

ISSN 2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

**3.2017**

---

# ВІСНИК

**Хмельницького  
національного  
університету**

Технічні науки  
Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2017, Issue 3, Volume 249

Хмельницький



## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОДАЧІ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ШНЕКОМ ВОВЧКА

В існуючих конструкціях вовчків наявний резерв підвищення питомої продуктивності. Сировина в кожний момент часу шнеком вовчка подається не по всій площі решітки різального вузла, а лише в межах певного сектору, з кутом менша за  $180^\circ$ . В роботі наведено результати чисельного моделювання гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка. Встановлено, що тиск в сировині при її русі від бункера вовчка до різального вузла зростає нелінійно, ближчим відстаням до різального вузла відповідають вищі значення тиску в сировині. Шнекам із меншим кутом підйому витків ( $4-7^\circ$ ) властиві більші максимальні значення відносної деформації сировини в зоні перед різальним вузлом та вищі середні значення відносної деформації, які виміряні в площині, перпендикулярній до вісі шнеку. Результати моделювання підтверджують наявність достатньо обмеженого сектору інтенсивної подачі сировини останнім витком шнеку. Розроблену математичну модель вовчка можна використовувати при обґрунтуванні конструктивних параметрів шнеків на етапі їх проектування.

Ключові слова: м'ясорізальний вовчок, шнек, м'ясо, подача, особливості.

VASIL IVANOVYCH OSIPENKO, NADYA VICTORIVNA FILIMONOVA, OLEXANDR VICTOROVICH BATRACHENKO

Cherkassy State Technological University

### FEATURES OF FEEDING OF MEAT IN THE LAST TURN OF THE SCREW OF MEAT GRINDER

In existing designs of meat grinders available for improvement in specific productivity. Raw materials at each time point by the screw of meat grinder is not over the entire area of the lattice cutting node, but only within a specific sector with angle less than  $180^\circ$ . The paper presents the results of numerical simulation of hydrodynamics of raw meat in its submission a screw of meat grinder. Found that the pressure in the raw material during its movement from the hopper to the meat grinder of the cutting unit is non-linear, closer distances to the cutting unit correspond to higher pressures in raw materials. Cinecam with a smaller angle of rise of turns ( $4-7^\circ$ ) are characterized by large maximum values of relative deformations of raw materials in the area in front of the cutting unit and the highest average values of relative deformation, measured in the plane perpendicular to the axis of the screw. The simulation results confirm the presence of a fairly limited sector of intensive feed last turn of the screw. The mathematical model of the gyroscope can be used for substantiation of the design parameters of the auger at the design stage.

Key words: meat grinders, screw, meat, feed, features.

#### Постановка проблеми

Необхідною умовою успішного розвитку харчової промисловості є безупинне вдосконалення технологічного обладнання, з метою підвищення ефективності обробки сировини та зменшення експлуатаційних витрат. Одним із поширених видів технологічного обладнання, яке використовується в м'ясопереробній галузі, є вовчки. В сучасних умовах подальший розвиток цих машин підкоряється загальним тенденціям ринку, тобто йде в напрямках підвищення питомої продуктивності та зменшення експлуатаційних витрат на купівлю різального інструменту. Ріст питомої продуктивності дає можливість підвищити випуск продукції без збільшення капітальних та експлуатаційних витрат на утримання технологічного обладнання.

Проведений авторами аналіз та дослідження [1, 2] показали, що в існуючих конструкціях вовчків наявний резерв збільшення продуктивності. Так згідно відомим теоретичним уявленням, при визначенні продуктивності вовчків береться до уваги коефіцієнт, який знижує вираховане значення на величину до 70%. У відомій літературі відсутні вичерпні відомості з пояснення природи даного коефіцієнту. На думку авторів, істотні розбіжності між дійсними та розрахованими значеннями продуктивності вовчка обумовлені особливістю подачі м'ясної сировини шнеком (рис. 1) – сировина в кожен момент часу інтенсивно подається не по всій робочій площі решіток, а лише в межах деякого сектору з кутом  $\beta$ , величина якого залежить від конструктивних параметрів шнеку та від структурно-механічних властивостей сировини.

Дослідження та належне врахування цього ефекту дасть змогу підвищити продуктивність вовчків без збільшення геометричних розмірів їх основних робочих органів. Актуальним є проведення чисельного моделювання подачі сировини шнеком вовчка для створення передумов обґрунтування раціональних конструктивних параметрів шнеків з підвищеною нагнітальною здатністю.

