

7. Гришин М.А., Погожих Н.И., Потапов В.А. Эффект динамического структурирования влаги в процессе сушки // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т. 23, № 4-5. – С. 100-105.
8. Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Дмитренко Н.В. Динаміка зміни стану води в паренхімних тканинах рослин при сушінні // Промышленная теплотехника. – 2011. – Т.33, №2. – С. 35-40.
9. Дмитренко Н.В., Дубовікова Н.С., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й. Вивчення впливу стану води в харчових рослинних матеріалах на теплоту випаровування. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2011. – Вип. 40, – Т.2. – С. 71-75.
10. Влияние различных способов гидротермической обработки овощей на микроструктуру их тканей / В.С. Баранов, Л.М. Алешина, Т.В. Жубрева, М.И. Гергова // Экспресс-выпуск ЦНИИТЭИпищепром. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1983. – серия 4, вып. 6. – С. 6-7.
11. Снежкин Ю.Ф., Михайлик В.А., Дмитренко Н.В., Шапарь Р. О. Дослідження впливу паротермічної обробки паренхімних тканин яблук на кінетику сушіння та теплоту випаровування // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2011. – Вип. 41, т.1. – С. 227-231.

УДК 621.77.043

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛО-ОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В КАНАЛІ ПЕРЕДМАТРИЧНОЇ І МАТРИЧНОЇ ЗОН ЕКСТРУДЕРА

Шурчкова Ю.О. д-р. техн. наук, головний науковий співробітник
Радченко Н.Л. канд. техн. наук, науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України (ІТТФ), м. Київ

В статті представлено основні положення математичної моделі, яка описує процеси в передматричній і матричній зонах екструдера. Представлено результати чисельного розрахунку по рівнянням моделі та здійснено їх аналіз.

The substantive provisions of the worked out mathematical model that describes processes in matrix zone and results over of numeral calculation are brought for by equalization of model and their analysis is carried out.

Ключові слова: екструдер, передматрична зона, матрична зона.

Широка галузь застосування екструзійних технологій в харчовій промисловості та у виробництві кормів пояснюється можливістю виробництва великого спектра продукції. Однак, як показав, аналіз літературних джерел вітчизняна промисловість на сьогоднішній день працює ще з досить обмеженим спектром моделей екструдерів, більшість з яких є вже морально застарілими та потребує оновлення. Така ситуація пояснюється недостатньою кількістю експериментальних даних та теоретичних досліджень [1,2].

В ІТТФ НАН України в рамках вирішення даної проблеми розроблено математичну модель гідродинамічних і теплообмінних процесів, що протікають в найбільш складних і мало досліджених зонах екструдера – передматричній (ПМЗ) і матричній (МЗ). Ці зони являються найменш вивченими внаслідок складної геометрії каналу, дії цілого ряду дисипативних факторів, а також тим, що оброблювана сировина в цих зонах являється псевдопластичною неньютонівською рідиною.

Розроблена математична модель та програма розрахунку дозволяє розрахувати геометрію каналу, яка забезпечує оптимальні режими роботи апарата для отримання гомогенного продукту з заданими якісними і структурними показниками. Крім цього, модель може застосовуватись для різного типу екструдерів при обробці різного виду сировини теплофізичні і реологічні властивості яких задані. Основною ідеєю моделювання являється поглиблення розуміння фізичних процесів і явищ, які визначають ефективність використання екструзійної обробки з можливістю максимального наближення до реальних умов протікання процесу.

Моделювання базується на рівняннях руху, енергії та реологічних рівняннях і враховує теплофізичні властивості оброблюваної сировини. На основі розробленої математичної моделі створена комп'ютерна програма розрахунку, яка дає можливість визначити характер зміни швидкості потоку, температури (рис.1),

в'язкості (рис.2) і тиску (рис.3) залежно від регульованих параметрів процесу, зокрема, ширини каналу h і продуктивності G , як в локальних точках так і вздовж всього каналу.

