

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КАПЕЛЬ ПРИ ДРОБЛЕНИИ ЖИДКОСТИ, СТЕКАЮЩЕЙ С ТОРЦОВ НАКЛОННЫХ ПЛАСТИН

М.Д.Сабырханов, П.К.Омаркулов, А.Жаксанова, А. Танирбергенов  
ЮКГУ им. М.Ауезова, ЮКГМА, г. Шымкент

Эффект соударения капель о пленку жидкости встречается в большинстве массообменных аппаратов, однако его влияние на интенсивность массообмена мало изучено. Основной причиной этого, на наш взгляд, является то, что изучение этого эффекта представляет собой сложную задачу, где необходимо учитывать дробление пленочной жидкости в различных режимах, движение самой пленки, возмущенной каплями жидкости, капельную составляющую взаимодействующих фаз, зону возмущения или результаты самого эффекта взаимодействия в виде обновленной поверхности и т.д.

Назрела необходимость изучить это явление более детально с тем, чтобы на основе полученных результатов исследований в дальнейшем разрабатывать новые конструкции аппаратов и определить наиболее интенсивные режимы взаимодействия газовой и жидкой фаз.

Нами проведены экспериментальные исследования по изучению: закономерности механизма дробления жидкости с торцов наклонных пластин; дисперсного состава капель, образуемых при дроблении жидкости; гидравлического сопротивления контактного устройства в зависимости от скорости газа и плотности орошения; массообменных характеристик в зависимости от режимных и конструкционных параметров.

Для оценки эффекта массообмена при дроблении жидкости на капли необходимо знание размеров образуемых капель. Однако решение этой задачи требует выявления механизма образования капель при дроблении пленки жидкости газовым потоком, поскольку в имеющейся литературе не учитывается влияние различных геометрических и режимных параметров взаимодействующих потоков на эффект дробления.

Так, например, авторами работ [1-3] описывается механизм образования капель в результате дробления пленок на различных поверхностях насадочных тел. В частности, в работе [2] описывается механизм образования капель в слое подвижной насадки, в работе [4] – в аппаратах с регулярной подвижной пластинчатой вибрирующей, пластинчатой вращающейся, цилиндрическими насадками, в работе [5] – механизм образования капель в аппаратах с пластинчатыми регулярными насадками в прямоточном режиме движения фаз. Однако, в указанных работах не раскрывается механизм образования капель при различных режимных и геометрических параметрах взаимодействующих фаз.

В работе [3] указывается, что число струй, на которые распадается пленка, практически не зависит от расхода жидкости, следовательно, от толщины пленки тоже не зависит.

Имеются также сведения о том, что образуемые капли в результате дробления пленок имеют монодисперсный состав [6], что не согласуется с результатами исследований авторов [7] о полидисперсности образуемых капель.

В связи с этим нами были проведены эксперименты по изучению дробления на капли пленки жидкости, стекающей с торца одиночной наклонной пластины. При выборе экспериментальной установки исходили из условия возможности визуального наблюдения.

В ходе проведенных экспериментов выявлено, что характер движения и механизм дробления пленки жидкости зависят: от скорости движения газа, угла наклона пластины и расхода жидкости. В связи с этим нами проведены исследования влияния каждого из них на процесс дробления жидкости.

Экспериментально установлено, что при малых скоростях движения газа  $\omega_r < 1,0$  м/с жидкость в виде пленки стекает вниз. Однако, стекающая с торца пластины жидкость при этом несколько сжимается за счёт сил поверхностного натяжения и напоминает язычок. Длина этого "язычка" зависит от расхода подаваемой жидкости.

Сравнение с литературными данными [8] показало, что механизм дробления на капли пленки, стекающей с торцов пластины, отличается от дробления пленки, стекающей с поверхности сферического элемента, которая дробится на отдельные капли. При малых расходах жидкости  $L_{op} = 0,37 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/м·с острая часть этого "язычка" закручивается и образует валик.

