



(51) МПК
E21B 43/25 (2006.01)
E21B 28/00 (2006.01)
E21B 43/16 (2006.01)
F15B 21/12 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(52) СПК

E21B 43/25 (2018.02); *E21B 28/00* (2018.02); *F15B 21/12* (2018.02); *E21B 43/003* (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2017135194, 04.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.10.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.10.2017

(45) Опубликовано: 24.10.2018

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C1)

(48) Коррекция опубликована:
23.11.2018 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

420088, г. Казань, ул. ак. Арбузова, 8, ИОФХ
 им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное
 подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, патентный
 отдел

(72) Автор(ы):

Абдрашитов Алексей Алланович (RU),
 Марфин Евгений Александрович (RU),
 Чачков Денис Владимирович (RU),
 Чефанов Владимир Матвеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 учреждение науки "Федеральный
 исследовательский центр "Казанский
 научный центр Российской академии наук"
 (RU)

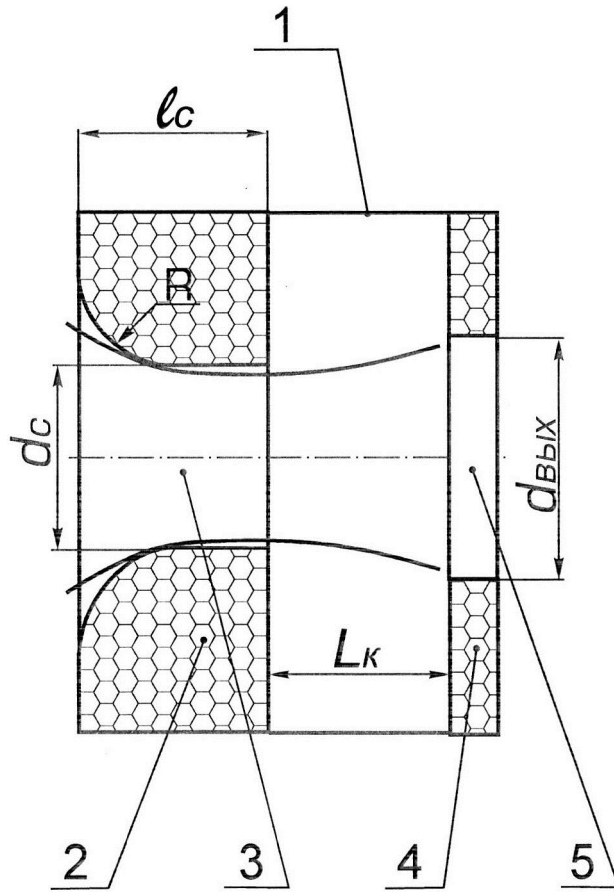
(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2572250 C1, 10.10.2009. RU
 2544201 C2, 10.03.2015. RU 2369734 C1,
 10.10.2009. US 6029746 A, 29.02.2000. US
 4000757 A, 04.01.1977. US 4041984 A1,
 16.08.1977.

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО СКВАЖИННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ПЛАВНЫМ СОПЛОВЫМ ВХОДОМ ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к нефтедобывающей промышленности и предназначено для очистки от твёрдых отложений стенок обсадных труб и отверстий перфорации, декольматации призабойной зоны пласта и увеличения подвижности пластовых флюидов. Сквацинный акустический излучатель для генерирования волн давления в потоке жидкости представляет собой полое тело вращения и состоит из: цилиндрической камеры с двумя плоскими крышками; осесимметричного сопла, выполненного в центре передней крышки и выходного отверстия с острой кромкой, выполненного соосно соплу в центре задней

крышки. Причём сопло включает сужающийся разгонный участок и цилиндрический выравнивающий участок, заканчивающийся плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла. При этом геометрия сужающегося разгонного участка плавно сопряжена с геометрией цилиндрического выравнивающего участка без излома контура сопла. При этом плоский сопловый срез расположен на внутренней стенке передней крышки. Техническим результатом является увеличение амплитуды колебаний давления в затрубном пространстве нагнетательной скважины. 2 н.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ.2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 43/25 (2006.01)
E21B 28/00 (2006.01)
E21B 43/16 (2006.01)
F15B 21/12 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(52) CPC

E21B 43/25 (2018.02); *E21B 28/00* (2018.02); *F15B 21/12* (2018.02); *E21B 43/003* (2018.02)

(21)(22) Application: **2017135194, 04.10.2017**

(24) Effective date for property rights:
04.10.2017

Priority:

(22) Date of filing: **04.10.2017**

(45) Date of publication: **24.10.2018**

(15) Correction information:
Corrected version no1 (W1 C1)

(48) Corrigendum issued on:
23.11.2018 Bull. № 33

Mail address:

**420088, g. Kazan, ul. ak. Arbuzova, 8, IOFKH im.
A.E. Arbuzova - obosoblennoe strukturnoe
podrazdelenie FITS KazNTS RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Abdrashitov Aleksej Allanovich (RU),
Marfin Evgenij Aleksandrovich (RU),
Chachkov Denis Vladimirovich (RU),
Chefanov Vladimir Matveevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki "Federalnyj issledovatel'skij
tsentr "Kazanskij nauchnyj tsentr Rossijskoj
akademii nauk" (RU)**

