

## ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЛЬСАТОРА-КАВИТАТОРА

В. Н. Пинчук

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. С. Шепелева

На современном этапе нефтедобычи наблюдается ряд проблем, среди которых можно выделить: усложнение горно-геологического строения залежей, снижение продуктивности пластов, большие объемы вновь разведываемых запасов сосредоточены в породах полуколлекторах и сланцевых породах.

Падение дебитов эксплуатационных скважин заставляет искать более эффективные методы воздействия на пласт, при этом уделяя внимание современным технологиям интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи пласта за счет физических, химических и комплексных методов воздействия.

Цель исследования: повышение дебитов эксплуатационных и приемистости нагнетательных скважин требует вложения больших средств, так как зачастую для этого необходимо применять дорогостоящее оборудование и значительные объемы химических реагентов. К числу наиболее перспективных способов интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи пласта относятся технологии волнового воздействия на прискважинную зону и пласт. Кроме того, популярность таких методов обуславливается их простотой, дешевизной и оперативностью применения, при этом обеспечивающих высокий экономический эффект от внедрения.

**Методика проведения исследований.** В разработанном оборудовании вихревой поток жидкости является усилителем низкочастотных колебаний рабочих параметров жидкости (давления и скорости). Гидродинамический пульсатор-кавитатор обеспечивает создание и вынос за пределы устройства кавитационных пузырьков и каверн, где, попадая в зону высокого давления, они схлопываются, создавая пульсационные потоки высокой интенсивности. При входе в поровый канал возникает эффект «фокусировки» ударной микроволны, за счет чего происходит декольматация прискважинной зоны.

На первом этапе, непосредственно перед созданием опытного образца пульсатора, было выполнено численное динамическое моделирование работы устройства и процессов, протекающих в скважинных условиях при его работе [4].

В целях оптимизации конструктивных параметров и изучения возможности возникновения кавитационных пульсаций в скважинных условиях проведено исследование влияния расхода жидкости через пульсатор и гидростатического (пластового) давления на гидродинамические характеристики потока. Для описания структуры турбулентного движения жидкой среды используют осредненные уравнения неразрывности и Навье–Стокса, которые позволяют вычислить среднее давление и компоненты вектора средней скорости рабочей среды в моделируемой области.

По модельным исследованиям были определены оптимальные режимы, при которых возможно образование устойчивой кавитации, и динамические параметры кавитационных процессов.

Из расчетов сделан вывод, что получить эффект развитой кавитации на глубине свыше 2000 м затруднительно при использовании в качестве рабочей жидкости воду [2]. В этом случае целесообразно применять пакерное оборудование, чтобы снизить воздействие гидростатического давления, а также проводить дополнительное насыщение рабочей жидкости газом для стимуляции образования кавитацион-

ных полостей. Однако наилучший эффект достигается при совмещении кавитационно-импульсной обработки с реагентной, так как давление насыщенных паров раствора соляной кислоты значительно выше, чем у воды и, соответственно, увеличивается содержание парогазовой фракции, а следовательно, и эффект воздействия кавитации.

Следующий этап работ заключался в создании опытного образца пульсатора и проведении его стендовых испытаний, с целью проверки работоспособности и безаварийности работы устройства, возможности создания режима устойчивой пульсации рабочей среды, изучения особенностей функционирования устройства в различных режимах, а также определения рабочих параметров полученных режимов и их соответствия модельным испытаниям.

Переходя к стадии промысловых испытаний, технологическая схема работ в скважинных условиях может быть выполнена тремя способами:

- обработка интервала перфорации путем перемещения кавитатора на подвеске НКТ (БДТ) при циркуляции рабочей жидкости по затрубному пространству с расходом 3–10 л/с;
- закачка реагента в пласт в режиме развитой кавитации при закрытом затрубном пространстве или посаженном пакере;
- комплексная обработка пласта путем последовательной реализации первых двух типов.

**Результаты исследований.** Селективно-точечную обработку пласта путем перемещения кавитатора проводят с шагом 0,5–1 м с воздействием в течение 10–30 мин при постоянной циркуляции, при этом расход жидкости создают в пределах 3–10 л/с.

