

Одеська державна академія харчових технологій

БАНДУРА  
ВАЛЕНТИНА МИКОЛАЇВНА

УДК 664. 013. 628. 33

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ  
М'ЯСА ПТИЦІ

Спеціальність 05. 18. 12 – процеси та апарати  
харчових виробництв

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса – 2000

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому державному сільськогосподарському інституті Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник:	кандидат технічних наук, професор Середа Леонід Павлович, Вінницький державний сільськогосподарський інститут, ректор.
Офіційні опоненти:	доктор технічних наук, професор Гладушняк Олександр Карпович, Одеська державна академія харчових технологій, завідувач кафедри технологічного обладнання харчових виробництв; доктор технічних наук, професор Дударев Іван Романович, Одеський державний сільськогосподарський інститут, завідувач кафедри механізації та автоматизації сільськогосподарського виробництва.
Провідна установа:	Національний аграрний університет, кафедра механізації переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, Міністерства аграрної політики України, м.Київ.

Захист відбудеться 23 червня 2000 р. о 10-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41. 088. 01 при Одеській державній академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської державної академії харчових технологій (65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112).

Автореферат розісланий 20 травня 2000 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради, д.т.н.

Моргун В.О.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У харчовій промисловості при переробці птиці, а особливо при виготовленні консервів з тушок, широко застосовують операції різання. Даний процес значною мірою впливає на рівень енергетичних втрат всього виробництва та на якість готової продукції. Основними робочими органами різальних машин є ножі, від призначення яких залежить весь технологічний процес подрібнення.

Досвід експлуатації робочих органів машин, що використовуються для подрібнення м'ясної та м'ясокісткової сировини, свідчить, що з цілого ряду причин при великих потенціальних можливостях техніко-економічні показники різання не відповідають сучасним вимогам, тому що ефективність використання залежить від багатьох факторів: рівня організації виробництва; рівня технологічної підготовки сировини; технічного стану машин, характеристики робочих органів.

З позиції ресурсозбереження, дані процеси досліджені недостатньо, особливо при подрібненні м'ясокісткової сировини. Враховуючи той факт, що на м'ясопереробних підприємствах використовуються робочі механізми, які були досліджені при подрібненні в основному м'ясної сировини, то використання їх для подрібнення м'ясо-кісткової сировини призводить до великих експлуатаційних витрат, швидкого затуплення робочих частин, до нерівномірних режимів роботи машин. Ці недоліки призводять до нераціонального використання енергії, яка витрачається на подрібнення тушок птиці, зниження якості готової продукції та ускладнює обслуговування даних машин. Питання ресурсозбереження для економіки України в даний час і на найближчу перспективу підлягають вирішенню.

Виходячи зі сказаного, постановка наукового дослідження процесу подрібнення м'яса птиці на основі поєднання процесу різання м'ясної та кісткової сировини одночасно з дотриманням якісних показників продукту є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в межах плану науково-дослідницьких робіт кафедри автоматизації та комплексної механізації технологічних процесів Вінницького державного сільськогосподарського інституту на 1995...2000 рр., а також за договором між ВДСГІ і СВАТ "Птахокомбінат Тульчинський".

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні ефективності процесів подрібнення м'яса птиці шляхом інтенсифікації процесу, а також обґрунтуванні режимів подрібнення м'ясо-кісткової сировини для отримання якісного зрізу продукту.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі задачі:

- аналітично обґрунтувати геометричні параметри робочих органів машин для подрібнення м'ясо-кісткової сировини;
- дослідити закономірності механіки процесу подрібнення тушок птиці;
- визначити раціональні режими подрібнення для забезпечення зменшення енерговитрат;
- встановити закономірність впливу конструктивних та технологічних параметрів на процес подрібнення м'ясо-кісткової сировини;
- розробити практичні рекомендації для створення енергозберігаючого технологічного процесу подрібнення тушок птиці та зробити виробничу перевірку результатів досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтовано вимоги до підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення тушок птиці. Запропонована та теоретично обґрунтована математична модель, яка описує процес подрібнення з врахуванням структурно-механічних властивостей матеріалу, що подрібнюється. Встановлено закономірність впливу конструктивних та технологічних параметрів робочих органів машини на процес подрібнення, обґрунтовані оптимальні їх величини для раціонального режиму. Вперше досліджено механіку процесу подрібнення тушок птиці та виявлено вплив факторів процесу на стійкість робочого

органу. Визначено емпіричні залежності сил різання і тертя, в яких враховано кут загострення ріжучого інструменту, швидкість різання, температуру продукту, а також вперше встановлено кількісні значення коефіцієнтів тертя м'ясо-кісткової сировини по поверхні ріжучого інструменту, які дозволяють оптимізувати параметри процесу подрібнення тушок птиці.