(54) **METHOD AND DEVICE OF BOREHOLE ACOUSTIC RADIATOR WITH A SMOOTH NOZZLE INPUT FOR GENERATING WAVES OF PRESSURE IN ANNULUS OF INJECTION WELL**

(57) Abstract:

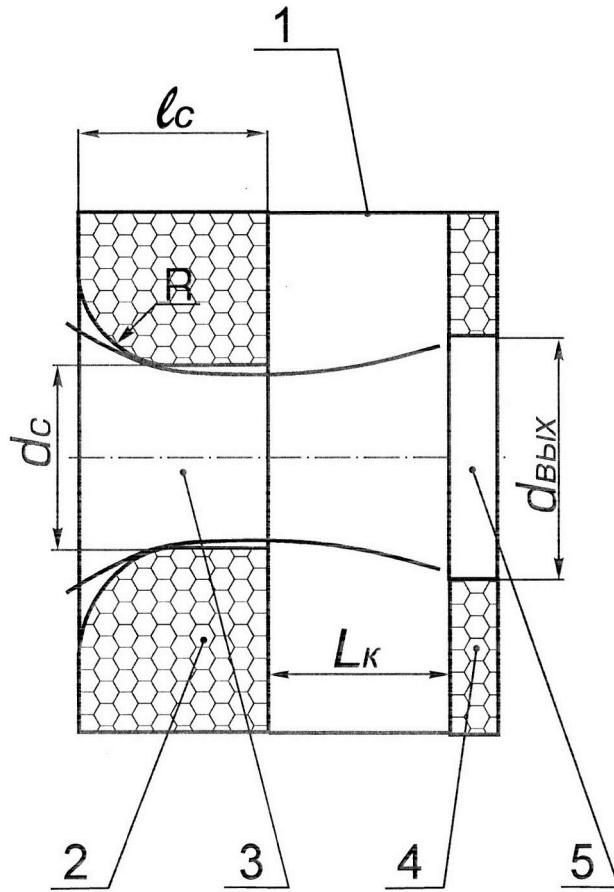
FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: group of inventions refers to the oil industry and is intended for cleaning from solid deposits of casing walls and perforation holes, decolmatation of the bottomhole formation zone and increasing mobility of formation fluids. Borehole acoustic radiator for generating pressure waves in a liquid flow is a hollow body of revolution and consists of: cylindrical chamber with two flat covers; axially symmetric nozzle formed in the center of the front cover and an outlet with a sharp edge made coaxially with a nozzle in the center of the rear cover. Moreover, the nozzle includes a tapering

accelerating portion and a cylindrical alignment portion terminating in a plane nozzle cut orthogonal to the axis of the nozzle. At the same time, the geometry of the tapering acceleration section is smoothly coupled to the geometry of the cylindrical aligning section without kink of the contour of the nozzle. In this case, the flat nozzle section is located on the inner wall of the front cover.

EFFECT: technical result is an increase in the amplitude of pressure oscillations in the annulus of the injection well.

2 cl, 6 dwg



ФИГ.2

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности и предназначено для очистки от твёрдых отложений стенок обсадных труб и отверстий перфорации, декольматации призабойной зоны пласта и увеличения подвижности пластовых флюидов.

5 Известен способ генерирования волн давления в стволе нагнетательной скважины (см. патент №96118034), при котором устанавливают на конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) гидродинамический генератор (ГГ), закачивают сжимаемую жидкость через НКТ, прокачивают сжимаемую жидкость через ГГ, генерируют колебания давления внутри ГГ и формируют волны давления за ГГ в стволе нагнетающей скважины
10 и далее - в затрубном пространстве нагнетательной скважины..

Добывающие нефтяные скважины периодически прочищают от твёрдых отложений на стенках и в отверстиях перфорации обсадной трубы, закачивая различные технические сжимаемые жидкости (газ, воздух, пар). При этом замечено, что наличие колебаний давления в прокачиваемом газе способствует достижению лучшего результата.

15 Наиболее эффективны способы создания колебаний давления в стволе нагнетающей скважины при помощи ГГ, устанавливаемых непосредственно в том месте, где они наиболее востребованы, т.е. на нижнем конце НКТ. При таком способе генерирования колебаний давления, весь газ прокачивается через ГГ, который создаёт колебания давления в протекающем через него газе, распространяя своё воздействие на
20 прилегающую область.

В ГГ отсутствуют подвижные детали. ГГ представляет собой устройство, в котором часть кинетической энергии потока прокачиваемой жидкости (газа) преобразуется в колебательную энергию при помощи специальной формы канала.

Недостаток ГГ заключается в том, что лишь небольшая доля кинетической энергии
25 потока преобразуется в колебательную энергию.

