

УДК 622.245.72

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТОК СКВАЖИН
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.
СКВАЖИННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ КОЛЕБАНИЙ**

**TECHNICAL MEANS FOR THE TREATMENT OF WELLS WITH USING
VIBRATION WAVE IMPACT. BOREHOLE OSCILLATORS**

Яковлев Алексей Леонидович

директор,
Департамент проектирования ООО «КНГК-Групп»
yakovlev@i-npz.ru

Шамара Юрий Алексеевич

первый вице-президент,
ООО «КНГК-Групп»

Даценко Елена Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
aldac@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование физических полей упругих колебаний в методах повышения продуктивности скважин и нефтеотдачи пластов. Для внедрения физического поля в насыщенные пористые среды не требуется наличия фильтрационных каналов. Наряду с низкочастотностью упругих колебаний это обуславливает незначительное поглощение колебательной энергии в продуктивных породах пласта и существенную эффективную глубину обработки призабойной зоны пласта. Вместе с тем, сочетание виброволнового воздействия с закачкой растворов химреагентовкратно повышает эффективность обработок скважин. При этом воздействие упругими колебаниями не наносит ущерба естественному состоянию природной среды.

Ключевые слова: виброволновое воздействие, скважинные генераторы колебаний, генераторы пружинно-клапанного типа, генераторы клананно-ударного типа, гидравлические преобразователи, гидравлические роторные преобразователи, гидродинамические генераторы колебаний.

Yakovlev Alexej Leonidovich

Head,
Design Department LLC «KNGK-Group»
yakovlev@i-npz.ru

Shamara Yury Alexeevich

First vice-president,
LLC «KNGK-Group»

Datsenko Elena Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of pulp oil and gas
deal of the name of the professor
G.T. Vartumyan,
Kuban State University of Technology
aldac@mail.ru

Annotation. The article discusses the use of physical fields of elastic vibrations in the methods of increasing well productivity and reservoir recovery. To implement a physical field in the saturated porous media does not require a filtration channels. Along with the low-frequency elastic vibrations it causes a slight absorption of vibrational energy in the productive reservoir rocks and a significant depth of effective treatment of bottomhole formation zone. However, the combination with effects vibration wave injection solutions of chemicals improves the efficiency of wells is a multiple treatments. At the same time the impact of elastic vibrations is without prejudice to the natural state of the environment.

Keywords: vibration wave impact, borehole oscillators, generators spring-valve type, generators valve-impact type, hydraulic converters, hydraulic rotary converters, hydrodynamic oscillators.

Среди многообразия устройств генерирования упругих колебаний наиболее предпочтительными для осуществления виброволновых обработок призабойной зоны пласта (ПЗП) являются скважинные гидродинамические генераторы упругих колебаний (ГДГ), работа которых основана на использовании энергии потока жидкости или газа. Для их функционирования требуется лишь штатное нефтепромысловое оборудование – устьевые насосные агрегаты. Режимные напорно-расходные параметры последних (в особенности предназначенных для задач гидроразрыва пластов) весьма велики, что позволяет при до-

статочного высокого коэффициенте полезного действия (КПД) гидродинамического генератора создавать на забое скважины существенную энергонапряжённость упругого колебательного поля. Кроме того, весьма важно, что скважинные обработки с использованием ГДГ органично совмещаются со штатными промысловыми операциями подземного (ПРС) и капитального (КРС) ремонта скважин и с операциями большинства традиционных методов обработок призабойных зон пласта.

К настоящему времени известно довольно много конструкций гидродинамических скважинных генераторов колебаний давления, разработанных различными организациями и в связи с проблемами нефтедобычи, и для использования в других отраслях промышленности. Однако в большинстве случаев у известных конструкций генераторов отсутствуют обоснованные параметры генерируемых колебаний давления. Чаще всего испытание разработанного и изготовленного образца сводится непосредственно к проведению обработок скважин, по результатам которых делается заключение о практической ценности той или иной конструкции, а затем на его основе выдаются рекомендации к внедрению. Использование недостаточно обоснованных технологий, отсутствие объективных данных о параметрах рекомендуемых генераторов колебаний приводят к снижению успешности перспективного метода и, как следствие, к падению интереса к нему со стороны нефтегазодобывающих предприятий.

