

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046863**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.04.27**

(21) Номер заявки  
**202490193**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.12.08**

(51) Int. Cl. **G21C 17/017 (2006.01)**  
**G01B 11/16 (2006.01)**  
**G01B 11/245 (2006.01)**

(54) **СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОГИБА ПРОТЯЖЕННОГО, ВЕРТИКАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО КАНАЛА**

(31) **2021128445**

(32) **2021.09.29**

(33) **RU**

(43) **2024.02.21**

(86) **PCT/RU2021/000552**

(87) **WO 2023/055253 2023.04.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ  
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ "НАУКА  
И ИННОВАЦИИ" (ЧАСТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ "НАУКА И  
ИННОВАЦИИ"); АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО "РОССИЙСКИЙ  
КОНЦЕРН ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ  
ЭНЕРГИИ НА АТОМНЫХ  
СТАНЦИЯХ" (АО "КОНЦЕРН  
РОСЭНЕРГОАТОМ");  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И КОНСТРУКТОРСКИЙ  
ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ  
ИМЕНИ Н.А. ДОЛЛЕЖАЛЯ";  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"ПРОЛОГ" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Федоров Артем Николаевич,  
Подосинников Александр  
Александрович, Степанов Максим  
Алексеевич (RU)**

(74) Представитель:  
**Снегов К.Г. (RU)**

(56) **RU-C1-2626301  
US-A-5594819  
RU-C2-2246144  
RU-C2-2361173  
RU-U1-163742  
DE-A1-102010000876  
KR-B1-101870381  
FR-B1-3045833**

(57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано при реализации способа измерения прогиба протяженных, вертикально направленных каналов. Размещают внутри канала, закрепленного на конце гибкой полый несущей штанги, волоконно-оптический датчик. Подают световой сигнал по подключенным к датчику волоконно-оптическим линиям, регистрируют отраженные световые сигналы. Волоконно-оптический датчик снабжают гравитационным маятником. Перемещают гибкую полую несущую штангу с волоконно-оптическим датчиком вдоль канала и с помощью фотоприемника и компьютера фиксируют сдвиг интерференционной картины отраженного светового сигнала в газовом зазоре между верхней торцевой поверхностью гравитационного маятника и нижней торцевой поверхностью соединенных с фотоприемником и закрепленных на датчике волоконно-оптических линий, изменяющемся при перемещении волоконно-оптического датчика за счет отклонения гравитационного маятника от оси искривленного канала. На основании зафиксированных сдвигов регистрируют профилограммы изменений газового зазора для каждой волоконно-оптической линии, а на основании полученных профилограмм газового зазора рассчитывают величину и направление прогиба канала от вертикальной оси для упрощения проведения измерений прогиба вертикально направленного канала при одновременном сохранении точности измерения.

**B1**

**046863**

**046863**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к измерительной технике и может быть использована при реализации способа измерения прогиба протяженных, вертикально направленных каналов.

### **Сведения о предшествующем уровне техники**

Наиболее близким техническим решением к заявляемому способу является способ измерения прогиба технологического канала ядерного реактора, включающий размещение в центральной трубке тепловыделяющей сборки несущего элемента как минимум с одним волоконно-оптическим датчиком, подачу светового сигнала по волоконно-оптическим линиям датчика и регистрацию прогиба центральной трубки тепловыделяющей сборки в виде профилограмм путем анализа отраженных световых сигналов (патент РФ № 2626301, дата публикации 25.07.2017, МПК G01B 5/20).

