

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАПЕЛЬ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ ВОДЫ ИЗ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ С ВКЛАДЫШЕМ

Ключевые слова: центробежная форсунка, распределение капель по размерам.

Исследовано распределение капель при истечении воды из центробежной форсунки малой производительности с вкладышем в комнатную среду. Определена начальная скорость капель в зависимости от диаметра их. Получена аппроксимационная зависимость скорости капель от их диаметра.

Keywords: centrifugal atomizer, the droplet size distribution.

The distribution of water droplets at the expiration of the swirler low productivity with a liner in the room environment. With an initial velocity of droplets as a function of their diameter. Received approximations drop velocity dependence of their diameter.

Как известно, на процессы тепло- массообмена, кроме внутренних контактных устройств, особое положительное влияние оказывают устройства распыливания жидкостей [1]. В разработанном на кафедре МАХП КНИТУ тепло- массообменном устройстве вихревого типа [2, 3] используется центробежная форсунка с вкладышем рис. 1.

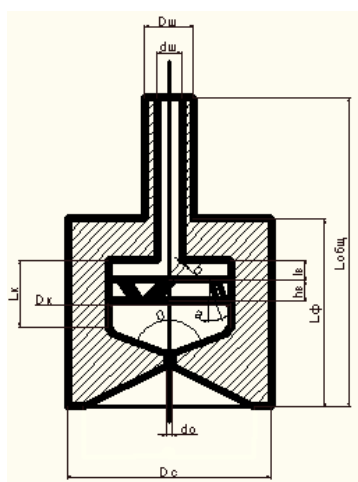


Рис. 1 – Центробежная форсунка малой производительности с вкладышем закручивания потока жидкости. $D_{ш}$ – внешний диаметр штуцера, мм; $d_{ш}$ – внутренний диаметр штуцера, мм; d_0 – диаметр сопла, мм; D_c – диаметр форсунки, мм; D_k – диаметр камеры форсунки, мм; L_k – высота камеры форсунки, мм; L_f – высота форсунки, мм; $L_{общ}$ – общая высота форсунки, мм; θ – конусность сопловой части форсунки, град; b – ширина канала завихрителя, мм; α – угол наклона каналов завихрителя, град

Струя жидкости, распыливаемая данной форсункой рис.1, распадается на большое число капель, размеры которых существенно меньше выходного диаметра сопла [4]. Размер капель, получаемых при диспергировании жидкости центробежными форсунками, является одной из основных характеристик, определяющих эффективность оборудования. Тепло- массоперенос происходит на поверхностях капель, спектр

размеров которых находится в широком диапазоне, т.е. поток капель является полидисперсным. Теоретические формулы для определения размеров капель отсутствуют, а эмпирические формулы применимы только в области исследуемых параметров [5, 6]. Экспериментальные данные по распыливаю жидкости центробежной форсункой с вкладышем с аналогичными геометрическими размерами, после тщательного литературного поиска – выявить не удалось.

Цель настоящей работы – провести экспериментальное исследование распределения капель при истечении воды из центробежной форсунки с вкладышем в комнатную среду.

Авторами данной работы проводились эксперименты по истечению подкрашенной воды с температурой 21°C из центробежной форсунки при давлении $P_{абс} = 3,5$ атм, в комнатную среду. Фотографирование капель фотокамерой «Nikon CoolPix L810», с 26-ти кратным увеличением (рис. 2), позволило определить размеры и число капель.



Рис. 2 – Фотография факела распыла воды температурой 21°C из центробежной форсунки с вкладышем

На фотографии (рис. 2) видно:

1. выходящий из центробежной форсунки поток, является полидисперсным;
2. максимальный и минимальный диаметры капель;

3. количество капель с различным спектром размеров, представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1 – Качество распыливания центробежной форсункой с вкладышем

Диаметр капль, мкм	Распределение капль, %	Число замеренных капль, шт
87,81	30,69	512
175,61	14,68	245
219,51	11,45	191
241,46	10,73	179
285,37	9,53	159
307,32	8,63	144
351,22	6,53	109
439,02	4,55	76
526,83	2,63	44
614,63	0,23	4
658,54	0,11	2
702,44	0,11	2
790,24	0,05	1
	100	1668

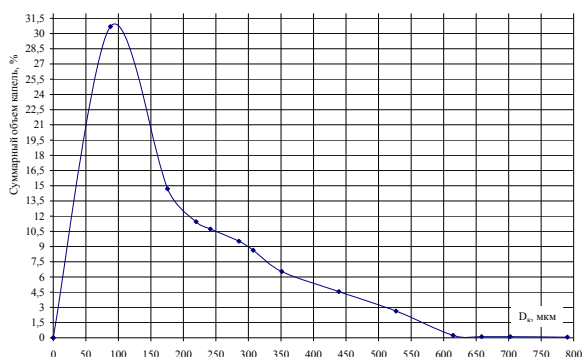


Рис. 3 – Распределение капль воды, температурой 21°C по размерам, распыленной центробежной форсункой с вкладышем

Из табл. 1 и из графика рис. 3 видно, что основная часть капль имеет диаметр до 500 мкм.