В связи с этим проведение стендовых и промысловых исследований различных конструкций гидродинамических генераторов с объективной аппаратной оценкой их рабочих параметров, возможностей функционирования при различных условиях обработок скважин необходимо как для правильного назначения режимных технологических операций конкретного устройства, так и для определения наиболее перспективных направлений дальнейших исследовательских, опытно-конструкторских и внедренческих работ. Такие исследования были проведены авторами работы [1]. Подробнее остановимся на полученных результатах.

Генераторы пружинно-клапанного и клананно-ударного типа

Из исследованных в [1] устройств к данному типу гидродинамических генераторов можно отнести генератор клапанный ГК-2 конструкции БашНИИНефти, пульсатор вставной ПВ-54 конструкции ТатНИПИнефти, клапанно-ударный вибратор КУВ-100 конструкции б. МИНГ и ГП. Общий недостаток пружинно-клапанных устройств, выявленный в результате проведённых испытаний, – жёсткое регламентирование узкой режимной области расходов и недостаточная надёжность работы, обусловленная необходимостью точного согласования жёсткости пружины и массы клапана. Небольшие изменения напорно-расходных характеристик подачи рабочей жидкости, равно как и неизбежные в ходе непрерывной работы усталостные изменения в конструктивных элементах (пружинах), приводят к срыву генерации. Исследованный экземпляр ПВ-54 показал неустойчивую работу и малую амплитуду колебаний давления. У генератора ГК-2 в области расходов от 100 до 350 м³/сут. после тщательного подбора пружины из числа представленных авторами устройства обнаружилась сравнительно устойчивая работа вибратора на низкой частоте при малой амплитуде колебаний давления. Клапанно-ударный генератор КУВ-100 генерирует достаточно высокоамплитудные колебания давления, однако ресурс его работы весьма мал и исчисляется минутами. Генератор выходит из строя из-за развития в его клапанных узлах ударных напряжений, существенно превышающих пределы прочности периодического нагружения конструктивных материалов.

В таблице 1 представлены результаты стендовых исследований гидродинамических генераторов различных типов.

Гидравлические преобразователи-«свистки»

К данному типу генераторов относятся испытанные гидравлические активаторы потока, такие как генераторы ГАП, ГД 108-УНИ конструкции УГНТУ, скважинные генераторы СГГК конструкции Института машиноведения РАН [1].

Подобные гидродинамические устройства являются высокочастотными генераторами. Они генерируют колебания низкой амплитуды с низким значением средне-

квадратичного давления и в то же время создают высокие потери напора нагнетаемой жидкости за счёт существенного штуцирования потока.

Функционирование данных генераторов сопровождается существенным кавитационным износом как тангенциальных отверстий, так и поверхности вихревой камеры, что ведёт к изменению во времени параметров этих генераторов и срыву режима их устойчивой работы. Низкая надёжность, неустойчивость автоколебательного режима и узость рабочего диапазона расходов ограничивают возможности использования подобных конструкций без соответствующих мер по обеспечению автоматического вывода на автоколебательный режим и его настройки во время работы.

Таблица 1 – Результаты стендовых исследований гидродинамических генераторов различных типов

