

Корисна модель "Мікрометр лінійно-динамометричний" належить до контрольно-вимірювальних інструментів для прецизійних вимірювань з контрольованими зусиллями вимірювань, може широко використовуватися на промисловому виробництві та в калібрувальних лабораторіях.

При контактних вимірюваннях дуже важливим є оптимальне зусилля вимірювань. Для мікрометрів зусилля вимірювань регламентовані в наступних діапазонах:

- За німецьким стандартом DIN863 [1] вимірювальні зусилля мікрометрів мають бути в межах 5-10 Н;

- За міжнародним стандартом ISO3611 [2] вимірювальні зусилля мікрометрів мають бути в межах 5-15 Н;

- Для інноваційних мікрометрів фірми "Sylvac" (Швейцарія) [3] вимірювальні зусилля мають обмеження 7-10 Н (3-Сильв);

- Для найбільш прецизійних у світі, субмікронних мікрометрів фірми "Mitutoyo" (Японія) [4] вимірювальні зусилля мають бути ще в меншому діапазоні 7-9 Н;

- Для мікрометрів серії фірми "Mitutoyo" [4] передбачена можливість вимірювання в діапазоні 0-15 мм з п'ятьма малими вимірювальними зусиллями в межах 0,5-2,5 Н (тип 227-201-20 з дискретністю 0,5 Н) та в діапазоні 0-10 мм з п'ятьма середніми вимірювальними зусиллями 2-10 Н (тип 227-206-20 з дискретністю 2 Н);

- Для листових мікрометрів та інших мікрометрів з великими вимірювальними поверхнями оптимальні вимірювальні зусилля становлять 10-20 Н.

В усіх серійних сучасних мікрометрах зусилля вимірювань забезпечуються механічними тарованими пристроями (тріскачки, фрикціони), які встановлені на поворотному барабані та забезпечують притискання рухомого шпинделя (поворотного або неповоротного) до нерухомої п'ятки, яка жорстко закріплена на протилежному краї скоби мікрометра.

Повторюваність вимірювальних зусиль недостатня та погіршується з часом (у зв'язку зі зносом та деформацією) при використанні механічних тарованих пристроїв.

Традиційні мікрометри важільні (4-Mit, 5- Map) мають подвійні відлікові пристрої (аналоговий мікрометричний відлік приєднаний до поворотного шпинделя важільного мікрометра та індикторний аналоговий відлік приєднаний до рухомої п'ятки важільного мікрометра).

Інноваційні мікрометри важільні розробки та виробництва українського підприємства "МІКРОТЕХ" (6-МКРПХ) мають в індикаторному відліку вбудований мікрокомп'ютер, що суттєво розширює функціональні можливості важільних мікрометрів.

Індикаторні відлікові пристрої важільних мікрометрів не передбачають контроль та стабільність вимірювальних зусиль, оскільки зусилля натискання індикаторних пружин залежить від їх розтягнення.

Для розширення сфер застосування (вимірювання твердих та м'яких матеріалів, листів, легко деформованих фольги та плівок) необхідно змінювати вимірювальні зусилля від 0,6 Н до 20 Н.

Для покращення метрологічних показників мікрометрів необхідно забезпечити можливість регулювання їх вимірювальних зусиль від 0,6 до 20 Н з дискретністю контролю вимірювальних зусиль 0,1 Н.

Останні роки з'явилось багато мініатюрних високоточних тензодатчиків, які розширюють можливості удосконалення комп'ютерного геометричного вимірювача.

Метою корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" було започаткування нового типу прецизійних мікрометрів з автоматичним визначенням, протоколюванням та архівацією поточних лінійних розмірів при регульованих вимірювальних зусиллях в межах $(0,5-20) \pm 0,1$ Н, з приєднанням до системи "Industry 4.0".

Дослідимо рівень техніки в частині мікрометрів з тарованими пристроями.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр динамометричний" є 132-річний американський патент US№ 528759 [7], в якому вперше був запропонований мікрометр традиційної конструкції з тарованим пристроєм на поворотному барабані у вигляді тріскачки, який практично без змін масово виробляється багатьма виробниками мікрометрів до цього часу.

