

УДК 664.026.2:532.55

DETERMINATION OF ENERGY LOSSES AT THE ENTRANCE TO THE MEAT PRODUCTS STORE

S. Beseda, I. Litovchenko, O. Litovchenko*National University of Food Technologies*

Key words:transport,
pipeline,
pressure,
energy,
losses

Article history:

Received 04.06.2021

Received in revised form
10.08.2021

Accepted 21.09.2021

Corresponding author:

beseda@nuft.edu.ua

ABSTRACT

An important role in reducing the loss of raw materials during transportation, intensification and automation of production processes in slaughterhouses is played by the method of pneumatic transportation of animal slaughter products. This method has great advantages over transportation in carts, on gutters and descents, increasing the level of mechanization by 1.5–2 times. Livestock products are fed into a pre-tank with the addition of water to facilitate the transportation process. However, such addition of water causes additional energy consumption during boiling of raw materials and its drying. Therefore, the task is to determine the required air pressure to transport the product without adding water.

The purpose of the study is to determine the effect of the design of different options for the introduction of the transport pipe into the neck of the vacuum boiler on the energy loss when passing through them a mobile meat non-food product.

The object of the study is a pipeline that connects to the collecting tank and which is part of the pneumatic piping system.

Research methodology — computer simulation. The task of modeling was to determine the value of the resistance of the product, the value of which affects the required power of the air blower, which blows the product into the collection.

Varieties of constructions make it possible not only to determine their resistance to the movement of the product to select the optimal option for interaction, but also to obtain a comparative characteristic of local resistances depending on the angle of connection.

Computer simulation of the physical processes that occur during the injection of the product into the receiving neck of the storage tank, allows to obtain numerical data on the loss of kinetic energy and pressure by changing the flow path. During the simulation, a rational form of introducing the pipe into the neck of the collecting tank is determined. Tangential connection of the pipe to the neck is more energy efficient than perpendicular insertion.

The obtained results are recommended to be used during the design of vehicles that work due to the displacement of the product by high air pressure.

DOI: 10.24263/2225-2916-2021-29-11

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ НА ВХОДІ В НАКОПИЧУВАЧІ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

С. Д. Беседа, канд. техн. наук

І. М. Литовченко, канд. техн. наук

О. І. Литовченко

Національний університет харчових технологій

Метою проведеного дослідження є визначення впливу конструкції різних варіантів введення транспортної труби в горловину вакуумного котла на втрати енергії при проходженні через них рухомого м'ясного нехарчового продукту. Об'єктом дослідження виступає трубопровід, який приєднується до збірної ємкості і є частиною пневматичної трубопровідної системи. Методика досліджень — комп'ютерне імітаційне моделювання. В ході моделювання визначена раціональна форма введення труби в горловину збірної ємкості. Отримані результати рекомендується використовувати в ході проектування транспортних засобів, які працюють за рахунок витіснення продукту підвищеним тиском повітря.

Ключові слова: транспорт, трубопровід, тиск, енергія, втрати.

Постановка проблеми. Вагому роль у скороченні втрат сировини при транспортуванні, інтенсифікації й автоматизації виробничих процесів у цехах забою худоби відіграє спосіб пневмотранспортування продуктів забою тварин. Такий спосіб має великі переваги перед транспортуванням у візках, по жолобам і спускам, збільшуючи рівень механізації у 1,5—2 рази.

Основні конструктивні частини пневмотранспортних ліній — передувні баки, транспортні трубопроводи та приймальні пристрої. Пневматичні передувні баки слугують для введення продукту в трубопровід і забезпечення потрібного тиску повітря, необхідного для переміщення продукту по трубопроводу. Приймальним пристроєм може слугувати, наприклад, приймальний бункер або вакуум-горизонтальний котел у лінії виробництва сухих тваринних кормів.

Продукти перероблення худоби подають у передувний бак з додаванням води для полегшення процесу транспортування. Однак таке додавання води викликає додаткові витрати енергії при розварюванні сировини та її підсушуванні, тому завдання полягає у визначенні потрібного тиску повітря для транспортування продукту без додавання води.

