

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бобовые культуры в решении проблемы растительного белка. Пищевая и кормовая ценность белков зернобобовых культур / Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления. – Инт земледелия и селекции Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2006. – С. 66–73.
2. Джумабаев И.Б., Бабаев Т.Д., Мажидов К.Х., Бабаев С.Д. Характеристика и особенности зерна некоторых селекционных сортов пшеницы. // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2000. – №8. – С. 63–64.
3. Ивакин А.Н. Значение воды в формировании ионно-го и физикохимического состава пищевых продуктов и медицинских препаратов // Мясная индустрия. – 1999. – №5. – С. 38–40.
4. Опрещенко А.В., Рудольф В.В., Берестень Н.Ф. Влияние качества воды на физикохимические и органолептические показатели // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №1. – С. 22–24.
5. ДСанПіН 2.2.417110 [Електронний ресурс] /режим доступу <http://zakon4.rada.gov.ua>
6. Лисицын А.Б. Технологические аспекты повышения экзотрофической эффективности промышленной переработки мясного сырья. дисс. докт. техн. наук. – М.: МГУПБ, 1997. – 69 с.

УДК 621.7.013.3



# Як визначити надійність різальних вовчків для подрібнення м'яса

**В. СУХЕНКО, А. МАТИЯЩУК**, кандидати техн. наук  
**Ю. СУХЕНКО**, докт. техн. наук  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

**Анотація.** Показано, що підвищити довговічність ножів вовчків можна за рахунок зміцнення передньої поверхні зносостійкими покриттями. Це ефективний спосіб впливу на опір спрацюванню м'ясоподрібнювальних інструментів такого типу.  
**Ключові слова:** м'ясо, різання, ножі, довговічність, зміцнення, інструмент.

**Механика контактного взаимодействия режущих инструментов волчков с сырьем.** В.Ю.СУХЕНКО, А.М.МАТИЯЩУК, Ю.Г.СУХЕНКО.

**Аннотация.** Показано, что повысить долговечность ножей волчков можно за счет упрочнения передней поверхности износостойкими покрытиями. Это эффективный способ влияния на сопротивление срабатыванию мясоизмельчительных инструментов такого типа.

**Ключевые слова:** мясо, резание, долговечность, упрочнение, инструмент.

**Contact mechanics cutting tools meat-chopper with raw materials.** V.SUKHENKO, A.MATIYASCHUK, Y. SUKHENKO.

**Abstract.** It is shown that promoting longevity of knives of whipping tops is possible for the set of work-hardening of front surface wearproof coverages. It is an effective method of influence on resistance to the wearing-out of мясоизмельчительных инструментов of such type.

**Key words:** meat, cutting, longevity, work-hardening, instrument.

М'ясна промисловість - одна з основних галузей агропромислового комплексу України. Значний обсяг серед готових до споживання м'ясопродуктів займають ковбасні вироби. Під час приготування фаршу для ковбас м'ясо піддають інтенсивному ручному і машинному подрібненню. Стан робочих різальних органів істотно позначається на нативних властивостях сировини. [1,2], що необхідно врахувати при конструюванні м'ясорізальних машин.

**Аналіз досліджень** процесів різання м'яса [1,3] показує, що більшість з них забезпечує оптимізацію загальних енергетичних показників для конкретних умов роботи м'ясоподрібнювальних інструментів. Детальніше вивчення основних елементарних складових здійснення різання сприятиме створенню та удосконаленню м'ясорізальних машин з метою підвищення довговічності і надійності обладнання для подрібнення [4].

**Мета роботи** полягає в аналітичній оцінці геометричних параметрів ріжучих лез та сил, які виникають при різанні м'яса, зокрема у вовчках, і визначенні напрямів подальшого удосконалення робочих органів подрібнювальних машин для забезпечення високої якості фаршу і показників надійності різальних інструментів.

**Методика досліджень** ґрунтується на аналітичному узагальненні знань з областей фізики твердого тіла, фізико-хімічної механіки матеріалів, теорії різання органічних і синтетичних матеріалів для оцінки впливу вагомих чинників на надійність і довговічність інструментів та енергетичні показники різання м'ясної сировини.

