

**С.В.КРАСНИКОВ**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., НТУ «ХПІ»;  
**А.А.КАРПЕНКО**, студент, НТУ «ХПІ»

## **ІНТЕГРОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Розглядаються особливості автоматизації проведення досліджень динаміки складних машинобудівних конструкцій. Розроблено спеціалізований інтегрований програмний засіб щодо автоматизації проведення необхідних серій розрахунків. За допомогою розробленого програмного забезпечення проведено дослідження власного спектру багатокорпусної турбіни.

The problems of automation research dynamics of complex engineering designs are considered. A specialized integrated software tool to automate the necessary series of calculations are designed. Developed software for the research spectrum of turbine own vibration was used.

**Вступ.** Технічні задачі, що доводиться опрацьовувати дослідникам і інженерам, часто не мають аналітичного рішення та вимагають значних витрат на експериментальну реалізацію. У цих випадках застосовують чисельні методи, які мають багато реалізацій у програмних комплексах [1, 2]. Актуальним є подальший розвиток цих методів і їхніх програмних реалізацій для поліпшення автоматизації розрахунків і параметризації моделей з метою підвищення ефективності проведення інженерних досліджень механіки складних машинобудівних конструкцій.

**Мета роботи.** Розробка програмного засобу для автоматизації дослідження спектра власних частот складної машинобудівної конструкції при варіюванні конструктивних параметрів.

Наявним об'єктом дослідження є турбоагрегат К-500-65/3000 з 4 гнучкими корпусами циліндрів низького тиску та твердим циліндром високого тиску. Змінними параметрами є товщини основних несучих стінок гнучких корпусів.

Кожний корпус циліндрів низького тиску турбіни є складною пластинчато-стрижневою системою. Всі корпуси встановлюються на залізобетонний фундамент і мають єдиний валопровід. Докладний опис об'єкта дослідження та його скінчено-елементної моделі наведено в статті [3].

**Архітектура програмної системи.** Популярні програмні комплекси для проведення розрахунків власних коливань на основі методу скінчених елементів (ANSYS, COSMOS) не підтримують COM і OLE технології взаємодії між програмами. Основою для інтеграції прикладних додатків з подібними програмними комплексами є можливість використання вхідних і вихідних

файлів. Крім того, може здійснюватися збереження ряду даних у вигляді текстових і графічних файлів. Тому діаграма компонентів комплексу має звичайний вигляд системи без використання програмних інтерфейсів [4, с.71].

Відповідно діаграмі послідовність подій (алгоритм) роботи програмного комплексу реалізовано у такий спосіб:

1. завантаження моделі (відображення геометрії) і вихідних даних із зазначеного каталогу;
2. проведення модального аналізу при кожному кроці із заданою товщиною стінки корпусу й відображення заданої власної форми;
3. на основі отриманих результатів будуються графіки зміни власних частот від товщини, кількість яких задає користувач;
4. всі результати, вихідні дані, файл моделі й результату розрахунку зберігаються в зазначений користувачем каталог.

**Опис інтерфейсу.** Керуючий модуль програмного комплексу має одно-віконний інтерфейс із двома вкладками: розрахунок і графіки (рис. 1).

