

где b, h — ширина и длина входного патрубка, м; Q — расход, м³/с; R_n, R_a, R_0 — радиусы входного патрубка, аппарата и выходного патрубка, м; r, φ, z — цилиндрическая система координат.

Установлено, что учет влияния осевой составляющей скорости v_z не приводит к принципиальным уточнениям, поэтому для упрощения примем модель, при которой $v_z = 0$. Поле скорости в этом случае охарактеризовано [1, 2] соотношениями

$$\begin{aligned} v_r &= \frac{Q}{2\pi r H}; \\ v_\varphi &= \frac{C_1}{(k-2)r} + \frac{C_2}{r^{k-1}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где H — высота цилиндрической части патрубка; C_1, C_2 — постоянные интегрирования; k — коэффициент, характеризующий интенсивность радиального течения, в случае турбулентного движения является эмпирическим параметром модели и вычисляется по соотношению, полученному для относительно маловязких сред ($\mu < 10^{-2}$ Па·с):

$$k = 2 \cdot 10^3 \frac{Q}{\omega R_0^3}, \quad (3)$$

Выразим степень закрутки Γ через геометрические размеры аппарата.

Угловую скорость жидкости ω на входе в циклон найдем из выражения

$$\omega = \frac{v_{\varphi 1}}{R_n} = \frac{\alpha Q}{b h R_{n1}}$$

Степени закрутки

$$\Gamma = \frac{Q}{\omega R_0^3} = \frac{b h}{\alpha R_0^2}. \quad (4)$$

Подставив граничные условия (1) в выражения (2), получим формулы для составляющих скорости:

$$\begin{aligned} v_r &= \frac{Q}{2\pi r H}; \\ v_\varphi &= v_{\varphi 1} \left(\frac{R_n}{r} \right)^{k-1} \frac{k(r/R_0)^{k-2} - 2}{k(R_n/R_0)^{k-2} - 2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения сопротивления вращающегося потока Δp воспользуемся уравнениями движения в проекции на ось z :

$$v_r \frac{dv_r}{dr} + \frac{dv_\varphi^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dr}, \quad (6)$$

где ρ — плотность газа.

С помощью соотношений (5) уравнение (6) легко разрешимо в квадратурах.

Поскольку анализируется турбулентное движение среды в камере вихревого аппарата, воспользуемся данными, полученными в автомобильной области ($k \gg 2$), при этом

$$v_\varphi = v_{\varphi 1} \frac{R_n}{r}. \quad (7)$$

Проинтегрируем дифференциальное уравнение (6) с учетом выражения (7), в результате получим

$$\begin{aligned} p - p_0 = \Delta p &= \frac{\rho}{2} \left(v_{\varphi 1}^2 R_n^2 - \frac{Q^2}{4\pi^2 H^2} \right) \times \\ &\times \left(\frac{1}{R_0^2} - \frac{1}{R_n^2} \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет рассчитать часть энергии, которая расходуется на преодоление центробежных сил, препятствующих движению газа к оси вихревого аппарата в случае интенсивного радиального потока ($k \gg 2$). В другом случае следует воспользоваться выражениями (3)–(6). Указанный перепад давления должен учитываться при гидромеханическом расчете вихревых аппаратов (циклонов).

Список литературы

1. Трошкин О.А. О проскальзывании жидкости в роторе распылителя // ТОХТ. 1974. Т. VIII. № 2. С. 303–307.
2. Трошкин О.А. Некоторые закономерности течения вязкой жидкости в поле действия центробежной силы // ТОХТ. 1976. Т. X. № 5. С. 746–753.
3. Плотников В.А., Трошкин О.А. Течение жидкости в цилиндрическом роторе с проницаемыми стенками // Современные машины и аппараты химических производств. Ч. VI. Ташкент, 1983. С. 24.

УДК 66.063.61:537.84

К.В. Таранцев, К.Р. Таранцева, кандидаты техн. наук (Пензенский технологический институт)

Алгоритм расчета электрогидродинамического эмульгатора

Для перемешивающих устройств [1–6] можно предложить следующую последовательность расчета:

- определение требуемого технико-экономического эффекта;
- выбор вида перемешивания и конструкции перемешивающего устройства, с помощью которых можно достичь требуемого технико-экономического эффекта;
- выбор размеров и расчет мощности перемешивающего устройства, необходимых для достижения

требуемого технико-экономического эффекта;

- сравнение рассмотренных конструкций перемешивающих устройств и выбор конструкции, позволяющей получить требуемый технико-экономический эффект при минимальных затратах;
- прочностные расчеты.

Последовательность расчета электрогидродинамического эмульгатора [7] аналогична. При этом требуемым технико-экономическим параметром для получения топливных

эмульсий является диаметр капель воды (10–50 мкм). Анализ известных перемешивающих устройств показывает, что минимальные энергозатраты при данном технико-экономическом параметре обеспечиваются в электрогидродинамических эмульгаторах. Подобрать межэлектродное расстояние и напряжение питания, геометрию электродов, можно определить удельные энергозатраты для достижения требуемого эффекта. Затем следует провести продольное и последовательное секционирование

ние, определив число параллельных ячеек, необходимое для достижения требуемой производительности, и число последовательных ячеек, обеспечивающее требуемый технико-экономический эффект.