Що стосується пневмотранспортування, тиск повітря у передувному бакові складається з таких величин [1]:

$$P = P_{\text{вх}} + P_{\text{дов}} + \sum P_{\text{м}} + P_{\text{вих}} + P_h, \quad (1)$$

де $P_{\text{вх}}$ — втрати тиску при вході в трубопровід, Па; $P_{\text{дов}}$ — втрати тиску по довжині трубопроводу, Па; $\sum P_{\text{м}}$ — сума втрат тиску в місцевих опорах (поворотах), Па; $P_{\text{вих}}$ — втрати тиску на виході з трубопроводу в приймальний пристрій, Па; P_h — втрати тиску при підніманні продукту на висоту h , Па.

У зв'язку з тим, що наукові дані для розрахунку систем пневмогідротранспортування не систематизовані і не опубліковані в науковій літературі, розрахунок окремих складових втрат тиску пов'язаний з великими труднощами.

Об'єктом дослідження є горизонтальний вакуумний котел КВМ-4,6А, що випускається серійно і призначений для варіння, стерилізації та зневоднення нехарчової білкової сировини, отриманої в процесі переробки тварин, птиці та м'яса на підприємствах м'ясопереробної промисловості.

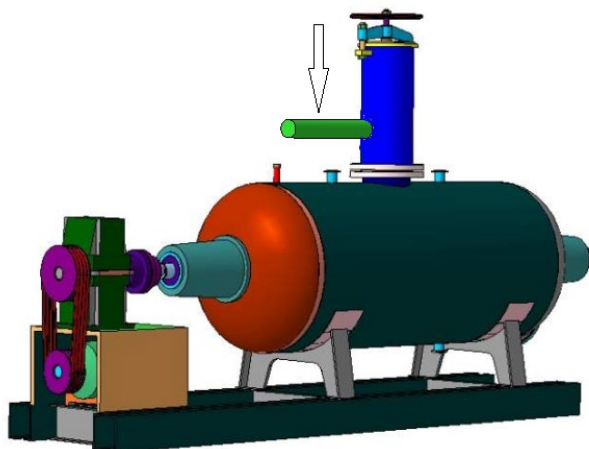


Рис. 1. Зовнішній вигляд котла KBM-4,6A

Мета дослідження: визначення впливу конструкції різних варіантів введення труби пневмотранспорту (показана стрілкою на рис. 1) в горловину котла, на втрати енергії при проходженні через них рухомого продукту.

Матеріали та методи. Пропоноване дослідження продовжує серію публікацій на означену тематику [2...5], а також розвиває подібні дослідження, проведені за кордоном [6...8].

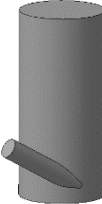
У табл. 1 наведені варіанти входу труби в горловину, які відрізняються будовою. Контрольний варіант — труба входить перпендикулярно до осі циліндру по центру, інші три варіанти — введення труби тангенційно з різними кутами нахилу осі труби до осі циліндру (табл. 1).

Завданням моделювання було визначення величини протидії руху продукту, величина якого впливає на необхідну потужність нагнітача повітря, який продуває продукт у збірник.

Таблиця 1. Варіанти входу труби в горловину

Кут нахилу трубопроводу, град.	Варіант досліді
1	2
0 (контрольний)	
0	

Продовження таблиці 1

1	2
15	
30	

Різновиди конструкцій надають можливість не тільки визначити їх опір руху продукту для вибору оптимального варіанту взаємодії, але й отримати порівняльну характеристику місцевих опорів залежно від кута з'єднання.

Геометричні та реологічні умови дослідження такі:

- діаметр горловини — 430 мм;
- діаметр підвідної труби — 150 мм;
- густина продукту — 1050 кг/м³;
- в'язкість продукту — 0,01 Па, с;
- тиск повітря в системі трубопроводів — 400000 Па.

Як засіб дослідження використане комп'ютерне імітаційне моделювання. Програмний САЕ комплекс FlowVision використовує метод кінцевих елементів для прогнозування руху в'язких рідин в умовах перепаду тиску повітря на вході та виході з геометричної моделі.

Використання програмного комплексу добре себе зарекомендувало в ході дослідження будови та роботи обладнання харчової промисловості [9—12].

Граничні умови «стілки» з заданою шорсткістю визначають шляхові та місцеві втрати тиску.

