



(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) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015120396, 28.05.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.05.2015

Дата регистрации:
 14.02.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.05.2015

(43) Дата публикации заявки: 20.12.2016 Бюл. № 35

(45) Опубликовано: 14.02.2017 Бюл. № 5

Адрес для переписки:
 420111, г. Казань, а/я 261, КазНЦ РАН

(72) Автор(ы):

Абдрашитов Алексей Алланович (RU),
 Коханова Светлана Яковлевна (RU),
 Кравцов Яков Исаакович (RU),
 Марфин Евгений Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: US 4041984 A1, 16.08.1977 ;RU
 2369734 C1, 10.10.2009;RU 2065921 C1,
 27.08.1996 ;RU 2023147 C1, 15.11.1994 ;RU
 2464456 C2, 20.10.2012;US 4000757 A,
 04.01.1977.

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДВУХКАМЕРНОГО СТРУЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ГЕЛЬМГОЛЬЦА
 ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ НА ЗАБОЕ СКВАЖИНЫ

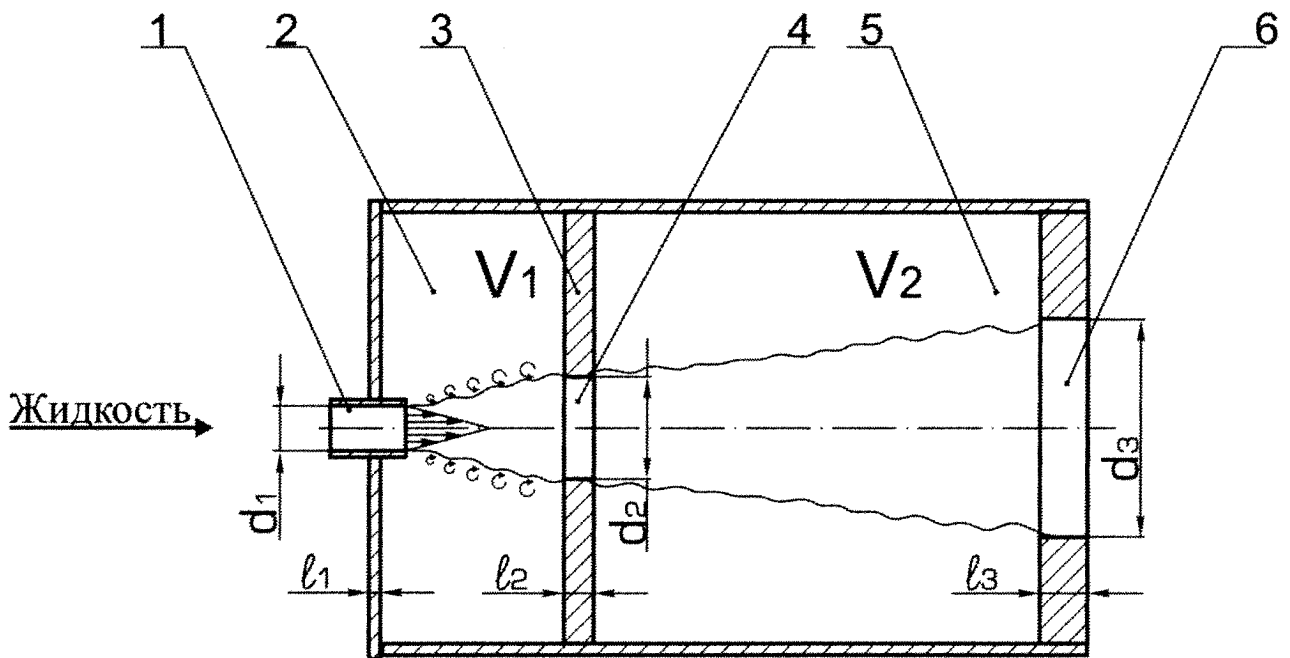
(57) Реферат:

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. В способе генерирования волн давления на забое скважины устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) струйный генератор Гельмгольца (СГГ), представляющий собой колебательную систему, возбуждаемую струёй протекающей через неё жидкости и состоящую из струйного генератора, расположенного внутри камеры объёмного резонатора. При этом генерируют струйным генератором первичные колебания давления определённой частоты в струе жидкости и возбуждают ими колебательную систему. Усиливают первичные колебания давления в камере объёмного резонатора, частоту