Практичне значення одержаних результатів. Отримано експериментальні дані, необхідні для розробки дослідницько-промислових зразків машин при подрібненні тушок птиці. Створено методику визначення оптимальних режимів роботи машин. Розроблено практичні рекомендації щодо енергозберігаючих режимів процесу подрібнення м'ясо-кісткової сировини. Отримано експериментальні дані, необхідні для проектування та розрахунку робочих органів машин. На основі проведених досліджень розроблено конструкцію нової машини. Виробничі дослідження дослідницько-промислового зразка показали, що він на відміну від існуючих машин, що застосувались для подрібнення тушок птиці, забезпечує більш вирівнений гранулометричний склад продукту і знижує енергомісткість процесу подрібнення. Розроблена конструкторська документація та дослідницько-промисловий зразок дискової м'ясорізальної машини впроваджені в господарствах СВАТ "Писарівське", та СВАТ "Птахокомбінат Тульчинський", які вирощують та переробляють птицю. Матеріали використані при виданні навчального посібника "Технологія переробки птиці" для студентів сільськогосподарських вузів.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі літературних джерел та в узагальненні промислового досвіду експлуатації обладнання технологічних ліній; формулюванні завдань досліджень, складанні та аналізі теоретичних моделей; постановці та проведенні експериментальних досліджень; обробці отриманих результатів; формулюванні висновків та пропозицій.

На стадії впровадження результатів у виробництво дисертант приймав безпосередню участь у розробці конструкторської документації та здійснював авторський нагляд за виготовленням і промисловими впровадженнями дослідницько-промислових зразків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на наукових конференціях Вінницького державного сільськогосподарського інституту, міжнародних конференціях (1992...1998 рр), опубліковано в тезах та збірниках праць цих конференцій, а також наукових семінарах кафедр сільськогосподарських машин та автоматизації і комплексної механізації технологічних процесів ВДСГІ (1995...2000 рр).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 11 роботах, в тому числі у одному навчальному посібнику; у 10-х статтях, з яких 6 у наукових журналах; 3 у збірниках наукових праць; 1 у тезах доповідей на конференції.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, бібліографій та додатків. Зміст роботи викладено на 172 сторінках, включаючи: 42 рисунки (24 стор.), 42 таблиці (16 стор.), 3 додатків (5 стор.). Список використаних бібліографічних джерел включає 151 найменування (11 стор.).

#### Основний зміст роботи

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, наведена загальна характеристика роботи, сформульовані мета та задачі дослідження, викладені основні теоретичні та експериментальні результати, що мають бути винесені до захисту, позначена їхня наукова новизна та практична цінність.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел та узагальнено досвід промисловості. Проаналізована актуальність розробок в сфері виробництва продуктів харчування для людини. Відмічено, що м'ясо курей є високопоживним продуктом, який володіє дієтичними властивостями і є джерелом білків, що засвоюються організмом людини на 96...98% та значно поліпшують засвоєння білків рослинного походження. М'ясо та м'ясопродукти птиці мають складну структуру. Білки м'яса за своєю будовою є природними полімерами, структурно нестабільними. Фізико-механічні властивості м'ясопродуктів птиці залежать від віку, статі,

виду птиці та багатьох інших факторів.

Відмічено, що процес подрібнення тушок птиці тісно пов'язаний з механікою руйнування тіл, при якому утворюються нові поверхні під дією на них зовнішніх сил або внутрішніх напруг. Руйнування м'яса птиці, при виготовленні харчових продуктів, здійснюють, в основному, подрібненням тушок птиці методом різання.

Зусилля різання визначається властивостями матеріалу, що розрізається, параметрами ріжучого інструменту, умовами та режимами різання.

