

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046798**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.04.24

(51) Int. Cl. **G01B 11/16** (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

(21) Номер заявки
202490191

(22) Дата подачи заявки
2021.12.08

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОГИБА ПРОТЯЖЁННОГО ВЕРТИКАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО КАНАЛА

(31) 2021128441

(32) 2021.09.29

(33) RU

(43) 2024.02.22

(86) PCT/RU2021/000551

(87) WO 2023/055252 2023.04.06

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"РОССИЙСКИЙ КОНЦЕРН
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ НА АТОМНЫХ
СТАНЦИЯХ" (АО "КОНЦЕРН
РОСЭНЕРГОАТОМ");
ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ "НАУКА
И ИННОВАЦИИ" (ЧАСТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "НАУКА И
ИННОВАЦИИ"); 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) KR-B1-100335685
RU-C2-2528033
RU-C1-2371575
RU-C1-2097692
DE-A1-3932053

(57) Изобретение относится к измерительной технике, а именно к оборудованию для измерения прогиба протяженного вертикально направленных каналов, в том числе технологических каналов ядерного реактора типа РБМК (реактор большой мощности канальный). Техническим результатом является упрощение изготовления устройства при одновременном сохранении точности измерения прогиба канала, в том числе технологического канала ядерного реактора. Устройство содержит гибкую полую несущую штангу, снабженную как минимум одним волоконно-оптическим датчиком, снабженным сердечником, закрытым герметичным трубчатым кожухом. Верхняя часть сердечника выполнена в виде установочной втулки с центральной цилиндрической полостью. Нижняя часть сердечника выполнена в виде центрального цилиндрического стержня. На центральном стержне сердечника выполнены продольные секторные вырезы, в которых закреплены ферулы с продольными сквозными каналами, а под нижним концом центрального стержня сердечника размещен гравитационный маятник. Через сквозные каналы ферул проведены волоконно-оптические линии, соединяющие каждый волоконно-оптический датчик с перестраиваемым лазером и фотоприемником, подключенными к компьютеру. Полость герметичного трубчатого кожуха волоконно-оптического датчика заполнена инертным газом.

B1

046798

046798

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к оборудованию для измерения прогиба протяжённых вертикально направленных каналов, в том числе технологических каналов ядерного реактора типа РБМК (реактор большой мощности канальный).

Сведения о предшествующем уровне техники

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению для измерения прогиба протяженного вертикально направленного канала является устройство для измерения прогиба технологического канала ядерного реактора типа РБМК, содержащее несущий элемент, снабжённый волоконно-оптическими датчиками (патент РФ № 2626301, дата публикации 25.07.2017 г., МНК G01B 5/20).

В известном устройстве для измерения прогиба технологического канала ядерного реактора используются волоконно-оптические датчики деформации, представляющие собой решётки Брэгга, внедрённые в структуру радиационно-стойкого кварцевого оптического волокна на нескольких уровнях. Несущий элемент выполнен в виде гибкой полой несущей штанги, а волоконно-оптические датчики деформации расположены по периметру её внутренней поверхности.

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

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание устройства для измерения прогиба вертикально направленного канала, позволяющего исключить при изготовлении сложную и трудоемкую технологическую операцию по выполнению в радиационно-стойком кварцевом оптическом волокне микроскопических точек с изменённым показателем преломления, образующих решётку Брэгга, при одновременном сохранении возможности получения достоверной информации об изменении геометрических параметров канала, в том числе технологического канала ядерного реактора типа РБМК (реактор большой мощности канальный) в процессе его эксплуатации.

