

УДК 631.563.4

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ НАПОЇВ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Полудненко О.В., асистент,*

Циб В.Г., ст. викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192) 42-13-06

Анотація – у статті наведено результати теоретичних досліджень струминного змішувача напоїв. Представлено схему протитечійно-струминного змішувача рідин та описано процес змішування у пристрої. Наведено можливі шляхи інтенсифікації процесу перемішування. Наведені заходи з підвищення якості перемішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі напоїв.

Ключові слова – рідина, перемішування, струминний змішувач, дослідження.

Постановка проблеми. При виготовленні безалкогольних напоїв одним з основних процесів є перемішування рідких компонентів. З огляду на зростаючі об'єми виробництва цього виду продукції актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішуючих апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

В результаті аналізу різних способів перемішування рідких компонентів струминне змішування було виділене як найбільш перспективне, тому що дозволяє рівномірно розподіляти енергію в зоні безпосереднього контакту рідин, а також дозволяє підводити енергію до невеликого об'єму середовища, що призводить до зниження енерговитрат і підвищення якості змішування [1]. Струминні апарати не мають рухомих частин, що свідчить про їх надійність. Вони легко включаються в технологічні схеми і мають просту конструкцію.

Аналіз останніх досліджень. В попередніх роботах проведено аналіз різних конструкцій струминних змішуючих апаратів. Серед них було виділено протитечійно-струминний змішуючий апарат, який поєднує в собі високу ефективність перемішування і можливість дозування підмішуваних компонентів. Обґрунтовано конструкцію протитечійно-струминного змішувача [2].

© Самойчук К.О., к.т.н., Полудненко О.В., асист., Циб В.Г., ст. викл.

* Науковий керівник – Самойчук К.О., к.т.н.

Формулювання мети статті. Не дивлячись на очевидні переваги струминних змішувачів, на сьогоднішній день вони є практично недослідженими. Основною метою даної роботи є теоретичні дослідження процесу змішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі.

Виклад основного матеріалу. Протитечійно-струминний змішувач являє собою два струминні апарати, розташовані співвісно один до одного (рис. 1). Вихідні циліндричні сопла цих апаратів формують зустрічні струмені рідини, які після зіткнення утворюють характерне, візуально симетричне "віяло", яке має назву пелена [3]. Співвісні струминні апарати розташовані у камері (7), де збирається рідина і відводиться зі змішувача.

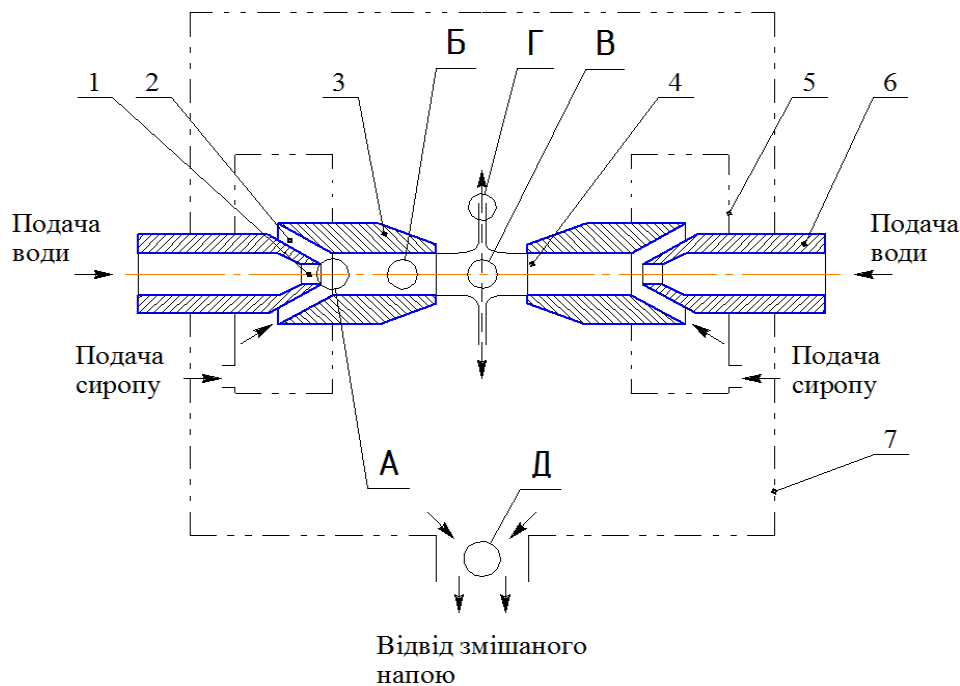


Рис. 1. Схема протитечійно-струминного змішувача рідин

1 – робоче сопло; 2 – приймальна камера; 3 – камера змішування; 4 – сопло камери змішування; 5 – камера подачі сиропу; 6 – робочий патрубок; 7 – камера збору рідини.

