



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **79920** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
G01M 13/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 11581**
(22) Дата подання заявки: **08.10.2012**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **13.05.2013**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **13.05.2013, Бюл.№ 9**

(72) Винахідник(и):
**Лушніков В'ячеслав Михайлович (UA),
Чайковський Олександр Борисович (UA),
Златопольський Федір Йосипович (UA),
Пирогов Володимир Васильович (UA),
Кравченко Олег Юрійович (UA),
Лементя Єгор Олександрович (UA)**
(73) Власник(и):
**КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
пр. Університетський, 8, м. Кіровоград,
25006 (UA)**

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ З ДВОМА СТЕПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

(57) Реферат:

Установка для дослідження вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності включає основу з регульованими гвинтами-ніжками, штангу, закріплену на основі посередині і перпендикулярно до основи, кронштейн, з'єднаний зі штангою через механізм підйому з електродвигуном, на кронштейні, через цифровий датчик сили, закріплений верхній кінець пружини, на датчику сили закріплена лазерна указка, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку, вертикально закріплену на другій штанзі, що закріплена на основі поруч із пружиною. На нижньому кінці вертикально розташованої пружини закріплений перший вантаж, до якого, через другу таку саму пружину, закріплений другий такий самий вантаж, на вантажах закріплено по лазерній указці.

