

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036196**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.13

(51) Int. Cl. *E21B 28/00* (2006.01)
E21B 43/25 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800190

(22) Дата подачи заявки
2018.03.16

(54) **ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНЫЕ И ГАЗОВЫЕ ПЛАСТЫ**

(43) **2019.09.30**

(56) RU-U1-81995
RU-C1-2448236
RU-C1-2138617
US-A-4000757

(96) **2018000032 (RU) 2018.03.16**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

**ТАГИЕВ МУСА МАГОМЕДОВИЧ
(RU)**

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

(57) Предложено устройство для высокочастотного волнового воздействия на нефтяные и газовые пласты. Изобретение относится к устройствам, преобразующим кинетическую энергию потока жидкости в энергию высокочастотных акустических колебаний ультразвукового диапазона. Принцип работы данного устройства основан на явлении возникновения акустических волн в струе жидкости при ее взаимодействии с препятствием, помещенным в трубопроводе на пути текучей среды, путем генерирования возмущений в жидкой среде в виде поля скоростей и давлений.

036196 B1

036196 B1

Изобретение относится к области нефтедобывающей и газовой промышленности, в частности к устройствам для создания волновых полей ультразвукового диапазона высокой интенсивности в продуктивных пластах при применении различных технологий расколматации призабойной зоны пластов, в том числе с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов на глубинах, превышающих 2000 м.

Изобретение может быть использовано при добыче газа, газового конденсата и для интенсификации процессов дегазирования угольных пластов, а также в технологических процессах получения многокомпонентных многофазных систем, а именно в процессах дегазации, диспергирования, эмульгирования, получения гомогенных смесей в химической, нефтяной и других отраслях промышленности.

Применение данного устройства особенно актуально при проведении работ в горизонтальных и боковых стволах скважин вследствие малых диаметров обсадных колонн и когда другие физико-химические методы повышения нефтеотдачи пластов неприменимы или исчерпаны. На начальном этапе для добычи нефти максимально возможно используется природная энергия пласта. В дальнейшем применяются технологии поддержания пластового давления путем закачки воды или газа. Далее для повышения эффективности разработки месторождений применяются различные технологии увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов.

Известны технологии волнового и термоволнового (вибрационного, ударного, импульсного, термоакустического) воздействия на нефтяной пласт или на его призабойную зону. Основная цель упомянутых технологий - ввести в разработку низко проницаемые изолированные зоны продуктивного пласта, слабо реагирующие на воздействия на них упругими волнами, затухающими в высоко проницаемых участках пласта, но распространяющимися на значительное расстояние и с достаточной интенсивностью, чтобы возбуждать низко проницаемые зоны пласта.

При разработке залежей углеводородов широко используются инфразвуковое, низкочастотное, среднечастотное, а также высокочастотное волновое воздействие, которое реализуется с использованием ультразвуковых технологий (см., патенты SU 973805; SU 1727431; US 6173803; US 6705396). Под действием импульсных упруго-механических колебаний ультразвукового диапазона в пористой трещиноватой среде призабойной зоны пласта происходит очистка фильтрационных каналов от кольматанта. В процессе волнового воздействия на пласт происходит разрушение кольматанта и вынос его в скважину. Высокоинтенсивные упруго-механические колебания ультразвукового диапазона снижают вязкость нефти и способствуют удалению разрушенного кольматанта за счет возросшей подвижности пластового флюида.

Ультразвуковое волновое воздействие основано на создании, например, магнитострикционных и пьезоэлектрических колебаний ультразвуковой частоты, воздействующих на призабойную зону за счет кавитации и других сопутствующих явлений на незначительном расстоянии от стенки скважины. Так, например, известно устройство для высокочастотного волнового воздействия на пласты, включающее магнитострикционный вибратор, который создает волны давления и разряжения в окружающей жидкости. При определенных частотах колебаний давление в фазе разряжения снижается до атмосферного, происходит разрыв сплошности жидкости и образуется (кавитационная) каверна, которая в противофазе давлений схлопывается (см. патенты SU 2235863; US 3322106; US 6705396; международная публикация патентной заявки WO 2001/025642).

