



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

E21B 47/00 (2019.02); E21B 43/00 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018116940, 07.05.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.05.2018

Дата регистрации:
23.05.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.05.2018

(45) Опубликовано: 23.05.2019 Бюл. № 15

Адрес для переписки:

420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51,
Казанский государственный энергетический
университет (УНИР)

(72) Автор(ы):

Кашаев Рустем Султанхамитович (RU),
Козелков Олег Владимирович (RU),
Сафиуллин Булат Рафикович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский государственный
энергетический университет" (ФГБОУ ВО
"КГЭУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 128894 U1, 10.06.2013. RU
111190 U1, 10.12.2011. RU 2568448 C1,
20.11.2015. RU 67719 U1, 27.10.2007. US
5012868 A1, 07.05.1991. WO 1992021880 A1,
10.12.1992. WO 2001065055 A1, 07.09.2001.

(54) МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СКВАЖИНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, в частности к области контроля параметров скважинной жидкости (СКЖ) и управления в системе оптимизации работы скважин с установками электроцентробежных насосов (УЭЦН) по данным условий эксплуатации скважины и параметров СКЖ. Техническим результатом является расширение функциональных возможностей многофункциональной автоматической цифровой интеллектуальной скважины с обогревом насосно-компрессорных труб и электромагнитным облучением забоя индуктором. Предложена многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина, включающая погружное оборудование, состоящее из погружного центробежного насоса с погружным электродвигателем, погружной греющей кабельной линии, электрической линии связи с системой погружной телеметрии,

высокочастотного генератора с возможностью передачи энергии до индуктора и станцию наземного оборудования, включающую управляющее устройство, соединенное через входы и выходы с наземным и погружным оборудованием и возможностью управления погружным электродвигателем, модуль беспроводной и/или проводной связи с возможностью управления, приема и передачи данных по средствам беспроводной и/или проводной связи, насос-дозатор, манометр, уровнемер с возможностью передачи информации на управляющее устройство, расходомер реагента с возможностью передачи данных о расходе реагента на управляющее устройство. При этом скважина дополнительно снабжена устьевым модулем (УМ), имеющим подвижный патрубок и выкидной патрубок в магистральный трубопровод, а наземное оборудование снабжено преобразователем напряжения/частоты и

проточным экспресс-анализатором протонного магнитного резонанса (ПМРА), включающим магнит, диэлектрическую трубку с намотанной на нее катушкой индуктивности датчика ПМР, выход которой высокочастотным кабелем длиной в четверть волны соединен с усилителем мощности радиочастотных импульсов (передатчиком) и усилителем полезных сигналов

ПМР (приемником) релаксометра, с которого через модуль информация о многофункциональной автоматической комплексной системе «интеллектуальная скважина - протонный магнитно-резонансный анализатор» передается на диспетчерский пульт контроля и управления нефтепромыслом. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 6 8 9 1 0 3 C 1

RU 2 6 8 9 1 0 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

E21B 47/00 (2019.02); E21B 43/00 (2019.02)

(21)(22) Application: 2018116940, 07.05.2018

(24) Effective date for property rights:
07.05.2018Registration date:
23.05.2019

Priority:

(22) Date of filing: 07.05.2018

(45) Date of publication: 23.05.2019 Bull. № 15

Mail address:

420066, g. Kazan, ul. Krasnoselskaya, 51, Kazanskij
gosudarstvennyj energeticheskij universitet
(UNIR)

(72) Inventor(s):

Kashaev Rustem Sultankhamitovich (RU),
Kozelkov Oleg Vladimirovich (RU),
Safiullin Bulat Rafikovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Kazanskij gosudarstvennyj
energeticheskij universitet" (FGBOU VO
"KGEU") (RU)

