



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 160002

(13) U

(51) МПК

G01B 11/16 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

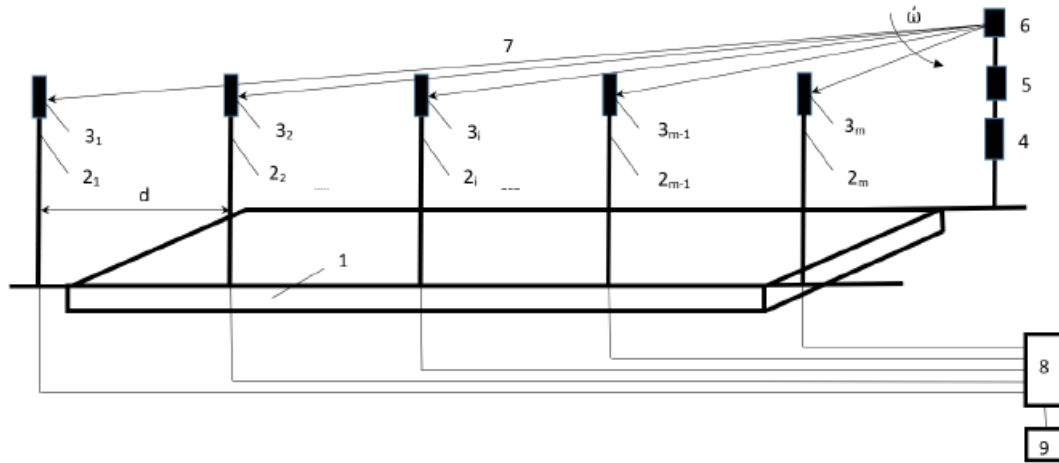
(21) Номер заявки: u 2024 01804	(72) Винахідник(и): Левтеров Андрій Іванович (UA), Плехова Ганна Анатоліївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 09.04.2024	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 31.07.2025	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 30.07.2025, Бюл.№ 31	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТИМЧАСОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ МОСТІВ ВІД РУХОМОГО СКЛАДУ

(57) Реферат:

Пристрій для вимірювання тимчасових навантажень мостів від рухомого складу містить лазер, оптичний коліматор, вузол розгортки лазерного променя та m фотоприймачів. Всі m фотоприймачів являють собою m послідовно розташованих датчиків динамічного навантаження мостової конструкції, які розміщені на опорах, розташованих на однаковій відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції та жорстко закріплених на конструкції, що деформується. Вихід кожного m фотоприймача з'єднаний з відповідними m входами блока комутації, який з'єднаний з блоком обробки і реєстрації. Кожний послідовний фотоприймач, що розміщений на опорі, розташований на однаковій відстані один від одного по вертикалі. Перший і m -ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі мостової конструкції, що обстежується. Всі m фотоприймачі, що складаються із n елементів, містять фотодіоди, перед якими розташовані чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера. Лазерний промінь з вузла розгортки у горизонтальній площині проходить по відповідному елементу всіх m фотоприймачів без динамічного навантаження та при навантаженні мостової конструкції від суцільного транспортного потоку.

UA 160002 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до вимірювання експлуатаційного навантаження (динамічних навантажень) автодорожніх мостів у вигляді суцільного транспортного потоку з неперіодичним тривалим навантаженням та залізничних мостів оптичними методами.

Відомий пристрій для вимірювання тимчасових навантажень мостів від рухомого складу, що містить датчик на тензومترичній основі, який конструктивно являє собою консольну пластину з наклеєними тензорезисторами. Один кінець пластини жорстко з'єднано з нерухою основою датчика, а до іншого - закріплено струну (дріт), яку з'єднано з конструкцією та через пружину до землі. Причому струна закріплюється до наміченої точки мостової прольотної балки, а під точкою кріплення струни в ґрунт або асфальтне покриття проїзної частини дороги забивається анкер (стрижень діаметром 12 мм та довжиною 200-500 мм). Нижній кінець струни через пружину з натягом близько 2-3 кг приєднується до анкера. Сам датчик закріплюється на тринозі, а кінець чутливої консолі приєднується до натягнутої струни. Кожну систему струна-датчик після встановлення в робоче положення необхідно тарувати тарувальним "еталоном" – шпренгельною планкою, оскільки кожного разу довжина струни та пружність скруток в місцях її приєднання буде різною. Причому під час навішування та знімання тарувальної планки проводиться реєстрація показів датчика, за якими і визначається його масштабний коефіцієнт [1].

