

ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧЕНЬ РОБОЧИХ ЗУСИЛЬ, ЩО ДІЮТЬ НА НІЖ КУТЕРА

Наведено результати чисельного моделювання умов навантаження ножів кутера. Встановлено залежність значення тисків, що діють на ніж від швидкості потоку сировини та її в'язкості. Отримані дані можна використовувати за умови визначення міцності ножів кутера.

Ключові слова: кутер, ніж, тиск.

Кутери, як відомо, вважаються машинами, які значною мірою визначають вихід та якість виготовлених ковбасних виробів. У свою чергу, найбільше впливає на ефективність обробки сировини в кутері конструктивне виконання його головних робочих органів – ножів. Як відомо, основними вимогами за умови проектування різального інструменту кутерів є мінімізація товщини ножа, площі його бокової поверхні та кута заточування леза [1]. В той же час до ножів кутера висуваються і вимоги щодо забезпечення міцності, оскільки руйнування ножа під час роботи кутера обумовлює значний обсяг ремонтних робіт і тривале простоювання машини.

Задля прийняття обґрунтованих конструкторських рішень у ході проектування різального інструменту необхідно оперувати значеннями зусиль, що діють на ніж кутера під час його роботи. Проте у відомих літературних джерелах не наведено відповідних ґрунтовних даних.

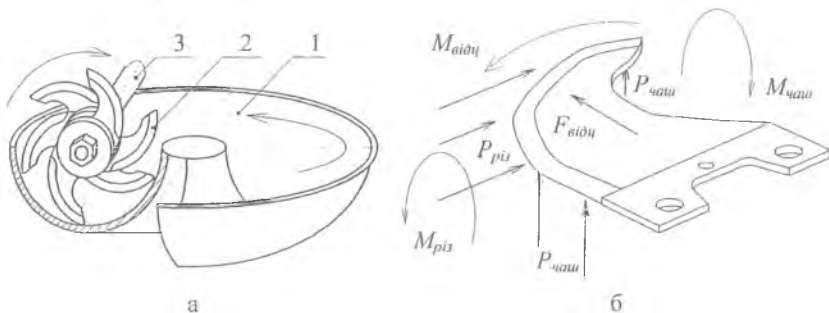
Так, у роботі [2] наведено результати досліджень напружено-деформованого стану перфорованих ножів і представлено нові розроблені конструкції. Проте в роботі не вказано значення зусиль, що були прикладені до ножів.

У роботі [3] наведено результати чисельного моделювання умов навантаження ножа кутера. Але в цій роботі визначено зусилля лише для двох значень швидкостей різання та подачі сировини, тобто наведено усереднені значення як лобового, так і бокового тисків. Це не дозволяє раціонально визначати конструктивні параметри ножів, оскільки в сучасних кутерах лінійні швидкості обертання граничних точок леза ножа можуть відрізнятися у декілька разів, а частота обертання ножової головки та чаші може безступінчасто змінюватись у широких межах.

Метою статті є визначення залежності тисків, що діють на ніж кутера, від кінематичних і структурно-механічних параметрів потоку сировини.

Зважаючи на технічні особливості кутерів, які ускладнюють експериментальне визначення зусиль, що діють на ножі, доцільним є використання з цією метою чисельних методів (спеціалізованих САПР).

Під час обертання ножового вала 3 кутера відбувається, згідно з рисунком 1, процес подрібнення сировини, при цьому на ножі 2 діє лобовий тиск $P_{різ}$, який включає в себе зусилля різання й тиск на поверхню заточки ножа, та відцентрові сили $F_{відц}$. Унаслідок обертання чаші 1 відбувається подача сировини в зону різання, при цьому на бокову сторону ножа діє тиск $P_{чаш}$. Тиск $P_{різ}$ призводить до виникнення згинаючого моменту $M_{різ}$, який діє в площині ножа. Тиск $P_{чаш}$ призводить до виникнення згинаючого моменту $M_{чаш}$, який діє в площині, що перпендикулярна площині ножа. Відцентрові сили $F_{відц}$ призводять до виникнення згинаючого моменту $M_{відц}$, що певною мірою протидіє моменту $M_{різ}$.



а – схема робочої зони кутера; б – види зусиль, що діють на ніж.