Известен способ генерирования волн давления в стволе нагнетательной скважины, реализованный в устройстве (см. Morel Th. Экспериментальное исследование осциллятора Гельмгольца, управляемого струёй. Перевод ВЦП №В-56251 из J.Fluid Engineering, 1979, 101, IX, №3, 383-390, приложен на диске) наиболее близкий по технической сущности
30 и взятый за прототип, при котором устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) скважинный акустический излучатель, состоящий из: камеры-резонатора с двумя крышками; сопла, расположенного в передней крышке, и выходного отверстия с острой кромкой, расположенного соосно соплу в задней крышке; в котором сопло соединяют с НКТ, а выходное отверстие направляют в затрубное
35 пространство скважины, причём, сопло включает разгонный участок и выравнивающий участок, заканчивающийся сопловым срезом, при этом, подают жидкость по НКТ в сопло, увеличивают скорость потока жидкости на разгонном участке и создают на выравнивающем участке струю жидкости с пониженным статическим давлением, формируют за сопловым срезом свободную струю жидкости, которую направляют на
40 острую кромку выходного отверстия, генерируют первичные колебания давления в области острой кромки, усиливают эти первичные колебания давления в камере-резонаторе, частота собственных колебаний которой настроена в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны давления за выходным отверстием в затрубном пространстве скважины

45 Гидродинамические генераторы колебаний давления в потоке жидкости различаются конструктивно, но, как правило, включают в свой состав две основные части: струйный генератор (СГ) и камеру объёмного резонатора (КОР), функционирующие относительно самостоятельно. СГ предназначен для преобразования некоторой части кинетической

энергии струи в энергию первичных колебаний потока. КОР предназначена для увеличения амплитуды первичных колебаний давления. Для усиления первичных колебаний давления необходимо согласовать частоту их генерации с частотой собственных колебаний КОР. Иными словами, две части одного устройства должны
5 быть настроены в унисон для достижения резонанса.

Наиболее эффективным устройством, служащим для преобразования энергии скоростного напора струи в колебательную энергию потока, является струйный резонатор Гельмгольца (СРГ в материалах перевода статьи, взятой в качестве прототипа), который мы называем струйным акустическим излучателем (САИ).

10 Процесс генерации колебаний давления в СГ начинается с разгона потока, поскольку амплитуда колебаний давления A увеличивается с увеличением величины скоростного напора $A \sim \rho v^2 / 2$ струи. Разгон потока осуществляется во входном сопле, которое кроме увеличения скорости служит ещё для формирования круглой струи. Сформированная свободная струя направляется через всю камеру-резонатор прямо в выходное отверстие
15 и задевает своей возмущённой периферией его острую внутреннюю кромку. Это порождает небольшие локальные возмущения давления в области острой кромки. Резонатор служит для усиления этих первичных колебаний давления.

При втекании в сопло поток сужается и разгоняется, а давление внутри него уменьшается, в соответствии с законом Бернулли. При этом поток внутри сопла занимает
20 лишь часть проходного сечения. Но при течении внутри сопла поток постепенно расширяется, и если длина сопла достаточная, то на выходе из сопла поток расширяется настолько, что занимает всю площадь соплового среза. Если же длина сопла оказывается недостаточной, то поток занимает лишь центральную часть соплового среза, а по
25 стенке сопла, снаружи струи, станет подсасываться жидкость из камеры-резонатора внутрь сопла, поскольку там давление ниже, нежели в камере.

Эта жидкость перемещается внутри сопла по стенке навстречу потоку в виде тонкой плёнки, окружающей круглую струю со всех сторон, а затем подхватывается струёй и выносится наружу. Эта вялотекущая плёнка, обволакивающая свободную струю
30 жидкости на выходе из сопла, снижает интенсивность взаимодействия струи с острой кромкой выходного отверстия, вследствие чего наблюдается заметное ослабление генерации первичных колебаний давления в области выходной острой кромки и уменьшение амплитуды колебаний давления на выходе из устройства.

Недостатком способа, взятого за прототип, является невысокая интенсивность взаимодействия струи с острой кромкой выходного отверстия.

35 Известно устройство для генерирования колебаний давления в потоке жидкости (см. патент US 6029746), представляющее собой полое тело вращения и состоящее из: цилиндрической камеры с двумя крышками; цилиндрического сопла, выполненного в центре передней крышки и выходного отверстия с острой кромкой, расположенного соосно соплу в центре задней крышки; причём, цилиндрическое сопло заканчивается
40 плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла и расположенным на внутренней стенке передней крышки камеры.

Устройство состоит из двух относительно самостоятельных элементов. Входное сопло, выпускное отверстие и струя газа, протекающая между ними образуют собой
45 струйный генератор (СГ) первичных колебаний давления, который функционирует и при отсутствии камеры объёмного резонатора (КОР), хотя амплитуда генерируемых им первичных колебаний давления весьма невелика. Но если установить СГ внутри настроенной КОР, то амплитуда первичных колебаний давления многократно увеличится.

