

## Усовершенствование устройства для гидровибрационной декольматации нефтяных скважин

Отебаев М.<sup>1</sup>, Мусанов А. М.<sup>2</sup>, Ратов Б. Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> РД «КазМунайГаз» ТОО «КРУЗ», Жанаозен, Казахстан

<sup>2</sup> Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Поступила в редакцию 01.03.11, принята к печати 18.03.11

### Аннотация

Рассмотрена возможность использования для декольматации скважин не только действия продольных волн, возбуждаемых ударами бойка гидроударника, но и динамического действия выхлопа машины, направляемого в виде импульсных струй на очищаемые поверхности. Предложена конструкция соответствующего устройства.

Ключевые слова: декольматация, гидроударник.

Одной из основных причиной снижения производительности эксплуатационной скважины с течением времени является кольматация – засорение призабойной зоны продуктивного пласта (ПЗП) и фильтра осадками, твердыми частицами и т.д.

Удаление продуктов кольматации, т. е. процесс декольматации, является трудоемким и зависит от механизма воздействия и его параметров.

Автором изучено более 20 способов декольматации и составлена их классификация [1]. Установлено, что одним из наиболее эффективных способов ликвидации последствий кольматации скважин является гидровибрационный способ. Он заключается в создании в скважине гидроимпульсов, передающихся через жидкую среду на поверхности, находящиеся в ней и разрушающих осадки, накопившиеся на этих поверхностях. Импульсы генерируются поршнем (поршнями), перемещающимся вдоль оси скважины и также имеют продольное направление

Известны генераторы, располагаемые на поверхности скважин или механически связанные с поверхностью. Такие устройства имеют очень ограниченную глубину применения. Погружные генераторы используются на большей глубине, до нескольких сот метров, однако применение их в более глубоких скважинах все же является нерешенной проблемой. Ее решение могло бы существенно увеличить объем восстанавливаемых скважин.

Известно использование в качестве генераторов гидроимпульсов буровых машин – гидроударников и пневмоударников. Из них наибольшую глубину применения имеют гидроударники, хотя их различные типы различаются по предельной глубине использования.

В устройствах, применяемых на практике [2], вибрационный узел, заменяющий собой поршень, выполнен в виде нескольких мембран из упругого материала. Фрагмент такого вибрационного узла представлен на рис. 1.

Центральная труба 1 узла жестко соединена с наковальной гидроударника. На ней с помощью распорных втулок 3 жестко закреплены дисковые мембраны 4. В трубе 1 выполнены радиальные отверстия 2, выходящие в полости между мембранами. В этих полостях под действием ударных импульсов, передающихся на мембраны через трубу 1, генерируются продольные гидроволны. Перемещаясь в скважине, они воздействуют на ее стенки.

Отработанная жидкость (выхлоп) из гидроударника поступает в осевой канал трубы 1 и затем по радиальным отверстиям 2 – в полость между мембранами. Таким образом, в полости скважины генерируются гидроимпульсы в двух направлениях: продольные волны,

распространение которых происходит не только в продольном, но и в поперечном направлениях, и импульсы поперечных струй выхлопа гидроударника. Поскольку эти струи поступают в пространство между мембранами, они снабжают его жидкостью, в которой и генерируются продольные волны. Но, наряду с этим положительным действием, они вносят и негатив, т.к. направление их действия вызывает нарушение распространения продольных волн. Для ориентации в процессе дифракции волн взаимно перпендикулярных направлений рассмотрим теорию формирования и действия струй жидкости [3].

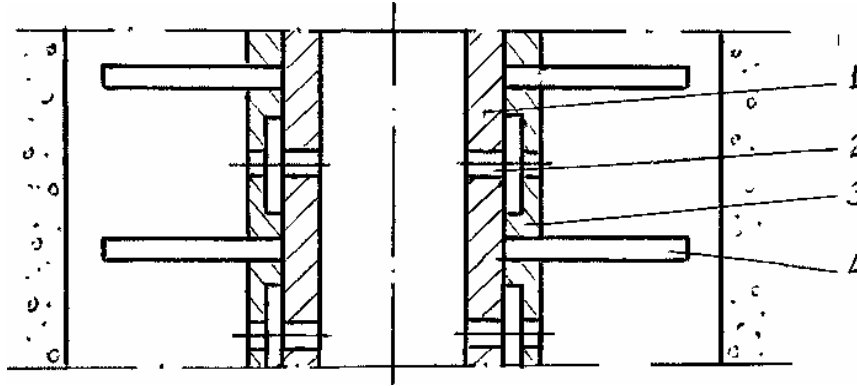


Рис. 1. Фрагмент вибрационного гидроузла.

