

2) снижение количества остановок УШГН с целью замены сальниковых уплотнителей, что в свою очередь определяет производительность фонда скважин;

3) уменьшение негативного воздействия на окружающую среду путем снижения выбросов в окружающую среду.

Также даны рекомендации по замене кольцевых сальниковых уплотнителей на резиновый шнур прямоугольного или круглого сечения, что позволит достичь значительных положительных показателей.

УДК 622.276.6

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. В. Ткачѳв, А. И. Гавриленко, П. М. Галко, Н. О. Баранова

*Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти
БелНИПИнефть, г. Гомель*

Опыт разработки нефтяных месторождений РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», представленных неоднородными по фильтрационно-емкостным свойствам карбонатными и терригенными коллекторами, показывает, что поддержание высоких темпов добычи нефти требует разработки более совершенных и эффективных методов воздействия на продуктивные пласты. По мере выработки активных запасов увеличивается доля трудноизвлекаемых, около 40 % которых составляют запасы, сосредоточенные в низкопроницаемых коллекторах. Традиционные методы воздействия на призабойную зону пластов (ПЗП) с пониженными фильтрационными свойствами путем кислотных обработок не приносят желаемого результата. В таких условиях, на основе теоретических исследований и промысловых испытаний, для выполнения геолого-технических мероприятий (ГТМ) по интенсификации притока наиболее эффективны технологии комплексного воздействия на пласт, сочетающие в одном процессе реагентное (химическое) и частотное (импульсное) воздействие с использованием различных гидродинамических скважинных генераторов колебаний давления (пульсаторов).

Стоит отметить, что в большинстве случаев, у известных конструкций скважинных 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.

Целью данной работы была разработка оборудования и технологии струйно-импульсного воздействия (СИВ) на пласт с применением ротационного пульсатора для повышения эффективности ГТМ по интенсификации притока. При работе разработанного устройства за счет импульсного кругового движения скважинной жидкости и (или) химического реагента должны происходить размыв призабойной зоны, деформации трещин пласта, а также создаваться дополнительная сеть трещин для улучшения фильтрационных свойств.

Наибольшие импульсы давления возникают при совпадении устьев насадок пульсатора с устьями перфорационных каналов – затопленная турбулентная струя рабочей жидкости, бьющая в тупик [1]. При неподвижном позиционировании пульсатора в скважине такой вариант носит случайный характер. Для повышения вероятности совпадения струи рабочей жидкости с перфорационным каналом применяют ротационные пульсаторы, отличающиеся наличием вращающейся головки с рабочими соплами. При этом обеспечивается воздействие на всю поверхность обсадной колонны.

Известны устройства ротационного типа, позволяющие генерировать импульсы давления в ПЗП [2]–[6]. Следует отметить, что подобное технологическое оборудование зарубежных сервисных компаний отличается высоким качеством изготовления и уровнем технических характеристик. Однако стоимость оборудования и сервисных услуг сопоставимы с рентабельностью достигаемых результатов.

В 2018–2019 гг. в БелНИПИнефть совместно с ГГТУ им. П. О. Сухого была выполнена разработка оборудования для реализации технологии струйно-импульсного воздействия на пласт. Суть технологии заключается в формировании импульсного кругового движения скважинной жидкости или химического реагента за счет прокачки ее через пульсатор ротационный. В результате этого в интервале установки пульсатора (в ПЗП) происходит размыв породы, деформация трещин пласта, создается дополнительная сеть трещин для улучшения фильтрационных свойств.

С учетом недостатков, выявленных в конструкциях описанных выше устройств, был предложен вариант исполнения пульсатора ротационного с одиночным турбинным колесом (рис. 1). Далее приведен принцип работы пульсатора. Нагнетаемая жидкость поступает к пульсатору по колонне НКТ и по тангенциально расположенным отверстиям подводится к лопаткам турбинного колеса. Поток жидкости образует крутящий момент на турбинном колесе и приводит его во вращение. Турбинное колесо через вал связано с корпусом форсунок. Нагнетаемая жидкость после взаимодействия с лопатками турбинного колеса через вал направляется в корпус форсунок. Истекающая из форсунок жидкость распыляется струями. Все струи образуют распыляющиеся факелы с образованием эффекта кавитации и, следовательно, к появлению высокочастотной составляющей колебаний давления истекающей жидкости.

