ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПИВНОЇ ДРОБИНИ В СУШАРЦІ ШНЕКОВОГО ТИПУ

Якобчук Роман Леонідович,
к.т.н., доцент
Кучеренко Денис Володимирович,
магістрант
Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

Вступ. Відходи пивоварного виробництва – це джерело сировини, що має високу харчову цінністю і біологічну активністю, яка може використовуватися для відгодівлі худоби, птиці та іншого. На пивоварному заводі середньої потужності утворюється близько 35000 тонн пивної дробини щорічно, а ефективних методів консервування цієї продукції не існує, крім сушіння, але й сушіння дробини в Україні в повній мірі не застосовують через відсутність необхідного обладнання. Сушіння пивної дробини до залишкової вологості 10 % забезпечує тривалий термін її зберігання.

Мета роботи. Інтенсифікація процесу сушіння пивної дробини шляхом удосконалення конструкції сушарки шнекового типу з киплячим шаром продукту.

Матеріали і методи. Моделювання процесу сушіння пивної дробини проводилося на основі методу кінцевих елементів із застосуванням програмного пакету Flow Vision та математико-статистичних методів за допомогою повного факторного експерименту.

Результати та обговорення. При створенні нових видів обладнання, вдосконалення існуючих, крім фізичних моделей, часто використовують математичні моделі. Математичні розрахунки дозволяють, з меншими витратами часу і матеріальних ресурсів, простежити за технологічними процесами, які відбуваються в обладнанні та оптимізувати їх.

Для визначення доцільності використання сушарки шнекового типу в процесах сушіння необхідно провести подальші дослідження і, в першу чергу, математичного моделювання.

Важливим фактором для інтенсифікації процесу сушіння є рівномірне розподілення сушильного агента під решіткою, а також висота киплячого шару над нею. Тому цей фактор досліджувався за допомогою математичного та комп’ютерного моделювання, що дозволило оптимізувати процес, а також отримати значення величин, що не можна виміряти за допомогою приладів.

Проведено математичне моделювання процесу сушіння пивної дробини в сушарці шнекового типу за допомогою повного факторного експерименту, де вхідними параметрами, що впливають на тиск (Р, МПа) у сушильній камері є: $v_{пов}$ – швидкість теплоносія в отворах газорозподільної решітки, м/с; φ – частина живого перетину решітки; C – коефіцієнт опору решітки.

За результатами повного факторного експерименту, було отримано математичну модель тиску в сушильній камері, яка має вигляд:

$$P = 2.286 - 0.379 \cdot \frac{\upsilon_{\text{пов}} - 1.5}{0.5} - 0.614 \cdot \frac{\varphi - 0.03}{0.02} - 0.359 \cdot \frac{\upsilon_{\text{пов}} - 1.5}{0.5} \cdot \frac{\varphi - 0.03}{0.02} -$$
$$- 0.701 \cdot \frac{\upsilon_{\text{пов}} - 1.5}{0.5} \cdot \frac{C - 0.82}{0.08} - 0.541 \cdot \frac{\varphi - 0.03}{0.02} \cdot \frac{C - 0.82}{0.08} + 1.186 \cdot \frac{\upsilon_{\text{пов}} - 1.5}{0.5} \cdot \frac{\varphi - 0.03}{0.02} \cdot \frac{C - 0.82}{0.08}$$

Загальна похибка експерименту – Δ =2,82%.

Також, визначальним фактором є аналіз розподілу теплоносія, інтенсивність сушильного агенту під сушильною камерою (решіткою) та однаковий тиск над нею, що дозволяє отримати якісні показники процесу сушіння. При сушінні пивної дробини необхідно створити оптимальні умови: швидкість теплоносія – 1…2 м/с, живий перетин решітки, через який проходить теплоносій – 0,01…0,05 %, опір решітки при проходженні повітря через отвори – 0,75…0,9.

Для дослідження руху повітряних потоків під сушильною решіткою, була створена модель повітряної камери. Задавшись швидкістю і кількістю сушильного агента, який необхідний для сушіння, було проаналізовано зміну швидкості та тиску. Була розроблена конструкція сушильної камери і створена її розрахункова модель для моделювання швидкості повітря, тиску та температури в програмному комплексі Flow Vision.

На рис. 1 зображено моделювання руху повітря в камері сушіння. З результатів видно, що максимальна швидкість буде спостерігатися на вході в камеру сушіння, тим самим проходячи через отвори в решітці, і створювати киплячий шар в ній.

