

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Сафоника Андрія Петровича

“Моделювання нелінійно-збурених керованих процесів очищення рідин від багатокomпонентних забруднень”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційної роботи обґрунтована наявними потребами розв’язання практичних проблем очищення технологічних рідин в різних галузях промисловості та фундаментальних проблем оптимізації фільтрувальних процесів на основі побудови математичних моделей, методів та алгоритмів оптимізації з урахуванням взаємодії складових дифузії і масообміну, залежності швидкості фільтрування від параметрів моделей, параметрів завантаження та характеристик вихідної рідини в умовах багатокomпонентності. Дисертаційне дослідження орієнтоване на розробку математичного забезпечення для систем автоматизованого керування процесами фільтрування з урахуванням економічних критеріїв мінімізації матеріальних витрат та максимізації ефективності очищення технологічних рідин. Актуальність отриманих в роботі результатів фундаментальних досліджень у розвитку теорії, методів та алгоритмів математичного моделювання і оптимізації взаємодіючих процесів фільтрування через пористі середовища з урахуванням неоднорідності завантаження (концентрацій домішкових частинок, розмірів зернистості та швидкості потоків фільтрувальних процесів) підтверджена результатами успішного виконання шістьох НДР у розвитку науки й техніки. У рамках виконання цих робіт автор побудував нові математичні моделі процесів фільтрування, розробив методи їх комп’ютерної реалізації і провів дослідження побудованих нових моделей).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів підтверджується використанням апробованих в гідродинаміці методів розв’язання задач типу дифузія-конвекція-масообмін. Адекватність розроблених у роботі математичних моделей відповідним процесам фільтрування підтверджена відповідністю результатів проведених числових і фізичних експериментів, що проводились у спеціалізованих лабораторіях Національного університету водного господарства та природокористування, а також з результатами окремих натурних спостережень реальних об’єктів фільтрування.

Достовірність отриманих результатів і висновків забезпечується математичною строгістю постановок задач з використанням основних положень теорії регулярних і сингулярних збурень та застосуванням надійних математичних методів точного та наближеного чисельного розв'язку, а також порівнянням результатів обчислень отриманих різними методами, зокрема, у простіших випадках, з точними розв'язками.

Новизна наукових положень дисертаційної роботи.

У дисертаційній роботі отримано низку нових вагомих наукових результатів. Розроблено математичну модель процесу очищення рідин від багатоконпонентного забруднення для випадку домінування одних складових процесу над іншими, яка відрізняється від існуючих врахуванням зворотного впливу характеристик процесу (концентрації забруднення рідини та осаду) на характеристики середовища (коефіцієнти пористості, фільтрації, дифузії, масообміну тощо), на прикладі очищення рідини від багатоконпонентних домішок у механічних, магнітних і біологічних фільтрах, запропоновано новий підхід в теоретичному обґрунтуванні прояснення води в шарі завислого осаду, що дозволяє використовувати для розрахунків підходи теорії збурення і, таким чином, подолати обчислювальну складність розрахунку, а також провести верифікацію моделі.

Побудовано математичну модель процесу аеробного очищення стічних вод, що враховує взаємодію бактерій, органічної і біологічно неокисної речовин та узагальнено на процес очищення води у фільтрі-освітлювачі з урахуванням впливу дози реагенту та незворотної коагуляції домішкових частинок, а також запропоновано просторове узагальнення відповідної математичної моделі біологічного очищення, що дозволяє розраховувати потрібні параметри процесу очищення та оцінити точність отриманих розрахунків відповідно до результатів експериментальних досліджень..

Побудовано математичну модель процесу магнітного осадження домішок в одно-, дво- та n -шаровому фільтрі, яка описує закономірності фільтрування й нагромадження домішок у пористій засипці, та узагальнено на процес магнітного осадження домішок в зернистому фільтруючому матеріалі з урахуванням напруженості магнітного поля, зворотного впливу характеристик процесу (концентрації осаду) на технологічні параметри, зокрема на: пористість, напруженість магнітного поля, коефіцієнт відриву від гранул фільтруючого матеріалу частинок домішок, коефіцієнт фільтрації, що забезпечує прийнятну точність розрахунків для реальних технологічних процесів очищення.

Отримано асимптотичні та чисельно-асимптотичні розклади нелінійно-збурених модельних задач процесів очищення рідин від

багатокомпонентного забруднення (для одновимірного та просторового випадків), що дозволило розширити клас розв'язуваних задач і врахувати форму фільтра.

Обґрунтовано спосіб визначення невідомих параметрів моделей очищення рідин від багатокомпонентних забруднень механічними, магнітними та біологічними фільтрами, що дає можливість застосувати методи обернених задач і, таким чином, розширити клас розв'язуваних задач до практично необхідного.