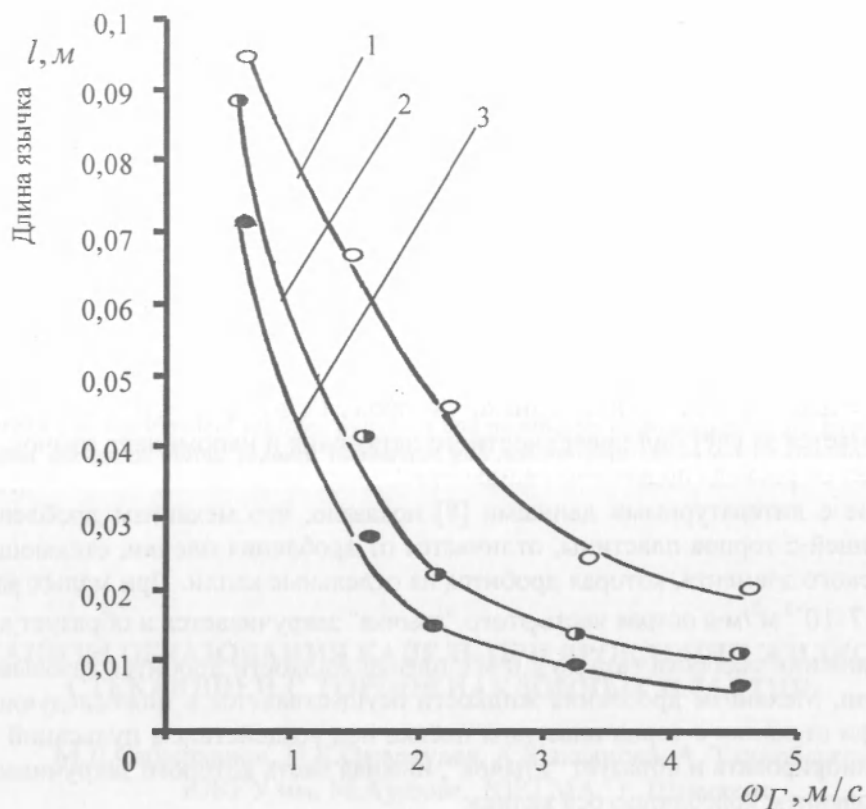
При повышении скорости газа до 2,0 м/с пленка жидкости дробится газовым потоком на отдельные капли. Механизм дробления жидкости осуществляется в нижеследующей последовательности: при стекании с торца пластины пленка под воздействием пульсаций газового потока начинает вибрировать и образует "язычок", нижняя часть которого закручивается с последующим образованием колеблющегося валика.

Размер колеблющегося валика больше, чем средний размер капель. Пленка жидкости и валики разрушаются потоком газа, обладающим значительной кинетической энергией. Размер или длина валика в соответствии с данными работы [9] определяется масштабом длины, на которой уравниваются силы динамического воздействия газового потока и силы поверхностного натяжения  $l_b \approx \sigma / \rho_r \omega_r^2$ . Под действием этих сил валик распадается на отдельные капли.

Установлено, что длина сплошной части "язычка" зависит от расхода подаваемой жидкости на ширину пластины. Как видно из рисунка 1 при  $L_{op} = 1,48 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/м·с длина сплошной части "язычка" будет иметь значение несколько большее, чем это было бы при  $L_{op} = 0,37 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/м·с. Однако характер зависимости  $l$  от  $\omega_r$  имеет вид, аналогичный при всех плотностях орошения. Длина сплошной части "язычка" зависит от скорости движения газа, при значении  $\omega_r \geq 2,0$  м/с ее величина резко уменьшается и имеет тенденцию к постоянному значению. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что при достижении скорости газа  $\omega_r \geq 2,0$  м/с нижняя часть "язычков" начинает дробиться на отдельные капли газовым потоком, соответственно длина сплошной части уменьшается настолько, насколько распадается сплошная нижняя её часть.

Фотосъемка показала, что ширина "язычков" в  $3 \div 4$  раза больше диаметра валиков, а длина примерно в 2 раза больше длины валиков. Поперечный размер сплошной пленки на порядок превышает диаметр струйных образований. Такое различие наших данных и работы [10], видимо, связано с тем, что мы рассматриваем наклонную пластину, а в работе [10] жидкость стекала с кромки горизонтальной пластины. Результаты исследований длины валиков в нашей работе и авторов [10] практически совпадают.