Новизна використаної методики комп'ютерного моделювання полягає у визначенні значень тиску протидії на виході з трубопроводу та дисипації кінетичної енергії продукту, що рухається. В ході дослідження використовувався метод візуалізації — «ізолінії», який дає змогу чітко визначити межі градації значень. При підрахунку площ, які займає той чи інший діапазон значень ізоліній дисипації енергії, з'являється можливість порівняти інтенсивність втрат енергії, якщо віднести їх до загальної площі розгалуження.

Якщо оцінювати площі, які обмежені ізолініями певної інтенсивності дії фактора, можна отримати інтегральну характеристику дії динамічних параметрів.

Значні області, які обмежені великими значеннями дисипації, показують зародження завихрень, які є основним джерелом втрат транспортуючого тиску.

Результати дослідження. На рис. 2 наведені результати моделювання швидкостей руху продукту, виражених у вигляді векторів.

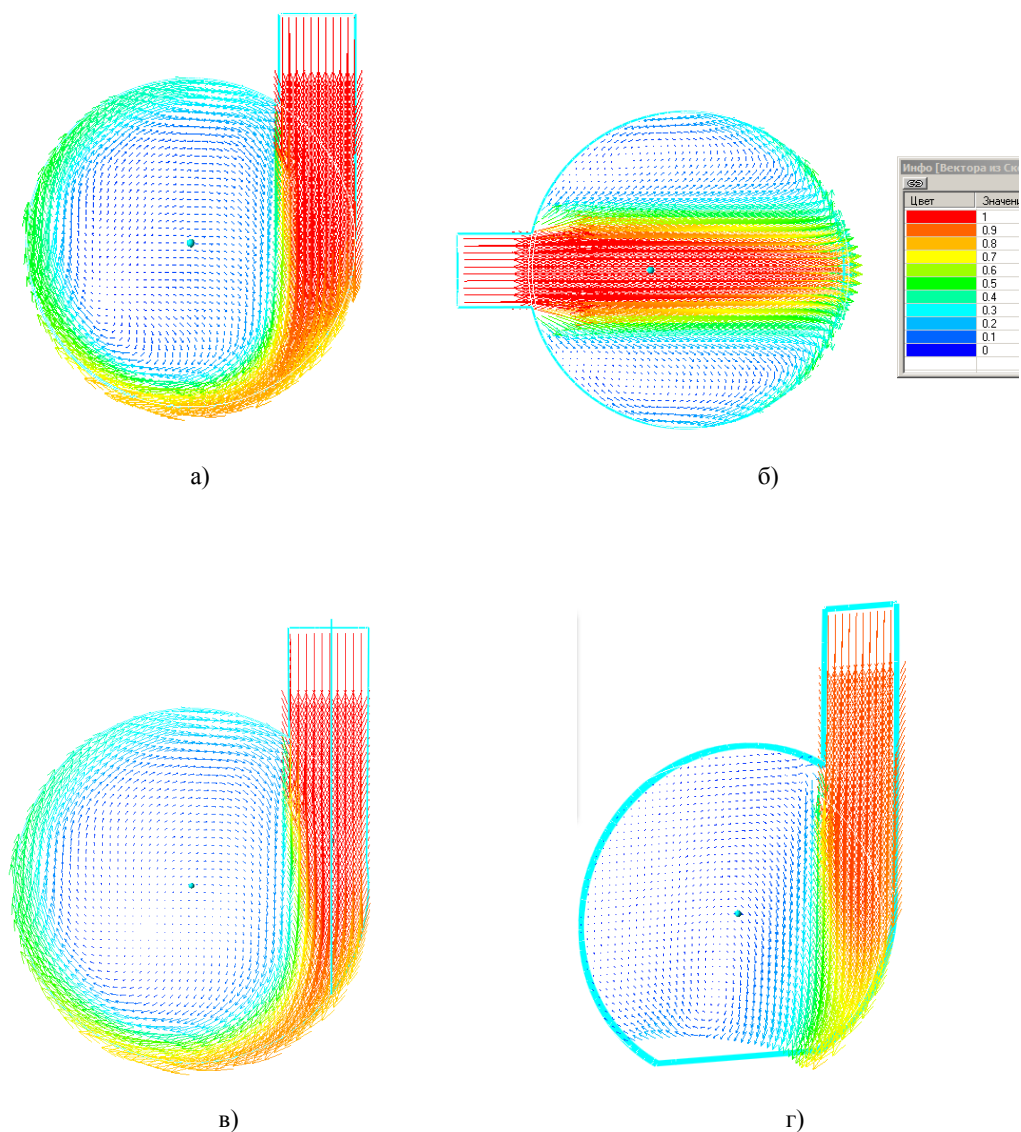


Рис. 2. Вектори швидкостей у поперечному перерізі горловини:
а) — контроль; б) — 0° ; в) — 15° ; г) — 30°

