

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2599740

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА ФЛЮИДА В СКВАЖИНЕ И АВТОНОМНЫЙ СКВАЖИННЫЙ ТЕРМОАНОМОМЕТР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной
ответственностью "МИКС" (RU)*

Автор(ы): *Асланян Артур Михайлович (RU), Давыдов Дмитрий
Александрович (RU)*

Заявка № 2015125640

Приоритет изобретения **29 июня 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **20 сентября 2016 г.**

Срок действия патента истекает **29 июня 2035 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015125640/03, 29.06.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.06.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.06.2015

(45) Опубликовано: 10.10.2016 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2280159 C2, 20.07.2006. RU 2498061
C1, 10.11.2013. RU 2306416 C1, 20.09.2007. SU
1789935 A1, 23.01.1993. US 2011315375 A1,
29.12.2011.

Адрес для переписки:

143026, Москва, территория инновационного
центра "Сколково", ул. Луговая, 4, оф. 402.1, ООО
"Центр интеллектуальной собственности
"Сколково"

(72) Автор(ы):

Асланян Артур Михайлович (RU),
Давыдов Дмитрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

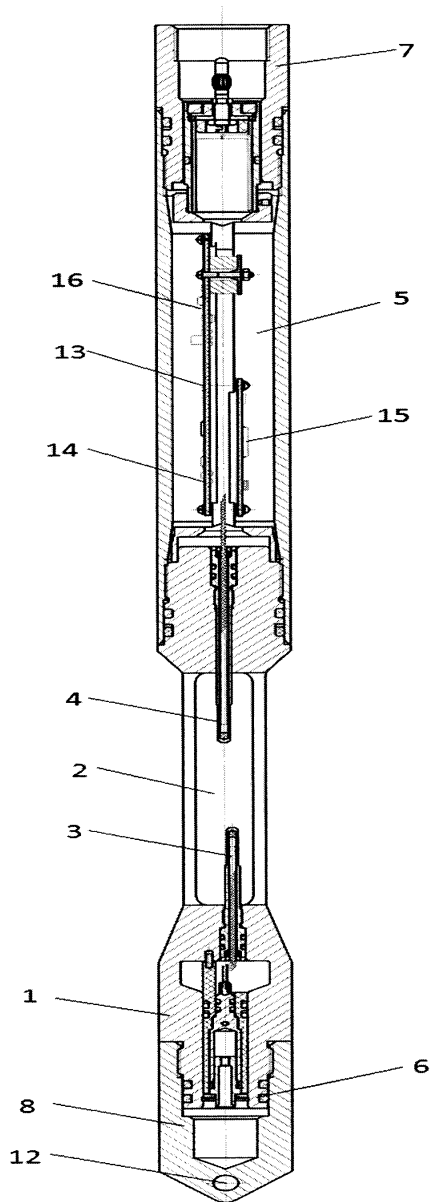
Общество с ограниченной ответственностью
"МИКС" (RU)

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА ФЛЮИДА В СКВАЖИНЕ И АВТОНОМНЫЙ СКВАЖИННЫЙ ТЕРМОАНОМОМЕТР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтегазодобывающей промышленности и может быть использовано при проведении геофизических исследований в горизонтальных и наклонно-направленных действующих нефтяных скважинах. Техническим результатом является повышение точности измерений. Способ измерения скорости потока флюида в скважине заключается в импульсном нагреве потока флюида, измерении температуры флюида по меньшей мере двумя датчиками температуры, разнесенными вдоль оси скважины, и сравнении сигналов двух датчиков температуры. Нагрев осуществляют с помощью автономного скважинного термоанемометра. Термоанемометр содержит блок питания, герметичный цилиндрический корпус, в верхней части которого расположен герметичный отсек, содержащий вычислительную систему. В нижней части термоанемометра по оси корпуса расположено сквозное окно овального сечения, образующее

цилиндрический канал с расположенными внутри него двумя датчиками температуры, которые находятся у противоположных стенок канала по оси корпуса. В вычислительную систему в процессе измерения производят запись температуры с первого датчика, измеряющего исходную температуру в потоке скважинного флюида, и со второго датчика, измеряющего температуру с нагретого при помощи широтно-импульсной модуляции флюида, который находится в канале термоанемометра выше другого датчика температуры. Скорость движения потока флюида в скважине находят путем определения разности измеренных температур с первого и второго датчиков, на основе которой, с учетом исходной температуры потока скважинного флюида, производят расчет по математическому выражению, с учётом коэффициентов, рассчитанных при проведении калибровки прибора в рабочем диапазоне температур. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 47/00 (2012.01)
G01P 5/01 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015125640/03, 29.06.2015

