

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900434** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.03.31

(22) Дата подачи заявки
2019.09.06

(51) Int. Cl. *E21B 43/12* (2006.01)
E21B 34/10 (2006.01)
F16K 21/10 (2006.01)
G05D 7/06 (2006.01)

(54) **АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПРИТОКА
ПЛАСТОВОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ФЛЮИДА**

(96) 2019000098 (RU) 2019.09.06

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
**ЖАМБРОВСКИЙ ДМИТРИЙ
СЕРГЕЕВИЧ; БАШАЕВ АЙНДИ
ХАЛИЛОВИЧ (RU)**

(74) Представитель:
Скоморохова Т.С. (RU)

(57) Изобретение относится к устройствам контроля притока пластового флюида в скважину, которые позволяют ограничивать поступление в колонну добывающих труб воды и/или газа. Данное устройство содержит базовую трубу и установленные на ней источник электрической энергии, пьезоэлектрический чувствительный элемент, реагирующий на величину электропроводности пластового флюида, микропроцессор, электромагнитный клапан, имеющий двухкамерный корпус, пружину и поршень, предназначенный для выборочного ограничения притока пластового флюида через отверстие входной камеры.

A1

201900434

201900434

A1

АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПРИТОКА ПЛАСТОВОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ФЛЮИДА

Изобретение относится к устройствам контроля притока пластового флюида в скважину, более конкретно к электронным устройствам контроля притока многокомпонентного флюида, поступающего из продуктивного пласта, которые позволяют ограничивать поступление флюида в колонну добывающих труб. В частности, изобретение относится к автономным электронным устройствам контроля притока флюида в скважине в операциях по открытию и закрытию клапанов, имеющих подвижный элемент, предназначенный для изменения величины площади канала притока флюида. Данное электронное устройство контроля притока может быть использовано в операциях по добычи нефти в скважинах с функцией отключения притока газа и/или воды, которое содержит источник питания, расположенный в скважине и предназначенный для питания узлов электронного устройства, способного определять компонент пластового флюида.

В добывающих скважинах имеется потребность управлять притоком многокомпонентных флюидов из продуктивного пласта в ствол скважины по ряду причин, например, для увеличения добычи нефти и минимизации добычи воды и/или газа, которые могут извлекаться параллельно с добываемым желательным компонентом флюида (нефть), что делает добычу менее прибыльной, так как расход добываемого желательного компонента вдоль скважины значительно снижается. Так, в процессе добычи нефти (например, из-за неравномерного перепада забойного давления вдоль стенок скважины) может возникнуть прорыв пластовой воды или газа в скважину, что приводит к добыче нежелательного компонента флюида и заставляет контуры пластовой воды замещать контуры притока нефти вдоль добывающей части скважины, вследствие чего происходит сопутствующая добыча нежелательной пластовой воды или газа и снижение дебита добываемой нефти на поверхности. В результате скважина теряет часть своего нефтяного потенциала, что приводит к необходимости бурить дополнительные скважины. По этой причине желательно перекрыть или уменьшить приток нежелатель-

ного компонента флюида в эксплуатационных зонах, испытывающих значительный приток воды и/или газа. Таким образом, желательно иметь средство для управления притоком текучей среды (флюида) в конкретном месте вдоль эксплуатационной колонны.

Таковыми средствами являются устройства контроля притока, которые предназначены для регулирования сопротивления притоку пластового флюида в колонну добывающих труб путем формирования механического препятствия притоку пластовой воды и/или газа. Такие устройства могут быть использованы по всей длине эксплуатационного участка скважины. Устройство управления притоком может быть выполнено с возможностью ограничения притока нежелательных жидкостей в колонну добывающих труб на основе определенных физических свойств жидкостей. В настоящее время в технике добычи нефти используются устройства контроля притока как пассивные, например, марки ICD[®], не распознающие фазу флюида, так и автономные, например, марки AICD[®], распознающие фазу флюида (см. Dimitrios Krinis et.al, Qatari Saudi Aramco; Sam Simonian and Giovanni Salerno FloTech LTD, "Optimizing Horizontal Well Performance in Non Uniform Pressure Environments Using Passive Inflow Control" OTC Houston, Tx. May 2009; а также Crow S.L. et.al "Oil Tools Means for Passive Inflow Control Upon Gas Breakthrough, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA, 24-27 September, 2006).

Известные устройства контроля притока автономного типа содержат клапаны, работающие дискретно по принципу «включено-выключено», где позиция «включено» соответствует позиции механического препятствия (заслонки) либо когда приточное отверстие полностью открыто, либо когда приточное отверстие полностью закрыто. Однако функционирование таких двухпозиционных клапанов в значительной степени зависит от плотности « ρ » и вязкости « μ » пластового флюида, что делает практически нереализуемой функцию клапанов открывать-закрывать приточное отверстие переменнo, т.е. обеспечивать линейно регулируемое управление приточным отверстием. Одной из причин такой проблемы является узкий диапазон значений величины плотности пластового флюида, при этом величина плотности может варьироваться из-за имеющихся примесей в нефтегазовых компонентах. Ряд известных устройств контроля притока не способен различать типы пластовых флюидов, поэтому функционируют только в качестве заслонки двухпозиционного типа «открыто-закрыто» для регулирования доступа флюида к внутренней поверхности скважинной трубы. Известны также устройства контроля притока пластовых флюидов, которые способны до некоторой степени разли-

чать типы пластовых флюидов. Такие известные устройства управления притоком имеют клапаны трубчатого типа либо клапаны соплового типа (см., например, US 9598934).