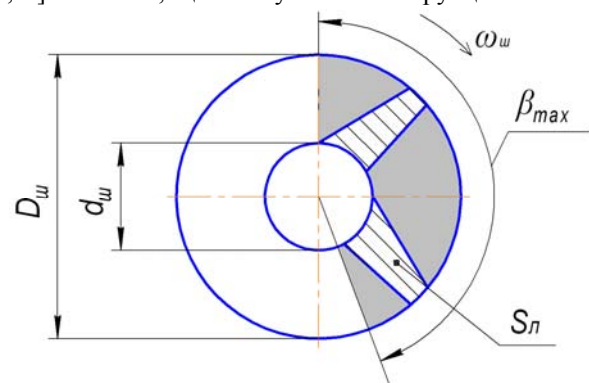


Рис. 1. Схема до визначення сектору інтенсивної подачі сировини останнім витком шнеку вовчка:  $D_w$  - зовнішній діаметр шнеку;  $d_w$  - діаметр валу шнеку;  $S_l$  - лева ножа (площа);  $\beta_{max}$  - кут сектору інтенсивної подачі сировини

### Аналіз останніх джерел

У відомих працях, зокрема в [3–6], відсутні відомості з описаного вище ефекту та відсутні результати досліджень гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка. Актуальним є проведення таких досліджень.

**Метою роботи** є чисельне моделювання гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі останнім витком шнеку вовчка для створення передумов обґрунтування раціональних конструктивних параметрів шнеків з підвищеною нагнітальною здатністю.

### Виклад основного матеріалу

З метою визначення особливостей та параметрів гідродинаміки сировини при її подачі шнеками різного конструктивного виконання до різального вузла вовчка проводилось чисельне моделювання параметрів руху сировини за допомогою програмного комплексу *FlowVision*. Даний програмний комплекс призначений для моделювання трьох-вимірних течій рідин та газів в технічних та природних об'єктах, а також для візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки. Комплекс *FlowVision* заснований на кінцево-об'ємному методі вирішення рівнянь гідродинаміки та використовує прямокутну адаптивну сітку із локальним подрібненням. Для апроксимації криволінійної геометрії із підвищеною точністю використовується технологія підсіткового розрішення геометрії.

Моделювання здійснювалось за такими етапами:

- створення області розрахунку (3D-"геометрії" об'єкту, що досліджується) в САПР (система КОМПАС 3D V10) та імпортування її через формат STL у *FlowVision*;
- завдання виду математичної моделі (рідина, яка не стискається, ламінарний потік);
- завдання граничних умов (вказування напрямку потоку рідини та обмежувальних поверхонь);
- завдання кінематичних параметрів обертового шнеку та фізико-механічних параметрів сировини (частота обертання шнеку  $5 \text{ с}^{-1}$ ; густина рідини  $1050 \text{ кг/м}^3$ ; в'язкість рідини  $700 \text{ Па}\cdot\text{с}$ );
- завдання розрахункової сітки (використовувалась сітка із 2-м рівнем локального подрібнення в зонах контакту поверхні шнеку зі сировиною);
- завдання параметрів методів розрахунку (кількість ітерацій 2000, точність 0,01, для швидкості використовувався 2-й порядок точності, для тиску використовувався метод CGM);
- проведення розрахунку;
- огляд результатів розрахунку в графічній формі ("візуалізація" результатів розрахунків) і збереження даних у файли.

Було обрано модель ламінарного руху нестисливої в'язкої рідини, яка базується рівняннях Нав'є-Стокса та суцільності середовища. Використовувались тривимірні моделі шнеків (рис. 2, рис. 3), кути підйому витків яких приймали значення  $\alpha=4^\circ; 7^\circ; 10^\circ; 13^\circ; 17^\circ$ . Результати моделювання наведені на рис. 4 і 5.

Залежність коефіцієнту стискання сировини в зоні різального вузла від конструктивного виконання шнеку та від точки вимірювання в площині, перпендикулярній всі шнеку, наведена на рис. 6. Зображені на рис. 5 криві з достатньою точністю описуються експоненціальним рівнянням регресії виду:

$$y = a \cdot e^{b \cdot x}, \quad (1)$$

де  $y$  – значення відносної деформації сировини  $\varepsilon$ , %;  $x$  – значення кута  $\beta$ , град.;  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти (табл. 1).