Известны устройства для волнового воздействия на продуктивный пласт, принцип работы которых основан на преобразовании электрической энергии в акустическую энергию с использованием пьезоэлектрического эффекта (см., например, патенты RU 2264532 и RU 2191258).

Основным недостатком известных вибрационных устройств, принцип работы которых основан на преобразовании электрической энергии в акустическую, является тот факт, что зона кавитации ("разрыва жидкости") ограничена областью возмущения и примыкает к колеблющемуся телу. Хотя колебания давления распространяются в жидкую среду, однако зона кавитации находится в стационарном состоянии, а с ростом гидростатического внешнего давления разрывы жидкости становятся невозможными.

Недостатком известных вибрационных устройств является также недостаточная интенсивность звука, которая составляет величину менее 100 Вт/см².

Известны также гидродинамические устройства, принцип работы которых основан на преобразовании энергии потока жидкости в энергию упругих колебаний. Такие устройства содержат препятствие, имеющее форму плохо обтекаемого тела и закрепленное на пути движения потока жидкости (см. патенты US 4262757; US 4000757; RU 2369734; RU 2264532; RU 2355880). Препятствие может быть выполнено в виде поперечной балки, изогнутой лопатки, конуса, направленного навстречу потоку, а также выступов конуса внутри канала и им подобных. В тыловой части таких препятствий возникает зона пониженного давления. При некоторой критической скорости потока жидкости давление в тыловой зоне препятствия снижается до атмосферного, в результате чего здесь образуются пузыри, а затем каверна. При отрыве пузырьков или каверн от препятствия они попадают в область повышенного давления потока и схлопываются, совершая при этом определенную работу, энергию которой используют для очистки внутренней поверхности канала от осадков.

Длительное время используют резонансные гидродинамические устройства, в которых осуществляется возбуждение колебаний элементов в виде пластин, стержней или мембран в резонанс с колебаниями струи жидкости (см., например, патенты US 3895687; US 5303784; US 6173803; RU 2015749, RU 2188084,

RU 2229947; международная публикация патентной заявки WO 2013/015708).

Основным недостатком известных гидродинамических устройств для волнового воздействия на пласт является низкая эффективность. Это объясняется тем, что зона кавитации возникает только при определенных значениях скорости потока жидкости и окружающего гидростатического давления, при этом зона кавитации (каверна) локализуется и формируется около тела обтекания и находится в стационарном состоянии. Известные гидродинамические устройства не позволяют получить разрывы жидкости (каверны) при больших гидростатических давлениях, например в глубоких скважинах. Для разрыва потока жидкости, т.е. для получения кавитации и образования кавитационной каверны, необходимы либо очень высокие скорости прокачки жидкости, которые не всегда можно получить, особенно в глубоких скважинах или протяженных трубопроводах, либо необходимо искусственное снижение давления в трубопроводе. При больших значениях внешнего гидростатического давления, например в глубоких скважинах, получение кавитации с помощью известных устройств за счет вибраций или чрезвычайно высоких скоростей прокачки становится проблематичным. При большой длине трубопровода силы для разрыва жидкости могут достигать очень больших величин.

В основу данного изобретения поставлена задача разработки такой конструкции устройства для высокочастотного воздействия на продуктивные пласты на глубинах, превышающих 2000 м, которая позволит увеличить эффективность воздействия и нефтеотдачу трудноизвлекаемых продуктивных пластов за счет улучшения мощностных характеристик указанного устройства, а также за счет увеличения расстояния волнового воздействия от стенки скважины при одновременном сохранении прочности устройства вследствие компенсации разрушительных свойств кавитации.

Имеется потребность в разработке устройства, характеризующегося длительным сроком эксплуатации и обеспечивающего реализацию физического явления кавитации при избыточном внешнем давлении величиной порядка 55 мПа при интенсивности звука более 1000 Вт/см², пригодного для раскольматации призабойных зон продуктивных пластов методом площадно-волнового воздействия. Кроме того, имеется также потребность в устройстве, пригодном для обработки горизонтальных, боковых стволов скважин в условиях малых диаметров обсадных колонн из трудноизвлекаемых продуктивных пластов.

