

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Баранець Віталії Олександрівни

«Задачі механіки суспензій частинок, що агрегують»,

подану на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.02.05 – «механіка рідини, газу та плазми»

Актуальність обраної теми дисертації. Дисертаційна робота Баранець Віталії Олександрівни присвячена вивченню суспензій частинок, що агрегують, у вертикальних та похилих трубках в неоднорідному полі зовнішніх сил. Досліджується проблема визначення оптимальних кутів нахилу трубок для осідання частинок суспензії в загальному випадку. Отже, тема дисертації відповідає сучасному рівню прикладних досліджень завдяки різноманітним застосуванням суспензій частинок у медицині та різних галузях промисловості. На сьогодні дослідження течій мікро- та нанорідин набули великої популярності оскільки в останні роки значна увага приділяється розробці мікроелектромеханічних систем, в яких використовуються течії розбавлених і концентрованих суспензій мікро/наночастинок для проведення медичної діагностики на мікроскопічних зразках біологічних рідин і м'яких тканин, очищення мікрооб'ємів рідин, розробки нових матеріалів з унікальними фізико-хімічними властивостями, нанооптики та інших перспективних нанобіотехнологій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Високий ступінь обґрунтованості наукових досліджень дисертаційної роботи забезпечується поєднанням узагальнених класичних та сучасних моделей динаміки суспензій з відповідними математичними методами механіки суцільних середовищ. Зокрема, автором ретельно аналізуються квазілінійні моделі осідання частинок дво- та трифазної суспензій, а моделювання ламінарних течій суспензій мікро/наночастинок між паралельними пластинами та коаксіальними циліндрами базується на рівняннях Нав'є-Стокса. Автор застосовує загальні методи механіки суцільних середовищ, метод характеристик для гіперболічної системи двох і трьох рівнянь в частинних похідних і метод динаміки частинок, методи теорії розмірностей, метод усереднених значень, а також апробовані іншими науковцями (Neto С., Thompson P.A., Панченков Т.П.) підходи та їх модифікації.

Достовірність та наукова новизна одержаних результатів, повнота їх викладу в опублікованих працях.

У дисертації одержані такі нові *наукові результати*:

1. Проведено аналіз різноманітних математичних моделей суспензій:
 - математичні моделі агрегації, основані на рівнянні Смолуховського і його модифікаціях, а також механізми агрегації біологічних частинок, зокрема, еритроцитів крові;
 - континуальні моделі крові з урахуванням агрегації еритроцитів;
 - математичні моделі суспензій частинок, що осідають у похилих трубках;
 - дискретні моделі, які описують динаміку мікро- і наночастинок в суспензіях;
 - квазілінійні моделі осідання частинок дво- та трифазної суспензій, що агрегують, у вертикальних трубках в неоднорідному полі зовнішніх сил, де розв'язок знаходиться в області, яка має дві рухомі границі з різними крайовими умовами на них.
2. Вперше проведено чисельні розрахунки кривих осідання на основі трифазної моделі досліджено розмір та динаміку розмитої границі між зонами чистої плазми крові та агрегатів, що осідають, яка з'являється, наприклад, при алергії на медичні препарати.
3. В рамках континуальної та дискретної моделей кінетики агрегації частинок отримано вирази для швидкості агрегації.
4. Проведено узагальнення ефекту Бойкотта на випадок суспензій, що агрегують, отримано оптимальний кут нахилу, при якому частинки осідають з максимальною швидкістю.
5. Отримано розв'язки рівнянь Нав'є-Стокса для ламінарних течій суспензій мікро/наночастинок між паралельними пластинами та коаксіальними циліндрами, що обертаються, з урахуванням граничних умов прослизання першого та другого порядку на шорстких поверхнях, а також розв'язки задач про тришарову ламінарну течію незмішуваних мікро- та нанорідин між рухомими пластинами та коаксіальними циліндрами, що обертаються з різними кутовими швидкостями і мають різні шорсткості.
6. Показано, що шляхом правильного вибору шорсткості стінки, в'язкості рідини, товщини приграничних шарів та ін. можна контролювати роботу відповідних мікро/нанорідинних пристроїв, чим підвищувати їх ефективність.
7. Вперше запропоновано і обґрунтовано показник часу досягнення максимальної швидкості осідання еритроцитів для виявлення алергії на харчові продукти та лікарські препарати, досліджено осідання частинок крові

в мікротрубках з метою використання його як нового експрес-методу медичної діагностики на малих об'ємах крові.

