

## **Изучение зависимости диаметра свободных струй жидкости от геометрических размеров сопел и расхода жидкости.**

Агаев К.Э., Ильичёв В.А., Лебедева Т.Я. kirillmedvedev87@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий.

*В статье представлены экспериментальные данные по изменению диаметра струи при малых расходах и их математическая обработка. В работе подробно описан тупиковый режим КСИА по газовой фазе и проточный по жидкостной, а также вывод теоретической зависимости.*

Ключевые слова: КСИА, диаметр струи, тупиковый режим.

Газожидкостные и трёхфазные сорбционные процессы представляют интерес для предприятий различных отраслей промышленности, а именно: для пивоваренных и дрожжевых заводов; заводов по производству безалкогольных и слабоалкогольных напитков на основе воды, фруктовых соков, молочной сыворотке и их смесей; заводов по производству сахара, пищевых органических кислот, ферментов, витаминов.

К настоящему времени разработано большое количество конструкций СИА для проведения тепло-массообменных процессов в системах газ-жидкость. Кожухотрубные струйно-инжекционные аппараты представляют собой принципиально новую серию аппаратов, которые обладают высокими массообменными характеристиками по отношению к широко используемым в промышленности аппаратам. Конструкции кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратов (КСИА) подробно описаны в работах [1-4].

Стационарный тупиковый режим характерен для малых расходов истечения жидкости через сопло. При его наличие в нисходящей трубе образуется газожидкостная смесь, в точке входа струи в жидкостной объём. Объём образовавшейся газожидкостной смеси заполняет лишь часть опускной трубы (в верхней части). Такой режим работы аппарата имеет смысл, когда необходимо полностью растворить газовую фазу в жидкости, например, при производстве слабоалкогольных и безалкогольных напитков. Задача заключается в полном растворении  $\text{CO}_2$  в напитке. Универсальные возможности КСИА позволяют проводить такие сорбционные процессы с высокой эффективностью при стационарном тупиковом режиме.

При работе КСИА в стационарном тупиковом режим, струя истекает из сопла с малой скоростью. Структура струи в этом случае отличается большей сплошностью, то есть количество, инжектируемого газа, мало. При этом

диаметр струи не расширяется, а сужается по ходу истечения. Кроме того часть инжектируемого струёй газа, выделяется из газожидкостного потока в камеру аппарата, а затем снова захватывается струёй. Таким образом, некоторое количество газовой фазы постоянно циркулирует.

Однако, для определения уносимого струёй газовой фазы, необходимо иметь возможность рассчитывать диаметр жидкостной струи  $d_c$ . Была проведена серия экспериментальных исследований, на основании которых была получена зависимость для определения  $d_c$ .

При выводе уравнения для расчёта  $d_c$  был применён метод кратных множителей. Вывод уравнения:

1. Определение критерия Фруда  $Fr$  для каждого эксперимента,

$$Fr = \frac{v^2}{gL}$$

2. Построение графических зависимостей  $d_{стр} = f(Fr)$  для каждого эксперимента.

3. Нахождение подходящей функции, описывающей данные кривые

$$y = \ln(x)$$

4. Вывод уравнения  $d_{стр} = \ln(aFr + b)$

$$d = \left( \frac{d_0'}{d_0} \right)^x \ln(a \cdot Fr + b)$$

$$\left( \frac{d_0'}{d_0} \right)^x = \frac{d_{cmp}}{\ln(a \cdot Fr + b)}$$

$$x = \log_{\left( \frac{d_0'}{d_0} \right)} \frac{d_{cmp}}{\ln(a \cdot Fr + b)}$$

где  $d_0'$  – текущее значение диаметра сопла, м;

где  $d_0$  – минимальное значение диаметра сопла в пределах экспериментальных данных, мм.

5. Построение графической зависимости  $d_0 = f(x)$ . Где  $x$  рассчитывается по уравнению пункта 4 и берётся среднее арифметическое для соответствующего диаметра сопла.

6. Полученное уравнение линии  $d_0 = f(x)$  ( $d_0 = -0,0089x + 0,0043$ ) подставляется в уравнение пункта 4.

$$-0,0089x = d_0 - 0,0043$$

$$x = \frac{d_0 - 0,0043}{-0,0089}$$

$$d_{cmp} = \left( \frac{d_0'}{d_0} \right)^{\frac{d_0 - 0,0043}{-0,0089}} \ln(a \cdot Fr + b)$$

Была получена следующая зависимость

$$d_{cmp} = \left( \frac{d_0'}{5} \right)^{\frac{d_0 - 0,0043}{-0,0089}} \ln(0,001 \cdot Fr + b) \quad (1)$$

В результате выполненных экспериментальных исследований, коэффициент  $b$  в формуле (1) нами уточнялся, в зависимости от различных диаметров сопел.

$d_c$ , мм	5	6	8,5	9	10
$b$	0,003	0,0045	0,0058	0,0058	0,0055

#### Литература.

1. Лебедева Т. Я., Новосёлов А. Г., Гуляева Ю. Н. О влиянии конструктивных параметров на инжекционный процесс в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах. Сборн. научн. трудов «Проблемы процессов и оборудования пищевой технологии». СПб, СПбГУНиПТ, 2000. – с. 102 – 110.
2. Сивенков А. В., Гуляева Ю. Н., Новосёлов А. Г. Гидродинамика газожидкостных потоков в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах (КСИА). Гидродинамика КСИА проточного типа с повышенной производительностью по газовой фазе. // Известия СПбГУНиПТ. 2007, №2 – с. 14 – 16.
3. Сивенков А. В., Лебедева Т. Я., Новосёлов А. Г. Гидродинамика газожидкостных потоков в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах (КСИА). Гидродинамика КСИА без рециркуляции фаз // Вестник МАХ, 2005. №4. с. 6 – 10
4. Сивенков А. В., Лебедева Т. Я., Новосёлов А. Г. Гидродинамика газожидкостных потоков в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах (КСИА). Кожухотрубный струйно-инжекционный аппарат с рециркуляцией фаз. Известия СПбГУНиПТ. 2005. №1, с. 105 – 108
5. Прохорчик И.П. Интенсификация процесса инъекции воздуха свободными струями жидкости в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах. – Дис. ... канд. техн. наук – Л. 1989. – 125 с.
6. Сивенков А.В. Гидродинамика газожидкостных потоков в кожухотрубных струйно-инжекционных аппаратах повышенной производительности по газовой фазе. – Дис. ... канд. техн. наук – С. 2009. – 79 с.

## **Studying the dependence of diameter of free liquid jets on the geometrical sizes snuffled also the charge of a liquid.**

Агаев К.Е., Иlichev V.A., Lebedeva T.Y. kirillmedvedev87@mail.ru

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

*In article experimental data on change of diameter of a jet at small charges and their mathematical processing are presented. In work deadlock mode КСИА on a gas phase and flowing on liquid, and also a conclusion of theoretical dependence are described in detail.*

Keywords: КСИА, diameter of a jet, a deadlock mode.