

УДК 631.563.4

## РЕЗУЛЬТАТИ ПОШУКОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

Полудненко О.В., асистент\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (06192) 42-13-06

**Анотація** – у статті наведено результати пошукового експерименту із дослідження протитечійно-струминного змішування купажного сиропу з водою в лабораторній установці. Побудовано залежності концентрації сиропу у готовому розчині від тиску подачі води при різних значеннях відстані між соплами форсунок. Встановлено оптимальні діапазони варіювання факторів основного експерименту; визначено вплив відстані між форсунками на концентрацію сиропу в готовому розчині.

**Ключові слова** – експеримент, рідина, форсунка, змішування, аналіз.

*Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями.* Сьогодні усе більшою популярністю користуються безалкогольні напої. Такі напої являють собою водні розчини харчових інгредієнтів і призначені, головним чином, для тамування спраги і підтримання водно-сольового балансу організму. Також напої мають певну харчову цінність, а в деяких випадках виконують лікувально-профілактичні або тонізуючі функції, обумовлені уведенням у рецептуру спеціальних добавок. Одним з основних процесів при виготовленні безалкогольних напоїв є перемішування рідких компонентів – підготовленої води з купажним сиропом.

З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішувачів апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Ця робота є складовою частиною циклу статей, присвячених струминному змішуванню рідких компонентів. У попередніх статтях було обгрунтовано спосіб перемішування [1], конструкція змішувача апарату [2], метод оцінювання якості перемішування [3], теоретично

---

© Полудненко О.В., асистент

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

визначено один з найважливіших конструктивних параметрів – відстань між соплами форсунок [4].

Схему конструкції протитечійно-струминного змішувача представлено на рисунку 1.

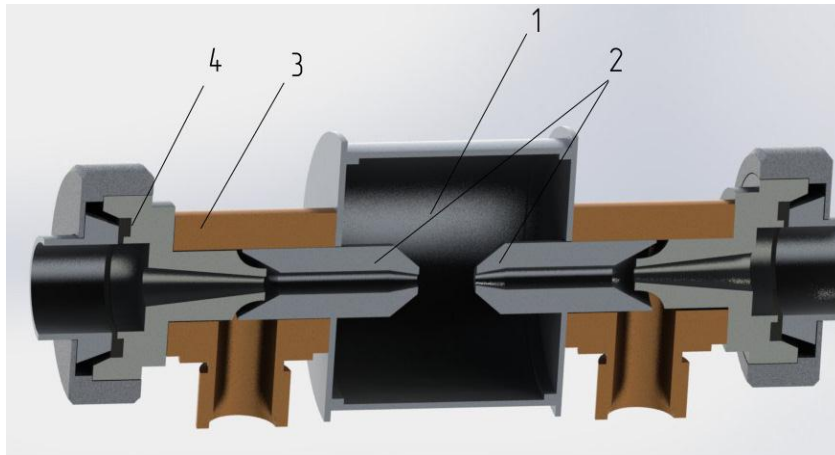


Рис. 1. Протитечійно-струминний змішувач: 1 – камера змішування; 2 – форсунка; 3 – корпус камери уводу підмішуваного компоненту; 4 – ежектор.

У результаті теоретичних досліджень визначено, що оптимальна відстань між соплами форсунок змішувача з умови отримання найбільшої продуктивності і найвищого ступеня перемішування (при постійному значенні надлишкового тиску) залежить від діаметра сопел форсунок і повинна дорівнювати діаметру сопла форсунки.

Для перевірки результатів теоретичних досліджень було розроблено лабораторний пристрій для експериментального дослідження струминного змішування.

*Постановка завдання.* Перед проведенням експериментальних досліджень, внаслідок великої кількості факторів та недостатності апріорної інформації про об'єкт дослідження, є необхідність у проведенні пошукового експерименту.

