

УДК 531.711(477)

Т.Ю. Котляр, С.М. Сакало

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна*

## ПРО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОВІРКИ СКЛЯНИХ ШТРИХОВИХ МІР ДОВЖИНИ

*В статті розглядаються існуючі методи повірки скляних штрихових мір довжини, а також питання підвищення точності їх повірки. Метою даної роботи є розробка функційної схеми інтерференційної установки для повірки скляних штрихових мір довжини. Запропонована функціональна схема інтерференційної установки дозволяє автоматизувати процес зняття, реєстрації й обробки результатів вимірювань, а також зменшити похибку оптико-механічної системи компаратора. Реалізація подібної схеми дозволить значно підвищити точність вимірювань скляних штрихових мір довжини.*

**Ключові слова:** штрихові міри довжини, інтерферометр, довжина хвилі, фотоелектричний мікроскоп, похибка вимірювання, методи повірки.

### Вступ

Існуючий в Україні парк штрихових мір довжини і технічних засобів вимірювань цих мір – різноманітний за номенклатурою і достатньо великий за кількістю. Основою метрологічного забезпечення цього виду вимірювань є державна повірочна схема для засобів вимірювань довжини ДСТУ 3741-98[1], яка регламентує порядок передачі одиниці довжини від Державного первинного еталона підлеглим засобам вимірювань.

Поліпшення якості продукції неможливе без підвищення рівня техніки вимірювань, випробувань, контролю та керування технологічними процесами на всіх етапах виробництва. Це вимагає постійного збільшення парку засобів вимірювань, розширення їхньої номенклатури й підвищення точності вимірювань.

Точність вимірювання довжини залежить від рівня розвитку фізичної науки та значно впливає на прогрес промислової технології. У машино- та приладобудуванні знайшли широке застосування плоскопаралельні кінцеві й штрихові міри довжини.

До кінцевих мір довжини, у широкому розумінні цього терміна, відносяться всі ті міри довжини, загальною властивістю яких є точно визначена відстань між вимірювальними (робочими) поверхнями, що служить безпосередньо для визначення відстані.

Штрихові міри довжини – міри, розмір яких визначає відстань між осями двох або декількох штрихів, нанесених перпендикулярно до поздовжньої осі міри. До них відносяться шкали, лінійки, рулетки, відлікові пристрої оптичних приладів і т.д.

Штрихові міри характеризуються номінальним значенням загальної довжини, відхиленням загальної довжини від номінальної, номінальною довжиною окремих інтервалів, відхиленням довжини

окремих інтервалів від номінальної, довжиною й шириною штрихів, відхиленням від перпендикулярності штрихів і поздовжній осьовій лінії до бічної поверхні або до краю міри, відхиленням від прямолінійності поздовжніх осьових ліній або краю міри, відхиленням від площинності робочої поверхні або основи, а так само їхнім відхиленням від плоскопаралельності.

На сьогодні існує велика кількість методів і їх модифікацій, які широко використовуються в технічних засобах для вимірювання довжини штрихових мір. Загальні положення про методи і засоби повірки штрихових мір означені в МИ 1987 – 89 [2].

**Метою даної роботи** є розробка функційної схеми інтерференційної установки для повірки скляних штрихових мір довжини, реалізація якої дозволить автоматизувати процес зняття, реєстрації й обробки результатів вимірювань, а також зменшити похибку оптико-механічної системи компаратора.

### Удосконалення методу повірки скляних штрихових мір довжини

Згідно існуючої методики, повірка скляних штрихових мір проводиться за допомогою компаратора. Відлік проводиться оптико-механічним методом по скляній шкалі компаратора. При застосуванні цього метода на точність вимірювань впливають кілька факторів:

- похибка оптико-механічної системи;
- похибка внесена оператором;
- похибка, обумовлена перекосом каретки приладу з установленою скляною штриховою мірою;
- похибка зразкової шкали і т.д.

Також існують оптично-електронні методи з використанням растрових пристроїв вимірювання

довжини, абсолютні і відносні інтерференційні методи на основі лазерних інтерферометрів.

