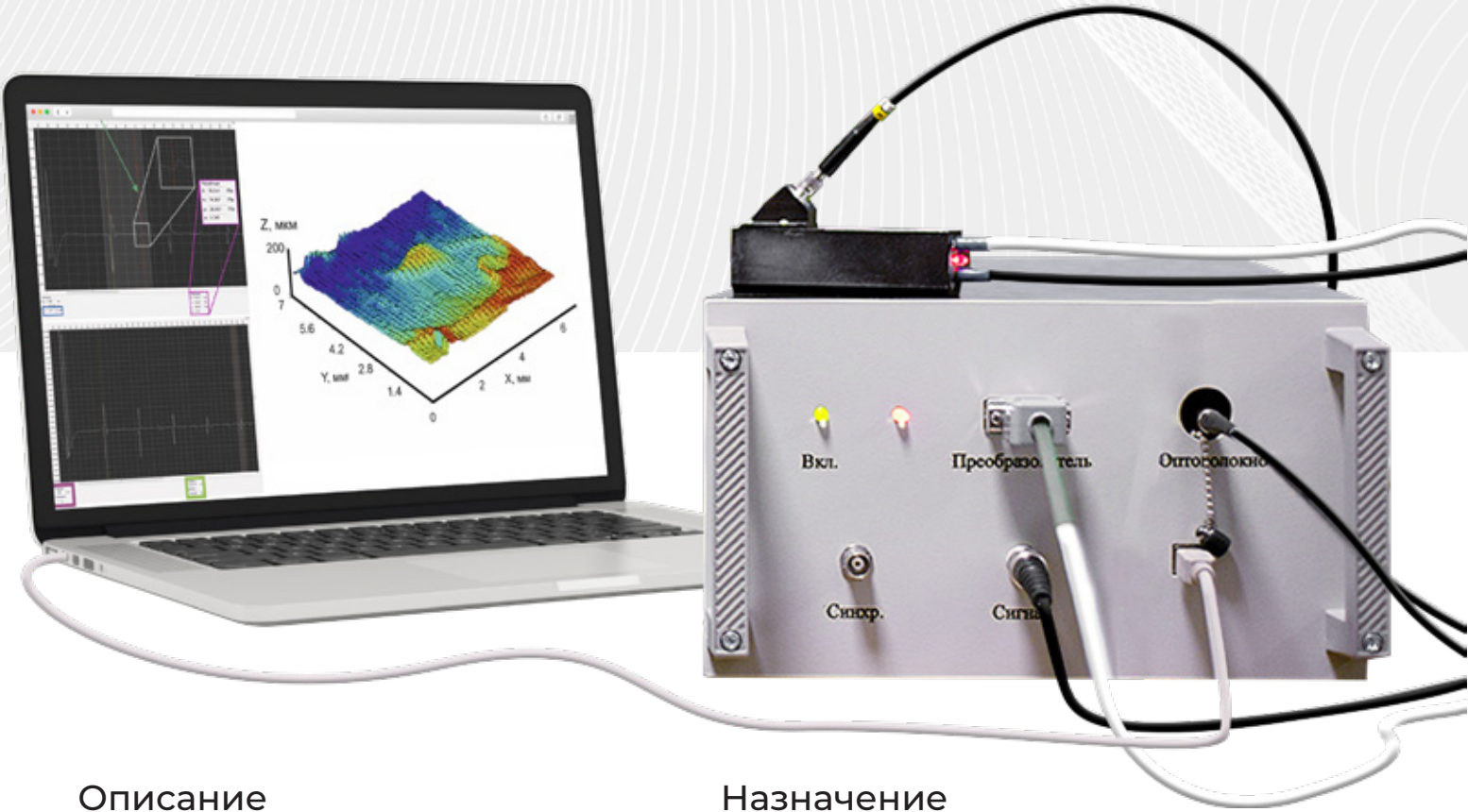
ЛУС-01 внесен в Государственный реестр средств измерений (ГРСИ РФ) под номером: 92982-24

Зарегистрирован в ГРСИ РФ как средство измерения толщины изделий и глубины залегания дефектов, временных интервалов между сигналами, отраженными от дефектов, фазовой скорости продольных ультразвуковых волн в различных материалах (металлах, сплавах, керамиках, пластмассах, композитных материалах) при одностороннем доступе к объекту контроля.

| Наименование характеристики                                                                                                                                                           | Значение                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Габаритные размеры дефектоскопа, не более                                                                                                                                             | 270x170x120 мм                                                                                         |
| Условия эксплуатации:<br>– температура окружающей среды<br>– относительная влажность воздуха при температуре +31 °С, не более                                                         | +15 .. +35°С<br>80%                                                                                    |
| Питание дефектоскопа                                                                                                                                                                  | от встроенного аккумулятора                                                                            |
| Зарядка дефектоскопа                                                                                                                                                                  | ~220 В, 50 Гц                                                                                          |
| Масса                                                                                                                                                                                 | 4,0 кг                                                                                                 |
| Рабочая полоса частот                                                                                                                                                                 | 0,1-20 МГц                                                                                             |
| Частота повторения зондирующих импульсов                                                                                                                                              | 1,0 ±0,01 кГц                                                                                          |
| Производительность                                                                                                                                                                    | Не менее 5 измерений в сек                                                                             |
| Диапазон измерений скорости распространения продольных ультразвуковых волн                                                                                                            | 2000 .. 7000 м/с                                                                                       |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости распространения продольных ультразвуковых волн                                                                       | ±1%                                                                                                    |
| Диапазон измерений временных интервалов                                                                                                                                               | 0,02 .. 35 мкс                                                                                         |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов                                                                                                             | ±15 нс                                                                                                 |
| Диапазон измерений толщины и/или глубины залегания дефектов (по стали)                                                                                                                | 0,1 .. 180 мм                                                                                          |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины и/или глубины залегания дефектов (по стали), мм<br>- в диапазоне от 0,1 до 90 мм включ<br>- в диапазоне св. 90 до 180 мм | ±(0,03+0,0015·Н)<br>±(0,01·Н)<br>где Н – измеренное значение толщины или глубины залегания дефекта, мм |
| Диаметр ультразвукового пучка                                                                                                                                                         | 3-4 мм                                                                                                 |
| Мобильность                                                                                                                                                                           | переносной                                                                                             |

# УДЛ-2М

Стационарный лазерно-ультразвуковой дефектоскоп с математической обработкой сигналов по методу деконволюции.



## Описание

В результате симбиоза технологий, не имеющих аналогов в мире, удалось получить высочайшую разрешающую способность и качество картинки.

Технология производства широкополосных оптико-акустических преобразователей позволяет проводить контроль практически без «мертвой зоны».

Дефектоскоп позволяет строить пространственно-временные срезы – В-сканы, содержащие отображения соответствующих вариаций разверток данных исходных сигналов (А-сканов) во времени с установленным контрастом.

Дефектоскоп может работать совместно с 3х, 5ти координатной системой портального типа для построения В и С сканов, повышая точность контроля и исключая человеческий фактор.

Система помощи принятия решений на базе ИИ позволяет быстро локализовать аномалии на В и С сканах и быстро принимать правильные решения в отношении объекта контроля.

## Назначение

Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп, модель УДЛ-2М — это стационарная версия дефектоскопа, предназначенная для прецизионных измерений фазовой скорости продольных ультразвуковых волн в различных материалах (металлах, сплавах, керамиках, пластмассах, композитных материалах, стеклопластике, полупроводниковых материалах) толщинометрии и дефектоскопии, измерения модулей упругости и оценки напряженных состояний изделий.

Предназначены для решения задач по неразрушающему контролю и дефектоскопии структуры деталей и изделий из металлов и полимерных композиционных материалов.

Выявления пор, микротрещин, непроклеев и иных дефектов материала, с цифровым сохранением результатов контроля и возможностью постпроцессинга полученных данных.

