

Корисна модель належить до калібрувального устаткування, яке може використовуватися в калібрувальних лабораторіях на виробництві та в метрологічних центрах.

Вимірювальні лінійки та рулетки належать до штрихового, найпростішого та найпоширенішого геометричного вимірювачу у світі, дивись Табл.1:

- В Україні вимірювальні лінійки регламентував національний стандарт ДСТУ427 /1/ (адаптований з однойменного "радянського" стандарту та скасований в Україні 01.01.2019 р.), в якому довжина вимірювальних лінійок обмежена довжинами 300-3000 мм з похибками 100-600 мкм, що становить до 0,02-0,033 % діапазонів вимірювань;

- За кордоном вимірювальні лінійки регламентує міжнародний стандарт DIN866 /2/, в якому довжина вимірювальних лінійок сягає 500-5000 мм за похибок 40-120 мкм (Type A) та 100-300 мкм (Type B), що становить 0,0024-0,02 %.

Таблиця 1

Довжини вимірювальних лінійок, мм	Похибки для лінійок, мм	
	Стандарт ДСТУ ГОСТ 427-2009 /1/	Стандарт DIN866 /2/ Type A / Type B
300	0,100	- / -
500	0,150	0,040 / 0,100
1000	0,200	0,040 / 0,100
1500	0,250	0,060 / 0,150
2000	0,300	0,060 / 0,150
3000	0,600	0,080 / 0,200
4000	- / -	0,100 / 0,250
5000	- / -	0,120 / 0,300

Вимірювальні лінійки виготовляються з металу, з механічним або електрохімічним гравіюванням штрихів, при цьому вимірювальні лінійки вищих класів мають більш глибокі та чіткі штрихи.

Рулетки та вимірювальні стрічки виготовляються з металу, склопластика, з комбінованих та з інших неметалевих матеріалів, з гравіюваними та фарбо-друкованими штрихами, з пластифікованими поверхнями вимірювальних стрічок рулеток.

Глибина або висота штрихів (відносно поверхні вимірювальної стрічки, в залежності від технології їх формування, може змінюватися від нуля до десятих часток міліметра, при цьому в пластифікованих (з захистом поверхні прозорим шаром пластика) вимірювальних стрічках штрихи можуть бути в рівень або мати мікронні відмінності (заглиблення або перевищення). Зазначені рулетки мають збільшену загальну паспортну похибку.

За 50 років метрологічні показники вимірювальних лінійок як в Україні, так за її кордонами, практично не змінилися, що свідчить про їх метрологічний консерватизм, при цьому стенди для калібрування вимірювальних лінійок у 21 сторіччі були суттєво удосконалені в процесі технічного прогресу та еволюції світової метрології.

Це пов'язано з потребами суспільства до спрощення процесів контролю та зменшення негативного впливу людського фактору при калібруванні (помилки зчитування, навантаження на очі, протоколювання та архівація результатів) та необхідність автоматизації процесу математичної обробки результатів вимірювань для усіх типів лінійок та рулеток.

З 1989 року до 2019 року в Україні метрологічний контроль вимірювальних лінійок виконували за методикою МИ 2024 /3/, яка передбачала використання у якості зразкового компаратора контрольної лінійки типу КЛ з наступними показниками:

- діапазон вимірювань 0-1020 мм;
- дискретність вимірювань 0,2 та 1,0 мм;
- Використання лупи зі збільшенням 7 крат;
- Похибки 0,06 та 0,08 мм за відповідних дискретностей;
- Контроль на п'яти ділянках в межах 1 мм, 1 см, 1 дм та 1 м²

Міжнародна інструкція калібрування вимірювальних лінійок /6/ передбачає використання калібрувального стола разом зі зразковою штриховою шкалою-компаратором довжиною 1000 мм. При калібруванні вимірювальних лінійок довжиною 1500 та 2000 мм після першого кроку калібрування перших 1000 мм їх переміщують вздовж калібрувального столу на 1000 мм та виконують другий крок калібрування залишкових частин довжин вимірювальних лінійок (500 та 1000 мм).

Зважаючи на простоту конструкцій вимірювальних лінійок достатньо двократного коефіцієнта зменшення похибок калібрувальних стендів відносно похибок каліброваних вимірювальних лінійок.

Останні десятиріччя для калібрування вимірювальних лінійок все більше використовують прямий метод калібрувань за допомогою спеціалізованих метрологічних стендів зі спеціальною оптичною

системою орієнтації та системою лінійного відліку, як, наприклад, калібрувальні стенди вимірювальних лінійок від фірм "Steinmeyer" (Німеччина) /4/, "Octagon" (Індія) /5/ та "Calibration Design" (Китай) /6/, дивись Табл.2.

