



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 24/08 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020127546, 18.08.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.08.2020

Дата регистрации:
13.05.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.08.2020

(45) Опубликовано: 13.05.2021 Бюл. № 14

Адрес для переписки:
420085, г. Казань, Химиков, 15-29, Галимов
Айрат Ильшатович

(72) Автор(ы):

Белоусова Наталья Николаевна (RU),
Брагин Алексей Викторович (RU),
Мурзакаев Владислав Маркович (RU),
Скирда Владимир Дмитриевич (RU),
Иванов Анатолий Александрович (RU),
Александров Артём Сергеевич (RU),
Гнездилов Олег Иванович (RU),
Архипов Руслан Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
«ТНГ-Групп» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 5525904 A, 11.06.1996. RU 2471176
C1, 27.12.2012. RU 2457516 C1, 27.07.2012. RU
2453831 C2, 20.06.2012. US 2015061670 A1,
05.03.2015. US 5162733 A, 10.11.1992.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КЕРНОВ И СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ

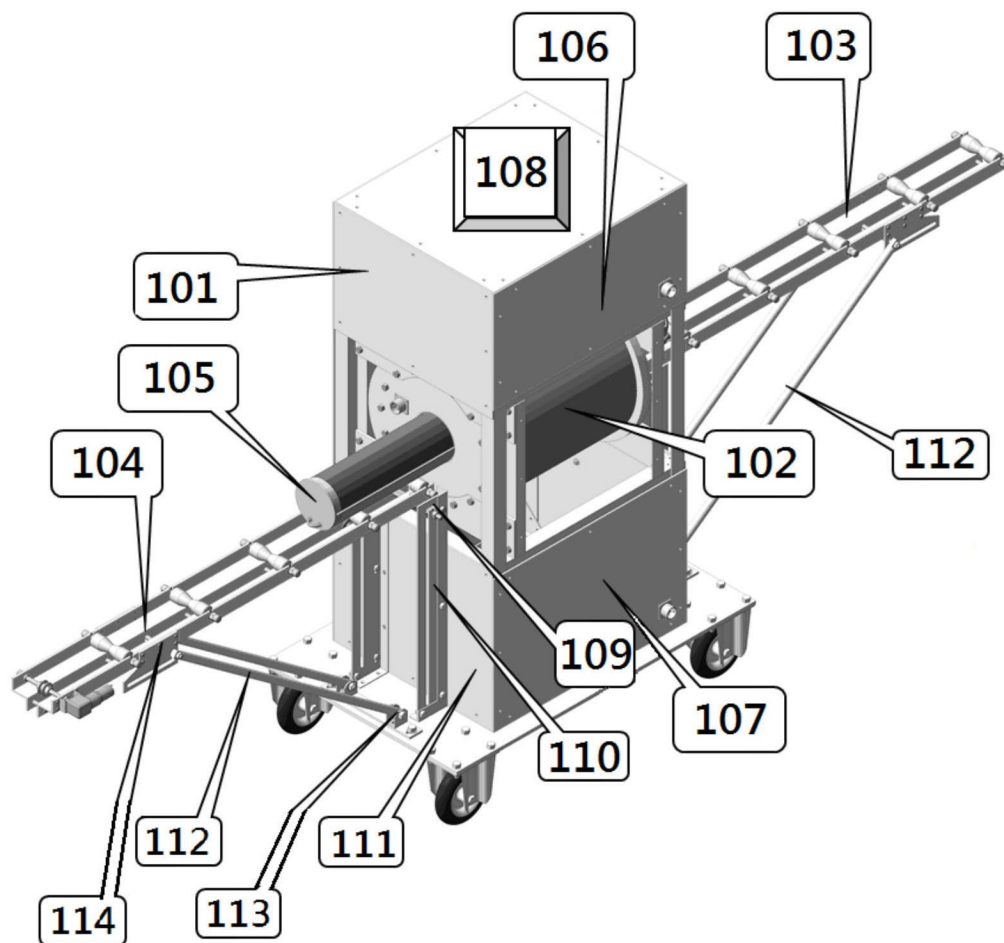
(57) Реферат:

Использование: для определения параметров полноразмерных кернов. Сущность изобретения заключается в том, что устройство для определения параметров полноразмерных кернов содержит корпус, представляющий собой несущий каркас; блок магнита и катушек, блок перемещения керна, блок электроники, прикрепленные к корпусу, при этом блок магнита и катушек выполнен в виде постоянного магнита по структуре Хальбаха с цилиндрическим зазором внутри него, причем в цилиндрическом зазоре постоянного магнита установлена градиентная катушка, образующая внутри своего корпуса цилиндрический зазор, причем в цилиндрическом зазоре градиентной катушки установлена радиочастотная катушка, образующая внутри своего корпуса цилиндрический зазор для прохождения сквозь него полноразмерного керна, блок электроники выполнен с возможностью

управлять блоком перемещения керна так, чтобы обеспечивать перемещение керна сквозь блок магнита и катушек с заданной скоростью, и управлять блоком магнита и катушек так, чтобы формировать с помощью приемопередающей катушки и градиентной катушки сигнал ЯМР с заданными параметрами, принимать и обрабатывать отклик керна на это воздействие, определять параметры керна на основании отклика, причем градиентная катушка состоит из двух зеркально симметричных частей, каждая из которых представляет собой последовательное соединение двух полукруглых и четырех прямолинейных участков проводников, причем полукруглые участки проводников каждой части имеют радиус r , смещены друг относительно друга на расстояние 2^*H и находятся в параллельных плоскостях, концы полукруглых участков соединены друг с другом посредством

четырёх прямолинейных участков проводников, проходящих через точку, находящуюся посередине между полукруглыми участками и удаленную от оси, соединяющей центры полукруглых участков, на расстояние R , причем части градиентной катушки соединены навстречу друг другу, отношение R/r равно по существу 12:

7, а отношение H/R равно по существу 15:12. Технический результат: обеспечение возможности оперативного определения ЯМР-свойств образцов полноразмерного керна непосредственно на скважине без предварительной подготовки к исследованиям. 2 н. и 4 з.п. ф-лы, 4 ил.