На енерговитрати, в процесі різання тушок птиці, впливають такі фактори: товщина леза, глибина його занурення, чистота поверхні ножа, кут загострення, швидкість різання та фізико-механічні властивості продукту, що розрізається. Правильний облік всіх факторів, які впливають на енерговитрати при різанні, має вирішальне значення при розробці конструкцій різальних машин. У зв'язку з цим подальше удосконалення методів розрахунку і методів оптимізації є актуальним.

Другий розділ присвячений теоретичному дослідженню факторів, що впливають на процес подрібнення м'ясосировини.

Умови деформації м'ясокісткової сировини, що відповідають необхідній якості подрібнення, визначають вимоги до конструктивних та геометричних параметрів ріжучого інструменту. 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. Тертя призводить до небажаних явищ – нагріву сировини, яка може мати в декілька разів більшу температуру денатурації білків. З тертям пов'язане і явище пластичної деформації.

Відмічено, що в процесі подрібнення ріжучий інструмент змінює свою мікрогеометрію – затупляється. Основними вимогами до ріжучого органу є збереження гостроти його ріжучої частини протягом найбільш тривалого часу. Інструмент повинен мати велику жорсткість та високу зносостійкість. Основними методами підвищення зносостійкості ріжучих ножів є їхнє термічне зміцнення.

Вирішення поставлених питань можливе на основі ретельного вивчення процесів, що відбуваються під час подрібнення тушок птиці. В сучасних дослідженнях знаходять застосування аналітичні та експериментальні методи, які є складовою частиною теоретичної механіки, теорії різання, теорії механізмів і машин, динаміки машин, математичної статистики тощо. Питанням подрібнення м'яса присвячені роботи А.В.Горбатова, А.А.Іванова, М.М.Кліменка, О.І.Пелєєва, А.М.Познишева, Т.В.Чіжікової та ін.

Проте відмічено, що механіка процесів різання м'ясокісткової сировини птиці практично не досліджувалась. У джерелах подано лише поодинокі, суперечливого змісту, відомості про оптимізацію даного процесу.

У підсумку аналітичного огляду сформульовано основні напрямки досліджень, що витікають із мети дисертаційної роботи.

У третьому розділі викладено теоретичні основи вільного різання м'ясокісткової сировини птиці. При температурі м'яса вище 273°К матриця сировини є специфічна армована рідиноподібна водо- жирно- білкова система. Опір зсуву і модуль пружності її значно менший ніж у армуючих м'ясопродуктів сполучнотканинних та кісткових волокнах. З початку взаємодії ріжучого інструменту з продуктом, зовнішні сили, які діють на інструмент, створюють в зоні контакту ріжучої кромки з продуктом локальні сили великої інтенсивності. Матриця продукту, сполучнотканинний каркас, кісткова тканина, при різанні тушок птиці деформуються одночасно і ведуть себе як пружне тіло.

Волокна кісткової тканини надають м'ясопродуктам жорсткості та можливості протистояти зрізу.

Для того, щоб отримати величини зусиль руйнування м'ясопродуктів розглянута деформація одного волокна м'язової тканини.

Для визначення напруженого стану в зоні різання, використовуємо гіпотезу про м'ясопродукт, як про континуальне деформуюче середовище (континуум – ріжучий інструмент – м'ясопродукт). До цієї системи можна застосовувати закони класичних рівнянь рівноваги.

При дії леза ріжучого інструменту на м'ясопродукт, в місцях контакту росте напруга і тіло, що прилягає до зони контакту, переходить в пластичний стан. Руйнування континуальних сил в місці контакту з лезом здійснюється за рахунок пластичного відтискання матеріалу від дії зовнішніх сил. Руйнування однорідних континуальних середовищ проходить за умови перевищення напруг, які викликані, в зоні контакту, зовнішніми силами, границі міцності матеріалу, що руйнується.

З умов плоскої деформації визначається критичне зусилля руйнування:

$$\sigma_x = \frac{2Ph^2}{\pi L\rho} = \frac{2Px^2}{\pi L\rho^3}; \quad \tau_{xy} = \frac{2Phr}{\pi L\rho^3} = \frac{2PXY}{\pi L\rho^3}, \quad (1)$$

де  $P$  - критична сила руйнування, Н;  
 $x$  - глибина занурення леза, м;  
 $L$  – довжина ріжучої кромки, м;  
 $\rho$  - радіус заокруглення кромки, м;  
 $y$  - величина зсуву, м.