Тип генератора, организация-разработчик	Расход жидкости через генератор, м ³ /сут	Давление нагнетания рабочей жидкости, МПа	Потеря напора (перепад давления) на генераторе, МПа	Среднеквадратичное значение амплитуды колебаний, МПа	Размах колебаний давления, МПа	Доминирующие частоты колебаний, Гц
<i>Генераторы пружинно-клапанного типа</i>						
Пульсатор вставной ПВ-54, ТатНИПИнефть	550	14,2	1,2	0,04	0,1	10; 1200; 3000; 6000
Клапанно-ударный вибратор КУВ-100	160	1,0	0,4	–	1,0	28; 110; 650
	200	1,1	0,4	–	1,2	28; 90; 410
	300	1,4	0,7	–	1,8	32; 100; 410
	400	1,6	1,0	–	3,0	38; 100; 420
	500	2,0	1,4	–	3,6	40; 100; 420
	700	8,5	7,7	–	4,2	48; 100; 600
	1000	10,0	8,7	–	5,5	50; 100; 200
Генератор клапанный ГК-2, БашНИПИнефть	100	5,3	0,5	0,15	0,4	100; 200
	350	6,2	1,0	0,10	0,3	100–200
<i>Гидравлические роторные преобразователи «сирены»</i>						
Гидравлический вибратор золотникового типа ГВЗ-108, б. МИНГ и ГП	100	4,7	0,2	0,07	0,3	50; 4500
	200	5,2	0,5	0,06	0,2	62; 4700
	400	5,1	0,7	0,10	0,4	75; 4500
	600	4,8	1,2	0,25	0,8	94; 4200
	800	6,7	2,4	0,47	1,7	130; 800
<i>Гидродинамические, на основе вихревых усилительных центробежных форсунок</i>						
С одной напорной вихревой ступенью:						
ГЖ-2	370	10,5	9,5	0,50	2,5 (4,0 [*])	30; 60; 150
ГЖ-11	400	10,5	9,5	0,60	3,0 (5,0 [*])	25; 75; 150
С двумя напорными вихревыми ступенями противоположной закрутки:						
ГД2В-3	240	8,0	7,5	0,90	4,8 (6,4 [*])	20; 160
ГД2В-6	500	8,0	7,0	2,10	8,0 (9,6 [*])	33; 250
* Для отдельных всплесков.						

Гидравлические роторные преобразователи – «сирены»

Вибратор золотникового типа ГВЗ-108 конструкции б. МИНГ и ГП по типу относится к самодвижущимся реактивным «сиренам». Частота пульсаций давления подобного преобразователя определяется количеством прорезей и линейно зависит от расхода рабочей жидкости. Испытания показали устойчивую работу генератора на всех исследованных расходах.

Из приведённых в таблице 1 данных видно, что работа генератора вызывает сравнительно небольшие потери напора при довольно высоком среднеквадратичном давлении. При осмотре технического состояния вибратора после продолжительных (в течение 5 часов) испытаний существенных следов износа обнаружено не было.

Из всех исследованных конструкций вибратор ГВЗ-108 получил в своё время наиболее широкое применение для обработок призабойных зон скважин. Тем не менее, несмотря на несомненные положительные моменты данной конструкции (достаточно высокую амплитуду колебаний и возможность определённого регулирования частоты заданием расхода), ей присущи существенные недостатки, которые наиболее заметно проявляются при работе в условиях сильной загрязнённости и агрессивности среды, а также при циклическом режиме работы генератора в скважине. Стремление уменьшить кольцевой зазор между ротором и статором, тем самым повысив эффективность генерации колебаний, и желание увеличить надёжность работы в загрязнённых средах для данных конструкций несовместимы. Из-за наличия в конструкции вращающихся механических узлов не обеспечивается достаточная надёжность и моторесурс: после одной-трёх обработок увеличивается расход и снижается амплитуда колебаний давления, ряд узлов генератора разрушается. При работе в скважинах происходят сильный износ подшипниковых узлов конструкции, заклинивание, абразивный износ ротора и кавитационное разрушение статора. Часто из-за заклинивания невозможно обеспечить последующий запуск генератора после временной остановки подачи рабочей жидкости. Кроме того, вследствие малого КПД большие расходы жидкости при функционировании генератора требуют привлечения добавочных мощностей устьевых насосных агрегатов и сильно затрудняют его использование в комплексе с другими техническими средствами, например, скважинными струйными аппаратами. Весьма проблематично также эффективное использование данного генератора для осуществления вибропенных обработок с применением штатного устьевого компрессора.

Проведённые испытания показали, что генераторы пружинно-клапанного и клапанно-ударного типов, гидравлические преобразователи-«сирены» и гидравлические преобразователи-«свистки» или их комбинации не удовлетворяют требованиям высокоэффективного осуществления виброволновой обработки скважин.