Воздействие осуществлялось на компоновке НКТ (снизу вверх) с пульсатором ПГД-3, регистратором забойных параметров РЗП-100 и пакером ПРО-ЯМО2-ЯГ1(М). После посадки пакера в пласт в импульсном режиме закачивали ПАВ-кислотный состав при различных режимных характеристиках 2–7 л/с. Высокие значения давления закачки рабочей жидкости (30–40 МПа) соответствовали расчетным при заданных расходах (2,5–5,5 л/с), что подтверждает значительный перепад давления при прохождении рабочей жидкости через пульсатор (перепад давления на пульсаторе порядка 18–20 МПа). Полученный перепад давления на пульсаторе также соответствовал результатам стендовых испытаний.

Данные, полученные в результате расшифровки манометрической записи, показывают наличие пульсаций давления рабочей жидкости (рис. 1) с частотами в диапазоне 1–25 Гц и амплитудой 0,2–1,1 МПа. При этом необходимо учитывать тот факт, что регистратор забойного давления при проведении кавитационно-импульсного воздействия был расположен выше гидродинамического пульсатора ПГД-3 (чтобы не препятствовать формированию очагов высокого давления и не нарушать линий тока рабочей жидкости после пульсатора) и регистрировал незначительную разрядку давления внутри НКТ, тогда как максимум амплитуды пульсации давления рабочей жидкости происходил ниже пульсатора и приходился на интервал перфорации.

Таким образом, зарегистрированные перепады давления малой амплитуды свидетельствуют в пользу создания режима устойчивой кавитации и работоспособности устройства, но не могут отразить энергетику процесса в целом.

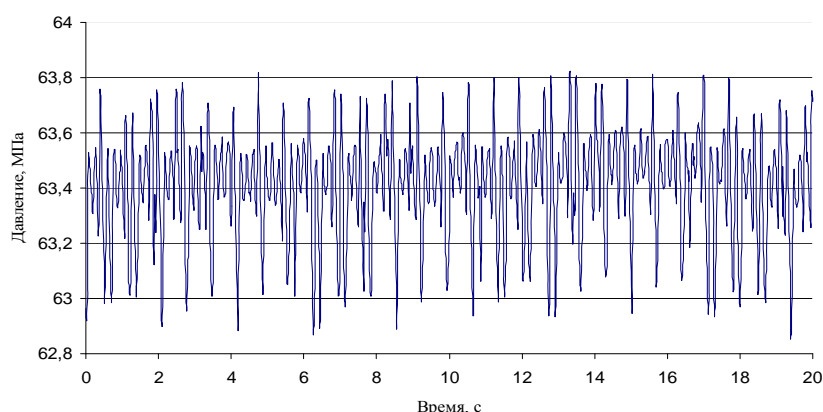


Рис. 1. График пульсации давления рабочей жидкости в скважине 155 Н.-Давыдовского месторождения

Дополнительная добыча за счет внедрения технологии кавитационно-импульсного воздействия на пяти объектах составила около 6640 т. Принимая в расчет эффективные и среднеэффективные работы, успешность составляет 80 %. Прирост коэффициента продуктивности в относительном выражении до 60 %. Наибольший эффект достигается в скважинах с продуктивностью ниже  $1 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{МПа})$ . Эффективность работ увеличивается при нормальной энергетике залежи, что характерно для ГТМ по интенсификации. Сравнительный анализ эффективности от кавитационно-импульсного воздействия с традиционными технологиями: простыми и направленными кислотными обработками, по объектам на аналогичных месторождениях и залежах, показал эффект от кавитационно-импульсного воздействия в среднем выше на 30 %.

#### Литература

1. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия / В. П. Дыбленко [и др.]. – М. : Недра, 2000. – 382 с.
2. Ибрагимов, Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Л. Х. Ибрагимов, И. Т. Мищенко, Д. К. Челоянц. – М. : Наука, 2000. – 414 с.
3. Омелянюк, М. В. Гидравлические генераторы колебаний в нефтегазовом деле / М. В. Омелянюк // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2011. – № 3. – С. 54–60.
4. Моделирование гидродинамических процессов при кавитационно-импульсной кислотной обработке нефтедобывающих скважин / Д. В. Ткачев [и др.] // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. X Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 23–24 окт. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ОАО «Компания «Сухой» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 79–80.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАСОЛОНЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

**В. А. Семенова, С. Л. Порошина, С. В. Козырева**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Д. Порошин

Для подсолевых, межсолевых и внутрисолевых отложений Припятского прогиба характерно присутствие галита в поровом пространстве. Заполнение пор и вторичных пустот солью резко снижает фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород.