

Conclusions

The humidity converter lag decreases as a result of the arrangement of the resistive heating winding in the moisture-resistive layer, since the moisture-resistive layer is placed just on the surface of the heat-sensitive element. The shunting of the resistive heating winding by the moisture-sensitive layer increases the converter resource as a result of lowering current passing through moisture-sensitive layer in operation period, since the amount of heat released by the resistive winding increases with humidity of the controlled gas medium in connection with the fact that the total current in the resistive winding consists of current determined by ohmic resistance of the resistive winding and by its supply voltage (constant values), a current passing through the moisture-sensitive layer (variable value). The converter reliability was increased due to the simplicity of its structure, manufacturing and operation.

REFERENCES

1. Nelson D., Amdur E. Action principle of hygrometers of saturation temperature, based on electric detection of phase transition salt-solution. Principles and methods of humidity measuring in gases. Materials of International Symposium on Hygrometry. Washington. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967, vol. 1. – P. 211-224.
2. Chetverukhin B.M. Control and Management of Artificial Microclimate. – Moscow: Stroyizdat, 1984. – 15 p.

Надійшла 09.07.2010

УДК 678.08

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ІМРАСТ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У РОТОРНИХ ДИСКОВИХ ПОДРІБНЮВАЧАХ

М.С. СКИБА, Ю.Б. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, В.В. ЗАЯЦЬ

Хмельницький національний університет

Розглянуто особливості систем що використовують метод кінцевих елементів для вирішення інженерних та наукових задач. Наведено опис принципу роботи та можливості програмного продукту Імраст, що використовується для нелінійного динамічного аналізу методом кінцевих елементів процесу подрібнення полімерних матеріалів у роторному дисковому подрібнювачі

Будь-яка інженерна розробка повинна задовольняти визначеним критеріям. Відповідність цим критеріям можлива тільки при комплексній оцінці впливу геометричних параметрів, властивостей використовуваних матеріалів і умов роботи виробу. Проведення такого аналізу з урахуванням усе зростаючої складності інженерних розрахунків можливе лише із застосуванням найефективніших сучасних комп'ютерних технологій. Задачі з невеликою кількістю факторів доцільно вирішувати аналітичним способом. Але що робити зі складними задачами, в яких кількість невідомих дуже велика?

Для вирішення таких задач використовуються чисельні методи, в основу яких покладена заміна розрахункової моделі з безперервним розподілом параметрів і нескінченним числом ступенів свободи

дискретною моделлю, що має кінцеве число невідомих.

Об'єкти та методи дослідження

Impact – програмний комплекс для нелінійного динамічного аналізу методом кінцевих елементів. Використовується для виконання інженерного аналізу і допоможе вирішити багато проблем в області проектування міцних і легких конструкцій, модифікації виробів, що вже випускаються, скоротивши витрати на виготовлення й випробування дослідних зразків.

Програмний комплекс **Impact** відноситься до класу програм для виконання нелінійного динамічного аналізу [1-5], який завжди можна звести до статички (окремий випадок динаміки). Також зручність роботи полягає в тому, що будь-яку кінцево-елементну модель у **Impact** можна вирішити в динамічній постановці, задавши тільки закон зміни діючих навантажень, граничних умов. Комплекс дозволяє знаходити рішення для моделей із пружних і непружних тіл з лінійними і нелінійними характеристиками. Присвоєння властивостей пружних і непружних тіл виконується дуже просто. Процес моделювання теж досить простий і складається з опису геометричної форми з вказуванням властивостей матеріалів і присвоєння закону зміни діючих навантажень, граничних умов. Після розрахунку користувач одержує зміни в часі прискорення, швидкості, переміщень, деформацій, напружень у будь-якій точці створеної моделі. Це дозволяє інженеру проводити аналіз елементів і механізмів досить швидко і точно. Також отримані дані можуть використовуватися і для інших розрахунків, як наприклад, розрахунок втомлюваної міцності, оцінки довговічності конструкції в цілому і в окремих її вузлах і т.д.

Програмний комплекс **Impact** дозволяє вирішувати багато задач, серед яких контактні просторові задачі, задачі руйнування, задачі формування, частотний аналіз, задачі з великими переміщеннями, розрахунок динамічних моделей з пружних, непружних і твердих тіл.

