



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121149** (13) **C2**
(51) МПК
G01B 11/16 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

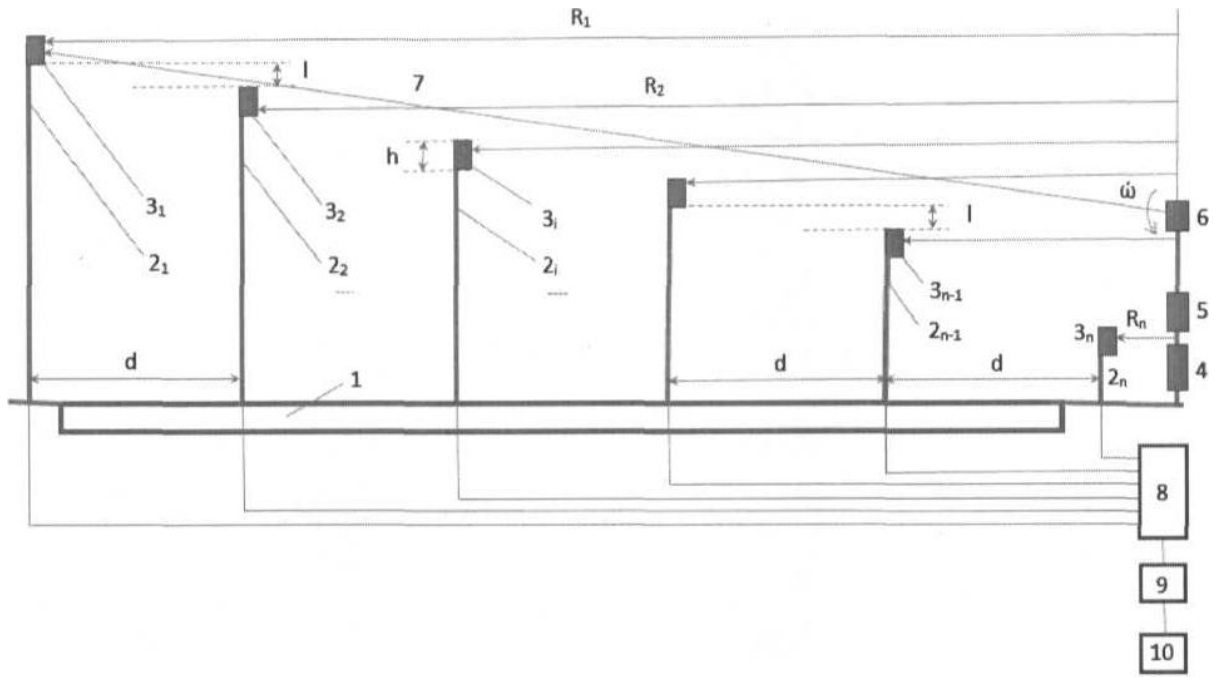
<p>(21) Номер заявки: а 2018 05088</p> <p>(22) Дата подання заявки: 08.05.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.04.2020</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 11.11.2019, Бюл.№ 21</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2020, Бюл.№ 7</p>	<p>(72) Винахідник(и): Левтеров Андрій Іванович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), Левтеров Андрій Іванович, пр. Перемоги, 54-а, кв. 41, м. Харків, 61202 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1216642 A1, 07.03.1986 FR 2153798 A5, 04.05.1973 CN 206095166 U, 12.04.2017 WO 2014114226 A1, 31.07.2014 CN 207123616 U, 20.03.2018 EP 0148226 A1, 17.07.1985 CN 105300304 A, 03.02.2016 EP 0857944 A1, 12.08.1998 CN 106123797 A, 16.11.2016</p>
---	---

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКИХ РОЗМІРІВ

(57) Реферат:

Пристрій для моніторингу деформацій елементів конструкцій великих розмірів належить до вимірювальної техніки, а саме до автоматизованої системи моніторингу деформацій на мосту, інших елементів конструкцій великих розмірів. Пристрій містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим датчиком деформації. Додатково містить лазер, оптичний коліматор та фотоприймачі. Причому всі n фотоприймачі виконані у вигляді n послідовно розташованих датчиків деформації, які закріплено на опорах, розташованих на рівній відстані одна від одної 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 наступний фотоприймач, що знаходиться на опорі, розташований на 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. Технічним результатом є підвищення ефективності з підвищеними функціональними можливостями.

