



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129753** (13) **U**
(51) МПК
G01B 11/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

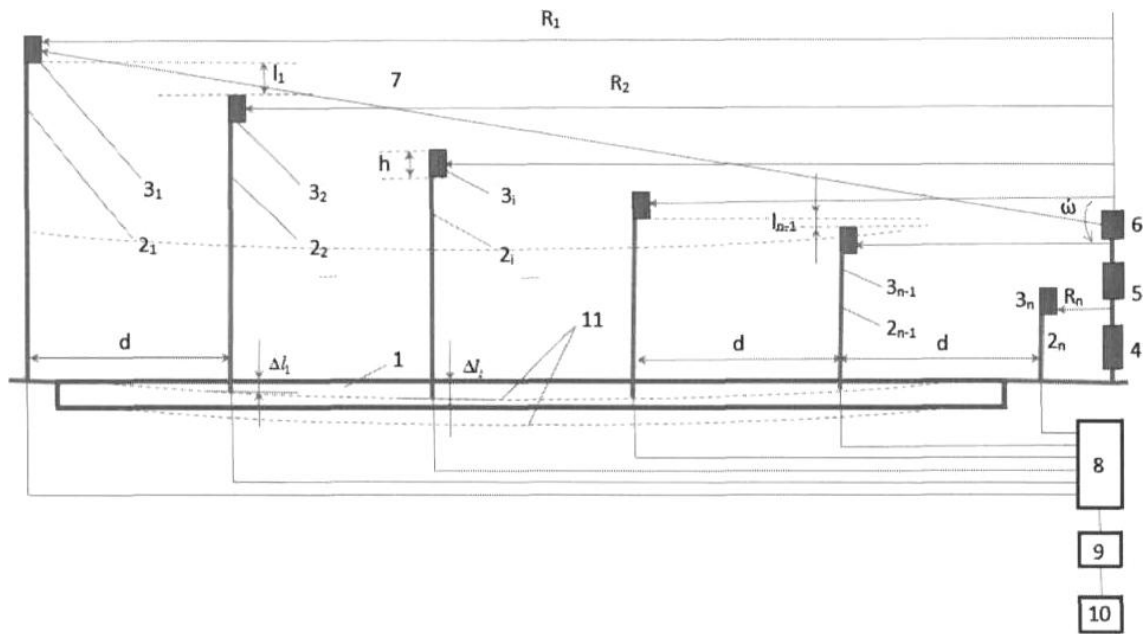
(21) Номер заявки: u 2018 05084	(72) Винахідник(и): Левтеров Андрій Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 08.05.2018	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), Левтеров Андрій Іванович, пр. Перемоги, 54-А, кв. 41, м. Харків, 61202 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.11.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.11.2018, Бюл.№ 21	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКИХ РОЗМІРІВ

(57) Реферат:

Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим фотоприймачем. Пристрій оснащений лазером, оптичним коліматором та фотоприймачами, причому всі n фотоприймачів являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, які знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані один від одного по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується. Вихід кожного $n-1$ фотоприймача пов'язаний з $n-1$ входом блока комутації, а його вихід - з входом перетворювача "час-лінійні переміщення", вихід якого з'єднаний з входом реєстратора. При цьому кожний послідовний фотоприймач, що знаходиться на опорі, розташований на деякій певній рівній відстані один від одного по вертикалі, а перший і n -ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі конструкції, що деформується.

UA 129753 U



Фиг. 2

Корисна модель належить до вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, наприклад мостів, оптичними методами.

Для контролю та прогнозування стану мостової споруди із застосуванням АСДМ широке розповсюдження набули оптичні методи вимірювання деформації. Так, наприклад, у пристрої для вимірювання деформації багатоелементний фотоприймач, виконаний у вигляді матриці контролює величину і напрямок деформації, причому, якщо вузькоспрямований світловий імпульс потрапив одночасно на кілька фотоелементів багатоелементного фотоприймача, то відстань і напрямок деформації обчислюється як середньоарифметичне значення величини всіх освітлених фотоелементів [1].

Відомий також пристрій, що містить n послідовно розташованих датчиків деформації, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, кожен з яких містить напівпрозоре дзеркало, хрестоподібну марку та джерело світла, приймач світла, вузол фокусування, вузол розгортки світла, блок комутації та реєстратор, причому розташовані послідовно уздовж оптичної осі між приймачем світла і напівпрозорими дзеркалами n хрестоподібних марок, розташовані уздовж оптичної осі кожного датчика, перпендикулярній основній оптичній осі між напівпрозорим дзеркалом і джерелом світла, блок комутації, вхід якого з'єднаний з приймачем світла, а його виходи з'єднані з вузлом фокусування, n джерелами світла і реєстратором, що містить вимірювальну схему і обчислювальний блок [2].

