

РОЗРОБКА АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Білецький Е. В.¹⁾, Петренко О. В.²⁾

¹⁾*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»», вул. Курпичова, 2, Харків, 61002, Україна,*

e-mail: eduard.bileckyj@khpri.edu.ua

²⁾*Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків 61002, Україна, e-mail: petrenkoolena23@gmail.com*

Більшість процесів хімічної, харчової та переробної промисловості присвячено вирішенню проблем удосконалення та надання нових якостей хімічним, харчовим продуктам при одночасному зменшенні енерговитрат.

Основні технології в промисловості пов'язані з рухом складних дисперсних систем, більшість з яких є неньютонівськими рідинами. Течії рідин із малими значеннями в'язкості знаходять застосування, як проміжні теплоносії, в оболонках теплових апаратів. Як правило, рух рідини з великою в'язкістю відбувається у каналах робочих камер різноманітних хіміко-технологічних машин і залежить від багатьох параметрів, а саме: тиску, витрати, швидкості зрушення, температури, ступеня перемішування, дисперсності та ін. Таким чином, знання структури та режимів течії відіграє важливу роль в організації технологічних процесів і дозволяє впливати на їх енергоефективність шляхом встановлення раціональних значень гідродинамічних, теплових, масообмінних та інших показників.

Особливості переробки в'язких матеріалів насамперед пов'язані з їх реологічними властивостями. У хімічній та харчовій технологіях відома велика кількість феноменологічних реологічних моделей, які описують особливості нелінійних матеріалів за допомогою різноманітних рівнянь стану. Переважна більшість цих параметрів визначаються станом різноманітних реологічних властивостей матеріалів [1].

Як правило, закон стану матеріалів встановлюється в ході проведення експериментальних досліджень, а отримані результати враховуються при проведенні подальших технологій. Цей підхід має безперечну перевагу так, як існує тісний зв'язок між конкретним матеріалом та моделлю його реологічної поведінки, але є і недолік - незначна методологічна складова такої моделі. Проте є інший шлях, де базова реологічна модель матеріалу використовується як початкова, а дані експериментальних досліджень накладаються на результати теоретичних розрахунків. Розбіжності між експериментальними і розрахунковими результатами коригуються додатковими елементами, що ускладнюють початкову модель.

Крім цього, важливе значення має вибір методів моделювання, які можна поділити на чисельні та аналітичні. Вибір методу залежить від мети і характеру задачі. Особливістю чисельного методу є більш висока точність отриманих результатів, але при цьому цей метод має невелику наочність й не дає повного розуміння впливу всіх факторів та параметрів на протікання процесу. Аналітичний метод має навпаки невелику точність отриманих результатів, але є більш наочним, дозволяє ширше, досконаліше розглянути функціональний зв'язок між всіма параметрами процесу, встановити границі змін значень факторів. Як

правило аналітичний метод застосовують для опису рамочної моделі течії, який пропонує загально методологічний підхід для вирішення задачі. Але складність реологічних моделей, яка є наслідком великої різноманітності поведінки матеріалу, є суттєвою перешкодою при розробці нових енергоефективних технологій і потребує значних фінансових і часових витрат.

Таким чином, сучасні дослідження у сфері реології неньютонівських матеріалів потребують комплексного підходу до вивчення основних закономірностей течії неньютонівських рідин у каналах різної геометрії з отриманням аналітичних моделей, які дозволяють визначити оптимальні параметри при розробці нових ресурсозберігаючих процесів та апаратів.

Для вирішення поставлених задач було запропоновано нові теоретичні методи моделювання течії неньютонівських рідин у трубах і каналах базової геометрії із границями, що рухаються або з різницею тисків на кінцях каналу.

Запропоновано метод суперпозиції, який дозволяє звести рішення задач течії більшої розмірності до рішення задач меншої розмірності таким чином, що для відновлення тривимірного поля течії достатньо вирішити задачу в одному вимірі [1]. Сутність запропонованого методу зводиться до вираження компонентів тензора напруження рідини через єдиний компонент. При цьому вважається, що границі каналу є рухомими і течія може відбуватися як у повздовжньому, так і поперечному напрямках каналу. Канал, що розглядається, вважається стандартним, тобто має прямокутний поперечний переріз. Течії в каналах характеризуються величинами швидкості й тиску в кожній точці ділянки течії [1].

Запропонований метод суперпозиції течії на підставі побудови полів швидкості та тиску в трикомпонентних тривимірних течіях за значеннями полів швидкості та тиску течій з меншим числом компонентів і розмірності дозволяє отримати модель течії неньютонівських матеріалів, які виникають при описі великої кількості практичних ситуацій у хімічних і харчових технологічних процесах. Аналітичний метод дозволяє дослідити основні реодинамічні процеси з урахуванням більшості функціональних зв'язків між основними макродинамічними та макрокінетичними параметрами течії неньютонівських матеріалів у каналах хіміко-технологічного обладнання і може бути застосований для опису різних видів неньютонівських течій [2].

Список літератури:

1. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л., Білецький Е.В., Толчинський Ю. А. Моделювання течій неньютонівських рідин у каналах базової геометрії. Харків: НТУ «ХПІ», 2013. 319 с.
2. Petrenko E. Modeling of the viscoplastic flow of a bingham fluid with transverse circulation in a rectangular channel of a worm machine / E. Petrenko E. Biletsky, D. Semeniuk // Journal of Chemistry and Technologies. 2019. 27(2). P. 550-560.