Постановка завдання

Метою нашого дослідження є розробка загальної моделі взаємодії робочих органів (дисків) з матеріалом і перевірка їх для конкретних умов та обладнання. А також визначити основні фактори, які впливають на отримання потрібного нам результату, а саме, одержання потрібної дисперсності подрібнених полімерних матеріалів для подальшої переробки.

Результати та їх обговорення

Програмний комплекс заснований на основному рівнянні динаміки, в ньому реалізовано наступний алгоритм.

1. Установка початкового стану задачі.
2. Формування матриці мас.
3. Розрахунок внутрішніх зусиль.
4. Корекція значень переміщень за залежністю:

$$\frac{1}{\Delta t^2} \{M\} \{D\}_{n+1} = \{F\}_n^{ext} - \{K\} \{D\}_n + \frac{1}{\Delta t^2} \{M\} \left[\{D\}_n + \Delta t \dot{D}_n - \frac{1}{2} \ddot{D}_n \right] \quad (1)$$

де: Δt - величина кроку в часі; $\{M\}$ - матриця мас; $\{D\}$ - матриця переміщень; $\{F\}$ - матриця зовнішніх сил; $\{K\}$ - матриця жорсткості; n – номер кроку.

5. Корекція швидкостей відповідно за залежністю:

$$\Delta t \left\{ \dot{D} \right\}_{n+\frac{1}{2}} = \{D\}_{n+1} - \{D\}_n \quad (2)$$

6. Виконання граничних умов.

7. Зберігання результатів розрахунку потокового кроку.

8. Зміна кроку розрахунку, у разі не завершення розрахунку поставленої задачі - повернення до третього етапу.

Impact - побудований на модульному принципі і може працювати як цілком в автономному режимі, так і інтегруватися з іншими системами (рис. 1). Для цього він розділений на модулі:

- Pre Processor - використовується для створення геометричної моделі і підготовки вхідного файлу для розрахунку;
- Processor - використовується для коректування і розрахунку моделі;
- Post Processor - використовується для візуалізації результатів розрахунку;
- Graph - використовується для відображення числових даних і графічних залежностей.
- Help – містить опис документації.




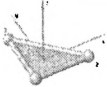
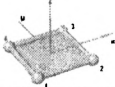

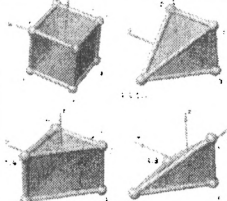
Рис. 1. Структура програмного комплексу Impact

У Impact закладено декілька законів опису властивостей матеріалів. Найпростіший – це пружний закон (**Elastic**). Також є закон, що описує властивості пружно-пластичного матеріалу (**Elastoplastic**). Даний закон дозволяє описати практично будь-який вид матеріалу. Такий опис може відбуватися вказуванням основних параметрів матеріалу або властивості матеріалу можна задавати у вигляді табличних залежностей параметрів.

Третій тип матеріалу – пружина (**Spring**). Даний матеріал визначає жорсткість і демфування пружинного елемента і не може бути використаний з іншими типами елементів. Жорсткість і демфування можуть визначатися як функції або константи для всіх напрямків.

На даний момент у програмному комплексі реалізовані основні типи елементів, які дозволяють вирішувати як двовимірні, так і просторові задачі (табл. 1). Програмний комплекс розроблено з можливістю поповнення бібліотеки новими елементами та матеріалами.

Таблиця 1. Базові типи елементів

Елемент	Опис елементу
	Beam_2 – Елемент, що передає момент оберту відносно точок защемлення. Contact_Line - Контактний елемент. Rod_2 - Лінійний елемент - стрижень. Beam_Spring_2 - Елемент пружина із шістьма ступенями свободи.
	Contact_Triangle - Трикутний контактний елемент. Shell_C0_3 - Тривузловий плоский елемент, визначений у класичній теорії Belytchko.
	Shell_BT_4 - Це чотирикутний плоский елемент, описаний Belichko-Tsai.
	Solid_Iso_4 - Ізопараметричний об'ємний елемент заснований на Solid_Iso_6 елементі.
	Solid_Iso_6 - Ізопараметричний об'ємний елемент.

Розв'язання проблеми передбачає визначену послідовність дій. Але ця послідовність є лише загальною і може змінюватися відповідно до процесу підготовки моделі.