Техническим результатом настоящего изобретения является упрощение изготовления устройства для измерения прогиба протяженного вертикально направленного канала при одновременном сохранении точности измерения прогиба канала, в том числе технологического канала ядерного реактора.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для измерения прогиба протяжённого вертикально направленного канала, содержащем гибкую полую несущую штангу, снабжённую как минимум одним волоконно-оптическим датчиком, согласно заявляемому изобретению волоконно-оптический датчик снабжен сердечником, закрытым герметичным трубчатым кожухом. Верхняя часть сердечника выполнена в виде жёстко закреплённой на нижнем конце гибкой полой несущей штанги установочной втулки с центральной цилиндрической полостью, нижняя часть сердечника выполнена в виде коаксиальной установочной втулки центрального цилиндрического стержня, в нижней части центральной полости установочной втулки сердечника вокруг наружного диаметра центрального стержня сердечника выполнены сквозные отверстия для установки волоконно-оптических линий, на центральном стержне сердечника выполнены продольные секторные вырезы, в которых закреплены конгруэнтные вырезам по форме ферулы с продольными сквозными каналами, а под нижним концом центрального стержня сердечника размещён с возможностью отклонения от продольной оси сердечника гравитационный маятник, связанный с помощью гибкой подвески с центральным стержнем сердечника и установленный с образованием зазора между обращенными друг к другу торцом гравитационного маятника и нижней поверхностью ферул, через продольные сквозные каналы ферул, сквозные отверстия и центральную полость установочной втулки сердечника и гибкую полую несущую штангу проведены волоконно-оптические линии, соединяющие каждый волоконно-оптический датчик с перестраиваемым лазером и фотоприёмником, подключёнными к компьютеру, при этом торцы нижних концов волоконно-оптических линий установлены в одной плоскости с нижней поверхностью ферул, а полость герметичного трубчатого кожуха волоконно-оптического датчика заполнена инертным газом.

Преимущественно устройство для измерения прогиба протяжённого вертикально направленного канала может быть снабжено блоком первичной обработки информации, вход которого электрически связан с фотоприёмником, а выход связан с компьютером.

Также герметичный трубчатый кожух устройства для измерения прогиба протяженного вертикально направленного канала может быть снабжен крышкой, герметично закреплённой на его нижнем свободном конце.

Гибкая подвеска, связывающая гравитационный маятник с центральным стержнем сердечника, может быть выполнена в форме шейки сердечника, образованной за счёт утончения поперечного сечения сердечника с обеспечением возможности отклонения гравитационного маятника от продольной оси сердечника за счёт силы тяжести в пределах зоны упругих деформаций материала шейки сердечника.

Предлагаемое техническое решение - устройство для измерения прогиба протяжённого вертикально

направленного канала, поясняется примером конкретного выполнения, описанным ниже. Приведенный пример не является единственно возможным, но наглядно демонстрирует возможность достижения данной совокупностью существенных признаков заявленного технического результата.

Перечень фигур, чертежей и иных материалов

Сущность настоящего изобретения поясняется чертежами, где на:

фиг. 1 представлена общая схема устройства для измерения прогиба протяженного вертикально направленного канала;

на фиг. 2 изображен общий вид волоконно-оптического датчика;

на фиг. 3 представлена схема расположения волоконно-оптического датчика в прямой центральной трубке тепловыделяющей сборки ядерного реактора;

на фиг. 4 показана схема расположения волоконно-оптического датчика в центральной трубке тепловыделяющей сборки с прогибом.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Устройство для измерения прогиба протяжённого вертикально направленного канала содержит гибкую полую несущую штангу 1 и как минимум один волоконно-оптический датчик 2, который установлен на нижнем конце гибкой полую несущей штанги 1 и соединен волоконно-оптическими линиями с перестраиваемым лазером 3 и фотоприемником 4, которые через блок первичной обработки информации 5 подключены к компьютеру 6. Волоконно-оптический датчик 2 содержит закрытый герметичным трубчатый кожухом 7, сердечник.

Верхняя часть сердечника выполнена в виде установочной втулки 8, жёстко закреплённой на нижнем конце гибкой полую несущей штанги 1. В установочной втулке 8 выполнена центральная цилиндрическая полость.

