

УДК 628.54

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ БАРБОТИРОВАНИЯ В ЛАБОРАТОРНОЙ ФЛОТАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Сазонов Д.В., аспирант

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

Карелин А.Н., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедры «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Ксенофонов Б. С., д. т. н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
E9@mx.bmstu.ru*

1. Введение

Основными способами очистки от ПАВ, а также глубокого извлечения жиров и нефтепродуктов являются адсорбционные и флотационные, обладающие своими достоинствами и недостатками. И если допустить, что возможно обеспечить необходимую степень очистки только за счёт, например, адсорбентов типа АС и АУ, то это будет сравнительно дорого. Поэтому в качестве предварительной очистки рекомендуется использовать флотационный способ.

Процесс флотационной очистки сточных вод заключается в образовании флотокомплексов «частицы-пузырьки», всплывании этих комплексов и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости. Взаимное закрепление пузырьков и частиц в водной среде основано на физико-химическом взаимодействии трёх фаз (вода, вещество частицы, газ) и в большинстве случаев определяется явлениями смачивания. В связи с тем, что газы являются гидрофобными веществами, в жидкой среде они могут активно взаимодействовать лишь с гидрофобными поверхностями других дисперсных примесей. Чем выше степень гидрофобности извлекаемых примесей, тем больше вероятность их закрепления на пузырьках. Гидрофильные поверхности веществ с пузырьками газа не взаимодействуют [1]. Также на вероятность образования флотокомплексов влияют такие показатели, как дисперсность пузырьков газа и количество газа, приходящееся на объём очищаемой воды или на единицу площади поверхности [2].

В данной работе изучается последний показатель, а точнее – выделение воздуха в разных частях рабочего объёма лабораторной флотационной установкой с гидравлической системой аэрации.

2. Лабораторная установка

Флотационная установка (рис.1) включает следующее оборудование: компрессор 1 и насос 2, которые являются составляющими гидравлической системы аэрации, предложенной в [3,4]; камера аэрации 3, в которой изучается выделение воздуха; промежуточный резервуар 4, служащий для выделения оставшихся в воде пузырьков воздуха; элементы трубопроводов и шланги.

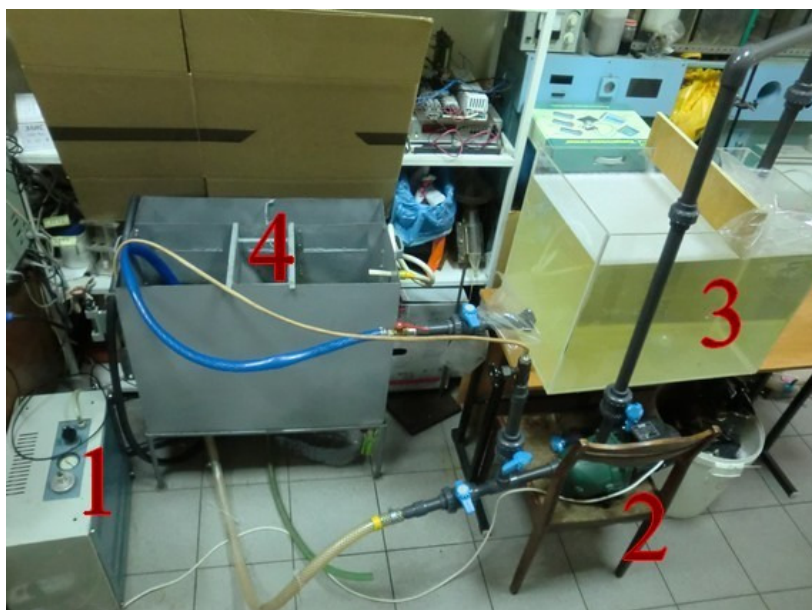


Рис. 1. Лабораторная флотационная установка:

- 1 – компрессор; 2 – насос; 3 – камера аэрации;
4 – промежуточный резервуар

Для определения скорости выделения пузырьков воздуха также использовались электронный секундомер и прозрачный сосуд, закрепляемый в штативе. В данной работе в качестве сосуда использовался цилиндр Снеллена с закрытым отверстием, т. к. он удобен благодаря нанесённой на внешней стороне цилиндра вертикальной шкале для измерения высоты.

3. Эксперимент

Эксперимент проводился при постоянных расходах воды и воздуха. При установившемся режиме, наступающем через 10-15 минут после включения установки, производилось измерение количества воздуха, выделяющегося в определённой части камеры аэрации в единицу времени с единицы площади. Для этого заполненный водой

цилиндр погружался в воду открытым концом вниз и фиксировался в штативе. Затем со временем пузырьки газа (воздуха), генерируемые гидравлической системой аэрации, всплывая вверх сосуда, замещают воду, а по скорости опускания столба жидкости в сосуде 2 (рис. 2) можно судить о количестве воздуха, выделяющегося в единицу времени с

единицы площади, т. к. $\frac{\text{мм}^3}{\text{с см}^2} = \frac{\text{л}}{\text{с см}^2}$.