Якщо величина максимального тиску в зоні контакту леза з продуктом досягає границі міцності елементів, то в цих місцях спостерігається зміна міжатомних відстаней, переборення потенціальних бар'єрів хімічних в'язей і виникають направлені розриви – розріз. Отже, фізична сутність процесу вільного різання м'ясопродуктів полягає в тому, що зовнішні сили, які діють на систему, (ріжучий інструмент – продукт) викликають на ріжучій кромці зусилля взаємодії високої інтенсивності. Внаслідок цього, в зоні контакту послідовно здійснюються такі локальні процеси: орієнтування структурних елементів продукту в напрямку руху ріжучої кромки, деформування близьколежачих об'ємів, порушення міцності хімічних в'язей і сил взаємодії структурних елементів продукту і, нарешті, послідовне розривання мікро- і макрозв'язків сполучнотканинного каркасу та кісткової матриці продукту в напрямку руху робочої кромки з утворенням поверхні розрізу. При подальшому зануренні ріжучого інструменту в продукт, проходить не тільки безпосереднє руйнування структури продукту ріжучою кромкою, але і послідовне зміщення утворених поверхонь розрізу в напрямку один від одного з допомогою граней клину ріжучого інструменту.

З точки зору реології, м'ясопродукти одночасно мають в'язкі і пружні властивості, тому їх можна назвати в'язкопружними, тобто модель тіла Максвела. Ця модель складається із послідовно з'єднаних тіл Гука і Ньютона. В результаті прикладання зовнішнього навантаження, деформація тіла Максвела являє собою суму пружної і в'язкої деформацій.

Зовнішня сила в тілі Максвела витрачається на розвиток пружних деформацій і на квазів'язку текучість.

Для розробки математичної моделі процесу різання використано континуум, як фізичну модель продукту та ріжучої частини інструменту мікроскопічних розмірів. Це дозволяє застосовувати до системи, (ріжучий інструмент – м'ясопродукт) закони класичних рівнянь рівноваги.

На рис. 1 показано сили, що діють на ріжучий інструмент зі сторони м'яса.

З умови статичної рівноваги сил отримуємо залежність сили різання ( $Q$ ):

$$Q = Q_{СТР} + Q_{ТР1} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha + Q_{ТР2}, \quad (2)$$

де  $Q_{СТР} = \sigma_M \cdot L$  – сила руйнування структурних зв'язків продукту;

$Q_{TP1}=f N_1$  і  $Q_{TP2}=f N_2$  – сили тертя на гранях леза;

$\square_M$  – тимчасовий опір м'яса руйнуванню під дією леза, Н/м<sup>2</sup>;

$r$  – радіус заокруглення ріжучої кромки ножа, м;

$L$  – довжина леза різця, м;

$f$  – коефіцієнт тертя м'ясокісткової сировини;

$N_1, N_2$  – нормальні реакції м'яса на грані ножа, Н;

$\square$  – кут загострення леза ножа, град.

Таким чином:

$$Q = \square_M \square L + N_1 (\sin \square + f \cos \square) + f N_2 \quad (3)$$

Кут загострення леза ножа істотно впливає на процес вільного різання м'ясопродуктів. Із збільшенням кута загострення для ножів постійної товщини, збільшується радіус заокруглення ріжучої кромки та швидкість деформування продукту боковими гранями ріжучої частини ножа. Із збільшенням кута загострення леза, збільшується витрата енергії на різання.

У четвертому розділі наведено методику та результати експериментальних досліджень механіки процесу подрібнення м'ясокісткової сировини.

У дослідженнях, присвячених процесу подрібнення м'яса в харчовій промисловості вказується на те, що енергетичні витрати на тертя, яке супроводить різання харчової сировини, в тому числі і м'ясопродуктів, складає основну частину енергетичних затрат.

Особливістю технологічного процесу подрібнення м'ясокісткової сировини є неоднорідність структури, тому певний науковий інтерес представляє величина та походження коефіцієнта тертя такої сировини. Крім того значення коефіцієнта тертя може бути різним, якщо змінюються: матеріал поверхні ножа, шорсткість поверхні ножа, температура поверхні контакту.

Для проведення експериментів було використано м'ясо птиці (курей, качок, гусей), яке оброблялось та досліджувалось на установках по визначенню коефіцієнта тертя та сил різання.

