

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ В САПР ПОЛІМАТЕРІАЛЬНИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ВІРТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ

К.Т.Н. П.С. Швець, О.В.Торопенко, В.Ш. Хуссаїн, О.М.А. Абу Шена

Одеський національний політехнічний університет

Україна, Одеса

alla.androsyk@gmail.com

Поліматеріальні об'єкти створюються для отримання синергетичного ефекту від поєднання різних властивостей матеріалів. Це породжує багатоцільові задачі оптимізації щодо вибору цих матеріалів. Звичайні методи розв'язання таких задач, – чисельні, аналітичні, – не підходять для складних об'єктів із нелінійними властивостями. Запропоновано метод віртуальних моделей в САПР поліматеріальних об'єктів.

Ключові слова: поліматеріальні об'єкти, САПР, метод віртуальної моделі.

Для проектування деталей та вузлів, які або складені із різних за властивостями матеріалів, або, навіть із матеріалів, що нелінійно змінюють свої властивості в просторі або часі, пред'являються відповідні умови з точки зору використання сучасних методів та адекватності оптимізаційних моделей [1, 2]. Адже досягнення синергетичного ефекту від використання в одній деталі багатьох різних за властивостями матеріалів потребує нових підходів до розв'язання задач оптимізації в САПР, безумовно, оптимізації багатоцільової, багатомірного та багатоекстремальної. В той же час деякі існуючі методи такої оптимізації не отримали достатнього розвитку, що суттєво звужує можливості виробництва та негативно впливає на конкурентоспроможність його продукції. Зокрема, мова йде про вдосконалення методу віртуальної моделі для оптимізації структури та параметрів багатошарових виробів.

Розглянемо деякий об'єкт проектування Ω , який має наступні атрибути:

x – вектор розмірних параметрів (конфігурація);

λ – вектор характеристик матеріалів, з яких складається об'єкт;

q – вектор зовнішніх впливів на об'єкт.

Якщо розглядати комплекс цих множин $\{x, \lambda, q\}$ як параметрів-причин, то параметрами-наслідками або реакціями може вважатися деякий вектор чисел r , відповідний в деякому сенсі початковому об'єкту Ω :

$$r = r(x, \lambda, q). \quad (1)$$

Задача (1) пряма: по трьом векторам-причинам знайти вектор-реакцію. До неї існують три обернені задачі.

1. За відомими реакцією r , характеристикам λ і дії q знайти конфігурацію x : $x = x(r, \lambda, q)$.

2. За відомими реакцією r , конфігурації x і дії q знайти характеристики λ : $\lambda = \lambda(x, r, q)$.

3. За відомими реакцією r , характеристикам λ і конфігурації x знайти вплив q : $q = q(x, \lambda, r)$.

У проектуванні вирішуються перша і друга обернені задачі, в управлінні – третя.

Рішення цих задач неаналітичними методами, наприклад, методом перебору передбачає заміну однієї оберненої задачі деякою множиною прямих. При цьому, розв'язуючий алгоритм різко ускладнюється, настільки ж різко зростає його часова складність. Зокрема, для проектування за допомогою зміни зовнішнього впливу Δq на об'єкт Ω вирішальний алгоритм підбору виглядає наступним чином [3]:

1 – вибрати деяке початкове рішення $\Delta q = \Delta q_{\text{поч}}$;

2 – вирішуючи пряму задачу (1), розрахувати $r_{\text{поч}}(\Delta q_{\text{поч}})$;

3 – визначити допустимість відхилення $r_{\text{поч}}$ від області допустимих значень $r \in R$;

4 – якщо відхилення допустимо, зупинитися, якщо ні, – повернутися до п. 1, змінити $\Delta q_{\text{поч}}$ і повторювати пп. 2 – 4 до зупинки.

Таким чином, рішення методом перебору припускає деякий «рух» в області визначення можливих зовнішніх впливів на об'єкт $q \in Q$. У переважній більшості випадків проектування такої «рух» неможливий внаслідок особливостей параметру, вздовж якого необхідно рухатися.

Для розв'язання цієї проблеми створюється віртуальна модель об'єкта проектування. Віртуальна в тому сенсі що в ній, допускаються різні, неможливі в реальному світі стани окремих елементів: наприклад, елемент *одночасно* виконаний зі сталі та алюмінію (рис. 1, а); на елемент

одночасно в одній точці діють різні за величиною сили (рис. 1, б); елемент одночасно має різні значення одного й того ж розміру (рис. 1, в) [3].