UA 121149 C2



Фиг. 1

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

Для контролю та прогнозування стану мостової споруди з 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 винаходу поставлена задача розробки пристрою для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів підвищеної точності з підвищеними функціональними можливостями.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій, що містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим фотоприймачем, який відрізняється тим, що він оснащений лазером, оптичним коліматором та фотоприймачами, причому всі n фотоприймачі 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 наступний 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 Фігурі 1 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції без деформації.

На Фігурі 2 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції з деформацією.

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

На Фігурі 4 представлені 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 (Фігура 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 7. У пристрої застосовується лазер з безперервним випромінюванням променя певної довжини хвилі. 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 фотоприймачі 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 крутний 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 з Z_1, \dots, Z_n фотоприймача певної довжини h (Фігура 1, Фігура 2). Електричний сигнал з фотодіода або ФЕП надходить на підсилювач електричного сигналу фотоприймача, який, після підсилення, надходить на блок комутації 8 (Фігура 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 (Фігура 1, Фігура 2). Тому тривалість імпульсів з фотоприймача буде різною і в міру наближення фотоприймача до вузла розгортки буде збільшуватись (Фігура 3, Фігура 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 $i = 1..n$.

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

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

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

$l_{i=1..n-1}$ - відстань між фотоприймачами по вертикалі;

Так як перший Z_1 фотоприймач знаходиться за межами конструкції, що деформується, то всі обчислення деформації Δl_i виконуються відносно першого фотоприймача (Фігура 3). Тому

$$t_1 = \tau_1 + t_{p1} = \frac{h+l}{\omega R_1},$$

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

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

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

Якщо конструкція буде деформована (пунктирна лінія на Фігурі 2, поз. 11), то відстань по вертикалі між фотоприймачами зміниться, відповідно, від l_1 до l_{n-1} (фігура 2). Тоді тривалість імпульсів буде такою ж, як і для конструкції до деформації (фігура 1), а ось 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 $t'_1, t'_2, \dots, t'_i, t'_{n-1}$ проводяться і для деформованої конструкції (Фігура 4). Тоді

$$t'_i = l_i, \quad (6)$$

5 звідки $l_i = \frac{t'_i}{\Delta l_i}$. (7)

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

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

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

Тоді вираз (9) можна переписати у вигляді

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

15 Сигнали з фотоприймачів $3_1, \dots, 3_n$ 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.

20 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. Ах. № 1441193 СРСР МПК G01B 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.

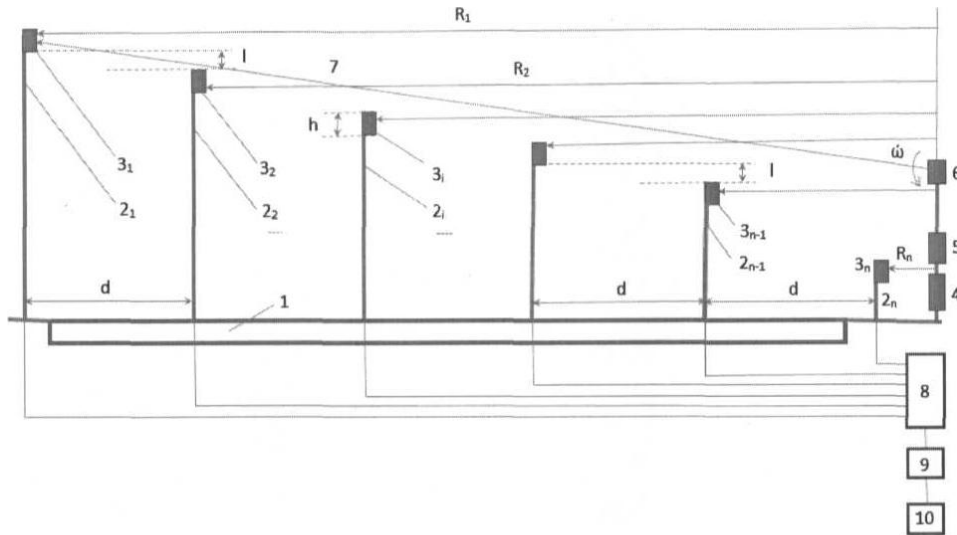
30 2. Brevet d'invention. № 2.153.798 France G01B 11/00. Dispositif optique de controle permanent d'alignement. - 24.09.1971.

