

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ УТФЕЛЯ В ЦИРКУЛЯЦІЙНІЙ ТРУБІ ВАКУУМ-АПАРАТА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Дмитренко І. М., асистент, Погорілий Т. М., к.т.н., доц.
(Національний університет харчових технологій)

В даній статті аналізуються переваги та недоліки вакуум-апаратів періодичної дії з механічним циркулятором. Наведені результати чисельного дослідження гідродинаміки утфеля в циркуляційній трубі вакуум-апарата, та запропоновано шляхи щодо зменшення гідравлічного опору в циркуляційному контурі апарата.

Постановка задачі: Основними шляхами підвищення ефективності цукрового виробництва являється всебічна інтенсифікація процесів, що протікають в промислових апаратах. Проектування нових вакуум-апаратів або модернізація існуючих мають бути спрямовані на досягнення у всьому об'ємі апарату інтенсивної кристалізації.

Одним з перспективнішим напрямком інтенсифікації процесу кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії є гідродинамічний, що спрямований на підвищення швидкості циркуляції утфеля вздовж циркуляційного контуру, що, в свою чергу, призводить до збільшення частоти коливань температури за рахунок збільшення числа циклів обміну при переміщенні утфеля з однієї температурної зони до іншої, тобто інтенсифікує процес рекристалізації за коливальним механізмом [1, 2, 3].

Одним з перспективнішим методом інтенсифікації процесу кристалізації гідродинамічним шляхом являється застосування механічних циркуляторів [4], що дозволяють поліпшити гідродинамічне становище в циркуляційному контурі за рахунок штучної циркуляції, покращують якість звареного утфеля і кристалічного цукру за відсутності утворення конгломератів в апаратах із природньою циркуляцією, що досягається за рахунок ведення уварювання при більш низьких пересиченнях і, отже, більш низьких середніх швидкостях росту кристалів і більшому часі уварювання.

Проте, робота вакуум-апаратів з механічним циркулятором супроводжуються деякими недоліками, що зменшують ефективність

даного методу. Найсуттєвіший з них – це великий гідравлічний опір циркуляційного контуру за рахунок створення вихрового потоку утфеля в циркуляційній трубі під впливом дії механічного циркулятора, і, як наслідок, недостатнє значення кратності циркуляції, отже і недостатня інтенсивність процесів тепло- та масообміну, що в кінцевому підсумку зменшує якість отриманого утфеля та кристалічного цукру.

В основу інтенсифікації процесу кристалізації сахарози гідродинамічним способом покладено наступні завдання:

- зменшити гідравлічний опір циркуляційного контуру;
- інтенсифікувати тепло-масообмінні процеси за рахунок підвищення кратності циркуляції;
- інтенсифікувати процес рекристалізації сахарози;
- підвищити якість отриманого утфеля та кристалічного цукру.

Мета досліджень: Необхідно прагнути до зменшення гідравлічного опору. З цією метою необхідно провести чисельне дослідження зони циркуляційного контуру – циркуляційна труба, в якій розташовується мішалка механічного перемішуючого пристрою. Чисельне дослідження базується на використанні програмного комплексу FlowVision [5], в основу якого покладено чисельні методи, що дозволить моделювати гідродинаміку цукрового утфеля в циркуляційній трубі.

Основні матеріали досліджень: Моделювання гідродинаміки відбувалося на основі вакуум-апарата періодичної дії з механічним циркулятором ВАЦМ-60 [6], що виготовлюються на ТДВ «Яготинський механічний завод», і являє собою циліндричний корпус з конічною верхньою частиною і днищем, сепаратор, що розташований в верхній частині апарата, теплообмінну камеру з центральною циркуляційною трубою та механічний циркулятор з верхнім приводом, що розташовані в нижній частині апарата.

Перевагою ПК FlowVision являється можливість моделювати гідродинамічні процеси в області розрахунку враховуючи рухомі робочі органи об'єкту. Для цього необхідно окремо створювати модель, що визначає область розрахунку, та модель рухомого робочого органу. Після цього, використовуючи спеціальні можливості програми, безпосередньо в ПК FlowVision поєднуємо область розрахунку і рухому частину об'єкта в одну цілісну модель.

Оскільки в циркуляційній трубі вакуум-апарата періодичної дії ВАЦМ-60 розташована 6-ти лопатева мішалка, що здійснює *1 об/с*, то спочатку в програмному продукті КОМПАС-3D будемо 3-D модель даної мішалки (рис. 1) в масштабі *1:1*, використовуючи

технічну документацію на вакуум-апарат періодичної дії ВАЦМ-60.

