

Література

1. Плевако, В.П. Визначення форми рефлектора для рівномірного опромінювання приймача з круговою формою перерізу [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. пр. / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, ХДУХТ, 2008. – Вип. 21. – С. 83 – 90.
2. Плевако, В.П. Фрагментований рефлектор для рівномірного опромінювання приймача з напівеліптичною формою перерізу [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харківський держ. ун-т харчування і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 266 – 275.
3. Костенко, С.М. Рефлектор для всебічного рівномірного опромінення приймача напівеліптичного перерізу [Текст] // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харківський держ. ун-т харчування і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2009. – Вип. 1 (9). – С. 261 – 267.
4. Плевако, В.П. Геометричні аспекти доречності розрахунків теплотехнічних систем у пласкій постановці [Текст] / Плевако В.П., Сасенко С.Ю. // Прикладна геометрія та інженерна графіка / К.: КНУБА, 2008. – Вип. 80. – С. 264 – 269.
5. Плевако, В.П. Визначення форми відбивача ІЧ установки з урахуванням випромінювання частини енергії в довкілля [Текст] / Плевако В.П., Сасенко С.Ю. // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. пр. / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, ХДУХТ, 2004. – № 6. – С. 28 – 32.
6. Плевако, В.П. Визначення форм рефлекторів теплотехнічних установок [Текст] / Плевако В.П., Педорич І.П. // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. / Голов. ред. О.О. Шубін; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського – 2009. – Вип. 22. – С. 273 – 281.

УДК 664.013

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПОДРІБНЕННІ М'ЯСА У КУТЕРІ

Закалов О., канд. техн. наук; Мазяк З., докт. техн. наук; Бортник А.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У статті проведено аналіз енергоспоживання кутера при подрібненні м'яса робочими органами з різними формами різучої кромки. Виявлено переваги та недоліки процесу подрібнення з використанням таких ножів. Запропоновано заходи щодо зменшення енергоспоживання подрібнювачів м'яса.

In the article the analysis of energy consumption of cutter is conducted at grinding down of meat by workings organs with the different forms of cutting edge. Found out advantages and lacks of process of grinding down with the use of such knives. Measures are offered on diminishing of energy consumption of grindings down of meat.

Ключові слова: ножі кутера, м'ясна сировина, фарш, робочі органи, подрібнення, різання.

Умовні позначення:

a – постійна величина;

ϕ – кут повороту променя;

v_n – нормальна складова швидкості різання в розглядуваній точці;

v_t – тангенціальна складова швидкості різання в розглядуваній точці;

ω – кутова швидкість обертання робочого органу;

k – параметр;

ψ – кут між променем і дотичною до кривої в розглядуваній точці;

δ_0 – кут ковзання леза;

ρ_{\min} – початковий радіус-вектор променя;

z – кількість ножів;

P_n – нормальна складова сили різання;

P_t – тангенціальна складова сили різання;

η , η_1 – коефіцієнти втрат при передачі крутного моменту;

P_1 – сила, яка виникає при розділенні матеріалу;

P_2 – сила, яка виникає при проникненні ножа у матеріал;

P_3 , P_4 – сили тертя та адгезії, які виникають на різучій поверхні і паралельних площинах ножа;

σ_{\max} – максимальне напруження зсуву для фаршу;

β – кут загострення леза;

f – коефіцієнт тертя для фаршу та ножа;

S – площа бічної поверхні розглядуваного сектора ножа (обмежена між променями та спіраллю леза);

A – адгезій на здатність фаршу.

Постановка проблеми. В даний час на м'ясопереробних підприємствах фарш подрібнюють переважно в кутерах. Тонкоподрібнений фарш є основною складовою для виготовлення більшості варених ковбасних виробів.

У кутерах фарш подрібнюється багатоножовими кутерними головками. При цьому якість фаршу залежить від [1]: ступені загострення ножів, зазору між ножами і чашею кутера, коефіцієнта завантаження чаші, кількості доданої у чашу води, ступені подрібнення фаршу при попередній обробці, кількості обертів кутерної головки, кількості обертів чаші, кількості ножів у кутерній головці.

Варто додати, що якість фаршу, тривалість подрібнення та енергоспоживання досить суттєво залежать від конструкції самих ножів, а саме від таких конструктивних особливостей: товщина леза ножа, чистота поверхні ножа, вид різальної кромки та їх кількість, площа бічної поверхні ножа [2].

