

УДК 514.18

С.С.Ляковська, М.Гаврилів

Національний університет "Львівська політехніка"

АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У СИСТЕМАХ AUTOCAD MECHANICAL 2006 ТА AUTODESK MECHANICAL 2006

Матеріал статті присвячено обґрунтуванню можливості та практичної доцільності використання сучасних засобів автоматизації методу скінченних елементів, зокрема, в процесі розв'язування практичних задач виробництва та у навчальному процесі. Пропонуються до розроблення теоретичних основ розрахунків методом скінченних елементів комп'ютерні середовища, створені компанією AUTODESK, зокрема, AUTOCAD MECHANICAL 2006 та AUTODESK MECHANICAL 2006.

Ключові слова: *геометрична модель, метод скінченних елементів, програмне середовище, двовимірні та тривимірні геометричні елементи.*

Постановка проблеми. На сучасному етапі автоматизації процесів виробництва все частіше перед студентами – науковцями вищих навчальних технічних закладів постає значна кількість масштабних практичних задач, а також дослідницьких навчальних завдань, які потребують ретельного обчислення та візуалізації. Ми розглядаємо задачу, яка допомагає майбутнім випускникам технічних спеціальностей якісно і ефективно виконувати поставлені замовниками завдання, зокрема, у сфері механіки.

Процес виробництва у сучасному технічному світі максимально автоматизується, тому в навчальному процесі студенти освоюють саме такий стиль роботи. Одним із підприємств по виготовленню деталей поставлений запит для підготовки кадрів – випускників, які володіють методом скінченних елементів (МСЕ), а також вміють працювати у програмних середовищах, які вміщують бібліотеки програм реалізації цього методу. Нами введено у навчальний процес програмні засоби компанії AUTODESK, оскільки ці програмні продукти мають безліч геометричних та математичних функцій, якими необхідно володіти конструкторові.

Аналіз останніх досліджень. Перед кожним конструктором при вирішенні практичної задачі постає питання поєднати такі напрямки: геометричні аспекти досліджуваної моделі, математичний опис моделі та врахування факторів, які впливають на неї, а також можливості автоматизувати одержані теоретичні розрахунки з найменшими затратами машинного часу і наперед заданою точністю [1,2]. Отже, в підході до вирішення задачі можна виділити такі напрямки: геометричний, математичний (теоретичний напрямок) та автоматизація (практичний напрямок). Практикою доведено, що метод скінченних елементів являє ефективний числовий метод вирішення складних практичних задач; використовуючи цей метод важливо враховувати геометрію досліджуваного технічного об'єкта[3,4]. Щоб ефективно використовувати метод для розв'язування складної практичної задачі потрібно насамперед розв'язати безліч навчальних задач. Студенти – науковці ґрунтовно вивчають теоретичні основи МСЕ для того, щоб застосувати його у практичних цілях.

Формулювання цілей статті. Розглянути геометричні та програмні засоби автоматизації методу скінченних елементів у системах AUTOCAD MECHANICAL 2006 та AUTODESK MECHANICAL 2006.

Основна частина. Одною із переваг методу скінченних елементів є те, що багато його етапів спільні для більшості практичних галузей прикладення методу[3]. Наприклад, процедура вирішення задач розподілення тепла передбачає безліч кроків, які використовуються при розрахунках рам та балок, а також в процесі аналізу напруженого та деформованого стану певного суцільного середовища. Запропоновано загальну блок - схему (рис.1) для реалізації методу скінченних елементів в комп'ютерному середовищі.