Недоліком цього пристрою є обмежене застосування для вимірювання експлуатаційного навантаження автодорожніх мостів у вигляді суцільного транспортного потоку з неперіодичним тривалим навантаженням та залізничних мостів, якщо під прольотом мосту проходить автомобільна дорога, тому що, по-перше, для закріплення струни на прольотній балці мосту треба застосовувати, наприклад, автокран, а у зв'язку з цим перекидати рух транспорту, який рухається по дорозі під мостом. По-друге, відбувається руйнування дорожнього покриття дороги при вбиванні анкера і при їх витяганні після проведення обстеження. По-третє, на час обстеження треба перекидати рух транспорту по дорозі під мостом на тривалий час, пов'язаний з таруванням датчика (датчиків) і саме обстеженням, що економічно недоцільно. Крім того, цей пристрій не можливо застосовувати на мостах через річку чи на заболочених ґрунтах. Наведені недоліки значно обмежують застосування цього пристрою для вимірювання експлуатаційного навантаження автодорожніх мостів у вигляді суцільного транспортного потоку з неперіодичним тривалим навантаженням та залізничних мостів.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі є пристрій, що містить лазер, оптичний коліматор, вузол розгортки лазерного променя та n фотоприймачів, причому всі n фотоприймачів являють собою n послідовно розташованих датчиків динамічного навантаження мостової конструкції, які знаходяться на опорах, розташованих на деякій певній рівній відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції та жорстко закріплених на конструкції, що деформується, вихід кожного n фотоприймача з'єднаний з відповідними n входами блока комутації, причому перший вихід блока комутації з'єднаний з входом перетворювача "час - лінійні переміщення", перший вихід якого з'єднаний з першим виходом 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 мостової конструкції, що обстежується, блок обчислення експлуатаційного навантаження автодорожніх та залізничних мостів, перший вхід якого з'єднаний з другим виходом блока комутації, а його другий вхід з'єднаний з другим виходом перетворювача "час - лінійні переміщення", вихід блока обчислення експлуатаційного навантаження з'єднаний з другим входом реєстратора [2].

Недоліком цього пристрою є наявність перетворювача "час - лінійні переміщення", що значно ускладнює сам пристрій і витрачає додатковий час на вимірювання.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки пристрою для вимірювання експлуатаційного навантаження автодорожніх мостів у вигляді суцільного транспортного потоку з неперіодичним тривалим навантаженням та залізничних мостів оптичними методами спрощеної конструкції з підвищеними функціональними можливостями.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для вимірювання тимчасових навантажень мостів від рухомого складу, що містить лазер, оптичний коліматор, вузол розгортки лазерного променя та m фотоприймачів, причому всі m фотоприймачів являють собою m послідовно розташованих датчиків динамічного навантаження мостової конструкції, які розміщені на опорах, розташованих на однаковій відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції та жорстко закріплених на конструкції, що деформується, вихід кожного m фотоприймача з'єднаний з відповідними m входами блока комутації, який з'єднаний з блоком обробки і реєстрації, причому кожний послідовний фотоприймач, що розміщений на опорі, розташований на однаковій відстані один від одного по вертикалі, а перший і m -ий

фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі мостової конструкції, що обстежується, згідно з корисною моделлю, всі m фотоприймачі, що складаються із n елементів, містять фотодіоди, перед якими розташовані чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера, причому лазерний промінь з вузла розгортки у горизонтальній площині проходить по відповідному елементу всіх m фотоприймачів без динамічного навантаження та при навантаженні мостової конструкції від суцільного транспортного потоку.

