

УДК 678.08

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРІВ У РОТОРНИХ ДИСКОВИХ ПОДРІБНЮВАЧАХ

В. В. Заяць

Аспірант*

E-mail: zvv2110@ukr.net

Контактний тел.: 067-214-00-44

Ю. Б. Михайловський

Доцент, кандидат технічних наук, викладач*

E-mail: yuriymikhaylovskiy@yahoo.com

Контактний тел.: 067-384-43-09

*Кафедра машин та апаратів

Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29000

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

Ключові слова: оптимум, енерговитрати, подрібнювач, Java

Приведена методика поиска оптимальных параметров для нелинейных математических моделей с большим количеством входных параметров, что позволяет находить глобальный оптимум с достаточной точностью и скоростью

Ключевые слова: оптимум, энергозатраты, измельчитель, Java

The method of search of optimum parameters is developed for nonlinear mathematical models with plenty of entry parameters, that allows to find a global optimum with sufficient exactness and speed

Key words: optimum energoefficiency, grinding down, Java

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

Пошук оптимуму являється однією з головних задач підвищення ефективності конструкції та використання промислового обладнання. Для знаходження оптимуму потрібно мати математичну модель і засоби для її аналізу. Підвищення ефективності обладнання та його використання від багатьох факторів. Кількість таких факторів є дуже велика і врахування такої великої кількості факторів дуже складна задача, яка вимагає великих витрат часу і трудових ресурсів. Використання сучасної комп'ютерної техніки для моделювання та розрахунків економічних моделей дозволяє значно прискорити розрахунки, але цього також недостатньо так як потрібні сучасні системи для прогнозування та аналізу моделей. Для вирішення таких задач була розроблена система «Пошуку глобального оптимуму для задач оптимального проектування систем або визначення оптимальних законів керування» [1].

Розв'язання задач оптимізації здійснюється в два етапи. Суть першого етапу полягає 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 [2].

Пошукових методів та їх модифікацій є досить багато. До основних методів пошуку можна віднести наступні методи: симплексів, Гаусса-Зейделя, випадкового пошуку, градієнта, найшвидшого спуску, метод крутого сходження та інші.

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

Якщо загалом розглянути проблему пошуку оптимуму то її можна описати як здобуття бажаної реакції об'єкту при визначеній дії на нього (рис. 1). Об'єкт має певні властивості і функціональні можливості. Вплив на об'єкт приводить до його реакції,

яка визначає взаємозв'язок властивостей і функціональних можливостей. Якщо цей взаємозв'язок, між дією і реакцією відомий то завдання оптимізації - це визначення як впливати на об'єкт щоб отримати його бажану реакцію. Об'єкти оптимізації можуть виступати як: математична модель; натурний об'єкт; статистичні дані; і ін.

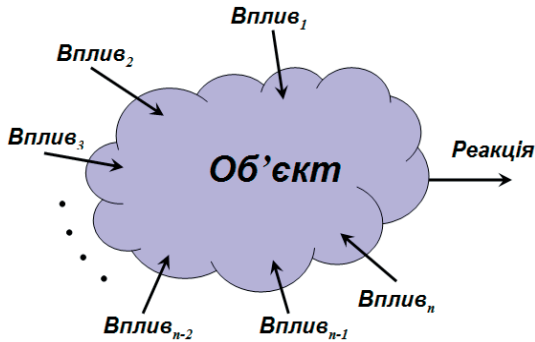


Рис. 1.

Оптимізація ефективності параметрів обладнання та режимів його використання має ряд особливостей, які обумовлюються цілим рядом причин. Наприклад, якщо виробництво є діючим, то деякі задачі доводиться 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.

Зазвичай, 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, часто зустрічаються більш складні задачі. Саме тоді, успішно використовуються методи пошуку оптимуму [2, 3].

Запропонована система пошуку глобального оптимуму для задач оптимального

проектування систем або визначення оптимальних законів керування дозволяє визначати значення глобального оптимуму або оптимумів для необмеженої кількості факторів та будь якої моделі [1]. У якості об'єкта оптимізації може використовуватися будь який об'єкт:

- математична модель;
- натурний об'єкт;
- статистичні дані.