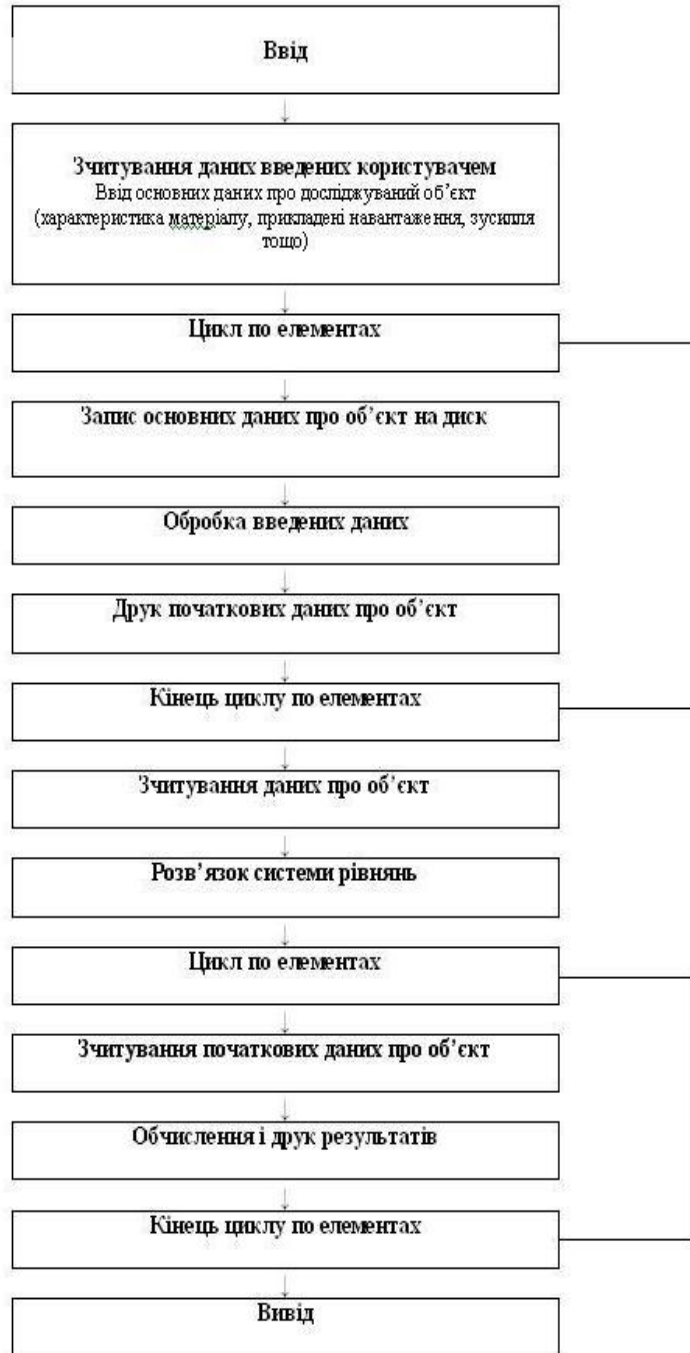


Рис.1. Блок – схема числового оброблення введених даних про об'єкт для програмної роботи методом скінченних елементів

Розроблена блок - схема є одним із ефективних інструментів подання суті автоматизації методу в навчальному процесі. Блок – схема розроблена з урахуванням адаптації до будь-якого програмного середовища.

Першим кроком використання методу є введення користувачем даних про досліджуваний об'єкт та зовнішні фактори, які діють на нього. Зокрема, це характеристики матеріалу, прикладені навантаження, закріплення і зусилля тощо. Далі складається цикл по елементах, а саме записується на диск введена користувачем

інформація про об'єкт. Наступними кроками є зчитування даних про об'єкт, розв'язування системи диференціальних рівнянь. Знову виконується цикл по елементах, який включає геометричні та алгебраїчні засоби зчитування початкових даних, тобто введену користувачем інформацію. Система використовує початкову інформацію, яка вже записана на диску, та обробляє її. Завершальним етапом є виведення розрахункових результатів та візуалізація розв'язаної методом скінченних елементів технічної задачі.

Всі програми, які реалізують метод скінченних елементів, повинні містити максимальну кількість інформації про об'єкт, зокрема, його геометрію, властивості матеріалу, можливу деформацію в напрямку осі z тривимірного евклідового простору, введені користувачем значення навантажень та зусиль.

