

ПОРТАТИВНЫЙ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП

Авторы: Быченко Владимир Анатольевич*
Хижняк Степан Алексеевич**
Дьячковский Евгений Иннокентьевич*
Егоров Роман Александрович*
Малый Валерий Валерьевич*

* - Учреждение науки ИКЦ СЭКТ

** - ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого»



Портативный лазерно-ультразвуковой дефектоскоп

Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Диапазон измерений скорости распространения продольных ультразвуковых волн	м/с	от 2000 до 7000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости распространения продольных ультразвуковых волн	%	±1
Диапазон измерений отношения амплитуд сигналов на входе приёмника дефектоскопа	дБ	от 0 до 28
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отношения амплитуд сигналов на входе приёмника дефектоскопа	дБ	±2
Диапазон измерений временных интервалов	мкс	от 0,02 до 35
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов	нс	±15
Диапазон измерений толщины и/или глубины залегания дефектов (по стали)	мм	от 0,2 до 90
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины и/или глубины залегания дефектов (по стали)	мм	
- в диапазоне от 0,2 до 10 включ.		±0,05
- в диапазоне св. 10 до 40 включ.		±0,09
- в диапазоне св. 40 до 90		±0,20

Технические характеристики

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Диапазон устанавливаемых (отображаемых) значений скорости ультразвуковых волн	м/с	от 100 до 99000
Частота повторения зондирующих импульсов	кГц	1,0±0,2
Габаритные размеры (с накладками) : – длина – ширина – высота	мм	350 250 150
Масса, не более	кг	7
Условия эксплуатации: - температура окружающей среды - относительная влажность воздуха при температуре +31 °С, %, не более	°С %	от + 15 до + 35 80

Области применения ЛУД



Портативный лазерно-ультразвуковой дефектоскоп

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

СЕРТИФИКАТ
об утверждении типа средств измерений
№ 89982-23

Срок действия утверждения типа до **12 сентября 2028 г.**

НАИМЕНОВАНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Дефектоскопы лазерно-ультразвуковые УДЛ-2М

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Учреждение науки "Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической техники" (Учреждение науки ИКЦ СЭКТ), г. Санкт-Петербург

ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ
Учреждение науки "Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической техники" (Учреждение науки ИКЦ СЭКТ), г. Санкт-Петербург

КОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
ОС

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
МП 651-23-023

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ **1 год**

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от **12 сентября 2023 г. N 1875.**

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП, хранится в системе электронного документооборота Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

