

Корисна модель належить до прецизійного геометричного вимірювача, призначеного для загального використання у виробничих цехах та в метрологічних лабораторіях, пристосованого до системи "Industry 4.0".

Традиційні штангенциркулі згідно з міжнародним стандартом ISO13385 /1/, на відміну від мікрометрів та індикаторів, не передбачають будь-яких технічних засобів забезпечення зусилля вимірювань.

За офіційними рекомендаціями "Європейської асоціації з акредитації" EA-4/02 M:2013 /2/ при калібруванні штангенциркулів бюджет невизначеності складається з кількох факторів, серед яких найбільш значущими є механічні ефекти, в яких домінує вплив нестабільності вимірювального зусилля.

В Україні серійно виробляють штангенциркулі для вимірювань твердих та м'яких матеріалів у розширеному діапазоні від 0-150 мм до 0-3700 мм з використанням тарованих пристроїв зі спіральними циліндричними металевими пружинами, розрахованими на зусилля 1Н, 2Н, 4Н, 8Н, 12Н, 15Н, 20Н, 25Н, 30Н, 35Н. /3/.

Використання в штангенциркулях тарованих пристроїв суттєво покращує їх метрологічні показники, при цьому мікронні штангенциркулі з тарованим пристроєм успішно замінюють 6 мікрометрів в діапазоні 0-150 мм /3/.

В Україні серійно виробляються комп'ютерні штангенциркулі, з вбудованими мікрокомп'ютерами, з метрологічними програмами, які суттєво розширюють функціональні можливості штангенінструменту та забезпечують можливість до єднання до системи "Industry 4.0" /3/.

В Україні серійно виробляються комп'ютерні штангенциркулі таровані, в яких встановлений тензодатчик для контролю зовнішнього зусилля натискання в межах 1-20Н /3/.

Зазначені комп'ютерні таровані штангенциркулі /3/ не передбачають контроль внутрішніх зусиль вимірювань при вимірюваннях внутрішніх розмірів (в штангенциркулях типів I, II, III), при вимірюваннях уступів (в штангенциркулях типу I), при вимірюваннях глибини (в штангенциркулях типу I), що спотворює результати вимірювань.

Спіральні пружини в тарованих пристроях штангенциркулів працюють відповідно до закону Гука, коли сила стискання пружини прямо пропорційна довжині її поздовжнього стискання.

В українських тарованих штангенциркулях загальна довжина спіральної пружини дорівнює 15 мм та більше, при цьому поздовжній розмір в корпусі тарованого пристрою для розташування штока та спіральної пружини складає 50 мм та більше, без можливості захисту від проникнення бруду та вологи в середину корпусу тарованого пристрою.

Спіральні пружини дуже критичні до корозії, яка може зменшувати початковий ефективний перетин дроту спіральної пружини 0,5-1,0 мм (до 0,1 мм на рік) за умови високої вологості, що у квадраті зменшує жорсткість пружини або навіть повне її пошкодження.

Для підвищення стабільності вимірювань необхідно забезпечити повторюваність жорсткості пружних елементів тарованих пристроїв.

В будь-яких спіральних пружинах в процесі використання зменшується жорсткість та відповідне тароване зусилля за рахунок ресурсної втоми загартованого матеріалу, зменшення перетину спіралі від дії корозії, порушення співвісності витків подовжених спіралей.

Робочий хід при стисканні циліндричної спіралі дорівнює 6-10 мм зі 15-25 % нестабільністю тарованого зусилля /3/.

В Японії понад 30 років виробляють штангенциркулі діапазону 0-180 мм для вимірювань м'яких матеріалів за допомогою важільно-пружного пристрою з пласкою металевою пружиною, розрахованою на зусилля 1 Н /4/.

В Швейцарії "Sylvac" серійно виробляє штангенциркулі типу UL4 з діапазонами вимірювань від 0-600 мм до 0-3000 мм /5/, які оснащені однотипними пристроями тарованого зусилля з загальним ходом пружини 5 мм, при цьому тарований хід обмежений 1-2 мм з 20 % нестабільністю тарованого зусилля.

В діапазоні стискання 1-10 мм пружна сила спіральних пружин може змінюватися у 10 рази, що ускладнює використання тарованих пристроїв з малим тарованим ходом (до 4 мм) для штангенциркулів з діапазонами вимірювань від 0-150 мм до 0-4000 /3, 4, 5/.

При удосконаленні тарованих штангенциркулів також слід враховувати двонаправленність прикладання тарованих зусиль та особливості вимірювань м'яких матеріалів:

- При зовнішніх вимірюваннях необхідно забезпечити більші зусилля, які пропорційні великій площі зовнішніх пласких вимірювальних поверхонь (для штангенциркулів типів I та II максимальна площа вимірювального контакту дорівнює 100-240 кв.мм, для штангенциркулів типу III максимальна площа вимірювального контакту може сягати 2000 кв.мм);

- При внутрішніх вимірюваннях для штангенциркулів типу I використовуються ножовидні внутрішні губки (довжина лінійного контакту до 16 мм), торець глибиноміру (площа вимірювального контакту до 7 кв.мм);

- При внутрішніх вимірюваннях для штангенциркулів типу II та III використовуються півциліндричні внутрішні губки (їх максимальна довжина лінійного контакту 10-20 мм);

- При вимірюваннях товщини м'яких листових матеріалів (гума, силікон, пінополістирол, тканини, інші подібні) оптимальні зовнішні зусилля мають бути зменшені на порядок порівняно з оптимальними зовнішніми вимірюваннями твердих матеріалів (метали, термореактивні пластмаси, скло, інше подібне).

Таким чином, оптимальні нормовані зусилля зовнішніх вимірювань та внутрішніх вимірювань мають відрізнятися на порядок, з урахуванням додаткового зменшення зусиль вимірювань (зовнішніх та внутрішніх) при вимірюваннях м'яких матеріалів.

Переміщення рухомих рамок штангенциркулів має відповідати вимогам ергономіки з використанням вказівного та великого пальців, зазвичай, правої руки, що обмежує зусилля натискання діапазоном 0,5-25Н.

Масове виробництво та використання доступних неодимових магнітів в усіх галузях промисловості обумовлює їх перспективність для геометричного вимірювачу.

