УДК 663.44-048.78

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИВАНТАЖЕННЯ СОЛОДОВОЇ ДРОБИНИ З КОМБІНОВАНОГО ВАРИЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Мерзляк Д.В., аспірант, Удодов С.О., к.т.н, доц., Марцинкевич Л.В., асистент.
(Національний університет харчових технологій)

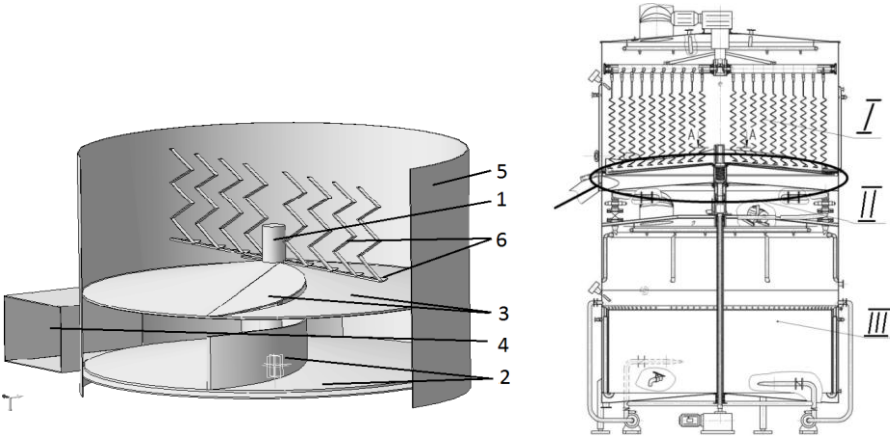
У статті запропоновано механічний спосіб вивантаження солодової дробини з комбінованого варильного агрегату, який значною мірою зменшує трудомісткість даного процесу. Створено модель робочого об'єму для здійснення розрахунків та проведено певні дослідження розглянутого процесу. На основі отриманих результатів побудовано деякі залежності та запропоновано оптимальні параметри роботи вивантажувального механізму.

Постановка задачі: Приготування пивного сусла – це сукупність складних різноманітних процесів, тісно пов'язаних між собою, для проведення яких використовують не менш складне технологічне обладнання. Останнім часом в пивоварному виробництві намагаються широко використовувати комбіновані апарати та агрегати, що дозволяють проводити декілька процесів в одному апараті. Це значно полегшує їх експлуатацію, скорочує загальний час роботи, знижує вартість обладнання, собівартість готової продукції та ін..[1]

Серед основних процесів, таких як затирання, фільтрування пивного затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення сусла, можна виділити також і другорядні, але не менш важливі процеси. Серед них - вивантаження дробини з фільтраційного апарату. Розглядаючи комбіновані апарати та агрегати, а також апаратурне оснащення сучасних міні-пивзаводів, можна зауважити, що багато з них не передбачають механічного вивантаження дробини, а в деяких взагалі це неможливо через їх складне конструктивне виконання. Результатом цього є поширене явище в умовах міні-пивоварень та міні-пивзаводів – вивантаження пивної дробини за рахунок ручної праці самого пивовара, що значно ускладнює як процес в цілому, так і умови та привабливість самої професії. Це є значним недоліком, що потребує нагального вирішення на шляху широкого впровадження, особливо, міні-пивзаводів. Питанням переробки солодової дробини,

її сушіння, утилізації, тощо присвячено багато досліджень[2,3,4].

Враховуючи останні науково-технічні досягненя в області конструктивного виконання варильних порядків пивзаводів, створено нову конструкцію варильного агрегату, який складається з заторно-фільтраційного апарату I в верхній частині, сусловарильно-гідроциклонного апарату III в нижній частині та проміжного технічного простору II між ними. В комбінованому варильному агрегаті також запропоновано конструктивне вирішення проблеми вивантаження солодової дробини. Після відділення сусла дробина знаходиться на рухомому фільтрувальному каркасі 3, що являє собою слабоконічний диск із фільтрувальними сегментами та дугоподібними прорізями, один край якої ввігнутий до шару дробини. Каркас закріплений на валу 1 на певній відстані від дна апарату, таким чином утворюючи підситовий простір, в якому розташований диск-мішалка 2. Останній обертається разом із фільтрувальним каркасом при вивантаженні дробини. Обертаючись каркас зрізає ввігнутим краєм нижній шар дробини, направляючи його в підситовий простір, де диск-мішалка, обертаючись, підхоплює і направляє дробину до тангенціально встановленого вивантажувального патрубка 4.