Таблиця 2

Показники стендів калібрування лінійок та рулеток	Стенди для калібрування вимірювальних лінійок / Виробники		
	"Calibration Design" (Китай) /6/	"Octagon" (Індія) /5/	BMG2000BV/BMG10000BV "Steinmeyer" (Німеччина) /4/
Діапазон контрольованих лінійок, мм	0-1000	0-1000	0-2000
Дискретність, мм	0,010	0,001	0,001
Похибка, мкм	70* (на 1000 мм)	10+10L	50* (на 2000 мм)
Компаратор	Шкала інкрементна індукційна	Шкала фотоелектрична	Шкала фотоелектрична
Керування	Ручне	Ручне	Автоматичне
Візуальний контроль	USB-камера 10x спрощена	Професійна камера x10	Професійна камера 10X
Переміщення камери	Ковзання по штангенштанзі	Катання каретки по рейці	Катання каретки по рейці
Відображення лінійних переміщень	Відліковий пристрій ШЦЦ	Стандартний монітор штатний	Спеціальний дисплей штатний
Монітор до камери	Зовнішній додатковий	Стандартний монітор штатний	Спеціальний монітор штатний
Кріплення лінійки	Механічний затискач	Механічний затискач	Механічний затискач
Комп'ютер штатний	Відсутній. Потрібен зовнішній	Автономний штатний	Вбудований спеціальний
Програмне забезпечення	Відсутнє	Метрологічне штатне	Метрологічне штатне
Маса, кг	3* (Очікувана)	50	67-400
Вартість, євро	800	Від 8000	63000-198900

Зазначені калібрувальні стенди мають наступні особливості:

- мають основний штангенвідліковий пристрій для контролю позиціювання та додатковий оптичний пристрій (відеокамеру) для ідентифікації контрольованих штрихів вимірювальних лінійок та рулеток;
- стенди "Steinmeyer" /4/ мають найкращі метрологічні показники під вузькі завдання калібрування штрихових шкал, високу ціну за рахунок використання машинного зору та лінійних фотоелектричних шкал з блоками цифрової індикації, які забезпечують мікронні похибки, занадто жорсткі по відношенню до стандартизованих похибок;
- стенди "Steinmeyer" /4/ з машинним зором мають суттєві обмеження при перелаштуваннях на різні типорозміри лінійок та рулеток (з гравіюваними та гладкими поверхнями, з різнокольоровими міжштриховими поверхнями вимірювальних шкал);
- комп'ютерні стенди "Steinmeyer" /4/ та "Octagon" /5/ використовують зовнішні універсальні ПК зі значно завищеними та надмірними можливостями, з окремими великими моніторами, які зовсім не обов'язкові для калібрування лінійок та рулеток;
- спрощений стенд "Calibration Design" /6/ не є самодостатнім, оскільки потребує значних додаткових витрат на зовнішній ПК з окремим монітором, при цьому має зовнішню похибку для калібрування вимірювальних лінійок (150, 300 та 500 мм), оскільки в ньому побутова відеокамера має власну похибку (25-50 мкм) та встановлена на звичайній рухомій рамці від штангенциркуля, що суттєво спотворює результати калібрування вимірювальних лінійок;
- зазначені калібрувальні стенди, навіть німецькі від фірми "Steinmeyer", не мають можливості роботи в умовах сучасної інформаційної системи "Industry 4.0".

Усі сучасні стенди калібрування вимірювальних лінійок /4, 5, 6/ не мають засобів контролю глибини та профілю гравіюваних штрихів та їх площинних розмірів за контрастом, що важливо для достовірного та автоматизованого контролю повного асортименту вимірювальних лінійок та рулеток.

Усі сучасні стенди калібрування вимірювальних лінійок /4, 5, 6/ мають виключно оптичні засоби ідентифікації положень штрихів (вимірювальні лупи або відеокамери), коли недоліки зору, емоційного та фізичного стану користувача негативно впливають на визначення положення контрольованих штрихів.

Наявність суб'єктивного фактора при оптичному контролі суттєво обмежує функціональні можливості, зменшує достовірність контролю вимірювальних лінійок та рулеток.

Дуже висока вартість (до 50 тисяч євро) автоматичних німецьких калібрувальних стендів від фірми "Steinmeyer" /4/ пов'язана з використанням машинного зору.

Машинний зір /4/ дуже ефективний для вузьких завдань контролю однотипних штрихових шкал, проте обмежений при багатоваріантних завданнях.