В известном способе используют волоконно-оптические датчики деформации, представляющие собой решетки Брэгга, внедренные на нескольких уровнях в структуру радиационно-стойкого кварцевого оптического волокна. Для создания светового сигнала используют лазерное излучение длиной волны от 800 нм до 1600 нм (800·10<sup>-9</sup> м до 1600·10<sup>-9</sup> м), а в качестве несущего элемента применяют гибкий полый стержень, внутри которого размещены волоконно-оптические датчики деформации. При прогибе технологического канала происходит прогиб центральной трубки тепловыделяющей сборки, а, следовательно, и прогиб расположенного в центральной трубке гибкого стержня с волоконно-оптическими датчиками, при этом на волоконно-оптические датчики деформации воздействуют усилия растяжения или сжатия. При прохождении по волоконно-оптическим линиям датчиков деформации светового сигнала, инициированного узкополосным перестраиваемым лазером, длина волны, отраженной решеткой Брэгга, меняется. Это изменение регистрируется фотоприемником и анализируется при помощи программных средств, установленных на компьютере.

Недостатком известного способа измерения прогиба технологического канала ядерного реактора является сложная и трудоемкая технология изготовления волоконно-оптического датчика деформации, связанная с технически сложным выполнением в радиационно-стойком кварцевом оптическом волокне микроскопических точек с измененным показателем преломления, образующих решетку Брэгга.

### **Сущность изобретения**

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является создание способа измерения прогиба вертикально направленных и технологических длинномерных каналов, позволяющего исключить применение радиационно-стойкого кварцевого оптического волокна с микроскопическими точками с измененным показателем преломления, образующими решетку Брэгга, изготовление которого включает в себя сложную и трудоемкую технологическую операцию получения указанных микроскопических точек при одновременном сохранении возможности получения достоверной информации об изменении геометрических параметров технологического канала в процессе его эксплуатации.

Техническим результатом настоящего изобретения является упрощение проведения измерений прогиба вертикально направленного канала при одновременном сохранении точности измерения.

Указанный технический результат в заявляемом способе измерения прогиба протяженного, вертикально направленного канала, включающем размещение внутри канала, закрепленного на конце гибкой полый несущей штанги, по крайней мере одного волоконно-оптического датчика, подачу светового сигнала по подключенным к датчику волоконно-оптическим линиям, регистрацию отраженных световых сигналов с помощью соединенного с волоконно-оптическими линиями фотоприемника и определение прогиба канала на основе анализа параметров светового сигнала с помощью подключенного к фотоприемнику компьютера, достигается тем, что, волоконно-оптический датчик снабжают гравитационным маятником, подвешенным с возможностью отклонения на нижнем конце волоконно-оптического датчика, перемещают гибкую полую несущую штангу с волоконно-оптическим датчиком вдоль канала и с помощью фотоприемника и компьютера фиксируют сдвиг интерференционной картины отраженного светового сигнала в газовом зазоре между верхней торцевой поверхностью гравитационного маятника и нижней торцевой поверхностью соединенных с фотоприемником и закрепленных на датчике волоконно-оптических линий, изменяющемся при перемещении волоконно-оптического датчика за счет отклонения гравитационного маятника от оси искривленного канала, на основании зафиксированных сдвигов интерференционной картины отраженного светового сигнала регистрируют профилограммы изменений газового зазора для каждой волоконно-оптической линии, а на основании полученных профилограмм газового зазора рассчитывают величину и направление прогиба канала от вертикальной оси.

### **Перечень фигур, чертежей и иных материалов**

Сущность настоящего изобретения поясняется чертежами, где

на фиг. 1 представлена общая схема устройства для осуществления способа измерения прогиба протяженного, вертикально направленного канала,

на фиг. 2 изображен общий вид волоконно-оптического датчика для проведения измерений,

на фиг. 3 представлена схема расположения волоконно-оптического датчика в прямом вертикально направленном канале для осуществления способа измерения прогиба канала,

на фиг. 4 показана схема расположения волоконно-оптического датчика в вертикально направленном канале с прогибом.

### Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Способ измерения прогиба протяженного, вертикально направленного канала осуществляется следующим образом.

