

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

ФГБУ «ВНИИОФИ»

Е.А. Гаврилова

05 2024 г.



**«ГСИ. Интерферометры «PhSh».  
Методика поверки»  
МП 013.М44-24**

Главный метролог  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

05 2024 г.

Москва  
2024 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки интерферометров «PhSh» в модификациях «PhSh-Пьезо» и «PhSh-Лямбда» производства ООО «Электростекло», г. Москва (далее по тексту – интерферометры), используемых для бесконтактных измерений геометрических величин профиля оптических поверхностей и последующего вычисления параметров отклонений от плоскостности оптических поверхностей для производственного оптического контроля.

В результате поверки интерферометров должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	модификация «PhSh-Пьезо»	модификация «PhSh-Лямбда»
Диапазон измерений отклонения от плоскостности, мкм	от 0,03 до 1,00	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отклонения от плоскостности, мкм	± 0,08	

Прослеживаемость при поверке интерферометров к Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений параметров отклонений от плоскостности и сферичности оптических поверхностей ГЭТ 183-2022 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений параметров отклонений от плоскостности и сферичности оптических поверхностей, утвержденной приказом Росстандарта № 3189 от 15.12.2022.

Поверка интерферометров проводится методом прямых измерений.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Проверка диапазона измерений отклонения от плоскостности	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений отклонения от плоскостности	Да	Да	10.2

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки интерферометров должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С  $(20 \pm 5)$ ;
- относительная влажность, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа  $(100 \pm 4)$ .

3.2 Помещение, где проводится поверка интерферометров, должно быть темным, без прямых солнечных лучей, чистым и сухим, свободным от пыли. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки интерферометров не должен превышать 1,0 °С.

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, а также руководства по эксплуатации интерферометров и применяемых средств поверки, ознакомленные с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н.

4.2 Поверку интерферометров осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок интерферометров должны быть использованы средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений климатических параметров с диапазоном измеряемой относительной влажности от 0 до 90 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2$ %; с диапазоном измеряемой температуры от 0 до + 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С; с диапазоном измеряемого атмосферного давления от 70 до 110 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,25$ кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, рег. № 46434-11
п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Пластины плоские стеклянные 2-го класса, соответствующие уровню рабочего эталона 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений параметров отклонений от плоскостности и сферичности оптических поверхностей, утвержденной приказом Росстандарта от 15 декабря 2022 г. № 3189, в диапазоне значений номинального отклонения от плоскостности от 0,03 до 1,00 мкм и доверительными абсолютными погрешностями результата измерений ( $P = 0,95$ ) 0,04 мкм.	Пластина плоская стеклянная 2-го класса ПИ 100, рег. № 197-70
п.10.1 Проверка диапазона измерений отклонения от плоскостности	Масло иммерсионное по ГОСТ 13739-78	Масло иммерсионное в соответствии с ГОСТ 13739-78

5.2 Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке. Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых интерферометров с требуемой точностью.

## **6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

6.1 При проведении поверки интерферометров следует руководствоваться «Правилами устройства электроустановок», утвержденными Минэнерго России № 204 от 08.07.2002, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии», утвержденными Минэнерго России № 811 от 12.08.2022 и приказом Минтруда РФ «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» № 903н от 15.12.2020.

6.2 Помещение, в котором проводится поверка интерферометров, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6.3 Оборудование, применяемое при поверке интерферометров, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 При внешнем осмотре интерферометров должно быть установлено:

- соответствие интерферометров описанию, приведенному в описании типа и Руководстве по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений на металлических деталях и оптических элементах интерферометров;
- наличие и прочность органов управления и коммутации, четкость фиксации их положения;
- чистота гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных кабелей;
- состояние и четкость маркировок;
- отсутствие механических повреждений компьютера;
- наличие маркировки (наименование, заводской номер, изготовитель, год выпуска).

7.2 Интерферометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если они соответствуют вышеперечисленным требованиям.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 Изучить Руководство по эксплуатации интерферометров.

8.2 Проверить наличие средств поверки по таблице 3, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

8.3 Выдержать интерферометры и эталонные средства поверки в условиях, указанных в п. 3 настоящей методики поверки, не менее 30 минут.

