

СБОР НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН С ПОВЕРХНОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОДЫ

Валеев А.Р. (Хусаинова Г.Я., к.ф.-м.н., доцент,
кафедра прикладной информатики и программирования, СФ БГУ)

Аннотация. В данной работе рассмотрен один из способов локализации нефтяных пятен с поверхности воды, который позволяет оценить высоту газо-водяного вала на поверхности воды в зависимости от его геометрических характеристик и интенсивности работы генератора пузырьков.

Ключевые слова: нефтяные пятна, водяной вал, боновые заграждения.

Для интенсификации процесса удаления нефтяных пленок (посредством барабанных сборщиков, например [2]) 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).

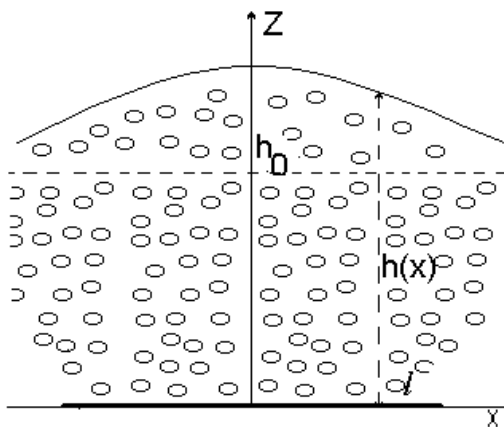


Рис.1 Схема водо-воздушного вала

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

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

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 ($w \ll g$). Поэтому для распределения давления по высоте $p(z)$ справедливо уравнение гидростатики, записанное в виде

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

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 v также равными. Отметим, что скорость всплытия достаточно крупных пузырьков ($a \geq 2\text{мм}$) практически слабо зависит от их радиуса и равна $v = 0,3 \text{ м/с}$ [1]. Тогда на основе закона сохранения числа пузырьков можем записать

$$nv = q_n \quad \text{и} \quad \alpha_g v = q_v \quad (3)$$

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

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

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

$$p_h = p_a + \rho_l^0 g h_0 \quad (5)$$

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

$$\Delta h = h - h_0 = \frac{h_0 q_v}{v - q_v}. \quad (6)$$

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

$$\Delta h_{cp} = \frac{h_0 Q_v}{2lv - Q_v}. \quad (7)$$

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.

Литература

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.