собственных колебаний которого настраивают в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления. Создают волны давления на забое скважины. При этом устанавливают за камерой объёмного резонатора ещё одну камеру с отверстием и формируют, таким образом, колебательную систему, имеющую три частоты собственных колебаний, не соответствующих частотам собственных колебаний её отдельных элементов. Настраивают частоту генерации первичных колебаний давления на высшую частоту собственных колебаний колебательной системы. При этом возбуждают колебательную систему на всех остальных собственных частотах и генерируют колебания давления на низшей частоте собственных колебаний. Техническим результатом является повышение эффективности генерирования низкочастотных колебаний на забое скважины высокоскоростной струей. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.

RU
 2 610 598
 C2

RU
 2 610 598
 C2



- 1.Сопло входное; 2.Камера №1; 3.Крышка промежуточная; 4.Отверстие с острой кромкой; 5.Камера №2; 6.Отверстие выходное.

Схема двухкамерного струйного генератора Гельмгольца.

фиг.1

RU 2610598 C2

RU 2610598 C2



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

(21)(22) Application: **2015120396, 28.05.2015**

(24) Effective date for property rights:
28.05.2015

Registration date:
14.02.2017

Priority:

(22) Date of filing: **28.05.2015**

(43) Application published: **20.12.2016** Bull. № 35

(45) Date of publication: **14.02.2017** Bull. № 5

Mail address:

420111, g. Kazan, a/ya 261, KazNTS RAN

(72) Inventor(s):

**Abdrashitov Aleksej Allanovich (RU),
Kokhanova Svetlana Yakovlevna (RU),
Kravtsov Yakov Isaakovich (RU),
Marfin Evgenij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki Kazanskij nauchnyj tsentr
Rossijskoj akademii nauk (RU)**

(54) METHOD AND DEVICE FOR TWO-CHAMBER HELMHOLZ SPRAY OSCILLATOR FOR GENERATING PRESSURE WAVES AT THE BOTTOM HOLE

(57) Abstract:

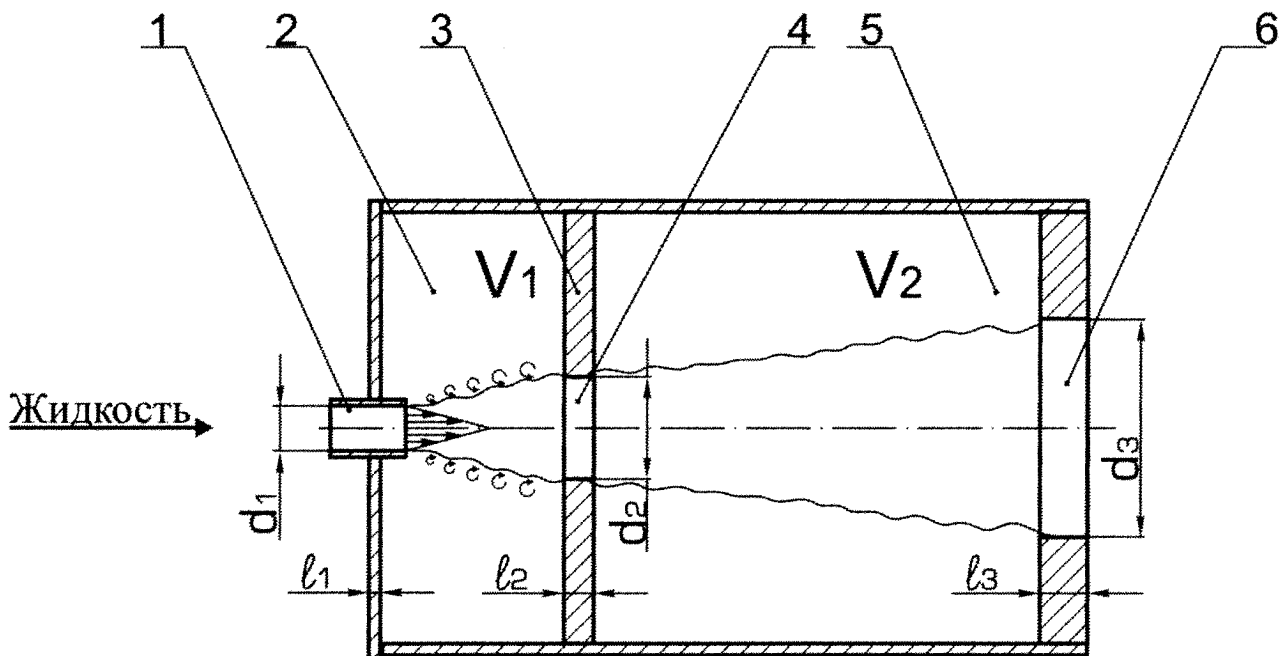
FIELD: oil industry.