8.4 Убедиться, что условия проведения поверки соответствуют п. 3 настоящей методики.

8.5 Включить интерферометры в сеть, настроить перестраиваемый лазер, перевести тумблер на задней панели блока в положение «On», тумблер в секции «LD» на передней панели перевести в положение «Open», при этом зеленые светодиоды «LD» и «Case» в секции «Thermo» не должны гореть. Тумблер на задней панели необходимо перевести в положение «Ext» (рис. 1).

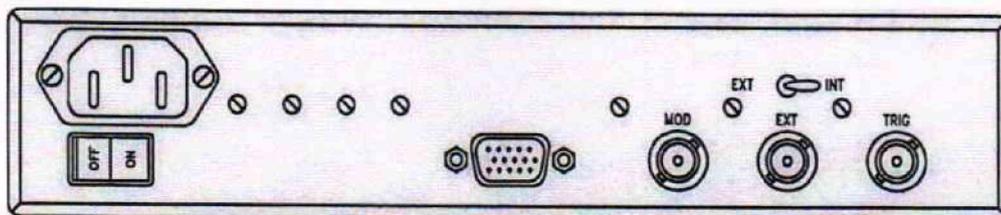


Рисунок 1 – Вид задней панели блока управления лазером

8.6 Повернуть ручку «Sweep» из секции «Current» по часовой стрелке (значение тока должно быть выше 90 мА), установить рукояткой «Level» уровень тока 95-98 мА, выкрутить рукоятку «Scan» из секции «Pzt» по часовой стрелке до упора, рукояткой «Offset» из секции «Pzt» по часовой стрелке выбрать рабочую точку (рис. 2).

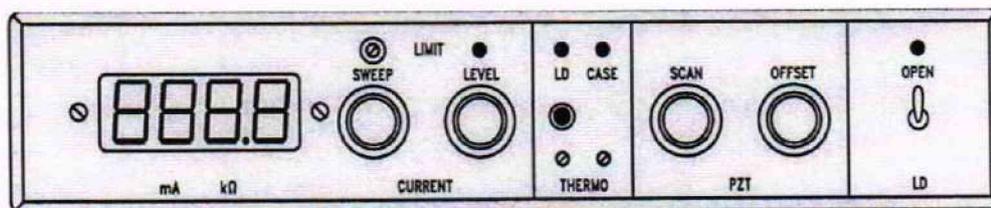


Рисунок 2 – Вид передней панели блока управления лазером

8.7 Запустить файл «PiezoScan.exe» на рабочем столе персонального компьютера (ноутбука), щелкнуть значок , при этом в главном окне ПО начнет отображаться видеопоток, идущий непосредственно с видеокамеры (рис. 3).

