

АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПРИСТІННИХ ЕФЕКТІВ У ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ

ІВЦЬКИЙ І.І., аспірант; СОКОЛЬСЬКИЙ О.Л., доц., к.т.н.;
МІКУЛЬОНОК І.О., проф., д.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Проведено порівняльний аналіз методик, за допомогою яких здійснюється визначення величини пристінних ефектів у полімерних матеріалах з урахуванням неньютонівського характеру течії таких матеріалів.

Одною з характеристик полімерних матеріалів, якою зазвичай нехтують під час числового моделювання є наявність пристінних ефектів різної природи, які значно впливають на точність моделювання. Найбільш істотні помилки під час розрахунку каналів виникають внаслідок відсутності врахування пристінних ефектів, що мають місце при течії деяких полімерів. Пристінні ефекти можуть значною мірою впливати на розподіл основних параметрів розплаву по всьому перерізу каналів і, як наслідок, на якісні характеристики, точність розмірів та необхідність доводки обладнання.

Задача про розподіл швидкості та опір під час ламінарної течії, що стабілізувалася, середовища в прямій горизонтальній круглій трубі може бути вирішена аналітично [1] шляхом розв'язання системи для рівнянь приграничного шару:

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Обмеженість використання цього методу полягає в необхідності визначення додаткових параметрів течії та припущенні, що профіль швидкості в каналі має параболічний вигляд, тоді як для неньютонівських рідин він відрізняється від параболи.

Автори [2] при визначенні величини пристінних ефектів базуються на попередньому визначенні реологічних характеристик полімерів для каналів різних діаметрів і використанні інтерполяції:

$$f(\tau_H) = \frac{6Q}{BH^2} \left(\frac{3h+1}{4h} \right) - \frac{2S(\tau_H)}{H} \left(\frac{2k+1}{k} \right).$$

Величини h і k визначаються за формулами:

$$h = \frac{d \ln \tau_H BH^2}{d \ln 6Q},$$

$$k = \frac{d \ln \tau_H}{d \ln [S(\tau_H)]}.$$

Проте, за такого підходу втрачається універсальний характер врахування властивостей та значно ускладнюється проведення розрахунків за рахунок великої кількості параметрів.

Для дослідження тертя рідини по твердій стінці в розплаві також застосовують метод Муні [3]. У основу цього методу покладено припущення, що коли рідина не прилипає до стінок, швидкість рідини на стінці створює більш високу об'ємну витрату Q , порівняно з повним прилипанням до стінок:

$$\frac{4Q}{\pi R^3} = 4v_{\text{ковз}} \cdot \frac{1}{R} + \frac{4v_{\text{ісм}}}{R}.$$

При побудові графіку $\frac{4Q}{\pi R^3}$ від $1/R$ отримується лінія з тангенсом куту нахилу, що дорівнює чотирьом швидкостям ковзання.

Недоліком методу Муні є відсутність врахування при розрахунку неньютонівського характеру течії розплаву полімеру.

Для врахування ньютонівського характеру течії розплаву полімеру використовують поправку Рабіновича [4], яка враховує неньютонівську поведінку розплаву на стінці:

$$\dot{\gamma}_w = \frac{3n+1}{4n} \cdot \frac{4q}{\pi r_w^3}.$$

Поправка Рабіновича не дозволяє визначити величину пристінних ефектів, а лише враховує неньютонівський характер властивостей полімерного матеріалу.

Таким чином, кожна з розглянутих методик дозволяє встановити величину пристінних ефектів, але з певними припущеннями та обмеженістю застосування.

Література

1. Пристінні ефекти в процесах переробки полімерних матеріалів / В. І. Сівецький, О. С. Сахаров, О. Л. Сокольський, Д. Д. Рябінін. — Київ: НТУУ КПІ, 2009. — 140 с.
2. Жданов Ю. А. Учет пристенных эффектов при расчете круглых и плоскощелевых каналов / Ю. А. Жданов, В. Ф. Дубовицкий, Д. Д. Рябинин. // Химическое машиностроение. — 1960. — № 13. — С. 21—27.
3. Morrison F. A. Understanding Rheology / F. A. Morrison. — Oxford: Oxford University Press, 2001. — 560 p.
4. Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров / Я. Рабек. — Москва: Мир, 1983. — 384 с.