Известные системы управления скважинными клапанами, являются либо гидравлическими, либо электрогидравлическими. Основными преимуществами полностью электрической системы управления являются: надежность системы за счет исключения необходимости использования гидравлических линий связи и зависимости от использования прямого электрического управления через один общий электрический кабель всеми электрическими инструментами и датчиками, установленными в скважине; достаточно точное управление рабочими положениями клапана и, следовательно, падением давления и расходом флюида через клапан; значительное сокращение числа линий управления, поскольку используется только одна электрическая линия управления; не требуется гидравлический силовой агрегат, установленный на поверхности. Дополнительным преимуществом электрической системы является снижение риска потери управления, присущего гидравлическими системами вследствие утечки и потери давления потока флюида.

Известны устройства управления притоком электрогидравлического типа, которые работают электрически, при этом для изменения величины площади отверстия для притока флюида используют гидравлическую активацию управления подвижным элементом (заслонкой) с поверхности скважины. Гидравлическая активация является надежным принципом активации подвижного элемента, однако такой тип активации не имеет достаточной точности управления открытием и закрытием клапана. Гидравлическая система идеально подходит для двухпозиционных клапанов типа «включено-выключено». Однако для скважин, которые требуют большей точности управления притоком, клапан должен обеспечивать не только дискретное управление по типу «открыто-закрыто», но также и переменное, линейно регулируемое управление площадью отверстия для притока желаемого флюида.

Для достижения большей точности управления площадью пропускного отверстия между «полностью открытым» и «полностью закрытым» положениями клапана, устройства контроля притока в ряде случаев содержат дополнительные механические компоненты - компенсаторы. Сложность конструкции таких компенсаторов способствует снижению надежности устройства в целом. Когда операции открывания и закрывания отверстия для притока жидкости должны выполняться непрерывно, указан-

ная выше сложность конструкции устройства становится еще более существенной (см., например, патенты US, 5979558; US, 6715558; US, 7377327).

Патент US, 5832996 раскрывает электрогидравлическое устройство контроля, снабженное электромагнитным клапаном, который активируется при подаче гидравлической энергии с поверхности земли и направляет гидравлическую энергию к открытию или закрытию камеры устройства. Патенты US, 6253843 и US, 5832996 раскрывают электрически активируемые внутрискважинные клапаны.

Патент US, 8474535 раскрывает устройство контроля притока флюида в скважине, которое изменяет сопротивление потоку жидкости в ответ на изменение скорости жидкости. Известное устройство имеет фильтр и клапан, содержащий поршень, который смещается в ответ на перепад давления, тем самым избирательно пропуская или предотвращая приток жидкости через клапан. Патенты US, 9790766 и US, 9970263 раскрывают автономные устройства контроля притока в стволе скважины - Autonomous Inflow Control Device (AICD), которые способны автоматически регулировать приток жидкости без необходимости управления оператором. Устройства AICD сконструированы таким образом, чтобы они могли обеспечивать большее сопротивление притоку нежелательных компонентов (например, газа и/или воды), чем они обеспечивают желательным компонентам (например, нефти), в частности, когда процентное содержание нежелательных компонентов увеличивается.

Опубликованная патентная заявка US, Patent Appln. 2006/0113089 раскрывает устройство контроля притока, которое управляется электрически с поверхности скважины и обладает способностью автоматического отключения притока в скважину воды и/или газа при обнаружении изменений плотности жидкости или изменений рабочей температуры жидкости. В одних вариантах осуществления устройства управления притоком ограничивают, но не полностью перекрывают поток жидкости. В других вариантах осуществления устройства управления притоком полностью перекрывают приток жидкости. Такие устройства описаны, например, в патентах US, 9995109; US, 6128177; US, 6112815; US, 5803179 и US, 5435393. Как правило, известные устройства контроля притока имеют трубчатый корпус с двойными стенками с одним или несколькими впускными каналами и песочный фильтр, который окружает часть трубчатого корпуса. Добываемая жидкость предварительно попадет в песочный фильтр, а затем проходит извилистый путь (например, спиральный путь) между двойными стенками, чтобы достичь входного отверстия.

В ряде известных устройств управление площадью отверстия для притока жидкости (флюида) осуществляется путем перемещения трубчатого элемента с отверстиями (перфорациями), расположенного внутри корпуса. Такие отверстия в подвижном элементе обеспечивают сообщение жидкостей между внутренней и внешней поверхностью добывающей трубы.

Опубликованная патентная заявка US Patent Appln. 2018/0223625 раскрывает электрическое устройство для управления притоком в скважине при операциях по добыче и закачке нефти и газа в скважинах, которое представляет собой регулирующий клапан. Патент US, 8356669 раскрывает устройство контроля притока, которое содержит поршень, способный смещаться, по меньшей мере, в два положения. Поток текучей среды, которая проходит через устройство управления притоком, может ограничиваться в ответ на смещение поршня из одного положения в другое.

Как уже было указано выше, некоторые из известных устройств контроля притока не различают типы пластовых флюидов и могут функционировать только в качестве заслонки для регулирования притока флюида. Такие устройства могут быть простыми двухпозиционными клапанами или их можно дозировать для регулирования потока текучей среды. Устройства других типов для регулирования притока пластовых флюидов способны до некоторой степени различать компоненты пластовых флюидов. Такие устройства включают, например, ограничители притока трубчатого или соплового типа, автономные устройства управления притоком, неавтономные устройства управления притоком, извилистые пути, их комбинации (см., например, патент US, 9598934).

