

Корисна модель "Динамометр магнітний" належить до контрольно-вимірjuвальних інструментів для контролю вимірjuвальних сил мікрометрів та штангенциркулів, може використовуватися в калібрувальних лабораторіях та на виробництві.

При калібруванні мікрометрів є обов'язковим контроль зусилля натискання вимірjuвальних поверхонь мікрометрів, для чого використовують динамометри мікрометричні або ваги.

Застаріла методика перевірки мікрометрів МІ 782-85 (досі використовується в Україні) регламентує вимірjuвальні зусилля мікрометрів в межах 5-9 Н.

Скасований в 2023 році німецький стандарт DIN 863 (в багатьох каталогах на нього посилаються до цього часу) регламентував для мікрометрів вимірjuвальні зусилля 5-10 Н.

Новітній міжнародний стандарт для мікрометрів ISO3611-2023 [1] регламентує вимірjuвальні зусилля мікрометрів в межах 5-15 Н.

Наприклад, регламентовані вимірjuвальні зусилля для мікрометрів фірми "Sylvac" (Швейцарія) дорівнюють 5-10 Н та 7-10 Н.

Новітній міжнародний стандарт для штангенциркулів ISO 13385-2019 [2] також передбачає контроль вимірjuвального зусилля штангенциркулів.

Наприклад, регламентовані вимірjuвальні зусилля для штангенциркулів фірми "Sylvac" (Швейцарія) дорівнюють 6-10 Н (тип I) та 7,5-11,5 Н (тип II та тип III), які контролюють за допомогою ваг [3].

Для мікрометрів та штангенциркулів, призначених для вимірjuвань м'яких матеріалів вимірjuвальні зусилля можуть бути зменшені до 1-2 Н та 3-5 Н.

Для великих штангенциркулів довжинами від 250 до 2000 мм вимірjuвальні зусилля становлять 15-30 Н.

На практиці для контролю вимірjuвального зусилля мікрометрів та штангенциркулів використовують відповідні ваги та спеціальні динамометри мікрометричні.

Традиційні динамометри мають значні габарити (до 300 мм), тому їх не можливо завести поміж вимірjuвальними поверхнями мікрометрів та штангенциркулів типу I для контролю вимірjuвального зусилля.

Використання ваг для контролю вимірjuвального зусилля мікрометрів має вади:

- Потрібно побудувати спеціальний стенд у складі ваг та спеціальної стійки для утримання за скобу мікрометра у вертикальному положенні, з натисканням вимірjuвальним стрижнем на контактну поверхню ваг;

- Ваги мають бути калібровані та міцно закріплені на горизонтальній поверхні;

- Результати вимірjuвань будуть спотворені, коли вимірjuвальний стрижень мікрометра натискає за межами центру ваг та з порушенням перпендикулярності.

Наявні серійні динамометри мікрометричні для контролю вимірjuвального зусилля (5 Н та 10 Н згідно анульованого стандарту DIN 863 для мікрометрів) для гладких мікрометрів типу МК(Ц) діапазонів 0-25 мм, 25-50 мм, 50-75 мм, 75-100 мм виконані у вигляді малогабаритних циліндрів, зі спрощеним аналоговим відліком (штрихи мінімального та максимального зусиль на рухомому стоці) з приєднанням відповідних подовжувачів (25, 50, 75 мм).

Усі наявні серійні динамометри мікрометричні мають спіральні сталеві пружини стискання.

Спеціалізовані динамометри мікрометричні для контролю вимірjuвального зусилля в мікрометрах середніх та великих діапазонів (понад 100 мм) на цей час не виробляються, при цьому використовуються ваги для контролю вимірjuвального зусилля мікрометрів.

Ми не маємо інформації стосовно виробництва динамометрів мікрометричних для контролю розширеного діапазону зусиль (5-15 Н) згідно з новітнім стандартом ISO 3611-2023 [1] для мікрометрів усіх можливих діапазонів (від 0-25 мм до 1800-2000 мм).