Аналізуючи зображення, можна зробити висновок про наявність впливу кута входу труби на зменшення швидкості: зі збільшенням кута швидкість пропорційно зменшується. Це позитивно впливає на тиск протидії на виході з трубопроводу.

На рис. 3 наведені результати моделювання втрат кінетичної енергії на внутрішні тертя в масі, що транспортується. Зображення отримані у вигляді ізоліній у поперечному перерізі горловини (паралельно осі труби).

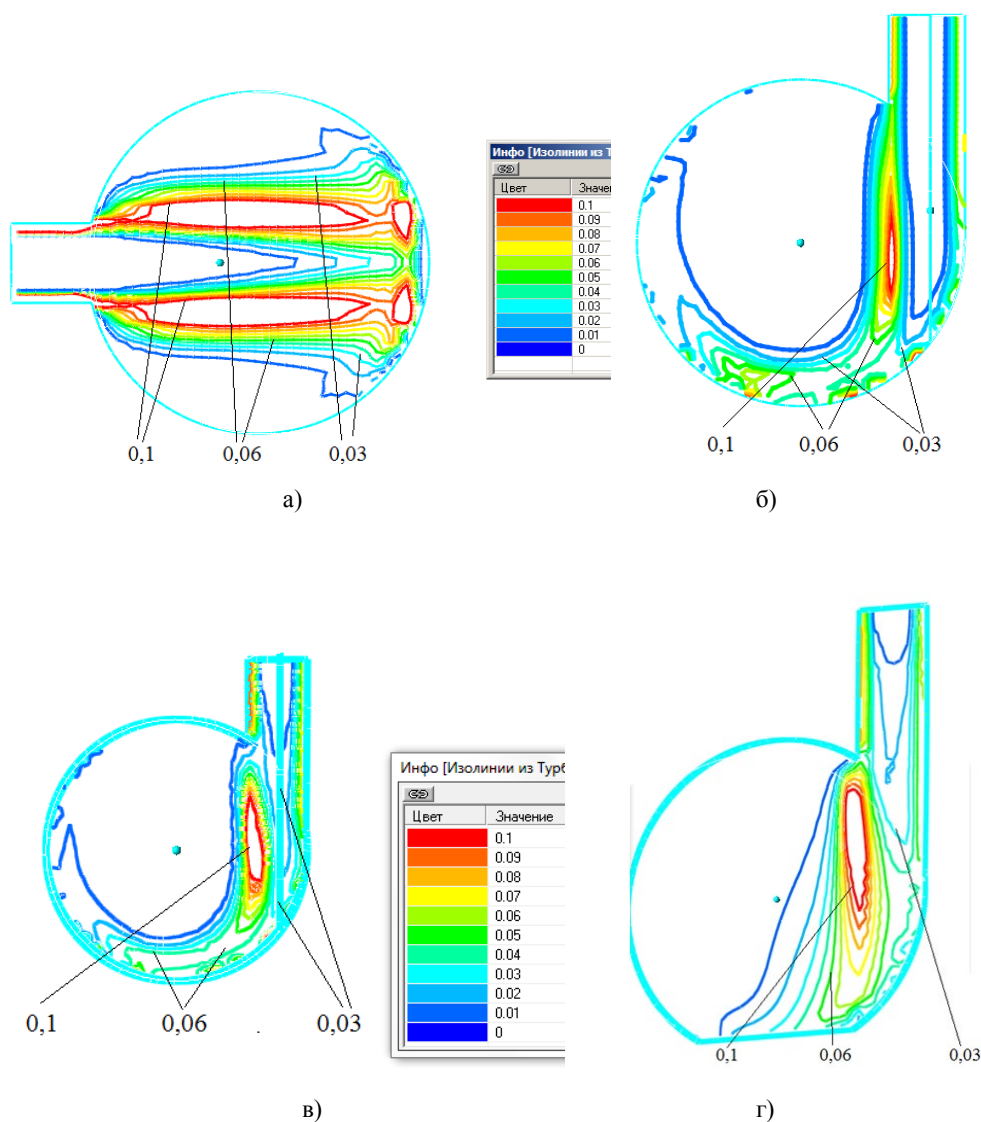


Рис. 3. Ізолінії дисипації кінетичної енергії в поперечному перерізі горловини:

а) — контроль; б) — 0°; в) — 15°; г) — 30°

Аналізуючи зображення, слід зазначити, що найбільші завихрення відбуваються в продукті, який рухається в контрольному зразку. Відповідно, для їх утворення потрібні витрати тиску нагнітання. У випадку тангенційного вводу витрати на внутрішнє тертя пропорційне куту нахилу труби. В чисельному виразі цей процес показаний на рис. 4.

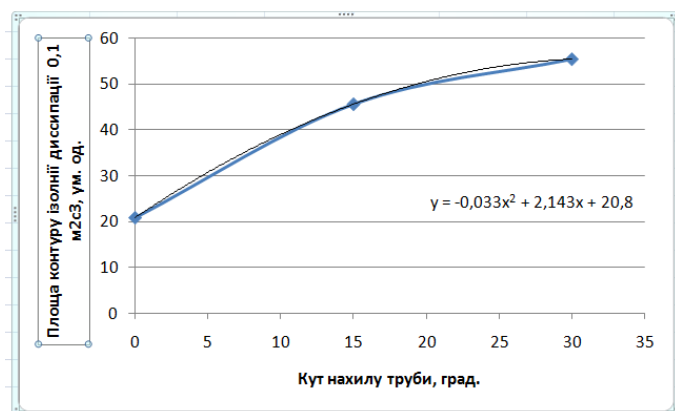


Рис. 4. Витрати тиску стисненого повітря на внутрішні тертя в масі, що рухається

На рис. 5 наведені результати моделювання змін тиску, що створює продукт, який з труби входить у горловину. Зображення отримані у вигляді ізоліній у поперечному перерізі горловини (паралельно осі труби).

