

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
імені МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧУВАННЯ:
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ,
ОРГАНІЗАЦІЯ І ЕКОНОМІКА**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Святогірськ, Україна

Донецьк 2009

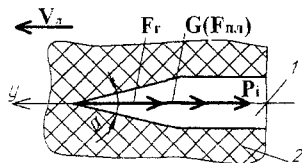
МОДЕЛЮВАННЯ РІЗАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Попит споживача на нарізану і запаковану продукцію зростає. Різання може бути основним технологічним процесом виробництва певного продукту, а також фінішною операцією, від якої залежить зовнішній вигляд готового продукту, його відповідність вимогам споживача. Розробка нових конструкцій і удосконалення існуючого різального обладнання ускладнене через відсутність теоретичних розробок і експериментальних даних, що характеризують процес різання харчових продуктів, їх структурно-механічні властивості.

Не існує методик, які дозволяли б визначити безпосередньо зусилля різання. Нами розроблено методику, яка дозволяє визначити зусилля різання в залежності від швидкості різання, конструктивних особливостей лека і структурно-механічних властивостей продукту.

Проведено моделювання різання. Розглянемо механізм процесу. Складемо диференціальне рівняння, яке описує рух лека в шарі продукту.

На лецо, що занурюється в продукт, діють сили опору (рис. 1).



1 – продукт; 2 – лецо.

Рисунок 1 – Схема сил, які діють на лецо

F_r – зусилля різання; G – зусилля тертя між боковою поверхнею лека і продуктом; $F_{адз}$ – зусилля адгезії.

$$G = C_{тр} + k_1 V = C_{тр} + k_1 \frac{dy}{dt}, \quad F_{адз} = P_{ад} S \cos(\alpha + \alpha_0) \quad (1)$$

де C – коефіцієнт, який залежить від питомого навантаження продукту на бокову поверхню ножа;

V – швидкість ковзання між продуктом і боковою поверхнею ножа;

k_l – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості ковзання на зусилля тертя;
 y – переміщення леза в продукт;
 t – час переміщення леза в продукт;
 P_{ad} – міцність адгезії, Па;
 S – площа контакту, м²;
 α – кут загострення леза;
 α_0 – характерний кут відривання.

Зусилля адгезії враховується для продуктів, які налипають на лезо.
 P_i – зусилля інерції:

$$P_i = ma = m(d^2y(t)/dt^2), \quad (3)$$

де m – приведена до леза маса рухомої частини різального механізму;
 a – прискорення леза при переміщенні його в продукт.

Складемо загальне рівняння рівноваги:

$$F_r + G + F_{nl} + P_i = 0. \quad (4)$$

Якщо міцність адгезії лінійно залежна від приведеної до одиниці площі перерізу тривалості t різання ($P_{ad} = b + at$), то розв'язок рівняння 4:

$$y(t) = V_{oy}t - \frac{1}{6} \frac{t^2 (3F_r + S \cos(\alpha + \alpha_0)(3b + at))}{m}. \quad (6)$$

Продиференціювавши його, визначимо швидкість різання:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{-2F_r t - S \cos(\alpha + \alpha_0)(2bt - at^2) + 2V_{oy}t}{2m}. \quad (7)$$

Із рівняння 7 визначаємо зусилля різання:

$$F_r = \frac{-S \cos(\alpha + \alpha_0)(2bt - at^2) + 2V_{oy}t}{2t} - \frac{m}{t} \frac{dy}{dt}. \quad (8)$$

Для нелінійної залежності міцності адгезії ($P_{ad} = Be^{bt}$):

$$m \frac{d^2y(t)}{dt^2} + F_r + Be^{bt} S \cos(\alpha + \alpha_0) = 0. \quad (9)$$

Виконавши аналогічні дії, отримаємо:

$$F_r = \frac{V_{oy} m}{t} - \frac{BS \cos(\alpha + \alpha_0)(b - be^{bt})}{tb^2} - \frac{dy m}{dt t} \quad (13)$$

Розроблено експериментальну установку, просту за конструкцією та найдіною в застосуванні, яка дозволяє за розробленою математичною моделлю визначити зусилля різання. Це маятник, на торці коромисла якого закріплено лезо. Конструкція дозволяє в широких межах змінювати швидкості V_{oy} леза dy/dt за рахунок зміни кута запуску коромисла, та визначати раціональні значення швидкості різання.

Коефіцієнти, які враховують вплив адгезії і тертя, визначаються за окремо розробленими методиками [1,2]

Доцільність застосування результатів моделювання різання підтверджена при визначенні раціональних режимів різання багатьох харчових продуктів[1]. Встановлено, що для пружньо-в'язко-пластичних матеріалів (це більшість харчових продуктів) при збільшенні швидкості леза зусилля різання зменшується за рахунок зменшення складової на деформування продукту. Як результат, при раціонально вибраних режимах різання, які визначені по описаній методиці, знижуються енерговитрати та підвищується якість різання.

Література

1. Губеня О.О. Удосконалення процесу різання хліба з врахуванням впливу його структурно-механічних властивостей: спец. 05.18.12 «Процеси та обл. харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / О.О. Губеня. – К., 2008. – 21 с.
2. Гуць В.С. Адгезія харчових продуктів в процесі пакування / В.С. Гуць, О. А. Коваль // Упаковка. – 2006. – № 2. – С. 39-41.

**Губеня О.О., канд. техн. наук, Теличкун Ю.С.,
Теличкун В.І., канд. техн. наук, доц.,
Таран В.М., д-р техн. наук, проф. (НУХТ, Київ)**