Поставленная задача решается тем, что гидродинамическое устройство для высокочастотного волнового воздействия на нефтяные и газовые пласты содержит монолитный корпус в виде цилиндрической трубы, имеющей открытый входной торец для ввода под давлением потока жидкости в корпус, а также противоположный закрытый торец и серию выходных каналов для вывода жидкости из корпуса, где корпус имеет профилированную внешнюю поверхность и профилированную внутреннюю поверхность, внутри корпуса соосно с ним на расстоянии друг от друга по ходу течения жидкости установлены первое средство и второе средство, каждое из которых предназначено для передачи потока жидкости и формирования акустической волны и имеет продольную ось симметрии, совпадающую с продольной осью симметрии корпуса, при этом первое средство выполнено в форме монолитного плохобтекаемого тела, поверхность которого образована комбинацией плоской фронтальной поверхности, конусной тыльной поверхности, промежуточной стержнеобразной поверхности, а также тыльной плоской поверхности, при этом первое средство установлено со стороны открытого входного торца корпуса, а второе средство имеет цилиндрическую форму и фронтальную конусную поверхность и установлено в корпусе так, что его цилиндрическая часть глухо закрывает противоположный торец трубы, при этом его фронтальная конусная поверхность ориентирована относительно серии выходных каналов так, что направляет вывод потока жидкости из трубы через указанную серию каналов, кроме того, в стенах корпуса со стороны его внешней поверхности по периметру трубы выполнены два параллельных ряда углублений тороидальной формы, каждый из которых расположен в плоскости, перпендикулярной продольной оси корпуса, при этом первый ряд углублений тороидальной формы выполнен со стороны открытого входного торца трубы, а второй ряд углублений выполнен со стороны противоположного закрытого торца трубы.

Предпочтительна конструкция гидродинамического устройства, в которой профилированная внутренняя поверхность трубы имеет переменное поперечное сечение так, что площадь поперечного сечения входящего потока жидкости меньше площади поперечного сечения потока центральной части. Целесообразно, что продольная ось каждого канала из серии каналов перпендикулярна продольной оси корпуса.

Кроме того, предпочтительна конструкция устройства, где радиус кривизны R_1 углублений первого ряда углублений тороидальной формы в 1,5-2 раза меньше радиуса кривизны углублений R_2 второго ряда углублений тороидальной формы. Предпочтительно также, что устройство выполнено из материала, имеющего механическую прочность не менее 50 кг/мм², при этом толщина стен корпуса кратна целому числу длины полуволны.

Сущность данного устройства состоит в следующем.

Принцип работы данного гидродинамического устройства для высокочастотного волнового воздействия на пласты основан на преобразовании энергии потока жидкости в энергию упругих колебаний ультразвукового диапазона.

При работе данного устройства как с внутренней, так и с внешней стороны устройства находится жидкая среда (определенной вязкости, имеет свойства жидкости Ньютона). Акустические волны формируются внутри устройства, а во внешней среде (пласте) происходит их дальнейшее распространение.

Внутри корпуса формируется истинная кавитация, а в продуктивном пласте происходят явления акустической кавитации - первичный эффект, возникающий при обработке жидкой среды ультразвуком.

Данное устройство для высокочастотного волнового воздействия на нефтяные и газовые пласты содержит корпус в виде цилиндрической трубы и имеет особенную внутреннюю структуру и внешнюю структуру, заданным образом связанные между собой с образованием единой системы. Внутренняя структура устройства образована профилированной внутренней поверхностью трубы и расположенным в трубе монолитным плохообтекаемым телом, поверхность которого образована комбинацией поверхностей тел различных геометрических форм, каждое из которых имеет продольную ось симметрии, совпадающую с продольной осью корпуса. Внутреннее пространство корпуса имеет переменное поперечное сечение, так что входной, центральный и выходной участки внутреннего пространства трубы имеют цилиндрическую форму разного диаметра, а между центральным участком и выходным участком этого пространства расположен участок конической формы. При этом площадь поперечного сечения входящего в корпус потока жидкости меньше площади поперечного сечения потока центральной части, но больше площади поперечного сечения потока, выходящего из конического участка центральной части корпуса.