Динамометри зі сталевими спіральними пружинами мають обмежений ресурс роботи, що пов'язано з погіршенням пружності сталевих пружин за рахунок відомих негативних факторів:

- Корозія сталевого дроту спіралі зі зменшенням його перетину;

- Порушення співвісності витків та спіралі загалом при затисканні пружини;

- Погіршення пружності пружини з часом, що пов'язано з механічною втомою матеріалу спіралі з загартованої сталі в процесі постійного навантаження.

Механічні спіральні пружини є слабкою ланкою усіх аналогових динамометрів.

За кордоном динамометри зі спіральними механічними пружинами взагалі заборонено використовувати для відповідальних вимірjuвань сили [4].

Поява потужних малогабаритних неодимових магнітів [5] відкрило нові можливості удосконалення динамометрів для контролю вимірjuвальних зусиль в мікрометрах та штангенциркулях.

Метою корисної моделі "Динамометр магнітний" було започаткування нового типу динамометрів для контролю вимірjuвальних зусиль мікрометрів та штангенциркулів з діапазонами від 25 мм до 2000 мм за усіма міжнародними, національними та стандартами підприємств-виробників, з підвищенням в 4-8 рази стабільності та ресурсу роботи.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 51-річний американський патент US№3899762 [6], в якому запропонована магнітна конструкція, що складається з постійного магніту циліндричної форми, з немагнітної внутрішньої втулки, з магнітної зовнішньої втулки та магнітної плоскої основи.

Патент-аналог [6] призначений для утримання кришки диска пам'яті мінікомп'ютера.

Недоліками патенту-аналога [6] є інше призначення, відсутність засобів контролю зусилля постійного магніту, неможливість досягти мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є сучасний американський патент US№10948126 [7], в якому фахівці всесвітньо відомої фірми "Fanuc" (Японія) запропонували пристрій для фіксації металевої кришки металевої шафи верстата.

Патент-аналог [7] складається з комбінації спіральної пружини та приєднаного постійного магніту, що, за задумом авторів, має покращити роботу фіксуючого вузла, виключити прилипання металевої стружки.

Недоліки патенту-аналога [7] пов'язані з іншим призначенням, з відсутністю засобів контролю зусилля, з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 22-річний американський патент US№7290642 [8], в якому фахівці фірми "Integrated Dynamic Engineering" (Німеччина) запропонували систему підтримки навантаження, яка складається з пружини механічної (з позитивною жорсткістю) та з пружини магнітної (з негативною жорсткістю).

Пружина магнітна за патентом-аналога [8] складається з трьох рядів співвісних постійних магнітів, кожний з яких має протилежні магнітні полюси, при цьому відстань між першим та другим магнітами регламентована, третій магніт розташований поміж ними.

Патент-аналог [8] передбачає можливість розрахунку зусилля магнітної пружини в діапазоні 0-300 Н з використанням наведеного графіка залежності сили від відстаней поміж постійними магнітами, які змінюються в межах 6 мкм.

Недоліки патенту-аналога [8] пов'язані з відсутністю засобів візуального контролю зусилля пружини магнітної, з іншим призначенням та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 20-річний американський патент US№2006/0056993 [9], в якому запропонована пружина магнітна у кількох різновидах виконання.

Патент-аналог [9] має вигляд коаксіальної конструкції, яка складається з намагнічуваного або з постійного магнітного ротора (поршня) та з електромагнітного статора у вигляді кільця.

Патент-аналог [9] виконує функції магнітного приводу, при цьому не передбачає контроль зусилля пружини магнітної.

Загальними недоліками зазначеного патенту-аналога [9] є інше призначення, відсутність засобів контролю зусилля, неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 30-річний американський патент US№5633547 [10], в якому фахівці всесвітньо відомої фірми "Rolls-Royce" (Великобританія) запропонували магнітний опорний підшипник, який містить постійний магніт на валу та кілька надпровідників, розташованих рівнокутно в поперековому перетині, з можливістю зміни перерізу магнітного поля.