Рисунок 1 – Схеми до визначення зусиль, які діють на ніж його роботи

З метою визначення зусиль, що діють на ніж під час його роботи, було проведено чисельне моделювання гідродинаміки сировини за умови руху ножа в програмному комплексі Flow Vision, який призначений для моделювання три-

вимірних течій рідини в технічних і природних об'єктах та візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

Для моделювання режиму різання шматкової парної м'ясної сировини та її фаршу в кутері було застосовано такі вихідні дані: швидкість руху рідини за умови визначення лобового тиску задавалась у межах від 20 м/с до 120 м/с (як у разі обертання ножів), а коли визначали боковий тиск, то в межах від 0,15 м/с до 0,72 м/с (як під час обертання чаші) [1]; режим руху рідини – ламінарний; густина рідини 1050 кг/м³, в'язкість рідини 30–700 Па·с [4]. Кут заточки лека ножа – 13°, лезо виконано у вигляді ділянки кола зі зміщеним центром, що забезпечує мінімізацію кінематичного кута різання.

У результаті розрахунку було визначено розподілення швидкості та лобового тиску рідини за умови фронтального обтікання лека ножа, що відображено на рисунку 2. Середнє значення тиску на лезо, у разі в'язкості рідини 700 Па·с, що відповідає стану шматкової парної м'ясної сировини, складає 3,3 МПа. Результати чисельного моделювання наведено на рисунку 3.

У ході визначення бокового тиску на ніж, який виникає внаслідок подачі сировини чашею, як зазначено на рисунку 4, було встановлено, що максимальний тиск діє на центральній ділянці бокової поверхні ножа.

Максимальне значення тиску, за наявності в'язкості рідини 700 Па·с та швидкості рідини 0,72 м/с становить 9,07 кПа.

Результати чисельного моделювання гідродинаміки потоку за умови обтікання бокової проєкції ножа кутера наведено на рисунку 5.

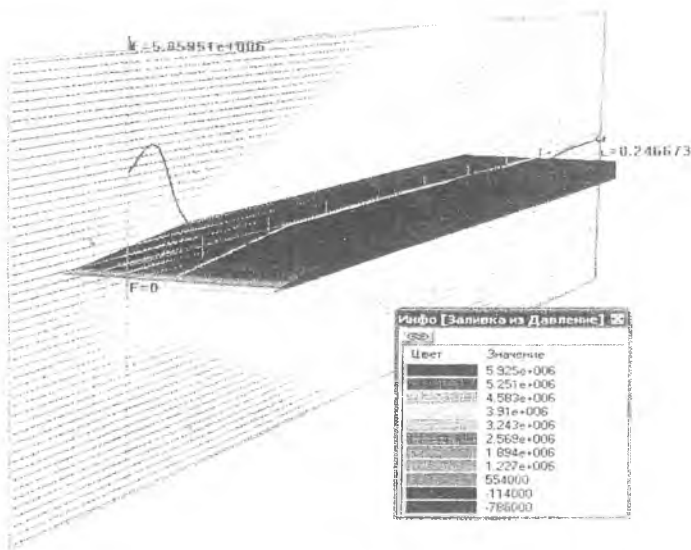
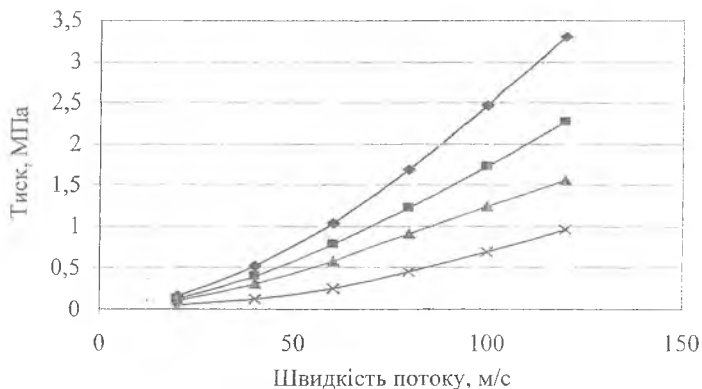


Рисунок 2 – Значення лобових тисків, що діють на переріз ножа під час кутерування



—●— 700 Па·с; —■— 300 Па·с; —▲— 160 Па·с; —×— 30 Па·с.