Використання відліково-комп'ютерних пристроїв в геометричному вимірювачі є сучасним трендом в сучасній метрології /3/ та забезпечує великий потенціал для удосконалення штангенінструменту.

Задачею корисної моделі було започаткування комп'ютерних штангенциркулів типів I, II, III з двонаправленими прецизійними вимірюваннями з регульованими зусиллями від 0,5Н до 25Н, з можливістю доєднання до системи "Industry 4.0".

Патентом-аналогом корисної моделі є 138-річний американський патент US»353561 /6/, в якому рухома губка мала пружно-важільний механізм для забезпечення тарованого зусилля.

Конструкція патенту-аналога /6/ виявилася не дуже вдалою за відсутності індикації зусилля вимірювань та аналогового відліку, що завадило його виробництву.

Патентом-аналогом корисної моделі є 134-річний американський патент US № 425208 /7/, в якому змонтовано вимірювальний шток з пружно-важільним пристроєм для визначення моменту торкання, подальшого переміщення вимірювального штока з можливим розрахунком тарованого зусилля.

Незважаючи на відсутність ноніусу та спрощену конструкцію, патент-аналог /6/ виявився перспективним завдяки можливості контролю тарованого зусилля. Через 89 років патент-аналог /7/ був використаний японськими фахівцями "Mitutoyo" при створенні власного сучасного тарованого штангенциркуля для м'яких матеріалів /4/.

Недоліком патенту-аналога /7/ є можливість виключно зовнішніх вимірювань з тарованим зусиллям та значний перекид додаткової рухомої рамки, що збільшує похибку зовнішніх вимірювань до 50 мкм.

Патент-аналог /7/ не забезпечує досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 107-річний американський патент US № 1288034 /8/, в якому на переставній губці змонтовано вимірювальний шток з пружино-важільним пристроєм для визначення моменту торкання, подальшого переміщення вимірювального штока з можливим розрахунком тарованого зусилля.

Патент-аналог /8/ за метрологічними можливостями подібний до патенту-аналога /7/, тому має ідентичні недоліки.

Патентом-аналогом корисної моделі є цікавий 106-річний американський патент US № 1355724 /9/, в якому на рухомій губці змонтовано вимірювальний шток з пружино-важільним механізмом для визначення моменту торкання та індикатором переміщення штока з індикацією на інкрементній шкалі, яку можливо маркувати на тароване зусилля. Патент-аналог /9/ також має лінійну та кругову шкали з комплектом змінних накінецьників для зовнішніх та внутрішніх вимірювань.

Патент-аналог /9/ узагальнює ранішні патенти тарованих штангенциркулів у частині переваг та недоліків та не забезпечує досягнення мети корисної моделі.

Дуже складна штанген-мікрометрична конструкція патенту-аналога /9/ погіршує його техніко-економічну доцільність використання, тому у подальшому патент-аналог /9/ не вироблявся та використовувався.

Патентом-аналогом корисної моделі є відомий 64-річний американський патент US № 3113384 /10/ з наступними відмінностями:

- Тарований пристрій розміщений у рухомій рамці у вигляді штока з двома симетричними пружинами, які використовуються поперемінно для зовнішніх та внутрішніх вимірювань;

- Шток пов'язаний з різьбовим механізмом точної подачі;

- Стискання обох пружин визначається тільки якісно (без кількісних значень), за положенням поперекового гвинта у подовжньому отворі рухомої рамки штангенциркуля.

Недоліками патенту-аналога /10/ є занадто малий хід з тарованим зусиллям та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 3060586 /11/, в якому тароване зусилля (6-10Н) для зовнішніх вимірювань забезпечує мікрометрична голівка з відповідним обмеженим діапазоном вимірювань (25 або 50 мм), що дорівнює тарованому ходу.

Недоліком патенту-аналога /11/ є обмежений діапазон випромінювань (25 або 50 мм) з необхідністю покровоного переставлення разом з калібруванням.

Патентом-аналогом корисної моделі є відомий 45-річний американський патент US № 4188727 /12/ фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому на початку вимірювальної штанги розміщено пружно-важільний пристрій тарованого зусилля, який реалізований у серійних цифрових тарованих штангенциркулях моделі 573-191-30 японської фірми "Mitutoyo" /4/ (діапазон вимірювань складає 0-180 мм з похибкою 0,050 мм, при цьому тароване зусилля дорівнює 1Н, ціна значно перевищує 1000 дол.), який серійно виробляється до цього часу.

На сьогодні це єдиний реалізований патент штангенциркуля з тарованим пристроєм від японської фірми "Mitutoyo" (серед десятка патентів тарованих штангенциркулів від цієї фірми).

Недоліками патенту-аналога /12/ є:

- Реалізація тільки в єдиній моделі (0-180 мм) серійного штангенциркуля;
- Досить велика похибка вимірювань (50 мкм) за рахунок додання рухомої губки;
- Дуже малий хід з тарованим зусиллям (до 1мм);
- Дуже висока ціна суттєво обмежує його використання.

Патентом-аналогом корисної моделі є 37-річний американський патент US № 4873771 /13/ з важільно-пружним механізмом та курком.

Недоліком патенту-аналога /13/ є обмежений хід з тарованим зусиллям.

Патентом-аналогом корисної моделі є досить відомий 34-річний американський патент US № 5029402 /14/, в якому у динамометричний блок з датчиком натискання приєднаний до відлікового пристрою зі знімним спеціалізованим мікрокомп'ютером, який обчислює розміри органічних об'єктів (туші худоби, сири та стовли деревини).

Патент-аналог /14/ дуже цікавий з точки зору глобального охоплення та поєднання різних напрямків удосконалення штангенциркулів (тарований пристрій, переставний мікрокомп'ютер на початку часу їх появи, карбонові штанги та багато інших перспективних напрямків).

Недоліки патенту-аналога /14/ пов'язані з відсутністю доступних та реальних технічних засобів реалізації цікавих, але сирих декларативних пропозицій, тому до цього часу патент-аналог /14/ ніяк не апробований та не використовується у штангенциркулях.

