

УДК 577.4

А.А. Жанзаков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВ ПО РАЗМЕРАМ В ЖИДКОСТНО-ГАЗОВОМ СТРУЙНОМ АППАРАТЕ С УДЛИНЕННОЙ КАМЕРОЙ СМЕШЕНИЯ

Проведены исследования струйного аппарата, выполняющего функцию аэратора флотокамеры и работающего в системе вода–воздух.

Ключевые слова: очистка от нефтешламов, аэратор флотокамеры, пузырьки газа, флотационная камера.

Семинар № 8

A.A. Zhanzakov

THE STUDY ON THE BUBBLE SIZE DISTRIBUTION IN THE LIQUID AND GAS JET DEVICE WITH THE STRECHED OUT MIXING CHAMBER

The studies on a jet device working as an aerator of a flotation cell in the system water-air are carried out.

Key words: oil slurry purification, aerator flotation cell, gas bubbles, flotation chamber.

Важное место в решении задачи по очистке внутренних поверхностей резервуаров от нефтешламов, является отделение взвешенных в объеме жидкости (водный раствор технического моющего средства (ТМС)), полученной в результате замывки, фракций углеводородных соединений [1, 2, 3, 4], т.е. возможность возвращения углеводородного сырья с параметрами заданными ГОСТами [2, 3, 4] в технологический процесс, а так же сдачи отработанного раствора вместе с загрязненными стоками на водоочистных сооружениях соответствующий по предельно допустимым концентрациям федеральным экологическим нормам и внутренним нормативным документам того или иного Муниципального унитарного предприятия «Водоканал». Поэтому актуальным направлением является разработка установки по струйной очистке внутренних поверхностей резервуаров от нефтешламов основной узел,

которой должен выполнять отделение взвешенных в объеме жидкости фракций углеводородных соединений [3].

Особый интерес для применения в качестве аэратора флотационной камеры представляют жидкостно-газовые струйные аппараты с удлиненной камерой смешения, который позволяют достичь повышения производительности по газовоздушной смеси и получения пузырьков достаточно малого размера (в идеальном варианте общее количество одинаковых пузырьков стремится к 100 %) и конструктивно достаточно просты.

Для данных устройств разработаны методики гидродинамических расчетов [5,6], однако, без учета влияния процессов диспергирования и коалесценции на образование газового пузырька (его размер) на выходе из камеры смешения эжектора, а это один из основных параметров, влияющих на протекание акта флотации во флотокамере [7, 8, 9].

Законы эволюции отдельных пузырьков газа вследствие коалесценции, диспергирования и массообмена при движении двухфазного протока в камере смешения рассмотрены в работе А. Н. Блазнова на примере струйного аппарата, применяемого в качестве абсорбера – устройства предназначенного для очистки воздуха, к примеру, из рабочей зоны, от вредных примесей перед выбросом в атмосферу [10, 11].

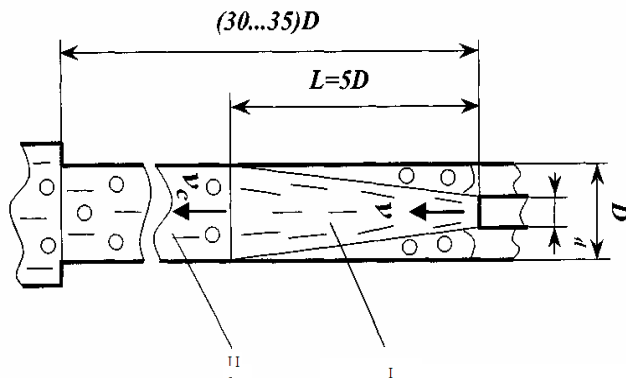


Рис. 1. Схема движения потоков в струйном аппарате с удлиненной камерой смешения

Поскольку в диссертационной работе автора предметом исследования является струйный аппарат выполняющий функцию аэратора флотокамеры работающего в системе вода-воздух, а так как эти среды практически инертны друг к другу [11], можно рассматривать процесс образования и эволюции газового пузырька, не осложненный массообменом.

Газожидкостная эмульсия - дисперсная система, состоящая из пузырьков газа (дисперсная фаза) и жидкости (дисперсионная среда). В газожидкостной эмульсии интенсивно протекают процессы диспергирования и коалесценции пузырьков газа, что обусловлено большой разностью плотностей ее фаз.

Характер взаимодействия и смешения потоков жидкости и газа в камере смешения струйного аппарата описывается в работах [11, 14] (рис. 1).