Для реалізації нашої мети спочатку опишемо процес подрібнення полімерних відходів в нашому роторному дисковому подрібнювачі. Матеріал подається в зону робочої камери. Тут під впливом профільних дисків, які виконують функцію ножа та не рухомих пластин, які виконують функцію контр-ножа матеріал руйнується за рахунок зсувних деформацій. Процес подрібнення відбувається до того часу поки не отримаємо потрібну дисперсність, яка регулюється розміром отворів на сітці. Отже, виходячи з конструктивних обмежень, створюємо загальну модель, яка враховує:

- окружну швидкість руху дисків;
- геометрія елементів як дисків, так і шматків матеріалу;
- враховуються властивості матеріалів як дисків так і подрібнюваного матеріалу;
- враховуються сили тертя дисків при обертанні;
- враховуються сили тертя при взаємодії дисків з матеріалом;
- матеріал може знаходитись як у вільному стані, так і взаємодіяти з іншими шматками.

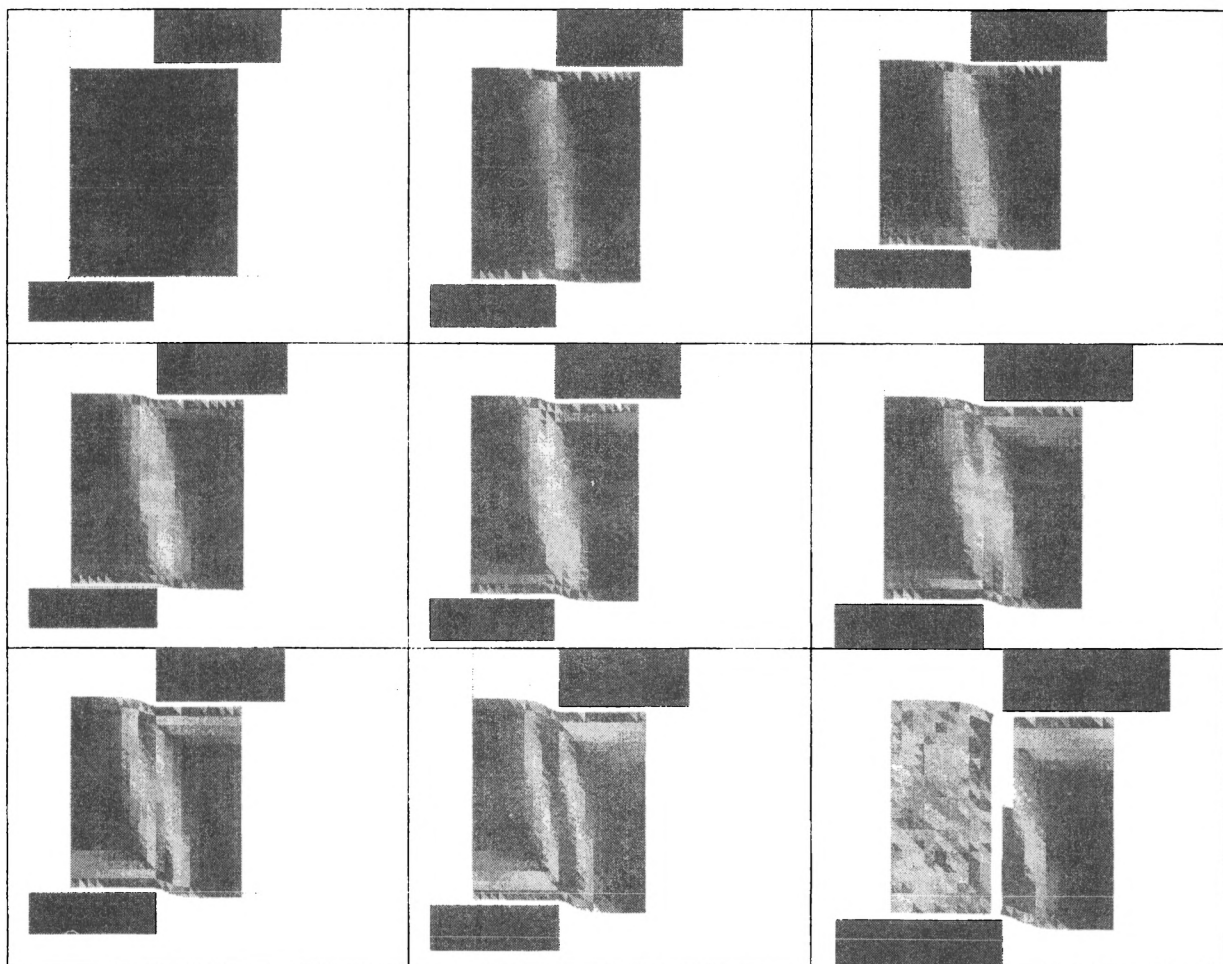
Після опису загальної моделі реалізуємо її в програмному комплексі Impact.

