

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВИТАЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО ПУЛЬСАТОРА ДЛЯ РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА

А. М. Жуковский

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

Научный руководитель В. М. Ткачев

В настоящее время полнота извлечения нефти из пласта напрямую зависит от методов повышения нефтеотдачи и интенсификации притока нефти. Наиболее эффективными являются комплексные методы, которые сочетают в себе химическое и физическое воздействие на пласт, одним из таких методов является кавитационно-импульсная обработка призабойной зоны пласта скважины. Метод основан на использовании кавитационного пульсатора в качестве генератора на забое скважины ударных импульсов и колебаний давления различной амплитуды с целью создания сети микротрещин для воздействия на застойные зоны пласта, а также для декольматации призабойной зоны.

Высокоамплитудные низкочастотные 1–50 Гц волны оказывают положительный эффект на пласт – за счет большой глубины проникания в него достигают застойные зоны с нефтью, понижая ее вязкость, снижая поверхностное натяжение и таким образом облегчая ее путь к забою [1]. Возникновение необходимых ударных импульсов давления достигается путем образования пузырьков парогазовых каверн на выходе из пульсатора и схлопыванием их при попадании в скважину при прокачке рабочей жидкости.

Целью работы является увеличение импульсного воздействия на стенки скважины, повышение амплитуды пульсаций давления.

Достичь данного эффекта предполагается размещением в пульсаторе резонансной камеры (рис. 1), которая соединяется с внутритрубным пространством тангенциальными отверстиями, способствующими дополнительному увеличению скорости и турбулизации потока жидкости. В резонансную камеру помещен стальной шарик, в процессе огибания которого струя рабочей жидкости на выходе из пульсатора будет отклоняться от вертикали, обеспечивая ударное воздействие на стенки скважины [2].

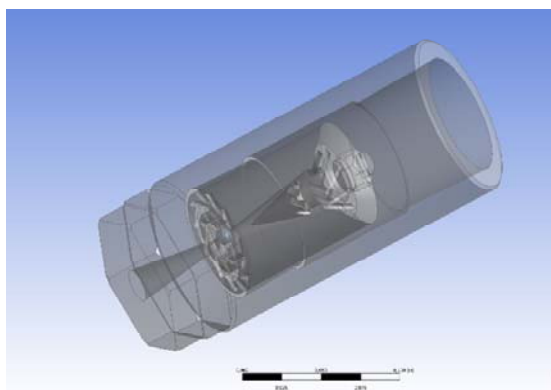


Рис. 1. Предлагаемая конструкция пульсатора

В качестве моделируемых устройств были выбраны следующие конструкции пульсатора: используемая в БелНИПИнефть; предлагаемая конструкция со стальным шариком, а также без него, для оценки влияния подвижного элемента на характер течения жидкости и амплитуду ударных импульсов.

Гидродинамическое моделирование осуществлялось по построенным 3D-моделям с заданием граничных условий потока – расход на входе 5 л/с и давление на выходе 10 МПа. Для расчета многофазного течения использовали модель Эйлера и математическую модель динамики сферической каверны Релея–Плессета с учетом вязкости, сил поверхностного натяжения, влияния газа в каверне, близости границ твердой стенки и давления соседних пузырьков.

В результате расчетов были получены поля распределения давления (см. рис. 4), скоростей на выходе из устройства, построены линии тока жидкости (рис. 2).

На расстоянии 0,5 м от пульсатора была выбрана точка, в которой была построена зависимость давления от времени, далее с помощью преобразований Фурье была получена амплитудно-частотная характеристика.

Сравнительный анализ показал, что амплитуда ударных импульсов давления при использовании предлагаемой конструкции более чем в два раза превышает базовую конструкцию (рис. 3).