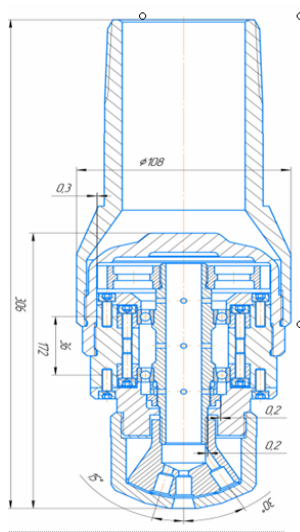


Рис. 1. Общий вид пульсатора с турбинным колесом

При разработке пульсатора ротационного было выполнено численное моделирование гидродинамических процессов в камере ротационного пульсатора. Анализ профиля скоростей течения рабочей жидкости (рис. 2) показал невысокие гидравлические сопротивления на пульсаторе. Для оценки гидравлического сопротивления корпус форсунок с установленными форсунками и скобой были исключены из рассматриваемой модели. В результате расчета было установлено, что вращающий момент составил $65 \text{ Н} \cdot \text{м}$, осевая сила – 380 Н .

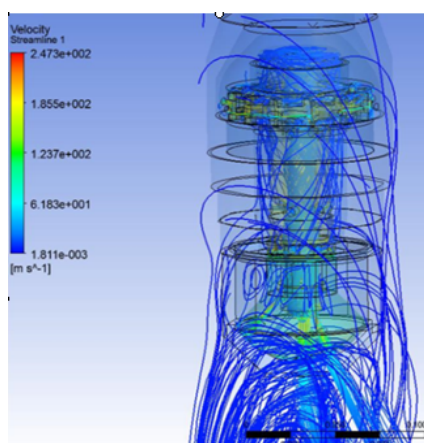


Рис. 2. Линии тока в моделируемой области пульсатора, м/с

По результатам расчетов оборудования и выполненного моделирования процессов был изготовлен пульсатор ротационного типа (рис. 3, а) и проведены стендовые испытания (рис. 3, б). Испытания изготовленной конструкции данного пульсатора полностью подтвердили его работоспособность и соответствие характеристик техническому заданию, допустимое гидравлическое сопротивление, наглядное наличие пульсаций рабочей жидкости при апробации на открытом воздухе (визуально зафиксировано вращение корпуса форсунок на всех режимах испытания, при повышении расхода насосного агрегата с 3 до 7 л/с происходит увеличение скорости вращения вала в 1,5–2 раза). По результатам стендовых испытаний пульсатор ротационный был рекомендован для проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) в скважинных условиях.



Рис. 3. Пульсатор ротационный (а) и стендовые испытания (б)

Испытания технологии были проведены на трех объектах НГДУ «Речица-нефть»: скважины 5п и 3 3-Сосновского и 25 Чкаловского месторождений. Ревизия ротационного пульсатора после интенсифицирующего воздействия показала минимальный износ его конструктивных элементов (незначительно увеличился диаметр тангенциальных отверстий обтекателя на 1,5–2,0 мм, а также были отмечены следы коррозионного воздействия кислотным составом на корпус обтекателя). То есть можно говорить о том, что ресурс устройства составит не менее пяти скважино-операций при аналогичных объемах и режимах закачки, а также коррозионной активности рабочей жидкости (кислотного состава).

Эффективность всех выполненных работ на скважинах оценивалась по полученной дополнительной добыче нефти относительно базовой или планируемой. Данные по эффективности представлены в таблице.

Анализ результатов выполненных работ (см. таблицу) показал достаточно высокую эффективность работ как в плане получения дополнительной добычи нефти (суммарно получено 2003,9 т), так и времени проведения работ (на весь комплекс работ, учитывая работы по переходу на в/л горизонт, затрачено от 5 до 9 сут/скв.).

