

РАСЧЕТ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ЭЖЕКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

И.А. Лысак^{1,2}, Г.В. Лысак¹

¹ Сибирский физико-технический институт
Томский государственный университет

² Институт кибернетики
Томский политехнический университет
г. Томск

Статья посвящена конечно-элементному расчету скоростей потоков воздуха в эжекционном распылительном устройстве при различной величине площади критического сечения кольцевого конвекгентного сопла.

Ключевые слова: газодинамический расчет, эжекционное распылительное устройство, поле скоростей воздушного потока, распыление вязких жидкостей.

В настоящее время волокнистые материалы находят все более широкое применение в самых разных областях от тепло и звукоизоляционных материалов до носителей наночастиц [1-3]. Особый интерес представляют синтетические полимерные волокнистые материалы, получаемые распылением расплава с использованием эжекционных волокну-формирующих устройств [4]. В таких устройствах определяющее влияние на процесс распыления оказывает относительная скорость и характер движения потоков жидкости и газа [5]. Настоящая работа посвящена расчету поля скоростей газового потока при различной величине площади критического сечения кольцевого конвекгентного сопла эжекционного устройства, созданного для распыления расплавов термопластичных полимеров, находящихся в вязкотекучем состоянии.

Эжекционное распылительное устройство (рисунок 1) содержит корпус, состоящий из верхней и нижней частей, между которыми выполнена напорная полость с отверстием для подачи энергоносителя и кольцевое рабочее сопло, сообщающееся с напорной полостью, причем в верхней части корпуса выполнена осесимметричная воронка для приема расплава термопластов, внешняя поверхность выходной части которой образует одну из стенок рабочего сопла. При этом части корпуса установлены с возможностью линейного смещения верхней части относительно нижней вдоль оси на величину от $0,0014D$ до $0,4D$, где D – наименьший диаметр воронки, и фиксирования их в этом по-

ложении. Устройство содержит средство для изменения и фиксирования геометрических размеров рабочего сопла, представляющее собой резьбовое соединение частей корпуса, верхняя часть имеет 4 фиксирующих отверстия, расположенных по окружности на угловых координатах 0° , 15° , $187,5^\circ$ и $202,5^\circ$, а в нижней части выполнены 12 резьбовых отверстий с шагом 30° по окружности того же диаметра, служащих для установки стопорного винта в одном из возможных совпадений отверстий в нижней и верхней частях корпуса, что позволяет дискретно регулировать зазор кольцевого рабочего сопла в одном из 48 положений на каждый оборот.

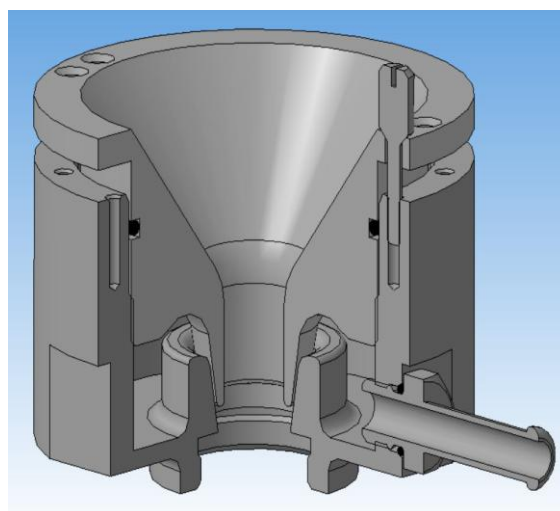


Рисунок 1 – Твердотельная модель эжекционного устройства для распыления вязких жидкостей

РАСЧЕТ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ЭЖЕКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Распыление осуществляется в результате действия потока рабочего тела (газ, пар, аэрозоль), поступающего из кольцевого конвергентного сопла под углом, на струю распыляемого материала, истекающего из размещенного соосно отверстия, при этом эжектируемый поток увлекает струю расплава в зону распыления, исключая его контакт с деталями распылителя. В качестве рабочего тела использовался воздух температурой $T_{в}=25^{\circ}\text{C}$. Площадь критического сечения кольцевого сопла регулировалась ступенчато в диапазоне от $A_{\min}=20,8 \text{ мм}^2$ до $A_{\max}=83,2 \text{ мм}^2$. На данном этапе расчеты выполнялись для однофазного потока без учета распыляемой жидкости. Скорость воздуха рассчитывалась в каналах устройства и в окрестностях его выходного сечения. Положение нижнего торца устройства соответствует нулевому значению осевой координаты. Движение воздушных потоков в рассматриваемой области описывалось системой осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса [6], использовалась стандартная “ $k-\varepsilon$ ” модель турбулентности, воздух при этом рассматривался как идеальный газ [7]. Расчеты проводились в программном комплексе ANSYS CFX. Зависимости изменения скорости воздушного потока вдоль оси эжекционного распылительного устройства при различных значениях

площади критического сечения кольцевого сопла (A), определяемого величиной зазора между стенками верхнего и нижнего корпуса, представлены на рисунке 2.

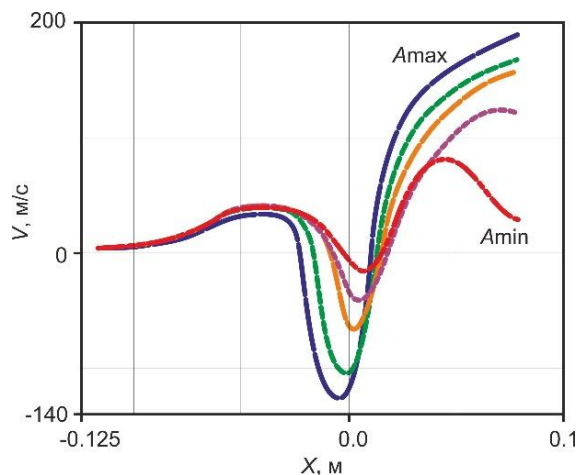


Рисунок 2 – Изменение скорости воздушного потока вдоль оси устройства

Поле скоростей воздушного потока при минимальной (A_{\min}) и максимальной (A_{\max}) площади критического сечения кольцевого сопла представлено на рисунке 3.