(54) MULTIFUNCTIONAL AUTOMATIC DIGITAL INTELLIGENT WELL

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to oil industry, in particular, to control of well fluid (WF) parameters and control in system of well operation optimization with installations of electric centrifugal pumps (ECP) according to well operation conditions and WF parameters. Disclosed is a multifunctional automatic digital intelligent well comprising submersible equipment consisting of a submersible centrifugal pump with a submersible electric motor, submersible heating cable line, electric communication line with submersible telemetry system, high-frequency generator with possibility of energy transfer to inductor and ground equipment station, comprising control device connected through inputs and outputs with ground and submersible equipment and possibility of controlling submersible electric motor, wireless and / or wire communication module with possibility to control, receive and transmit data via wireless and / or wire communication means, dosing pump, manometer, level gauge with possibility of transmitting information to a control device, a reagent flow meter with possibility of transmitting data on

reagent consumption to a control device. At that well is additionally equipped with wellhead module (WM) having movable branch pipe and discharge branch pipe into main pipeline, and ground equipment is equipped with a voltage / frequency converter and a flow express analyzer of proton magnetic resonance (PMRA), which includes a magnet, a dielectric tube with an inductance coil of the PMR detector wound around it, output of coil is connected to power amplifier of radio-frequency pulses (transmitter) and useful PMR signals amplifier (receiver) of relaxometer by high-frequency cable with quarter-wave length, from receiver, through the module, information on the "smart well – proton magnetic resonance analyzer" multifunctional complex system is transmitted to the oil field monitoring and control dispatcher control panel.

EFFECT: technical result is expansion of functionality of multifunctional automatic digital intelligent well with heating of pumping and compression pipes and electromagnetic radiation of face with inductor.

4 cl, 1 dwg

Изобретение относится к области нефтедобычи, в частности к системе управления многофункциональной автоматической цифровой интеллектуальной скважины (МАЦИС) для одновременного управления скоростью ротора погружного электродвигателя (ПЭД) установки центробежного электронасоса (УЭЦН) по данным 5 контроля дебита и параметров скважинной жидкости (СКЖ), прогревом насосно-компрессорных труб (НКТ) для устранения образования асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО), индукционным прогревом призабойной зоны пласта для понижения вязкости нефти (природного битума) и/или отдельного выполнения указанных действий и может быть использована на промыслах при добыче нефти из 10 скважин.

Известна система управления УЭЦН, содержащая станцию управления с преобразователем частоты и контроллерами, систему погружной телеметрии (Станция управления «Электрон-05» ПЧ-ТППТ-800-380-50-1-УХЛ1 ТУ 3416-003-43174012-2001).

Недостатком данной системы является то, что управление ПЭД осуществляется 15 только по предварительно определенному заданию, отсутствует автоматическое регулирование производительности установки в соответствии с изменяющимися условиями добычи нефти, так как при управлении не учитываются реальные динамические характеристики системы «пласт-скважина-УЭЦН».

Известна система оптимального управления УЭЦН по патенту РФ №88167 от 20 27.10.2009, авторов Сипайлов В.А., Букреев В.Г. и Сипайлова Н.Ю.

Полезная модель относится к области управления технологическими процессами в нефтяной промышленности и направлена на повышение качества управления УЭЦН за счет возможности в реальном времени автоматически изменять показатели 25 производительности установки и настраиваться на режим оптимального по технико-экономическим критериям функционирования.

Указанный технический результат достигается тем, что система оптимального управления УЭЦН, содержащая установленный в скважине погружной электронасосный агрегат с кабельной линией питания его электродвигателя, блок погружной телеметрии с датчиками параметров состояния скважины и электронасосного агрегата, измеритель 30 дебита жидкости, установленный на выкидной линии и подключенный к первому входу блока идентификации, преобразователь частоты, подсоединенный к станции управления, силовой выход которой подключен к кабельной линии питания электродвигателя электронасосного агрегата, а информационный выход станции управления подключен ко второму входу блока идентификации, задатчик режима работы, дополнительно 35 включает блок оптимизации и датчик буферного давления, выход которого соединен с первым входом блока оптимизации и третьим входом блока идентификации, четвертый вход которого подключен к первому выходу задатчика режима работы, второй выход которого подключен к информационному входу станции управления, третий выход соединен со вторым входом блока оптимизации, третий вход которого подключен к 40 выходу блока идентификации, выход блока оптимизации подключен к управляющему входу преобразователя частоты.