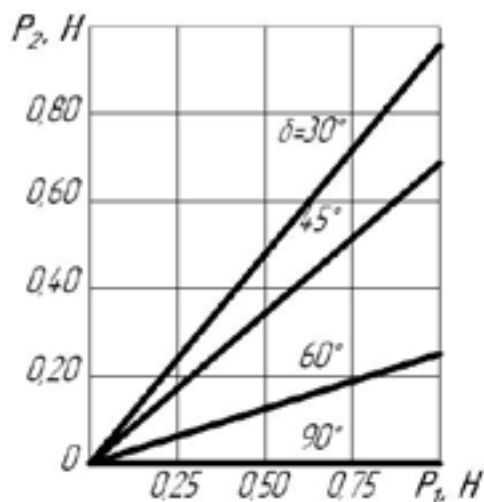
**Результати досліджень.** Розглянемо профіль ножа, розташувавши відповідно до його розташування у м'ясоподрібнювальній машині (вовчку) в момент перерізання м'яса, і визначимо сили, які діють зі сторони подрібнюваного продукту на окремі частини ножа.

Так, на його передню поверхню діє **сила зі сторони відрізаної частинки** як у напрямі руху ножа, так і перпендикулярно до нього. В результаті чого на передній поверхні леза виникає **сила тертя**. Інший вплив на поверхню леза ножа чинять **сили опору від стиснення** та **обтискування** подрібнюваним матеріалом.

Як показали експериментальні обчислення, із збільшенням кута заточки **сила обтискування** падає, але водночас **збільшується сила стиснення** обернено пропорційно силі обтискування.

Якщо умовно прийняти силу стиснення за одиницю, а коефіцієнт тертя м'яса по сталі 0,15 [5], то відношення сили стиснення і обтискування при різних кутах заточки леза буде виглядати так (рис. 1).

Вочевидь сила обтискування залежить від



**Рис. 1. Залежність сили обтискування P2 і сили стиснення P1 від кута загострення леза**

кута заточки і з ростом кута заточки вона падає.

Така залежність дає підстави припустити, що ножі з великим кутом заточки будуть, в основному, зношуватися за передньою поверхнею за рахунок сили стиснення. Таким чином, з урахуванням того, що сила обтискування завжди менша сили стиснення, можна стверджувати, що **ножі з меншими кутами заточки будуть зношуватися повільніше.**

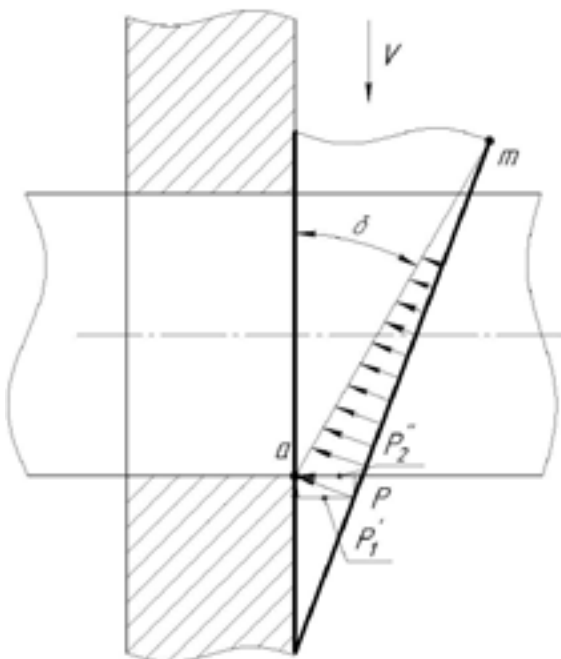
Із самого характеру взаємодії передньої поверхні ножа з подрібнюваним матеріалом випливає, що тиск, який діє з його сторони не може бути розподіленим по поверхні леза рівномірно (рис.2).

Закономірність його зміни нам невідома. Але можна припустити, що переважаючий розподіл тиску здійснюється по передній поверхні, оскільки найбільший знос ножа, зазвичай, буває близько до його ріжучою крайкою (рис.2).

$$P_2 = P_0 \cdot l_n \cdot \sin^2 \delta \cdot \left( \frac{1 - f \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta + f} \right), \quad (1)$$

$$P_1 = \frac{P_2}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \delta} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \cdot x \cdot \sin 2\delta}{\frac{\operatorname{tg} \delta + f}{\operatorname{tg} \delta + f}} = \frac{\frac{1}{2} p_0 \cdot l_n \sin 2\delta \cdot (\operatorname{tg} \delta + f)}{1 - \operatorname{tg} \delta} =$$

$$= \frac{1}{2} p_0 \cdot l_n \cdot \sin 2\delta \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \delta + f}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \delta} \right) \quad (2)$$

