



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 128767

(13) U

(51) МПК

H01J 23/02 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2018 03027**

(22) Дата подання заявки: **26.03.2018**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.10.2018**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.10.2018, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):

**Маслів Антон Олегович (UA),  
Дуценко Владислав Васильович (UA),  
Маслів Вячеслав Георгійович (UA)**

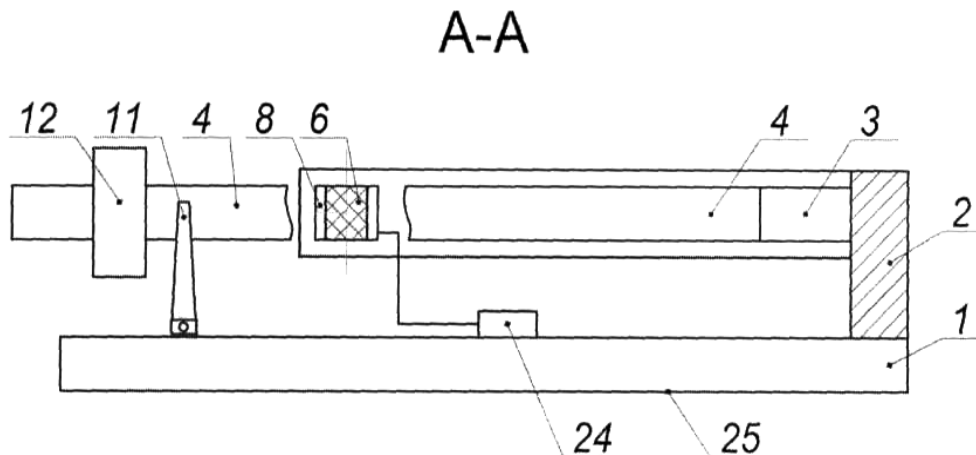
(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",  
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002 (UA)**

## (54) СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖОРСТКОСТІ, ДЕМПФІРУВАННЯ ТА МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ МАГНІТОРЕОЛОГІЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ

(57) Реферат:

Стенд для дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності зразків із магнітореологічних еластомерів містить раму, стійку, лінійку із вантажем, щелепи, електромагніти, електромеханічний вібратор, джерела струму та вимірювальні і реєструючі пристрої. Лінійка складається із двох частин, одна з яких виконана гнучкою із немагнітного матеріалу та жорстко поєднана із стійкою стенда, а друга виконана жорсткою із феромагнітного матеріалу, а щелепи разом із закріпленими до них електромагнітами, стійкою, жорсткою лінійкою та зразками із магнітореологічного еластомеру - утворюють замкнений магнітний ланцюг.



Фиг. 1

UA 128767 U



Корисна модель стосується дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності зразків із магнітореологічних еластомерів,

Відомий дослідницький комплекс для досліджень впливу магнітного поля зокрема на жорсткість зразків із магнітореологічного еластомеру, який містить випробувальну машину FS-100 СТ, блок живлення постійним струмом, електромагніт із зазором, у якому розміщують зразок із магнітореологічного еластомеру, що досліджується, вимірювач сили та систему для реєстрації [1].

Перевага цього комплексу полягає у можливості досліджувати зразки із магнітореологічних еластомерів при деформації розтягування і одночасній дії магнітного поля з індукцією до 1,2 Тесла, вектор якої спрямований упоперек до напрямку деформації.

Недоліком цього комплексу є те, що він унеможлиблює проведення широкого спектра досліджень при деформаціях стискання або зсуву зразків, та реалізувати співпадіння напрямку деформації зразка із напрямком вектора індукції магнітного поля.

Відомий пристрій для дослідження впливу зовнішнього магнітного поля зокрема на модуль пружності зразків, який містить постійні магніти, між якими на підставці розташовано зразок із магнітореологічного еластомеру, навантажений зверху силою ваги певної маси [2, стор. 14].

Перевага цього пристрою полягає у можливості досліджувати характеристики жорсткості та втрати енергії через внутрішнє тертя у зразків із магнітореологічних еластомерів при статичних деформаціях стискання і дії магнітного поля, вектор індукції якого спрямовано упоперек до напрямку деформації.