А, Б, В, Г, Д – зони змішування.

Кожний струминний апарат складається з робочого патрубку (6) та камери змішування (3). Основний компонент (вода) подається у робочий патрубок кожного струминного апарату, робоче сопло (1) яких формує струмені води. Підмішуваний компонент (сироп) подається з камери подачі сиропу (5) у зазор приймальної камери (2). Швидкісні потоки води на вході камери змішування захоплюють підмішуваний компонент. В камері змішування відбувається вирівнювання швидкостей води та підмішуваного компонента. На виході з сопел камер змішування (4) відбувається зіткнення струменів змішаних компонентів.

Струминні апарати, які входять до складу змішувачів, відносяться до групи рівнофазних струминних апаратів – струминних насосів [4,5]. На відміну від струминних насосів, які проектуються для підвищення тиску та витрат підмішуваного (рідина, яка перекачується) компоненту, мета розрахунку струминного апарату, який входить до складу струминного насосу полягає у досягненні максимальних швидкостей потоків на виході з сопел камер змішування при дотриманні необхідного пропорційного складу між основним та підмішуваним компонентом. Тому:

– на виході струминного апарату, який входить до складу змішувача, не використовується дифузор, в якому підвищується тиск та знижується швидкість потоку;

– в струминному змішувачі витрати підмішуваного компонента в 5 і більше разів менше, за витрату основного потоку, а в струминному насосі навпаки – витрати потоку, що інжектуються (підмішуваного) набагато більше, за робочий (основний) потік.

Остання відмінність обумовлює меншу величину співвідношення d_b/d_c (діаметра сопла камери змішування до діаметра робочого сопла), ніж у струминних насосів. Апарати з малим співвідношенням d_b/d_c відносяться до високонапірних і при низьких значеннях коефіцієнту інжекції розвивають високий тиск (а отже і швидкість) на виході [5].

Потоки основного та підмішуваного (інжектованого) середовищ потрапляють до камери змішування, де відбувається вирівнювання швидкостей: швидкість основного потоку зменшується, а інжектованого – підвищується. При цьому в камері змішування підвищується тиск. Тиск потоку перед зіткненням струменів більше, ніж тиск інжектованого компонента, але менше, ніж тиск основного потоку [6].

Змішування води та компонентів, що підмішуються починається з вхідної ділянки камери змішування і відбувається безперервно до виходу суміші зі змішувача. Найбільш інтенсивно цей процес протікає при захопленні підмішуваного компонента водою і формуванні потоку в камері змішування (зона А) та при русі у камері змішування (зона Б). У цих зонах відбувається змішування води та підмішуваного компонента, які подаються у один струминний апарат. При зіткненні потоків (зона В), змішуванні у пелені (зона Г) і збору рідини та відведенні з камери збору (зона Д) відбувається змішування потоків компонентів правого та лівого струминного апарату. Головним чинником змішування в зонах А і Б є турбулентність і турбулентні пульсації рідин основного та підмішаного компонента. У зонах В, Г і Д змішування відбувається за рахунок взаємопроникнення потоків, струменів і шарів компонентів. Для інтенсифікації процесів змішування необхідно підвищувати

інтенсивність турбулентності та взаємопроникнення шарів компонентів. Цього можливо досягти за рахунок:

1. Збільшення тиску подачі води у робочі патрубки, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з робочої камери та турбулентність потоку.

2. Зменшення вихідного перерізу робочого сопла, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з нього і турбулентність потоку.

3. Зменшення перерізу приймальної камери, внаслідок чого зменшується товщина струменя підмішуваного компонента, що призводить до більш рівномірного розподілу його в основному компоненті.

4. Підвищення швидкості подачі підмішуваного компонента у камеру змішування, внаслідок чого підвищується турбулентність потоку.

5. Зменшення перерізу сопел камер змішування, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з нього і турбулентність потоку.

Слід зауважити, що зменшувати перерізи камер і сопел можливо лише до певних значень, адже при надмірному зменшенні площі перерізів підвищується гідравлічний опір витіканню рідини, що зменшує швидкість струменя. Надмірне підвищення швидкості подачі компонентів призводить до небажаного збільшення енерговитрат [7].

На рис. 2 умовно представлений профіль швидкостей у двох крайніх перерізах циліндричної камери змішування: вхідному та вихідному [4].