Мало дослідженою на сьогодні є можливість зменшення енергоспоживання ножових подрібнювачів за рахунок оптимізації форми ріжучої кромки леза робочого органу та зменшення площі контакту бічної поверхні ножа з фаршем. Тому актуальним питанням на сьогодні є пошук шляхів зменшення енергоємності процесу кутерування та покращення якості фаршу. Питання енерго- та ресурсозбереження для економіки України в даний час і на найближчу перспективу будуть актуальними.

Аналіз останніх результатів досліджень. Врахування всіх факторів, які впливають на енерговитрати під час різання, має вирішальне значення при розробці конструкцій робочих органів технологічного обладнання для подрібнення м'ясної сировини. Вирішення поставлених завдань можливе на основі ретельного вивчення суті процесів, що відбуваються під час подрібнення м'яса. Питанням подрібнення м'яса присвячені роботи О.І.Пелєєва, А.А.Іванова, Т.В.Чижікової, М.М.Кліменка, А.В.Горбатова, А.М. Познишева, Дуди А.Н. [2, 3, 4] та ін. Проблеми зменшення енергоспоживання присвячені також роботи [5, 6, 7]. Однак, як показує практика, процеси подрібнення м'ясної сировини досліджені не достатньо.

Метою даної роботи є встановлення закономірностей впливу форми леза ножа на енергоспоживання кутера.

Матеріали і результати дослідження. Умови деформації м'ясної сировини, що відповідають необхідній якості подрібнення, визначають вимоги до конструктивних та геометричних параметрів різального інструменту. Відомо, що на ефективність різання впливає його кінематика, яка визначається швидкостями руху точок леза. Деформація м'яса при різанні залежить від кута загострення ріжучої частини інструменту, від кінематичних та динамічних характеристик системи машина – інструмент – матеріал, що впливають на ефективність подрібнення, оскільки вони обумовлюють витрати енергії на тертя і пластичні деформації [4].

Для теоретичного дослідження процесу подрібнення використано ножі з формою леза виконаною по спіралі Архімеда, логарифмічній спіралі та евольвенті кола. Площу бічної поверхні ножів зменшено [5].

Ріжучі робочі органи мають серпоподібну форму у вигляді спіралі Архімеда, логарифмічної спіралі або евольвенти кола з ріжучою кромкою, загостреною під кутом 16° [4]. На бічній поверхні ножа з виконано профільний отвір.

На рис. 1 (а, б, в) побудовано ріжучі кромки відповідно: у формі спіраль Архімеда, логарифмічна спіраль, евольвента кола.

Робоча частина ріжучої кромки для спіралі Архімеда починається з кута повороту променя $\phi = \frac{\pi}{8}$ і закінчується на $\phi = \frac{7\pi}{16}$. Також, змінюється величина відрізка ρ . Для логарифмічної спіралі ці межі становлять від $\phi = 0$ до $\phi = \frac{7\pi}{8}$ і для евольвенти відповідно від $\phi = 0$ до $\phi = \frac{11\pi}{16}$.