В патентном документе PCT/US2016/030168 «Water front sensing for electronic inflow control device», опубликован за номером WO 2017/189000, раскрыто электронное устройство для определения положения фронта воды, работающее на использовании нейтронов и содержащее электромагнитный сенсор. Патент RU, 2562712 раскрывает магнитный клапан, предназначенный для поддержания оптимальной величины гидравлического давления и позволяющий циклически регулировать давление. Однако известный клапан не способен распознавать компоненты пластового флюида, поэтому не ограничивает доступ в скважину таких нежелательных компонентов как вода и/или газ.

Анализ патентной и научно-технической литературы позволяет сделать вывод, что на мировом нефтегазовом рынке существуют три основных типа устройств контроля притока пластового флюида, разработанные разными нефтяными компаниями. Принцип действия этих основных типов устройств основан на механическом контакте элементов устройства с потоком пластового флюида. Такой механический контакт на пря-

мую зависит от двух физических параметров пластового флюида – плотности и вязкости.

Так, известно устройство контроля притока марки «EquiFlow®» американской компании “Halliburton Energy Services, Inc.”, US, в котором при прохождении пластового многокомпонентного флюида через канал, выполненный в виде лабиринта, происходит фазовое разделение флюида. Нефть, обладающая наибольшей вязкостью, находит кратчайший путь к входному отверстию устройства, тогда как вода или газ, обладающие меньшей вязкостью, проходят через наибольшее расстояние лабиринта, что позволяет ограничить их параллельный приток в скважину. Известное устройство контроля притока не имеет подвижных элементов, не требует внутрискважинного вмешательства для установки. Однако оно обеспечивает незначительное ограничение доступа воды или газа в колонну добывающих труб.

(см., например, www.halliburton.com/en-US/ps/completions/sand-control/screens/inflow-control/equiflow-autonomous-inflow-control-device.html).

Известен клапан марки RCP® (Rate Controlled Production) норвежской компании “Statoil”. Протекая через проходное отверстие, пластовый флюид попадает на подвижный диск, который является единственным подвижным элементом в устройстве. Флюид, обладающий меньшей вязкостью, например, вода или газ, приводит диск в движение в сторону входного отверстия, тем самым блокируя его. Аналогично, высоковязкий флюид (нефть) толкает диск в противоположном направлении, увеличивая площадь протекания, что способствует дальнейшему притоку нефти в добывающую трубу

(см., например, <https://docecity.com/queue/introduction70016.html>).

Известен также клапан марки AICV® компании “Inflow Control”, принцип действия которого схож с принципом действия клапана RCP®. Известное устройство включает единственный подвижный элемент в форме диска, работающий на разнице в величине вязкости и плотности флюидов. Известное устройство имеет впускное и выпускное отверстия, соединенные с каналами. В случае притока маловязкого флюида, выпускная линия направляет флюид обратно в продуктивный пласт, тогда как в случае высоковязкого флюида (нефть) входная линия дает доступ притоку в добывающую трубу (см., <https://www.inflowcontrol.no/about-aicv-old/>).

Преимуществами известных клапанов иностранных компаний являются: автономный режим работы; простота конструкции; возможность установки на старые скважины; долгосрочное функционирование. Однако, известным устройствам марки AICV® и RCP® присущи следующие недостатки: требуется многократное внутрискважинное

вмешательство для установки устройства вдоль каждой приточной секции скважины; требуется калибровка устройства под каждую индивидуальную скважину перед его установкой; пропускные отверстия имеют малую площадь, что увеличивает риск закупоривания и снижает возможную величину максимизации добычи нефти; конструкция и сборка существенно зависят от значения плотности и вязкости нефти; значительно снижается эффективность в скважинах с повышенной температурой.

Указанные выше клапаны иностранных компаний для устройств контроля притока флюида характеризуются схожим принципом действия, основанным на проявлении фазового опережения компонентов, которое зависит от плотности и вязкости пластового флюида. Механическое действие известных устройств основано на природных явлениях динамики пластового флюида, когда более плотная жидкая фаза выталкивает менее плотную, и в которой маловязкая фаза будет более подвижна, чем высоковязкая. Поскольку каждая скважина обладает различными условиями давления, температуры и величиной плотности нефтяной составляющей, то устройства контроля притока, работающие по принципу зависимости от плотности и вязкости флюида, имеют две общих проблемы.

Первая проблема связана с неполным открытием пропускного отверстия в клапане. Это обусловлено тем, что для каждого месторождения величина плотности отлична, при этом величина вязкости зависит от температуры в скважине, которая в свою очередь зависит от геотермических свойств резервуара. Следовательно, для каждого типа нефтяной компоненты площадь открытия пропускного отверстия будет варьироваться в пределах от частичного открытия до незначительного открытия. Это негативно влияет на нефтепроизводительность скважины, так как неполное открытие пропускного отверстия в клапане не позволяет максимизировать возможный приток нефти в колонну добывающих труб.

Вторая проблема относится к частичному доступу воды или газа в колонну добывающих труб. Для нефтяных скважин частичное проникновение нежелательного флюида может значительно влиять на их нефтепроизводительность. Так как существующие устройства контроля притока имеют малую площадь пропускного отверстия, дифференциал дренажного давления будет увеличен в каждой отдельной приточной секции скважины, что ускорит прорыв пластовой воды к стенкам скважины. Устройства контроля притока теряют свою эффективность, когда контур пластовой воды существенно замещает контур нефтепритока. В этом случае скважина становится менее рентабельной.

По этой причине имеется потребность в разработке конструкции автономного устройства управления многокомпонентным притоком в скважине, которая бы позволила увеличить точность и надежность управления сопротивлением притоку пластового многокомпонентного флюида в скважину.