SUBSTANCE: group of inventions refers to oil industry and is intended for removing solid deposits from walls of casing pipes and perforation apertures, decolmatation of the formation bottomhole zone and increasing mobility of the formation fluids. In the method of pressure waves generation at the bottom of the well a Helmholtz spray oscillator (HSO) is installed on the lower end of a tubing string (TS), representing an oscillating system excited with a spray of fluid flowing through it and consisting of a spray generator positioned inside the chamber of the volume resonator. Herewith primary pressure oscillations of certain frequency in a spray of liquid are generated with the spray generator and the oscillating system is excited with them. Primary pressure oscillations are amplified in the chamber of the volume resonator, natural

frequency of which is tuned with resonance to generation frequency of primary pressure oscillations. Pressure waves at the bottom hole are created. Herewith another chamber with an opening is installed behind the chamber of the volume resonator, thus forming the oscillating system having three natural frequencies not corresponding to natural frequencies of its separate elements. Primary pressure oscillations generation frequency is adjusted at the highest natural frequency of the oscillation system. Herewith the oscillating system on all the other natural frequencies is excited and pressure oscillations are generated on the lowest natural frequency.

EFFECT: technical result is higher efficiency of generation of low-frequency oscillations at the bottom hole with a high-speed spray.

2 cl, 2 dwg



- 1.Сопло входное; 2.Камера №1; 3.Крышка промежуточная; 4.Отверстие с острой кромкой; 5.Камера №2; 6.Отверстие выходное.

Схема двухкамерного струйного генератора Гельмгольца.

фиг.1

RU 2610598 C2

RU 2610598 C2

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

Известен способ генерирования волн давления на забое скважины (см. патент №96118034) при их промывке техническими жидкостями, при котором устанавливают на конце насосно-компрессорных труб (НКТ) гидродинамический генератор (ГГ), закачивают жидкость в НКТ, прокачивают жидкость через ГГ, генерируют колебания давления внутри ГГ и формируют волны давления за ГГ в затрубном пространстве скважины.

Добывающие нефтяные скважины периодически прочищают от твердых отложений на стенках и в отверстиях перфорации обсадной трубы и устраняют засорение призабойной зоны (декольматируют), закачивая различные технические жидкости. При этом замечено, что наличие колебаний давления в закачиваемой жидкости способствует достижению лучшего результата.

Наиболее эффективны способы создания колебаний давления на забое скважины при помощи гидродинамических генераторов, устанавливаемых непосредственно в том месте, где они наиболее востребованы, т.е. на нижнем конце НКТ. При таком способе генерирования колебаний давления вся жидкость прокачивается через гидродинамический генератор, который тем или иным образом создает колебания давления в протекающей через него жидкости, распространяя свое воздействие на прилегающую область. Прокачиваемая жидкость затем поступает в пласт.

Жесткая конструкция струйных генераторов и отсутствие движущихся в процессе работы деталей является их достоинством.

Недостаток струйных генераторов вытекает из их достоинства - жесткая конструкция затрудняет их перенастройку на иную резонансную частоту без существенного изменения всей конструкции.