Нижняя часть сердечника выполнена в виде центрального стержня 9, коаксиальной установочной втулке 7. В нижней части центральной полости установочной втулки 8 сердечника вокруг наружного диаметра центрального стержня 9 сердечника выполнены сквозные отверстия для установки волоконно-оптических линий 10.

На центральном стержне 9 сердечника также выполнены продольные секторные вырезы, в которых закреплены конгруэнтные этим вырезам по форме ферулы 11 с продольными сквозными каналами. Снизу под центральным стержнем 9 сердечника размещён с возможностью отклонения от продольной оси гравитационный маятник 12, связанный с помощью гибкой подвески 13 с центральным стержнем 9 сердечника и установленный с образованием зазора 14 между обращенными друг к другу верхним торцом гравитационного маятника 12 и нижней поверхностью ферул 11.

Через продольные сквозные каналы ферул 11, сквозные отверстия и центральную полость установочной втулки 8 сердечника и гибкую полую несущую штангу 1 проведены волоконно-оптические линии 10, соединяющие каждый волоконно-оптический датчик 2 с перестраиваемым лазером 3 и фотоприёмником 4, подключёнными к компьютеру 6.

Для обеспечения работы волоконно-оптического датчика торцы нижних концов волоконно-оптических линий 10 установлены в одной плоскости с нижней поверхностью ферул 11, а полость герметичного трубчатого кожуха 7 волоконно-оптического датчика 2 заполнена инертным газом, что обеспечивает защиту и предохранение датчика от воздействия окружающей среды, и, тем самым, влияет на точность измерения.

Герметичный трубчатый кожух 7 может быть в одном из вариантов исполнения снабжен крышкой 15, установленной герметично и закреплённой на его нижнем свободном конце.

По одному из вариантов выполнения гравитационный маятник 12 может крепиться на нижнем торце центрального стержня 9 с помощью гибкой подвески 13, выполненной, например, из полиамидных материалов.

По другому варианту сердечник и маятник 12 могут быть выполнены из единой заготовки, при этом в нижней части центрального стержня 9 за счёт утончения его поперечного сечения выполнена шейка, которая образует гибкую подвеску 13. Величина зазора 14, образованного между нижним торцом ферул 11 и верхним торцом гравитационного маятника 12, не превышает 0,5 мм, что ограничивает угол отклонения гравитационного маятника 12. При этом шейка сердечника, являющаяся вариантом выполнения гибкой подвески 13, при отклонениях гравитационного маятника от геометрической оси сердечника работает в зоне упругих деформаций, что обеспечивает работоспособность устройства.

Работа устройства поясняется на примере измерения прогиба технологического канала ядерного реактора.

Несущий элемент 1 устанавливается в исходное положение: гибкая полая несущая штанга 1 полностью опущена в центральную трубку 16 тепловыделяющей сборки. Измерение прогиба проводят при подъеме гибкой полую несущей штанги 1 с закреплённым на её нижнем конце волоконно-оптическим датчиком 2 в центральной трубке 16 тепловыделяющей сборки, при этом на волоконно-оптический датчик 2 по волоконно-оптическим линиям 10 подаются световой сигнал от перестраиваемого лазера 3, а отраженный гравитационным маятником 12 волоконно-оптического датчика 2 сигнал принимают фотоприёмником 4.

При наличии прогиба технологического канала и, соответственно, прогиба центральной трубки 16 тепловыделяющей сборки, гибкую полую несущую штангу 1 перемещают по искривленной центральной трубке 16 тепловыделяющей сборки, при этом геометрическая ось волоконно-оптического датчика 2 и его сердечника отклоняется от вертикали, а гравитационный маятник 12 волоконно-оптического датчика 2 под воздействием силы тяжести и за счет гибкого элемента 13 отклоняется на угол, пропорциональный углу отклонения геометрической оси волоконно-оптического датчика 2 от вектора силы тяжести.