Середнє значення коефіцієнта тертя спокою м'яса птиці по сталі з чистотою поверхні  $\sqrt[0,25]{}$  при тиску  $1 \times 10^5$  Па за даними експерименту складає  $f_a = 0,266$ . Досліджено залежність коефіцієнту тертя спокою м'яса птиці від класу чистоти поверхні ножа при тиску  $1 \times 10^5$  Па.

Чим менша висота нерівностей поверхні ножа, тим менший коефіцієнт тертя  $\sqrt[1,0]{}$ . При висоті нерівностей 1,6 мкм коефіцієнт тертя  $f_a$  складає 0,253, а при висоті 80 мкм  $f_a = 0,640$ . Досліджено залежність коефіцієнта тертя спокою від нормального тиску при шорсткості поверхні. При зростанні тиску, значення коефіцієнта тертя зменшується, так при тиску  $0,27 \times 10^5$  Па  $f_a = 0,318$ , а при тиску  $1,5 \times 10^5$  Па  $f_a = 0,258$ .

Для дослідження коефіцієнта тертя руху м'яса птиці від шорсткості поверхні ножа, була змонтована установка ідентична установці для визначення коефіцієнта тертя спокою. Дослідні зразки в цій установці терлись по поверхні диску, який обертається, а не рухається поступово в одному напрямку. Проведені досліди показують, що значення коефіцієнта тертя руху при тиску  $1,0 \times 10^5$  Па та швидкості руху 2 м/с складає при шорсткості  $\sqrt[0,25]{}$   $f_a = 0,196$ , а при шорсткості  $\sqrt[5,0]{}$   $f_a = 0,228$ , тобто зі зростанням шорсткості росте і коефіцієнт тертя руху.

Для дослідження сили тертя м'ясопродуктів птиці по сталій поверхні була розроблена експериментальна установка з використанням вимірювального блоку установки з опору матеріалів. У процесі дослідження змінювались температура від 263<sup>0</sup> до 283<sup>0</sup>К, тиск від 10 до

20 Ньютон та швидкість від 3 до 5 м/с. Сила тертя м'яса курей при зміні швидкості зменшується майже в 2 рази, те ж саме з м'ясом качок і гусей.

Сила тертя кісток курей при зміні швидкості зменшується також в 2 рази, а при зміні температури – в 1,6...1,4 рази. Те ж саме з кістками качок і гусей. Сила тертя м'яса з кістками курей при зміні швидкості зменшується також в 2 рази, а при зміні температури – в 1,2 рази. Те ж саме для м'яса з кістками качок і гусей. Сила тертя м'яса з кістками підвищується, порівняно з м'ясом без кісток, майже в 2 рази.

Проведено експерименти по виявленню закономірностей механіки процесу різання м'ясокісткової сировини. Для проведення досліджень впливу технологічних та конструктивних параметрів на сили різання тушок птиці при динамічних режимах була розроблена установка.

За основу методики досліджень сил різання при динамічних режимах користувались методикою Кліменка М.М. для подрібнення м'ясної сировини. Ефективність роботи установки для різання тушок птиці на шматки в значній мірі визначається параметрами: швидкістю руху ножів, температурою зразків, кутом загострення ножа та матеріалом зразка. Для проведення експериментів було використано м'ясо птиці: курей, качок, гусей.

Результати досліджень загального зусилля  $Q$  та його складових тангенціальної  $Q_t$  та нормальної  $Q_n$  м'яса курей від швидкості різання  $V$ , при температурі зразка  $273^\circ\text{K}$  та при куті зустрічі ножа з продуктом  $\tau=60^\circ$  наведені на рис. 2. Аналогічні дослідження проведені для тушок качок та тушок гусей. Визначено математичну залежність зусилля різання  $Q$  від швидкості різання.

Рис. 2. Залежність нормальної  $Q_n$ , тангенціальної  $Q_t$  складових та загального зусилля  $Q$  від швидкості  $V$  різання ковзанням м'яса (а), кісток (б) та м'яса з кістками (в) курей при температурі  $273^\circ\text{K}$

Аналіз експериментальних даних показує, що виходячи із точки зору мінімальних енергетичних витрат на процес різання, а також якості продукту, що подрібнюється, відсутності підгорання кісткової сировини може бути рекомендований діапазон зміни швидкості різання тушок птиці у межах 6,5...9 м/с.