Известен способ генерирования волн давления на забое скважины, реализованный в устройстве (см. Morel Th. Экспериментальное исследование осциллятора Гельмгольца, управляемого струей. Перевод ВЦП №В-56251 из J.Fluid Engineering, 1979, 101, IX, №3, 383-390), наиболее близкий по технической сущности и взятый за прототип, при котором устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) струйный генератор Гельмгольца (СГГ), представляющий собой колебательную систему, возбуждаемую струей протекающей через ней жидкости и состоящую из струйного генератора, расположенного внутри камеры объемного резонатора, при этом генерируют струйным генератором первичные колебания давления определенной частоты в струе жидкости и возбуждают ими колебательную систему, усиливают первичные колебания давления в камере объемного резонатора, частоту собственных колебаний которого настраивают в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны давления на забое скважины.

Струйные гидродинамические генераторы колебаний давления в потоке жидкости различаются конструктивно, но, как правило, включают в свой состав две основные части: струйный генератор и акустический резонатор, функционирующие относительно самостоятельно. Струйный генератор предназначен для преобразования кинетической энергии потока в колебательную энергию. Акустический резонатор предназначен для избирательного усиления колебаний давления определенной частоты.

Процесс генерации колебаний давления в потоке начинается, как правило, с разгона потока, поскольку амплитуда колебаний давления увеличивается с увеличением величины скоростного напора $A \sim \rho v^2/2$ струи. Разгон потока осуществляется во входном

сопле, которое кроме увеличения скорости служит еще для формирования струи той или иной формы: круглой, плоской, кольцевой. Сформированная струя направляется прямо в выходное отверстие с острыми внутренними кромками. При вытекании через выходное отверстие струя задевает своей возмущенной периферией его острую внутреннюю кромку. Это порождает небольшие локальные возмущения давления в области кромки. Камера-резонатор служит для усиления этих первичных колебаний давления.

Для усиления первичных локальных колебаний давления внутри камеры-резонатора необходимо согласование частоты генерации первичных колебаний давления с частотой собственных колебаний столба жидкости, заключенного в камере-резонаторе. Иными словами можно сказать так, что две части одного устройства должны быть настроены в унисон для достижения резонанса.

Для формирования волнового поля на забое скважин на нижнем конце насосно-компрессорной трубы устанавливают гидродинамический генератор колебаний давления в протекающем потоке жидкости, не имеющий подвижных деталей. Наиболее эффективным устройством, служащим для преобразования энергии скоростного напора потока в колебательную энергию, является струйный генератор Гельмгольца (СГГ).

При прокачивании жидкости через это устройство внутри цилиндрической камеры-резонатора, на выходе из входного сопла, формируется струя, которая протекает в интервале между входным соплом и отверстием с острыми кромками, выполненном в промежуточной крышке, и вытекает наружу через выходное отверстие в присоединенной камере. При попадании на острые кромки отверстия в промежуточной крышке струя задевает своей возмущенной периферией острые края отверстия, и это порождает периодические локальные возмущения давления в прилегающем пространстве. Если частота образования этих возмущений давления совпадает с частотой собственных колебаний неподвижного столба жидкости, заключенного внутри комбинированной камеры-резонатора, то амплитуда колебаний давления многократно увеличивается. Частота генерации при натекании струи на препятствие определяется скоростью струи W и длиной L ее свободного участка:

$$f = Sh \cdot W/L \quad (1)$$

где Sh - число Струхала $\approx 0,3$.

Частота генерации определяется длиной свободной струи в интервале между срезом входного сопла и острыми кромками выходного отверстия, а также скоростью струи: чем интервал больше - тем частота ниже, и чем скорость выше - тем частота генерации выше.

Известно, что низкочастотные упругие колебания оказывают более сильное воздействие на продуктивный пласт и содержащиеся в нем флюиды воды и углеводородов. Но конструкция струйных резонаторов не позволяет осуществить генерирование низкочастотных колебаний давления в протекающей жидкости при большом перепаде давления на устройстве и большой скорости струи внутри устройства.

Недостатком способа генерирования колебаний давления, взятого за прототип, является невозможность использования высокоскоростной струи для достижения высокой амплитуды при генерировании колебаний давления с низкой частотой.

Известно устройство для генерирования колебаний давления в потоке жидкости (см. патент US 6029746), представляющее собой полое тело вращения, состоящее из камеры, содержащей входное сопло и выходное отверстие, расположенные соосно, с некоторым интервалом.