При выходе из отверстия струя жидкости сжимается и на некотором расстоянии от отверстия (обычно равном около половины диаметра струи) имеет участок уменьшенного сечения, деформируясь далее под действием сил поверхностного натяжения. Это явление называется инверсией струи.

В гидравлике рассматривается истечение из отверстия в тонкой стенке и через насадки. Стенка считается тонкой, если ее толщина

$$b < 0,2d_0,$$

где  $d_0$  - диаметр отверстия в стенке.

При истечении жидкости через незатопленное отверстие в тонкой стенке (рисунок 2), при установившемся движении (если  $p_1 = const$ ) для определения расхода жидкости  $Q$  используется формула Торичелли с поправкой на сжатие струи:

$$Q = p_1 \cdot F_c \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $p_1$  — давление в сосуде,

$F_c$  — площадь поперечного сечения струи,

$\varepsilon$  — коэффициент сжатия струи;  $\varepsilon = \frac{F_c}{F_0}$

$F_0$  — площадь поперечного сечения отверстия.

В действительных условиях имеет место также уменьшение теоретически достижимой скорости истечения из-за потерь напора на трение и вихреобразование. Отношение между действительной скоростью и теоретически достижимой называется коэффициентом скорости

$$\varphi = \frac{V}{V_m}$$

Коэффициент сжатия струи и коэффициент скорости обычно объединяют в один коэффициент расхода  $\alpha = \varepsilon \cdot \varphi$ . Тогда

$$Q = \alpha \cdot F_c \cdot p_1, \quad (2)$$

При расчете затопленных отверстий (рисунок 3) формула расхода будет иметь вид, аналогичный формуле 1:

$$Q = \alpha \cdot F_c \cdot (p_1 - p_2), \quad (3)$$

где  $p_2$  – давление жидкости в полости затопления.

Значения коэффициентов  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  и  $\alpha$  принимают равными соответствующим коэффициентам при истечении через незатопленные отверстия.

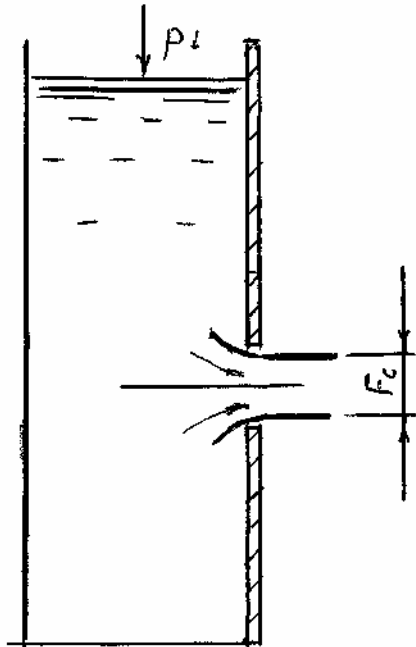


Рис. 2. Истечение жидкости из незатопленного отверстия в тонкой стенке

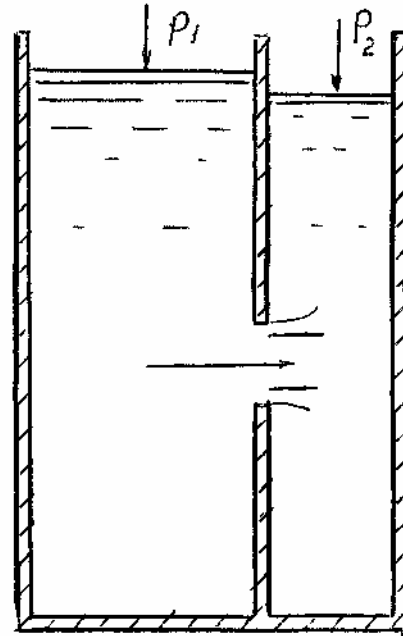


Рис. 3. Истечение жидкости из затопленного отверстия

Если истечение происходит по каналу, длина которого составляет  $(3-4) \cdot d_0$ , где  $d_0$  – диаметр выходного отверстия, то этот случай рассматривают как истечение через насадки.