Недоліками цього пристрою є те, що він унеможлиблює проведення широкого спектра досліджень при деформаціях розтягування або зсуву зразків, та реалізувати співпадіння напрямку деформації зразка із напрямком вектора індукції магнітного поля, величину якої, до того ж, неможливо регулювати.

Відомий пристрій для дослідження вимушених коливань на основі деформацій зсуву зразків із магнітореологічних еластомерів при наявності зовнішнього магнітного поля, який містить генератор механічних коливань із штоком, що поєднує його із розташованими між полюсами електромагніта зразками, які виконані із магнітореологічного еластомеру, датчик зміщення штока та персональний комп'ютер [2, стор. 15].

Переваги цього пристрою полягають у можливості досліджувати характеристики жорсткості та втрати енергії через внутрішнє тертя у зразків із магнітореологічних еластомерів. При деформаціях зсуву як у статичному режимі, так і у режимі вимушених коливань при різних частотах та при дії магнітного поля, вектор індукції якого спрямовано поперек до напрямку деформації.

Недоліками цього пристрою є те, що він унеможлиблює проведення широкого спектра досліджень при деформаціях розтягування або стискання зразків, та реалізувати співпадіння напрямку деформації зразка із напрямком вектора індукції магнітного поля.

Найбільш близьким за технічною суттю і результатом, що досягається, до заявленого технічного рішення, є установка для дослідження вимушених коливань на основі деформації розтягування-стискання зразків із магнітореологічних еластомерів, яка містить лінійку, що закріплена до рами

стенда, розташовані на ній два постійних магніти, один з яких взаємодіє із електромагнітом, що збуджує коливання лінійки, а другий взаємодіє із датчиком Холла, для вимірювання амплітуд та частот коливань лінійки. На протилежній частині лінійки закріплено два зразки із магнітореологічного еластомеру, які розташовано між полюсами електромагніта, що створює постійне магнітне поле. Робота системи керується за допомогою спеціальної програми персональним комп'ютером [2, стор. 17].

Переваги цього пристрою полягають у можливості досліджувати характеристики жорсткості та втрати енергії через внутрішнє тертя у зразках із магнітореологічних еластомерів при деформаціях розтягування-стискання як у статичному режимі, так і у режимі вимушених коливань при різних частотах та при дії магнітного поля, вектор індукції якого співпадає з напрямком деформацій зразків.

Недоліками цього пристрою є те, що він унеможлиблює проведення досліджень при деформаціях зсуву зразків, також у пристрої некомпенсовано силу тяжіння, яка стискатиме нижній від лінійки зразок та розтягуватиме верхній зразок. Це зміщує лінійку донизу, через що після включення магнітного поля виникатиме додаткове переміщення лінійки до нижнього полюса електромагніта й порушує початкові умови експерименту. Крім того, лінійка пристрою має значну гнучкість, щоб не мати впливу на результати вимірювань жорсткості зразків, які досліджуються, тому розміщення електромагніта, який збуджує коливання викликати вигини коливання самої лінійки, а не деформації зразків. Більш того, датчик Холла також буде

вимірювати не тільки деформації зразків, а й зміщення самої лінійки при її вигинних коливаннях. Це вносить суттєву похибку в результати досліджень. Використання постійних магнітів для створення магнітного поля суттєво звужує спектр досліджень впливу різної за величиною індукції магнітного поля на характеристики зразків.

5       Задачею корисної моделі є усунення зазначених недоліків, тобто розширення спектра досліджень та підвищення точності досліджень впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності магнітореологічних еластомерів.

10       Поставлена задача вирішується тим, що у стенді для дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності магнітореологічних еластомерів, лінійка складається із двох частин, одна з яких виконана гнучкою із немагнітного матеріалу та жорстко поєднана із стійкою рами стенда, а інша виконана жорсткою із феромагнітного матеріалу, а електромагніти закріплено до щелеп, які разом із стійкою та жорсткою частиною лінійки утворюють частину магнітного ланцюга із феромагнетику, а другу частину магнітного ланцюга утворюють розташовані між полюсами електромагнітів та жорсткою частинною лінійки - зразки із магнітореологічного еластомеру.