Общий вид мобильной установки ЯМР в рабочем положении

Фиг. 1

RU 2747741 C1

RU 2747741 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 24/08 (2021.02)

(21)(22) Application: **2020127546, 18.08.2020**

(24) Effective date for property rights:
18.08.2020

Registration date:
13.05.2021

Priority:

(22) Date of filing: **18.08.2020**

(45) Date of publication: **13.05.2021 Bull. № 14**

Mail address:
**420085, g. Kazan, Khimikov, 15-29, Galimov Ajrat
Ilshatovich**

(72) Inventor(s):

**Belousova Natalia Nikolaevna (RU),
Bragin Aleksei Viktorovich (RU),
Murzakaev Vladislav Marksovich (RU),
Skirda Vladimir Dmitrievich (RU),
Ivanov Anatolii Aleksandrovich (RU),
Aleksandrov Artem Sergeevich (RU),
Gnezdilov Oleg Ivanovich (RU),
Arkipov Ruslan Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennostiu
«TNG-Grupp» (RU)**

(54) **DEVICE FOR DETERMINING CORE PARAMETERS AND CORRESPONDING METHOD**

(57) Abstract:

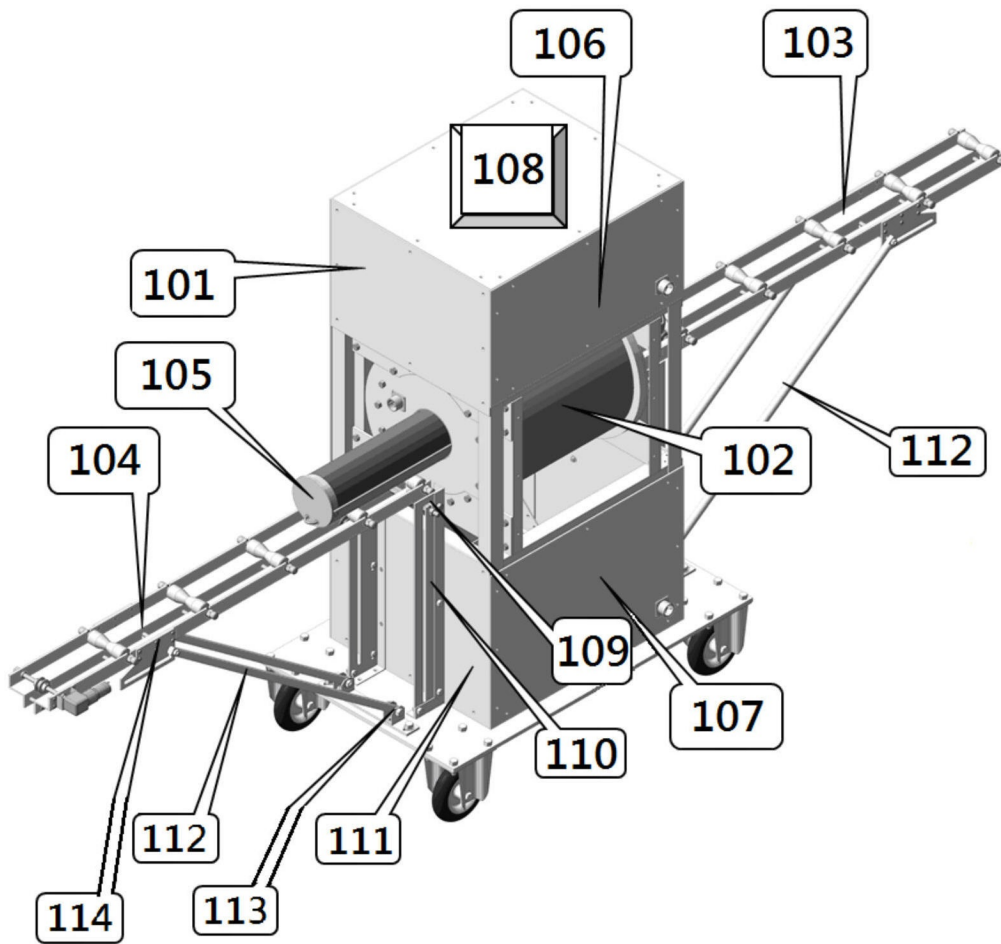
FIELD: geophysics.

SUBSTANCE: invention is used to determine the parameters of whole cores. The essence of the invention lies in the fact that the device for determining the parameters of whole cores consists of a body, which is a supporting frame; a unit of magnet and coils, a unit for moving the core, an electronics unit attached to the body, while the unit of magnet and coils is made in the form of a permanent magnet according to the Halbach array with a cylindrical gap inside it. A gradient coil is installed in the cylindrical gap of a permanent magnet, forming inside its body a cylindrical gap, moreover, a radio frequency coil is installed in the cylindrical gap of the gradient coil, forming a cylindrical gap inside its housing for the passage of a whole core through it, the electronics unit is configured to control the core movement unit so as to ensure the movement of the core through the magnet unit and the coils at a given speed, and control the block of magnet and coils so as to form an NMR signal with the given parameters using the transceiver coil and the gradient coil, to receive and

process the response of the core to this effect, to determine the core parameters based on the response. The gradient coil consists of two mirror-symmetrical parts, each of which is a series connection of two semicircular and four straight sections of conductors, and the semicircular sections of the conductors of each part have a radius r . They are displaced relative to each other by a distance of $2 \cdot H$ and are in parallel planes, the ends of the semicircular sections are connected to each other by means of four straight sections of conductors passing through a point located in the middle between the semicircular sections and remote from the axis connecting the centers of the semicircular sections, at a distance R , and the parts of the gradient coil are connected towards each other, the ratio R/r is essentially 12:7, and the H/R ratio is essentially 15:12.

EFFECT: invention is aimed at providing ability to quickly determine the NMR properties of whole core samples directly in the well without preliminary preparation for research.

6 cl, 4 dwg



Общий вид мобильной установки ЯМР в рабочем положении

Фиг. 1

RU 2747741 C1

RU 2747741 C1

Область техники, к которой относится изобретение.

Изобретение относится к исследованию свойств и анализу параметров кернов с помощью ядерного магнитного резонанса, в частности, к определению параметров кернов в непосредственной близости от скважины, из которой он извлечен.

5 Уровень техники.

Обычно устройства, использующие ЯМР для определения параметров исследуемого объекта громоздки, их вес намного больше тонны, а размеры не позволяют их легко транспортировать стандартными легкодоступными средствами. Поэтому обычно для исследования кернов после извлечения их увозят в стационарную лабораторию, где
10 находится ЯМР-анализатор. Такой подход значительно увеличивает время до получения результатов анализа, вызывает увеличение рисков повреждения керна, снижает информативность и точность полученных результатов.

