

ENERGETIC PERFORMANCE OF RAW MEAT PNEUMATIC CONVEYING

S. Beseda, I. Litovchenko

National University of Food Technologies

Key words:

Air-blow tank

Energy

Power

Device

Angle

Transportation

Article history:

Received 17.07.2016

Received in revised form
16.08.2016

Accepted 30.08.2016

Corresponding author:

S. Beseda

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the performance of pneumatic tanks for raw meat. Optimal structure and modes of operation of these devices have a significant impact on overall production efficiency and production costs. Rational geometrical parameters of the tank bottom were defined using the methods of computer simulation. The dependence of energy consumption and the duration of transportation process on the angle of the conical part of the housing are substantiated. The most active dissipating processes occur in the places of transition of cylindrical part of the housing into tapered one. It is established that the tanks, in which the angle between the elements of the cone is 60 degrees, show the best performance.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДУВКИ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

С.Д. Беседа, І.М. Литовченко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано роботу передувочних баків для м'ясної сировини. Оптимальна будова й режими роботи цих пристроїв суттєво впливають на загальну ефективність виробництва та на собівартість продукції. За допомогою методів комп'ютерного імітаційного моделювання визначено раціональні геометричні параметри нижньої частини бака. Доведено залежність витрат енергії, тривалості процесу передувки від кута нахилу конусної частини корпусу. Найбільш активні дисипаційні процеси відбуваються в місцях переходу циліндричної частини корпусу в конічну. Встановлено, що найкращі показники мають баки, у яких кут між твірними конуса складає 60 градусів.

Ключові слова: бак передувочний, енергія, потужність, корпус, кут, транспортування.

Постановка проблеми. На м'ясокомбінатах для транспортування рідин (кров, бульйон, фуза тощо) і шматкових продуктів, які не можуть перекачува-

тися насосами (подрібнена кістка, м'які й тверді конфіскати тощо), використовуються ємкісні витискачі періодичної дії — передувочні баки, які прості за конструкцією і не впливають на властивості транспортованого продукту.

Це горизонтальні або вертикальні циліндричні ємності з конічними чи еліптичними днищами (рис. 1).

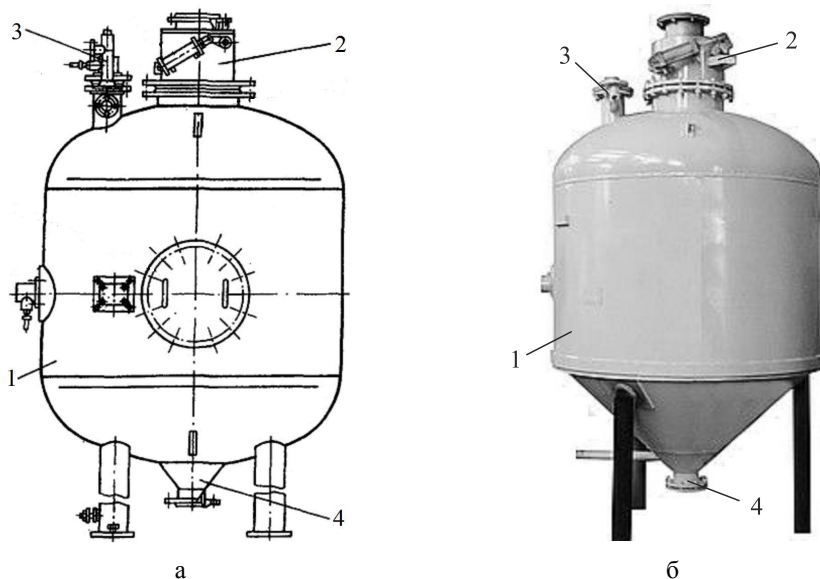


Рис. 1. Бак передувочний з еліптичним (а) і конічним (б) днищем: 1 — циліндрична ємність; 2 — затвор; 3 — патрубок подачі стиснутого повітря; 4 — розвантажувальний конус

У центрі днища по вертикальній осі бака змонтований перехідний конус з фланцем для приєднання до транспортного трубопроводу. У верхній частині бака є завантажувальний патрубок з фланцем і затвором.

Об'єм бака залежно від місця в технологічному ланцюжку коливається від $0,063 \text{ м}^3$ до $3,2 \text{ м}^3$. Баки заповнюються на 80—85 % об'єму масою, яка після закриття затвору тиском стисненого повітря або пари витісняється з ємності і транспортується по трубопроводу.