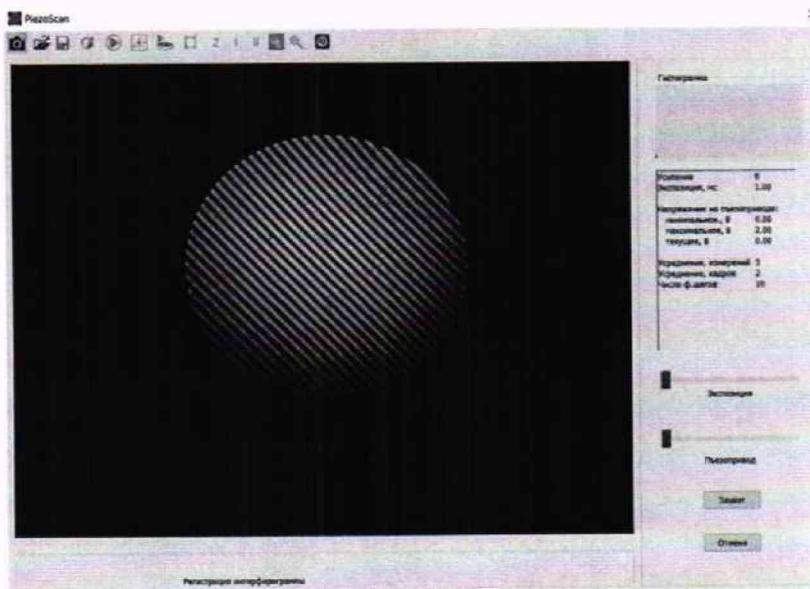


Рисунок 3 – Вид главного окна ПО

8.8 При необходимости записать базу, используя эталонное зеркало в составе интерферометра. Для этого необходимо направить лазерный пучок во входное окно коллиматора, переместить фокусирующий объектив в коллиматоре до получения плоского коллимированного пучка излучения. Произвести юстировку и обеспечить автоколлимацию излучения от эталонного зеркала поворотами винтов, расположенных в юстируемом кронштейне, при которых отраженный пучок лучей от эталонного зеркала совместится с пучком лучей, выходящих из лазера на выходном торце. Добиться, чтобы интерференционная

картина была контрастной, а гистограмма имела 2 максимума и была растянута практически на весь диапазон градаций серого. Нажать кнопку «Захват», восстановить фазу базы, выделить исследуемую область и сохранить в проекте (рис. 4).

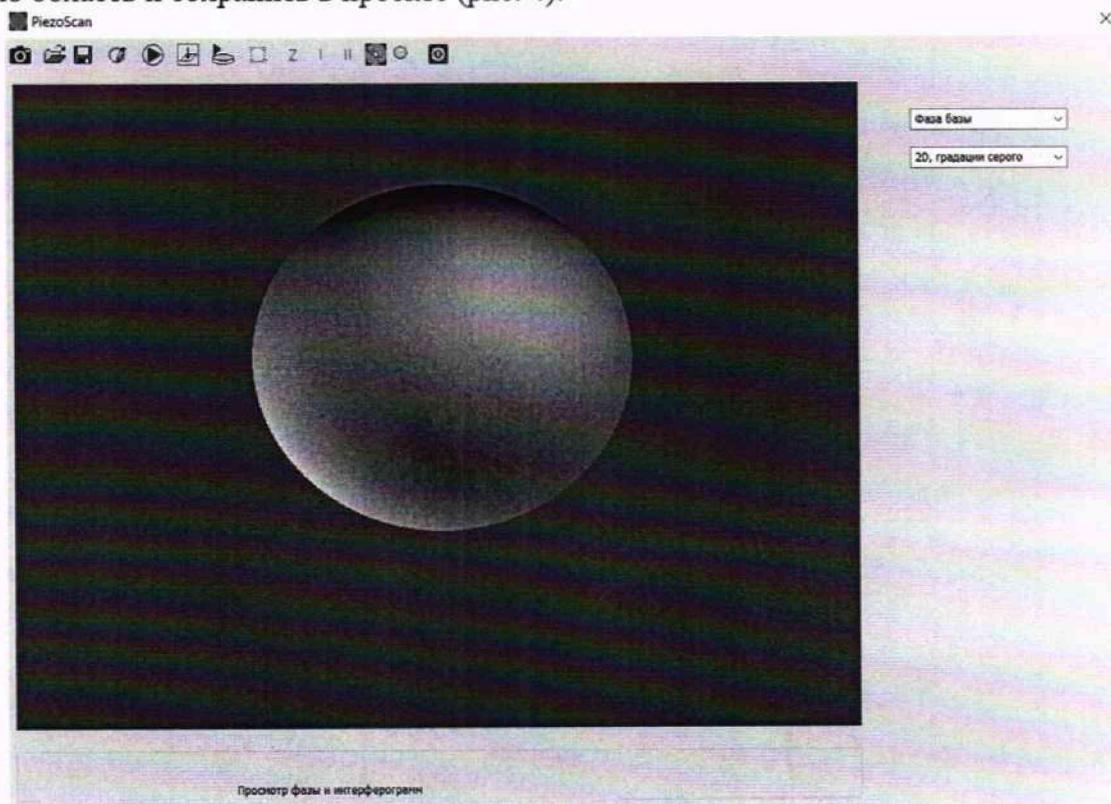


Рисунок 4 – Запись базы в ПО

8.9 Интерферометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если параметры температуры окружающей среды, относительной влажности и давления находятся в пределах, указанных в п. 3.1 настоящей методики поверки, включение всех компонентов прошло успешно и все органы управления работают исправно, а ПО позволяет выводить изображение непосредственно с видеокамеры, регулировать параметры и производить захват изображения.