Резонатор пассивен, он лишь откликается, т.е. усиливает колебания давления, созданные каким-то другим устройством, поскольку заключённый в нём столб газа почти неподвижен. Генератор активен, он сам создаёт первичные колебания давления, поскольку в его составе имеется высокоскоростная струя, располагающая для этого

5 запасом кинетической энергии.

Устройство снабжено цилиндрическим соплом, представляющим собой сквозное сверление в плоской крышке. Входной участок, как таковой, отсутствует. Сопло начинается с острой входной кромки и заканчивается острой выходной кромкой. В канале цилиндрической формы струя сильно поджимается, огибая входную острую

10 кромку, и заполняет сечение канала на 70% (Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение. 1992).

Недостатком устройства является отсутствие сужающегося входного участка сопла.

Известно устройство для генерирования колебаний давления в потоке жидкости (см. патент US 4041984), состоящее из цилиндрической камеры с двумя крышками;

15 осесимметричного сужающегося сопла, установленного в центре передней крышки и выходного отверстия с острой кромкой, расположенного соосно соплу в центре задней крышки; причём, сопло заканчивается плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла.

Это устройство включает в себя те же основные элементы, как и устройство,

20 описанное выше, а именно, это струйный генератор, установленный в камере объёмного резонатора. Сопло имеет сужающийся входной участок, обеспечивающий плавное увеличение скорости жидкости без отрыва потока от стенок и полное заполнение сопла потоком жидкости на выравнивающем участке. Поток также заполняет полностью и площадь соплового среза, не оставляя возможности жидкости из камеры затекать

25 внутрь сопла по кольцевому зазору между струёй и стенкой сопла.

Сопло с плоским срезом, ортогональным оси сопла, значительно утоплено внутрь цилиндрической камеры. При таком расположении соплового среза длина свободного участка струи между сопловым срезом и острой кромкой выходного отверстия меньше

длины камеры.

30 Внешняя стенка сопла плавно утоньшается (сходит на нет), и сопло имеет острую кольцевую кромку, подобную лезвию ножа, в плоскости соплового среза. Вследствие отсутствия плоского торца на выходе из сопла, в плоскости соплового среза не формируется кольцевой вихрь, порождающий неустойчивость на периферии струи и определяющий генерацию первичных колебаний давления на острой кромке выходного

35 отверстия.

Недостатком устройства является утапливание сопла вглубь камеры и расположение плоского соплового среза не на плоской внутренней стенке передней крышки, а в глубине камеры.

Известно устройство для генерирования волн в потоке жидкости, наиболее близкое

40 по технической сущности и взятое за прототип, (см. Morel Th. Экспериментальное исследование осциллятора Гельмгольца, управляемого струёй. Перевод ВЦП №В-56251 из J.Fluid Engineering, 1979, 101, IX, №3, 383-390, приложен на диске), представляющее собой полое тело вращения и состоящее из: цилиндрической камеры с двумя плоскими крышками; осесимметричного сопла, выполненного в центре передней крышки и

45 выходного отверстия с острой кромкой, выполненного соосно соплу в центре задней крышки; причём, сопло включает сужающийся участок и цилиндрический участок, заканчивающийся плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла.

Схематически устройство изображено на фиг.1. Устройство представляет собой

цилиндрическую камеру с двумя плоскими крышками. В центре передней крышки выполнено сопло цилиндрической формы, которое подсоединяется к магистрали подачи рабочей жидкости. В центре задней крышки, соосно соплу, выполнено выходное цилиндрическое отверстие с острой входной кромкой. Диаметр выходного отверстия примерно равен 1,3 диаметра сопла. Длина камеры равна интервалу между передней и задней крышками и соответствует длине струи, которая протекает внутри камеры между соплом и выходным отверстием.

Сопло представляет собой сверление в плоской крышке и имеет острые кромки с обеих сторон. Входной участок такого сопла представляет собой резкий переход с большего диаметра на меньший, поскольку внутренний диаметр трубы, к которой пристыковано сопло, существенно превышает диаметр сопла. Сопло обрезано плоскостью, ортогональной оси сопла и представляющей собой внутреннюю стенку передней крышки. Выход сопла обращён внутрь камеры, диаметр которой значительно превышает диаметр сопла.

Недостатком устройства является отсутствие плавного входного участка у сопла.

Целью настоящего изобретения является: создание САИ с профилированным соплом, в котором предусмотрен сужающийся входной участок, а цилиндрический участок завершается плоским сопловым срезом, расположенным на внутренней стенке передней крышки камеры.