Для транспортування нехарчової сировини використовується стиснене повітря тиском до $0,55 \dots 0,6 \text{ МПа}$. Використання повітря більшого тиску недоцільне як з економічних, так і з виробничих причин (зростання вартості обладнання, реєстрація трубопроводів та обладнання, що працює під тиском тощо). Крім того, значна швидкість руху продукту потребує додаткового закріплення елементів системи до будівельних конструкцій. Для полегшення пневмотранспортування нехарчової м'ясної сировини по трубах використовують додавання води (іноді у співвідношенні 1:1). Така практика призводить до зменшення, потрібного для транспортування, і одночасно до необхідності застосування додаткового обладнання перед апаратами для теплової обробки з метою видалення надлишкової води.

Недоліком передувочних баків є відносно низький коефіцієнт використання енергії стисненого повітря (близько 0,1). Крім цього, якщо не забезпе-

чити достатніх тиску й об'єму стисненого повітря, частина продукту може залишитися всередині бака (в місцях прилягання стінок корпусу до еліптичного чи конічного днища або розміститися в трубопроводі з вільним проходом для повітря над ним).

Ефективність роботи передувочних баків можна оцінити як можливість забезпечення якісного транспортування продукту за найменших втрат тиску повітря, причому за найкоротший час.

Тривалість видалення продукту з бака визначається декількома параметрами:

- тиском повітря, що подається від компресора;
- опорами руху, які визначаються будовою самого передувочного бака.

У свою чергу, сумарні опори залежать від шорсткості стінок, які призводять до шляхових втрат швидкості та від форми нижньої частини ємкості (від початку звуження до вихідної труби), що визначають місцеві опори руху.

Визначення ефективних параметрів пневматичного передувочного транспорту — багатопланове завдання. Вплив форми трубопроводів на процес транспортування досліджений у [1, 2, 3]. Встановлені залежності дозволяють оптимізувати прокладання магістралей у виробничих приміщеннях різного планування.

Витікання продукту з бака відбувається в два етапи, які значно різняться поведінкою рідини (продукту). Перший етап триває доти, доки рівень рідини понижується в циліндричній частині та вгорі конічної частини (рис. 1б). Другий етап починається, коли в конічній частині залишається відносно мало продукту і стиснене повітря проривається крізь його залишки в трубопровід. Після цього продукт стікає в трубу лише під дією гравітації. Відповідно, швидкість спорожнення сповільнюється. Оскільки в цей час подача стисненого повітря продовжується, то зростають його загальні непродуктивні витрати.

Мета дослідження. Дослідити вплив форми нижньої частини бака на витрати енергії та загальну тривалість процесу витіснення продукту шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання.

Матеріали і методи. На сьогодні для виконання гідродинамічних розрахунків у різних галузях промисловості розроблені і розповсюджуються різні універсальні комп'ютерні CFD-пакеми. Для комп'ютерного імітаційного моделювання процесів була використана програма FlowVision фірми TECIC, яка призначена для розрахунку гідро- та газодинамічних завдань (разом з пов'язаними процесами тепло- і масопереносу) в широкому діапазоні чисел Рейнольдса в довільних тривимірних областях. Використання даної програми дає змогу отримати унікальну наукову інформацію в різних галузях харчової промисловості [5—8].

Базовими у FlowVision є: рівняння Нав'є-Стокса, рівняння нерозривності потоку, рівняння для турбулентної в'язкості. Крім того, в моделі входять рівняння для турбулентної енергії k та швидкості дисипації турбулентної енергії ε .

У ході моделювання була використана k - ε модель турбулентної течії в'язкої рідини з невеликими змінами густини при великих змінах числа

Рейнольдса. Крім того, була задіяна спеціальна модель вільної поверхні, що базується на використанні моделі турбулентності першого рівня замикання, при використанні якої для замикання системи необхідно отримати формулу для коефіцієнта турбулентної в'язкості μ_t .

Чисельне інтегрування рівнянь за просторовими координатами було проведено з використанням прямокутної адаптивної локально подрібненої сітки. Такий підхід забезпечив можливість при вирішенні завдань провести адаптацію сітки до особливостей геометрії поблизу границь. Були використані такі фізичні параметри: тиск повітря 0,4 МПа, в'язкість продукту 0,01 Па·с, густина 1050 кг/м³. При введенні граничної умови стінки була задана шорсткість поверхні, яка характерна для матеріалу, з якого виготовляються передувочні баки.

