

О.Ю. ШЕВЧЕНКО, д-р. техн. наук,
О.А. БОНДАР,
Л.Ю. ШЕВЧЕНКО, к-т. біол. наук
Національний університет харчових технологій

АЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АЕРОБНОГО ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Запропоновано нове конструктивне оформлення аераційних систем в пристроях для аеробного очищення стоків, визначено енергетичні співвідношення і геометричні параметри самовсмоктувальних аераторів.

Ключові слова: аерація, стоки, ежектор, масообмін, самовсмоктувальний аератор-диспергатор, аеробне очищення.

Предложено новое конструктивное оформление аэрационных систем в устройствах для аэробной очистки стоков, определены энергетические соотношения и геометрические параметры самовсасывающих аэраторов.

Ключевые слова: аэрация, стоки, эжектор, массообмен, самовсасывающий аэратор-диспергатор, аэробная очистка.

A new constructive design of aeration systems in devices for aerobic wastewater treatment, defined power ratio and geometric parameters samovsmoktuvalnyh aerators.

Key words: aeration, drainage, ejector, exchange, self-priming aerator- dispersant, aerobic purification.

В системах водопостачання в харчовій промисловості вода використо-вується як сировина, тепловий агент в теплообмінних апаратах, для миття вхідних сировинних потоків, транспортування сировини, для санітарно-побутових потреб тощо. При цьому великі витрати води призводять до необхідності в забезпеченні зворотного водокористування.

Наприклад, у виробництві рідинного діоксиду вуглецю на м'ясно-спиртових заводах за прямоточних систем водокористування утворюється 40,5 м³ стічних вод в перерахунок на 1 т продукту, тоді як оборотна система водозабезпечення дозволяє зменшити об'єм стоків майже у 7 разів.

Для харчових виробництв стало традиційним використання механічних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних способів очищення стічних вод. Вибір способу очищення залежить від кількості стоків, виду і концентрації забруднень, необхідного рівня очищення, місця розташування підприємства тощо [1, 2].

Біологічні способи очищення здійснюються спеціальними мікроорганізмами, здатними окислити забруднювачі стоків до мінеральних речовин. За аеробного очищення використовують активний мул — змішану культуру різних систематичних груп — бактерій, актиноміцетів, грибів, водоростей і членисто-ногих. При цьому основу біомаси складають бактерії. Завдяки тому, що розміри мікроорганізмів малі і загальна поверхня 1 г сухої біомаси складає біля 100 м², очищення стоків відбувається швидко.

Однак відносно велика загальна поверхня контактування мікроорганізмів з середовищем не може розв'язати всі проблеми, оскільки існують певні обмеження по доставці в останне

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

кисню. При цьому необхідним є виконання певного балансу за рівнями БСК або ХСК та подовження часу перебігу обробки середовищ з врахуванням можливостей аераційних систем.

У зв'язку з викладеним завданням даного дослідження є оцінка енергетичних співвідношень і геометричних параметрів самовсмоктувальних аераційних систем.

Самовсмоктувальні аератори. До числа самовсмоктувальних відносяться ежектори — аератори і аератори, що створюють розрідження в системах за рахунок взаємодії рухомих частин з рідинним середовищем.

Принциповою відмінністю цих типів аераторів є те, що диспергування газової фази в рідинній відбувається безпосередньо в їх робочих органах. Оскільки тут має місце взаємодія між потоками за високої концентрації енергії, то результатом останнього є високий рівень дисперсності газової фази. Підвищення енергетичного рівня взаємодії між фазами забезпечує високі і надвисокі швидкості генерування міжфазної поверхні. Саме тому ежекційні масообмінні апарати на протязі останніх 40—50 років визнаються як найбільш ефективні з числа відомих.

У зв'язку з особливостями їх застосування використовуються різні назви: ежектори, інжектори, струминні апарати тощо. Очевидно, що найбільш узагальнюючою для них є остання назва.

Принципова схема струминного апарата наведена на рис. 1, основними елементами якого є робоче сопло, приймальна камера, камера змішування і дифузور.

Процеси, характерні для струминних апаратів підлягають дії трьох за-конів: а) збереження

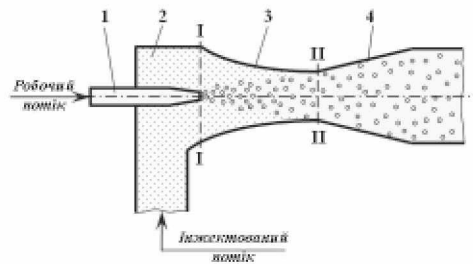


Рис. 1. Схема струминного апарата: 1 — робоче сопло; 2 — приймальна камера; 3 — камера змішування; 4 — дифузор

енергії; б) збереження маси; в) збереження імпульсів.