Насадком называется короткий патрубок, присоединенный к отверстию в тонкой стенке и направляющий выходящую струю потока.

При истечении из наружного цилиндрического насадка струя жидкости на входе в насадок сжимается, после чего вновь расширяется. Так как струя выходит из насадка полным сечением, то коэффициент сжатия струи равен единице, а коэффициент расхода равен коэффициенту скорости:  $\alpha = \varphi = 0,71$ .

Вытекающая из насадка струя при встрече с твердой преградой (рис. 4) оказывает на нее активное давление.

Силу этого давления можно определить, применив теорему об изменении количества движения. Математическое выражение этой теоремы имеет вид:

$$J = Q \cdot \rho \cdot (v_2 - v_1), \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,

$v_1$  – средняя скорость жидкости в сечении струи,

$v_2$  – скорость струи у преграды.

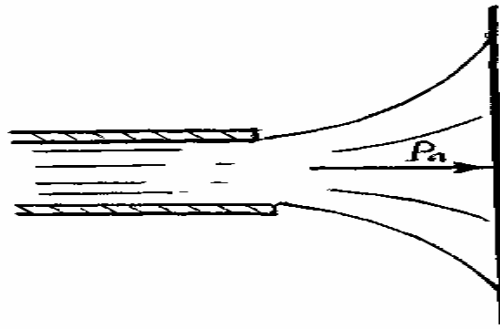


Рис. 4. Действие струи, вытекающей из насадка, на преграду.

У жесткой преграды  $v_2=0$ . Тогда сила активного давления струи

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot v_1 \quad (5)$$

Так как скорость потока зависит от давления, то, учитывая (1), получим:

$$P_a = p_1 \cdot F_c \cdot \varphi \quad (6)$$

В устройстве для декольматации, изображенном на рисунке 1, отверстия в центральной трубе могут рассматриваться как затопленные отверстия в тонкой стенке. Давление на выходе такого отверстия равно разности  $(p_1 - p_2)$ . При этом струя, выходящая из отверстия, направлена поперек продольного движения гидроволн, возбуждаемых дисками устройства, и ее действие – дифракция волн, турбулентность – снижает эффективность декольматации.

В связи с этим, возникла идея – разделить зоны формирования гидроимпульсов, для чего выполнить выхлопные отверстия в насадках, длина которых приближается к радиусу скважины или фильтра, оставляя незначительный зазор. Жидкость, находящаяся в таком зазоре, не окажет существенного сопротивления напору струи, выходящей из насадка, в результате чего струя будет производить разрушение кольматанта.

Снабжение же междисковых полостей будет происходить вдоль стенки скважины, т.е. в направлении, совпадающем с направлением гидроволн, и не вызовет их нарушений.

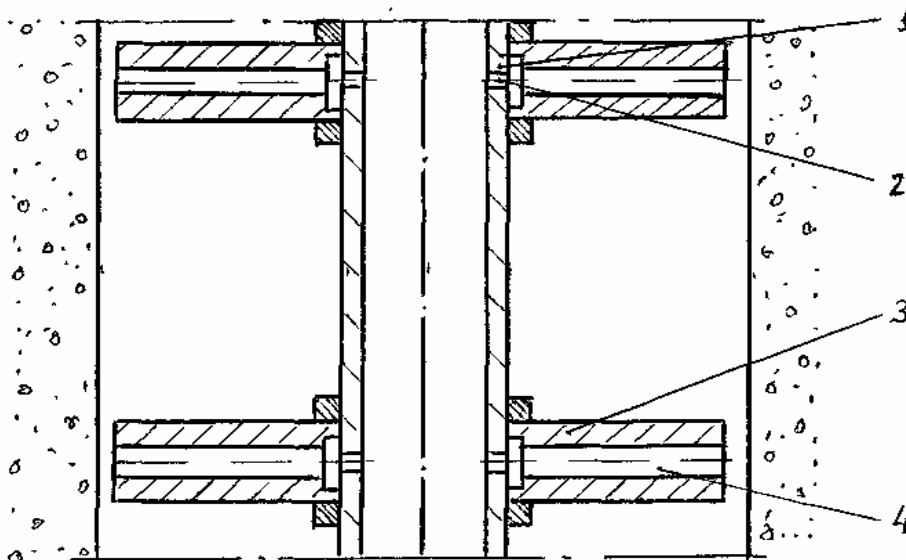


Рис. 5 Фрагмент новой конструкции гидроузла.