Во-первых, они не надёжны в работе. Колебания давления возбуждаются непосредственно внутри самого устройства, при этом создаются ударные нагрузки, превышающие пределы прочности материалов. Эти материалы, к тому же, находятся в контакте с агрессивными и абразивными средами. Генераторы быстро выходят из строя либо из-за поломок подвижных механических узлов (генераторы первого и второго типов), либо из-за существенного кавитационного износа (генераторы третьего типа).

Во-вторых, амплитуды колебаний давления при их работе в стволе скважины недостаточно высоки, что не обеспечивает необходимый для проявления заметного эффекта воздействия охват ПЗП плотностью потока колебательной энергии. А увеличение мощности генерации сопровождается добавочным снижением надёжности (резко возрастает вероятность поломок) и к тому же ограничивается габаритами скважины. В дополнение генераторы третьего типа (гидравлические свистки) продуцируют высокочастотные колебания, которые, как показали исследования, незначительно влияют на развитие в ПЗП фильтрационных явлений и процессов декольматации и вдобавок испытывают сильное поглощение в пористой среде.

В-третьих, у данных генераторов отсутствует возможность регуляции (без существенного изменения конструктивных параметров) частоты колебаний, что не позволяет осуществлять обработку конкретного объекта-скважины в оптимальном для него режиме.

При обобщении представленных выше результатов и выводов можно определить конструктивные и технологические требования к гидродинамическим генераторам, предназначенным для виброволнового воздействия на ПЗП и обеспечивающим максимальную эффективность, а также рентабельность обработок скважин.

Генератор должен возбуждать на забое заполненной жидкостью скважины достаточно высокоамплитудные колебания давления в диапазоне частот 20–300 Гц с

возможностью регуляции частоты и настройки на избирательные частоты объекта. Частоты и амплитудный режим генерации должны быть стабильными и мало зависеть от внешних условий и степени износа узлов генератора. В конструкциях генераторов необходимо исключить подвижные механические узлы, как наиболее подверженные износу, в особенности в условиях загрязнённости и агрессивности жидкой среды, сильно уменьшающие их общий моторесурс.

Генераторы не должны при работе создавать чрезмерные ударные нагрузки внутри конструкций. Колебательные ударные явления должны создаваться непосредственно в перфорационных отверстиях скважины и ПЗП при условии использования резонансных свойств скважинных и пластовых систем и настройки частоты пульсаций расхода на избирательные частоты объекта. Это условие может обеспечиваться при генерации устройством колебаний расхода и преобразовании их в колебания давления. Подобный режим генерации обеспечивает и высокую надёжность работы устройства, и высокий КПД, и энергетическую эффективность виброволнового воздействия. При этом не существует заметных ограничений на увеличение мощности генерации колебаний при использовании реальных скважинных гидродинамических генераторов.

Гидродинамические генераторы колебаний на основе вихревых центробежных форсунок

Наиболее полно набору основных требований удовлетворяют гидродинамические генераторы колебаний, построенные на основе вихревых элементов, работающих в автоколебательных режимах. Важнейшее преимущество использования вихря как усилительного элемента состоит в том, что он имеет максимальный, по сравнению со всеми другими струйными элементами, коэффициент усиления по мощности (500 и более) [5, 6].

В рассматриваемых ниже вихревых элементах закрученный поток жидкости является усилителем низкочастотных колебаний параметров потока жидкости (давления и скорости), что позволяет достигать при генерации колебаний любых требуемых амплитудно-частотных характеристик, а энергоотдача ограничивается в принципе лишь мощностью напорной линии питания (насосных агрегатов).

Одним из подобных элементов является двухступенчатая жидкостная центробежная форсунка.

В двухступенчатой форсунке (рис. 1) имеется первая (высоконапорная) ступень подачи жидкости малого расхода, по которой жидкость через тангенциальные каналы поступает в камеру закручивания для образования вихря. В эту же камеру через каналы второй ступени поступает регулируемая часть жидкости большого расхода. В общей камере закручивания происходит смешение высоконапорного и малорасходного циркулирующего потока с низконапорным потоком нулевой или противоположной циркуляции и с регулируемым большим расходом. На магистрали большой расходной ступени расположен гидравлический элемент повышенной упругости 4, например, заполненная газом ёмкость объёма V_r , отделённая от жидкости гибкой мембраной.

