

### Модернизация микроинтерферометра МИИ-4

Бавыкин О.Б., д.т.н. проф. Вячеславова О.Ф.  
 Университет машиностроения  
 smis@mami.ru

*Аннотация.* В статье на основе проведенного анализа преимуществ и недостатков микроинтерферометра МИИ-4 предложено направление модернизации данного средства измерений с целью приближения его возможностей к современным аналогам. Апгрейд прибора позволит получать цифровые изображения поверхности и вести их дальнейшую обработку на ЭВМ с вычислением фрактальной размерности.

*Ключевые слова:* микроинтерферометр, шероховатость, MathCad, ПЗС, фракталы

Оптические измерения шероховатости поверхности имеет ряд преимуществ по сравнению с контактными методами [1]. Наиболее распространенным оптическим средством измерений параметров шероховатости поверхности является микроинтерферометр МИИ-4, разработанный Владимиром Павловичем Линником в 30-х годах прошлого века.

На основе проведенного анализа конструкции микроинтерферометра, особенностей его настройки, а также получения и обработки результатов измерений можно выделить следующие преимущества и недостатки прибора (таблица 1).

Таблица 1

**Преимущества и недостатки микроинтерферометра МИИ-4**

Преимущества прибора	Недостатки прибора
1. Бесконтактный метод измерений позволяет оценить качество поверхности детали в труднодоступном месте. 2. Возможность использования прибора в качестве металлографического микроскопа; 3. Возможность фотографирования изображения поверхности при установке фотоаппарата в специально предусмотренное место	1. Высокая погрешность оператора, вызванная необходимостью ручной настройки прибора, выполнения измерений, а также математической обработки результатов. 2. Сложности в получении адекватной измерительной информации из-за трудностей в получении четкой интерференционной картины. 3. Низкое увеличение при установке камеры в специально отведенное место приводит к плохому качеству фотографий поверхности образца; 4. Ограниченность в вычисляемых параметрах шероховатости поверхности

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить следующее:

- прибор МИИ-4 обладает серьезными недостатками, которые не позволяют ему составить адекватную конкуренцию современному оборудованию, предназначенному для оценки качества поверхности;
- в конструкции микроинтерферометра заложен потенциал (режим металлографического микроскопа, наличие специального окошка для установки фотокамеры), реализация которого относительно простыми и дешевыми цифровыми методами получения и обработки изображений даст возможность получить модернизированный интерферометр, сравнимый по своим возможностям с последними техническими и программными достижениями в области изучения рельефа поверхности деталей машин.

Предлагаются следующие действия по модернизации средства измерений параметров

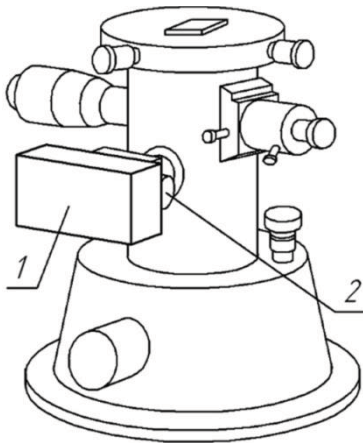
шероховатости поверхности МИИ-4:

- использовать прибор в режиме металлографического микроскопа с установленным цифровым фотоаппаратом с ПЗС-матрицей. Получение цифрового изображения поверхности исследуемого образца и отказ от интерференционного метода позволят получить адекватную измерительную информацию;

- обработку ПЗС-данных осуществлять на компьютере в специально написанном алгоритме в программе MathCad. Это обеспечит автоматический анализ результатов измерений на ЭВМ, исключит погрешность оператора, а также даст возможность вычислить дополнительные стандартизованные и не стандартизованные параметры шероховатости поверхности. Причем компьютерную обработку можно осуществлять дистанционно путем анализа заранее полученных снимков.

Конструкция микроинтерферометра МИИ-4 предусматривает три варианта установки фотоаппарата с ПЗС-матрицей:

- 1) в кадровое окно, которое предназначено для размещения пленочного фотоаппарата «Зоркий-4»;
- 2) на визуальный тубус, который служит для установки винтового окулярного микроскопа;
- 3) на винтовой окулярный микрометр.