(24) Effective date for property rights:
29.06.2015

Priority:

(22) Date of filing: 29.06.2015

(45) Date of publication: 10.10.2016 Bull. № 28

Mail address:

143026, Moskva, territorija innovatsionnogo tsentra
"Skolkovo", ul. Lugovaja, 4, of. 402.1, OOO "TSentr
intellektualnoj sobstvennosti "Skolkovo"

(72) Inventor(s):

Aslanyan Artur Mikhajlovich (RU),
Davydov Dmitriy Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"MIKS" (RU)

(54) **METHOD OF MEASURING FLOW RATE OF FLUID IN THE WELL AND A SELF-CONTAINED WELL THERMAL ANEMOMETER FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

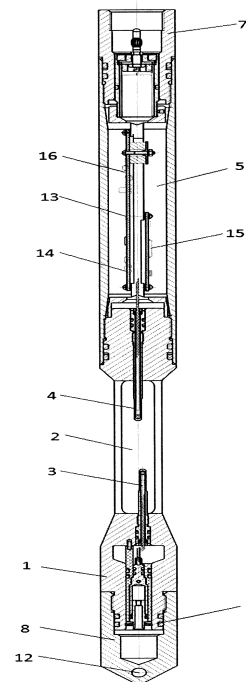
FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to oil and gas industry and can be used for geophysical exploration in horizontal and inclined operating oil wells. Method of measuring flow rate of fluid in well means pulse heating of fluid flow, measurement of temperature of fluid with at least two temperature sensors, spaced apart along the well axis, and comparison of signals of two temperature sensors. Heating is initiated by means of independent borehole heat loss anemometer. Thermal anemometer has a power supply unit, sealed cylindrical housing, in upper part of which there is a sealed compartment containing a computer system. In lower part of anemometer along the body axis there is a through opening of oval section, which forms a cylindrical channel with located inside it two temperature sensors, that are in opposite walls of channel along the body axis. In the computer system when measuring temperature is recorded from the first sensor which measures initial temperature in the borehole fluid, and from the second sensor which measures temperature of heated by means of pulse-width modulation fluid in the channel of heat loss anemometer above the other temperature sensor. Fluid flow velocity in the well is found by determining the difference of measured temperatures from the first and second sensors, on the basis of which, taking into

account the initial temperature of well fluid flow, is calculated by mathematical expression, considering coefficients calculated during calibration in operating temperature range.

EFFECT: high measurement accuracy.

14 cl, 2 dwg



Фиг. 1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Группа изобретений относится к нефтегазодобывающей промышленности и может быть использована при проведении геофизических исследований в горизонтальных и наклонно-направленных действующих нефтяных скважинах.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Из US 2011/0315375 A1 (опубл. 29.12.2011, МПК E21B 47/00, MOSCATO TULLIO (FR) и др.) известно устройство для измерения скорости движения флюидов в скважине, содержащее гибкую трубу в которой расположена система измерения скорости движения флюидов в скважине, включающая нагреватель с датчиком температуры и датчики окружающей среды. По разности температур между нагреваемым датчиком температуры и датчиком окружающей среды определяют скорость движения флюидов в скважине.

Способ измерения скорости движения флюидов в скважине включает следующие операции:

- размещение скважинной системы в скважине с множеством чувствительных элементов, при этом каждый из множества сенсорных элементов содержит, по меньшей мере, один нагреватель и, по меньшей мере, один датчик температуры;

- измерение первичных параметров текучей среды жидкости в скважине с первой части из множества сенсорных элементов, работающих в качестве нагревателя и второй части из множества сенсорных элементов, работающих в качестве датчика температуры;

- измерение вторичных параметров текучей среды жидкости в скважине со второй части из множества сенсорных элементов, работающих в качестве нагревателя и первой части из множества сенсорных элементов, работающих в качестве датчиков температуры;

- вычисление скорости движения флюидов в скважине на основе, по меньшей мере, одного первичного и вторичного измерений параметров жидкости.

Наиболее близким аналогом предлагаемой группы изобретений является способ и устройство для измерения скорости потока жидкости, раскрытые в RU 2280159 C2 (опубл. 20.07.2006, МПК E21B 47/10, ОАО НПП «ВНИИГИС» (RU) и др.). Устройство, раскрытое в наиболее близком аналоге, включает импульсный нагреватель потока жидкости, генератор токовых импульсов нагревателя, одну или несколько пар датчиков температуры, усилители, демультимплексор, аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер, блок приема-передачи. При этом устройство дополнительно содержит блок автоматической регулировки периода импульсов тока нагревателя в соответствии со скоростью потока, пару датчиков температуры, установленных в одном направлении от нагревателя, где расстояние между датчиками не более чем в 2 раза отличается от расстояния между нагревателем и ближним к нему датчиком.