Машинний зір /4/ суттєво ускладнює та збільшує вартість автоматичних калібрувальних стендів "Steinmeyer" /14/ стосовно контролю повного асортименту лінійок та рулеток.

Великі похибки індійських стендів "Octagon" /5/ та китайського примітивного стенда "Calibration Design" /6/, необхідність ручного обчислення в процесі вимірювань ускладнюють та обмежують їх широке використання.

Останнім часом з'явилися українські комп'ютерні калібрувальні стенди від харківського підприємства "МІКРОТЕХ" /7/, більш доступні та функціональні завдяки використанню інноваційних штангенвідлікових пристроїв. Але їм також притаманна значна залежність від кваліфікації та фізичного стану (зору та втоми) оператора, пов'язаних з візуальним контролем з використанням відеокамери.

Сучасні підприємства та метрологічні лабораторії мають відповідати вимогам системи "Industry 4.0", яка передбачає адаптивність та загальну комп'ютеризацію процесу калібрування шляхом використання комп'ютерних засобів для автоматичного протоколювання, архівації, бездротового зв'язку з зовнішніми ПК (серверами, ноутбуками та планшетами, смартфонами та іншими приймальними пристроями).

Для калібрування прецизійних вимірювальних лінійок форми "А" за міжнародним стандартом DIN866 /2/ можливо використовувати за схемою мультиплікації значно коротші стенди з розрахованими більш жорсткими похибками.

В Табл. 3 наведені наступні характеристики калібрувальних стендів зі скороченими діапазонами відносно довжин лінійок:

- Регламентовані похибки для стендів калібрування, які мають бути корельовані зі стандартизованими похибками каліброваних прецизійних вимірювальних лінійок (див. Табл.1);
- Кількість перестанов каліброваних вимірювальних лінійок для забезпечення необхідної кількості контрольних точок (не менше 5 шт.).

Таблица 3

Діапазони стендів для калібрування вимірювальних лінійок, мм	Довжини подовжених вимірювальних лінійок згідно з DIN866 "А" /2/			
	3000 мм		5000 мм	
	Похибка, мкм	Перестанов	Похибка, мкм	Перестанов
0-1000	23	3	27	5
0-2000	32	2	38	3
0-3000	40	1	46	2

Таким чином, спеціалізовані калібрувальні стенди з діапазонами 0-1000 мм, 0-2000 мм та 0-3000 мм принципово дозволяють калібрувати прецизійні вимірювальні лінійки форми "А" довжиною від 500 до 5000 мм, за умови забезпечення регламентованих похибок.

Для подовжених рулеток та вимірювальних стрічок (5, 8, 10, 20, 30, 50, 100 м) також можливо використовувати покроковий метод калібрування на стендах зі значно меншою (в 5-20 рази) базувальною довжиною завдяки менш жорстким вимогам до їх точності в порівнянні з лінійками.

Надалі ми розглянемо технічні рішення, що мають забезпечити досягнення мети корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток".

Патентом-аналогом корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" є відомий український патент UA№ 131773 "Стенд калібрування індикаторів 4.0" /8/, в якому на опорі закріплена рейкова напрямна з двома каретками катання, відліково-комп'ютерний пристрій з блоком архівації з блоком двостороннього бездротового зв'язку, з датчиками температури, з датчиком вологості та датчиком удару, комплект КМД.

Недоліки патенту-аналога /8/ пов'язані з неможливістю калібрування вимірювальних лінійок.

Патентом-аналогом корисної моделі "Автоматичний стенд для калібрування лінійок та рулеток" є американський патент US№ 3383771 "Calibration means for measuring rules" /9/, в якому запропоновано вимірювальна лінійка з можливістю регулювання положення початку відліку, що враховує зношення лінійки при використанні.

Недоліки патенту-аналога /9/ пов'язані з відсутністю технічних засобів для калібрування вимірювальних лінійок відповідно до мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Автоматичний стенд для калібрування лінійок та рулеток" є китайська заявка на патент CN № 203190904 "Calibrating device for length steel rules" /10/, в якому запропоновано універсальний стенд з рейковими напрямними, також передбачений контроль та врахування температури лінійки або стрічки шляхом ручних обчислень за наданими формулами.

Патент-аналог /10/ за описом та конструктивними особливостями переважно призначений для калібрування наддовгих рулеток (100 та 200 м)

Недоліки патенту-аналога /10/ пов'язані з обмеженням призначенням стосовно подовжених рулеток та відсутністю автоматизованого обчислення, протоколювання та архівації результатів калібрування.