15       Технічний результат, що досягається, полягає у розширенні спектра досліджень, тобто у створенні можливості досліджувати вплив магнітного поля на характеристики жорсткості та демпфірування при деформаціях розтягування-стискання і зсуву, та модуль пружності зразків із магнітореологічних еластомерів, та у підвищенні точності вимірювань завдяки виконанню частини лінійки жорсткою і виключенню впливу сили тяжіння на деформації зразків, а виконання жорсткої частини лінійки та щелеп із феромагнітного матеріалу зменшує опір проходженню магнітного поля, що сприяє підвищенню його індукції.

20       Суть корисної моделі пояснюються кресленнями.

25       На Фіг. 1 - зображено стенд, вигляд спереду: переріз А-А, при дослідженнях деформацій стискання-розтягування зразків; на Фіг. 2 - зображений стенд, вигляд зверху, при дослідженнях деформацій стискання-розтягування зразків; на Фіг. 3 - зображений стенд, вигляд спереду: переріз Б-Б, при дослідженні деформацій зсуву зразків; на Фіг. 4 - зображений стенд, вигляд збоку, при дослідженнях деформацій зсуву зразків.

30       Стенд для дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності магнітореологічних еластомерів, містить раму 1, до якої закріплено виготовлену із феромагнетику стійку 2, до якої жорстко закріплено виготовлену із немагнітного матеріалу гнучку пластину 3, яка жорстко поєднана з виготовленою із феромагнетику жорсткою пластиною 4, що закріплена за допомогою клею до виготовлених із магнітореологічного еластомеру однакових за геометрією та вмістом наповнювача (наприклад, карбонільного заліза), пружних зразків 5, 6 які, в свою чергу, також закріплено до електромагнітів 7 та 8, що встановлені на виготовлених із феромагнетику щелепах 9 та 10, а протилежні кінці кожної із щелеп 9, 10 жорстко закріплено до стійки 2. Прогиномір 11 одним кінцем закріплено до рами 1, а його протилежний кінець спирається на бічну поверхню пластини 4, на кінці якої закріплено вантаж 12, та за допомогою тросика 13 приєднано силомір 14. До пластини 4 також закріплено пружину 15, другий кінець якої поєднано із електромеханічним вібратором 16, який живиться струмом змінної частоти через підсилювач 17 від звукової плати персонального комп'ютера 18. До пластини 4 також закріплено виготовлений із немагнітного матеріалу кронштейн 19, на який спирається шток 20 годинникового індикатора 21, таким чином, що вісь симетрії штока 20 співпадає із віссю симетрії зразків 5 та 6. Прогиномір 22 одним кінцем закріплено до рами 1, а другим кінцем він спирається на верхню поверхню пластини 4. Електричні сигнали від прогиномірів 11, 22 через тензопідсилювач з аналого-цифровим перетворювачем 23 надходять до персонального комп'ютера 18. Електромагніти 7, 8 отримують живлення постійним струмом від джерела 24. Рама 1 містить установчі поверхні 25 та 26.

45       Стенд працює наступним чином.

50       Статичні випробування мають за мету дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості та демпфірування зразків 5 та 6 із магнітореологічних еластомерів.

55       Для досліджень деформацій стискання-розтягування зразків 5 та 6 стенд встановлюють площиною 25 на підлогу і за допомогою силоміра 14 через тросик 13 відтворюють з певним інтервалом зростаючий та спадний рядки сил  $F$  с. р, які завдяки гнучкості пластини 3, обертають пластину 4 в площині рами 1 і викликають деформацію  $X$  стискання зразка 5 та рівною їй за модулем деформацію розтягування зразка 6. Деформацію  $X$  реєструють за допомогою годинникового індикатора 21, шток 20 якого переміщується кронштейном 19 на величину цієї деформації  $X$  завдяки співпадинню його осі із віссю симетрії зразків 5, 6. Потім змінюють напрямок дії силоміра 14 на протилежний, щоб стискався зразок 6 та розтягувався зразок 5, і 60       повторюють виміри.