Способ измерения скорости потока жидкости в скважине, раскрытый в наиболее близком аналоге, заключается в импульсном нагреве потока жидкости, измерении температуры жидкости датчиками температуры, разнесенными вдоль оси скважины, и сравнении сигналов двух датчиков температуры, где в процессе измерения производят запись температуры во время прохождения тепловой волны жидкости, сформированной после прохождения нагревателя, с помощью двух датчиков температуры, расположенных в одном направлении от нагревателя, а скорость потока жидкости находят путем корреляции сигналов первого и второго датчика, определения времени запаздывания тепловых волн на расстоянии от ближнего к дальнему датчику.

Недостатками рассмотренных способов измерения скорости потока жидкости в скважине и устройств для их осуществления является погрешность измерения скорости потока жидкости при изменении исходной температуры потока скважинного флюида

и нестабильность мощности подогрева по мере разряда источника питания, приводящие к уменьшению точности измерений.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 Задача предлагаемой группы изобретений состоит в разработке автономного скважинного термоанемометра новой конструкции, обеспечивающего точность измерения параметров в скважине.

Техническим результатом группы изобретений является повышение точности измерений.

10 Поставленная задача и требуемый технический результат достигаются за счет нового способа измерения скорости потока флюида в скважине, заключающегося в импульсном нагреве потока флюида, измерении температуры флюида, по меньшей мере, двумя датчиками температуры, разнесенными вдоль оси скважины, и сравнении сигналов, двух датчиков температуры, в котором нагрев осуществляют с использованием широтно-импульсной модуляции, при этом в процессе измерения производят запись температуры 15 с первого датчика, измеряющего исходную температуру в потоке скважинного флюида, и со второго датчика, измеряющего температуру с нагретого при помощи широтно-импульсной модуляции флюида, а скорость движения потока флюида в скважине находят путем определения разности измеренных температур с первого и второго датчиков, на основе которой, с учетом исходной температуры потока скважинного флюида, 20 производят расчет по формуле

$$V=V_0+a*\Delta T+b*T+c*\Delta T^2+d*T^2+f*\Delta T*T,$$

где V_0 , a, b, c, d, f - коэффициенты, рассчитанные при проведении калибровки прибора в рабочем диапазоне температур;

25 T - исходная температура потока скважинного флюида;

ΔT - разность температур нагретого и исходного потока скважинного флюида.

Поставленная задача и требуемый технический результат достигаются также за счет нового автономного скважинного термоанемометра для измерения скорости потока флюида в скважине, содержащего блок питания, герметичный цилиндрический корпус, 30 в верхней части которого расположен герметичный отсек, содержащий вычислительную систему, а в нижней его части по оси корпуса расположено сквозное окно овального сечения, образующее цилиндрический канал с расположенным внутри него двумя датчиками температуры, расположенными у противоположных стенок канала по оси корпуса, причем один из датчиков температуры содержит нагреватель, осуществляющий 35 нагрев при помощи широтно-импульсной модуляции, и находится в канале термоанемометра выше другого датчика температуры.

Датчики температуры помещены в защитные титановые кожухи.

Герметичный отсек выполнен с возможностью размещения блоков микроконтроллера, модема для управления работой прибора, блок нагрева с 40 использованием широтно-импульсной модуляции и флеш-памяти, смонтированных на одном шасси, причем блок микроконтроллера электрически связан с другими блоками.

Первый датчик температуры электрически связан с блоком микроконтроллера.

Второй датчик температуры с нагревателем электрически связан с блоком микроконтроллера.

45 Нагреватель выполнен в виде нихромовой спирали, электрически связанной с блоком нагрева.

Нижний конец корпуса снабжен первым переходным разъемом, соединенным через общую шину с вычислительной системой.

Верхний конец корпуса снабжен вторым переходным разъемом, соединенным через общую шину с вычислительной системой.

В нижнем конце корпуса расположен первый обтекатель, выполненный с возможностью жесткого крепления к нижней части корпуса.

5 В верхнем конце корпуса расположен блок питания с соединительным разъемом, выполненный с возможностью жесткого крепления его нижней частью к корпусу таким образом, что второй переходный разъем корпуса и соединительный разъем блока питания соединяются между собой.

10 Блок питания содержит аккумулятор, электрически связанный с соединительным разъемом.

В верхней части блока питания расположен второй обтекатель, выполненный с возможностью жесткого крепления к блоку питания.