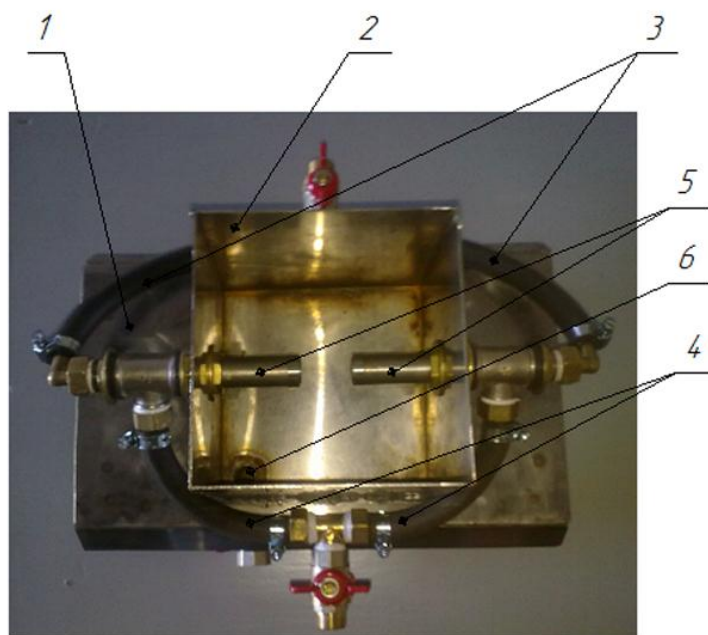
Задачами пошукового експерименту були:

- встановлення оптимального діапазону варіювання факторів основного експерименту;
- знаходження верхніх та нижніх меж коливання факторів;
- визначення впливу відстані між форсунками на концентрацію підмішуваного компонента в готовому розчині.

*Виклад основного матеріалу дослідження.* Технологія виготовлення безалкогольних напоїв – це комплекс конкретних операцій, які здійснюються у певній послідовності. У першу чергу, на обладнанні водопідготовки очищується і пом'якшується вода, яка

буде використана для приготування напоїв. Підготовлена вода надходить у збірник. Звідти, за допомогою насоса, вона подається на мембранний фільтр і направляється у холодильник, насичуючись диоксидом вуглецю. Потім здійснюється змішування води з купажним сиропом.

Для проведення експериментальних досліджень процесу змішування води з купажним сиропом було розроблено і виготовлено експериментальну установку, конструктивні особливості якої захищені патентом України на корисну модель [5]. Загальний вид установки показано на рисунку 1. На станині 1 встановлено камеру змішування 2, в якій співвісно встановлені дві ідентичні форсунки 5; через патрубки подачі основного компонента 3 у форсунки 5 під тиском подається підготовлена вода, через патрубки подачі підмішуваного компонента 4 подається купажний сироп при атмосферному тиску подачі. Змішаний продукт через вихідний отвір 6 відводиться у збірник.



1 – станина; 2 – камера змішування; 3 – патрубки подачі основного компонента; 4 – патрубки подачі підмішуваного компонента; 5 – форсунка; 6 – вихідний отвір.

Рис. 2. Лабораторна установка для дослідження процесу змішування.

На описаній лабораторній установці досліджувався вплив технологічних і кінематичних параметрів на процес змішування.

З умови отримання високого ступеня змішування рідини швидкість у момент зіткнення повинна бути максимальною. На підставі аналізу математичних залежностей і результатів моделювання

процесу струминного змішування у програмному комплексі ANSYS [4] було визначено, що максимальна якість змішування досягається при  $a=d_c$ .

З огляду на результати аналітичних досліджень для проведення пошукового експерименту були визначені такі межі варіювання факторів:

- відстань між соплами форсунок (нижня межа 4 мм, верхня – 8 мм, крок зміни фактору – 2 мм),
- тиск подачі води (нижня межа 1,2 атм, верхня – 3,6 атм, крок зміни фактору – 1,2 атм),
- рівень купажного сиропу відносно осі форсунок (нижня межа 200 мм, верхня – 400 мм, крок зміни фактора – 100 мм).