В ходе решения установлено, что при гидростатическом сопротивлении в скважине 10 МПа давление на входе при использовании базовой конструкции составило 48 МПа, а для измененной конструкции со стальным шариком 38 МПа, следовательно, предлагаемая конструкция обладает меньшим гидравлическим сопротивлением и позволяет проводить закачку жидкости с большим массовым расходом. Это обусловлено размещением резонансной камеры, соединяющейся с внутритрубным пространством тангенциальными отверстиями.

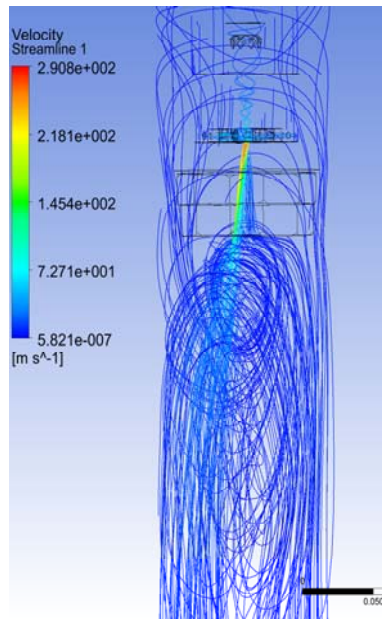


Рис. 2. Линии тока жидкости

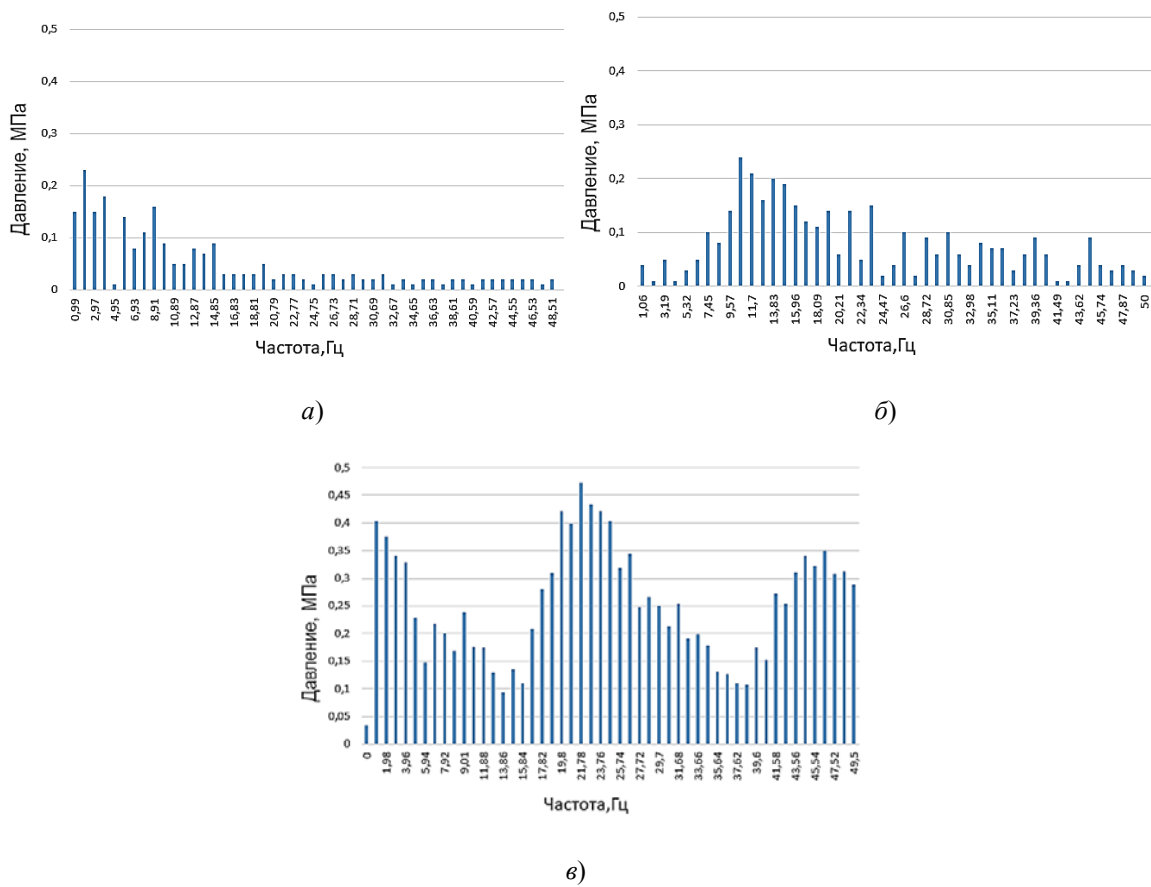


Рис. 3. АЧХ пульсаций давления:

а – базовая конструкция; б – предлагаемая конструкция без шарика;
 в – предлагаемая конструкция со стальным шариком

Расчеты подтверждают функцию шарика, как отклонителя потока от вертикали (рис. 4) для увеличения воздействия на стенки скважины.

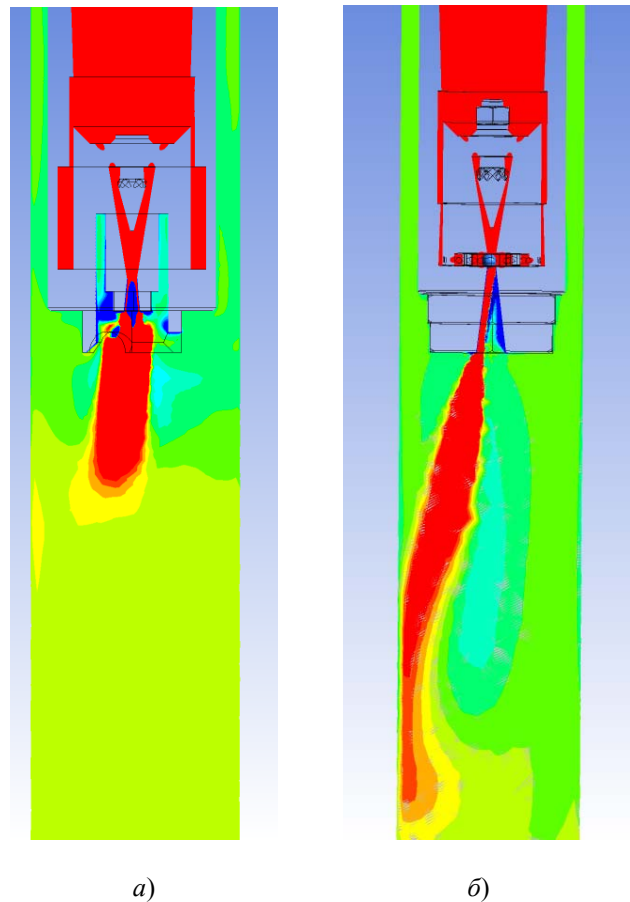


Рис. 4. Распределение давления:
а – базовая конструкция; б – предлагаемая конструкция с шариком

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция показывает свою высокую эффективность работы. В настоящий момент устройство готовится для испытаний в промысловых условиях.

Работа выполняется совместно с лабораторией «Интенсификация добычи нефти» БелНИПИнефть.

Литература

1. Ткачев, Д. В. Разработка оборудования и технологии для кавитационно-импульсного воздействия на пласт в условиях нефтяных месторождений компании «Белоруснефть» / Д. В. Ткачев, А. В. Серебренников, В. М. Ткачев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса : науч.-техн. журн. – 2016. – № 3. – С. 63–67.
2. Сиз, Г. А. Пути повышения эффективности кавитационных пульсаторов для кислотных обработок нефтяных скважин / Г. А. Сиз, А. М. Жуковский // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под ред. А. А. Бойко [и др.]. – Гомель, 2017. – С. 32–35.