Первый и второй обтекатели имеют форму конуса, у вершины каждого из которых выполнено перпендикулярно оси корпуса сквозное отверстие

15 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Группа изобретений будет более понятна из описания, не имеющего ограничительного характера и приводимого со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

На Фиг. 1 изображен продольный разрез автономного скважинного термоанемометра.

20 На Фиг. 2 изображен продольный разрез блока питания автономного скважинного термоанемометра.

На Фиг. 3 изображена схема вычислительной системы автономного скважинного термоанемометра.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

25 Автономный скважинный термоанемометр с блоком питания (9) содержит герметичный цилиндрический корпус (1), в верхней части которого расположен герметичный отсек (5), содержащий вычислительную систему, а в нижней его части по оси корпуса (1) расположено сквозное окно (2) овального сечения, образующее цилиндрический канал с расположенным внутри него двумя датчиками температуры
30 (3, 4), расположенными у противоположных стенок канала по оси корпуса (1), причем один из датчиков температуры содержит нагреватель, осуществляющий нагрев при помощи широтно-импульсной модуляции, и находится в канале термоанемометра выше другого датчика температуры.

Датчики температуры (3, 4) помещены в защитные титановые кожухи.

35 Герметичный отсек (5) выполнен с возможностью размещения блоков микроконтроллера (14), модема (15) для управления работой прибора, нагрева (16) с использованием широтно-импульсной модуляции и флеш-памяти (13), смонтированных на одном основании (шасси), причем блок микроконтроллера (15) электрически связан с другими блоками.

40 Первый датчик температуры окружающей среды (3) электрически связан с блоком микроконтроллера.

Второй нагреваемый датчик температуры (4) с нагревателем электрически связан с блоком микроконтроллера.

45 Нагреватель выполнен в виде нихромовой спирали, электрически связанной с блоком нагрева.

Нижний конец корпуса (1) снабжен первым переходным разъемом (6), соединенным через общую шину (17) с вычислительной системой.

Верхний конец корпуса (1) снабжен вторым переходным разъемом (7), соединенным

через общую шину (17) с вычислительной системой.

В нижнем конце корпуса (1) расположен первый обтекатель (8), выполненный с возможностью жесткого крепления к нижней части корпуса (1). Первый обтекатель (11) способствует лучшему обтеканию прибора жидкостью в скважине.

5 В верхнем конце корпуса (1) расположен блок питания (9) с соединительным разъемом (10), выполненный с возможностью жесткого крепления его нижней частью к корпусу (1), таким образом, что второй переходный разъем корпуса (7) и соединительный разъем (10) блока питания соединяются между собой.

10 Блок питания содержит аккумулятор, электрически связанный с соединительным разъемом.

В верхней части блока питания (9) расположен второй обтекатель (11), выполненный с возможностью жесткого крепления к блоку питания (9).

Первый (8) и второй (11) обтекатели имеют форму конуса, у вершины каждого из которых выполнено перпендикулярно оси корпуса (1) сквозное отверстие (12).

15 Автономный скважинный термоанемометр работает следующим образом.

К верхней части корпуса (1) термоанемометра присоединяют блок питания (9) таким образом, что второй переходный разъем (7) корпуса и соединительный разъем (10) блока питания соединяются между собой, а к нижней части корпуса (1) термоанемометра присоединяют первый обтекатель (8) при помощи резьбового соединения. Затем к 20 блоку питания (9) присоединяют второй обтекатель (11) при помощи резьбового соединения. После чего к сквозному отверстию (12) второго обтекателя (11) присоединяют канат и опускают в скважину, при этом питание вычислительной системы обеспечивается аккумулятором в блоке питания при помощи общей шины (17).

После того как устройство помещено в скважину, через сквозное окно (2) 25 термоанемометра проходит скважинная жидкость, в которой определяют скорость движения флюидов при помощи датчиков температуры (3, 4). Для измерения скорости движения флюидов в скважинной жидкости в модем (15) подают сигнал микроконтроллеру (14), который включает блок нагрева и нагреватель подогревает жидкость в скважине с использованием широтно-импульсной модуляции. Таким образом, 30 в скважинной жидкости внутри сквозного окна (2) образуются две области с различной температурой скважинной жидкости. Первый датчик (3) температуры измеряет исходную температуру в потоке скважинной жидкости, а второй датчик (4) температуры измеряет температуру жидкости, нагретую от нагревателя. При отсутствии течения тепло от нагревателя за счет теплопроводности жидкости и гравитационной конвекции будет 35 зарегистрировано обоими датчиками (3, 4) температуры, но поскольку второй датчик (4) температуры расположен ближе к нагревателю, температура, измеренная им, будет несколько выше, чем температура на первом датчике (3) температуры. При движении потока скорость распространения тепла возрастает за счет вынужденной конвекции. Чем больше скорость потока, тем выше тепловые потери и тем ниже температура, 40 регистрируемая вторым датчиком (4) температуры. Данные с датчиков (3, 4) температуры передаются на аналого-цифровой преобразователь, где они оцифровываются, после чего записываются на флеш-память.