Експериментальні дослідження проводилися за такою методикою: основа, якою виступає водопровідна вода ГОСТ 2874-82 температурою 20° С (290° К) і щільністю 1000 кг/м<sup>3</sup>, подається в ежектор під тиском. При проходженні крізь ежектор кінетична енергія потоку води підвищується, а потенційна знижується до створення розрідження, що досягає максимального значення у місці найбільшого звуження потоку, тобто на виході з ежектора. У камеру уводу підмішуваного компонента підводився купажний сироп «Лимонад» на основі підсолоджувача аспартам температурою 20° С (290° К) і щільністю 1050 кг/м<sup>3</sup> під атмосферним тиском. При проходженні струменя води крізь камеру уводу підмішуваного компонента, у потік води ежектуються купажний сироп. При проходженні струменя крізь форсунку відбувається попереднє змішування основного компонента з підмішуваним, а при зіткненні струменів відбувається остаточне змішування рідких компонентів. Розмір камери уводу підмішуваного компонента в обох форсунках встановлено постійним. Визначення концентрації купажного сиропу в змішаному розчині визначалась за допомогою рН-міру Checker (виробник Hanna Instruments).

Відстань між соплами форсунок змінювали осьовим переміщенням форсунок у напрямних втулках.

Тиск подачі води змінювали за допомогою вихрового насоса (виробник KENLE,  $H_{\max}=50\text{м}$ ,  $Q_{\max}=50\text{л/хв}$ ), контроль тиску подачі води в змішувач здійснювали за допомогою манометра (ГОСТ 2405 – 88 межі вимірювання – до 6 атм).

Змінювали напір купажного сиропу при подачі його в камеру підводу підмішуваного компонента зміною висоти ємності з купажним сиропом відносно осі форсунок змішувача.

У результаті проведення пошукового експерименту отримані такі залежності.

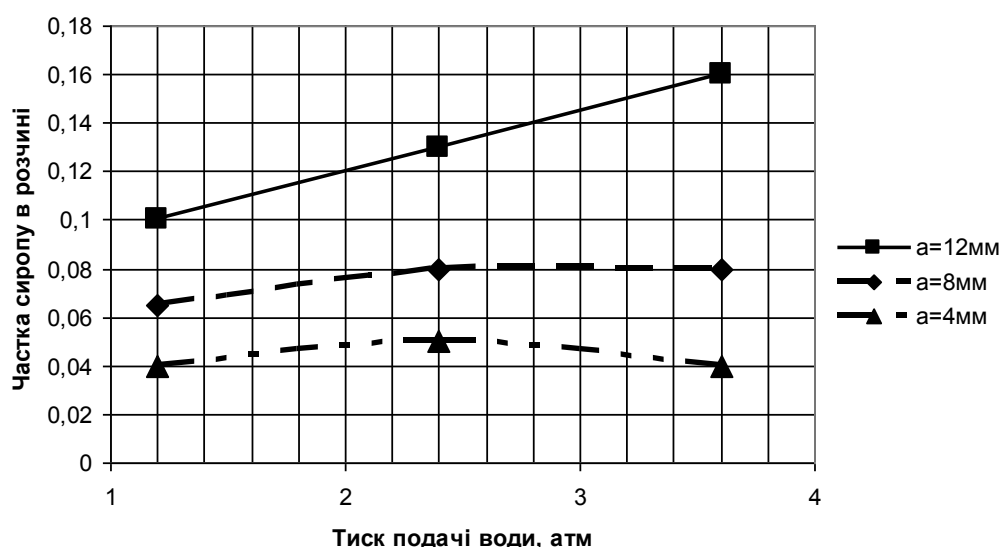


Рис. 3. Залежність частки сиропу в змішаному розчині від тиску подачі води при різних значеннях відстані між соплами форсунок  $a$ , мм. Напір купажного сиропу 0,3 м.