Патент-аналог /14/ не забезпечує досягнення мети корисної моделі

Патентом-аналогом корисної моделі є 33-річний американський патент US № 5249366 /15/, в якому фахівці японської фірми "Mitutoyo" запропонували електричний датчик торкання вимірюваної деталі.

Недоліком патенту-аналога /15/ є малий тарований хід велика складність та висока вартість виробництва. До цього часу штангенциркулі за патентом-аналогом /15/ не виробляються.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 8898923 /16/ від фахівців японської фірми "Mitutoyo" з наступними відмінностями:

- У складі рухомої рамки розміщено електро-механічний тарований пристрій зі штоком та двома пружними елементами у вигляді симетричних пружин на єдиному штоці;
- Датчик зміщення поєднаний з відліковим пристроєм штангенциркуля для контролю зусиль при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях при натисканні роликком механізму точного підводу.;
- З урахуванням жорсткості пружин 0,25 Н/мм та контрольованого переміщення штока 2...4 мм зусилля натискання становить 3-5 Н /16/.

Недоліками патенту-аналога /16/ є:

- Високі складність та собівартість запропонованого тарованого пристрою, що обмежило його серійне виробництво та використання його до цього часу (протягом понад 8 років опісля його патентування);

- Відсутність дотискання;

- Дуже обмежені загальний хід (до 4 мм) та тарований хід (до 1 мм) зі стабільністю зусилля 20 % при загальному діапазоні вимірювань не менше 150 мм.

До цього часу патент-аналог /16/ не використовується.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9212883 /17/ від фахівців японської фірми "Mitutoyo" з наступними відмінностями:

- У складі рухомої рамки розміщено електро-механічний тарований пристрій з пружним елементом та з індикатором сили натискання;
- Тактильна та звукова індикація при досягненні граничних зусиль при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях за умови натискання ролику точного переміщення;
- За жорсткості пружного елемента 0,25-6 Н/мм при контрольованому переміщенні 0,5-5 мм контрольоване зусилля натискання сягає 0,1-10 Н /17/.

Недоліком патенту-аналога /17/ є:

- Високі складність та собівартість тарованого пристрою, що не дозволило його серійно виробляти та використовувати до цього часу;

- Дуже обмежений хід (до 5 мм) з тарованим зусиллям вимірювань при загальному діапазоні вимірювань не менше 150 мм.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9267779 /18/ фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому у складі рухомої рамки розміщено електромеханічний тарований пристрій, в якому як пружний елемент запропоновано подвійний торсіон з індикатором двосторонніх зміщень у діапазоні 0,5-5 мм та контрольованою силою двостороннього натискання 0,1-10Н.

Недоліки патенту-аналога /18/ наступні:

- Складність конструкції спеціального нестандартного тарованого пристрою не відповідає можливостям наявного традиційного цифрового відлікового пристрою;

- Дуже обмежені загальний хід (до 5 мм) та тарований хід (1 мм) при загальних діапазонах вимірювань не менше 150 мм;

- Немоżliвість досягнення мети корисної моделі.

До цього часу патент-аналог /18/ не використовується.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9612099 /19/ від фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому запропоновані наступні інновації:

- Тарований пристрій зовнішніх та внутрішніх вимірювань виконано чисто механічним та розміщено безпосередньо у складі ролику механізму точної подачі, за межами рухомої рамки штангенциркуля;

- Ролик виконано заодно з фрикційним механізмом, розрахованим на забезпечення двонаправленого зусилля 0,5-10 Н /19/.

Недоліками патенту-аналога /19/ є велика складність, недоцільність, або навіть неможливість його серійного виготовлення за наявності наступних обмежень:

- Механізм тарованого пристрою складений з великої кількості (понад 10 шт.) прецизійних мініатюрних деталей великої собівартості;

- Механізм тарованого пристрою має бути розміщений у малих габаритах наявних роликів механізму точної подачі (зовнішній діаметр накатної поверхні ролика становить 11,5 мм, товщина ролика дорівнює 7-7,5 мм, внутрішній базувальний діаметр ролика - 3 мм);

- Мініатюризація тарованого механізму унеможлиблює механічну жорсткість конструкції, ускладнює пило-вологозахист, унеможлиблює функціонування в цілому (наприклад, при наявних розмірах ролику механізму точної подачі довжина мініатюрної пружини тарованого пристрою патенту-аналога /19/ має бути меншою за 2,2 мм, чого недостатньо для забезпечення декларованих зусиль 10Н);

- Нежиттєздатність патенту-аналога /19/ підтверджується відсутністю його реалізації до цього часу.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9631912 /20/ фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому на рухомій рамці встановлено двонаправлений тарований пристрій у вигляді симетричного храпового механізму з двома плоскими пружинами для забезпечення тарованих зусиль натискання при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях, при цьому автори не наводять доступні таровані зусилля.

Недоліки патенту-аналога /20/ пов'язані з дуже обмеженим тарованим хордом, що ускладнює його використання, тому до цього часу патент-аналог /20/ досі не використовується.

Патент-аналог /20/ не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9417094 /21/ фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому у складі рухомої рамки розміщено електро-механічний тарований пристрій з подвійним пружним елементом (дві симетричні циліндричні пружини на єдиному штоці) та патентованого датчика зміщення (симетрична індуктивна система), з приєднанням до ролику механізму точного підвода.

Патент-аналог /21/ має досить складну конструкцію та обмежені можливості, дуже велику собівартість виготовлення, тому патент-аналог /21/ до цього часу не використовується.

Патент-аналог /21/ не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є новітній американський патент US № 10690473 /22/ від фахівців японської фірми "Mitutoyo", в якому у ролику точної подачі змонтовано механізм для забезпечення тарованого зусилля з використанням еластичних частин та пружин.

На відміну від дуже складних попередніх патентів-аналогів японської фірми "Mitutoyo" поточна конструкція не є кошовною та складною, тому в майбутньому може бути перспективною, на цей час інформація стосовно використання у штангенциркулях відсутня.

