

УДК 628.16.081

Исследование коалесценции в процессе виброфлотационной очистки сточных вод

04, апрель 2012

Байрамова А. Д.

*Студент,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Ксенофонтов Б.С.,
д. т. н., профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Aytesha@inbox.ru

Аннотация

В настоящей работе рассматривается один из возможных вариантов аппаратного оформления установки для осуществления многостадийного процесса флотации. В ходе исследования явлений, протекающих в аэрируемой пузырьками воздуха жидкости, при воздействии на нее вибрации, проведен анализ воздействия вибрации на явление коалесценции. Установлено, что вибрация способствует снижению негативных последствий коалесценции.

Введение

Известно, что в общем случае многостадийный процесс флотации описывается следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -K_1 C_A + K_2 C_B + K_5 C_C - K_6 C_A \\ \frac{dC_B}{dt} = K_1 C_A - K_2 C_B - K_3 C_B + K_4 C_C \\ \frac{dC_C}{dt} = K_3 C_B - K_4 C_C - K_5 C_C + K_6 C_A, \end{cases}$$

где C_A , C_B , C_C – концентрации частиц загрязнения в состояниях А, В и С соответственно; K_i – константы переходов из одного состояния в другое, которые определяют процесс протекания флотации.

Константа K_1 , характеризующая вероятность образования флотокомплекса частица-пузырек определяется соотношением:

$$K_1 = \frac{1.5qE}{k_0 \bar{D}}, \quad (1)$$

где q – скорость барботирования; E – эффективность захвата частицы загрязнения; k_0 – коэффициент полидисперсности; \bar{D} – средний диаметр пузырьков воздуха.

Вероятность перемещения флотокомплексов частица-пузырек из жидкости в пенный слой определяется константой K_3 :

$$K_3 = \frac{v_{под}}{h}, \quad (2)$$

где $v_{под}$ – скорость подъема флотокомплекса, h - расстояние от зоны аэрации до пенного слоя.

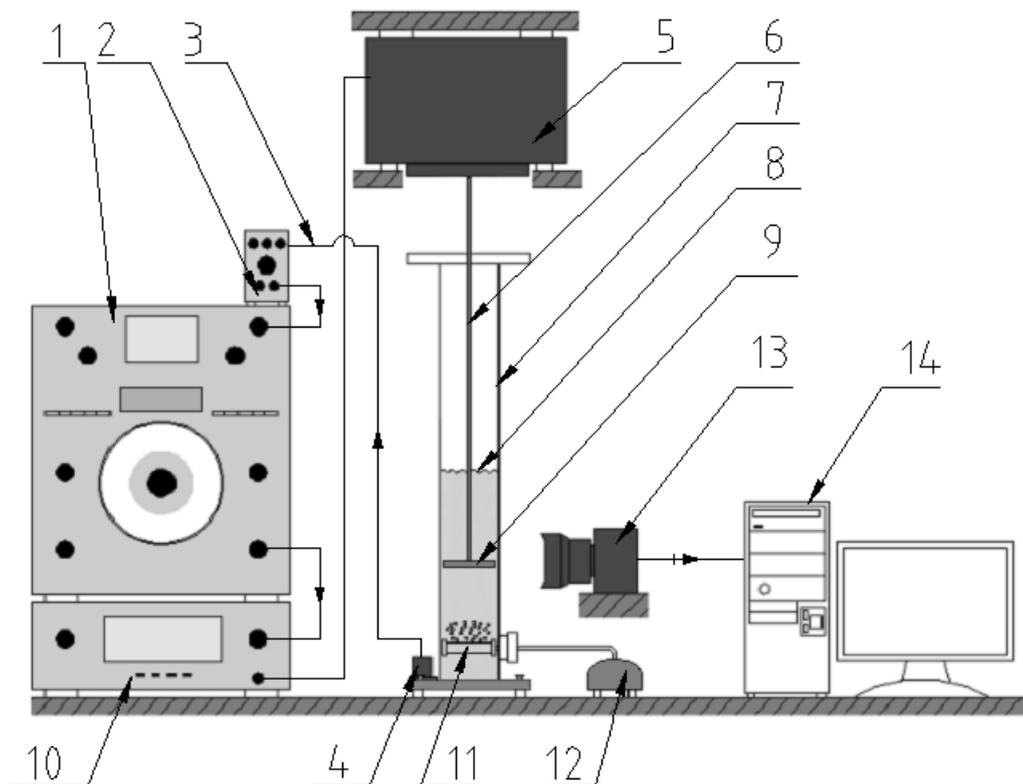
Из формул (1) и (2) очевидно, что для эффективного протекания процесса флотации необходимо обеспечить малый размер пузырьков воздуха, а так же оптимальную скорость поднятия флотокомплексов. В работе [2] Ивановым М.В. была предложена установка, обеспечивающая снижение эффективного размера пузырьков воздуха за счет использования вибрации. Колонна, заполненная жидкостью, подвергалась вибрационному воздействию, в результате чего размер пузырьков воздуха, подаваемого через аэратор, уменьшался почти в два раза.

Явление коалесценции, заключающееся в слиянии пузырьков воздуха оказывает влияние на размеры пузырьков в жидкости, и, соответственно, на общий ход флотационного процесса [3]. Коалесценция мелких пузырьков, прикрепившихся к частицам, с более крупными пузырьками, обладающими достаточной подъемной силой оказывает влияние на скорость всплывания флотокомплексов, тем самым способствуя флотационному процессу. Однако при коалесценции наблюдается уменьшение удельной площади поверхности пузырьков и продолжительности пребывания в сточной воде, что отрицательно сказывается на процессе флотации.