У пакеті FlowVision використані декілька способів візуалізації отриманих результатів. Візуалізація скалярного поля дисипації кінетичної енергії, яка пропорційна градієнту швидкості деформації продукту, дозволила визначити місця виникнення завихрень у масі, а саме: утворення завихрень призводить до непродуктивних втрат енергії. Поле дисипації візуалізоване шляхом використання градієнтних ізоліній. Візуалізація векторного поля швидкості дозволила визначити місця зміни величини швидкості та зміни напрямків руху продукту, що також надає можливість отримати інформацію про переваги тієї чи іншої форми ємкості.

З метою порівняння тривалості витискання продукту з ємкостей різної форми тривимірні геометричні моделі були спроектовані так, щоб їхній робочий об'єм був однаковий і дорівнював 0,67 м³ (аналог — передув очний бак К7-ФП2-Е). Також однаковим є діаметр вихідного отвору.

Результати і обговорення. Графічні результати моделювання, представлені на рис. 2 і 3, дозволяють провести якісний аналіз впливу форми бака на процес витіснення продукту. Основні втрати енергії відбуваються в місцях зміни напрямків руху, тобто в нижній частині ємкості, причому величина цих втрат пропорційна куту повороту потоку.

В ємкості з еліптичним дном цей кут досягає 150°. На рис. 2а помітні значні завихрення в потоці біля стінок. Одночасно відбувається взаємне стикання потоків, які біля вихідного отвору спрямовані майже протилежно. Швидкість витікання через ці причини нестабільна і порівняно невелика.

Перехід до конічного дна з кутом твірних 120° (рис. 2б) несуттєво змінює умови витікання. Суттєві зміни відбуваються при зменшенні кута до 90° (рис. 2в). Завихрення біля стінок зменшуються, швидкість потоку зростає. Відповідно, зменшуються втрати енергії на здійснення процесу. Позитивні зміни в русі потоку збільшуються при зміні кута до 60° (рис. 2г). Подальше зменшення кута є конструктивно невігідним через значне збільшення габаритної висоти передувочного бака.

Узагальнити аналіз запропонованих форм дна можна шляхом порівняння швидкості витікання продукту. Наприклад, через 6 сек процесу витіснення (продукт ще знаходиться в циліндричній частині бака) швидкість у вихідній трубі була такою: а — 3,5 м/с; б — 4,0 м/с; в — 4,1 м/с; г — 5 м/с.

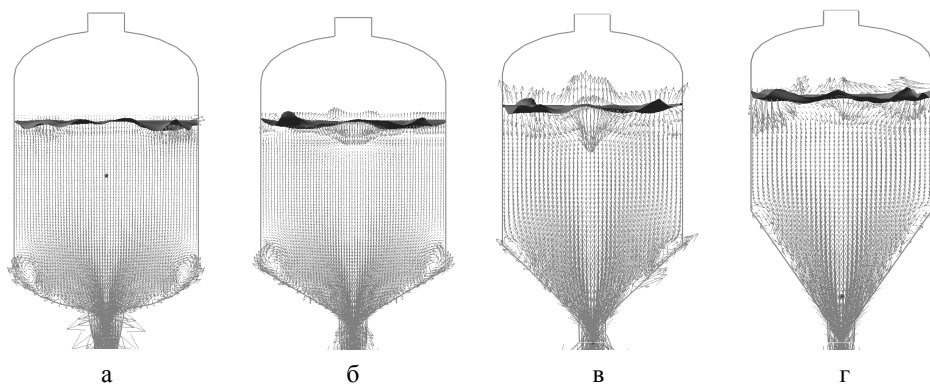


Рис. 2. Вектори швидкостей потоків при різних кутах між твірними нижньої частини бака: (а) — стандартна еліптична; (б) — 120° ; (в) — 90° ; (г) — 60°

На рис. 3 ізолініями обмежені області найбільшої інтенсивності дисипативних процесів. Саме в них відбувається найбільша зміна градієнта швидкості деформації потоку, тобто саме в них процеси внутрішнього тертя в продукті спричиняють втрати енергії потоку.

