

УДК 664.653

В.П. Гнилоквас

V.Gnilokwas

В.І. Теличкун, канд. техн. наук

V. Telichkun

О.О. Чепелюк, канд. техн. наук

O. Chereyuk

Ю.С. Теличкун

Yu. Telichkun

**ЗМІНА ЕКВІВАЛЕНТНИХ ДОТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ У
ФОРМУВАЛЬНОМУ КАНАЛІ ТА ЗМІНА ШВИДКОСТЕЙ ПРИ
ЕКСТРУДУВАННІ ДРІЖДЖЕВОГО ТІСТА**

**A CHANGE UNITED TANGENCIAL STRESS INTO FORMING CANAL
AND CHANGE SPEED BY EXTRUSION LEVEANED DOUGH**

Робота присвячена вивченню процесу екструзії дріжджевого тіста. Досліджено зміну еквівалентних дотичних напружень у формувальному каналі та зміну швидкостей при екструдванні дріжджевого тіста. Встановлено, що збільшення еквівалентних дотичних напружень призводить до зменшення швидкості.

***Ключові слова:** тісто, екструзія, математичне моделювання, напруження, швидкість, геометрія, формувальний канал.*

The thesis is dedicated to studying the process of extrusion the leveaned dough. A change united tangencial stress into forming canal and

© В.П. Гнилоквас, В.П.Теличкун, О.О.Чепелюк, Ю.С. Теличкун

change speed by extrusion the leavened dough is studied. It is established that elevated united tangencial stress using leads to decrease speed.

Key words: *dough, extrusion, mathematical modeling, stress, speed, geometry, forming canal.*

Харчова промисловість завжди перебуває у пошуках нових технологій щоб спростити технологічні схеми виробництва, досягнувши таким чином нового ступеня розвитку при виробництві харчових продуктів. Інтенсифікація виробництва є одним із основних напрямків розвитку харчової промисловості. Як один із способів забезпечення інтенсифікації виробництва є застосування перспективного способу екструдювання харчових продуктів.

Перевагами які свідчать про доцільність застосування екструзійної техніки є суміщення декількох технологічних операцій в одній машині; виникає можливість створення нових видів харчової продукції; прискорюються технологічні процеси; підвищується ступінь автоматизації виробництва, що призводить до зменшення чисельності обслуговуючого персоналу.

Розроблення раціональних конструкцій обладнання та вибір оптимальних режимів переробки харчових матеріалів можуть проводитися тільки на основі вивчення технологічних процесів і із урахуванням фізико-механічних властивостей продукту, що підлягає переробці. В процесі переробки різних харчових матеріалів проходять складні фізико-хімічні, біологічні і механічні процеси, вивчення яких дозволить покращити технологію виробництва. Реологічні дослідження дозволяють більш досконало пізнати фізику явищ, які відбуваються в процесі переробки харчових матеріалів.

При дослідженні процесу екструдювання дріжджового тіста одним із важливих питань процесу є вплив геометричних параметрів формувальних каналів, а саме профілю каналу матриці на процес

екструдуювання. Оптимізація профілю формувальних каналів призводить до підвищенню якості готових виробів, запобігає виникненню застійних зон, що забезпечує рівномірність швидкості видавлювання, у перерізі каналу зменшується опір випресовуванню, як наслідок підвищується продуктивність екструдера і відповідно зменшуються енергетичні витрати.

Перспективним напрямком дослідження є математичне моделювання процесу екструдуювання, яке дозволяє дослідити процес, конструювати і оптимізувати конструкцію екструдера і його елементів.

В процесі проведення теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що багато питань процесу екструдуювання дріжджового тіста потребують більш досконалого вивчення. Сюди відносяться структурно-механічні властивості тіста і їх зміна в процесі виброджування; геометрія формувальних каналів матриці і її вплив на процес екструдуювання; тиск, який створюється в екструдері для виброджування тіста. Детальна і уточнена інформація про вказані вище фактори надає змогу із достатньою точністю промодельювати процес описаним вище способом і дозволить визначити оптимальні параметри обладнання і його елементів.

Нами проведено дослідження по визначенню зміни еквівалентних дотичних напружень по довжині і радіусу формувального каналу в процесі екструдуювання, а також визначався вплив еквівалентних дотичних напружень на швидкість екструдуювання. Дослідження проводились із застосування програмного пакету "PLAST", який базується на методі кінцевих елементів. При розрахунку ми вносили дані про геометричні розміри формувального каналу і реологічні властивості тіста. Результати розрахунку отримано у числовому вигляді, а також у вигляді кольорових полів розподілених по перерізу формувального каналу, де кожному діапазону значень параметрів, що досліджувались, відповідає певний колір.