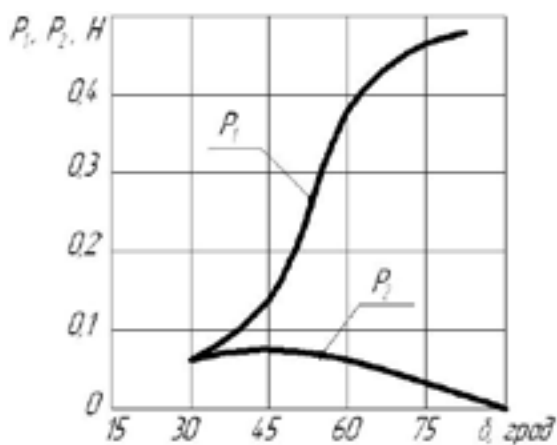


**Рис. 2. Розподіл тиску по передній поверхні ножа**

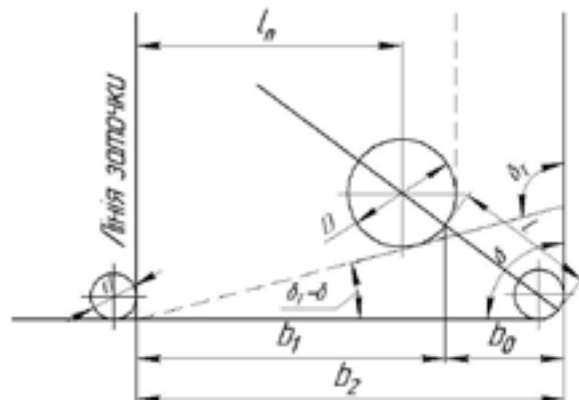
Формули (1) і (2) дають змогу визначити величини **стискаючих і обтискуючих сил**, які діють на передню поверхню ножа залежно від кута заточки і товщини ріжучого окрайка.

Сили  $P_1$  і  $P_2$  чинять вплив на передню поверхню у двох взаємно перпендикулярних напрямках і від їх величини залежить знос передньої поверхні ножа. Тому, з метою зменшення сил, які діють на передню поверхню згідно з формулами (1) і (2), необхідно зменшити кут заточки або збільшити опір спрацюванню передньої поверхні завдяки нанесенню на неї зносостійких покриттів.

У результаті вимірювань геометричних параме-



**Рис. 3. Залежність сили стискання  $P_1$  і обтискування  $P_2$  від кута заточки леза з урахуванням руйнуючих напружень і радіуса заокруглення леза**



**Рис. 4. Схема затуплення леза і зменшення ножа по ширині при експлуатації і переточках**

трів зношених серійних ножів вовчків визначена величина площадки  $I_n$  ( $I_n = 2,67r + 0,061$ ). Тоді формули для визначення сил  $P_1$  і  $P_2$  приймуть вигляд:

$$P_1 = \frac{1}{2} p_0 \cdot (2,67 \rho + 0,061) \cdot \sin 2\delta \cdot \left( \frac{f + \operatorname{tg} \delta}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \delta} \right) \quad (3)$$

$$P_2 = p_0 \cdot (2,67 \rho + 0,061) \cdot \sin^2 \delta \cdot \left( \frac{1 - f \cdot \operatorname{tg} \delta}{f + \operatorname{tg} \delta} \right) \quad (4)$$

Якщо прийняти межу міцності на стискання м'яса  $95 \times 10^{-3} \text{ Н/мм}^2$ , а коефіцієнт його тертя по сталі 0,15 [6], то сили стискання і обтискування, які діють на передню поверхню залежності від радіуса заокруглення леза і кута заточки, будуть мати вигляд, поданий на рис. 3.

Сила стискання зі збільшенням кута заточки росте і, при куті  $90^\circ$ , досягає максимального значення, а сила обтискування передньої поверхні продуктом зменшується і досягає нульового значення при куті заточки близькому до  $90^\circ$ .

Таким чином, при довільних значеннях кутів заточки, на передню поверхню діють сили стискання і обтискування в різній мірі. При цьому передня поверхня постійно знаходиться під впливом сил нормального тиску і тертя і, завдяки зміні кута заточки, досягнути самозаточування леза неможливо. Єдине розв'язання проблеми підвищення терміну служби ножів – зміцнення передньої поверхні леза зносостійким матеріалом.

Враховуючи механізм взаємодії поверхні ріжучого окрайка леза з подрібненим продуктом, **нами запропонована схема урахування зміни його геометричних параметрів в процесі роботи і при заточці**, що зображена на рис. 4.

