



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004105304/28, 24.02.2004

(24) Дата начала действия патента: 24.02.2004

(45) Опубликовано: 20.07.2005 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2152006 C1, 27.06.2000. RU 2141628 C1, 20.11.1999. SU 571775 A1, 05.09.1977. EP 0103388 A2, 21.03.1984. EP 0287146 A2, 19.10.1988. US 4922202 A, 01.05.1990.

Адрес для переписки:

420140, г.Казань, ул. Минская, 10, кв.77,  
 И.И. Садыкову

(72) Автор(ы):

Валиев Р.Ф. (RU),  
 Харисов А.Г. (RU),  
 Садыков И.И. (RU),  
 Шмелев А.А. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

Открытое Акционерное Общество  
 "Альметьевский завод "Радиоприбор" (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВА И РАСХОДА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА (ВАРИАНТЫ)

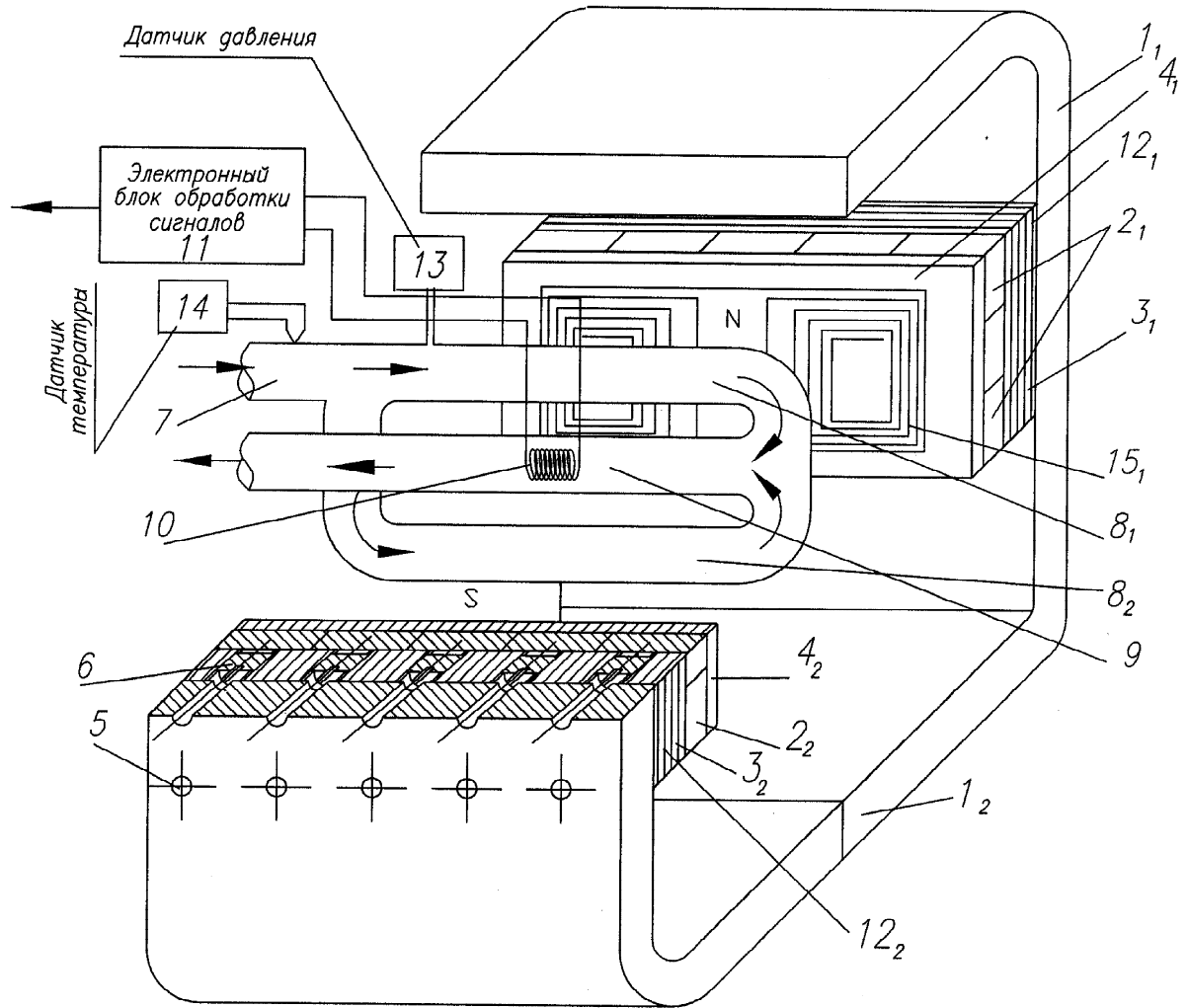
(57) Реферат:

Использование: для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса. Сущность заключается в том, что устройство для измерения и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса содержит магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, при этом часть трубы, которая размещена в магнитном поле между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного и центрального, размещенного в центральной части магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, где выполняются условия

реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена коаксиально внутри центрального участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы. Технический результат: повышение точности измерений состава и расхода многокомпонентной жидкости, увеличение КПД использования магнитной системы, упрощение конструкции и уменьшение размеров и веса предлагаемого устройства. 4 н. и 1 з.п. ф-лы, 9 ил.