Аналізуючи отримані залежності, можна сказати, що при напорі купажного сиропу 0,3 м відбувається наступне: при відстані між соплами форсунок 4 мм (відстань дорівнює діаметру сопла) частка купажного сиропу в розчині змінюється у межах від 0,04 до 0,05, при чому, спочатку при зростанні тиску від 1,2 до 2,4 атм концентрація сиропу в розчині зростає, а при подальшому зростанні тиску – знижується до значення 0,04. При відстані між форсунками 8 мм (відстань дорівнює двом діаметрам сопла форсунки) із зростанням тиску концентрація сиропу в розчині зростає від 0,065 (при тиску 1,2 атм) до 0,08 (при тиску 2,4 атм) і у подальшому із зростанням тиску залишається незмінною. При відстані між форсунками 12 мм (відстань дорівнює трьом діаметрам сопла форсунки) із зростанням тиску концентрація сиропу в розчині зростає майже лінійно від 0,1 (при тиску 1,2 атм) до 0,16 (при тиску 3,6 атм).

При напорі купажного сиропу 0,4 м отримали такі залежності: при відстані між соплами форсунок 4 мм із зростанням тиску концентрація сиропу в розчині зростає від 0,05 (при тиску 1,2 атм) до 0,08 (при тиску 2,4 атм) і у подальшому із зростанням тиску залишається незмінною. При відстані між форсунками 8 мм і 12 мм залежність концентрації сиропу у розчині від тиску подачі води має майже лінійний характер, із зростанням тиску зростає концентрація. При відстані 8 мм концентрація сиропу змінюється у межах від 0,08 (при тиску 1,2 атм) до 0,15 (при тиску 3,6 атм). При відстані між соплами форсунок 12 мм – від 0,1 (при тиску 1,2 атм) до 0,25 (при тиску 3,6 атм).

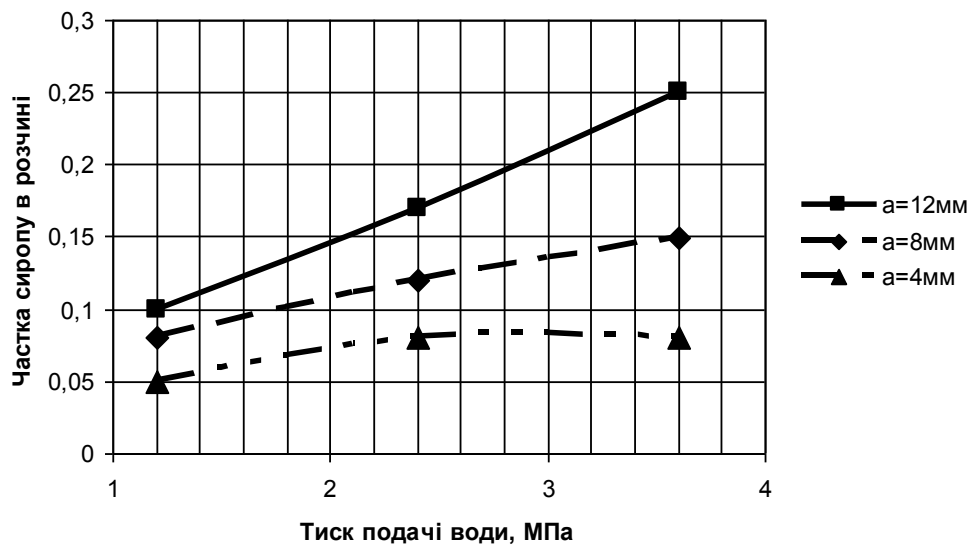


Рис. 4. Залежність частки сиропу в змішаному розчині від тиску подачі води при різних значеннях відстані між соплами форсунок. Напір купажного сиропу 0,4м.