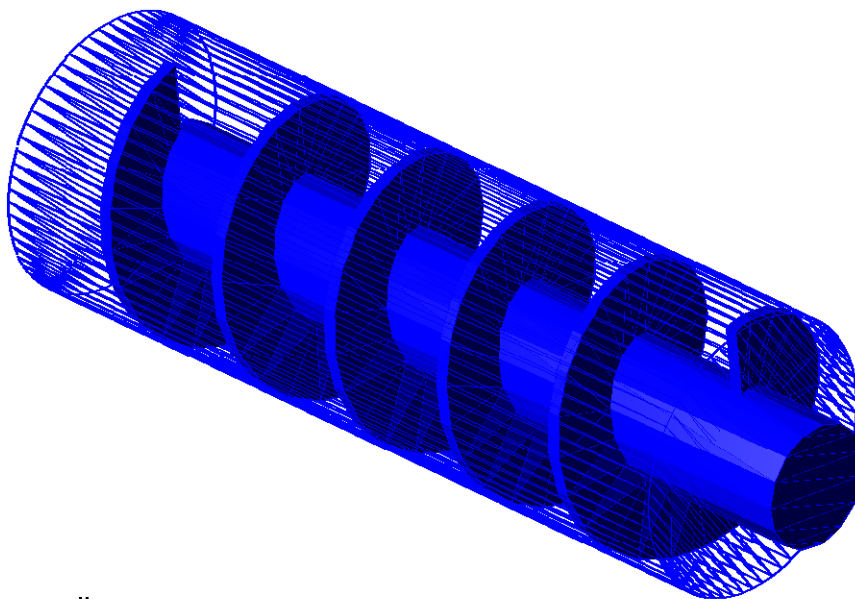


Рис. 2. Загальний вид робочої зони при моделюванні в програмному комплексі *FlowVision*

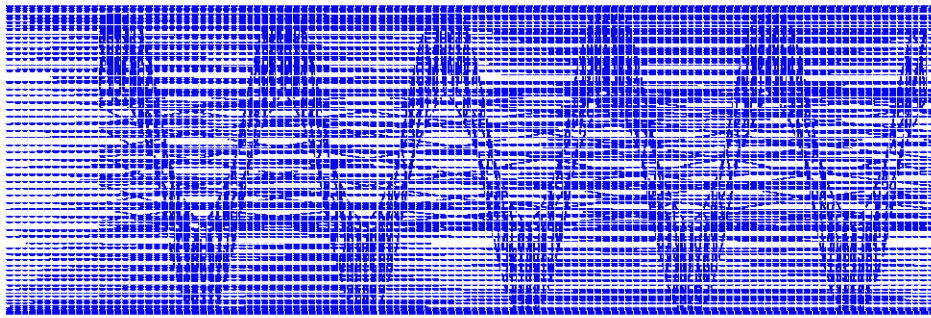


Рис. 3. Розрахункова сітка робочої зони в програмному комплексі *FlowVision*

Таблиця 1

**Коефіцієнти рівняння регресії**

Коефіцієнти регресії	Значення кута підйому витків шнеку				
	$\alpha=4^\circ$	$\alpha=7^\circ$	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=13^\circ$	$\alpha=17^\circ$
<i>a</i>	0,673	0,605	0,508	0,387	0,251
<i>b</i>	-0,004	-0,006	-0,008	-0,011	-0,012

