

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900433** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.03.31

(22) Дата подачи заявки
2019.09.06

(51) Int. Cl. **E21B 47/07** (2012.01)
E21B 47/135 (2012.01)
G01K 11/32 (2006.01)
G01D 5/353 (2006.01)

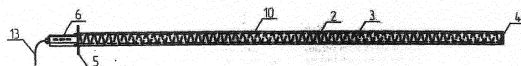
**(54) СКВАЖИННЫЙ ОПТОВОЛОКОННЫЙ ДАТЧИК НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ**

(96) **2019000097 (RU) 2019.09.06**
(71) Заявитель:
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
"БЕЛАРУСЬКАЛИЙ" (ВУ);
ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ "ПЕРМСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Головатый Иван Иванович, Барбиков
Дмитрий Владимирович (ВУ), Зайцев
Артем Вячеславович, Левин Лев
Юрьевич, Паршаков Олег Сергеевич,
Пугин Алексей Витальевич, Семин
Михаил Александрович, Дьяконов
Алексей Сергеевич (RU)**

(74) Представитель:
Онорин А.А. (RU)

(57) Изобретение относится к оптоволоконным технологиям, а именно к термометрическому методу изучения массива горных пород, и может быть использовано для получения детальной информации о температурах горных пород с помощью оптоволоконного датчика непрерывно в режиме реального времени в скважинах или шпурах любой направленности (вертикальных, горизонтальных, наклонных). Конструкция скважинного оптоволоконного датчика непрерывного измерения температуры предусматривает корпус цилиндрической формы в виде трубы (1) с размещенным в нем оптоволоконным кабелем (2). Датчик снабжен несущим элементом в виде трубки (3) с навитым по винтовой линии на него без изоляции и армирования оптоволоконным кабелем (2). Корпус (1) плотно соприкасается с кабелем (2) и с одного торца имеет герметичную заглушку (4), с другого - герметичную крышку (5) с закрепленным с ее внутренней стороны несущим элементом (6), а с наружной стороны - элементами крепления (7) и извлечения (8) датчика с устья термометрической скважины или шпура (9). Корпус (1) и несущий элемент в виде трубки (3) оптоволоконного кабеля выполнены из нержавеющей стали. Полость (10) между внутренней стенкой корпуса и несущим элементом с оптоволоконным кабелем может быть заполнена теплопроводящей жидкостью или гелем. Выход (11) оптоволоконного кабеля (2) через отверстие (12) крышки (5) подключен к магистральному оптоволоконному кабелю (13), который связан с интеррогатором (14), а тот, в свою очередь, посредством TCP/IP соединения (15) связан с сервером (16) на рабочем месте оператора. Технический результат - непрерывное во времени в режиме онлайн измерение температуры с шагом 3-10 см вдоль ствола неглубокой скважины или шпура, в зависимости от его диаметра, с погрешностью, не превышающей величину, установленную нормативными документами.



A1

201900433

201900433

A1

СКВАЖИННЫЙ ОПТОВОЛОКОННЫЙ ДАТЧИК НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Область техники

Изобретение относится к оптоволоконным технологиям, а именно к термометрическому методу изучения массива горных пород и может быть использовано для получения детальной информации о температурах горных пород с помощью оптоволоконного датчика непрерывно в режиме реального времени в скважинах или шпурах любой направленности (вертикальных, горизонтальных, наклонных).

Уровень техники

Измерения температуры в скважинах (синонимы – термометрия, метод термометрии, термометрический метод) являются основным методом изучения поля температур (синоним – тепловое поле) в массиве горных пород. Метод термометрии используется для изучения как естественного теплового поля от природных источников теплоты, так и искусственного теплового поля, сгенерированного техногенными источниками теплоты, в том числе целенаправленно под контролем человека для решения инженерных задач.

Например, термометрический метод поставляет надежную информацию о температурном состоянии массива пород, подвергнутого искусственному замораживанию для создания временной защитной крепи (ледопородного ограждения) при проходке горных выработок через водоносные проницаемые слои горных пород. Обязательное применение данного метода регламентируется рядом нормативных документов. Для измерений температуры горных пород производится бурение и оборудование специальных термометрических (при мониторинге – контрольно-термических) скважин или шпуров. Шпур – скважина малого диаметра (до 75 мм) и малой глубины (до 5 м).