UA 79920 U

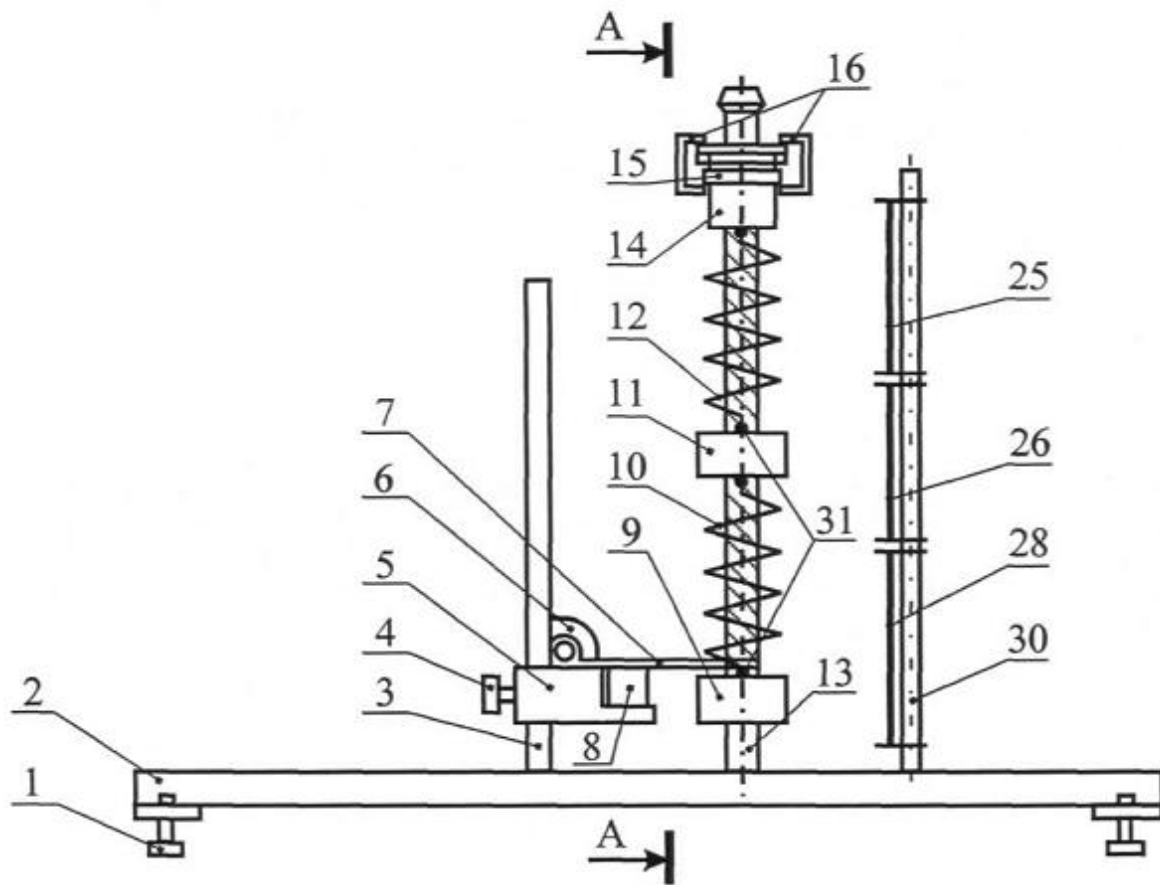


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі випробувальної техніки і може бути використана для дослідження вільних (власних) коливань механічної системи з двома степенями вільності.

Найпростішою коливальною механічною системою, що має два степеня вільності, є два вантажі масами m_1 та m_2 підвішені на вертикально розташованих пружинах жорсткістю c_1 та c_2 . Аналітичні дослідження такої коливальної системи розглянуті в роботах [1-3]. Було встановлено, що рух системи з двома степенями вільності складається з двох незалежних коливань:

$$\begin{aligned} x_1 &= A_1 \sin(\omega_1 t + \varepsilon_1) + A_2 \sin(\omega_2 t + \varepsilon_2), \\ x_2 &= \mu_1 A_1 \sin(\omega_1 t + \varepsilon_1) + \mu_2 A_2 \sin(\omega_2 t + \varepsilon_2). \end{aligned} \quad (1)$$

Ці коливання, що відбуваються з частотами відповідно ω_1 і ω_2 , називають головними коливаннями. Коефіцієнти μ_1 і μ_2 визначають форми коливань і показують, у скільки разів амплітуда відповідного головного коливання в одній з координат більша (або менша) від амплітуди іншої. Зауважимо, що колові частоти власних коливань ω_1 і ω_2 , а також коефіцієнти форм коливань μ_1 і μ_2 , є основними характеристиками коливань систем з двома степенями вільності. $A_1, A_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ - довільні сталі, що визначаються з початкових умов.

Рівняння (1) відповідають диференціальним рівнянням руху системи [2]:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 + c_2 (x_1 - x_2) &= 0, \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Рівняння (2) отримані згідно із законом руху кожного вантажу з урахуванням того, що при відхиленні вантажів від стану рівноваги на них діють реакції пружин, пропорційні їх відхиленню від цього стану. Зауважимо, що x_1 і x_2 відраховуються від стану рівноваги вантажів. У першому головному коливанні знаки x_1 і x_2 однакові, тобто, вантажі рухаються в один бік; у другому головному коливанні знаки різні. Це означає, що коефіцієнти форм коливань можуть бути додатними і від'ємними. Якщо $\mu_1 > 0$, то x_1 і x_2 мають однакові фази; якщо $\mu_2 < 0$, то їх фази відрізняються на π рад.

Частоти власних коливань системи, відповідно до рівнянь (1) та (2), визначаються з рівняння частот:

$$(c_1 + c_2 - m_1 \omega^2)(c_2 - m_2 \omega^2) - c_2^2 = 0. \quad (3)$$

У частинному випадку, коли $c_1 = c_2 = c$ і $m_1 = m_2 = m$, рівняння (3) матиме вигляд:

$$\omega^4 - 3 \frac{c}{m} \omega^2 + \frac{c^2}{m^2} = 0. \quad (4)$$

З рівняння частот (4) визначаємо квадрати частот головних коливань:

$$\omega_1^2 = 2,618 c/m, \quad \omega_2^2 = 0,382 c/m, \quad (5)$$

звідки

$$\omega_1 = 1,618 \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad \omega_2 = 0,618 \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (6)$$

Коефіцієнти форм коливань в цьому випадку мають значення: $\mu_1 = 1,618$; $\mu_2 = -0,618$.

Перше головне коливання з частотою ω_1 складається з $x_1^{(1)}$ та $x_2^{(1)} = \mu_1 x_1^{(1)}$. Так як $\mu_1 > 0$, то знаки зміщення $x_1^{(1)}$ та $x_2^{(1)}$ в першому головному коливанні однакові і коливання вантажів співпадають по фазі. Друге головне коливання з частотою ω_2 включає в себе зміщення $x_1^{(2)}$ та $x_2^{(2)} = \mu_2 x_1^{(2)}$. Так як $\mu_2 < 0$, то знаки зміщення $x_1^{(2)}$ та $x_2^{(2)}$ протилежні. Коливання вантажів відрізняються по фазі на π рад.