Мікрометр за патентом-аналогом [7] має вади сучасних традиційних мікрометрів (відсутність можливості регулювання та кількісного контролю вимірювального зусилля).

Недоліками патенту-аналога [7] є обмежені можливості та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 135-річний американський патент US№ 454516 [8], в якому фахівці всесвітньо відомої фірми "B&S" запропонований штангенциркуль з тарованим пристроєм на нерухомій губці.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є ЖЖ-річний американський патент US№ 4188727 [8], в якому фахівці фірми "Mitutoyo" (Японія), провідного сучасного виробника ЗВТ, запропонували штангенциркуль з тарованим пристроєм на нерухомій губці, який виробляється серійно для вимірювання м'яких матеріалів з вимірювальним зусиллям 0,5-1 Н [4].

Патент-аналог [8] є удосконаленим варіантом патенту-аналога [7]. За рахунок додаткової губки, встановленої на нерухомій губці виникає перекіс, тому похибка штангенциркулів за патентом-аналогом [8] збільшена на 67 % відносно традиційних штангенциркулів.

Недоліки патентів-аналогів [7] та [8] пов'язані з іншим призначенням, з метрологічними обмеженнями та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентами-аналогами корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 82-річний американський патент US№ 2484772 [9] та 79-річний патент US№ 2599971 [10], в яких запропоновані мікрометри важільні з рухомими п'ятками, які приєднані до додаткового індикаторного відліку та натискної кнопки для їх відведення при заведенні контрольованого зразка.

В обох патентах-аналогах [9, 10] індикаторні відліки забезпечують виключно лінійний контроль відхилень розмірів деталі від номінальних значень (номінальні контрольовані розміри попередньо встановлюються за допомогою мікрометричної головки).

Обидва патенти-аналоги [9, 10] мають рухомі п'ятки, проте не передбачають регулювання та контроль вимірювальних зусиль.

Недоліки патентів-аналогів [9, 10] пов'язані з іншим їх призначенням, з обмеженими можливостями та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 111-річний американський патент US№ 1152761 [11], в якому запропоновано стаціонарний індикаторний товщиномір на стійці з рухомою пружною п'яткою, яка важелями пов'язана з індикатором лінійних переміщень.

Автор патенту-аналога [11] назвав його мікрометричним вимірювачем ("Micrometer gage"), проте це був індикаторний стенд, що було досить поширеним явищем для лінійно-кутового вимірювача 100-150 років тому, на початку їх масового патентування, коли ще не досить строго дотримувались єдиної класифікації геометричних ЗБТ.

Патент-аналог [11] має зустрічне натискання пружних вимірювальних поверхонь, при цьому не передбачає можливість регулювання вимірювального зусилля та його кількісний контроль.

Недоліки патенту-аналога [11] пов'язані з його обмеженими можливостями та неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є український патент UA№ 99688 [12], в якому фахівці українського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували комп'ютерний мікрометр з мікрокомп'ютером, вбудованим у цифровий відліковий пристрій, що забезпечує найбільш широкі функціональні можливості серед сучасних мікрометрів у світі.

Мікрометри комп'ютерні за патентом-аналогом [12] понад 10 років виробляються серійно в Україні [6], також масово постачаються на експорт.

Патент-аналог [12] не передбачає регулювання та кількісний контроль вимірювального зусилля.

Недоліки патенту-аналога [12] пов'язані з іншим призначенням та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 118-річний американський патент US№ 903484 [13], в якому запропоновано мікрометр з рухомою п'яткою.

Патент-аналог [13] не має засобів регулювання вимірювального зусилля та його кількісного контролю.

Недоліки патенту-аналога [13] пов'язані з іншим його призначенням, з обмеженими можливостями та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 147-річний американський патент US№ 211975 [14], в якому запропонували мікрометр з постійним вимірювальним зусиллям.

Патент-аналог [14] має рухому п'ятку, приєднану до тарованої пружини та важеля, висувний кінець якого інформує про досягнення очікуваного тарованого зусилля.

