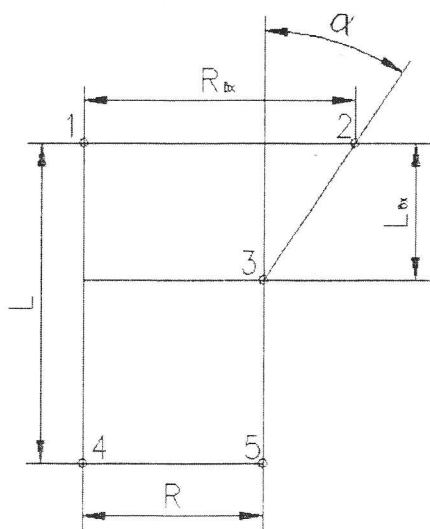


# ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ДІАМЕТРА КАНАЛУ НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ЕКСТРУЗІЇ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**В. ГНИЛОКВАС,**  
аспірант  
**О. ЧЕПЕЛЮК, Є. ШТЕФАН,**  
**В. ТЕЛИЧКУН,**  
кандидати технічних наук,  
доценти  
Національний університет  
харчових технологій  
(м. Київ)

Одним із основних напрямків розвитку харчової промисловості є інтенсифікація технологічних процесів. Екструзія є одним із перспективних способів їх інтенсифікації. Перевагами в застосуванні екструзійної техніки є суміщення декількох технологічних операцій в одній машині, можливість створення нових видів продукції,



**Рис. 1.** Схема формувального каналу матриці: 1 - центральна точка на вході в канал; 2 - присінна точка на вході в канал; 3 - присінна точка на переході; 4 - центральна точка на виході з каналу; 5 - присінна точка на виході з каналу

прискорення технологічних процесів, малі габарити екструдерів, висока ступінь автоматизації та зменшення чисельності персоналу порівняно з традиційними способами виробництва.

Розробка раціональних конструкцій обладнання і вибір оптимальних режимів переробки харчових матеріалів можуть бути проведені тільки на основі вивчення виробничих процесів з урахуванням фізико-механічних властивостей перероблюваної маси.

Важливим питанням при дослідженні процесу екструдювання вибродженого тіста є вплив геометричних параметрів формувальних елементів, зокрема профілю каналу матриці на процес екструдювання. Оптимізація профілю формувальних каналів сприяє підвищенню якості готових виробів, запобігає виникненню застійних зон, забезпечує рівномірне випресовування, по перерізу каналу зменшується опір випресовуванню, підвищується продуктивність екструдера, зменшуються енергетичні витрати. Перспективним напрямком дослідження процесу екструдювання є математичне моделювання.

Під час проведення теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що багато питань до процесу екструдювання тіста потребують більш детального вивчення. Сюди слід віднести структурно-механічні властивості тіста, їх зміну під час виброджування, геометричні параметри форму-

ючих елементів і їх вплив на процес екструдювання, а також тиск, при якому тісто виброджує та екструдюється. Детальніша інформація про вказані фактори дає змогу з достатньою точністю змодельовати процес описаним вище способом і визначити оптимальні параметри конструкції обладнання.

Одним з чинників, що впливають на процес екструдювання, є величина перерізу формуючого каналу. Нами проведено дослідження по визначенню впливу діаметра формувального каналу на процес екструдювання із застосуванням програмного пакету "PLAST", який базується на методі кінцевих елементів. При розрахунку вносили дані про геометричні розміри формуючих каналів і реологічні характеристики вибродженого тіста. Результати розрахунку отримано в числовому вигляді, а також у вигляді кольорових полів, розподілених по перерізу формувального каналу, де кожному діапазону значень досліджуваних параметрів, що досліджувались, відповідає певний колір.

Математичне моделювання екструдювання, враховуючи симетричність щодо поперечного перерізу потоку тіста проводили для половини формувального каналу матриці. При розрахунку змінним параметром виступав радіус R формувального каналу (див. рис.).

Під час обчислень з використанням ЕОМ радіус формуючого каналу змінювався від 5 до 25 мм, кут нахилу вхідної частини каналу не змінювався

30°, незмінними залишалися й інші геометричні параметри. Довжина каналу  $L = 35$  мм, довжина вхідної частини -  $L_{вх} = 15$  мм.

Розрахунки проводили з метою встановлення залежності нормальних радіальних напружень в характерних точках формувального каналу.

На рис. 2 зображено залежність нормальних напружень у визначальних точках формувального каналу. Нормальні напруження у центральній точці на вході в канал (крива 1) діють на стискування. Вони зменшуються при збільшенні радіуса формувального каналу. Аналогічна ситуація відбувається і в пристінній точці на вході в канал (крива 2). В точці переходу із конічної частини каналу в циліндричний нормальні напруження діють на стискування (крива 3) і зменшуються при збільшенні діаметра каналу.