В рамках данной заявки решается задача разработки такой автономной конструкции электронного устройства управления притоком многокомпонентного флюида в скважину, которая позволила бы увеличить производительность нефтяной скважины путем увеличения точности управления рабочими положениями клапана и, следовательно, падением давления и расходом флюида через клапан при сохранении надежности контроля за поступлением нежелательных компонентов пластового флюида в скважину. Решается также задача снижения зависимости управления величиной площади пропускного отверстия от таких физических свойств пластового флюида, как плотность и вязкость.

Поставленная задача решается тем, что автономное электронное устройство управления притоком многокомпонентного флюида из продуктивного пласта в колонну добывающих труб, расположенную в стволе скважины, имеющее пространство для потока пластового флюида и обеспечивающее сообщение по текучей среде между продуктивным пластом и колонной добывающих труб, содержит базовую трубу и установленные на ней источник электрической энергии, пьезоэлектрический чувствительный элемент, реагирующий на величину электропроводности пластового флюида, микропроцессор, электромагнитный клапан, предназначенный для выборочного ограничения притока пластового флюида через пространство трубы и который имеет двухкамерный корпус с перегородкой, образующей входную камеру и выходную камеру корпуса, где камеры сообщаются между собой с помощью канала в перегородке и где каждая из камер имеет отверстие, при этом канал перегородки расположен напротив отверстия входной камеры, а ось отверстия входной камеры корпуса расположена под углом 90° к оси отверстия выходной камеры, кроме того во входной камере и соосно с ней расположены поршень, снабженный постоянным магнитом, и электромагнит, установленный стационарно напротив постоянного магнита, при этом поршень соединен с корпусом с помощью пружины, позволяющей поршню с магнитом перемещаться линейно-поступательно в направлении, перпендикулярном оси отверстия входной камеры корпуса.

Предпочтительно, что внутренняя поверхность входной камеры и выходной камеры имеет цилиндрическую форму, а отверстие входной камеры корпуса является входом для потока пластового флюида, а отверстие выходной камеры корпуса является выходом для потока пластового флюида.

Кроме того, предпочтительно, что поршень, снабженный постоянным магнитом и соединенный с корпусом электромагнитного клапана с помощью пружины, а также электромагнит, расположенный напротив магнита, установлены во входной камере электромагнитного клапана с возможностью выборочной блокировки или разблокировки указанным поршнем отверстия входной камеры и канала в перегородке в ответ на сигнал пьезоэлектрического чувствительного элемента о величине электропроводности флюида.

Целесообразно, что поршень электромагнитного клапана установлен во входной камере и соосно с ней с возможностью линейно-поступательного перемещения перпендикулярно оси ее отверстия, тем самым полностью или частично закрывать канал в перегородке и отверстие входной камеры для ограничения притока флюида в ответ на измеренную чувствительным элементом величину электропроводности флюида.

При этом, поршень с постоянным магнитом установлен во входной камере электромагнитного клапана с возможностью разблокирования отверстия входной камеры для притока желательного компонента флюида путем предварительного измерения величины электропроводности флюида.

Предпочтительно, что в качестве источника электрической энергии устройство содержит пьезоэлектрический преобразователь гидравлической энергии потока жидкости в электрическую энергию.

Сущность данного электронного устройства управления притоком многокомпонентного флюида в скважину состоит в особой структуре данного устройства, включающего чувствительный элемент, реагирующий на величину электропроводности пластового флюида, и клапан со встроенным поршнем. В данной конструкции клапана его единственный подвижный элемент - поршень, способен перемещаться линейно-поступательно по вертикальной оси клапана, тем самым, полностью или частично открывать приточную площадь проходного отверстия. Устройство включает также электронную составляющую, которая может быть встроена как в конструкцию самого клапана, так и на отдельный участок колонны добывающих труб.

Устройство также включает источник электрической энергии, установленный в скважине на базовой трубе и выполненный в виде преобразователя гидравлической

энергии потока жидкости в электрическую. В данном устройстве управления притоком его электромагнитный клапан активируется не внешним источником гидравлической энергии, расположенным на поверхности скважины, а происходит электромагнитная активация подвижного элемента клапана - поршня, за счет его особой конструкции, снабженной постоянным магнитом, и источника электрической энергии, расположенного на базовой трубе, которая является частью колонны добывающих труб.

Устройство снабжено пьезоэлектрическим чувствительным элементом, который реагирует на электрическую проводимость флюида, принимает аналоговый сигнал о величине электропроводности флюида, а микропроцессор преобразует этот сигнал в цифровой сигнал и управляет величиной площади проходного отверстия в ответ на определение типа пластового флюида по величине электропроводности флюида.

Энергией активации источника питания данного устройства управления является гидравлическая энергия потока жидкости, где источником питания устройства служит преобразователь гидравлической энергии в электрическую, предназначенную для питания таких основных узлов устройства управления притоком, как чувствительный элемент, электромагнитный клапан с поршнем, микропроцессор, предназначенный для управления клапаном.

Данное устройство контроля притока работает электрически, т.к. для изменения величины площади отверстия для притока флюида использует электрическую активацию управления подвижным элементом (поршнем) внутри скважины. Данное устройство контроля использует гидравлическую активацию только для активации источника питания, расположенного в скважине.

Устройства контроля притока могут быть использованы по всей длине эксплуатационного участка скважины с целью регулировать неравномерный приток пластового флюида. В зонах пониженного забойного давления устройство контроля притока, установленное вдоль эксплуатационного участка скважины, может автономно регулировать величину падения забойного давления.