Проведені дослідження по визначенню впливу кута загострення ріжучої частини робочих органів машин для різання тушок птиці на шматки. Отримані експериментальні залежності зусилля різання ковзанням  $Q$  (Н) тушок птиці від кута загострення леза ножа  $\beta$  при температурі продукту  $T=273^\circ\text{K}$ , куті зустрічі ножа з продуктом  $\tau=60^\circ$  і швидкості  $v=5$  м/с наведені на рис.3.

Для математичного описання залежності зусилля різання від кута загострення леза ножа використали програму Mathcad 8. Згідно експериментів отримано залежність:

$$Q = a + bb + cb^2, \quad (4)$$

де  $a, b, c$  – постійні коефіцієнти, значення яких наведені в табл.1;

$\beta$  – кут загострення леза, град.

$Q(\text{H})$

Рис. 3. Залежність зусилля різання ковзанням  $Q$  м'яса, кісток і м'яса з кістками курей від кута загострення ножа  $\beta$ , при швидкості  $V=5$  м/с

Враховуючи структурно-механічні характеристики тушок птиці, експлуатаційні показники і технологічні вимоги до якості та чистоти поверхні розрізу, діапазон кута загострення ріжучої кромки ножа складає  $20...26^\circ$ .

При дослідженні залежності величин зусиль різання від температури м'яса тушок птиці температура зразків змінювалась в діапазоні 268...288<sup>0</sup>К. Температура повітря в приміщенні вимірювалась термометром, а температура зразків, що досліджувались термопарою, яку встановлювали всередину розрізу зразка і приладу А-566-001.

Таблиця 1

Таблиця коефіцієнтів апроксимуючої функції  $Q = a+b\beta+c\beta^2$  залежності зусилля різання ковзанням від кута загострення леза ножа при температурі продукту  $T=273$  °К і швидкості різання  $V=5$ м/с

Вид птиці	Коефіцієнти апроксимуючої функції $Q=a+b\beta+c\beta^2$								
	м'ясо			кістка			м'ясо з кісткою		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Кури	9,905	1,213	0,041	18,838	2,277	0,078	23,324	2,813	0,096
качки	10,925	1,377	0,045	19,974	2,394	0,082	24,981	3,046	0,103
гуси	11,955	1,449	0,049	27,462	3,323	0,114	42,786	2,636	0,163

Рис. 4. Залежність зусилля різання ковзанням  $Q$  м'яса, кісток і м'яса з кістками курей від температури

Графічна залежність зусилля різання від температури зразка при постійній швидкості показана на рис. 4 для м'ясокісткової сировини курей. Аналогічні дослідження проводились для тушок качок та гусей. Визначено математичну залежність сили різання від температури продукту.

Аналізуючи результати, зроблено висновок, що з пониженням температури зразків продукту, зусилля різання зростає і навпаки.

## ВИСНОВКИ

1. Визначено, що опір різанню м'язової тканини залежить від співвідношення білків колагену та еластину та змінюється від 1,3 до 8,8 кН/м. З пониженням температури зразків продукту, зусилля різання зростає і навпаки, але при підвищенні температури до 285<sup>0</sup>К зусилля різання зростає незначно.

2. Встановлено, що за своєю деформаційною поведінкою м'ясопродукти відносяться до твердоподібних пружно-пластичних тіл – це тіло Максвела.

3. Науково обгрунтовано, що коефіцієнт тертя спокою залишається постійним, незалежно від тривалості попереднього контакту в межах часу від 25 до 60 с, при чистоті поверхні і тиску 1 МПа, а величина коефіцієнта тертя змінюється із зміною площі контакту ножа з продуктом: із площею 10 см<sup>2</sup>  $f_a = 0,362$  і з  $S = 3,0$  см<sup>2</sup>  $f = 0,386$ .

4. Досліджено, що із зростанням шорсткості поверхні ножа коефіцієнт тертя зростає, так при висоті нерівностей 1,6 мкм коефіцієнт тертя спокою  $f_a = 0,253$ , а при 80 мкм  $f_a = 0,640$ ; коефіцієнт тертя руху відповідно при 1,6 мкм  $f_a = 0,196$ , а при 20 мкм  $f_a = 0,228$ . Встановлено, що із зростанням тиску та швидкості руху ножа коефіцієнт тертя зменшується.