Технический результат достигается за счёт того, что способе генерирования волн давления в затрубном пространстве нагнетательной скважины, при котором устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) скважинный акустический излучатель, состоящий из: камеры-резонатора с двумя крышками; сопла, расположенного в передней крышке, и выходного отверстия с острой кромкой, расположенного соосно соплу в задней крышке; в котором сопло соединяют с НКТ, а выходное отверстие направляют в затрубное пространство скважины, причём, сопло включает разгонный участок и выравнивающий участок, заканчивающийся сопловым срезом, при этом, подают жидкость по НКТ в сопло, увеличивают скорость потока жидкости на разгонном участке и создают на выравнивающем участке струю жидкости с пониженным статическим давлением, формируют за сопловым срезом свободную струю жидкости, которую направляют на острую кромку выходного отверстия, генерируют первичные колебания давления в области острой кромки, усиливают эти первичные колебания давления в камере-резонаторе, частота собственных колебаний которой настроена в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны давления за выходным отверстием в затрубном пространстве скважины, обеспечивают плавное увеличение скорости жидкости на разгонном участке сопла без отрыва потока от стенок и без поджатия струи на выравнивающем участке, равномерно заполняют сопло на выравнивающем участке и формируют прямоугольную эпюру скорости на сопловом срезе, исключают подсосывание жидкости по краю соплового среза из камеры-резонатора внутрь сопла по стенке выравнивающего участка, препятствуют образованию на периферии струи за сопловым срезом толстой вялотекущей плёнки, интенсифицируют взаимодействие струи с острой кромкой выходного отверстия.

В устройстве для генерирования волн давления в потоке жидкости, представляющем собой полое тело вращения и состоящем из: цилиндрической камеры с двумя плоскими крышками; осесимметричного сопла, выполненного в центре передней крышки и выходного отверстия с острой кромкой, выполненного соосно соплу в центре задней крышки; причём, сопло включает сужающийся участок и цилиндрический участок,

заканчивающийся плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла, геометрия сужающегося участка плавно сопряжена с геометрией цилиндрического участка без излома контура сопла, а плоский сопловой срез расположен на внутренней стенке передней крышки.

5 Предложенный способ позволяет только за счёт профилирования входного участка сопла, выполненного в передней крышке таким образом, чтобы сопловой срез располагался на внутренней стенке передней крышки, увеличить амплитуду колебаний давления в затрубном пространстве нагнетательной скважины в три и более раза.

10 На фиг.1. представлена схема камеры струйного акустического излучателя с цилиндрическим соплом.

На фиг.2 представлена схема камеры струйного акустического излучателя с профилированным соплом, имеющим сужающийся входной участок, плавно сопрягающийся с цилиндрическим участком, заканчивающимся плоским сопловым срезом.

15 На фиг.3 представлено схематическое изображение струи в цилиндрическом канале сопла и на свободном участке и её характерные размеры.

На фиг.4 представлено схематическое изображение струи в профилированном канале сопла и на свободном участке и её характерные размеры.

20 На фиг.5 изображена струя, заполняющая канал цилиндрического сопла. Также изображено возвратное течение внутри сопла по стенке канала, фрагменты которого увлекаются струёй к выходному отверстию.

На фиг.6 изображена струя, заполняющая канал профилированного сопла. Также изображены фрагменты вихревого кольца, увлекаемые струёй к выходному отверстию.

Сущность предложенного изобретения состоит в следующем.

25 Сопло, как известно, представляет собой сужение канала и служит для увеличения скорости потока, причём скорость потока на выходе из профилированного сопла (см. фиг.2), имеющего плавное сужение на входе, отличается весьма незначительно от скорости потока на выходе из простого сопла (см.фиг.1), имеющего цилиндрическую форму. Коэффициент скорости ϕ , представляющий собой отношение истинной скорости
30 к теоретической, составляет величину порядка 0,97 для сопел, значительно различающихся геометрически, (см. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение. 1992).

35 При этом, проведённые эксперименты с соплами различной формы показывают, что амплитуда колебаний давления в камере-резонаторе с профилированным соплом может быть в три раза выше, нежели с соплом цилиндрической формы.

Профилированное сопло, также как и непрофилированное, имело цилиндрический участок равный диаметру сопла, и отличалось наличием плавно сужающегося входного участка. Форма сужающегося участка обеспечивала безотрывное течение воздуха, как в самом сужающемся участке, так и в цилиндрическом участке. Известно, что сопла,
40 профилированные таким образом, имеют на выходе равномерный профиль скорости (Артемьева Т.В., Лысенко Т.М., Румянцева А.Н., Стесин С.П. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод. М.: Издательский центр “Академия”. 2005).

В цилиндрическом сопле, установленном в подводящей магистрали, представляющей собой трубу большего диаметра, поток значительно поджимается при повороте вокруг
45 входной острой кромки и отрывается от стенки цилиндрического участка сопла (см. фиг. 3). Статическое давление в потоке (в дальнейшем просто давление) при увеличении скорости заметно уменьшается. Поток заполняет примерно 70% площади поперечного сечения сопла, а давление внутри канала сопла примерно соответствует давлению в

потоке. Площадь соплового среза занята потоком лишь на 70% в центре, а в кольцевом промежутке между стенкой сопла и потоком направленные движение отсутствует. По этой причине воздух из камеры устремляется внутрь сопла вдоль стенки по кольцевому промежутку, поскольку там давление ниже, чем давление в камере-резонаторе, формируя обратное течение возле стенки канала сопла (см. рис. 5). Обратное течение распространяет своё влияние почти до входной острой кромки сопла, и жидкость из камеры-резонатора движется по стенке почти до входной кромки сопла, а затем подхватывается потоком и выносится из сопла в камеру.

