

Вакуумная колонна обычно имеет гораздо больший диаметр (до 15 м) по сравнению с атмосферной дистилляционной колонной из-за большого объемного расхода в связи с низкими парциальными давлениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steven A., Treese Peter R. Pujado', David S. J. Jones. Handbook of Petroleum Processing. Second Edition. DOI 10.1007/978-3-319-14529-7
2. W.J. Baral, H.C. Huffman, Eighth World Petroleum Congress, Moscow, 4, 119–127 (1971)
3. A.P. Bolton, Zeolite chemistry and catalysis, A.C.S. monograph series no. 117, Washington, DC (1976), p. 714

УДК: 66.063.612

М.А. Промтов, проф., д-р техн. наук;
В.Г. Желудков, асп.
(ТГТУ, г. Тамбов, Россия)

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ЧАСТИЦ ЭМУЛЬСИИ, ПОЛУЧЕННОЙ В РОТОРНОМ ИМПУЛЬСНОМ АППАРАТЕ

Приготовление эмульсий необходимо для получения пищевых, косметических и лекарственных продуктов, лакокрасочных материалов, топливных смесей, а также множества других продуктов, которые являются дисперсными системами. Одним из наиболее важных критических показателей качества эмульсий – средний, максимальные диаметры частиц и их распределение по размерам, которое влияет на другие характеристики, включая реологические свойства, внешний вид, стабильность и так далее. Как правило, эмульсии подразделяются на три категории: макроэмульсии (размер капель 1-100 мкм), наноэмульсии (размер капель 100-1000 нм) и микроэмульсии (размер капель 1-100 нм).

Для получения стабильных тонкодисперсных эмульсий широко применяется оборудование с вращающимися рабочими элементами: быстроходные мешалки, коллоидные мельницы, роторно-пульсационные и роторные импульсные аппараты. Роторные импульсные аппараты (РИА) характеризуются высокой производительностью, невысокими удельными энергозатратами и высоким качеством обрабатываемых эмульсионных систем [1, 2].

Для маловязких эмульсий максимальный стабильный размер капель $d_{\max}$ предлагается рассчитывать по формуле [2]:

$$d_{\max} = k \cdot (\sigma/\rho)^{0.6} \cdot \varepsilon_{\max}^{-0.4}, \quad (1)$$

где k – эмпирический коэффициент, σ – коэффициент межфазного натяжения, Н/м; ρ – плотность сплошной фазы, кг/м³; $\varepsilon_{\max}$ – максимальная удельная энергия, диссипируемая в обрабатываемой жидкости, Вт/кг.

Максимальный стабильный размер капель не будет достигнут до тех пор, пока все капли дисперсной фазы не окажутся в области потока с наибольшей энергией. Следовательно, максимальный стабильный размер капель определяется наибольшей скоростью рассеивания энергии [2]. Исходя из этого положения в уравнении (1) используется параметр $\varepsilon_{\max}$. Кроме того, для достижения равновесия потребуется большое количество проходов через активную турбулентную зону или последовательное многократное прохождение капель эмульсии через несколько зон обработки потока эмульсии в турбулентном режиме [3].

Для геометрически аналогичных турбулентных систем $\varepsilon_{\max}$ рассматривается как среднее значение, и этот параметр может быть определен потребляемой мощностью отнесенной к единице массы эмульсии (N/m).

Для определения влияния удельных затрат мощности на размер капель слабоконцентрированной и маловязкой эмульсии были проведены экспериментальные исследования по эмульгированию подсолнечного масла в дистиллированной воде при обработке в РИА. Методика проведения экспериментов и описание установки опубликовано в работе [3]. Соотношения воды и масла в эмульсии принималось 9:1. Эмульгирование проводили без добавления эмульгатора. Эмульсию обрабатывали четырехкратно при подаче в РИА равной 100 л/м и давлении на входе 0,28 МПа. Частота вращения электродвигателя РИА регулировалась частотным преобразователем ESQ-600-4T0075G/0110P, который показывал частоту и силу тока.

Удельная мощность, диссипируемая в массе эмульсии, определяется потребляемой мощностью РИА N_1 , затрачиваемой на вращение ротора, и потребляемой мощностью насоса N_2 , затрачиваемой внешним насосом на подачу эмульсии в РИА за время обработки:

$$\varepsilon = N/m = (N_1 + N_2)/m, \quad (2)$$

где ε – удельная мощность, Вт/кг; N – общая потребляемая мощность, Вт; m – масса эмульсии в установке, кг; N_1 и N_2 – мощность, потребляемая РИА и насосом, Вт.

В качестве потребляемой мощности РИА примем мощность электродвигателя на валу. Мощность электродвигателей РИА и насоса рассчитывается по формуле:

$$N_1 = 1,73 \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot (\eta/100), \quad (3)$$

где I – сила тока, А; $U=380$ В – напряжение сети; $\cos \varphi=0.88$; $\eta=87$ – к.п.д электродвигателя, %. При увеличении частоты вращения ротора увеличивалась сила тока и потребляемая мощность РИА.