Фрагмент такого устройства показан на рисунке 5.

Здесь 1 – центральная труба, соединенная с наковальной гидроударника, 2 – радиальные отверстия в центральной трубе 1, 3 – дисковые поршни, совершающие продольные импульсные

перемещения в скважине, 4 – радиальные отверстия в дисковых поршнях, выполняющие роль насадков, формирующих импульсные струи жидкости

В такой конструкции выхлопная жидкость из гидроударника выводится в виде динамических импульсных струй на периферию скважины, что усиливает ее воздействие на породу пласта

Учитывая изложенное, сила давления струи на продукты колюматации должна быть значительна. Определим, например, по формуле (6) силу давления струи, выходящей из насадка диаметром 1 см на выхлопе гидроударника НГ, учитывая, что давление выхлопа составляет 25 атм.

В данном случае  $F_c$  из формулы (6) соответствует  $F_1$ , тогда

$$P_a = p_1 \cdot F_c \cdot \varphi = 250 \cdot 0,785 \cdot 0,71 = 140н$$

Полученное значение превышает величину бокового давления гидроволн, генерируемых применяемыми типами гидроударников. Однако, следует иметь ввиду, что использование струйных насадок оправдано с теми типами гидроударников, которые формируют значительное давление в своих нижних камерах перед возвратным (холостым) ходом бойка. Сюда относятся двухклапанные гидроударники и гидроударники обратного действия.

На основании вышеизложенных соображений была предложена следующая конструкция устройства для деколюматации (рис. 6).

Устройство состоит из гидроударника 1, опускаемого в скважину на бурильных трубах, и вибрационного узла, присоединяемого к гидроударнику. Гидроударник содержит боек 2 и наковальню 3, воспринимающую удары бойка. Накováльня 3 выполнена заодно с центральной трубой 10 вибрационного узла (или жестко соединяется с ней при раздельном выполнении) и взаимодействует с пружинами 4 и 14.

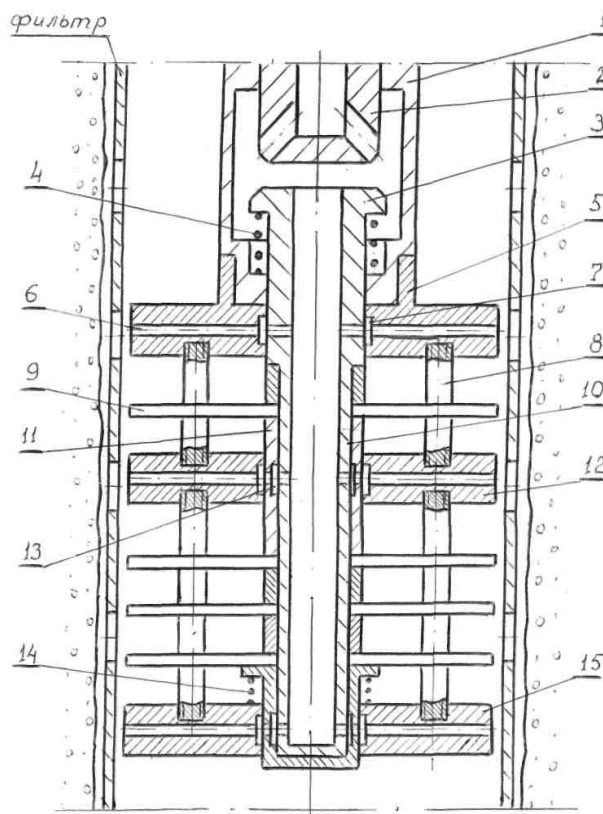


Рис. 6. Гидроударно-струйное устройство для деколюматации

С корпусом гидроударника 1 жестко соединен неподвижный диск 5, в котором выполнены радиальные каналы 6, выходящие с одной стороны в кольцевую проточку 7, а с другой – на периферию скважины. С этим диском, а через него – с корпусом гидроударника, соединены при

помощи стержней 8 промежуточные 12 и концевой 15 неподвижные диски, в которых также имеются радиальные каналы. Промежуточные неподвижных дисков может быть несколько.