Відома установка для дослідження вільних коливальних систем з одним ступенем вільності [4]. Відома також установка для дослідження витих пружин [5], яка містить основу з регульованими гвинтами-ніжками, штангу, закріплену на основі посередині й перпендикулярно до основи, кронштейн, з'єднаний зі штангою через механізм підйому з електродвигуном, на кронштейні, через цифровий датчик сили, закріплений верхній кінець пружини, на датчику сили закріплена лазерна указка, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку, вертикально закріплену на другій штанзі, що закріплена на основі поруч із пружиною, датчик сили та світлочутлива лінійка через перетворювачі сигналів з'єднані з комп'ютером. Але опис лабораторних установок, які експериментально підтверджують результати аналітичних досліджень вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності, відсутній.

Задачею корисної моделі є створення установки для дослідження вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності.

Поставлена задача вирішується тим, що установка для дослідження вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності, яка включає: основу з регульованими гвинтами-ніжками, штангу, закріплену на основі посередині й перпендикулярно до основи, кронштейн, з'єднаний зі штангою через механізм підйому з електродвигуном, на кронштейні, через цифровий датчик сили, закріплений верхній кінець пружини, на датчику сили, закріплена лазерна указка, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку, вертикально закріплену на другій штанзі, що закріплена на основі поруч із пружиною, згідно з корисною моделлю, на нижньому кінці вертикально розташованої пружини закріплений перший вантаж, до якого, через другу таку саму пружину, закріплений другий такий самий вантаж, на вантажах закріплено по лазерній указці, горизонтальний промінь яких падає на дискретні світлочутливі лінійки, які вертикально закріплені на другій штанзі, з протилежного боку від пружин на основі закріплена вертикально третя штанга, на якій, через механізм фіксування, на потрібній висоті закріплений кронштейн з електромагнітом та важелем-обмежувачем підняття вантажу з механізмом фіксування важеля у вертикальному стані, датчик сили та світлочутливі лінійки, через перетворювачі сигналів та швидкодіючий інтерфейс, з'єднані з комп'ютером.

На фіг. 1 показана установка для досліджень вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності, на фіг. 2 - вид А-А тієї ж установки.

До основи 2 з регульованими гвинтами-ніжками 1 прикріплені перпендикулярно основі три штанги - 3, 13, 30. На штанзі 13, з різьбою 18 та шліцьовою канавкою 17, встановлений кронштейн 15 з механізмом підйому в корпусі 16, який складається з електродвигуна 19, циліндричної шестірні 20, закріпленої на валу електродвигуна 19, яка зчеплена з циліндричною гайкою-шестірнею 23. По різьбі 18 штанги 13, при обертанні гайки-шестірні 23, відбувається підйом кронштейна 15. Торцева шайба 22 призначена для забезпечення зчеплення шестерень 20 та 23 при русі кронштейна 15 по штанзі 13 до обмежувача 21. На кронштейні 15 закріплений цифровий датчик сили 14, на якому закріплений верхній кінець пружини 12, а також, лазерна указка 24, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку 25. На нижньому кінці вертикально розташованої пружини 12 закріплений вантаж 11, на якому закріплена лазерна указка 27, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку 26. На вантажі 11 також закріплений верхній кінець пружини 10, яка ідентична пружині 12. На нижньому кінці пружини 10 закріплений вантаж 9, ідентичний вантажу 11. На вантажі 9 закріплена лазерна указка 29, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку 28. Лінійки 25, 26 та 28 вертикально закріплені на штанзі 30, яка закріплена на основі 2 поруч з пружинами. З протилежного боку від пружин на основі 2 закріплена вертикально штанга 3, на якій, через механізм 4 фіксування на потрібній висоті, закріплений кронштейн 5 з електромагнітом 8 та важелем-обмежувачем 7 підняття вантажів 9 або 11 у початковому стані. Після спрацювання електромагніта 8 важіль-обмежувач 7 механізмом 6 фіксується у вертикальному стані. У початковому стані електромагніт 8 фіксує важіль-обмежувач 7 у горизонтальному стані. На вантажах 9 та 11 на лінії їх центрів ваги під важелем-обмежувачем 7 можуть встановлюватись трикутні призми 31.