Внешняя поверхность корпуса профилирована таким образом, что образует серию акустических и механически взаимосвязанных элементов, обладающих свойством фокусировки волн и выполненных в стенках корпуса в виде двух параллельных рядов углублений, имеющих тороидальную форму одного радиуса кривизны в пределах каждого ряда углублений, но имеющих разный радиус кривизны R_1 и R_2 относительно разных рядов углублений.

Фокусировка акустических волн, полученных внутри устройства, происходит за пределами устройства непосредственно в среде обрабатываемого объекта, в которое помещено данное устройство. Фокусировка акустических волн осуществляется при помощи профилированной заданным образом внешней поверхности корпуса с образованием элементов тороидальной формы. Для этой цели в стене корпуса с внешней ее стороны выполнены два параллельных между собой ряда углублений тороидальной формы разного радиуса кривизны R_1 и R_2 (см. фиг. 1. позиции 7 и 8). При работе устройства акустические волны образуются внутри данного устройства за счет его внутренней структуры, т.е. с участием самого устройства и прокачиваемого через него под давлением жидкого рабочего агента, но без участия пласта.

Раскольматация продуктивного пласта с использованием данного устройства для высокочастотного волнового воздействия осуществляется следующим образом. Упруго-механические колебания ультразвукового диапазона, распространяясь в жидкой среде, вызывают движение молекул в пределах, соответствующих длине акустической волны. При этом возникают зоны повышенного давления и зоны пониженного давления (разряжения), которые меняются местами каждый полупериод волны. Наличие в зоне разряжения растягивающего усилия, превосходящего прочность пластового флюида, приводит к возникновению кавитационных пузырьков (каверн), заполненных паром, газом или их смесью. При последующем переходе каверн в зону сжатия наступает их стремительный коллапс. Коллапс кавитационных пузырьков сопровождается выбросом энергии в виде ударной волны. В момент коллапса каверны в ее центре образуется мельчайшая струя окружающей жидкости, которая обладает местной скоростью звука. Под воздействием энергии ударной волны в молекулах твердых частиц кольма-тирующих веществ преодолеваются электростатические силы. Таким образом, при коллапсе каверн вблизи стенок пор коллектора или гранул проппанта (использованного при гидравлическом разрыве пласта) молекулы кольматанта отделяются от их поверхности и затем диспергируются. Отделяясь и ускоряясь вместе со струями жидкости других схлопывающихся кавитационных пузырьков, твердые частицы сталкиваются друг с другом с высокой скоростью, диспергируясь до микронного и долей микронного размера. При последующем создании депрессии диспергированный кольматант выносится в скважину.

Сущность изобретения поясняется неограничивающим примером его реализации и прилагаемыми чертежами, на которых:

фиг. 1 изображает продольное сечение гидродинамического устройства для волнового воздействия на продуктивные пласты;

фиг. 2 изображает поперечное сечение А-А устройства для волнового воздействия на пласты со стороны закрытого торца корпуса.

На чертежах введены следующие обозначения: 1 - монолитный корпус; 2 - открытый входной торец корпуса; 3 - закрытый торец корпуса; 4 - серия выходных каналов; 5 - первое средство для передачи потока жидкости и формирования акустической волны; 6 - второе средство для передачи потока жидкости и формирования акустической волны; 7 - первый ряд углублений торообразной формы; 8 - второй ряд углублений торообразной формы; 9 - плоская фронтальная поверхность первого средства; 10 - плоская тыльная поверхность первого средства; 11 - конусная тыльная поверхность первого средства; 12 - стержнеобразная поверхность; 13 - фронтальная конусная поверхность второго средства; 14 - входная камера; 15 - кавитационно-резонансная камера; 16 - конусно-цилиндрическая камера.