Корисна модель пояснюється кресленнями.

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

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

На фіг. 3 представлений загальний вигляд пристрою і положення фотоприймачів на конструкції з верхньою деформацією.

На фіг. 4 представлена конструкція фотоприймача з n елементами.

На фіг. 5 представлений оббіг лазерним променем k -того елемента фотоприймача 3_m до деформації конструкції.

На фіг. 6 представлений оббіг лазерним променем p -того елемента фотоприймача 3_m після деформації конструкції.

На фіг. 7 представлений оббіг лазерним променем j -того елемента фотоприймача 3_m після деформації конструкції.

Працює пристрій наступним чином. Для виміру амплітуди, відповідно, нижніх або верхніх коливань (деформації конструкції великих розмірів) застосовуються m фотоприймачів $3_1, \dots, 3_m$, що являють собою m послідовно розташованих датчиків динамічного навантаження мостової конструкції, які знаходяться на опорах $2_1, \dots, 2_m$, жорстко закріплених на конструкції та розташованих на однаковій відстані d одна від одної по горизонталі впродовж конструкції 1 (фіг. 1, фіг. 2 та фіг. 3) і на одній висоті від горизонтальної поверхні конструкції (фіг. 1). Причому фотоприймачі 3_1 і 3_m , винесені за межі конструкції. Крім того, за межі конструкції винесені лазер 4, оптичний коліматор 5 і вузол розгортки 6 лазерного променя 7, які розташовуються на опорі на такій же висоті, як і фотоприймачі, але на протилежному боці конструкції навпроти датчиків деформації, чутлива поверхня яких повернута у напрямку вузла розгортки лазерного променя. 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 7. Оптичний коліматор 5 забезпечує паралельність лазерного променя і тому, за рахунок, практично, нульової розбіжності, вся енергія лазерного променя буде зосереджена на чутливій поверхні кожного багатоелементного фотоприймача, виконаного у вигляді лінійки елементів певної довжини l (фіг. 4), причому кожний фотоприймач має однакову n кількість елементів. Кожний елемент фотоприймача виконаний із певного матеріалу, що без особливих перешкод пропускає лазерний промінь 7. Всі m фотоприймачів, що складаються із n елементів, містять фотодіоди, перед якими 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 лазерному променя, або крутий оптичний клин, за рахунок чого промінь лазера розгортається у горизонтальній площині.

Оптичний сигнал, що розгортається, з вузла розгортки 6 послідовно пробігає по чутливій поверхні елемента з відповідним однаковим номером k кожного $3_1, \dots, 3_m$ фотоприймача (фіг. 1, фіг. 5). Електричний сигнал з фотодіода надходить на підсилювач електричного сигналу фотоприймача, який, після підсилення, надходить на блок комутації 8 (фіг. 1, фіг. 2 та фіг. 3).

Якщо конструкція буде деформована (пунктирна лінія 10 на фіг. 2 і фіг. 6 та фіг. 3 і фіг. 7), то фотоприймачі $3_2, \dots, 3_{m-1}$ змінять своє положення відносно лазерного променя, що розгортається, і лазерний промінь 7 буде обігати інший за номером (наприклад, j або p) елемент відповідного фотоприймача, а на фотоприймачах $3_1, 3_m$ номер елемента не поміняється. Підсилені електричні сигнали з відповідних елементів фотоприймачів $3_1, \dots, 3_m$ надходять через блок комутації 8 до блока 9 обробки і реєстрації. Різниця між номером k елемента фотоприймача 3_1 або 3_m і номером елемента відповідного фотоприймача, що знаходиться на деформованій поверхні конструкції, помножена на певну довжину елемента, дасть величину деформації тієї ділянки мостової конструкції, тобто амплітуду, відповідно, нижніх або верхніх коливань мостової конструкції, на якій знаходиться відповідний фотоприймач.

