

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СКВАЖИНЕ ПРИ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ С ПОМОЩЬЮ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЛЬСАТОРОВ

Г. А. Сиз

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

Научный руководитель А. И. Столяров

Целью работы является теоретическое изучение возможности возникновения кавитационных пульсаций при кислотной обработке скважин, изучение параметров этого процесса и оптимизация на их основе конструктивных параметров пульсаторов.

Явление кавитации используется для создания в призабойной зоне скважины (ПЗС) ударных импульсов давления различной амплитуды и широкого спектра гармоник с целью декольматации ПЗС и создания сети микротрещин, что способствует интенсификации притока и обеспечению более полного извлечения углеводородов из недр [1].

Моделируемое устройство представляет собой прямоточный гидродинамический пульсатор, жидкость попадает в камеру завихрения 1 по тангенциальным отверстиям 2, повышение скорости потока в камере завихрения достигается за счет конфузора 3 (рис. 1). Для предупреждения преждевременного разрушения вихревой камеры от действия гидроакустических волн и колебаний давления предусмотрен шпиль-отражатель 4, который крепится к головке камеры 1. За конфузурой следует съемная гидродинамическая насадка 5 в виде диффузора. При такой конструкции пульсатора в камере завихрения происходит закручивание потока и значительное увеличение скорости на выходе из устройства.

Для оценки влияния конструктивных параметров на гидродинамические характеристики потока расчет проводили для двух вариантов конструкций пульсаторов, отличающихся размером вихревой камеры. Во втором варианте с целью уменьшения гидравлического сопротивления была изменена конструкция, включающая увеличение количества отверстий в корпусе с 6 до 8.

Для описания структуры турбулентного движения жидкой среды в скважине использована концепция турбулентной вязкости и осредненные уравнения неразрывности и Навье-Стокса. Для расчета многофазных течений использована модель Эйлера и математическая модель динамики сферической каверны Релея-Плессета с учетом вязкости, сил поверхностного натяжения, влияния газа в каверне, близости границ твердой стенки и давления соседних пузырьков. По составленным расчетным схемам пульсаторов исследовали установившееся течение двухфазной среды. Имитационное моделирование осуществляли на основании модели многофазных течений Эйлера и модели k - ε турбулентности [2]. В качестве жидкой фазы была использована

соляная кислота при температуре 60 °С. В качестве газовой фазы – пары соляной кислоты, при давлении насыщения 4 МПа и размере пузырька – $12 \cdot 10^{-6}$ м. Течение рассчитывали с физическим масштабам времени при неизменных параметрах потока при следующих допущениях: течение являлось изотермическим, шероховатость поверхности не учитывалась. В качестве граничных условий приняты: на входе расход жидкости 6 кг/с, на выходе – различные значения гидростатического давления. Расчет проводили в программном комплексе CFX.