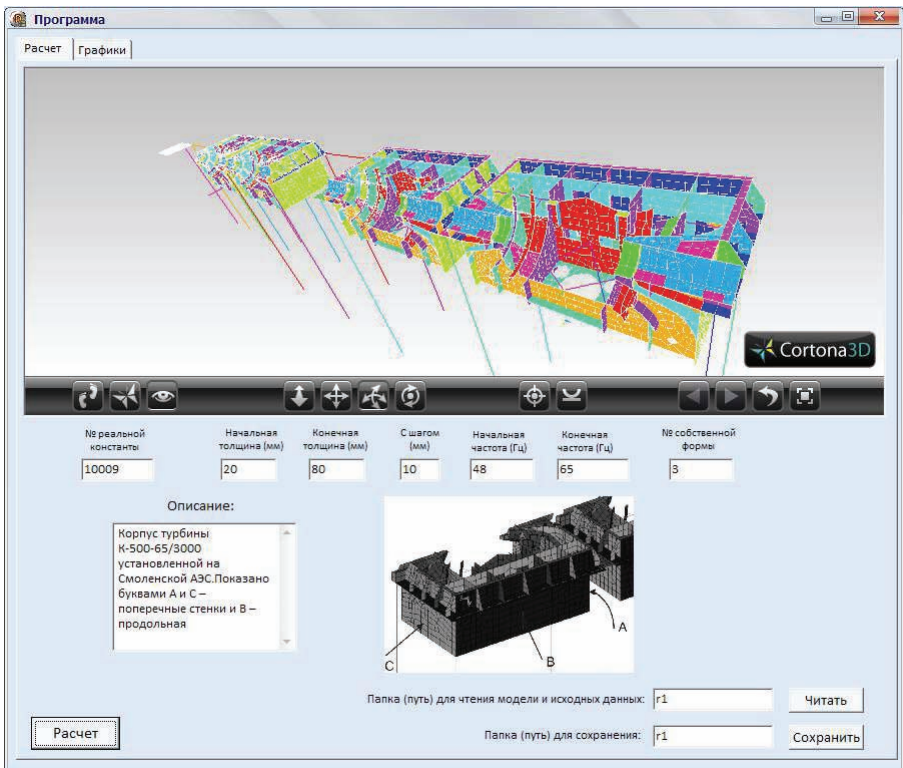


Рисунок 1 – Интерфейс програмної системи після завантаження вихідних даних

Вкладка «розрахунок» містить:

- тривимірне відображення скінченно-елементної моделі;
- параметри для проведення серії розрахунків;
- коротка інформація про модель (текстовий опис і малюнок).

Параметри для проведення серії розрахунків наступні:

- номер реальної константи;
- початкова, кінцева товщина й крок нарощування;
- діапазон частот.

Тривимірне відображення скінченно-елементної моделі реалізовано шляхом інтеграції із програмою Cortona3d. Контейнер відображає вихідну модель до розрахунків і обрану власну форму коливань після одержання результату.

Параметри розрахунків і дані моделі об'єкта зберігаються в окремій папці. За замовчуванням у цій же папці зберігаються результати розрахунків, є можливість вказівки іншої папки для результатів.

Коротка інформація про модель містить пояснення у вигляді текстового опису та малюнка.

Друга вкладка містить вікно для відображення графіків залежностей власних частот від змінного параметра.

**Чисельні дослідження.** У якості вихідних даних необхідно мати побудовану скінченно-елементну модель [3], малюнок, тестовий опис і параметри розрахунків.

Після запуску розрахункового модуля необхідно вказати шлях для читання вихідних даних для розрахунку, моделі, текстового опису, малюнка й завантажити їх. Вікно програми з уведеної в неї параметрами має вигляд показаний на рис. 1.

Після цього при необхідності змінюємо параметри варіювання товщини стінки, саму стінку, що задається номером реальної константи. У нашій випадку варіюємо стінку «В» з номером константи 10009. Також указуємо початкову й кінцеву частоту й власну форму яка буде виводитися для наочного подання. Потім проводиться розрахунок. Тривалість серії розрахунків залежить від завдання початкової й кінцевої частоти, і області варіювання. У цьому випадку із зазначеними вихідними параметрами на сучасному комп'ютері розрахунок триває близько 20 хвилин. Після розрахунку в основному вікні виводиться власна форма коливань (рис. 2.) і на другій вкладці графіки (рис. 3). Кількість виведених на графік власних частот можна змінювати.

З результатів дослідження (рис. 3) видно, що зменшення товщини обраної стінки приводить до збільшення безрезонансного діапазону біля робочої частоти 50 Гц. Це поліпшує вібраційний стан турбіни, але зменшення жорсткості може зробити протилежну дію. Для кінцевої рекомендації необхідне проведення додаткових досліджень.