Установка працює наступним чином. Датчик сили 14 опускають так, щоб промінь лазерної указки 24 падав на нижній кінець світлочутливої лінійки 25. Важіль-обмежувач 7 встановлюємо в горизонтальному стані при ввімкненому електромагніті 8 над призмою 31 вантажу 9 (для отримання першого головного коливання) або над призмою 31 вантажу 11 (для отримання другого головного коливання): вмикають електродвигун 19 і встановлюють необхідну висоту підйому датчика сили 14 і прикріпленого до нього верхнього кінця верхньої пружини 12. По зміні розташування променів лазерних указок 24, 27, 29 на лінійках 25, 26, 28 визначається зміна довжин пружин 12, 10, що відповідає початковим значенням x_{10} , x_{20} , після зупинки електродвигуна 19. При вимиканні електромагніта 8 механізм 6 переводить важіль-обмежувач 7 у вертикальне розташування і фіксує його в ньому.

За рахунок сил пружності пружин, вантажі 9 і 11 здійснюють коливальні рухи, які фіксуються й обробляються комп'ютером за сигналами дискретних світлочутливих лінійок 26, 28. За змінами x_1 і x_2 в довільний момент часу можна визначити $\ddot{x}_1$, $\ddot{x}_2$ і порівняти з теоретичними значеннями, отриманими з рівнянь (2). З рівнянь (6) визначаються теоретичні значення частот головних коливань ω_1 , ω_2 . Експериментальні значення частот головних коливань визначаються кількістю коливань кожного вантажу за секунду. Експериментальні значення коефіцієнтів форм коливань визначаються за амплітудами коливань кожного вантажу у першому і другому головних коливаннях.

Джерела інформації:

1. Лойцянский Л.Г., Лурье А.К. Курс теоретической механики. Т II. Динамика. - 6-е изд. М.: Наука, 1983. - 640 с. (с. 547-560)

2. Павловський М.А. Теоретична механіка. Підручник. - К.: Техніка, 2002. - 512 с. (с. 429-431)
3. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Учебник: 5 изд. - М.: Высш. шк., 1990. - 607с. (с. 475-488)
4. Патент UA № 51381 від 12.07.2010. Бюл. № 13, 2010 р.
5. Патент UA № 59149 від 10.05.2011. Бюл. № 9, 2011 р.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Установка для дослідження вільних коливань механічної системи з двома степенями вільності, яка включає основу з регульованими гвинтами-ніжками, штангу, закріплену на основі посередині і перпендикулярно до основи, кронштейн, з'єднаний зі штангою через механізм підйому з електродвигуном, на кронштейні, через цифровий датчик сили, закріплений верхній кінець пружини, на датчику сили закріплена лазерна указка, горизонтальний промінь якої падає на дискретну світлочутливу лінійку, вертикально закріплену на другій штанзі, що закріплена на основі поруч із пружиною, яка **відрізняється** тим, що на нижньому кінці вертикально розташованої пружини закріплений перший вантаж, до якого, через другу таку саму пружину, закріплений другий такий самий вантаж, на вантажах закріплено по лазерній указці, горизонтальний промінь яких падає на дискретні світлочутливі лінійки, які вертикально закріплені на другій штанзі, з протилежного боку від пружин на основі закріплена вертикально третя штанга, на якій, через механізм фіксування, на потрібній висоті закріплений кронштейн з електромагнітом та важелем-обмежувачем підняття вантажу з механізмом фіксування важеля у вертикальному стані, датчик сили та світлочутливі лінійки, через перетворювачі сигналів та швидкодіючий інтерфейс, з'єднані з комп'ютером.