Патентом-аналогом корисної моделі "Автоматичний стенд для калібрування лінійок та рулеток" є український патент "Макропрофіломер панорамний" за патентом UAN № 140922 /11/, в якому фахівці українського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували рейкову напрямну з каретками катання, з відліково-комп'ютерним пристроєм та калькулятором, з відеокамерою для ідентифікації положення магнітної мішені на металевій штриховій стрічці для орієнтації на поверхні.

Недоліки патенту-аналога /11/ стосовно нашої корисної моделі пов'язані з його іншим призначенням, в цілому та його окремих частин.

Патентом-аналогом корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" є український патент UAN № 147069 /12/ "Стенд комп'ютерний для калібрування лінійок", в якому фахівці українського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували устаткування для прямого калібрування:

- система ідентифікації контрольованих штрихів закріплена на рухомій рамці та виконана у вигляді метрологічної відеокамери, з візуальним визначенням особисто користувачем середин контрольованих штрихів;

- відлік відстаней поміж вибраними штрихами забезпечують штангенвідлік з відліково-комп'ютерним пристроєм;

- рухома рамка штангенвідліка з закріпленою відеокамерою для ідентифікації меж контрольованих штрихів та, разом з відліково-комп'ютерним пристроєм, закріплені на каретках катання, які катаються по двом рейковим напрямним;

- рейкові напрямні закріплені на горизонтальній балці з магнітними фіксаторами для утримання вимірювальних лінійок.

Недоліки патенту-аналога пов'язані з використанням відеокамери як єдиної системи ідентифікації меж вимірюваних штрихів, оскільки відеокамера не дозволяє гарантовано визначити фізичні межі штрихів, їх ширину, точний кроків поміж вимірюваними штрихами каліброваних лінійок.

Загалом, патент-аналог /12/ не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Найближчим аналогом є український патент UAN № 158393 /13/, в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували автоматизований стенд калібрування гравійованих лінійок, який складається з наступних елементів:

- Балка;
- Вимірювальна шкала;
- Пара рейкових напрямних та комплект кареток катання;
- Рухома рамка;
- Відліково-комп'ютерний пристрій;
- Відеокамера;
- Лазерний сенсор (для контролю глибини штрихів)
- Механізм подачі для позиціонування рухомої рамки (типу "гвинт-гайка" з обмеженим ходом 25 мм).

Найближчий аналог надає нові можливості калібрування гравійованих лінійок, але він неефективний у випадку контролю рулеток та вимірювальних стрічок з однорівневим або мінімальними відмінностями по висоті штрихів.

Недоліками найближчого аналога є обмежена сфера використання, ручне позиціонування та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Задачею корисної моделі є започаткування доступних стендів калібрування повного сучасного асортименту лінійок та рулеток, з автоматичним позиціонуванням, з автоматичною ідентифікацією гладких та гравійованих штрихових шкал, з автоматичним розрахунком невизначеностей, з автоматичним протоколюванням, архівацією та бездротовим зв'язком з зовнішніми ПК.

Поставлена задача вирішується тим, що в автоматичному стенді калібрування лінійок та рулеток, що складається з балки 1 разом з вимірювальною шкалою 2, з парою рейкових напрямних 3, з комплекту кареток катання 4 у складі рухомої рамки 5 разом з відліково-комп'ютерним пристроєм 6 та з відеокамерою 7, з лазерного сенсора 8, з механізму подачі 9, згідно з корисною моделлю, що на рухомій рамці 5 додатково встановлено датчик контрасту 10, до механізму подачі 9 додатково встановлено подовжений трапецеїдальний гвинт 11, кроковий двигун 12, драйвер 13, мікроконтролер 14.

Суть корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" полягає в автоматичному позиціонуванні, з висотною та контрастною ідентифікацією штрихів, з поточним

автоматичним розрахунком відхилень та усіх невизначеностей калібрування, та пояснюється кресленнями (фіг. 1 та 2).

На фіг. 1 показано головний вид корисної моделі.

На фіг. 2 показано вид зверху корисної моделі.

Балка 1, вимірювальна шкала 2, пара рейкових напрямних 3, комплект кареток катання 4, рухома рамка 5 мають бути виготовлені відповідно до рекомендацій патенту-прототипу /13/ або іншим чином, з забезпеченням відповідних вимог до цих елементів, дивись фіг. 1 та 2.

Балка 1 встановлена горизонтально та складається з двох прямокутних профілів (сталевих, алюмінієвих, карбонових, комбінованих або інших), з'єднаних у вигляді англійської літери "L" в перерізі, відповідно до найближчого аналога, дивись фіг. 1 та 2.