Недоліки патенту-аналога /22/ пов'язані з вище зазначеними обмеженнями пружин, з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є відомий український патент UA № 104879 /23/ від 2015 року, в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропоновані наступні інновації:

- Тарований пристрій виконано у вигляді кнопки-штока, що натискає на циліндричну спіральну пружину в трубчастому корпусі для забезпечення зовнішнього тарованого зусилля при зовнішніх вимірюваннях;

- Про досягнення необхідного тарованого зусилля інформує тактильна чутливість пальця руки користувача при співпадінні в одному рівні тактильної рухомої поверхні рухомого штока та тактильної поверхні нерухомого торця корпусу тарованого пристрою;

- Тарований пристрій закріплюють в різьбовий отвір механізму точної подачі, які є в усіх серійних штангенциркулях з діапазонами понад 500 мм або приєднують до рухомої рамки іншим чином;
- Завдяки жорсткій конструкції та легкій заміні пружин з різною жорсткістю стало можливим забезпечити найбільш широкий діапазон зовнішніх тарованих зусиль (0,5-3Н, 2-12 Н, 10-30 Н та 25-60 Н);
- Штангенциркулі за патентом-аналогом /23/ виробляються серійно та масово постачаються на експорт.

Недоліками патенту-аналога /23/ є вище зазначені обмеження терміну роботи спіральних пружин, неможливість забезпечення внутрішніх тарованих зусиль та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентами-аналогами корисної моделі є американський патент US № 10429165 /24/ та первинний український патент UA № 100613 /25/ від фахівців підприємства "МІКРОТЕХ" (Україна), в яких поміж рухомою рамкою та механізмом точної подачі розміщено тарований пристрій у складі корпусу з незакріпленим пружним елементом, на який натискає шток, поєднаний з механізмом точної подачі (роликом катання або гвинтовою подачею). Задяки штрихам на рухомому штоці та наявності мітки в отворі-вікні (у корпусі тарованого пристрою) досить просто, швидко та ефективно визначати тароване зусилля при зовнішніх вимірюваннях.

Зазначені патенти-аналоги /24, 25/ дозволяють використовувати звичайні серійні штангенциркулі типу I як основу, з опційним доданням тарованих пристроїв зовнішніх зусиль, які приєднані до ролика механізму точної подачі, вони з 2015 року виготовляються серійно в Україні /3/ та масово постачаються на експорт.

Недоліки патентів-аналогів /24, 25/ пов'язані з вище зазначеними особливостями спіральних пружин (нестабільність жорсткості за часом, можливість порушення співвісності спіралі при стисканні, негативний вплив корозії), з неможливістю забезпечення внутрішніх тарованих зусиль та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є український патент UA № 147949 /26/, в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували штангенцикуль тарований динамометричний, в якому тарований пристрій має тензодатчик для контролю поточного зовнішнього зусилля натискання, з можливістю визначати реальні значення в момент забезпечення регламентованого зусилля.

Штангенциркулі за патентом-аналогом /26/ випускаються в Україні серійно /3/, є дуже вдалим технічним рішенням, масово постачаються на експорт.

Патент-аналог /26/ має декілька обмежень:

- Контролюються тільки зовнішні зусилля натискання, зусилля для внутрішніх вимірювань не контролюються;
- Неможливо забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентами-аналогами корисної моделі є група подібних українських патентів UA № 148138 /27/, UA № 148420 /28/, UA № 150215 /29/, UA № 150168 /30/, в яких запропоновані штангенциркулі таровані, в яких задіяні довгоходові газліфти як пружні елементи, що забезпечує таровані зусилля в значних діапазонах (45 та 90 мм).

Усі зазначені патенти-аналоги /27, 28, 29,30/ передбачають докорінну модернізацію конструкцій традиційних штангенцикулів типів I та II, що суттєво ускладню та збільшує вартість їх виготовлення.

В цілому, зазначені патенти-аналоги /27, 28, 29, 30/ не можуть забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є український патент UA № 113164 /31/, в якому фахівці українського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували встановити на кожній з губок секції пружних елементів з сенсорними датчиками сили, які поєднані з блоком індикації дискретних натискань.

В патенті-аналозі /31/ відліковий пристрій може бути спеціальним або відліково-комп'ютерним. Використання у патенті-аналозі /31/ блока індикації дискретних натискань разом з відліково-комп'ютерним пристроєм дозволяє побудувати епюри навантажень при затисканні вимірювальними поверхнями відповідної поверхні вимірюваної деталі та реалізувати ще велику кількість можливостей геометричних вимірювань та механічних досліджень.

Завдяки великій кількості незалежних пружних стрижнів та великій кількості незалежних сенсорних датчиків сили патент-аналог /31/ у реальному часі сканує протилежні поверхні вимірюваної деталі з визначенням зміни їх макрорельєфу у часі, що надає унікальні можливості користувачам, особливо при вимірюваннях деталей зі спеціальним макропрофілем та деталей з особливими фізико-механічними властивостями.

Недоліками патенту-аналога /31/ є складність його виготовлення, неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є український патент № 146381 /32/, в якому фахівці харківського підприємства "МІКРОТЕХ" запропонували штангенцикуль тарований з двонаправленою

спіральною пружиною, яка забезпечує таровані зусилля, як для зовнішніх також для внутрішніх вимірювань.

Штангенциркулі з двонаправленим тарованим пристроєм за патентом-аналогом /32/ виробляються в Україні серійно /3/ та постачаються на експорт в десятки країн світу.

Недоліки патенту-аналога /32/ пов'язані з вище зазначеними обмеженнями спіральних пружин (зменшення жорсткості з часом, корозія, можливість порушення співвідносності спіральної пружини) та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Штангенцркуль комп'ютерний тарований" є американський патент Pub.US № 2006/0056993 /33/, в якому запропонований великий асортимент магнітних тарованих пристроїв загального призначення, які складаються з магнітів різних типів та конструкцій, при цьому один з них є нерухомим, інший - рухомим.

Недоліки патенту-аналога /33/ пов'язані з іншим призначенням та неможливістю досягнення мети нашої корисної моделі.

Найближчим патентом-аналогом корисної моделі є американський патент US № 9541367 /34/, в якому фахівці фірми "Cardian LP" запропонували спеціальний тарований штангенциркуль для вимірювання біологічних тканин.