Найбільш близьким аналогом є пристрій, який містить n послідовно розташованих датчиків деформації, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, кожен з яких містить напівпрозоре дзеркало, хрестоподібну марку та джерело світла, приймач світла, вузол фокусування, вузол розгортки світла, блок комутації та реєстратор, причому розташовані послідовно уздовж оптичної осі між приймачем світла і напівпрозорими дзеркалами n хрестоподібних марок, розташовані уздовж оптичної осі кожного датчика, перпендикулярній основній оптичній осі між напівпрозорим дзеркалом і джерелом світла, блок комутації, вхід якого з'єднаний з приймачем світла, а його виходи з'єднані з вузлом фокусування, n джерелами світла і реєстратором, що містить вимірювальну схему і обчислювальний блок [3].

Недоліком цих пристроїв є недостатня точність та недостатні функціональні можливості і практична непрацездатність пристрою у сонячні дні, тому що приймачу світла важко відрізнити промінь світла, що застосовується у пристрої, від променя сонця, тим паче, що джерело світла у аналогу ще й проходить через напівпрозоре дзеркало. Посилаючись у аналогу на відмову від лазерного променя, де не використовується промінь певної довжини хвилі і легко за допомогою відповідного фільтра відсікається весь спектр сонячного світла, крім променя певної довжини хвилі, автори значно обмежують функціональні можливості аналога.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки пристрою для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів підвищеної точності з підвищеними функціональними можливостями.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, що містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим фотоприймачем, згідно з корисною моделлю, оснащений лазером, оптичним коліматором та фотоприймачами, причому всі n фотоприймачів являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, які знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані один від одного по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, вихід кожного $n-1$ фотоприймача пов'язаний з $n-1$ входом блока комутації, а його вихід - з входом перетворювача "час - лінійні переміщення", вихід якого з'єднаний з входом реєстратора, причому кожний послідовний фотоприймач, що знаходиться на опорі, розташований на деякій певній рівній відстані один від одного по вертикалі, а перший і n -ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі конструкції, що деформується.

На Фіг. 1 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції без деформації.

На Фіг. 2 - загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції з деформацією.

На Фіг. 3 представлені часові діаграми роботи пристрою без деформації конструкції.

На Фіг. 4 - часові діаграми роботи пристрою з деформацією конструкції.

Працює пристрій наступним чином. Для виміру деформації конструкції великих розмірів застосовуються n фотоприймачів $3_1, \dots, 3_n$, що являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, які знаходяться на опорах $2_1, \dots, 2_n$, розташованих на деякій певній рівній

відстані d один від одного по горизонталі впродовж конструкції 1, жорстко закріплених на конструкції (Фіг. 1). При цьому перший і n фотоприймачі винесені за межі конструкції. Крім того, за межі конструкції винесені лазер 4, оптичний коліматор 5 і вузол 6 розгортки лазерного променя. У пристрої застосовується лазер з безперервним випромінюванням променя певної довжини хвилі 7. Послідовно з лазером розташовується оптичний коліматор, який складається з об'єктива, у фокальній площині якого розміщується вихід лазерного променя. Оптичний коліматор 5 забезпечує паралельність лазерного променя і тому, за рахунок, практично, нульової розбіжності, вся енергія лазерного променя буде зосереджена на чутливій поверхні кожного фотоприймача, виконаний із певного матеріалу, що без особливих перешкод пропускає лазерний промінь. Всі n фотоприймачів містять фотодіод або фотоелектричний помножувач (ФЕП), перед яким розташовуються чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера. Всі елементи фотоприймача розміщуються у герметичному корпусі. Вузол розгортки 6, наприклад, являє собою двигун, на валу якого розташовується дзеркало або призма із дзеркальною гранню, що знаходяться під кутом 45° до лазерного променя, або крутий оптичний клин, за рахунок чого промінь лазера розгортається у вертикальній площині.