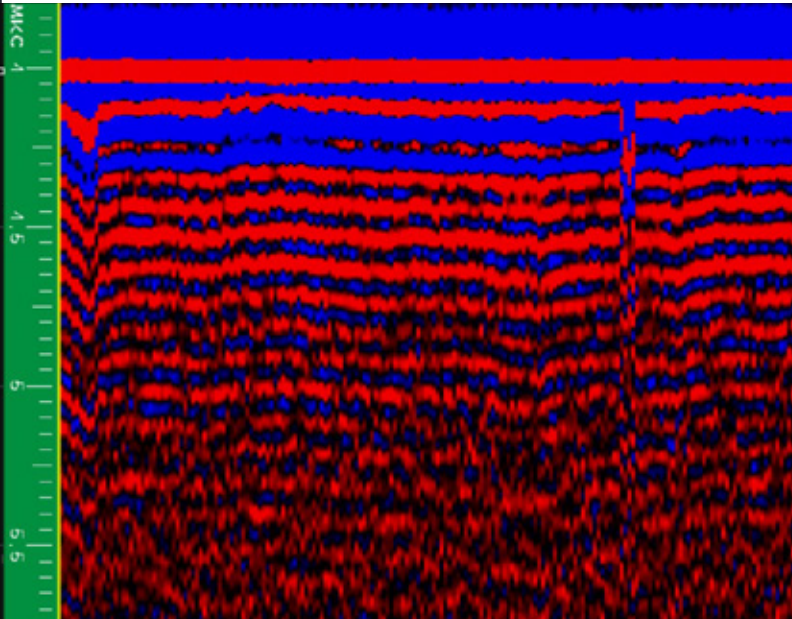
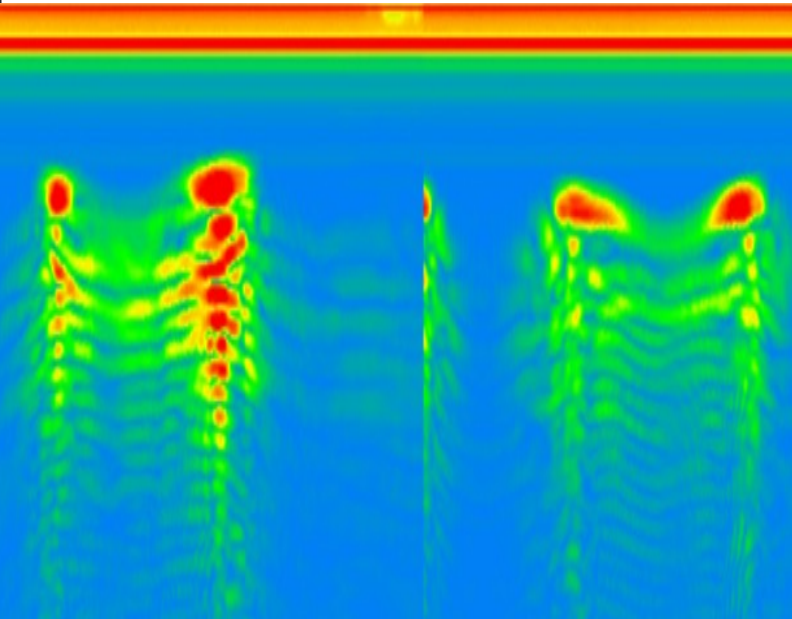
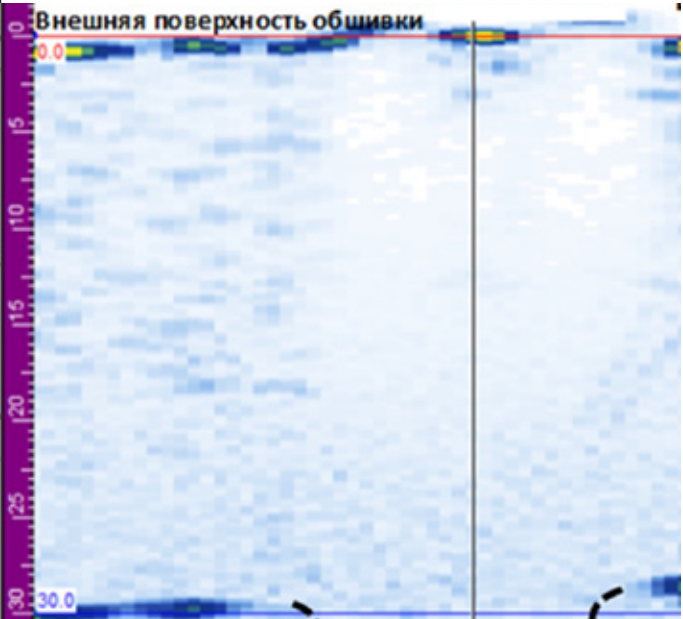
УДЛ-2М внесен в Государственный реестр средств измерений (ГРСИ РФ) под номером: 35094-07

Зарегистрирован в ГРСИ РФ как средство прецизионных измерений скорости продольных ультразвуковых волн в образцах различных конструкционных материалов (металлов, сплавов, керамик, пластмасс, композитных материалов) при одностороннем доступе к объекту контроля, область применения: машиностроение, авиакосмическая промышленность, энергетика.

| Наименование характеристики                                                                                                   | Значение                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Диапазон частот, МГц                                                                                                          | От 0,1 до 15                                 |
| Диапазон толщин объектов контроля, мм                                                                                         | От 0,1 до 100                                |
| Диапазон измеряемых значений скорости ультразвука, м/с                                                                        | От 0,1*10 <sup>3</sup> до 99*10 <sup>3</sup> |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерения скорости ультразвука, %                                               | ±3                                           |
| Пределы допускаемого относительного СКО случайной составляющей погрешности дефектоскопа при измерении скорости ультразвука, % | ±0,05                                        |
| Диаметр ультразвукового пучка, мм                                                                                             | От 3 до 4                                    |
| Частота повторения импульсов, кГц, не менее                                                                                   | 0,5                                          |
| Производительность, измерение в сек, не менее                                                                                 | 5                                            |
| Габаритные размеры, длина x высота x ширина, мм, не более                                                                     | 435 x 135 x 305                              |
| Масса электронного блока дефектоскопа, кг, не более                                                                           | 25                                           |
| Рабочий температурный диапазон, °C                                                                                            | От +15 до +35                                |
| Относительная влажность, %                                                                                                    | От 50 до 80                                  |
| Электропитание                                                                                                                |                                              |
| - напряжение, В                                                                                                               | ~ 220 (+22 -33)                              |
| - частота, Гц                                                                                                                 | 50±1,25                                      |
| Потребляемая мощность, Вт, не более                                                                                           | 250                                          |
| Мобильность                                                                                                                   | стационарный                                 |



# КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

| Параметры                                                                                        | ЛУС-01                                                                               | УСД-60Н                                                                               | Omniscan                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Мертвая зона преобразователя                                                                     | —                                                                                    | +                                                                                     | +                                                                                     |
| Разрешение сканирования от 10 мкм                                                                | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Исследование напряженных состояний с точностью 0,1%                                              | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Возможность диагностики иммерсионным способом                                                    | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Программное обеспечение на основе собственных математических моделей                             | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Использование ИИ для детекции и классификации неоднородностей и дефектов в автоматическом режиме | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Возможность создания реального цифрового двойника изделия для контроля его жизненного цикла      | +                                                                                    | —                                                                                     | —                                                                                     |
| Качество отображаемой структуры композитного материала                                           |  |  |  |



# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

## Измерение скорости ультразвука с высокой точностью



### ПЛУ-6П-02

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 0.1-6 МГц  
Разрешение по глубине ..... 0.1 мм  
Мертвая зона ..... отсутствует  
Мин. размер дефекта ..... 0.3 мм  
Ширина пучка ..... 0.4 мм

### Применение

Измерение скорости ультразвука  
с высокой точностью.  
Получение полного набора упругих модулей.  
Толщина покрытий, слоев, коррозии.



### ПЛУ-60П-04

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 0.1-60 МГц  
Разрешение по глубине ..... 0.1 мм  
Мертвая зона ..... отсутствует  
Мин. размер дефекта ..... 0.1 мм  
Ширина пучка ..... 0.1 мм

### Применение

Измерение скорости ультразвука  
с высокой точностью.  
Толщина покрытий, слоев, коррозии  
для тонких образцов.

### ПЛУ-6Н-02

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Конфигурация изл./приемн. .... раздельная  
Полоса частот ..... 0.1-6 МГц  
Мин. размер дефекта ..... 20-40 мм  
Макс. толщина образца ..... 0.3 мм  
Ширина пучка ..... 3 мм

### Применение

Качество сварки трением.  
Адгезия.  
Непроклей.  
Трещины.



### ПЛУ-12У-01

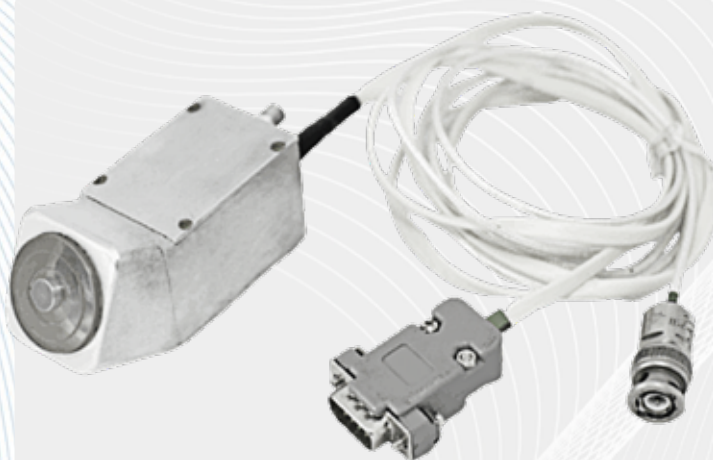
Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 0.1-12 МГц  
Мин. размер дефекта ..... 0.2 мм  
Макс. толщина образца ..... 10 мм  
Ширина пучка ..... 2 мм

### Применение

Толщина покрытий, слоев, коррозии  
малых образцов и труднодоступных зон.  
Адгезия.  
Непроклей.  
Трещины.







