УДК 664.02
Л. Ш. Тошатов, И. Б. Назарханов, магистранты (Республика Узбекистан);
А. Э. Левданский, зав. кафедрой, д-р техн. наук;
Е. В. Опимах, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВ НА ЗАТОПЛЕННОМ ОТВЕРСТИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО АЭРАТОРА

В связи с активным применением процесса флотации, он постоянно совершенствуется. Одно из основных направлений совершенствования данного процесса – это улучшение аэрационных характеристик аппаратов.

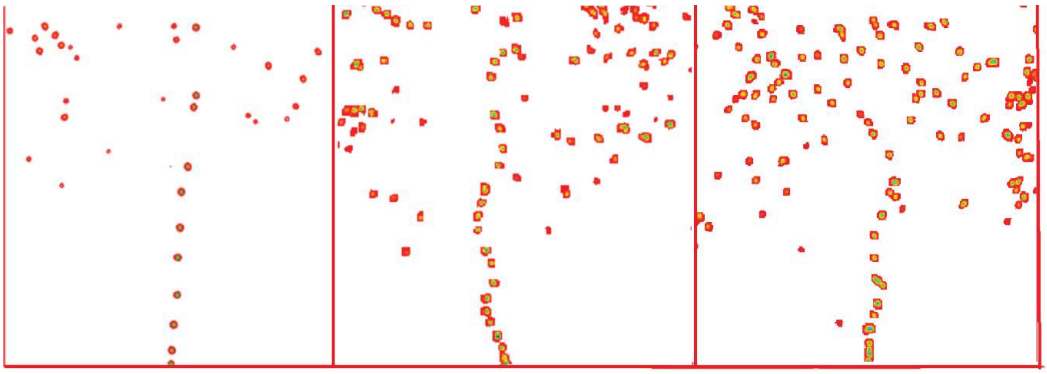
Точное решение, описывающее стадии роста пузырька, в настоящее время не получено из-за многочисленных факторов, которые аналитически и экспериментально не определимы. Предложено несколько вариантов описания аэрации [1]. Один из них подразумевает использование дифференциальных уравнений движения жидкости у поверхности растущего пузырька (Навье – Стокса, Бернулли, уравнения непрерывности), а также термодинамических уравнений равновесия. Эти уравнения решают численными методами (например, методом конечных элементов). Такое моделирование процессов становится одним из наиболее распространенных методов исследования объектов и явлений различной природы. Оно позволяет экономить огромные средства, а также предсказывать параметры различных процессов.

Была поставлена задача построения модели, сопоставление результатов моделирования с экспериментальными данными.

Сама модель создавалась в приложении Design Modeller и рассчитывалась с помощью программы Ansys Fluent. Варьируемые параметры выбраны следующие: диметры отверстия – 0,5 мм, 1 мм, 1,5 мм; скорости аэрации – 0,01 м/с, 0,05 м/с, 0,1 м/с.

Построена регулярная сетка с размером элемента 10^{-6} м. Выбран метод расчета Phases Coupled Simple. При запуске расчетов устанавливали величину временного шага 0,001 секунды и количество шагов 10000. Максимальное число итераций 20 за один временной шаг. Пример результатов моделирования на 3000 шаге для модели с диаметром отверстия 0,5 мм с различной скоростью газа в отверстии представлены на рисунке 1.

По результатам моделирования отслеживалась траектория движения пузырьков с течением времени, благодаря масштабной шкале определялись их относительные скорости движения в жидкости и размер.



0.01 м/с **0.05 м/с** **0.1 м/с**

Рисунок 1 – Пример результатов моделирования для модели с диаметром отверстия 0,5 мм с различной скоростью газа в отверстии

Результаты моделирования сопоставлялись с экспериментальными исследованиями (рисунок 2).

