

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО  
СМЕСИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕКИСЛОТНОЙ  
И ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

**К. С. Карсеко, В. С. Горбаченко**

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

Научный руководитель В. М. Ткачев

Нефтяные коллекторы зачастую характеризуются наличием участков продуктивных горизонтов, весьма неоднородных по своим фильтрационным свойствам, в которых имеются как высокопроницаемые, так и низкопроницаемые прослои. В этих условиях обычные кислотные обработки как правило являются неэффективными, т. к., двигаясь по пути наименьшего сопротивления, кислотный раствор вступает в реакцию в высокопроницаемых каналах, оставляя не затронутыми низкопроницаемые. Для достижения требуемой эффективности применяются направленные кислотные обработки (НКО). Их суть состоит в поочередной порционной закачке в пласт нефтекислотных эмульсий (НКЭ) и водных растворов кислот. НКЭ представляют собой высокодисперсные системы, дисперсионной средой которых является нефть, а дисперсной фазой – водный раствор кислоты. НКЭ, обладая довольно высокой вязкостью и поэтому низкой фильтруемостью, в пласте проникают преимущественно в наиболее трещиноватые интервалы и временно блокируют их. Это приводит к перераспределению фильтрационных потоков кислотных растворов и способствует их направленному воздействию на низкопроницаемые разности коллектора. НКЭ после выполнения блокирующей функции постепенно разлагаются в пласте и высвобождают кислотный компонент, который вступает в химическую реакцию с породой в зонах, удаленных от забоя. В итоге такой НКО увеличивается охват пласта воздействием как по толщине, так и глубине.

Все методы получения эмульсий, как и любой другой дисперсной системы, можно разделить на конденсационные и диспергационные. При гидравлическом диспергировании применяют струйные форсунки и центробежные. Форсунки с соударением струй работают по принципу разбивания на капли нескольких струй, вытекающих из соответствующих насадков. Из точки столкновения двух цилиндрических струй результирующий поток растекается радиально, образуя плоскую пленку, распадающуюся на капли. Центробежные форсунки обычно имеют тангенциальные входные отверстия, что способствует более интенсивному распаду струи при ее выходе из сопла.

С целью выработки оптимальной конструкции смесителя и проверки адекватности математической модели гидродинамического течения многокомпонентной смеси было проведено сравнение результатов расчета и испытаний конструкции смесителя, разработанного в БелНИПИнефть (рис. 1, а).

В конструкции БелНИПИнефть был применен вариант форсунок с соударением струй. Однако при неустойчивой работе насосных агрегатов и значительного различия плотностей компонент эмульсии образующаяся радиальная пленка будет нестабильной, и получить требуемое соотношение фаз эмульсии невозможно. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

В результате расчетов установлено, что исходный смеситель обладает достаточно большим гидравлическим сопротивлением. Значительное повышение давления на входе в форсунки приводит к увеличению расхода не более чем в 2 раза. Сле-

довательно, данный смеситель не может быть использован в напорной магистрали при закачке эмульсии в скважину. Также следует отметить значительную неравномерность распределения фаз в проточной области смесителя, что не обеспечивает качественное приготовление эмульсии при заданных технологических параметрах. Исходя из вышесказанного был предложен вариант конструкции с центробежными форсунками с тангенциальными входными отверстиями.

По результатам модельных исследований был спроектирован и изготовлен кавитационный смеситель (рис. 1, б).

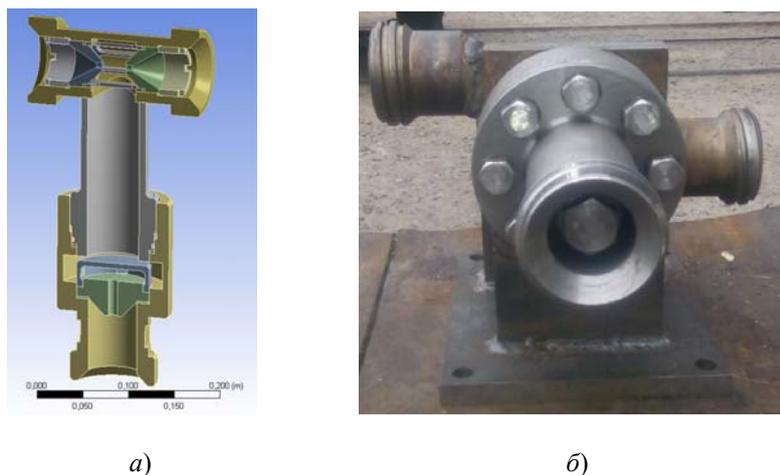


Рис. 1. Модели смесителей:  
 а – 3D-модель гидродинамического смесителя БелНИПИнефть;  
 б – кавитационный смеситель конструкции ГГТУ