Данное устройство для высокочастотного волнового воздействия на нефтяные и газовые пласты содержит монолитный корпус 1 в виде цилиндрической трубы, имеющей открытый входной торец 2 для входа под давлением рабочего потока жидкости, а также противоположный закрытый торец 3 и серию выходных каналов 4 (см. фиг. 1). Монолитный корпус 1 имеет профилированную внешнюю поверхность

и профилированную внутреннюю поверхность. Внутри монолитного корпуса 1 соосно с ним установлены последовательно друг за другом по направлению движения потока жидкости два средства для передачи потока жидкости и формирования акустической волны (см. позиции 5 и 6 на фиг. 1). Первое средство 5 для передачи потока жидкости и формирования акустической волны расположено со стороны открытого входного торца 2 корпуса и выполнено в виде монолитного плохообтекаемого тела, установленного на пути потока жидкости соосно с продольной осью корпуса 1. Упомянутое плохообтекаемое тело имеет поверхность, образованную комбинацией поверхностей различных форм - плоскую фронтальную поверхность 9, обращенную к открытому входному торцу 2 корпуса и ориентированную перпендикулярно продольной оси корпуса 1. Упомянутое плохообтекаемое тело имеет также плоскую тыльную поверхность 10, расположенную напротив закрытого торца 3 корпуса и ориентированную перпендикулярно продольной оси корпуса, а также промежуточную стержнеобразную поверхность 12. Между указанными выше плоскими поверхностями плохообтекаемое тело имеет конусную тыльную поверхность 11, обращенную к закрытому торцу 3 корпуса.

Второе средство 6 для передачи потока жидкости и формирования акустической волны установлено со стороны закрытого торца 3 корпуса и имеет фронтальную конусную поверхность 13, расположенную напротив открытого входного торца корпуса 2. Указанное выше второе средство 6 имеет цилиндрическую форму и размеры, обеспечивающие возможность глухого закрытия указанного торца 3. Серия выходных каналов 4 выполнена в стенах монолитного корпуса 1 со стороны закрытого торца 3 (см. фиг. 1 и 2), а ось каждого из серии выходных каналов перпендикулярна продольной оси монолитного корпуса 1. Фронтальная конусная поверхность 13 второго средства 6 ориентирована относительно выходных каналов 4 с возможностью поворота направления распространения потока жидкости и акустической волны на 90° относительно продольной оси монолитного корпуса 1 (см. фиг. 1).

В стенах монолитного корпуса 1 со стороны его внешней поверхности выполнены два взаимно параллельных ряда углублений торообразной формы 7 и 8. Каждый из указанных рядов торообразной формы 7 и 8 расположен в плоскости, перпендикулярной продольной оси корпуса 1. При этом первый ряд углублений торообразной формы 7 выполнен в стенах корпуса 1 со стороны открытого входного торца 2 корпуса. Второй ряд углублений торообразной формы 8 выполнен в стенах корпуса 1 со стороны закрытого торца 3 корпуса и расположен перед серией выходных каналов 4 по ходу течения потока жидкости. Указанные ряды углублений торообразной формы 7 и 8 имеют в плоскости продольного сечения корпуса разный между собой радиус кривизны R_1 и R_2 соответственно, так что R_1 меньше R_2 в 1,5-2 раза.

Входная камера 14 монолитного корпуса 1 имеет величину диаметра поперечного сечения меньше, чем величина диаметра кавитационно-резонансной камеры 15, при этом кавитационно-резонансная камера 15 сопряжена с конусно-цилиндрической камерой 16. Обе камеры 15 и 16 данного устройства расположены в центральной части корпуса 1.