Між радіусами каналу 10 і 15 мм нормальні напруження змінюють свій напрямок і діють на розтяг, зростаючи при збільшенні діаметра каналу. У центральній точці на виході з каналу (крива 4) зі збільшенням діаметра каналу нормальні напруження, які діють на розтяг, зменшуються, але в межах між значеннями радіусів 10 і 15 мм нормальні напруження на розтяг змінюють напрямок і діють на стиснення, а зі збільшенням діаметра вони зростають. У пристінній точці на виході з каналу (крива 5) нормальні напруження зі збільшенням діаметра зростають.

На рис. 3 зображено залежність швидкостей у визначальних точках формувального каналу від його радіуса, яка показує, що зі збільшенням радіуса каналу швидкості у визначальних точках зростають. Значення швидкостей у визначальних точках практично не змінюються при радіусі в межах від 10 до 15 мм.

Нормальні напруження мають і таке ж значення в пристінному дуже деформованому шарі, який після виходу напівфабриката з формувального каналу відіграє роль джерела розвитку розбухання. Отримані відомості про величини нормальних напружень дають змогу розраховувати на міцність елементи екструдера, що важливо при конструюванні.

Швидкість випресовування відіграє важливу роль в процесі екструдювання, оскільки вона впливає на продуктивність обладнання. З отриманих залежностей видно, що швидкість у визначальних точках збільшується зі зростанням діаметра каналу і, як наслідок, підвищується продуктивність випресовування. Із залежностей, поданих на рис. 2 і 3, можна помітити цікаву особливість: при зменшенні нормальних напружень швидкості випресовування по перерізу каналу у визначальних точках мають меншу різницю між собою, а це означає, що напівфабрикат рухається з більш рівномірною швидкістю.

Рівномірність швидкості випресовування дає змогу краще регулювати продуктивність, а також добре впливає на якість продукту, оскільки рівномірність руху продукту в формувальному елементі гарантує його якісну поверхню. Як бачимо з ри-

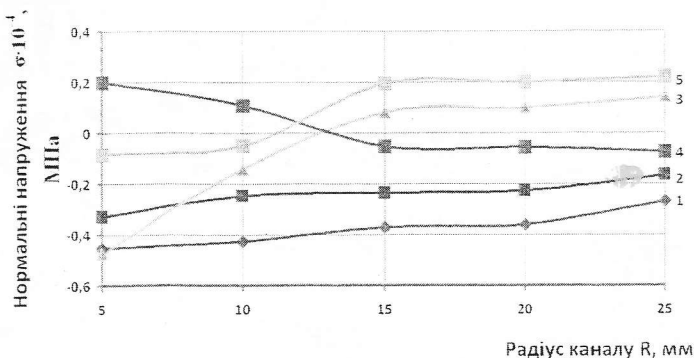


Рис. 2. Залежність нормальних напружень у визначальних точках формувального каналу від його радіусу: 1 - нормальні радіальні напруження у центральній точці на вході в канал; 2 - нормальні радіальні напруження у пристінній точці на вході в канал; 3 - нормальні радіальні напруження у пристінній точці на переході; 4 - нормальні радіальні напруження у центральній точці на виході з каналу; 5 - нормальні радіальні напруження у пристінній точці на виході з каналу

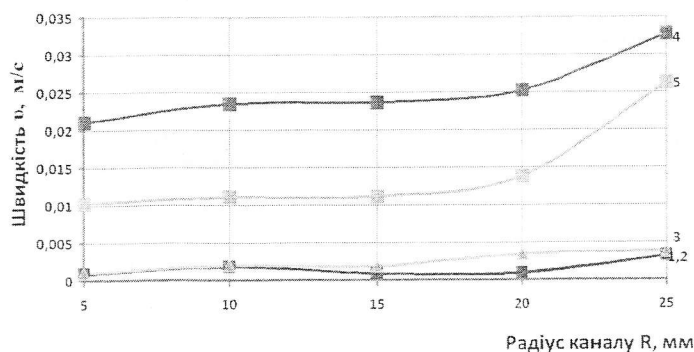


Рис. 3. Залежність швидкостей у визначальних точках формувального каналу від його радіусу: 1 - швидкості в центральній точці на вході в канал; 2 - швидкості в пристінній точці на вході в канал; 3 - швидкості в пристінній точці на переході; 4 - швидкості в центральній точці на виході з каналу; 5 - швидкості в пристінній точці на виході з каналу

сунків 2 і 3, найбільш рівномірна швидкість руху спостерігається у формувальних елементах діаметром від 30 до 40 мм.

Отже, визначення впливу геометричних параметрів заслуговує на особливу увагу, оскільки вони відіграють важливу роль в процесі екструдювання.

Використана література.

1. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. - М.: Легкая пром-сть, 1981. - 216 с.

2. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста. - М.: Пищевая пром-сть, 1976. - 247 с.

3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учеб. пособие. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987. - 600 с.