

**І.В. Лебединець**, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

**В.В. Дуб**, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ ЗЧЕПЛЕНЬ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ РОБІТ ІЗ КУРСУ ТЕОРІЇ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН**

У сучасному машинобудуванні найпоширенішим видом механічних передач є зубчасті, які працюють у різноманітних умовах: закриті з мастилом передачі редукторів або відкриті, що мають безпосередній контакт із зовнішнім середовищем та працюють без змащення, швидкохідні або тихохідні, тяжкоконавантажені передачі; або кінематичні, які використовують в механізмах регулювання.

Під час проєктування зубчастих передач необхідно враховувати умови їх роботи, при цьому застосовують різноманітні інженерні методи розрахунку з метою підвищення показників працездатності – міцності, надійності, зносостійкості, тощо.

Із метою покращення експлуатаційної якості та розширення конструктивних можливостей зубчастих передач застосовується метод зміщення ріжучого інструменту під час нарізання зубчастих коліс. У лекційному курсі студентів інженерних спеціальностей знайомлять з різними способами виготовлення зубчастих коліс: литво, штамповка, накатка, нарізання зубців методами копіювання та огинання. При застосуванні методу копіювання бокова найвідповідальніша поверхня зуба залежить від точності виготовлення модульної пальцевої або дискової фрези, що її нарізає. Фреза визначає і форму галтелі зуба. Кожний модуль і кожне число зубців шестерні потребує своєї індивідуальної фрези. При цьому необхідна ділильна головка зуборізного верстата, яка також вносить накопичену помилку кроку на останній зуб, що нарізається. А почергове вирізання кожної з западин шестерні значно збільшує непродуктивний час нарізання.

Набагато продуктивнішим є метод огинання. Він характеризується точністю, за рахунок того, що інструментом може бути прямолінійна інструментальна рейка, яку легко виготовити та заточити з високою точністю. Цей метод відрізняється універсальністю, адже однією фрезою певного модуля можна нарізати колеса з будь-якою кількістю зубців. Відсутня і накопичена помилка кроку. Ці теоретичні положення наявно демонструє типова лабораторна робота, яку проводять на спеціальному приладі ТММ-42.

Під час виконання індивідуальної роботи студенти мають можливість переконатися у перевагах нарізання зубців методом обкатки інструментальною рейкою або черв'ячною фрезою при змінненні геометричних параметрів окремої зубчастої шестерні, що нарізана із зсувом вихідного контуру.

Виконання другої частини лабораторної роботи передбачає використання програми Gear Trax та Inventor, що дозволяє значно розширити можливості моделювання зачеплення двох сполучених зубчастих коліс. Картину евольвентного зачеплення студенти креслять при виконанні індивідуальних завдань. Програма моделює спряження двох різних евольвент – шестерні та колеса – у різних варіантах геометричних параметрів шестерні – із підрізанням та зміщенням на обчислену у першій частині відстань. При цьому наочно демонструється вплив зміщення інструменту на спільні геометричні параметри – міжосьову відстань  $a_w$ , кут експлуатаційного зачеплення  $\alpha_w$ , діаметри початкових кіл  $d_{w1}$  та  $d_{w2}$ , які залежать від обох коефіцієнтів зміщення, а також діаметри кіл западин, що залежать тільки від власних коефіцієнтів, на форму зуба, на товщини зуб'їв на різних колах, як у першій частині роботи. Досить детально представляються лінії зачеплення – теоретична  $N_1N_2$ , яка на екрані монітора виділена зеленими точками, робоча її частина  $AB$ , що представлена на екрані монітора жовтими точками.

Програма передбачає анімацію вищої кінематичної пари зачеплення. При зменшенні швидкості анімації наявно демонструється переміщення точок контакту зубців цієї пари вздовж робочої лінії зачеплення та виконання у будь-якій точці контакту основної теореми зачеплення. Можна визначити ділянки однопарного зачеплення та одночасного зачеплення двох пар зубців. Зміщення інструментальної рейки не тільки змінює геометричні параметри зуб'їв, а впливає на якісні показники зачеплення. Особливо наявним є зменшення коефіцієнту перекриття. Зростання кута зачеплення, а відповідно й міжосьової відстані, призводить до зменшення робочої лінії  $AB$  і залежного від неї коефіцієнта перекриття  $\varepsilon_a$ , що негативно позначається на плавності й несучої здібності зубчастої передачі.

Таким чином, застосування комп'ютерного моделювання зубчастого зачеплення, анімації вищої кінематичної пари, демонстрації впливу зміщення інструменту на геометричні параметри та якісні показники підвищує ефективність підготовки фахівців інженерного профілю при викладанні дисципліни теорії механізмів і машин.