Существующие компактные ЯМР-анализаторы не могут быть применены для анализа параметров полноразмерного керна без его разрушения, так как их рабочие области
15 намного меньше размеров полноразмерного керна (цилиндр с диаметром около 10 см и длиной более 1,5 метров). Существующие ЯМР-анализаторы с достаточно большой для исследования полноразмерного керна рабочей областью не могут быть легко доставлены к скважине.

Известно устройство прецизионного перемещения полноразмерного керна в датчике
20 ЯМР (RU2495407C1, опубл. 10.10.2013). Устройство содержит подающий и приемный конвейерные модули. Контейнер керна вместе с капроновым буксировочным тросиком, объединяющим подающий и приемный конвейерные модули, образует замкнутый контур. Техническими результатами являются упрощение конструкции, повышение надежности и уменьшение веса устройства. Однако в данном решении не раскрываются
25 особенности блока ЯМР и не раскрываются его функциональные возможности.

Известно решение, раскрывающее автоматический анализ керна на основе ядерного магнитного резонанса (US4885540A, опубл. 05.12.1989). В известном решении с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР) создают кривые пористости сплошного керна. Керна, содержащий природные жидкости, подается между полюсами магнита для ЯМР-
30 анализа. С помощью ЯМР измеряют пористость и предпочтительно насыщенность нефтью и водой и равномерное распределение пористости в пласте-коллекторе с интервалами вдоль керна. Основной конвейер, ЯМР анализ, сбор и отображение данных контролируются процессором. Однако в данном решении не используются градиентных катушек, а конструкция анализатора является громоздкой и немобильной.

Известно выбранное в качестве прототипа решение, раскрывающее аппарат для
35 контроля характеристик горных пород с помощью ЯМР (US5525904, опубл. 11.06.1996). Известный аппарат снабжен плакированным постоянным магнитом для создания магнитного поля, имеющего профиль седла. Магнитное поле достаточно однородно в рабочем объеме, чтобы можно было провести эксперимент ЯМР. Каменные керны
40 транспортируются вдоль пути, вокруг которого расположен магнит. Керна проходит через рабочий объем магнитного поля ортогонально к седловому профилю магнитного поля. ЯМР-эксперимент по мониторингу характеристик нефтеносной породы, таких как пористость, проводится на части керна в пределах рабочего объема.

Однако в этом решении не раскрываются возможности анализа параметров
45 полноразмерных кернов непосредственно на скважине.

Раскрытие изобретения.

В одном аспекте изобретения раскрыто устройство для определения параметров полноразмерных кернов, содержащее:

- корпус, представляющий собой несущий каркас;
 - блок магнита и катушек, блок перемещения керна, блок электроники, прикрепленные к корпусу;

характеризующийся тем, что

5 блок магнита и катушек выполнен в виде постоянного магнита по структуре Хальбаха с цилиндрическим зазором внутри него, причем в цилиндрическом зазоре постоянного магнита установлена градиентная катушка, образующая внутри своего корпуса цилиндрический зазор, причем в цилиндрическом зазоре градиентной катушки
 10 установлена радиочастотная катушка, образующая внутри своего корпуса цилиндрический зазор для прохождения сквозь него полноразмерного керна,

блок электроники выполнен с возможностью управлять блоком перемещения керна так, чтобы обеспечивать перемещение керна сквозь блок магнита и катушек с заданной скоростью, и управлять блоком магнита и катушек так, чтобы формировать с помощью
 15 приемопередающей катушки и градиентной катушки сигнал ЯМР с заданными параметрами, принимать и обрабатывать отклик керна на это воздействие, определять параметры керна на основании отклика;

причем градиентная катушка состоит из двух зеркально симметричных частей, каждая из которых представляет собой последовательное соединение двух полукруглых и четырех прямолинейных участков проводников;

20 причем полукруглые участки проводников каждой части имеют радиус r , смещены друг относительно друга на расстояние $2 \cdot H$ и находятся в параллельных плоскостях, концы полукруглых участков соединены друг с другом посредством четырех прямолинейных участков проводников проходящих через точку, находящуюся посередине между полукруглыми участками и удаленную от оси соединяющей центры
 25 полукруглых участков на расстояние R ;

причем части градиентной катушки соединены навстречу друг другу, отношение R/r равно по существу 12:7, а отношение H/R равно по существу 15:12.

В дополнительных аспектах раскрыто, что каркас установлен на колесной базе; в блоке перемещения керна содержатся приемный и подающий модули, причем эти
 30 модули выполнены с возможностью закрепления в горизонтальном и по существу вертикальном положениях; в устройстве дополнительно содержится связанный с блоком электроники компьютер, выполненный с возможностью сбора, обработки, хранения и передачи данных об определенных параметрах керна; блок магнита и катушек дополнительно содержит крепежную арматуру, экранирующие панели.

35 В другом аспекте изобретения раскрыт способ для определения параметров кернов с высоковязкой нефтью, содержащий этапы на которых:

- извлекают керн из скважины;
- помещают керн в описанное выше устройство;
- проводят ЯМР определение параметров керна с помощью описанного выше

40 устройства.

Основной задачей решаемой заявленным изобретением является определение общей флюидонасыщенности (количество флюида в образце по отношению к объёму образца) в образце полноразмерного керна сразу после его извлечения с помощью мобильного устройства ядерно-магнитного резонанса, обеспечивающего получение необходимых
 45 параметров измерения через 1 см при диаметре керна не менее 115 мм и его длиной не менее 1 метра, в том числе в упаковке (изолированный керн).

Сущность изобретения заключается в том, что измеряются параметры керна только что извлеченного из скважины, что повышает точность определения параметров пласта,

из которого был извлечен керн. Такая оперативность измерения обеспечивается благодаря комплексу конструктивных решений, реализованных в заявленном устройстве для определения параметров кернов, что позволило создать мобильное устройство, которое может быть использовано непосредственно у скважины. Конструктивные особенности используемых магнитных блоков позволяют создать компактное устройство, которое может быть легко доставлено к скважине для быстрого определения характеристик керна сразу после его извлечения.

Технический результат, достигаемый решением, заключается в повышении точности определения параметров пласта, оперативном определении ЯМР-свойств образцов полноразмерного керна непосредственно на скважине без предварительной подготовки к исследованиям, что достигается благодаря конструктивным особенностям устройства.

Краткое описание чертежей.