Патент-аналог [14] не має засобів регулювання та кількісного контролю вимірювального зусилля мікрометра.

Недоліки патенту-аналога [14] пов'язані з обмеженими можливостями та з неможливістю забезпечення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є український патент UA№ 147949 [15], в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували комп'ютерний штангенциркуль динамометричний, в якому як засіб контролю вимірювального зусилля використаний тензодатчик, закріплений на рухомій рамці комп'ютерного штангенциркуля.

Особливість комп'ютерного штангенциркуля [15] полягає в натисканні пальцем правої руки на кнопку, яка передає зусилля на тензодатчик, який електрично приєднаний до вбудованого мікрокомп'ютера.

При досягненні запрограмованого вимірювального зусилля вбудований мікрокомп'ютер автоматично фіксує поточне лінійне значення штангенвідлікового пристрою та зеленим кольором на

екрані сигналізує про досягнення вимірювального зусилля (при відхиленнях фактичних вимірювальних зусиль від запрограмованого екран має червоний колір).

Комп'ютерний штангенциркуль динамометричний за патентом-аналогом [15] виробляється в Україні серійно [6], також масово постачається на експорт.

Патент-аналог [15] неможливо формально перенести на нашу корисну модель, оскільки в мікрометрах примусове переміщення шпинделя забезпечує мікрометрична пара при привертанні барабана, тоді як в штангенциркулях примусове переміщення рухомої рамки виконує безпосередньо палець або долонь користувача.

Недоліки патенту-аналога [15] пов'язані з іншим призначенням та неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" є 49-річний американський патент US№ 4168575 [16], в якому фахівці фірми "Mitutoyo" (Японія), провідного світового виробника геометричних ЗВТ, запропонували мікрометр з постійним вимірювальним зусиллям на рухомій пружній п'ятці, яка встановлена на тарованому пристрої з індикатором зусилля.

Рухома п'ятка патенту-аналога [16] пружно спирається на пару плоских пружин та за допомогою зубчастої передачі перетворює лінійне переміщення п'ятки в кутове аналогове переміщення стрілки індикатора зусилля.

Недоліки патенту-аналога [16] пов'язані з аналоговими лінійними та динамометричними відліками, що потребує постійної участі користувача для поточного контролю двох відлікових пристроїв, принципово унеможлиблює досягнення мети корисної моделі.

Найближчим аналогом є 25-річний американський патент US№ 6552685 [17], в якому фахівці японської фірми "Mitutoyo" запропонували цифровий мікрометр з тарованим пристроєм на рухомій п'ятці.

Як лінійний відлік в найближчому аналозі [17] використаний цифровий відліковий пристрій.

Таровані пристрої в обох патентах-аналогах фірми "Mitutoyo" (Японія) [16, 17] досить близькі конструктивно та за функціональним призначенням.

За допомогою стрілочного індикатора зусилля виконується початкове калібрування індикатора при вибраному вимірювальному зусиллі та наступні вимірювання деталей при вибраному вимірювальному зусиллі.

Найближчий аналог [17] має наступні складові:

- скоба мікрометра;
- п'ятка мікрометра (рухома) з рухомою вимірювальною поверхнею;
- мікрометрична пара мікрометра;
- шпиндель мікрометра;
- цифровий відліковий пристрій визначення лінійних переміщень;
- барабан поворотний мікрометра;
- тарований пристрій мікрометра (важільно-пружний, з парою плоских пружин та з аналоговим відліком вимірювального зусилля по круговій шкалі).

Слід зазначити, що в більшості країн пружинні ваги (найбільш масова частка серед різновидів динамометрів) заборонені для використання при проведенні відповідального контролю ваг [18].

Найближчий аналог [17] досить складний у використанні, оскільки потребує одночасного візуального контролю двох шкал (кругової шкали індикатора вимірювального зусилля та циліндричної кругової шкали мікрометричної головки).

Використання в тарованому пристрої плоских пружин завжди пов'язано зі значними похибками при визначенні вимірювального зусилля

Недоліки найближчого аналога [17] пов'язані з обмеженими метрологічними можливостями пружинних динамометрів, з обмеженими функціональними, зі значною похибкою ідентифікації.

