

Е.В. Білецький, д-р техн. наук, проф. (*ХТЕІ КНЕУ, Харків*)

О.В. Петренко, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

ЩОДО ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТЕЧІЇ НЕНЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН

Відомо, що основні процеси хімічної та харчової промисловості пов'язані з рухом складних дисперсних систем, більшість з яких є неньютонівськими рідинами. Знання структури та режимів течії відіграє важливу роль в організації процесів і дозволяє впливати на його енергоефективність шляхом встановлення раціональних значень гідродинамічних, теплових, масообмінних процесів.

Сьогодні вивчення проблеми течії в'язких матеріалів у каналах різноманітного геометричного профілю є найбільш актуальною і викликає практичний інтерес. У науковій літературі досить часто використовується термін «аномальні» рідини, але треба констатувати, що більшість гетерогенних середовищ має саме «аномальну» поведінку ніж ньютонівську. Насамперед аномалія в'язкості пов'язана зі структурою рідини, а також зі зміною організації руху. При малих швидкостях зрушення структура рідини руйнується і потім відновлюється, при цьому рідина має найбільшу в'язкість. Зі збільшенням швидкості, руйнування структури починає переважати над відновленням, таким чином в'язкість різко зменшується. При великих швидкостях течії структура рідини повністю руйнується і рідина має найменшу (ньютонівську) в'язкість.

Треба зазначити, що наведення вказаних «простих» моделей, не в повній мірі відповідає реальним умовам течії так, як не враховуються усі функціональні зв'язки між основними параметрами процесу. Феноменологічні моделі, які докладно описують ці умови є дуже складними і як правило розглядають тільки поздовжню течію одному напрямку без врахування граничних швидкостей, що також не відповідає реальним умовам проведення процесів хімічних та харчових виробництв.

На сьогодні існує декілька підходів до вивчення поведінки неньютонівських систем. Перший підхід – це вивчення хімічних та фізичних властивостей рідини і на підставі отриманих даних (форма і розташування молекул, міцелоутворення, концентрація) описують поведінку неньютонівської рідини, яка досліджується.

Другий підхід – це вивчення реологічних властивостей, а саме – встановлюється зв'язок між напруженням і швидкостями зрушення шляхом побудови математичної реодинамічної моделі. Такий підхід називається феноменологічним. Дані про в'язкість матеріалів для

побудови математичних моделей отримують за допомогою експериментальних реометричних досліджень.

Слід констатувати, що перший підхід має досить обмежений характер і в інженерній практиці отримані результати використовувати досить складно. Тому основна увага інженерів-дослідників сконцентрована на розробці феноменологічних моделей з використанням різних припущень для опису реальних процесів течії неньютонівських рідин. Такий підхід дозволяє не розглядати складні молекулярні зміни в матеріалі, а визначити значення напруження або швидкості зрушення, використовуючи апарат математичного аналізу. При цьому найбільш складним завданням є складання реологічного рівняння стану, яке б максимально точно відповідало реальним умовам течії. З огляду на це, розробка моделей течії неньютонівських рідин в каналах базової геометрії з урахуванням різниці тиску на кінцях каналу та рухомими границями на сьогоднішній день є актуальною науково-прикладною проблемою. Вирішення цієї проблеми дозволить визначати оптимальні макродинамічні та макрокінетичні параметри з урахуванням функціональних зв'язків між ними, що приведе до нової якості проектування відповідного технологічного обладнання хімічної та харчової промисловості у напрямку зниження питомих енерговитрат та матеріалоємності.

З метою вирішення вказаною проблеми запропоновано нові теоретичні методи моделювання течії неньютонівських рідин у каналах базової геометрії із границями, що рухаються та з різницею тисків на кінцях каналу. Запропоновано метод суперпозиції, який дозволяє звести рішення завдань течії більшої розмірності до рішення завдань меншої розмірності таким чином, що для відновлення тривимірного поля течії достатньо вирішити задачу за течією в одному вимірі. Метод зводиться до процедури вираження компонентів тензора напруження рідини через єдиний компонент, при цьому вважається, що границі каналу є рухомими і течія може відбуватися, як в поздовжньому так і поперечному напрямках каналу.

Для підтвердження вірогідності отриманих теоретичних рішень розроблені установки, на яких проведено експериментальні дослідження з використанням різних методик. На підставі проведених експериментальних досліджень отримано залежності величин витрат і потужності від частоти обертів черв'яка при течії різноманітних бінгамовських матеріалів підтверджені їх реологічні характеристики. Встановлено експериментальні залежності значень коефіцієнтів місцевих опорів від числа Рейнольдса. Отримані результати підтвердили адекватність запропонованих математичних моделей реальним умовам проведення процесів.