Для анализа записанных данных с датчиков температуры (3, 4) термоанемометр 45 извлекают из скважины и отсоединяют блок питания (9) от корпуса (1) термоанемометра, либо первый обтекатель (8) от корпуса (1) термоанемометра. Затем ко второму переходному разъему (7), либо к первому переходному разъему (6) подключают шину АМІ, связанную с персональным компьютером, в котором специальная программа рассчитывает скорость движения флюидов в скважине на основе разности измеренных

температур с датчиков (3, 4) и показания датчика (3) исходной температуры в потоке скважинного флюида в соответствии с формулой

$$V=V_0+a*\Delta T+b*T+c*\Delta T^2+d*T^2+f*\Delta T*T,$$

где V_0, a, b, c, d, f - коэффициенты, рассчитанные при проведении калибровки прибора в рабочем диапазоне температур;

T - исходная температура потока скважинного флюида;

ΔT - разность температур нагретого и исходного потока скважинного флюида.

Коэффициенты V_0, a, b, c, d, f подобраны эмпирически при калибровке прибора,

закрывающейся в помещении прибора в специальный стенд и проведении серии измерений ΔT_i (разность температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды при соответствующих скоростях и температурах потока воды) при различных температурах воды и при различных скоростях потока воды с последующим определением коэффициентов V_0, a, b, c, d, f на основе системы линейных уравнений:

$$V_0 + a \sum_{i=1}^n \Delta T_i + b \sum_{i=1}^n T_i + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 + d \sum_{i=1}^n T_i^2 + f \sum_{i=1}^n \Delta T_i T_i = \sum_{i=1}^n V_i$$

$$V_0 \sum_{i=1}^n \Delta T_i + a \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 + b \sum_{i=1}^n \Delta T_i T_i + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^3 + d \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i + f \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 T_i = \sum_{i=1}^n V_i \Delta T_i$$

$$V_0 \sum_{i=1}^n T_i + a \sum_{i=1}^n \Delta T_i T_i + b \sum_{i=1}^n T_i^2 + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 T_i + d \sum_{i=1}^n T_i^3 + f \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i = \sum_{i=1}^n V_i T_i$$

$$V_0 \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 + a \sum_{i=1}^n \Delta T_i^3 + b \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 T_i + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^4 + d \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i^2 + f \sum_{i=1}^n \Delta T_i^3 T_i = \sum_{i=1}^n V_i \Delta T_i^2$$

$$V_0 \sum_{i=1}^n T_i^2 + a \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i + b \sum_{i=1}^n T_i^3 + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 T_i^2 + d \sum_{i=1}^n T_i^4 + f \sum_{i=1}^n T_i^3 \Delta T_i = \sum_{i=1}^n V_i T_i^2$$

$$V_0 \sum_{i=1}^n \Delta T_i T_i + a \sum_{i=1}^n \Delta T_i^2 T_i + b \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i + c \sum_{i=1}^n \Delta T_i^3 T_i + d \sum_{i=1}^n T_i^3 \Delta T_i + f \sum_{i=1}^n T_i^2 \Delta T_i^2 = \sum_{i=1}^n V_i T_i \Delta T_i$$

где V_i - скорость потока воды при соответствующей температуре воды, T_i - температура потока воды, ΔT_i - разность температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды при соответствующих скоростях и

температурах потока воды, n - общее количество значений температуры потока воды, скорости потока воды и разности температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды воды полученных при калибровке прибора.

Калибровку осуществляли следующим образом. Прибор помещали в специальный стенд с вертикальной трубой и циркулирующей по замкнутому кругу водой, в котором имеется возможность нагрева воды и регулировка скорости ее движения по замкнутому кругу. Измерения осуществляли при различных скоростях потока воды (0,2, 1, 3, 4, 6, 7, 9 м/мин) и подогревая воду до значений температур 30, 40, 50, 60°C. В результате было проведено 28 измерений значений ΔT_i при каждой скорости потока воды и ее температуре в соответствии с таблицей:

Скорость потока воды, м/мин	Температура потока воды, °C			
	30	40	50	60
0,2	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4
1	ΔT_5	ΔT_6	ΔT_7	ΔT_8
3	ΔT_9	ΔT_{10}	ΔT_{11}	ΔT_{12}
4	ΔT_{13}	ΔT_{14}	ΔT_{15}	ΔT_{16}
6	ΔT_{17}	ΔT_{18}	ΔT_{19}	ΔT_{20}
7	ΔT_{21}	ΔT_{22}	ΔT_{23}	ΔT_{24}
9	ΔT_{25}	ΔT_{26}	ΔT_{27}	ΔT_{28}

В таблице ΔT_1 - разность температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды при температуре потока воды 30°C и скоростью потока воды 0,2 м/мин; ΔT_2 - разность температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды при температуре потока воды 40°C и скоростью потока воды 0,2 м/мин; ΔT_3 - разность температур нагреваемого датчика температуры и датчика температуры окружающей среды при температуре потока воды 50°C и скоростью потока воды 0,2 м/мин и т.д.

На основе полученных значений 28 измерений прибора определяют значения коэффициентов V_0, a, b, c, d, f на основе системы линейных уравнений, раскрытой выше, в которой:

$$\sum_{i=1}^n \Delta T_i = (\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4 + \Delta T_5 + \Delta T_6 + \Delta T_7 + \Delta T_8 + \Delta T_9 + \Delta T_{10} + \Delta T_{11} + \Delta T_{12} + \Delta T_{13} + \Delta T_{14} + \Delta T_{15} + \Delta T_{16} + \Delta T_{17} + \Delta T_{18} + \Delta T_{19} + \Delta T_{20} + \Delta T_{21} + \Delta T_{22} + \Delta T_{23} + \Delta T_{24} + \Delta T_{25} + \Delta T_{26} + \Delta T_{27} + \Delta T_{28});$$

$$\sum_{i=1}^n T_i = (30 + 40 + 50 + 60);$$

$$\sum_{i=1}^n V_i = 0,2 + 1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 9.$$

Кроме того, первые (7) и вторые (8) переходные разъемы предназначены для соединения с другими приборами, содержащие соответствующие датчики.

Как показали эксперименты, по сравнению с наиболее близким аналогом, применение предлагаемого способа и автономного скважинного термоанемометра для измерения скорости потока флюида в скважине позволяет повысить точность измерения за счет того, что при вычислении скорости потока скважинного флюида учитывается исходная температура потока скважинного флюида, обеспечивающая исключение погрешности

при изменении исходной температуры потока скважинного флюида, а также за счет применения нагрева с использованием широтно-импульсной модуляции, обеспечивающей стабилизацию мощности подогрева по мере разряда источника питания, в результате чего при снижении напряжения источника питания длительность импульса нагрева

увеличивается.

Хотя предлагаемая группа изобретений была подробно раскрыта выше со ссылками на конкретные варианты осуществления, которые представляются предпочтительными, необходимо помнить, что эти примеры осуществления изобретения приведены только в целях иллюстрации изобретения. Данное описание не должно рассматриваться как ограничивающее объем изобретения, поскольку в этапы описанных способов и устройств специалистами в области физики, нефтегазодобывающей промышленности и др. могут быть внесены изменения, направленные на то, чтобы адаптировать их к конкретным устройствам или ситуациям, и не выходящие за рамки прилагаемой формулы изобретения. Специалисту в данной области понятно, что в пределах сферы действия изобретения, которая определяется пунктами формулы изобретения, возможны различные варианты и модификации, включая эквивалентные решения.

Формула изобретения

1. Способ измерения скорости потока флюида в скважине, заключающийся в импульсном нагреве потока флюида, измерении температуры флюида по меньшей мере двумя датчиками температуры, разнесенными вдоль оси скважины, и сравнении сигналов двух датчиков температуры, где нагрев осуществляют с использованием широтно-импульсной модуляции, при этом в процессе измерения производят запись температуры с первого датчика, измеряющего исходную температуру в потоке скважинного флюида, и со второго датчика, измеряющего температуру с нагретого при помощи широтно-импульсной модуляции флюида, а скорость движения потока флюида в скважине находят путем определения разности измеренных температур с первого и второго датчиков, на основе которой, с учетом исходной температуры потока скважинного флюида, производят расчет по формуле

$$V=V_0+a*\Delta T+b*T+c*\Delta T^2+d*T^2+f*\Delta T*T,$$

где V_0 , a , b , c , d , f - коэффициенты, рассчитанные при проведении калибровки прибора в рабочем диапазоне температур;

T - исходная температура потока скважинного флюида;

ΔT - разность температур нагретого и исходного потока скважинного флюида.