Известен способ измерения температур (далее – способ 1) в термометрических скважинах или шпурах путем погружения в них скважинного термометра в процессе его движения по стволу скважины от устья к забою и обратно [5]. Оборудование для этого способа представляет собой скважинный зонд, в качестве чувствительного элемента которого по отношению к температуре выступает электрический датчик сопротивления. Также могут использоваться ртутные заленивленные термометры, гирлянды заленивленных термометров или электрических термометров сопротивления [2, 3, 4]. Недостатком данного способа является необходимость периодического погружения термометра в скважину, что 1) является

трудоемкой процедурой и требует обязательного присутствия специалиста, осуществляющего эту процедуру, 2) не обеспечивает непрерывного во времени измерения по всей глубине скважины при необходимости длительных мониторинговых наблюдений.

Известен способ измерения температур (далее – способ 2) с постоянным размещением локальных термометрических датчиков на нескольких заданных глубинах в термометрической скважине или шпуре. В этом способе в качестве локальных датчиков используется гирлянда электрических термометров сопротивления [2], которая подключаются к измерительному устройству при помощи кабеля и передают информацию о температурах в точке установки каждого термометра непрерывно в режиме реального времени. Описанный способ имеет недостаток в том, что температуры измеряются в нескольких отдельных точках вдоль ствола скважины или шпура, расстояние между которыми достаточно большое. При высоких требованиях к детальности исследований, когда необходимо соблюсти малое расстояние между точками измерений вплоть до нескольких сантиметров, такую детальность сложно, а чаще всего невозможно обеспечить датчиками данного способа.

Известен способ измерения температур (далее – способ 3) с постоянным размещением в термометрических скважинах оптоволоконного кабеля, который сам по себе является распределенным датчиком температуры [6, 7]. Оптоволоконный кабель подключается к специальному устройству – интеррогатору. Лазерное устройство интеррогатора через короткие интервалы времени (1-2 секунды) выпускает в оптическое волокно луч света, принимает отраженный сигнал и обрабатывает его при помощи специальных алгоритмов преобразования. Физически данный способ связан с изменением оптических свойств оптоволоконна при изменении температуры его различных участков. При прохождении пучка света через оптическое волокно возникает комбинационное рамановское рассеяние, интенсивность анти-стоксовой полосы которого зависит от температуры, а стоксовой – практически нет. Обработывая отраженный сигнал интеррогатор вычисляет значения температур на каждом участке оптического волокна, анализируя отношение интенсивности анти-стоксовой и стоксовой компоненты отраженного света [8]. Погрешность измерения температур при помощи высококачественного оптического волокна и интеррогатора не превышает погрешности, регламентируемой действующим документом [2].

Современное оборудование для распределенных измерений температуры, например, такое как Silixa Ultima DTS, при использовании стандартного оптоволоконного кабеля высокого качества способно обеспечить измерение температур с погрешностью менее $\pm 0,1$ °C и шагом менее 30 см вдоль оптоволоконного кабеля (вдоль ствола скважины или

шпура) [6, 7]. Такой детальности недостаточно, если необходимо обеспечить измерение температур с шагом менее 30 см в неглубоких скважинах или шпурах. В таком случае можно использовать специально подготовленное оптическое волокно, оборудованное брегговскими решетками – разновидность дифракционной решетки, которая формируется с заданным шагом непосредственно внутри оптоволоконна при помощи технологии лазерной «нарезки» и отражает свет в узком диапазоне частот.

Известен способ изготовления датчиков путем крепления оптического волокна, оборудованного брегговскими решетками, на корпусе в виде металлической трубы, которая может иметь разное поперечное сечение. Данный способ описан в патенте РФ № 2473874 [9].

Описание конструкции датчика в данном изобретении было принято в качестве прототипа. Недостатком прототипа являются сложность изготовления и существенное удорожание оптоволоконного кабеля с брегговскими решетками в сравнении с обычным оптоволоконным кабелем, а следовательно, удорожание стоимости работ. Невозможно обеспечить измерение температур с шагом менее 30 см в неглубоких скважинах или шпурах.

Сущность изобретения

Задачей изобретения является устранение недостатка прототипа – создание возможности производить измерения температуры вдоль ствола скважины или шпура используя стандартный оптоволоконный кабель без оборудования его брегговскими решетками, не превышая при этом установленную стандартами погрешность измерений температуры.