**Рисунок 1. Установка фотоаппарата с ПЗС-матрицей на винтовой окулярный микрометр микроинтерферометра МИИ-4:**  
**1 – фотоаппарат с ПЗС-матрицей;**  
**2 – винтовой окулярный микрометр**



**Рисунок 2. Окулярная ПЗС-камера**

В качестве наиболее удачного варианта выбрана установка на окулярный микрометр (рисунок 1). В этом случае достигается максимальное качество полученных снимков, так как оптика микрометра увеличивает исследуемую поверхность в 490 раз. При монтаже цифрового фотоаппарата на другие детали прибора степень увеличения снижается, а также возникают трудности в установке и закреплении фототехники. Идеей реализации оценки качества поверхности по ее цифровой фотографии послужила работа [7], в которой предлагается использовать для определения шероховатости поверхности не сам образец, а его изображение, введенное в ЭВМ при помощи планшетного сканера и обработанное в программном комплексе MathCad. В этой программе по написанному алгоритму строится профиль поверхности и определяются значения стандартизованных параметров шероховатости.

Данный подход обладает невысокой точностью в силу низкого разрешения используемого сканера Mustek ScanExpress 12000 SP. Замена сканера на винтовой окуляр (МОВ-1-15) с увеличением в 490 раз, на который устанавливается ПЗС-матрица, дает более высокоточную основу для вычисления геометрических параметров профиля поверхности в программной среде MathCad. Кроме того, особенности размещения детали на отмеченном сканере делают затруднительным исследование поверхности в труднодоступном месте (например, на фаске).

Дальнейшие направления модернизации микроинтерферометра МИИ-4 следующие:

- использование предметного столика, управляемого компьютером, для более точного позиционирования объекта измерения;
- замена ПЗС-матрицы на специальную окулярную ПЗС-камеру (рисунок 2), что повысит качество получаемых снимков поверхностного слоя;
- доработка алгоритма с целью расширения определения оценочных геометрических параметров шероховатости поверхности.

Стоит отметить, что предложенный вариант модернизации прибора, включающий оцифровку изображения исследуемой поверхности и последующую его компьютерную обработку, открывает широкие возможности по применению современного метода исследования структур – фрактального анализа [2, 3, 5].

По результатам ряда исследований [5, 8, 9], такая численная характеристика, как фрактальная размерность, наилучшим образом описывает свойства поверхности, сформированной современными методами обработки (например, полученной размерной электрохимической обработкой [4, 6]).

В связи с этим, еще одно направление дальнейшего развития предлагаемого варианта ретрофитинга МИИ-4 заключается в разработке программного продукта, предназначенного для фрактального анализа цифровых изображений исследуемой поверхности или в применении готовых решений (например, [1, 3]).

### **Выводы**

1. Прибор для оптических измерений параметров шероховатости поверхности интерферометр МИИ-4 в силу своих недостатков не способен составить конкуренцию современным аналогичным решениям.

2. Заложенный в конструкцию микроинтерферометра потенциал позволяет провести его модернизацию и тем самым получить средство измерений параметров шероховатости, позволяющее на современном техническом уровне проводить исследования рельефа поверхности.

3. Возможным направлением модернизации МИИ-4 может быть комплексное применение ПЗС-матрицы (цифрового фотоаппарата) и специального программного обеспечения (программы MathCad), позволяющее выполнить компьютерную математическую обработку цифрового изображения поверхности образца.

4. Наиболее удачным размещением ПЗС-матрицы является установка на винтовой окулярный микрометра. В этом случае достигается наилучшее качество получаемых снимков исследуемой поверхности.

5. В качестве программного продукта, способного по цифровому изображению поверхности построить профилограмму и вычислить параметры шероховатой поверхности, можно использовать программу MathCad.

6. Предложенные шаги по модернизации микроинтерферометра МИИ-4 позволят повысить точность измерений и выйти на новые оценочные параметры характеристик поверхности.

7. Намечены дальнейшие направления модернизации микроинтерферометра МИИ-4, реализация которых повысит точность позиционирования объекта измерения и улучшит качество получаемых цифровых изображений поверхностного слоя, а также обеспечит оценку свойств поверхности по значениям фрактальной размерности.

