

4. Сидора Н.В. Фармакогностичне дослідження листя *Crataegus Maximowiczii* Schneid / Сидора Н.В., Ковальова А.М., Комисаренко А.М. // Вісник фармації. — 2008. — Т. 2, № 54. — С. 7 — 11.
5. Жукова О.Л. Изучение фенольного состава подземных органов сабельника болотного / Жукова О.Л., Абрамов А.А., Даргаева Т.Д., Маркарян А.А. // Вестн. Моск. Ун – та. — 2006. — Т. 47, № 5. — С. 342 — 345.
6. Бенетис Р. Количественное определение фенольных соединений в лекарственном сырье тысячелистника обыкновенного методом ВЭЖХ / Бенетис Р., Радущене И., Якштас В., Янулис В. // Химико-фарм. журн. — 2008. — Т. 42, № 3. — С. 51 — 58.
7. Olszewska M. Quantitative HPLC analysis of flavonoids and chlorogenic acid the leaves and inflorescences of *Prunus Serotina* Ehrh / Olszewska M. // Acta chromatographica. — 2007. — № 19. — P. 253 — 269.
8. Алексеева М.А. Определение полифенольных компонентов хмеля с помощью обращенно – фазовой ВЭЖХ / Алексеева М.А., Эллер К.И., Арзамасцев А.П. // Химико – фарм. журн. — 2004. — Т. 38, № 12. — С. 39 — 41.

УДК 532.135; 532

**БЕЛЕЦКИЙ Э.В., канд. техн. наук, доцент, ТОЛЧИНСКИЙ Ю.А., канд. техн. наук,**

Харьковский торгово-экономический институт КНТЕУ

Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

## **СВОЙСТВА СЕМЕЙСТВА ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОГО ТЕЧЕНИЯ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ТЕЧЕНИЯ**

Рассмотрено описание вязкопластичного течения и граничные условия на торцах щелевого канала червячной машины с помощью системы функций.

**Ключевые слова:** реологическое состояние, вязкопластичное течение, твердое бездвиговое ядро, щелевой канал, ньютоновская жидкость, граничные условия.

Viscous plastic flow and boundary conditions at worm – gear machine slit channel butt-ends is described by a function system.

**Keywords:** reologisches state, viscoplastic flow, hard bezsdvigovoe kernel, crack channel, newtonian liquid, scope terms.

Во многих процессах химической и пищевой технологий используются материалы, уравнения, реологическое состояние которых является вязкопластическим [1]. Течение таких материалов отличается от течения ньютоновских материалов тем, что в области течения образуется твердое бездвиговое ядро, которое перемещается с постоянной скоростью. Вне ядра расположены области вязкого течения, подчиняющиеся уравнениям гидродинамики. Решение этих уравнений, как и любых уравнений вообще, подчиняется этим уравнениям и граничным условиям. Часто информация, которая содержится в граничных условиях, достаточно велика, так, что на долю уравнений течения, остается ее меньшая часть. Особенно справедливо подобная ситуация для задач медленных течений с гладким и монотонным изменением характеристик поля течения.

Для плоской задачи вязкопластического течения в щелевом канале, в котором координата  $x$  направлена вдоль канала, а координата  $y$  – поперек канала. Граничные условия записываются в таком виде:

$$\left. \frac{\partial v_x}{\partial y} \right|_r = 0; \quad \left. \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_x}{\partial x} \right|_r = 0;$$

$$v_x(lh) = 0; \quad v_y(lh) = 0, \quad (1)$$

где  $v_x, v_y$  – составляющие скорости вязкого течения вне твердого ядра;  $r$  – граница твердого ядра;  $h$  – полуширина щелевого канала. Если ввести безразмерные переменные  $\xi = x/h, \eta = y/r$ , то удовлетворить условиям (1) могут функции, представители такого семейства:

$$v_x = a \xi_j^m + b \xi_j^n + c \xi_j^e,$$

$$\xi_j = \xi / j, \quad j = r/h, \quad (2)$$

в котором  $m, n, l$  – произвольные постоянные, функции  $a, b, c$  зависят от продольной координаты  $x$  и выражаются через другие функции  $u, v, w$  следующим