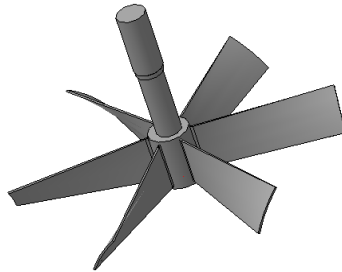


Рис. 1. 3-D модель 6-ти лопатевої мішалки вакуум-апарат періодичної дії ВАЦМ-60

Спочатку нами було побудовано область розрахунку, що відтворює повністю всі ділянки циркуляційного контуру вакуум-апарата періодичної дії з механічним циркулятором, по якому цукровий утфеля власне циркулює (рис. 2).

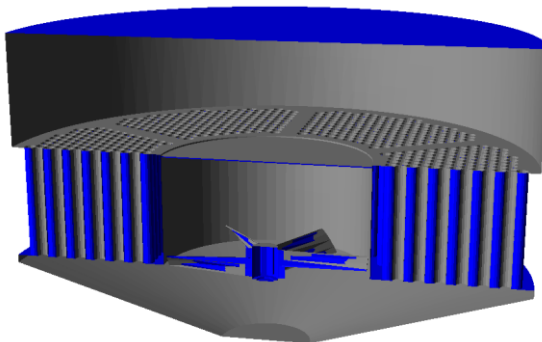


Рис. 2. Область розрахунку циркуляційного контуру вакуум-апарат періодичної дії ВАЦМ-60

Проте, з метою забезпечити найбільшу точність чисельних розрахунків за рахунок збільшення кількості розрахункових комірок було вирішено акцентувати увагу лише на циркуляційній трубі.

Остаточна модель для моделювання гідродинаміки цукрового утфеля в циркуляційній трубі в ПК FlowVision зображена на рис. 3.

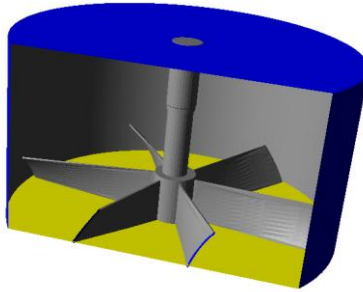


Рис. 3. Модель для моделювання гідродинаміки цукрового утфеля в зоні седиментації в ПК FlowVision

В результаті проведення моделювання в ПК FlowVision отримуємо розподіл швидкостей руху цукрового утфеля в циркуляційній трубі враховуючи вплив 6-ти лопатевої мішалки (рис. 4).

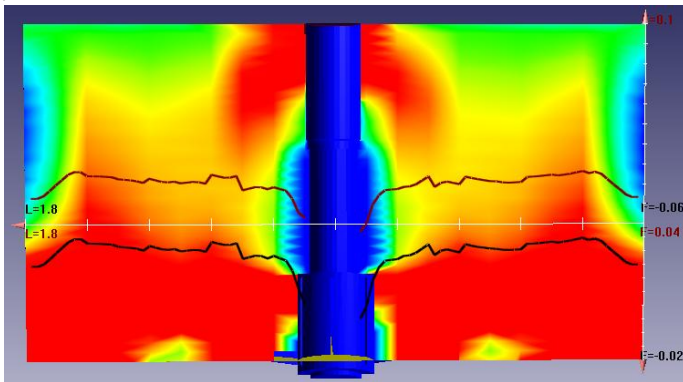


Рис. 4. Розподіл швидкостей руху цукрового утфелю в циркуляційній трубі

Висновки: Проаналізуємо отриманий розподіл швидкостей руху утфеля вздовж поздовжнього перерізу циркуляційної труби (рис. 4). Найбільша швидкість руху утфеля спостерігається в зоні розташування мішалки. Найменша швидкість руху утфеля спостерігається в зоні біля валу мішалки та біля стінок циркуляційної труби. Відповідно до рис. 4 спостерігаємо за епіюром швидкостей вздовж осі Z та модулем швидкостей в поперечному перерізі. Як бачимо, епіюр за рахунок впливу мішалки має не характерний для ламінарного руху рідини розподіл швидкостей і характеризується

ломаним профілем, що пояснюється хаотичним рухом елементів утфеля по мірі наближення до зони розташування 6-ти лопатевої мішалки. В результаті обертання мішалки деякі елементи утфеля прискорюються, інші стикаються між собою, сповільнюючи при цьому швидкість руху, що і призводить до виникнення значного гідравлічного опору в даній зоні циркуляційного контуру. Використовуючи можливості ПК FlowVision було визначено середнє в поперечному перерізі та протягом часу одного повного оберту 6-ти лопатевої мішалки значення швидкості утфеля на виході з циркуляційної труби – $U^{cp}_{вих} = 0,4188 \text{ м/с}$.

