

МЕХАНИЗМ УНОСА ГАЗА СВОБОДНЫМИ СТРУЯМИ ЖИДКОСТИ В ТРУБЫ КСИА

Малахов Ю. Л. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Новосёлов А. Г.
(Университет ИТМО)

Введение. В основе кожухотрубного струйно-инжекционного аппарата лежит явление механической инъекции, свободно падающей струей жидкости, окружающего ее газа. Именно этот эффект, в совокупности с конструкцией кожухотрубного теплообменника позволил проводить одновременно тепло-массообменные процессы между газом и жидкостью. Простота конструкции КСИА и возможность регулировки подачи газовой фазы в реакционный объем, без установки газонагнетательного оборудования, сделала этот аппарат одним из перспективных. Кроме того, как показали многочисленные исследования массообменных и теплообменных характеристик аппаратов этой конструкции, КСИА обладает высокими значениями коэффициентов теплоотдачи от стенки к рабочей жидкости и массоотдачи от поверхности контакта фаз в рабочем объеме газожидкостной смеси [1; 2]. Это возможно только в условиях высокой турбулизации взаимодействующих фаз в рабочем объеме и, достаточной подачи газовой фазы в аппарат.

Основная часть. Основываясь на этом аналитическом обзоре, а также на исследованиях, проведенных в работах [3; 4], можно предсказать, как будет происходить унос газа суспензионными струями в верхней газовой камере кожухотрубного струйно-инжекционного аппарата. Очевидно, что унос газа будет начинаться не сразу после образования свободной струи, а при достижении ею скорости $v \geq v_{min}$. В отличие от уноса газа в неподвижный объем жидкости, в рассматриваемом случае, свободная струя будет входить в объем жидкости, заполняющий опускную трубу и движущийся в ней нисходящим потоком. Т. е. можно предположить, что возмущения поверхности свободной струи будут меньше, чем в случае поступления ее в неподвижный объем, а, следовательно, значение скорости струи v_{min} будет несколько меньше. С другой стороны, унесенный свободной струей газ, будет раздроблен на отдельные пузырьки, которые будут стремиться всплыть. Возникнет циркуляция газовой фазы в верхней части опускной трубы. Унесенный газ входит в объем жидкости, но затем всплывает в виде газовых пузырьков и возвращается в газовую камеру.

Отсюда следует ожидать, что показания приборов, фиксирующих расход подачи газовой фазы в верхнюю газовую камеру, не будет происходить. Фиксация расхода газа начнется только тогда, когда пузырьки газа будут уноситься нисходящим потоком жидкости в подъемную трубу. Унос пузырьков газа будет возможен только в том случае, когда скорость всплывания пузырьков w_{Π} будет меньше приведенной скорости жидкости в опускной трубе $w_{ж}$, которая в свою очередь, зависит от расхода жидкости через сопло. Связь между скоростью истечения v_0 и приведенной скоростью жидкости в опускной трубе будет определяться следующим соотношением, вытекающим из уравнения расхода для несжимаемой жидкости [4]

$$Q_{ж} = v_0 \cdot S_0 = w_{ж} \cdot S_{\Gamma P} = const. \quad (1)$$

Откуда

$$w_{ж} = \frac{v_0 \cdot S_0}{S_{\Gamma P}} = \frac{v_0 \cdot d_0^2}{d_{\Gamma P}^2} \quad (2)$$

Скорость подъема одиночного пузыря во многом зависит от его размеров, физических свойств окружающей его жидкости и гидродинамической обстановки в рассматриваемом объеме жидкости. Применительно к рассматриваемой задаче, определение размеров одиночных пузырей в условиях не интенсивной работы аппарата, не имеет практического смысла.

Совокупное влияние размеров пузырей, их скорости всплывания и физических свойств жидкости на унос газа в условиях интенсивной работы КСИА, как было показано в работе [4], отразится на уровне газосuspensionной смеси в опускной трубе КСИА, которое легко определяется экспериментальным путем [5]. В свою очередь уровень газосuspensionной смеси будет определять длину свободной струи жидкости, которая, как было показано выше, влияет на унос газа.

Выводы. Величина уносимого струей газа зависит от скорости истечения жидкости, диаметра сопла и начальной турбулентности жидкости на выходе из сопла, которые обуславливают структуру свободной струи и, как следствие, состояние ее поверхности;

Большое влияние на величину уносимого газа оказывает длина свободной струи жидкости $L_{СТ}$, во многом определяющая состояние структуры струи на входе ее в объем жидкости. В случае бесконечного расстояния между срезом сопла и свободной поверхностью жидкости, при постоянном значении скорости истечения, длина компактной свободной струи имеет определенное значение, выше которого струя начинает разрушаться;

Унос газовой фазы свободной струей жидкости в подвижный жидкостной объем начинается при достижении определенного значения ее скорости, v_{min} . Для струй различной длины, значения v_{min} различны;

Влияние диаметра сопла, определяющего диаметр струи на выходе из него, определяет стабильность структуры струи. Чем больше диаметр струи, тем большую длину она имеет, т. е. струя становится более устойчивой к разрушению. Развитие начальной турбулентности в свободной струе будет зависеть от физических свойств жидкости, а именно от ее плотности и вязкости.

Список использованных источников:

1. Новоселов А. Г. Массообмен и поверхность контакта фаз в струйно-инжекционных кожухотрубных сатураторах. – Диссерт. к.т.н., Л., 1985. – 141 с.
2. Тишин В. Б. Интенсификация процессов в газожидкостных пластинчатых и кожухотрубных аппаратах пищевой и микробиологической промышленности. Дис. д.т.н., 1998. – 412 с.
3. Агаев К. Э. Совершенствование гидродинамических процессов обработки пищевого сырья в кожухотрубном струйно-инжекционном аппарате. Дисс. канд. техн. наук - СПб, 2012. - 148 с.
4. Сивенков А. В. Интенсификация гидродинамических процессов в струйных аппаратах пищевой промышленности. - Дисс. канд. техн. наук - СПб, 2011. - 148 с.
5. Тепло-и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Е. В. Аметистов, В. А. Григорьев, В. Т. Емцев и др.; - М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

Малахов Ю. Л. (автор)

Подпись

Новосёлов А. Г. (научный руководитель)

Подпись