Оптичний сигнал, що розгортається, з вузла розгортки 6 послідовно пробігає по чутливій поверхні кожного $3_1, \dots, 3_n$ фотоприймача певної довжини h (Фіг. 1, Фіг. 2). Електричний сигнал з фотодіода або ФЕП надходить на підсилювач електричного сигналу фотоприймача, який, після підсилення, надходить на блок комутації 8 (Фіг. 3). Тривалість електричного імпульсу з виходу фотоприймача буде визначатися швидкістю проходження лазерного променя по чутливій поверхні фотоприймача, яка, у свою чергу, буде визначатися кутовою швидкістю ω' двигуна вузла розгортки і відстанню R вузла розгортки до фотоприймача (Фіг. 1, Фіг. 2). Тому тривалість імпульсів з фотоприймача буде різною і в міру наближення фотоприймача до вузла розгортки буде збільшуватись (Фіг. 3, Фіг. 4)

$$\tau_1 = \frac{h}{\omega R_1}, \quad (1)$$

де $\omega' = 2 \cdot \pi \cdot f$ - кутова швидкість обертів двигуна;

R_1 - відстань між блоком розгортки лазерного променя та першим фотоприймачем.

Тоді для i -того фотоприймача тривалість імпульсу буде

$$\tau_i = \frac{h}{\omega R_i}, \quad (2)$$

де $i = 1 \dots n$.

Хоча відстань l між фотоприймачами по вертикалі однакова (Фіг. 1), відстань (пауза) між електричними імпульсами теж буде збільшуватися в міру наближення фотоприймачів до вузла розгортки (Фіг. 3).

$$t_{\Pi_i} = \frac{l}{\omega R_i}, \quad (3)$$

де t_{Π_i} - відстань (пауза) між електричними імпульсами двох фотоприймачів;

l - відстань між фотоприймачами по вертикалі;

$i = 1 \dots n - 1$.

Так як перший 3_1 фотоприймач знаходиться за межами конструкції, що деформується, то всі обчислення деформації Δl_i виконуються відносно першого фотоприймача (Фіг. 3). Тому

$$t_1 = \tau_1 + t_{\Pi_1} = \frac{h + l}{\omega R_1},$$

$$t_2 = t_1 + \frac{h + l}{\omega R_2}, \quad (4)$$

$$t_i = t_{i-1} + \frac{h+l}{\omega R_i},$$

$$t_{n-1} = t_{n-2} + \frac{h+l}{\omega R_{n-1}}.$$

Якщо конструкція буде деформована (пунктирна лінія на Фіг. 2), то відстань по вертикалі між фотоприймачами зміниться, відповідно, від l_1 до l_{n-1} (Фіг. 2). Тоді тривалість імпульсів буде такою ж, як і для конструкції до деформації (Фіг. 1), а от тривалість між імпульсами і відповідно період проходження імпульсів зміниться і буде залежати від Δl_i

$$\Delta l_i = l_i - l, \quad (5)$$

де Δl_i - величина деформації; $i = 1 \dots n-1$.

Аналогічні (4) обчислення $t'_1, t'_2, \dots, t'_i, \dots, t'_{n-1}$ проводяться і для деформованої конструкції (Фіг. 4).

Тоді

$$\frac{t_i}{t'_i} = \frac{l}{l_i}, \quad (6)$$

звідки

$$l_i = \frac{l \cdot t'_i}{t_i}. \quad (7)$$

Тоді з урахуванням виразу (5) вираз (7) можна записати у вигляді

$$l + \Delta l_i = \frac{l \cdot t'_i}{t_i}, \quad (8)$$

звідки

$$\Delta l_i = \frac{l \cdot t'_i - l t_i}{t_i} = \frac{l \cdot (t'_i - t_i)}{t_i}, \quad (9)$$

але $\Delta t_i = t'_i - t_i$ (Фіг. 4).

Тоді вираз (9) можна переписати у вигляді

$$\Delta l_i = \frac{l \cdot \Delta t_i}{t_i}. \quad (10)$$

Сигнали з фотоприймачів $z_1, \dots, z_n$ через блок 8 комутації надходять на перетворювач 9 "час-лінійні переміщення", де після перетворення і обчислення надходять на реєстратор 10.

Обчислення t_i і t'_i у виразі (9) проводиться певним методом, наприклад заповненням інтервалів між двома передніми фронтами імпульсів відповідних двох фотоприймачів імпульсами тактової частоти з тактового генератора або ноніусним методом, які знаходяться у перетворювачі 9, а l заздалегідь відома величина.

Розроблений пристрій пройшов випробування у лабораторних умовах, показав велику працездатність і достатню точність (до 1 мм) виміру деформацій конструкції.

