

моды существуют как в системе без диссипации, так и в системе с диссипацией. Существование таких нормальных форм объясняется циклической симметрией цилиндрических оболочек.

Список литературы: 1. *Аврамов К. В.* Нелинейные нормальные формы параметрических колебаний // ДНАНУ. – 2008. – № 11. – С. 41-47. 2. *Вольмир А. С.* Нелинейная динамика пластинок и оболочек. – М.: Наука, 1972. – 423 с. 3. *Кубенко В. Д., Ковальчук П. С., Краснополяская Т. С.* Нелинейное взаимодействие форм изгибных колебаний цилиндрических оболочек. – К.: Наукова думка, 1984. – 218 с. 4. *Кубенко В. Д., Ковальчук П. С., Подчасов Н. П.* Нелинейные колебания цилиндрических оболочек. – К.: Выща школа, 1989. – 207 с. 5. *Avramov K.* Nonlinear modes of parametric vibrations and their applications to beams dynamics // Journal of Sound and Vibrations. – 2009. – **322**. – P. 476-489. 6. *Gonçalves P.B., Del Prado Z.J.G.N.* Nonlinear Oscillations and Stability of Parametrically Excited Cylindrical Shells // Meccanica. – 2002. – V. 36. – P. 105-116. 7. *Koval'chuk P. S., Kruk L. A.* Forced nonlinear oscillations of cylindrical shells interacting with fluid flow // Journal of Sound and Vibration. – 2003. – V. 265. – P. 245-268. 8. *Kubenko V. D., Kovalchuk P. S.* Nonlinear problems of oscillations of thin shells // International Applied Mechanics. – 1998. – V. 34, №8. – P. 703-728. 9. *Kubenko V. D., Koval'chuk P. S., Kruk L. A.* Non-linear interaction of bending deformations of free-oscillating cylindrical shells // Journal of Sound and Vibration. – 2003. – V. 265. – P. 245-268. 10. *Yamaki N.* Elastic Stability of Circular Cylindrical Shells. – North-Holland, Amsterdam. – 1984.

Поступила в редколлегию 20.06.2009

УДК 519:539:534

С.В.КРАСНИКОВ, канд.техн.наук, ст.наук.співр., НТУ «ХП»

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙ

Розглядаються проблеми з використання сучасних САПР для проведення досліджень динаміки складних машинобудівних конструкцій. Запропоновано методику проведення досліджень за допомогою інтегрованого програмного засобу. Розроблені дві моделі спеціалізованого програмного комплексу щодо автоматизації проведення необхідних серій розрахунків.

The problems with the use of modern CAD systems for studies of dynamics for complex engineering designs are considered. A method for conducting research using integrated software is described. Developed two models of specialized software to automate the necessary series of calculations

Вступ. Сучасні дослідження пов'язані з проведенням багатої кількості обчислень. Особливо це стосується розрахунків динамічних характеристик машинобудівних конструкцій, що звичайно групуються у декілька серій. Кожній серії відповідають свої значення змінних параметрів. Доволі часто відомі програмні засоби з автоматизації інженерних досліджень (CAE) не мають

вбудованих можливостей для проведення подібних серій розрахунків або погано пристосовані щодо них [1,2]. Це пов'язано з величезною кількістю унікальних особливостей просторових моделей складних машинобудівних конструкцій. Тому актуальним є розробка уніфікованої методики щодо вказаних розрахунків та спеціалізованого програмного забезпечення для вирішення зазначених задач.

Мета роботи. Розробка уніфікованої методики з проведення досліджень динамічних характеристик складних машинобудівних конструкцій зі змінними параметрами за допомогою серій розрахунків з використанням популярних САЕ систем.

Особливості розробки інтегрованого програмного забезпечення для сучасних САЕ систем. Сучасний розвиток популярних САЕ систем має наступні тенденції:

- розробка САЕ за модульною системою (кожен модуль відповідає за певну кількість задач) та впровадження САЕ комплексів з різним набором модулів;
- розробка двох напрямків САЕ комплексів – відокремлених та вбудованих до популярних систем автоматизованого проектування (CAD).

Перша тенденція не дозволяє розробити для модульного САЕ стовідсотково універсальний інтегрований програмний засіб. Для кожної версії САЕ потрібно перевіряти та можливо переробляти розроблене програмне забезпечення.