Для коректної роботи методу скінченних елементів у середовищі AUTOCAD MECHANICAL 2006 та AUTODESK MECHANICAL 2006 [5] важливо дотримуватись таких умов:

1. Необхідна наявність контура розбиття досліджуваного об'єкта на елементи;
2. Внутрішні та зовнішні контури геометричної моделі об'єкта не повинні доторкатись;
3. Контур або профіль перерізу моделі повинен утворювати замкнену поверхню (відсутні розриви в контурі).

Однією з переваг вбудованої команди *amfea2d* є те, що на одному рисунку (робочому вікні системи) може виконуватись достатня кількість задач методом МСЕ.

Після побудови геометричної моделі 2D - об'єкта чи 3D - об'єкта користувач повинен задати розрахункові значення навантажень, опор (рухома чи нерухома опора), зусиль; такі дані містяться в меню **Loads and Supports**.

Наступним кроком є вибір типу матеріалу. У програмі передбачені можливості зручного вибору типу матеріалів, оскільки в системі вбудована бібліотека з найменуваннями та властивостями матеріалів. Вибір типу матеріалу знаходиться в розділі **Table**.

У розділі **Default** вводяться дані про товщину матеріалу, тип напруженого стану або товщину поперечного перерізу геометричної моделі об'єкта. Користувач у даному розділі вказує про можливість типу деформації або напруження в напрямку осі z .

У розділі **Mesh** розташовані команди побудови сітки скінченних елементів для геометричної моделі об'єкта. При розрахунках використовуються тривимірні елементи. Якщо виходять занадто короткі відрізки біля границь (наприклад, навантаження, значення опори поруч з контуром **полілінії**), то в області середньої точки заступної схеми об'єкта розрахунок деталізується розширенням околу розрахункової точки.

У розділі **Refining** вбудовані команди модифікації сітки в заданій користувачем розрахунковій моделі об'єкта.

Наступний розділ **Results** містить опції виконання розрахунків та переглядів кінцевих результатів розрахунків та візуалізації. Результати можуть бути представлені у вигляді ізоліній та ізообластей, а також ліній основного напруження, деформованої сітки тощо. Також міститься клавіша **File**, натискання якої дозволяє записати одержані результати розрахунків у вказаний користувачем файл. В даному файлі містяться всі граничні умови, деформування сітки і напруження. Наприкінці файла з розширенням **.txt** приводяться значення максимальних і мінімальних напружень і переміщень по всій області деталі. Передбачена також клавіша, яка дозволяє виконувати нумерацію вузлів.

За допомогою засобів AUTOCAD MECHANICAL 2006 та AUTODESK MECHANICAL 2006 користувачеві зручно будувати модель, а також проводити обчислення методом скінченних елементів, враховуючи всі її особливості, зокрема, геометричні особливості просторової будови деталі, також можна коректувати або вносити потрібні зміни в креслення виробу, потім знову переходити до розрахунків за МСЕ в середовищі AUTOCAD MECHANICAL 2006 чи AUTODESK MECHANICAL 2006. Приклад розбиття МСЕ в середовищі AUTODESK MECHANICAL 2006 приведений на рис.2.

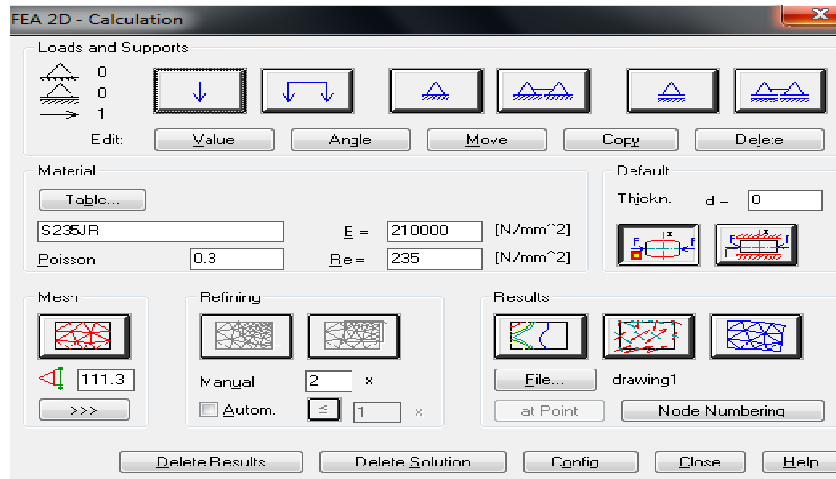


Рис.1. Панель FEA2D-Calculations для розрахунку 2D – елементів методом скінченних елементів в середовищі AUTODESK MECHANICAL 2006