Пристрій може бути застосований в автоматизованій системі моніторингу деформацій (АСДМ) мостових конструкцій, інших елементів конструкцій великих розмірів, що дозволить оперативно контролювати їхній стан, зміщення і прогини, що виникають в результаті впливу зовнішніх природно-кліматичних впливів, а також інтенсивного транспортного навантаження.

Джерела інформації:

1. А.с. № 1441193 СРСР МПК G 01 B 11/16. Устройство для определения деформаций образца // В.Н. Гавриков, А.В. Бабенко, О.А. Фуженко. - 42444991/25-28. Заявл. 14.05.87; опубл. 30.11.88. Бюл. № 44.

5 2. Brevet d'invention. № 2.153.798 France G 01 B 11/00. Dispositif optique de controle permanent d'alignement.-24.09.1971.

3. А.с. № 1216642 СРСР МПК G 01 B 16/11. Устройство для определения деформаций конструкции // Богатыренко К.И., Денисенко О.В. - 3728163/25-28. Заявл. 18.04.1984; опубл. 07.03.1986. Бюл. №9.

10

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, що містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим фотоприймачем, який **відрізняється** тим, що пристрій оснащений лазером, оптичним коліматором та фотоприймачами, причому всі n фотоприймачів являють собою n послідовно розташованих датчиків деформації, які знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані один від одного по горизонталі впродовж конструкції, жорстко закріплених на конструкції, що деформується, вихід кожного $n-1$ фотоприймача пов'язаний з $n-1$ входом блока комутації, а його вихід - з входом перетворювача "час-лінійні переміщення", вихід якого з'єднаний з входом реєстратора, причому кожний послідовний фотоприймач, що знаходиться на опорі, розташований на деякій певній рівній відстані один від одного по вертикалі, а перший і n -ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі конструкції, що деформується.

