

УДК 004.9:677.072.6

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНО- КОНТИНУАЛЬНОГО ПІДХОДУ

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

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

Полімерні композиційні матеріали широко використовуються в багатьох сферах життєдіяльності, проте в останні роки попит на них різко виріс та розширились галузі застосування від побутових товарів (тканин, текстилю, трикотажу, упаковки, біомедичних продуктів) до високотехнологічної продукції (аерокосмічної і військової техніки). При вирішенні багатьох наукових і практичних задач прогнозування і контролю фазової морфології полімерних систем важливу роль відіграють методи математичного моделювання.

За течії розплавів термодинамічно несумісних сумішей полімерів формується мікрофібрилярна структура. Дослідження чинників, що впливають на розмірні характеристики мікрофібрил одного компонента в матриці іншого, становить значний науковий і практичний інтерес, оскільки дозволяє одержувати полімерні композити з регульованими морфологією та властивостями. Екстракцією матричного компонента із них отримують тонковолокнисті матеріали з діаметрами філаментів мікро- і нанорозмірів [1,2].

Теоретичні дослідження реологічної поведінки полімерних дисперсних систем пов'язані зі значними труднощами. Для розуміння процесів, що мають місце за течії дисперсії, необхідно визначити вплив багатьох чинників: в'язко-пружних властивостей компонентів, об'ємної концентрації дисперсної фази, форми, розміру частинок, їх взаємодію тощо. Детальне урахування цих показників можливе в рамках структурного (мікроскопічного) підходу. Можливість використання структурного методу в реології дисперсій обмежена їх різноманіттям та складністю морфології. Запропонований авторами 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. Таким чином, в моделі структурного континуума кожна точка дисперсії характеризується густиною, швидкістю і тиском (як в класичній механіці) і, крім того, так званими внутрішніми параметрами. У випадку розведених суспензій деформівних частинок в реологічне рівняння стану вводять один внутрішній параметр – вектор, який враховує вплив орієнтації, гідродинамічної взаємодії та деформації зважених частинок на поведінку

середовища. При цьому координати частинки в просторі, які описуються вектором, визначають залежність реологічних властивостей суспензії від орієнтації частинок (анізотропію), а модуль вектора – величину деформації за течії [1,2].

Для створення моделі деформації крапель полімеру дисперсної фази в матричному формі краплі приймали за еліпсоїд, який змінює в процесі взаємодії з дисперсійним середовищем свої розміри, але при цьому зберігає об'єм. Дисперсійне середовище моделювали ньютонівською рідиною з метою спрощення математичних викладок та можливості розв'язання одержаних рівнянь.

Система рівнянь, що описує ізотермічний рух суцільного середовища, складається із рівнянь течії одноосного розтягу, нерозривності потоку та реологічного рівняння стану рідини. Для аналізу поля швидкостей у вхідній зоні використовували циліндричну систему координат, оскільки лінії току на вході в канал мають радіальну складову швидкості (рис.1).

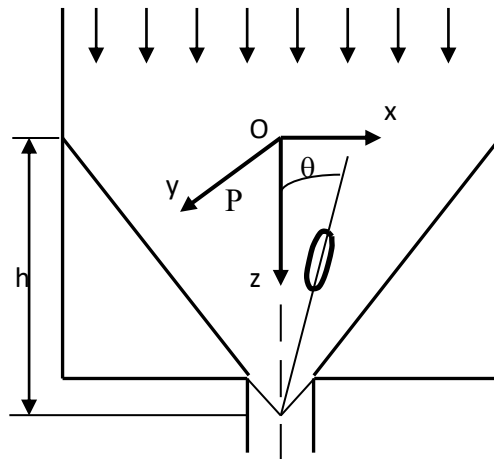


Рисунок 1 – Схематичне зображення в циліндричній системі координат течії розплаву суміші при переході із широкого резервуару у вузький

Аналіз результатів свідчить, що розроблена математична модель описує реальний процес деформації краплі полімеру дисперсної фази у вхідній зоні. Розв'язавши її програмним чином [3], можна буде, зокрема, прогнозувати поведінку полімерних дисперсій без проведення дорогавартісних та тривалих експериментальних досліджень.

#### 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.