УДК 539.3

Бабенко А.Є., докт. техн. наук, професор,
Трубачев С.І. канд. техн. наук, доцент,
Лавренко Я.І. канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
strubachev1@ukr.net

РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

При проектуванні обладнання сучасного машинобудування необхідно враховувати реальні умови роботи конструкцій. В процесі роботи машини та механізми, працюють під дією інтенсивних вібраційних навантажень, тому визначення динамічних характеристик конструкцій являє собою актуальну задачу. Це визначає необхідність проводити дослідження коливальних процесів з урахуванням реальних умов вібраційного навантаження, що дозволить визначити оптимальні параметри конструкції та режими роботи машини з максимальним віддаленням від критичних режимів, які є небезпечними. Як відомо, явище резонансу є однією з причин руйнації елементів машинобудівних конструкцій. У зв'язку з цим є необхідним вирішення задачі про вимушені коливання. Ця задача може бути розв'язана із застосуванням метода головних координат, але для цього необхідно визначити власні частоти та відповідні їм власні форми коливань. Всі механічні об'єкти, які використовуються в сучасних машино- та авіабудуванні можна змоделювати стержневими системами, масивними тілами, багатозв'язними пластинами та просторовими пластинчато-оболонковими конструкціями в різноманітних комбінаціях. Аналітичні методи розрахунку коливань подібних конструкцій, як правило, не відображають з необхідною точністю реальну картину напружено-деформованого стану, у зв'язку зі складними граничними умовами та існуючими вібраційними навантаженнями. Тому необхідно розвивати універсальні і ефективні чисельні методи для розрахунку задач на коливання, які б дозволили визначити оптимальні параметри елементів конструкцій. Авторами був розроблений ефективний підхід до визначення динамічних характеристик елементів машинобудівних конструкцій, який базується на формуванні скінченновимірних функціоналів типу Релея методом підвищення жорсткостей та мінімізації їх ітераційним методом покоординатного спуску [1, 2]. Слід підкреслити, що застосування метода покоординатного спуску не потребує формування матриць інерції та жорсткості та оперування з ними, що дозволяє вирішувати задачі великої розмірності з мінімальною потребою обчислювальних ресурсів. Окрім того даний метод є стійким відносно помилок, які обумовлені точністю обчислювання на персональному комп'ютері. При розрахунку вимушених коливань шукані функції розкладаються в ряд Фур'є за власними формами коливань. Для врахування частотно-незалежного тертя, використовувалась гіпотеза Бока-Шліппе-Колара. На основі запропонованого методу було розроблено алгоритми та пакети прикладних програм (ППП). З огляду на те, що ППП побудовано за модульним принципом, це дозволяє вдосконалювати його структуру за допомогою сервісних програм, а також видозмінювати та додатково розробляти програми для нових задач. Розроблений програмний комплекс включає в себе програмний модуль, який дозволяє робити дискретизацію довільних пластинчато-оболонкових систем, що необхідно для побудови скінченновимірної моделі. ППП було налагоджено та удосконалено на великій кількості тестових та прикладних задач різної складності. Чисельні результати порівняно з результатами, отриманими аналітичними або іншими чисельними методами, а також із відповідними експериментальними даними. Похибка у визначенні власних частот та форм коливань не перевищувала 5%. Запропонований метод та його реалізація у вигляді автоматизованої системи розрахунку отримали впровадження в інженерну практику.

Список посилань

1. Бабенко А. Є. Визначення частотного спектра та власних форм коливань пружних систем методом підвищення жорсткостей // О. Є. Бабенко, О. А. Боронко, О.М. Василенко, С. І. Трубачев / Проблеми міцності. – 1990. – № 2. – с. 122 – 124.
2. Бабенко О. Є. Застосування та розвиток методу покоординатного спуску в задачах визначення напружено-деформованого стану при статичних та вібраційних навантаженнях // О. Є. Бабенко, Н. І. Бобир, С. Л. Бойко, О. А. Боронко. – К.: Інрес, 2005. – 264 с.

УДК 621.923

Рябченко С.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ, s.riabchenko@ukr.net

ШЛІФУВАННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС КРУГАМИ З РУБІН-КОРУНДУ

Підвищити якість обробки зубчастих коліс можливо шляхом застосування ефективних технологій зубошліфування. Технологія обробки полягає у використанні абразивних кругів із рубін-корунду при профільному шліфуванні зубчастих коліс. Шліфування кругами із рубін-корунду дозволяє підвищити точність обробки та знизити висотні параметри шорсткості зубчастих коліс і, тим самим, підвищити надійність та ресурс зубчастих передач.

Для процесу шліфування зубчатих коліс розроблені та виготовлені абразивні круги із рубін-корунду діаметром 400 мм, розроблені технологічні режими обробки, досліджена точність та шорсткість поверхонь зубчастих коліс після обробки. Випробування проводилися у промислових умовах на підприємстві АТ «Світло Шахтаря» (м. Харків). Шліфування зубчастих коліс виконувалось на зубошліфувальному верстаті з ЧПК мод. HÖFLER RAPID 1250. Оброблялись зубчасті колеса з такими параметрами: діаметр d_a = 345 мм; z = 41; m = 8; ширина вінця B = 90 мм (рис. 1).

Рис. 1 – Установка шліфувального круга з рубін-корунду на верстаті

Шліфування зубчастих коліс кругами із рубін-корунду дозволяє забезпечити якісні показники профілю зуба в порівнянні зі шліфуванням кругами із звичайними кругами з білого корунду. Забезпечуються висока точність профілю колеса, яка відповідає 2 ступеню точності (за DIN 3962). Шорсткість профілю зубчастого колеса дорівнює *Ra* 0,63, що відповідає вимогам креслення. Правку шліфувального круга із рубін-корунду проводиться через 7–8 зубців (при використанні білого корунду – через 4–5 зубців), що забезпечує підвищену стійкість шліфувального круга із рубін-корунду.