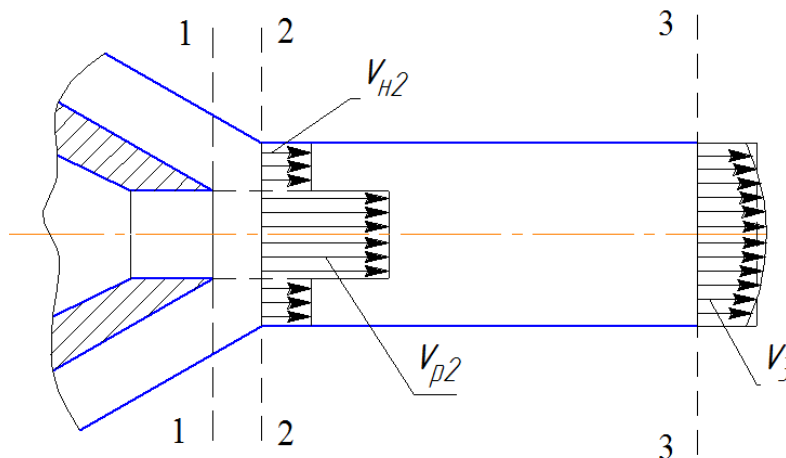


Рис. 2. Розподіл швидкостей у вхідному та вихідному перерізі камери змішування:

1–1, 2–2, 3–3 – перерізи виходу з робочого сопла, входу камери змішування та виходу з камери змішування відповідно.

На вхідній ділянці камери профіль швидкостей дуже нерівномірний. Можна умовно представити потік у вхідному перерізі,

що складається з двох співвісних потоків: центрального (основний компонент) з більшою швидкістю v_{p2} і периферійного (підмішуваний компонент) зі значно меншою швидкістю v_{n2} . У вихідному перерізі камери змішування потік має досить рівномірний профіль швидкостей v_3 . Таким чином основне змішування відбувається у камері змішування кожного струминного апарату. Можна прогнозувати, що розподіл швидкостей на виході з камери змішування повинен бути близьким до рівномірного. Це свідчить про достатність процесу перемішування у камері змішування та створює якісні умови для змішування на наступному етапі – зіткнення струменів. Нерівномірність розподілу швидкостей до зони Б може призвести до неоднакової інтенсивності змішування в центрі та на периферії потоків, які виходять зі струминних апаратів, що знижує кінцеву якість змішування. Для підвищення рівномірності розподілу швидкостей на виході з камери змішування необхідно:

- зменшувати швидкість основних потоків з робочих сопел струминних апаратів, для чого знижувати тиск на вході робочих патрубків і (або) збільшувати переріз робочих сопел;
- збільшувати довжину робочих камер апаратів;
- підбирати оптимальне співвідношення між внутрішніми діаметрами камер змішування і робочих сопел апаратів.

З іншого боку зменшення швидкостей основних потоків призводить до зменшення продуктивності змішувача, а надмірне збільшення довжини камери змішування – до небажаного підвищення масо-габаритних показників і енерговитрат.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для знаходження оптимальних показників струминного змішувача необхідно вирішити суперечливі завдання: отримати з одного боку достатню ступінь змішування та високу продуктивність, а з іншого – мінімальні енерговитрати та масо-габаритні показники. Провести експериментальні дослідження якості перемішування на експериментальній лабораторній установці.

Література:

1. *Самойчук К.О.* Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2013. – Вип. 13., т.1
2. *Самойчук К.О.* Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного у-та, 2013 – 140с.

3. *Майер В.В.* Кумулятивный эффект в простых опытах/ В.В. Майер. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. – 192с.

4. *Соколов Е.Я.* Струйные аппараты./ Е.Я Соколов, Н.М.Зингер. – 3-е изд. Перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352с.

5. *Софронов В.Л.* Расчет струйных аппаратов / В.Л. Софронов, И.Ю. Русаков, Т.В. Ощепкова – Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 33с.

6. Peicheng L. Mixing times in single and multi-orifice-impinging transverse (МОИТ) jet mixers with crossflow/ L. Peicheng, T. Yuncui, F. Yi, W. Hua – Chine: Chinese Journal of Chemical Engineering, 2016.

7. Lloyd G. Alexander Transport of momentum, mass and heat in turbulent jets / Thomas Baron, Lloyd G. Alexander, Edward W. Comings// Published by the University of Illinois, Urbana – 2007. – 88с.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОТИВОТОЧНО-СТРУЙНОГО СМЕШИВАНИЯ НАПИТКОВ

Самойчук К.О., Полудненко О.В., Циб В.Г.

Анотация – в статье приведены результаты теоретических исследований струйного смесителя напитков. Представлена схема противоточно-струйного смесителя жидкостей и описан процесс смешивания в устройстве. Приведены возможные пути интенсификации процесса перемешивания. Приведены меры по повышению качества перемешивания жидкостей в противоточно-струйном смесителе напитков.

ANALYSIS OF PROCESS OPPOSITE-STREAM MIXING OF DRINKS

K. Samoichuk, O. Poludnenko, V. Tsyb

Summary

The results of theoretical research jet mixer drinks. The scheme opposite-stream mixer of liquids and describes the mixing device. Shows the possible ways to intensify the process of mixing. These activities improve the quality of mixing fluids in opposite-stream mixer of drinks.