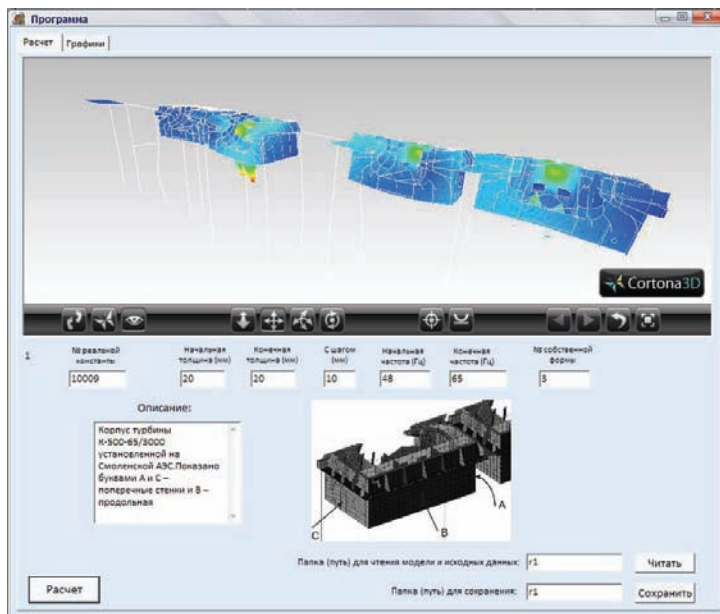


Рисунок 2 – Вид програмної системи після проведення розрахунків

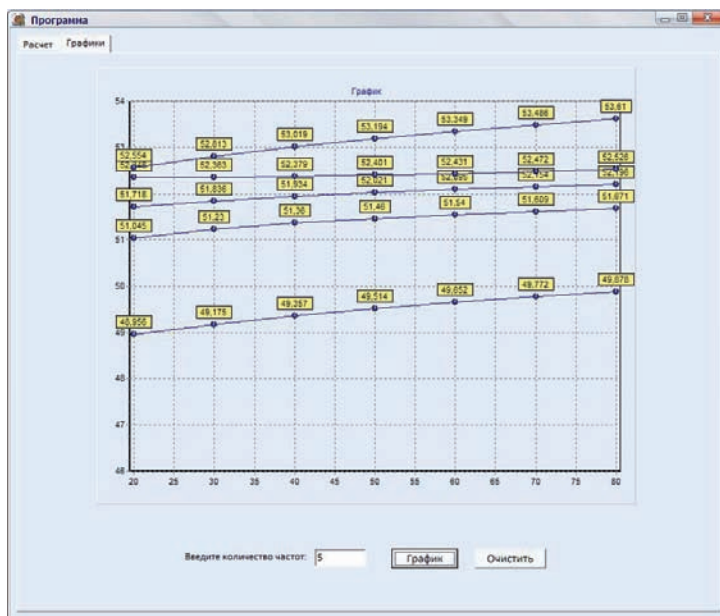


Рисунок 3 – Графіки залежності власних частот від товщини стінки

**Висновки.** Створено інтегровану програмну систему для проведення серії розрахунків власних частот і форм складної машинобудівної конструкції при варіюванні параметрів. Проведено дослідження частотного спектра корпусів турбіни при варіюванні опорної стінки. Результати розрахунків дозволяють зробити рекомендації для поліпшення її вібраційного стану.

**Список літератури:** 1. Гореткіна Е. Перспективы развития САПР // PC Week/RE. – 2007. – № 35 (593). 2. Тернюк Н.Э., Гранин В. Ю., Гурова О.С., Тюрина М. Л., Булыгин 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. Красніков С.В., Степченко О.С., Торянік А.В. Комп'ютерне моделювання багатокорпусного турбоагрегату та аналіз його вібраційних характеристик // Машинознавство. – Львів: Кінпатрі, 2009. – № 2. – С. 27-33. 4. Красніков С.В. Розробка інтегрованих програмних засобів з автоматизації розрахунків динамічних характеристик конструкцій // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – № 30. – С. 68-72.

*Надійшла до редколегії 12.07.2010*