Основные показатели работы УЭЦН - производительность (дебит жидкости) и потребление электроэнергии - зависят от технических параметров насоса и трубопровода, частоты вращения ротора электродвигателя, а также пластового и 45 буферного давлений. Управление режимом работы УЭЦН обеспечивается путем изменения производительности (дебита жидкости) электроцентробежного насоса за счет регулирования частоты вращения ротора электродвигателя электронасосного агрегата путем изменения частоты напряжения и величины напряжения на выходе

преобразователя частоты и напряжения (ПНЧ) в соответствии с рассчитанными в блоке оптимизации значениями, определяющими оптимальное по технико-экономическим критериям функционирование УЭЦН.

Оптимизация реализуется с помощью модели объекта методом перебора полученных
 5 решений в пределах заданных технологических ограничений. Результатом работы блока оптимизации является расчет управляющих воздействий (напряжение и частота напряжения на выходе преобразователя частоты), определяющих минимальное отклонение показателя технико-экономической эффективности УЭЦН (коэффициент рентабельности по электроэнергии) от планового значения. Оптимальные значения
 10 управляющих воздействий (частота напряжения и величина напряжения с выхода ПНЧ) передаются в станцию управления. В результате ее работы происходит изменение частоты вращения ротора электродвигателя и устанавливается режим работы установки, наиболее приближенный к оптимальному. Задатчик режима работы может быть реализован в виде автоматизированного рабочего места технолога, а блоки
 15 идентификации и оптимизации программным (цифровым) способом с помощью программируемых контроллеров, например, контроллеров станции управления и преобразователя частоты.

Недостатком известной системы является недостаточный набор параметров управления УЭЦН и СКЖ, по которым производится оптимизация работы скважины
 20 и недостаточный набор функций для многофункциональности автоматической комплексной станции интеллектуальной скважины.

Последний недостаток аналога для управления УЭЦН при добыче высоковязких нефтей устраняется в многофункциональной автоматической комплексной станции интеллектуальной скважины по патенту РФ №128894 от 10.06.2013, авторов Глебова
 25 В.И., Скворцова Д.Е., принятой за прототип.

Система состоит из погружной установки электроцентробежного насоса (УЭЦН) с погружным электродвигателем (ПЭД), погружной греющей кабельной линии, электрической линии связи и наземного оборудования, состоящего из управляющего
 30 устройства ПЭД и кабельным нагревом (КН), высокочастотного генератора с возможностью передачи энергии до облучающего индуктора на расстоянии более 1000 м от генератора.

Технический результат, достигаемый системой-прототипом, заключается в обеспечении комплексной работы одной станции для одновременного или раздельного управляемого процесса работы насосного оборудования, прогрева НКТ, индукционного
 35 прогрева призабойной зоны пласта и/или трубопроводов, с возможностью архивирования данных о работе каждого из процессов, дистанционного управления и передачи данных о работе каждого из процессов по беспроводному и/или проводному каналу, а также увеличение периода наработки на отказ скважинного оборудования за счет обеспечения увеличения надежности работы, снижению времени и трудозатрат
 40 при монтаже и эксплуатации многофункциональной автоматической комплексной станцией интеллектуальной скважины. Благодаря тому, что система-прототип выполнена в одном корпусе, это позволяет доставить станцию в сборе и компактно разместить станцию на месте эксплуатации, что снижает трудозатраты на сборку и запуск в эксплуатацию, по сравнению с прототипом.

Станция имеет дополнительно установленную систему дозированной подачи реагента и индукционного прогрева призабойной зоны пласта и/или трубопроводов и имеет
 45 возможность обеспечивать полный процесс оптимизации и интенсификации добычи, путем обеспечения оптимального режима работы насосного оборудования за счет

ликвидации АСПО и солеотложений на скважинном оборудовании и предотвращения увеличения вязкости флюида при подъеме по НКТ.

Благодаря вышеуказанному исключается возможность образования АСПО и солеотложений на погружном скважинном оборудовании, упрощается процесс монтажа, эксплуатации и обслуживания станции, увеличивается период наработки оборудования на отказ по сравнению с известным устройством по прототипу.