На рис. 2 показан пример размещения цилиндра 2 в камере аэрации 3; цифра 4 указывает на текущий уровень воды, который постепенно снижается. Таким образом

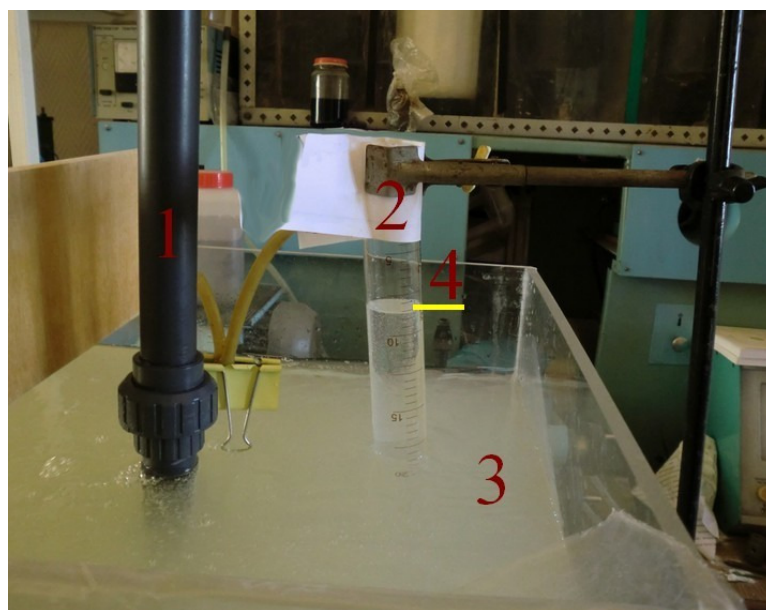


Рис. 2. Измерение скорости барботирования

1 – патрубок подвода водовоздушной смеси; 2 –
цилиндр Снеллена; 3 – камера аэрации; 4 – текущий
уровень воды

определяется скорость барботирования.

Измерения производились в 12 точках, схема расположения которых представлена на рис. 3. Все точки измерения находились в нескольких сантиметрах от стенок камеры аэрации. В каждой точке проводилось несколько измерений временных интервалов. Средние значения измерений представлены в таблице.

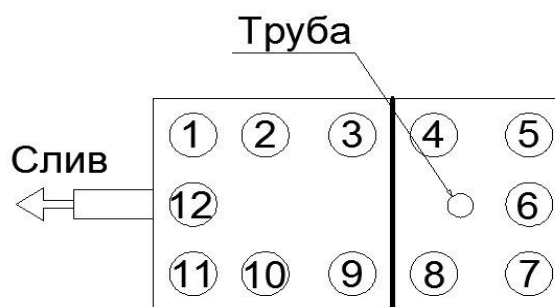


Рис. 3. Схема расположения точек измерения

№ точки	Среднее время, с	Средняя скорость барботирования, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$
1	812	$3,1 \cdot 10^{-5}$
2	526	$4,8 \cdot 10^{-5}$
3	304	$8,2 \cdot 10^{-5}$
4	270	$9,3 \cdot 10^{-5}$
5	548	$4,6 \cdot 10^{-5}$
6	572	$4,4 \cdot 10^{-5}$
7	577	$4,3 \cdot 10^{-5}$
8	289	$8,7 \cdot 10^{-5}$
9	299	$8,4 \cdot 10^{-5}$
10	561	$4,5 \cdot 10^{-5}$
11	845	$3,0 \cdot 10^{-5}$
12	1140	$2,2 \cdot 10^{-5}$

При этом средняя скорость барботирования по всей площади камеры аэрации в случае отсутствия уноса пузырьков газа через слив составит:

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q}{S \cdot t}$$

где Q – расход воздуха (0,5 л/мин);

S – площадь поверхности воды в камере аэрации (650 мм x 400 мм)

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы. Во-первых, полученные значения симметричны относительно вертикальной плоскости, проходящей через середины коротких сторон камеры аэрации. Это объясняется симметричностью самой установки. Во-вторых, в ближайших к трубе подвода водовоздушной смеси точках (4 и 8) происходит самое быстрое выделение воздуха. Это, вероятно, объясняется тем, что тут успевают всплывать наиболее большие пузырьки, которые, как известно, быстрее всплывают, чем маленькие. Причём из-за сильной турбулентции рядом с местом

выпуска воды наиболее вероятна коалесценция пузырьков. Также необходимо отметить, что у стенок скорость барботирования выше, чем в среднем по всей камере аэрации. А меньше всего (из рассмотренных случаев) выделяется воздуха в месте, где находится слив, через который удаляется вода с не успевшими всплыть пузырьками газа.

4. Заключение

По итогам проведённой работы можно судить о том, что наиболее интенсивное выделение пузырьков воздуха происходит вдоль стенок аэрационной камеры, что может быть обусловлено скоплением их на поверхности. Также интенсивное выделение воздуха происходит поблизости от подаваемого трубопровода, что, видимо, обусловлено более быстрым всплытием относительно крупных пузырьков.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости учёта неравномерности аэрации в рабочем объёме камеры при проектировании флотационных установок с гидравлической системой аэрации.

Список литературы

1. Стахов Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.
2. Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. – М.: Новые технологии, 2010. – 272 с.
3. Ксенофонтов Б. С., Сазонов Д. В. Флотационная установка для очистки сточных вод. Патент РФ на полезную модель №123001. Приор. от 24.07.2012.
4. Сазонов Д. В. Флотационная установка для очистки сточных вод [электронный ресурс] // Молодежный научно-технический вестник. 2013. №1 январь 2013.