По полученному распределению капль распыленной воды в неподвижную среду, определялась начальная скорость капль по формуле (1), предложенному в работе [7]:

$$v_k = \sqrt{\frac{r_k \cdot \rho_{\text{жк}}}{6 \cdot \delta_{\text{жк}}}} \quad (1)$$

где r_k – радиус капль, м; $\rho_{\text{жк}}$ – плотность капль, кг/м³; $\delta_{\text{жк}}$ – коэффициент поверхностного натяжения Н/м².

Вычисленная по формуле (1) скорость капль представлена на рис. 4. Из графика рис. 4 видно, что скорость капль увеличивается по мере увеличения массы их. Согласно исследований [4, 5, 6, 8, 9] и экспериментов авторов, визуально наблюдалось, что капль с наименьшим диаметром

движутся ближе к оси форсунки по сравнению с крупными каплями.

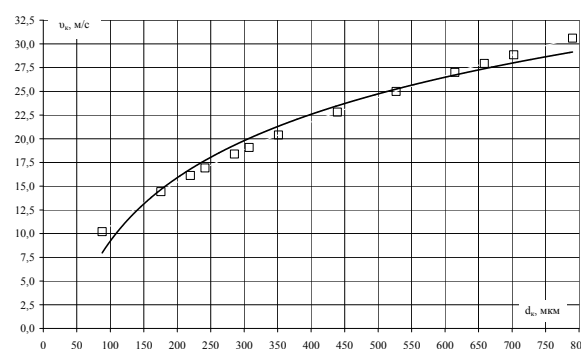


Рис. 4 – Скорость капль различного диаметра распыленной, центробежной форсункой с вкладышем, воды с температурой 21°C.

Получена аппроксимационная логарифмическая зависимость скорости капль от их размера (2):

$$v_k = 9,6414 \ln(d_k) - 35,186 \quad (2)$$

Погрешность данной зависимости составляет не более 3%. Данную зависимость можно применять при следующих расчетах:

1. траектории капль;
2. деформации капль в зависимости от гидродинамических параметров и теплофизических свойств потока влияющего на нее;
3. тепло- массообмен капль (конденсация, испарение).

Литература

1. Л.Н. Москалев, С.И. Поникаров, В.В. Алексеев, И.И. Поникаров. *Вестник Казанского технологического университета*. Т. 15. №18, 189-191 (2012)
2. Л.Н. Москалев, С.И. Поникаров, В.В. Алексеев, И.И. Поникаров. *Вестник Казанского технологического университета*. Т. 14. №14, 318 (2011)
3. Пат. RU 124778 U1 МПК F28B 3/08 (2012)
4. В.С. Галустов. *Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике*. Энергоатомиздат, Москва, 1989. 240 с.:ил.
5. Л.А. Витман, Б.Г. Кацнельсон, И.И. Палеев. *Распыливание жидкости форсунками*. Государственное энергетическое издательство, Москва. 61-71 (1962)
6. Лышевский А.С. *Процессы распыливания топлива дизельными форсунками*. МАШГИЗ. Москва, 1963
7. А.Л. Душкин, А.В. Карпышев, М.Д.Сегаль. *Оптимизация параметров потоков тонкораспыленных огнетушащих веществ*. Пожаровзрывобезопасность. №1, 39 – 44 (2010)
8. Д.Г. Пажи, В.С. Галустов В.С. *Основы техники распыливания жидкостей*. Химия. Москва, 9-16 (1984)
9. Ю.И. Хавкин. *Центробежные форсунки*. «Машиностроение». Ленинград, 108-120 (1976).

© Л. Н. Москалев – зав. лаб. МАХП, КНИТУ, lejnya@yandex.ru; И. Н. Москалев – магистрант каф. МАХП, КНИТУ; С. А. Вилюхин – канд. техн. наук, доцент каф. МАХП, КНИТУ, VSA73@mail.ru; М. Р. Халиков – магистрант каф. МАХП, КНИТУ, knitu83@mail.ru.

© L. Moskalev – Head of Laboratory of MECP, KNRTU, lejnya@yandex.ru; I. Moskalev – undergraduate, machinery and equipment of chemical plants, KNRTU; S. Vilohin – Candidate of Technical Science, Associate Professor, machinery and equipment of chemical plants, KNRTU, VSA73@mail.ru; M. Halikov – undergraduate, machinery and equipment of chemical plants, KNRTU, knitu83@mail.ru.