Названим законам відповідають рівняння:

$$\dot{i}_p + u \dot{i}_{ин} + \dot{i}_{зм} = (1 + u) \dot{i}_{зм}, \quad (1)$$

де $\dot{i}_p$, $\dot{i}_{ин}$ та $\dot{i}_{зм}$ — ентальпії робочого, інжектованого і змішаного потоків, кДж/кг; $u = M_{ин}/M_p$ — коефіцієнт інжекції, тобто відношення масового інжектованого потоку до масового робочого.

Закону збереження маси відповідає рівняння:

$$M_{зм} = M_p + M_{ин}, \quad (2)$$

а закону збереження імпульсів —

$$M_p \omega_{p_1} + M_{ин} \omega_{ин_1} - (M_p + M_{ин}) \omega_{II} = p_{II} f_{II} + \int_{f_{II}} p df - (p_{p_1} f_{p_1} + p_{ин_1} f_{ин_1}), \quad (3)$$

де M_p , $M_{ин}$, $M_{зм}$ — відповідні масові потоки, кг/с; ω_{p_1} , $\omega_{ин_1}$, ω_{II} — швидкості робочого та інжектованого потоків на вході в камеру змішування і змішаного потоку в перерізі II—II; P_{p_1} , $P_{ин_1}$, P_{II} — статичні тиски робочого та інжектованого потоків у вхідному перерізі I—I і змішаного потоку в перерізі II—II, Па; f_{p_1} , $f_{ин_1}$, f_{II} — площі перерізів вхідних робочого та інжектованого потоків та змішаного потоку, м²; $\int_{f_{II}} p df$ — інтеграл імпульсу сил на бічну поверхню камери змішування між перерізами I—I та II—II.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

За ізобарного процесу в камері змішування кількість руху на виході з неї змішаного потоку дорівнює сумі кількостей руху вхідних потоків:

$$(M_{p.} + M_{ін.}) \omega_{||} = M_{p.} \omega_{p.} + M_{ін.} \omega_{ін.} \quad (4)$$

звідки

$$\omega_{||} = \frac{M_{p.} \omega_{p.} + M_{ін.} \omega_{ін.}}{M_{p.} + M_{ін.}} \quad (5)$$

Особливістю взаємодії робочого та інжектованого потоків є питомі втрати на удар, які визначаються залежністю:

$$\Delta N = N_{p.} + N_{ін.} - N_{||} = \frac{1}{2} \frac{M_{p.} M_{ін.}}{M_{p.} + M_{ін.}} (\omega_{p.} - \omega_{ін.})^2$$

де $N_{p.}$, $N_{ін.}$, $N_{||}$ — відповідно потужності потоків.

Визначена потужність $N_{||}$ змішаного потоку визначає рівень придатності ежектора для здійснення аерації середовищ, у тому числі і за показником тиску, який ним створюється. Так маємо:

$$N_{||} = N = \frac{M_{зм.} \omega^2}{2} \quad (6)$$

де N та ω — відповідно потужність і швидкість змішаного потоку на виході з ежектора.

Разом з тим:

$$N = P V_{зм.} \quad (7)$$

$$V_{зм.} = \frac{M_{зм.}}{\rho_{зм.}} \quad (8)$$

$$\rho_{зм.} = \frac{M_{зм.}}{V_{зм.}} = \frac{M_{p.} + M_{ін.}}{V_{p.} + V_{ін.}} = \frac{M_{p.} + u M_{ін.}}{\frac{M_{p.}}{\rho_{p.}} + \frac{M_{ін.}}{\rho_{ін.}}} \quad (9)$$

Тоді одержуємо:

$$p = \frac{N}{V_{зм.}} = \frac{N \rho_{зм.}}{M_{зм.}} = \frac{N}{M_{зм.}} \cdot \frac{M_{p.} + u M_{ін.}}{\frac{M_{p.}}{\rho_{p.}} + \frac{M_{ін.}}{\rho_{ін.}}} \quad (10)$$

Одержані розрахункові залежності дають можливість за вихідними даними, що стосуються аераційної системи визначити енергетичні співвідношення і геометричні параметри ежектора-аератора.

Особливістю перебігу процесів при цьому є те, що газова фаза в приймальну камеру потрапляє без попереднього стискання. Це означає, що температура її не перевищує температуру повітря навколишнього середовища або навіть менша за неї за рахунок розрідження і явище термошоку в цьому випадку місця не має.