2. Автономный скважинный термоанемометр для осуществления способа по п. 1, содержащий блок питания, герметичный цилиндрический корпус, в верхней части которого расположен герметичный отсек, содержащий вычислительную систему, а в нижней его части по оси корпуса расположено сквозное окно овального сечения, образующее цилиндрический канал с расположенным внутри него двумя датчиками температуры, расположенными у противоположных стенок канала по оси корпуса, причем один из датчиков температуры содержит нагреватель, осуществляющий нагрев при помощи широтно-импульсной модуляции, и находится в канале термоанемометра выше другого датчика температуры.

3. Термоанемометр по п. 2, характеризующийся тем, что датчики температуры помещены в защитные титановые кожухи.

4. Термоанемометр по п. 2, характеризующийся тем, что герметичный отсек выполнен с возможностью размещения блоков микроконтроллера, модема для управления работой прибора, блок нагрева с использованием широтно-импульсной модуляции и

флеш-памяти, смонтированных на одном шасси, причем блок микроконтроллера электрически связан с другими блоками.

5. Термоанемометр по п. 4, характеризующийся тем, что первый датчик температуры электрически связан с блоком микроконтроллера.

5 6. Термоанемометр по п. 4, характеризующийся тем, что второй датчик температуры с нагревателем электрически связан с блоком микроконтроллера.

7. Термоанемометр по п. 6, характеризующийся тем, что нагреватель выполнен в виде нихромовой спирали, электрически связанной с блоком нагрева.

10 8. Термоанемометр по п. 2, характеризующийся тем, что нижний конец корпуса снабжен первым переходным разъемом, соединенным через общую шину с вычислительной системой.

9. Термоанемометр по п. 1, характеризующийся тем, что верхний конец корпуса снабжен вторым переходным разъемом, соединенным через общую шину с вычислительной системой.

15 10. Термоанемометр по п. 8, характеризующийся тем, что в нижнем конце корпуса расположен первый обтекатель, выполненный с возможностью жесткого крепления к нижней части корпуса.

11. Термоанемометр по п. 9, характеризующийся тем, что в верхнем конце корпуса расположен блок питания с соединительным разъемом, выполненный с возможностью жесткого крепления его нижней частью к корпусу таким образом, что второй
20 переходный разъем корпуса и соединительный разъем блока питания соединяются между собой.

12. Термоанемометр по п. 11, характеризующийся тем, что блок питания содержит аккумулятор, электрически связанный с соединительным разъемом.

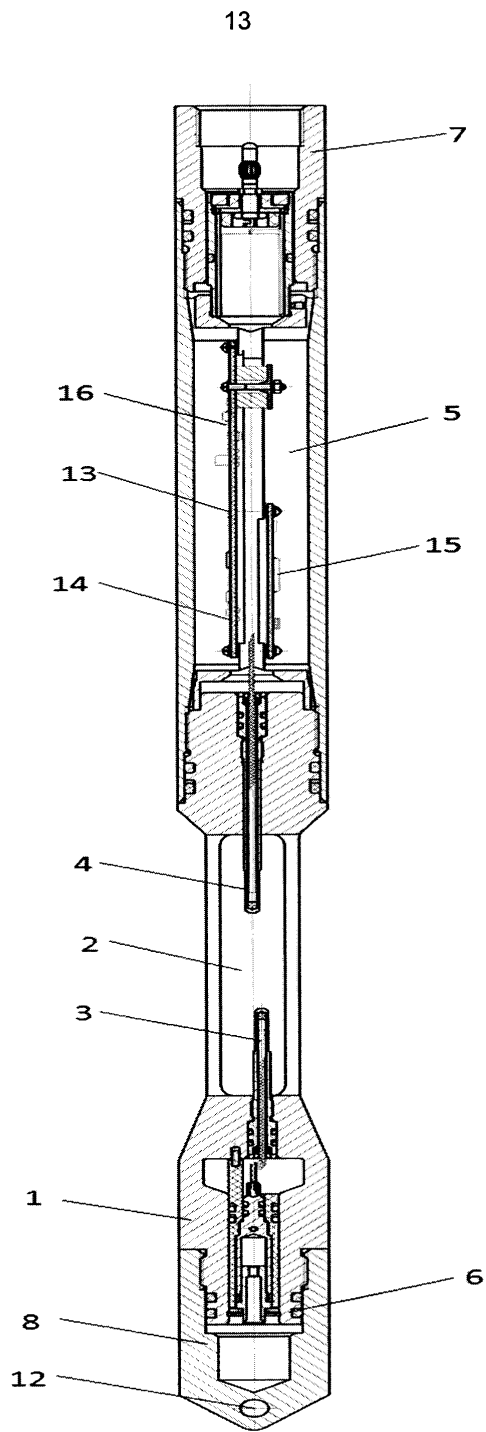
25 13. Термоанемометр по п. 9, характеризующийся тем, что в верхней части блока питания расположен второй обтекатель, выполненный с возможностью жесткого крепления к блоку питания.