Достовірність одержаних результатів визначається використанням математично обґрунтованих постановок та методами розв'язання проблеми осідання частинок суспензій, а також зіставленням власних результатів з результатами експериментальних даних.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів.

Наведені автором результати мають широке коло застосувань, зокрема, у медицині. Так, показник часу досягнення максимальної швидкості осідання еритроцитів крові має використання в медичній діагностиці для виявлення алергії на медикаменти та харчові продукти, а що зареєстровано патент на корисну модель. Автором отримано новий експрес-метод на малих об'ємах крові з використанням мікрокапілярів. Важливим практичним результатом є пояснення на основі трифазної моделі крові феномену виникнення та еволюції розмитого стовпця рідини на границі між зоною чистої плазми крові та еритроцитами, що осідають, під час проведення тесту ШОЕ. У роботі наводиться дані про оптимальний кут нахилу трубки, при якому частинки суспензії осідають з максимальною швидкістю, що має використання у медицині, промисловості та на виробництві.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Результати роботи в достатньо повній мірі опубліковані у 6 статтях у фахових виданнях України, у 3 статтях у зарубіжних спеціалізованих виданнях, а також у 8 матеріалах фахових вітчизняних і міжнародних наукових конференцій, серед яких 2 видання входять до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Оцінка змісту дисертації та її оформлення. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків до дисертації, списку використаних джерел, який налічує 186 найменувань, та одного додатка. Повний обсяг роботи – 188 сторінок, обсяг основної частини дисертації – 156 сторінок. Аналіз змісту анотації засвідчує її відповідність основним положенням, які висвітлені в дисертації. Анотація та текст дисертації оформлено відповідно до чинних вимог МОН України.

Зауваження по роботі.

1. Відмічаючи значну кількість розглянутих моделей суспензій, зазначимо недостатнє співставлення та порівняльний аналіз результатів, отриманих у рамках різних моделей.

2. Наведена на рис. 1.3 б схема кінетики утворення агрегатів внаслідок обмінних взаємодій не у повній мірі відповідає другому доданку правої частини рівняння Смолюховського (1.3).
 3. У роботі достатньо уваги приділено відомим експериментальним результатам, при цьому наведено порівняння з ними власних результатів, але не завжди чітко указано степінь близькості розрахункових та експериментальних даних. Зокрема, у п. 2.2 на стор. 76 відмічається, що виконано порівняння розрахованого значення показника часу досягнення максимальної швидкості осідання з даними експериментів, при цьому указано, що «результати показали добру відповідність між ними» без кількісної деталізації їхньої відповідності.
 4. В розділі 4 показано, що обчислена для ротаційного віскозиметра уявна в'язкість, яка враховує ефекти концентрації, може давати завищені і занижені значення в'язкості. Рекомендуємо провести експерименти для отримання різних значень умовної в'язкості, зокрема, близьких до в'язкості середнього рідкого шару. Аналогічно можна було б отримати відповідні залежності для капілярних віскозиметрів для шаруватих ламінарних течій Пуазейля в трубках, каналах і кільцях.
- Указані зауваження в значній мірі є побажаннями для проведення наступних досліджень дисертантки і не зменшують загальної високої оцінки одержаних наукових результатів.

Загальний висновок та оцінка дисертації

На основі вивчення автореферату, дисертації та опублікованих праць В. О. Баранець вважаю, що робота «Задачі механіки суспензій частинок, що агрегують» є оригінальним, самостійним та завершеним науково-прикладним дослідженням, виконаним на високому науковому рівні. Робота належним чином оформлена та задовольняє всім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій. Автор дисертації, Віталія Олександрівна Баранець, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.05 - «механіка рідини, газу та плазми».

Офіційний опонент

Завідувач кафедри прикладної математики,
статистики та економіки

Центральноукраїнського державного педагогічного
університету імені Володимира Винниченка,
доктор фізико-математичних наук, професор



О.В. Авраменко