### ПЛУ-60П-03

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 0.1-100 МГц  
Конфигурация ..... плоский  
Разрешение по глубине ..... 30 мкм  
Мертвая зона ..... отсутствует

### Применение

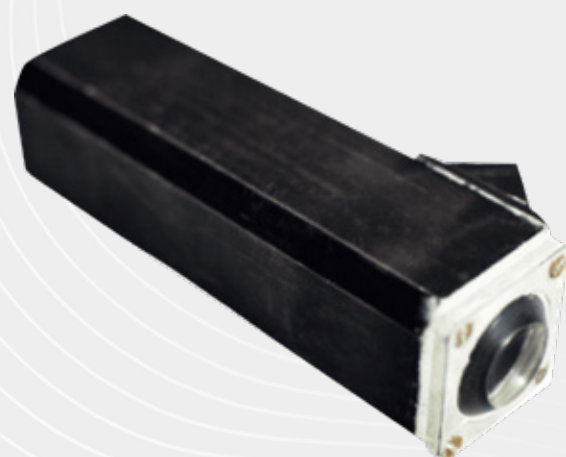
Распределение остаточных напряжений.  
Толщина покрытий.  
Адгезия.

### ПЛУ-10Т-01

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 1-10 МГц  
Конфигурация изл./приемн. .... раздельная  
Глубина исследования ..... 0.3 мм  
Ширина пучка ..... 2 мм

### Применение

Объединяет лазерное возбуждение волны.  
Рэля и пьезоэлектрическую регистрацию  
с сухим точечным контактом.  
Распределение остаточных напряжений,



### ПЛУ-6Ф-01

Тип измерений ..... контактный  
Метод измерений ..... ручной  
Полоса частот ..... 0.1-60 МГц  
Разрешение по глубине ..... 0.1 мм  
Мертвая зона ..... отсутствует  
Мин. размер дефекта ..... 0.1 мм  
Ширина пучка ..... 0.1 мм

### Применение

Высокоточное исследование геометрии  
малых образцов.  
Дефектоскопия малых образцов.  
Профилометрия.  
3D ультразвуковая структуроскопия.



### 16-канальная решетка преобразователей

Тип измерений ..... иммерсионный  
Метод измерений ..... автоматический  
Полоса частот ..... 0.1-20 МГц  
Форма пучка ..... 0.1 мм  
Мертвая зона ..... фокусированный  
Разрешение по глубине ..... 0.1 мм  
Ширина пучка ..... 0.1 мм

### Применение

2D оптико-акустическая томография  
в реальном времени биологических  
объектов (поражения, визуализация  
сосудов, диагностика рака груди).  
2D лазерная ультразвуковая томография в  
реальном времени биологических объектов.

### 16-канальный лазерно-ультразвуковой сканер

Тип измерений ..... иммерсионный  
Метод измерений ..... автоматический  
Конфигурация ..... плоский  
Полоса частот ..... 0.1-6 МГц  
Разрешение по глубине ..... 0.1 мм

### Применение

Расслоения, микротрещины,  
инородные включения.  
Два высокоскоростных 8-канальных АЦП  
позволяют проводить измерения в реальном  
времени и обеспечивают обратную связь  
для отслеживания геометрии объекта.





# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

для управления приборами лазерно-  
ультразвуковой дефектоскопии





# KeenetiX

KeenetiX – программный комплекс для управления приборами лазерно-ультразвуковой (ЛУ) дефектоскопии, визуализации и анализа результатов ЛУ исследований.

Программный комплекс состоит из модулей управления устройствами, обработки и визуализации, интеллектуального анализа на основе методов машинного обучения, модуля для накопления результатов ЛУ исследований, модуля аналитических расчётов. Модули в совокупности образуют программный комплекс.

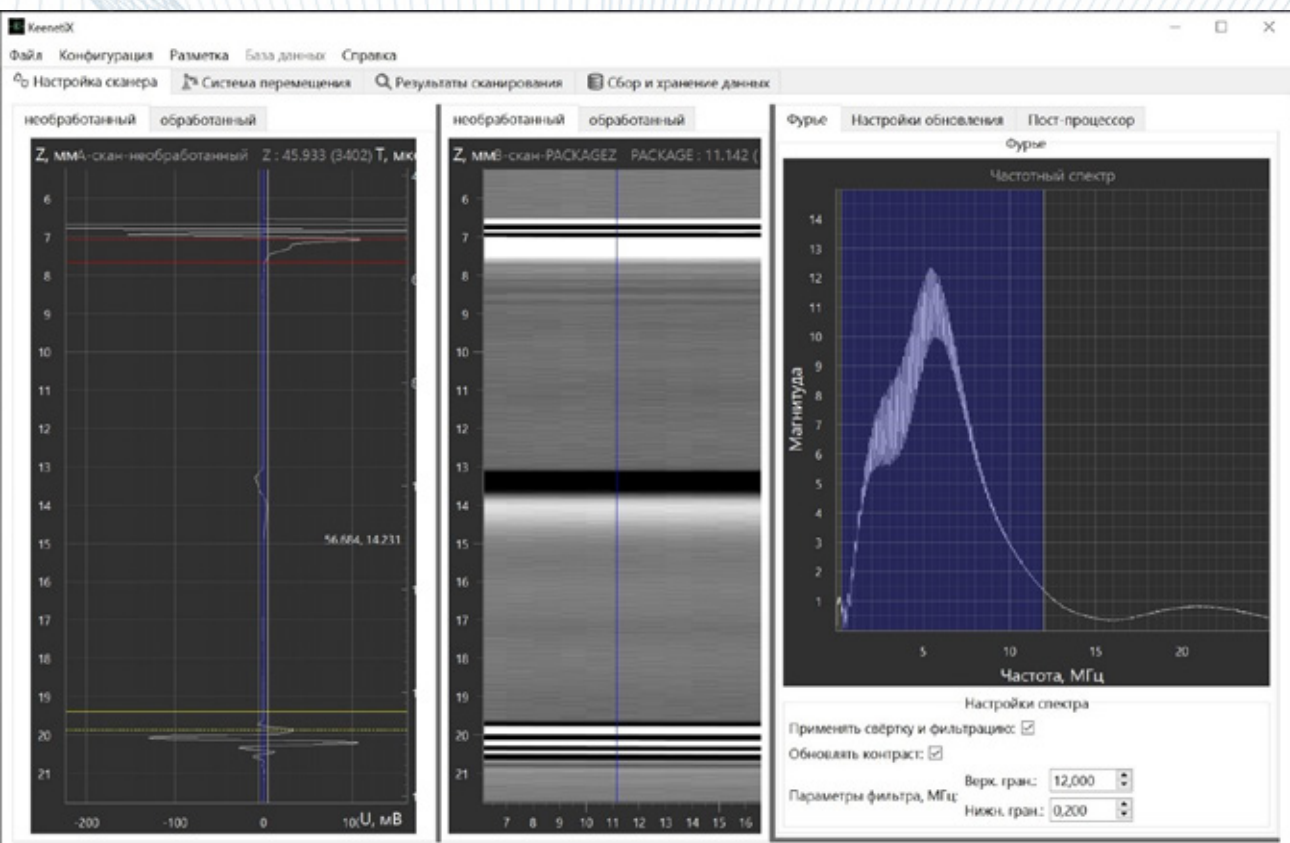
**Издание Core** – основной, необходимый для ручной дефектоскопии функционал, позволяющий управлять дефектоскопами, проводить исследования в ручном режиме и просматривать результаты в виде А-сканов и В-сканов от времени, производить измерения скорости звука и толщины в ручном режиме и выполнять разметку В-сканов.

**Издание Auto** содержит функционал издания Core, а также модуль управления автоматизированными системами перемещения.

Программный комплекс KeenetiX распространяется в трех различных изданиях: Core, Auto, Pro, отличающихся функционалом (набором модулей). Функционал изданий расширяется от Core к Pro – издание Auto содержит функционал Core, издание Pro содержит функционал Auto.

Издание Auto позволяет исследовать изделия в автоматическом режиме, строить В- и С-сканы объектов в выбранной системе координат.

**Издание Pro** предлагает функционал издания Auto, а также модуль СППР, модуль базы данных и модуль аналитики, также для издания Pro доступно ускорение вычислений с помощью графического процессора Nvidia (CUDA).



