



УДК 25.00.17

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ИМПЛОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ ГИДРОУДАРНОЙ УСТАНОВКИ ГД19-5

RESEARCH ON THE IMPLOSION EFFECT METHOD OF LOCAL FORMATION HYDRAULIC FRACTURING USING HYDROPERCUSSION UNIT GD19-5

Павлов Роман Владимировичмагистрант,
Удмуртский государственный университет**Новокшенов Дмитрий Николаевич**магистрант,
Удмуртский государственный университет**Иванова Татьяна Николаевна**доктор технических наук, доцент,
Удмуртский государственный университет
nf-itn@udsu.ru**Pavlov Roman Vladimirovich**Undergraduate,
Udmurt state university**Novokshonov Dmitry Nikolaevich**Undergraduate,
Udmurt state university**Ivanova Tatyana Nikolaevna**Doctor of Engineering, associate professor,
Udmurt state university
nf-itn@udsu.ru

Аннотация. В настоящее время многие месторождения находятся на поздней стадии разработки, в связи с чем возникает проблема выработки остаточных извлекаемых запасов. Низкая продуктивность скважин обусловлена низкими коллекторскими свойствами пласта, ухудшением фильтрационных характеристик призабойной зоны пласта в процессе бурения, освоения, эксплуатации, засорением щелевых фильтров в горизонтальных стволах. Метод и оборудование, описанные в данной работе, позволяют увеличить коэффициент продуктивности скважины и ускорить выработку запасов. Применение имплозионного воздействия возможно там, где другие методы, такие как гидроразрыв пласта, кислотная обработка призабойной зоны не эффективны или рискованны. Рассмотрен физический смысл метода имплозионного воздействия, представлены результаты внедрения метода.

Ключевые слова: локальный гидроразрыв пласта, имплозионное устройство, имплозионное воздействие, призабойная зона, давление, коэффициент продуктивности скважины.

Annotation. Nowadays many oilfields are on the late stage of development, so there is a problem of recovery of remaining recoverable reserves. Low well productivity is governed by poor reservoir properties, worsening of filtration characteristics of bottom-hole zone during drilling, well completion and exploitation. In addition, clogging of slotted filters in horizontal wellbores also decreases well productivity. The method and the equipment described in this work allow us to increase productivity index and speed up the recovery of reserves. The use of implosion effect can be used when other methods such as hydraulic fracturing of the formation and acidizing of bottom-hole zone are not efficient or risky. The physical sense of implosion effect method was considered, the results of implementation of the method were demonstrated.

Keywords: local hydraulic fracturing of the formation, implosion device, implosion effect, bottom-hole zone, pressure, well productivity index.

Повышение эффективности доработки длительно эксплуатируемых нефтяных месторождений с малодебитными скважинами возможно при широком промышленном использовании искусственных методов управления продуктивностью скважин. Одним из таких методов является имплозионное воздействие. Преимущество данного метода заключается в том, что его применение возможно там, где другие методы, такие как гидроразрыв пласта, кислотная обработка призабойной зоны не эффективны или рискованны. Особенности технологии локального гидроразрыва пласта методом имплозионного воздействия заключается в улучшении фильтрационной характеристики призабойной зоны пласта за счет использования энергии гидравлического удара, который приводит к образованию серии трещин.

Известные конструкции гидравлических генераторов давления имеют ряд недостатков, в основном за счет того, что в них используются элементы стандартных штанговых насосов. Они часто клинят и засоряются механическими примесями [1].

Предлагаемая гидроударная установка типа ГД19-5 состоит из заполненной жидкостью колонны труб 1, в нижней части которой на уровне перфорации установлен генератор давления. Генератор давления представляет собой насосную систему, состоящую из цилиндра 2 длиной 3,0–5,0 м, в верх-



ней части которой установлено высокоэффективное механическое уплотнение 3, а в нижней части имеется обратный клапан 4, работающий от давления снизу. Работа устройства происходит за счет периодического спуска и подъема штока 5 диаметром 19 мм, связанного через колонну штанг 6 с подъемным устройством, например, краном 7 [2, 3].