## 9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 На рабочем столе персонального компьютера (ноутбука) необходимо найти файл «PiezoScan.exe» и, нажав правую кнопку мыши, открыть вкладку «Свойства», в разделе «Подробно» появится информация о номере версии программного обеспечения (Далее – ПО) (рис. 5).

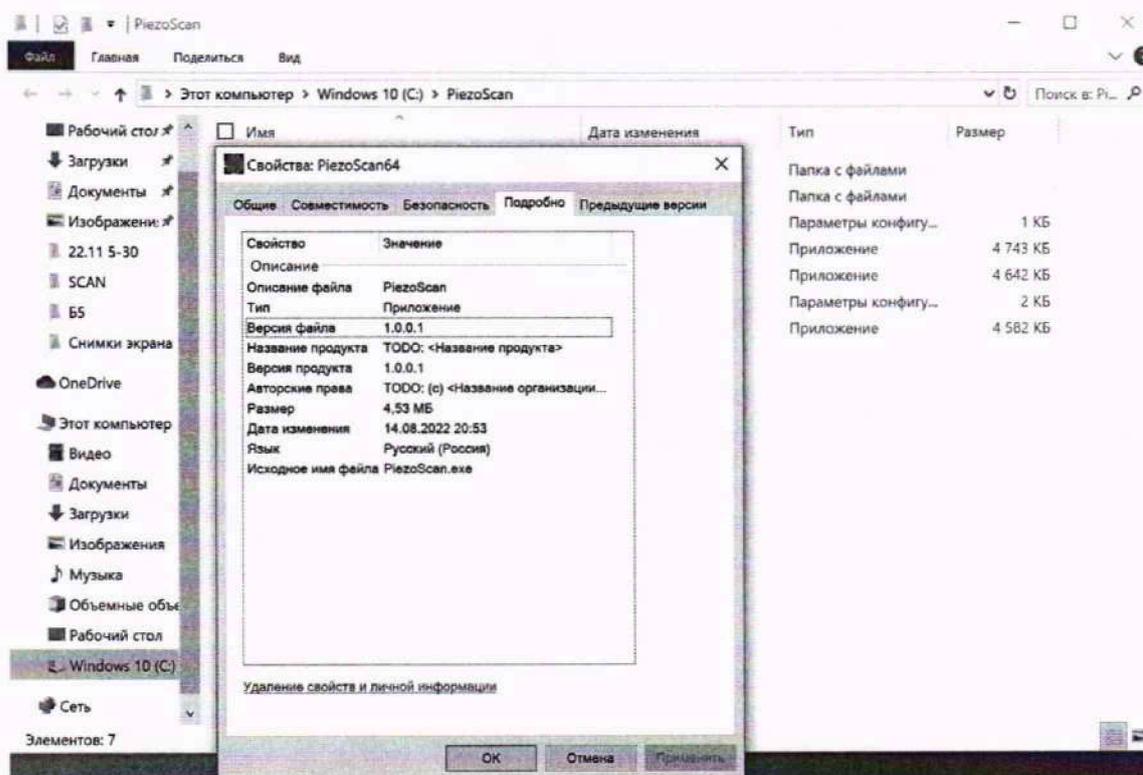


Рисунок 5 – Раздел «Подробно» во вкладке «Свойства» файла «PiezoScan.exe»

9.2 Проверить соответствие идентификационных данных программного обеспечения сведениям, приведенным в описании типа на интерферометры.

9.3 Интерферометры считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	PiezoScan
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.0.1 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

## 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 10.1 Проверка диапазона измерений отклонения от плоскостности

10.1.1 В специальную оправу залить иммерсионное масло в соответствии с ГОСТ 13739-78, установить в оправу и поместить в кронштейн пластину плоскую стеклянную 2-го класса точности (далее – пластина). Направить лазерный пучок во входное окно коллиматора, переместить фокусирующий объектив в коллиматоре до получения плоского коллимированного пучка излучения. Произвести юстировку и обеспечить автоколлимацию излучения от пластины поворотами винтов, расположенных в юстируемом кронштейне, при которых отраженный пучок лучей от пластины совместится с пучком лучей, выходящих из лазера на выходном торце.