Жидкость в малорасходную ступень форсунки поступает с расходом Q_1 , при этом кран 1 поддерживает в малорасходной магистрали постоянное давление p_1 . Изменение расхода через сопло 3 форсунки, а также и режимных параметров происходит за счёт открытия крана 2, подсоединённого к напорной магистрали.

При смешении струй жидкости первой и второй ступени в камере смешения форсунки происходит образование жидкостного вихря, в центре которого давление падает и при истечении из сопла в воздушную среду происходит образование воздушного вихря с радиусами r_{mk} – внутри камеры смешения и r_{mc} – на выходе из сопла, так что истечение жидкости из форсунки происходит только в кольцевой области между стенками сопла и воздушным вихрем. При истечении из форсунки в жидкостную среду в центре вихря образуется зона разрежения, определяемая аналогичными геометрическими параметрами r_{mk} и r_{mc} , в которой осевая скорость течения жидкости равна нулю или противоположна осевой скорости истечения циркулирующей жидкости из форсунки и которая также весьма существенно определяет площадь истечения жидкости из сопла форсунки и коэффициент расхода сопла.

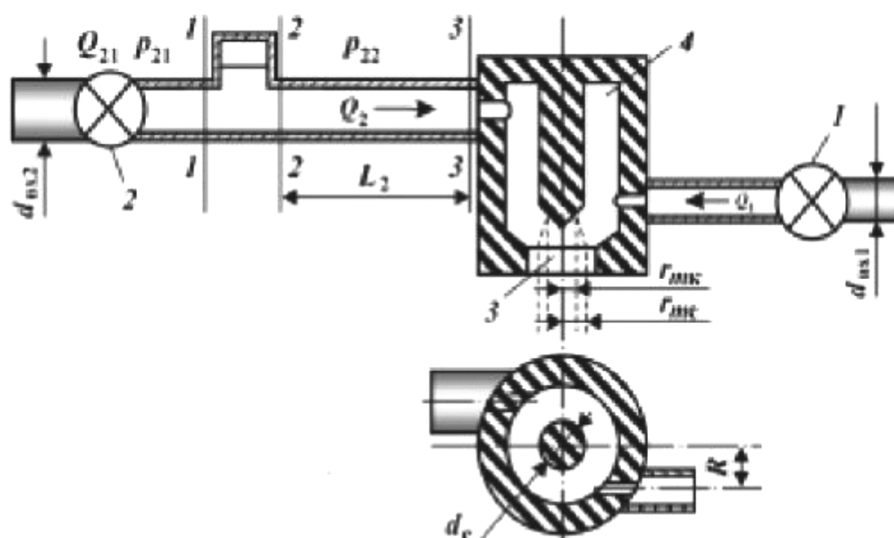


Рисунок 1 – Схема истечения жидкости из двухступенчатой форсунки

Особенность течения жидкости через форсунку – наличие участка на расходной характеристике с отрицательным гидравлическим сопротивлением, что обуславливает развитие неустойчивого режима течения и возможность возникновения автоколебаний.

Генератор колебаний с одной напорной вихревой ступенью

На основе проведённых исследований автоколебательных режимов двухступенчатой центробежной форсунки авторами [1] был разработан способ генерирования низкочастотных колебаний и гидродинамический генератор колебаний [8], схема которого показана на рисунке 2.

При генерации жидкость, поступающая по напорной магистрали, разделяется на основной поток, поступающий в тангенциальные каналы форсунки и образующий жидкостный вихрь, и дополнительный поток, поступающий через узкие каналы-жиклеры в дополнительный канал устройства.