Данное гидродинамическое устройство для волнового воздействия на продуктивный пласт с использованием ультразвуковых волн работает следующим образом. При обтекании потоком жидкости, имеющим скорость не менее 12 м/с, первого средства 5 для передачи потока жидкости и формирования акустической волны, выполненного в виде плохообтекаемого тела, образуется порядка 7×10^5 кавитационных каверн в зоне пониженного давления. В этой зоне происходит схлопывание каверн с давлением порядка 400 МПа, сопровождаемое сферическим распространением ударных волн. Поскольку диаметр плохообтекаемого тела предпочтительно составляет 80-90% от диаметра входной камеры 14, то это тело подвержено действию поля импульсного давления, тем самым вызывая упруго-механические колебания ультразвукового диапазона, направленного по течению потока жидкости. В области конусно-цилиндрической камеры 16, а именно в зоне внутренней конической поверхности корпуса 1, ультразвуковое излучение усиливается. Далее при обтекании второго средства 6 для передачи потока жидкости и формирования акустической волны создаются условия истинной кавитации, которая воздействует на объект и дополнительно обеспечивает режим автомодельной ситуации. Второе средство 6 для передачи потока жидкости и формирования акустической волны позволяет не только развернуть направление ультразвукового излучения на 90° относительно продольной оси корпуса, но и получить дополнительно истинную кавитацию с последующим воздействием непосредственно на объект. Поперечные сечения серии выходных каналов 4 имеют форму окружностей или прямоугольников, размеры которых составляют величину не менее длины волны ультразвукового излучения и обеспечивают прохождение плоского ультразвукового излучения кавитирующей жидкой среды.

Пример.

Гидродинамическое устройство для высокочастотного волнового воздействия на продуктивные пласты изготовлено в виде профилированной трубы цилиндрической формы из сплава хром-никель-титана, имеющего прочность 50 кг/мм². Устройство, спущенное в скважину, приводится в действие нагнетанием жидкого рабочего агента с соблюдением требуемого расхода жидкости. Исходя из геологических требований объекта при выполнении работ в качестве рабочего агента используют воду, нефть, солевой раствор или кислотные композиции.

При работе с данным устройством как с внутренней, так и с внешней стороны устройства исполь-

зуют жидкофазную среду. Акустические волны образуются внутри данного устройства без участия пласта или любого другого объекта обработки, а лишь с участием самого устройства и прокачиваемой через него рабочей жидкости. Фокусировка акустических волн, полученных внутри данного устройства, происходит за пределами этого устройства при помощи фокусирующих элементов торообразной формы, выполненных в два ряда в стене корпуса с внешней стороны корпуса, т.е. фокусировка происходит непосредственно в среде обрабатываемого объекта, в которую помещено данное устройство. В этой же среде происходит и распространение акустических волн.

Предварительно на необходимую глубину производят спуск данного устройства в скважину на колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) или гибкой трубе (так называемая технология "Coiled Tubing"). К колонне НКТ или гибкой трубе присоединяют насосный агрегат. Затрубное пространство соединяется с промывочной емкостью для выхода циркулирующей жидкости, что позволяет в процессе работы насосного агрегата следить за уровнем жидкости в емкости с целью учета ее поглощения. Данное устройство устанавливают на заданной глубине, затем включают насосный агрегат и производят прокачивание под давлением рабочей жидкости через устройство.

Таким образом, данное устройство помещается в жидкую среду обрабатываемого объекта. Это может быть заполненная водой труба, жидкостью скважина и пласт. В полость корпуса по присоединенному к входному открытому торцу патрубку (трубе, шлангу) подается жидкофазный рабочий агент такого же или отличного от жидкости обрабатываемого объекта состава. В процессе прокачивания жидкости в зоне кавитационно-резонансной камеры, т.е. внутри данного устройства, происходит образование акустических волн (упруго-механических колебаний ультразвукового диапазона).

С течением времени устройство в процессе обработки перемещают в необходимом направлении вдоль интервала обработки, на который производится воздействие. В процессе волнового воздействия постоянно ведут учет текущего времени, глубины интервала воздействия, давления в насосе и количества поглощенной жидкости на каждой точке воздействия. По окончании обработки герметизирующее устройство на устье скважины демонтируют и производят подъем устройства.

При перетекании из насосно-компрессорных труб или гибкой трубы в устройство поток рабочего агента подвергается деформации (изгиб, кручение). Внутри устройства часть механической энергии (кинетической и потенциальной) движущейся жидкости величиной из диапазона 5-40 кВт (в зависимости от геометрических размеров устройства) затрачивается на совершение работы, связанной с получением гидродинамической кавитации.