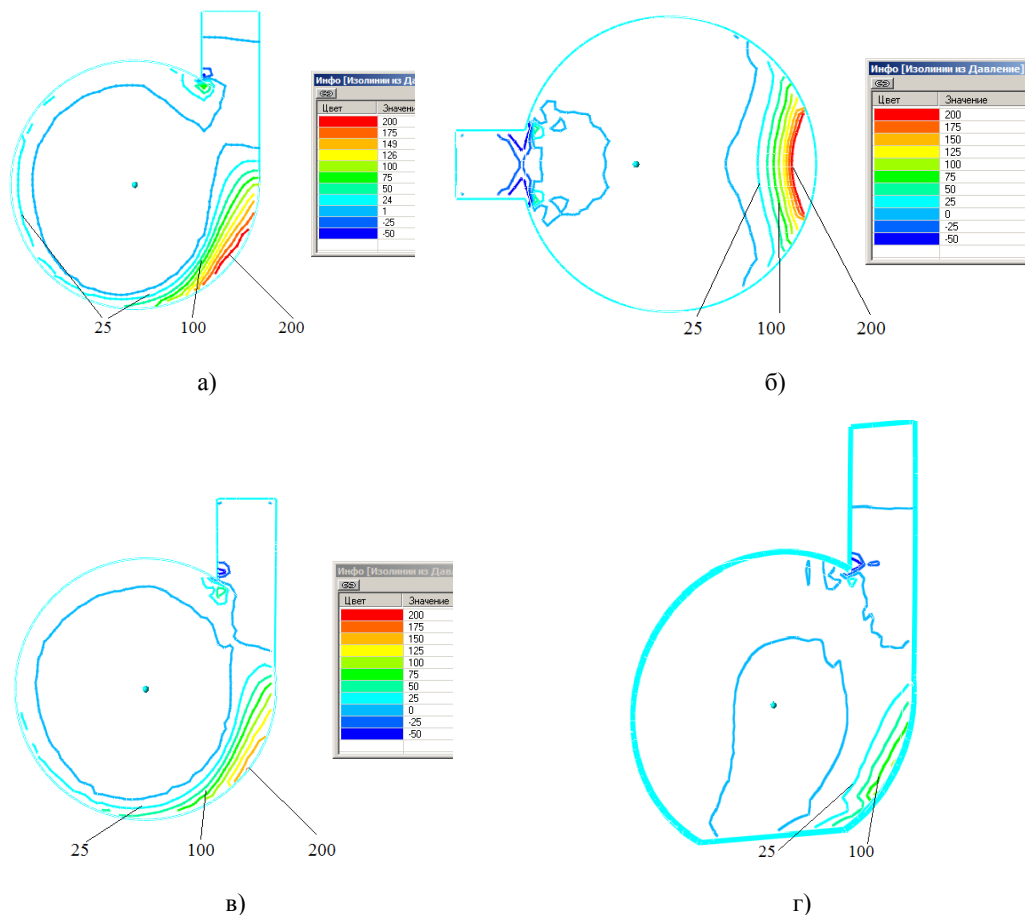


Рис. 5. Ізолінії тиску набігаючого потоку в поперечному перерізі горловини:

а) — контроль; б) — 0°; в) — 15°; г) — 30°

Аналізуючи зображення, слід зазначити, що найбільші втрати тиску відбуваються в продукті, який рухається в контрольному зразку. Відповідно, для їх утворення потрібні витрати тиску протидії на виході з трубопроводу. У випадку тангенційного вводу витрати на протитиск зворотно пропорційні куту нахилу труби. В чисельному виразі цей процес відображений на рис. 6.

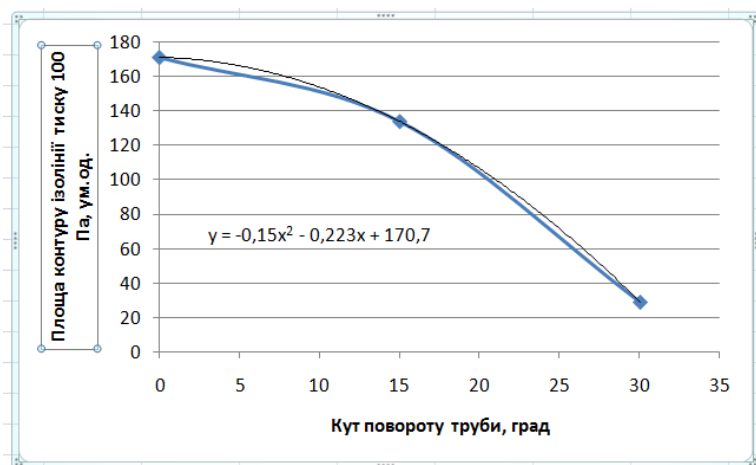
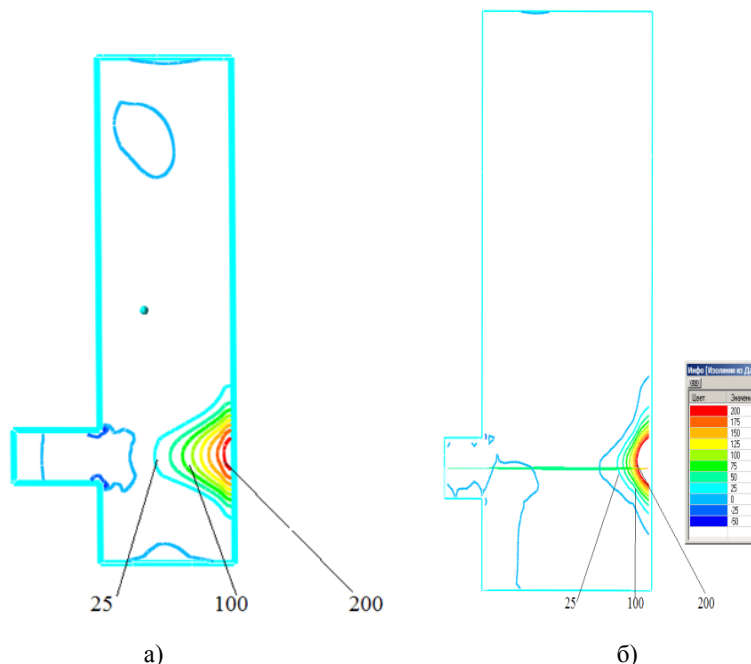


Рис. 6. Витрати тиску протидії на виході з трубопроводу

Проконтролювати процес втрат тиску можна на рис. 7, на якому процес відображено у вертикальному перерізі.