Для досліджень деформацій зсуву зразків 5, 6 стенд встановлюють на підлогу площиною 26, і за допомогою силоміра 14 відтворюють з певним інтервалом зростаючий та спадний рядки сил  $F_3$ , які завдяки гнучкості пластини 3, обертають пластину 4 поперек до рами 1 і викликають деформації зсуву у зразків 5, 6, які реєструють за допомогою годинникового індикатора 21, вісь штока якого 20 співпадає із віссю симетрії зразків 5, 6. Потім змінюють напрямок дії силоміра 14 на протилежний і повторюють виміри деформацій  $Y$  зсуву зразків 5, 6.

При проведенні обох цих досліджень до електромагнітів 7, 8 подають постійний електричний струм від джерела 24 так, щоб полюси електромагнітів 7, 8, які взаємодіють із зразками 5, 6, мали протилежну полярність. Для забезпечення достатньо високої індукції магнітного поля (не менше за 1 Тл), яка має змінювати жорсткість та демпфірування зразків 5, 6, відтворено замкнений магнітний ланцюг, який складається з виготовлених із феромагнетику: щелеп 9, 10, стійки 2, пластини 4 та сердечників електромагнітів 7, 8. Величину струму, що живить обмотки електромагнітів 7, 8, задають з певним інтервалом.

При кожній величині струму будують графіки залежностей між силами  $F_{C,P}$ , що реєструє силомір 14, та деформаціями стискання-розтягування  $X$  зразків 5, 6, які реєструє годинниковий індикатор 21.

Також будують графіки залежностей між силами  $F_3$  та деформаціями зсуву  $Y$ .

Для рядка точок на графіках обчислюють жорсткості на стискання - розтягування та зсув для зразків 5, 6 - як тангенс кута нахилу дотичної до графіку у даній точці.

За площинами петель гістерезису на графіках обчислюють коефіцієнт розсіювання енергії, що характеризує втрати енергії на внутрішнє тертя у матеріалі зразків 5, 6 за виразом  $\Delta = \delta\P/\Pi$ , і обчислюють еквівалентний коефіцієнт демпфірування  $\gamma \approx \Delta/2\pi$ , де позначено  $\delta\P$  - площа петлі гістерезису,  $\Pi$  - площа, що окреслена графіком залежності між силою та деформацією зразків 5, 6 та віссю деформацій. Ця площа дорівнює потенціальній енергії деформації зразків 5, 6.

Обчислюють модуль пружності магнітореологічного еластомеру за формулою  $E = \frac{(0,5F_{C,P}/S)}{X/L}$ , де  $S$  - площа перерізу зразка,  $L$  - товщина зразка,  $X$  - деформація зразка.

Обчислюють модуль зсуву магнітореологічного еластомеру за формулою

$G = \frac{(0,5F_3/S)}{Y/L}$ , де  $S$  - площа перерізу зразка,  $L$  - товщина зразка,  $Y$  - деформація зразка.

Вплив магнітного поля на амплітуди, частоти та демпфірування коливань маси 12 на пружних зразках 5, 6 при деформаціях стискання-розтягування, досліджують при встановленні стенда на підлогу площиною 25. Електромеханічний вібратор 16, що отримує живлення струмом змінної частоти через підсилювач 17 від персонального комп'ютера 18, через пружину 15 обертає пластину 4 в площині рами 1 завдяки гнучкості пластини 3, і викликає періодичні деформації стискання зразка 5 та водночас рівні їй за модулем періодичні деформації розтягування зразка 6, що збуджує вимушені коливання маси 12. Шляхом зміни з певним інтервалом частоти струму, отримують амплітуди деформацій  $X$  зразків 5, 6, які реєструються за допомогою прогиноміра 11 та тензопідсилювача із аналого-цифровим перетворювачем 23 - персональним комп'ютером 18.