### **Литература**

1. Бавыкин О.Б. Комплексная оценка качества поверхности и эксплуатационных свойств изделий из наноматериалов / О.Б. Бавыкин, О.Ф. Вячеславова // Автомобильная промышленность. - 2012. - № 3. - С. 36-37.
2. Бавыкин О.Б. Оценка качества поверхности машиностроительных изделий на основе комплексного подхода с применением многомерной шкалы / О.Б. Бавыкин // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012, - №1 (13). - С. 139-142.
3. Бавыкин О.Б. Применение в образовании специализированных компьютерных программ «NOVA» и «MYTESTX» / О.Б. Бавыкин // IDO Science. 2011. № 1. - С. 10-11.

4. Бавыкин О.Б. Формирование наименьшего значения шероховатости поверхности деталей машин на основе выбора оптимальных режимов размерной электрохимической обработки / О.Б. Бавыкин, О.Ф. Вячеслава // Известия МГТУ «МАМИ». - 2010. - № 2 (10). – С. 102-107.
5. Вячеслава О.Ф. Современные технологии обработки материалов в свете теории фракталов и ее практического приложения / Вячеслава О.Ф. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. № 2. - С. 34-43.
6. Саушкин Б.П. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей / Б.П. Саушкин, Б.В. Шандров, Ю.А. Моргунов // Известия МГТУ «МАМИ». –2012, - Т. 2. №2 (14), - С. 242-248.
7. Яковлев А.В. Оценка результатов в системе автоматизированного анализа шероховатости поверхности / А.В. Яковлев, А.Н. Миловзорова // Методы и устройства передачи и обработки информации. - 2001, № 1, - С. 202-203.
8. Вячеслава О.Ф. Применение фрактального анализа для описания и оценки стохастически сформированных поверхностей / О.Ф. Вячеслава, О.Б. Бавыкин // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012, - Т. 2. №2 (14), - С. 61-63.
9. Потапов А.А. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур / А.А. Потапов, В.В. Булашкин, В.А. Герман, О.Ф. Вячеслава // ЖТФ. – 2005, - Т. 75. № 5.

**Влияние фазового состава на электро-теплофизические свойства  
порошковых сплавов вольфрама для высоконагруженных  
электроконтактов**

д.т.н. проф. Арзамасов В.Б., к.т.н. доц. Антипенко В.С., Строев А.А., Галкин К.В.  
*Университет машиностроения*

*Анотация.* В данной статье приведены результаты, исследований удельного электросопротивления ( $\rho$ ), коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ), числа Лоренца (L) и работы выхода электрона ( $\phi$ ) вольфрама, легированного  $Yb_6$ , (ВИ615)  $La_2O_3$ , (ВЛ15)  $Y_2O_3$ , (ВЛ5, ВИ15)  $Y_2O_3 + HfO_2$  (ВИГМ) в широком температурном интервале.

*Ключевые слова:* электропроводность, теплопроводность, термоэмиссия контактная поверхность

Высоконагруженные электроконтакты (ВЭК) работают в условиях дугообразования в средах с повышенным содержанием паров бензина, масел и влаги при высоких частотах срабатывания и больших контактных нажатиях.

При разработке новых ВЭК на основе вольфрама большое значение имеют исследования зависимости рабочих характеристик от состава материала. Однако в литературе практически отсутствуют систематические данные по влиянию легирования на электро-теплофизические свойства сложных композиций, а имеющиеся лишь описывают влияние условий эксплуатации электроконтактов на их рабочие характеристики, не раскрывая особенностей механизмов, протекающих внутри контактного материала.

В данной работе приведены результаты исследований удельного электросопротивления ( $\rho$ ), коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ), числа Лоренца (L) и работы выхода электрона ( $\phi$ ) вольфрама, легированного  $Yb_6$ , (ВИ615)  $La_2O_3$ , (ВЛ15)  $Y_2O_3$ , (ВЛ5, ВИ15)  $Y_2O_3 + HfO_2$  (ВИГМ) в широком температурном интервале.

Приведенные на рисунке 1 зависимости  $\rho=f(T)$  свидетельствуют об линейном возрастании этой характеристики в интервале 1200...1800°C, причем с ростом температуры разница между удельным электросопротивлением чистого и легированного вольфрама увеличивается. Значительное увеличение значений электросопротивления при введении в вольфрам различных тугоплавких соединений объясняется тем, что проводимость легирующих добавок существенно ниже проводимости матрицы. Поэтому в первом приближе-