Магнітний підшипник за патентом-аналогом [10] має низьку жорсткість, в ньому виключений механічний контакт поміж рухомими елементами (використовується ефект левітації), що збільшує надійність, ресурс роботи, зменшує шум.

Недоліками патенту-аналога [10] є інше призначення, складність та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 20-річний американський патент US№ 7265470 [11], в якому запропонована пружина магнітна (лінійна або обертова) з активатором в кількох положеннях рівноваги.

Патент-аналог [11] складається з постійних магнітів, має стабільні та нестабільні точки рівноваги.

Патент-аналог [11] завдяки магнітній левітації не має фізичної взаємодії поміж рухомими частинами магнітної пружини, що багатократно збільшує її ресурс роботи.

Недоліки патенту-аналога [11] пов'язані з іншим призначенням, з відсутністю засобів контролю зусилля пружини магнітної та з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 45-річний американський патент US№ 4314623 [12], в якому запропонований віброізолятор магнітний з пружиною магнітною у вигляді двох зустрічних аксіальних постійних магнітів.

Патент-аналог [12] завдяки відштовхуванню магнітних полів постійних магнітів забезпечує гасіння вібрацій в високочотних пристроях (мікроскопах, в різноманітних вимірювачах).

Недоліки патенту-аналога [12] пов'язані з іншим призначенням, з відсутністю засобів контролю зусилля поміж постійними магнітами, з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 60-річний американський патент US№ 3449956 [13], в якому запропонований динамометр з комплектом пружин магнітних у вигляді напівпровідників.

Патент-аналог [13] передбачає можливість вимірювання маси, інших гравітаційних сил, також вимірювання рухів підвищеної маси невеликих переміщень.

Патент-аналог [13] як ортогональні пружні елементи передбачає використання низько температурних напівпровідників, з розташуванням їх при температурі середовища 0,01-18,5 градусів Кельвіна.

Патент-аналог [13] має досить складну та високовартісну конструкцію, потребує наднизьких температур, він не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 50-річний американський патент US№ 3992689 [14], в якому фахівці американської фірми "Data Packaging" запропонували магнітний фіксатор з постійним магнітом, який забезпечує максимальну силу притягання при мінімальному розмірі, з використанням відносно недорогого магніту.

Патент-аналог [14] призначений для використання в магнітних замках з високим ступенем надійності, для блокування та герметизації дисків комп'ютерної пам'яті.

Патент-аналог [14] має інше призначення, він не має засобів контролю зусилля та не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є 36-річний європейський патент EP№ 0342377 [15], в якому фахівці всесвітньо відомої фірми Bosch запропонували пружину магнітну, яка має заданий робочий хід для мінімально можливого постійного магніту та зменшення обсягу постійних магнітів завдяки використанню додаткових потокопровідних деталей.

В патенті-аналозі [15] постійні магніти встановлені зустрічно, однаковими полюсами один до одного.

Патент-аналог [15] має інше призначення, не має засобів поточного контролю зусилля відштовхування, не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є американський патент US№ 2014/0325859 [16], в якому запропонований тарований штангенциркуль з пружиною магнітною типу MagSpring [17].

Тарований штангенциркуль за патентом-аналогом [16] розрахований на три фіксовані зусилля вимірювань (11 Н, 17 Н, 22 Н), які неможливо змінювати в процесі використання.

Патент-аналог [16] передбачає використання інноваційних пружин магнітних MagSpring, які розроблені та виробляються китайською фірмою LinMot [17].

Пружина магнітна [17] не передбачає контроль зусилля натискання, вона має великі габаритні розміри, оскільки тільки робочий хід становить 350 мм.

Наявними недоліками патентів-аналогів [16] та [17] є інші призначення та неможливість досягнення мети корисної моделі.

Найближчим патентом-аналогом корисної моделі "Динамометр магнітний" є китайський патент CN№ 102182778 [18], в якому запропонована магнітна пружина для ортопедичного магнітно-силового матрацу.

