

Р. Р. Ишматов, И. Н. Мадышев, А. В. Дмитриев

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ДЛИНЫ ЛОПАСТЕЙ СТРУЙНО-БАРБОТАЖНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

*Ключевые слова: крутящий момент, барботаж, контактное устройство, массообмен, деаэрация, струя, лопатка.**От эффективности технологических процессов деаэрации воды зависит надежность и экономичность работы энергетического объекта. В статье предложен барботажно-пленочный аппарат. Ступени струйно-барботажных аппаратов формируются из контактных устройств одинакового размера, количество которых определяется производительностью аппарата. Такой подход к конструктивному оформлению исключает необходимость решения вопроса масштабного перехода и позволяет создавать аппараты любой заданной производительности без снижения эффективности.**Keywords: torque, bubbling, contact device, mass transfer, deaeration, jet, blade.**The work reliability and efficiency of an energy object depends upon the efficiency of water deaeration technological processes. The paper developed are barbotage-film device. The stages of jet-bubbling devices are formed from contact devices of the same size, the amount of which is determined by the productivity /capacity of the apparatus. This approach to construction design eliminates the need of large-scale transition and allows to create devices of any productivity without degrading the efficiency.*

На предприятиях химико-технологической отрасли для получения продукции широко используются массообменные аппараты, в которых чаще всего применяют контакт жидкой и паровой фаз. [1-3].

Наиболее распространенные в промышленности массообменные аппараты – струйно-барботажные, струйные, пленочные и др. Вследствие невысокой пропускной способности насадочных элементов применение пленочных аппаратов ограничено. Однако появление в последние десятилетия множества новых конструкций, как нерегулярных, так и регулярных насадок позволяет повысить эффективность работы массообменных аппаратов. Наилучший эффект процесса массообмена достигается при использовании аппаратов, сочетающих струйный, пленочный или капельный принцип распределения воды с барботажем [4].

Возможным способом решения проблемы повышения массообменной эффективности является внедрение в действующие производства аппаратов с контактными устройствами, использующими струйно-барботажное взаимодействие парового и жидкостного потоков. Однако известные на сегодняшний день конструкции струйно-барботажных колонн имеют значительные габариты и весьма металлоемки, так как в данных аппаратах используются отсеки, предназначенные только для барботажного или струйного взаимодействия между паром и жидкостью. Кроме того, на барботажных тарелках наблюдается капельный унос жидкости, поэтому для эффективной работы барботажного отсека необходимо увеличивать высоту сепарационного пространства.

Указанные недостатки устранены в струйно-барботажных контактных устройствах, представленных на рис. 1. Контактное устройство представляет собой цилиндрический барабан 1, который приводится во вращение с помощью внешних радиальных лопаток 2 за счет кинетической энергии потоков жидкости и пара, движущихся в противоточном режиме. На внутренней поверхности по всей длине барабана размещены радиальные лопатки 3, которые разделены на отдельные секции за счет установки поперечных перегородок.

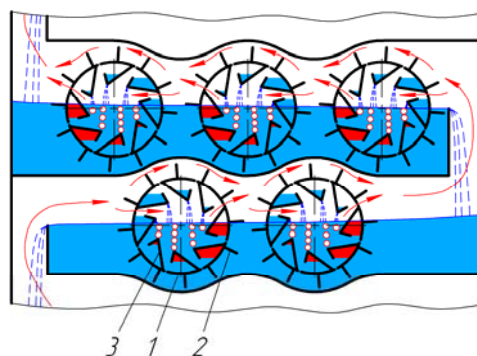


Рис. 1 – Схема массообменного аппарата со струйно-барботажными контактными устройствами: 1 – цилиндрический барабан; 2 – внешние лопатки; 3 – внутренние лопатки

Радиальные отверстия, выполненные на боковой поверхности барабана, служат для прохода и отвода контактирующих фаз из внутренней полости контактного устройства. С целью увеличения площади поверхности контакта фаз и образования свободно стекающих струй на конце радиальных лопаток выполнены треугольные риски. Для наиболее компактного расположения предлагаемых контактных устройств и исключения «мертвого» пространства тарелки контактных ступеней выполнены гофрированными. Внутренние радиальные лопатки 3, вращаясь вместе с барабаном 1, захватывают объем пара. Пар, находящийся внутри лопаток 3, при вращении барабана 1 погружается в слой жидкости, где происходит частичное сжатие пара и барботаж вытесненного объема через слой жидкости в виде пузырьков. Когда объем пара становится равным нулю, лопатки 3 захватывают жидкость, которая при дальнейшем вращении барабана 1 стекает в виде струй на поверхность потока жидкости. Часть потока жидкости, не поступающая во внутреннюю полость барабана, смачивает гидрофильную поверхность внешних радиальных лопаток, которые взаимодействуют с соответствующим потоком пара. Следует отметить, что в переливных устройствах предлагаемо-

го массообменного аппарата восходящий паровой поток контактирует с нисходящей струей жидкости, которая образуется с помощью сливной регулирующей планки, имеющей треугольные прорези. Данный способ организации контакта фаз позволяет существенно увеличить коэффициенты массоотдачи и повысить эффективность массообменных процессов. Ступени струйно-барботажных аппаратов формируются из контактных устройств одинакового размера, количество которых определяется производительностью аппарата. Такой подход к конструктивному оформлению исключает необходимость решения вопроса масштабного перехода и позволяет создавать аппараты любой заданной производительности без снижения эффективности.