Рисунок 3 – Середні значення лобових тисків, що діють на переріз ножа під час кутерування

Инфо [Записка из Давления]

Цвет	Значение
	3336
	2344
	2551
	2159
	1766
	1374
	981
	589
	196
	197
	589

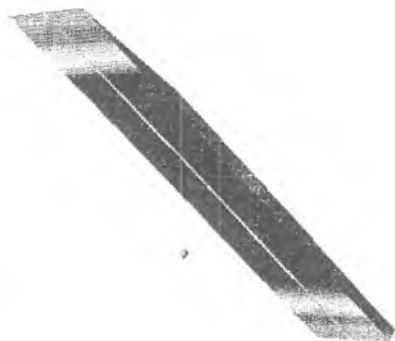


Рисунок 4 – Значення тисків, що діють на переріз ножа внаслідок подачі сировини чашею

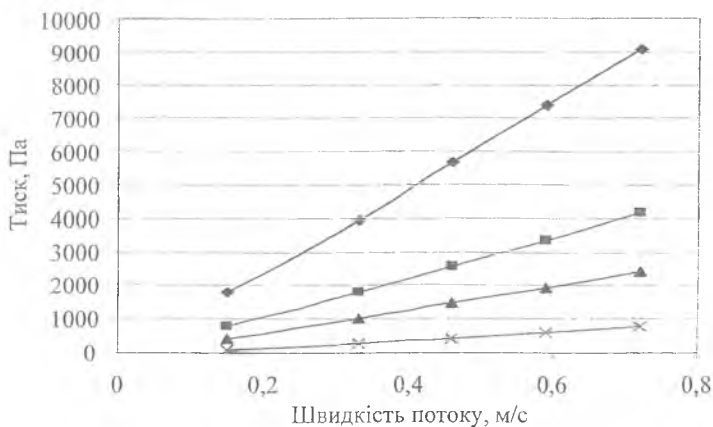
Отримані в результаті чисельного моделювання дані були апроксимовані методом найменших квадратів поліномом:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3,$$

де y – значення тиску, Па;

x – значення швидкості потоку рідини, м/с.

Значення коефіцієнтів регресії наведено в таблиці 1.



—◆— 700 Па·с; —■— 300 Па·с; —▲— 160 Па·с; —×— 30 Па·с.

Рисунок 5 – Середні значення тисків, що діють на переріз ножа внаслідок подачі сировини чашею

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів рівняння регресії

Значення в'язкості рідини, Па·с	Значення коефіцієнтів			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Розрахунок лобового тиску				
30	28666,66	-662,96	83,94	-0,11
160	-16666,67	3359,58	142,10	-0,51
300	-53666,66	6032,80	148,79	-0,32
700	10333,33	2600,07	277,82	-0,59
Розрахунок бокового тиску				
30	10,20	430,96	945,03	-35,95
160	-20,93	2847,40	762,36	-29,41
300	-6,01	5167,89	828,98	24,66
700	240,61	9322,44	7655,97	-4973,57

Висновки. Визначено залежність значення тисків, що діють на ніж кутера, від в'язкості сировини, швидкості різання та швидкості подачі сировини в зону різання. Максимальні значення тисків спостерігаються в разі обробки кускової м'ясної сировини (за умови в'язкості рідини 700 Па·с): лобовий тиск – 3,3 МПа, боковий тиск – 9,07 кПа. Значення лобового та бокового тиску суттєво відрізняються одні від інших (на три порядки), що пояснюється суттєво відмінними значеннями швидкості потоку. До того ж залежність тиску рідини від її швидкості в разі подачі сировини чашею, близька до лінійної, тоді як за умови різан-

ня ця залежність набуває експоненціального характеру. Отримані дані можна використовувати під час проектування різального інструменту кутерів.

Перспективним напрямком подальших досліджень може бути перевірка гіпотези про наявність додаткової складової навантаження корпусу ножа кутера. Такою складовою може бути результуюча різниця бокових тисків, що діють на корпус ножа, яка виникає внаслідок гідродинамічного обтікання профілю його поперечного перерізу.

Література

1. Василевский О.М. Машины периодического действия для приготовления фарша / О.М. Василевский, О.В. Соловьев, Д.О. Трифонова // Мясные технологии. – 2007. – № 5. – С. 42.
2. Закалов О. Вплив форми і розмірів ножів кутера на їх довговічність та енергоспоживання / О. Закалов, А. Бортник // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2007. – № 1. – С. 152-158.
3. Підвищення міцності перфорованих ножів кутера / О.І. Некоз [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – С. 50-57.
4. Структурно-механические свойства продуктов / А.В. Горбатов [и др.]; под ред. А.В. Горбатова. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1982. – 296 с.