Необхідно розробити технічне рішення для усунення зазначеного недоліку.

Усунення значного гідравлічного опору в циркуляційній трубі досягається тим, що вакуум-апарат оснащується вертикальними направляючими (рис. 5.) певною висотою на висоті **0,02 – 0,05 м** над верхньою частиною робочого органу механічного циркулятора.

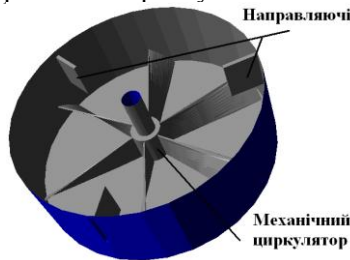


Рис. 5. Схема технічного рішення щодо зменшення гідравлічного опору в циркуляційній трубі вакуум-апарата періодичної дії з механічним циркулятором

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованим технічним рішенням та очікуваним результатом наступний:

- встановлення радіально в середині циркуляційної труби вертикальних направляючих певною висотою зводить до мінімуму вихрові потоки утфеля в циркуляційній трубі, що зменшує гідравлічний опір циркуляційного контуру;
- за рахунок зменшення гідравлічного опору циркуляційного контуру підвищується кратність циркуляції, що сприяє збільшенню інтенсивності теплопередачі, та, як наслідок, збільшенню інтенсивності масообміну;
- за рахунок підвищення кратності циркуляції відбувається інтенсифікація рекристалізації, внаслідок чого покращується гранулометричний склад кристалів цукру;

• інтенсифікація тепломасообміну зменшує час активної роботи вакуум-апарата, що забезпечує зменшення степеню термічного розкладу сахарози.

Відкритим залишається питання щодо кількості направляючих в циркуляційній трубі та їх габаритних розмірів.

Необхідно визначити раціональну кількість та оптимальні розміри направляючих, які б мінімізували утворення вихорів під впливом 6-ти лопатевої мішалки та забезпечили б найбільшу швидкість руху утфеля на виході з циркуляційної труби, що, в свою чергу, призведе до збільшення швидкості руху утфелю в циркуляційному контурі вакуум-апарата в цілому.

Список літератури

1. Дмитренко І. М., Погорілий Т. М., Мирончук В. Г. Моделювання теплообміну в процесі рекристалізації сахарози при уварюванні цукрового утфеля // Харчова промисловість. Науковий журнал – Київ.: НУХТ, 2012 – №12 – С. 232-236.

2. Дмитренко І. М., Погорельий Т. М. Моделирование процесса рекристаллизации по колебательному механизму на основе численных методов // Международный научный форум «Пищевые инновации и биотехнологии». Сборник статей.– Кемерово, 2013 р.– С. 220-226

3. Дмитренко І. М., Погорельий Т. М. Моделирование теплообмена между ячейками сахарозы в условиях охлаждённого раствора в процессе рекристаллизации по колебательному механизму // Наукові праці ОНАХТ Міністерства освіти і науки України. – Одеса: 2013. – Вип. 43. – Том 2. – С. 38-44

4. В.Р. Кулиниченко, В.Г. Мирончук. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография. – К.:НУПТ, 2012. – 426с.

5. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. Версия 2.2. Руководство пользователя. – М.: Тесис, 2005. – 304 с.

6. Кухар В. Н., Лысюк П. И. Вакуум-аппарат с циркулятором: оптимизация теплоснабжения, улучшение качества готовой продукции.// Сахар – 2006 – № 7 – с. 48-52

Аннотация

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УТФЕЛЯ ГИДРОДИНАМИКИ В ОБРАЩЕНИЕ ТРУБЫ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье рассмотрены преимущества и недостатки вакуум-аппаратов периодического действия с механической циркулятором. Он приведены численные результаты исследования утфеля гидродинамики в циркуляционной трубе из вакуумного аппарата, и предложил пути снижения гидравлического сопротивления в контуре циркуляции кастрюлю.

Abstract

NUMERICAL INVESTIGATION OF MASSECUTE HYDRODYNAMICS INTO CIRCULATION PIPE OF VACUUM APPARATUS PERIODIC ACTION

The article deals with the advantages and disadvantages of vacuum pans periodic action with mechanical circulator. It is adduced the numerical investigation results of massecuite hydrodynamics into circulation pipe of vacuum pan, and proposed ways to reduce hydraulic resistance in the circulation contour pan.