14. Термоанемометр по п. 10, 13, характеризующийся тем, что первый и второй
30 обтекатели имеют форму конуса, у вершины каждого из которых выполнено перпендикулярно оси корпуса сквозное отверстие.

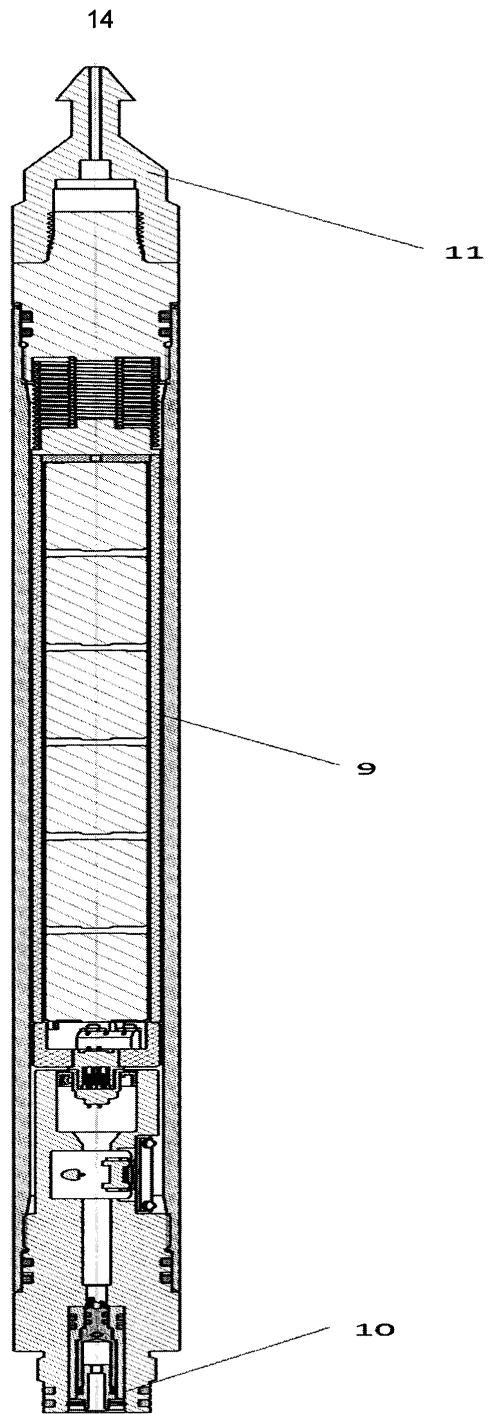
35

40

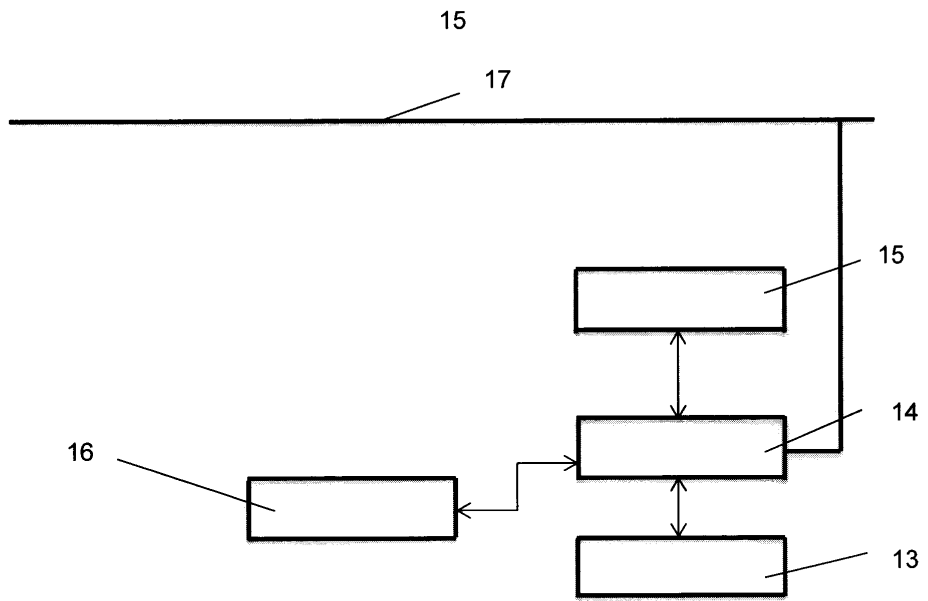
45



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3