а) б)

Рис. 1. Комбінований варильний агрегат для приготування пивного сусла (б) та розріз заторно-фільтраційного апарату (а): 1- привідний вал; 2- диск-мішалка; 3- фільтрувальний каркас із фільтруючими сегментами; 4- вивантажувальний патрубок; 5- корпус апарату; 6- плужки розрихлювачі

Мета досліджень: Метою даної роботи є аналіз нової конструкції комбінованого варильного агрегату, який забезпечує автоматичне вивантаження солодової дробини з заторно-фільтраційного апарату. Дослідження даного процесу шляхом створення моделі робочого об'єму та проведення відповідних розрахунків. На основі отриманих результатів прийняти оптимальні параметри для роботи вивантажувального механізму.

Основні матеріали досліджень:

Побудова фізичної моделі вивантажувального об'єму та мішалки (рис.2) створюється за допомогою системи «Компас 3D» відповідно до конструктивних параметрів обладнання. Для задавання крайових граничних умов та властивостей моделі, дослідження та обробки результатів також було застосовано програмний комплекс «FlowVision» та Microsoft Office Excel.

Задавання математичної моделі та фізичних параметрів:

- Завантажуємо трьох вимірну модель внутрішнього простору, збережену у форматі «STL», до програми «FlowVision»;

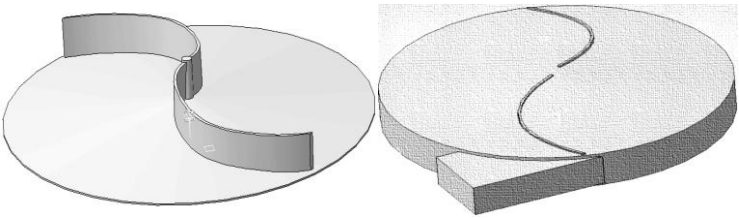


Рис. 2. Модель робочого об'єму та диска-мішалки

- Коректуємо масштаби моделі до відповідності з дійсними;
- Завантажуємо, як фільтр мішалку, обираючи формат документу «STL», та відразу коректуємо масштаб
- У цьому завданні вибираємо модель «нестислива рідина»;
- У списку рівнянь, що розраховуються відзначаємо «Швидкість», «Турбулентність»;

Обрана модель і рівняння, що розраховуються означають, що ми будемо вирішувати завдання для турбулентної течії, в якому будуть вирішуватися рівняння Нав'є-Стокса (1), рівняння для турбулентних функцій переносу.

Рівняння Нав'є-Стокса:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V * V) = -\frac{\nabla p}{\rho} + \frac{1}{\rho}\nabla\left((\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)\right) + S \quad (1)$$

Властивості речовини 0: густина 500 кг/м^3

Задаємо відповідні граничні умови (рис.3):

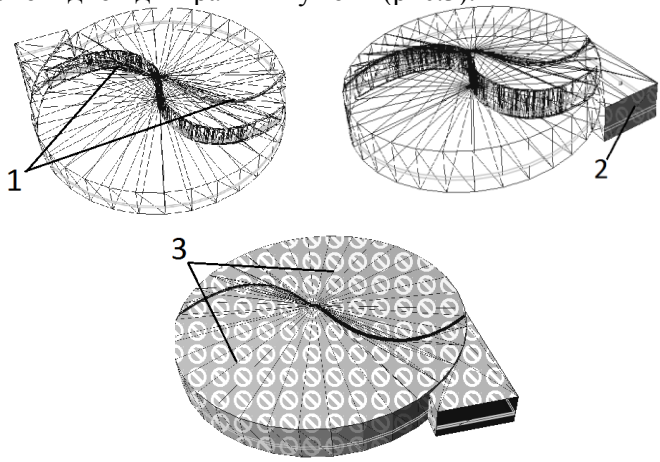


Рис. 3. Граничні умови

На границі 1 - гранична умова «вхід» з початковою швидкістю V (в залежності від частоти обертання диска-мішалки) і температурою 0 ° С (Вхід / Вихід → швидкість → нормальна швидкість).

На границі 2 – гранична умова «Вільний вихід» (Вільний вихід → швидкість → нульовий тиск/вихід)

На границі 3 – гранична умова «Стінка» (Стінка → швидкість → стінка)

Для проведення дослідів приймаємо частоту обертання, яку враховуючи фізичні властивості, характерні солодовій дробині [1] та з'ясовуємо при якій частоті дробина вивантажується найшвидше..

З рис.4 можна побачити яким чином змінюється швидкість вивантаження дробини при певних частотах обертання диска-мішалки. Чітко видно, що при максимальних та мінімальних обраних частотах обертання мішалки швидкість вивантаження дробини мінімальна, тобто не є бажаною. Натомість при частоті обертання 0,628 рад/с швидкість стрімко зростає та набуває максимальних значень.