Математичне моделювання процесу екструзування, враховуючи симетричність по поперечному перерізу потоку тіста проводили для одної половини формувального каналу матриці.

При розрахунках з використанням ЕОМ радіус формувального каналу $R=5\text{мм}$, кут нахилу вхідної частини формувального каналу $\alpha=30^\circ$, довжина каналу $L=35\text{ мм}$, довжина вхідної частини- $L_{\text{вх}}=15\text{ мм}$ (рис.1).

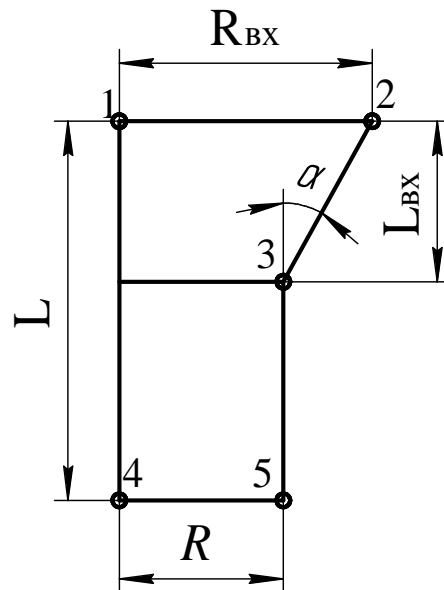


Рис.1.Ескіз формувального каналу матриці:

1-центральна точка на вході в канал; 2-пристінна точка на вході в канал;
3-пристінна точка на переході; 4-центральна точка на виході з каналу; 5-пристінна точка на виході з каналу.

Розрахунки проводились з метою визначення зміни швидкості та зміни еквівалентних дотичних напружень у формувальному каналі.

На рис.2. зображена крива зміни швидкості по радіусу на вході у формувальний канал. Крива показує величину швидкостей на вході у формувальний канал, з неї видно що швидкість у точці 1 більше за швидкість у точці 2, тобто швидкість біля стінки формувального каналу менша ніж швидкість у центрі формувального каналу.

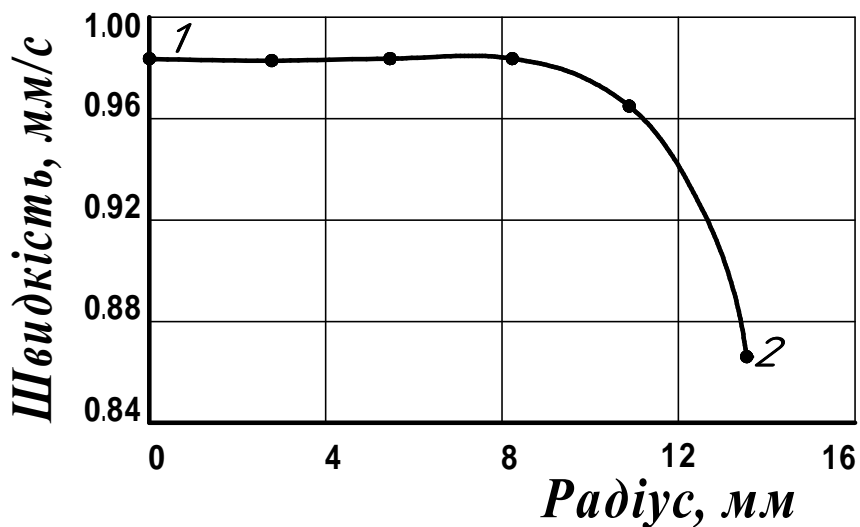


Рис.2. Зміна швидкості на вході у формувальний канал:

1-центральна точка на вході в канал; 2-пристінна точка на вході в канал.

На рис.3. зображена залежність еквівалентних дотичних напружень по радіусу на вході у формувальний канал, тобто від центру каналу до його стінки. Як видно з кривої еквівалентні дотичні напруження поступово зростають від центру формувального каналу до стінки формувального каналу і на стінці вони досягають своїх максимумів. Еквівалентні дотичні напруження у пристінному шарі на вході у формувальний канал мають на порядок більшу величину чим у центральній зоні. Тобто, як бачимо, із збільшення еквівалентних дотичних напружень зменшується швидкість, а напруження зростають у пристінному шарі. Мінімум напружень спостерігаємо у точці 1, а максимум у точці 2.