RU 2 256 931 C1

RU 2 256 931 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004105304/28, 24.02.2004**

(24) Effective date for property rights: **24.02.2004**

(45) Date of publication: **20.07.2005 Bull. 20**

Mail address:

**420140, g.Kazan', ul. Minskaja, 10, kv.77,  
I.I. Sadykovu**

(72) Inventor(s):

**Valiev R.F. (RU),  
Kharisov A.G. (RU),  
Sadykov I.I. (RU),  
Shmelev A.A. (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe Aktsionernoe Obshchestvo  
"Al'met'evskij zavod "Radiopribor" (RU)**

(54) **DEVICE FOR MEASURING COMPOSITION AND FLOW OF MULTI-COMPONENT LIQUID ON BASIS OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE (VARIANTS)**

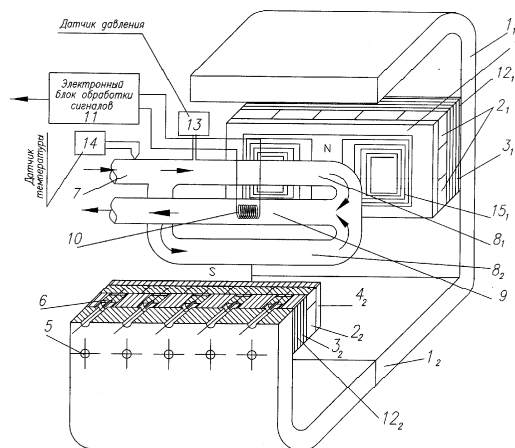
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: device has magnetic system, pipe, made of non-magnetic material, portion of which is placed in magnetic field between end pieces of magnetic system, radio-frequency coil, electronic signals processing block, pressure sensor and temperature sensor, while portion of pipe which is positioned in magnetic field between poles of magnetic system, made with such a diameter, where conditions for realization of nuclear magnetic resonance are realized, i.e. relative change of magnetic induction in any direction within that volume does not exceed  $10^{-3}$ , radio-frequency coil, positioned between Faraday screens and connected to electronic signals processing block, is positioned coaxially inside central pipe portion in such a way that axes of inter-polar space of magnetic system and radiofrequency coil were positioned perpendicularly to each other, while center of coil constructively is positioned

in the center of inter-polar space of magnetic system.  
EFFECT: higher precision, higher efficiency, simplified construction, lesser dimensions and weight.

4 cl, 9 dwg



Фиг. 1

RU 2 256 931 C1

RU 2 256 931 C1

Предлагаемое устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса относится к измерительной технике и может применяться в области нефтедобычи, при первичной обработке нефти и в других областях промышленности и техники.

5 Основное назначение устройства - оперативное измерение параметров состава и расхода измеряемой многокомпонентной жидкости.

Известны конструкции устройств для измерения состава и расхода многокомпонентных жидкостей на основе использования ядерного магнитного резонанса (ЯМР), например Европатент EP 0691526 A1, N 95304710.7, 1995 г. "Способ и устройство для определения индивидуальных скоростей и состава многокомпонентного потока", патент США № 6046587, 10 кл. G 01 V 3/00, 2000 г. "Измерение расхода и скорости потока многофазных жидкостей, используя ЯМР-датчик" и другие.

В устройстве, заявленном в Европатенте (EP), используется способ измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости, основанный на измерении времени спин-15 решеточной релаксации протонов в потоке. Конструктивно устройство состоит из двух поляризующих и двух анализирующих магнитов, объединенных в одну магнитную систему. Две радиочастотные катушки намотаны на трубу, предназначенную для потока измеряемой жидкости, в областях анализирующих магнитов и электрически соединены двумя электронными блоками. Для управления этими блоками предусмотрен контроллер.

20 Более перспективным представляется использование устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости, заявленного патентом США N 6046587, кл. G 01 V 3/00, 2000 г., поэтому оно выбрано в качестве прототипа. Оно содержит две магнитные системы, трубу, предназначенную для потока измеряемой жидкости, радиочастотные катушки, установленные на трубе, электронные блоки, обеспечивающие 25 получение, измерение ЭХО-сигналов ЯМР и их дальнейшую обработку для получения оперативной информации о составе и расходе измеряемой жидкости. Труба выполнена из немагнитного диэлектрического материала. Радиочастотные катушки расположены (намотаны) поверх трубы. При таком расположении катушек для возбуждения ЯМР используется только часть энергии радиочастотных импульсов, т.е. ядра молекул 30 измеряемой жидкости возбуждаются только частью радиочастотного поля, проникающего в трубу, а другая часть магнитного поля замыкается без пользы вне трубы, не позволяя получать высокую точность измерений.

В прототипе используются две магнитные системы, первая используется для предварительной поляризации измеряемой жидкости, вторая для измерения состава и 35 расхода. Причем вторая магнитная система, в данном варианте, использует только часть энергии магнитного поля, где достигается однородность магнитного поля, необходимая для реализации условий ядерного магнитного резонанса. Обычно этот однородный объем магнитного поля составляет 5-10% от общего объема межполюсного пространства, что является недостатком данного устройства.

40 Для получения однородности анализирующего магнитного поля, необходимой для реализации условий ядерного магнитного резонанса, бывает недостаточно использование известных методов: шимм Роуза, шунтирования, изменения параллельности наконечников, тщательного подбора магнитных элементов. Поэтому в большинстве случаев приходится использовать магнитные системы с большими межполюсными пространствами, что 45 значительно увеличивает размеры и вес устройств.

Таким образом, недостатками устройства по прототипу являются: низкая точность измерений состава и расхода многокомпонентной жидкости, большие размеры и вес устройства, низкий КПД использования магнитной системы и сложность конструкции.

Решаемая техническая задача заключается в повышении точности измерений состава и 50 расхода многокомпонентной жидкости, увеличении КПД использования магнитной системы, упрощении конструкции и уменьшении размеров и веса предлагаемого устройства.

Эта задача в предлагаемом устройстве может быть выполнена в 4-х различных вариантах.

Техническая задача в первом варианте устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащем магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, достигается тем, что часть трубы, которая размещена в магнитном поле между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного разветвленного участка трубы, размещенного в периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального неразветвленного участка трубы, размещенного в центральной части магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена коаксиально внутри центрального неразветвленного участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом средний диаметр радиочастотной катушки выполнен таким размером, что площадь сечения центрального участка трубы в месте размещения катушки разделена ею на две равные части, а датчик давления и датчик температуры соединены с электронным блоком обработки, к которому также подключены градиентные катушки, размещенные в магнитном поле между наконечниками магнитной системы и трубой.