Вимірювальна шкала 2 встановлена горизонтально та призначена для контролю поздовжніх переміщень рухомої рамки 5.

Вимірювальна шкала 2 має бути цифровою, інкрементного (з гальванічним омідненням склопластикової стрічки) або фотоелектричного типу (зі штрихами на склі).

Пара рейкових напрямних 3 розміщена горизонтально вздовж балки 1, може бути виробництва фірми "Hiwin" (Тайвань) номіналів MGN12 або HGH15 (можливі інші виробники та типорозміри рейкових напрямних).

Комплект кареток катання 4 (2-4 шт.) рухається по парі рейкових напрямних 3, з яким має бути узгодженим.

Рухома рамка 5 рухається вздовж балки 1, при цьому спирається на комплект кареток катання 4, дивись фіг. 1 та 2.

Рухома рамка 5 утримує відліково-комп'ютерний пристрій 6, відеокамеру 7, лазерний сенсор 8 та датчик контрасту 10.

Відліково-комп'ютерний пристрій 6 закріплений на рухомій рамці 5, складається з електрофізичних перетворювачів лінійних переміщень в електричні сигнали, з вбудованим мікрокомп'ютером, з можливістю конструктивного приєднання мікроконтролера 14.

До відліково-комп'ютерного пристрою 6 приєднаний мікроконтролер 14 у вигляді плати, яка вбудована в мікрокомп'ютер або у вигляді окремого масового серійного пристрою (штатний мікроконтролер для штатного крокового двигуна 12 зі штатним драйвером 13).

Відеокамера 7 призначена для початкової орієнтації рухомої рамки 5 (з закріпленими на ній лазерним сенсором 8 та датчиком контрасту 10) відносно штрихових шкал каліброваних лінійок або рулеток перед початком метрологічного контролю.

Вимірювальна вісь відеокамери 7, в залежності від конструктивних особливостей каліброваних штрихових шкал, орієнтують на початок відліку (на торці лінійок, на зачіп для рулеток, або на нульовий штрих для лінійок та рулеток).

Відстані від оптичної осі відеокамери 7 до осі лазерного сенсора 8 та до осі датчика контрасту 10 відомі та фіксовані (в процесі виробництва корисної моделі та процесі калібрування перед початком використання), зазначені міжосьові відстані враховуються відліково-комп'ютерним пристроєм 6 при вимірюваннях з використанням зазначених елементів ідентифікації меж штрихів.

Відеокамера 7 може бути спеціальною або серійною метрологічною (можливо інше), з поділом дисплея вимірювальною масштабною сіткою.

Лазерний сенсор 8 призначений для визначення межі поміж різновисокими ділянками каліброваних штрихових шкал лінійок та рулеток (зазвичай, це гравійовані канавки, заповнені фарбою для штрихів та підвищені міжштрихові ділянки загальної поверхні контрольованої штрихової шкали).

Лазерний сенсор 8 має бути у вигляді датчика дистанції (наприклад, від відомої японської фірми "Keyence" /14/ або від спеціалізованої данської фірми "Baumer" /15/), також може бути спеціальним з діаметром лазерного променя 20-70 мкм (можливо інше) для визначення лівої та правої меж канавок гравійованих штрихів вимірювальних лінійок.

Лазерні сенсори 8 мають забезпечити вертикальні вимірювання в діапазоні глибин від 10 мм з мікронними похибками, для ідентифікації меж заглиблених штрихів (поміж канавкою штриха та міжштриховим підвищенням).

Механізм подачі 9 призначений для позиціонування рухомої рамки 5 відносно шкал лінійок та рулеток.

Механізм подачі 9 виконаний у вигляді пари "гвинт-гайка".

На відміну патенту-прототипу /13/, з ручною та обмеженою подачею в межах 25 мм в нашій корисній моделі механізм подачі 9 повністю автоматичний з подовженим ходом (1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 5800 мм), що забезпечується використанням відмінних елементів в корисній моделі.

Датчик контрасту 10 призначений для визначення меж поміж контрастними поверхнями штрихів (чорного або іншого контрастного кольору) та міжштриховими поверхнями вимірювальної стрічки (сталевого, білого, жовтого або іншого кольору).

В якості датчика контрасту 10 доцільно використовувати спеціальні або серійні датчики з дискретністю визначення контрастних зображень 100 мкм (можливо інше), наприклад оптичні дифузійні датчики від фірми "Sick" (Німеччина) /16/ або від інших виробників.