Головним показником для можливості дослідження глобального оптимуму це взаємозв'язок між впливом на об'єкт і реакцією, яка описується з урахуванням основних властивостей і функціональних можливостей об'єкта. Якщо цей взаємозв'язок, між дією і реакцією відомий то завдання оптимізації - це визначення як впливати на об'єкт щоб отримати його бажану реакцію.

Пошук оптимального розв'язку може бути виконано декількома шляхами (рис. 2):

- Математична модель → Пошук оптимуму (ММ → ПО)
- Експериментальні дослідження й регресійний аналіз → Математична модель → Пошук оптимуму (ЕДРА → ММ → ПО)
- Чисельне моделювання → Експериментальні дослідження й регресійний аналіз → Математична модель → Пошук оптимуму (ЧМ → ЕДРА → ММ → ПО)
- Чисельне моделювання → Пошук оптимуму (ЧМ → ПО)

Метою системи пошуку оптимуму є пошук оптимальних параметрів для будь яких моделей, що являються нелінійними, можуть містити локальні і глобальні оптимуми та мають велику кількість вхідних параметрів.

Ця система розроблена для дослідження лінійних та нелінійних моделей.

Система пошуку глобального оптимуму для задач оптимального проектування систем або визначення оптимальних законів керування дозволяє:

- значно скоротити витрати і час їх виконання;

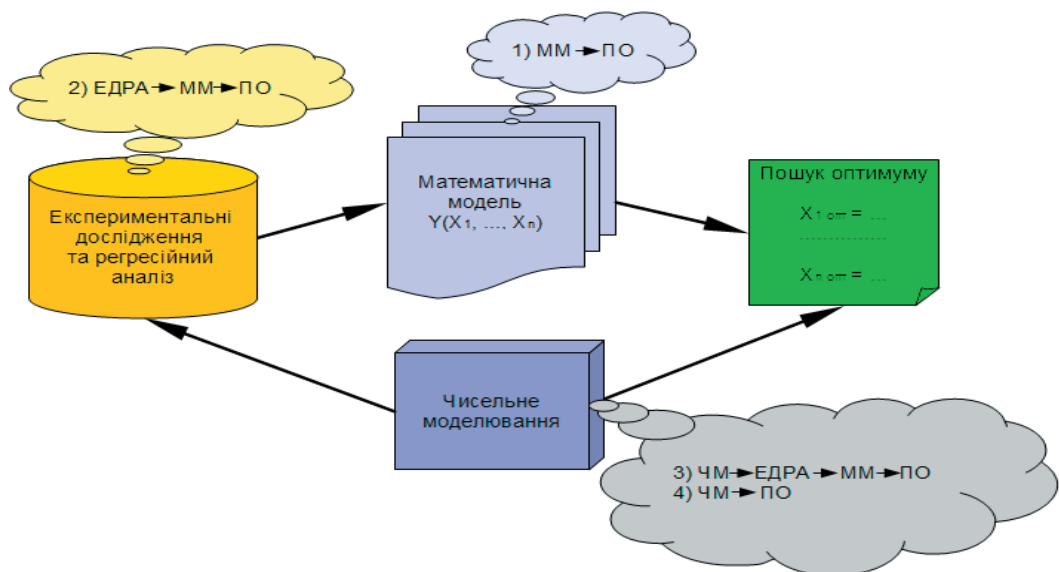


Рис. 2.

- отримувати унікальні техніко-економічні рішення за рахунок вирішення завдань великої розмірності,

що недоступно при використанні традиційних методів оптимізації, а саме:

- оптимального проектування окремих елементів і системи в цілому;
- оптимального узгодження між собою елементів системи;
- визначення оптимальних законів керування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою нашого дослідження є визначення оптимальних параметрів подрібнення дисковим подрібнювачем полімерних відходів матеріалів у роторному дисковому подрібнювачі.

