

УДК 004.42:637.5

С.Д. Беседа,
І.М. Литовченко,
канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ В СИСТЕМАХ ПНЕВМАТИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуто використання САЕ-технологій з метою моделювання руху м'ясної сировини в круглому трубопроводі різної конфігурації. Досліджувався вплив параметрів труб, у тому числі радіусів повороту криволінійних ділянок, на перепад тиску та зміну швидкості руху продукту. Наведені типові діаграми зміни швидкості руху продукту та розподілу тиску в трубопроводах для реальних м'ясопродуктів.

Ключові слова: трубопровідний транспорт, передувні баки, реологічні властивості сировини, втрати тиску при транспортуванні, напруга зсуву продукту.

Залежно від розміщення цехів і ділянок підприємств по переробці м'яса, сировина і напівфабрикати подаються на виробництво трубопроводами, спусками, пневмотранспортом, у візках, підвісних ковшах і на рамах. Транспортування сировини пов'язане зі значними труднощами, оскільки на переробку надходить сировина різних розмірів і консистенції, різна за механічними властивостями і хімічним складом. Також на вибір способу транспортування сировини значно впливає число поверхів і компоновка виробничого приміщення.

Одним із можливих варіантів транспортування м'ясопродуктів є використання трубопровідного транспорту. Цим способом за допомогою насосів транспортуються фарш, жир, кров тощо. Системи з використанням передувних баків застосовують у якості міжопераційного трубопровідного транспорту. Ці ємнісні пристрої періодичної дії використовують при транспортуванні рідин і шматкових продуктів, які не можуть перекачуватися насосом. Шматкові продукти транспортують без додавання води або у суміші з водою (частина води може досягати 50 %). Параметри транспортування сировини залежать від тиску повітря, продуктивності компресора, довжини і конфігурації траси транспортування.

Якісний розрахунок таких трубопроводів підприємств по переробці м'яса — основа надійної роботи обладнання та економічності процесу. Тому пропонується використовувати комплексний підхід до визначення геометричних і силових параметрів обладнання і трубопровідних систем.

В першу чергу пропонується створити тривимірну модель трубопроводу в одній з САД-програм, потім виконати моделювання руху продукту на різних ділянках трубопроводу в САЕ-програмі. Після проведення цих досліджень використання традиційних методик розрахунку дозволить досягти підвищеної точності отриманих результатів.

У ході моделювання руху продукту по трубопроводу під дією надлишкового тиску повітря можна досліджувати такі процеси:

- вплив перепаду тиску на процес транспортування;
- вплив зміни швидкості руху сировини на процес транспортування;
- вплив зміни радіусів повороту трубопроводу на рух продукту.

Для дослідження транспортування м'ясної сировини по трубопроводу використовувався програмний комплекс FlowVision, в який була імпортована геометрія розрахункової області трубопроводу. Програмний комплекс FlowVision призначений для моделювання тривимірних потоків рідини і газу в різних об'єктах і представлення

© С.Д. Беседа, І.М. Литовченко, 2012

результатів роботи методами комп'ютерної графіки. Модельовані потоки включають в себе стаціонарні і нестаціонарні, стискувані, слабо стискувані і нестискувані потоки рідини і газу. Робота комплексу ґрунтується на кінцево-елементному методі розв'язання рівнянь гідродинаміки, використовується прямокутна адаптивна сітка з локальним подрібненням. Використання різних моделей турбулентності дозволяє моделювати складний рух рідини, включаючи потоки з сильним закручуванням, потоки з вільною поверхнею.

Для розрахунку процесу транспортування сировини по трубопроводу обрана математична модель «нестисливої рідини», яка призначена для моделювання потоків при великих (турбулентних) числах Рейнольдса і при малих змінах густини. У математичну модель входять рівняння Нав'є-Стокса, рівняння збереження енергії та рівняння перенесення концентрації суміші з урахуванням дифузії і конвекції.

Для моделювання руху м'ясної сировини по трубопроводу використовували геометрію розрахункової області окремих ділянок труби, які були імпортовані в програмний комплекс Flow Vision. Весь трубопровід (рис. 1) був розділений на окремі ділянки для більш точних розрахунків і моделювання: на горизонтальні, вертикальні і повороти.

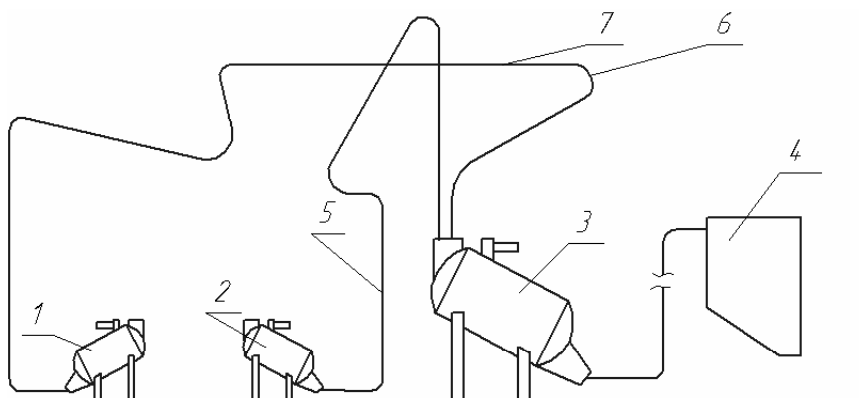


Рис. 1. Типова схема системи пневматичного транспорту:

1, 2 — баки виробничі, 3 — бак накопичувач, 4 — приймальний бункер, 5 — вертикальна ділянка, 6 — поворот, 7 — горизонтальна ділянка

Методика розрахунку дозволяє одержати параметри руху на кожній ділянці. Чисельні значення на виході з попередньої ділянки вказуються як вхідні значення для подальшої. Також задаються реальні реологічні властивості м'ясної сировини, наприклад, густина та в'язкість.

На рис. 2 подані графіки зміни тиску та швидкості залежно від довжини трубопроводу. Комп'ютерне моделювання дозволяє точно визначити їх чисельні зна-

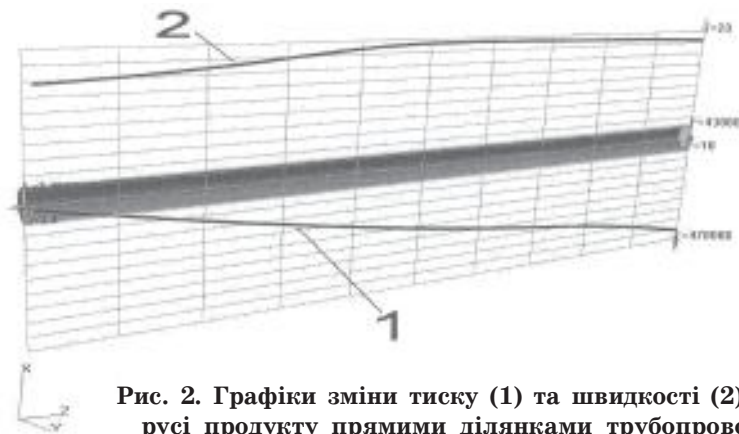


Рис. 2. Графіки зміни тиску (1) та швидкості (2) при русі продукту прямими ділянками трубопроводу

чення, тому що програма враховує шорсткість труб та реологічні параметри продукту, що транспортується.

За допомогою цієї методики для кожної прямої ділянки чисельно вимірюються межі зміни величин (перепад значень), які потім враховуються в загальному балансі тиску та визначенні кінцевої швидкості продукту.

Дослідження впливу радіусів повороту трубопроводу полягає в моделюванні процесу транспортування продукту через труби з різною кривизною. Необхідність цього пояснюється тим, що в ході проектування слід враховувати та узгоджувати як параметри геометрії будівлі цеху та обладнання, так і раціональні параметри трубопроводів, необхідні для забезпечення руху продукту.

Оскільки при виготовленні транспортних трубопроводів використовують повороти, як правило, з мінімальним співвідношенням радіусу повороту до діаметру труби, що дорівнює 1, то для проведення дослідження вибиралися кілька радіусів повороту в межах найвживаніших в галузі: 100 та 150 мм. На рис. 3 подані картини розподілу тиску з градієнтом 10 Па між кожним номером кривої. Візуальна картина дозволяє оцінити перепад тиску та визначити варіанти будови з найменшими втратами енергії при зміні радіуса повороту.

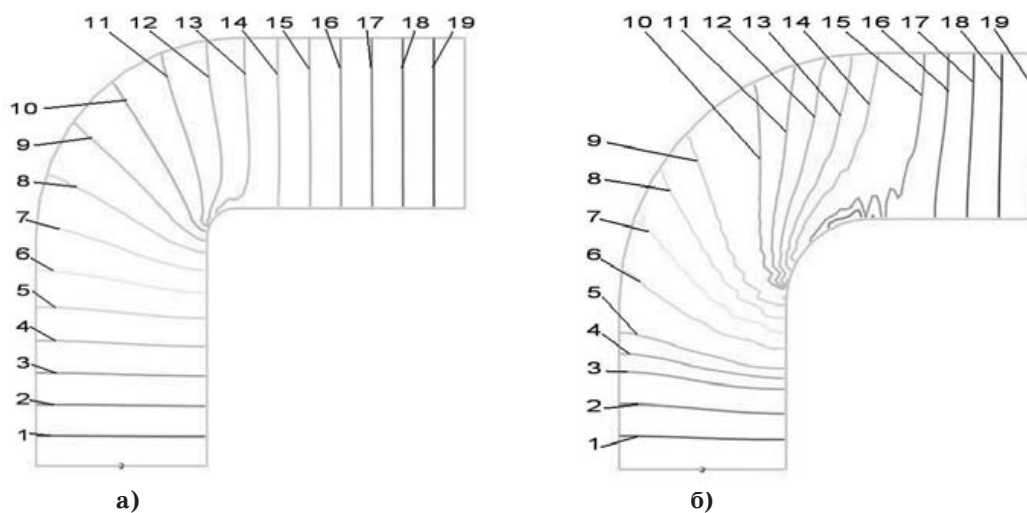


Рис. 3. Розподіл тиску при русі продукту через трубопроводи з різним радіусом повороту: а — 100 мм, б — 150 мм

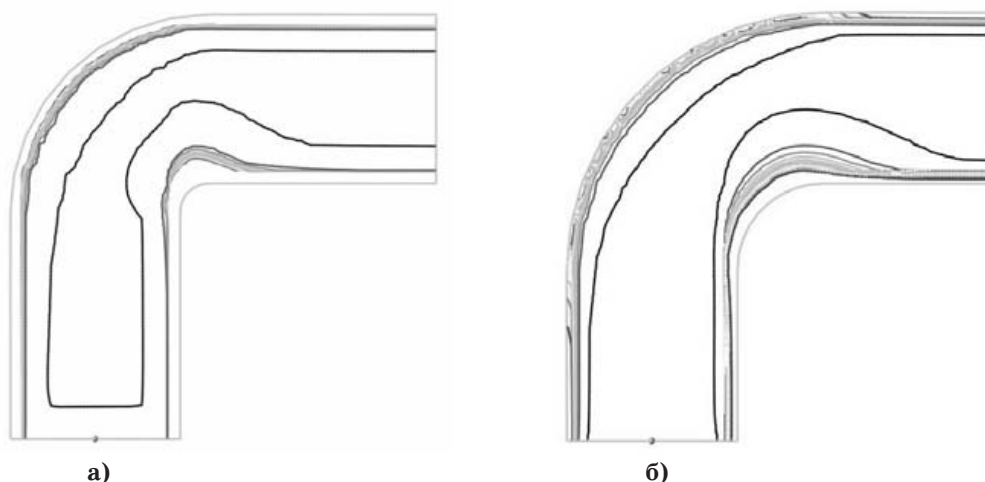


Рис. 4. Показники турбулентної дисипації при русі продукту через трубопроводи з радіусом повороту: а — 100 мм, б — 150 мм

Аналізуючи ці зображення, можна зробити висновки про кількісний вплив кривизни повороту на виникнення областей перепадів тиску. При великому розвитку таких областей можливо залягання продукту та виникнення пробок.

Також було досліджено вплив радіусу повороту на дисипаційні процеси в продукті: можливість виникнення завихрень, які призводять до падіння швидкості руху і додаткових витрат енергії.

На рис. 4 а, б видно місця виникнення завихрень, тобто місця, в яких кінетична енергія руху непродуктивно переходить в теплову. Наявність цих турбуленцій впливає на загальну енергетику процесу транспортування.

Комп'ютерне моделювання дозволяє встановити чисельні значення перепадів швидкостей і тиску на окремих ділянках повороту, які подано на рис. 5.

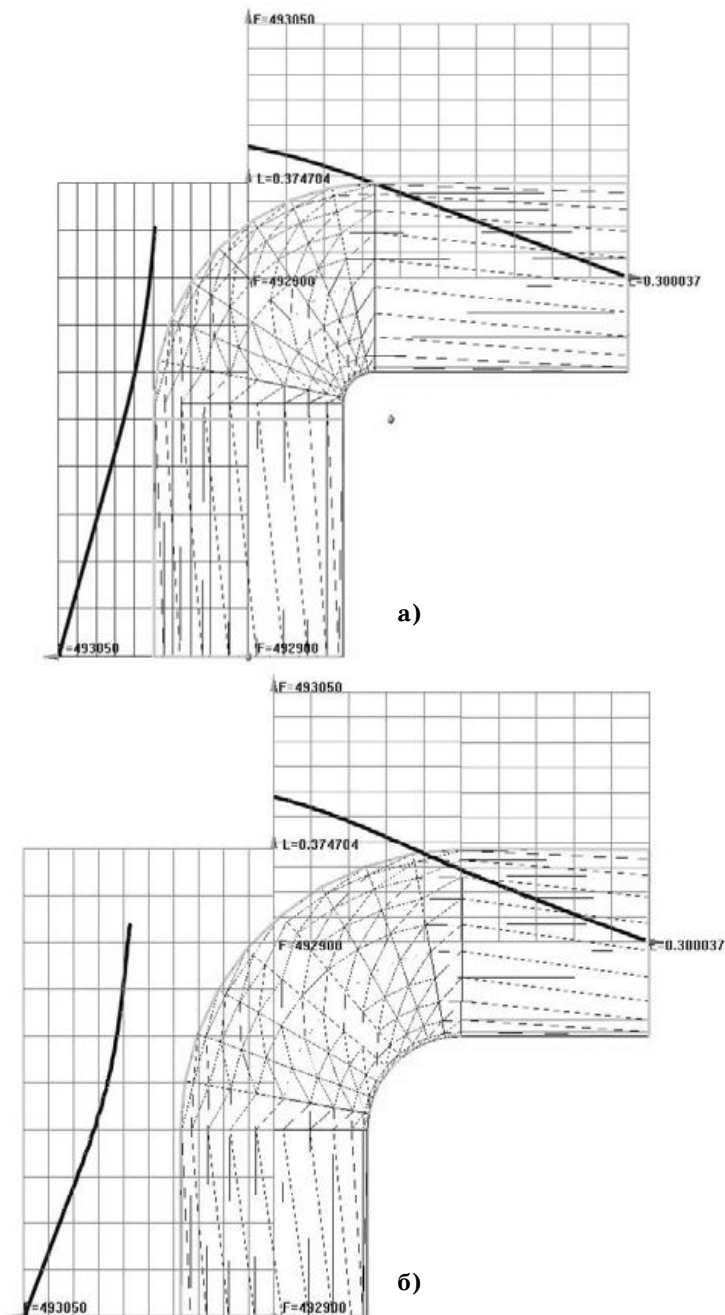


Рис. 5. Графіки зміни тисків до і після повороту труби при русі продукту через трубопроводи з радіусом повороту: а — 100 мм, б — 150 мм

Отримані результати комп'ютерного моделювання дозволяють оптимізувати процес проектування та конструктивні розрахунки трубопроводів. Існує можливість визначення необхідного загального тиску витискання. Моделювання враховує:

- тиск середовища з боку виходу продукції;
- початковий тиск, необхідний для приведення продукту в рух;
- тиск середовища, необхідний для підйому продукту при перепаді висот транспортування;
- тиск середовища, необхідний для розгону продукту;
- напругу зсуву, при якому продукт починає рухатися;
- втрати тиску на подолання тертя продукції об стінки труб.

Отримані значення тиску в подальшому використовуються для визначення потужності привода і продуктивності компресора (насоса).

Висновки. У ході роботи запропонована методика моделювання руху сировини по трубопроводах різної форми. Досліджено вплив діаметра трубопроводу та радіусів кривизни поворотів трубопроводу на перепади тиску на окремих прямолінійних і криволінійних ділянках, а також на дисипаційні процеси руху продукту.

При використанні реальних діаметрів труб, кінематичних параметрів потоків та реологічних характеристик продукту цю методику доцільно використовувати для проектування пневмотранспорту м'ясної сировини.

С.Д. Беседа, И.Н. Литовченко

Моделирование параметров движения мясного сырья в системах пневматического транспорта

Рассмотрено использование CAE-технологий с целью моделирования движения мясного сырья в круглом трубопроводе различной конфигурации. Исследовалось влияние параметров труб, в том числе радиусов поворота криволинейных участков, на перепад давления и изменение скорости движения продукта. Приведены типичные диаграммы изменения скорости движения продукта и распределения давления в трубопроводах для реальных мясопродуктов.

Ключевые слова: *трубопроводный транспорт, передувочные баки, реологические свойства сырья, потери давления при транспортировке, напряжение сдвига продукта.*

S. Beseda, I. Litovchenko

Motion simulation parameters raw meat systems pneumatic transport

The use of CAE technology for modeling the movement of raw meat in a round pipe of different configurations. The influence of parameters of pipes, including technological turning radius curved sections, the pressure drop and change the speed of the product. These changes are typical chart speed of product and the distribution of pressure in the pipelines for the real meat.

Key words: *pipelines, tanks, rheological properties of raw materials, the pressure loss during transportation, shear stress product.*

e-mail: besedasd@ukr.net

Надійшла до редколегії 10.04.2012 р.