

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВИДОВ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ
ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ АППАРАТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**И.Н. Мадышев¹, О.С. Дмитриева²Научный руководитель: доцент, д.т.н. А.В. Дмитриев²¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, 420015

² Казанский государственный энергетический университет,

Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51, 420066

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

**THE DEVELOPMENT OF NEW CONTACT DEVICES FOR HEAT AND MASS TRANSFER
APPARATUS OF PETROCHEMICAL PLANTS**I.N. Madyshev¹, O.S. Dmitrieva²Scientific Supervisor: Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences A.V. Dmitriev²¹ Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan, Karl Marx str., 68, 420015² Kazan State Power Engineering University, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51, 420066

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Abstract. *The design of jet-film contact device for carrying out heat and mass transfer processes in gas-liquid systems is developed. The separation efficiency of the contact device with its different geometric dimensions and diameters of the captured droplets is investigated.*

Введение. Колонные теплообменные аппараты находят широкое применение в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности при проведении процессов абсорбции, ректификации, жидкостной экстракции и газосепарации [1]. Создание высокопроизводительных и эффективных колонных аппаратов связано в первую очередь с разработкой более совершенных конструкций контактных устройств.

Основной технологической задачей при разработке новых конструкций контактных устройств является увеличение удельной поверхности контакта фаз с одновременным уменьшением гидравлического сопротивления газовому потоку. Решение данной задачи авторы видят в использовании разработанных и экспериментально апробированных струйно-пленочных контактных устройств, имеющих различные модификации.

Материалы и методы исследования. Предлагаемое струйно-пленочное контактное устройство [2] (рис. 1) состоит из параллельных квадратных сливных стаканов 1, имеющие вертикальные стенки, необходимые для поддержания уровня жидкости внутри них. Опорами для сливных стаканов 1 являются вертикальные перфорированные перегородки 2, имеющие прорезы, предназначенные для установки соответствующих сливных стаканов 1. При этом стаканы 1 открыты с верхнего своего конца, а в днище выполнены отогнутые лепестки 3 в виде круговых сегментов, необходимые для распределения жидкости по поверхности вертикальных перфорированных перегородок 2.

Разработанное струйно-пленочное контактное устройство работает следующим образом.

Жидкость через множество отогнутых лепестков 3, выполненных в днище сливных стаканов 1, распределяется в виде струй на расположенные ниже вертикальные перфорированные перегородки 2. При движении струй жидкости по поверхности вертикальных перегородок 2 происходит распределение жидкости с образованием устойчивого пленочного течения. При этом стекающая пленка жидкости контактирует с восходящим потоком газа. Далее образовавшаяся пленка, соударяясь о поверхность жидкости, находящейся внутри стаканов 1, разрушается. Принимая расстояние между сливными стаканами на одном уровне, равными ширине сливного стакана, обеспечивается равнопроточность для прохода газа, что приводит к снижению гидравлического сопротивления предлагаемого струйно-пленочного контактного устройства.

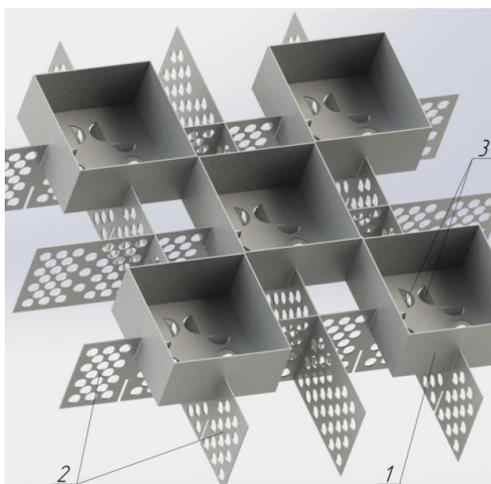


Рис. 1. Струйно-пленочное контактное устройство: 1 – сливной стакан; 2 – перегородки; 3 – лепестки

Целью проводимых численных исследований является определение эффективности осаждения аэрозолей на пленке жидкости в предлагаемом контактном устройстве. Исследования проводились в программном комплексе ANSYS Fluent, в котором моделировалось взаимодействие потоков жидкости и газа на примере системы воздух–вода при температуре 20°C. Эффективность сепарации оценивалась как на одной контактной ступени, так и в аппарате, состоящем из 3 ступеней. При этом в ходе исследований изменялись геометрические размеры устройства в масштабе, пропорциональном характерным его размерам, а именно ширине сливного стакана принятой равной 100 мм и высоте стенки равной 47,5 мм. Кроме того, размеры частиц (капель воды сферической формы) изменялись в пределах 1–30 мкм. Уровень жидкости в сливном стакане принимался максимальным.

