

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕМУЛЬСІЙ

Для технологічних процесів приготування емульсій найважливішим завданням є оперативний контроль їх основних фізико-хімічних показників, що потребує застосування сучасних технічних засобів вимірювання, обробки, зберігання та відображення інформації. Емульсії представляють собою гетерогенні дисперсні системи, що складаються з двох нерозчинних або малорозчинних одна в одній рідин. Одна рідина (дисперсна фаза) розподілена в іншій (дисперсне середовище) у вигляді дрібних краплинок. Властивості емульсій залежать від багатьох факторів та визначаються такими показниками, як: в'язкість, густина, концентрація і розміри краплинок дисперсної фази, поверхневий натяг, стабільність тощо. Для отримання стабільних емульсій застосовують поверхнево-активні речовини — емульгатори. Відсутність емульгатора призводить до того, що поверхня розділу фаз не може підтримувати дотичне напруження, внаслідок чого кожна рідина має тенденцію переміщатися окремо. Емульгування — це нестабільний процес утворення частинок дисперсної фази внаслідок зниження міжфазного натягу. Фізична стабільність емульсії означає постійність дисперсного стану, при цьому краплі не осідають, не з'єднуються, практично не змінюються за розмірами. Нестабільність емульсії визначається осадженням крапель або їх випаданням, флокуляцією або коагуляцією в результаті слабких сил зв'язку Ван-дер-Ваальса, їх диспропорціонуванням — зникненням дрібних крапель за рахунок молекулярної дифузії, і оберненням фаз — процесом обміну між дисперсною фазою і дисперсним середовищем. Мірою загальної стійкості емульсії може слугувати вимірювання її густини за певний проміжок часу у визначеному шарі або кількість виділеної дисперсної фази при відстоюванні. Процес емульгування широко використовується в багатьох галузях промисловості, зокрема, у харчовій, косметичній, фармацевтичній, лакофарбовій, нафтовій та хімічній, у паливно-енергетичному комплексі. Головним принципом виробництва емульсії є забезпечення високої напруги зсуву в дисперсному середовищі для деформації і руйнування великих крапель дисперсної фази. Основними типами установок по приготуванню емульсій є гідромеханічні диспергатори (роторно-імпульсні апарати, колоїдні млини, ультразвукові кавітатори тощо), немеханічні і температурно-фазоінвертуючі. Показником ефективності установок і важливим параметром будь-яких емульсій є їх дисперсність, оскільки вона впливає на в'язкісні характеристики та стабільність емульсій.

Під дисперсністю розуміють ступінь роздробленості краплинок дисперсної фази в дисперсному середовищі. Дисперсність емульсій характеризується такими взаємозв'язаними величинами: діаметром краплинок дисперсної фази (d), оберненою величиною діаметра краплинки ($D=1/d$), питомою міжфазовою поверхнею — відношенням сумарної площі поверхні краплинок до їх загального об'єму ($S=6/d$). Існує ряд методів лабораторного контролю дисперсності емульсій. Найбільшого практичного застосування набули методи, що ґрунтуються на застосуванні ядерного магнітного резонансу, розсіювання світлового потоку, традиційної та електронної мікроскопії, цифрової відеоімікроскопії, діелектричної та ультразвукової спектрометрії тощо. Більшість із цих методів є періодичними, потребують значних затрат часу та підготовки пробного зразка емульсії для аналізу. Тому розроблена автоматизована система неперервного контролю і регулювання дисперсності емульсій. У даній системі дисперсність емульсій визначається ультразвуковим аналізатором, принцип дії якого ґрунтується на вимірюванні коефіцієнта затухання ультразвукового сигналу як функції від частоти.