Іншим різновидом масообмінного апарату, що досліджувався є самовсмоктувальний аератор-диспергатор. Його схему наведено на рис. 2.

На корпусі 1 аеротенка монтується електромеханічний привод, вихідним елементом якого є трубовал 2. Нижня частина останнього виконана у формі колектора 3, на якому у радіальних напрямках змонтовані здвоєні порожнинні лопаті, які у поперечних перерізах мають форму аеродинамічних профілів, повернутих випуклими частинами одна до одної з поздовжніми каналами на випуклих поверхнях. Трубовал, колектор і лопаті утворюють ротор, за обертання якого рідинний потік потрапляє в міжлопатеви простір. Завдяки аеродинамічному профілю його швидкість наростає до рівня, за якого в зоні поздовжніх каналів утворюється розрідження і починається засмоктання повітря через лопаті, колектор і трубовал. Взаємодія рідинного і перехресного з ним газового потоків супроводжується високим рівнем диспергування газової фази в рідинній. По своїй фізичній суті профіль перерізу лопатей нагадує форму ежектора-

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

аератора, а енергонасиченість процесу залежить від колових швидкостей набігання потоку. Проте важливою перевагою відносно ежекторного аератора у цьому випадку є те, що обробці підлягає зона обертання лопатей, а не локальна зона, в якій ежектор змонтовано.

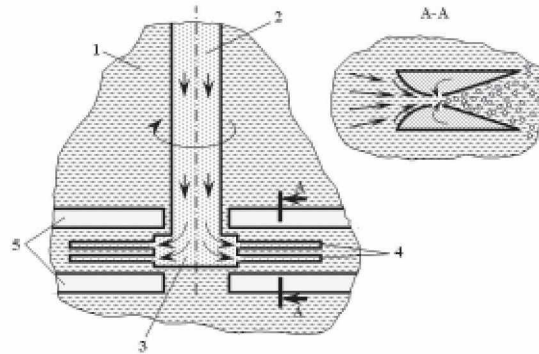


Рис. 2. Схема аератора-диспергатора:
1 — аеротенк; 2 — трубовал; 3 — колектор; 4 — лопаті;
5 — радіальні перегородки

Особливістю взаємодії потоків є надзвичайно високий рівень дисперсності газової фази, за якого швидкість спливання бульбашок настільки мала, що зі склянки газорідної суміші газова фаза виходить лише за кілька хвилин.

Розрахунок по визначенню потужності приводу аераційної системи пов'язаний з визначенням опору рідинної системи:

$$P_{\text{оп.}} = \xi F \frac{\rho \omega^2}{2},$$

де F — площа проекції лопатей на площину, перпендикулярну напрямку швидкості їх руху.

В обертальному русі колова швидкість лопатей є змінною, а тому розрахунок будемо вести за середнім її значенням. Середній радіус лопатей (рис. 3) визначимо за умовою:

$$r_c = r_1 + \frac{r_2 - r_1}{2}. \quad (11)$$

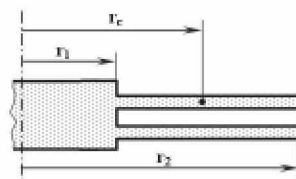


Рис. 3. Розрахункова схема до визначення r_c

Розрахункова колова швидкість:

$$\omega_{\text{роз.}} = \omega r_c, \quad (12)$$

де ω — кутова швидкість ротора.

Тоді

$$P_{\text{оп.}} = \xi F \frac{(\omega r_c)^2 \rho}{2},$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

а момент опору:

$$M_{\text{оп.}} = P_{\text{оп.}} r_c = \xi F r_c \frac{(\omega r_c)^2 \rho}{2}. \quad (13)$$

Потужність на валу ротора:

$$N_{\text{рот.}} = M_{\text{оп.}} \omega = \xi F \frac{(\omega r_c)^3 \rho^2}{2}. \quad (14)$$

Висновки. 1. Принципове значення з точки зору інтересів доставки в рідинне середовище кисню має ступінь дисперсності в ньому газової фази, а енергія взаємодії рідинної і газової фаз визначається швидкістю їх контактування. 2. Запропоновано нові конструктивні рішення аераційних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Никитин Г.А., Павлюк Д.М. Совместная биохимическая очистка нефтесодержащих сточных вод и сточных вод производства синтетических жирных кислот // Химия и технология воды. — 1982. — №4. — с. 272—274.
2. Цыганков С.П. Биологическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. М.: — Агропромиздат — 1988. — 165 с.

Одержано редколлегією 26.01.2011 р.