Это устройство авторы изобретения называют струйным генератором Гельмгольца (СГГ), или же струйным резонатором Гельмгольца (СРГ). В английском языке это название звучит, как "Jet driven Helmholtz oscillator" (JDHO). Но в русском языке термин "осциллятор" используют, обычно, в радиоэлектронике.

5 Устройство состоит из двух относительно самостоятельных элементов. Входное сопло, струя жидкости и выпускное отверстие образуют собой струйный генератор колебаний давления, который функционирует и при отсутствии камеры-резонатора, хотя амплитуда генерируемых первичных колебаний давления весьма невелика. Но
10 если установить входное сопло и выходное отверстие внутрь настроенной камеры-резонатора, то амплитуда первичных колебаний давления многократно увеличится, хотя камера-резонатор станет усиливать столь же добросовестно любые колебания давления соответствующей частоты, приходящие извне.

Резонатор пассивен, он лишь откликается, т.е. усиливает колебания давления, созданные каким-то другим устройством, поскольку заключенный в нем столб жидкости
15 почти неподвижен. Генератор активен, он сам создает колебания давления, поскольку в его составе имеется высокоскоростная струя, располагающая для этого запасом кинетической энергии.

Известно устройство для генерирования волн давления на забое скважины (см. патент US 4041984), наиболее близкое по технической сущности и взятое за прототип,
20 разработанное на базе струйного генератора Гельмгольца (СГГ) и установленное на нижнем конце канала насосно-компрессорной трубы (НКТ), состоящее из камеры объемного резонатора с двумя параллельными крышками, внутри которой расположен струйный генератор, состоящий из входного сопла, выполненного в одной крышке, выходного отверстия, выполненного соосно входному соплу в другой крышке, и струи
25 жидкости, протекающей внутри камеры объемного резонатора между входным соплом и выходным отверстием, в котором входное сопло соединено с каналом НКТ, а выходное отверстие направлено на забой скважины.

На нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) смонтировано устройство, представляющее собой установленный в направлении "по-потoku" струйный генератор
30 Гельмгольца, хотя в тексте патента он так не называется. Струйный генератор Гельмгольца представляет собой осесимметричное тело и состоит из: полой цилиндрической камеры с двумя крышками, в которых расположены входное сопло (в передней "по потоку" крышке) и выходное отверстие с острыми кромками (в задней "по потоку" крышке). Устройство генерирует колебания давления в протекающем
35 потоке закачиваемой в пласт жидкости и формирует на выходе волновое поле, распространяющееся в затрубном пространстве скважины и далее в призабойной зоне продуктивного пласта.

Одним из недостатков устройства является невозможность генерировать низкочастотные колебания давления с большой амплитудой в протекающем потоке
40 жидкости. Причина этого недостатка заключается в том, что амплитуда колебаний давления определяется, с одной стороны, способностью объемного резонатора усиливать первичные колебания давления на частоте собственных колебаний, но, с другой стороны, амплитуда колебаний очень сильно зависит от скорости струи, вытекающей из входного сопла. Скорость струи или величина скоростного напора $\rho v^2/2$, где ρ - местная плотность
45 рабочего тела и v - скорость струи, представляет собой запас кинетической энергии струи, который с той или иной эффективностью можно преобразовать в струйном генераторе в колебательную энергию струи. Чем выше скорость струи, тем больше ее работоспособность и тем большую амплитуду колебаний давления можно обеспечить.

Но, вместе с тем, при увеличении скорости струи неотвратимо увеличивается частота генерации первичных колебаний на острой кромке выходного отверстия в соответствии с формулой (1). Разгоняя поток во входном сопле, мы повышаем амплитуду колебаний давления в струе, но одновременно и повышаем частоту генерации. Следовательно, мы вынуждены настраивать частоту собственных колебаний резонатора на высокую частоту первичной генерации, т.е. уменьшать его объем, что приводит к снижению эффективности усиления первичных колебаний и уменьшению амплитуды колебаний давления в потоке

Из этого следует, что существенным недостатком этого устройства является отсутствие возможности увеличивать скорость струи с целью увеличения амплитуды колебаний давления без повышения частоты генерации.