## CORE

Модуль дефектоскопии

## AUTO

Модуль дефектоскопии

Модуль управления системами перемещения

## PRO

Модуль дефектоскопии

Модуль управления системами перемещения

### Модуль СППР

Модели распознавания и классификации объектов

### Модуль БД

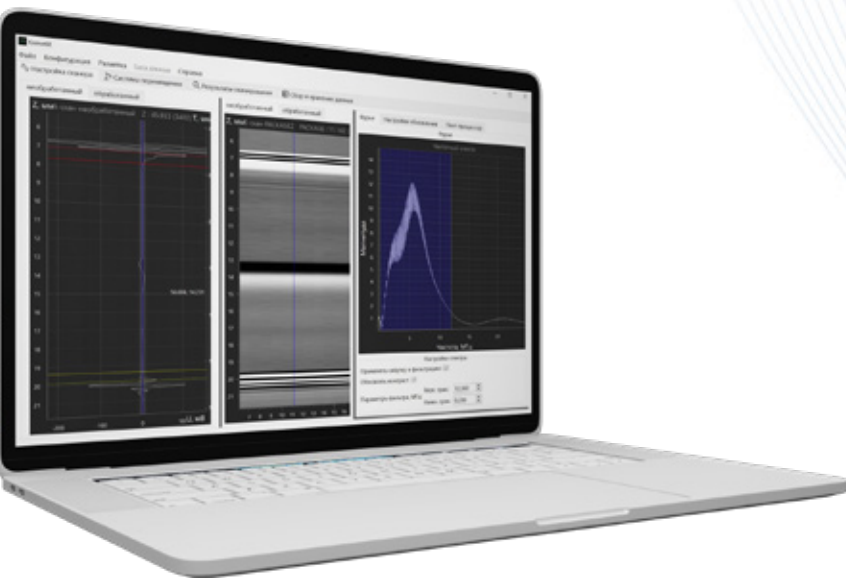
Накопление больших объемов данных

### Модуль аналитики

Аналитические расчёты и построения карт скоростей звука, толщин, пористости, модулей упругости, напряженного состояния

### Технология CUDA

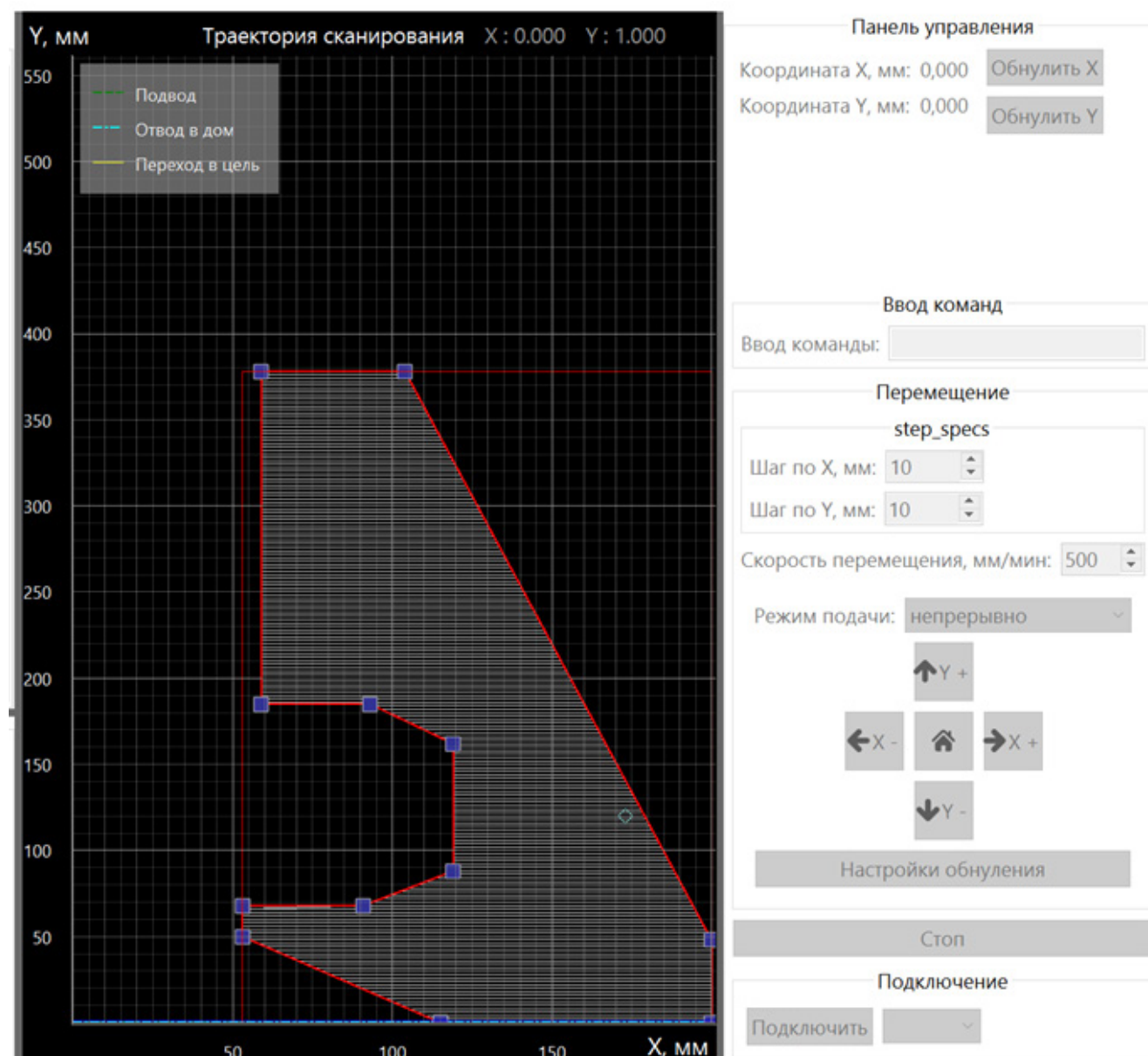
Ускорение расчётов и машинного обучения  
Опционально



## Модуль дефектоскопии

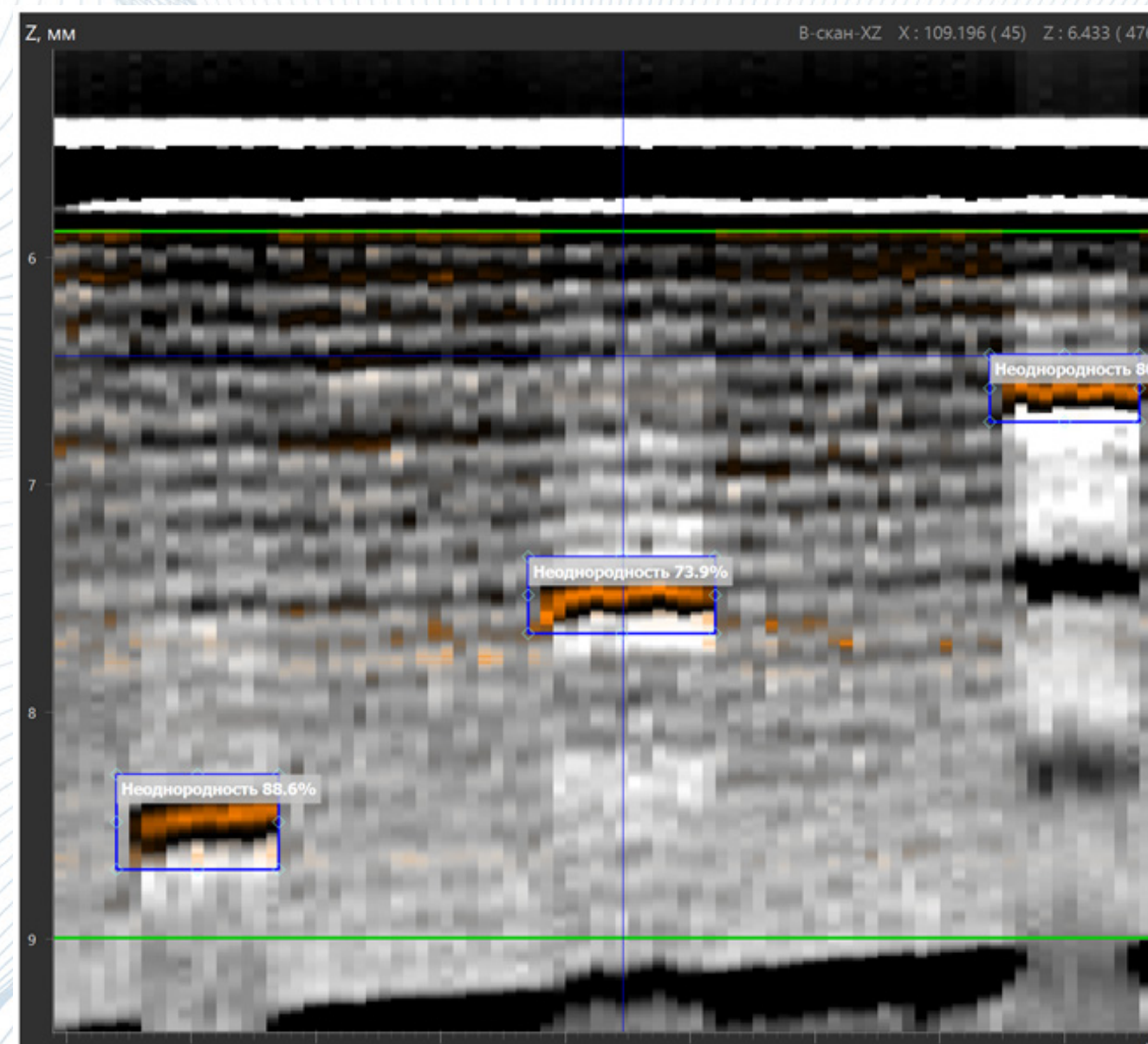
Основа программного комплекса KeenetiX – базовый модуль контроля и управления дефектоскопами, а также визуализации результатов ЛУ исследований (издание Core). Данный модуль является основой всех изданий. В базовом модуле реализован функционал, позволяющий размечать зоны на результатах сканирования, отмечать дефекты, элементы структуры, а также измерять геометрические параметры размеченных зон. В базовом модуле реализованы инструменты для измерения скорости звука и толщины в точке (анализ А-скана).