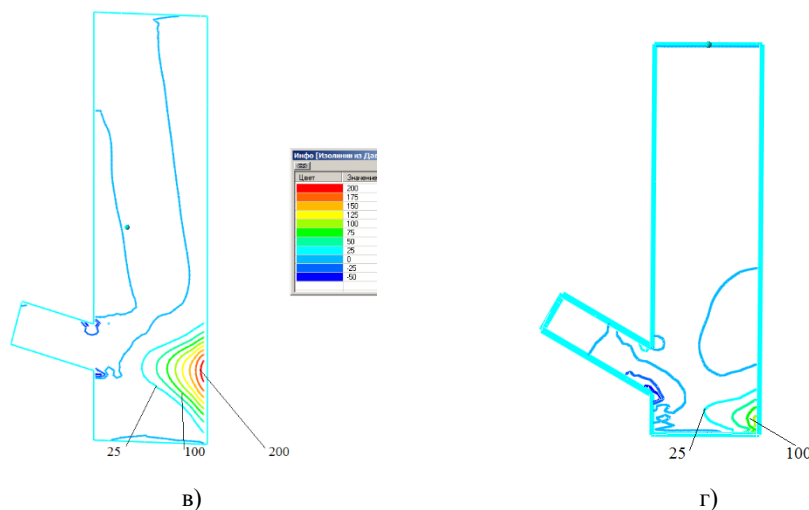


Рис. 7. Ізолії тиску набігаючого потоку в поздовжньому перерізі горловини:

а) — контроль; б) — 0° ; в) — 15° ; г) — 30°

Аналізуючи зображення, можна відмітити, що у випадку тангенційного вводу витрати на протитиск корелюють з даними тиску в поперечному перерізі та зворотно пропорційні куту нахилу труби. Основні втрати тиску відбуваються на початку повороту потоку вздовж стінки горловини. Градієнт тиску в цих випадках менший, ніж у контрольному досліді.

У чисельному виразі цей процес відображений на рис. 8.

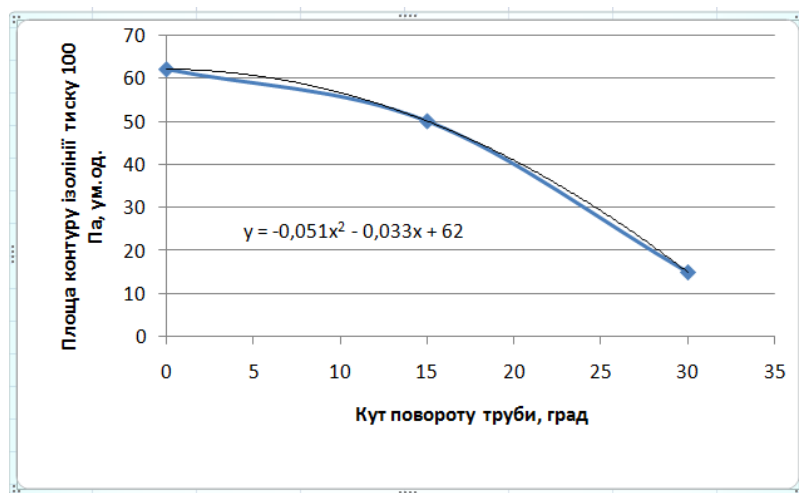


Рис. 8. Втрати тиску при рухові потоку вздовж стінки горловини

Математична обробка кожної кривої з рис. 4, 6, 8 дає найкращий опис поведінки графіків при використанні поліномів другого ступеня.

Висновки. Комп'ютерне імітаційне моделювання фізичних процесів, що відбуваються під час впорскування продукту в приймальну горловину накопичувальної ємкості, дає змогу отримати чисельні дані про втрати кінетичної енергії й тиску за рахунок зміни траєкторії потоку.