Таким чином амплітуда нижніх коливань мостової конструкції на одному періоді обертання лазерного променя буде обчислюватися, як:

$$\Delta l_{iH} = (p - k) \cdot l,$$

а амплітуда верхніх коливань, як:

5
$$\Delta l_{iB} = (j - k) \cdot l,$$

де Δl_{iH} та Δl_{iB} - амплітуда нижніх та верхніх коливань під і-тим фотоприймачем,

k - номер елемента фотоприймача Z_1 або Z_m до деформації,

p та j – номер елемента фотоприймача Z_i після деформації,

l - довжина елемента фотоприймача.

10 Знак в арифметичних виразах після обчислення вказує на знак амплітуди коливань і, відповідно, на характер деформації, тобто на прогин чи опуклість мостової конструкції.

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

15 Пристрій може бути застосований в автоматизованій системі моніторингу деформацій та динамічних навантажень неперіодичним тривалим навантаженням автодорожніх мостів і русі поїздів по залізничному мосту (АСДМ), що дозволить оперативно контролювати їхній стан, зміщення і прогини, що виникають в результаті впливу зовнішніх природно-кліматичних впливів, а також суцільного транспортного потоку на автодорожніх мостах та поїздів на залізничних мостах.

Джерела інформації:

1. Редченко В.П. Динамічні випробування мостів. Частина 2: вільні коливання, модальний контроль / Редченко В.П. - Дніпро: Пороги, 2017. - 216 с.

25 2. Патент України. на корисну модель № 134584, МПК G01B 11/16 (2006.01). Пристрій для вимірювання тимчасових навантажень від рухомого складу мостів // Левтеров А.І., Скрипіна І.В. – Заявка u201812472. Заявл. 14.12.2018; опубл. 27.05.2019, Бюл. № 10.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30 Пристрій для вимірювання тимчасових навантажень мостів від рухомого складу, що містить лазер, оптичний коліматор, вузол розгортки лазерного променя та m фотоприймачів, причому всі m фотоприймачів являють собою m послідовно розташованих датчиків динамічного навантаження мостової конструкції, які розміщені на опорах, розташованих на однаковій відстані одна від одної по горизонталі впродовж конструкції та жорстко закріплених на

35 конструкції, що деформується, вихід кожного m фотоприймача з'єднаний з відповідними m входами блока комутації, який з'єднаний з блоком обробки і реєстрації, причому кожний послідовний фотоприймач, що розміщений на опорі, розташований на однаковій відстані один від одного по вертикалі, а перший і m-ий фотоприймачі, лазер, оптичний коліматор і вузол розгортки лазерного променя винесені за межі мостової конструкції, що обстежується, який

40 **відрізняється** тим, що всі m фотоприймачі, що складаються із n елементів, містять фотодіоди, перед якими розташовані чутлива поверхня і оптичний фільтр, що пропускає промінь тільки певної довжини хвилі лазера, причому лазерний промінь з вузла розгортки у горизонтальній площині проходить по відповідному елементу всіх m фотоприймачів без динамічного навантаження та при навантаженні мостової конструкції від суцільного транспортного потоку.