Задача решается при помощи нового типа скважинного оптоволоконного датчика, имеющего следующие существенные признаки (конструктивные элементы) которого изложены в формуле изобретения:

– Признаков, общих с прототипом, указанных в 1-м пункте формулы изобретения, таких как скважинный оптоволоконный датчик непрерывного измерения температуры содержащий корпус цилиндрической формы в виде трубы с размещенным в нем оптоволоконным кабелем, и отличительных существенных признаков, таких как датчик снабжен несущим элементом в виде трубки с навитым по винтовой линии на него без изоляции и армирования оптоволоконным кабелем, при этом корпус плотно соприкасается с кабелем и с одного торца имеет герметичную заглушку, а с другого – герметичную крышку с закрепленным с ее внутренней стороны несущим элементом, а с наружной стороны – элементами крепления и извлечения датчика с устья термометрической скважины или шпура.

- Согласно п.2 формулы изобретения корпус и несущий элемент оптоволоконного кабеля выполнены из нержавеющей стали.
- Согласно п.3 формулы изобретения полость между внутренней стенкой корпуса и несущим элементом с оптоволоконным кабелем заполнена теплопроводящей жидкостью или гелем.
- Согласно п.4 формулы изобретения выход оптоволоконного кабеля через отверстие крышки подключен к магистральному оптоволоконному кабелю, который связан с интеррогатором, а тот в свою очередь посредством ТСР/IP соединения связан с сервером на рабочем месте оператора.

Вышеперечисленная совокупность существенных признаков позволяет получить следующий технический результат – непрерывное во времени в режиме онлайн измерение температуры с шагом 3-10 см вдоль ствола неглубокой скважины или шпура в зависимости от его диаметра с погрешностью, не превышающей величину, установленную нормативными документами.

Перечень фигур и чертежей

Изобретение иллюстрируется прилагаемыми чертежами, на которых показано:

- на Фиг. 1 – общий вид датчика;
- на Фиг. 2 – разрез по А-А Фиг.1 ;
- на Фиг. 3 – чувствительный элемент кабеля в виде спирали;
- на Фиг. 4 – вид датчика со стороны крышки;
- на Фиг. 5 – схема эксплуатации датчика.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Скважинный оптоволоконный датчик непрерывного измерения температуры состоит из следующих конструктивных элементов, показанных на Фиг. 1-4: корпус цилиндрической формы в виде трубы 1 с размещенным в нем оптоволоконным кабелем 2, а также несущим элементом в виде трубки 3 с навитым по винтовой линии на него без изоляции и армирования оптоволоконным кабелем 2.

Корпус 1 плотно соприкасается с кабелем 2 и с одного торца имеет герметичную заглушку 4, а с другого - герметичную крышку 5 с закрепленным с ее внутренней стороны несущим элементом 6, а с наружной стороны – элементами крепления 7 и извлечения 8 датчика с устья термометрической скважины или шпура 9. Корпус 1 и несущий элемент 3 оптоволоконного кабеля выполнены из нержавеющей стали. Полость 10 между внутренней

стенкой корпуса и несущим элементом с оптоволоконным кабелем может быть заполнена теплопроводящей жидкостью или гелем. Выход 11 оптоволоконного кабеля 2 через отверстие 12 крышки 5 подключены к магистральному оптоволоконному кабелю 13, который связан с интегратором 14, а тот в свою очередь посредством ТСР/ІР соединения 15 связан с сервером 16 на рабочем месте оператора.

Датчик работает следующим образом.

Датчик помещается скважину или шпур и закрепляется при помощи крышки 5 и креплений 7 на устье скважины (Фиг.5), после чего подключается к магистральному кабелю 13, который в свою очередь подключается к интеррогатору 14, а тот в свою очередь посредством ТСР/ІР соединения 15 подключен к серверу 16, как показано на Фиг.5. Интеррогатор подает световой пучок в датчик через магистральный кабель, считывает и обрабатывает отраженный сигнал и передает измеренные значения температур на сервер с оборудованным рабочим местом оператора, где специальное программное обеспечение позволяет сохранять результаты в базу данных, визуализировать их в графическом виде и экспортировать в табличный формат файлов для постобработки и интерпретации.

Отличительной особенностью датчика является возможность проведения измерений без заполнения термометрической скважины теплопроводящей жидкостью за счет тесного контакта корпуса 1 датчика со стенками скважины.

Ниже приводится описание примера успешной апробации изобретения, когда установленные в крепи шахтных стволов оптоволоконные датчики позволяли непрерывно в течение длительного времени в онлайн режиме контролировать процессы искусственного замораживания и размораживания крепи и горных пород в закрепном пространстве и оперативно ориентировать ведение горных работ, в частности по консолидации массива и тампонажу.

Скважинный оптоволоконный датчик непрерывного измерения температуры впервые был испытан для контроля температурного состояния крепи и замороженной горной породы за ней (защитного ледопородного ограждения) при строительстве вертикальных шахтных стволов Петриковского ГОК ОАО «Беларуськалий» на территории Республики Беларусь. В каждом шахтном стволе датчики располагались в коротких (2 м глубиной) термометрических шпурах, пробуренных через передовую бетонную крепь и через технологические отверстия в тубингах на 7 отметках глубин. Показания датчиков неоднократно подвергались верификации путем сравнения с данными электрического термометра сопротивления, погружаемого в шпуры (способ 2). Разница температур, измеренных

погружным термометром и предложенным оптоволоконным датчиком, не превышала $\pm 0,1$ °С.

Данное описание рассматривается как материал, иллюстрирующий изобретение, сущность которого и объем патентных притязаний определены в нижеследующей формуле изобретения совокупностью существенных признаков и их эквивалентами.

Источники информации

1. Геофизические методы исследования скважин. Справочник геофизика/ Под ред. В.М. Запорожца. – М.: Недра, 1983. – 591 с.
2. ГОСТ 25358-2012 Грунты. Метод полевого определения температуры, введен в действие 01.07.2013 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.10.2012 в качестве национального стандарта Российской Федерации. – 12 с.
3. ГОСТ 112-78 Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия (с Изменениями №1, 2, 3), утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 24.05.1978 г. №1382. – 14 с.
4. ГОСТ 28498-90 Термометры жидкостные стеклянные, введен в действие 01.01.1991 г. утв. и введен в действие 01.01.1991 г. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30.03.1990 г. – 10 с.
5. РСН 75-90 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Каротажные методы, утв. постановлением Государственного комитета РСФСР по делам строительства от 21.07.1990 г. №52. – 76 с.
6. Левин Л.Ю., Семин М.А., Паршаков О.С. Совершенствование методов прогнозирования состояния ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов с использованием распределенных измерений температуры в контрольных скважинах./ Записки Горного института. Т. 237. 2019. – С. 268-274.
7. Carlos H. Maldaner, Jonathan D. Munn, Thomas I. Coleman, John W. Molson, Beth L. Parker Groundwater flow quantification in fractured rock boreholes using active distributed temperature sensing under natural gradient conditions. / Water Resources Research. Vol. 55. Issue 4. 2019. pp. 3285-3306.
8. Hartog A.H., 2017. An introduction to distributed optical fibre sensors. CRC Press. – 442 p.
9. Распределенные оптические датчики давления и температуры. Описание изобретения к патенту РФ №2473874, МПКG01L 11/02, опубл.27.0113г.- прототип.

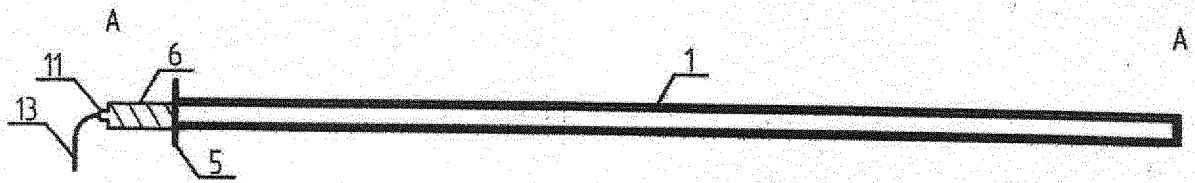
Формула изобретения

1. Скважинный оптоволоконный датчик непрерывного измерения температуры содержащий корпус цилиндрической формы в виде трубы 1 с размещенным в нем оптоволоконным кабелем 2, отличающийся тем, что он снабжен несущим элементом в виде трубки 3 с навитым по винтовой линии на него без изоляции и армирования оптоволоконным кабелем 2, при этом корпус 1 плотно соприкасается с кабелем 2 и с одного торца имеет герметичную заглушку 4, а с другого - герметичную крышку 5 с закрепленным с ее внутренней стороны несущим элементом 6, а с наружной стороны - элементами крепления 7 и извлечения 8 датчика с устья термометрической скважины или шпура 9.

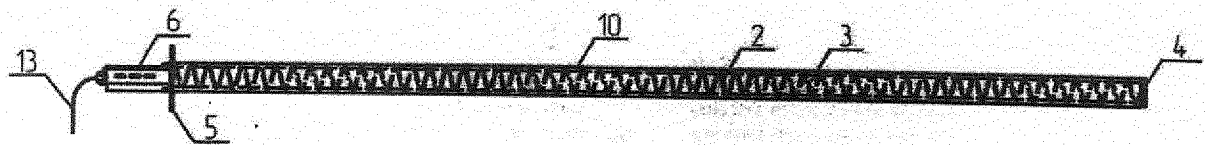
2. Датчик по п.1 отличающийся тем, что корпус 1 и несущий элемент 3 оптоволоконного кабеля выполнены из нержавеющей стали.

3. Датчик по п.1 отличающийся тем, что полость 10 между внутренней стенкой корпуса и несущим элементом с оптоволоконным кабелем заполнена теплопроводящей жидкостью или гелем.

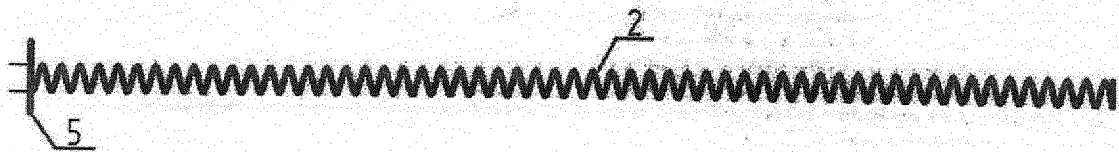
4. Датчик по п.1 отличающийся тем, что выход 11 оптоволоконного кабеля 2 через отверстие 12 крышки 5 подключен к магистральному оптоволоконному кабелю 13, который связан с интеррогатором 14, а тот в свою очередь посредством ТСР/IP соединения 15 связан с сервером 16 на рабочем месте оператора.



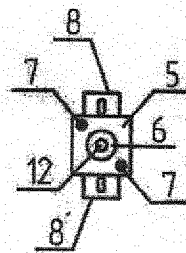
Фиг. 1.



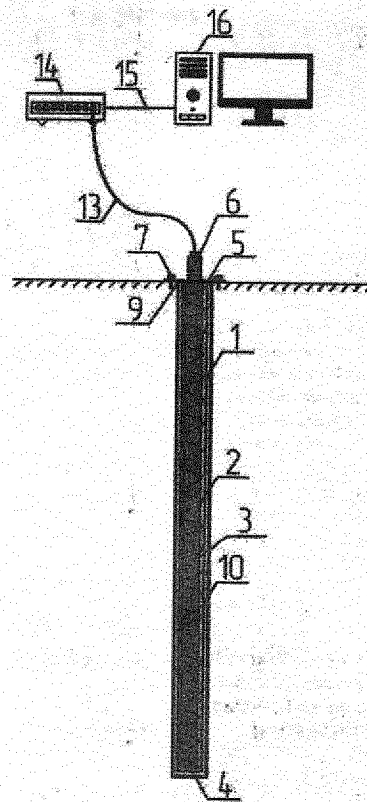
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201900433

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

E21B 47/07 (2012.01)

E21B 47/135 (2012.01)

G01K 11/32 (2006.01)

G01D 5/353 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

E21B 17/02, 17/046, 47/00, 47/06, 47/12, 47/13, G01B 11/16, G01D 5/353, G01K 11/32, G01L 11/02, G02B 6/44

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
ЕАПАТИС, Espacenet, Google Patents

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2473874 C2 (БЕЙКЕР ХЬЮЗ ИНКОРПОРЕЙТЕД) 2013.01.27, весь документ	1-4
A	WO 2014/109816 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 2014.07.17, абзац [0028], фигуры 1, 4	1-4
A	GB 2368921 A (WESTERN ATLAS INTERNATIONAL, INC.) 2002.05.15, реферат, фигуры 3D и 4	1-4
A	US 10113371 B2 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 2018.10.30, реферат, столбцы 6-9, фигуры 2, 3 и 15	1-4
A	US 2018/0223647 A1 (WILLIAM ALBERT JOHNSTON) 2018.08.09, реферат	1-4
A	WO 2009/099332 A1 (TECWEL AS) 2009.08.13, реферат, фигуры 6a-6c	1-4

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

«P» - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **08/05/2020**

Уполномоченное лицо:

Зам. начальника Отдела механики, физики и электротехники

Согласовано в электронном виде

В.Ю.Панько