Найближчий патент-аналог /34/ має наступні складові:

- Вбудований тарований пристрій у вигляді корпусу з тарованою магнітною пружиною моделі "MagSpring" (від відомої американської фірми "LinMot"), яка розрахована на одне тароване зусилля (11Н, або 14Н, або 22 Н) та виконана у вигляді коаксіальної конструкції габаритного неодимового магнітного стрижня та габаритного неодимового магнітного статора;

- Спеціальна вимірювальна штанга відрізняється від традиційних штанг штангенциркулів типу I приєднана співвідносно до магнітного стрижня магнітної пружини;

- Рухома рамка відрізняється від традиційних рухомих рамок штангенциркулів типу 1 та приєднана коаксіально до магнітного статора магнітної пружини;

- Відліковий пристрій (цифровий) має спеціальний контролер з електронною схемою для корегування відліку та суттєво відрізняється від сучасних відліково-комп'ютерних пристроїв.

Штангенциркуль за найближчим патентом-аналогом /34/ має наступні суттєві недоліки:

- Завелика ціна магнітної пружини "MagSpring" (600-1000 євро), яка у 35 рази перевищує середні ціни якісних цифрових штангенциркулів, за відсутності значних метрологічних та функціональних переваг робить його неконкурентоспроможним;

- Передбачена можливість виключно зовнішніх вимірювань, з жорстко фіксованим єдиним номіналом (тільки 11Н, 14Н та 22Н);

- Не передбачені проміжні значення зовнішніх зусиль та, загалом, - таровані внутрішні вимірювання;

- Використання розгалужених потужних неодимових магнітів для статора та для ротора магнітної пружини /34/ може негативно впливати на надійність та, загалом, на функціонування спеціального відлікового пристрою, також на зовнішні електронні пристрої;

- Приєднання до спеціальної вимірювальної штанги магнітного статора вдвічі збільшує габарити та масу тарованого штангенциркуля /34/, що ускладнює його використання, суттєво погіршує його ергономічні показники та зменшує загальну механічну жорсткість конструкції;

- Не передбачає протоколювання, архівацію, зв'язок з зовнішніми ПК (сервери, ноутбуки, планшети, смартфони, цифрові верстати, інші приймачі системи "Industry 4.0");

- Найближчий патент-аналог /34/ не забезпечує можливість досягнення мети корисної моделі.

Штангенциркуль комп'ютерний тарований зі штангою 1 разом з вимірювальною шкалою 2 та з нерухомою губкою 3, з рухомою рамкою 4 разом з відліковим пристроєм 5 та з рухомою губкою 6, з магнітною пружиною 7 в корпусі 8, який відрізняється тим, що магнітна пружина 7 складається з двох змінних магнітів 9, поміж якими розташований рухомий магніт 10, з можливістю переміщення його штоком 11, перший магнітний сенсор 12 та другий магнітний сенсор 13 приєднані до вбудованого мікрокомп'ютера 14.

Суть корисної моделі полягає в забезпеченні регульованих тарованих зусиль при двонаправлених вимірюваннях завдяки використанню трьох неодимових магнітів (пара поз. 9 та поз. 10) та двох магнітних сенсорів (поз. 12 та поз. 13), які приєднані до вбудованого мікрокомп'ютера 14, дивись кресленні.

Як пару змінних магнітів 9 та рухомого магніту 10 доцільно використовувати неодимові магніти з підвищеною магнітною індукцією /35/.

На кресленні зображена загальна конструкція корисної моделі.

Штанга 1, вимірювальна шкала 2, нерухома губка 3, рухома рамка 4, відліковий пристрій 5, рухома губка 6, магнітна пружина 7 в корпусі 8 виступають як спільні з аналогом елементи корисної моделі, оскільки вони присутні в найближчому патенті-аналога /34/.

Як штангу 1, вимірювальну шкалу 2, нерухому губку 3, рухому рамку 4 та рухому губку 6 в корисній моделі доцільно використовувати уніфіковані складові наявних традиційних штангенциркулів типів I, II, III від провідних світових виробників /3, 4, 5/.

Відліковий пристрій 5 має вбудований мікрокомп'ютер 14 з відповідним метрологічним ПЗ, які можуть бути виготовлені одним з наступних апробованих в Україні варіантів /3/:

- За спорідненими українським патентом UA № 99686 /36/ та за американським патентом US № 10184772 /37/, в яких запропоновані технології "Tablet" для відліково-комп'ютерних пристроїв штангенциркулів;

- За українським патентом UA № 128692 /38/, в якому запропонована технологія "Intelligent" для відліково-комп'ютерних пристроїв штангенциркулів;

- За українським патентом UA № 153239 /39/, в якому запропонована технологія "E-Ink" для відліково-комп'ютерних пристроїв штангенциркулів.

Відліковий пристрій 5 з вбудованим мікрокомп'ютером 14 мають забезпечити наступні функціональні можливості:

- Автоматичне визначення та відображення на сенсорному екрані поточних показників геометричних вимірювань;

- Автоматичне визначення поточних магнітних полів поміж відповідними парами неодимових магнітів, з перерахунком сил магнітного поля у відповідні сили зовнішніх та внутрішніх вимірювань;

- Програмування (на сенсорному екрані) регламентованих зусиль для зовнішніх та для внутрішніх вимірювань корисної моделі;

- Визначення геометричних значень запрограмованих при регламентованих зусиллях тарованих зусиль для зовнішніх та внутрішніх вимірювань;

- Програмування (на сенсорному екрані при виготовленні та при використанні) алгоритмів математичної обробки результатів зовнішніх та внутрішніх вимірювань (функції Так-НІ, Мін-Макс, інші);

- Автоматична обробка результатів вимірювань, з протоколюванням та архівацією;

- Бездротовий зв'язок з зовнішніми ПК (з серверами, з ноутбуками, з планшетами, зі смартфонами, з цифровими верстатами) та з іншими приймачами системи "Industry 4.0".

Магнітна пружина 7 в корпусі 8 нашої корисній моделі складається з трьох магнітних елементів, дивись креслення:

- з двох змінних магнітів 9;

- з рухомого магніту 10.

В найближчому патенті-аналозі магнітна пружина 7 виконана одно направленою та тільки для зовнішніх вимірювань, має два коаксіальні неодимові магніти (ротор та статор), які забезпечують одне з трьох можливих зусиль вимірювань (11, 14, 22 Н).