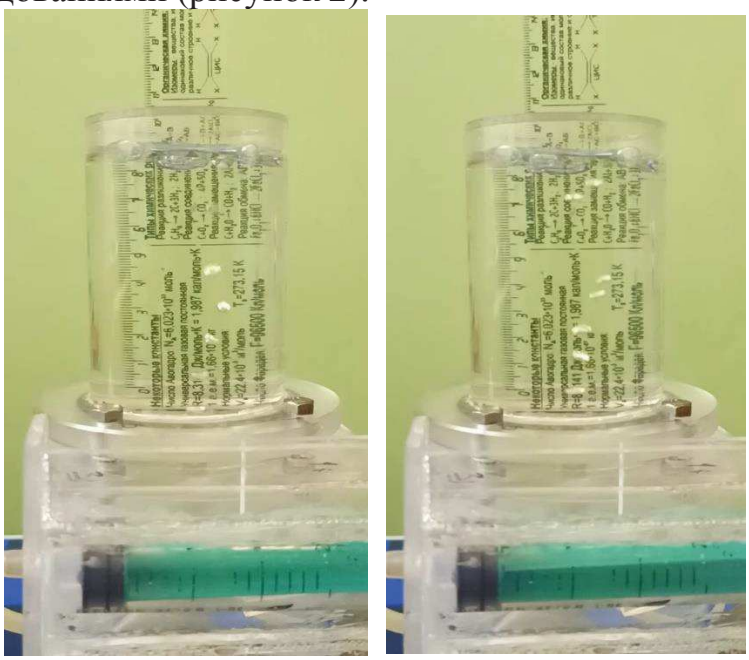


Рисунок 2 – Экспериментальные исследования скорости пузырьков воздуха в воде в зависимости от их диаметра

Съемка производилась с частотой 960 кадров в секунду. Объемный расход газа рассчитывался по перемещению поршня, а по диаметру отверстия рассчитывалась средняя скорость воздуха в отверстии. Скорость движения пузырьков оценивалась по масштабной линейке. При этом учитывалось искажение размеров за счет цилиндрической формы емкости. Сопоставление результатов моделирования, а именно относительных скоростей пузырьков воздуха в воде, осуществлялось с экспериментальными данными [2, 3] показанными на рисунке 3.

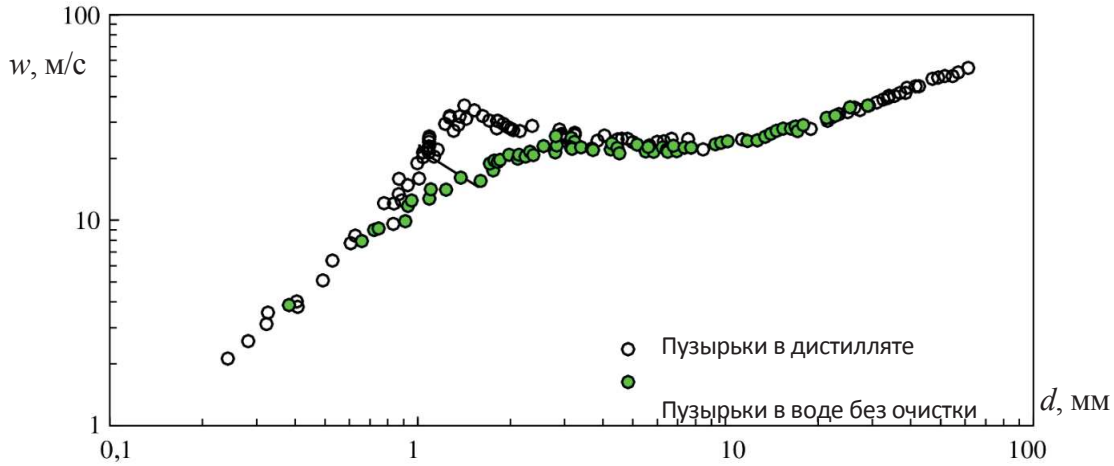


Рисунок 3 – Относительные скорости (м/с) пузырьков воздуха в воде в зависимости от их диаметра (мм)

Экспериментальные данные содержат результаты как для пузырьков в дистиллированной воде, так и для случая с водой без предварительной очистки. Поскольку процесс флотации осуществляют с примесями в рабочей жидкости, то для сопоставления результатов моделирования выбирали соответствующие экспериментальные данные.

В результате сопоставления результатов моделирования с экспериментальными данными для случая пузырьков воздуха в воде без предварительной очистки, в расчетную модель вносились корректировки и достигалось минимальное отклонение результатов.

В результате выполнения данной работы получена и оптимизирована модель процесса аэрации рабочего объёма флотационного аппарата. При анализе результатов выявлены влияния диаметра отверстия аэратора и скорости газа на равномерность процесса аэрации рабочего объёма флотационного аппарата. Полученная модель позволит оптимизировать конструкцию аэратора для повышения эффективности процесса флотации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поверхностно-активные вещества: справочник / А. А. Абрамзон [и др.]; под ред. А. А. Абрамзона, Г. М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.

2. Clift, R. Bubbles, drops, and particles / R. Clift, J. R. Grace, M. E. Weber. – New York : Academic Press. 1978. – XIII, 380 p.

3. Loth, E. Quasi-steady shape and drag of deformable bubbles and drops / E. Loth // Intern. J. of Multiphase Flow. – 2008. – Vol. 34, № 6. – P. 523–546.