## Модуль системы перемещения

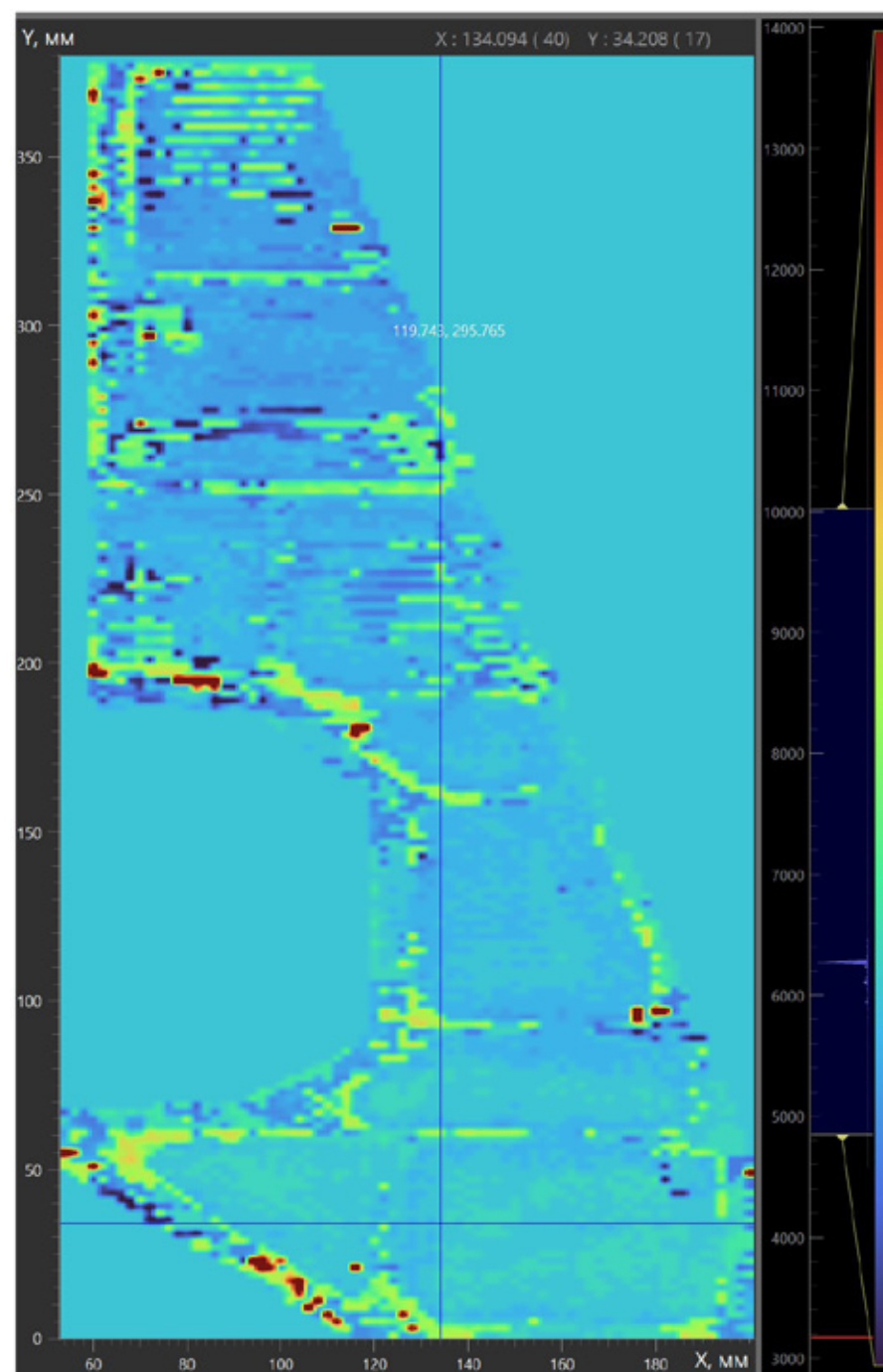
Данный модуль предназначен для управления системами перемещения (манипуляторами). Интерфейс модуля позволяет настраивать тип системы координат, выполнять базирование системы координат манипулятора, задавать траекторию перемещения сканирующей головки, а также получать статистику и визуализацию движения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



## Модуль СППР

Система помощи принятия решений (СППР) позволяет анализировать результаты ЛУ исследований с использованием методов машинного обучения. Данный модуль позволяет применять модели, обученные на обнаружение и классификацию различных классов объектов, встречающихся в результатах ЛУ исследований. Подготовка, обучение и оптимизация таких моделей может быть выполнена нашей компанией отдельно. Также в данном модуле реализованы самообучаемые модели для идентификации аномалий в результатах ЛУ исследований.





## Модуль аналитики

Данный модуль позволяет выполнять аналитические расчёты на основе результатов ЛУ исследований. Модуль позволяет рассчитывать в автоматическом режиме скорости звука, пористость, модули упругости во всём объёме исследованного образца. Также данный модуль позволяет проводить визуализацию результатов аналитических расчётов: строить карты скоростей звука, механических напряжений, модулей упругости, пористости, толщины.

## Модуль базы данных

Представление данных результатов в виде базы данных позволяет обеспечить целостность данных, реализовать резервное копирование данных, позволяет работать с результатами исследований в многопользовательском режиме. Структура БД может быть дополнена необходимыми полями и атрибутами, значимыми в конкретном контексте исследований. Модуль БД позволяет накапливать большие объёмы данных и собирать аналитику в поточном производстве.

На основе полученных с помощью данного модуля данных и разметки наша компания может разработать модель для модуля СППР. При этом модули СППР и базы данных не являются зависимыми, но совместное использование модулей СППР и базы данных позволяет максимально эффективно применять методы машинного обучения для анализа данных ЛУ контроля и диагностики.

## Ускорение расчётов с помощью графического процессора

Применение технологии CUDA позволяет ускорить выполнения всех ресурсоёмких операций, требующих большого количества вычислений. К таким операциям относятся фильтрация УЗ сигнала, применение моделей СППР, аналитические расчёты. Для использования технологии CUDA необходимо наличие графического процессора Nvidia, поддерживающей технологию CUDA, а также корректной версии драйверов графического процессора и пакета CUDA Toolkit.

KeenetiX предлагает комплексное решение для ЛУ дефектоскопии, обеспечивая высокую точность и надёжность анализа. Благодаря модульной структуре и поддержке современных технологий, таких как машинное обучение, CUDA, KeenetiX является идеальным выбором для предприятий, стремящихся к достижению прорывных результатов.



# АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Высокая точность перемещений  
и автоматизация сканирования



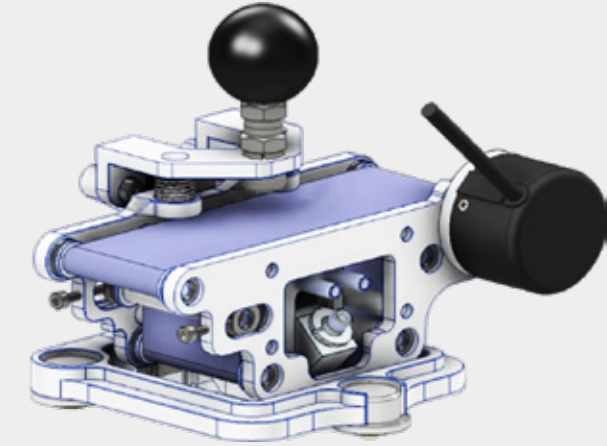
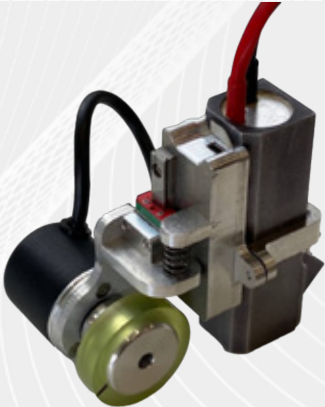


При промышленном использовании систем неразрушающего контроля есть необходимость автоматизировать процесс измерений. Для объектов большой площади также необходимо увеличивать скорость сканирования.

Высокая точность перемещений и автоматизация сканирования обеспечиваются использованием портальной системы позиционирования с программируемыми контроллерами.