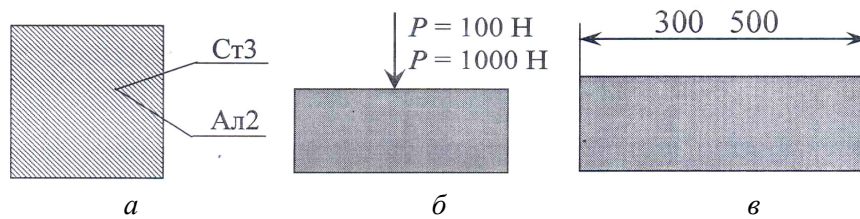


Рис. 1 – Варіанти віртуальних об'єктів в механіці: а – елемент одночасно виконаний зі сталі та алюмінію; б – на елемент одночасно в одній точці діють різні за величиною сили; в – елемент одночасно має різні значення одного й того ж розміру

Віртуальний об'єкт припускає рух в напрямку підбору квазіоптимальних рішень вздовж будь-якого параметра, незалежно від його доцільності і реальної можливості. Такий рух створює квазіоптимальну модель, для якої в реальному світі не існує відповідного до цієї моделі об'єкта.

Нехай для пошуку оптимальної конструкції деякого об'єкта необхідно «рухатися» уздовж параметра P_1 його моделі, але розв'язуючий алгоритм такий рух обмежує, наприклад, високою часовою складністю комп'ютерних обчислень (заборона А). Нехай рухом уздовж параметра P_2 моделі також можна оптимізувати управління об'єктом (назвемо цей процес квазіоптимізацією), але такий рух забороняє фізична основа об'єкта (заборона Б). У разі «звичайної» моделі в цих умовах доводиться рухатися, змінюючи P_1 , – адже така, що суперечить здоровому глузду, заборона Б нездоланна. Для віртуальної моделі таких заборон немає. Тоді, рухаючись в напрямку P_2 всередині віртуальної моделі, знайдемо спочатку квазіоптимальний (віртуальний) керуючий вплив $\Delta q_{\text{кво}}$. Далі має бути фінішний перехід від квазіоптимального впливу $\Delta q_{\text{кво}}$ до оптимального $\Delta q_{\text{опт}}$. Завдання вирішено і заборона А обійдена. Результат – значне зниження часової складності пошуку оптимального керуючого впливу.

Таким чином, пропонований метод складається з двох етапів: квазіоптимізації і фінішного переходу. Метод дозволяє уникнути складних обчислень в напрямку підбору реальних параметрів і замінити їх на створення «неможливих» віртуальних характеристик об'єктів із подальшим перерахуванням їх до реального результату проектування. Розроблені методи та моделі дозволили запропонувати нові підсистеми та створити загальну САПР «POLIMOB» (*polimaterialy object*), призначену для автоматизованого проектування поліматеріальних виробів будь-яких видів та складів матеріалів, які входять до композиції та технології їхнього виготовлення.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Автоматизоване проектування технології виготовлення гумовометалевих виробів / Становский О. Л. та інші / Восточно-европейский журнал передовых технологий. Процессы управления. Харьков, 2015. – № 5/1 (77). – С. 23 – 28.
2. Shvets P.S., Lebedeva O.Yu., Bondarenko V.V. The computer-aided design of rubber-metal products // Праці Одеського національного політехнічного університету. Одеса: ОНПУ, 2015. – С. 63 – 72.
3. Балан С.А., Становская Т.П., Гончарова О.Е. Применение метода виртуального объекта в машиностроении / Моделирование в прикладных научных исследованиях: тр. VII семинара, Одесса: ОГПУ, 2000. – С. 12 – 16.

Shvets P., Toropenko A., Walid Sher Hussain, Abu Shena.

Mathematical modeling and optimization of CAD systems by polimaterialnyh virtual model

Polimaterialni objects are created for the synergistic effect of the combination of different properties. This creates a multi-optimization problem for choosing these materials. Conventional methods for solving such problems - numerical, analytical - not suitable for complex objects with nonlinear properties. The proposed method of virtual models in CAD palmately objects.

Keywords: polymaterial objects, CAD systems, the virtual model method.