Внутри протяженного, вертикально направленного канала размещают гибкую полую несущую штангу на конце которой установлен, по крайней мере, один волоконно-оптический датчик. Световой сигнал подают по подключенным к датчику волоконно-оптическим линиям, регистрируют отраженный световой сигнал с помощью соединенного с волоконно-оптическими линиями фотоприемником. На основе анализа параметров светового сигнала определяют прогиб канала с помощью подключенного к фотоприемнику компьютера. Волоконно-оптический датчик снабжают гравитационным маятником, подвешенным с возможностью отклонения на нижнем конце волоконно-оптического датчика, перемещают гибкую полую несущую штангу с волоконно-оптическим датчиком вдоль канала и с помощью фотоприемника и компьютера фиксируют сдвиг интерференционной картины отраженного светового сигнала в газовом зазоре между верхней торцевой поверхностью гравитационного маятника и нижней торцевой поверхностью соединенных с фотоприемником и закрепленных на датчике волоконно-оптических линий, изменяющуюся при перемещении волоконно-оптического датчика за счет отклонения гравитационного маятника от оси искривленного протяженного, вертикально направленного канала. На основании зафиксированных сдвигов интерференционной картины отраженного светового сигнала регистрируют профилограммы изменений газового зазора для каждой волоконно-оптической линии, а на основании полученных профилограмм газового зазора рассчитывают величину и направление прогиба протяженного, вертикально направленного канала от вертикальной оси.

Предлагаемое изобретение поясняется примером конкретного выполнения, описанными ниже. Приведенный пример не является единственно возможными, но наглядно демонстрирует возможность достижения данной совокупностью существенных признаков заявленного технического результата.

#### Пример

Гибкую полую несущую штангу 1, с закрепленным на ее конце как минимум одним волоконно-оптическим датчиком 2 устанавливают внутри протяженного, вертикально направленного канала 3. Затем подключают волоконно-оптический датчик 2 к перенастраиваемому лазеру 4 и фотоприемнику 5, которые, в свою очередь, подключают через блок 6 первичной обработки информации к компьютеру 7. Корпус волоконно-оптического датчика 2 жестко соединен посредством втулки 8 с гибкой полую несущей штангой 1. Трубка 9 и крышка 10 корпуса волоконно-оптического датчика 2 обеспечивают герметичность полости волоконно-оптического датчика 2, которая заполнена инертным газом. После установки гибкой полую несущей штанги 1 в исходное положение (гибкая полая несущая штанга 1 полностью опущена в протяженный, вертикально направленный канал 3) начинают подъем гибкой полую несущей штанги 1. Измерение прогиба проводят при перемещении гибкой полую несущей штанги 1 в протяженном, вертикально направленном канале 3, при этом на волоконно-оптический датчик 2 по волоконно-оптическим линиям 11 подают световой сигнал от перестраиваемого лазера 4, а отраженный волоконно-оптическим датчиком 2 сигнал принимают фотоприемником 5.

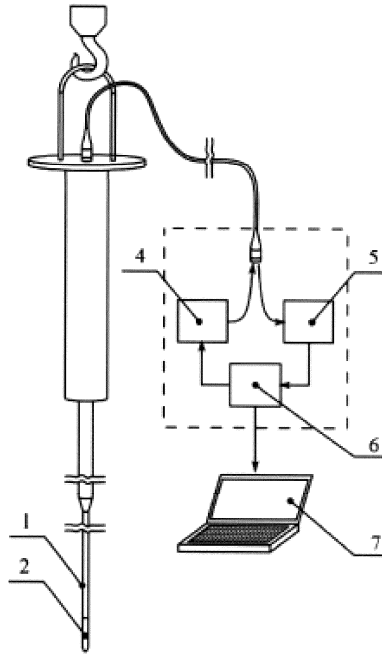
При наличии прогиба протяженного, вертикально направленного канала 3, по которому движется гибкая полая несущая штанга 1, гравитационный маятник 12 волоконно-оптического датчика 2 за счет гибкого элемента 13 отклоняется на угол, пропорциональный углу отклонения волоконно-оптического датчика 2 от вектора силы тяжести.