Основная стадия расчета — определение мощности, затрачиваемой на процесс эмульгирования.

При расчете, например электрофильтров [8], рекомендуется вначале определять критическую напряженность электрического поля, при которой возникает разряд, затем по этому значению — критическое напряжение между коронирующим и осадительным электродами при коронном разряде. Определив подвижность ионов и линейную плотность тока, рассчитывают мощность (кВт), потребляемую электрофильтром:

$$P = \frac{U_m I_{cp} R_{\phi} \cos \varphi}{1,41 \eta_3}$$

где U_m — амплитудное значение напряжения; I_{cp} — среднее значение силы тока; $R_{\phi} = 1,2 \div 1,5$ — коэффициент формы тока; $\eta_3 = 0,8$ — КПД электроагрегата; 1,41 — коэффициент перехода от амплитудного значения напряжения к эффективному.

Данная последовательность расчета может быть использована и при расчете электрогидродинамического эмульгатора. Выбрав значение напряженности в интервале между критическим напряжением начала диспергирования и напряжением пробоя для рассматриваемой рабочей системы, можно рассчитать значение силы тока по закону Ома, используя значения электропроводности системы и площади электродов, а затем рассчитать требуемую мощность трансформатора [8, 9].

При расчете напряжения диспергирования можно исходить из того, что в цилиндрическом горизонтальном корпусе (диаметром 3400 мм, но различной длины) выпускаемых в промышленных масштабах электродегидраторов ЭГ63-18К-92, ЭГ63-18К-92-01, ЭГ100-18У, ЭГ100-18У-01, 2ЭГ160-2 устанавливаются электроды на расстоянии 200–300 мм (напряжение питания от 22 до 44 кВ с пятью уровнями, установочная мощность 50 кВт). Верхний предел по напряжению определяется крити-

ческой напряженностью поля [10, 11] $E_{кр} = A \sqrt{2\sigma/\epsilon d_k}$. Выше данного значения напряженности поля капли эмульсии больших размеров довольно быстро диспергируются.

Напряжения пробоя находят с учетом зависимостей для электрического расчета изоляционных промежутков длиной l для трансформаторного масла [9].

При расчетном напряжении (частота 50 Гц) длина изоляционного промежутка (см) или же расчетное напряжение при известной длине промежутка определяется по эмпирическим формулам:

для промежутка *игла — игла* при $U_p = 50 \div 920$ кВ (или при $l = 3 \div 150$ см)

$$l = 0,00876 U_p^{1,428}, U_p = 27,6 l^{0,7};$$

для промежутка *игла — плоскость* при $U_p = 50 \div 725$ кВ (или при $l = 3 \div 150$ см)

$$l = 0,01276 U_p^{1,428}, U_p = 21,2 l^{0,7};$$

для промежутка между двумя коаксиальными цилиндрами

$$U_p = 7,1(r + 11,7\sqrt{r}) \ln \left(\frac{R}{r} \right)$$

Покрытие внешней поверхности внутреннего цилиндра слоем изоляционного материала (например, бумагой) толщиной 5–15 мм повышает разрядное напряжение на 20–30 %.

Для расчета электрогидродинамических эмульгаторов предлагается следующий алгоритм.

1. Определяется требуемый экономический эффект.
2. Выбираются размеры и форма электродов.
3. Определяется электропроводность и напряжение пробоя рабочей среды;

4. Рассчитывается (экспериментально определяется) критическое напряжение начала эмульгирования.

5. Определяется рабочее напряжение и сила тока.

6. Рассчитывается мощность для достижения требуемого технико-экономического эффекта.

7. Определяется оптимальная интенсивность процесса и корректируются размеры и форма электродов с целью получения минимальной мощности.

Список литературы

1. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования и расчета аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
2. Гусев Ю.И. и др. Конструирование и расчет машин химических производств. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.
3. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л.: Машиностроение, 1981. 382 с.
4. Михалев М.Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи. Л.: Машиностроение, 1984. 301 с.
5. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. М.: Колос, 1992. 398 с.
6. Васильцев З.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1979. 272 с.
7. Патент РФ № 1780822, МКИ В 01 F 13/06. Электрогидродинамический диспергатор. 1993. БИ. № 46.
8. Ашев Г.М. Агрегаты питания электрофильтров. М.: Энергоиздат, 1981. 136 с.
9. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения/ Под ред. Афанасьева В.В. Л.: Энергоиздат, 1987. 544 с.
10. Папко В.В. Изучение процесса разрушения эмульсий типа «вода в масле» в электрических полях и выработка рекомендаций по рациональному использованию электрических полей при электродеэмульгации. Дис. ... канд. техн. наук. М., 1979. 190 с.
11. Панченков Г.М., Цибек Л.К. Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле. М.: Химия, 1969. 189 с.

Вниманию читателей!

Подписку на первое полугодие 2002 г. на журнал

ХИМИЧЕСКОЕ И НЕФТЕГАЗОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

можно оформить в любом почтовом отделении или в редакции журнала.

Индекс журнала:

- по каталогу Агентства «Роспечать» — 71042;
 - по объединенному каталогу «Пресса России» — 38589.
- Подписная Интернет-страница журнала: pressa.apr.ru/index/38589.
Справки по телефону/факсу: (095) 267-16-36.

Редакция