Тангенційне під'єднання труби до горловини енергетично вигідніше, ніж перпендикулярне введення. Втрати енергії й тиску зворотно пропорційні куту нахилу труби до осі горловини. Процес описується поліномами другої ступені.

Залежність розподілу швидкостей від кута введення труби:

$$y = -0,033x^2 + 2,143x + 20,8.$$

Залежність розподілу тиску протитоку на виході з трубопроводу в поперечному перерізі горловини від кута введення труби:

$$y = -0,15x^2 - 0,223x + 170,7.$$

Залежність розподілу тиску протитоку на виході з трубопроводу в прокольному перерізі горловини від кута введення труби:

$$y = -0,051x^2 - 0,033x + 62.$$

Отримані рівняння дають змогу визначити втрати в проміжку між точками проведення моделювання. Розроблену методику досліджень рекомендується використовувати в ході проектування транспортних засобів, які працюють за рахунок витіснення продукту підвищеним тиском.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологические трубопроводы мясокомбинатов / А. В. Горбатов, Я. И. Виноградов, В. Д. Косой, А. А. Горбатов. — М.: Агропромиздат, 1989. — 304 с.
2. Беседа, С. Д. Визначення раціональних конструктивних та експлуатаційних характеристик обладнання для транспортування нехарчової м'ясної сировини / С. Д. Беседа, Є. В. Штефан, В. М. Таран // Мясное дело. — 2006. — № 11. — С. 66—68.
3. Беседа, С. Д. Моделювання 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.
4. Litovchenko, I. Computer modelling of movement of meat raw material on pipelines / Litovchenko I., Taran V., Beseda S., Hadjiiski W. M., Stefanov S. V.; The 7th International Conference «Integrated systems for agri-food production», Nyiregyhaza, Hungary. — (2011). — P. 211—214.
5. Беседа, С. Д. Енергетичні показники процесу передувки м'ясної сировини / С. Д. Беседа, І. М. Литовченко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Том 22, № 5. — С. 120—125.
6. Longdell, G. R. Advanced technologies in the meat industry / G.R. Longdell // Meat Science. — 1994. — 36(1—2). — P. 277—291.
7. Steven, M. Lonergan Packaging for meat and meat products / Steven M. Lonergan, David G. Topel, Dennis N. Marple // The Science of Animal Growth and Meat Technology (Second Edition). — 2019. — Chapter 15. — P. 255—269.
8. James, S. J., MEAT MARKETING / James S. J., James C. // Transport of Meat and Meat Products, Encyclopedia of Meat Sciences (Second Edition). — 2014. — P. 236—243.
9. Luchian, M.I. Numerical simulation of energy dissipation in mixing process of bread dough / Luchian M. I., Litovchenko I., Stefanov S., Csatos C. // Journal of EcoAgriTourism. — 2012. — 25. — P. 67—70.
10. Stefanov S. Use of computer modeling for modernization of final proofers of preparation of dough, / Stefanov S., Hadjiiski W., Litovchenko I.; 12th International Conference “Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI 2012, 13—17 September. — 2012, Vrnjacka Banja, Serbia. — P. 791—796.
11. Litovchenko I. Investigation work proofers by computer simulation / Litovchenko I., Stefanov S., Hadzhiyski V. // Ukrainian Food Journal. — 2015. — 4(2). — P. 119—126.
12. Litovchenko I. The study of the baking ovens by computer simulation / Litovchenko I. // Food technology. — 2013. — XVII. — Pp. 107—115.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ НА ВХОДЕ В НАКОПИТЕЛЬ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

С.Д. Беседа, И. Н. Литовченко, А. И. Литовченко

Национальный университет пищевых технологий

Целью проведенного исследования является определение влияния конструкции различных вариантов введения транспортной трубы в горловину вакуумного котла на потери энергии при прохождении через них подвижного мясного непищевых продукта. Объектом исследования выступает трубопровод, который присоединяется к сборной емкости и который является частью пневматической трубопроводной системы. Методика исследований — компьютерное имитационное моделирование. В ходе моделирования определена рациональная форма ввода трубы в горловину сборной емкости. Полученные результаты рекомендуется использовать в ходе проектирования транспортных средств, работающих за счет вытеснения продукта повышенным давлением воздуха.

Ключевые слова: транспорт, трубопровод, давление, энергия, потери.