Задача корисної моделі полягає у поточному подвійному контролі двох параметрів вимірювань (лінійні та динамометричні) в процесі вимірювань при мінімальних пружних переміщеннях вимірювальної поверхні на тензодатчику.

Поставлена задача вирішується тим, що у мікрометрі лінійно-динамометричному, що складається зі скоби, п'ятки, двох вимірювальних поверхонь, мікрометричної пари зі шпинделем, цифрового відлікового пристрою, барабана та тарованого пристрою, згідно з корисною моделлю, тарований пристрій складається з тензодатчика з електричним дротом, яким приєднаний до хаба з сенсорним дисплеєм.

На кресленні зображено загальний вигляд корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний"

Мікрометр лінійно-динамометричний складається зі скоби 1, п'ятки 2, двох вимірювальних поверхонь 3, мікрометричної пари 4 зі шпинделем 5, цифрового відлікового пристрою 6, барабана 7, тарованого пристрою 8, який відрізняється тим, що тарований пристрій 8 складається з тензодатчика 9 з електричним дротом 10, яким приєднаний до хаба 11 з сенсорним дисплеєм 12.

В найближчому аналозі [17], п'ятка з вимірювальною поверхнею мають значні таровані переміщення в кілька сотень мікрон, які значно більші за стандартизовану похибку мікрометрів [1, 2].

Пружні переміщення п'ятки з вимірювальною поверхнею в патенті-аналозі [16] в 70-100 більші за мікронні переміщення вимірювальної поверхні 3 при пружних деформаціях тензодатчика 9 в нашій корисній моделі.

Це на порядки зменшує відхилення співвісності та паралельності поміж обома вимірювальними поверхнями 3 та, загалом, багатократно зменшує механічну складову при розрахунку загальної невизначеності для мікрометра.

Також це суттєво покращує повторюваність результатів вимірювань та зменшує похибку вимірювань нашої корисної моделі порівняно з будь-якими іншими мікрометрами з тарованими пристроями.

Скоба 1, мікрометрична пара 4 зі шпинделем 5 та барабаном 7 конструктивно подібні до найближчого патенту-аналога [17] та до усіх сучасних конструкцій мікрометрів [1-6].

Скоба 1 корисної моделі має передбачати можливість проведення скрізь неї електричного дроту 10 діаметром 2 мм (можливо інше).

П'ятка 2 корисної моделі, на відміну від рухомої п'ятки в найближчому аналозі [17], закріплена нерухомо на скобі 1, як в усіх традиційних мікрометрах [1-6].

Обидві вимірювальні поверхні 3 виконані традиційно, як для усіх серійних мікрометрів типу МК(Ц), з класними круглими робочими поверхнями з площинністю 1 мкм (можливо інше), сформованих на дисках з твердих матеріалів (твердий сплав або загартована сталь), які в корисній моделі приєднані зворотними неробочими поверхнями до торця тензодатчика 9 (на п'ятці 2) та до торця шпинделя 5 (на мікрометричній головці).

Мікрометрична пара 4 та шпиндель 5 в корисній моделі є традиційними, як в найближчому аналозі [17] та в усіх серійних мікрометрах типу МК(Ц) [1-6].

Мікрометрична пара 4 в нашій корисній моделі забезпечує примусове поздовжнє переміщення шпинделя 5 з мінімальним кроком позиціювання (1 мкм або 0,1, можливо інше) для отримання достовірних та точних лінійних значень.

Цифровий відліковий пристрій 6 призначений для ідентифікації поздовжніх лінійних переміщень шпинделя 5 з відображенням лінійного значення в електронному вигляді.

В патенті-аналозі [16] цифровий відліковий пристрій дозволяє відображати лінійні результати на рідкокристалічному екрані, як в усіх цифрових мікрометрах [1-6].

В корисній моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" до цифрового відлікового пристрою 6 приєднаний хаб 11 для обробки, протоколювання та архівації результатів, з відображенням їх на сенсорному дисплеї 12.

Барабан 7 призначений для примусового поздовжнього переміщення шпинделя 5 разом з відповідною вимірювальною поверхнею 3.