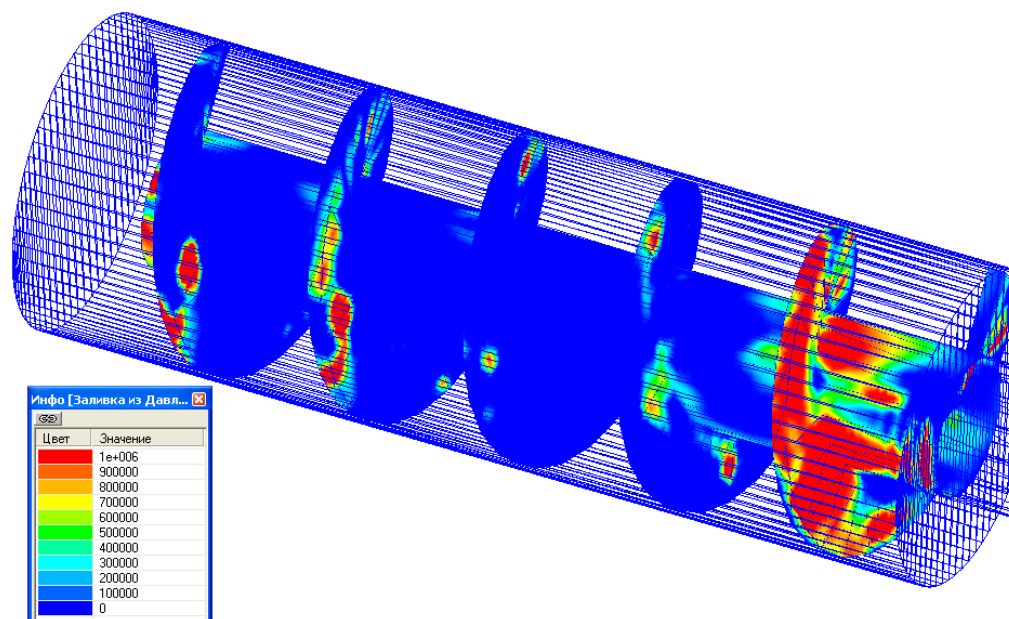


Рис. 4. Візуалізація результатів визначення значень тиску в сировині в зоні останнього витка шнеку вовчка

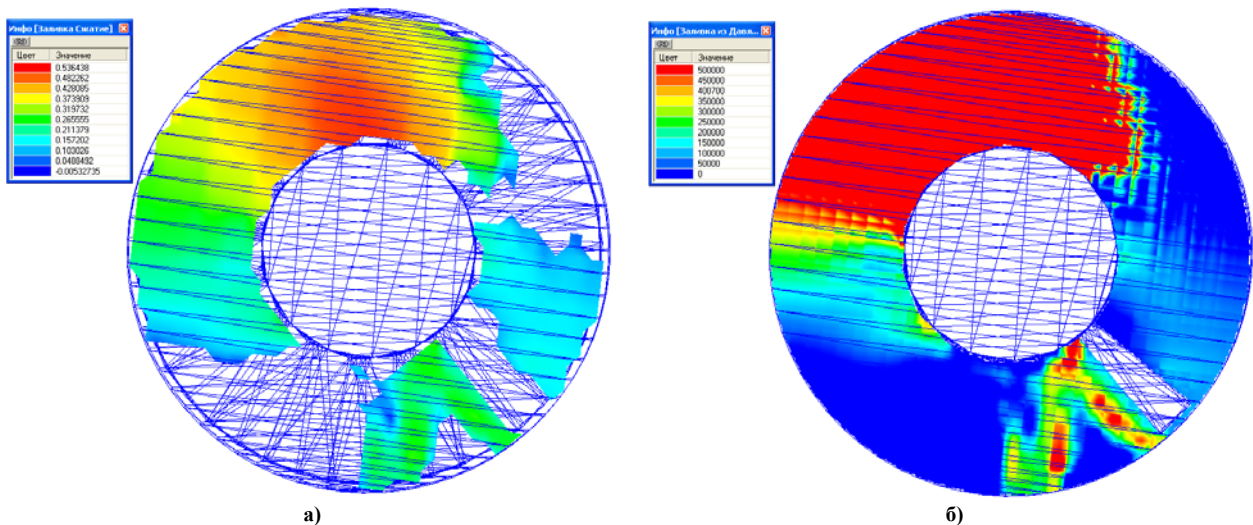


Рис. 5. Візуалізація результатів моделювання гідродинаміки м'ясної сировини в зоні останнього витка шнеку вовчка за допомогою програмного комплексу *FlowVision*: а) відносна деформація сировини; б) тиск в сировині в зоні останнього витка шнеку вовчка

Встановлено наявність втрат сировини крізь зазор між шнеком та робочим циліндром у напрямі,

зворотному до напрямку подачі. Тиск в сировині при її русі від бункера до різального вузла вовчка зростає нелінійно, ближчим відстаням до різального вузла відповідають вищі значення тиску в сировині. В секторі інтенсивної подачі сировини тиск збільшується від 50 кПа до 0,5 МПа.