За счет использования механических уплотнений типа 2СПхх и НСБхх, а также специальных конструкций клапанов система является менее энергозатратной и более эффективной по сравнению со стандартными насосными устройствами. При ходе штока вниз жидкость, находящаяся в цилиндре выдавливается через обратный клапан в затрубное пространство и в пласт. При ходе штока вверх в цилиндре 2 создается глубокий вакуум, который обеспечивается за счет надежной работы комбинированного (механического + манжетного) уплотнения 3 штока 5. При выходе штока из уплотнения 3, жидкость из колонны труб 1 с большой скоростью устремляется в полый цилиндр 2 [3]. В результате резкой разгерметизации, быстрого заполнения жидкостью пустого объема цилиндра и последующего торможения потока происходит мощный гидроудар. Волна высокого давления через отверстия перфорации проникает в пласт и разрывает его. Для увеличения эффективности устройства в верхней части клапанного узла установлен пакер (концентратор давления). Затем цикл повторяется.

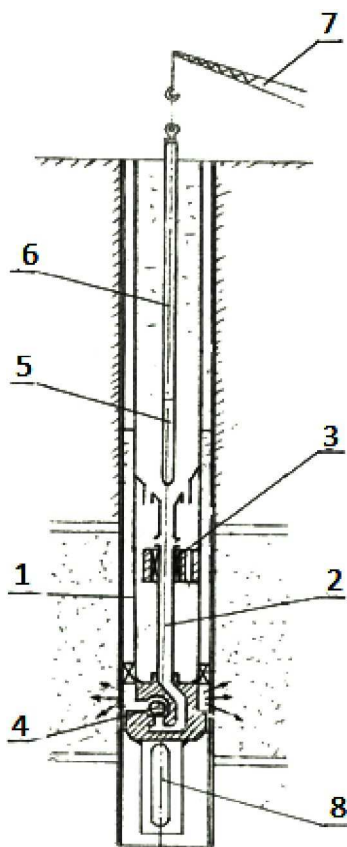


Рисунок 1 – Схема гидроударной установки ГД-19-5

Действие локального гидроразрыва пласта методом импозиионного воздействия заключается в том, что пластовая жидкость, инициируемая этим давлением гидрогенератора, действует на породу пласта. При этом начинают раскрываться существующие, но закрытые трещины, которые берут начало от затрубного пространства обсадной колонны, где плотность породы вследствие вымывания меньше чем в основном массиве. Распространяясь в направлении наименьшего сопротивления, трещина, не будет ориентирована только в вертикальной или в горизонтальной плоскостях, а будет похожа на крону дерева [1]. Это происходит еще и потому, что мощность продуктивных пластов колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров и перепад горного давления в верхней части относительно нижней незначителен по сравнению с величиной импульса давления, создаваемого генератором. Таким образом, одиночный импульс давления создает в массиве продуктивного пласта разветвленную сеть трещин.

По мере увеличения расстояния от скважины амплитуда импульса давления постепенно падает, жидкость теряет способность к переупаковке зерен скелета породы, однако, ее давление превышает горное давление, необходимое для раскрытия трещины, и раскрытие трещины еще некоторое время продолжается. Когда давление жидкости становится равным горному давлению, процесс рас-



крытия трещины останавливается. При дальнейшем снижении давления жидкости от горного до пластового начинается постепенное закрытие трещины. Этот процесс протекает противоположно первоначальному направлению, то есть от периферии к скважине. Жидкость постепенно выдавливается из трещины, и ее стенки смыкаются. В процессе смыкания трещины те зерна скелета породы, которые изначально оказались наиболее заклиненными и не изменили положения под действием импульса давления жидкости, входя в контакт с зернами противоположной стороны трещины, начинают воспринимать горное давление. Зерна скелета, которые под действием импульса давления получили перемещение или разворот, не смыкаются с зернами противоположной стороны трещины, образуя арочно-сводчатую структуру. Передний фронт импульса давления, создаваемого генератором, очень крутой и жидкость действует на стенки трещины как жесткий штамп, движущийся с большой скоростью. В результате такого воздействия происходит переупаковка зерен скелета породы пласта, увеличивающая ширину трещины. При применении технологии локального гидроразрыва создание вторичных импульсов давления несколько увеличивает протяженность, разветвленность и раскрытие трещин. Вместе с тем, количество повторов может быть небольшим (в пределах 10–15), т.к. эффективность каждого последующего воздействия по сравнению с предыдущим падает, из-за падения амплитуды импульса давления и сглаживания его переднего фронта при фильтрации жидкости по длинным и узким каналам образующейся трещины. Таким образом, применение технологии локального гидроразрыва при помощи имплозионных устройств позволяет создать в породе продуктивного пласта разветвленную сеть трещин, наличие которых повышает его дренируемость и увеличивает, таким образом, нефтеотдачу. При этом технология локального гидроразрыва не требует введения пропанта, т.к. вследствие переупаковки зерен скелета происходит не полное смыкание стенок трещин после снятия давления.