Авторами предлагается устранить затекание жидкости из камеры-резонатора внутрь сопла. Для этого следует организовать течение жидкости на входном участке сопла таким образом, чтобы не происходило отрыва потока от стенки сопла при его разгоне и повороте перед втеканием в цилиндрический участок. Следует организовать разгон жидкости и поворот потока на входном участке таким образом, чтобы площадь соплового среза сопла была полностью заполнена потоком, и эпюра скорости на срезе сопла имела бы равномерный прямоугольный профиль (см. фиг.4).

При этом, следует располагать срез сопла на внутренней поверхности передней крышки камеры. Сопловой срез должен быть плоским. Плоскость соплового среза должна быть ортогональной оси сопла и быть совмещена с плоскостью внутренней стенки передней крышки камеры. На выходе из сопла, за выходной острой кромкой 90° , нужно организовать кольцевой вихрь в застойной зоне.

Механизм генерации колебаний давления в общепринятой форме описан в материалах статьи, из которой взяты прототипы и способа, и устройства. Он заключается в формировании струёй вихревого кольца за выходной кромкой сопла, от которого строго периодически отрываются вихревые фрагменты и увлекаются струёй на острую кромку выходного отверстия. Ударяясь об острую кромку, эти вихревые фрагменты деформируются, в результате чего в камере-резонаторе, в локальной области вблизи кромки, возникают слабые первичные колебания давления. Частота собственных колебаний камеры-резонатора соответствует частоте генерации первичных колебаний давления, вследствие этого наступает режим резонанса – амплитуда колебаний давления в камере многократно увеличивается.

На фиг.5 условно изображена картина течения в сопле устройства, взятого в качестве прототипа – видно, что вихреобразование начинается глубоко внутри сопла, вблизи входной острой кромки сопла и постепенно занимает всю толщину потока. Штриховой линией показано невозмущённое ядро потока, которое постепенно размывается. Струя вытекает из такого сопла окружённая толстой вихревой вялотекущей плёнкой, которая препятствует взаимодействию собственно струи с острой кромкой.

На фиг.6 изображена картина течения в профилированном сопле с плавным входом – видно, что сопловой срез заполнен полностью струёй жидкости, подсосывание жидкости внутрь сопла отсутствует, ничто не мешает струе взаимодействовать как с кольцевым вихрём на срезе сопла, так и с острой кромкой выходного отверстия. Вихревые фрагменты с большой скоростью увлекаются струёй на острую кромку и интенсивно деформируются, формируя первичные колебания давления более существенной амплитуды, нежели в первом случае. Интенсивность колебаний давления в камере-резонаторе существенно возрастает.

Устройство для генерирования волн давления в затрубном пространстве нагнетающей скважины (см. фиг.2) состоит из цилиндрического корпуса 1, передней плоской крышки 2, задней плоской крышки 3, профилированного сопла с плавным входом 4 в передней крышке, выходного отверстия с острой кромкой 5 в задней крышке. Камера объёмного

резонатора представляет собой трубу, заглушенную с обоих торцов плоскими крышками, установленными параллельно друг другу и перпендикулярно оси камеры-резонатора. В первой (по-потoku) крышке камеры выполнено входное сопло, а в задней крышке - выходное отверстие.

5 Сопло имеет разгонный сужающийся участок, профиль которого представляет собой участок дуги окружности с радиусом не меньшим четырёх диаметров цилиндрического участка сопла. Сужающийся участок может быть выполнен более сложным образом, например, спрофилирован по кривой Витошинского или по лемнискате Бернулли. В этих случаях сужающийся разгонный участок сопрягается с цилиндрическим
10 выравнивающим участком без излома профиля контура, а поток движется в сопле без отрыва от стенки. Цилиндрический участок сопла заканчивается плоским сопловым срезом с острой выходной кромкой 90° . Плоскость, в которой выполнен сопловый срез, ортогональна оси сопла и совмещена с внутренней плоской стенкой передней крышки, в которой и выполнено сопло.

15 Выходное отверстие выполнено в задней крышке соосно соплу и имеет острую кромку 90° , направленную в сторону сопла.

Устройство установлено на нижнем конце НКТ и его сопло соединено с каналом НКТ, а выпускное отверстие направлено вниз, вдоль перфорации скважины.

20 Работает устройство для генерирования волн давления в затрубном пространстве скважины следующим образом. При подаче в НКТ ремонтируемой скважины технической сжимаемой жидкости, вся подаваемая жидкость протекает через скважинный акустический излучатель. При этом на выходе из сопла формируется круглая струя жидкости, которая устремляется в выходное отверстие, задевает острую кромку своей возмущённой периферией и в области острой кромки генерируются со
25 строгой периодичностью слабые первичные колебания давления. Поскольку частота генерации первичных колебаний давления соответствует частоте собственных колебаний давления камеры-резонатора, то их амплитуда многократно увеличивается, а за выходным отверстием формируется волна давления. Далее волна распространяется через отверстия перфорации в затрубное пространство.