**Одномерная система перемещения**

Количество измерений системы позиционирования .....1D  
Макс.размер объекта ..... не ограничен  
Точность позиционирования .....0.1 мм  
Макс. скорость перемещения ..... 20 мм/с

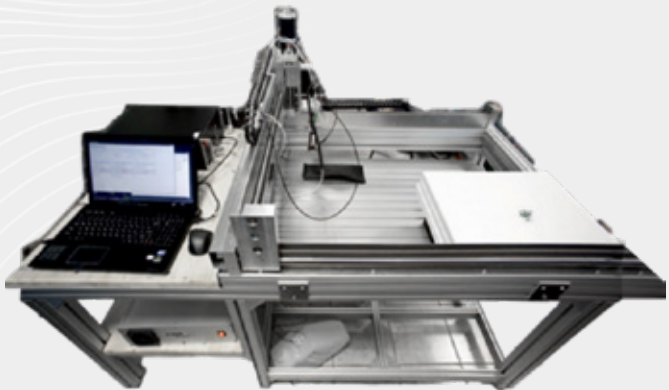


**Полуавтоматический преобразователь с ленточным генератором**

Количество измерений системы позиционирования ..... 1D  
Макс. размер объекта ..... не ограничен  
Точность позиционирования ..... 0.05 мм  
Макс. скорость перемещения ..... 50 мм/с

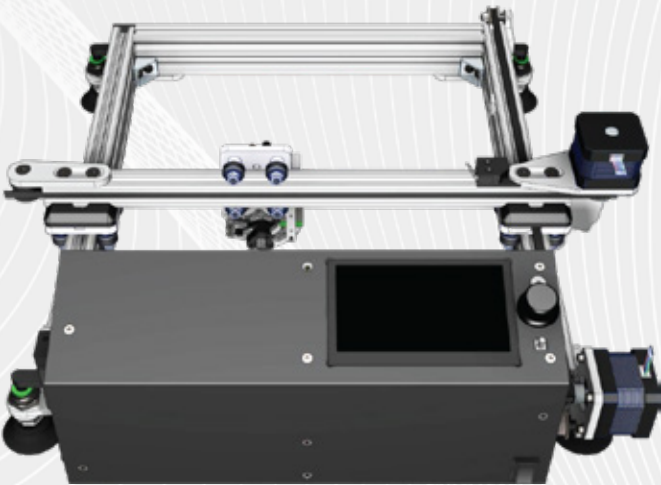
**Трехмерная система перемещения**

Количество измерений системы позиционирования ..... 3D  
Максимальный размер объекта .....0.7 x 0.8 x 0.1 м  
Точность позиционирования по каждой оси .....0.1 мм  
Макс. скорость перемещения ..... 2 мм/с



**Двухмерная система перемещения**

Количество измерений системы позиционирования ..... 2D  
Макс. размер объекта.....0.2x0.2 м  
Точность позиционирования.....0.1 мм  
Макс. скорость перемещения ..... 50 мм/с

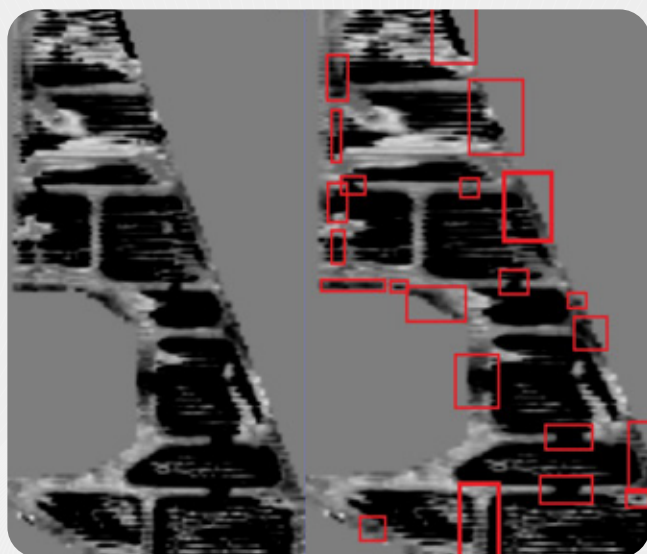


**Роботизированная система**

Количество измерений системы позиционирования ..... 6D  
Максимальный радиус действия..... 1000 мм  
Точность позиционирования..... 0.2 мм  
Макс. скорость перемещения ..... 2 мм/с



# ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



## Контроль паяных соединений

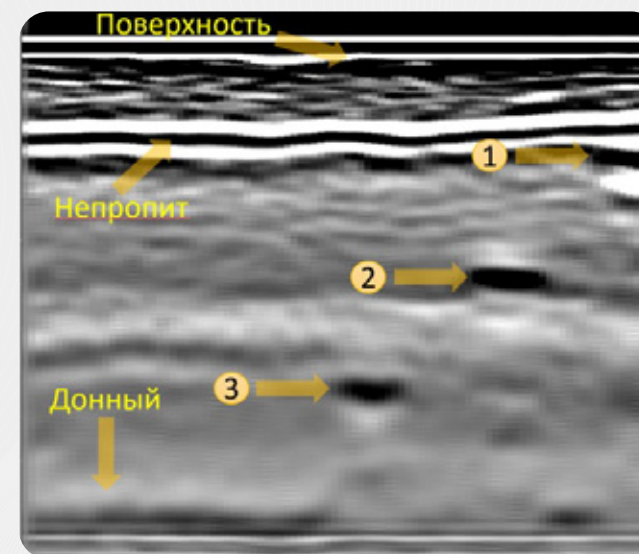
Объект контроля — паяная конструкция из фрезерованного наполнителя и оболочек из титана.

Задача — поиск зон с дефектной пайкой на глубине 1 мм.

Метод эхо-импульсный, контактный.

Оборудование — ЛУС-01, преобразователь ПЛУ-6П-02, двухмерная система перемещения.

Результат — обнаружены зоны с полным непропаем и места с дефектной пайкой.



## Исследование стеклопластика

Объект контроля — образец из стеклопластика с плоскодонными отверстиями на разных глубинах.

Задача — толщинометрия и обнаружение плоскодонных отверстий.

Метод эхо-импульсный, контактный.

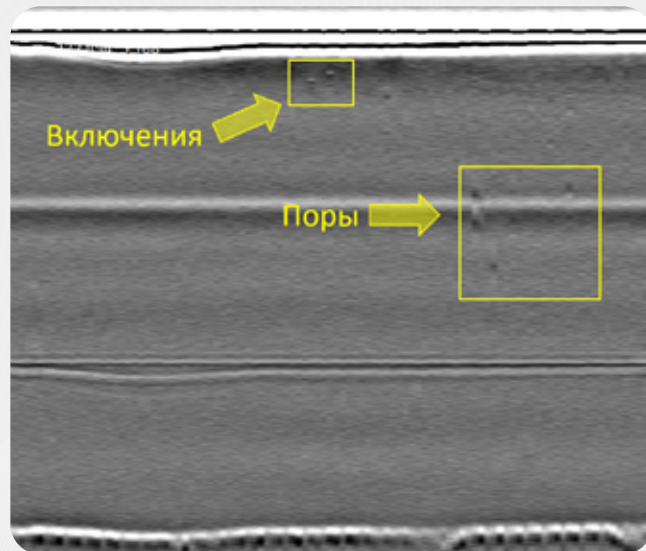
Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02, двухмерная система перемещения.

Результат — подтверждена возможность толщинометрии стеклопластика, обнаружены плоскодонные отверстия 1-3, а также непропитанный слой стеклоткани.





# ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



## Исследование зубчатого венца из капролона

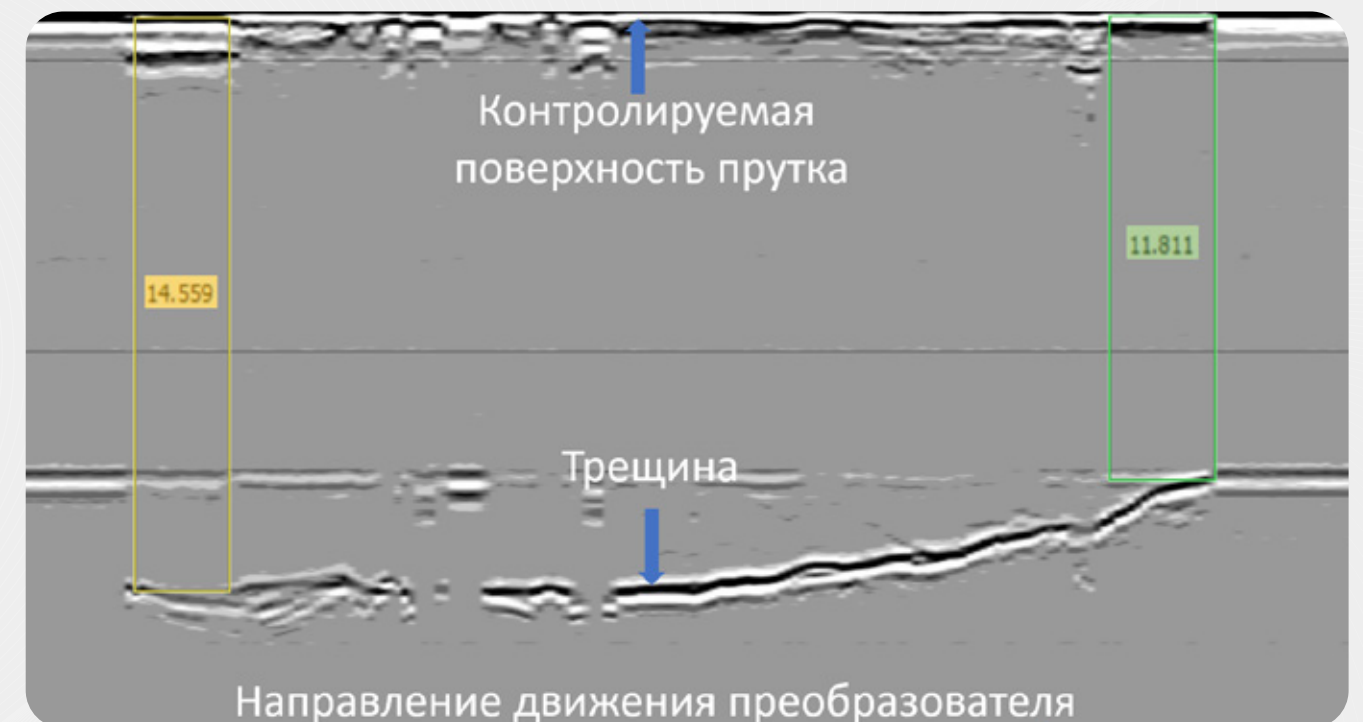
Объект контроля — зубчатый венец из капролона.

