

**УДК 654.656**

**Віктор Гуць**, д.т.н., професор

**Олексій Губеня**, к.т.н., доцент

*Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна*

## **РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ РІЗАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

В харчовій промисловості нарізаються продукти, які мають однорідну або складну багаточарову структуру. Процес різання для кожного випадку має багато відмінностей.

При проектуванні різального обладнання вибір режимів різання часто проводять емпіричним шляхом, без врахування структурно-механічних властивостей продукту. В результаті якість різання є низькою, витрати енергії на процес – високі, різальний інструмент швидко зношується.

Виробники різального обладнання намагаються знизити його енергоємність. Багато науковців в світі працюють над зниженням енерговитрат та забезпеченням якості різання. Зниження зусилля різання досягається такими способами:

Регулюванням гостроти леза

- Надання різальному інструменту вібрацій, включаючи високочастотні
- Зниження шорсткості поверхні різального інструменту, нанесення спеціального антиадгезійного покриття або змащення леза при різанні продуктів з вираженими адгезійними властивостями.

- Зміною співвідношення нормальної та тангенціальної складових швидкості ножа

- Зміною швидкості різального інструменту

- Орієнтацією руху ножа при різанні багаточарового продукту

Нами досліджено два останні способи, при застосуванні яких легко знизити зусилля різання. Для визначення раціональних умов та режимів різання розроблено ряд простих у застосуванні методик та проведено математичне моделювання руху леза в продукті. Методика досліджень та результати моделювання описані в роботах [1, 2, 3, 8].

Встановлено, що при різанні продуктів з вираженими в'язко-пружно-пластичними властивостями (хліб, незаморожене м'ясо, твердий сир, трав'яниста сировина, деякі овочі), зусилля різання при збільшенні швидкості ножа інтенсивно зростає, проте при певних швидкостях різко знижується (рис. 1). Для більшості харчових продуктів цей діапазон швидкості складає від 3 до 7 м/с. Крім зниження зусилля різання, отримуємо високу якість зрізу – продукт не деформується під кромкою ножа, в крихкому продукті не руйнується структура.

Це пояснюється тим, що зусилля різання складається з зусилля на розрив структурних зв'язків продукту, зусилля на деформацію продукту під кромкою ножа і зусилля тертя по боковим поверхням ножа. Під час різання продукту під кромкою ножа виникають пружні, а потім пластичні деформації. Пластичні деформації, на відміну від пружних, розвиваються з меншою швидкістю. При великих швидкостях деформування граничне напруження зрізу і руйнування продукту досягається без значних пластичних деформацій. За рахунок цього знижується частка зусилля на деформування продукту при різанні, і загальне зусилля різання зменшується.

Для прикладу, згідно рис. 1, раціональна швидкість леза при різанні твердого сиру – близько 6-7 м/с, а хліба після витримання – 8 м/с.

Додатково на зниження різання впливає зниження міцності адгезії або напружень тертя при високих швидкостях ковзання. Зазначимо, що при різанні більшості харчових продуктів на подолання тертя та адгезії витрачається від 20 до 60 % загальних витрат енергії.

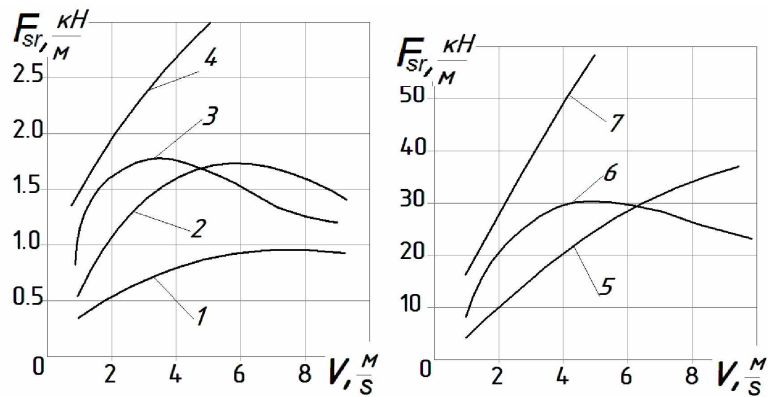


Рисунок 1 – Вплив швидкості леза на питоме зусилля різання:

1 – м'якуш гарячого хліба; 2 – м'якуш хліба після витримування 6 годин; 3 – твердий сир; 4 – цукровий буряк; 5 – скоринка хліба; 6, 7 – м'ясо (свинина) при температурі 5° С і -5°С.

Вказані закономірності характерні для однорідних за структурою продуктів. Проте більшість продуктів є неоднорідними, мають вкраплення або оболонку. Структурно-механічні властивості оболонки відрізняються від основної маси продукту (рис. 2). Наприклад, це м'ясопродукти з прошарками із жилистих тканин, шкіри та кісток; овочі, з міцною зовнішньою оболонкою; хлібні вироби, які складаються з м'якуша і міцної скоринки. Шари цих продуктів міцно зв'язані між собою, і мають різну міцність. Наявність вкраплень або оболонки майже не враховується не враховувалась при оптимізації процесу різання.

