

УДК 004.9:677.072.6

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В.Г. Резанова, кандидат технічних наук, доцент  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

І.С. Макаревський, студент  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: програмне забезпечення, математична модель, суміщ полімерів, структурно-континуальний підхід.

Вивчення особливостей течії полімерних дисперсних систем знаходиться в центрі уваги дослідників багатьох розвинених країн світу, оскільки дозволяє керувати мікро- і макрореологічними процесами при їх переробці та створювати вироби із заздалегідь визначеними властивостями. На сьогодні накопичена значна кількість експериментальних даних і сформульовано ряд емпіричних залежностей, які з достатньою точністю описують особливості реологічної поведінки розплавів сумішей полімерів, проте в цілому в механіці дисперсних систем спостерігається помітне відставання теоретичних досліджень від експериментальних. При вирішенні багатьох наукових і практичних задач прогнозування і контролю фазової морфології полімерних систем важливу роль відіграють методи математичного моделювання.

Структурно-континуальний підхід поєднує феноменологічний та структурний методи і дає можливість враховувати всі основні положення континуальної механіки (суцільність середовища, нерозривність функцій, що характеризують його рух і стан) та особливості поведінки дисперсної фази. З використанням цього підходу побудували модель течії розплаву полімерів у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = 0 \\ \dot{\theta} = -\frac{3}{4}u\lambda_3 \sin(2\theta) \\ \frac{\dot{a}}{a} = \lambda_1 + \frac{u}{2}(\lambda_2 a^2 + \lambda_3)(2 - 3\sin^2 \theta) \end{cases}$$

Представлена система диференціальних рівнянь являє собою математичну модель деформації крапель компоненту дисперсної фази за течії розплаву суміші полімерів у вхідній зоні формувального отвору [1,2]. Модель дозволяє визначати величину деформації і орієнтацію крапель в потоці в залежності від реологічних властивостей компонентів суміші та об'ємної концентрації дисперсної фази. Останню систему диференціальних рівнянь розв'язували чисельно методом Рунге-Кутта за допомогою спеціально написаної програми [3].

Одержані результати показують, що величини деформації ( $q$ ) суттєво залежать від відстані до входу у капіляр та кута орієнтації краплі в потоці (рис. 1).

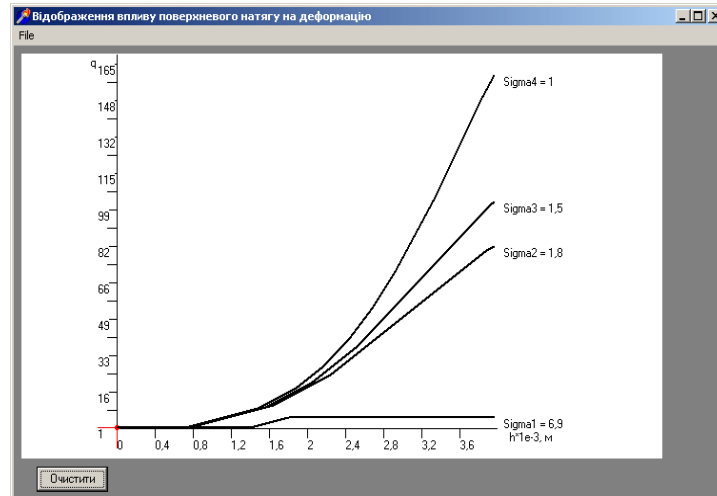


Рисунок 1 – Програмне зображення залежності ступеню деформації краплі дисперсної фази від глибини опускання та величини міжфазного натягу, за умови  $\eta/\mu=1,0$

Одержані теоретичні результати кореспондують з висновками попередньо виконаних робіт щодо швидкості течії розплаву при переході із широкого резервуару в вузький. В таких каналах розплав рухається прискорено: швидкість зростає по мірі наближення до входу у фільтр, а максимальне її значення досягається на осьовій лінії.

Таким чином, з використанням структурно-континуального методу створена математична модель та розроблено програмне забезпечення для розрахунку деформації краплі полімеру дисперсної фази за течії розплаву суміші полімерів із широкого резервуару у вузький. Модель дозволяє визначати величини деформації краплі полімеру дисперсної фази у потоці в залежності від його в'язкості та пружності, об'ємної концентрації, величини міжфазного натягу та співвідношення в'язкостей компонентів. Одержана система диференціальних рівнянь задовільно описує реальні процеси деформації крапель дисперсної фази за течії розплавів сумішей полімерів у вхідній зоні формувального отвору. Збільшення пружності краплі знижує її здатність до деформації, а зменшення величини міжфазного натягу – підвищує цей показник, що дає можливість отримувати фібрили з діаметрами нанорозмірів.

#### Список використаних джерел

1. Резанова В.Г., Резанова Н.М. Програмне забезпечення для дослідження полімерних систем. Монографія. – К.: АртЕк, 2020. – 358 с.
2. Резанова В.Г., Резанова Н.М. Програмне забезпечення для оптимізації складу багатокомпонентних сумішей. Монографія.- К.:АртЕк. - 2022. 315с.
3. В. Stroustrup Tour of C++ Addison-Wesley Professional, 2023. – 320 p.