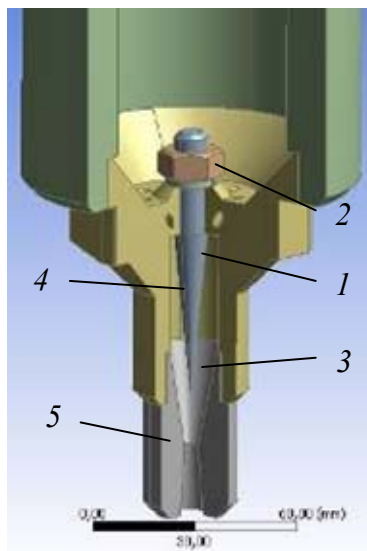


Рис. 1. Физическая модель пульсатора

В ходе решения установлено, что и предполагалось, в вихревой камере пульсатора наблюдается закручивание и значительное ускорение потока кислоты. При рассмотрении распределения давления в моделируемой области скважины для обеих конструкций было установлено наличие пульсаций давления. По результатам расчета распределения жидкой и газовой фазы для обеих конструкций необходимо отметить наличие значительной области с содержанием газовой фазы, причем минимальное объемное содержание жидкой фазы составило около 0,028 (рис. 2). На основании вышеперечисленных результатов можно сделать вывод о возможности получения кавитации при использовании обеих конструкций пульсаторов. Для определения влияния изменений в конструкции пульсатора на гидродинамические характеристики потока проводился расчет обеих конструкций при одинаковых граничных условиях: на входе расход кислоты 6 кг/с, при гидростатическом давлении 15 и 30 МПа. По полученным результатам выявлено, что измененная конструкция обеспечивает наличие кавитации с несколько меньшим объемным содержанием газовой фазы. Для оценки гидравлических сопротивлений в пульсаторах сравним значения давления на устье скважины. При гидростатическом сопротивлении в скважине 15 и 30 МПа давление на устье при использовании базовой конструкции составило 169,7 и 171 МПа, а для измененной конструкции 70 и 72,7 МПа, соответственно, т. е. ниже более чем в два раза, следовательно, измененная конструкция обладает значительно меньшим гидравлическим сопротивлением и позволяет проводить закачку жидкости с большим массовым расходом. Для сравнения импульсного воздействия пульсаторов на ПЗП оценим их амплитудно-частотные характеристики, построенные по данным

скважинных. Сравнительный анализ показал, что амплитуда ударных импульсов давления при использовании измененной конструкции более чем в два раза превышает базовую конструкцию.

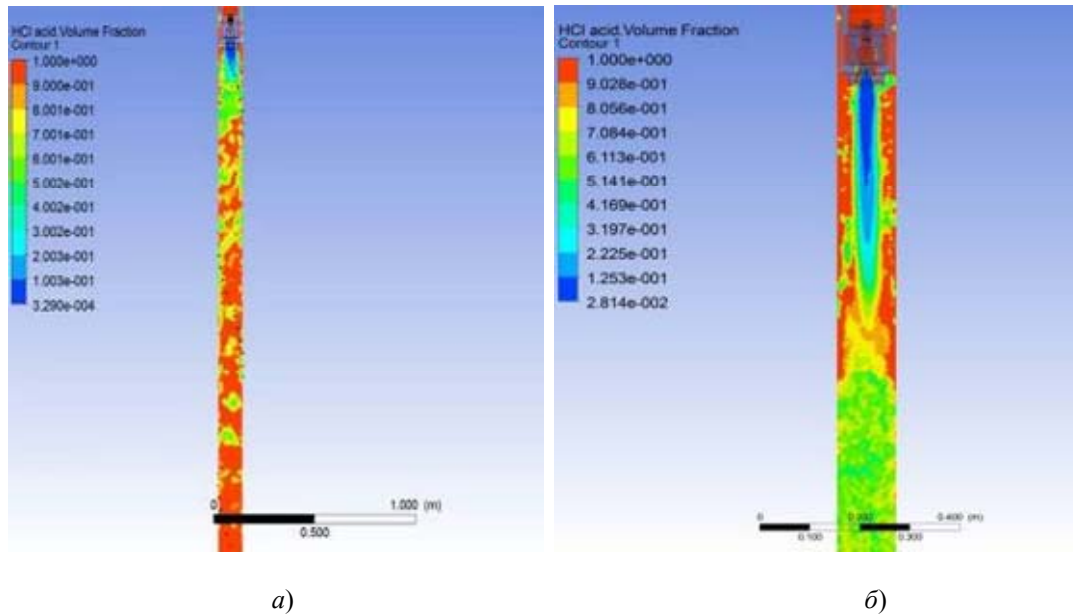


Рис. 2. Распределение жидкой фазы в моделируемой области скважины:
а – первый вариант конструкции; б – второй вариант конструкции

По полученным результатам можно сделать вывод, что измененная конструкция обладает более высокими энергетическими показателями, поэтому целесообразна ее дальнейшая оптимизация и отработка технологии использования пульсатора на практике.

Литература

1. Колебательные явления в многофазных средах и их использование в технологии / Р. Ф. Ганиев [и др.]. – Киев, 1980.
2. Ибрагимов, Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Л. Х. Ибрагимов, И. Т. Мищенко, Д. К. Челоянц. – М. : Наука. 2000.