10.1.2 В главном окне ПО необходимо щелкнуть значок , сфокусироваться на поверхности пластины и добиться, чтобы интерференционная картина была контрастной, а гистограмма имела два максимума и была растянута на практически весь диапазон градаций серого. Для управления процессом регистрации интерферограмм предусмотрены два регулятора-ползунка: экспозиция, позволяющий менять время экспозиции кадров, и регулятор

напряжения на пьезозеркале (установить в положение «0»). Далее нажать кнопку «Захват» для получения интерферограмм (Рис. 6).

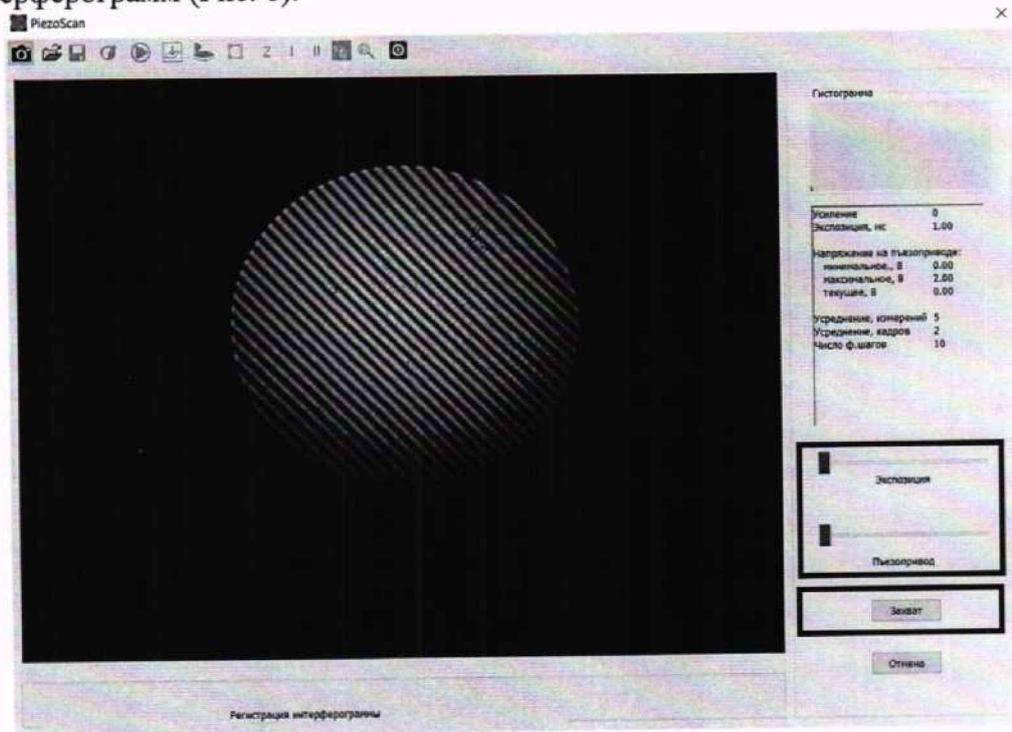


Рисунок 6 – Захват изображения в ПО

10.1.3 Далее нажать кнопку  при этом производится расчет фазы волнового фронта и реконструкция интерферограмм (рис. 7).