Магнітна пружина в найближчому патенті-аналозі [18] складається з наступних частин:

- гільзи;
- втулки з нерухомим магнітом (у вигляді електромагніту з регульованою силою струму в дотовій котушці);
- рухомого магніту у вигляді постійного магніту (зустрічно розташованого до нерухомого магніту);
- опори на зовнішньому полюсі рухомого магніту;
- датчика зусилля у вигляді сенсора магнітного поля, який регулює струм та силу магнітного поля нерухомого електромагніта, при цьому може бути закріплений як на нерухомому, так й на рухомому магніті.

Датчик зусилля в найближчому патенті-аналозі [18] за задумом автора має бути розміщений або на верхній торцевій поверхні нерухомого магніту, або на нижній торцевій поверхні рухомого магніту.

Найближчий патент-аналог [18] не має засобів контролю та візуального відображення сили відштовхування магнітів, оскільки датчики зусилля забезпечують виключно регулювання магнітних полів кожної окремої магнітної пружини з комплексу кількох магнітних пружин ортопедичного магнітно-силового матрацу.

Найближчий патент-аналог [18] має інше призначення та значні обмеження, він не може забезпечити досягнення мети корисної моделі.

Динамометр магнітний складається з гільзи 1, втулки 2 разом з нерухомим магнітом 3, опори 4 на рухомому магніті 5, датчика зусилля 6, який відрізняється тим, що до гільзи 1 приєднані наставки 7, втулка 2 виконана переставною, нерухомий магніт 3 та рухомий магніт 5 виготовлені з неодиму, до опори 4 приєднана напрямна 8 та датчик зусилля 6, який має шток 9 зі шкалами зусиль 10.

Суть корисної моделі "Динамометр магнітний" полягає в регулюванні сил відштовхування поміж змінними нерухомими магнітами 3 та рухомим магнітом 5, з відображенням за допомогою мультиташкальної індикації відповідних вимірювальних зусиль, дивись Фіг. 1 та 2.

На Фіг. 1 зображено загальний вигляд корисної моделі.

На Фіг. 2 зображена розгортка штока 9 з чотирма (для прикладу) шкалами контрольованих зусиль.

Найближчий патент-аналог [18] має власні гільзу 1 (незмінну), втулку 2, нерухомий магніт 3 (постійний), опору 4, рухомий магніт 5 (електромагнітний), датчик зусилля 6 (з іншим розташуванням відносно корисної моделі).

Гільзу 1 в нашій корисній моделі доцільно виготовити трубчастою, з немагнітних та антифрикційних матеріалів:

- нержавіючої сталі 201, 202, 304, 316, 321;
- сплавів кольорових металів (алюмінію, магнію, міді, титану, інших);
- неметалевих антифрикційних матеріалів (карбону, склопластику, інших конструкційних пластиків).

Довжина гільзи 1 разом з довжинами наставок 7 корельована з розміром максимального розведення вимірювальних поверхонь мікрометрів та штангенциркулів, в яких визначається вимірювальне зусилля.

Доцільно гільзу 1 виготовляти довжиною 18-20 мм (можливо інше) для можливості контролю вимірювального зусилля в мікрометрах найменшого діапазону (0-25 мм.)

Для контролю мікрометрів інших діапазонів (50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 мм та більших) та штангенциркулів (125, 200, 150, 300, 500 мм та інших) до гільзи 1 необхідно приєднувати відповідні наставки 7, довжина яких дорівнює різниці поміж максимальним номіналом геометричного вимірювача та довжиною гільзи 1.

