8. Гончаров Б.В. Теория и практика безэталонных электромагнитных методов контроля. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.
9. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества. – К.: Техніка, 1981. – 150 с.
10. Дунаев Б.Б. Определение требований к точности измерений в системах контроля // Точность и надёжность кибернетических систем. – Вып. 2. – 1974. – С. 90-94.
11. Сиренко Н.Н., Лямпарт Е., Багмет О.Л. Многопараметровый преобразователь контроля цилиндрических токопроводов. – В сб.: Третья Республиканская научно-техническая конференция "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике". – Харьков. - 1988. - С. 236-237.
12. Себко В.П., Сиренко Н.Н., Голоцван С.Б., Лямпарт Е. Многопараметровые методы испытания изделий. – В сб.: IV Всесоюзное совещание по теоретической метрологии. – Ленинград. - 1989. - С. 43-44.
13. Себко В.П., Пантелеев М.С. К вопросу измерения магнитной проницаемости ферромагнитных изделий в различных температурных режимах // Локальные автоматизированные системы автоматики. – Київ. – Наукова думка. - 1983. – С. 109-113.

Надійшла 06.09.2010

УДК 678.08

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ НЕЛІНІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

М.Є. СКИБА, Ю.Б. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, Е.О. ЯНКОВЕЦЬ

Хмельницький національний університет

Розроблено методику пошуку оптимальних параметрів для нелінійних математичних моделей з великою кількістю вхідних параметрів, що дозволяє знаходити глобальний оптимум з достатньою точністю і швидкістю

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями

Пошук оптимуму являється одною з головних задач конструктора. Для знаходження оптимума потрібно мати математичну модель і засоби для аналізу математичної моделі.

Вирішення таких задач здійснюється в два етапи. Суть першого етапу заключається в пошуку області екстремуму, а суть другого етапу -- у знаходженні екстремальної точки. Ці два етапи є головними складовими пошукових методів , які дуже часто використовуються при вирішенні задач оптимізації [1].

Пошукових методів є дуже багато. Якщо розглядати їх модифікації, то можна набрати кілька десятків пошукових методів. До основних методів пошуку можна віднести наступні методи: симплексів, Гаусса-Зейделя, випадкового пошуку, градієнта, найшвидшого спуску, метод крутого сходження та інші.

Саме вирішення питання про знаходження оптимуму постає при оптимізації науково-технічних та виробничих процесів, які здійснюються для покращення властивостей виробів, вивчення граничних можливостей пристроїв, приладів і т. п.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Взагалі, оптимізація процесів у виробничих умовах має ряд особливостей, які обумовлюються цілим рядом причин. Наприклад, якщо виробництво є діючим, то деякі задачі приходиться вирішувати не перериваючи процес виробництва. Також, варіювати фактори в широких інтервалах не є можливим, адже для того, щоб уникнути браку на виробництві, на області варіювання факторів накладаються обмеження. В умовах виробництва значну роль відіграють неконтрольовані змінні. Їх зміна може привести до зміщення оптимуму відносно контрольованих.

Звичайно, пошук оптимальних рішень в області оптимуму є найбільш ефективним лише тоді, коли враховується математична модель об'єкту дослідження. Хоча, існують випадки, коли оптимум знаходять навіть при відсутній математичній моделі об'єкту. Це можливо лише тоді, коли співвідношення, що характеризують функцію цілі задані в аналітичній формі і не є дуже складними, наприклад мають вид лінійних рівнянь. Але на практиці, на жаль, зустрічаються більш складні задачі. Саме тоді, успішно використовуються методи пошуку оптимуму [1, 2].

Розглянемо основні методи, які використовують при пошуку оптимальних рішень в процесі проведення досліджень як на етапі просування до області оптимуму, так і на етапі вивчення області оптимуму.

При оптимізації методом Гаусса-Зейделя оптимум досліджуваного процесу шукають почерговим варіюванням кожної вхідної змінної (фактора) до досягнення власного оптимуму. Спочатку досягається оптимум за напрямком однієї з координатних осей за фіксованими значеннями факторів по інших координатних осях. Потім, зафіксувавши знайдене значення фактора, переходять до варіювання іншого фактора. Де знову досягається частинне значення оптимуму і т. д.

Досвід практичного використання даного пошукового методу показує, що він являється ефективним лише в тих ситуаціях, коли незначні ефекти взаємодії факторів, тобто, коли лінії постійного рівня мають вид еліпсів чи кругів з осями паралельними осям координат.

Це найбільш простий метод оптимізації широко використовується в практиці досліджувань. Найчастіше однак обмежуються однократним варіюванням по кожній з координатних осей, що зв'язано з основним недоліком методу – тривалість просування в область оптимуму. Тому зазначений алгоритм рідко доводить до області оптимуму.

Основна ідея методу випадкового пошуку полягає у випадковому виборі напрямку руху на кожному наступному кроці. Існує багато видів методу випадкового пошуку, але всі вони об'єднані застосуванням випадкового вектора. Для формування випадкового вектора використовуються випадкові числа. Цей метод широко використовується при оптимізації процесів, однак дає гарні результати при великому числі факторів, а також корисний у сполученні з іншими методами.

Що ж стосується методу симплексів, то головною особливістю цього методу є об'єднання процесу вивчення досліджуваного об'єкту і процесу пошуку оптимуму. Все це можна досягнути за допомогою планування експерименту у вигляді симплекса. Фігура, яка була утворена безліччю точок, які називають вершинами симплекса, що не належать одночасно жодному підпростору, визначається nмірним симплексом. Геометрично симплекс представляє собою найпростіший опуклий багатогранник даного числа вимірів n (тетраедр, трикутник).

Цей пошуковий метод широко використовується при оптимізації процесів як на етапі наукових досліджень, так і в промислових дослідженнях. Основною його перевагою є те, що цей метод дозволяє скоротити кількість експериментів при високій ефективності пошуку оптимуму.

Далі розглянемо градієнтний метод пошуку оптимуму. Цей метод використовується при врахуванні наближених математичних залежностей і на аналізі їхніх похідних. Особливі труднощі виникають при виборі кроку, адже ця процедура є довільною. Хоча в деяких градієнтних методах величина кроку змінюється в процесі руху до оптимуму так як це допомагає підвищити ефективність пошуку. При виборі величини кроку на початковій стадії роботи, інколи, спочатку приймають крок, який може бути більший за помилку вимірювання аж в 6 разів. Потім, після проведення обчислень з врахуванням заданого кроку, величину кроку зменшують в два рази і повторюють обчислення. Порівнявши отриманий результат з попереднім роблять висновки: якщо різниця не суттєва, то залишають початковий крок, а якщо суттєва, то крок продовжують зменшувати.

Цей метод, разом з його модифікаціями є дуже розповсюдженим і ефективним методом пошуку оптимуму досліджуваних об’єктів.

Метод Бокса-Уілсона ще називають методом крутого сходження. Цей метод поєднує в собі переваги таких трьох методів, як методу градієнта, методу Гаусса-Зейделя і методу повно факторного експерименту як засобу одержання лінійної математичної моделі. Суть цього методу заключається в тому, щоб кроковий рух здійснювати в напрямку найшвидшого зростання або ж спадання вихідних змінних. У методі крутого сходження напрямок коректується не після кожного наступного кроку, як в методі градієнта, а при досягненні в деякій точці на даному напрямку частинного екстремуму цільової функції, тобто так само як це робиться в методі Гаусса-Зейделя. Далі у точці частинного екстремуму проводиться новий факторний експеримент. Наступним етапом є визначення математичної моделі і знову здійснюється круте сходження. В даному методі, у процесі руху до оптимуму регулярно проводиться статистичний аналіз проміжних результатів пошуку. Пошук припиняється лише тоді, коли квадратичні ефекти в рівнянні регресії стають значущими. Це означає, що область оптимуму досягнуто.

Ще є методі випадкового пошуку, які основані на кроковому русі в область оптимуму. В даному методі напрямок руху при кожному русі вибирають як випадкове із всіх можливих рухів. Переміщення у факторному просторі здійснюється від одної довільної точки до іншої. Зазвичай координати випадкових точок знаходять з допомогою відомих сукупності випадкових чисел, які є рівномірно розподілених у визначеному інтервалі.

Перевагою методів випадкового пошуку є те, що вони не потребують знання форм поверхні відклику при виборі напрямку руху. Ці пошукові методи можна успішно використовувати при вирішенні багатоекстремальних задач і ефективні при суттєвих помилках експериментів.

Метод релаксації базується на русі до оптимуму в напрямку осей координат, вздовж яких функція цілі зменшується чи збільшується найбільш суттєво. В даному випадку, релаксація враховує поступовий перехід від урахування впливу найбільш сильних факторів, до урахування впливу факторів, які в незначній мірі відображаються на величині критерія оптимізації.

Також, важливе значення тут надається вибору кроку. Якщо вибрана дуже мала величина кроку, то зміна факторів значно збільшує число кроків, які необхідні для досягнення оптимуму. Обравши велику величину кроку можна довго кружляти навколо оптимуму.

На практиці використання методу релаксації має деякі недоліки. Наприклад, ефективність даного пошукового методу значно залежить від орієнтації системи координат в просторі. Також, труднощі виникають, якщо пошук ведеться при обмеженнях на змінювання факторів типу нерівність. В таких випадках рекомендовано використовувати інші методи пошуку оптимуму [2, 3, 4].

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою нашого дослідження є розробка методики пошуку оптимальних параметрів для математичних моделей, що являються нелінійними, можуть містити локальні і глобальні оптимуми та мають велику кількість вхідних параметрів. Ця методика розробляється для дослідження нелінійних моделей.

Виклад основного матеріалу досліджень

В даному випадку, перед нами була поставлена задача розробити методики пошуку оптимальних параметрів для математичних моделей (ММ), які є нелінійними і мають велику кількість вхідних параметрів (X_1 ... X_n) [5]. Розглянувши існуючі пошукові методи, ми зупинилися на методі крутого сходження, додавши до нього метод половинного кроку. Таке поєднання допоможе швидше досягнути бажаного результату, тобто знайти оптимум.

Отже, насамперед, було визначено вхідні параметри (X_1 ... X_n). Вибрано змінні, що підлягають визначенню. Записані інтервали варіювання або границі (Н), зв'язки між змінними. А також визначено степінь дискретизації (S). Врахувавши все це було розроблено блок-схему алгоритму для розв'язання математичної задачі з допомогою чисельного аналізу (рис. 1).

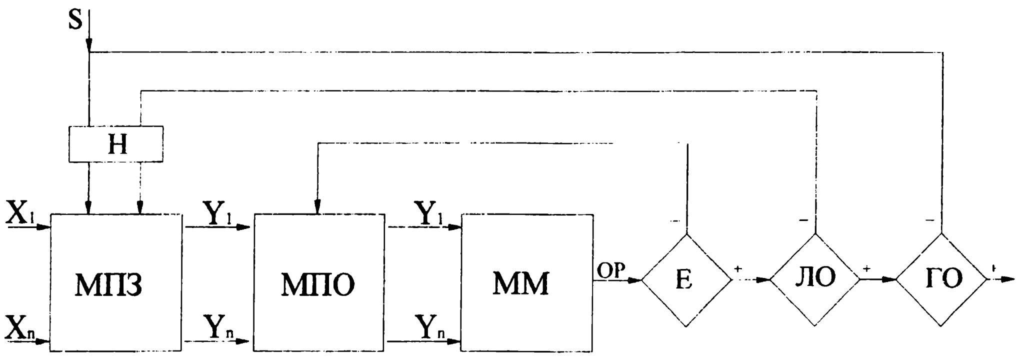

Рис. 1 **Блок-схема алгоритму для розв'язання математичної задачі**

Визначивши вхідні параметри (від кількості вхідних параметрів, відповідно, змінюється і кількість розрахунків) та задавши границі коливань значень вхідних параметрів, пропонуємо ввести матрицю початкових значень (МПЗ). Суть застосування цього блоку можна пояснити на прикладі графічної інтерпретації для двох вхідних параметрів (рис. 2).

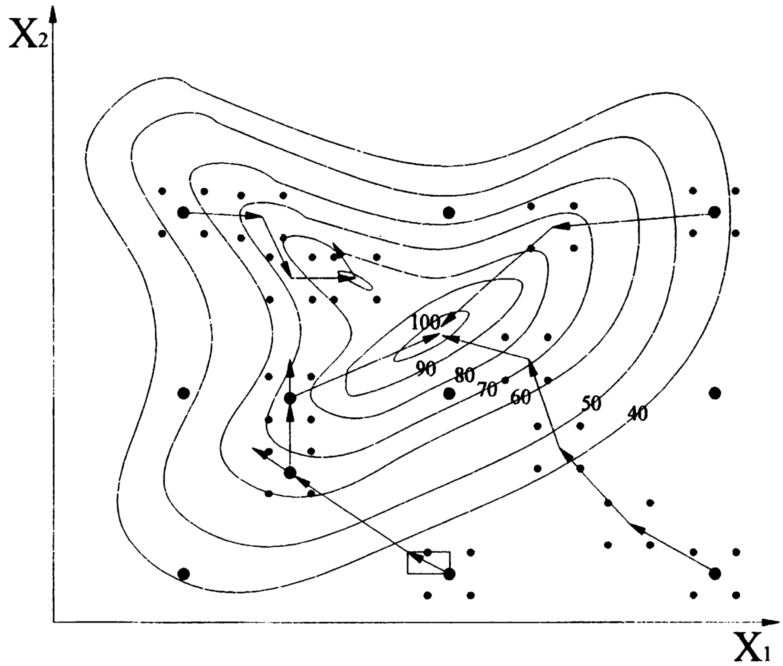

Рис. 2 **Графічна інтерпретація**

Вхідні параметри X_1 та X_2 графічно показано як осі. Також, на рисунку показано контурні криві, які характеризують область оптимуму. Матрицю початкових значень розбиваємо на декілька „точок" з заданим степенем дискретизації. Степінь розбивки матриці залежить від того, яку точність ми хочемо отримати і, звичайно, від потужності комп'ютера. Адже якщо матрицю початкових значень розбити задавши при цьому мінімальну степінь дискретизації, то отримуємо максимальну кількість значень, обчислення яких значно зменшить швидкість вирішення поставленої задачі. Далі, взявши до уваги, вибраний пошуковий метод, з кожної точки матриці починаємо рух до оптимуму. На рисунку, для прикладу, рух векторів показано тільки з декількох точок. Після обчислення руху векторів, для кожної точки ми знаходимо якесь певне значення, яке називається локальним оптимумом. Тобто, зрозуміло, що при різних поєднаннях аргументів значення функцій також будуть різними, хоча і не завжди. Далі, серед них визначається найоптимальніше, або, так би мовити найвигідніше значення з точки зору дослідника. Це і буде глобальним оптимум.

Для того, щоб збільшити точність визначення глобального оптимуму вводимо методику половинного кроку, з допомогою якої ми можемо в сотні тисяч разів збільшити швидкість розрахунку, а також збільшиться точність. Тобто, ми задаємо якийсь крок руху, швидко рухаємося до певної області, а потім за допомогою метода половинного кроку, змінюючи розмір заданого кроку наближаємося і, відповідно, знаходимо глобальний оптимум. Звідси, видно, що вибір кроку руху дозволяє значно зменшити кількість розрахунків.

Вхідні параметри (X_1 ... X_n), після „обробки" в матриці (МПЗ), набувають нових значень, які умовно будемо називати вхідними параметрами математичної моделі (Y_1 ... Y_n). Саме їх, використовуємо в блоках методики пошуку оптимуму (МПО) та математичній моделі (ММ). Результатом даних обчислень буде напрямок руху векторів. Такі обчислення проводяться для кожного параметра матриці початкових значень (МПЗ). Звичайно ж, при розрахунках один параметр є змінним, а всі інші значення вхідних параметрів, ми не змінюємо.

Так, провівши розрахунки, отримуємо якесь значення оптимуму, яке порівнюємо з отриманим результатом (ОР). Як показано на схемі, далі є умова (Е), тобто задана якась точність, з допомогою якої, ми порівнюючи дане значення з попереднім робимо висновки. Якщо отриманий результат не відповідає поставленій умові (ні – „-"), ми повертаємося до методики пошуку оптимуму і змінюючи крок руху знову знаходимо якесь значення. Якщо ж, отриманий результат відповідає умові (так – „+"), тобто дане значення дорівнює попередньому, в межах заданої точності, ми отримуємо оптимум (ЛО) для даного кроку розрахунку.

Враховуючи, що значень в матриці є декілька, ми переходимо (ні – „-") до слідуючого параметру матриці початкових значень і знову проводимо обчислення, при цьому використовуючи інше значення матриці. І так ми повертаємося до матриці початкових значень, до тих пір, поки всі складові матриці не будуть обчислені. Тоді, по критеріям оптимізації вибирається найкращий варіант (так – „+"), що є глобальним оптимуму (ГО).

Головною задачею на цьому етапі є знаходження точного значення глобального оптимуму. Для цього, нам необхідно провести перевірку на „правильність отримання" глобального оптимуму. Отже, ми, проводимо перерахунок матриці початкових значень змінивши початкову степінь дискретизації, тобто крок руху. Отриманий результат ми порівнюємо із попереднім. Якщо різниця між ними знаходиться у межах допустимої похибки, тобто коли обмеження на фактори робить подальший рух неможливим, то на цьому ми зупиняємося, бо це і є шуканий глобальний оптимум (так - „+"). Якщо ж одержане значення, все ж таки, відрізняється від попереднього значення, то застосувавши методику половинного кроку (тобто змінивши крок руху) знову робимо обчислення (ні – „-").

Запропонована нами схема повинна забезпечити певну точність знаходження оптимуму, як локального (ЛО) так і глобального (ГО) а також зменшити кількість обчислень, тобто збільшити швидкість розрахунків.

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку

Дана методика дозволяє знайти глобальний оптимум для математичної моделі з великою кількістю параметрів і може використовуватися як для лінійних так і для нелінійних задач. Ще однією з переваг запропонованої методики є те, що використання методики половинного кроку з іншим пошуковим методом (в даному випадку з методом крутого сходження), призводить до збільшення швидкості і точності розрахунку, а також дана методика може використовуватися з різними пошуковими методами, наприклад, метод симплексів, Гаусса-Зейделя, випадкового пошуку, градієнта та іншими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Володарский Е. Т., Малиновский Б. Н., Туз Ю. М. Планирование и организация измерительного эксперимента – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 280 с.
2. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой промышленности). - М.: „Легкая индустрия", 1974. – 405 с.

3. Михайловський Ю. Б., Романець Т. П. Автоматизація проектування обладнання: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальностей „Обладнання легкої промисловості". – Хмельницький: ТУП, 2003. - 79 с.
4. Спиридонов А. А., Васильев Н. Г. Планирование эксперимента: Учебное пособие. – Свердловск: изд. УПИ им. С. М. Кирова, 1975. – 152 с.
5. Скиба М. Є., Михайловський Ю. Б., Філіпченко Е. О. Визначення основних параметрів конструкції молоткового подрібнювача текстильних та волокнистих відходів // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. - 2003. - № 7. – С. 105-109.

Надійшла 02.07.2010

УДК 621.3.029.6

ТЕРМОАДСОРБЦИОННЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ ГАЗОВ

СУХЕЛЬ АХМЕД НУСАЙР

Королевское научное общество (Иордания)

В.А. МИХАЙЛЕЦ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье изложены результаты теоретических исследований фазового состояния влагочувствительного слоя термоадсорбционного (подогревного электролитического) преобразователя влажности газов, процессов протекающих при его формовании и эксплуатации, а также транспортные процессы переноса зарядов через влагочувствительный слой. Необходимость этих исследований обусловлена поиском путей совершенствования первичных преобразователей

Многочисленные разработки и исследования технологических средств измерения влажности газовых сред базируются в основном на экспериментальных исследованиях, а основные конструктивные решения преобразователей влажности газов и теоретических основ выбранного метода измерения лишены строгого научного обоснования, в то время как разработка и совершенствование средств технической гигрометрии, удовлетворяющих возросшим требованиям современной техники и научных исследований, требуют глубокого понимания процессов, протекающих во влагочувствительном слое в реальных конструкциях первичных подогревных преобразователях влажности газов при их эксплуатации.

Обекты и методы исследований.

В современной научной литературе при описании принципа работы подогревного электролитического преобразователя влажности газовых сред основываются на предположении, что равновесная температура влагочувствительного слоя (ВЧС) преобразователя влажности наступает при гигротермодинамическом равновесном состоянии трехфазной системы – твердая фаза (гигроскопическая соль в кристаллическом состоянии), жидкая фаза (электролит на поверхности твердой фазы) и анализируемая влажная газовая среда, причем водяной пар газообразной фазы взаимодействуя с жидкой фазой изменяет концентрацию последней. Так, увеличение влажности контролируемого газа приводит к разбавлению насыщенного раствора жидкой фазы в результате чего сопротивление раствора падает, а