Фиг.1 показывает общий вид мобильной установки в рабочем положении.

Фиг.2 показывает блок градиентной катушки

Фиг.3 показывает используемый в установке блок магнита.

Фиг.4 показывает каркасы градиентных и радиочастотной катушек.

Осуществление изобретения.

Разработанное устройство для определения параметров кернов на основе ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) содержит источник постоянного магнитного поля, приемник и передатчик сигналов, блок управления, градиентные катушки, создающие однородный градиент магнитного поля, величина которого позволяет проводить регистрацию малых коэффициентов самодиффузии (КСД), соответствующих высоковязким нефтям и природным битумам, при этом дискретность получения ЯМР-свойств по длине керна составляет не хуже, чем 1см.

Для достижения технического результата в устройстве предложено применение магнитной системы на постоянных магнитах по структуре Хальбаха, т.к. она имеет наибольшее отношение размера области однородности магнитного поля (рабочей области) к геометрическим размерам магнитной системы среди прочих при тех же создаваемых напряженностях магнитного поля. Предложено применение градиентной катушки особой конструкции, которая позволяет измерять КСД флюида, насыщающего керн.

Одно из главных преимуществ заявляемого изобретения это возможность исследовать полноразмерный керн (до 115 мм) непосредственно у скважины сразу после его извлечения, которая достигается за счет правильного выбора типа магнитной системы, конструкций градиентной и приемопередающей катушек.

Разработанное устройство выполнено с возможностью определять следующие ЯМР характеристики:

- спектры времён спин-спиновой (поперечной ядерной магнитной) релаксации;
- времена спин-решеточной (продольной ядерной магнитной) релаксации;
- коэффициенты самодиффузии;

- полное содержание ядер ^1H (протонную плотность) в керне, включая те, которые входят в состав твердых (кристаллических) компонент керна.

Прямое измерение указанных выше характеристик позволяет оперативно при помощи специального программного обеспечения рассчитывать следующие выходные характеристики керна:

- общая ЯМР пористость;
- эффективная пористость (часть подвижного флюида);
- ЯМР пористость по настраиваемым наборам бинов (кавернозная, эффективная,

капиллярная, глинистая пористость);

- проницаемость;
- фазовая проницаемость;
- компонентное и фазовое состояние флюида;
- средний размер пор и распределение пор по размерам.

ОПИСАНИЕ ВАРИАНТА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВА

На фиг. 1 представлен общий вид мобильной установки ЯМР в рабочем положении. Корпус 101 содержит блок 102 магнита и катушек, к корпусу прикреплены приемный модуль 103 и подающий модуль 104. К модулям 103 и 104 прикреплен с возможностью перемещения контейнер 105 с кернам. Также в корпусе 101 содержится блок 106

электроники, который выполнен с возможностью управлять приемным модулем 103 и подающим модулем 104, блоком 102 магнита и катушек, принимать и обрабатывать данные, полученные от образца керна в результате ЯМР-анализа. Также в корпусе 101 содержится блок 107 питания для питания электронных элементов устройства.

В одном из вариантов осуществления корпус 101 содержит компьютер 108 для сбора, обработки, хранения и передачи данных.

Корпус 101 представляет собой несущий каркас, установленный на колесной базе. Внутри корпуса установлен блок 102 магнита и катушек, состоящий из блока постоянного магнита, блока радиочастотной катушки и блока градиентной катушки, блок 106 электроники и блок питания 107. В рабочем положении оси 109 подающего 103 и приемного 104 модулей закреплены в седлах направляющих 110 несущей панели 111. Модули удерживаются в горизонтальном положении при помощи укосин 112, закрепленных одним концом в кронштейнах 113, установленных на колесной базе, а другим концом в фиксаторе 114 модулей. Для перевода установки в походное положение оси 109 модулей вынимаются из седел и опускаются в прорези направляющих 110. При этом модули принимают вертикальное положение и фиксируются на корпусе.

Блок 102 магнита и катушек представляет собой магнитную систему, создающую сильное однородное магнитное поле с индукцией $V_0=(0,0,V_0)$, дополненную системой катушек, создающих магнитное поле с индукцией $V_g=(V_x,V_y,V_z)$, линейно зависящее от пространственных координат (далее – градиентных катушек), и как минимум одной приемопередающей катушкой, создающей импульсы переменного магнитного поля (далее РЧ-импульсы), возбуждающей сигнала ЯМР и принимающей сигнал ЯМР в момент его формирования.

В известных конструкциях, относящихся к технике МРТ и ЯМР, большинство магнитных систем, создающих внешнее магнитное поля V_0 с направлением, принимаемым по соглашению по оси (O_z), можно разделить:

- на конструкции с плоским зазором, характерным для конструкций постоянных магнитов и электромагнитов, в которых объем зазора, ограничен плоскостями, перпендикулярными направлению индукции поля внешнего магнита по оси (O_z);
- на конструкции, характерные для сверхпроводящих магнитов, с цилиндрическим зазором, ось которого совпадает с осью направления индукции магнитного поля (O_z);
- на конструкции, характерные для постоянных магнитов на основе системы Хальбаха, с цилиндрическим зазором, ось которого совпадает с осью (O_x), перпендикулярной направлению внешнего магнитного поля (O_z).

Используемая магнитная система относится к магнитным системам, изготовленным на базе систем Хальбаха.

Из исследованного уровня техники известно, что амплитуда индукции внешнего

магнитного поля B_0 , как правило, превосходит амплитуду индукции магнитного поля градиентной катушки B_g . Если выбрать в качестве центра отсчёта системы координат $r=(x,y,z)$ точку, в которой $B_g=0$, то амплитуду индукции суперпозиции внешнего магнитного поля и поля градиентной катушки B можно выразить, как: $B=|B_0+B_g|\approx B_0+G\cdot r$, где $G=(G_x, G_y, G_z)$ – градиент проекции B_z вектора индукции поля градиентной катушки на направление внешнего магнитного поля в центре выбранной системы координат, $G=\nabla B_z|_{r=0}$.

Однородный градиент магнитного поля необходим в технике МРТ и ЯМР для пространственного кодирования сигнала ЯМР за счёт формирования резонансных условий в плоском слое, нормаль к которому определяется направлением градиента G , а толщина слоя – амплитудой градиента G и результирующей полосой $\Delta\nu$ принятого сигнала ЯМР, которая определяется и может регулироваться как полосой возбуждения, полосой приемника и так и полосой наложенных фильтров в процессе цифровой обработки сигнала. Уравнения ограничивающих слой плоскостей имеют вид: $\pm\Delta\nu=\gamma G\cdot r$, где γ – гиромагнитное отношение для резонансных ядер. Для создания однородного градиента магнитного поля G , направленным вдоль одной из осей координат, используются соответственно конструкции G_x -, G_y - и G_z -катушек.