В нашої корисній моделі магнітна пружина 7 забезпечує двонаправлені регульовані зусилля, для зовнішніх та внутрішніх вимірювань.

В корисній моделі передбачена можливість вибору будь-якого зусилля в межах 0,5-25 Н, що досягається вибором паспортних номіналів зусиль відштовхувань для двох змінних магнітів 9 та визначення зусиль вимірювань в межах переміщень рухомого магніту 10 в обох напрямках.

Можливий більш точний вибір тарованого зусилля в межах вище зазначених паспортних номіналів шляхом регулювання відстаней поміж рухомим магнітом 10 та обома змінними магнітами 9, з використанням залежності зусиль відштовхування від щільності силових магнітних ліній, яка кількісно характеризується параметром "індукція магнітного поля", який в нашому випадку оцінюється в мікротеслах (мТл).

Лівий змінний магніт 9 разом з рухомим магнітом 10 забезпечують в нашої корисній моделі таровані зовнішні зусилля вимірювань.

Лівий змінний магніт 9 передбачає можливість його заміни для забезпечення необхідного фіксованого зусилля (зазвичай в межах 1-25 Н, можливо інше), оптимального для зовнішніх вимірювань м'яких та твердих матеріалів при різних контактних площинах вимірювальних губок (поз. 3 та 6).

Правий змінний магніт 9 разом з рухомим магнітом 10 забезпечують в нашої корисній моделі зовнішні зусилля вимірювань.

Правий змінний магніт 9 передбачає можливість його заміни для забезпечення необхідного фіксованого зусилля (зазвичай в межах 0,5-5 Н, можливо інше), яке оптимальне для внутрішніх вимірювань м'яких та твердих матеріалів при лінійному контакті та при торцевому контакті глибиноміра в корисній моделі "Штангенциркуль комп'ютерний тарований".

Обидва змінні магніти 9 та рухомий магніт 10 доцільно виготовляти з широко доступних неодимових магнітів підвищеної магнітної потужності серії № 52/35/.

Також можливо використовувати неодимові магніти серії № 42 (з дещо меншою магнітною потужністю в порівнянні до серії № 52/35/) або інші, які забезпечують регламентовані зусилля відштовхувань однойменних полюсів для нормального функціонування корисної моделі "Штангенциркуль комп'ютерний тарований".

Ресурс ефективної роботи неодимових магнітів складає десятки років /35/, на відміну обмежених термінів використання механічних спіральних пружин.

В цій корисній моделі ми використовуємо ефект відштовхування однойменних полюсів плоских круглих неодимових магнітів, що забезпечується зустрічним розташуванням полюсів суміжних магнітів.

В корисній моделі необхідно забезпечити наступні послідовності взаємного розташування полюсів для обох змінних магнітів 9 та рухомого магніту 10 за напрямком розташування зліва направо, дивись креслення:

- NS-SN-NS (1)
- SN-NS-SN (2)

Загальна орієнтація полюсів обох змінних магнітів 9 однакова (NS - в першому випадку та SN - в другому випадку), що забезпечує їм взаємозамінність при встановленні зовнішніх та внутрішніх зусиль корисної моделі.

При використанні дискових неодимових магнітів серії № 52 діаметром 6-12 мм з товщиною циліндричного стовпчика 1-10 мм /35/ можливо забезпечити зусилля відштовхування в межах від 0,2 до 30 Н.

Для магнітів серії № 42 зазначені зусилля будуть меншими на 40-60 % /35/, для спеціальних потужних магнітів ці зусилля будуть забезпечені при менших габаритах.

Усі три різновиди неодимових магнітів (позиції 9 та 10 корисної моделі) доцільно вклеїти в трубчасті втулки, дивись креслення:

- Втулки з обома змінними магнітами 9 передбачають швидку зміну на інші номінали зусиль, закріплюються механічно (по різьбі або іншим чином) у лівому торці корпусу 8 магнітної пружини 7;
- Втулка з рухомим магнітом 10 має бути міцно приєднана до штока 12.

Корпус 8 утримує магнітну пружину 7, яка складається з трьох неодимових магнітів.

Корпус 8, на відміну від найближчого патенту-аналога /34/, має два інформаційні елементи для контролю двонаправлених зусиль, дивись креслення:

- Перший магнітний сенсор 12 забезпечує ідентифікацію магнітного поля для зовнішніх зусиль;
- Другий магнітний сенсор 13 забезпечує ідентифікацію магнітного поля для внутрішніх зусиль.

Корпус 8 в нашій корисній моделі має трубчасту конструкцію, яка конструктивно приєднана до рухомої рамки 4 (як самостійна деталь або у складі корпусу рухомої рамки 4, дивись креслення).

Корпус 8, обидві втулки до двох змінних магнітів 9, втулка рухомого магніту 10 разом зі штоком 11 мають бути виготовлені з немагнітних матеріалів (з кольорових металів, з аустенітних нержавіючих сталей 304 та 316, з міцного конструкційного пластика, з інших матеріалів), які не впливають на магнітні поля трьох неодимових магнітів.

Втулки обох змінних магнітів 9 виконані трубчастими:

- У внутрішніх отворах зазначених втулок закріплені (клейовим з'єднанням або іншим чином) відповідні циліндричні неодимові магніти;
- Зовнішніми поверхнями зазначені втулки встановлюються на торцях корпусу 8 (за допомогою різьбового або іншого механічного з'єднання) таким чином, щоб робочі торці змінних неодимових магнітів знаходились в одному положенні відносно положень першого магнітного сенсора 12 та другого магнітного сенсора 13;
- Зазначені втулки мають однакові зовнішні кріплення до корпусу 8, з маркуванням на них відповідних магнітних зусиль закріплених неодимових магнітів.

Користувачі можуть в процесі експлуатації корисної моделі змінювати зовнішні та внутрішні зусилля вимірювань шляхом приєднання відповідних номіналів змінних магнітів 9 (закріплених у втулках), які входять до комплекту корисної моделі.

Рухомий магніт 10 жорстко закріплений (клейовим або іншим нероз'ємним способом) в обоймі, що на штоку 11, дивись креслення.