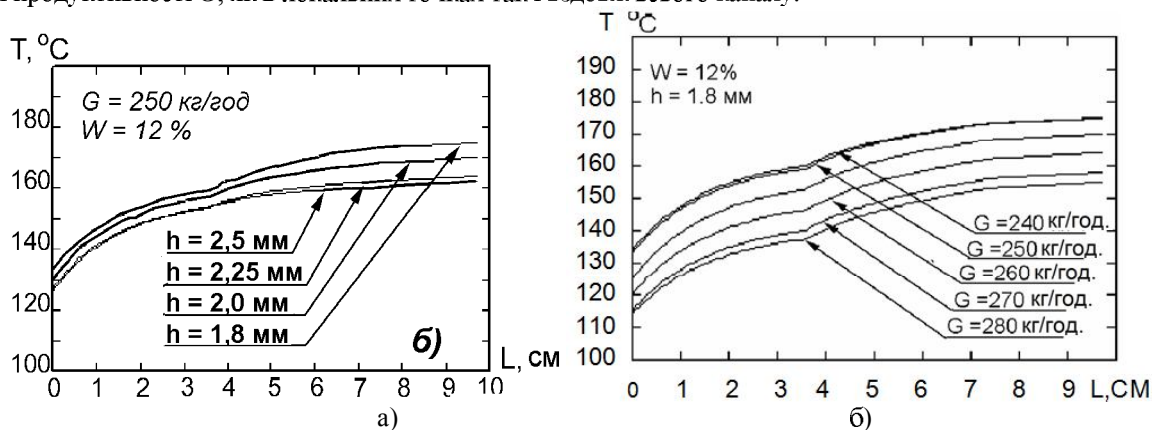


Рис. 1 – Характер зміни температури рідини вздовж каналу передматричної і матричної зон при різних значеннях ширини зазору h (а) і величини витрати G (б).

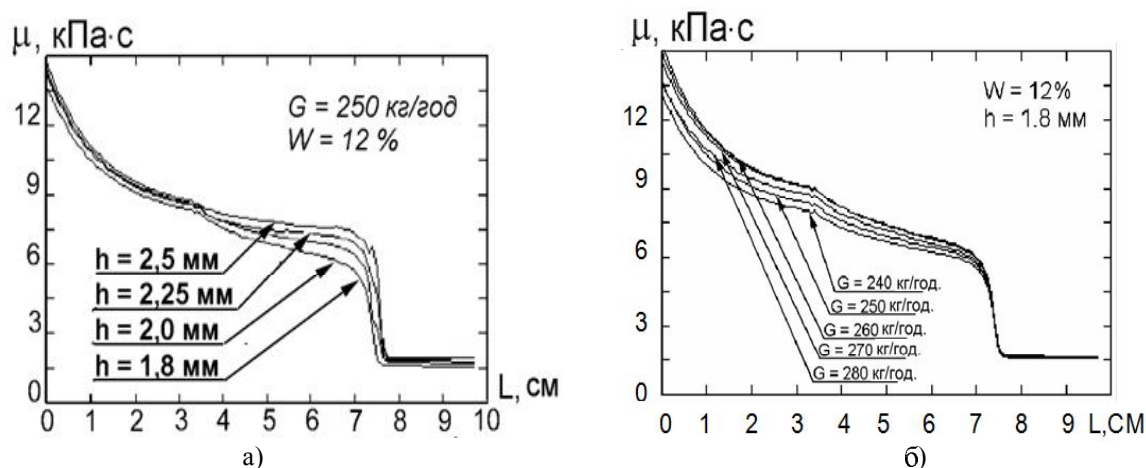


Рис. 2 – Характер зміни ефективної в'язкості вздовж каналу передматричної і матричної зон при різних значеннях ширини зазору h (а) і величини витрати G (б).

Крім цього, при розрахунках враховується вклад кожного з дисипативних факторів, які в даних зонах являються ключовими визначаючі характер і величину зростання температури та тиску (рис.4,5).

Результати розрахунків виявили, що в процесі проходження передматричної і матричної зон температура сировини постійно зростає (рис.1). Розрахункові залежності зміни температури показали, що вздовж передматричної і матричної зон відбувається наростання температури, яке зберігається незалежно від перемінних параметрів процесу (ширини зазору h і величини витрати G). Встановлено, що зміна величини зазору від 1,8 до 2,5мм дозволяє регулювати температуру на початку передматричної зони в середньому на 5°C , а починаючи з місця звуження та в циліндричному каналі матриці – до $10...13^{\circ}\text{C}$. Зміна витрати від 240 до 280кг/год регулює температуру в однаковій мірі вздовж всього каналу передматричної і матричної зон до $22...24^{\circ}\text{C}$.

Зростання швидкості потоку та температури вздовж каналу передматричної зони пояснює одержані залежності зниження в'язкості розплаву (рис.2). Результати розрахунку також виявили стрибкоподібне зниження в'язкості, пов'язане зі зростанням швидкості потоку. Встановлено, що в каналі матриці в'язкість не змінюється, оскільки швидкість потоку стабілізується.

Розрахунки також показали, що в процесі проходження передматричної і матричної зон відбувається інтенсивне спадання тиску розплаву завдяки втратам напору на гідравлічних опорах (рис.3).