Сущность данного устройства управления притоком многокомпонентного флюида, выполненного согласно изобретению, поясняется графическим материалом, где:

фиг.1 изображает схематично расположение основных узлов устройства управления притоком на базовой трубе.

фиг.2 иллюстрирует вертикальное сечение электромагнитного клапана.

фиг.3 иллюстрирует вид сверху на горизонтальное сечение А-А электромагнитного клапана.

Для пояснения сущности изобретения на чертежах введены следующие обозначения: **1** – чувствительный элемент; **2** – источник электрической энергии; **3** – компенсатор гидравлического давления; **4** – электромагнитный клапан; **5** – базовая труба; **6** – песочный фильтр; **7** – защитная труба; **8** – стенка скважины; **9** – нефтенасыщенный коллектор; **10** - отверстие; **11** - корпус электромагнитного клапана; **12** - пружина; **13** - поршень; **14** - постоянный магнит; **15** - отверстие входной камеры; **16** - входная камера; **17** - электромагнит; **18** - отверстие выходной камеры; **19** - выходная камера; **20** - канал.

В основе работы данного автономного электронного устройства контроля притока, установленного локально в скважине, лежит принцип управления электрическими сигналами, получаемыми за счёт преобразования энергии потока жидкости в электрическую. Устройство способно работать автономно без участия оператора либо без участия других устройств, установленных на поверхности или в скважине. В то же время, электрогидравлический принцип работы данного устройства позволяет ему взаимодействовать с другими электрическими и электрогидравлическими устройствами для создания и поддержания эффективных условий добычи. Данную конструкцию устройства управления притоком можно отнести к «умной/smart», так как она соответствует инновационным решениям по контролю добычи нефти за счёт способности автономно вырабатывать в скважине электрический ток и распознавать фазовые компоненты пластового флюида путем измерения электропроводности флюида.

Принцип действия данного устройства контроля притока основан на возможности измерять электрические параметры пластового флюида с помощью пьезоэлектрического чувствительного элемента (сенсора) и микропроцессора и тем самым через электромагнитный клапан балансировать контуры притока нефти, газа или пластовой воды путем регулирования забойного давления.

Данное устройство контроля притока относится к гибриднему электрогидравлическому типу в виду его следующих особенностей:

- благодаря электронной настройке устройство может сообщаться и взаимодействовать с другой рядом стоящей единицей устройства для создания оптимального уровня добычи. Это происходит путём частичного или полного закрытия поршнем приточных площадей пропускаемых отверстий в рядом стоящих клапанах;
- обладает измерительной системой, которая способна автономно измерять электропроводность пластового флюида;

- устройство способно функционировать при риске возможного износа и повреждений, связанных с электрическими, гидравлическими и физическими параметрами измеряемых сред.

Ниже представлен неограничивающий пример реализации автономного устройства контроля притока многокомпонентного флюида.

Пример.

Автономное электронное устройство управления притоком многокомпонентного флюида из продуктивного пласта в колонну добывающих труб содержит базовую трубу и установленные на ней источник электрической энергии **2**, пьезоэлектрический чувствительный элемент **1**, реагирующий на величину электропроводности пластового флюида, микропроцессор (на чертеже не показан), а также электромагнитный клапан **4**, предназначенный для выборочного ограничения притока пластового флюида через пространство трубы. Клапан имеет двухкамерный корпус **11** с перегородкой, образующей входную камеру **16** и выходную камеру корпуса **19**, где камеры сообщаются между собой с помощью канала **20**, выполненного в перегородке корпуса **11**.

Данная конструкция автономного электронного устройства контроля притока (без внешнего источника электрической энергии на поверхности) включает электромагнитный клапан **4**, снабженный единственным подвижным элементом – поршнем **13**, который приводится в движение за счет срабатывания электромагнита **17**, что позволяет в ответ на сигнал о величине электропроводности пластового флюида с требуемой точностью полностью открывать канал **20** для желаемого компонента жидкости или закрывать канал **20** для нежелательных компонентов флюида безотносительно к величине плотности и вязкости пластового флюида.

Объект защиты включает базовую трубу **5**, имеющую вход и выход, источник электрической энергии, выполненный в виде преобразователя энергии потока жидкости в электрическую энергию, чувствительный элемент, клапан и микропроцессор, где источник питания установлен на наружной поверхности базовой трубы **5** со стороны входа потока флюида. Источник электрической энергии соединен электрически с чувствительным элементом, микропроцессором и электромагнитным клапаном.

Электромагнитный клапан **4** имеет встроенный в его входную камеру **16** поршень **13** с постоянным магнитом **14**, который соединен с корпусом **11** электромагнитного клапана пружиной **12** и может линейно-поступательно перемещаться вдоль вертикальной оси клапана, тем самым, избирательно блокировать или разблокировать отверстие

15 входной камеры **16**, т.е. полностью или частично открывать отверстие входной камеры, служащее для входа пластового флюида.

Электронное устройство контроля притока пластового флюида устанавливается на базовую трубу **5** вместе с микропроцессором, который контролирует работу электромагнита **17** и чувствительного элемента **1**. Чувствительный элемент **1** измеряет электрическую проводимость протекающего пластового флюида. Предварительно производится градуировка показаний чувствительного элемента **1** в отношении величины электропроводности компонентов флюида: нефти, воды и газа. В соответствии с измеряемыми показаниями электрической проводимости флюида относительно величины пороговых значений, например, для чистых углеводородов и сухих нефтепродуктов она составляет величину в диапазоне от 3×10^{-18} [См] до 2×10^{-10} [См], поршень **13** регулирует величину площади поперечного сечения канала **20**: открытое в случае нефтяной компоненты и закрытое в случае нежелательной пластовой воды или газа.

