

Розроблення математичних моделей для інформаційних технологій в недетермінованих та детермінованих складних технічних системах.

Разработка основ моделирования стохастических процессов в химической технологии с учетом возможных условий неполной информации о гетерогенных системах.

Development of bases of design of stochastic processes in chemical technology taking into account the possible terms of incomplete information about the heterogenic systems.

1. **Номер державної реєстрації теми - 0109U00373**

2. **Науковий керівник -** к.т.н., доц. Щербина В.Ю., Щербина В.Ю., Shcherbina Valeriy J.

3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

При вирішенні багатьох прикладних задач зустрічаються процеси пов'язані з необхідністю урахування властивостей стохастичних гетерогенних систем. Такі проблеми постійно виникають у ряді провідних галузей промисловості — хімічній, нафтопереробній, будматеріалів, харчовій та інших, де важливе місце займають гідромеханічні процеси пов'язані з розділенням при урахуванні неоднорідності.

В зв'язку з цим виникає необхідність розробки уточнених математичних моделей та створення інформаційних технологій для моделювання недетермінованих та детермінованих складних технічних систем процесу розділення, з врахуванням не тільки детермінованих, але й випадкових факторів та залученням ймовірно-стохастичного моделювання, так як це багато в чому обумовлює ефективність самого розділення, і являється необхідним при оптимізації умов для здійснення цих процесів.

Основними результатами роботи є розроблені детерміновані та ймовірнісні математичні моделі для дослідження процесів розділення гетерогенних систем в вихрових сепараційних апаратах. При цьому пропонується новий підхід до рішення ряду прикладних задач зв'язаних зі стохастичними процесами в гетерогенних системах:

Узагальнена і реалізована теорія, що дає можливість вирішувати не тільки проблеми стохастичного розділення гетерогенних систем, і навіть не стільки ці проблеми, а пропонується новий підхід до рішення цілого ряду прикладних задач зв'язаних зі стохастичними процесами для вихрових сепараційних апаратів хімічної та інших технологій.

Розроблені математичні моделі, що дозволяють виконувати аналіз процесу розділення з урахуванням випадкових (стохастичних) факторів розділення гетерогенних систем.

Запропоновані математичні моделі що дають можливість математично довести й обґрунтувати отримання результату, навіть виконаного на рівні континуальної механіки, з погляду теорії ймовірності й системно-інформаційного походу.

Запропоновані методики, які дають можливість розрахувати необхідні характеристики апаратів, режими технологічних параметрів, а також визначати об'єми розділення, причому вони є більш достовірні, ніж знайдені за допомогою чітко визначених математичних моделей континуальної механіки, так як з точки зору ймовірнісних позицій при розрахунках враховується вся дійсно існуюча інформація про систему.

(рос.)

При решении многих прикладных задач встречаются процессы связанные с необходимостью учета свойств стохастических гетерогенных систем. Такие проблемы постоянно возникают в ряде ведущих отраслей промышленности - химической, нефтеперерабатывающей, стройматериалов, пищевой и других, где важное место занимают гидромеханические процессы связаны с разделением при учете неоднородности.

В этой связи возникает необходимость разработки уточненных математических моделей и создание информационных технологий для моделирования недетерминированных и детерминированных сложных технических систем процесса разделения, с учетом не только детерминированных, но и случайных факторов и привлечением вероятно-стохастического моделирования, так как это во многом обуславливает эффективность самого разделения, и является необходимым при оптимизации условий для осуществления этих процессов.

Основными результатами работы являются разработанные детерминированные и вероятностные математические модели для исследования процессов разделения гетерогенных систем в вихревых сепарационных аппаратах. При этом предлагается новый подход к решению ряда прикладных задач связанных со стохастическими процессами в гетерогенных системах:

Обобщена и реализована теория, что дает возможность решать не только проблемы стохастического разделения гетерогенных систем, и даже не столько эти проблемы, а предлагается новый подход к решению целого ряда прикладных задач связанных со стохастическими процессами для вихревых сепарационных аппаратов химической и других технологий.

Разработаны математические модели, позволяющие выполнять анализ процесса разделения с учетом случайных (стохастических) факторов разделения гетерогенных систем.

Предложенные математические модели позволяющих математически доказать и обосновать получение результата, даже выполненного на уровне континуальной механики, с точки зрения теории вероятности и системно-информационного подхода.