Задача — ультразвуковой контроль на наличие неоднородностей.

Метод эхо-импульсный, контактный.

Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02, трехмерная система перемещения.

Результат — обнаружены неоднородности в виде включений и пор.



## УЗК полупроводников

Объект контроля — прутки из полупроводникового материала на основе теллурида висмута.

Задача — ультразвуковой контроль на наличие трещин.

Метод эхо-импульсный, контактный, ручной.

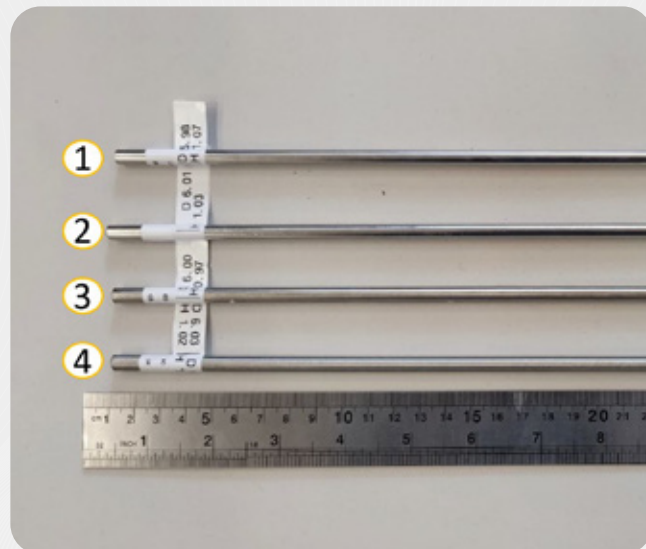
Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02.

Результат — обнаружена трещина.





# ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



## Контроль напряженных состояний

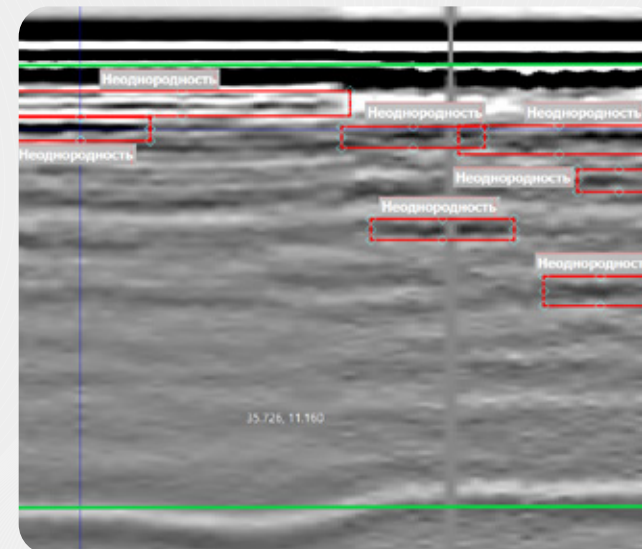
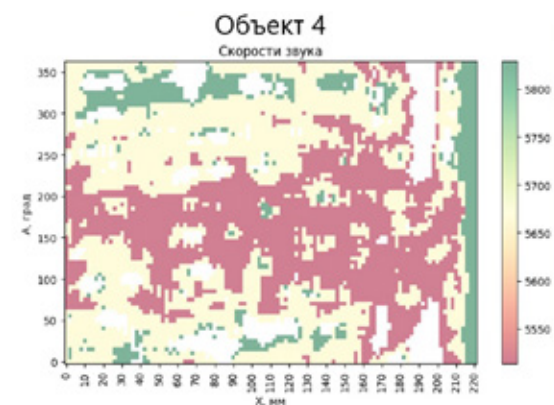
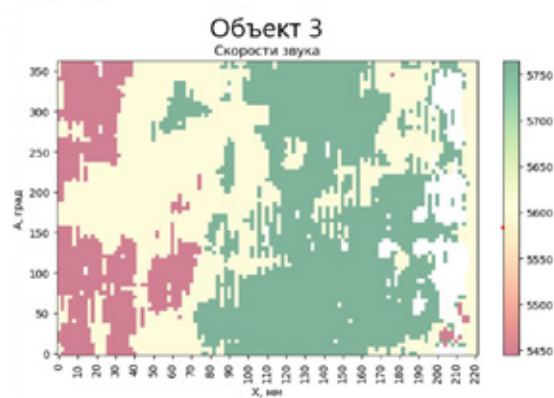
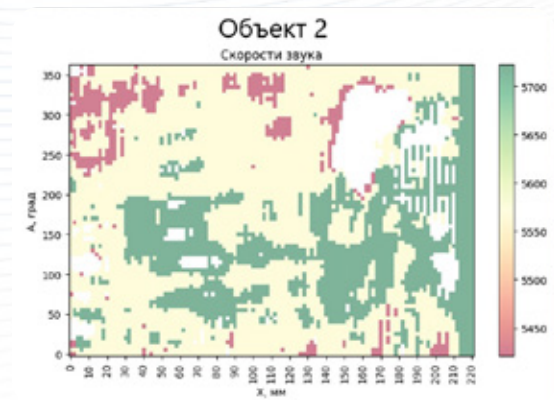
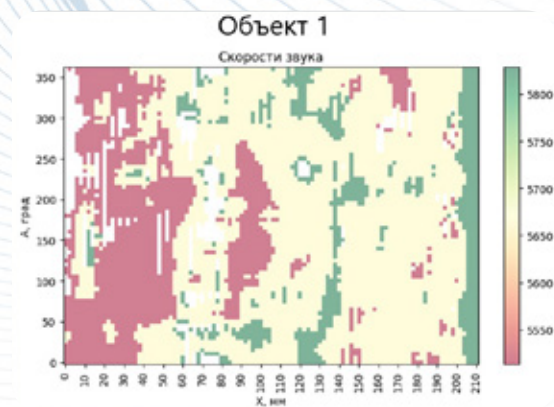
Объект контроля — полые трубки диаметром 6 мм.

Задача — контроль поверхности на наличие напряженных состояний.

Метод эхо-импульсный, контактный.

Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02, трехмерная система перемещения.

Результат — получены карты распределения скоростей УЗ по образцам, по отклонению скоростей УЗ от средней по образцу можно судить о наличии напряженных состояний.



## УЗК лонжерона из композитного материала

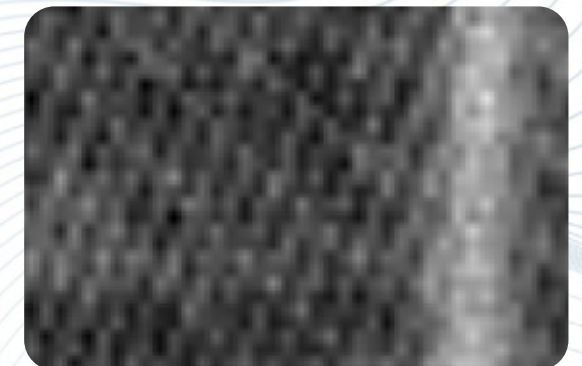
Объект контроля — лонжерон из композитного материала на основе углепластика.

Задача — исследование структуры материала.

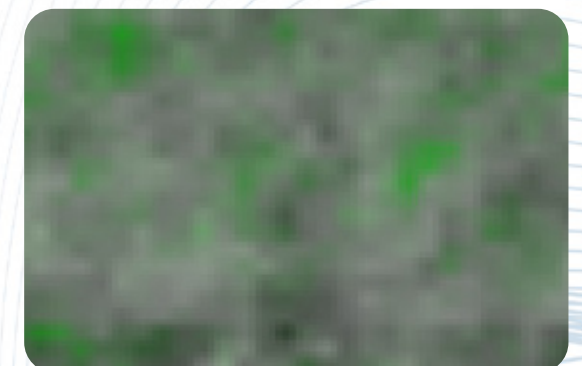
Метод эхо-импульсный, контактный.

Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02, двухмерная система перемещения.