Техническая задача во втором варианте устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащем магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, достигается тем, что часть трубы, которая размещена в магнитном поле между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного разветвленного участка трубы, размещенного в периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального неразветвленного участка трубы, размещенного в центральной части магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена внутри центрального неразветвленного участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом радиочастотная катушка выполнена в виде двух параллельно расположенных секций, витки которых намотаны и соединены между собой так, что создают магнитные поля взаимно противоположенного направления, причем каждая из секций размещена на внутренней поверхности центрального участка трубы, а на своей внутренней стороне имеет экран Фарадея, и плоские части обеих секций радиочастотной катушки образуют одну общую перегородку, делящую площадь сечения центрального участка трубы на две равные части, датчик давления и датчик температуры соединены с

электронным блоком обработки, к которому также подключены градиентные катушки, размещенные в магнитном поле между наконечниками магнитной системы и трубой.

Техническая задача в третьем варианте устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащем  
5 магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, достигается тем, что часть трубы, которая размещена между полюсами магнитной системы, состоит из двух последовательных участков - периферийного участка трубы, размещенного  
10 в периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального участка трубы, размещенного в центральной части межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного  
15 пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена коаксиально внутри центрального участка трубы так, что оси  
20 межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом средний диаметр радиочастотной катушки выполнен таким размером, что площадь сечения центрального участка трубы в месте размещения катушки разделена ею на две равные части, датчик  
25 давления и датчик температуры соединены с электронным блоком обработки, к которому также подключены градиентные катушки, размещенные в магнитном поле между наконечниками магнитной системы и трубой.

Техническая задача в четвертом варианте устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащем  
30 магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, достигается тем, что часть трубы, которая размещена между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного участка трубы, размещенного в периферийной  
35 части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального участка трубы, размещенного в центральной части межполюсного пространства магнитной системы и выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного  
40 пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена внутри центрального участка трубы так, что оси межполюсного  
45 пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом радиочастотная катушка выполнена в виде двух параллельно расположенных секций, намотанных и соединенных между собой так, что создают магнитные поля взаимно противоположного направления, причем каждая из секций размещена на внутренней поверхности центрального участка  
50 трубы, а на своей внутренней стороне имеет экран Фарадея, и плоские части обеих секций радиочастотной катушки образуют одну общую перегородку, делящую площадь сечения центрального участка трубы на две равные части, датчик давления и датчик

температуры соединены с электронным блоком обработки, к которому также подключены градиентные катушки, размещенные в магнитном поле между наконечниками магнитной системы и трубой.

Для увеличения объема однородности магнитного поля магнитная система во всех вариантах снабжена регулируемыми элементами, расположенными в сердечниках магнитной системы.

Центральной частью межполюсного пространства магнитной системы предлагаемого устройства считается область магнитной системы, где магнитное поле является однородным, т.е. выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, а относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этой области не превышает  $10^{-3}$ .

Периферийной частью межполюсного пространства магнитной системы предлагаемого устройства считается оставшаяся часть межполюсного пространства, т.е. там, где магнитное поле неоднородно и относительное изменение магнитной индукции в любом направлении превышает  $10^{-3}$ .

Однородным объемом магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы предлагаемого устройства считается объем, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ . Этому условию соответствует объем межполюсного пространства, находящегося в его центре с радиусом  $0,4 L$ , где  $L$  межполюсное расстояние. Из чего следует, что внутренний диаметр центрального участка трубы  $D_{\text{внут}}$  не должен превышать  $0,8 L$ .

На фиг.1 изображен общий вид предлагаемого устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости для первого и второго вариантов технического решения.

На фиг.2 изображен общий вид предлагаемого устройства для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости для третьего и четвертого вариантов технического решения.

На фиг.3 изображено в разрезе размещение радиочастотной катушки в центральном неразветвленном участке трубы для первого и третьего вариантов технического решения.

На фиг.4 схематично изображены намотка и выполнение радиочастотной катушки первого и третьего вариантов технического решения.

На фиг.5 изображено в разрезе размещение радиочастотной катушки в центральном неразветвленном участке трубопровода для второго и четвертого вариантов технического решения.

На фиг.6 схематично изображены намотка и выполнение радиочастотной катушки второго и четвертого вариантов технического решения.

На фиг.7 изображена конфигурация участков трубопровода, находящихся между полюсами магнитной системы для первого и второго вариантов технического решения.

На фиг.8 изображена конфигурация участков трубопровода, находящихся между полюсами магнитной системы для третьего и четвертого вариантов технического решения.

На фиг.9 изображена блок-схема электронного блока обработки сигналов.

Все блоки, входящие в электронный блок обработки сигналов, выполнены по известным решениям, опубликованным в литературе.

Устройство во всех вариантах (фиг.1, 2) содержит магнитную систему, состоящую из ярма, выполненного из первой скобы  $1_1$  и второй скобы  $1_2$ , первого постоянного магнита  $2_1$  и второго постоянного магнита  $2_2$ , собранных из отдельных элементов, первого сердечника  $3_1$  и второго сердечника  $3_2$ , первого полюсного магнитного наконечника  $4_1$  и второго полюсного магнитного наконечника  $4_2$ , обеспечивающих создание однородного магнитного поля в пространстве между ними. Отверстия  $5$ , выполненные в первой скобе  $1_1$  и второй скобе  $1_2$ , обеспечивают доступ к регулирующим элементам  $6$ , выполненным в виде винтов, расположенных в первом сердечнике  $3_1$  и втором сердечнике  $3_2$  для получения требуемого объема однородного магнитного поля. Труба  $7$  (фиг.1, б),