При исследовании эффективности локального гидроразрыва пласта методом имплозионного воздействия на призабойную зону пласта Самотлорского месторождения были проведены 4 обработки на малодебитных скважинах: с дебитом по жидкости $Q_{ж}$, не превышающем $16 \text{ м}^3/\text{сут}$, дебит по нефти $Q_{н}$ не превышал 8 т./сут . Результаты замеров представлены в таблице 1. После обработки средний прирост дебита по нефти составил 4 т./сут. , дополнительная добыча будет 1170 т./год .

При цене реализации нефти на внутреннем рынке 15000 руб. , выручка составит 17550 тыс. руб. По сравнению с оборудованием для ГРП стоимость оборудования для гидроудара на порядок ниже и при стоимости проведения локального гидроразрыва пласта методом имплозионного воздействия 650 руб/т . себестоимость добытой нефти составит 7425 руб/т. , прибыль 8102 тыс. руб.

Таблица 1 – Режим скважин до и после локального гидроразрыва пласта методом имплозионного воздействия

Скв	До обработки			После обработки			Прирост $Q_{н}$, т/сут	Прирост $Q_{ж}$, $\text{м}^3/\text{сут}$
	$Q_{н}$, т/сут	$Q_{ж}$, $\text{м}^3/\text{сут}$	%	$Q_{н}$, т/сут	$Q_{ж}$, $\text{м}^3/\text{сут}$	%		
1	1,7	3,3	38	3	5,5	44	1,3	2,2
2	7,7	16	43	13,1	23,5	34	5,4	7,5
3	4,5	5,9	10	9,0	11,8	10	4,5	5,9
4	0,0	0	0	5,0	6	1	5,0	6,0

По данным испытаний, можно сделать следующие заключения:

1. Конструкция гидрогенератора простая, включает в себя проверенные на практике механические уплотнения типа НСБМ19 и стандартные шариковые клапаны.

2. Гидроударная установка включает в себя стандартное скважинное оборудование – колонну штанг ШН19 и колонну труб НКТ73, устьевое оборудование, пакер, цистерну с рабочей жидкостью, подъемник-кран и др. При опытно-промышленных испытаниях гидроударник, скважинное и наземное оборудование работали исправно.

3. В гидроударной установке осуществлен двойной эффект воздействия на пласт. Гидроразрыв пласта за счет веса колонны штанг и ударное воздействие за счет гидрогенератора давления ГД19-5.

4. Наблюдается общий положительный эффект при проведении испытаний локального гидроразрыва пласта методом имплозионного воздействия. Данный метод позволяет увеличить коэффициент продуктивности скважины и ускорить выработку запасов.

Литература:

1. Иванова Т.Н., Емельянов Е.О., Новокшенов Д.Н., Вдовина Е.Ю. Исследование работоспособности насоса и выявление причин выхода его из строя // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2016. – № 5/2016. – С. 33–34.



2. Захаров Б.С., Драчук В.Р., Шариков Г.Н. Новое насосное оборудование для добычи нефти. – М.; Ижевск : Институт Компьютерных Технологий, 2015.
3. Захаров Б.С., Шариков Г.Н., Гафиятуллин Х.Х. Штанговые насосы и привод для малодебитных скважин // ПТНЖ Инженерная практика, 2014. – № 04.

References:

1. Ivanova T.N., Yemelyanov E.O., Novokshonov D.N., Vdovina E.Yu. Research of operability of the pump and identification of the reasons of his exit out of operation // Chemical and oil and gas mechanical engineering. – 2016. – No. 5/2016. – P. 33–34.
2. Zakharov B.S., Drachuk V.R., Sharikov G.N. New pump equipment for oil production. – М.; Izhevsk: Institute of Computer Technologies, 2015.
3. Zakharov B.S., Sharikov G.N., Gafiyatullin H.H. Shtangovye pumps and the drive for marginal wells // PTNZh Engineering practice, 2014. – No. 04.