На рис.4. зображено криву зміни швидкості по довжині формувального каналу у його центрі. Як бачимо швидкість по довжині формувального каналу збільшується чим ближче до виходу з нього. Відчутне збільшення швидкості відбувається після того як продукт попадає із вхідної частини каналу у прямий канал.

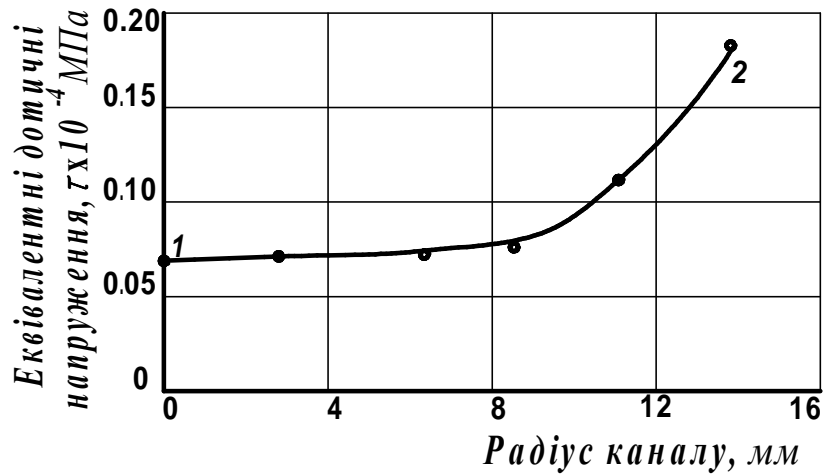


Рис.3. Зміна еквівалентних дотичних напружень по радіусу на вході у формувальний канал:

1-центральна точка на вході в канал; 2-пристінна точка на вході в канал.

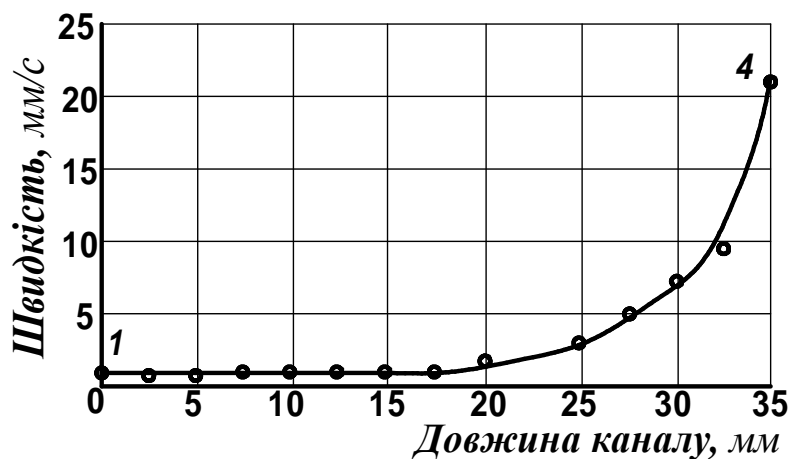


Рис.4. Зміна швидкості у центрі по довжині формувального каналу:

1-центральна точка на вході в канал; 4-центральна точка на виході з каналу.

На рис.5. зображена залежність еквівалентних дотичних напружень по довжині формувального каналу у його центрі. У точці на вході у канал маємо найбільші напруження, оскільки продукт зустрічає опір у вигляді стінки, потім напруження поступово падають до входу у прямий канал після чого відбувається інтенсивний спад напружень до виходу із каналу.

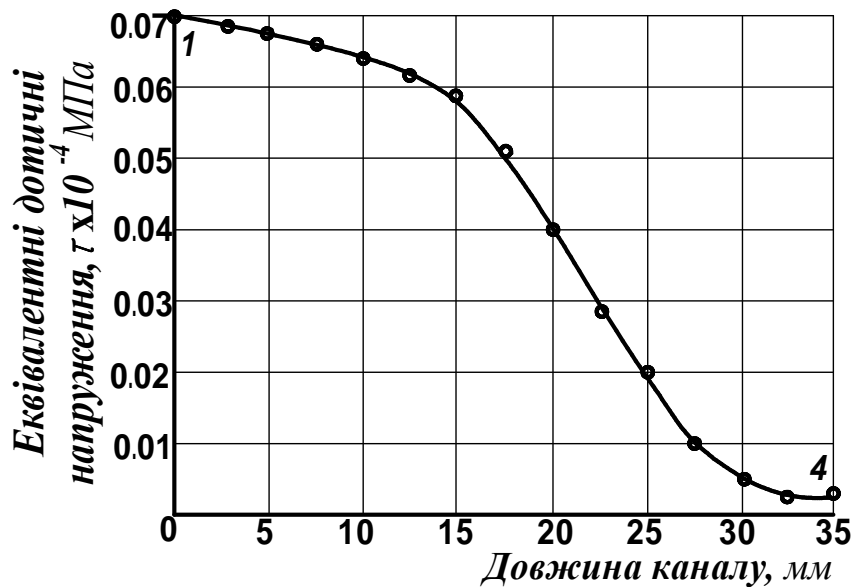


Рис.5. Зміна еквівалентних дотичних напружень у центрі по довжині формувального каналу:

1-центральна точка на вході в канал; 4-центральна точка на виході з каналу.

На рис.6 зображена крива зміни швидкості у пристінному шарі по довжині формувального каналу. На вході в канал продукт зустрічає опір стінки, потім швидкість на незначну величину збільшується до середини вхідної частини каналу, після чого знову спадає до точки 3, де відбувається перехід продукту із вхідної частини у прямий канал, ввійшовши у прямий канал швидкість його зростає і на виході з каналу має максимальні показники.

На рис.7. маємо залежність зміни еквівалентних дотичних напружень у пристінних точках по довжині формувального каналу. З кривої видно, що ми маємо два максимуми у точках 2 і 3, тобто на вході у канал і на переході із вхідної частини у у прямий формувальний канал. Попадаючи у канал на стінці продукт зустрічає перепону, тому на вході у вхідну частину формувального каналу маємо один із максимумів еквівалентних дотичних напружень. Потім дотичні напруження падають до середини вхідної частини каналу у пристінній зоні, після чого знову піднімаються

до переходу із вхідної частини у прямий канал, створюючи пік максимуму дотичних напружень у формувальному каналі. Пройшовши точку 3 напруження інтенсивно падають.

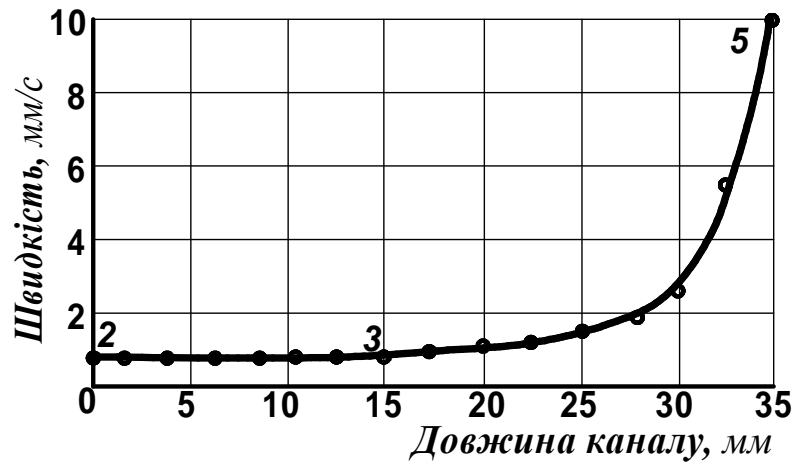


Рис.6. Зміна швидкості у пристінному шарі по довжині формувального каналу:

2-пристінна точка на вході в канал; 3-пристінна точка на переході;
5- пристінна точка на виході з каналу.

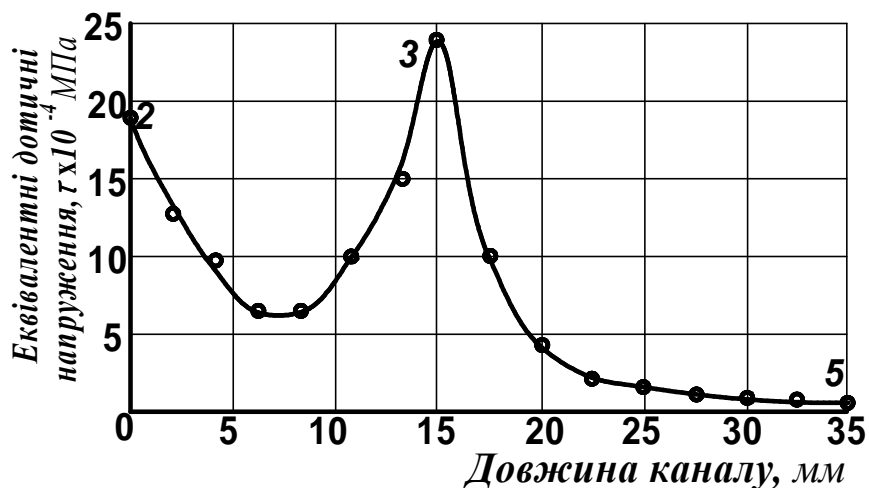


Рис.7. Зміна еквівалентних дотичних напружень у пристінному шарі по довжині формувального каналу:

2-пристінна точка на вході в канал; 3-пристінна точка на переході; 5- пристінна точка на виході з каналу.

