

Расчет частот столкновений капель при воздействии электрического поля на эмульсию типа вода в масле*

С.А. Васильков¹, Е.А. Кабанов¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Для моделирования процесса распада водонефтяной эмульсии под действием электрического поля в промышленных установках необходимо решение уравнения на плотность распределения капель по размерам, для которого частоты столкновений капель оцениваются аналитически. Проведены расчеты частот на основе решения системы уравнений движения большого количества капель, и полученные результаты сопоставлены с аналитическими оценками.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, электрическое поле, частота столкновений, компьютерное моделирование, метод дискретных элементов.

Введение

Сырая нефть при добыче загрязнена водой, которая должна быть удалена перед ее дальнейшей транспортировкой и переработкой. Распад водонефтяной эмульсии под действием гравитации может занимать длительное время, вплоть до недель [1], так как остатки воды содержатся в нефти в виде медленно оседающих мелких капель. Поэтому для ускорения процесса распада эмульсии используются различные технологии, включая воздействие электрического поля.

Механизм действия электрического поля на эмульсию следующий. Так как капли воды обладают большей электропроводностью и диэлектрической проницаемостью, чем нефть, то во внешнем электрическом поле они поляризуются, приобретая дипольный момент, сонаправленный с электрическим полем. Между находящимися рядом каплями начинают действовать электростатические силы, под действием которых капли одновременно выравниваются вдоль направления поля и притягиваются друг к другу. Таким образом, капли объединяются быстрее, чем без поля. Объединясь друг с другом, капли увеличиваются в размерах, и их скорость осаждения существенно возрастает, что позволяет быстрее очищать нефть от воды. Процесс сближения и объединения капель в электрическом поле называют электрокоалесценцией, а аппараты, использующие это явление для очистки нефти, – электродегидраторами.

Для проектирования электродегидраторов при помощи компьютерного моделирования важно как можно точнее моделировать процесс распада водонефтяной эмульсии в электрическом поле. Можно выделить несколько уровней описания эмульсии [2].

На самом фундаментальном уровне рассматривается взаимодействие нескольких капель. Соответствующие компьютерные модели, как правило, основаны на методе конечных элементов или объемов и в приближении сплошной среды описывают движение нефти вокруг капель, движение воды внутри них, распределение электрического потенциала в объеме и действующие на поверхность силы. Такие модели позволяют изучать деформацию капель и их движение, а также процессы во время контакта капель [3–7], включая предсказание исхода взаимодействия – объединение, отскок или распыление. При контакте капель формируется водная перемычка, и капли обмениваются зарядами. Отскок происходит, когда две исходные капли не успевают слиться в одну, и электрические силы растягивают их в противоположные стороны. При определенных условиях капля может распасться на множество дочерних капель или край капли может заостриться и с нее может начаться распыление очень маленьких капель [8, 9]. Однако такие модели ресурсоемки и не могут быть использованы для моделирования эмульсии из большого количества капель.

* Работа выполнена за счет средств гранта РФФИ № 24-79-00150.