Для генерации градиентных полей в технике МРТ и ЯМР применяется большое количество различных конструкций. Для магнитов с плоским зазором в качестве таких градиентных катушек используются встречные катушки Гельмгольца (или катушки Максвелла), квадрупольные катушки, планарные катушки. Для магнитов с цилиндрическим зазором, ось которого совпадает с направлением внешнего магнитного поля, предложено множество конструкций G_x -, G_y - и G_z -катушек, включая такие конструкции как седлообразные катушки, встречные катушки Гельмгольца и им подобные, катушки подобные катушке Голая, поверхностные катушки.

Оптимизация конструкции катушки определяются необходимостью, с одной стороны, максимизировать значение градиента магнитного поля G , а с другой стороны, расширить область однородности градиента магнитного поля.

Указанные выше требования входят в противоречие друг с другом, так как максимизация градиента магнитного поля требует, как можно более близкого взаимного приближения обмоток катушки друг к другу, в то время как вблизи обмоток катушки градиент магнитного поля G становится существенно неоднородным.

Таким образом, основными факторами, влияющими на выбор конструкции катушки, являются форма и размеры зазора внешнего магнита, определяющая внешние геометрические характеристики катушки, и требуемое направление вектора градиента G по отношению к направлению внешнего магнитного поля B_0 , определяющие конструкцию градиентной катушки.

При этом величина и направление градиента G определяется проекцией вектора индукции поля B_z градиентной катушки на вектор индукции внешнего поля B_0 .

Предложенная катушка благодаря своим характеристикам может быть использована в мобильной установке для ЯМР-исследования полноразмерных кернов в полевых условиях. Градиентная катушка устанавливается в магнит с цилиндрическим зазором, в котором вектор магнитной индукции перпендикулярен оси зазора.

Авторами оптимизирована конструкция G_x -катушки, устанавливаемая в цилиндрический зазор магнита, вектор индукции которого перпендикулярен оси зазора, и обеспечивающая максимально возможный внутренний объём цилиндрической формы

для помещения в него исследуемого объекта. Конструкция G_x -катушки состоит из двух зеркально симметричных частей (обмоток), каждая из которых представляет собой последовательное соединение дугообразных и прямолинейных участков (элементов) проводников. Оптимизация геометрических размеров G_x -катушки проводилась с целью достижения максимальных размеров области однородности градиента и максимального для данных размеров значения градиента G_x .

На фиг. 2 показан блок 200 магнита и катушек в сборе с крепежной арматурой 219 и экранирующими панелями 220 катушек. Градиентные катушки посредством разъема 221 соединяются с подблоком градиента блока 106 электроники, а приемопередающая катушка посредством разъема 222 – с РЧ подблоком блока 106 электроники.

На фиг.3 представлена конструкция градиентной катушки, из которой понятна схема соединения проводников, составляющих обмотки градиентной G_x -катушки.

Блок градиентной катушки представляет собой устройство для создания однородного градиента магнитного поля по оси цилиндрического образца, предназначенное для установки в цилиндрический зазор магнита, генерирующего индукцию магнитного поля перпендикулярную оси зазора, характеризующееся тем, что на каркас устройства, выполненного из жёстко соединённых двух внешних и одного центрального коаксиальных колец с прорезями для крепления проводников, причем центральное кольцо имеет больший радиус, а прорези в двух внешних кольцах смещены по отношению к прорезям центрального кольца на угол 90° , наматываются две геометрически зеркально симметричные обмотки, каждая из которых, в свою очередь, представляет собой последовательное соединение четырёх прямолинейных и двух дугообразных участков проводников, при этом прямолинейные проводники, каждой из обмоток, проходят через прорезь центрального кольца, образуя перекрёстное («X»-образное) наложение проводников в области прорези центрального кольца. В результате при пропускании тока через соединённые навстречу друг другу обмотки катушки создается магнитное поле с однородным, направленным по оси катушки градиентом магнитного поля во внутренней, центральной области катушки. При этом катушка имеет оптимальные параметры, независимые от размера зазора магнита, для достижения максимального значения градиента и размеров области однородности градиента, а именно, отношение полувысоты H (половины расстояния между внешними кольцами) к радиусу центрального кольца R катушки $H/R=15:12$ и отношение радиуса внешнего кольца r к радиусу центрального кольца R катушки $r/R=7:12$.

Предложенная градиентная катушка реализована следующим образом. Конструкция включает в себя каркас градиентной катушки из трёх жестко соединённых колец: центрального и двух внешних, расположенных со смещением по две стороны от центрального кольца все три в плоскостях параллельных друг другу, и двух соединённых навстречу друг к другу обмоток. В каждом кольце имеются два отверстия - прорези для прокладки проводников обмоток. Расположение прорезей в центральном кольце смещено на угол 90° относительно прорезей внешних колец. На каркас катушки намотаны две обмотки, соединённые навстречу друг к другу, каждая из которых состоит из шести проводников тока: четырёх прямолинейных участков проводников тока (на фиг. 3 проводники (301), (302), (304), (305) для первой обмотки и проводников (308), (309), (311), (312) для второй обмотки) и двух дугообразных участков проводников тока (на фиг. 3 проводники (303), (306) для первой обмотки, и проводников (310), (313) – для второй обмотки). Прямолинейные проводники соединяют прорези внешнего кольца с прорезями центрального кольца таким образом, чтобы в точке прорези

центрального кольца образовалось перекрестное наложение проводников.