Предложенные методики, позволяющие рассчитать необходимые характеристики аппаратов, режимы технологических параметров, а также определять объемы разделения, причем они более достоверны, чем найденные с помощью четко определенных математических моделей континуальной механики, так как с точки зрения вероятностных позиций при расчетах учитывается вся действительно существующая информация о системе.

(англ.)

When solving many applied problems encountered processes associated with the necessity to take account of stochastic properties of heterogeneous systems. Such problems regularly arise in a number of leading industries - chemical, petroleum, building materials, food and others, where important are hydrodynamic processes associated with separation at urahuvanni heterogeneity.

In connection with this arises the need for refined mathematical models and creation of information technologies for modeling nedeterminovanyh deterministic and complex engineering systems division process, taking into account not only deterministic but random factors and the likely involvement-stochastic modeling, as it largely determines the efficiency of the division, and is necessary for optimization of conditions for these processes.

The main result is developed deterministic and probabilistic mathematical models to study the processes of separation of heterogeneous systems in the vortex separation devices. It was suggested a new approach to solving some applied problems associated with stochastic processes in heterogeneous systems:

The generalized and applied theory, which enables not only solve the problem of stochastic separation of heterogeneous systems, and even many of these problems, and proposed a new approach to solving a variety of applications associated with stochastic processes for the vortex separation devices for chemical and other technologies .

A mathematical model allowing to analyze the process of separation, taking into account the random (stochastic) factors of separation of heterogeneous systems.

The proposed mathematical models that allow mathematically prove and justify the results, even performed at the level of continual mechanics, in terms of probability theory and system-information campaign.

The proposed methodology, which enables to calculate the necessary characteristics of devices, modes of technological parameters and determine the volume of the division, and they are more reliable than found by using well-defined mathematical models of continual mechanics, as well as in terms of probability when position calculations take into account all the really existing information about the system.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Патент на корисну модель №43533. Черв'ячна змішувальна машина для полімерних матеріалів / Сівецький В.І, Сокольський О.Л., Щербина В.Ю., – опубл. 25.08.2009р. Бюл. №16/2009;

- Патент на корисну модель №43534. Черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів / Сівецький В.І, Сокольський О.Л., Щербина В.Ю., – опубл. 25.08.2009р. Бюл. №16/2009;
- Патент на корисну модель №43557. Циклонний теплообмінник обертової печі / Щербина В.Ю., Сівецький В.І, Чжан Юлинь(张佑林), Ковешников А.О., Соколец О.О. – опубл. 25.08.2009р. Бюл. №16/2009;
- Патент на корисну модель №43613. Обертова піч / Щербина В.Ю., Величко Ю.М., Сівецький В.І, Чжан Юлинь(张佑林), Величко О.Ю – опубл. 25.08.2009р. Бюл. №16/2009;
- Патент на корисну модель №46781. Черв'ячно-дисковий екструдер / Сівецький В.І, Сокольський О.Л., Щербина В.Ю., Кравець Н.Я., – опубл. 11.01.2010р. Бюл. №1/2010;
- Патент на корисну модель №47793. Вихровий теплообмінник обертової печі / Щербина В.Ю., Береговий Р.О., Бобах В.В., Самilenко Ю.Н. – опубл. 25.02.2010р. Бюл. №4/2010;
- Патент на корисну модель №52898. Вихровий теплообмінник обертової печі / Щербина В.Ю., Чжан Юлинь(张佑林), Ху Ефа(胡业发), Гостев А.В., Самilenко Ю.Н. – опубл. 10.09.2010р. Бюл. №17/2010;
- Патент на корисну модель №57792. Обертова піч / Щербина В.Ю., Шишковський О.В, Самilenко Ю.Н., Кривко Ю.В.. – опубл. 01.03.2011р. Бюл. №5/2011;
- Патент на корисну модель №64150. Вузол з'єднання вінцевої шестерні з корпусом барабана обертової печі / Щербина В.Ю., Сівецький В.І, Брижак О.В., Карпенко О.А.. – опубл. 25.10.2011р. Бюл. №20/2011;
- Патент на корисну модель №64151. Футерівка обертової печі / Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Тіхомірова І.М., Новохатська Ю.М. – опубл. 25.10.2011р. Бюл. №20/2011;
- Патент на корисну модель №64152. Бандаж обертової печі / Щербина В.Ю., Храпійчук Т.І., Новохатська Ю.М. – опубл. 25.10.2011р. Бюл. №20/2011;