В первой фазе процесса происходит запираание дополнительного потока жидкости основным закручивающим потоком, что приводит к росту давления в нём (при этом вихревое движение жидкости развивается от форсунки вглубь дополнительного канала) и усилению энергообмена между основным и дополнительным потоками вследствие разницы окружных составляющих скоростей. Во второй фазе при возрастании давления в дополнительном потоке до значения, соизмеримого со значением центробежного давления, на периферии жидкостного вихря, в кольцевом зазоре форсунки происходит разрушение вихря, сопровождающееся выбросом жидкости из дополнительного канала и резким увеличением расхода. После выброса жидкости давление в дополнительном потоке опять падает, образуется жидкостный вихрь основного потока, который запирает дополнительный поток, и процесс автоколебаний повторяется. Таким образом, благодаря усилительным свойствам вихря, небольшие колебания давления в дополнительном канале (второй ступени), составляющие 1–5 % от перепада давления на закрученном слое жидкости, вызывают сильные колебания скорости течения через генератор, достигающие 50 % от средней скорости. При разрывах сплошности потока коэффициент усиления существенно возрастает. Изменяя упругость жидкости дополнительного канала введением в него газа, отделённого гибкой мембраной, можно также изменять время возрастания давления в первой фазе и регулировать частоту генерируемых колебаний. Резонатор служит для преобразования колебаний расхода в колебания давления.

Проведённые стендовые и промышленные испытания этого генератора колебаний показали его устойчивую работу и надёжность.

В отличие от других конструкций генератор типа ГЖ позволяет создавать (см. таблицу 1) высокоамплитудные колебания давления 3–5 МПа в широком диапазоне низких

частот 20–300 Гц. Ввиду отсутствия движущихся механических узлов и увеличения КПД генератор не требует привлечения значительных мощностей устьевых насосных агрегатов для создания большого расхода, обладает повышенной надёжностью и моторесурсом, что позволяет снижать затраты на проведение обработок.

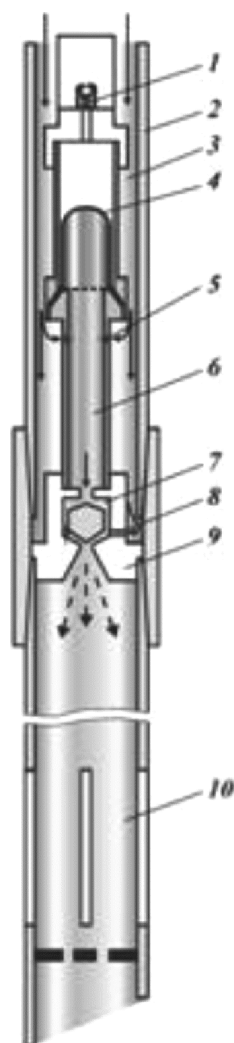


Рисунок 2 – Генератор колебаний с одной напорной вихревой ступенью:
1 – направляющий клапан; 2 – труба НКТ; 3 – напорная магистраль; 4 – мембрана;
5 – жиклеры дополнительного потока; 6 – канал дополнительного потока; 7 – кольцевой зазор;
8 – тангенциальные каналы форсунки; 9 – форсунка; 10 – резонатор

Генератор колебаний с двумя напорными и вихревыми ступенями противоположной закрутки

Эксплуатация гидродинамических скважинных генераторов колебаний выявляет определённый набор требований к режимным параметрам и расходным диапазонам двухступенчатых форсунок, которые должны обеспечить наиболее эффективное применение для различных промысловых условий и категорий скважин. Сюда входят и конструктивные требования по адаптации конструкций к набору промысловых типов-размеров колонн скважин и НКТ, в том числе и к колоннам с уменьшенными диаметрами для вторых стволов скважин, и требования обеспечения эффективной генерации колебаний в достаточно широком изменении расходно-напорных характеристик нагнетания рабочей жидкости. Конструкция вихревой форсунки должна обеспечить функционирование ряда гидродинамических генераторов, отличающихся геометрическими размерами и рабочими расходно-напорными характеристиками, предназначенными для эффективного осуществления широкого набора технологических операций, таких

как совместная работа со скважинным струйным насосом, вибропенное воздействие, виброволновое воздействие в сочетании с закачкой реагента в пласт, длительная работа в скважине при пониженных расходах нагнетания и др.

С целью увеличения расхода через центробежную форсунку при сохранении её радиальных размеров можно использовать форсунку с двумя соплами и общей камерой закручивания, схема которой показана на рисунке 3. Такая конструкция позволяет в два раза увеличить расход жидкости при сохранении прежних типоразмеров и одновременно уменьшить вязкостные потери на трение.