При подъеме гибкой полую несущей штанги 1 происходит отклонение волоконно-оптического датчика 2 относительно поля силы тяжести и, как следствие, отклонение гравитационного маятника 12 относительно центральной оси волоконно-оптического датчика 2. В результате происходит изменение геометрических параметров газового зазора 14, а именно происходит изменение расстояний между отражающей поверхностью гравитационного маятника 12 и торцами волоконно-оптических линий 11, что вызывает сдвиг интерференционной картины, который регистрируют посредством фотоприемника 5 и анализируют при помощи специализированных программных средств, установленных на компьютере 7. В результате измерений для каждой волоконно-оптической линии 11 регистрируют профилограммы газового зазора 14. На основании полученных профилограмм газового зазора 14 рассчитывают профилограммы величины и направления отклонения протяженного, вертикально направленного канала 3 от вертикальной оси.

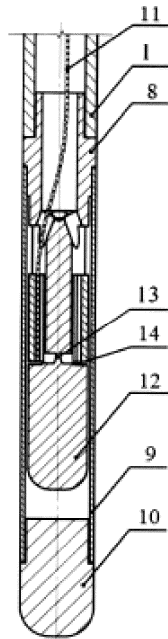
Предлагаемый способ может быть использован при измерении длинномерных вертикальных каналов в различных отраслях промышленности.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

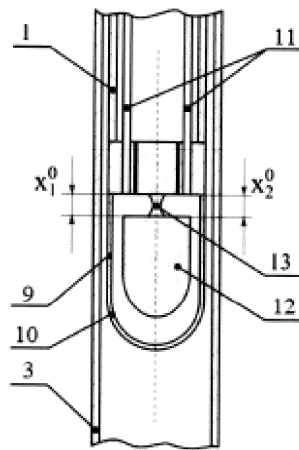
Способ измерения прогиба протяженного, вертикально направленного канала, включающий размещение внутри канала, закрепленного на конце гибкой полую несущую штангу, по крайней мере одного волоконно-оптического датчика, подачу светового сигнала по подключенным к датчику волоконно-оптическим линиям, регистрацию отраженных световых сигналов с помощью соединенного с волоконно-оптическими линиями фотоприемника и определение прогиба канала на основе анализа параметров светового сигнала с помощью подключенного к фотоприемнику компьютера, отличающийся тем, что волоконно-оптический датчик снабжают гравитационным маятником, подвешенным с возможностью отклонения на нижнем конце волоконно-оптического датчика, перемещают гибкую полую несущую штангу с волоконно-оптическим датчиком вдоль канала и с помощью фотоприемника и компьютера фиксируют сдвиг интерференционной картины отраженного светового сигнала в газовом зазоре между верхней торцевой поверхностью гравитационного маятника и нижней торцевой поверхностью соединенных с фотоприемником и закрепленных на датчике волоконно-оптических линий, изменяющемся при перемещении волоконно-оптического датчика за счет отклонения гравитационного маятника от оси протяженного, вертикально направленного искривленного канала, на основании зафиксированных сдвигов интерференционной картины отраженного светового сигнала регистрируют профилограммы изменений газового зазора для каждой волоконно-оптической линии, а на основании полученных профилограмм газового зазора рассчитывают величину и направление прогиба протяженного, вертикально направленного канала от вертикальной оси.



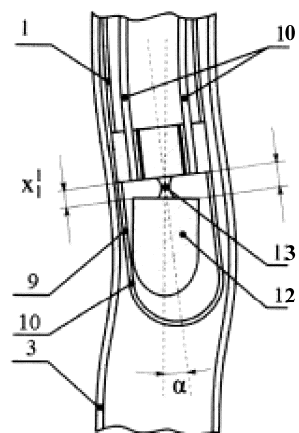
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