Автономное электронное устройство контроля притока многокомпонентных пластовых флюидов работает следующим образом. Под высоким забойным давлением пластовый флюид протекает из нефтенасыщенного коллектора **9** через песочный фильтр **6** на наружную поверхность базовой трубы **5**, где установлен источник электрической энергии **2** и чувствительный элемент **1**. Пьезоэлектрический чувствительный элемент **1** измеряет электропроводность пластового флюида и передает полученный аналоговый сигнал о величине электропроводности флюида на логическое устройство, выполненное в виде микропроцессора (на чертеже не показано), где распознается компонент жидкости. В случае притока нефти, электромагнитный клапан **4** частично либо полностью открыт, а в случае притока нежелательной фазы флюида, электромагнитный клапан **4** полностью закрыт.

За счёт перепада забойного давления пластовый многокомпонентный флюид движется из нефтенасыщенного коллектора **9** в сторону стенки скважины **8**. На внешний участок базовой трубы **5** многокомпонентный флюид протекает через песчаный фильтр **6**, который ограничивает попадание гранулированных частиц песка во внутрь оборудования добычи. Двигаясь по внешнему участку базовой трубы **5** поток флюида попадает на пьезоэлектрический чувствительный элемент **1**, который за счёт измерения разности потенциалов между электродами, находящимися в контакте с пластовым флюидом, определяет его электрическую проводимость. Микропроцессор преобразует полученный чувствительным элементом **1** аналоговый электрический сигнал о величине электропроводности флюида в цифровой сигнал, величина которого сравнивается с заранее

установленными пороговыми значениями электропроводности компонентов флюида, каждое из которых соответствует определённой предварительно заданной величине электропроводности компонента флюида на градуировочной кривой. Поток флюида направляется в сторону источника электрической энергии **2**, который преобразует гидравлическую энергию потока в электрическую и за счёт которой питает чувствительный элемент **1**, микропроцессор и электромагнитный клапан **4**. В случае потока, желательного для добычи компонента пластового флюида, электромагнитный клапан **4** открыт, что обеспечит проход потока флюида во внутретрубное пространство добывающей трубы и выход потока из скважины на поверхность. В случае потока, нежелательного для добычи фазового компонента, электромагнитный клапан **4** будет закрыт, что ограничит попадание нежелательного компонента во внутретрубное пространство добывающей трубы. В таком случае поток флюида будет выходить обратно в нефтенасыщенный коллектор **9** через отверстие **10**, выполненное в защитной трубе **7**.

Данная конструкция устройства управления притоком обеспечивает значительное увеличение нефтепроизводительности скважины, поскольку доступ воды или газа в колонну добывающих труб может быть полностью перекрыт благодаря электромагнитному принципу работы клапана, входящего в структуру устройства управления притоком. Притягиваясь к электромагниту **17**, подвижный элемент - поршень **13**, полностью закрывает канал **20** между входной камерой **16** и выходной камерой **19**.

Данное электронное устройство управления притоком многокомпонентного флюида в скважину позволяет предотвратить проникновение пластовой воды и газа во внутреннее пространство колонны добывающих труб и позволяет увеличить добычу нефти, а также обеспечивает поддержание оптимального значения давления вдоль стенок скважины. Выполнение таких операций может осуществляться путём регулирования забойного давления скважины за счёт полного или частичного закрытия соединительного канала электромагнитного клапана, входящего в структуру устройства управления притоком. Кроме того, для улучшения состояния системы добычи нефти данное устройство контроля притока может быть многократно установлено на участки эксплуатационной колонны вдоль стенок скважины.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Автономное электронное устройство управления притоком многокомпонентного флюида из продуктивного пласта в колонну добывающих труб, расположенную в стволе скважины, имеющее пространство для потока пластового флюида и обеспечивающее сообщение по текучей среде между продуктивным пластом и колонной добывающих труб, содержащее базовую трубу и установленные на ней источник электрической энергии, пьезоэлектрический чувствительный элемент, реагирующий на величину электропроводности пластового флюида, микропроцессор, электромагнитный клапан, предназначенный для выборочного ограничения притока пластового флюида через пространство трубы и который имеет двухкамерный корпус с перегородкой, образующей входную камеру и выходную камеру корпуса, где камеры сообщаются между собой с помощью канала в перегородке и где каждая из камер имеет отверстие, при этом канал перегородки расположен напротив отверстия входной камеры, а ось отверстия входной камеры корпуса расположена под углом 90° к оси отверстия выходной камеры, кроме того во входной камере и соосно с ней расположены поршень, снабженный постоянным магнитом, и электромагнит, установленный стационарно напротив постоянного магнита, при этом поршень соединен с корпусом с помощью пружины, позволяющей поршню с магнитом перемещаться линейно-поступательно в направлении, перпендикулярном оси отверстия входной камеры корпуса.