При подъеме гибкой полую несущей штанги 1 происходит отклонение геометрической оси волоконно-оптического датчика 2 относительно вектора силы тяжести и, как следствие, отклонение нижней поверхности ферул 11 относительно гравитационного маятника 12 (угол α на фиг. 4), стремящегося принять вертикальное положение при наклонах волоконно-оптического датчика 2. В результате отклонения ферул 11 относительно маятника 12 происходит изменение геометрических параметров газового зазора 14, а именно происходит изменение расстояний между отражающей поверхностью гравитационного маятника 12 и нижними торцами волоконно-оптических линий 10, которые расположены в продольных сквозных каналах ферул 11 (величина зазора $X_1 \neq X_2$ на фиг. 4), что вызывает сдвиг интерференционной картины отражённого светового сигнала (луча), который регистрируют посредством фотоприемника 4 и анализируют при помощи специализированных программных средств, установленных на компьютере 6. В результате измерений для каждой волоконно-оптической линии 10 регистрируют профилограммы газового зазора 14. На основании полученных профилограмм зазора 14 рассчитывают профилограммы величины и направления отклонения центральной трубки 16 тепловыделяющей сборки от вертикальной оси, а затем рассчитывают величины и направления прогиба технологического канала, в котором размещена тепловыделяющая сборка.

Проведенные испытания работы устройства показали высокую точность измерений с помощью предлагаемого устройства.

Предлагаемое устройство может быть использовано для контроля наличия и измерения величины прогиба (искривлений) длинномерных вертикально направленных каналов и труб в различных отраслях промышленности, а также для измерения прогиба технологических каналов ядерных реакторов, в том числе ядерного реактора типа РБМК.

Использование предлагаемого устройства позволяет с необходимой точностью выявить наличие и измерить прогиб центральной трубки тепловыделяющей сборки и на его основании определить прогиб технологического канала ядерного реактора.

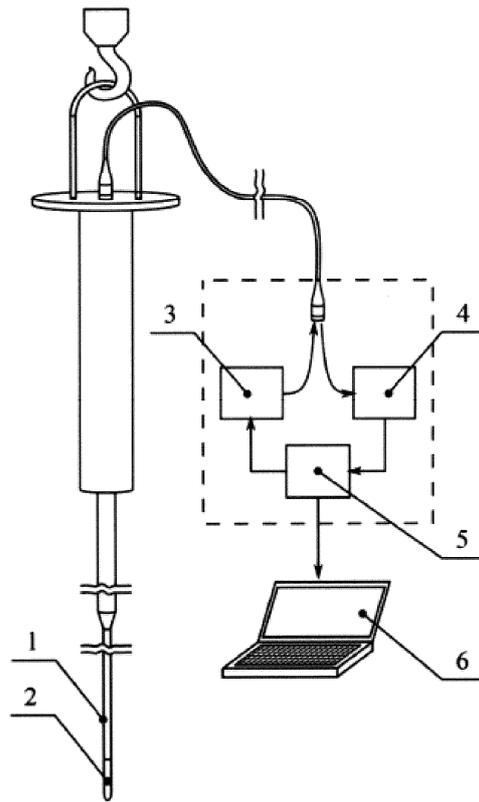
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для измерения прогиба протяжённого вертикально направленного канала, содержащее гибкую полую несущую штангу, снабженную как минимум одним волоконно-оптическим датчиком, отличающееся тем, что волоконно-оптический датчик снабжен закрытым герметичным трубчатым кожухом сердечником, верхняя часть которого выполнена в виде жёстко закреплённой на нижнем конце гибкой полую несущей штанги установочной втулки с центральной полостью, нижняя часть сердечника выполнена в виде коаксиальной установочной втулки центрального стержня, в нижней части центральной полости установочной втулки сердечника вокруг центрального стержня сердечника выполнены сквозные отверстия для установки волоконно-оптических линий, на центральном стержне сердечника выполнены продольные секторные вырезы, в которых закреплены конгруэнтные вырезам по форме ферулы с продольными сквозными каналами, а под нижним концом центрального стержня сердечника размещён с возможностью отклонения от продольной оси гравитационный маятник, связанный с помощью гибкой подвески с центральным стержнем сердечника и установленный с образованием зазора между обращенными друг к другу торцом гравитационного маятника и нижней поверхностью ферул, через продольные сквозные каналы ферул, сквозные отверстия и центральную полость установочной втулки сердечника и полую несущую штангу проведены волоконно-оптические линии, соединяющие каждый волоконно-оптический датчик с перестраиваемым лазером и фотоприёмником, подключёнными к компьютеру, при этом торцы нижних концов волоконно-оптических линий установлены в одной плоскости с нижней поверхностью ферул, а полость герметичного трубчатого кожуха волоконно-оптического датчика заполнена инертным газом.

