УДК 532.546

ХУСАИНОВА Г.Я., СФ БГУ
Стерлитамак

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРА НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН С ПОВЕРХНОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОДЫ

Для интенсификации процесса удаления нефтяных пленок (посредством барабанных сборщиков, например) с поверхности водоемов и рек, необходимо произвести их локализацию на поверхности в виде более толстых пятен или же “ручейков”. Все это можно реализовать, создавая искусственные водяные валы (или берега), с помощью вдува газа из-под воды в виде пузырьков. При такой подаче воздуха средняя плотность образовавшейся пузырьковой смеси снизится по сравнению с плотностью жидкости и это, в свою очередь, приведет к повышению уровня свободной поверхности жидкости по сравнению с уровнем основной зоны, где такая подача воздуха отсутствует. Приведем некоторые простейшие рассуждения, позволяющие оценить характерные высоты водяных валов, образовавшихся при вдуве воздуха из-под воды. Будем полагать, что генератор пузырьков находится на глубине h_0 в виде некоторой галереи, и при математическом описании ее примем за горизонтальную полосу с характерной полушириной l (рис.1).

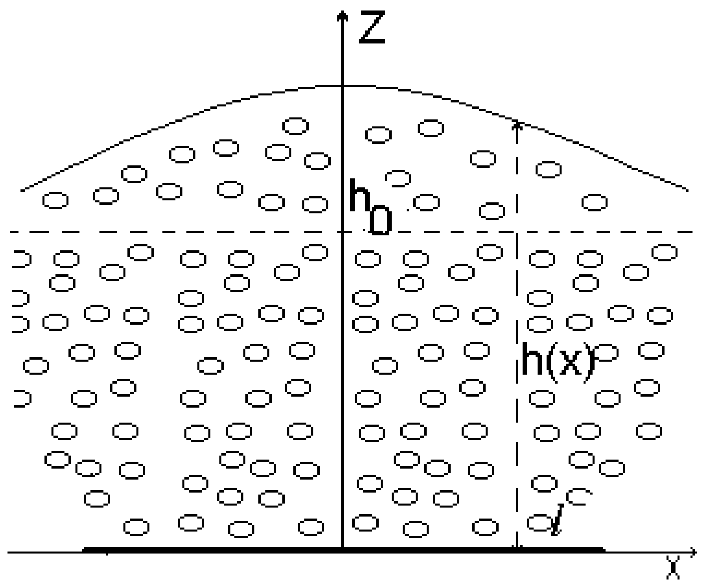

Рис.1 Схема водо-воздушного вала

Пусть интенсивность генерации пузырьков с одинаковыми радиусами a, отнесенная на единицу площади генератора равна $q_n(x)$. Тогда для расхода объемной подачи воздуха $q_v(x)$ с единицы площади, а также с единицы длины галереи $Q(x)$ можем записать

$$q_v = \frac{4}{3}\pi a^3 q_n, \qquad Q_v = 2\int_0^l q_v dx = \frac{8}{3}\pi a^3 \int_0^l q_n dx \tag{1}$$

Чтобы описать форму и характерную высоту образующегося водяного вала при барботаже пузырьков, будем полагать, что вертикальное составляющее ускорения при восходящем течений жидкости, инициируемые вдувам газа, мало по сравнению с ускорением силы тяжести (w<<g). Поэтому для распределения давления по высоте $p(z)$ справедливо уравнение гидростатики, записанное в виде

$$-\frac{\partial p}{\partial z} - \rho_l^0 (1-\alpha_g) g = 0, \qquad \alpha_g = \frac{4}{3}\pi a^3 n \tag{2}$$

Здесь α_g -объемное содержание пузырьков, n-число пузырьков в единице объема. Поскольку радиусы пузырьков полагали одинаковыми, то можем считать скорости их подъема в жидкости υ также равными. Отметим, что скорость всплытия достаточно крупных пузырьков ($a \geq 2мм$) практически слабо зависит от их радиуса и равна υ= 0,3 м/с [1] . Тогда на основе закона сохранения числа пузырьков можем записать

$$n\upsilon = q_n \qquad \text{и} \qquad \alpha_g \upsilon = q_v \tag{3}$$

С использованием этих соотношений из уравнения (2) можем получить формулу для распределения давления в области барботажа пузырьков

$$p = p_n - \rho_l^0 g (1-\alpha_g) z, \; \alpha_g = \frac{q_v}{\upsilon} \tag{4}$$

Здесь p_h давление в жидкости на глубине нахождения генератора пузырьков h. Учитывая, что давление на свободной поверхности жидкости равно атмосферному давлению p_a, имеет место

$$p_h = p_a + \rho_l^o g h_0 \tag{5}$$

Тогда с помощью (4) и (5) можно получить уравнение, определяющее конфигурацию свободной поверхности $z = h$ при $p = p_a$ над областью пузырьковой жидкости:

$$\Delta h = h - h_0 = \frac{h_0 q_v}{\upsilon - q_v}. \tag{6}$$

На основе этой формулы можно получить оценку для величины характерной высоты водяного вала при интенсивности подачи воздуха Q_ν с единицы длины галереи

$$\Delta h_{cp} = \frac{h_0 Q_\nu}{2l\upsilon - Q_\nu}. \tag{7}$$

Данная простейшая гидравлическая модель бонового заграждения позволяет оценить высоту газо-водяного вала на поверхности воды в зависимости от его геометрических характеристик и интенсивности работы генератора пузырьков, находящего в затопленном состоянии.

Список литературы

1. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Наука, 1959. 700 с.
2. Шагапов В.Ш., Хасанов И.Ю., Хусаинова Г.Я. Моделирование процесса удаления нефти с поверхности воды методом прилипания. Экологические системы и приборы. 2003. № 5. С. 33-36.
3. Хусаинов И.Г., Хусаинова Г.Я. Эволюция импульса давления, распространяющегося в кольцевом зазоре // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2014. Т. 1. № 7. С. 16-18.
4. Хусаинов И.Г. Отражение акустических волн в цилиндрическом канале от перфорированного участка // Прикладная математика и механика. 2013. – Т. 77. №3. С. 441-451.