Барабан 7 конструктивно є ідентичним до найближчого патенту-аналога [17] та для усіх традиційних цифрових мікрометрів [1-6].

Тарований пристрій 8 в корисній моделі розміщений на нерухомій п'ятці 2 (на відміну від найближчого патенту-аналога [17], де п'ятка виконана рухомою).

Тарований пристрій 8 корисної моделі призначений для контролю вимірювального зусилля мікрометра та складається з тензодатчика 11 з електричним дротом 12.

На відміну від тарованого пристрою з найближчого патенту-аналога [17], який має робочі переміщення своєї вимірювальної поверхні до 300 мкм за рахунок великих тарованих ходів пари плоских пружин, в нашій корисній моделі тарований пристрій 8 передбачає лише мікронні переміщення пружного елемента тензодатчика 9 завдяки високій чутливості тензорезистора у складі тензодатчика 9.

Тензодатчик 9 трансформує зусилля натискання в електронний сигнал, який через електронний дріт 12 передається до хаба 13, для обробки в парі з відповідним значенням цифрового відлікового пристрою 6.

Тензодатчик 9 складається з корпусу з пружним елементом, на якому жорстко закріплений тензорезистор для механо-електричного перетворення вимірювального зусилля з цифрове значення для подальшої обробки в хабі 11.

Як тензодатчик 9 можливо використати спеціальні або серійні мініатюрні тензодатчики різних виробників, які мають відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати контроль вимірювальних зусиль в межах 0-20 Н (можливо інше) з дискретністю відліку не гірше 0,1 Н (можливо інше);
- мати форму стрижнів або шайб, які геометрично споріднені з суміжними складовими корисної моделі (з можливістю приєднання тензодатчика 9 до п'ятки 2 та до відповідної вимірювальної поверхні 3;
- мати поперекові розміри, діаметри яких мають бути корельовані з діаметрами суміжних п'ятки 2 та вимірювальної поверхні 3 (яка, зазвичай має діаметри 6,5, 8, 10, 24 мм, можливі інші);
- мати конструктивні засоби для їх простого та надійного закріплення.

Як тензодатчик 9 корисної моделі доцільно використати доступні масові мініатюрні тензодатчики типів LCR16-20N (стрижневі) та LCF02-20N) дискові) від фірми "LCS Tech" (Китай) [19] (можливо інші), які мають спеціальні кріпильні засоби (різьби та виступи) для технологічного приєднання їх до елементів нашої корисної моделі та власний інформаційний дріт, який може бути використаний в якості електричного дроту 10 нашої корисної моделі.

Електричний дріт 10 призначений для передачі інформації в електричному вигляді стосовно поточного вимірювального зусилля від тензодатчика 9 до вбудованого хаба 11.

Електричний дріт 10 виконаний у вигляді відповідного сигнального дроту, який прокладений скрізь скобу 1 та захищений від пошкоджень.

В нашій корисній моделі хаб 11 механічно приєднаний до цифрового відлікового пристрою 6 та має виконувати наступні функції:

- автоматично отримувати, обробляти та зберігати результати лінійних вимірювань від мікрометричного відлікового пристрою;
- автоматично отримувати, обробляти та зберігати результати динамометричних вимірювань від тензодатчика 9;
- ідентифікувати результати лінійних вимірювань за критеріями Так-Ні, Мін-Макс, можливі інші;
- автоматично визначати результати лінійних вимірювань, які відповідають запрограмованим вимірювальним зусиллям, з протоколюванням та архівацією їх в хабі 11;
- відображати значення лінійних переміщень та вимірювальних зусиль, результати їх математичної та статистичної обробки на дисплеї подвійної цифрової індикації 12 у вигляді таблиць та графіків розподілу;
- автоматично пересилати та отримувати бездротовим двостороннім зв'язком хаба 11 з зовнішніми ПК (сервери, ноутбуки, планшети, смартфони) та з цифровими верстатами для передачі результатів вимірювань, для корегування технологічних режимів та для корегування вимірювальних зусиль корисної моделі в системі "Industry 4.0".