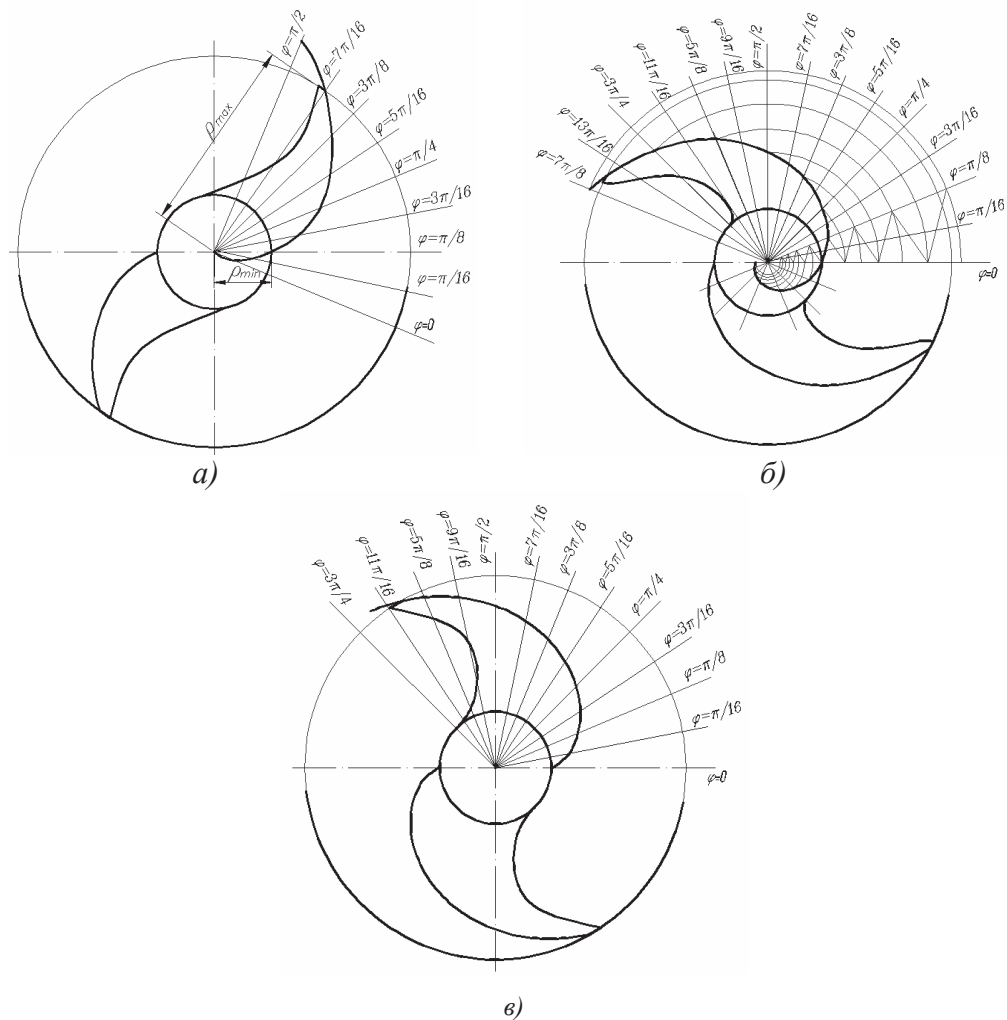
Дані у математичну модель підставляємо для робочих органів, попередньо досліджених в подрібнювачі [6]. Підставляючи дані з рис. 2 отримано графіки залежності, представлені на рис. 3 і 4.

Для вказаного ножа з лезом, побудованим по кривих рис. 1, проведено розрахунок розподілу сили та потужності по поверхні за приведеною математичною моделлю та побудовано графіки зміни цих показників по ріжучій кромці та бічних поверхнях.

Як бачимо, логарифмічна спіраль має найбільшу довжину ріжучої кромки. Далі за нею йдуть евольвента та спіраль Архімеда. Відповідно до цього і розподіл навантажень по ріжучій кромці аналогічний, тобто найбільші силові фактори виникають на поверхнях ножа з лезом у формі

логарифмічної спіралі, а найменші – з лезом у формі спіралі Архімеда. Розподіл силових факторів по евольвенті займає середнє місце на вказаних графіках.

Отже, з точки зору енергозбереження відповідь однозначна. Найбільше енергоспоживання буде у кутера з робочими органами, ріжуча кромка яких виконана по логарифмічній спіралі; трохи менше – для кутера з евольвентними робочими органами; найменше – для подрібнювача з ножами, ріжуча кромка яких виконана по спіралі Архімеда.



а) спіраль Архімеда; б) логарифмічна спіраль; в) евольвента кола.