Под начальным диаметром пузырька d_{32}^0 понимается средний размер пузырьков, образующихся на входном участке камеры смешения к концу зоны смешения (рис. 1).

$$d_{32\varphi \rightarrow 0}^0 = k \frac{\sigma^{\frac{3}{5}}}{\rho^{\frac{1}{5}} \cdot \varepsilon^{\frac{2}{5}}} \quad (1)$$

где K - постоянный коэффициент; σ - поверхностное натяжение, Н/м; ρ - плотность сплошной фазы, кг/м³.

$$\varepsilon = \frac{N}{V} \quad (2)$$

где N - количество энергии, рассеиваемой в турбулентном потоке в единицу времени, Вт; V - объем в котором рассеивается энергия, м³.

Чтобы использовать теорию изотропной турбулентности для расчета размеров пузырьков, которые образуются на начальном участке в камере смешения струйного аппарата, необходимо сделать ряд следующих допущений:

объемный расход газа намного меньше объемного расхода жидкости, т. е. $\varphi \rightarrow 0$;

кинетической энергией газового потока можно пренебречь ввиду того, что скорость и объем газа пренебрежимо малы по сравнению со скоростью и объемом струи жидкости;

турбулентные пульсации скорости распределены равномерно (изотропно) по сечению потока;

жидкость является ньютоновской.

Влияние газосодержания φ на диаметр пузырьков может быть учтено с помощью линейной функции на основании формулы $f(\varphi) = 1 + k\varphi$. Тогда окончательно выражение для определения размера пузырьков, которые образуются в зоне смешения, примет вид:

$$d_{32}^0 = K \frac{\sigma^{\frac{3}{5}}}{\rho^{\frac{1}{5}} \cdot \varepsilon^{\frac{2}{5}}} (1 + k\varphi). \quad (3)$$

При расчете размеров пузырьков по формуле (3) необходимо знать численные значения коэффициентов K и k . Величины этих коэффициентов зависят главным образом от геометрических размеров и гидродинамических условий работы аппарата и не зависят от свойств смешивающихся сред. Поэтому

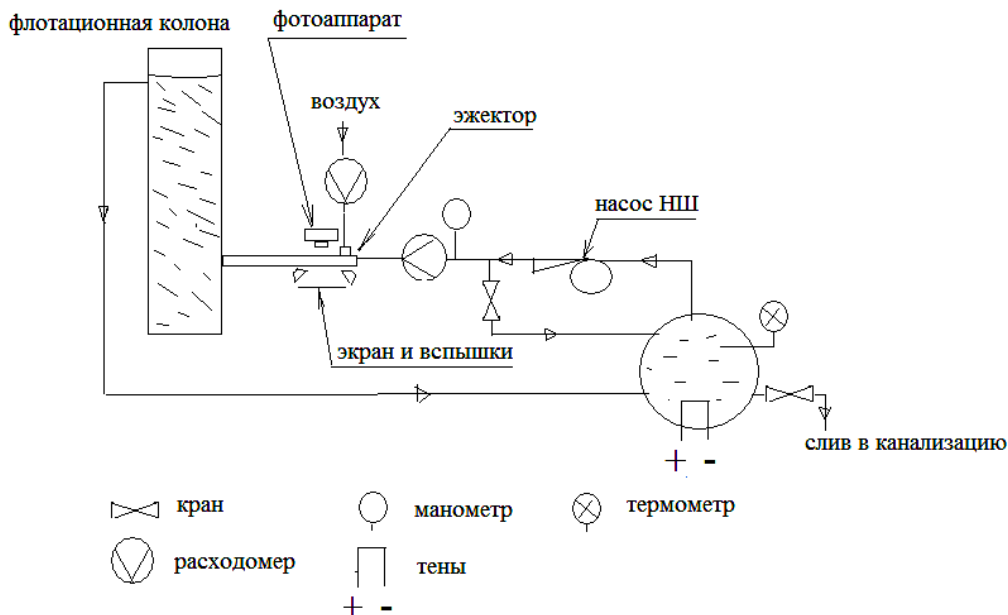


Рис. 2. Схема движения потоков в струйном аппарате с удлиненной камерой смешения

значения постоянных коэффициентов можно определить на экспериментальной установке.

При движении газожидкостной эмульсии в турбулентном потоке по камере смешения в зоне II (рис. 1) происходит изменение межфазной поверхности вследствие коалесценции отдельных пузырьков. Это явление вызвано столкновениями пузырьков под действием турбулентных пульсаций.

$$d_n = d_n^0 \left[1 + K_s \frac{\varphi^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\varepsilon_{mp}}{\rho} \right)^{\frac{1}{3}} \tau}{d_n^{\frac{2}{3}}} \right]^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

где d_n^0 - диаметр пузырька в начальный момент времени, м.