Центральная труба 10 расположена с возможностью перемещаться в неподвижных дисках, как в направляющих. На ней при помощи втулок 11 закреплены мембраны 9, представляющие собой тонкие упругие диски с вырезами для прохода стержней 8. Между неподвижными дисками может быть размещена одна, или несколько мембран. Во втулках 11, расположенных в неподвижных дисках, выполнены кольцевые проточки 13 и радиальные отверстия, соответствующие кольцевым проточкам 7 неподвижных дисков, а в центральной трубе 10 выполнены радиальные отверстия, соответствующие кольцевым проточкам 13.

Устройство работает следующим образом. После образования в скважине глинистой корки или кольматационных отложений устройство спускают в скважину на бурильных трубах и устанавливают в зоне выхода в скважину продуктивного пласта и расположения фильтра. Поддают в гидроударник 1 воду под давлением. Под ее воздействием осуществляется рабочий цикл бойка 2 и он наносит удары по наковальне 3, которые передаются центральной трубе 10 и мембранам 9 вибрационного узла. Под воздействием этих импульсов мембраны 9 генерируют гидроволны в жидкости, заполняющей скважину.

При каждом цикле гидроударника осуществляется выхлоп из него отработанной жидкости. Эта жидкость попадает в полость наковальни 3 и центральной трубы 10, а затем по радиальным отверстиям трубы, проточкам 13 и радиальным отверстиям втулок 11, проточкам 7 и радиальным каналам 6 неподвижных дисков импульсами выбрасывается на периферию скважины и воздействует на фильтр и стенки скважины.

Таким образом, помимо динамического действия на глинистую корку гидроволн, генерируемых ударными импульсами, на них оказывают дополнительное импульсное динамическое действие струи жидкости, что ускоряет очистку фильтровой зоны скважины.

Такое устройство рекомендуется использовать с гидроударниками, у которых в нижней камере формируется гидроудар, под действием которого происходит холостой ход бойка и значительная часть давления которого передается жидкости, поступающей на выхлоп. К таким гидроударникам относятся машины с нижним клапаном, например, ГМД-2, и дроссельная машина Р-3МГ. Однако, дроссель не обеспечивает полного закрытия выхлопного канала и поэтому формирование повышенного давления в нижней камере несколько растянуто во времени, что снижает давление выхлопа и частоту ударов машины. Это было учтено при разработке новой конструкции гидроударника [1] на базе машины Р-3МГ путем замены дросселя на нижний клапан.

### Библиографический список

1. Ракишев Б. Р., Ратов Б.Т. Методы декольматации флюидодобывающих скважин и их классификация. // Труды Института горного дела им.Д.А.Кунаева, том 79, 2010г.
2. Ратов Б.Т., Кудайкулов С.К., Касенов А.К., Федоров Б.В. Устройство для вибрационной разглинизации водоносных пластов Пред. патент №14693. РК
3. Коваль П.В. Гидропривод горных машин. М. «Недра», 1967.

© *Отебаев М., Мусанов А. М., Ратов Б. Т., 2011.*

### Анотація

Розглянута можливість використання для декольматациі свердловин не лише дії подовжніх хвиль, що збуджуються ударами бойка гидроударника, але і динамічної дії вихлопу машини, що направляє у вигляді імпульсних струменів на поверхні, що очищаються. Запропонована конструкція відповідного пристрою..

Ключові слова: декольматация, гидроударник.

### Abstract

Possibility of the use is considered for the decolmatation mining holes of not only action of longitudinal waves, excited the shots of firing-pin of hydraulic hammer but also dynamic action of exhaust of machine, sent as impulsive streams on the cleared surfaces. The construction of the proper device is offered.

Keywords: decolmatation, hydraulic hammer.