Рис. 1 – Форма ріжучої кромки ножа

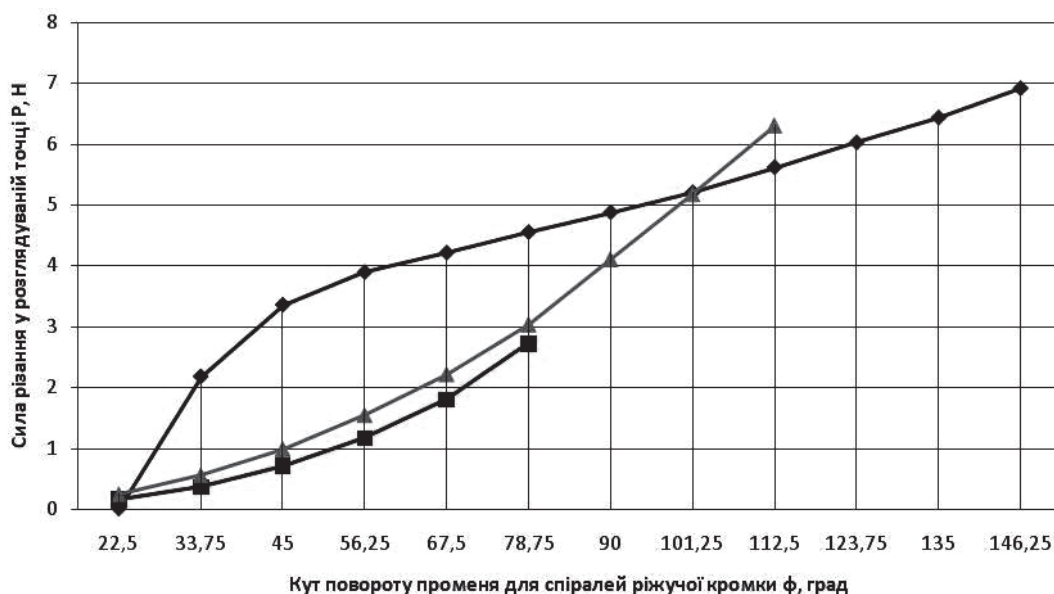


Рис. 2. – Розподіл зусилля різання по довжині ріжучої кромки, побудованої по спіралі Архімеда (■), логарифмічній спіралі (◆) та евольвенти кола (▲).

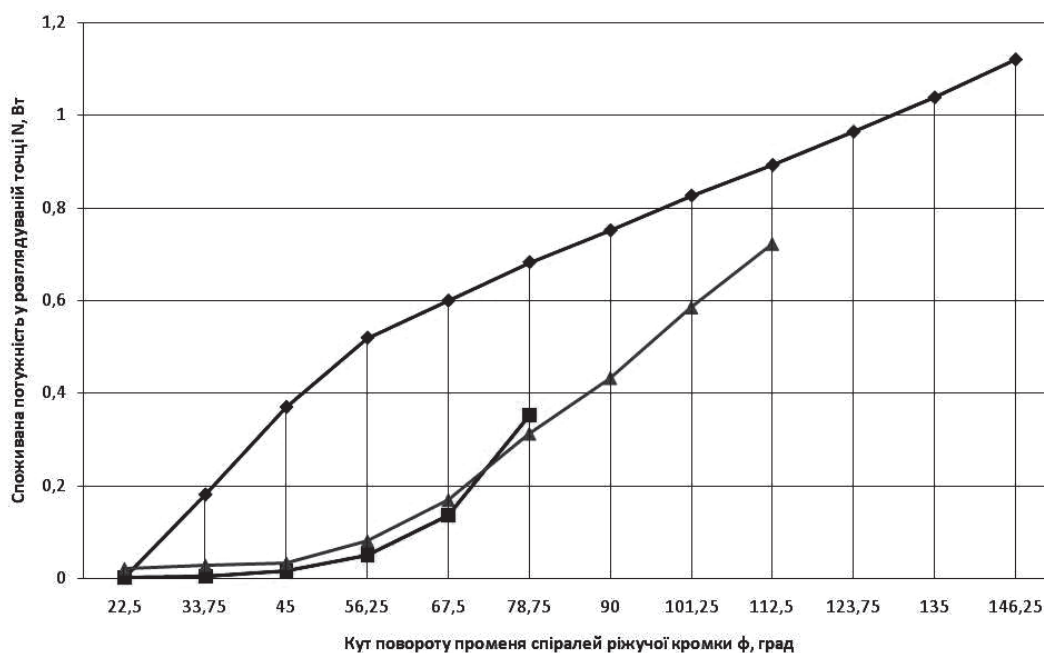


Рис. 3. – Розподіл споживаної потужності різання по довжині ріжучої кромки, побудованої по спіралі Архімеда (■), логарифмічній спіралі (◆) та евольвенти кола (▲).

Відомо, що сировина для подрібнення може бути різної якості і, відповідно до сорту, містити у своєму складі крім м'язової тканини ту чи іншу кількість сполучної та хрящової тканини, жиру, шкіри і навіть кісток. Зокрема, досвід експлуатації показав, що застосування ножів з формою леза у вигляді спіралі Архімеда та евольвенти доцільне при подрібненні м'яса з низьким вмістом сполучної та хрящової тканини, а використання ножів з формою леза у вигляді логарифмічної спіралі – для подрібнення м'яса з високим вмістом сполучної тканини.