З використанням схеми затуплення зменшення ширини передньої поверхні леза по діагоналі між заточками зі збільшенням товщини ріжучого окрайка від початкової  $d$  до граничної  $D$  величини, визначається за формулою:



$$L = C \cdot (D - d), \quad (5)$$

де  $C$  – коефіцієнт, який показує відносне зменшення ножа по ширині при зміні товщини ріжучого окрайка від  $d$  до  $D$ .

З іншої сторони, зменшення ширини передньої поверхні леза по діагоналі може бути виражене залежністю

$$L = b_0 / \cos \frac{\delta}{2}, \quad (6)$$

де  $b_0$  – зменшення стрічки леза при експлуатації;  $\delta$  – кут заточки ріжучого окрайка нового ножа.

Підставивши значення  $L$  із формули (5) в (6) отримаємо

$$b_0 = C \cdot \cos \frac{\delta}{2} \cdot (D - d) \quad (7)$$

Формула (7) характеризує зменшення ширини передньої поверхні леза при експлуатації між переточками.

Збільшення товщини ріжучого окрайка супроводжується змінами кута заточки. На передній поверхні утворюється зношена площадка  $l_n$ . Зменшення розміру ножа по ширині при переточках визначається за формулою:

$$b_1 = \frac{D}{2} + l_n \cdot \cos(\delta_T - \delta), \quad (8)$$

де  $\delta_T$  – кут заточки при товщині ріжучого окрайка  $D$ .

Тоді зменшення ширини леза при експлуатації і заточці опишеться залежністю

$$b_2 = b_0 + b_1 = C \cdot \cos \frac{\delta}{2} (D - d) + \frac{D}{2} + (D - d) + \frac{D}{2} + l_n \cos(\delta_T - \delta). \quad (9)$$

Підставивши значення з отриманого раніше рівняння регресії  $l_n = 2.67 + 0.061$ , одержимо:

$$b_2 = b_0 + b_1 = C \cdot \cos \frac{\delta}{2} (D - d) + \frac{D}{2} + (2.67 + 0.061) \cdot \cos(\delta_T - \delta) \quad (10)$$

Знаючи робочу ширину зуба ножа  $b_p$  і зменшення цієї ширини при експлуатації і заточці  $b_2$ , можна знайти число переточок за повний термін служби інструмента за формулою:

$$n = \frac{b_p}{b_2} \quad (11)$$

Користуючись формулою (11) можна знайти кількість заточок за повний термін служби ножа. Визначивши річну продуктивність машини в тоннах подрібненого м'яса, можна знайти норми витрат

ножів для забезпечення виконання плану випуску продукції.

### Висновки

1. Механізм взаємодії ножів вовчків з м'ясною сировиною характеризується специфічною дією сил зі сторони продукту на передні і задні поверхні інструментів та ріжучі їх окрайки.

2. Сили, що діють на передню поверхню ножа, залежать від кута заточки леза і ширини навантаженої частини передньої поверхні. Зі збільшенням кута заточки сила стискання леза зростає, а обтискування зменшується.

3. Знос ножів супроводжується збільшенням товщини ріжучого окрайка і утворенням зношеної площадки  $l_n$  на передній поверхні, а тому збільшення їх довговічності можливе завдяки застосуванню зміцнюючих покриттів для передніх поверхонь лез.

4. Застосування розробленої схеми затуплення і відновлення лез ножів вовчків допомагає визначити потребу виробництва у різальних інструментах.

### ЛІТЕРАТУРА

1. **Клименко М.М., Віннікова Л.Г., Береза І.Г.** та ін. *Технологія м'яса і м'ясних продуктів.* – К.: Вища освіта, 2006. – 640с.
2. **Віннікова Л.Г.** *Теорія і практика переробки м'яса.* – Ізмаїл: СМНЛ, 2000. – 172 с.
3. **Сухенко В.Ю., Таран В.М., Сухенко Ю.Г.** *Застосування плазмового напилення для підвищення довговічності м'ясорізальних вовчків // Харчова промисловість. Міжвідомчий тематичний наук. зб.* – К.: УДУХТ, 2000. – вип. 45. – С. 229–234.
4. **Сухенко Ю.Г.** *Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв.* – К.: НУХТ, 2010. – 547 с.
5. *Оборудование и материалы для мясоконсервного и вспомогательного производств.* – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 438 с.
6. **Амелин Д.В.** *Новые способы восстановления и упрощения деталей машин электроконтактной наваркой.* – М.: Агропромиздат, 1987. – 150 с.