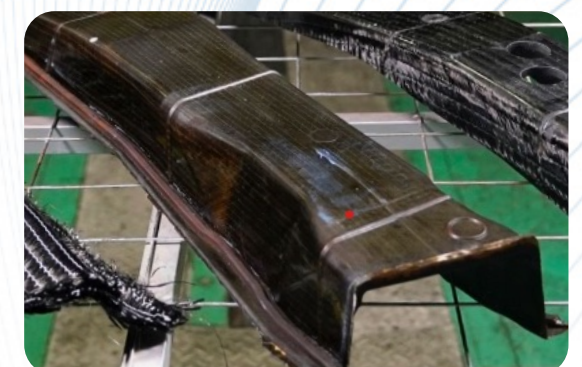
Результат — обнаружены зоны с локальным избытком связующего.



Структура плетения внутри композита



Результат работы алгоритма автопоиска дефектов (избытка связующего)





# ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



Контроль адгезии металлической кромки к турбинной лопатке из композитного материала

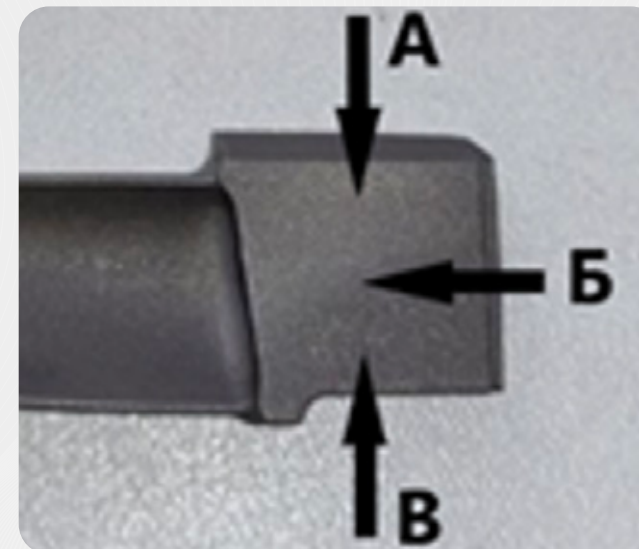
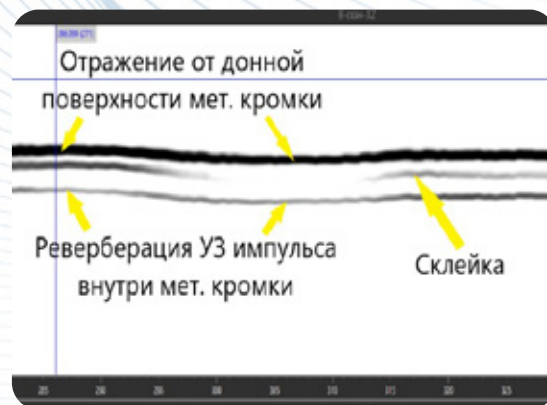
Объект контроля — турбинная лопатка из композитного материала на основе углепластика с приклеенной металлической кромкой.

Задача — контроль адгезии (поиск непроклея).

Метод эхо-импульсный, контактный, ручной.

Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02.

Результат — обнаружен заложенный дефект в виде прослойки фторопласта, имитирующей непроклея.



Исследование турбинной лопатки

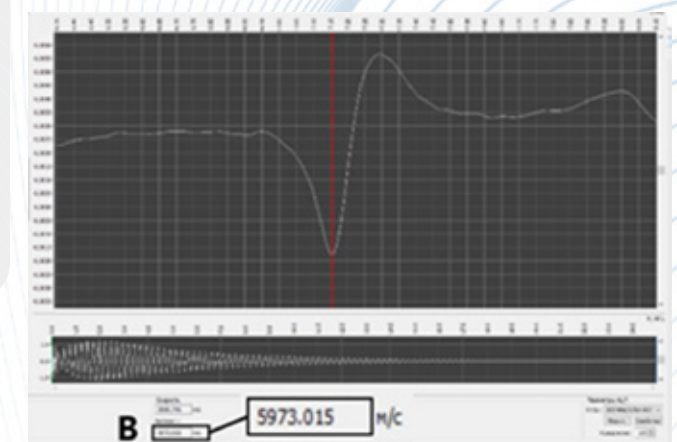
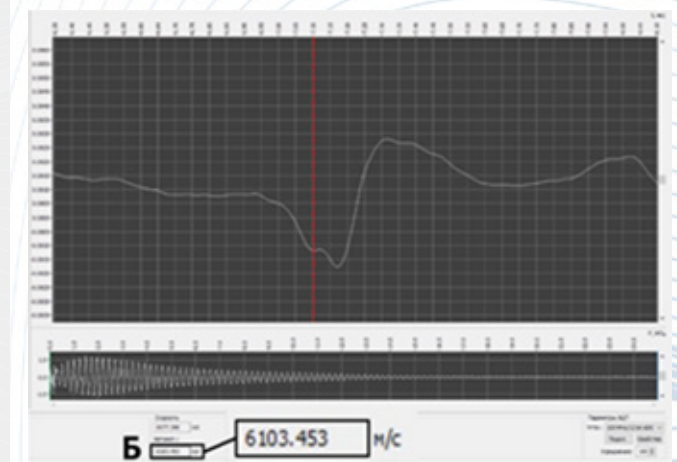
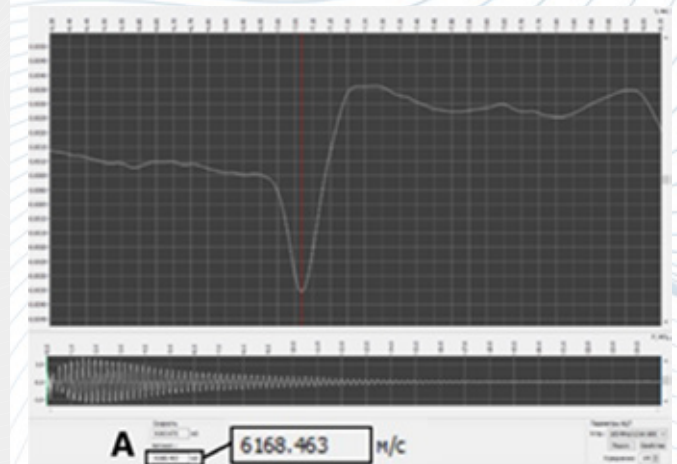
Объект контроля — турбинная лопатка из сплава ЖС32.

Задача — измерение скорости УЗ в материале образца.

Метод эхо-импульсный, контактный, ручной.

Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02.

Результат — при измерении скоростей УЗ в материале лопатки в зоне В обнаружено значительное снижение скорости УЗ, что может говорить об разориентации зерен металла.





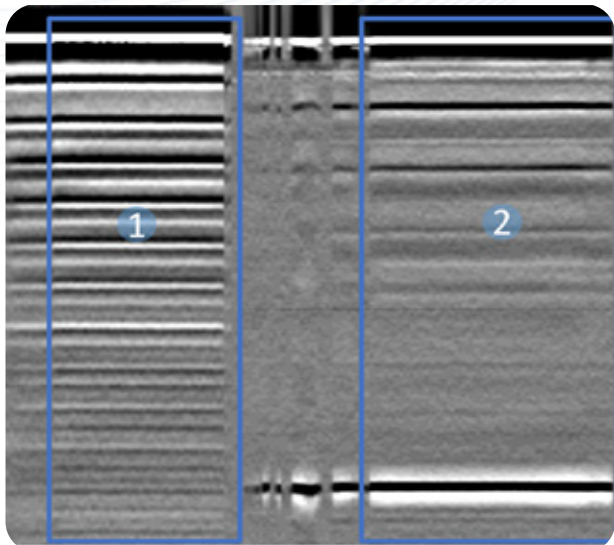
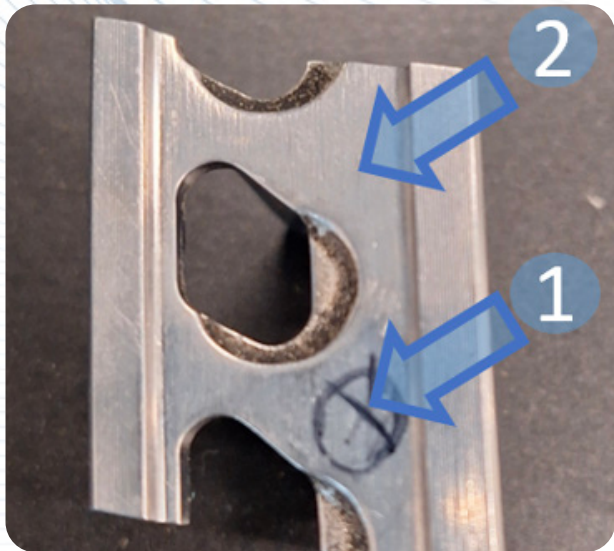
# ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДЛЯ ЗАМЕТОК



Контроль качества  
пайки лопаток

Объект контроля — турбинная лопатка.  
Задача — поиск дефектной пайки.  
Метод эхо-импульсный, контактный,  
ручной.  
Оборудование — ЛУС-01, ПЛУ-6П-02.  
Результат — обнаружен непропай  
в точке 1, в точке 2 пайка в норме.











keenetica.ru

+7 (925) 000-444-3

info@keenetica.ru

г. Москва, ул. Лефортовский вал, д.26