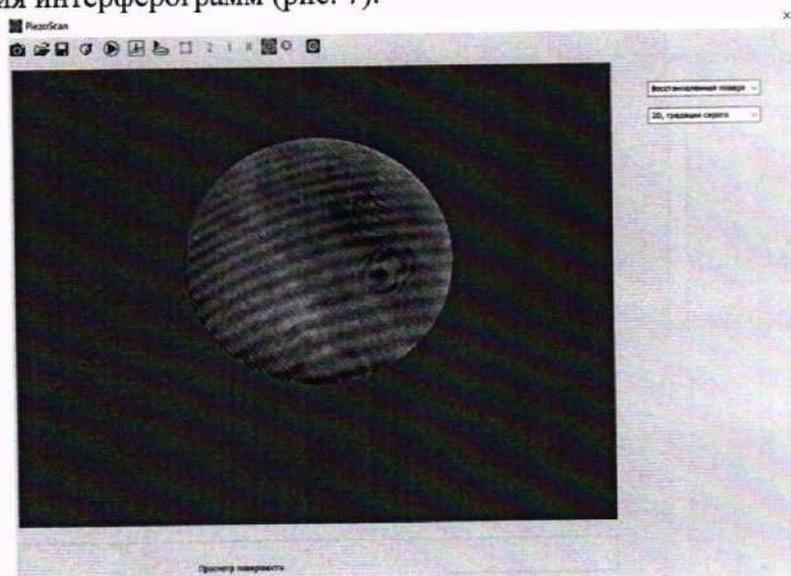


Рисунок 7 – Реконструкция интерферограмм в ПО

10.1.4 Далее для расчета параметра отклонения от плоскостности пластины необходимо выбрать центральный участок изображения нажатием кнопки . После выбора области нажать «Выбрать область» (рис. 8).

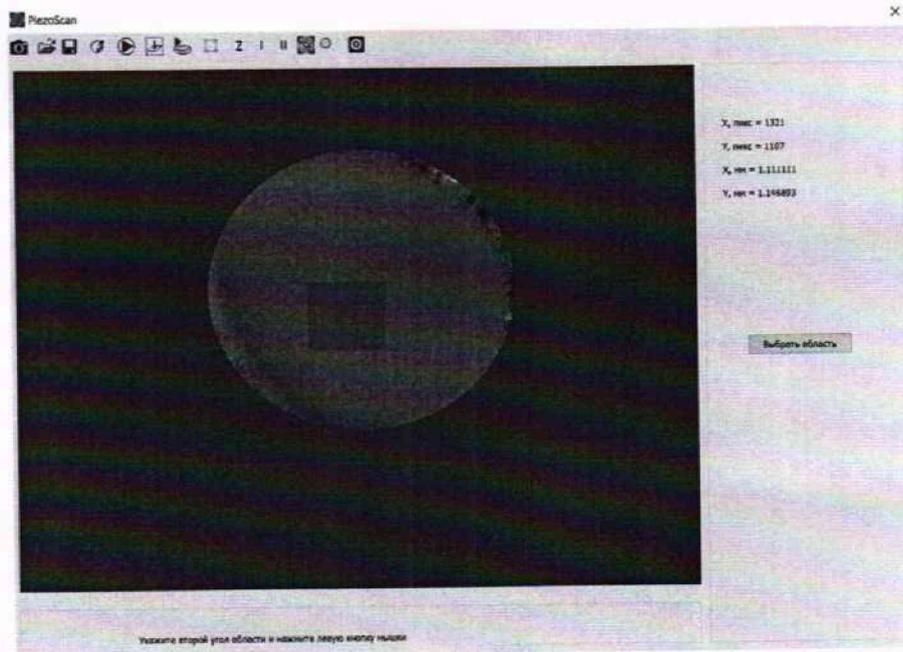


Рисунок 8 – Главное окно ПО в режиме выбора области

10.1.5 Нажать кнопку «Z», при этом в главном окне ПО отобразится рассчитанный параметр отклонения от плоскостности (рис. 9).