Выражение (4) является законом эволюции отдельного пузырька и может быть предложено для описания зависимости размера пузырьков от времени движения моодисперсной эмульсии в

камере смешения струйного аппарата при данном газосодержании.

В выражение (4) входит неизвестный параметр - коэффициент эффективности столкновений K_s . Этот коэффициент зависит как от конструкции аппарата, так и от свойств дисперсной фазы и дисперсионной среды. Поэтому его величина должна быть определена экспериментально на экспериментальной установке с теми же средами, что будут использованы и в промышленном аппарате.

С целью экспериментального исследования необходимо изготовить экспериментальную установку (рис. 2). Экспериментальный стенд должен состоять из бака с рабочей жидкостью (вода водопроводная), насоса (P до 10 МПа), нагревательных элементов, эжектора с удлиненной камерой смешения, приемной емкости в которую сбрасывается рабочая жидкость (под уровень воды $H \sim 1,4$ м), устройство для съемки, соединительные магистрали, запорной арматуры и измерительной аппаратуры.

Целью работы ставится уточнение методов предложенных в работе А. Н. Блазнова, основанных на теории изотропной турбулентности Колмогорова [12,13], для оценки влияния диспергирования и коалесценции на формирование пузырьков газовой смеси в

зависимости от температурных режимов и при различных давлениях рабочей жидкости и т.д., применительно к эжектору-аэратору с удлиненной камерой смешения флотационной камеры на основе жидкостно-газового струйного аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев А.П. Актуальные аспекты нефтешламовой проблемы. Экологический вестник № 6. – М.: 2005, стр. 99-102.
2. Яковлев А.П., Мелконян Р.Г., Жанзаков А.А. Технология струйной очистки внутренней поверхности различных резервуаров или емкостей от нефтешламов (НШ) и асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). // Тезисы доклада 2-ой Международной научно-практической конференции «Новые технологии в решении экологических проблем ТЭК» 7-8 Февраля 2007, Москва. с. 47-50.
3. Яковлев А.П., Мелконян Р.Г., Жанзаков А.А. Применение коалесцентно-флотационного сепаратора (КФС) для отделения взвешенных в объеме жидкости фракций углеводородных соединений. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. № 3. – М.: 2007, стр. 31-33.
4. Яковлев А.П., Мелконян Р.Г., Жанзаков А.А. Технология струйной очистки внутренней поверхности различных резервуаров и емкостей от нефтешламов и асфальтосмолопарафиновых отложений. Технология нефти и газа. №5. – М.: 2007, стр. 30-34.
5. Кунакбаев В.Р. Исследование флотации графита в колонных машинах с эжекторными аэраторами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Магнитогорск, 1995. 25 с.
6. Кореннов Б.Е. Исследование водовоздушных эжекторов с удлиненной цилиндрической камерой смешения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 1980. 23 с.
7. Ксенофонтов Б.С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков. – М.: Химия, 1992. 144 с.
8. Ксенофонтов Б.С. Очистка воды и почвы флотацией. – М.: Новые технологии, 2004. 224 с., ил.
9. Ксенофонтов Б.С., Майоров О.В. Особенности очистки вод автозаправочных станций// Пятый Международный конгресс «Вода: Экология и технология» (Экватэк - 2002). 2002. с. 448-449.
10. Блазнов А.Н., Куничан В.А., Чашин В.А. Диспергирование и коалесценция в жидкостно-газовых струйных аппаратах с удлиненной камерой смешивания. ЖГХ, 2001, № 4, с. 621-625.
11. Блазнов А.Н. Исследование и разработка абсорберов на основе жидкостно-газовых струйных аппаратов с удлиненной камерой смешения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Бийск. 2001. 24 с.
12. Колмогоров А.Н. О дроблении капель в турбулентном потоке// ДАН СССР. – 1949. –Т.66. - № 5. – с. 825-828.
13. Колмогоров А.Н. Рассеяние энергии при локально-изотропной турбулентности// ДАН СССР. – 1941. –Т.30. - № 4. – с. 299.
14. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. Изд. 2-е. - М., «Энергия», 1970. – 288 с. **ИДБ**

Коротко об авторе

Жанзаков А.А. – аспирант, каф. «Инженерная защита окружающей среды», Московский государственный горный университет. ud@msmu.ru