Виклад основного матеріалу досліджень

Для забезпечення гнучких функціональних можливостей та універсальності використання програмний комплекс для пошуку оптимуму розроблявся з використанням мови Java [3]. Це дозволило створити просту і надійну систему, що може бути використана в різних операційних системах (Windows, Linux, Solaris, Unix і ін.).

Врахувавши складність моделей та велику кількість параметрів в цих моделях в системі передбачена можливість використання паралельних обчислень. Для паралельних обчислень використовуються можливості сучасних комп'ютерів, що здебільшого мають процесори з багатоядерною архітектурою і дозволяють паралельно проводити обчислення на кожному ядрі процесора. Такий підхід і особливості сучасних процесорів дозволяють значно скоротити час вирішення моделі за рахунок повного використання ресурсів обчислювальної техніки. Приріст продуктивності на багатоядерних процесорах пропорційний кількості ядер на процесорі та кількості процесорів. Основною особливістю даної системи для пошуку оптимуму є те, що користувачу не потрібно задумуватися як використати вся обчислювальні можливості комп'ютерного обладнання, незалежно від операційної системи, кількості процесорів та ядер. Система автоматично визначає можливості комп'ютерного обладнання, кількість процесорів, кількість ядер і сама розпаралелює обчислення.

Така система пошуку глобального оптимуму може бути використана у кластері. Де навіть з різними по потужності елементами кластеру система пропорційно розподіляє обчислювальне навантаження на кожний елемент кластеру, в залежності від його обчислювальної потужності. Для створення обчислювального кластера не мають значення обчислювальні можливості кожного вузла, а також яка операційна система використовується на вузлі кластеру. Це обумовлено тим, що програмний комплекс для пошуку глобального оптимуму, розроблявся з використанням мови Java, яка є багатоплатформеною і не залежить від комп'ютерної системи, операційної системи, версії операційної системи, версії самої мови Java.

Тобто концепція розробників мови програмування Java звучить так: «Один раз написано працює завжди».

Система пошуку глобального оптимуму є відкритою програмне забезпечення (Open-source software) і може бути отримано з відкритим кодом, що забезпечує найкращі умови для вивчення такого програмного забезпечення та можливого подальшого застосування [4].

З метою визначення параметра оптимізації був проведений аналіз параметрів подрібнення дисковим подрібнювачем полімерних відходів матеріалів у роторному дисковому подрібнювачі. Такий аналіз дозволив встановити фактори, від яких залежить кількісні та якісні показники процесу подрібнення. На основі цього аналізу зроблені висновки, що при руйнуванні полімерних матеріалів в дискових подрібнювачах дисперсія після подрібнення та енерговитрати залежать від наступних факторів:

- окружна швидкість дискового ротора;
- співвідношення довжини ріжучої кромки диска до довжини ротору;
- кут заточування ріжучої кромки диска.

Залежності енерговитрат на подрібнення віднесені до ваги та дисперсії після подрібнення від: X_1 - окружної швидкості ротора; X_2 - співвідношення довжини ріжучої кромки диска до довжини ротору; X_3 - кута заточування ріжучої кромки диска:

$$\begin{aligned}
 y = & 0.4333 + 1.5 \times 10^{-4} \frac{X_1 - 2}{8} - 7.5 \times 10^{-5} \frac{X_2 - 3.2}{6.4} + \\
 & + 0.05247 \frac{X_3 - 30}{60} - 4.2499 \times 10^{-4} \left(\frac{X_1 - 2}{8} \times \frac{X_2 - 3.2}{6.4} \right) - \\
 & - 1.2499 \times 10^{-4} \left(\frac{X_1 - 2}{8} \times \frac{X_3 - 30}{60} \right) - \\
 & - 5.7499 \times 10^{-4} \left(\frac{X_2 - 3.2}{6.4} \times \frac{X_3 - 30}{60} \right) - \\
 & - 9.6249 \times 10^{-4} \left(\frac{X_1 - 2}{8} \right)^2 - \\
 & - 0.0012 \left(\frac{X_2 - 3.2}{6.4} \right)^2 + 0.0095 \left(\frac{X_3 - 30}{60} \right)^2
 \end{aligned} \quad (1)$$