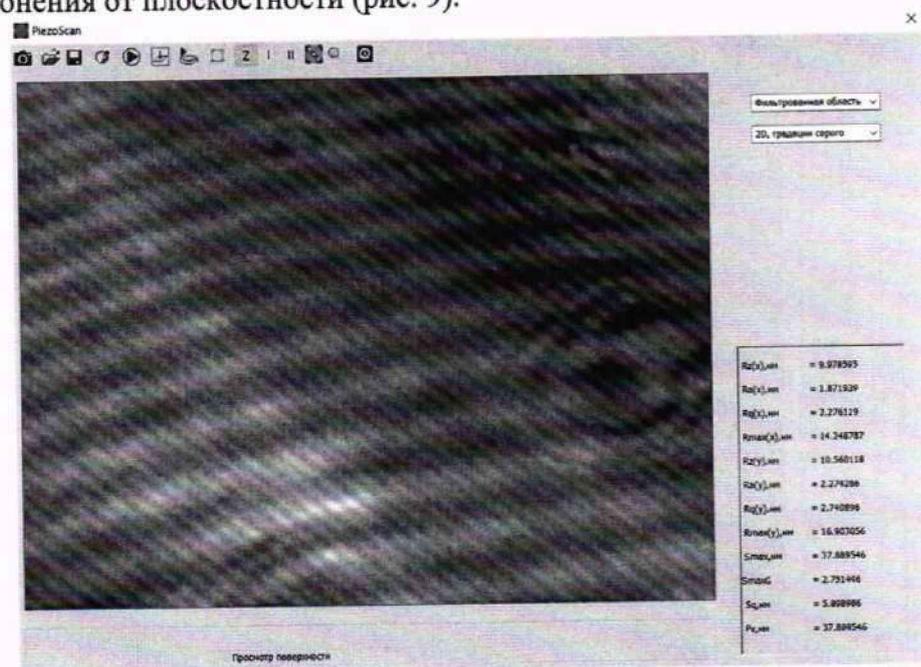


Рисунок 9 – Главное окно ПО с рассчитанными характеристиками поверхности пластины в выделенной области

10.1.6 Повторить измерение значений параметра отклонения от плоскостности еще 4 раза в соответствии с п.п. 10.1.2 – 10.1.5.

10.1.7 Интерферометры считаются прошедшими процедуру поверки с положительным результатом, если полученные значения параметра отклонения от плоскостности пластины находятся в диапазоне значений от 0,03 до 1,00 мкм.

## 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений отклонения от плоскостности

10.2.1 За результат измерения значений параметра отклонения от плоскостности  $PV_i$  принимают среднее арифметическое значение  $\overline{PV}$ , вычисленное по формуле:

$$\overline{PV} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PV_i \quad (1)$$

где  $n$  – количество измерений.

10.2.2 Абсолютную погрешность измерения параметра отклонения от плоскостности  $\Delta$  вычисляют по формуле:

$$\Delta = PV_{\text{ном}} - \overline{PV} \quad (6)$$

где  $PV_{\text{ном}}$  – среднее значение отклонения от плоскостности, указанное в протоколе поверки пластины.

10.2.3 Интерферометры считаются выдержавшими процедуру поверки с положительным результатом, если полученные значения абсолютной погрешности измерений параметра отклонения от плоскостности пластины не превышают  $\pm 0,08$  мкм в соответствии с описанием типа. В ином случае интерферометры считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 Интерферометры считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям интерферометров в соответствии с описанием типа, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае, интерферометры считаются прошедшими операцию поверки с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

11.3 По заявлению владельца интерферометров или лица, предоставившего их на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие интерферометров метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на интерферометры не предусмотрено.

11.4 По заявлению владельца интерферометров или лица, предоставившего их на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие интерферометров метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению интерферометров.

11.5 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник Отделения М-44  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

Старший научный сотрудник Отделения М-44  
ФГБУ «ВНИИОФИ»



В. Л. Минаев

С.С. Бочкарева



Таблица 1 – Метрологические характеристики

Метрологические характеристики	Средства поверки				
	Модификация интерферометра, зав. №				
Номинальное значение параметра отклонения от плоскостности $PV_{ном}$ , нм					
Полученные значения параметра отклонения от плоскостности $PV$ , нм	1	2	3	4	5
Среднее арифметическое значение измерений параметра отклонения от плоскостности $\overline{PV}$ , нм					
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений отклонения от плоскостности, нм					
Абсолютная погрешности измерений параметра отклонения от плоскостности $\Delta$ , нм					

5. Заключение по результатам поверки:

По результатам поверки средство измерений соответствует (не соответствует) метрологическим характеристикам, указанным в описании типа средства измерений, и признается пригодным (не пригодным) к применению.

Поверитель:

\_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_  
подпись      ФИО

Дата поверки: \_\_\_\_\_

Руководитель:

\_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_  
подпись      ФИО