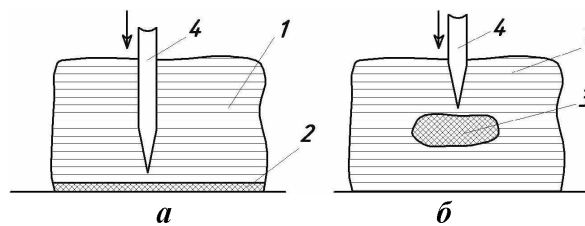


Рисунок 2 – Різання продуктів з неоднорідною структурою:

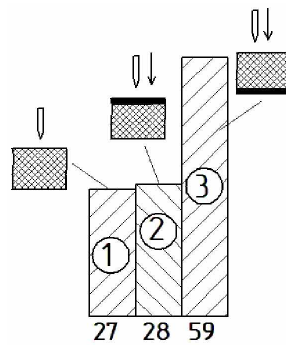
а - продукт з оболонкою; б - продукт з вкрапленням;

1 - продукт, 2 - оболонка; 3 - вкраплення; 4 - лезо.

Різання продуктів з оболонкою значно відрізняється від різання однорідних продуктів. Встановлено, що при наближенні леза до оболонки виникає короточасне збільшення сили різання, навантаження на лезо стає пульсуючим, знижується зносостійкість леза, погіршується якість поверхні зрізу. Це пояснюється тим, що оболонка не дозволяє продукту деформуватись в сторони при врізанні ножа. Продукт міцно стискує бокові поверхні ножа і виникають значні сили тертя. Кромка ножа може відхилитись від напрямку різання і буде деформувати та руйнувати продукт. Загальне зусилля опору руху ножа може короточасно збільшуватись в десятки разів.

На рис. 3 показано приклад зміни зусилля різання м'яса з жилистим прошарком. Прошарок розміщався на вході або виході леза з продукту. Зусилля різання окремо жилистого прошарку дуже мале, і не фіксувалось приладами. Але, зусилля різання м'яса зростає при розміщенні прошарку на виході леза з продукту.

Наявність оболонки і її розміщення на виході леза з продукту значно збільшує зусилля різання, тому так нарізати продукт нерационально (рис. 4а). При різанні багатощарових продуктів спочатку необхідно розрізати тонкий міцний шар (рис. 4б). Це дозволяє знизити витрати енергії на процес різання.



Питоме зусилля різання,  $\text{кН/м}$

Рисунок 3 – Залежність зусилля різання м'яса від розміщення жилистого прошарку:

1 – без прошарку; 2 – прошарок на вході леза в продукт; 3 – прошарок на виході леза з продукту.

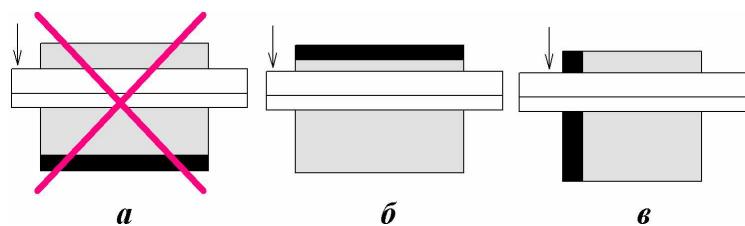


Рисунок 4 – Розміщення оболонки відносно руху леза.

Крім харчових продуктів, значна частина пакувальних матеріалів теж багатошарові. Наприклад, пакувальні плівки, гофрований картон, деякі види ПЕТ-пляшок. Тонкий шар тонуальної плівки може наклеюватись на основні пакувальні матеріали (картон, пінопласт), зміцнюючи їх. Отримані для харчових продуктів результати доцільно застосовувати при виборі умов різання цих матеріалів.

## Література

1. Guts V. Gubenia O. (2013), Modelling of cutting of food products, *EcoAgroTourism*, N 1, Pp. 67-71.
2. Viktor Goots, Oleksii Gubenia, Bogdan Lukianenko (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, №2, Pp. 294-295.
3. V. Guts, O. Gubenia, S. Stefanov, W. Hadjiiski (2010), Modelling of food product cutting, *10th International conference "Research and development in mechanical industry – 2010"*, Donji Milanovac, Serbia, 10-16 September 2010. Vol. 2. Pp. 1100-1105.
4. M.G. Scanlon, M.C. Zghal (2001), Bread properties and crumb structure, *Food Research International*, Vol. 34, Is.10.
5. C.T.McCarthy, A. Ní Annaidh, M.D. Gilchrist (2010), On the sharpness of straight edge blades in cutting soft solids: Part II – Analysis of blade geometry Original Research Article, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 77, Is. 3, Pp. 437-451.
6. Jacques Marsot, Laurent Claudon, Marc Jacqmin (2007), Assessment of knife sharpness by means of a cutting force measuring system, *Applied Ergonomics*, V. 38, I. 1, Pp. 83-89.
7. Andrzej Dowgiallo (2005) Cutting force of fibrous materials. *Journal of Food Engineering*, Vol. 66, Is. 1, Pp. 57-61.
8. В.С. Гуць, О.О. Губеня. (2012) Різання багатошарових пакувальних матеріалів. *Упаковка*, 2012, №1, С. 52-55.