На основі розроблених математичних моделей процесів магнітного біологічного та механічного очищення рідин від багатокомпонентних забруднень розроблено автоматизовану систему керування відповідними процесами.

Наукове та практичне значення отриманих результатів та можливі шляхи використання результатів дослідження.

Отримані теоретичні результати та розроблені числові методи є основою для розв'язання низки прикладних задач, а саме:

- визначення часу захисної дії фільтра та регенерації, що забезпечує ефективний режим його роботи;
- розроблення прикладних програм, які дозволяють оперативно розраховувати параметри процесів фільтрування;
- заміна натурних експериментів на комп'ютерні, що зменшить затрати на виробництво очисних систем, а також надасть економію фільтруючих матеріалів;
- визначення невідомих параметрів процесів фільтрування;
- розроблення системи автоматизації процесу очищення рідини від багатокомпонентного забруднення, що підвищує продуктивність роботи очисних споруд.

Результати роботи впроваджено:

- науково-дослідним виробничим бізнес-центром Національного університету водного господарства та природокористування (НДВБЦ НУВГП) в робочих проектах на об'єктах “Реконструкція очисних споруд м. Баранівка Житомирської обл.” та “Коригування робочого проекту “Реконструкція очисних споруд смт. Летичів Хмельницької обл.”;
- кооперативно-державним проектно-вишукувальним інститутом “Рівнеагропроект” на об'єкті “Будівництво об'єкту автодорожнього сервісу (кемпінг) вул. Бродівського, 96, с. Опарипси Радивилівського району Рівненської області”;
- малим приватним підприємством “Мікроком-сервіс” в проектно-

розрахункових роботах при розробці системи очищення технологічних водних середовищ від залізовмісних домішок на котельнях виробничо-житлового комунального господарства;

- кафедрою водопостачання, водовідведення та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування на станції знезалізнення “Гоща”.

Побудовані у роботі математичні моделі, методи і алгоритми розв'язування нелінійних сингулярно збурених крайових задач процесів фільтрування використовуються при читанні курсів “Числові методи”, “Математичні задачі енергетики” та “Моделювання природних та техногенних процесів” (кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій НУВГП); “Методи комплексного аналізу”, “Проблеми оптимізації і керування процесами і системами” та “Сучасні проблеми прикладної математики” (кафедра інформатики та прикладної математики РДГУ). Запропоновані моделі та алгоритми використовувалися для розв'язання відповідних задач у науково-дослідній лабораторії “Процеси і апарати фізико-хімічних методів очистки” кафедри фізики НУВГП, науково-дослідній лабораторії “Математичне моделювання нелінійних збурень процесів та систем” кафедри інформатики та прикладної математики РДГУ.

Оцінка змісту дисертації.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 65 наукових праць, у тому числі: 1 монографія у співавторстві, 30 статей у фахових наукових виданнях з технічних наук, 5 статей опубліковано у закордонних журналах, 11 праць опубліковано без співавторів, отримано 1 патент на корисну модель.

У вступі сформульовано мету і завдання дослідження, обґрунтовано актуальність теми дисертації та висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію роботи та публікації.

Перший розділ містить детальний огляд відомих математичних моделей, що описують процеси очищення рідин від багатокомпонентних забруднень. Проаналізовано відомі підходи та методи до моделювання процесів очищення рідини від багатокомпонентного забруднення шляхом фільтрування, розглянуто основні феноменологічні моделі процесів фільтрування у пористому середовищі. Здійснено огляд наукової літератури, присвяченої процесам фільтрування рідин, моделюванню процесів очищення рідин шляхом фільтрування, наведено загальну методологію розв'язання задач теорії фільтрування, зокрема, методику розв'язання сингулярно збурених крайових задач типу “фільтрація-конвекція-дифузція-масообмін”.

Обґрунтовано доцільність розроблення математичних моделей, визначення невідомих параметрів процесу очищення, а на їх основі автоматизованих систем керування очисними спорудами. Розділ завершується постановкою задачі дисертаційної роботи..

У другому розділі описано побудову математичних моделей процесів очищення рідин від багатокомпонентного забруднення у пористих середовищах з урахуванням зворотних впливів (концентрації забруднення та осаду) на характеристики середовища (коефіцієнти пористості, фільтрації, дифузії, масообміну тощо), а також узагальнення відповідних моделей на дво- та багаточарові фільтри.

У третьому розділі описано побудову математичних моделей процесів біологічної очистки рідини від багатокомпонентного забруднення, зокрема моделюванню процесу прояснення стічної води у прояснювачі, моделювання процесу аеробного очищення стічних вод в пористому середовищі, побудову чисельно-асимптотичне наближення розв'язків просторових модельних задач процесу аеробного очищення стічної води, моделювання сингулярно збурених процесів конвективної дифузії з урахуванням масообміну та температурного режиму, комп'ютерне моделювання процесу біологічного очищення води у регенераторі аеротенка.