Прямолинейный проводник (301) переходит в прямолинейный проводник (302) в точке (307) пересечения оси (O_z) с окружностью центрального кольца каркаса, обозначенной штриховой линией на фиг. 3. Прямолинейный участок проводника (302) соединяется с дугообразным участком проводника (303), проходящего по краю внешнего кольца и соединяющего прорези в нём. Дугообразный участок проводника (303) переходит в прямолинейный участок проводника (304), который соединяет прорезь внешнего кольца и прорезь центрального кольца. Прямолинейный участок проводника (304) переходит в прямолинейный участок проводника (305) так, чтобы получилось перекрестное наложение проводников. Прямолинейный участок проводника (305) соединяется с дугообразным участком проводника (306), закрепленном на внешнем кольце каркаса. Дугообразный участок проводника замыкает (306) обмотку при соединении с участком проводника (301). Вторая обмотка наматывается аналогичным образом и является геометрическим зеркальным отражением первой обмотки. Обе обмотки состоят из одинакового числа витков и включены навстречу друг к другу. Стрелками на проводниках на фиг. 3 обозначены направления протекания электрического тока. Электрический ток в катушке создаёт магнитное поле, которое характеризуется областью с однородным градиентом G_x , т.е. областью в которой проекция магнитной индукции на ось (O_z) близка к линейной зависимости $B_z = x \cdot G_x$.

Для генерации магнитного поля с однородным градиентом G_x проекции B_z катушка помещается в цилиндрический зазор магнита, генерирующего индукцию магнитного поля перпендикулярную оси зазора, так чтобы оси зазора и ось катушки совпадали, затем ориентируется так, чтобы ось, проходящая через точки (307) и (314), совпала с направлением индукции поля магнита, и подсоединяется к источнику тока.

Конструкция катушки предназначена для использования в магнитах с цилиндрическим зазором, ось которого перпендикулярна направлению вектора магнитной индукции, создаваемого магнитом, и создает во внутренней области катушки поле с однородным градиентом

Описание работы устройства

Механическая часть устройства для определения параметров кернов, внешний вид которой показан на фиг. 1, работает следующим образом. Керн, уложенный в контейнер 105 на подающем модуле 103, по команде блока 106 электроники начинает перемещаться в рабочую зону блока 102 магнита и катушек при помощи устройства прецизионного перемещения керна, установленного на приемном модуле 104. При достижении керном активной зоны блока 102 магнита и катушек контейнер с керном останавливается и начинается измерение ЯМР-свойств. Передатчик РЧ подблока блока 106 электроники формирует в приемопередающей катушке серию импульсов переменного магнитного поля (РЧ-импульсов), поляризованного перпендикулярно постоянному магнитному полю, тем самым возбуждая в активной области систему ядер. Тип последовательности импульсов зависит выбранного от режима измерений, например, для измерения спектров спин-спиновой релаксации применяется последовательность CPMG, для измерения спектров спин-решеточной релаксации – последовательность «inversion-recovery», для измерения полного содержания ядер ^1H в керне – последовательность «solidecho»; режимы измерений могут быть совмещены. В заданные импульсной последовательностью моменты времени в приемно-передающей катушке формируется сигнал ЯМР (спад свободной индукции или спиновое эхо), приёмник РЧ подблока блока 106 электроники усиливает, преобразует, фильтрует и оцифровывает этот сигнал.

По данным сигналам рассчитывают спектры времен ядерной магнитной релаксации и определяют фильтрационно-емкостные свойства – по меньшей мере общую флюидонасыщенность керна. Параметры пор, параметры флюида, проницаемость керна могут быть рассчитаны по полученным спектрам времен релаксации в
5 определенных моделях строения керна. По окончании анализа данного участка керна сдвигается на заданное блоком 106 электроники расстояние (минимальное 10мм) и начинается анализ следующего участка.

Работа блока 102 магнита и катушек и блока 106 электроники по сути идентична работе подобных блоков известных из уровня техники. Блок 102 магнита и катушек
10 создает постоянное магнитное поле, градиентное и радиочастотное магнитное поле в заданной области пространства, блок 106 электроники командует подающему модулю 103 перемещать керна в это пространство, принимает отклик (сигнал ЯМР) от части керна, на воздействующее на него поле, обрабатывает его, получает параметры керна и флюида, подает сигнал для смещения керна, принимает отклик новой части керна и
15 т.д. В итоге блок 106 электроники объединяет данные, полученные от каждой части керна, и выдает параметры керна и флюида в керне.

На фиг. 4 показан каркас градиентных катушек и радиочастотной катушки в сборе. Каркас градиентных катушек состоит из первой половины градиентных катушек 423 и второй половины градиентных катушек 424, представляющих собой полукольца 425.
20 Полукольца 425 первой половины градиентных катушек 423 и второй половины градиентных катушек 424 жестко соединены стержнями 426. Градиентные катушки намотаны на каждой половине каркаса отдельно. После намотки катушек и фиксации витков первая половина градиентных катушек 423 и вторая половина градиентных катушек 424 соединяются вокруг каркаса приемопередающей катушки 427. Каркас в
25 сборе при помощи экранирующих передней и задней панелей 220 закрепляется внутри постоянного магнита, который представляет собой цилиндр со сквозной цилиндрической полостью (зазором).

Постоянный магнит представляет собой магнит специального назначения на структурах Хальбаха, материал NdFeB, индукция магнитного поля – не менее 0.17
30 Диаметр свободного внутреннего зазора магнита с установленной системой пассивного шиммирования не менее 250мм.

Относительная однородность магнитного поля в зоне, имеющей форму цилиндра диаметром 120мм и длиной 10мм не хуже 10^{-3} .

Предлагаемое устройство для определения параметров кернов может
35 эксплуатироваться как отдельно, так и совместно с каротажной станцией. Заявленное устройство позволяет получить спектры времен спин-спиновой и спин-решеточной релаксации протонов (ядер ^1H) входящих в состав компонент керна, и по данным спектрам рассчитать фильтрационно-ёмкостные свойства полноразмерного (диаметром до 115 мм), только что извлеченного керна непосредственно на буровой. Измерения,
40 проводимые на скважине, повышают достоверность и оперативность получаемой информации, так как исключают разрушения образца керна, а также время на доставку и ожидание лабораторного исследования. Изначальные характеристики образцов керна при этом остаются неизменными.

Таким устройством исследовано более 600 метров свежесверленного
45 полноразмерного (100 мм) керна.

Варианты осуществления не ограничиваются описанными здесь вариантами осуществления, специалисту в области техники на основе информации изложенной в описании и знаний уровня техники станут очевидны и другие варианты осуществления

изобретения, не выходящие за пределы сущности и объема данного изобретения.

Элементы, упомянутые в единственном числе, не исключают множественности элементов, если отдельно не указано иное.