**Показатели эффективности работ по СИВ на скважинах
РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» (на 01.08.2020 г.)**

Скважина, месторождение	Дата выполнения ремонта	Базовый дебит/ плановый прирост дебита нефти, т/сут	Показатели эффективности				
			Допол- нитель- ная добы- ча нефти, т	Дли- тель- ность эффекта, сут	Прирост дебита нефти, т/сут	Дебит нефти, т/сут	Увели- чение продук- тивнос- ти ($\Delta K_{пр}$), %
5п, Западно- Сосновское	22.12.2019– 01.01.2020	0/5	847	180,5	4,00	4,00	
3, Западно- Сосновское	09–13.03.2020	1,22*/3	381	122,2	3,12	4,34	132
25, Чкаловское	20–27.04.2020	2,11/7	775,9	55,0	14,1	16,2	380
		<i>ИТОГО</i>	2003,9				

*Базовый дебит рассчитан согласно СТП № 09100.17015.177–2017.

Таким образом, данная технология как на этапе ОПИ, так и при внедрении на объектах зарекомендовала себя как высокоэффективная и низкзатратная и рекомендована для внедрения в производство на нефтедобывающих предприятиях Республики Беларусь и при оказании сервисных услуг в других нефтяных регионах.

Л и т е р а т у р а

1. Ибрагимов, Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Л. Х. Ибрагимов, И. Т. Мищенко, Д. К. Челоянц. – М. : Наука, 2000. – 414 с.
2. Способ обработки прискважинной зоны продуктивного пласта : пат. RU 2542016 / М. В. Омелянюк, И. А. Пахлян. – Опубл. 20.02.2015.
3. Устройство для гидродинамического воздействия на стенки скважины : пат. RU 2224090 / В. И. Иванников, И. В. Иванников. – Опубл. 20.02.2004.

4. Генератор струйный гидроимпульсный для обработки скважин : полез. модель RU 171999 / Ю. Г. Дублистов, Н. Х. Мусин, Б. М. Кириллов, С. Н. Корнеев, В. В. Якушин, Д. Ю. Маллабаев, С. А. Бобров. – Оpubл. 26.06.2017.
5. Гидравлический вибратор для обработки скважин : полез. модель RU 173616 / Ю. Г. Дублистов, Н. Х. Мусин, Б. М. Кириллов, С. Н. Корнеев, Д. Ю. Маллабаев, С. А. Бобров. – Оpubл. 04.09.2017.
6. Технология и технические средства улучшения гидродинамической связи скважины с пластом / Н. А. Шамов [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2006. – Т. 4, № 1. – С. 47–57.

УДК 622.276.66

ОЦЕНКА ЦЕЛОСТНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

А. М. Жуковский, А. И. Малашенко

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»
БелНИПИнефть», г. Гомель*

Эффективность работы скважин во многом зависит от методов их крепления и цементирования. Качественное цементирование должно надежно разобщить продуктивные пласты от водоносных, укрепить склонные к обвалам породы, предохранить от коррозии обсадную колонну и повысить ее несущую способность и долговечность. В случае некачественного цементирования ущерб может достигать больших значений, вплоть до полной потери скважины. Качественное разобщение пластов в настоящее время является важной задачей при обеспечении долговечности и продуктивности скважин.

С целью повышения нефтеотдачи продуктивных пластов и стимуляции охваченных заводнением скважин используются различные методы интенсификации, связанные с повышением перепада давления, что приводит к увеличению напряженно-деформированного состояния цементного кольца скважины и нарушению герметичности заколонного пространства.

Одним из наиболее часто применяемых и эффективных методов интенсификации притока является создание обширной сети искусственных трещин в пласте и активация фильтрации в естественных трещинах с помощью гидроразрыва пласта.

Сущность гидравлического разрыва пласта в том, что посредством закачки жидкости при высоком давлении происходит раскрытие естественных или образование искусственных трещин в продуктивном пласте и при дальнейшей закачке песчано-жидкостной смеси или кислотного раствора расклинивание образованных трещин с сохранением их высокой пропускной способности после окончания процесса и снятия избыточного давления [1].

Целью данной работы является оценка вероятности возникновения и развития трещин растяжения в цементном камне при увеличении давления в скважине во время проведения гидроразрыва пласта.

В ходе выполнения работы решались следующие задачи: выбор математической модели, описывающей свойства материала, проверка адекватности выбранной модели при испытаниях на растяжение «бразильским тестом», построение геометрической модели скважины и околоскважинного пространства, анализ зон разрушения.

Построение геометрии и дальнейшее моделирование осуществлялось в студенческой версии ПК ANSYS, имеющей ограничение до 32000 конечных элементов.