При эксплуатации проблемных скважин, осложненных АСПО, необходимо производить прогрев призабойной зоны пласта без подъема пластовой жидкости (например, при подготовке скважины к запуску для того, чтобы вследствие нагрева снизить вязкость жидкости и обеспечить более мягкие условия для работы ПЭД) или осуществлять индукционный нагрев совместно с питанием ПЭД и прогревом НКТ, когда скважина уже вышла на режим и необходимо поддерживать стационарное тепловое поле ствола скважин. Или производить только питание ПЭД и дозированную подачу реагента, когда параметры добычи позволяют производить на каком-то отрезке времени подъем жидкости без нагрева, а при отключении ПЭД можно оставить нагрев скважины и дозированную подачу реагента в работе (такая ситуация возникает при работе скважины с периодическим режимом работы по откачке жидкости). Таким образом, без переналадки установки, в автоматическом режиме, без подъема узлов из ствола скважины обеспечивается расширение ее функциональных и технологических возможностей. Все указанные операции возможно производить и одновременно в осложненных АСПО и солеотложениями скважинах.

Недостатками прототипа является недостаточный набор параметров управления УЭЦН и СКЖ, по которым производится оптимизация работы скважины и отсутствие прибора для измерения расхода скважинной жидкости, по данным которого осуществляется измерение дебита ИС; отсутствие измерителей концентрации воды, плотности и вязкости, по которым определяется момент на валу ПЭД и регулируется частота ротора двигателя, отсутствие преобразователя частоты ПЭД.

Данные недостатки аналогов и прототипа могут быть устранены в предлагаемой нами многофункциональной автоматической цифровой интеллектуальной скважине (МАЦИС) с использованием ПМР-анализатора (ПМРА) и преобразователя напряжения и частоты (ПНЧ) в наземном оборудовании.

Технический результат предлагаемого изобретения заключается в расширении функциональных возможностей в заявляемой МАЦИС за счет дополнительного использования ПМРА и ПНЧ.

Технический результат достигается тем, что в многофункциональной автоматической цифровой интеллектуальной скважине, включающей погружное оборудование, состоящее из погружного центробежного насоса с погружным электродвигателем, погружной греющей кабельной линии, электрической линии связи с системой погружной телеметрии, высокочастотного генератора с возможностью передачи энергии до индуктора и станцию наземного оборудования, включающую управляющее устройство, соединенное через входы и выходы с наземным и погружным оборудованием и возможностью управления погружным электродвигателем, модуль беспроводной и/или проводной связи с возможностью управления, приема и передачи данных по средствам беспроводной и/или проводной связи, насос-дозатор, манометр, уровнемер с возможностью передачи информации на управляющее устройство, расходомер реагента с возможностью передачи данных о расходе реагента на управляющее устройство, согласно настоящему изобретению, скважина дополнительно снабжена устьевым модулем (УМ), имеющим подвижный патрубок и выкидной патрубок в

магистральный трубопровод, а наземное оборудование снабжено преобразователем напряжения/частоты и проточным экспресс-анализатором протонного магнитного резонанса (ПМРА), включающим магнит, диэлектрическую трубку с намотанной на нее катушкой индуктивности датчика ПМР, выход которой высокочастотным кабелем
 5 длиной в четверть волны соединен с усилителем мощности радиочастотных импульсов (передатчиком) и усилителем полезных сигналов ПМР (приемником) релаксометра, с которого через модуль информация о многофункциональной автоматической комплексной системе «интеллектуальная скважина - протонный магнитно-резонансный анализатор» передается на диспетчерский пульт контроля и управления
 10 нефтепромыслом.

При этом УМ выполнен в виде расширяющегося конического участка трубы; проточный ПМРА используется для измерения производительности скважины и для измерения физико-химических параметров скважинной жидкости.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена схема
 15 реализации заявляемой системы.

Обозначения на чертеже:

1 - скважина;

2 - УЭЦН;

3 - ПЭД;

20 4 - погружная греющая кабельная линия;

5 - линия связи с системой погружной телеметрии,

6 - высокочастотный генератор

7 - индуктор,

8 - станция наземного оборудования,

25 9 - управляющее устройство

10 - модуль управления,

11 - насос-дозатор

12 - манометр

13 - уровнемер

30 14 - расходомер

15 - преобразователь напряжения/частоты,

16 - устьевой модуль;

17 - подвижный патрубок

18 - выкидной патрубок

35 19 - магистральный трубопровод

20 - проточный экспресс-анализатор протонного магнитного резонанса

21 - магнит,

22 - диэлектрическая трубка

23 - катушка датчика ПМР,

40 24 - ВЧ-кабель длиной в четверть волны,

25 - усилитель мощности радиочастотных импульсов (передатчик,

26 - усилитель полезных сигналов ПМР (приемник),

27 - релаксометр

28 - диспетчерский пульт контроля и управления нефтепромыслом.