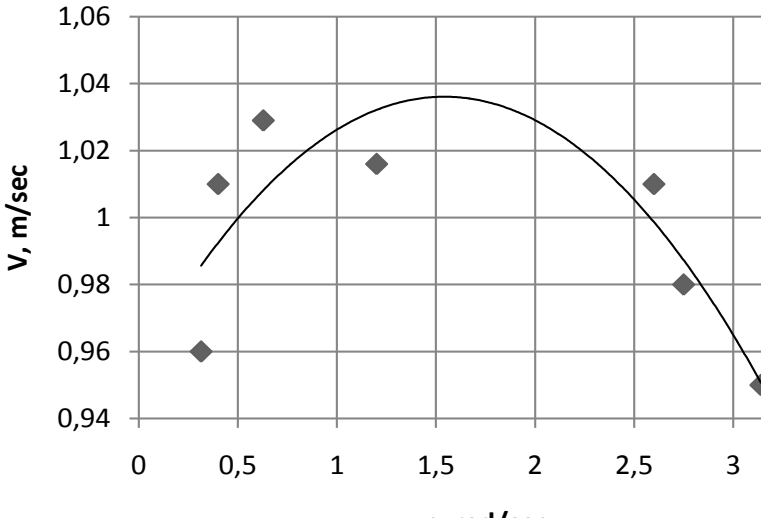


Рис. 4. Залежність швидкості вивантаження дробини від частоти обертання диска-мішалки

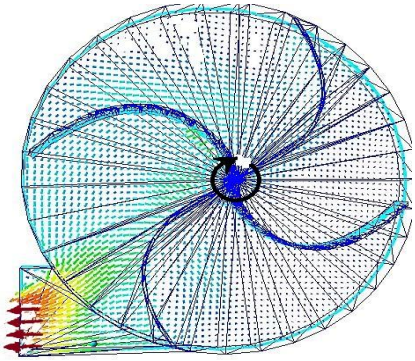


Рис. 5. Напрям та швидкість руху дробини в під ситовому просторі

Для більш повного аналізу процесу вивантаження дробини крізь тангенціально встановлений патрубок наведена схема розподілу та напряму швидкостей по об'єму підситового простору (рис.5) за рахунок обертання диска-мішалки, з якої видно, що швидкість дробини набуває максимальних значень при виході з тангенціально встановленого патрубка. Це дає нам можливість науково підтвердити доцільність застосування даного технічного рішення.

Висновки: При прийнятих частотах обертання мішалки вона виконує поставлену задачу, тобто речовина переміщається до тангенціально встановленого патрубка, та набуває максимальної швидкості 1,02-1,03 м/с на виході. Частоту обертання мішалки оптимальну для отримання максимальної швидкості вивантаження слід обирати в межах n= 0.628 - 1.5 рад/с. Менші та більші частоти обертання забезпечують меншу швидкість вивантаження дробини, тобто не задовольняють поставлені задачі. Дослідні дані можна застосувати в пивоварній галузі промисловості та для розробки нових конструкцій апаратів.

Список літератури

1. Кунце В. Технология солода и пива. Перевод с нем., - С-Пб., Издательство «Профессия», 2003. – 912 с.

2. L.K. Stroem, D.K. Desai, A.F.A. Hoadley. Superheated steam drying of Brewer's spent grain in a rotary drum. Advanced Powder Technology, Volume 20, Issue 3, May 2009, Pages 240-244

3. M Santos, J.J Jiménez, B Bartolomé, C Gómez-Cordovés, M.J del Nozal. Variability of brewer's spent grain within a brewery. Food Chemistry, Volume 80, Issue 1, January 2003, Pages 17-21.

4. Valentina Stojceska, Paul Ainsworth. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. Food Chemistry, Volume 110, Issue 4, 15 October 2008, Pages 865-872.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ ГРАНУЛ СОЛОДА С КОМБИНИРОВАННОЙ БЛОК ЗАВАРКИ

В статье предлагается способ механической разгрузки солодовые гранулы в сочетании варочного модуля, что значительно снижает сложность процесса. Созданная модель для работы расчеты объемов и провели некоторые исследования процесса. На основании результатов, построенных несколько зависимостей и получены оптимальные значения скорости вращения дисковых смесителей.

Abstract

MODELING PROCESS OF UNLOADING THE MALT PELLETS WITH A COMBINED BREWING UNIT

The article suggests mechanical method of unloading malt pellets of combined brewing unit, which greatly reduces the complexity of the

process. The created model for working volume calculations and conducted some research of the process. Based on the results constructed some dependencies and obtained the optimal values of rotational speed of the disk-mixers.