При прохождении жидкого рабочего агента через элементы конструкции устройства происходит увеличение скорости потока, которое в конкретном участке приводит к моментальному понижению давления ниже критического уровня, равного давлению насыщенного пара жидкости. Наличие в составе жидкости микроскопических твердых частиц, а также мельчайших пузырьков газа и пара, в свою очередь, снижает прочность рабочего агента на разрыв.

Давление пара и газа в пузырьках жидкого рабочего агента на участке потока с пониженным давлением оказывается больше давления в жидкости. Таким образом, инициируется процесс образования и роста каверн. Далее, каверны вместе с потоком жидкости перемещаются в область более высокого давления, кавитационно-резонансную камеру, где происходит их схлопывание (коллапс). Устойчивый нелинейный процесс схлопывания каверн внутри ограниченного пространства заданной формы направлен на возбуждение колебательной системы в виде плохообтекаемого тела внутри устройства. Одновременный коллапс в случайный момент времени большого количества каверн (порядка 700000 шт.) сопровождается мощным выбросом механической энергии в виде ударных волн (импульсы давления 40,0-60,0 МПа). Энергия, высвобожденная при одновременном коллапсе каверн, преобразуется в импульсные упруго-механические колебания ультразвукового диапазона.

Конструкцией данного устройства обеспечиваются требуемые параметры акустического излучения, данное устройство генерирует два основных диапазона частот: 50-150 кГц и 300-600 кГц, при этом интенсивность звука достигает величины более 1000 Вт/см².

Упруго-механическим колебаниям ультразвукового диапазона свойственны короткие длины волн. При длине волны ультразвуковых колебаний, не превышающей 10 мм, появляется возможность фокусировать и формировать направленное излучение, а соответственно и направлять требуемое количество энергии в заданном направлении.

Системой отражающих и фокусирующих торообразных элементов устройства упруго-механические колебания ультразвукового диапазона концентрируются и направляются перпендикулярно оси скважины в виде плоских волн высокой интенсивности. Указанные углубления торообразной формы фокусируют выходящие волны в зону объекта воздействия.

Помимо этого, импульсные упруго-механические колебания ультразвукового диапазона инициируют кавитационно-акустическое течение жидкости внутри данного устройства. Движение жидкости преобразуется в кавитационно-акустическое течение из устройства в виде колеблющихся струй жидкости, направленных перпендикулярно оси скважины и насыщенных кавернами с циклами их существования.

В известных гидродинамических устройствах кавитационно-акустическое течение рабочего агента эффективно воздействует в большей степени на призабойную зону пласта, проникая через перфорацион-

ные каналы и подчиняясь законам гидродинамики, тогда как реализуемые данным устройством параметры импульсных упруго-механических колебаний ультразвукового диапазона позволяют проникать как через перфорационные каналы, так и через стенки эксплуатационной колонны, распространяясь далее от призабойной зоны пласта вглубь продуктивного пласта (на расстояния до 1840 м, согласно промысловым данным).

Изобретение имеет ряд коммерческих преимуществ, включая возможность использования в нефтегазовой промышленности для расколматации призабойных зон продуктивных пластов методом площадно-волнового воздействия на глубинах, превышающих 2000 м. Данное устройство для волнового воздействия на продуктивные нефтяные и газовые пласты имеет повышенную механическую прочность и позволяет получать явление кавитации при избыточном внешнем давлении до 55 МПа. Использование данного устройства позволяет повысить экономическую эффективность разработки месторождений, снизить затраты на прямые капитальные вложения.