выполненная из немагнитного материала, часть которой расположена в пространстве между первым полюсным наконечником 4<sub>1</sub> и вторым полюсным наконечником 4<sub>2</sub>, имеет первый периферийный участок 8<sub>1</sub> и второй периферийный участок 8<sub>2</sub> для первого и второго вариантов технического решения, а третий периферийный участок 8<sub>3</sub>, четвертый периферийный участок 8<sub>4</sub>, пятый периферийный участок 8<sub>5</sub>, шестой периферийный участок 8<sub>6</sub> для третьего и четвертого вариантов технического решения, которые размещены в периферийной части межполюсного пространства, и центральный участок 9, размещенный в центральной части межполюсного пространства магнитной системы, внутри которого размещена радиочастотная катушка 10, электрически соединенная с электронным блоком обработки сигналов 11, и выполненный таким диаметром, что внутренний объем центрального участка 9 трубы 7, ограниченный радиочастотной катушкой 10, не выходит за пределы границ однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ . Первая катушка подмагничивания 12<sub>1</sub> и вторая катушка подмагничивания 12<sub>2</sub>, входящие в состав магнитной системы, датчик давления 13 и датчик температуры 14, врезанные в первый периферийный участок 8<sub>1</sub> трубы 7 для первого и второго вариантов технического решения и в третий периферийный участок 8<sub>3</sub> трубы 7 для третьего и четвертого вариантов технического решения, соединены с электронным блоком обработки сигналов 11. Между первым наконечником 4<sub>1</sub> и центральным участком 9 трубы 7 размещена первая градиентная катушка 15<sub>1</sub>, а между вторым наконечником 4<sub>2</sub> и центральным участком 9 трубы 7 размещена вторая градиентная катушка 15<sub>1</sub>, соединенные с электронным блоком обработки сигналов 11. Размещение второй градиентной катушки 15<sub>2</sub> аналогично размещению первой градиентной катушки 15<sub>1</sub> и на фиг.1 и 2 не показано.

Конфигурация трубы 7, расположенной в межполюсном пространстве магнитной системы, для первого и второго вариантов предлагаемого устройства имеют одну конструкцию, а для третьего и четвертого вариантов другую.

Для первого и второго вариантов конфигурация трубы 7 (фиг.7) выполнена следующим образом. Перед входом в межполюсное пространство магнитной системы труба 7 разветвляется на первый периферийный участок 8<sub>1</sub> и второй периферийный участок 8<sub>2</sub>. Далее эти участки, пройдя периферийную область межполюсного пространства магнитной системы, в центральной ее части соединяются в один центральный участок 9, который проходит центральную часть межполюсного пространства, где располагается однородное магнитное поле, и выходит из межполюсного пространства магнитной системы.

Для третьего и четвертого вариантов конфигурация трубы 7 (фиг.8) выполнена в виде петли. Войдя в межполюсное пространство магнитной системы, труба 7 третьим периферийным участком 8<sub>3</sub>, четвертым периферийным участком 8<sub>4</sub>, пятым периферийным участком 8<sub>5</sub> и шестым периферийным участком 8<sub>6</sub> последовательно обходит все стороны по периферийной области магнитной системы, затем центральным участком 9 проходит по центральной области магнитной системы и выходит из межполюсного пространства магнитной системы.

Радиочастотная катушка 10 в первом и третьем вариантах (фиг.3, 4) размещена между первым экраном Фарадея 16<sub>1</sub> и вторым экраном Фарадея 16<sub>2</sub> коаксиально внутри центрального участка 9 трубы 7 так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки 10 расположены перпендикулярно друг к другу, причем центр радиочастотной катушки 10 конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, а площадь сечения центрального участка 9 трубы 7 в месте размещения радиочастотной катушки 10 разделена ею на две равные части  $S_1=S_2$ .

Во втором и четвертом вариантах (фиг.5, 6) технического решения радиочастотная катушка 10 выполнена в виде двух параллельно расположенных первой секции 17<sub>1</sub> и второй секции 17<sub>2</sub>, витки которых намотаны и соединены между собой так, что создают магнитные поля взаимно противоположного направления, причем каждая из секций



размещена на внутренней поверхности центрального участка 9 трубы 7, а на своей внутренней стороне имеют первый экран Фарадея 16<sub>1</sub> и второй экран Фарадея 162 соответственно и плоские части обеих секций образуют одну общую перегородку, делящую площадь сечения центрального участка 9 трубы 7, на две равные части  $S_1=S_2$ . Например, радиочастотная катушка 10 может быть выполнена следующим образом: первая секция 17<sub>1</sub> и вторая секция 17<sub>2</sub> соединены параллельно, а витки первой секции 17<sub>1</sub> намотаны по часовой стрелки, то для получения взаимно противоположного направления магнитных полей секций катушки 10 витки второй секции 17<sub>2</sub> намотаны против часовой стрелки.

Для всех предлагаемых вариантов технического решения, при межполюсном расстоянии магнитной системы, равном 50 мм, внутренний диаметр центрального участка 9 равен 40 мм, и магнитное поле будет однородным в области межполюсного пространства, находящегося в центре радиусом 0,4 L, где L межполюсное расстояние. Отсюда внутренний диаметр центрального участка трубы не должен превышать 0,8 межполюсного расстояния магнитной системы

$D_{\text{внут}}=0,8 L$ ,  
где D внут - внутренний диаметр центрального участка трубы, мм,  
L - межполюсное расстояние, мм.

На фиг.1, 2, 7, 8 стрелками показаны направления движения многокомпонентной жидкости, параметры которой необходимо измерить. Блок-схема электронного блока обработки сигналов приведена на фиг.9.

Электронный блок обработки сигналов содержит следующие блоки: вычислительный блок 18, программатор 19, синтезатор 20, расщепитель фазы 21, клапан высокой частоты 22, усилитель мощности 23, согласующий блок 24, приемник 25, двухканальный синхронный детектор 26, первый аналого-цифровой преобразователь 27<sub>1</sub> и второй аналого-цифровой преобразователь 27<sub>2</sub>, первый цифроаналоговый преобразователь 28<sub>1</sub> и второй цифроаналоговый преобразователь 28<sub>2</sub>, усилитель градиентных импульсов 29 и стабилизатор тока подмагничивания 30,