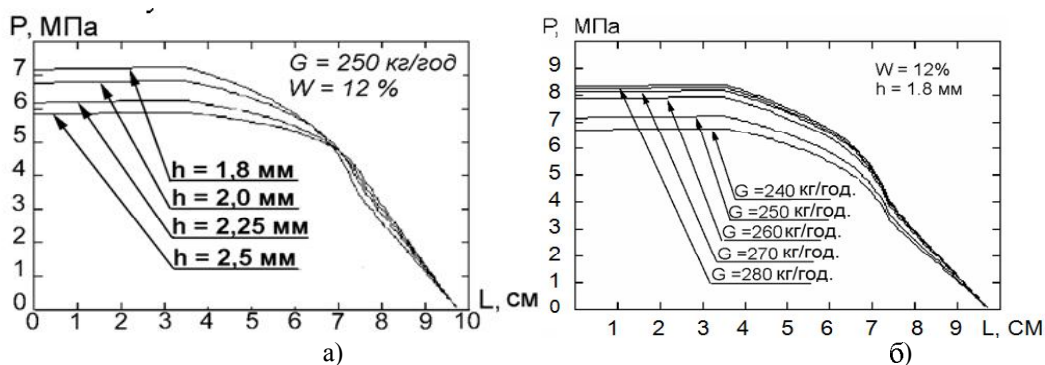


Рис. 3 – Характер зміни тиску рідини вздовж каналу передматричної і матричної зон при різних значеннях ширини зазору h (а) і величини витрати G (б).

Збільшення зазору h від 1,8 до 2,5мм знижує величину тиску в передматричній зоні на 1,4 МПа. Зміна витрати від 240 до 280 кг/год також дозволяє регулювати тиск в каналі в інтервалі 6,7...8,4МПа. Показане на рис.3 незначне підвищення тиску в першій половині каналу передматричної зони пояснюється тим, що складова градієнту тиску, пов'язана з дією відцентрових сил при обертанні конусної головки шнека, на відміну від інших складових, є позитивною і за абсолютною величиною переважає інші складові. Далі вплив цього фактора, як видно з рис.4,б,д, суттєво зменшується.

На рис.4, а-є показано, як змінюються по довжині каналу різні складові градієнту тиску в залежності від вологовмісту сировини W (рис.4, а-в) і від ширини зазору h (рис.4,г-є).

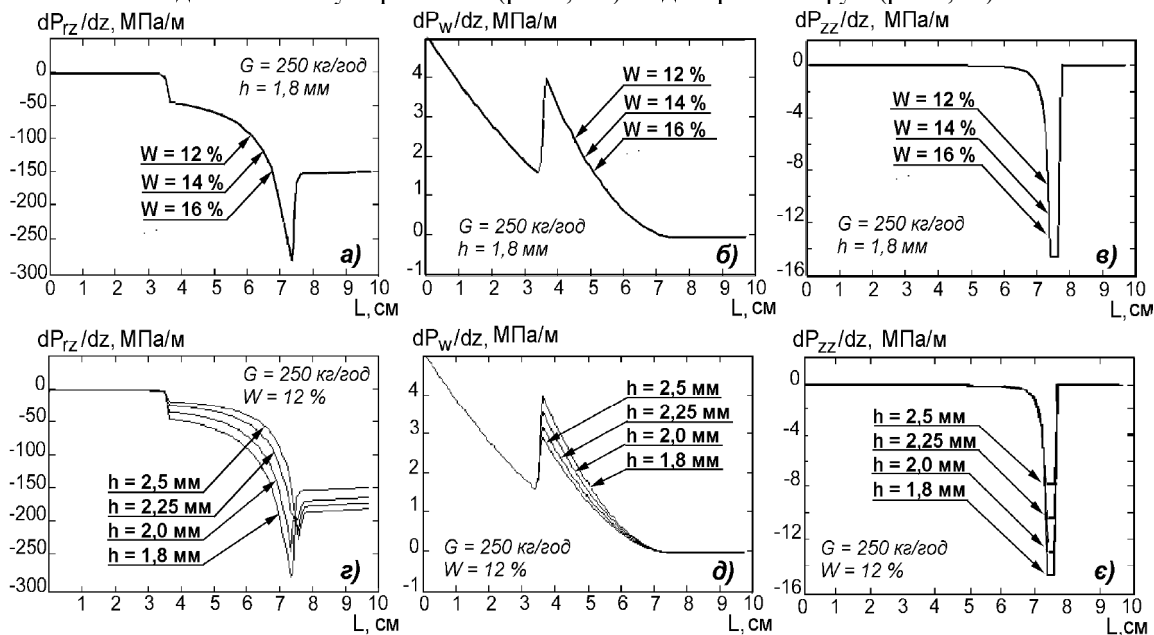


Рис. 4 – Зміна складових градієнту тиску і dp_{rz}/dz (а,г), dp_w/dz (б,д) і dp_{zz}/dz (в,є) в каналі передматричної і матричної зон при різних значення вологовмісту W (а-в) і ширини зазору h (г-є).

