

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

---

**Ш О С Т А**  
**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА**  
**КОНФЕРЕНЦІЯ**

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
СТВОРЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ  
НОВИХ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,  
ОБЛАДНАННЯ В ГАЛУЗЯХ  
ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Матеріали конференції  
Частина I

*19-21 жовтня 1999 року*  
*Київ*

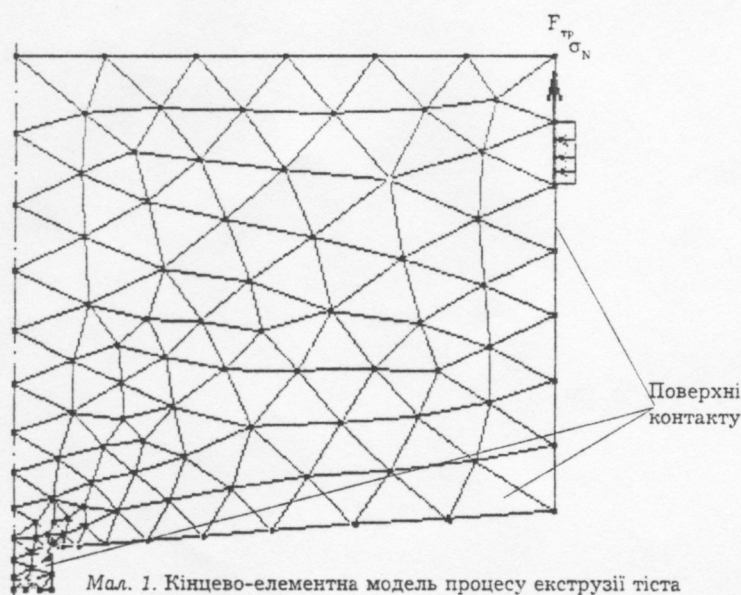
---

Київ УДУХТ 2000

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
«ПРОДУКТ-ЕКСТРУДЕР» В ПРОЦЕСАХ ПРЕСУВАННЯ ТІСТА

**О.О. Сандул, Є.В. Штефан, Ю.С. Теличкун, В.І. Теличкун**  
Український державний університет харчових технологій

Розглянемо безперервний технологічний процес отримання напівфабрикатів або готових виробів заданої форми шляхом випресовування маси через профілюючий отвір (екструзію). Такий тип формування досить поширений зараз у хлібопекарній промисловості, проте він має недостатньо розвинену теоретичну базу. Рациональні технологічні параметри та геометрія елементів екструдера переважно визначаються шляхом проведення великої кількості дослідів на фізичних моделях.



Мал. 1. Кінцево-елементна модель процесу екструзії тіста

Запропоновані теоретичні методи дослідження процесу екструзії за допомогою проекційно-сіткових методів на кінцево-елементній моделі, представленій на мал. 1. Моделювання процесу деформування тіста реалізується з допомогою розробленого обчислювального алгоритму, оснований на поетапному (кроковому) дослідженні руху маси, що формується, в нерухомій системі відліку.

Одним з важливих моментів цих розрахунків є дослідження взаємодії пари «продукт - екструдер», так як вона впливає на швидкість випресовування та якість поверхні виробів. Під час формування заготовок методом екструзії відбувається рух тіста по поверхні екструдера. Товщина шару, що прилип, залежить від якості обробки внутрішніх поверхонь агрегату, виду матеріалу, а також рецептури тіста. Використовуючи сучасні технології і методи обробки, можна уникнути явища прилипання. Ці технологічні заходи в математичній моделі можна урахувати шляхом завдання спеціальних граничних умов. Тобто на вузли (мал.1), які безпосередньо стикаються із стінками екструдера, накладаються обмеження у переміщенні тільки у напрямку нормалі до поверхні контакту. Що стосується переміщення цих вузлів у напрямку руху матеріалу, то воно залежить від сил зчеплення тіста з поверхнею екструдера, а значить від сил тертя, що виникають при цьому. Таким чином, на поверхні трикутного елемента, що дотикається до стінки, треба задавати сили тертя, відповідно закону Кулона:

$$F_{тр} = - \mu \cdot N, \quad (1)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя;  $N$  - сила по нормалі до контактної поверхні.

Сили  $N$  визначається через напруження  $\sigma_N$ , що виникають у пристінному елементі по нормалі до поверхні.

## СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

---

Розроблений алгоритм урахування сил тертя при русі тіста в загальному вигляді може складатися із слідуєчих етапів:

1. Визначити номер пристінного трикутного елемента,
2. Перевірити умову перебування цих елементів в зоні дії сил тертя.
3. Визначаємо значення напруження  $\sigma_N$  у даному елементі для попереднього кроку навантаження.
4. За формулою (1) визначаємо величину сил тертя.

Використання даної методики дозволило визначити вплив різних умов поверхневої взаємодії на кінетику процесу екструзії.

На основі аналізу порівняння даних фізичних експериментів та результатів проведених чисельних розрахунків розроблена методика визначення коефіцієнтів тертя  $\mu$  для різних умов взаємодії пари «продукт - екструдер».