Мощность, потребляемая насосом, практически не зависит от частоты вращения ротора РИА n (об/с). Расчетную мощность насоса можно рассчитать как $N_2=P \cdot Q$, где P – давление, создаваемое насосом, Па; Q – поток жидкости, м³/с. При давлении $P=0,2$ МПа и $Q=10^{-4}$ м³/с, $N_2=20$ Вт.

Таким образом, удельная мощность, диссипируемая в эмульсии, зависела только от величины частоты вращения ротора и количества проходов через РИА. Масса обрабатываемой эмульсии в установке с РИА составляла 10 кг, Величину поверхностного натяжения на границе фаз масла принимали $\sigma \approx 25 \cdot 10^{-6}$ н/м [4]. Графики зависимости потребляемой мощности РИА от частоты вращения ротора n , показаны на рис. 2. При заданной угловой скорости вращения ротора эмульсия совершала 4 прохода через РИА и затем сливалась из установки. Определение размеров частиц эмульсии проводилось на приборе «Анализатор размеров частиц и дзета-потенциалов NICOMP-380ZLS». Результаты экспериментальных исследований по определению среднего диаметра частиц эмульсии от частоты вращения ротора РИА представлены на рис. 3.

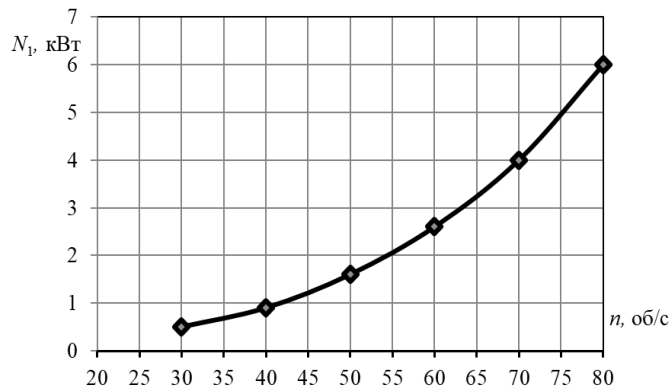
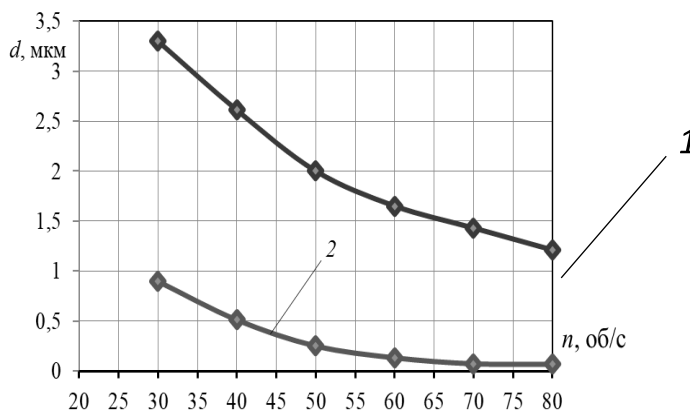


Рисунок 2 – Зависимость потребляемой мощности от частоты вращения ротора РИА

Расчетный диаметр частиц эмульсии определяли по формуле (1). Необходимо отметить, что по формуле (1) определялся максимальный диаметр частиц, а прибор дает расчет среднего диаметра частиц. Как видно из графиков на рис. 3, характер изменения зависимости расчетного диаметра частиц эмульсии d от частоты вращения ротора РИА и, соответственно от величины диссипируемой мощности, идентичен зависимости среднего размера частиц эмульсии, измеренного по пробам эмульсии, обработанной в РИА. Эмпирический коэф-

коэффициент $k \approx 0,1$. Величина эмпирического коэффициента установлена для исследуемой эмульсии и конкретных условий ее обработки. Для точного расчета размера частиц по формуле (1) необходимо учесть всю энергию, которая может быть введена в обрабатываемую эмульсию, что не всегда возможно, так как часть энергии при работе РИА и насоса тратится на механические потери, нагрев жидкости и потери тепла и т.п.



1 – расчетные данные для максимального диаметра;
2 – экспериментальные данные среднего диаметра

Рисунок 3 – Графики зависимости размера частиц эмульсии d от частоты вращения ротора РИА

ЛИТЕРАТУРА

1. Urban, K.; Wagner, G.; Schaffner, D.; Röglin, D.; Ulrich, J. Rotor-Stator and Disc Systems for Emulsification Processes. Chem. Eng. Technol. 2006, Vol. 29, №1. – P. 24-31.
2. Leng, D. E. Immiscible liquid-liquid systems / D. E. Leng, R.V. Calabrese // Paul, E. L. Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice / E. L. Paul, V. A. Atiemo-Obeng, S. M. Kresta. – John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2004. – Ch. 12. – P. 639-753.
3. Промтов М.А. Влияние кратности обработки эмульсии в роторном импульсном аппарате на предельный размер частиц / М.А. Промтов, В.Г. Желудков // Химическая технология и техника: материалы 88-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 29 января – 16 февраля 2024 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск: БГТУ, 2024. – С. 206-209.
4. Зимон, А.Д. Коллоидная химия: Учебник для вузов. – 3-е изд., доп. и исправл. – М: Агар, 2003 – 320 с.