Встановлено [5], що мінімальна необхідна робота на різання затрачається, якщо ножі прямі і кут між дотичною до кола та лезом 90° , тобто різання рубаюче без тангенціальної складової. Теоретично таке різання є найбільш економічно вигідним, однак на практиці воно дає хороший результат лише при подрібненні м'яса I сорту (майже без вмісту сполучної тканини) і лише при стовідсотковому загостренні леза. Незначне затуплення ріжучої кромки (яке відбувається вже через декілька хвилин кутерування)

одразу ж погіршує якість подрібнення і підвищує енергоспоживання. Відповідно, подрібнення м'яса з деяким вмістом сполучної тканини при незначному затупленні ріжучої кромки є проблематичним для цих ножів, тому різання такими ножами у кутерах практично не застосовують.

Все ж сировина для ковбасного виробництва є неоднорідною у своєму складі і вимагає наявності значної тангенціальної складової сили різання, що можливо при значному нахилі лека ножа чи застосуванні математичних кривих.

Найкращими у співвідношенні якості та енергоспоживання є ножі, у яких ріжуча кромка поєднана з спіраллю Архімеда та логарифмічної спіралі [7]. Таке поєднання покращує якість продукції та зменшує силові фактори, які діють на ніж. Для зменшення металомісткості ніж виконується із зменшеною площею бічної поверхні пластини. Це рішення значно зменшує сили тертя, що діють на ніж у процесі подрібнення, внаслідок чого зменшується зношування ножа, значно знижується нагрівання фаршу, покращуються техніко-економічні показники машини в цілому.

На дані конструкції ножів оформлено деклараційні патенти на корисну модель [8, 9]. Перевагою запропонованих ножів є не тільки їх універсальність, але й значне зменшення енергоспоживання машини та скорочення тривалості кутерування. Таким чином, при подрібненні у кутерах м'ясосировини різних сортів необхідний індивідуальний підхід до вибору ріжучого інструмента. Це може дати суттєву економію електроенергії і робочого часу на м'ясопереробних підприємствах, скоротити виробничі втрати і зменшити собівартість готової продукції.

Висновки

На основі дослідження та аналізу розподілу силових факторів по поверхні ножа встановлено, що найменші сили різання виникають на поверхнях робочих органів з лезом, виконаним по спіралі Архімеда. Відповідно для ножів з лезом у формі евольвенти та логарифмічної спіралі ці сили зростають. При цьому зростає і енергоспоживання подрібнювача. Зі сторони якості подрібнення на основі проведених досліджень [6] спостерігається протилежна картина. Отже для забезпечення оптимальної якості подрібнення та невисокого енергоспоживання рекомендується використовувати ножі з лезом, яке виконане поєднанням двох і більше математичних кривих [8, 9] або ж постійно підбирати та замінювати ножі у відповідності до складу подрібнюваної сировини.

В перспективі, планується подальше дослідження процесів, що відбуваються під час подрібнення м'ясної сировини з внесенням відповідних коректив у математичну модель для найбільш адекватного їх висвітлення.

Література

1. Топаж Х.И. Модернизация куттера ЯЗ-ФКШ / Х.И. Топаж // Мясная индустрия. — 2003. — №8 — С. 33.
2. Пелеев И.О. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / И.О. Пелеев — М.: Пищевая промышленность, 1971. — 519 с.
3. Иванов В.И. Новые режущие устройства куттеров / В.И. Иванов [и др.]. — М.: Колос, 1986.
4. Клименко М. М. Технологическое оборудование для тонкого измельчения мяса / М. М. Клименко, А.В. Горбатов. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 236 с.
5. Закалов О.В. Універсальний енергозберігаючий ніж для кутерів періодичної дії / О.В. Закалов, А.І. Бортник // Журнал Вісн. ТДТУ 2004. — №1.
6. Закалов О.В. Дослідження процесу подрібнення м'яса у ножовому подрібнювачі періодичної дії / О.В. Закалов, А.І. Бортник // Журнал Вісник СНУ ім. В. Даля. — Луганськ: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2008.
7. Закалов О.В. Оптимізація форми і розмірів кутерних ножів з метою підвищення їх довговічності та зменшення енергоспоживання / О.В. Закалов, А.І. Бортник // Збірник наукових праць «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». — Харків: Харківський державний університет харчування і торгівлі, 2008.
8. Декларац. пат. Корисна модель «Ніж для кутера» / Закалов О.В., Бортник А.І. Циць В.М. — №20041210970 кл. В02С18/20 від 05.03.2005.
9. Декларац. пат. Корисна модель «Ніж для кутера» / Закалов О.В., Бортник А.І. — №27741 кл. В02С18/20 від 12.11.2007.