45 МАЦИС 1 включает погружное оборудование, состоящее из центробежного насоса 2 с погружным электродвигателем 3, погружной греющей кабельной линии 4 насосно-компрессорных труб, электрической линии связи 5 с системой погружной телеметрии, высокочастотного генератора 6 с возможностью передачи энергии до индуктора 7,

размещенного на расстояние более 1000 м и станции наземного оборудования 8, включающей управляющее устройство 9, соединенное через входы и выходы с наземным и погружным оборудованием с возможностью управления ПЭД, модуль 10 беспроводной и/или проводной связи с возможностью управления, приема и передачи данных по средствам беспроводной и/или проводной связи (на фиг. 1 не показаны), насос-дозатор 11, манометр 12, уровнемер 13 с возможностью передачи информации на управляющее устройство 9, расходомер 14 реагента с возможностью передачи данных о расходе реагента на управляющее устройство, в которой согласно изобретению скважина дополнительно снабжена преобразователем напряжения/частоты 15 для управления скоростью ротора погружного электродвигателя 3 УЭЦН 2 и устьевым модулем (УМ) 16, имеющий подвижный патрубок 17 для отбора пробы из УМ и выкидной патрубок 18 для выброса СКЖ в магистральный трубопровод 19, а наземное оборудование имеет проточный экспресс-анализатор протонного магнитного резонанса (ПМРА) 20, включающий в своем составе магнит 21, в межполюсном пространстве которого проходит диэлектрическая трубка 22 с намотанной на нее катушкой 23 датчика ПМР, выход которой четвертьволновой ($\lambda/4 = c/4\nu_0 = 3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 6 \cdot 10$, где c - скорость света, $\nu_0 = 6 \cdot 10^6$ МГц - резонансная частота ПМР-релаксометра ПМРА) кабелем 24, соединен с усилителем мощности 25 радиочастотных импульсов (передатчиком) и усилителем полезных сигналов ПМР (приемником) 26 релаксометра 27, через модуль 10 передающим информацию о МАКСИС-ПМРА на диспетчерский пульт 28 контроля и управления нефтепромыслом.

МАЦИС 1 функционирует следующим образом: центробежный насос 2 с погружным электродвигателем 3 откачивает скважинную жидкость вязкой нефти, у которой снижена вязкость после ее прогрева погружной греющей кабельной линией 4, высокочастотным генератором 6 посредством передачи энергии от индуктора 7 в затрубное пространство; в станции наземного оборудования 8, включающей управляющее устройство 9, соединенное через входы и выходы с наземным и погружным оборудованием с возможностью управления ПЭД через модуль управления 10 УЭЦН+ПЭД, насосом-дозатором 11, контролем манометром 12, уровнемером 13 расходомером 14 осуществляется подача реагента с возможностью передачи данных о расходе реагента на управляющее устройство, в которой согласно изобретению скважина дополнительно снабжена преобразователем напряжения/частоты 15 для управления в зависимости от параметров скважины и ФХП СКЖ скоростью ротора погружного электродвигателя 3 УЭЦН 2. В устьевом модуле 16 подвижный патрубок 17 осуществляет отбор пробы в любом сечении УМ, посредством выкидных патрубков 18 часть СКЖ выталкивается в магистральный трубопровод 19, а часть пробы через подвижный патрубок 17 поступает в проточный экспресс-анализатор протонного магнитного резонанса (ПМРА) 20, а именно в диэлектрическую трубку 22 с намотанной на нее катушкой 23 в межполюсном пространстве магнита 21 датчика ПМР, сигнал ПМР с которой через четвертьволновой кабель 24 подается в усилитель полезных сигналов ПМР (приемник) 26 релаксометра 27 и далее через модуль 10 информация о параметрах МАЦИС и о физико-химических параметрах СКЖ по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ передается на диспетчерский пульт 28 контроля и управления нефтепромыслом.