Хаб 11 має бути виготовлений відповідно до рекомендацій українського патенту UA№ 155293 [20], в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували штанген-хаб з можливістю поєднання в групі різних типів ЗВТ та інших пристроїв з електричним зв'язком (дротовим та бездротовим).

Хаб 11 має вигляд вбудованого мікрокомп'ютера з метрологічним ПЗ для узгодженої обробки результатів вимірювань для пар лінійних та динамометричних значень за вибраним алгоритмом вибору.

Сенсорний дисплей 12 призначений для програмування хаба 11 та для відображення поточних значень лінійних переміщень та відповідних вимірювальних зусиль, результатів їх обробки, інших функціональних показників, отриманих від хаба 11.

Сенсорний дисплей 12 може бути спеціальним або створений з використанням серійних сенсорних кольорових дисплеїв з діагоналлю 1,5-2,5 дюйма (можливо інше).

Перед початком кожних вимірювань та при вимірюваннях зі змінними регламентованими вимірювальними зусиллями виконують обнулення корисної моделі при відповідному вимірювальному зусиллі з використанням сенсорного дисплея 12.

Використання корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" не потребує особливих знань від користувача, тільки вміння роботи комп'ютерним геометричним вимірювачем [6].

Корисну модель "Мікрометр лінійно-динамометричний" використовують наступним чином на прикладі контролю партії деталей (50 шт) з номінальним розміром 18,5 мм, з вимірювальним зусиллям 7 Н, з автоматичним визначенням параметрів партії деталей (50 показників Так-Ні для кожної з 50 контрольованих деталей та загальний показник для партії, Мін-Макс для партії з 50 деталей та графічний розподіл результатів вимірювань деталей партії), з автоматичною передачею їх на зовнішній сервер та до цифрового металообробного верстата:

- 1) Визначають очікувані лінійні та динамометричні показники контрольованої деталі;
- 2) Включають цифровий відліковий пристрій 6, тензодатчик 9, хаб 11 з сенсорним дисплеєм 12;
- 3) Програмують хаб 11 на регламентоване вимірювальне зусилля 7 Н за допомогою сенсорного дисплея 12;
- 4) Програмують хаб 11 на автоматичне приймання поточних лінійних (від цифрового відлікового пристрою 6) та динамометричних значень (від тензодатчика 9), на відповідну їх обробку, протоколювання та архівацію, на бездротову передачу назовні;
- 5) Виконують початкове калібрування корисної моделі шляхом зведення обох вимірювальних поверхонь 3 до торкання та автоматичного обнулення лінійного значення при досягненні вимірювального зусилля 7 Н;
- 6) Вимірюють першу контрольовану деталь шляхом затискання її поміж обома вимірювальними поверхнями 3, з автоматичним визначенням та протоколюванням в хабі 11 фактичного розміру та відповідності критерію Так-Ні з відображенням поточних пар лінійних та динамометричних значень, з відображенням їх на сенсорному дисплеї 12;

7) Повторюють перехід п.6, за необхідності дублювання вимірювань з обчисленням середнього значення за серією проведених дублів;

8) Вимірюють наступні 49 контрольованих деталей шляхом повторів переходів п.6 та п.7;

9) Обчислюють автоматично в хабі 11 групові показники для партії 50 деталей, як статистика за критеріями Так-Ні, Мін-Макс, також графік розподілу 50 значень вимірювань (з можливістю відображень їх на подвійному дисплеї подвійної цифрової індикації 12;

10) Протоколюють та архівують автоматично в хабі 11 (з можливістю відображення на сенсорному дисплеї 12) усі отримані парні значення вимірювань та результати обчислень лінійних значень для цієї партії деталей;

11) Пересилають автоматично (за необхідності) бездротовим зв'язком з хаба 11 відповідні результати вимірювань та математичної обробки на зовнішні ПК та на задіяний цифровий верстат;

12) Виключають вручну або автоматично (за відсутності вимірювань протягом 20-60 хвилин усі задіяні в переході п. 2 електронні пристрої корисної моделі.