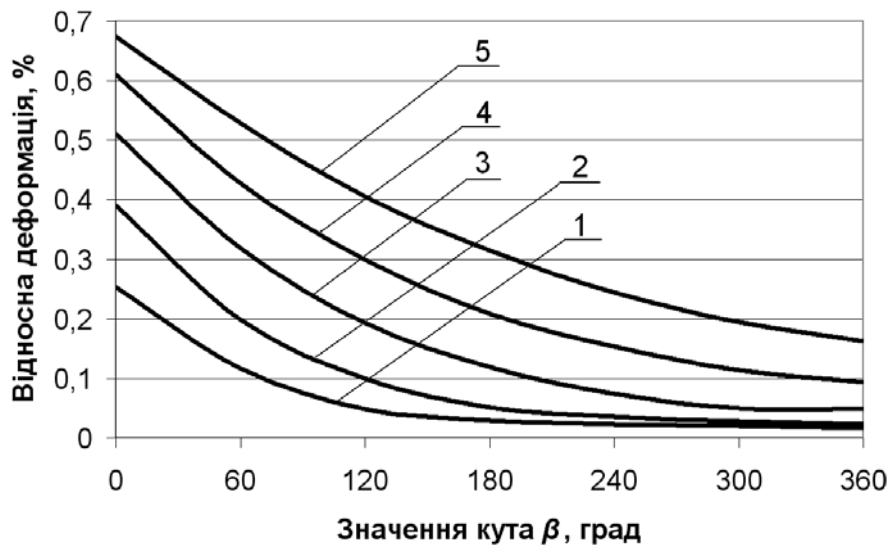


Рис. 6. Залежність відносної деформації сировини  $\varepsilon$  від значення кута  $\beta$  для шнеків із кутом підйому витків:  
1 -  $\alpha=17^\circ$ ; 2 -  $\alpha=13^\circ$ ; 3 -  $\alpha=10^\circ$ ; 4 -  $\alpha=7^\circ$ ; 5 -  $\alpha=4^\circ$

Загалом, в результаті моделювання встановлено, що шнекам із меншим кутом підйому витків ( $4-7^\circ$ ) властиві, як більші максимальні значення відносної деформації сировини в зоні перед різальним вузлом, так і вищі середні значення відносної деформації (див. криві 4 і 5 на рис. 6), які виміряні в площині, перпендикулярній до вісі шнеку.

Це можна пояснити тим, що в зоні останнього витка шнеків із меншим кутом підйому витків сировина знаходиться у більш стисненому стані через поступове стискання при русі від бункера вовчка до різального вузла (за рахунок змінного кроку витків). Ще однією причиною є те, що означеним шнекам властиві менші відстані від бокової поверхні останнього витка до входу у різальний вузол. Отримані результати відповідають результатам, наведеним у [1, 2].

#### Висновки

Проведено чисельне моделювання гідродинаміки м'ясої сировини при її подачі шнеком вовчка. За результатами досліджень виявлено, що тиск в сировині при її русі від бункера вовчка до різального вузла зростає нелінійно, ближчим відстаням до різального вузла відповідають вищі значення тиску в сировині. Шнекам із меншим кутом підйому витків ( $4-7^\circ$ ) властиві більші максимальні значення відносної деформації сировини в зоні перед різальним вузлом та вищі середні значення відносної деформації, які виміряні в площині, перпендикулярній до вісі шнеку. Результати моделювання підтверджують наявність достатньо обмеженого сектору інтенсивної подачі сировини останнім витком шнеку. Розроблену математичну модель вовчка можна використовувати при обґрунтуванні конструктивних параметрів шнеків на етапі їх проектування.

#### Література

1. Некоз О. І. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка / О. І. Некоз, Н. В. Філімонова, С. О. Філімонов // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2013. – № 2. – С. 128–132.
2. Теоретичне визначення коефіцієнту продуктивності вовчка / В. І. Осипенко, Н. В. Філімонова, О. В. Батраченко, С. О. Філімонов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 5. – С. 36–43.
3. Некоз С. О. Підвищення ефективності роботи і довговічності різального комплексу м'ясорізальних вовчків : дис. ... канд. техн. наук / С. О. Некоз. – К. : УДУХТ, 2001. – 165 с.
4. Батраченко О. В. Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Батраченко Олександр Вікторович. – Вінниця, 2014. – 284 с.
5. Максимов Д. А. Конструкции режущих и подающих механизмов современных волчков / Д. А. Максимов, О. И. Якушев // Мясные технологии. – 2008. – №10. – С. 14–17.
6. Вербицкий С. Б. Измельчение мясного сырья / С. Б. Вербицкий, В. В. Шевченко, А. В. Батраченко // Мясной бизнес. – 2010. – № 5. – С. 84–96.

Отримана/Received : 5.4.2017 р. Надрукована/Printed : 8.6.2017 р.  
Рецензент: к. т. н., доцент Л. М. Мізнік