Результати огляду методів і технічних засобів вимірювань на їх основі вказують на те, що найвища точність визначення довжини мір досягається абсолютним інтерференційним методом з використанням динамічних лазерних інтерферометрів сумісно з фотоелектричними мікроскопами (ФЕМ). При цьому довжина мір і їх інтервалів вимірюється безпосередньо в довжинах лазерної хвилі засобами автоматичної лічби інтерференційних смуг, які рахуються між двома настроюваними ФЕМ на вимірювальні штрихи. В основу проектування інтерференційної установки для перевірки штрихових мір довжини покладено саме цей метод. Слід відзначити, що принципи побудови зарубіжних аналогів практично співпадають з вибраним напрямком проектування – всі базують-

ся на лазерних інтерферометрах і фотоелектричних системах наведення на штрих. Щодо метрологічних характеристик, то вони мають певні розбіжності (похибки вимірювань штрихових мір довжини на інтервалі до 1 м знаходяться в межах від 0,1 мкм до 0,5 мкм), які обумовлені перш за все:

- дискретністю відліку інтерференційних смуг;
- роздільною здатністю фотоелектричних мікроскопів;
- точністю визначення показника заломлення;
- точністю визначення температури міри;
- якістю пристроїв рухомої каретки.

За результатом огляду літературних джерел та наявних технічних можливостей, функційну схему інтерференційної установки для перевірки штрихових мір довжини можна подати у наступному вигляді (рис. 1).

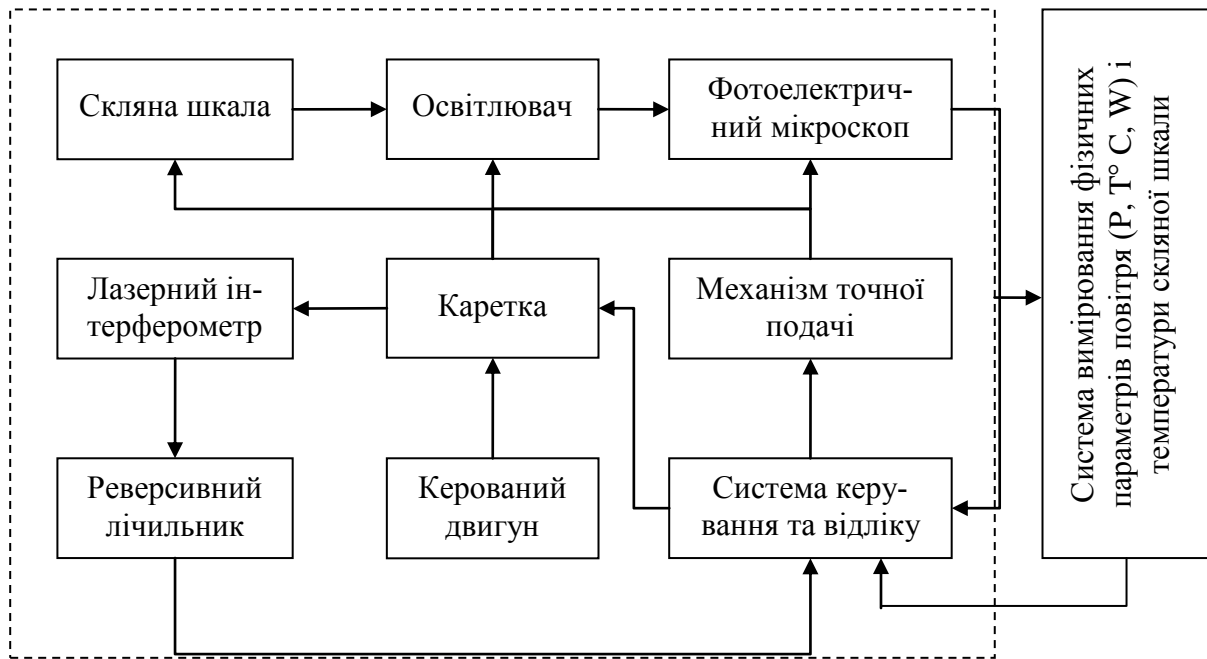


Рис. 1. Функціональна схема інтерференційної установки для перевірки штрихових мір довжини

Згідно зі схемою установка являє собою замкнену систему управління і вимірювання, яка має працювати наступним чином. При попаданні «початкового» штриха в поле зору фотоелектричної системи (ФЕС) на виході системи керування та відліку (СКВ), електрично пов'язаної з ФЕС, виробляється сигнал, за допомогою якого здійснюється зупинка керованого двигуна і включення механізму точної подачі, який підстроює центр штриха на оптичну вісь ФЕС.

Послідовно з цим проводиться підстроювання лазерного інтерферометра на максимум пропускання лазерного променя [3].

Після настроювання на «початковий» штрих за

сигналом з СКВ включається керований двигун і одночасно запускається реверсивний лічильник інтерференційних смуг. При попаданні «кінцевого штриха» в поле зору ФЕС з СКВ надходить сигнал зупинки керованого двигуна і включення механізму точної подачі для підстроювання центра штриха на оптичну вісь ФЕС. Після настроювання штриха на оптичну вісь ФЕС сигналом з СКВ зупиняється реверсивний лічильник і проводиться підстроювання лазерного інтерферометра на максимум пропускання та визначення дробової частини порядку інтерференції.