Друга тенденція розділяє інтегровані програмні засоби на два різновиди: для відокремлених САЕ та для САЕ з використанням СОМ інтерфейсу.

Це пов'язано з тим, що більшість популярних відокремлених САЕ систем є продовженням програмних розробок 20 – 30 річної давнини. В той час неможливо було врахувати всі необхідні параметри розрахунків, а СОМ інтерфейс ще не використовувався. Тому ці САЕ системи або взагалі не мають СОМ інтерфейсу, або в ньому немає всіх необхідних функцій. Але ці САЕ дозволяють зробити все потрібне за допомогою консольного режиму.

Різновид САЕ комплексів вбудованих до популярних CAD комплексів зазвичай мають СОМ інтерфейс і розробники цих програмних засобів надають зусиль щодо потужності цього інструменту. Але й при наявності необхідних функцій для розрахунку виникають проблеми з параметризацією. Це пов'язано з тим, що скінчено-елементна модель в подібних САЕ комплексах кожен раз при зміні параметрів створюється заново, що призводить до різної нумерації елементів та вузлів в контрольованих місцях.

Враховуюче вищезазначене пропонується уніфікована методика для проведення серій розрахунків динамічних характеристик складних машинобудівних конструкцій, що представлена на рис. 1.

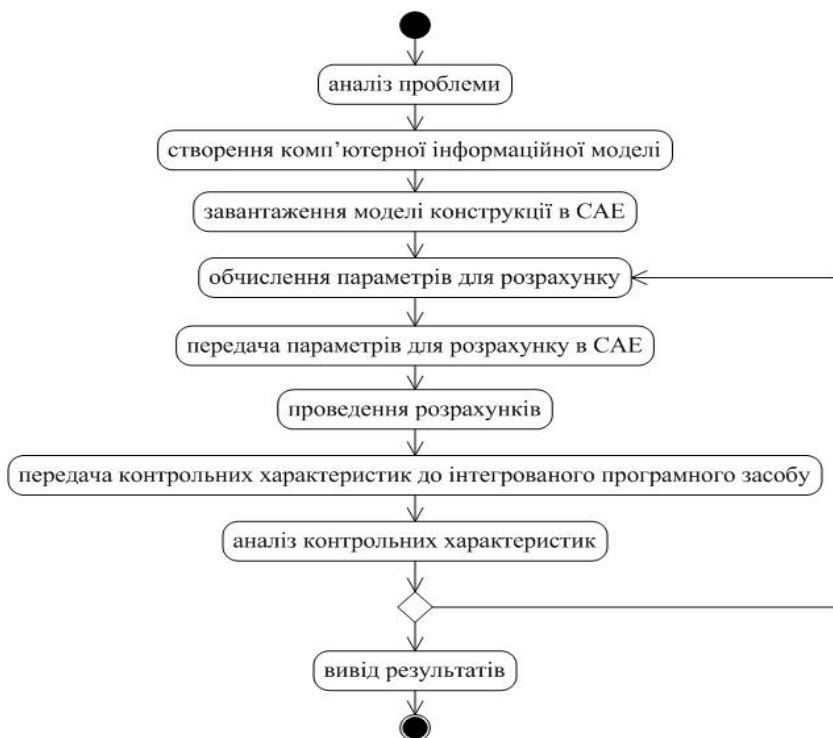


Рисунок 1 – Методика досліджень динамічних характеристик складних машинобудівних конструкцій

В результаті аналізу проблеми визначаються:

- геометричні, фізичні, структурні характеристики машинобудівної конструкції;
- цілі дослідження та критерії оцінки;
- обмеження досліджень.

Етап по створенню комп'ютерної інформаційної моделі починається з вибору методу моделювання. Найбільш розвиненим та популярним на даний час є метод скінчених елементів, на базі якого створено найвідоміші потужні програмні комплекси САЕ. Результатом етапу є:

- розробка або вибір програмного забезпечення щодо моделювання та проведення розрахунків;
- побудована модель з визначеними змінними параметрами та контрольними характеристиками;
- перелік з необхідних розрахунків та чисельних методів для кожного з них та обґрунтування вибору;
- обмеження щодо розрахунків;

– метод перевірки вірогідності результатів розрахунків.

Інші етапи виконуються у відповідності з особливостями програмного забезпечення що використовується в дослідженні.