В современной литературе представлено множество исследований по взаимодействию газа и жидкости [5-9], в тоже время для разработанного струйно-барботажного контактного устройства необходим новый подход создания его оптимальных конструкций. В работе [9] представлено гидродинамическое моделирование размеров пузырька в двухфазных течениях. Важным этапом проектирования этих устройств является определение оптимальных геометрических размеров для достижения максимальной эффективности массообменного процесса. В процессе работы струйно-барботажного контактного устройства наблюдается неравномерность расходов барботируемого пара и стекающей жидкости по сечению барабана, что приводит к снижению эффективности массообменных процессов. Поэтому целью проводимых численных исследований является определение таких геометрических параметров контактного устройства, которые позволяют интенсифицировать массообменные процессы за счет увеличения продолжительности контакта между паром и жидкостью. Одним из важнейших этапов при исследовании представленной конструкции контактного устройства является измерение крутящего момента, создаваемого внешними лопатками. Этот фактор главным образом влияет на работоспособность всей установки.

На сегодняшний день, не найдено надежных расчетных зависимостей и математических способов для расчета и измерения момента вращения барабана. Приблизительное его значение можно вычислить по формуле:

$$M = \rho F w^2 L, \quad (1)$$

где M – крутящий момент барабана, Н·м; ρ – плотность жидкости, кг/м³; F – площадь лопатки, м²; w – скорость потока, м/с; L – длина от центра барабана до точки приложения силы движущегося потока, м.

Согласно теории механики принимаем точку приложения силы как для распределенной нагрузки, то есть в центре лопатки.

Рассчитав при различных скоростях значения момента вращения барабана потоком жидкости построены графики зависимости момента от длины внешних лопаток на рис. 2.

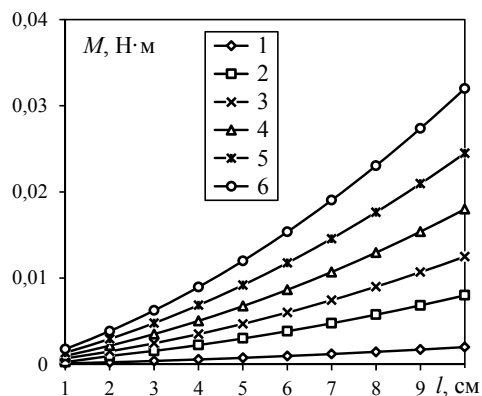


Рис. 2 – Изменение крутящего момента, создаваемого одной внешней лопаткой, от длины внешних лопаток при различных скоростях потока w , м/с: 1 – 0,1; 2 – 0,15; 3 – 0,25; 4 – 0,3; 5 – 0,35; 6 – 0,4

Проведенные исследования и разработки проводились в Нижнекамском химико-технологическом институте под научным руководством доктора технических наук Дмитриева Андрея Владимировича. В мировой практике аналогичных по конструкции контактных устройств найдено не было. На данный момент конструкция, расчетные данные и результаты исследований находятся на стадии получения патента.

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что использование предлагаемых контактных устройств даёт возможность создавать высокоэффективные массообменные аппараты для проведения газожидкостных процессов в системе жидкая – паровая фаза, при невысоких энергетических затратах на осуществление.

Литература

1. Л.В. Таранова, *Машины и аппараты химических производств*. ТюмГНГУ, Тюмень, 2011. 200 с.
2. Г.Х. Гумерова, О.С. Дмитриева, *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 10, 117-119 (2013)
3. О.С. Дмитриева, А.В. Дмитриев, А.Н. Николаев, *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 3, 63-65 (2013)
4. А.М. Каган, А.Г. Лаптев, А.С. Пушнов, М. И. Фарахов, *Контактные насадки промышленных теплообменников аппаратов*. Отечество, Казань, 2013. 454 с.
5. N. Kolev, B. Kraleв, D. Kolev, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, **63**, 44 (2013)
6. M. Behnoosh, E.G. Babakhani, J.S. Moghaddas, *Petroleum & Coal*, **51** (1) 27-32 (2009)
7. N. Karwa, L. Schmidt, P. Stephan, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **55**, 13-14 (2012)
8. S.B.G. O'Brien, L.W. Schwartz, *Theory and modeling of thin film flows*. Encyclopedia of Surface and Colloid Science, New York, 2002. Pp. 5283-5297
9. R. Hansen, *Computational and Experimental Study of Bubble Size in Bubble Columns*, PhD Thesis, Esbjerg Institute of Technology, Aalborg University, 2009. 158 p.

© Р. Р. Ишматов – студент НХТИ КНИТУ, ieremiada@gmail.com; И. Н. Мадышев – аспирант КНИТУ; А. В. Дмитриев – д.т.н., зав каф. МАХП НХТИ КНИТУ.

© R. R. Ishmatov – stud. NCHTI KNRTU, ieremiada@gmail.com; I. N. Madyshev – the graduate student KNRTU; A. V. Dmitriev – Prof., KNRTU.