Наприклад, для традиційних мікрометрів середнього діапазону (від 100 до 300 мм) за наявності гільзи 1 довжиною 18-20 мм довжини наставок 7 будуть дорівнювати:

- 100 мм - для МК(Ц)-125;
- 125 мм - для МК(Ц)-150 та для штангенциркулів ШЦ(Ц)-150;
- 150 мм - для МК(Ц)-175;
- 175 мм - для МК(Ц)-200 та для штангенциркулів ШЦ(Ц)-200;
- 200 мм - для МК(Ц)-225;
- 225 мм - для МК(Ц)-250 та для штангенциркулів ШЦ(Ц)-250;
- 250 мм - для МК(Ц)-275;
- 275 мм - для МК(Ц)-300 та для штангенциркулів ШЦ(Ц)-300.

Кожна втулка 2 утримує відповідний номінал нерухомого магніту 3 з неодиму, тип та габарити якого забезпечують необхідні сили магнітного поля, дивись Фіг. 1.

Втулка 2 закріплюється всередині гільзи 1 відповідним чином (по різьбі, стопорінням упорним гвинтом або іншим чином), при цьому при заглибленні або висуванні втулки 2 разом з відповідним нерухомим магнітом 3 в отворі гільзи 1 можна збільшити або зменшити сили відштовхування поміж обома неодимовими магнітами, дивись Фіг. 1.

Нерухомий магніт 3 та рухомий магніт 5 виготовлені зі сплаву неодиму [5].

Габарити та тип неодимових магнітів визначають їх власні магнітні сили, які впливають на результуючу силу їх взаємного відштовхування при їх зустрічній орієнтації.

Найбільш потужними серед доступних неодимових магнітів є серія № 52 та серія № 42 (приблизно на 40 % слабші від серії № 52).

Неодимові магніти № 42 діаметром 6-12 мм з висотою циліндричних стовпчиків 1-10 мм забезпечують одиничне механічне зусилля 0,2-30 Н.

Збільшення діаметрів та висоти стовпчиків неодимових магнітів пропорційно збільшує їх магнітну силу та результуючу силу взаємодії поміж собою.

Опора 4 встановлена на рухомому магніті 5 та (на відміну від найближчого патенту-аналога [18]) в нашій корисній моделі до опори 4 приєднана напрямна 8 та шток 9, дивись Фіг. 1.

Опора 4, напрямна 8 та шток 9 можуть бути у вигляді окремих деталей з різних матеріалів, поєднаних поміж собою або бути у вигляді цілікової деталі, виготовленої з одного матеріалу.

Наставки 7 призначені для уніфікації складових корисної моделі для при контролі вимірювальних зусиль мікрометрів та штангенциркулів діапазонами до 2000 мм, з приєднанням їх до уніфікованої гільзи 1, яка має рекомендовані габарити 18-20 мм (можливо інше).

Напрямна 8 призначена для утримання рухомого магніту 5 (з неодиму) та ковзання в середині гільзи 1, тому напрямна має бути виготовлена з немагнітного та антифрикційного матеріалу (мідь, латунь, бронза, конструкційні пластики).

Шток 9 призначений для виготовлення на ньому шкал зусилля 10, дивись розгортку штока на Фіг. 2.

Шток 9 може мати форму циліндра або призми, на поверхні яких гравійовані шкали зусиль 10, дивись Фіг. 2.

Шток 9 доцільно виготовити з немагнітного металу (алюмінієві, магнієві, титанові та мідні сплави).

Довжина штока 9 корельована з робочим ходом рухомого магніту 5 (3-6 мм, можливо інше).

Корисну модель "Динамометр магнітний" використовують наступним чином для контролю вимірювальних зусиль партії з 8-ми мікрометрів з трещітками (номіналами від МКЦ-125 до МКЦ-300, при цьому встановлені неодимовий нерухомий магніт 3 та неодимовий рухомий магніт, які розраховані на взаємне відштовхування з зусиллями 3-20 Н, зі шкалою зусиль на 5-15 Н):

1) Визначають та встановлюють в гільзу 1 втулку 2 з відповідним неодимовим нерухомим магнітом 3;

2) Визначають та вибирають для першого мікрометра МКЦ-125 з максимальним діапазоном вимірювань 125 мм відповідну наставку 7 довжиною 100 мм;