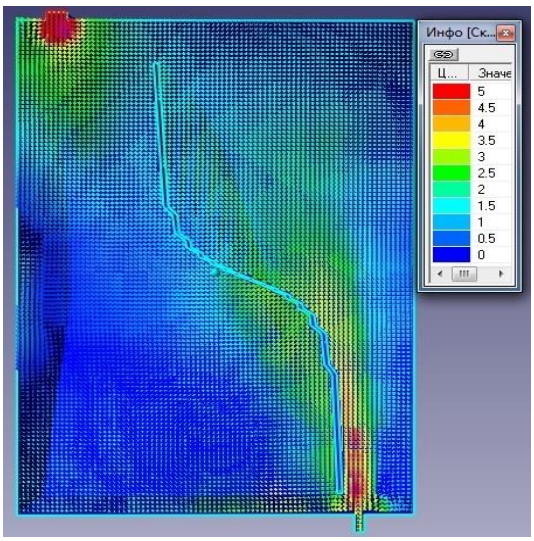

Рис. 1. Моделювання руху (швидкості) теплоносія у камері

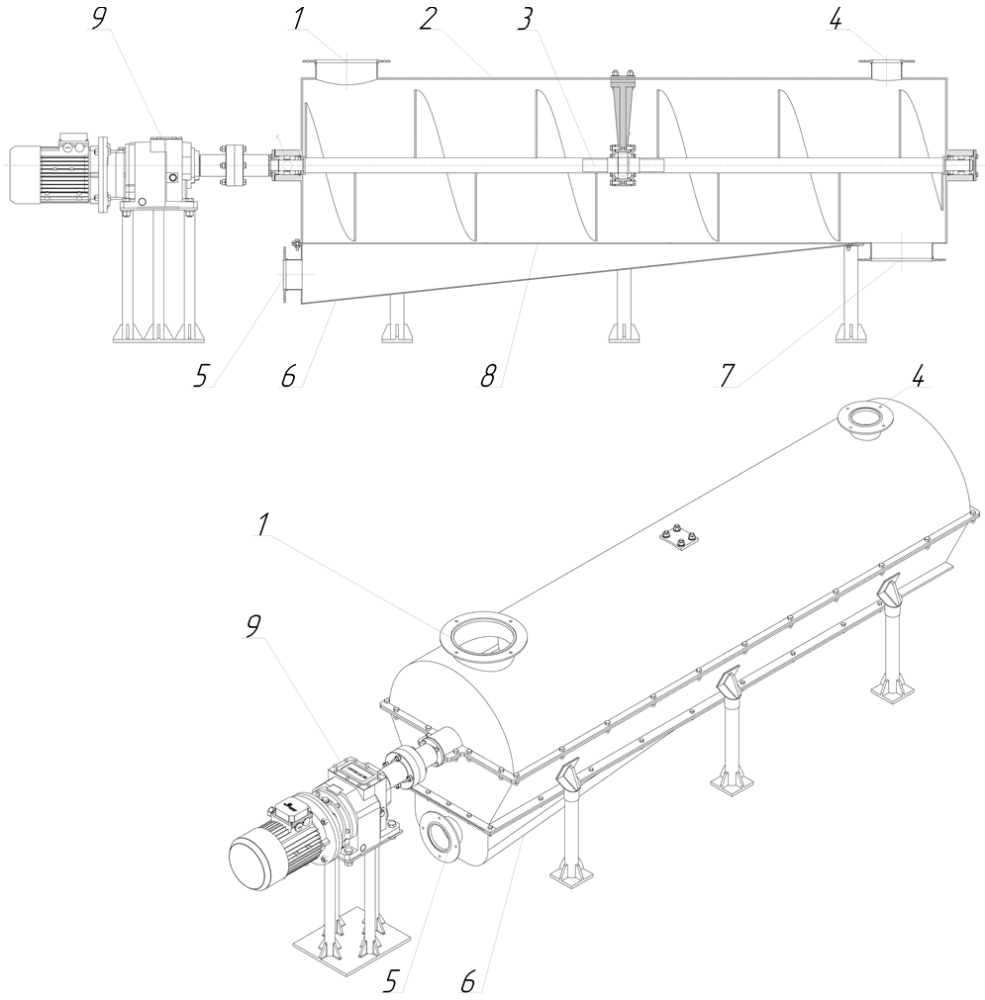

Рис. 2. Сушарка шнекового типу для сушіння пивної дробини:
1 – патрубок для подачі матеріалу; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – патрубок для відведення теплоносія; 5 – патрубок для подачі теплоносія; 6 – профіль для направлення теплоносія; 7 – патрубок для вивантаження висушеного продукту; 8 – газорозподільна решітка; 9 – привід шнека

З аналізу спалахів векторів швидкості руху теплоносія можна зробити висновок, що повітря в повному об’ємі обтікає корпус сушарки і при цьому рухається по колу. Це сприяє повному висушуванні матеріалу, а не тільки частини його, що знаходиться на решітці.

Також, було проведено моделювання розподілу тиску та температури теплоносія у сушильній камері, що підтверджує рівномірне розподілення його по всьому перерізі сушарки і створення стабільного киплячого шару в сушильній камері, що забезпечується однаковою висотою псевдозрідження.

За результатами проведених дослідження моделювання процесу сушіння пивної дробини у програмному пакеті Flow Vision та отриманої математичної моделі тиску в сушильній камері, була розроблена удосконалена конструкція сушарки шнекового типу (рис. 2).

Висновки. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень розроблено удосконалену конструкцію сушильної установки для сушіння пивної дробини, що забезпечує якісне висушування продукту та інтенсифікацію процесу.

Запропонована конструкція сушарки дає можливість рівномірно нагрівати та висушувати продукт у псевдозрідженому (киплячому) шарі в будь-якій точці перетину сушильної камери без порушення його властивостей, а отримана математична модель, для визначення тиску теплоносія в сушильній камері, дозволяє визначити оптимальні режими роботи сушильної установки.