На виході із формувального каналу швидкість зростає і в точці 4 у центрі формувального каналу на виході з нього (рис.8.) вона більша ніж у точці 5, яка є пристінною точкою на виході із формувального каналу. Отже крива зміни швидкості зображена на рис.8. показує на що швидкість продукту у центральній зоні є вищою ніж у пристіному шарі.

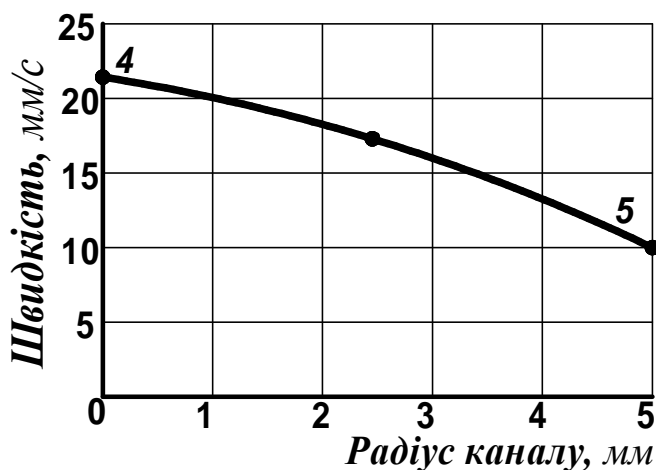


Рис.8. Зміна швидкості на виході із формувального каналу:
4-центральна точка на виході з каналу; 5- пристінна точка на виході з каналу.

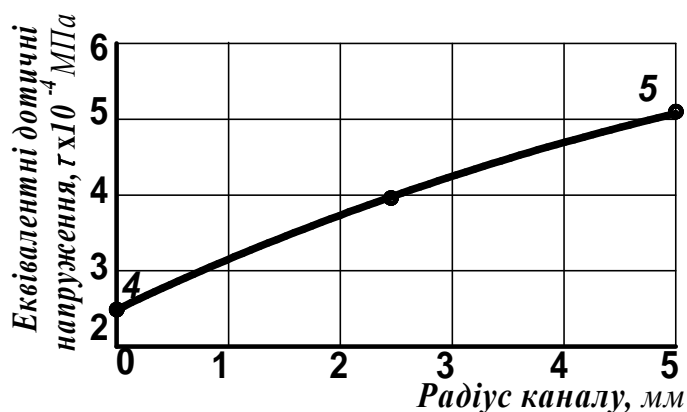


Рис.9. Зміна еквівалентних дотичних напружень на виході із формувального каналу:
4-центральна точка на виході з каналу; 5- пристінна точка на виході з каналу.

Еквівалентні дотичні напруження, які виникають на виході із формувального каналу, більші у пристінній зоні каналу ніж у центральній частині каналу, це чудово видно із кривою зображеної на рис.9. В точці 4ми маємо найменші напруження на виході із каналу, а в точці 5 - найбільші. Це показує нам, що збільшення еквалентних дотичних напружень призводить до зниження швидкості.

Висновок. Швидкість випресовування відіграє важливу роль в процесі екструдуювання, оскільки вона впливає на продуктивність обладнання, що встановлюється в лінію. Із отриманих залежностей зміни еквалентних дотичних напружень по різних перерізах формувального каналу видно, що геометрія формувального каналу суттєво впливає на значення еквівалентних дотичних напружень, які виникають при екструдуюванні тіста. Також із отриманих залежностей бачимо, що при збільшенні значень еквівалентних дотичних напружень швидкість падає, а при зменшенні- зростає. Отже, визначення впливу геометричних параметрів заслуговує на особливу увагу, оскільки вони відіграють важливу роль в процесі екструдуювання.

Використана література:

1. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов.-М.: Легкая пром-сть, 1981.-216с.
2. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста.-М: Пищевая пром-сть, 1976.-247с.
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учебн. пособие.-М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат. Лит., 1987.-600с.
4. Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Хіврич Б.І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів.- УкрІНТЕІ, 1995.- 63с.
5. Рейнер М. Реология: Пер. С англ.- М: Наука, 1965.- 224с.