Выполненные модельные эксперименты на стенде и моделирование процесса управления дебитом скважины показали пригодность системы МАЦИС-ПМРА для решения задач оптимизации работы интеллектуальной скважины.

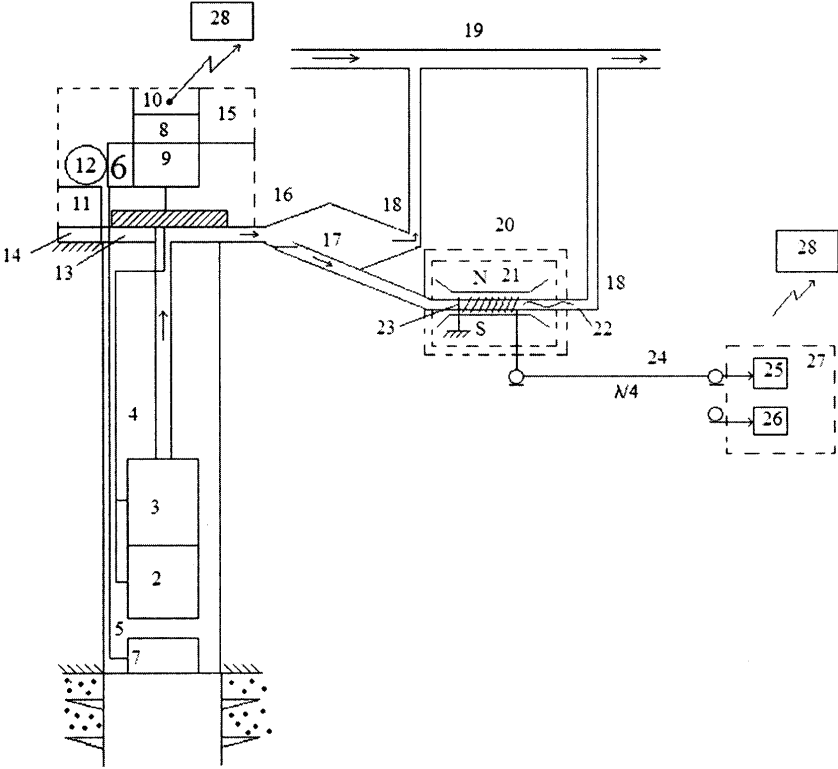
(57) Формула изобретения

1. Многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина, включающая погружное оборудование, состоящее из погружного центробежного насоса с погружным электродвигателем, погружной греющей кабельной линии, электрической линии связи с системой погружной телеметрии, высокочастотного генератора с возможностью передачи энергии до индуктора и станция наземного оборудования, включающая управляющее устройство, соединенное через входы и выходы с наземным и погружным оборудованием и возможностью управления погружным электродвигателем, модуль беспроводной и/или проводной связи с возможностью управления, приема и передачи данных по средствам беспроводной и/или проводной связи, насос-дозатор, манометр, уровнемер с возможностью передачи информации на управляющее устройство, расходомер реагента с возможностью передачи данных о расходе реагента на управляющее устройство, отличающаяся тем, что скважина дополнительно снабжена устьевым модулем (УМ), имеющим подвижный патрубок и выкидной патрубок в магистральный трубопровод, а наземное оборудование снабжено преобразователем напряжения/частоты и проточным экспресс-анализатором протонного магнитного резонанса (ПМРА), включающим магнит, диэлектрическую трубку с намотанной на нее катушкой индуктивности датчика ПМР, выход которой высокочастотным кабелем длиной в четверть волны соединен с усилителем мощности радиочастотных импульсов (передатчиком) и усилителем полезных сигналов ПМР (приемником) релаксометра, с которого через модуль информация о многофункциональной автоматической комплексной системе «интеллектуальная скважина - протонный магнитно-резонансный анализатор» передается на диспетчерский пульт контроля и управления нефтепромыслом.

2. Многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина по п. 1, отличающаяся тем, что УМ выполнен в виде расширяющегося конического участка трубы.

3. Многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина по п. 1, отличающаяся тем, что проточный ПМРА используется для измерения производительности скважины.

4. Многофункциональная автоматическая цифровая интеллектуальная скважина по п. 1, отличающаяся тем, что проточный ПМРА используется для измерения физико-химических параметров скважинной жидкости.



Фиг.1