Зовнішні умови і температура шкали, інформація про які потрібна при обчисленні поправок, ре-

еструється системою вимірювання фізичних параметрів повітря і температури шкали.

Розрахунки метрологічних характеристик інтерференційної установки що проектується проводиться шляхом аналізу основного рівняння вимірювань, яке визначається формулою:

$$L = \frac{(N + \varepsilon)\lambda_0}{2n} + \alpha(20^0\text{C} - t_M)L_{\text{НОМ}},$$

де  $L$  – інтервал між штрихами шкали штрихової міри;  $N$  – цілий порядок інтерференції для лазерного випромінювання;  $\varepsilon$  – дробова частина порядку інтерференції для лазерного випромінювання;  $\lambda_0$  – довжина хвилі лазерного випромінювання;  $n$  – показник заломлення повітря;  $\alpha$  – температурний коефіцієнт температурного розширення;  $t_M$  – температура штрихової міри довжини;  $L_{\text{НОМ}}$  – номінальний розмір шкали міри.

### Висновки

Отже, перевага використання інтерференційного метода для перевірки штрихових мір довжини полягає в прямому зв'язку з еталоном одиниці довжини – метром.

Застосування стабілізованого лазерного випромінювання в якості міри довжини зменшує число ланок у ланцюзі передачі одиниці довжини від державного еталона засобу вимірювальної техніки. Це сприяє спрощенню передачі одиниці довжини та зменшенню похибки.

Крім того, використання інтерферометра усуває операцію наведення на штрих зразкової шкали, що зменшує суб'єктивну похибку, внесену оператором.

Також застосування інтерферометра дозволяє автоматизувати процес зняття відліку й обробки результатів вимірювань. При застосуванні методу подвійного проходження променем вимірюваного відрізка можна підвищити точність виміру приблизно у два рази.

Запропонований метод удосконалення засобів повірки штрихових скляних мір у діапазоні 0,001 - 200 мм дозволяє отримати наступні переваги в порівнянні з методом, що використовується нині:

- підвищити точність вимірювань при повірці скляних штрихових мір;
- зменшити похибки в існуючій оптико-механічній системі компаратора;
- автоматизувати процес зняття, реєстрації й обробки вимірювань.

### Список літератури

1. ДСТУ 3741-98. Державна повірочна схема для засобів вимірювань довжини. [Текст]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 36 с.
2. МИ 1987-89 ГСИ. Меры длины штриховые. Общии требования к поверке. [Текст]. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 10 с.
3. Коронкевич В. П. Современные лазерные интерферометры [Текст] / В. П. Коронкевич, В. А. Ханов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 182 с.

Надійшла до редколегії 30.08.2011

**Рецензент:** канд. техн. наук, с.н.с. В.С. Купко, ННЦ «Інститут метрології», Харків, Україна.

### О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ПОВЕРКИ СТЕКЛЯННЫХ ШТРИХОВЫХ МЕР

Т.Ю. Котляр, С.Н. Сакало

*В данной статье рассматриваются существующие методы поверки штриховых стеклянных мер длины, а так же вопросы повышения точности их поверки. Целью данной работы является разработка функциональной схемы интерференционной установки для поверки стеклянных штриховых мер длины. Предложенная функциональная схема интерференционной установки для поверки стеклянных штриховых мер длины позволяет автоматизировать процесс снятия, регистрации и обработки результатов измерений, а также уменьшить погрешность оптико-механической системы компаратора. Реализация подобной схемы позволит значительно повысить точность измерений стеклянных штриховых мер длины.*

**Ключевые слова:** штриховые меры длины, интерферометр, , длина волны, фотоэлектрический микроскоп, погрешность измерения, методы поверки.

### ABOUT IMPROVING VERIFICATION OF SHAPED GLASS MEASURES ACCURACY

T.Yu. Kotliar, S.N. Sakalo

*The paper reviewed the existing methods of verification glass shaped measures of length, as well question about improve the accuracy of their verification. The aim of this work is the development of interference device functional scheme for verification glass shaped measures. The proposed interference device functional scheme allows us to automate process of recording and processing measurement results and reduce the error of opto - mechanical system of comparator. The implementation of this scheme will significantly improve the accuracy of measurements glass shaped measures of length.*

**Keywords:** shaped measures of length, interferometer, wave length, photoelectrical microscope, error of measurements, verification methods.