За отриманими залежностями можна відзначити, що із зменшенням відстані між форсунками від 12 мм (що дорівнює трьом діаметрам сопла форсунки  $a=3d_c$ ) до 4 мм (тобто  $a=d_c$ ) частка сиропу у змішаному розчині зменшується. Це відбувається внаслідок того, що на струмінь рідини, яка витікає із сопла форсунки, діє зустрічний струмінь. Тиск, який виникає у зоні зіткнення струменів, призводить до того, що рідина основного потоку (вода) не захоплює достатньої кількості підмішуваного компонента (купажного сиропу), а при рівні купажного сиропу відносно осі форсунок менше або рівному 200мм, взагалі, відбувається потрапляння рідини основного потоку у кільцеву щілину подачі підмішуваного компонента і далі у гідропровід подачі купажного сиропу.

При відстані між соплами форсунок 12мм ( $a=3d_c$ ), тиску подачі води 0,36 МПа, напорі купажного сиропу 0,4м отримали частку сиропу у змішаному розчині 0,25, що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» купажний сироп повинен змішуватись з водою у пропорції 1:4.

*Висновки і перспективи подальших досліджень.* Одним з найважливіших конструктивних параметрів, що впливає на забезпечення потрібної концентрації підмішуваного компонента і якість перемішування, є відстань між соплами форсунок. У результаті проведення пошукового експерименту було виявлено, що при відстані між форсунками, рівній діаметру сопла форсунки, частка купажного сиропу у готовому розчині зменшується із збільшенням тиску подачі

основного компонента – води. Незалежно від напору подачі купажного сиропу, із збільшенням відстані між форсунками від  $a=d_c$  до  $a=3d_c$  частка сиропу у змішаному розчині збільшується.

Аналіз результатів пошукового експерименту дозволив встановити оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту: тиск подачі основного компонента (води) 3 – 5атм; напір подачі підмішуваного компонента (купажного сиропу) 0,3 – 0,5м; відстань між соплами форсунок 10 – 20мм.

У подальших дослідженнях планується дослідити оптимальне співвідношення площі кільцевої щілини, вплив початкового діаметра струменя основного компонента і діаметра сопла форсунки та відстані між соплами форсунок у протитечійно-струминному змішувачі.

#### Література:

1. *Самойчук К.О.* Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2011. – Вип. 11., т.6. - С. 226 – 233.

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. *Циб В.Г.* Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв / В.Г. Циб, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь:ТДАТУ. - 2014. – Вип.14., т.1

4. *Самойчук К.О.* Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/ К.О. Самойчук, О.В. Полудненко, В.Г. Циб // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2015. – Вип. 15., т.1. - С. 30 – 38.

5. Пат. 91740, Україна, МКИ<sup>5</sup> А01J 11/00. Пристрій для струминного змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201402154 ; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРОТИВОТОЧНО-СТРУЙНОГО СМЕШИВАНИЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

Полудненко О.В.

*Аннотация* – в статье представлены результаты поискового эксперимента по исследованию противоточно-струйного смешивания купажного сиропа с водой в лабораторной установке. Построены зависимости концентрации сиропа в готовом растворе от давления подачи воды при различных значениях расстояния между соплами форсунок. Установлены оптимальные диапазоны варьирования факторов основного эксперимента; определено влияние расстояния между форсунками на концентрацию сиропа в готовом растворе.

## **EXPERIMENT OF SEARCH RESULTS PROTYTECHIYNO-JET MIXING SOFT DRINKS**

O. Poludnenko

### *Summary*

The results of the search experiment research protytechiyno-jet mixing syrup blended with water in a laboratory setting. Built depending syrup concentration in the final solution of the water supply pressure at different values of the distance between the nozzle injectors. The optimal ranges of variation of the main factors of the experiment; the influence of the distance between the nozzles on the concentration in the finished syrup solution.