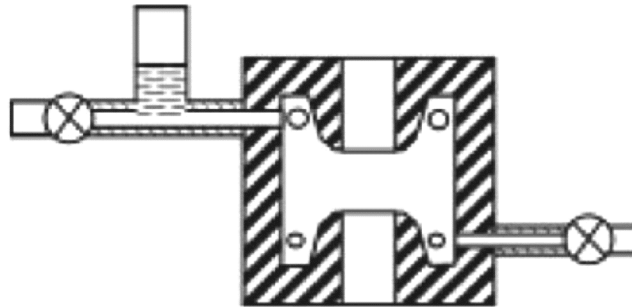


Рисунок 3 – Форсунка с двумя соплами и общей камерой закручивания

Дальнейшее повышение эффективности работы вихря как рабочего элемента гидродинамического генератора достигается использованием в первой ступени центробежной форсунки двух поясов тангенциальных каналов с взаимно противоположным завихрением жидкостных потоков. Схема работы такого элемента генератора показана на рисунке 4.

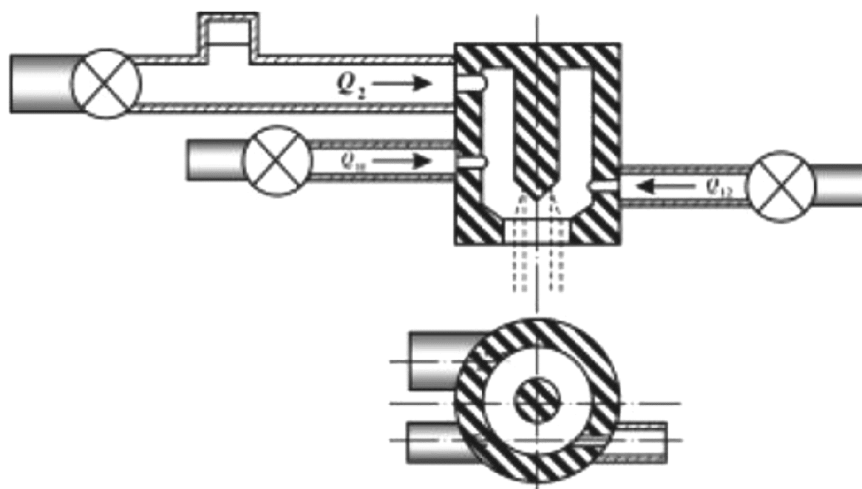


Рисунок 4 – Форсунка с двумя поясами с противоположным завихрением потоков

Поступающая в первую высоконапорную ступень из нагнетательной магистрали жидкость разделяется на две части: расход Q_{11} поступает на первый пояс тангенциальных каналов, а расход Q_{12} – на второй пояс подобных каналов.

Двухвихревая центробежная форсунка обеспечивает высокоамплитудную генерацию упругих колебаний в достаточно широком расходном диапазоне рабочей характеристики.

Примером генератора такого типа может служить генератор колебаний ГД2В с повышенной эффективностью генерации в широком диапазоне изменения напорно-расходных параметров нагнетания рабочей жидкости [1].

Стендовые испытания показали высокую работоспособность устройств, устойчивую работу в широком диапазоне изменения расхода и давления нагнетания рабо-

чей жидкости, начиная со сравнительно малых начальных значений. Как и ожидалось, в генераторе после нескольких часов испытаний не были обнаружены следы существенного износа или разрушения, а также изменения его рабочих характеристик, что указывает на его высокую надёжность и долговечность. Впоследствии при скважинных промысловых исследованиях это также подтвердилось. Испытания показали, что при соответствующей настройке генератор продуцирует колебания, амплитуда и частота которых изменяются в зависимости от перепада давления, что позволяет осуществить авторегулирование виброволнового воздействия при проведении обработки ПЗП в зависимости от глубины её загрязнённости.