образом:

$$a = \frac{(m+1)(n+1)(l+1)}{(l-m)(n-m)} v + \frac{m+1}{(l-m)(n-m)} w - \frac{(m+1)(l+u+1)}{(l-m)(n-m)} u,$$

$$b = \frac{(m+1)(n+1)(l+1)}{(n-l)(n-m)} v + \frac{n+1}{(n-l)(n-m)} w - \frac{(n+1)(l+m+1)}{(n-l)(n-m)} u,$$

$$c = \frac{(m+1)(n+1)(l+1)}{(l-n)(l-m)} v + \frac{l+1}{(l-n)(l-m)} w - \frac{(l+1)(m+u+1)}{(l-m)(l-n)} u, \quad (3)$$

$$w = u' / (l\gamma), \quad v = 1 - [(1-\gamma)/\gamma]u,$$

$$u = C_2 + C_1 \int dz \exp \left[ - \int dz \frac{\gamma' + 1/\gamma'}{1-\gamma} \right],$$

где  $C_1, C_2$  – произвольны постоянные; знак «штрих» означает производную по переменной  $\xi$ . Физический смысл функций  $u, v, w$  состоит в том, что они связаны со скоростью  $v_x$ , ее производной и ее расходам следующими соотношениями:

$$v_x(y=r) = u; \quad \left. \frac{\partial v_x}{\partial \xi} \right|_{y=r} = w; \quad \int_r^h dy v_x = v. \quad (4)$$

Из этих соотношений следует, что если везде в области течения ширина твердого ядра – величина постоянная, то функция  $u$  тоже является постоянной величиной. Это значит, что скорость ядра также есть величина постоянная. Такое течение является аналогом Пуазейля и приобретает такой вид:

$$a \approx (m+1)v + \frac{m+1}{\ln} w - \frac{m+1}{n} (1+n/l)u,$$

$$b \approx (m+1)v + \frac{w}{l(1-n/l)} w - \frac{u}{1-n/l}, \quad (5)$$

$$c \approx \frac{m+1}{l/n-1} v + \frac{w}{n(l/n-1)} - \frac{u}{l/n-1}.$$

Если граничное условие имеют обычный порядок (величина граничной скорости не слишком мала или велика), то последние выражения можно округить, т.е. для  $a$  пренебречь вторым и третьим слагаемыми. Если же и  $n/l \ll 1$ , то этой ситуации отвечает одночленный степенной профиль скорости.

Следует также отметить, что среди различных профилей семейства содержатся и параболический

профіль, которому відповідають значення  $m = 0, n = 1, l = 2$  і інші профілі, отримані перестановкою постійних  $m, n, l$ .

Розглянемо питання про граничні умови для вивчаємого сімейства функцій. При відповіді на це питання слід розрізняти два випадки: перший – коли граничні умови на торцях щелевого каналу реалізуються функціями, не належачими до вивчаємого сімейства; другий – належачими. В першому випадку слід вважати відомими чотири довільні функції в точках  $x=0$ , і  $x=L$  (координати початку і кінця щелевого каналу), які залежать від змінної  $\xi_\gamma$ . Рівняння в'язкопластичного течія представляють собою систему рівнянь для трьох невідомих функцій: компонентів швидкості  $v_x, v_y$  і тиску  $P$ . Виключення тиску призводить до підвищення порядків системи рівнянь на одиницю. Приймаючи до уваги характер залежності довільної швидкості від коефіцієнтних функцій  $a, b, c$ , залежність функцій і від  $\xi$  згідно формулам (3) і зв'язку між  $w$  і  $u$  можна зробити висновок про те, що використання одного трьохчленного елемента виду (2) надає одинадцять довільних постійних. Число одинадцять випливає з того, що в визначенні функції  $u$  входять дві постійні: в визначенні величини  $w$  – одна; і в визначенні  $v$  – дві постійні. Підстановка швидкості  $v_x$  відносно величини  $\gamma$  має шостий порядок. Три постійні – це  $m, n, l$ . Усього, таким чином, є одинадцять постійних. На торцях