5. Науково обгрунтовано, що сила тертя м'яса птиці по поверхні ножа, за умови збільшення швидкості, знижується; із зростанням температури від 273<sup>0</sup>К і вище – величина сили тертя зменшується. Це відноситься до кісток птиці та м'яса з кістками.

6. Визначено, що із збільшенням швидкості зусилля різання зменшується, тому, виходячи з точки зору мінімальних енерговитрат на процес різання та якості продукту, швидкість ріжучого органу в процесі подрібнення тушок птиці повинна бути від 6,5 до 9 м/с. Встановлено, що із збільшенням кута загострення ножа зусилля різання збільшується, тому, враховуючи структурно-механічні характеристики тушок птиці, експлуатаційні показники та вимоги до якості відрізанних шматків, кут загострення повинен бути від 20 до 26°.

7. Отримані раціональні параметри робочих органів різальних машин, використані в ріжучому апараті дискової машини В-1, для подрібнення тушок птиці при виготовленні консервів “ Курка у власному соку”. та впроваджені в господарствах СВАТ “Писарівська” та СВАТ “Птахокомбінат Тульчинський”. Економічний ефект від впровадження складає 352,16 грн при виготовленні 1000 фізичних банок консервів та 2940 грн на рік відповідно по кожному господарству.

#### Перелік робіт, що опубліковані за темою дисертації

1. Бандура В. Вплив кута загострення ріжучого інструмента на зусилля різання в процесі подрібнення тушок птиці // Харчова і переробна промисловість. – 1999. -№9 – С.28 - 29.
2. Бандура В. Вплив швидкості ножів на величину сил різання //Харчова і переробна промисловість. - 1999.- №10 - С.31.
3. Власенко В.В., Серeda Л.П., Бандура В.М. Технологія переробки птиці. - Вінниця.: 1997. – 192с.
4. Серeda Л., Бандура В. Що слід врахувати при конструюванні ножів машини В-1. // Харчова і переробна промисловість. – 1998. -№1 – С.33.
5. Бандура В., Власенко В. Вплив сил тертя в процесі подрібнення сировини //Харчова і переробна промисловість. – 1998. -№4 – С.35.
6. Бандура В., Власенко В. Вплив температури на процес різання продукту //Харчова і переробна промисловість. – 1998. -№8 – С.35.
7. Серeda Л.П., Паламарчук И.П., Бандура В.Н. Особенности процесса виброрезания и машины для его реализации. //Вибрации в технике и технологиях.- 1998. - №2 – С.59 – 66.
8. Бандура В.М., Власенко В.В. Конструктивні особливості малогабаритної м'ясорізальної машини В-1 // Зб. наук. пр. Вінниця: Вінницький державний сільськогосподарський інститут. - 1996. – Вип. 3. – С. 182 – 184.
9. Власенко В.В., Бандура В.М. Якісні показники м'яса при подрібненні його різальною машиною В-1 // Зб. наук. пр. Вінниця: Вінницький державний сільськогосподарський інститут.- 1995.- Вип.2.- С.170-173.
10. Берник П.С., Паламарчук И.П., Бандура В.Н. Установка для виброрезания мясокостного сырья. -Труды III междунар. науч.-техн. конф. “Вибрации в технике и технологиях”, Евпатория, – 1998. - С. 59-63.
11. Власенко В.В., Бандура В.М., Безсмертний В.М. Органолептичні і деякі біохімічні якості м'яса після подрібнення на машині В-1 при аскаридіозній інвазії курей // Зб. наук. пр. Вінниця: Вінницький державний сільськогосподарський інститут.- 1995. – Вип.2.- С.179 – 184.

#### А Н О Т А Ц І Я

Бандура В.М. Наукове обґрунтування підвищення ефективності процесу подрібнення м'яса птиці. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та апарати харчових виробництв. – Одеська державна академія харчових технологій, Одеса, - 2000.

Дисертація містить дослідження, що спрямовані на оптимізацію загальних енергетичних показників процесу різання м'яса птиці. Визначено емпіричні залежності сил різання і тертя, які дозволяють вибрати найбільш раціонально параметри робочих органів м'ясоріжучих машин.