Лазерний сенсор 8 та датчик контрасту 10, можуть працювати разом або окремо за бажанням користувача:

- У випадках контролю прецизійних гравійованих лінійок або штрихових шкал з перепадом рівнів поміж штрихами та міжштриховими поверхнями 10 мкм та більше доцільно використовувати висотну ідентифікацію штрихів за допомогою лазерного сенсора 8;

- У випадках контролю масових пластифікованих вимірювальних штрихових стрічок з перепадом рівнів поміж штрихами та міжштриховими поверхнями в межах 10 мкм доцільно використовувати контрастну ідентифікацію штрихів за допомогою датчика контрасту 10;

- Лазерний сенсор 8 та датчик контрасту 10 можуть використовуватися одночасно для покращення достовірності та зменшення похибки геометричної ідентифікації штрихів у більш складних випадках ідентифікації.

Механізм подачі 9 призначений для позиціонування рухомої рамки 5 вздовж балки 1 з точністю 10-50 мкм (можливо інше).

До механізму подачі 9 в нашій корисній моделі додаються подовжений трапецеїдальний гвинт 11 (на всю довжину калібруємої лінійки або рулетки), кроковий двигун 12 з драйвером 13 та з мікроконтролером 14.

Подовжений трапецеїдальний гвинт 11 спирається вільним кінцем в опору, яка розташована на балці 1, дивись фіг. 1 та 2.

Подовжений трапецеїдальний гвинт 11 приєднаний іншим кінцем до ротора крокового двигуна 12, який забезпечує його кругове провертання та гальмування.

По подовженому трапецеїдальному гвинту 11 поздовжньо переміщується трапецеїдальна гайка зі складу механізму подачі 9.

Довжина серійних подовжених трапецеїдальних гвинтів 11 обмежена 3000 мм, проте під замовлення довжина трапецеїдальних гвинтів 11 може бути збільшена до 6000 мм (але при цьому непропорційно зростає його вартість).

Доцільно використовувати трапецеїдальні гвинти 11 та трапецеїдальні гайки (у складі механізму подачі 9) діаметром 8-16 мм (можливо інше) з кроками відповідно до вимог замовника.

Керування кроковим двигуном 12 забезпечують драйвер 13 з мікроконтролером 14 за командами від відліково-комп'ютерного пристрою 6.

Мікроконтролер 14 може бути серійним окремим пристроєм або у вигляді спеціальної електронної плати, яка інтегрована в мікрокомп'ютер відліково-комп'ютерного пристрою 6.

Відліково-комп'ютерний пристрій 6, з вбудованим мікрокомп'ютером та приєднаним мікроконтролером 14 мають виконувати наступні функції:

- згідно з алгоритмом вимірювань, надавати команди кроковому двигуну 12 з драйвером 13 на переміщення рухомої рамки 5 (разом з лазерним сенсором 8 та датчиком контрасту 10) на ділянку контролю штрихової стрічки каліброваної лінійки або рулетки;

- приймати та обробляти інформацію від лазерного сенсора 8 або датчика контрасту 10;

- автоматично обчислювати середньо арифметичні значення для двох координат горизонтального штангенвідліку, відповідно до лівої та правої меж штриха (отриманих за допомогою лазерного сенсора 8 або датчика контрасту 10), які відповідають віртуальним координатам середин контрольованих штрихів;

- автоматично порівнювати розраховані координати середин контрольованих штрихів з номінальними їх показниками для регламентованих контрольних точок каліброваної лінійки або рулетки;

- автоматично розраховувати відхилення поміж номінальними та фактичними значеннями, розраховувати усі передбачені невизначеності при калібруванні лінійок та рулеток;

- автоматично протоколювати та архівувати результати вимірювань та результати їх математичної обробки;

- пересилати, за необхідності, результати калібрування до зовнішніх ПК (серверів, ноутбуків та планшетів, смартфонів, інших приймальних пристроїв).

На відміну від найближчого аналога, в якому межі штрихів визначаються по висоті тільки за допомогою лазерного сенсора 8, в запропонованій корисній моделі межі штрихів також можуть визначатися за допомогою датчика контрасту 10 як окремо, так і паралельно.

Використання корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" суттєво розширює функціональні можливості калібрування практично усіх наявних типорозмірів прецизійних гравійованих та масових гладких лінійок та рулеток.

За бажанням користувача можливо в автоматичному режимі проконтролювати абсолютно усі лінійки та рулетки з гладкими та гравійованими вимірювальними шкалами, що важливо при виготовленні стандартизованих та спеціальних лінійок, і вимірювальних стрічок та рулеток.