щелевого каналу задані швидкості  $v_x$  і  $v_y$  умовами нерозривності потоку. Якщо є апроксимація з  $N$  вузлів, то на торцях отримується  $4N - 2$  умов. Кількість цих умов повинна бути рівною кількості вільних параметрів, породжуваних трьохчленним представленням виду (2) з  $K$  трьохчленами. Для однозначного визначення всіх вільних параметрів повинно виконуватися таке рівняння:

$$4N - 2 = 11K + K \quad (6)$$

Ще  $K$  постійних є коефіцієнтами при трьохчленах в ряду такого виду:

$$v_x = \sum C_K v_x^{(i)}(\xi_\gamma),$$

$$v_x^{(i)}(\xi_\gamma) = a_i \xi_\gamma^{mi} + b_i \xi_\gamma^{ni} + c_i \xi_\gamma^{li}. \quad (7)$$

Во другому випадку, коли на торцях щелевого каналу задані функції  $v_x$  і  $v_y$ , отримуються граничні умови для величин  $a, b, c$  в точках  $x=0$  і  $x=L$ . Усього таких умов шість. Цим умовам можна задовольнити, якщо врахувати, як було сказано вище, що рішення рівнянь течія для величини  $\gamma$  призводить до відповіді, що містить шість довільних постійних. Отже, з граничних умов всі ці постійні можуть бути визначені.

Таким чином, виходячи з вищеизложеного, сімейство функцій (2) і його обобщення (7) достатньо представити, оскільки воно містить мономи змінної  $x$  в цілих, а також, і нецілих степенях. Це означає, що воно з достатньою точністю спроможно представити майже будь-які граничні умови на торцях щелевого каналу.

Поступила 03.2010

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гогос К., Тадмор З. Теоретичні основи переробки полімерів. – М.: Хімія, 1984. – 628 с.
2. Геррман Х. Шнекові машини в технології. – Л.: Хімія. Лен. отд., 1975. – 229 с.
3. Кузнецов О.Я. Реологія харчових мас. Оренбург, 2005. – 234 с.
4. Ясногородський А.Я., Звєздин А.Г. Многоцільові двухшнекові машини для переробляючих технологій. – Х.: Прапор, 2006. – 184 с.
5. Фрейденталь А., Гейрингер Х. Математичні теорії неупругої сплошної середовища. – М.: ГИТТЛ, 1962. – 432 с.
6. Канторович Л. В., Крылов В. И. Приближенні методи вищого аналізу. – М.: Л.: ГИТТЛ, 1949. – 695 с.
7. Михлин С. Г. Вариационні методи в математичній фізиці. – М.: Наука. ГРФМЛ, 1970. – 512 с.
8. Ректорис К. Вариационні методи в математичній фізиці. – М.: Мир., 1985. – 590 с.

УДК 66.06

**ПОНОМАРЕНКО В.В., канд. техн.наук., ГАРМАТІЙ Я.В., студент**

Національний університет харчових технологій, м. Київ

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЦУКРОВОГО РОЗЧИНУ

Стаття присвячена питанням обробки цукрового розчину електричним полем напруженістю 75 – 150 В/см. Створена дослідна установка і проведені дослідження, які дозволили виявити вплив електричного поля на якісні показники цукрового розчину. Запропонований спосіб очищення цукрового розчину в електричному полі.

**Ключові слова:** цукровий розчин, електричне поле, електростатичний стакан, чистота.

The article is devoted to problems processing sugar solution of electric field strength of 75 - 150 V / cm. An experimental setup and performed experiments, which allowed to detect the influence of electric field on the quality of the sugar solution. The proposed method of cleaning solution of sugar in an electric field.

**Keywords:** sugar solution, the electric field, electrostatic glass cleanliness.

Крім традиційних способів використання електричної енергії (освітлення, електроприводи, електрозварювання і т. п.), все більше використання вона знаходить в технологічних процесах різних галузей про-

мисловості. Однією з таких галузей є харчова промисловість, в якій використовуються такі фізичні явища, як електромагнітне поле, електричний струм, що протікає через розчин, електричне поле, а одним із позитивних впливів цих явищ на харчові продукти є збільшення термінів їх придатності [1,2].

Дія магнітного поля на цукровий розчин дозволяє збільшити чистоту цукрового розчину, зменшити випадіння осаду на поверхнях нагріву випарних апаратів [1].

Позитивний ефект пояснюється коагуляцією електрозаряджених частинок-нецукрів внаслідок взаємодії власного магнітного поля частинки з зовнішнім магнітним полем і подальшим видаленням конгломерату з розчину.