Отже, на першому етапі – підготовка моделі. Для створення геометричної моделі і підготовки вхідного файлу для розрахунку використовується Pre Processor. Спочатку, як було сказано вище, створюємо геометричний об'єкт. Далі іде розбивка на сітку. Наступним кроком є задавання початкових і граничних умов, властивостей матеріалу та параметрів розрахунку.

Все це зберігаємо у файлі та проводимо розрахунок. На другому етапі, коректуємо і розраховуємо модель з допомогою Processor. Після того, як модель створена, вона зберігається у файлі

моделі і який можна розрахувати за допомогою Processor.

На третьому етапі, для візуалізації результатів розрахунку використовується Post Processor, за допомогою цього модуля створену модель можна покроково спостерігати в процесі розрахунку і, залежно від результатів, змінювати параметри моделі, а також, слідкувати за розподілом навантажень, зміною деформацій і напружень. В результаті розрахунку за заданими параметрами кроку дані зберігаються на твердому диску у вигляді результатів розрахунку. Результати розрахунків представлені нижче



Висновки

Розроблено модель та методику моделювання, яка дозволяє визначити питому роботу подрібнення в залежності від конструктивних та технологічних параметрів. При цьому враховуються матеріал диска та його параметри, а також враховуються властивості матеріалу, що переробляється та ступінь його дисперсності. При проектуванні, за допомогою представленої моделі, можна буде визначити всі існуючі параметри і фактори взаємодії інструменту з матеріалом. В подальшому, представлена модель, може бути використана для загального проектування дискових роторних подрібнювачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures - Ted Belytschko, Wing Kam Liu, Brian Moran., 1989.
2. Explicit Algorithms For The Nonlinear Dynamics Of Shells - Ted Belytchko, Jerry I. Lin, Chen-Shyh Tsay., 1984.
3. Скиба М.С., Михайловський Ю.Б., Головка Г.С. Моделювання процесу подрібнення композиційних матеріалів з використанням методу скінчених елементів // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. -№ 6. –С. 7-10.
4. Concepts And Applications Of Finite Element Analysis, Third edition - Robert D. Cook, David S. Malkus, Michael E. Plesha, ISBN 0-471-84788-7
5. The Finite Element Method - Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis - Thomas J. R. Hughes, ISBN 0-484-41181-8
6. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures - Ted Belytschko, Wing Kam Liu, Brian Moran. ISBN 0-471-98773-5
7. Explicit Algorithms For The Nonlinear Dynamics Of Shells - Ted Belytchko, Jerry I. Lin, Chen-Shyh Tsay, Computer methods in applied mechanics and engineering 42 (1984), page 225-251.

Надійшла 02.07.2010

УДК 677.11.021

ЕТАПИ ВИВЧЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ

В.Ю. ЩЕРБАНЬ, Л.Л. ФЕДОТОВА, О.С. ЧАЙКОВСЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

В статті запропонована методика вивчення алгоритмів на графах, яка сприяє творчому процесу їх засвоєння і створенню програмного продукту. Представлення алгоритму на графі на трьох рівнях — спрощеному, алгоритмічному і програмному — дозволяє прискорити процес його вивчення і знаходити засоби його реалізації.

Дослідження функціонування складних систем виконується за допомогою математичних моделей. Для значної кількості систем такою моделлю є граф. Розв'язання задач на графах потребує знання теорії графів, алгоритму, який дозволяє знайти розв'язок задачі, і вміння створити програмний продукт. В статті пропонується систематизація та можливе спрощення цього процесу, оскільки дуже часто строки виконання реальних задач обмежені. До таких задач можна віднести: проектування і дослідження мереж зв'язку, електричних і монтажних схем, календарне планування і управління, максимізація продуктивності поточної лінії тощо.

Об'єкти та методи дослідження

Будемо вважати, що модель системи вже створена і являє собою деякий граф. Таке графотеоретичне представлення є одним із методів системного опису багатьох задач, зокрема виробничих процесів. Методи теорії графів вимагають знання відповідної термінології, володіння