Целью настоящего изобретения является:

Обеспечение генерирования низкочастотных колебаний на забое скважины высокоскоростной струей за счет формирования колебательной системы со струйной генерацией, способной эффективно преобразовывать кинетическую энергию высокоскоростной струи в колебательную энергию низкочастотных колебаний давления.

Технический результат достигается за счет того, что в способе генерирования волн давления на забое скважины, при котором устанавливаются на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) струйный генератор Гельмгольца (СГГ), представляющий собой колебательную систему, возбуждаемую струей протекающей через ней жидкости и состоящую из струйного генератора, расположенного внутри камеры объемного резонатора, при этом генерируют струйным генератором первичные колебания давления определенной частоты в струе жидкости и возбуждают ими колебательную систему, усиливают первичные колебания давления в камере объемного резонатора, частоту собственных колебаний которого настраивают в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны давления на забое скважины, согласно изобретению устанавливается за камерой объемного резонатора еще одна камера с отверстием и формируют, таким образом, колебательную систему, имеющую три частоты собственных колебаний, не соответствующих частотам собственных колебаний ее отдельных элементов, настраивают частоту генерации первичных колебаний давления на высшую частоту собственных колебаний колебательной системы, при этом возбуждают колебательную систему на всех остальных собственных частотах и генерируют колебания давления на низшей частоте собственных колебаний.

В устройстве для генерирования волн давления на забое скважины, разработанном на базе струйного генератора Гельмгольца (СГГ) и установленном на нижнем конце канала насосно-компрессорной трубы (НКТ), состоящем из камеры объемного резонатора с двумя параллельными крышками, внутри которой расположен струйный генератор, состоящий из входного сопла, выполненного в одной крышке, выходного отверстия, выполненного соосно входному соплу в другой крышке, и струи жидкости, протекающей внутри камеры объемного резонатора между входным соплом и выходным отверстием; в котором входное сопло соединено с каналом НКТ, а выходное отверстие направлено на забой скважины, к крышке с выходным отверстием пристыкована снаружи вторая камера с отверстием и таким способом образована единая колебательная система, состоящая из двух сообщающихся камер с тремя отверстиями: из которых первое отверстие - это входное сопло струйного генератора, второе отверстие - это выходное отверстие струйного генератора и третье отверстие - это отверстие во второй камере.

Предложенный способ позволяет эффективно преобразовывать кинетическую

энергию высокоскоростной струи в колебательную энергию низкочастотных колебаний давления.

На фиг. 1 изображена схема устройства, включающего струйный генератор и резонирующую систему, состоящую из двух сообщающихся камер с тремя отверстиями.

5 На фиг. 2 представлена схема механического аналога акустической колебательной системы.

Сущность предложенного изобретения состоит в следующем.

Для генерирования низкочастотных колебаний давления в протекающий через струйный генератор жидкости, в соответствии с формулой (1), следует: а) увеличивать
10 интервал между входным соплом и выходным отверстием, б) уменьшать скорость струи.

Но уменьшение скорости струи приводит к резкому снижению амплитуды колебаний давления, вследствие уменьшения скоростного напора. Увеличение длины свободной струи также приводит к уменьшению ее скорости вследствие размывания.

15 Для сохранения высокой скорости струи при ее натекании на острую внутреннюю кромку выходного отверстия и обеспечения высокой амплитуды колебаний давления интервал между крышками камеры-резонатора следует проектировать небольшим. Соответственно и объем первой камеры также будет небольшим и она станет резонировать на высокой частоте.

20 Для того чтобы можно было высокоскоростной струей генерировать низкочастотные колебания, снаружи к крышке с выходным отверстием первой камеры пристыковывают вторую камеру с отверстием. Эти две камеры: первая камера с генерирующей системой - сопло - струя - острая кромка и вторая камера образуют единую колебательную систему, состоящую из двух камер и трех отверстий, из которых одно отверстие в
25 промежуточной крышке является общим. Частота собственных колебаний всей системы в целом определяется не только размером первой камеры, внутри которой расположен струйный генератор, но также размером присоединенной камеры и размерами всех отверстий. Можно проектировать размер первой камеры совсем небольшим и интервал между крышками первой камеры также проектировать небольшим, исходя из нужд
30 генерации колебаний давления с высокой амплитудой. После настройки частоты генерации можно за счет изменения размера второй камеры либо диаметра отверстия в ней восстановить необходимый акустический размер и согласовать частоту собственных колебаний системы с частотой генерации первичных колебаний давления.

35 Для наглядности можно заменить эту акустическую колебательную систему ее механическим аналогом и исследовать ее методами, применяемыми в теории колебаний, где камеры представлены в виде пружин с жесткостью k_1 и k_2 , а отверстия представлены в виде грузиков с массами m_1 , m_2 и m_3 (см. фиг. 2).

Частотное уравнение представленной колебательной системы будет выглядеть следующим образом,

$$40 \frac{k_1 k_2^2}{m_1 m_2 m_3} + \frac{k_1 k_2 \omega^2}{m_1 m_2} - \frac{k_1 k_2 \omega^2}{m_1 m_3} - \frac{k_1 \omega^4}{m_1} - \frac{k_2^2 \omega^2}{m_2 m_3} - \frac{k_2 \omega^4}{m_2} + \frac{k_2 \omega^4}{m_3} + \omega^6 - \frac{k_1 k_2 \omega^2}{m_2 m_3} - \frac{k_1 \omega^4}{m_2} = 0$$

где ω - частота собственных колебаний системы.

45 Представленное уравнение имеет три действительных корня, а колебательная система имеет три частоты собственных колебаний: высшую ω_3 , среднюю ω_2 и низшую ω_1 . Все три частоты равноправны. Колебательная система усиливает одновременно колебания на трех частотах. В отличие от высших гармоник, которые можно подавить отдельно от основной частоты колебаний, здесь колебания всех трех частот гармонически

взаимосвязаны.

Объем комбинированной камеры-резонатора рассчитывают таким образом, чтобы высшая частота собственных колебаний, заключенного в ней столба жидкости, была равна частоте генерации первичных колебаний давления на острой кромке. Обычно частота генерации первичных колебаний давления известна, это та самая величина, которая требуется нефтяникам для выполнения очистки ремонтируемой скважины. При известном перепаде давления между входом и выходом устройства и, соответственно, скорости струи определяется соответствующая длина струи. После этого остается привести высшую частоту собственных колебаний комбинированной камеры-резонатора в соответствие с частотой генерации первичных колебаний давления. Величина входного сопла, при известном перепаде давления на устройстве, определяется из уравнения Бернулли - $G = \rho W F$, отверстие в промежуточной крышке следует выполнять на 20% больше, а размер отверстия в третьей крышке может быть очень свободным. При помощи размера третьего отверстия можно регулировать низшую частоту собственных колебаний системы, не нарушая работу струйного генератора.

В предлагаемом способе генерирования колебаний давления в потоке жидкости, прокачиваемой через струйный генератор Гельмгольца, заложена возможность настраивать частоту генерации первичных колебаний давления f_r на острой внутренней входной кромке отверстия в промежуточной крышке, при неизменной скорости струи W , за счет перемещения самой крышки вдоль оси струи и изменения длины струи L_c . При этом расстояние между крышками первой камеры-резонатора L можно изменять в широком интервале, а низшую частоту собственных колебаний комбинированной системы настраивать затем путем изменения объема второй камеры и размера третьего отверстия.

Устройство для генерирования волн давления на забое скважины (см. фиг. 1) состоит из двух камер-резонаторов с тремя крышками. Первая камера-резонатор 2 представляет собой трубу, заглушенную с обоих торцов плоскими крышками, установленными параллельно друг другу и перпендикулярно оси камеры-резонатора. В первой (по потоку) крышке камеры установлено входное сопло 1, представляющее собой небольшой кусок трубы определенного проходного сечения с плавной входной кромкой и острой выходной кромкой на плоском торце. Во второй (по потоку) крышке камеры 3 (промежуточной) выполнено круглое отверстие 4 соосно входному соплу 1. К промежуточной крышке пристыкована снаружи еще одна камера-резонатор 5 с крышкой. Вторая камера-резонатор также выполнена из трубы, а в третьей крышке выполнено круглое отверстие 6. Объем второй камеры-резонатора значительно превышает объем первой камеры-резонатора. Диаметр отверстий также увеличивается по потоку: отверстие во второй крышке выполнено с острой внутренней кромкой и примерно на 20% больше отверстия в первой крышке. Отверстие в третьей крышке большего размера, по сравнению с отверстием в промежуточной крышке. Третьей крышки может вообще не быть в рассматриваемой колебательной системе.

Осевой интервал между входным соплом и отверстием в промежуточной крышке согласован со скоростью струи, а они вместе задают частоту генерации и согласованы с высшей частотой собственных колебаний системы.

Устройство установлено на нижнем конце НКТ и его входное сопло соединено с каналом НКТ, а выпускное отверстие направлено на забой скважины.

Работает устройство для генерирования волн давления на забое скважины следующим образом. При подаче в НКТ ремонтируемой скважины технической жидкости вся подаваемая жидкость протекает через первую камеру-резонатор 2. Жидкость

прокачивается через входное сопло 1 устройства, и при этом на выходе из устройства формируется осесимметричная струя с возмущенной периферией. От острой выходной кромки входного сопла отрываются с равными интервалами вихреподобные кольцевые структуры подобно каплям, падающим с носика крана в ванной комнате, увлекаются струей и ударяются об острую кромку отверстия 4 в промежуточной крышке 3. Далее струя беспрепятственно протекает через вторую камеру-резонатор и вытекает через отверстие 6 на забой скважины.

При взаимодействии струи с внутренней острой кромкой отверстия в промежуточной крышке 3 генерируются слабые возмущения давления в окружающем пространстве. Частота их генерации совпадает с высшей частотой собственных колебаний всей системы, и система резонирует на этой частоте. Колебательная система приходит в возбужденное состояние и гудит на всех собственных частотах. Наиболее ценными для использования на забое скважины при ее обработке являются колебания давления, соответствующие низшей частоте собственных колебаний системы.

15

(57) Формула изобретения

1. Способ генерирования волн давления на забое скважины, при котором устанавливают на нижнем конце насосно-компрессорной трубы (НКТ) струйный генератор Гельмгольца (СГГ), представляющий собой колебательную систему, возбуждаемую струей протекающей через неё жидкости и состоящую из струйного генератора, расположенного внутри камеры объёмного резонатора, при этом генерируют струйным генератором первичные колебания давления определённой частоты в струе жидкости и возбуждают ими колебательную систему, усиливают первичные колебания давления в камере объёмного резонатора, частоту собственных колебаний которого настраивают в резонанс с частотой генерации первичных колебаний давления, и создают волны давления на забое скважины, отличающийся тем, что устанавливают за камерой объёмного резонатора ещё одну камеру с отверстием и формируют, таким образом, колебательную систему, имеющую три частоты собственных колебаний, не соответствующих частотам собственных колебаний её отдельных элементов, настраивают частоту генерации первичных колебаний давления на высшую частоту собственных колебаний колебательной системы, при этом возбуждают колебательную систему на всех остальных собственных частотах и генерируют колебания давления на низшей частоте собственных колебаний.

2. Устройство для генерирования волн давления на забое скважины, разработанное на базе струйного генератора Гельмгольца (СГГ) и установленное на нижнем конце канала насосно-компрессорной трубы (НКТ), состоящее из камеры объёмного резонатора с двумя параллельными крышками, внутри которой расположен струйный генератор, состоящий из входного сопла, выполненного в одной крышке, выходного отверстия, выполненного соосно входному соплу в другой крышке, и струи жидкости, протекающей внутри камеры объёмного резонатора между входным соплом и выходным отверстием; в котором входное сопло соединено с каналом НКТ, а выходное отверстие направлено на забой скважины, к крышке с выходным отверстием пристыкована снаружи вторая камера с отверстием и таким способом образована единая колебательная система, состоящая из двух сообщающихся камер с тремя отверстиями: из которых первое отверстие - это входное сопло струйного генератора, второе отверстие - это выходное отверстие струйного генератора и третье отверстие - это отверстие во второй камере.