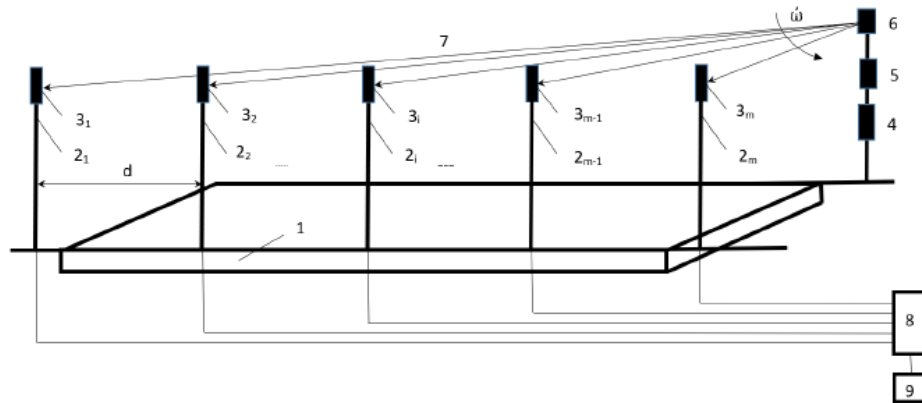


Fig. 1

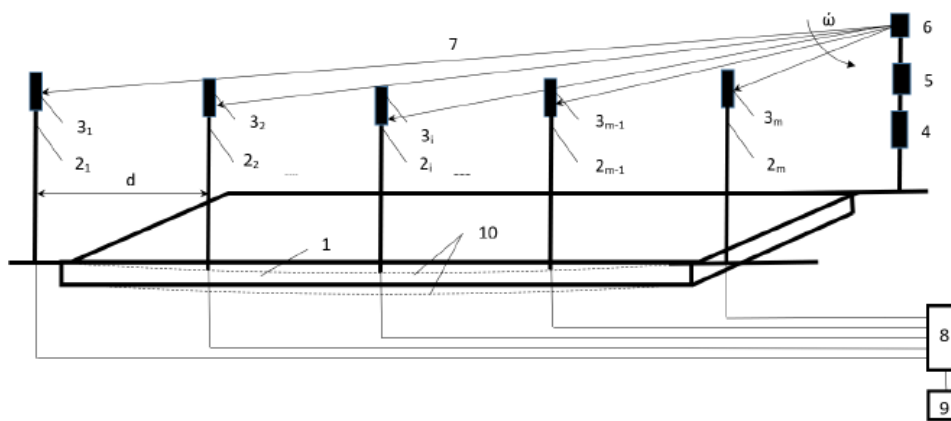


Fig. 2

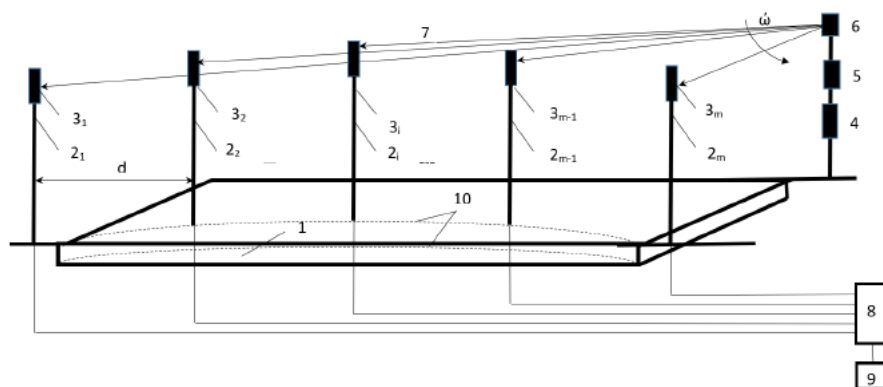
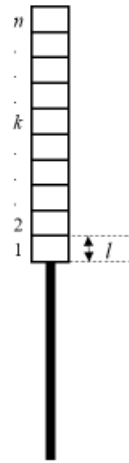
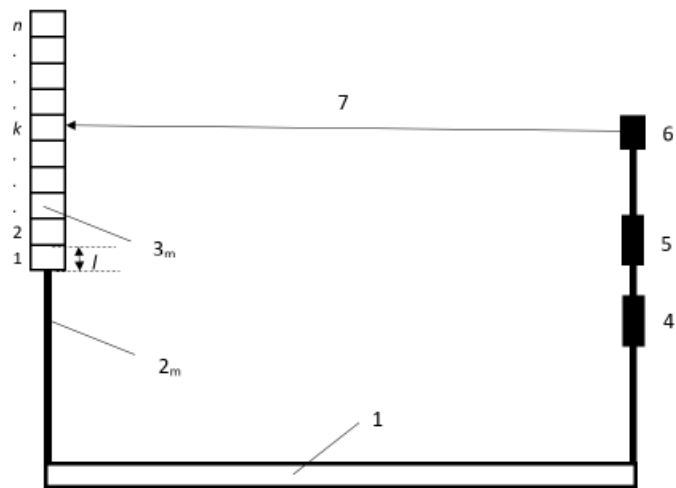