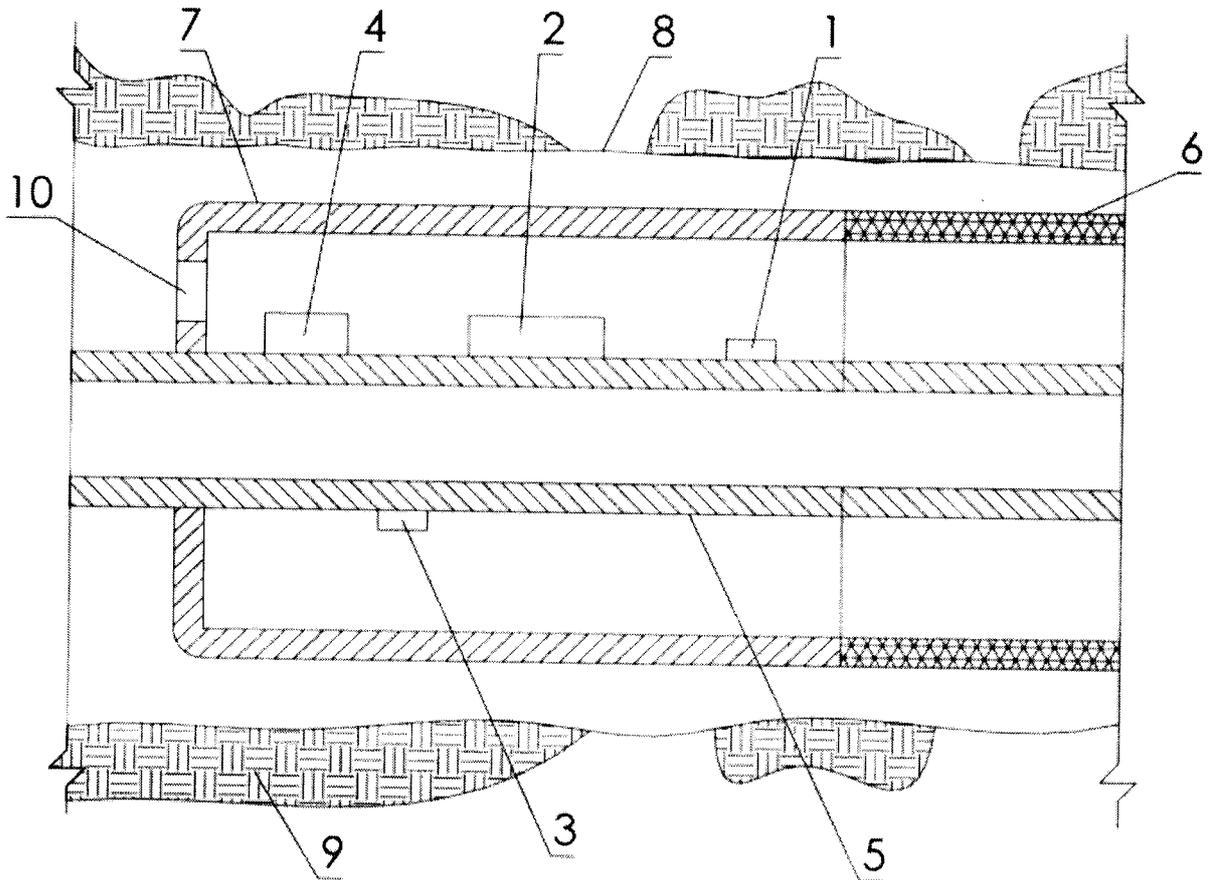
2. Устройство по п.1, **характеризующееся тем, что** внутренняя поверхность входной камеры и выходной камеры имеет цилиндрическую форму, а отверстие входной камеры корпуса является входом для потока пластового флюида, а отверстие выходной камеры корпуса является выходом для потока пластового флюида.

3. Устройство по п.1, **характеризующееся тем, что** поршень, снабженный постоянным магнитом и соединенный с корпусом электромагнитного клапана с помощью пружины, а также электромагнит, расположенный напротив магнита, установлены во входной камере электромагнитного клапана с возможностью выборочной блокировки или разблокировки указанным поршнем отверстия входной камеры и канала в перегородке в ответ на сигнал пьезоэлектрического чувствительного элемента о величине электропроводности флюида.

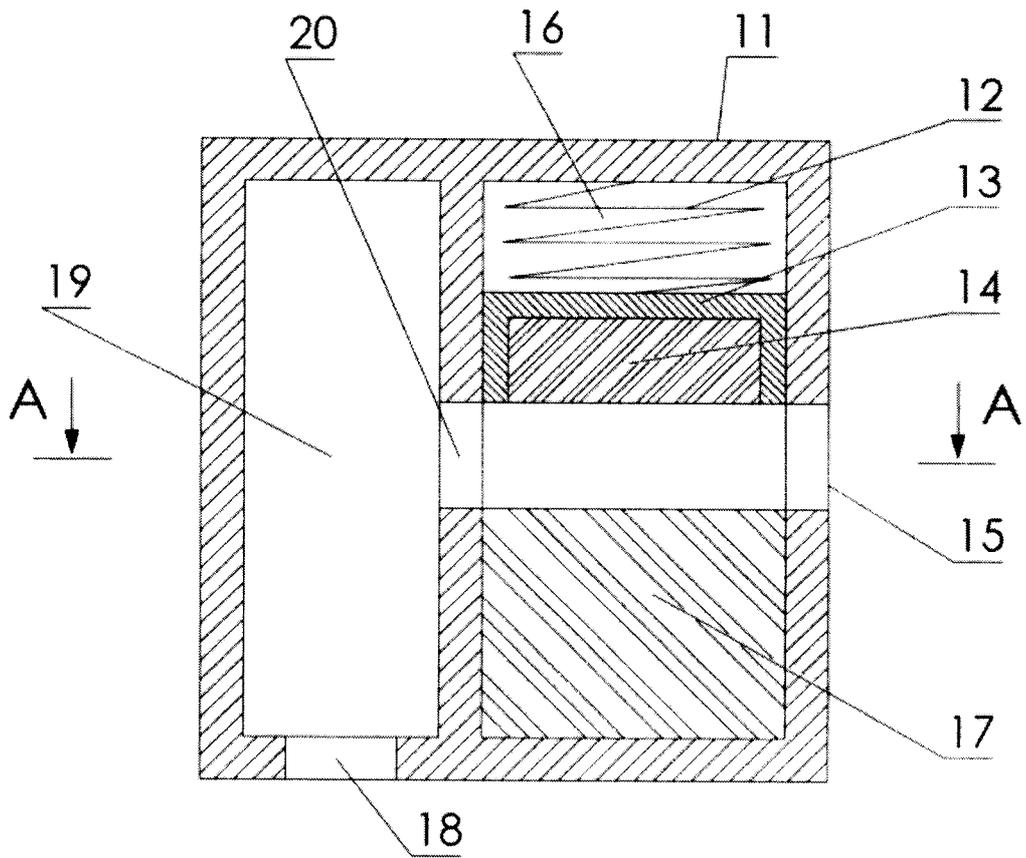
4. Устройство по п.1, **характеризующееся тем, что** поршень электромагнитного клапана установлен во входной камере и соосно с ней с возможностью линейно-поступательного перемещения перпендикулярно оси ее отверстия, тем самым полностью или частично закрывать канал в перегородке и отверстие входной камеры для ограничения притока флюида в ответ на измеренную чувствительным элементом величину электропроводности флюида.