Данное устройство может использоваться не только для волнового воздействия на продуктивные пласты, но также для интенсификации прочих производственных процессов, таких как обработка жидкостей в различных емкостях: от воды в трубах до нефтенасыщенной жидкости в продуктивном пласте.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гидродинамическое устройство для высокочастотного волнового воздействия на нефтяные и газовые пласты, содержащее монолитный корпус в виде цилиндрической трубы, имеющей открытый входной торец для ввода под давлением потока жидкости в корпус, а также противолежащий закрытый торец и серию выходных каналов для вывода жидкости из корпуса, где корпус имеет профилированную внешнюю поверхность и профилированную внутреннюю поверхность, внутри корпуса соосно с ним на расстоянии друг от друга по ходу течения жидкости установлены первое средство и второе средство, каждое из которых предназначено для передачи потока жидкости и формирования акустической волны и имеет продольную ось симметрии, совпадающую с продольной осью симметрии корпуса, при этом первое средство выполнено в форме монолитного плохобтекаемого тела, поверхность которого образована комбинацией плоской фронтальной поверхности, конусной тыльной поверхности, промежуточной стержнеобразной поверхности, а также тыльной плоской поверхности, при этом первое средство установлено со стороны открытого входного торца корпуса, а второе средство имеет цилиндрическую форму и фронтальную конусную поверхность и установлено в корпусе так, что его цилиндрическая часть глухо закрывает противолежащий торец трубы, при этом его фронтальная конусная поверхность ориентирована относительно серии выходных каналов так, что направляет вывод потока жидкости из трубы через указанную серию каналов, кроме того, в стенах корпуса со стороны его внешней поверхности по периметру трубы выполнены два параллельных ряда углублений тороидальной формы, каждый из которых расположен в плоскости, перпендикулярной продольной оси корпуса, при этом первый ряд углублений тороидальной формы выполнен со стороны открытого входного торца трубы, а второй ряд углублений выполнен со стороны противолежащего закрытого торца трубы.

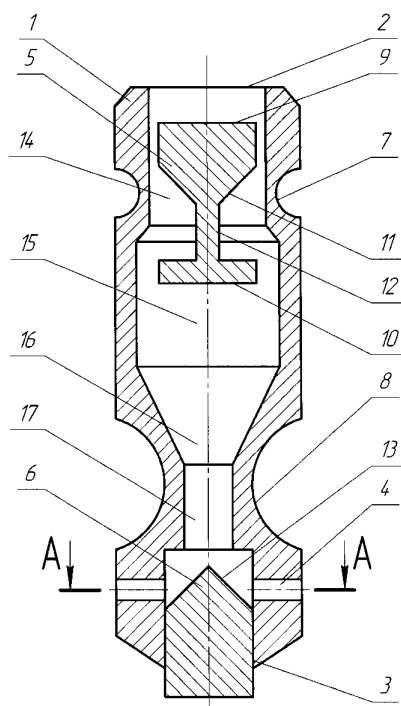
2. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что внутреннее пространство трубы имеет переменное поперечное сечение, так что входной, центральный и выходной участки внутреннего пространства трубы имеют цилиндрическую форму разного диаметра, а между центральным участком и выходным участком этого пространства расположен участок конической формы, при этом площадь поперечного сечения входящего в корпус потока жидкости меньше площади поперечного сечения потока центральной части, но больше площади поперечного сечения потока, выходящего из конического участка центральной части корпуса.

3. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что каждый канал из серии каналов имеет продольную ось, перпендикулярную продольной оси корпуса.

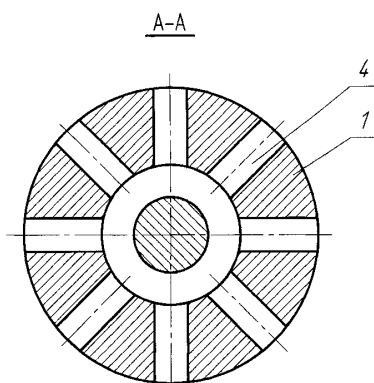
4. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что углубления первого ряда углублений тороидальной формы имеют радиус кривизны R_1 в 1,5-2 раза меньше радиуса кривизны R_2 второго ряда углублений тороидальной формы.

5. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что корпус имеет толщину стен, кратную целому числу длины акустической полуволны.

6. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что монолитный корпус выполнен из материала, имеющего прочность не менее 50 кг/мм².



Фиг. 1



Фиг. 2