Под функциональной связью элементов следует понимать связь, обеспечивающую корректное взаимодействие этих элементов друг с другом и реализацию той или иной функциональности элементов. Частными примерами функциональной связи может быть связь с возможностью обмена информацией, связь с возможностью передачи электрического тока, связь с возможностью передачи механического движения, связь с возможностью передачи света, звука, электромагнитных или механических колебаний и т.д. Конкретный вид функциональной связи определяется характером взаимодействия упомянутых элементов, и, если не указано иное, обеспечивается широко известными средствами, используя широко известные в технике принципы.

Способы, раскрытые здесь, содержат один или несколько этапов или действий для достижения описанного способа. Этапы и/или действия способа могут заменять друг друга, не выходя за пределы объема формулы изобретения. Другими словами, если не определен конкретный порядок этапов или действий, порядок и/или использование конкретных этапов и/или действий может изменяться, не выходя за пределы объема формулы изобретения.

В заявке не указано конкретное программное и аппаратное обеспечение для реализации блоков на чертежах, но специалисту в области техники должно быть понятно, что сущность изобретения не ограничена конкретной программной или аппаратной реализацией, и поэтому для осуществления изобретения могут быть использованы любые программные и аппаратные средства известные в уровне техники. Так аппаратные средства могут быть реализованы в одной или нескольких специализированных интегральных схемах, цифровых сигнальных процессорах, устройствах цифровой обработки сигналов, программируемых логических устройствах, программируемых пользователем вентильных матрицах, процессорах, контроллерах, микроконтроллерах, микропроцессорах, электронных устройствах, других электронных модулях, выполненных с возможностью осуществлять описанные в данном документе функции, компьютер либо комбинации вышеозначенного.

Несмотря на то, что примерные варианты осуществления были подробно описаны и показаны на сопроводительных чертежах, следует понимать, что такие варианты осуществления являются лишь иллюстративными и не предназначены ограничивать более широкое изобретение, и что данное изобретение не должно ограничиваться конкретными показанными и описанными компоновками и конструкциями, поскольку различные другие модификации могут быть очевидны специалистам в соответствующей области.

Признаки, упомянутые в различных зависимых пунктах формулы, а также реализации, раскрытые в различных частях описания могут быть скомбинированы с достижением полезных эффектов, даже если возможность такого комбинирования не раскрыта явно.

Любые числовые значения, изложенные в материалах настоящего описания или на фигурах, предназначены для включения всех значений от нижнего значения до верхнего значения приращениями в один единичный элемент, при условии, что есть интервал по меньшей мере в два единичных элемента между любым нижним значением и любым верхним значением. В качестве примера, если изложено, что величина составляющей или значения технологического параметра, например, такого как температура, давление, время, и тому подобное, например, имеет значение от 1 до 90, предпочтительно от 20 до 80, более предпочтительно от 30 до 70, подразумевается, что значения, такие как от

15 до 85, от 22 до 68, от 43 до 51, от 30 до 32, и т.д., в прямой форме перечислены в этом описании изобретения. Что касается значений, которые являются меньшими, чем единица, при необходимости, один единичный элемент считается имеющим значение 0,0001, 0,001, 0,01 или 0,1. Таковые являются всего лишь примерами того, что
 5 определено подразумевается, и все возможные комбинации многочисленных значений между перечисленными самым низким значением и самым высоким значением должны считаться изложенными в прямой форме в этой заявке подобным образом.

(57) Формула изобретения

10 1. Устройство для определения параметров полноразмерных кернов, содержащее:
 - корпус, представляющий собой несущий каркас;
 - блок магнита и катушек, блок перемещения керна, блок электроники, прикрепленные к корпусу;

характеризующееся тем, что
 15 блок магнита и катушек выполнен в виде постоянного магнита по структуре Хальбаха с цилиндрическим зазором внутри него, причем в цилиндрическом зазоре постоянного магнита установлена градиентная катушка, образующая внутри своего корпуса цилиндрический зазор, причем в цилиндрическом зазоре градиентной катушки установлена радиочастотная катушка, образующая внутри своего корпуса
 20 цилиндрический зазор для прохождения сквозь него полноразмерного керна,

блок электроники выполнен с возможностью управлять блоком перемещения керна так, чтобы обеспечивать перемещение керна сквозь блок магнита и катушек с заданной скоростью, и управлять блоком магнита и катушек так, чтобы формировать с помощью
 25 приемопередающей катушки и градиентной катушки сигнал ЯМР с заданными параметрами, принимать и обрабатывать отклик керна на это воздействие, определять параметры керна на основании отклика;

причем градиентная катушка состоит из двух зеркально симметричных частей, каждая из которых представляет собой последовательное соединение двух полукруглых и четырех прямолинейных участков проводников;

30 причем полукруглые участки проводников каждой части имеют радиус r , смещены друг относительно друга на расстояние $2 \cdot H$ и находятся в параллельных плоскостях, концы полукруглых участков соединены друг с другом посредством четырех прямолинейных участков проводников, проходящих через точку, находящуюся посередине между полукруглыми участками и удаленную от оси, соединяющей центры
 35 полукруглых участков, на расстояние R ;

причем части градиентной катушки соединены навстречу друг другу, отношение R/r равно по существу 12:7, а отношение H/R равно по существу 15:12.

2. Устройство по п.1, в котором каркас установлен на колесной базе.

3. Устройство по п.1, в котором в блоке перемещения керна содержатся приемный
 40 и подающий модули, причем эти модули выполнены с возможностью закрепления в горизонтальном и по существу вертикальном положениях.

4. Устройство по п.1, в котором дополнительно содержится связанный с блоком электроники компьютер, выполненный с возможностью сбора, обработки, хранения и передачи данных об определенных параметрах керна.

45 5. Устройство по п.1, в котором блок магнита и катушек дополнительно содержит крепежную арматуру, экранирующие панели.

6. Способ для определения параметров кернов с высоковязкой нефтью, содержащий этапы на которых:

- извлекают керн из скважины;
- помещают керн в устройство по п.1;
- проводят ЯМР определение параметров керна с помощью устройства по п.1.