Для опису об'єкта оптимізації використовується структура даних яка описує математично досліджуванний об'єкт і задає початкові, граничні умови, а також критерій пошуку глобального оптимуму. Модель описується за правилами створення класів для мови програмування Java (успадковує клас Optimization Model Object) і має наступну структуру:

Критерієм оптимізації обиралися енерговитрати на подрібнення віднесені до ваги та дисперсії після подрібнення. Критерій оптимізації повинен наближуватися до мінімуму, тобто прямувати до 0. Інтервали зміни факторів наведені в табл. 1. Після проведення пошуку глобального оптимуму, для процесу подрібнення дисковим подрібнювачем полімерних відходів матеріалів у роторному дисковому подрібнювачі, були отримані результати представлені в табл. 1.

```

public class opt_cating extends OptimizationModelObject{

// Інтервали вхідних параметрів
private float[][] interval_x = {
{2.0f, 10.0f},
{3.2f, 9.6f},
{30.0f, 90.0f},
};

// Метод повертає масив з інтервалу вхідних параметрів
public float[][] get_interval(){ return interval_x; }

// Метод повертає значення дискретизації області вхідних параметрів
public int get_digitization_area_values(){ return 3; }

// Метод повертає значення дискретизації області значень
public int get_digitization_values(){ return 100; }

// Метод повертає значення відносної точності
public float get_precision(){ return 0.001f; }

// Метод повертає значення критерію оптимізації
// Мінімум = -Double.MAX_VALUE
// Максимум = Double.MAX_VALUE
public double get_criterion_optimization(){ return 0; }

// Метод використовується для включення (true) / виключення(false)
// виводу на екран проміжних розрахунків
public boolean is_debug(){return false;}

// Метод описує модель і повертає значення параметра оптимізації
// X - масив вхідних параметрів
public double function(double[] X){
double
y = 0.43329999844233197 + 1.5000253915786743E-4*(X[0]-2.0)/8.0 -
7.500872015953064E-5*(X[1]-3.2)/6.4000006 + 0.05247500166296959*(X[2]-
30.0)/60.0 -4.24996018409729E-4*(X[0]-2.0)/8.0*(X[0]-3.2)/6.4000006 -
1.2499094009399414E-4*(X[0]-2.0)/8.0*(X[0]-30.0)/60.0 -5.749985575675964E-
4*(X[1]-3.2)/6.4000006*(X[1]-30.0)/60.0 -9.624970455964499E-
4*Math.pow((X[0]-2.0)/8.0,2) -0.0012624946733315878*Math.pow((X[1]-
3.2)/6.4000006,2) + 0.009537494430939347*Math.pow((X[2]-30.0)/60.0,2);
return y;
}
}

```

Таблиця 1

Інтервали зміни факторів та значення оптимальних параметрів

Найменування	X_1, c^{-1}	X_2	$X_3, ^\circ$
Інтервал зміни	2..10	3,2..9,6	30..90
Оптимальні значення	2	3,2	52

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку

Дана методика дозволяє знайти глобальний оптимум для математичної моделі і може використовуватися як для лінійних так і для нелінійних задач.

Пошук глобального оптимуму дозволив визначити оптимальні параметри для процесу подрібнення дисковим подрібнювачем полімерних відходів матеріалів у роторно-дисковому подрібнювачі.

Мінімальні енерговитрати на подрібнення віднесені до ваги та дисперсії після подрібнення досягнути при: окружна швидкості ротора $X_1 = 2 c^{-1}$; співвідношення довжини ріжучої кромки диска до довжини ротору $X_2 = 3,2$; кут заточування ріжучої кромки диска $X_3 = 52^\circ$.

Література

1. <http://www.mdop.sf.net>.
2. Володарский Е. Т. Планирование и организация измерительного эксперимента [Текст]: /Е.Т. Володарский, Б.Н. Малиновский, Ю.М. Туз – К.: Вища шк. Главное изд-во, 1987. – 280 с.
3. <http://www.java.sun.com>.
4. <http://www.sourceforge.net/projects/mdop/>.