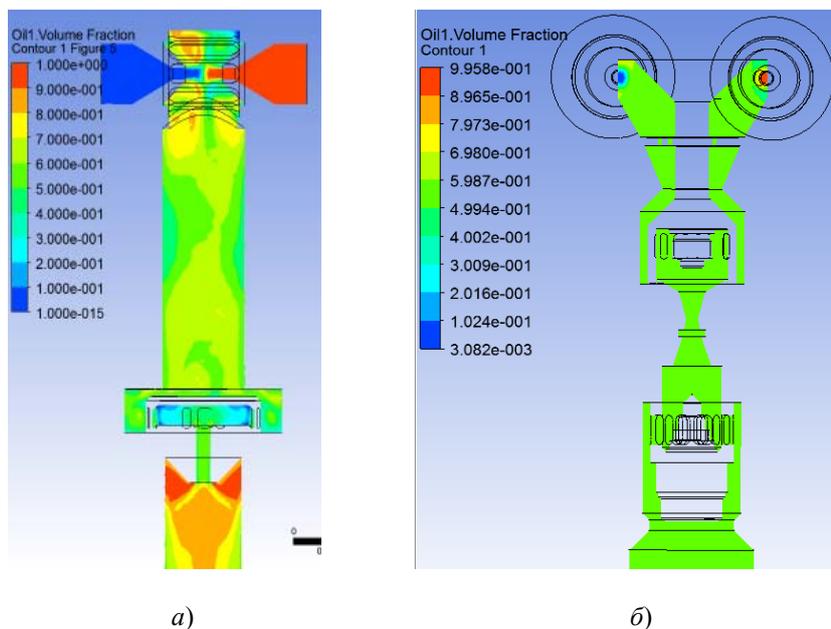


Рис. 2. Распределение объемного содержания нефти в осевом сечении:  
 а – смеситель БелНИПИнефть; б – кавитационный смеситель конструкции ГГТУ

В феврале 2015 г. разработанная конструкция была испытана на нескольких месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть». Так при обработке скважины Южно-Сосновского месторождения отобранная проба НКЭ исследовалась по истечении двух суток с помощью микроскопа OLYMPUS BX 51, оснащенного цифровой камерой, и представлена на рис. 3. Структура эмульсии подтверждает высокую степень ее дисперсности (размер капель 15 % HCl не более 10–15 мкм).

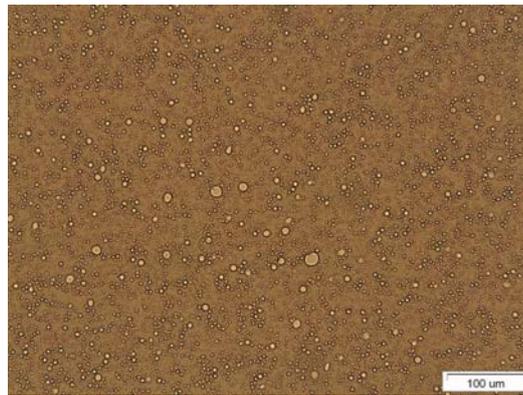


Рис. 3. Проба нефтекислотной эмульсии

Высокая степень дисперсности достигается за счет пульсаций давления вследствие кавитации. Так при обработке скважины 54s2 Давыдовского месторождения на выходе смесителя фиксировалось давление эмульсии. По результатам измерений давления с помощью преобразований Фурье строилась амплитудно-частотная характеристика (рис. 4).

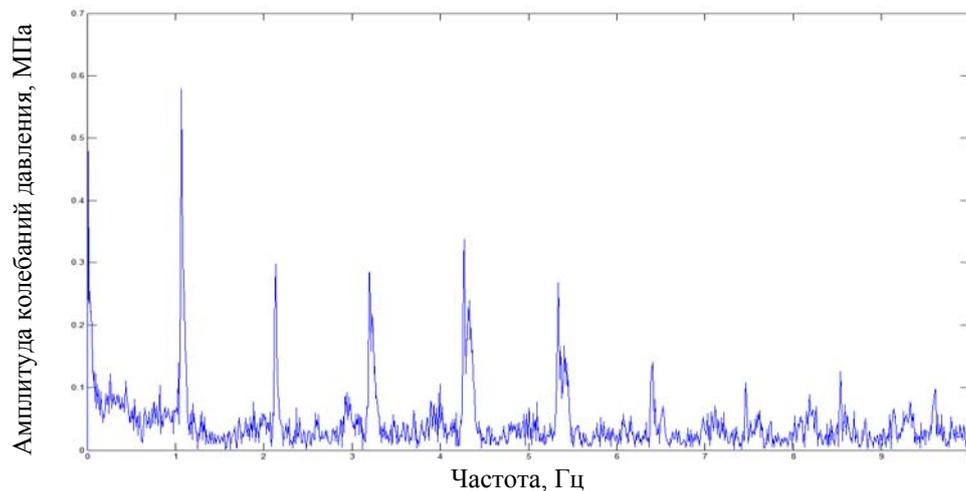


Рис. 4. АЧХ пульсаций давления на выходе кавитационного смесителя

Низкочастотный характер пульсаций давления и высокая амплитуда позволяют достигать высокую степень дисперсности.