5

10

15

20

25

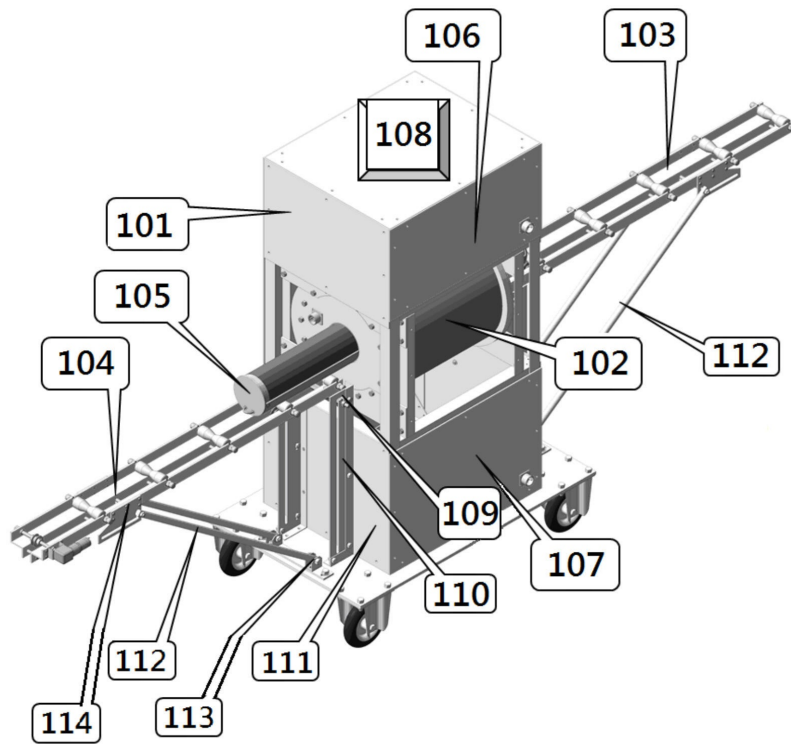
30

35

40

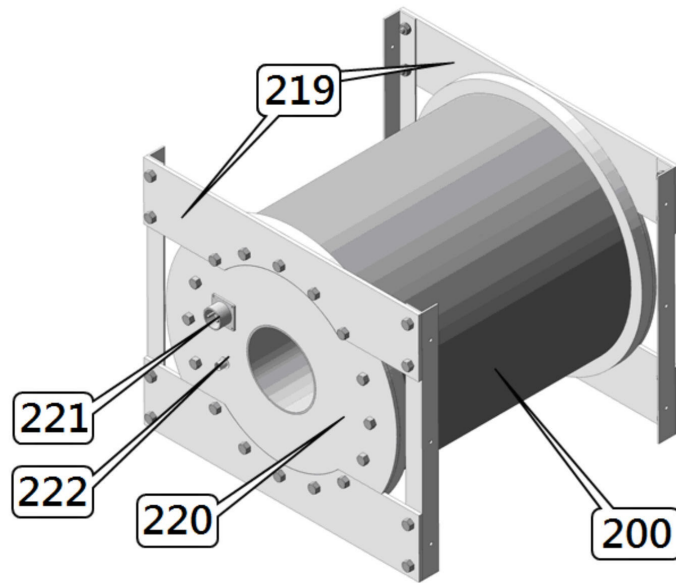
45

1

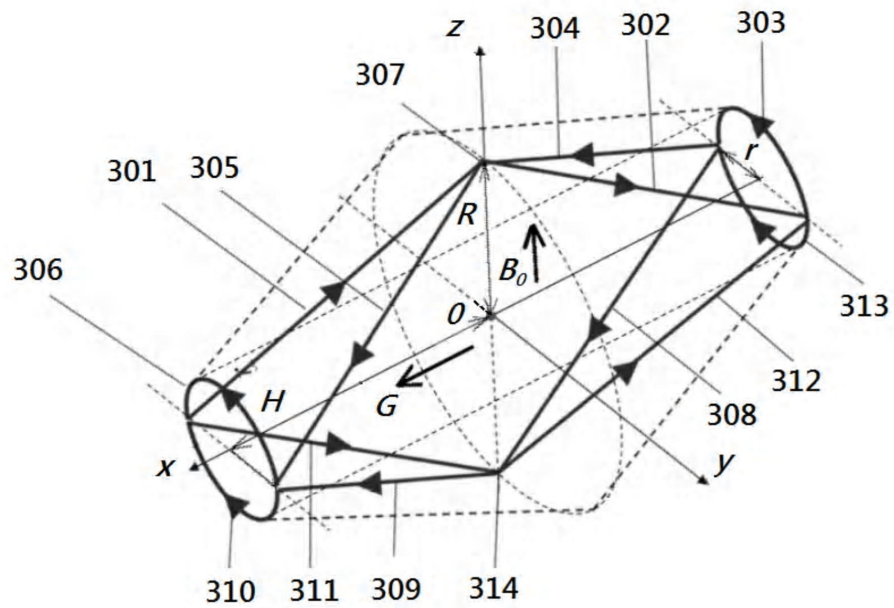


Фиг. 1 Общий вид мобильной установки ЯМР в рабочем положении

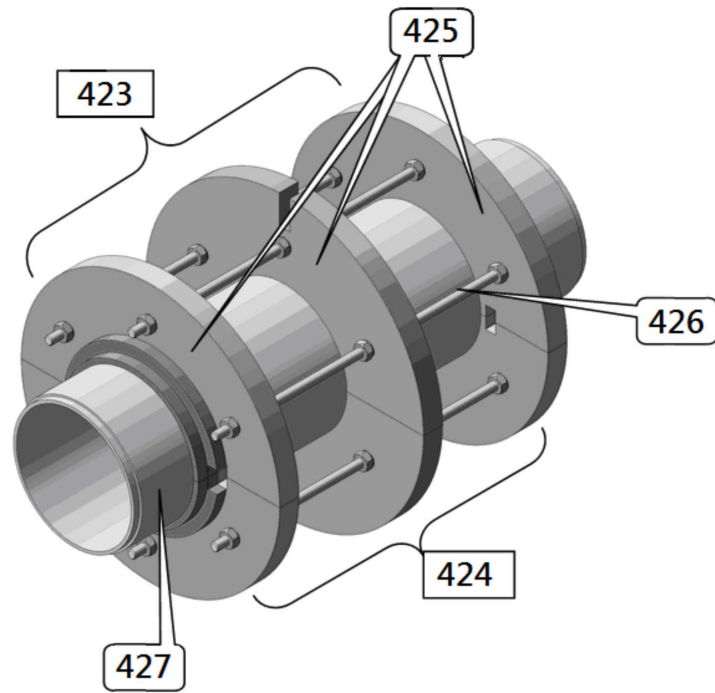
2



Фиг.2 Блок градиентной катушки



Фиг. 3 Схема используемого в установке блока магнита



Фиг. 4 Каркасы градиентных и радиочастотной катушек