Согласно блок-схеме, представленной на фиг.9, выходы вычислительного блока 18, обозначенные исходящими стрелками, соединены с входами: синтезатора частоты 20, клапана высокой частоты 22, первого цифроаналогового преобразователя 28<sub>1</sub> и второго цифроаналогового преобразователя 28<sub>2</sub>. Входы вычислительного блока 18 (входящие стрелки) соединены с выходами первого аналого-цифрового преобразователя 27<sub>1</sub> и второго аналого-цифрового преобразователя 27<sub>2</sub>. Вычислительный блок 18 и программатор 19 имеют двунаправленную электрическую связь. Другой выход программатора 19 соединен с входом клапана высокой частоты 22. Выход синтезатора 20 соединен с входом расщепителя фазы 21, выходы которого, в свою очередь, связаны с входами клапана высокой частоты 22 и двухканального синхронного детектора 26. Выход клапана высокой частоты 22 соединен с входом усилителя мощности 23, а его выход - с входом согласующего блока 24. Один из выходов согласующего блока 24 соединен с входом приемника 25, а другой является выходом для подключения радиочастотной катушки 10. Выход приемника 25 соединен с входом двухканального синхронного детектора 26. Выходы двухканального синхронного детектора 26 соединены соответственно с входами первого аналого-цифрового преобразователя 27<sub>1</sub> и второго аналого-цифрового преобразователя 27<sub>2</sub>. Выходы первого цифроаналогового преобразователя 28<sub>1</sub> и второго цифроаналогового преобразователя 28<sub>2</sub> соединены со входами стабилизатора тока подмагничивания 30 и усилителя градиентных импульсов 29 соответственно. Выход стабилизатора тока подмагничивания 30 служит для подключения первой катушки подмагничивания 12<sub>1</sub> и второй катушки подмагничивания 12<sub>2</sub>, соединенных последовательно, а выход усилителя градиентных импульсов 29 служит для подключения первой градиентной катушки 15<sub>1</sub> и второй градиентной катушки 15<sub>2</sub>, соединенных тоже последовательно.

Блоки взаимодействуют следующим образом. Вычислительный блок 18 управляет программатором 19, синтезатором частоты 20, первым аналого-цифровым

преобразователем 27<sub>1</sub>, вторым аналого-цифровым преобразователем 27<sub>2</sub> и первым цифроаналоговым преобразователем 28<sub>1</sub>, вторым цифроаналоговым преобразователем 28<sub>2</sub>. Полученные от первого аналого-цифрового преобразователя 27<sub>1</sub> и второго аналого-цифрового преобразователя 27<sub>2</sub> сигналы обрабатываются вычислительным блоком 18 и  
5 передаются по интерфейсу RS - 485 на блок индикации.

В память вычислительного блока 18 заложен алгоритм получения и обработки ЯМР сигналов в режимах измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости, а также измерения давления и температуры в трубопроводе.

Программатор 19 управляется вычислительным блоком 18 и задает длительности и  
10 фазы радиочастотных импульсов, а также временные интервалы между ними.

Синтезатор частоты 20 в непрерывном режиме задает несущую частоту радиочастотных импульсов.

Расщепитель фазы 21 вырабатывает четыре квадратурных канала радиочастотного сигнала с фазами 0, 90, 180, 270 градусов.

15 Клапан высокой частоты 22 управляется программатором 19, обеспечивая на выходе импульсы заданной длительности и фазы.

Усилитель мощности 23 усиливает выходящие из клапана высокой частоты 22 импульсы до уровня, достаточного для получения импульсных 90- и 180-градусных полей в радиочастотной катушке 10.

20 Согласующей блок 24 необходим для достижения максимальной мощности импульсов на радиочастотной катушке 10 и сигнала ЯМР.

В тракте приемник 25 - двухканальной синхронной детектор 26 - первый аналого-цифровой преобразователь 27<sub>1</sub> и второй аналого-цифровой преобразователь 27<sub>2</sub> происходит усиление ЯМР сигнала, синхронное детектирование и преобразование в  
25 цифровой код.

Первый цифроаналоговый преобразователь 28<sub>1</sub> и второй цифроаналоговый преобразователь 28<sub>2</sub> преобразуют поступающие из вычислительного блока 18 цифровые коды в аналоговые напряжения градиентных импульсов и токов подмагничивания соответственно, которые далее поступают на входы усилителя градиентных импульсов 29 и  
30 стабилизатора тока подмагничивания 30.

Все эти функциональные узлы управляются программой, загруженной в память вычислительного блока 18.

Что касается алгоритмов работ вычислительного блока 18 и программатора 19 они изложены в работах [1, 2].

35 Методики определения расхода многокомпонентной жидкости и ее состава изложены в описании прототипа и в работах [2, 4, 5].

Устройство работает следующим образом. Поток измеряемой жидкости, протекая по трубе 7, проходит одновременно первый периферийный участок трубопровода 8<sub>1</sub> и второй периферийный участок трубопровода 8<sub>2</sub> для первого и второго вариантов исполнений или  
40 последовательно третий периферийный участок трубопровода 8<sub>3</sub>, четвертый периферийный участок трубопровода 8<sub>4</sub>, пятый периферийный участок трубопровода 8<sub>5</sub>, шестой периферийный участок трубопровода 8<sub>6</sub> для третьего и четвертого вариантов исполнений, где ядра атомов под воздействием магнитного поля поляризуются. Поляризованная жидкость далее проходит центральный участок трубы 9, где она  
45 подвергается воздействию магнитной компонентой высокочастотных импульсов. В промежутках между импульсами возникают ЭХО-сигналы ядерного магнитного резонанса, которые улавливаются радиочастотной катушкой 10 и подаются в электронный блок обработки сигналов 11. Здесь эти сигналы усиливаются приемником 25, детектируются двухканальным синхронным детектором 26, оцифровываются первым аналого-цифровым  
50 преобразователем 27<sub>1</sub>, вторым аналого-цифровым преобразователем 27<sub>2</sub> и обрабатываются в вычислительном блоке 18. По данным релаксации ядерного магнитного резонанса вычисляются процентное значение состава, а по данным сдвига фазы ЯМР сигнала - значение объемного расхода многокомпонентной жидкости на месте

расположения радиочастотной катушке 10. Сигналы датчика давления 13 и датчика температуры 14 используются для контроля состояния измеряемой жидкости в трубе 7. Далее с выхода вычислительного блока 18 полученная информация о составе и расходе многокомпонентной жидкости может передаваться в диспетчерский пункт АСУ

5 нефтепромысла по стандартному интерфейсу RS-485. В качестве блока индикации может быть использован персональный компьютер.

