

УДК 663.283

А.І. Соколенко, д-р техн. наук,

В.М.Криворотько, канд. техн. наук,

В.А.Піддубний, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БАРБО- ТАЖНИХ СИСТЕМ

Виконано аналіз особливостей взаємозв'язків фізичних параметрів газорідинних систем з оцінкою узагальнених розмірів бульбашок диспергованої газової фази.

Ключові слова: масообмін, гідродинаміка, газорідинні системи, енергія, фаза.

Представлены анализ особенностей взаимосвязей физических параметров газожидкостных систем с оценкой обобщенных размеров пузырьков диспергированной газовой фазы.

Ключевые слова: массообмен, гидродинамика, газожидкостные системы, энергия, фаза.

Presents analysis of the characteristics of gas-liquid interactions of the physical parameters of systems with an estimate of the size distributions of bubbles dispersed-centered gas phase.

Key words: mass transfer, hydrodynamics, gas-liquid system, energy, phase.

Значна кількість технологічних процесів будується на основі масообміну при взаємодії твердої, рідинної або газової фаз і при цьому вирішальне значення має ступінь їх дисперсності. Гомогенізація середовищ на різних рівнях забезпечує швидкість перебігу фізичних, хімічних, біохімічних або мікробіологічних взаємодій і при цьому досягнення вказаних рівнів супроводжується введенням в середовища енергетичних потоків. Наслідком останніх є одержання

певних показників турбулентності, досягнення яких, окрім енергетичних впливів, визначається густиною середовища, його в'язкістю і коефіцієнтом поверхневого натягу [1–3]. Сучасні погляди на масообмін в кількофазних системах визначають важливу роль величини міжфазної поверхні і складових опор масопередачі. Так для газорідинних систем визнається важливість фізичних властивостей рідинної і газової фаз, за теорією яких гази відносяться до легкокорозійних або важкорозійних. Хоча такий поділ є швидше умовним, однак на його основі визначають головну складову опору масопередаванню. Так стосовно кисню, який вважається важкорозійним, визнається, що головна складова вказаного опору стосується рідинної плівки на поверхні поділу фаз. З цієї точки зору принциповим показником інтенсивності масообміну є швидкість оновлення вказаної рідинної плівки. Очевидно, що остання пов'язана зі швидкістю відносного переміщення фаз.

Наведені міркування приводять до висновку про те, що вирішення задач інтенсивного масообміну повинно пов'язуватися з досягненням можливо більших рівнів дисперсності фаз і з можливостями збільшення швидкості в їх відносному переміщенні.

Енергетична "вартість" утворення міжфазної поверхні визначається через величину коефіцієнта поверхневого натягу σ залежністю

$$E = \sigma F, \quad (1)$$

де F – величина міжфазної поверхні.

Формула (1) стосується утворення газових або парових бульбашок в рідинному середовищі. Енергетичний потенціал E , що витрачається на створення поверхні F є наслідком трансформації кінетичної енергії потоків, які знаходяться у стані взаємодії. За умови, що рідинна фаза є нерухомою або перебуває в стані циркуляційного перемішування, ефект взаємодії слід визначати з врахуванням потужностей потоків. Так для газової фази одержуємо

$$N = m_{г.ф.} \frac{V_{г.ф.}^2}{2}, \quad (2)$$

де $m_{г.ф.}$ – масовий потік газової фази, кг/с; $V_{г.ф.}$ – швидкість газового потоку,

м/с.

Для елементарних параметрів вираз (1) записується у формі

$$dE = \sigma dF, \quad (3)$$

а розділивши на елементарний час його ліву і праву частину, одержуємо

$$\frac{dE}{d\tau} = \sigma \frac{dF}{d\tau}. \quad (4)$$

Таким чином, потужність трансформації енергетичного потоку прямо пропорційна швидкості утворення поверхні поділу фаз.