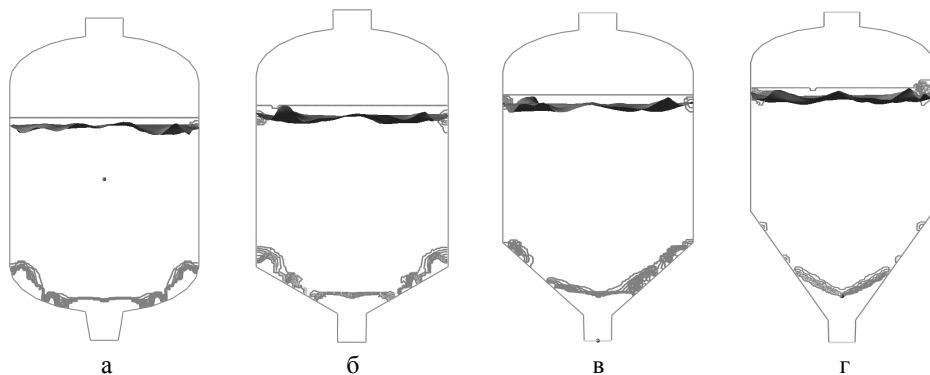


Рис. 3. Ізолінії дисипації потоків при різних кутах між твірними нижньої частини бака: (а) — стандартна еліптична; (б) — 120° ; (в) — 90° ; (г) — 60°

Порівнюючи об'єми, в яких відбуваються завихрення, можна зробити висновок про однозначний вплив форми нижньої частини передувочного бака на витрати енергії: вони зменшуються при зменшенні кута твірної конусного дна.

Висновки

Форма і пропорції передувочних баків мають велике значення для якісного виконання їх функцій. Встановлено, що конусна нижня частина баків більш ефективна, чим еліптична. При зменшенні кута між твірними конусу зростає швидкість спорожнення баків і зменшуються втрати стисненого повітря.

Використання комп'ютерних методів моделювання технологічних процесів у харчовій промисловості дозволяє отримати важливу актуальну інформацію про перебіг окремих етапів процесів. Це надає можливість модернізувати існуюче обладнання, а також проектувати нові машини й апарати з високими якісними показниками.

Література

1. Computer modelling of movement of meat raw material on pipelines / I. Litovchenko, V. Taran, S. Beseda // National university of food technology. — Kiev, Ukraine, Nyiregyhaza, Hungary. — 2011. — P. 211—214.
2. *Беседа С.Д.* Моделивання параметрів руху м'ясної сировини в системах пневматичного транспорту / С.Д. Беседа, І.М. Литовченко, // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2012. — № 47. — С. 50—54.
3. *Беседа С.Д.* Транспортування великошматкової м'ясної сировини по трубах / С.Д. Беседа, В.М. Таран, В.С. Гуць // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. — 2000. — № 6. — С. 93—94.
4. *Беседа С.Д.* Визначення раціональних конструктивних та експлуатаційних характеристик обладнання для транспортування нехарчової м'ясної сировини / С.Д. Беседа, С.В. Штефан, В.М. Таран // Мясное дело. — 2006. — № 11. — С. 66—68.
5. The study of the baking ovens by computer simulation / I. Litovchenko // Food technology. — Romania, 2013. — Vol. XVII. — P. 107—115.
6. Numerical simulation of energy dissipation in mixing process of bread dough / M.I. Luchian, I. Litovchenko, S. Stefanov, C. Csatos // Journal of EcoAgriTourism, Proceeding of BIOATLAS. — 2012. — Vol. 8, # 2(25). — P. 67—70.
7. Use of computer modeling for modernization of final proofers of preparation of dough / S. Stefanov, W Hadjiiski, I. Litovchenko // 12th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2012, 13—17 September 2012. — Vrnjacka Banja, Serbia, 2012. — P. 791—796.
8. *Шпак М.С.* Моделирование основных процессов в оборудовании пищевой промышленности / С.М. Шпак, И.Н. Литовченко // Инженерные системы: тезисы докладов, международная научно-практическая конференция. — Москва, 2011. — С. 4.
9. *Litovchenko I.* Investigation work proofers by computer simulation / I. Litovchenko, S. Stefanov, V. Hadzhiyski // Ukrainian Food Journal. — 2015. — V. 4. — I. 2. — P. 119—126.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕДУВКИ МЯСНОГО СЫРЬЯ

С.Д. Беседа, И.Н. Литовченко

Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализирована работа передувочных баков для мясного сырья. Оптимальная структура и режимы работы этих устройств в значительной степени влияют на общую эффективность производства и на себестоимость продукции. С помощью методов компьютерного имитационного моделирования определены рациональные геометрические параметры нижней части бака. Установлена зависимость затрат энергии и длительности процесса передувки от угла наклона конусной части корпуса. Установлено, что наиболее активные диссипационные процессы происходят в местах перехода цилиндрической части корпуса в коническую. По результатам исследования, наилучшие показатели имеют баки, в которых угол между образующими конуса составляет 60 градусов.

Ключевые слова: бак передувочный, энергия, мощность, корпус, угол, транспортировки.