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а підходи з врахуванням не тільки детермінованих, але й випадкових факторів та залученням ймовірно-стохастичного моделювання, де пропонується новий підхід до рішення ряду прикладних задач зв'язаних зі стохастичними процесами в гетерогенних системах є передовими у світовій практиці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Практичне застосування розробок дозволить значно знизити собівартість проектно-конструкторських робіт і затрати на виготовлення хімічного устаткування за рахунок вилучення стадій його доводок, розробляти нове ефективне обладнання, знизити матеріалота енергоємність хімічних процесів і устаткування для їх реалізації з одночасним підвищенням їх якості.

Використання розроблених математичних моделей забезпечує розробку машин та апаратів кращого технічного рівня, підвищення надійності та довговічності, зниженню матеріало- і енергомісткості виробів що проектуються. Робота представляє практичний інтерес для фахівців у галузях хімічної промисловості, будівництва, машинобудування та інших галузей народного господарства.

Використання теорій та програм дозволить збільшити продуктивність праці користувачів у 1,5 - 3 рази, а використання банків та баз даних, скоротить час на розробку повного комплексу техдокументації в 5-10 разів з одночасним підвищенням їх економічності, надійності, та сприятиме їх широкому використанню в промисловості України.

Крім того, при її використанні з'являється і ряд якісних показників, що будуть сприяти: вивільненню значного числа конструкторів і розроблювачів, з одночасним істотним підвищенням якості роботи і поліпшенням його техніко-економічних показників, задоволенню специфіки вимог конкретних підприємств, скороченню терміну підготовки виробництва. З обліком тільки кількісних показників ефективності розробок, строк окупності роботи складе не більш 1 – 2 років.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Робота може бути впроваджена в науково-дослідних та проектно-конструкторських організаціях хімічного, нафтопереробного та будівельного комплексів України, а також використовуватись безпосередньо на підприємствах, для оптимізації робіт і вибору раціональних режимів роботи машин та апаратів цих підприємств та при моделюванні аварійних ситуацій.

У розроблювальній системі зацікавлені такі підприємства хімічного та будівельного комплексу України, з різновідомчим підпорядкуванням, як: корпорація "Укрбудматеріали" (м. Київ), концерн "Укрцемент" (м. Київ), з-д "Більшовик" (м. Київ), "УкрНДІпластмаш" (м. Київ), Південгіпроцемент (м. Харків), НПО "Будматеріали" (м. Київ), УНДІАЕН (м. Суми), "Насосенергомаш" (м. Суми), "Гіпрбудмашина" (м. Київ), Полтавське управління бурових робіт (м. Полтава).

8. Стан готовності розробки.

Розроблені математичні моделі та методики розрахунку дають можливість: виконувати розрахунок на основі детермінованої моделі для вивчення траєкторії руху часток в робочому потоці сепараційного вихрового подільного апарату; виконувати розрахунок руху робочого потоку на базі імовірнісних моделей з урахуванням процесів дроблення твердих часток у потоках, удари часток об тверді поверхні корпусу апарату, процес запирання вихідного патрубку, дію масових сил з врахуванням циркуляційних потоків та впливу цих факторів на робочий потік роздільного апарату; досліджувати траєкторії руху детермінованих та імовірнісних моделей з врахуванням випадкових факторів та випадкових відхилення параметрів від їх номінальних значень.

9. Існуючі результати впровадження.

Матеріали досліджень за темою впроваджені в учбовий процес в навчально-дослідних та науково-дослідних роботах студентів, підготовці бакалаврських та дипломних проектів на теми „Пилоосадова камера”, „Гідроциклон”, „Вихровий теплообмінник”, магістерських атестаційних робіт та дисертацій на теми “Моделювання процесів руху дисперсного матеріалу в запічних теплообмінниках обертової печі”, „Математичне моделювання процесу сепарації у вихрових теплообмінниках”; при підготовці навчальних дисциплін з комп’ютерного проектування обладнання для процесів переробки сипких матеріалів, зокрема, в спецкурсі „Процеси та апарати хімічних виробництв” – розділ „Ймовірності методи для оцінки надійності конструкції”; „Механічне обладнання підприємств будматеріалів” – розділ „Розрахунок сепараційних апаратів з врахуванням стохастичного характеру параметрів потоків”; „САПР” – розділ „Автоматизоване проектування вихрових сепараційних апаратів”.

Основні положення роботи впроваджені у підручниках «Апаратне оформлення та моделювання ефективності вихрових сепараційних апаратів з врахуванням стохастичності процесу» та «Методологія проектування». В навчальному посібнику «САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень» та методичних вказівках по курсу «Методологія проектування» Розділ: Вибір перспективних проектних рішень» даються пояснення та завдання для лабораторних робіт.

Деякі розробки, виконані в роботі, були використані на ВАТ «Сумський завод «Насосенергомаш» при розробці конструкції гідроциклонів для нафтових магістральних насосів типу НМ на подачу від 1250 м³/ч до 12500 м³/ч з напіром від 210м до 260м. Проведені лабораторні дослідження підтвердили гарантовану надійність, розроблених з використанням методик розрахунку гідроциклонів та адекватність математичних моделей. Конструкція гідроциклонів дозволяє практично цілком очистити робоче середовище, що подається на торцеві ущільнення, від часток розміром 15 мкм і більш. При цьому ресурс роботи торцевих ущільнень з 6300 годин може бути збільшений до 16500 годин, тобто в 2,6 рази. Досягнення таких показників дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати та утрати від простою магістральних насосів під час проведення ремонту кінцевих ущільнень.

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ "КПІ", Інженерно-хімічний факультет, кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, тел. (044) 406-82-88, e-mail: xpsm@ukr.net

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Щербина В.Ю. Розділення гетерогенних систем в циклонних вихрових апаратах як стохастичний процес // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка Науково-технічний збірник. - Випуск 31. -2009 р.с.132-139
2. О.С. Сахаров, В.І. Сівецький, О.Л.Сокольський, В.Ю. Щербина, Чисельне моделювання течії в'язкопластичних середовищ з урахуванням пружності конструктивних елементів обладнання // ВЕСНИК НТУУ «КПІ». МАШИНОСТРОЕНИЕ. 2009, №55, с.71-82
3. А.С. Сахаров, В.Ю. Щербина, Чжан Юлин (张佑林), Ю.Н. Самиленко, В.В. Бобах. Моделирование влияния формы огнеупора на тепловую эффективность футеровки вращающейся печи // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Выход 4/10 (40). -2009р. с. 58-65.
4. Щербина В.Ю., Чжан Юлин, Самиленко Ю.Н. Бобах В.В. Моделирование работы вихревого теплообменника в газовом потоке вращающейся печи // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка Науково-технічний збірник. - Випуск 33 -2009 р.с.158-164
5. V. Shterbina, A. Saharov, U. Smilenko, V. Bobah. About increase of thermal resistance inwall of tubular furnaces // International Scientific Conference "UNITECH" GABROVO'09, 20 – 21 November 2009, Proceedings, VOLUME II, p.51-56
6. В.Ю. Щербина, А.С. Сахаров, Ю.Н. Самиленко,. Дослідження термомеханічних навантажень в обертовій печі з вихровим теплообмінником // Наукові вісті НТУУ "КПІ" №6, 2009, с.26-33
7. Щербина В.Ю., Чжан Юлин(张佑林), Ху Ефа (胡业发), Саміленко Ю.Н., Вихревой теплообменник вращающейся печи // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. №1(5), 2010, стр. 88-94.
8. Новохатская Ю.Н., Щербина В.Ю. Исследование температурных полей в фрагменте футеровки печи с дополнительной теплоизоляцией // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. №2(6), 2010, стр. 48-50.
9. V. Shterbina, A. Saharov, U. Smilenko, Research of the rotation furnace strained state with fashioned refractory usage // International Scientific Conference "UNITECH" GABROVO'10, 19 – 20 November 2010, Proceedings, VOLUME 2, p.59-63
10. V. Shchertbina, Research of separation process in rotational hydrodynamic machines // International Scientific Conference "UNITECH" GABROVO'10, 19 – 20 November 2010, Proceedings, VOLUME 2, p.92-97
11. В.Ю. Щербина, Розділення гетерогенних систем як стохастичний процес // 30 международная конференция «Композиционные материалы в промышленности» (СЛАВПОЛИКОМ), 7- 11 июня 2010 г. в г. Ялте, Крым, с.260-261
12. Щербина В.Ю., Ю.В.Кривко. Теплозащитная изоляция в футеровке вращающейся печи // Науково-практична конференція студентів, аспірантів та науковців кафедри ХПСМ «Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів» Київ 2010р.25-27 травня. С.17-18
13. Щербина В.Ю., Чжан Юлин, 张佑林, Ху Ефа, 胡业发, Саміленко Ю.Н. Исследование работы вихревого теплообменника в газовом потоке вращающейся печи // 30 международная конференция «Композиционные материалы в промышленности» (СЛАВПОЛИКОМ), 7- 11 июня 2010 г. в г. Ялте, Крым, с.261-263
14. В.Ю.Щербина, та студенти групи ЛС-51. Тези зі студентами. Всього 10 тез доповідей // Науково-практична конференція студентів, аспірантів та науковців кафедри ХПСМ «Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів» Київ 2009р.25-27 травня.

