

УДК 66.066.7

О МОДЕЛИРОВАНИИ ОЧИСТКИ НЕФТИ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ГРАВИТАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРАХ

А. А. Гасанов, д.т.н., профессор, Н.Х. Гамзаева, ассистент
Азербайджанский Государственный Университет Нефти
и Промышленности
г. Баку

Известно, нефть, извлекаемая из скважин, не является чистым продуктом, а включает в себя различные побочные компоненты: воду из пластов, нефтяной газ, механические примеси (частицы песка, глины, известняка и других пород, продуктов коррозии нефтепромыслового оборудования) и т.д., которые влияют на качество сырья и эксплуатацию производственно-технологического процесса. Из-за высокого содержания пластовой воды в нефти происходят процессы ускоренной коррозии труб, по которым проводится перегонка нефти. Различные механические примеси, находящиеся в нефти, повреждают нефтепроводы и оборудование по перекачке нефти, образуют отложения в теплообменных аппаратах и других емкостях, усложняет процесс переработки нефти и, что приводит к снижению коэффициента теплопередачи и производительности установок. Механические примеси также содействуют образованию стойких эмульсий нефти с пластовой водой [1]. В связи с этим нефть перед подачей в трубопровод подвергается специальной подготовке с целью ее обессоливания, обезвоживания, дегазации, удаления механических примесей. Механические примеси удаляют из углеводородного сырья физическими методами, которые включают очистку под воздействием гравитационных, центробежных, электродинамических сил, очистку путем фильтрования через пористые перегородки, а также очистку с помощью комбинации этих методов. В настоящее время в нефтяной промышленности для очистки нефти от механических примесей чаще всего применяются гравитационные сепараторы. В гравитационных сепараторах разделение механических примесей происходит за счет гравитации, то есть частицы с меньшим удельным весом поднимаются вверх, а тяжелые оседают на дне. Очевидно, что для обеспечения эффективности работы гравитационных сепараторов очень важно знать математическую модель движения твердой частицы в потоке несущей жидкости.

Пусть рассматривается нестационарное течение в сепараторе несущей несжимаемой вязкой жидкости с плотностью ρ_f в горизонтальном направлении. При входе в сепаратор в поток жидкости попадает твердая сферическая частица радиусом R , плотностью ρ_p . Предполагается, что $\rho_p > \rho_f$. За начало отсчета примем точку начала движения частицы в потоке жидкости. Ось Oy направим вертикально вниз, а ось Ox по направлению движения потока несущей жидкости.

Перенос частицы потоком вязкой жидкости включает одновременное оседание частицы под действием силы тяжести и движение частицы вместе с потоком под действием вязких сил [2]. Следовательно, в направлении оси Ox на частицу действует сила давления потока жидкости, а в направлении оси Oy – сила тяжести частицы, подъемная сила Архимеда и сила сопротивления жидкости, определяемая режимом обтекания частицы и свойствами жидкости. Тогда математическую модель движения частицы в потоке несущей жидкости можно представить в виде следующей системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$m \frac{du(t)}{dt} = F_d, \quad (1)$$

$$m \frac{dw(t)}{dt} = P - F_A - F_s, \quad (2)$$

где $u(t)$ – скорость движения частицы в направлении оси Ox , $w(t)$ – скорость движения частицы в направлении оси Oy , t – время, m – масса частицы, P – сила тяжести частицы, F_A – подъемная сила Архимеда, F_s – сила сопротивления, F_d – сила давления.

Предположим, что силы сопротивления и давления жидкости определяются согласно формуле Стокса

$$F_s = 6\pi R \mu w(t),$$

$$F_d = 6\pi R \mu (V(x,t) - u(t)),$$

где μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, $V(x,t)$ – скорость потока жидкости. Тогда учитывая

$$P = mg, \quad F_A = mg \frac{\rho_f}{\rho_p}, \quad m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_p,$$

системы уравнений (1), (2) можно записать в виде

$$m \frac{du(t)}{dt} = 6\pi R \mu (V(x,t) - u(t)), \quad (3)$$

$$m \frac{dw(t)}{dt} = mg - mg \frac{\rho_f}{\rho_p} - 6\pi R \mu w(t), \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения.

Начальные условия для уравнений (3), (4) можно представить в виде

$$u(0) = 0, \quad w(0) = 0. \quad (5)$$

Для случая $V(x,t) = const$ построено аналитическое решение системы (3), (4) и определены траектория частицы и время пребывания ее в сепараторе.

Список литературы:

-
1. *Плановский А.Н., Николаев П.И.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.–496 с.
 2. *Архипов В.А., Усанина А.С.* Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде. –Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014.–252 с.