Относительно малые рабочие расходы и перепад давления при продуцировании достаточно мощных колебаний позволяют эффективно использовать генераторы типа ГД2В для регенерации фильтров водозаборных скважин и повышения их продуктивности с использованием простых насосов или насосных агрегатов.

Литература:

1. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия / В.П. Дыбленко, Р.Н. Камалов, Р.Я. Шариффулин, И.А. Туфанов. – М. : Недра, 2000. – 381 с.
2. Опыт применения вибровоздействия на призабойную зону скважин / Э.А. Ахметшин, Р.М. Нургалеев, М.Р. Мавлютов, К.С. Фазлутдинов // НТС. Текущая информ. Серия Нефтепромысловое дело. – 1970. – Вып. 8.
3. Гадиев С.М. Влияние вибрации на реологические свойства жидкостей / С.М. Гадиев, Е.З. Рабинович, В.М. Карандашева // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1981. – № 1. – С. 43–46.
4. Фильтрационные явления и процессы в насыщенных пористых средах при виброволновом воздействии / В.П. Дыбленко, И.А. Туфанов, Г.А. Сулейманов, А.П. Лысенков // Труды института «БашНИПинефть». – 1989. – Вып. 80. – С. 45–51.
5. Кузнецов О.Л. Применение ультразвука в нефтяной промышленности / О.Л. Кузнецов, С.А. Ефимова. – М. : Недра, 1983. – 192 с.
6. Попов А.А. Ударное воздействие на призабойную зону скважин / А.А. Попов. – М. : Недра, 1990. – 157 с.
7. Садовский М.А. Перспективы вибрационного воздействия на нефтяную залежь с целью повышения нефтеотдачи / М.А. Садовский, М.Т. Абасов, А.В. Николаев // Вестник АН СССР. – 1986. – № 9. – С. 95–99.
8. Гидродинамический генератор колебаний. Патент. Авдудевский В.С., Ганиев Р.Ф., Калашников Г.А., Костров С.А., Муфазалов Р.Ш.
9. Технология виброволнового воздействия на призабойную зону скважин как эффективный способ повышения продуктивности пластов. [Электронный ресурс]. – URL : http://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65625b2ad78a4d53a88421206d37_0.html

References:

1. Increase of efficiency and reanimation of wells with application of vibrowave influence / V.P. Dyblenko, R.N. Kamalov, R.Ya. Shariffulin, I.A. Tufanov. – M. : Subsoil, 2000. – 381 p.
2. Experience of application of vibration effect on bottomhole zone wells / E.A. Akhmetshin, R.M. Nurgaleev, M.R. Mavlyutov, K.S. Fazlutdinov // NTS. Flowing an inform. Series Oil-field business. – 1970. – Iss. 8.
3. Gadiyev S.M. Influence of vibration on rheological properties of liquids / S.M. Gadiyev, E.Z. Rabinovich, V.M. Karandasheva // Azerbaijani oil economy. – 1981. – № 1. – P. 43–46.
4. The filtrational phenomena and processes in saturated porous environments at vibrowave influence / V.P. Dyblenko, I.A. Tufanov, G.A. Suleymanov, A.P. Lysenkov // Works of Bashnipineft institute. – 1989. – Iss. 80. – P. 45–51.
5. Smiths O.L. Application of ultrasound in oil industry / O.L. Kuznetsov, S.A. Yefimova. – M. : Subsoil, 1983. – 192 p.
6. Popov A.A. Shock impact on bottomhole zone wells / A.A. Popov. – M. : Subsoil, 1990. – 157 p.
7. Sadovsky M.A. Prospects of vibration impact on the oil pool for the purpose of oil recovery increase / M.A. Sadovsky, M.T. Abasov, A.V. Nikolaev // the Bulletin of Academy of Sciences of the USSR. – 1986. – № 9. – P. 95–99.

8. Hydrodynamic oscillation generator. Patent. Avduyevsky V.S., Ganiyev R.F., Kalashnikov G.A., Kostrov S.A., Mufazalov R.Sh.

9. Technology of vibrowave impact on a bottomhole zone of wells as effective way of increase of efficiency of layers. [Electronic resource]. – URL : http://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65625b2ad78a4d53a88421206d37_0.html