15. Щербина В.Ю., Чжан Юлин, 张佑林, Ху Ефа, 胡业发, Самilenко Ю.Н. Теплозащитная изоляция в футеровке вращающейся печи // 6 МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Материалы и покрытия в экстремальных условиях...» 20-24 сентября 2010. Крым, Украина. Тезисы докладов. Стр. 334
16. Щербина В.Ю., Новохатская Ю.Н., Шишковский А.В. Повышение теплового сопротивления футеровки вращающейся печи // МІЖДНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Матеріали для роботи в екстремальних умовах -3" 28-29 грудня 2010. Київ, НТУУ «КПІ» ІФФ. Україна. Доповіді. Стор. 238-245.
17. А.С.Сахаров, В.Ю.Щербина, Чжан Юлин(张佑林), С.М.Чернега Исследование влияния огнеупоров на тепловую эффективность вращающейся печи // Математическое моделирование в механике сплошных сред. Методы граничных и конечных элементов. Труды XXIII международной конференции. 2009г. – СПб: ВВМ, 2009, с.65.
18. В.Ю.Щербина, В.М.Допіра, Дослідження напружено-деформованого стану вінцевої шестерні обертової печі 4,5x170 м // Науково-практична конференція кафедри ХПСМ «Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів» Київ 2011р.27-29 квітня. Ст. 10-13.
19. В.Ю.Щербина, Коробко В.В. Моделювання роботи млина «ГІДРОФОЛ» з установкою допоміжних подрібнюючих елементів // Науково-практична конференція кафедри ХПСМ «Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів» Київ 2011р.27-29 квітня. Ст. 13-16.
20. В.Ю.Щербина. Моделирование возможности образования сколов в огнеупорах футеровки вращающейся печи // "Огнеупоры и техническая керамика", №9, 2011, стр. 36-42.
21. В.Ю.Щербина. Моделирование возможности образования сколов в огнеупорах футеровки вращающейся печи // "Огнеупоры и техническая керамика", №9, 2011, стр. 36-42.
22. V. Shcherbina, A. Saharov, J. Novokhatska USAGE OF THE VORTEX COOLER IN THE ROTATING FURNACE // International Scientific Conference “UNITECH” GABROVO’11, 18 – 19 November 2011, Proceedings, VOLUME 2, p.138-142
23. V. Shcherbina, Split appearing in rotation furnace refractory brickworks // International Scientific Conference “UNITECH” GABROVO’11, 18 – 19 November 2011, Proceedings, VOLUME 2, p.170-172
24. Карпенко О. А., Щербина В.Ю. Дослідження роботи колосника у холодильнику «ВОЛГА-150» // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка Науково-технічний збірник. - Випуск 42 -2011 р.
25. Брижак О. В., Щербина В.Ю. Трубний млин з теплоізоляцією корпусу // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка Науково-технічний збірник. - Випуск 42 -2011 р.
26. Щербина В.Ю., Тіхомірова І.М., Новохатська Ю.М Дослідження можливостей руйнування вогнетривів в футерівці обертової печі // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка Науково-технічний збірник. - Випуск 42 -2011 р.
27. Авторське право на Технічний твір «Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Методологія проектування» Розділ «Вибір перспективних рішень» / Щербина В.Ю., Чернега С.М., Самilenко Ю.М., Лелека С.В. - Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №36476 від 10.01.2011.
28. Авторське право на Технічний твір «Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Методологія проектування» Розділ «Оформлення робочої та конструкторської документації» / Щербина В.Ю., Чернега С.М., Самilenко Ю.М., Лелека С.В. - Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №36475 від 10.01.2011.