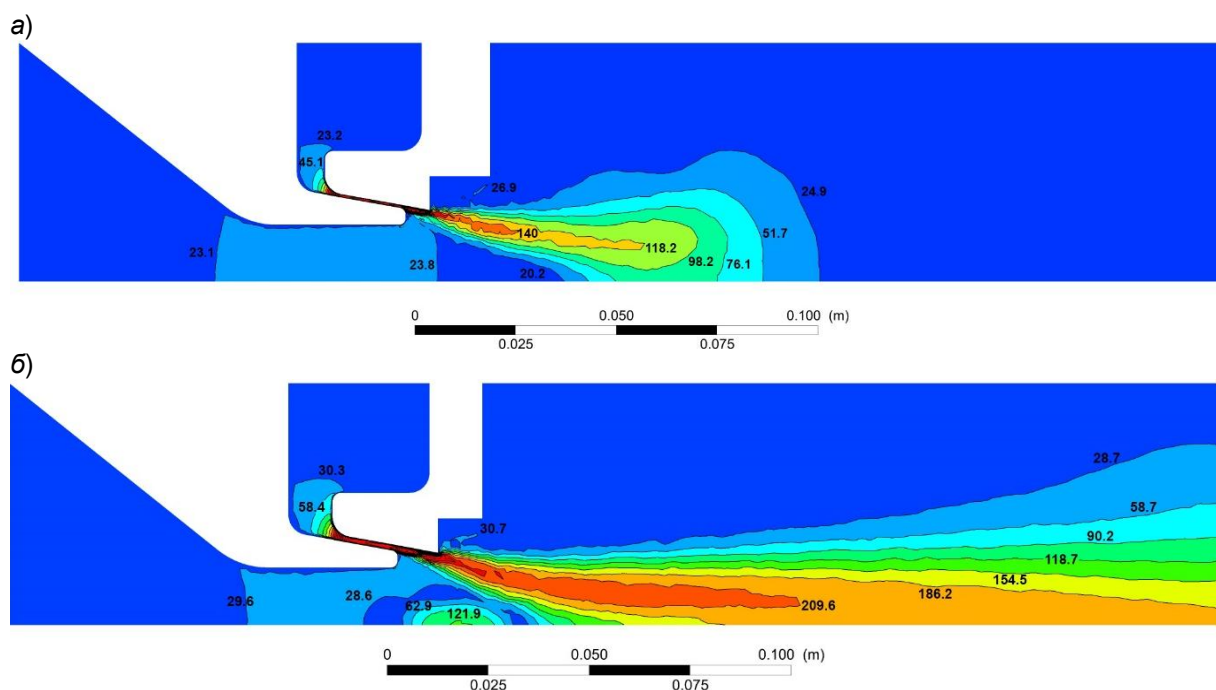


Рисунок 3 – Поле скоростей воздушного потока [м/с]: а – при A_{\min} ; б – при A_{\max}

Анализируя зависимости, представленные на рис. 2 и 3, можно констатировать, что величина скорости потока эжектируемого воздуха слабо зависит от площади сечения кольцевого сопла, несмотря на то, что скорость и расход истекающего через него воздуха увеличивается значительно при увеличении A . Кроме того, существенно меняется картина движения воздуха: в центральном канале вблизи выходного сечения эжектора формируется интенсивное вихревое течение, что непременно сказывается на процессе распыления.

Таким образом, проведено теоретическое исследование поля скоростей воздушных потоков в эжекционном распылительном устройстве и его изменение в зависимости от площади критического сечения его кольцевого конвергентного сопла. Установлено, что эжектируемый поток слабо зависит от изменения площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hongu T, Phillips G.O. New millennium fibres. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. - 2003. - 384 p.
2. Lysak G.V., Lysak I.A., Shabalina A.V., Izaak T.I., Malinovskaya T.D. Study of oxide nanostructure cata-

lysts on polypropylene carrying agents for the removal of organic contaminants from water. Russian Journal of Applied Chemistry. 2010. v. 83(12). p. 2193-2195.

3. Zhukovsky M.S., Vazhenin S.V., Beznosjuk S.A., Lysak I.A., Lysak G.V., Malinovskaya T.D. Formation of silver nanoparticles on polypropylene microfibrillar carriers Russian Physics Journal. 2011. v. 54(7). p. 739-748.

4. Лысак И.А., Лысак Г.В., Малиновская Т.Д. Волокнистый материал, полученный по технологии прямого аэродинамического формирования как носитель активных наночастиц. Перспективы использования. Ползуновский альманах. 2014. № 1. С. 30-33.

5. Лысак И.А., Малиновская Т.Д., Лысак Г.В., Потехаев А.И., Кулагина В.В. Формирование волокнистых материалов методом пневматического распыления полимеров, находящихся в вязкотекучем состоянии. Известия вузов. Физика, т. 10. – 2016. – с. 56-63.

6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоиздат, 1984. – 152 с.

7. ANSYS CFX-Solver Theory Guide: Release 15.0 // ANSYS Inc. – 2013. – 372 p.

Лысак Илья Александрович – к.т.н., с.н.с. СФТИ ТГУ, инженер ИК ТПУ тел.: (3822) 705-087, e-mail: lysakilya@gmail.com;

Лысак Галина Владиленовна – к.х.н., с.н.с. СФТИ.