Шток 11 може бути приєднаний до механізмів точної подачі, які використовуються в традиційних штангенциркулях типів I та II (у вигляді ролика) або у штангенциркулях типу III (у вигляді пари гвинт-гайка) /3, 4, 5/.

Також шток 11 може використовуватися самостійно (без приєднання до механізму точної подачі), при цьому на вільному кінці мати ручку у вигляді грибка (можлива інша форма), з можливістю двостороннього переміщення для забезпечення зовнішніх та внутрішніх зусиль.

Перший магнітний сенсор 12 призначений для індикації сили магнітного поля поміж лівим змінним магнітом 9 та рухомим магнітом 10, при цьому визначена сила магнітного поля корельована з механічним зусиллям виштовхування поміж зазначеними неодимовими магнітами.

Перший магнітний сенсор 12 встановлений у лівій частині корпусу 8, поблизу від правої кромки лівого змінного магніту 9 для поточного контролю індукції локального магнітного поля поміж ним та рухомим магнітом 10, дивись креслення.

Другий магнітний сенсор 13 призначений для індикації сили магнітного поля поміж правим змінним магнітом 9 та рухомим магнітом 10, при цьому визначена сила магнітного поля корельована з механічним зусиллям відштовхування поміж зазначеними неодимовими магнітами.

Другий магнітний сенсор встановлений у правій частині корпусу 8, поблизу від лівої кромки правого змінного магніту 9, для поточного контролю індукції локального магнітного поля поміж ним та рухомим магнітом 10.

Перший магнітний сенсор 12 та другий магнітний сенсор 13 мають бути виготовлені за відомими технологіями для магнітних лінійних датчиків з використанням або ефекту Холла /40/ або магніторезистивного ефекту.

Як перший магнітний сенсор 12 та другий магнітний сенсор 13 доцільно (проте не обов'язково) використати відомі масові датчики Холла типів DRV5053 та DRV5055 від фірми "Texas Instruments" (США) /40/, які забезпечують в діапазонах вимірювань магнітної індукції ± 70 та ± 100 мТл чутливість 45 та 100 мВ/мТл (можливі інші варіанти, які забезпечують функціонування корисної моделі).

Перший магнітний сенсор 12 та другий магнітний сенсор 13 електрично приєднані (дротовим або бездротовим способом) до вбудованого мікрокомп'ютера 14, який отримує та обробляє результати контролю індукції локальних магнітних полів поміж відповідними парами неодимових магнітів при їх відштовхуванні.

Для визначення кореляції поміж індукціями в локальних магнітних полях (в мТл) пар неодимових магнітів та механічними силами їх відштовхування (в Н) доцільно виконати початкове калібрування (при виготовленні або при використанні корисної моделі) за допомогою динамометрів відповідних діапазонів, які охоплюють рекомендовані таровані зусилля 0,5-25 Н для зовнішніх та внутрішніх вимірювань.

Корисна модель може забезпечити наступні таровані вимірювання, дивись креслення:

1) Зовнішні вимірювання твердих матеріалів штангенциркулями типів I, II, III з регульованими тарованими зусиллями від 6 до 25 Н;

2) Зовнішні вимірювання м'яких матеріалів штангенциркулями типів I, II, III з регульованими тарованими зусиллями від 0,5 до 5 Н;

3) Внутрішні вимірювання твердих матеріалів внутрішніми ножовидними вимірювальними поверхнями губок за допомогою штангенциркулів типу I з регульованими зусиллями від 2 до 4 Н;

4) Внутрішні вимірювання м'яких матеріалів внутрішніми ножовидними вимірювальними поверхнями губок за допомогою штангенциркулів типу I з регульованими зусиллями від 0,5 до 2 Н;

5) Внутрішні вимірювання твердих матеріалів внутрішніми півциліндричними вимірювальними поверхнями губок за допомогою штангенциркулів типів II та III з регульованими зусиллями від 2 до 5 Н;

6) Внутрішні вимірювання м'яких матеріалів внутрішніми півциліндричними вимірювальними поверхнями губок за допомогою штангенциркулів типів II та III з регульованими зусиллями від 1 до 3 Н;

7) Внутрішні вимірювання глибин та уступів твердих матеріалів торцями глибиномірів та парою вимірювальних поверхонь "торець+внутрішня рухома ножовидна губка" з регульованими зусиллями від 1 до 5 Н штангенциркулями типу I.

Розглянемо варіант застосування корисної моделі "Штангенциркуль комп'ютерний тарований" для зовнішніх вимірювань з зусиллям 12 Н та для внутрішніх вимірювань з зусиллям 4 Н, з використанням зразкового кільця діаметром 10 мм для початкового калібрування при внутрішніх вимірюваннях.

В цьому випадку корисну модель використовують наступним чином:

1) Вибирають відповідний номінал лівого змінного магніту 9 для забезпечення зовнішнього зусилля 12 Н (з комплекту змінних магнітів 9) та закріплюють його за допомогою втулки у лівій частині корпусу 8;

8) Вибирають відповідний номінал правого змінного магніту для забезпечення внутрішнього зусилля 4 Н (з наявного комплекту змінних магнітів 9) та закріплюють його за допомогою втулки у правій частині корпусу 8;

9) Включають відліковий пристрій 5 з вбудованим мікрокомп'ютером 14, перший магнітний сенсор 12, другий магнітний сенсор 13;

10) Програмують у вбудованому мікрокомп'ютері 14 регламентовані зусилля зовнішніх вимірювань та внутрішніх вимірювань;

11) Обнуляють відліковий пристрій 5 з вбудованим мікрокомп'ютером 14 при зведенні (до торкання поміж собою) нерухомої губки 3 та рухомої губки 6, з автоматичним контролем зовнішнього зусилля 12 Н за допомогою першого магнітного сенсора 12, під'єданого до вбудованого мікрокомп'ютера 14;

12) Виконують зовнішні вимірювання, з контролем зовнішнього зусилля 12Н за допомогою першого магнітного сенсора 12, під'єданого до вбудованого мікрокомп'ютера 14;

13) Повторюють, за необхідності дублювання зовнішніх вимірювань, перехід п.6;