3. А.с. № 1216642 СРСР МПК G01B 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.

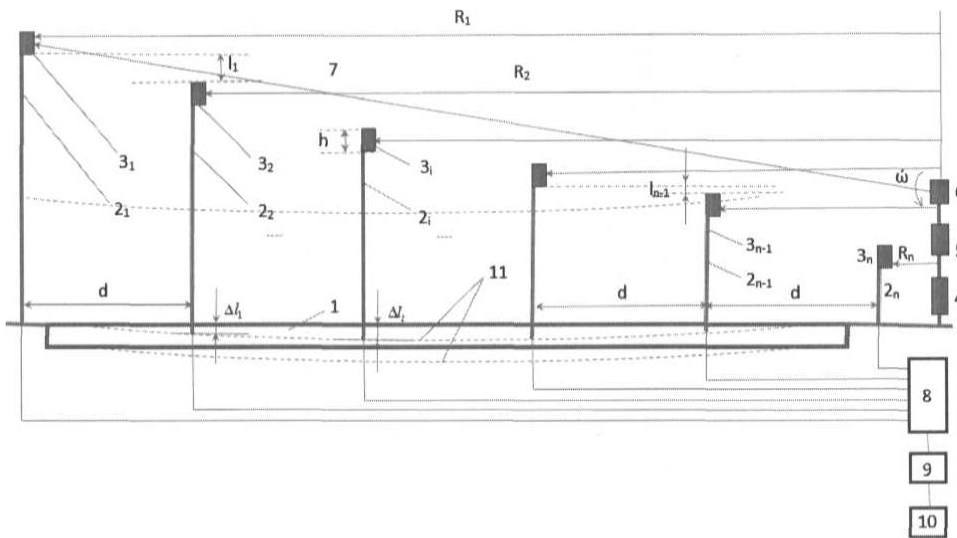
35

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

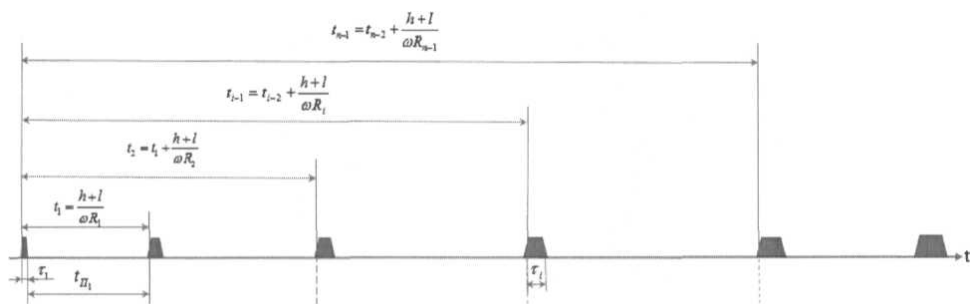
Пристрій для вимірювання деформацій елементів конструкцій великих розмірів, що містить вузол розгортки, блок комутації та реєстратор, причому вхід блока комутації з'єднаний з першим датчиком деформації, який **відрізняється** тим, що додатково містить лазер, оптичний коліатор та n фотоприймачів, причому всі n фотоприймачі виконані у вигляді n послідовно розташованих датчиків деформації, які закріплено на опорах, розташованих на рівній відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції та 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 наступний фотоприймач, що знаходиться на опорі, розташований на рівній відстані один від одного по вертикалі, а перший і n -ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліатор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі конструкції, що деформується.



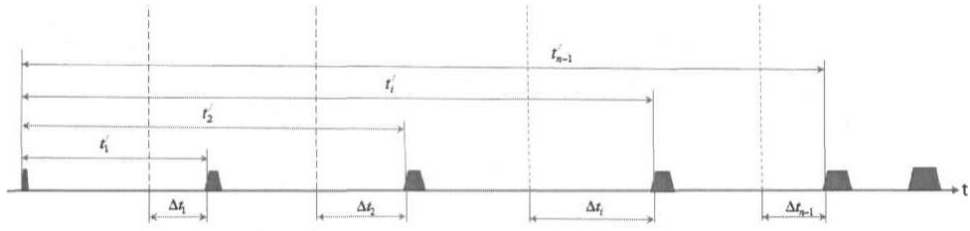
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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