У четвертому розділі побудовано математичні моделі процесів очищення рідин від багатокомпонентного забруднення магнітними фільтрами (осаджувачами) та аналізу відповідних процесів очищення на основі розроблених моделей, зокрема: вирішуються питання врахування зворотного впливу характеристик процесу (концентрації забруднення рідини та осаду) на характеристики середовища (коефіцієнти пористості, фільтрації, масообміну тощо) для випадку багатокомпонентності домішкових частинок у магнітних фільтрах, досліджується залежність процесу очищення від швидкості, тиску тощо.

У п'ятому розділі розглядаються задачі очищення рідини від багатокомпонентного забруднення в припущенні домінування одних складових процесу над іншими, а також розв'язання обернених задач на знаходження невідомих коефіцієнтів з метою ідентифікації параметрів процесу очищення, та з врахуванням зворотний вплив визначальних факторів (концентрації забруднення рідини та осаду) на характеристики середовища (коефіцієнт пористості, дифузії).

У шостому розділі розглядаються задачі комп'ютерного моделювання та автоматизації процесу очищення рідин, побудові систем автоматизованого контролю процесом очищення води та регенерації фільтра; розробки автоматизованих систем магнітної, біологічної очистки води; а також

побудови автоматизованих систем, які на основі розрахункових залежностей дозволяють здійснювати контроль водоочисними станціями та промисловими очисними системами, що на даний час функціонують у ручному режимі експлуатації.

У висновках викладено основні наукові результати роботи та напрямки перспективних досліджень.

Дисертаційна робота є завершеною науковою роботою, по структурі, мові і стилю написання відповідає вимогам до докторських дисертацій.

Повнота викладу в опублікованих працях.

За основними матеріалами роботи опубліковано 65 наукових праць, у тому числі: 1 монографія у співавторстві, 30 статей у фахових наукових виданнях з технічних наук, 5 статей опубліковано у закордонних журналах, 11 праць опубліковано без співавторів, отримано 1 патент на корисну модель. Основні наукові положення і висновки правильно і з необхідною повнотою відображені в авторефераті.

Змість автореферату ідентично відображає основні положення дисертації: актуальність роботи, зміст і суть отриманих наукових результатів, їх практичне значення, особистий внесок здобувача та належну широку апробацію результатів.

Використання у докторській дисертації результатів, які виносились на захист кандидатської дисертації.

Наукові положення і результати, які були захищені у кандидатській дисертаційній роботі “Моделювання нелінійних процесів фільтрування з урахуванням зворотних впливів та дифузійно-масообмінних збурень” (2010 рік) за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, яка була захищена в спеціалізованій раді Національного університету “Львівська політехніка”, не використовуються як наукові результати докторської дисертації здобувача і не виносяться на її захист.

Зауваження.

1. Контактно-крайові задачі сформульовано в умовах ідеального контакту на функції концентрації, проте відомо, що функції концентрації домішкових речовин задовольняють неідеальні контактні умови.
2. Не для всіх асимптотично побудованих наближених розв’язків вказана кількість членів асимптотичного ряду.
3. Обсяг обчислень і комп’ютерний час використання математичних моделей для розрахунків можуть суттєво впливати на практичну їх придатність, проте таких даних про реалізацію модельних задач не приведено.


4. Було би бажано окреслити межі адекватного практичного використання побудованих асимптотичних наближень.
5. У подальших дослідженнях важливо уточнити оцінки збіжності розроблених алгоритмів і більш чітко окреслити межі їх практичного застосування.

Приведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, не зменшують її практичну значимість та наукову новизну і не знижують загального позитивного сприйняття проведеного обсягу досліджень.

Загальні висновки.

Вважаю, що дисертаційна робота Сафоника А.П. “Моделювання нелінійно-збурених керованих процесів очищення рідин від багатокомпонентних забруднень”, яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, є завершеною науковою працею, в якій отримано нові, науково обґрунтовані та практично важливі результати у вирішенні науково-прикладної проблеми математичного моделювання нелінійних технологічних процесів очищення рідин від багатокомпонентних забруднень та у розвитку методології розв’язання відповідних задач підвищення якості та інтенсивності процесів очищення води. Дисертаційна робота Сафоника Андрія Петровича відповідає вимогам паспорту наукової спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (п. 1, п. 2 та п. 3), відповідає вимогам п. п. 9, 10, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за обраною спеціальністю.

Офіційний опонент
 професор кафедри математичної фізики
 Національного технічного університету України
 «Київський політехнічний інститут»
 доктор технічних наук, професор

 І.В. Бейко

Підпис проф. Бейка І.В. засвідчую

Взявши секрет  А. Мельниченко