Корисну модель "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" використовують наступним чином (на прикладі калібрування рулеток 5000 мм з пластифікованою, практично пласкою вимірювальною стрічкою, з контролем відхилень довжин та ширини штрихів в п'яти контрольних точках 1000, 2000, 3000, 4000 та 5000 мм тільки за допомогою датчика контрасту 10 (в цьому випадку лазерний сенсор 8 не задіяний):

1) Включають відліково-комп'ютерний пристрій 6 з мікроконтролером 14, датчик контрасту 10, кроковий двигун 12 з драйвером 13;

2) Визначають номінал контрольованої лінійки або рулетки, очікувану різницю висот штрихів та міжштрихових поверхонь та вибирають алгоритм автоматичних вимірювань;

3) Встановлюють та закріплюють калібровану рулетку номіналом 5000 мм вздовж балки 1, щоб відеокамера 7, лазерний сенсор 8 та датчик контрасту 10 були розташовані вздовж поля зору дециметрових довгих штрихів;

4) Переміщують рухому рамку 5 таким чином, щоб відеокамера 7 захоплювала початок контрольованої штрихової шкали рулетки (торець зачепу або нульовий штрих залежно від конструкції рулетки), при цьому обнуляють відліково-комп'ютерний пристрій 6, автоматично встановлюють початкові показники датчика контрасту 10 (з урахуванням взаємного міжосьового розташування відносно відеокамери 7);

5) Програмують відліково-комп'ютерний пристрій 6 на п'ять контрольних точок та вибирають варіант оптимальний варіант геометричної ідентифікації штрихів за допомогою датчика контрасту 10;

6) Переміщують автоматично рухому рамку 5 вздовж балки 1 в положення 1000 мм за допомогою механізму переміщення 9 з доданими до нього подовженим трапецеїдальним гвинтом 11, кроковим двигуном 12, драйвером 13, мікроконтролером 14;

7) Сканують датчиком контрасту 10 контрольовану ділянку в межах до міліметра по обидві сторони від контрольного штриха 1000 мм та автоматично визначають у відліково-комп'ютерному пристрої 6 фактичні значення лівої та правої контрастних меж для першого контрольного штриха;

8) Обчислюють автоматично у відліково-комп'ютерному пристрої 6 фактичне розташування та ширину штриха 1000 мм;

9) Обчислюють автоматично у відліково-комп'ютерному пристрої 6 відхилення від номіналів для фактичного розташування та для фактичної ширини штриха 1000 мм;

10) Протоколюють, обчислюють та архівують автоматично у відліково-комп'ютерному пристрої 6 показники отриманих вимірювань та обчислених відхилень для штриха 1000 мм;

11) Повторюють переходи пп. 6-10 для контрольних штрихів 2000, 3000, 4000, 5000 мм;

12) Повторюють переходи пп. 6-11 ще дев'ять разів для забезпечення десятикратного дублювання вимірювань каліброваної рулетки в п'яти контрольних точках;

13) Розраховують, протоколюють та архівують автоматично у відліково-комп'ютерному пристрої 6 усі невизначеності калібрування для рулетки 5000 мм;

14) Повторюють переходи пп. 3-13 при калібруванні партії однотипних рулеток 5000 мм;

15) Повторюють переходи пп. 2-14 при калібруванні рулеток інших типорозмірів;

16) Відключають вручну або автоматично (за відсутності вимірювань протягом 20...60 хвилин), відліково-комп'ютерний пристрій 6 з мікроконтролером 14, датчик контрасту 10, кроковий двигун 12 з драйвером 13;

17) Повторюють переходи пп. 1-16 при нових серіях вимірювань подібних контрольованих рулеток (за наявності різних рівнів штрихів та міжштрихових поверхонь використовують замість або разом з датчиком контрасту 10 також лазерний сенсор 8).

Корисна модель "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" не потребує від користувача додаткових знань та застосовується звичайним чином для комп'ютерних стендів /7/.

Корисна модель дозволяє калібрувати найширший асортимент, як спрощених та прецизійних лінійок (штрихові шкали яких виготовлені хімічним, електрохімічним, лазерним, друкованим або іншим поверхневим методом) та рулеток (які виготовлені електрохімічним травленням або комплексним друком з пластифікацією поверхні), також прецизійних лінійок та вимірювальних стрічок (які виготовлені механічним або електрохімічним фрезеруванням та іншими методами).

Був проведений порівняльний аналіз корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування гравійованих лінійок" з найкращим на цей час у світі серійним стендом калібрування лінійок та рулеток типу "MG-5000" від німецької фірми "Steinmeyer" /4/, дивись Табл.4.