В соответствии с теорией дробления пленок и струй маловязкой жидкости, при больших относительных скоростях газа и жидкости отношение размера валика к его диаметру не зависит от скоростей движения потоков. Обработкой полученных нами результатов исследований по методике, предложенной в работах [9,10] нами для воздуха и воды получено следующее отношение  $l_b \approx 2,21d_b$ .



$$v = 30 \text{ мм}; \alpha = 45^\circ. \quad 1 - L_{op} = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м} \cdot \text{с}; \quad 2 - L_{op} = 0,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м} \cdot \text{с};$$

$$3 - L_{op} = 0,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м} \cdot \text{с};$$

Рисунок 1 - Длина сплошной части "язычка"  $l$  в зависимости от скорости газа  $\omega_{\Gamma}$ .

Изменением угла наклона пластины к вертикальной оси получены следующие результаты: с понижением угла наклона пластины длина сплошной части "язычка" повышается и, наоборот, с повышением угла наклона пластины длина сплошной части "язычка" уменьшается. При этом вектор направления сплошной части "язычка" и валика стремятся к параллельной линии с вертикальной осью аппарата. Характер зависимости  $l$  от  $\omega_{\Gamma}$  при различных плотностях орошения остаётся аналогичным.

#### Литература

- 1 Войнов Н.А., Коновалов Н.А., Николаев Н.А. Особенности свободного стекания пленки жидкости по внутренним и наружным поверхностям труб с регулярной винтовой шероховатостью // ТОХТ. -1993. - т.27. - С.638-641.
- 2 Марков В.А., Войнов Н.А., Николаев Н.А. Массоотдача в турбулентных пленках жидкости стекающих по гладкой и шероховатой поверхностям // ТОХТ. -1990. - т.24. - С.442-449.
- 3 Кочин Н.Е., Кибель Н.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, -М: Физматгиздат, 1963.-728с.
- 4 Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: дисс... докт. техн. наук.- Шымкент, 1999.-300с.
- 5 Кулов Н.Н. Гидродинамика и массообмен в нисходящих двухфазных пленочно-дисперсных потоках: дисс.... докт. техн. наук.- М.: ИОНХ АН СССР им.Н.С.Курнакова, 1984.
- 6 Чехов О.С. Исследование и промышленное внедрение тарелок для массообменных процессов по принципу продольно-поперечного секционирования потоков в колонне: дисс.... докт. техн. наук.- М., 1969.-450с.

- 7 Конебеев Б.И. Гидродинамика и массообмен в жидкой фазе при восходящем движении тонких слоев жидкости: дисс..... канд. хим. наук.- М., 1958.-155с.
- 8 Серманизов С.С. Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при обтекании регулярно размещенных насадных тел: дисс. ... докт. техн. наук.- М.:ИОНХ,1991. -232с.
- 9 Бренер А.М., Болгов Н.П., Беруль С.С., Молдабеков Ш.М., Тарат Э.Я., Кирасиров О.М. Некоторые вопросы гидродинамики аппаратов с вертикальными контактными решетками //Теор. основ. хим. технол.- 1983.- т.17, №2.-С.199-205.
- 10 Конт-Белло Ж. Турбулентное течение в канале с параллельными стенками.-М:Мир, 1968.-176 с.

#### Қорытынды

Тәжірибе бойынша, тамшы өлшемдерінің газ жылдамдығына және себелеу тығыздығына тәуелділік қисықтарының экстремум нүктелері бар екендігі анықталды. Газ жылдамдығы  $4 \text{ м/с}$  болғанда тамшылардың орташа максималды өлшемдері  $2,5 \text{ мм}$ -ден аспайды, бірақ бұл жағдайда тамшылардың көп бөлігінің өлшемі  $2,0 \text{ мм}$  болады. Газ жылдамдығын жоғарылатқан сайын тамшылардың дисперсті құрамы біркелкіленуге ұмтылады.

#### Summary

By means of experimental tests that curls of dependence of drop sizes on the gas speed and feeding density have extremums. At gas speed  $4 \text{ m/s}$  the average maximal size of drops is not more than  $2,5 \text{ mm}$  but at that the majority of drops have size  $2,0 \text{ mm}$ . Since we increase gas speed the disperse staff of drops tries to become homogeneous.