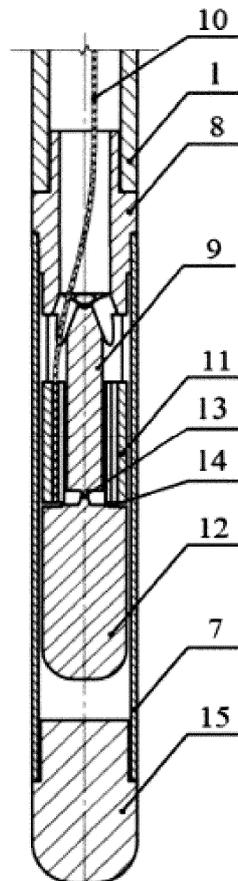
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно снабжено блоком первичной обработки информации, вход которого электрически связан с фотоприемником, а выход связан с компьютером.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что герметичный трубчатый кожух снабжен крышкой, герметично закреплённой на его нижнем свободном конце.

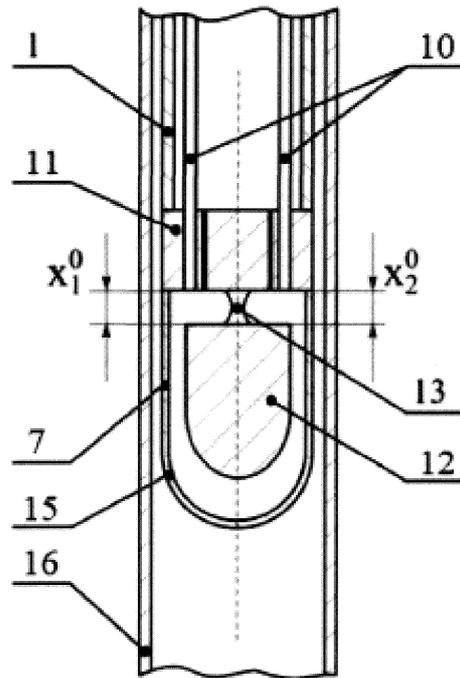
4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что гибкая подвеска, связывающая гравитационный маятник с центральным стержнем сердечника, выполнена в форме шейки сердечника, образованной за счёт утончения поперечного сечения сердечника с обеспечением возможности отклонения гравитационного маятника от геометрической оси сердечника.



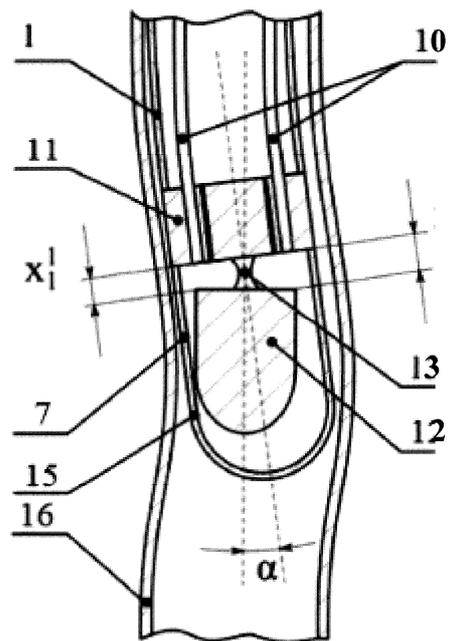
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