Вплив магнітного поля на амплітуди, частоти та демпфірування коливань маси 12 на пружних зразках 5, 6 при деформаціях зсуву, досліджують при встановленні стенда на підлогу площиною 26. Електромеханічний вібратор 16, що отримує живлення струмом змінної частоти через підсилювач 17 від персонального комп'ютера 18, через пружину 15 обертає пластину 4 поперек до площини рами 1 завдяки гнучкості пластини 3, і викликає періодичні деформації зсуву зразків 5, 6, що збуджує вимушені коливання маси 12. Шляхом зміни з певним інтервалом частоти струму, отримують амплітуди деформацій  $Y$  зразків 5, 6, які реєструються за допомогою прогиноміра 22 та тензопідсилювача із аналого-цифровим перетворювачем 23 - персональним комп'ютером 18.

При кожній частоті збудження коливань маси 12 до електромагнітів 7, 8 подають постійний струм, магнітне поле якого збільшить жорсткість та демпфірування зразків 5, 6, що викличе зменшення амплітуд коливань маси 12 та деформацій зразків 5, 6. Ступінь впливу магнітного поля на амплітуди, частоти та демпфірування коливань досліджують шляхом їх порівняння із результатами вимірювань без магнітного поля.

Технічний результат, що досягається, полягає у створенні можливості досліджувати вплив на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності магнітореологічних матеріалів при деформаціях розтягування-стискання і зсуву - магнітного поля, напрямком індукції якого співпадає одночасно із напрямком індукції магнітного поля, яке застосовувалося при

виготовленні матеріалів, та напрямком їх деформацій при дослідженнях, а також у підвищенні точності вимірювань - завдяки виконанню однієї частини лінійки жорсткою, а другої частини - гнучкою, а також виключенню впливу сили тяжіння вантажу 12 на деформації стискання-розтягування зразків 5, 6 шляхом розташування жорсткої та гнучкої лінійок у горизонтальній площині, а при дослідженні деформацій зсуву зразків 5, 6 - розташування жорсткої 4 та гнучкої 3 лінійок у вертикальній площині, а виконання жорсткої частини лінійки 4 та щелеп 9, 10 із феромагнітного матеріалу зменшує опір проходженню магнітного потоку, що сприяє підвищенню індукції в зразках 5, 6. Виготовлення гнучкої частини лінійки із немагнітного матеріалу дозволило запобігти утворенню негативного магнітного ланцюга, який би склався із жорсткої лінійки 4, гнучкої лінійки 3, стійки 2, щелепи 10, сердечника електромагніта 7 та зразка 5, що зменшило б потік магнітної індукції через зразок 6.

Позитивний ефект, що досягається, полягає у розширенні спектра досліджень, тобто у створенні можливості досліджувати вплив на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності магніореологічних матеріалів при деформаціях розтягування-стискання і зсуву - магнітного поля, напрямком індукції якого співпадає одночасно із напрямком індукції магнітного поля, яке застосовувалося при виготовленні цих матеріалів, та з напрямком деформацій при дослідженнях, а також у підвищенні точності вимірювань - завдяки виконанню частини лінійки жорсткою і виключенню впливу сили тяжіння на деформації зразків, а утворення замкненого магнітного ланцюга, який складається із виготовлених з феромагнетиків: електромагнітів, щелеп, стійки та жорсткої лінійки - зменшує магнітний опір, що сприяє підвищенню потоку магнітної індукції, який надходить до виготовлених із магніореологічних матеріалів зразків.

Джерела інформації:

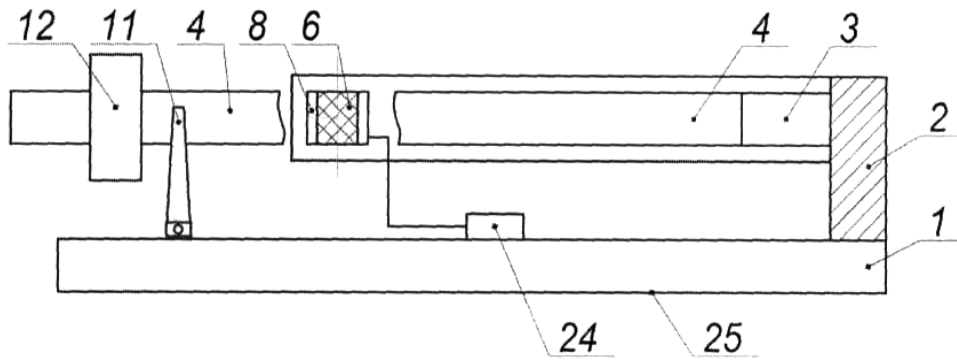
1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛАСТОМЕРОВ. В.Н. Ковров, А.И. Останин, К.В. Качалин // "Заводская лаборатория. Диагностика материалов" № 5. 2011. Том 77, с. 56-59. Электронный ресурс: <https://www.zldm.ru/jour>

2. МАГНИТНЫЕ ЭЛАСТОМЕРЫ. ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЭЛАСТОМЕРОВ, ЕГО ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. Кафедра магнетизма. Кафедра физики полимеров и кристаллов. Составители: Л.В. Никитин, А.С. Семисалова, А.А. Гладков, Н.С. Перов, Е.Ю. Крамаренко. Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Электронный ресурс: <https://istina.msu.ru/download/3606562/lejQHu:h64BBgyUP7yhybCWl94dZ0mqgco/>

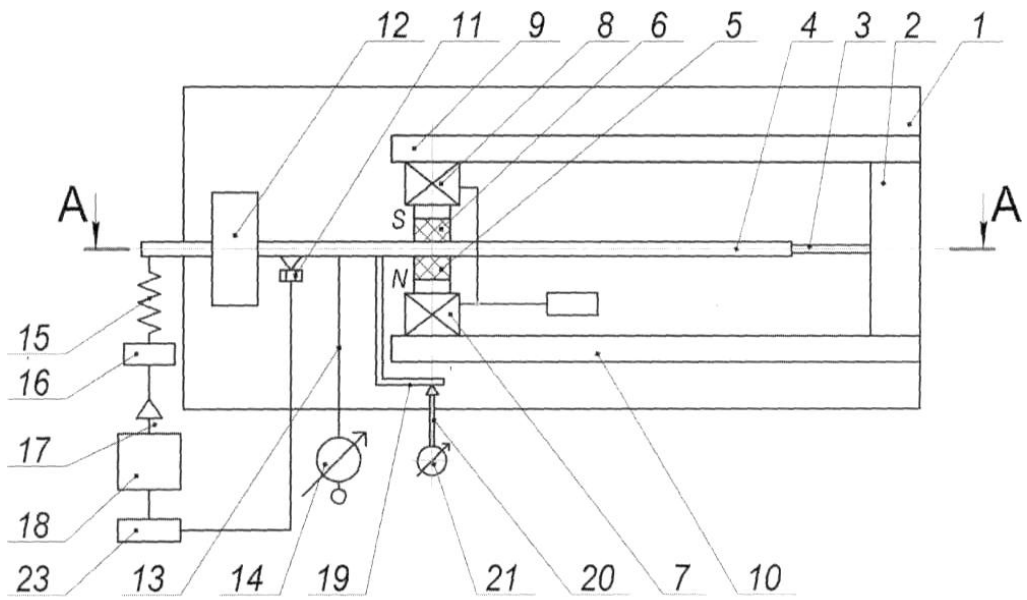
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Стенд для дослідження впливу магнітного поля на характеристики жорсткості, демпфірування та модуль пружності зразків із магніореологічних еластомерів, що містить раму, стійку, лінійку із вантажем, щелепи, електромагніти, електромеханічний вібратор, джерела струму та вимірювальні і реєструючі пристрої, який **відрізняється** тим, що лінійка складається із двох частин, одна з яких виконана гнучкою із немагнітного матеріалу та жорстко поєднана із стійкою стенда, а друга виконана жорсткою із феромагнітного матеріалу, а щелепи разом із закріпленими до них електромагнітами, стійкою, жорсткою лінійкою та зразками із магніореологічного еластомеру - утворюють замкнений магнітний ланцюг.