Був проведений порівняльний аналіз корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний" у вигляді єдиного зразка з комплектом найбільш відомих серійних мікрометрів (окремо з малими та з середніми вимірювальними зусиллями) від японської фірми "Mitutoyo" [4], дивись Табл.

Таблиця

Параметри мікрометрів з регульованими вимірювальними зусиллями	Корисна модель "Мікрометр лінійно-динамометричний"	Комплект мікрометри з регульованим вимірювальним зусиллям серії 227 від фірми "Mitutoyo" (Японія) /4/
Загальна кількість необхідних мікрометрів, шт.	1	5
Загальний діапазон вимірювань мікрометрів з регульованими зусиллями, мм	0...25	Два мікрометри з малими вимірювальними зусиллями 0-15 мм (227-201-20) 15-30 мм (227-203-20) Три мікрометри з середніми вимірювальними зусиллями 0-10 мм (227-205-20) 10-20 мм (227-206-20) 20-30 мм (227-207-20)
Дискретність лінійна, мкм	0,1	1
Діапазон контрольованих вимірювальних зусиль, Н	0,5-20	Загалом 0,5-10, в т.ч.: - 0,5-2,5 (малі зусилля) - 2-10 (середні зусилля)
Дискретність вимірювальних зусиль, Н	0,1 (в усьому діапазоні)	0,1 (для малих зусиль) 0,5 (для середніх зусиль)
Похибка лінійних вимірювань, мкм	0.5	2
Функції Та-Ні, Мін-Макс	Так	Ні
Математична обробка, протоколювання та архівація результатів	Так	Ні
Відповідність вимогам системи "Industry 4.0"	Так	Ні
Ціна мікрометрів діапазону 0...25 мм з регульованими зусиллями, %	15,5	100
Собівартість використання, %	12	100

Проведений аналіз підтвердив можливість та доцільність виготовлення корисної моделі "Мікрометр лінійно-динамометричний", яка започаткувала нове покоління особливо прецизійних мікрометрів з регульованими вимірювальними зусиллями в розширеному діапазоні.

Корисна модель "Мікрометр лінійно-динамометричний" забезпечує оперативні регулювання вимірювальних зусиль в розширеному діапазоні, найкращі метролого-економічні показники та відповідність до системи "Industry 4.0".

1. www.dinmedia.de.- Standard DIN863-1 "Micrometer", 2017

2. www.iso.org.- Standard ISO3611 GPS: "Micrometer", 2022

3. www.sylvac.com.- Catalog "Sylvac-2026": Micrometers, 2026
4. www.mitutoyo.com.- Catalog "Mitutoyo-2026": Micrometers, 2026
5. www.mahr.com.- Catalog "Mahr-2026": Micrometers, 2026
6. www.microtech-ua.com.- Каталог "МІКРОТЕХ-2026": Мікрометри, 2026
7. www.patents.google.- Patent US№ 528759 "Automatic stop for micrometer gage"
8. www.patents.google.- Patent US№ 4188727 "Constant pressure slide calipers"
9. www.patents.google.- Patent US№ 2484772 "Tolerance limit indicator"
10. www.patents.google.- Patent US№ 2599971 "Indicator for micrometer calipers"
11. www.patents.google.- Patent US№ 1152761 "Micrometer gage"
12. www.ukrpatent.org.- Патент UAN№ 99688 "Мікрометр комп'ютерний"
13. www.patents.google.- Patent US№ 903484 "Measuring instruments"
14. www.patents.google.- Patent US№ 211975 "Micrometer screw-gage"
15. www.ukrpatent.org.- Патент UAN№ 147949 "Штангенциркуль комп'ютерний динамометричний"
16. www.patents.google.- Patent US№ 4168575 "Constant pressure measuring micrometer"
17. www.patents.google.- Patent US 6553685 "Measuring instruments"
18. www.researchfate.com.- J.F.Laude: Early Dynamometer.EPFL, 2014
19. www.lcsloadcells.com.- Catalog "LCS Tech-2026": Load cell sensors, 2026
20. www.ukrpatent.org.- Патент UAN№ 155293 "Штанген-хаб"