Особливості обраного САЕ безпосередньо впливають на архітектуру інтегрованого засобу та всього програмного комплексу. Як зазначалось вище, більшість відокремлених САЕ не має розвинутого COM інтерфейсу, тому при їх використанні діаграма компонентів комплексу має вигляд показаний на рис. 2.

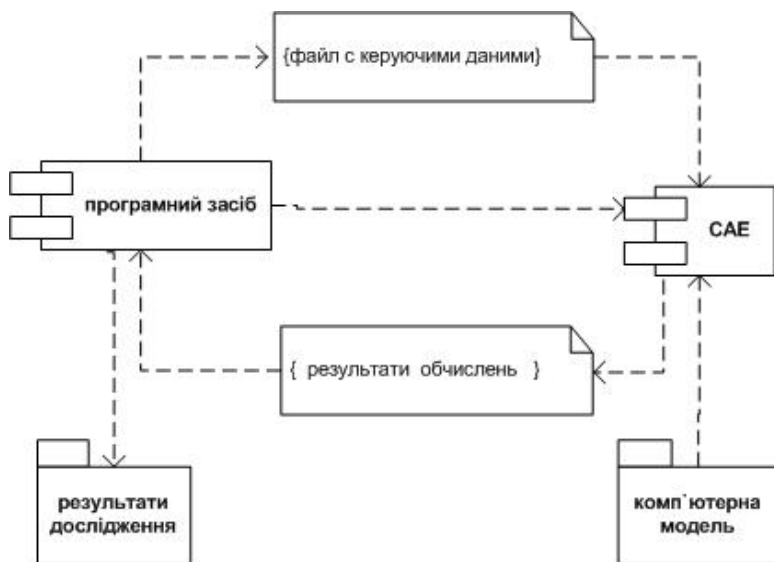


Рисунок 2 – Діаграма компонентів програмного комплексу на базі типового відокремленого САЕ

В зображеній діаграмі інтегрований програмний засіб має роль керуючої програми. Створений за її допомогою файл з керуючими даними містить у собі вказівки щодо обраного розрахункового модулю або методу та параметри розрахунку. Зазвичай цей файл є макросом або командним файлом. Результати обчислень вмішують в собі, при можливості фільтрації вихідних даних САЕ, лише контрольні характеристики та складаються з одного файлу. Комп'ютерна модель та результати дослідження можуть складатися з одного або декілька файлів та за структурою бути текстовими (двійковими) даними або типовою базою даних.

Основним недоліком цієї моделі є використання допоміжних тимчасових файлів, що збільшує потреби в часі на дослідження. Цього недоліку позбавлена архітектура комплексу на базі САЕ з використанням COM інтерфейсу (рис. 3). В цій моделі файли з керуючими даними та результатами заміню-

ються функціями СОМ інтерфейсу. Це дозволяє оперативно та швидко керувати процесом необхідних обчислень.

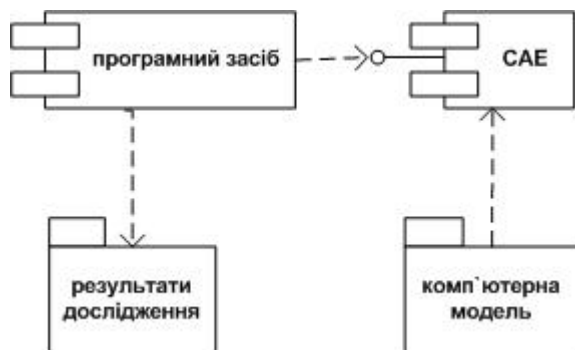


Рисунок 3 – Діаграма компонентів програмного комплексу на базі CAE з використанням СОМ інтерфейсу

Висновки. Зазначені загальні тенденції розвитку архітектури CAE систем та особливості їх видів. Запропонована уніфікована методика з проведення досліджень динамічних характеристик складних машинобудівних конструкцій зі змінними параметрами за допомогою серій розрахунків з використанням популярних CAE систем. На базі методики розроблено дві моделі структури програмного комплексу з урахуванням зазначених особливостей сучасних CAE.

Список літератури: 1. Гореткіна Е. Перспективи розвитку САПР // PC Week/RE. – 2007. – № 35 (593). 2. Тернюк Н.Э., Гранін В. Ю., Гурова О.С., Тюрина М.Л., Бульгін А.В. Направления интеллектуализации САПР в машиностроении // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2008. – № 39. – С. 14-27. 3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: СПбГТУ, 1997. – 510 с.

Надійшла до редколегії 8.08.2009