В качестве основной модели выбрана модификация двухпараметрической модели турбулентности $k-\omega$ SST-модель, показывающая удовлетворительное согласование с экспериментальными данными. Граничные условия: полагалось, что на всех поверхностях контактных элементов выполняется условие прилипания. Эффективность сепарации определялась по соотношению:

$$E = 1 - \frac{N}{N_0},$$

где N_0 – общее число частиц; N – количество частиц, унесенных газовым потоком.

Результаты. При проведении численных исследований общее количество частиц составляло 1000, при этом они были равномерно распределены по сечению контактного устройства. Результаты

исследований показали, что эффективность сепарации капель жидкости диаметром менее 10 мкм практически не зависит от геометрического коэффициента и составляет не более 25% (рис. 2). При увеличении диаметра частиц эффективность сепарации возрастает. Так, например, капли, диаметром более 50 мкм улавливаются на 100%.

Из рис. 3 видно, что при геометрическом коэффициенте $M_b < 0,5$ эффективность сепарации составляет не менее 0,74. При дальнейшем увеличении геометрического коэффициента эффективность сепарации стремится к значению 0,53. Следовательно, при проектировании струйно-пленочных контактных устройств следует уменьшать ширину сливного стакана, однако, на практике использование контактных элементов с шириной менее 50 мм приводит к излишней металлоемкости конструкции.

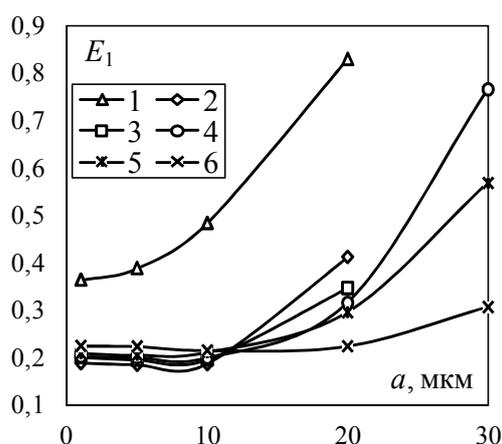


Рис. 2. Зависимость эффективности сепарации на одной ступени от диаметра капель при различных геометрических коэффициентах контактного устройства M_b : 1 – 0,5; 2 – 0,6; 3 – 0,75; 4 – 0,85; 5 – 1; 6 – 2

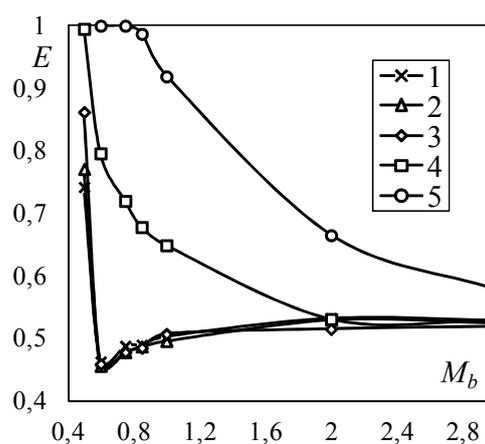


Рис. 3. Зависимость эффективности сепарации контактного устройства от геометрического коэффициента при различных диаметрах капель a , мкм: 1 – 1; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 20; 5 – 30

Выводы. Согласно проведенным ранее расчетам при действительной скорости газа в сужении струйно-пленочного контактного устройства равной 20 м/с критический диаметр образующихся капель не будет превышать 1,6 мм. Проведенные численные исследования показывают, что эффективность осаждения таких капель составит 100%. Следовательно, при проектировании контактных устройств отпадает необходимость использования дополнительных сепарирующих устройств или каплеуловителей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60081 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 829 с.
2. Пат. 171022 РФ. МПК В01Д 3/20. Контактное устройство с пленочным течением жидкости для тепломассообменных аппаратов / А.В. Дмитриев, О.С. Дмитриева, И.Н. Мадышев, А.Н. Николаев, Л.В. Круглов. Заявлено 09.01.2017; Опубл. 17.05.2017, Бюл. № 14. – 6 с.