Таким образом, с целью сведения к минимуму негативных последствий коалесценции и получения высоких показателей очистки возникает необходимость в нахождении оптимальных режимов для проведения процесса флотации. Для исследования явления коалесценции при флотации была создана лабораторная установка.

Методы и материалы

Для проведения настоящих исследований была собрана установка, представленная на рисунке.



Общая схема экспериментальной установки:

1 – генератор (Bruel&Kjaer типа 2010), 2 – предварительный усилитель (Bruel&Kjaer типа 2626), 3 – канал отрицательной обратной связи, 4 – акселерометр (Endevco 751), 5 – вибростенд (Bruel&Kjaer типа 4808), 6 – стержень, 7 – корпус колонны, 8 – свободная поверхность жидкости, 9 – поршень, 10 – усилитель мощности (Bruel&Kjaer типа 2718), 11 – аэратор, 12 – компрессор, 13 – фотоаппарат с макрообъективом, 14 – компьютер с принтером и графическим редактором.

Установка состоит из колонны 7 диаметром 110 мм, изготовленной из стеклопластика, которая заполняется жидкостью (водой или модельным стоком) до уровня 8 (объем жидкости составлял 2 дм³). В колонне закреплен аэратор 11, в который компрессором 12 подается воздух. Расход воздуха регулируется. Вибрационное воздействие на объект исследования осуществляется с помощью вибростенда 5 типа 4808 фирмы Bruel&Kjaer, соединенного с поршнем 9 посредством стержня 6. Сигнал на вибростенд подается из генератора 1 типа 2010 через усилитель 2 мощности 2718 фирмы Bruel&Kjaer. Подаваемый сигнал имеет синусоидальную форму и может варьироваться как по амплитуде, так и по частоте в пределах от 20 Гц до 2000 Гц. На корпусе колонны в нижней точке закрепляется акселерометр 4 типа 751 фирмы Endevco, с помощью которого, через предварительный усилитель 2 типа 2626 фирмы Bruel&Kjaer, осуществляется отрицательная обратная связь 3. Таким образом, данный канал являлся задающим.

Фиксация количества и размеров пузырьков производилась с помощью фотоаппарата 13 с макрообъективом. Анализ и подсчет пузырьков воздуха осуществлялись затем в графическом редакторе на компьютере 14.

Результаты и обсуждение

Для исследования явления коалесценции был проведен ряд экспериментов при различных значениях частот: от 40 до 170 Гц с шагом в 10 Гц. Следует отметить,

что для наглядности результатов и удобства обработки экспериментов, в работе рассматривается влияние вибрации на распределение крупных пузырьков размерами от 1 мм и выше. Фотографии, сделанные в ходе экспериментов, свидетельствуют о том, что явление коалесценции присутствует как без воздействия вибрации, так и при ее наложении.

С целью исследования влияния вибрации на явление коалесценции был проведен подсчет количества и размеров пузырьков воздуха, находящихся над поршнем (т.е. скоалесцированных пузырьков). Данные результатов экспериментов приведены в таблице.

Результаты экспериментов влияния вибрации на коалесценцию воздушных пузырьков

Частота, Гц Диаметр, мм	Количество пузырьков воздуха, шт.														
	0	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
< 1	10	30	25	25	29	24	30	28	23	31	27	42	40	37	48
1 - 2	27	23	36	19	28	23	25	19	31	37	18	31	27	28	46
2 - 3	13	13	10	7	7	7	8	8	4	11	6	10	5	8	8
3 - 4	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4 - 5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 - 6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы видно, что общее количество пузырьков воздуха в спокойном состоянии без воздействия вибрации составляло 53 шт., при этом наблюдалось наличие крупных пузырьков размерами больше 4 мм, что свидетельствует о малой удельной поверхности пузырьков за счет коалесценции.

Однако, очевидно, что количество пузырьков с наложением вибрации увеличивается (при частоте 170 Гц количество пузырьков достигает 103 шт.). При этом наблюдается уменьшение количества крупных пузырьков более 3 мм и преобладание количества пузырьков размерами менее 2 мм.

Выводы

В ходе работы было установлено, что в случае применения описанной выше установки, при воздействии вибрации на аэрируемую пузырьками воздуха жидкость, помимо увеличения количества и снижения размеров пузырьков, наблюдалось явление коалесценции. На основе полученных результатов, можно сделать вывод о том, что благодаря вибрационному воздействию увеличивается удельная площадь пузырьков, что способствует явлению коалесценции, и, следовательно, многостадийному процессу флотации.

Полученные наблюдения дают основания для дальнейшего изучения влияния вибрации на явление коалесценции и нахождения оптимальных режимов проведения многостадийного процесса флотации.

Литература

1. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с.

2. Ксенофонтов Б.С., Иванов М.В., Байрамова А.Д. Исследование влияния вибрации на распределение размера аэрируемых пузырьков при флотации. Сборник статей Молодежной научно-инженерной выставки «Политехника». М.: НТА «АПФН», 2011. С. 23-29.

3. Капитонова С.Н. Совершенствование оборотных систем водопользования и разработка комбинированной флотомашины с фильтроэлементами для их реализации: диссертация кандидата технических наук. М.: 2009, 148 с.