3) Приєднують наставку 7 номіналом 100 мм до гільзи 1 (довжиною 20 мм) з утворенням загальної довжини 120 мм плюс 6 мм на виступ штока 9;

4) Затискають вимірювальними наконечниками мікрометра МК(Ц)-125 торець наставки 7 та торець штока 9;

5) Провертають трещітку мікрометра МКЦ-125 та визначають по шкалі 10, яка розрахована на діапазон зусиль 5-15 Н, відповідність контрольованого зусилля номіналу 5-15 Н або інше);

6) Повторюють, за необхідності, контроль вимірювальних зусиль мікрометра для першого МКЦ-125;

7) Знімають наставку 7 довжиною 100 мм з гільзи 1;

8) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 125 мм для другого мікрометра номіналом МКЦ-150 (з наставкою 7 довжиною 125 мм);

9) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 150 мм для третього мікрометра номіналом МКЦ-175;

10) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 175 мм для четвертого мікрометра номіналом МКЦ-200;

11) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 200 мм для п'ятого мікрометра номіналом МКЦ-225;

12) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 225 мм для шостого мікрометра номіналом МКЦ-250;

13) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 250 мм для сьомого мікрометра номіналом МКЦ-275;

14) Повторюють переходи пп. 2-7 з наставкою 7 довжиною 275 мм для восьмого мікрометра номіналом МКЦ-300;

15) Виймають за необхідності, втулку 2 з відповідним неодимовим нерухомим магнітом 3 з гільзи 1.

Корисна модель "Динамометр магнітний" не потребує від користувача особливих знань та застосовується звичайним чином, подібно до традиційних динамометрів мікрометричних [19].

Був проведений порівняльний аналіз корисної моделі "Динамометр магнітний" з поширеним серійним динамометром мікрометричним від фірми "Hoffmann" (Німеччина) /19/, див. Табл.

Таблиця

Динамометри для контролю вимірювальних зусиль в мікрометрах	Корисна модель "Динамометр магнітний"	Динамометри для мікрометрів фірми "Hoffmann" (Німеччина) /19/
Діапазони контрольованих мікрометрів та штангенциркулів, мм	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000	25, 50, 75, 100
Пружний елемент	Магнітна пружина	Спиральна пружина
Ресурс роботи, циклів	75 тис.	10 тис.
Кількість шкал зусилля, шток	1-12	1

Проведений аналіз підтвердив можливість та доцільність виготовлення корисної моделі "Динамометр магнітний", яка значно розширює функціональні та метрологічні можливості контролю вимірювальних зусиль ручного вимірювачу.

Корисна модель "Динамометр магнітний" започаткувала можливість контролю кількох варіантів вимірювальних зусиль мікрометрів та штангенциркулів за усіма наявними стандартами.

1. www.iso.org. - Standard ISO 3611-2023. Micrometers, 2023.

2. www.iso.org. - Standard ISO 13384-2019. Calipers, 2019.

3. www.sylvac.com. - Catalog "Sylvac-2026", 2026.

4. www.researchgate.net. - J.F.Laude: Early Dynamometer. EPFL, 2014.

5. www.ua.greatmagtech.com. - Виробництво неодимових магнітів, 2023 р.