Для інтерпретації спектру сигналу застосовується відповідний математичний апарат. Основним обчислювальним пристроєм системи, що виконує функції збору та обробки вимірюваної інформації є програмований логічний контролер (ПЛК). Ультразвуковий метод контролю є оперативним, неруйнівним, не потребує відбору пробного зразка розчину та може застосовуватись для оптично непроникних рідин з розмірами частинок від 10 нм до 1 мм. З метою регулювання процесу емульгування та утворення однорідної емульсії запропоноване застосування диспергатора з регульованим електроприводом. Програмований контролер здійснює порівняння заданого значення дисперсності емульсії з виміряним за допомогою ультразвукового аналізатора та за певним законом формує керуючий сигнал на зміну швидкості обертання електропривода, змінюючи таким чином ступінь роздробленості крапель дисперсної фази. Об'ємне співвідношення компонентів емульсії (концентрацію дисперсної фази) на практиці найчастіше визначають дількометричними, імпедансними, кондуктометричними, ультразвуковими технічними вимірювальними засобами. Об'ємну частку дисперсної фази в емульсії φ можна визначити, знаючи її густину ρ_e , густину дисперсного середовища ρ_1 та дисперсної фази ρ_2 :

$$\varphi = \frac{\rho_e - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \quad (1)$$

Доцільним буде застосування ємнісного аналізатора для визначення концентрації дисперсної фази. Важливими параметрами емульсії є їх в'язкість і густина. Визначення цих параметрів у широкому діапазоні та в залежності від зміни температури є складним і трудомістким вимірювальним процесом. В'язкість емульсії не є адитивною властивістю, а залежить від таких основних факторів: в'язкості дисперсного середовища і дисперсної фази; температури, при якій формується емульсія; концентрації дисперсної фази; дисперсності емульсії. Густина емульсії можна розрахувати, знаючи об'ємне або відсоткове співвідношення її компонентів, що видно з виразу (1). Для неперервного контролю кінематичної в'язкості та густини емульсії розроблена інформаційно-вимірювальна система, що базується на застосуванні гідродинамічного методу вимірювання. Основним елементом такої системи є дросельний мостовий перетворювач, що складається з перехресно з'єднаних ламінарних (довгих капілярів) та турбулентних (діафрагм) гідравлічних дроселів. При прокачуванні рідини через перетворювач досягають такого значення витрати, при якому мостова схема буде зрівноваженою, тобто буде відсутній перепад тиску у вимірювальній діагоналі. При цьому кінематична в'язкість емульсії ν прямо пропорційна її витраті через перетворювач Q : $\nu = K_1 \cdot Q$ (2). Густина емульсії ρ є прямо пропорційною загальному перепаду тиску на дросельному мостовому перетворювачі ΔP , що вимірюється за допомогою дифманометра, та обернено пропорційною квадрату витрати: $\rho = K_2 \frac{\Delta P}{Q^2}$ (3); K_1, K_2 –

коефіцієнти пропорційності, що залежить від конструкції та геометричних параметрів перетворювача. Завдяки з'єднанню дроселів у мостові схеми можна суттєво зменшити систематичні похибки вимірювань. Виміряні таким чином значення фізико-хімічних параметрів емульсії можуть бути використані для розрахунків інших показників якості. Зокрема, динамічна в'язкість емульсії визначається як добуток густини і кінематичної в'язкості. Для визначення в'язкісно-температурних залежностей у системі передбачено вимірювання температури за допомогою стандартного давача (термометра опору). Усі обчислювальні операції, функції керування, збір та обробку виміряної інформації в системі виконує ПЛК.

Для візуалізації виміряних фізико-хімічних параметрів емульсії ПЛК повинен бути підключений до графічної панелі оператора або до комп'ютера (АРМ оператора) за допомогою стандартних інтерфейсів зв'язку, а сама система може бути інтегрована із системами автоматизації вищого рівня. Розроблена автоматизована система є комплексним засобом оперативного неперервного неруйнівного контролю в'язкості, густини, концентрації та дисперсності емульсії. Система забезпечує реалізацію зручного й інформативного візуального представлення отриманої інформації в режимі реального часу; накопичення часової послідовності зміни параметрів досліджуваних емульсій; інтегративність розробленої системи в автоматизовані системи управління технологічними процесами вищого рівня. Реалізація запропонованої системи на сучасній програмно-технічній базі дозволить контролювати процеси приготування та застосування емульсій, підвищити техніко-економічні показники технологічних процесів емульгування та оптимізувати роботу диспергаторів.

КУТЯ Віталій Миколайович – аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне). Наукові інтереси: автоматизація хіміко-технологічних процесів; розробка інформаційно-вимірювальних систем контролю якості водно-паливних емульсій; розробка та дослідження математичних моделей автоматизованих систем керування; математичне моделювання фізико-хімічних процесів. тел. (063)0649050, e-mail: Vitaliy.Kutya@gmail.com