14) Встановлюють відліковий пристрій 5 з вбудованим мікрокомп'ютером 14 на номінал зовнішніх вимірювань 10 мм при розведенні та натисканні зразкового кільця "10 мм" нерухою губкою 3 та

рухомою губкою 6, з контролем внутрішнього зусилля 4Н за допомогою другого магнітного сенсора 13, під'єднаного до вбудованого мікрокомп'ютера 14;

15) Виконують внутрішні вимірювання, з контролем внутрішнього зусилля 4Н за допомогою другого магнітного сенсора 13, під'єднаного до вбудованого мікрокомп'ютера 14;

16) Повторюють, за необхідності дублювання внутрішніх вимірювань, перехід 9;

17) Повторюють переходи пп. 6-10 при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях в однотипних деталях;

18) Повторюють переходи пп. 1-11 при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях різноманітних деталей;

19) Включають вручну або автоматично (за відсутності вимірювань протягом 20-60 хвилин) відліковий пристрій 5 з вбудованим мікрокомп'ютером 14, перший магнітний сенсор 12 та другий магнітний сенсор 13;

20) Повторюють переходи пп. 1-13 при нових серіях зовнішніх та внутрішніх вимірювань різноманітних деталей.

Корисна модель не потребує від користувача особових знань та застосовується звичайним чином відповідно до опису.

Корисна модель може бути реалізована в усіх моделях комп'ютерних штангенциркулів типів I, II, III від /3/ шляхом їх удосконалення згідно з описом корисної моделі.

Був проведений порівняльний аналіз корисної моделі з найбільш відомими у світі тарованими штангенциркулями моделі UL4 діапазону 0-1000 мм фірми "Sylvac" (Швейцарія) /5/, див. Табл.

Таблица

Показники штангенциркулів тарованих	Корисна модель "Штангенциркуль комп'ютерний тарований"	Штангенциркуль тарований моделі UL4 "Sylvac" (Швейцарія) /5/
Вимірювання м'яких матеріалів	Так	Ні
Діапазон вимірювань, мм	1000	1000
Похибка зовнішніх вимірювань, мкм	30	50
Похибка внутрішніх вимірювань, мкм	50	70
Пружина тарованого пристрою	Магнітна	Спиральна сталева
Значення зусиль зовнішніх вимірювань, Н	Від 0,5 до 25	Тільки 10
Ресурс тарованого пристрою, циклів	Не менше 50 тис	До 10 тис
Значення зусиль внутрішніх вимірювань, Н	Від 0,5 до 5	Неможливо
Адаптивний контроль внутрішнього зусилля	Так	Ні
Протоколювання, архівація, функції	Так	Ні
Ціна тарованого штангенциркуля, %	55	100
Собівартість вимірювань, %	42	100

Проведений аналіз підтвердив можливість та доцільність виготовлення корисної моделі відповідно до зазначеної задачі.

Корисна модель забезпечує найкращі на сьогодні економіко-метрологічні показники та функціональні можливості для прецизійних зовнішніх та внутрішніх вимірювань серед тарованих та традиційних штангенциркулів.

Джерела інформації:

1. www.iso.org. - Standart ISO 13385-1:2017, "Caliper", 2017
2. www.enac.es. - European accreditation: "Evaluation of the Uncertainty of measurement in calibration".-EA-4/02 M:2012
3. www.microtech-ua.com. - Каталог "MIKPOTEX-2025": Штангенциркулі таровані, 2025
4. www.mitutoyo.com. - Catalog "Mitutoyo-2025": Calipers, 2025
5. www.sylvac.com. - Catalog "Sylvac-2025": Calipers, 2025
6. www.patents.google. - Patent US № 353561 "Slide caliper"
7. www.patents.google. - Patent US № 425208 "Calipers"
8. www.patents.google. - Patent US № 1288034 "Caliper"
9. www.patents.google. - Patent US № 1355724 "Caliper"
10. www.patents.google. - Patent US № 311384 "Slide calipers"
11. www.patents.google. - Patent US № 3060586 "Micro-caliper"
12. www.patents.google. - Patent US № 4188727 "Constant pressure slide caliper"
13. www.patents.google. - Patent US № 4873771 "Slide gauge"

14. www.patents.google. - Patent US № 5029402 "Sliding gauge"
15. www.patents.google. - Patent US № 5249366 "Dimension measuring instruments"
16. www.patents.google. - Patent US № 8898923 "System and method..."
17. www.patents.google. - Patent US № 9212883 "Caliper force indicator..."
18. www.patents.google. - Patent US № 9267779 "Flexible mount for coupling..."
19. www.patents.google. - Patent US № 9612099 "Compliant and thumb..."
20. www.patents.google. - Patent US № 9631912 "Measuring instruments..."
21. www.patents.google. - Patent US № 9417094 "Displacement sensor..."
22. www.patents.google. - Patent US № 10690473 "Thumb rollers constant pressure..."
23. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 104879 "Штангенциркуль тарований"
24. www.patents.google. - Patent US № 10429165 "Tared caliper"
25. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 100613 "Штангенциркуль тарований"
26. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA №147949 "Штангенциркуль комп'ютерний динамометричний"
27. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 148138 "Штангенциркуль пневматичний"
28. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA №148420 "Штангенциркуль дистанційний тарований"
29. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA №150215 "Штангенциркуль дистанційний тарований"
30. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA №150168 "Штангенциркуль дистанційний пневматичний"
31. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 113164 "Штангенциркуль адаптивний"
32. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 146381 "Штангенциркуль адаптивний"
33. www.patents.google. - Patent Pub.US № 2006/0056993 "Magnetic spring actuator device"
34. www.patents.google. - Patent US № 9541367 "Tissue caliper"
35. www.onyx-magnet.com. - Каталог "Onix magnet-2025": Неодимові магніти, 2025
36. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 99687 "Штангенциркуль комп'ютерний"
37. www.patents.google. - Patent US № 10184772 "Computerized caliper"
38. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 128692 "Штангенциркуль "Intelligent caliper"
39. www.ukrpatent.org. - БД "Промислова власність": Патент UA № 153239 "Штангенциркуль електронно-паперовий"
40. www.ti.com. - Catalog "Texas Instruments-2025": Hall-Effect Sensors, Design Guide, 2025