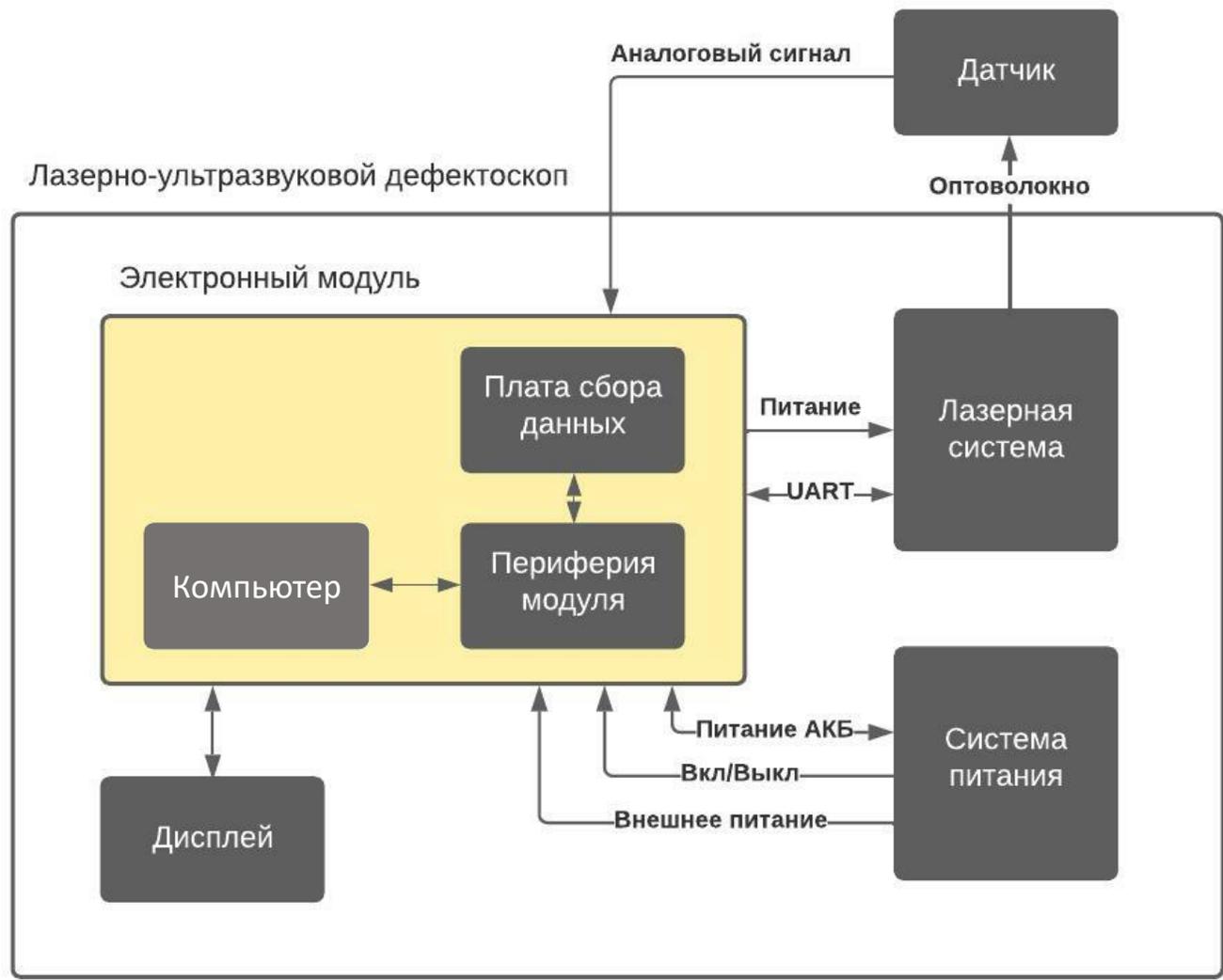
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат: 046070CB8580659469A85BF6D18138CD
Кому выдан: Лазаренко Евгений Русланович
Действителен: с 20.12.2022 до 14.03.2024

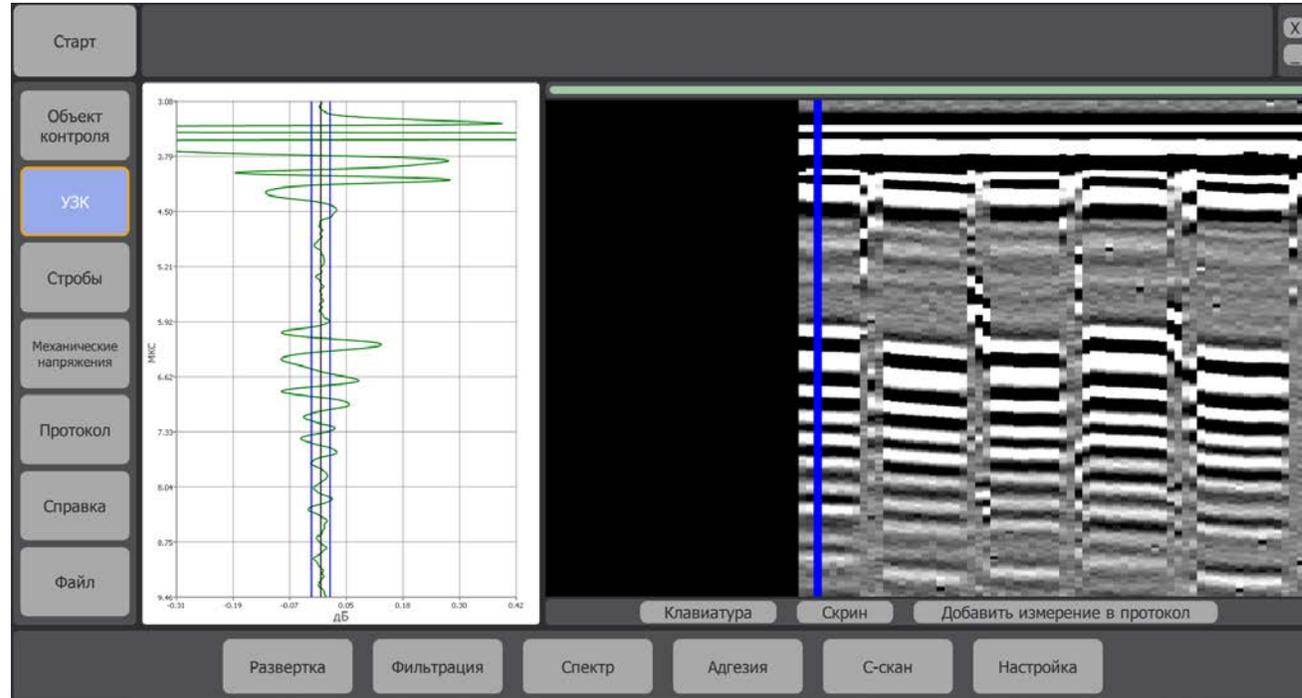
Заместитель Руководителя

Е.Р.Лазаренко

«12» сентября 2023 г.



Структурная схема лазерно-ультразвукового дефектоскопа



Программное обеспечение (ПО) ЛУД позволяет:

- Отображать результаты контроля в виде А-, В- и С-сканов.
- Измерять толщину изделия / глубину залегания дефектов, временные интервалы.
- Измерять амплитудные соотношения.
- Выполнять контроль с подключением энкодера (роликовые преобразователи/сканирующие системы).

ПО ЛУД работает в следующих режимах:

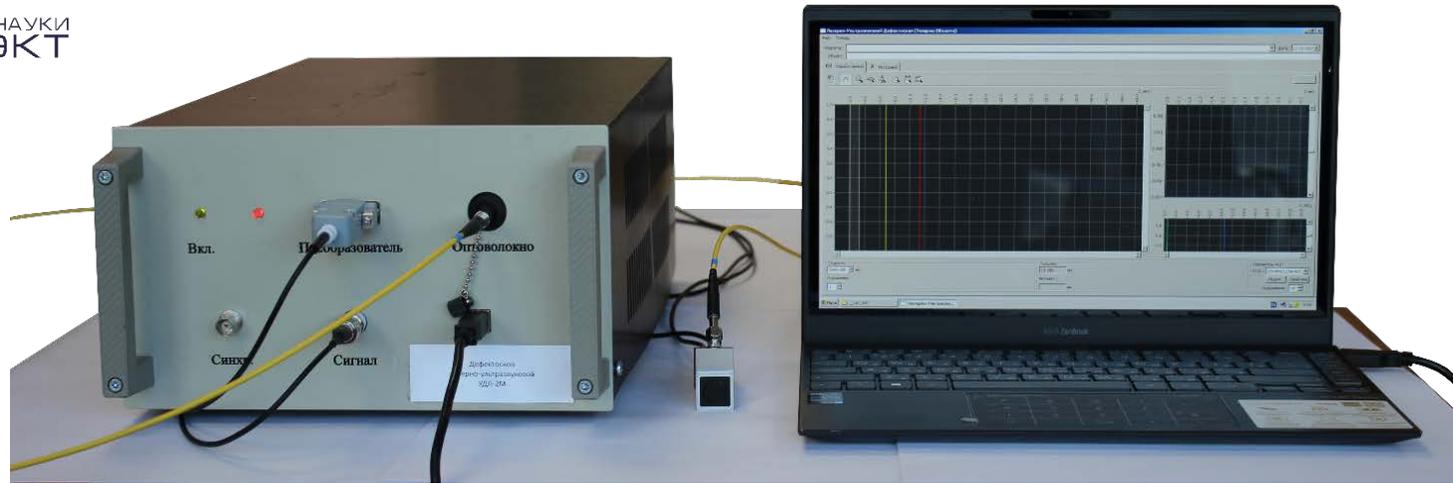
- Ультразвуковой контроль.
- Контроль адгезии покрытий.
- Контроль механических напряжений.

ПО ЛУД обеспечивает автоматизированное формирование протокола контроля.

Тип протокола: **УЗК** Мех. напр.

№	Примечание	Скорость	Толщина	Адгезия	I [t]	I [A]	A [t]	A [A]	B [t]	B [A]	C [t]	C [A]	D [t]	D [A]	E [t]	E [A]
1	Отсутствие адгезии между покрытием и подложкой	1033.435	0.871	0			3.212	-2.545	5.309	-0.083	0.000	0.000	4.345	-0.016	4.445	0.010
2	Нарушение адгезии между слоями покрытия	1027.708	1.051	1			3.212	-2.399	5.574	-0.127	5.704	0.154	4.380	-0.030	4.498	0.018
3	Нормальная адгезия между покрытием и подложкой и между слоями покрытия	1012.539	0.844	2			3.212	-2.697	5.127	-0.223	5.245	0.270	4.351	-0.027	4.280	0.014

Сравнение с аналогами



Характеристика	Старая модификации	Новая модификация
Тип управления	с помощью внешнего персонального компьютера, клавиатуры и манипулятора «мышь»	с помощью сенсорного экрана и валкодеров на корпусе лазерно-ультразвукового дефектоскопа. При необходимости возможно подключение клавиатуры и манипулятора «мышь»
Тип СИ (измеряемые параметры)	скорость распространения продольных ультразвуковых волн, м/с	- скорость распространения продольных ультразвуковых волн, м/с; - отношения амплитуд сигналов на входе приёмника дефектоскопа, дБ; - временные интервалы, мкс; - толщины и/или глубины залегания дефектов, мм
Габаритные размеры оптоэлектронного блока, мм	460 × 305 × 160 (без учета персонального компьютера)	375 × 285 × 135
Масса комплекта, кг	12,7	6,2
Питание	Оптоэлектронный блок – 220 В; ПК – 220 В	220 В / 36 В / автономный источник питания
Продолжительность автономной работы без подзарядки, ч	отсутствует	6
Частота дискретизации, МГц	100	170

Публикации авторов на тему разработки и применения лазерно-ультразвукового дефектоскопа

Разработка ЛУД:

1. Дьячковский Е.И., Кинжагулов И.Ю., Велеулов З.А. Разработка лазерно-ультразвукового дефектоскопа // Приборы – 2023. - №2(272). – с.11-15.
2. Дьячковский Е.И. Разработка и исследование платы сбора данных для лазерно-ультразвукового дефектоскопа // Сборник докладов по результатам IV научно-технической конференции "Приборы и методы неразрушающего контроля качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов" - 2021. - Т. I. - № 2. - С. 18-26
3. Дьячковский Е.И. Разработка алгоритма приема данных для лазерно-ультразвукового дефектоскопа // Сборник трудов XI Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 4-8 апреля 2022 г.) - 2022. - Т. I. - С. 147-153

Области применения ЛУД:

Контроль качества покрытий с помощью ЛУД:

4. Быченко В.А., Шмаков А.М., Хижняк С.А., Сорокин А.А., Симоненко А.Г., Беркутов И.В., Алифанова И.Е., Дьячковский Е.И. Ультразвуковой контроль адгезии специальных покрытий // Дефектоскопия - 2023. - № 7. - С. 1-13.

Структуроскопия с помощью ЛУД:

5. Попович А.А., Масайло Д.В., Суфияров В.Ш., Борисов Е.В., Полозов И.А., Быченко В.А., Кинжагулов И.Ю., Беркутов И.В., Ашихин Д.С., Ильинский А.В. Применение лазерно-ультразвукового метода для исследования характеристик изделий, полученных аддитивными технологиями // Дефектоскопия - 2016. - № 6. - С. 3-10

Дефектоскопия с помощью ЛУД:

6. Кинжагулов И.Ю., Быченко В.А. Методика лазерно-ультразвукового контроля качества изготовления паяных соединений // Известия высших учебных заведений. Приборостроение - 2013. - Т. 56. - № 5. - С. 94-98

Контроль остаточных напряжений с помощью ЛУД:

7. Alifanova I.E., Fedorov A.V., Bychenok V.A., Berkutov I.V. Acoustoelasticity Method with Thermo-optical Generation of Ultrasonic Vibrations for Control of Residual Stresses in Special Pipes // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT) - 2022, pp. 1-5.
8. Алифанова И.Е., Федоров А.В., Кинжагулов И.Ю., Быченко В.А., Беркутов И.В. Сопоставление результатов экспериментальных и теоретических исследований механических напряжений при сжатии кольцеобразного образца // Приборы - 2022. - № 12(270). - С. 22-26.
9. Федоров А.В., Быченко В.А., Беркутов И.В., Алифанова И.Е. Модель акустического тракта отдельно-совмещенного оптико-акустического преобразователя [Model of the acoustic path of a separate-combined optical-acoustic transducer] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики [Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics] - 2022. - Т. 22. - № 2(138). - С. 339-347.
10. Fedorov A.V., Bychenok V.A., Berkutov I.V., Alifanova I.E., Khoshev A. Methodology for assessing the uncertainty of measurements of mechanical stresses by the ultrasonic method with the help of an optical-acoustic separate-combined transducer // Journal of Physics: Conference Series - 2021, Vol. 2127, No. 1, pp. 012036.
11. Федоров А.В., Быченко В.А., Беркутов И.В., Алифанова И.Е. Сопоставление результатов экспериментальных и расчетно-теоретических исследований механических напряжений // Приборы - 2021. - № 6(252). - С. 30-37.
12. Федоров А.В., Быченко В.А., Беркутов И.В., Алифанова И.Е. Контроль механических напряжений в толстостенных трубах // Техничко-технологические проблемы сервиса - 2020. - № 4(54). - С. 26-31.
13. Быченко В.А., Беркутов И.В., Майоров А.Л., Ильин А.В., Кириенко В.В., Прохорович В.Е., Чекмарева М.А. Контроль остаточных напряжений в околошовной зоне сварного шва // В мире неразрушающего контроля - 2018. - Т. 21. - № 4. - С. 50-53.
14. Marusina M.Y., Fedorov A.V., Berkutov I.V., Bychenok V.A. Evaluation of the Influence of External Factors in Ultrasonic Testing of Stress-Strain States // Measurement Techniques - 2017, Vol. 59, No. 11, pp. 1165-1169.
15. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Быченка В.А. «Лазерно-ультразвуковой метод и средство контроля остаточных напряжений в изделиях из специальных материалов»(2013 г.)

Контроль усилия затяжки резьбовых соединений

16. Марусина М.Я., Федоров А.В., Прохорович В.Е., Беркутов И.В., Быченко В.А., Ткачева Н.В., Майоров А.Л. Разработка акустических методов контроля напряжённо-деформированного состояния резьбовых соединений // Измерительная техника - 2018. - № 3. - С. 60-64
17. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Беркутова И.В. «Исследование и разработка метода акустической тензометрии специальных резьбовых соединений» (2018 г.)

Дальнейшие перспективы модернизации (совершенствования) лазерно-ультразвукового дефектоскопа

Направления модернизации (совершенствования)

Средства контроля

Изготовление ЛУД с учетом требований Заказчика к функционалу, эргономике и внешнему виду

Изготовление роликовых (катящихся) оптико-акустических преобразователей

Изготовление оптико-акустических антенных решеток

Программное обеспечение: получение, обработка и отображение результатов УЗК

A-, B-, C-сканы с привязкой к координате

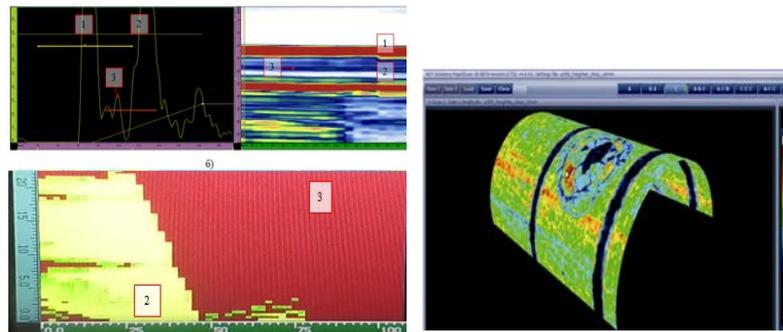
C-скан с привязкой к трехмерной модели изделия

Расширение функционала в части анализа и обработки характеристик ультразвукового сигнала

Средства механизации/автоматизации контроля с использованием ЛУД

Мобильные средства механизации/автоматизации контроля

Автоматизированные установки



Примеры отображения результатов УЗК