По сравнению с прототипом предлагаемое изобретение позволяет повысить точность измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости за счет размещения радиочастотной катушки внутри трубы, по которой протекает измеряемая жидкость, 10 позволяет увеличить КПД использования магнитной системы благодаря применению одной магнитной системы вместо двух, упростить конструкцию и уменьшить размеры и вес устройства, так как используется одна магнитная система для предварительной поляризации и измерения параметров многокомпонентной жидкости.

#### Литература

15 1. Шагалов В.А. и др. Программный генератор импульсных последовательностей для ЯМР (ЯКР) - спектрометра. ПТЭ, 1998 г., № 2, стр.48-51.

2. Волков В.Я. Импульсный ядерный магнитный резонанс в движущейся жидкости. Радиоспектроскопия, вып.11, межвед. сб. научн. тр. г. Пермь: ПТУ, 1978 г., Стр.3-19.

3. Васильев А.П. и др. Малогабаритный релаксометр протонного магнитного резонанса. 20 Авторское свидетельство № 1350573 от 11.05.85 г.

4. Идиатуллин З.Ш. и др. "Автоматизированный малогабаритный протонный релаксометр ядерного магнитного резонанса", Приборы и техника эксперимента, 1992 г., № 5, стр.237, 238.

5. Кашаев Р.С. и др. "Малогабаритные автоматизированные релаксометры ЯМР - 002 РС 25 и ЯМР 3Z80", Приборы и техника эксперимента, 1993 г., № 1, стр.242, 243.

#### Формула изобретения

1. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащее магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между 30 наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, отличающееся тем, что часть трубы, которая размещена в магнитном поле между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного разветвленного участка трубы, размещенного в периферийной 35 части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального неразветвленного участка трубы, размещенного в центральной части магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного 40 магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена коаксиально внутри центрального 45 неразветвленного участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом средний диаметр радиочастотной катушки выполнен таким размером, что площадь сечения центрального участка трубы в месте размещения катушки разделена 50 ею на две равные части.

2. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащее магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между

наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, отличающееся тем, что часть трубы, которая размещена в магнитном поле между полюсами магнитной системы, состоит из двух участков - периферийного разветвленного участка трубы, размещенного в периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального неразветвленного участка трубы, размещенного в центральной части магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена внутри центрального неразветвленного участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом радиочастотная катушка выполнена в виде двух параллельно расположенных секций, витки которых намотаны и соединены между собой так, что создают магнитные поля взаимно противоположного направления, причем каждая из секций размещена на внутренней поверхности центрального участка трубы, а на своей внутренней стороне имеет экран Фарадея и плоские части обеих секций радиочастотной катушки образуют одну общую перегородку, делящую площадь сечения центрального участка трубы на две равные части,

3. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащее магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, отличающееся тем, что часть трубы, которая размещена между полюсами магнитной системы, состоит из двух последовательных участков - периферийного участка трубы, размещенного в периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального участка трубы, размещенного в центральной части межполюсного пространства магнитной системы, выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышает  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки сигналов, размещена коаксиально внутри центрального участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом средний диаметр радиочастотной катушки выполнен таким размером, что площадь сечения центрального участка трубы в месте размещения катушки разделена ею на две равные части

4. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, содержащее магнитную систему, трубу, выполненную из немагнитного материала, часть которой размещена в магнитном поле между наконечниками магнитной системы, радиочастотную катушку, электронный блок обработки сигналов, датчик давления и датчик температуры, отличающееся тем, что часть трубы, которая размещена между полюсами магнитной системы, состоит из двух последовательных участков - периферийного участка трубы, размещенного в

периферийной части межполюсного пространства магнитной системы, и центрального участка трубы, размещенного в центральной части межполюсного пространства магнитной системы и выполненного таким диаметром, что внутренний объем центрального участка трубы, ограниченный радиочастотной катушкой, размещенной внутри центрального участка

5 трубы, не выходит за пределы границ объема однородного магнитного поля межполюсного пространства магнитной системы, где выполняются условия реализации ядерного магнитного резонанса, т.е. относительное изменение магнитной индукции в любом направлении внутри этого объема не превышают  $10^{-3}$ , радиочастотная катушка, помещенная между экранами Фарадея и соединенная с электронным блоком обработки

10 сигналов, размещена внутри центрального участка трубы так, что оси межполюсного пространства магнитной системы и радиочастотной катушки расположены перпендикулярно друг другу, причем центр катушки конструктивно расположен в центре межполюсного пространства магнитной системы, при этом радиочастотная катушка выполнена в виде двух параллельно расположенных секций, витки которых намотаны и

15 соединены между собой так, что создают магнитные поля взаимно противоположного направления, причем каждая из секций размещена на внутренней поверхности центрального участка трубы, а на своей внутренней стороне имеет экран Фарадея и плоские части обеих секций радиочастотной катушки образуют одну общую перегородку, делящую площадь сечения центрального участка трубы на две равные части.

20 5. Устройство по п.1, или 2, или 3, или 4, отличающееся тем, что магнитная система снабжена регулирующими элементами, расположенными в сердечниках магнитной системы.