6. www.google.patents. - Patent US№ 3899762 "Permanent magnetic structure", від 12.08.1975 р.
7. www.google.patents. - Patent US№ 10948126 "Hand-held device", від 16.03.2021 р.
8. www.google.patents. - Patent US№ 7290642 "Magnetic spring device with magnetic stiffness", від 06.11.2007 р.
9. www.google.patents. - Patent US№ 2006/0056993 "Magnetic spring actuator", від 16.03.2006 р.
10. www.google.patents. - Patent US№ 5633547 "Magnetic bearing", від 27.03.1997 р.
11. www.google.patents. - Patent US№ 7265470 "Magnetic spring and actuators", від 04.09.2007 р.
12. www.google.patents. - Patent US№ 4314623 "Vibration isolator", від 09.02.1982 р.
13. www.google.patents. - Patent US№ 3449956 "Force measuring instruments", від 17.06.1969 р.
14. www.google.patents. - Patent US№ 3992689 "Permanent magnet", від 16.11.1976 р.
15. www.google.patents. - Patent EP№ 0342377 "Magnetic Spring", від 23.11.1989 р.
16. www.google.patents. - Patent US№ 2014/0325859 "Caliper", від 27.05.1997 р.
17. www.linmot.com. - Catalog "Linmot-2026". MagSpring, 2026.
18. www.google.patents. - Patent CN№ 102182778 "Magnetic force spring", від 14.09.2011 р.
19. www.hoffmann.com. - Catalog "Hoffmann-2026". Force tester for external micrometers, 2026.

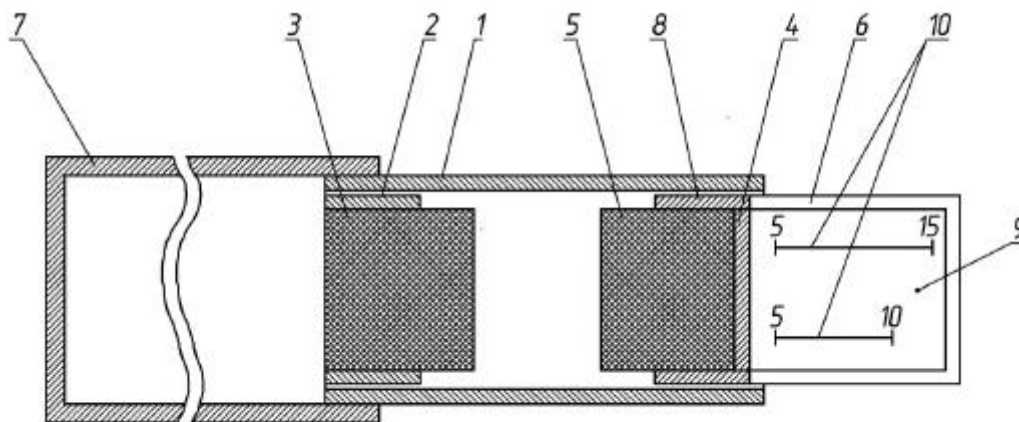


Fig. 1

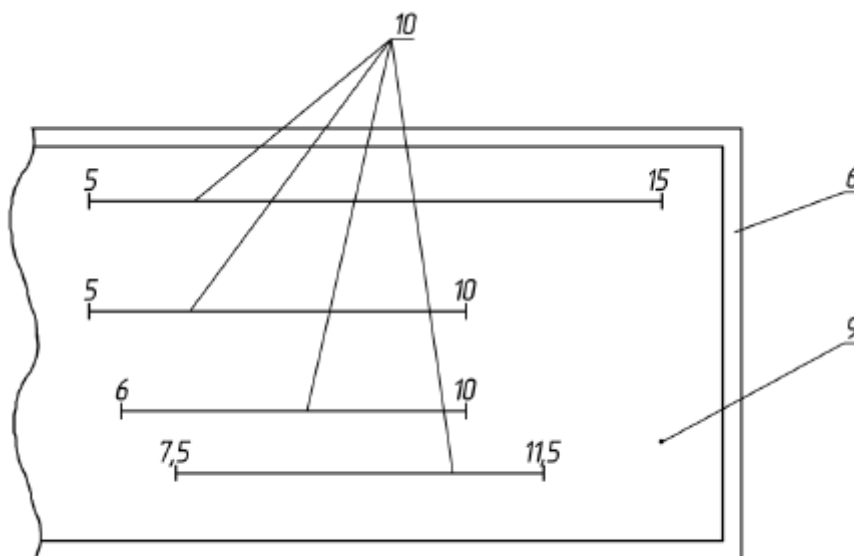


Fig. 2