З врахуванням умов (2) і (4) записуємо

$$N \geq \frac{dE}{d\tau} \quad \text{або} \quad \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2} \geq \sigma \frac{dF}{d\tau}. \quad (5)$$

Знак "більше або дорівнює" вказує на те, що в теоретичному викладі потрібно встановити, яка частина кінетичної енергії потоку відноситься до процесу утворення міжфазної поверхні. Найвищому результату має відповідати знак "дорівнює" і тоді

$$\frac{dF}{d\tau} = \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2\sigma}. \quad (6)$$

За умови, що $m_{г.ф.} = \text{const}$ і $\sigma = \text{const}$ приходимо до висновку про те, що зростання швидкості взаємодії фаз своїм відгуком буде мати зростання рівня дисперсності газової фази в рідинній. Це означає можливість простого в реалізації способу впливу на кінцевий результат, оскільки нарощування швидкості газового потоку досягається відповідним вибором геометричних параметрів газозоводів і тиску в системі.

Щосекундний об'єм газової фази що подається в рідинну визначимо з рівняння Менделєєва-Клайперона

$$pv = m_{г.ф.}RT, \quad (7)$$

де p – тиск в системі; v – об'ємний потік газової фази; R – універсальна газова стала; T – температура газової фази.

Звідси визначаємо

$$v = \frac{m_{\text{г.ф.}} RT}{p}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (8)$$

Значення об'ємного газового потоку є стабілізованою величиною і це означає можливість встановити її співвідношення з швидкістю утворення поверхні поділу фаз.

Позначивши поверхню одної газової бульбашки як f , а частоту її утворення n , отримаємо залежність

$$fn = \frac{dF}{d\tau}. \quad (9)$$

Разом з тим значення n можливо знайти через величину об'ємного потоку

$$n = \frac{v}{V_6}, \text{ с}^{-1} \quad (10)$$

де V_6 – об'єм однієї бульбашки.

Звідси маємо

$$f \frac{v}{V_6} = \frac{dF}{d\tau} = \frac{m_{\text{г.ф.}} V_{\text{г.ф.}}^2}{2\sigma}. \quad (11)$$

Підстановкою v з умови (8) одержуємо

$$f \frac{m_{\text{г.ф.}} RT}{V_6 P} = \frac{m_{\text{г.ф.}} V_{\text{г.ф.}}^2}{2\sigma}; \quad (12)$$

$$\frac{f}{V_6} = \frac{V_{\text{г.ф.}}^2}{2\sigma} \cdot \frac{P}{RT}. \quad (13)$$

Оскільки поверхня бульбашки пропорційна квадрату її узагальненого розміру δ , а об'єм – його кубу, то запишемо

$$\frac{f}{V_6} = \frac{k}{\delta}, \quad (14)$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

Звідси узагальнений розмір δ дорівнює

$$\delta = \frac{2k\sigma RT}{V_{\text{г.ф.}}^2 p}. \quad (15)$$

Остання одержана залежність відображує вплив фізичних і термодинамічних параметрів на показник, який характеризує рівень дисперсності газової фази в рідинній. Зменшення лінійного розміру бульбашок диспергованої газової фази за інших рівних умов означає збільшення загальної міжфазної поверхні, що утворюється за одиницю часу.

Висновки. 1. Енергетичний потенціал взаємодії газового потоку і рідинної фази є визначальним у формуванні масиву диспергованої газової фази.

2. Кінетична енергія вхідного газового потоку є одним з головних чинників рівня диспергування газової фази і ефективності масообміну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Піддубний В.А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв. Автореф. дисерт. на здобуття наукового ступеня д.т.н. – К.: НУХТ. – 2008. – 47 с.

2. Соколенко А.І., Васильківський К.В., Шевченко О.Ю. та ін. Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування. – К.: АртЕК. – 2006. – 306 с.

3. Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. та ін. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів. – К.: Люксар. – 2009. – 454 с.