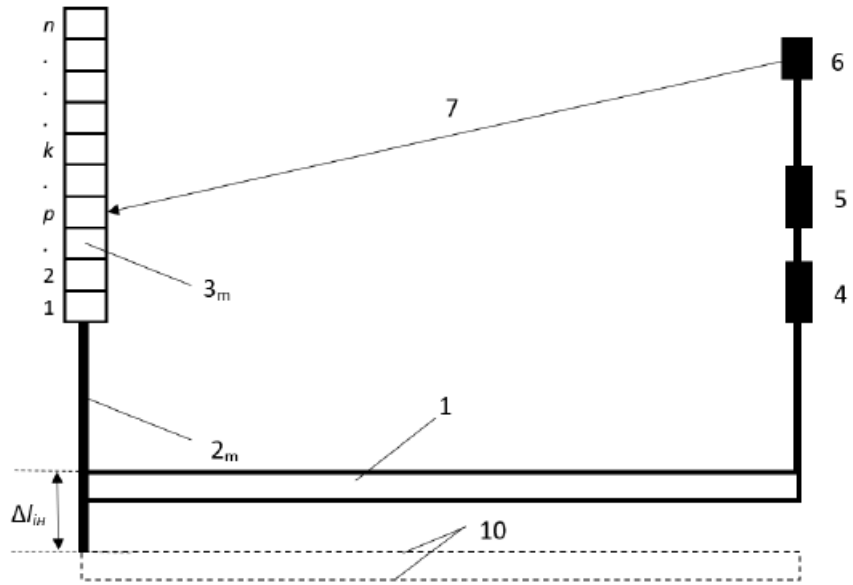
Fig. 3



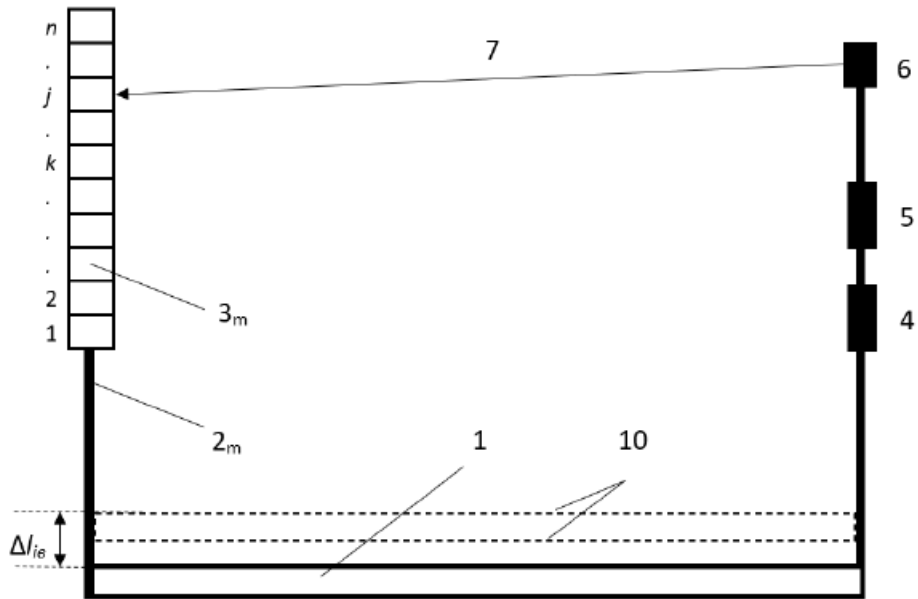
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7