5. Устройство по п.1, **характеризующееся тем, что** поршень с постоянным магнитом установлен во входной камере электромагнитного клапана с возможностью разблокирования отверстия входной камеры для притока желательного компонента флюида путем предварительного измерения величины электропроводности флюида.

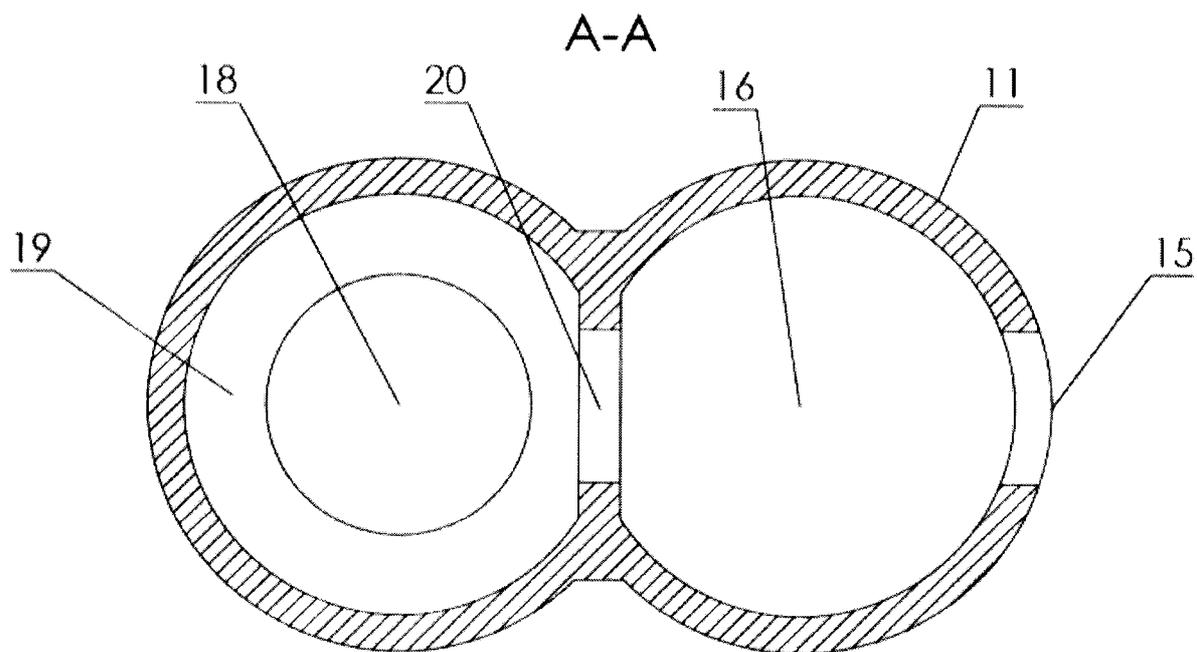
6. Устройство по п.1, **характеризующееся тем, что** в качестве источника электрической энергии устройство содержит пьезоэлектрический преобразователь гидравлической энергии потока жидкости в электрическую энергию.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

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

Номер евразийской заявки:

201900434

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

E21B 43/12 (2006.01)
E21B 34/10 (2006.01)
F16K 21/10 (2006.01)
G05D 7/06 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

E21B 34/06, 34/08, 34/10, 43/08, 43/12; G05D 7/06; F16K 21/04, 21/10

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
eLIBRARY, Google patent, Espacenet, Яндекс патенты

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2558083 C1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ВОРМХОЛС") 2015-07-27, весь документ.	1-6
A	RU 2012138957 A (ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.) 2014-03-20, весь документ.	1-6
A	US 20150376980 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC. HOUSTON TX) 2015-12-31, весь документ.	1-6
A	US 20160230509 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC. HOUSTON TX) 2016-08-11, весь документ.	1-6

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

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

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

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

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

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

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

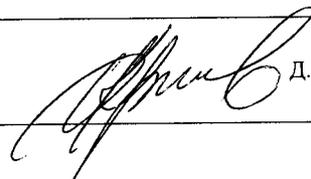
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **07/09/2020**

Уполномоченное лицо:

Начальник Отдела механики, физики и электротехники

 Д.Ф.Крылов