A-A



Фиг. 1



Фиг. 2

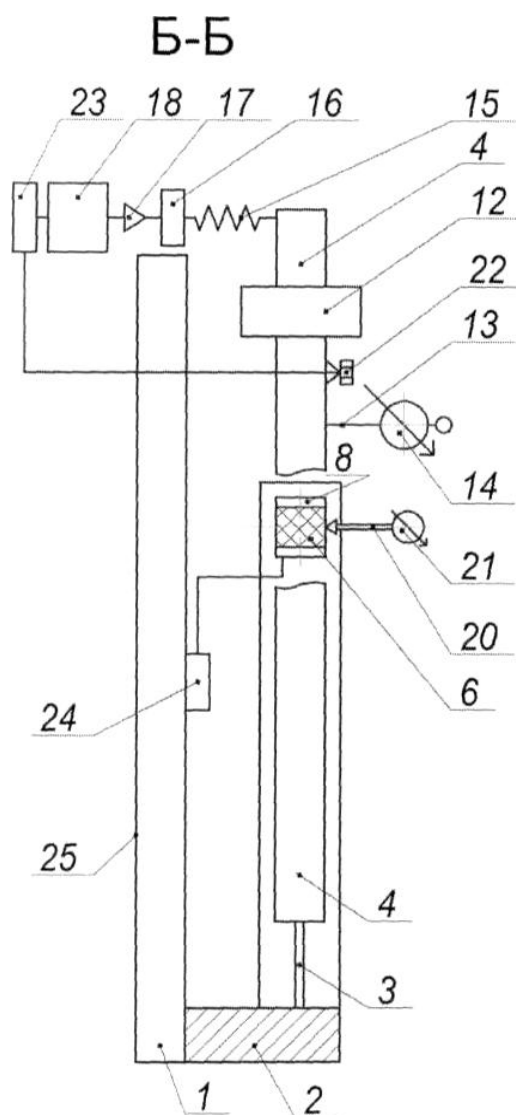
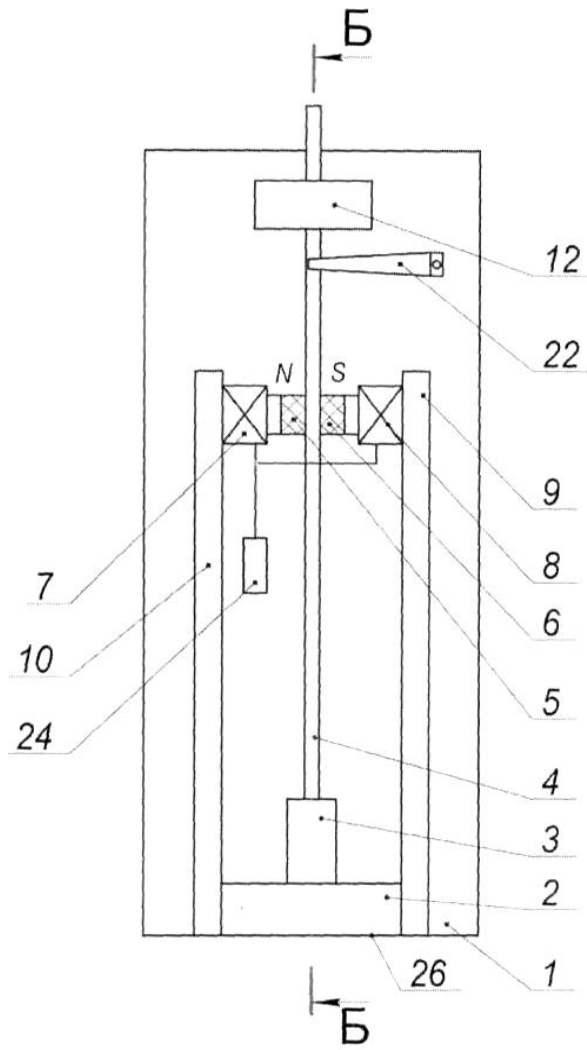


Fig. 3





Фиг. 4

---

Комп'ютерна верстка С. Чулій

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601