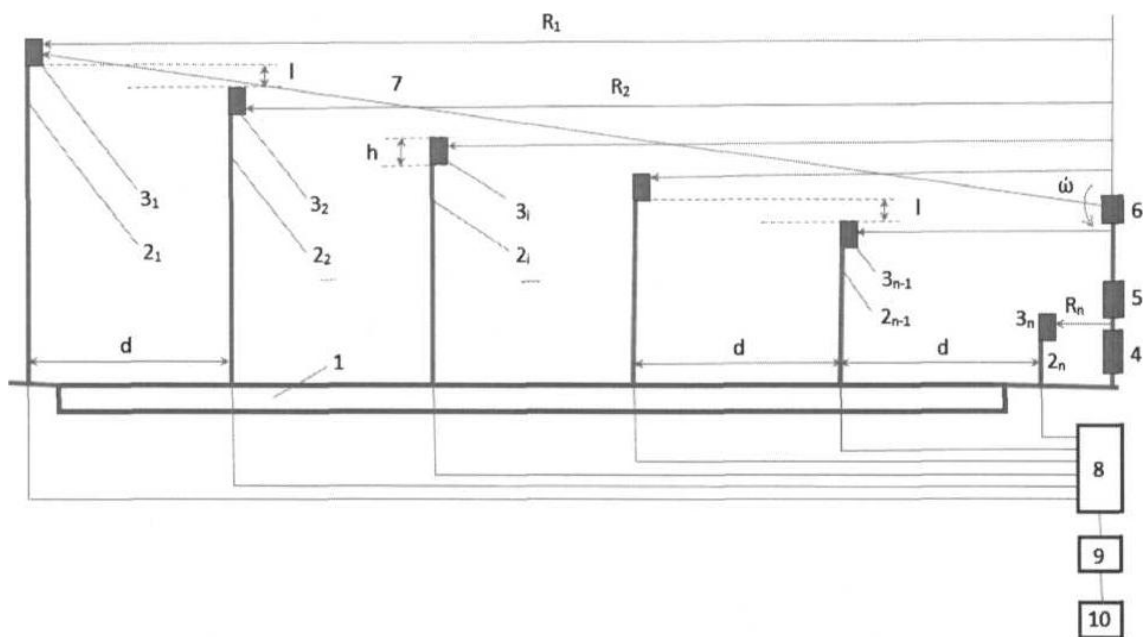
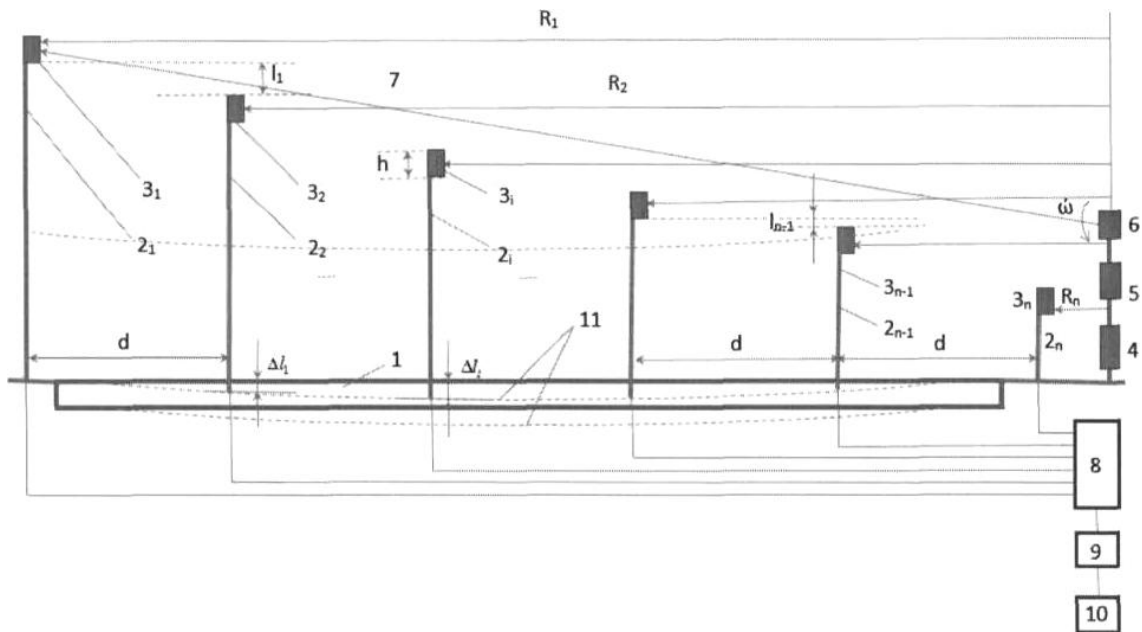
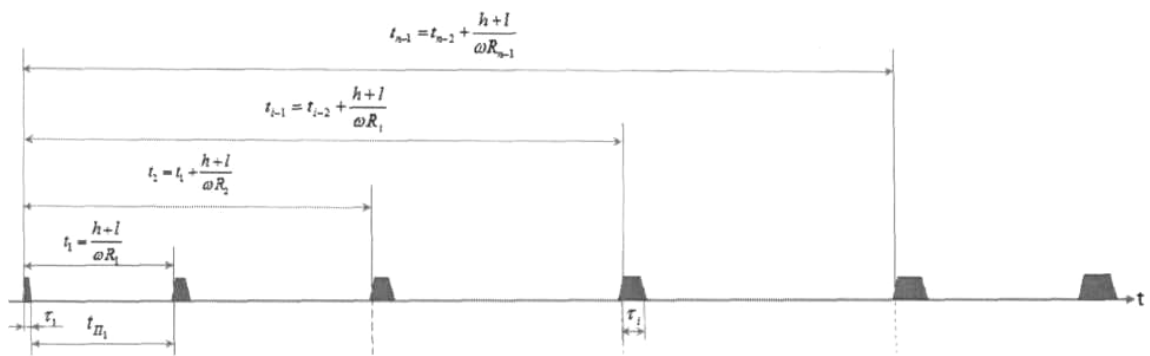


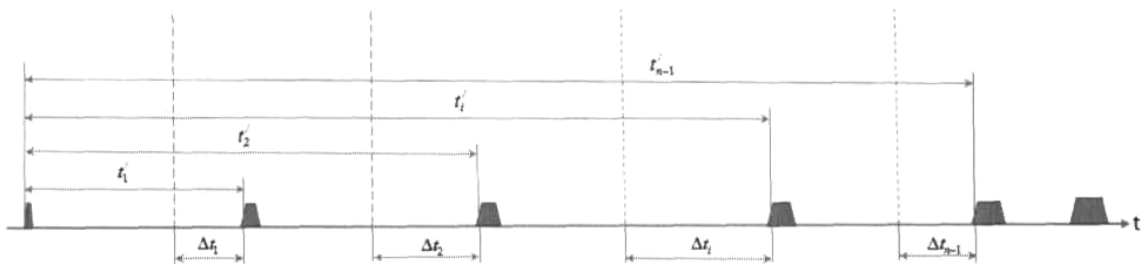
Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4