30 Отличительной особенностью работы данного устройства является то, что при увеличении скорости потока в профилированном сопле не происходит отрыва потока от стенок входного участка сопла, вследствие того, что профиль входного участка обеспечивает безотрывной режим движения потока жидкости и плавно сопрягается с выравнивающим участком. В общем случае, выравнивающего цилиндрического участка
35 можно и не предусматривать, поскольку на выходе из разгонного сужающегося участка уже выходит струя с прямоугольным профилем скорости.

Поток заполняет на выходе из цилиндрического участка всю площадь соплового среза. И, хотя статическое давление внутри цилиндрического участка сопла ниже, чем давление в камере-резонаторе и соответствует величине давления в струе на этом
40 участке, затекания жидкости из камеры-резонатора внутрь сопла не происходит, поскольку струя заполняет весь сопловый срез и сносит прилегающую жидкость за острой кромкой среза сопла. При таком режиме истечения струи из сопла считается, что на срезе пограничный слой отсутствует. Толщина пограничного слоя струи вычисляется, начиная от среза сопла, и увеличивается по мере удаления от него.
45 Периферия струи на свободном участке движется очень энергично, и интенсивно взаимодействует с острой кромкой выходного отверстия, генерируя периодические возмущения высокой амплитуды. Эти первичные возмущения усиливаются камерой-резонатором и формируют на выходе из устройства упругую волну,

распространяющуюся по межтрубному пространству через отверстия перфорации наружу.

(57) Формула изобретения

5 1. Способ генерирования волн давления в затрубном пространстве нагнетательной скважины, при котором устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) скважинный акустический излучатель, состоящий из: камеры-резонатора с двумя крышками; сопла, расположенного в передней крышке, и выходного отверстия с острой кромкой, расположенного соосно соплу в задней крышке; в котором сопло соединяют
10 с НКТ, а выходное отверстие направляют в затрубное пространство скважины, причём сопло включает сужающийся разгонный участок и цилиндрический выравнивающий участок, заканчивающийся сопловым срезом, при этом подают жидкость по НКТ в сопло, увеличивают скорость потока жидкости на сужающемся разгонном участке и создают на цилиндрическом выравнивающем участке струю жидкости с пониженным
15 статическим давлением, формируют за сопловым срезом свободную струю жидкости, которую направляют на острую кромку выходного отверстия, генерируют первичные колебания давления в области острой кромки, усиливают эти первичные колебания давления в камере-резонаторе, частота собственных колебаний которой настроена в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны
20 давления за выходным отверстием в затрубном пространстве скважины, отличающийся тем, что обеспечивают плавное увеличение скорости жидкости на сужающемся разгонном участке сопла без отрыва потока от стенок и без поджатия струи на цилиндрическом выравнивающем участке, равномерно заполняют сопло на цилиндрическом выравнивающем участке и формируют прямоугольную эпюру скорости
25 на сопловом срезе, исключают подсасывание жидкости по краю соплового среза из камеры-резонатора внутрь сопла по стенке цилиндрического выравнивающего участка, препятствуют образованию на периферии струи за сопловым срезом толстой вьлотекущей плёнки, интенсифицируют взаимодействие струи с острой кромкой выходного отверстия.

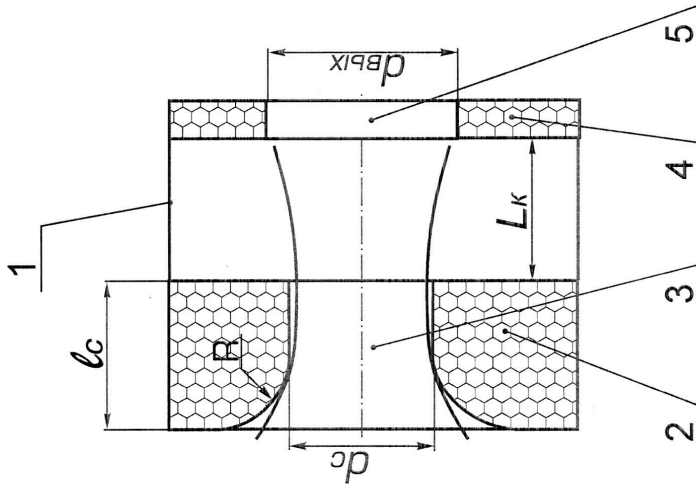
30 2. Скважинный акустический излучатель для генерирования волн давления в потоке жидкости, представляющий собой полое тело вращения и состоящий из: цилиндрической камеры с двумя плоскими крышками; осесимметричного сопла, выполненного в центре передней крышки и выходного отверстия с острой кромкой, выполненного соосно соплу в центре задней крышки; причём сопло включает сужающийся разгонный участок
35 и цилиндрический выравнивающий участок, заканчивающийся плоским сопловым срезом, ортогональным оси сопла, отличающийся тем, что геометрия сужающегося разгонного участка плавно сопряжена с геометрией цилиндрического выравнивающего участка без излома контура сопла, а плоский сопловой срез расположен на внутренней стенке передней крышки.