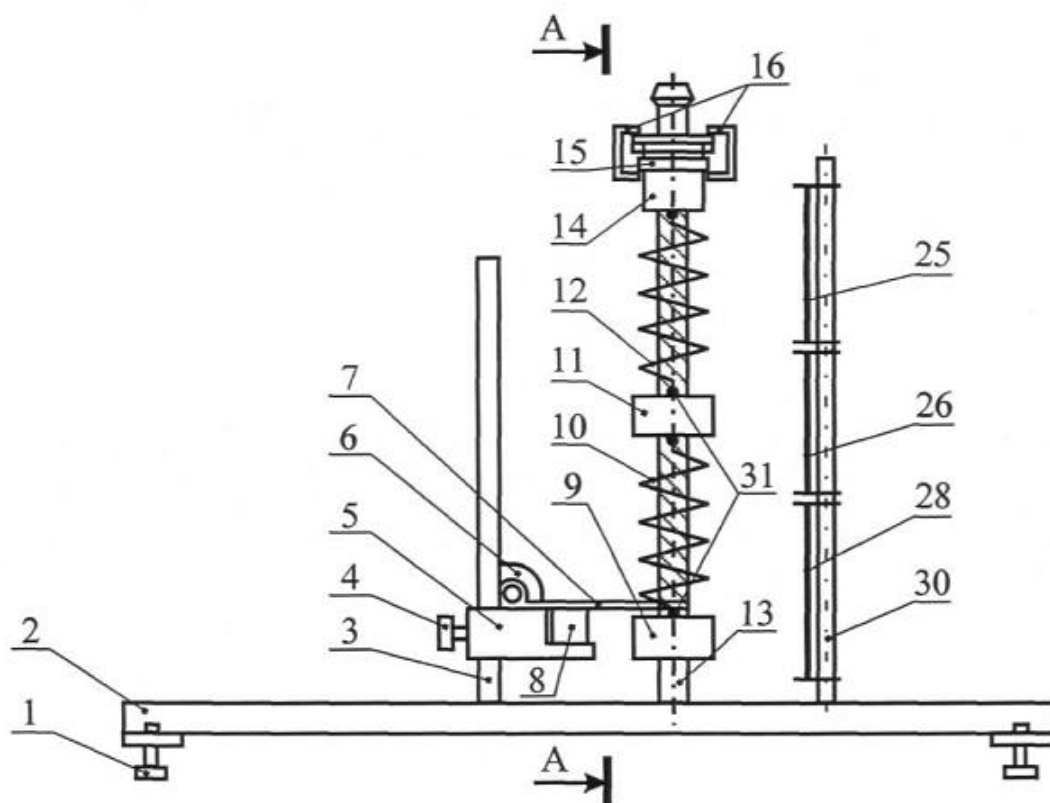


Fig. 1

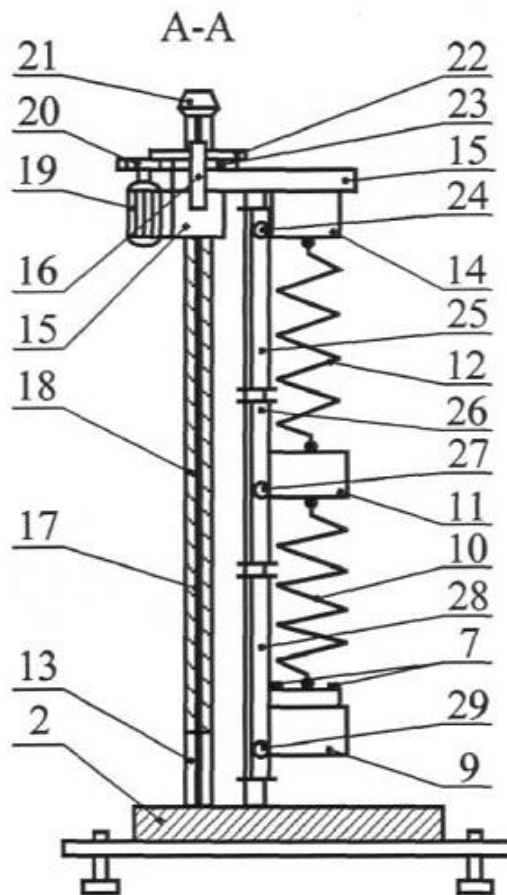


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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