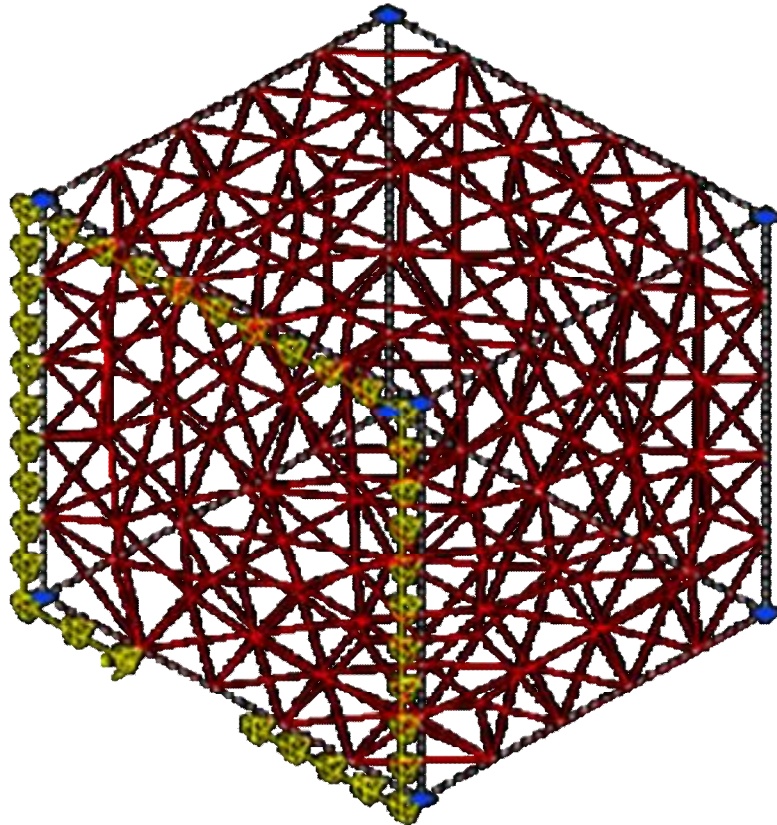


Рис.2. Результат розбиття 3D – об'єкта методом скінченних елементів у середовищі AUTODESK MECHANICAL 2006

Висновок. Розроблені програмні засоби є ефективними для дослідження та розв'язування технічних задач методом скінченних елементів з урахуванням елементів автоматизації методу в середовищах AUTOCAD MECHANICAL 2006 та AUTODESK MECHANICAL 2006. Розробки є актуальними для студентів – науковців, які поглиблено вивчають засоби автоматизації процесів та

геометричного моделювання об'єктів. Розроблена блок – схема для реалізації методу скінченних елементів у комп'ютерному середовищі може бути використана для інших програмних середовищ. Подальші дослідження направлені на ознайомлення та розширення кола програмних середовищ, які підтримують пакет програм для розрахунку технічних тривимірних об'єктів методом скінченних елементів.

1. Расчет машиностроительных конструкций на прочность и жесткость. / Н.Н. Шапошников, Н.Д. Тарабасов, В.Б. Петров, В.И. Мяченков. – М.: Машиностроение.- 1981. – 333с.
2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-томах / Под. ред. И.А. Бюргера, Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение.- 1968. – 832с.
3. З.Савула Я.Г., Шинкаренко Г.А. Метод скінченних елементів. – Львів: Н.У. ім.. Франка.- 1993р.-80 с.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир.- 1975. – 541с.
5. Дэвенпорт Дж., Сирэ И., Турнье Э. Компьютерная алгебра. Системы и алгоритмы алгебраических вычислений.- М.: Мир.- 1991.- 576 с.