40

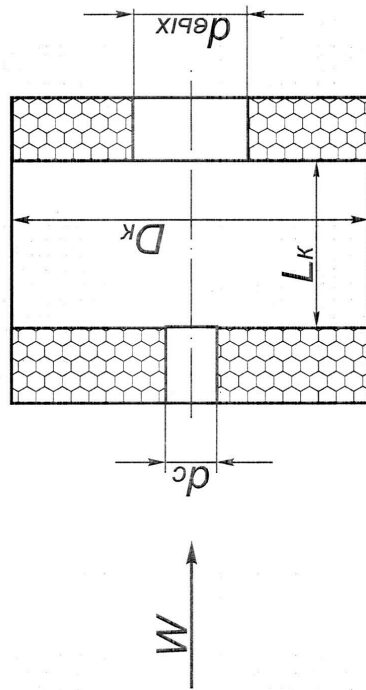
45

1

Способ и устройство скважинного акустического излучателя с плавным сопловым входом для генерирования волн давления в затрубном пространстве нагнетательной скважины.



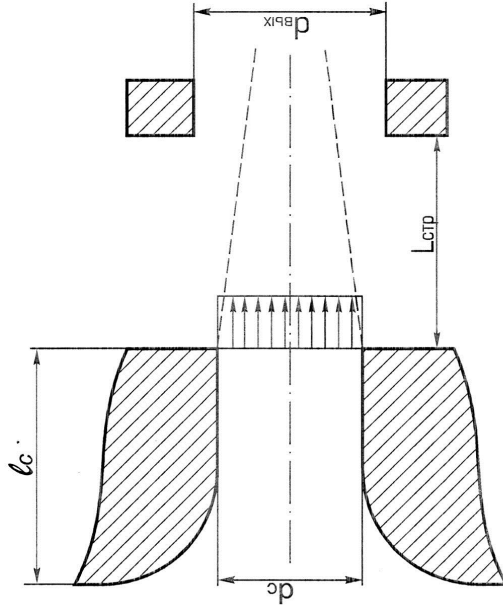
ФИГ.2.



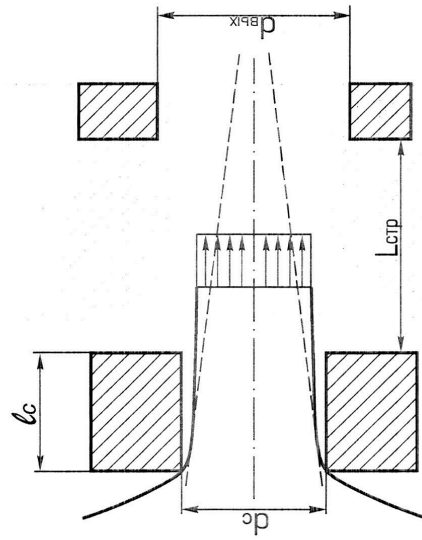
ФИГ.1.

2

Способ и устройство скважинного акустического излучателя с плавным сопловым входом для генерирования волн давления в заглубном пространстве нагнетательной скважины.

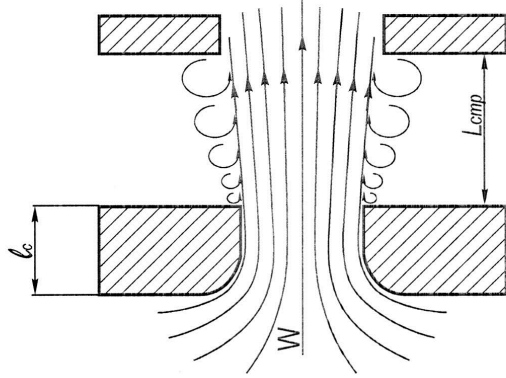


ФИГ.4

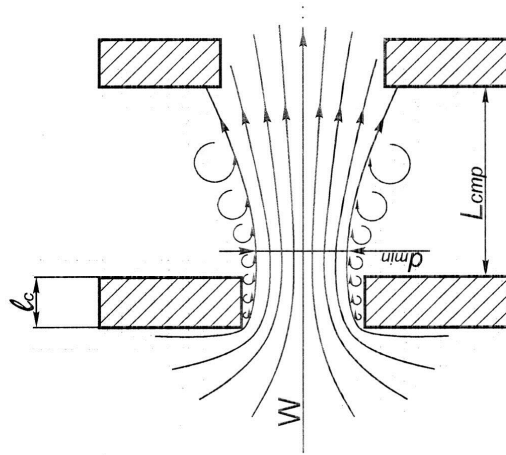


ФИГ.3

Способ и устройство скважинного акустического излучателя с плавным сопловым входом для генерирования волн давления в заглубном пространстве нагнетательной скважины.



ФИГ.6



ФИГ.5