25

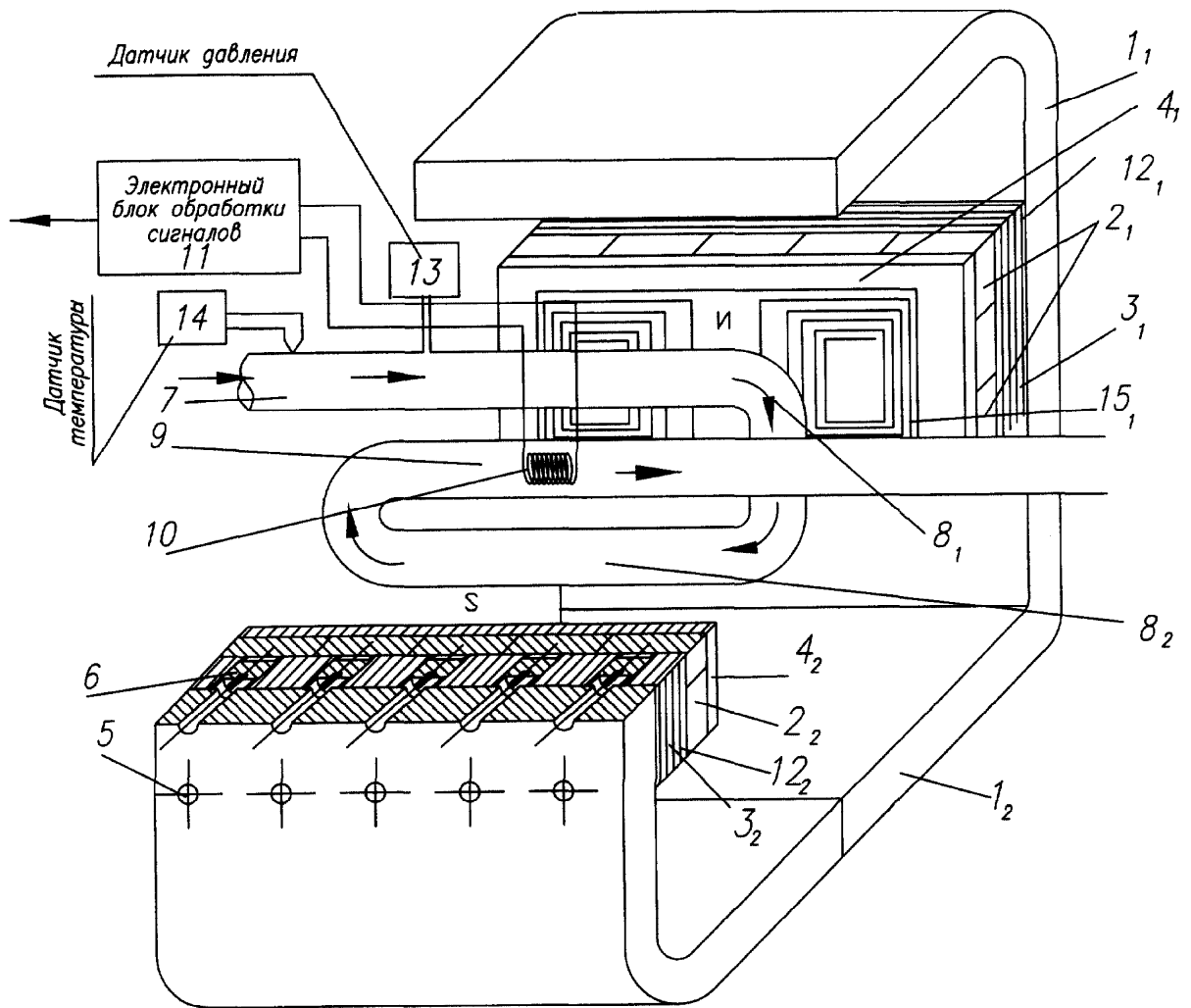
30

35

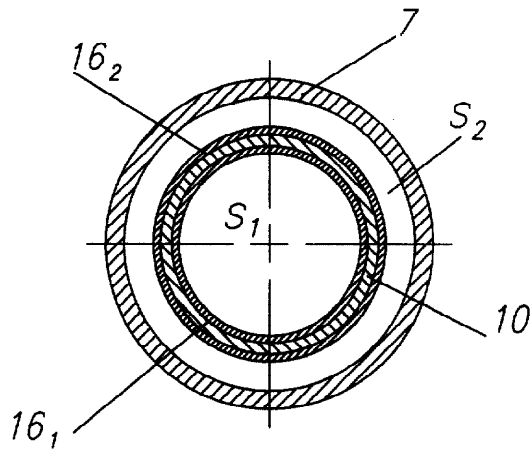
40

45

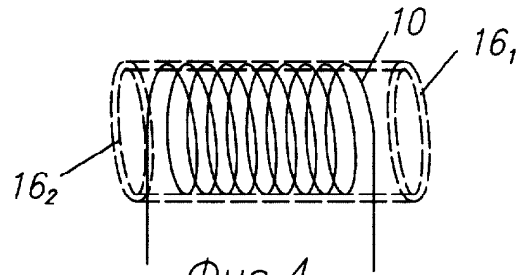
50



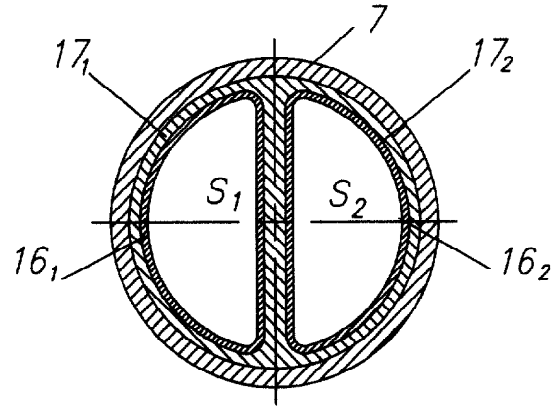
Фиг.2