Таблиця 4

Показники стендів калібрування лінійок та рулеток	Корисна модель "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" на 5000 мм	Стенд калібрування лінійок та рулеток типу BMG-5000 "Steinmeyer" (Німеччина) /4/
Вимірювальна база	0-5000	0-5000

стенда, мм		
Дискретність відліку, мм	0,001	0,001
Метод ідентифікації штрихів	Лазерний сенсор 8 та Датчик контрасту 10	Машинний зір
Тривалість часу ідентифікації штрихів, %	18	100
Вбудований комп'ютер	Спеціальний малогабаритний	Універсальний габаритний
Бездротовий зв'язок з зовнішніми ПК	Так	Ні
Ціна стенду, тисяч євро	20.4	129
Собівартість калібрування, %	31	100

Проведений аналіз підтвердив можливість та доцільність виготовлення корисної моделі "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток", яка доступна та відповідає сучасним вимогам калібрування повного асортименту лінійок та рулеток, загалом переважає найкращі світові аналоги.

Корисна модель "Автоматичний стенд калібрування лінійок та рулеток" забезпечує найкращі метролого-функціональні показники калібрування лінійок та рулеток за критерієм "ЦІНА / ЯКІСТЬ".

1. www.csm.kiev.ua. - Стандарт України ДСТУ 427, 2009
2. www.din.org. - Standard DIN866, 2006
3. www.zakon.rada.gov.ua: про родовження дії галузевих стандартів.- Методика повірки МИ-2024, 2002
4. www.steinmeyer.com. - Catalog "Steinmeyer-2025". Products, 2025
5. www.octagon.com. - Catalog "Octagon-2025". Products, 2025
6. www.calibrationdesign.com. - Catalog "Calibration Design-2025". Products, 2025
7. www.microtech-ua.com. - Каталог "МІКРОТЕХ-2025". Стенди калібрувальні, 2025
8. www.ukrpatent.org. - Патент UAN№ 131773 "Стенд калібрування індикаторів 4.0"
9. www.patents.google. - Patent US№ 3383771 "Calibration means for measuring rules"
10. www.patents.google. - Patent CN№ 201390904 "Calibration device for length steel rules"
11. www.ukrpatent.org. - Патент UAN№ 140922 "Макропрофіломір панорамний»
12. www.ukrpatent.org. - Патент UAN№ 151339 "Стенд калібрування гравійованих лінійок»
13. www.baumer.com. - Catalog "Baumer-2025". Products, 2025
14. www.sick.com. - Catalog "Sick-2025". Products, 2025

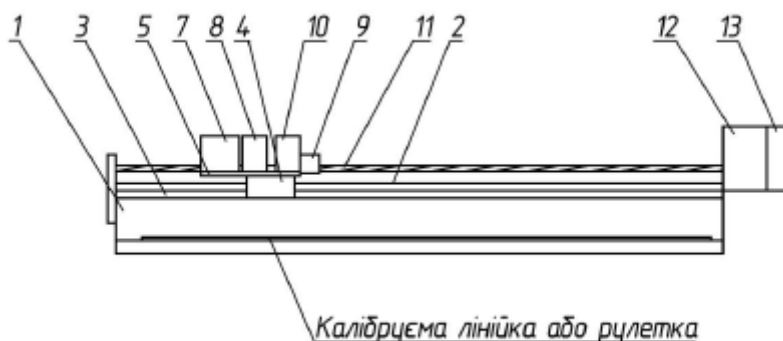
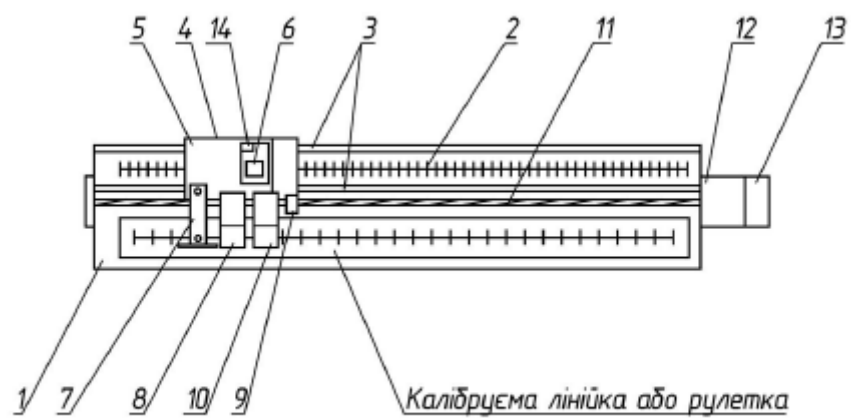


Fig. 1



Фіг. 2