Теоретично запропонована залежність пластичності кісток птиці від схеми напруженого стану. Основні результати роботи впроваджені у виробництво з позитивним економічним ефектом.

Ключові слова: м'ясо птиці, різання, коефіцієнт тертя, кут загострення, швидкість, експеримент.

## А Н Н О Т А Ц И Я

Бандура В. Н. Научное обоснование повышения эффективности процесса измельчения мяса птицы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств. – Одесская государственная академия пищевых технологий, Одесса, – 2000.

Диссертация включает исследования, которые направлены на оптимизацию общих энергетических показателей процесса резания мяса птицы. Для характеристики сырьевой базы в работе изучен химический состав и калорийность мяса разных видов птицы, а также механические свойства структурных компонентов тушек птицы. Установлено, что мясо птицы и изделия из него имеют особенные вкусовые качества, а также является источником белков, которые не только хорошо усваиваются организмом человека (96... 98 %), но и значительно улучшают усвоение белков растительного происхождения, что дает возможность сбалансировать аминокислотный состав продуктов питания.

Процесс измельчения тушек птицы тесно связан с механикой разрушения тел, при котором образуются новые поверхности под действием на них внешних сил или внутренних напряжений. Научно обоснованы факторы, влияющие в процессе резания с точки зрения энергозатрат: толщина лезвия, шероховатость поверхности ножа, угол заточки, скорость резания и физико-механические свойства разрезаемого продукта.

Разработаны основы теории процесса свободного резания тушек птицы, которая заключается в том, что внешние силы, которые действуют на систему режущий инструмент – продукт, вызывают на режущей кромке усилие взаимодействия высокой интенсивности. В результате этого, в зоне контакта последовательно осуществляются такие локальные процессы: ориентация структурных элементов продукта в направлении движения режущей кромки, деформирование объемов, нарушение прочности химических и анатомических связей и сил взаимодействия структурных элементов продукта, и последовательный разрыв микро-и макросвязей соединительного каркаса и костной матрицы продукта в направлении движения рабочей кромки с образованием поверхности разреза. При дальнейшем внедрении режущего инструмента в продукт, происходит последовательное смещение образованных поверхностей разреза в направлении один к другому при помощи граней клина режущего инструмента. Теоретически предложена зависимость пластичности костей птицы от схемы напряженного состояния. Методом линий скольжения в пределах модели жестко-пластического тела рассчитано напряженно-деформированное состояние в области материала, который стыкуется с поверхностью режущего инструмента.

Установлено, что для оптимизации процесса резания необходимо уменьшить угол заточки инструмента. Окончательное значение этого угла определяется только стойкостью режущего инструмента и жесткостью его конструкции. Установлена зависимость величины силы вдавливания при резании от прочности костей птицы: курей, уток, гусей и угла заточки инструмента. Для повышения качества измельченного продукта обоснован выбор скорости резания тушек птицы.

Методами математического и экспериментального моделирования доказана корректность научных основ инженерного проектирования и технической эксплуатации на базе дисковой мясорезающей машины.

Определены эмпирические зависимости сил резания и трения, которые позволяют выбрать наиболее рациональные параметры рабочих органов мясорезающих машин.

Разработанный процесс резания апробирован и внедрен на двух птицеперерабатывающих предприятиях Украины с экономическим эффектом 2940 грн.в год и 352,16 грн. при изготовлении 1000 физических банок консервов “Курица в собственном соку”.

Ключевые слова: мясо птицы, резание, коэффициент трения, угол заточки, скорость, эксперимент.

#### SUMMARY

Bandura V.N. a Scientific substantiation of the efficiency process of the poultry meat splitting . - Manuscript.

Dissertation for the degree of the Candidate of Technical Sciences, speciality 05.18.12 - process and devices of food-processing industry. - Odessa State Academy of food technologies, Odessa, - 2000.

The dissertation includes researches, which are aimed at optimization of general power parameters of poultry meat cutting process. The empirical dependence of cutting and friction forces, which allow to choose the most rational parameters of working parts for meat cutting machines, are defined. Dependence of plasticity of poultry bones on tense condition scheme is theoretically suggested. Main results of the work have been introduced in production process and have given positive economic effect.

Key words: poultry meat, cutting friction factor, angle of blade sharpening, speed, experiment.