Як було зазначено вище, в початковій частині передматричної зони переважну роль відіграє позитивна величина градієнту тиску, пов'язана з обертанням шнеку (рис.4,б,д). Далі дія даного фактора послаблюється і зростає вплив негативної по величині складової, пов'язаної з дією сил тертя аксіального потоку зі стінкою (рис.4,а,г), що й пояснює подальше інтенсивне падіння тиску. Втрати напору, пов'язані з дією нормальних напружень, незначні (рис.4,в,є) і ними можна нехтувати. Виявлено, що всі градієнти тиску не залежать від вологовмісту сировини W , але помітно змінюються зі зміною ширини зазору h .

Зміна температури в каналі пов'язана з дією ряду дисипативних факторів. На рис.5 у відносних одиницях показано зміну складових градієнта температури, зумовлених дією кожного з цих факторів: 1) зсувним напруженням внаслідок обертання шнека (складова $(dT_z/dz)_w$); 2) зсувним напруженням внаслідок тертя аксіального потоку зі стінкою каналу (складова $(dT_z/dz)_{rz}$); 3) дією нормальних напружень

(складова $(dT_z/dz)_{zz}$). Окрім того, показано зміну градієнту температури $(dT_z/dz)_q$, пов'язаного із втратами теплоти в оточуюче повітря. Вклад кожного з цих факторів різний так само, як і зона їх дії. Показане на рис.1 зростання температури в передматричній зоні зумовлене градієнтом $(dT_z/dz)_w$ і викликане дією тангенціального напруження внаслідок обертання шнека. Далі вплив цієї складової поступово знижується до нуля, проте зростає роль складової $(dT_z/dz)_{rz}$, що пояснюється звуженням каналу і зростанням швидкості потоку. Вплив складової $(dT_z/dz)_{zz}$ незначний і проявляється лише при переході від передматричної до матричної зони. Встановлено, що втрати теплоти в оточуюче ще $(dT_z/dz)_q$ незначні у порівнянні з дисипативним нагрівом.

Порівняння градієнтів тиску зумовлених дією дисипативних факторів показали, що основні втрати напору в каналі викликані зсувними напруженнями внаслідок сил тертя. Найменший вплив створюють складові, пов'язані з дією нормальних напружень та напружень внаслідок звуження каналу.

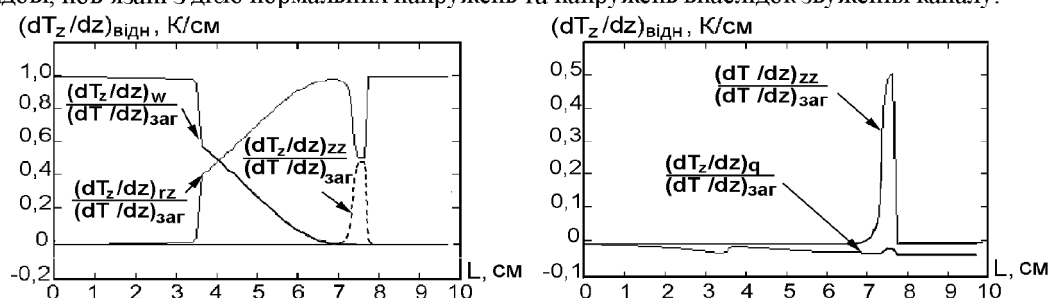


Рис. 5 – Зміна відносних значень складових градієнту температури вздовж каналу передматричної і матричної зон при $G=250$ кг/год, $W=12\%$ і $h=1,8$ мм.

Висновки

Розроблена математична модель дозволяє врахувати особливості геометрії каналу, реологічних властивостей оброблюваної сировини, вплив дисипативних факторів та визначити швидкість потоку, тиск, температуру, в'язкість вздовж всього каналу та в локальних точках. Модель може застосовуватись при проектуванні геометричних розмірів каналу передматричної і матричної зон різних типів екструдерів для переробки різного виду сировини.

Література

1. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевых технологиях. – Санкт-Петербург. Гиорд, 2004.-280с.
2. Бегеулов М.Ш. Основы переработки семян сои. – Москва. ДеЛи принт, 2006. – 173с.

УДК 66.045

ГІДРОДИНАМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Атаманюк В.М. д-р техн. наук, професор, Матківська І.Я., аспірант,
Мосюк М.І., канд. техн. наук, асистент
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

У статті представлено результати експериментальних досліджень гідродинаміки руху теплового агента крізь шар зерна пшениці. Одержано критеріальні залежності на основі внутрішньої задачі гідродинаміки, які дають змогу прогнозувати енергетичні затрати під час фільтраційного сушіння зерна пшениці та розрахувати основні конструктивні розміри під час проектування нового сушильного обладнання.

Obtained criterion depending on their internal problems of hydrodynamics, which allow predicting energy expenditure during filtration drying wheat and calculate the basic design dimensions for the design of a new drying equipment. Present criterion equations on basis of inner task of hydrodynamics which allow predicting