

СТАТИЧНІ ЗМІШУВАЧІ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЗМІШУВАННЯ РІДИН

Вилушак І.І., 22 СГМ

Керівник Петриченко С.В., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Анотація – в роботі представлений огляд існуючих конструкцій статичних змішувачів, що використовуються в харчовій промисловості та надані основні теоретичні залежності процесу змішування.

Коли виникає необхідність в перемішуванні компонентів з метою отримання сумішей з високим ступенем однорідності використовують різноманітні змішувачі. Найбільш перспективними серед використовуваних для цих цілей видів устаткування є статичні змішувачі, в яких перемішування відбувається без участі рухливих механічних пристроїв. Такі змішувачі встановлюють на трубопроводах, які підводять змішувані компоненти. Суміші, отримані в проточних змішувачах, можуть бути гомогенними і гетерогенними [1, 2].

Основним завданням при проектуванні статичних змішувачів є розрахунок ефективності змішування, тобто створення однорідного середовища (отримання якісних композицій) і потужності на прокачування рідини.

На практиці ідеальне змішування досягається не завжди, тому широко поширені критерії змішання, що представляють собою різні комбінації значень теоретичної та експериментальної дисперсії. Для оцінки якості змішування в якості критерію неоднорідності суміші часто використовують середньоквадратичне відхилення частки i -го компонента. У якості більш загального критерію оцінки ефективності змішування служить дисперсія деформації зсуву.

Поширеними елементами для створення нестійкості в потоці рідини в конструкціях статичних кавітаторів є гвинтові елементи або тангенціальне введення потоку рідини в робочу камеру. Відповідно до закону збереження енергії, рідина прагне пройти робочу камеру по найменшому шляху. Цьому перешкоджають гвинтові напрямні, що призводить до підвищення зсувних зусиль у потоці, зриву вихорів при обтіканні верхній частині потоку рідини спіральної навивки і її турбулізації. Гвинтові елементи сприяють завихренню усього потоку рідини, що протікає через змішувач, і підсилюють кавітаційні і вихрові ефекти.

На відміну від традиційних ємнісних змішувачів, у яких змішування рідин здійснюється шляхом підведення механічної енергії від зовнішнього джерела, статичні змішувачі функціонують при використанні кінетичної енергії потоку, рідкого середовища, що перемішується.

Мірою енергії, затраченої в статичному змішувачі одиницею маси рідини на вихроутворення в одиницю часу, є дисипація енергії [3-4]

$$\varepsilon = \frac{(\Delta w)^3}{D} = \lambda \frac{w^3}{D}, \quad (1)$$

де Δw – зміна миттєвої швидкості рідини на шляху, рівному характерному розміру потоку D м/с; w – середня лінійна швидкість потоку рідини, м/с; λ – безрозмірний коефіцієнт дисипації енергії.

Гідравлічний опір статичного змішувача виражається як енергія, затрачена одиницею об'єму рідини на проходження через статичний змішувач

$$\Delta p = \varepsilon \tau = \rho w^2 \lambda L / D, \quad (2)$$

де $\tau = L/w$ – середній час проходження рідини через статичний змішувач довжиною L , с;

$$\rho = \sum_{i=1}^M \rho_i X_i$$

– середня щільність рідини;

M – число компонентів суміші;

ρ_i – щільність i -го компонента, кг/м³;

$X_i = V_i/V$ – об'ємна частка i -го компонента;

V_i – обсяг i -го компонента, м³; V – обсяг суміші, м³.

Дисипація енергії ε – кількість енергії, затраченої в одиницю часу на подолання тертя часток одиниці маси рідкого середовища для змішування її компонентів, тобто для впровадження одних часток рідкого середовища між іншими. Цей механізм проявляється при ламінарному режимі руху рідкого середовища через статичний змішувач, коли змішування здійснюється шляхом зміни місцями окремих шарів потоку, а енергія затрачається на подолання тертя цих шарів друг про друга. Ламінарний режим у змішувачах зрідка здійснюється на практиці, значно частіше статичний змішувач працює в турбулентному режимі [5-7]. При тому, що кінцевий результат процесу як у ламінарному, так і турбулентному режимах однаковий – впровадження одних часток рідкого середовища між іншими шляхом використання частини енергії потоку – спосіб передачі цієї енергії від потоку рідкого середовища як цілого до окремих малих частин потоку в турбулентному режимі ускладнюється. Цей процес здійснюється завдяки виникненню складних вихрових рухів

окремих частин потоку на відстані довжиною порядку O . Ці рухи, виявляючись нестійкими, збуджують рухи протягом менших відстаней $d < D$, які у свою чергу збуджують ще більш дрібні вихрові потоки, аж до масштабів $\delta_0 \approx D/Re^{3/4}$, де $Re = wD/\nu$ – критерій подоби Рейнольдса; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини. Таким чином, порушення в потоці рідини турбулентного руху еквівалентно додатковому розсіченню потоку рідини на $Re^{3/4}$ шарів.

Література:

1. Вилушак І.С., Петриченко С.В. Статичне перемішування рідких харчових продуктів : дис. – Мелітополь: ТДАТУ, 2019.
2. Ландау, Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
3. Статичні змішувачі для харчових рідин, І.С. Вилушак, С.В. Петриченко, – Харків: ХДУХТ, 2020. – Ч. 1.
4. К.О. Самойчук, О.В. Вьюник. Удосконалення процесу змішування рідких компонентів під час виготовлення солодких безалкогольних напоїв Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р / під заг. ред. Г.В. Дейниченка.–Харків: ХДУХТ, 2019. 234–236 с.
5. Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф., В'юник О. В. Вплив відстані між соплами форсунок на характеристики протитечійно-струминного змішувача напоїв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 3–11.
6. Самойчук К.О. Визначення вмісту цукрового сиропу в напої при змішуванні у протитечійно-струминному апараті/ Самойчук, К. О. Паніна, В. В., Полудненко, О. В. //Наукові праці ОНАХТ;Т. 80, вип. 1 – 2017. – С. 164–169.
7. Полудненко О.В. Експериментальні дослідження концентрації цукру при протитечійно-струминному змішуванні солодких напоїв / О.В. Полудненко, К.О. Самойчук // Збірник праць за підсумками VII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (27-28 квітня 2017р). Київ: ЦП КОМПРИНТ , 2017. – С. 322–323.