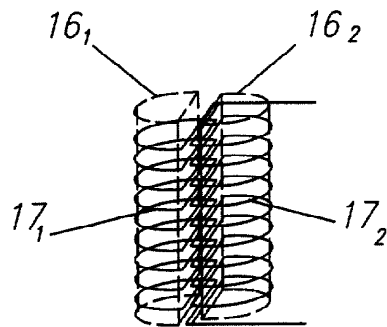
Фиг.3



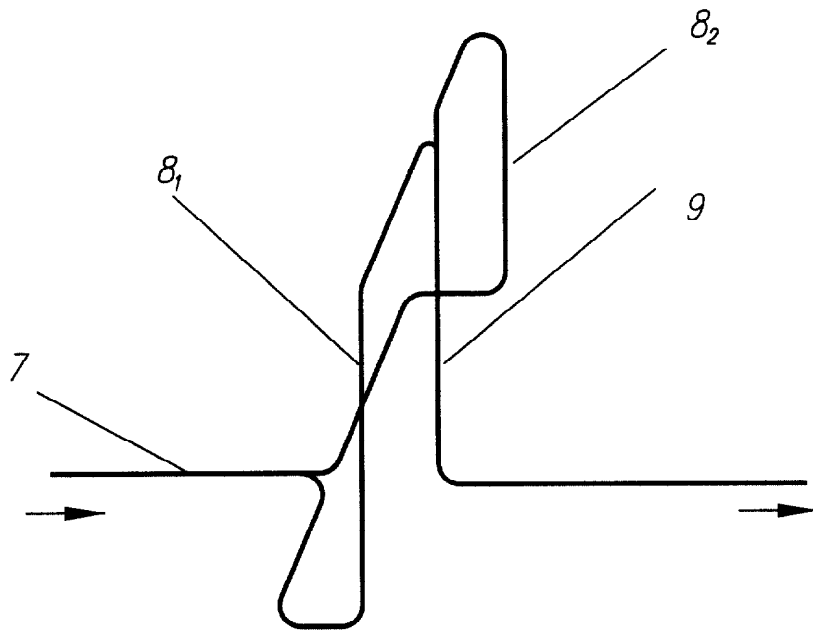
Фиг.4



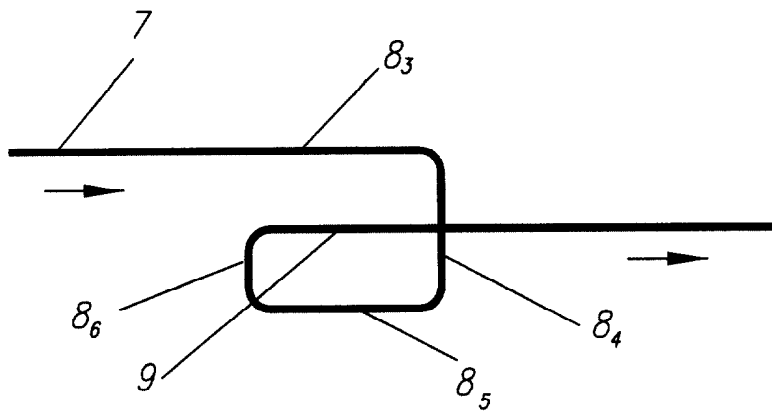
Фиг.5



Фиг.6

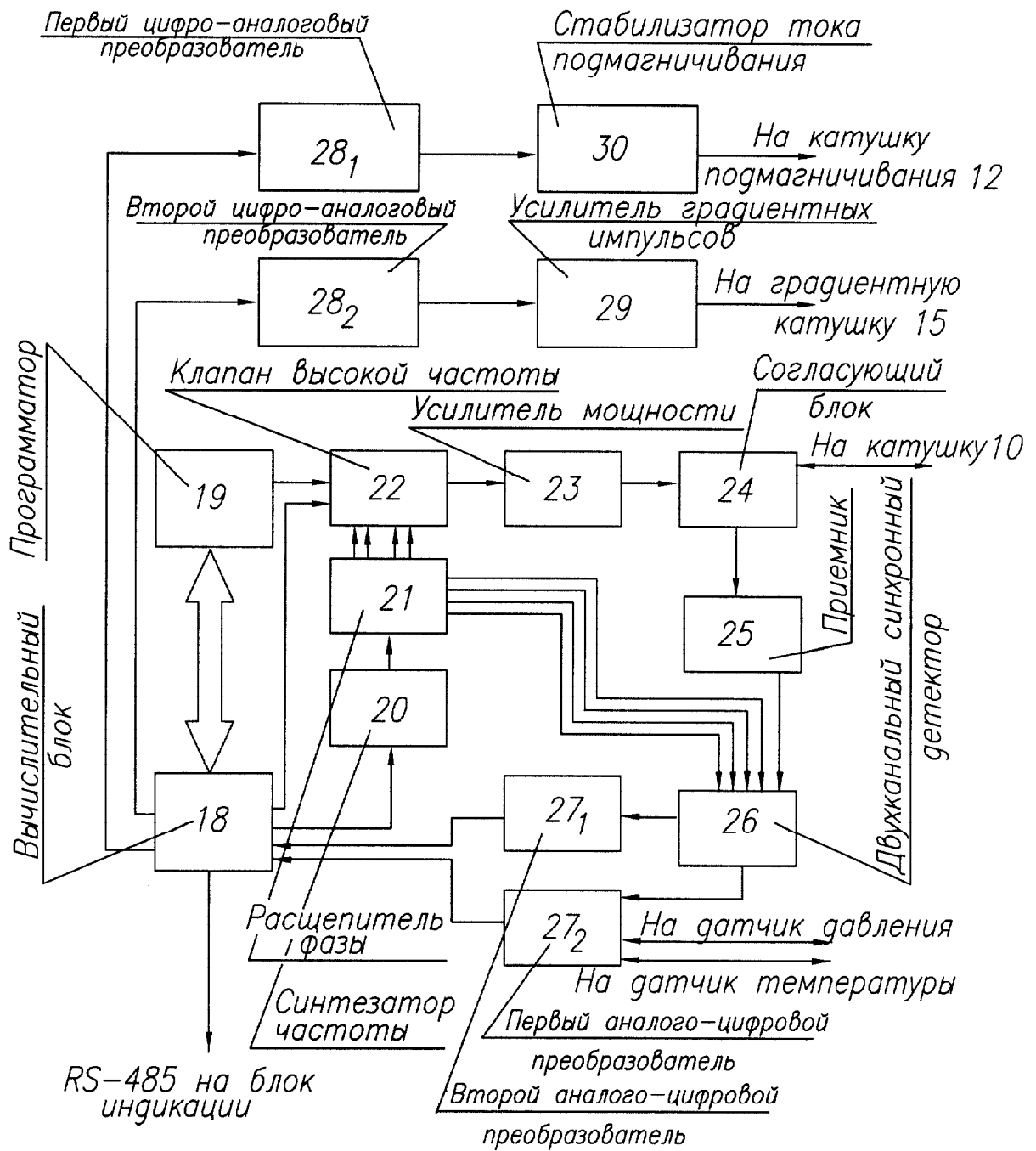


Фиг.7



Фиг.8





Фиг.9