

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

**І.В.Лебединець, С.Ю. Саснко, С.М. Костенко**

*Використання інформаційних технологій у навчальному процесі, зокрема комп'ютерного моделювання за допомогою програмного забезпечення Gear Trax та Inventor, значно розширює можливості засвоєння тематичного матеріалу під час проведення лабораторних робіт з нарізання зубців зубчастих коліс методом обгинання, створення зубчастих та черв'ячних передач, які виконують студенти ФОТС ХДУХТ.*

**Ключові слова:** моделювання, програма, лабораторна, нарізання, зубці, зчеплення, колеса, передачі, редуктор.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**И.В. Лебединец, С.Ю. Саенко, С.М. Костенко**

*Использование информационных технологий в процессе обучения, в частности компьютерного моделирования с помощью программного обеспечения Gear Trax и Inventor, существенно расширяет возможности усвоения тематического материала при проведении лабораторных работ по нарезанию зубцов зубчатых колес методом обкатки, по созданию зубчатых и червячных передач, которые выполняют студенты ФОТС ХГУПТ.*

**Ключевые слова:** моделирование, программа, лабораторная, нарезание, зубцы, зацепление, колеса, передачи, редуктор.

## **THE USE OF COMPUTER DESIGN IN LABORATORY WORKS**

**I.V. Lebedinets, S.U. Saenko, S.M. Kostenko**

*Nowadays, the introduction of information technologies in the process of teaching of technical disciplines to the students of engineering specialties is one of the topical tasks. The introduction of laboratory works with the use of computer modelling in the process of teaching is of great importance as knowledge and skills from the individual research work with the real engineer devices will undoubtedly improve the level of training and will be used by students in the academic process and future work according to their specialties.*

*The result of introduction of teaching computer-aided laboratory works on the disciplines «The theory of mechanisms and machines» and «Details of machines» into the process allows both to model cutting of gear teeth, toothing cog-wheel with*

*and without the displacement of cutting instrument, toothed gearings of reducers, and also evidently to watch the changes of geometrical parameters of the toothed gearing of wheel, cog-wheel, worm.*

*The use of computer modelling by software GearTraxe and Inventor in the laboratory works on cutting of toothing gear-wheels by the method of rolling, creations of toothed and worming transmissions improves the understanding of material and the level of learning by the students on the proper topics of disciplines.*

**Keywords:** *modelling, program, laboratory, cutting, indents, gearing, wheels, transmissions, reducer.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У наш час у процесі викладання технічних дисциплін досить актуальним є питання застосування різноманітних інноваційних методів викладання. Пріоритетне завдання – це впровадження в навчальний процес лабораторних робіт, у яких використовуються комп'ютерні технології, тому що знання, отримані студентами в результаті самостійної роботи з інженерним обладнанням, підвищують рівень сприйняття матеріалу та засвоєння знань студентами.

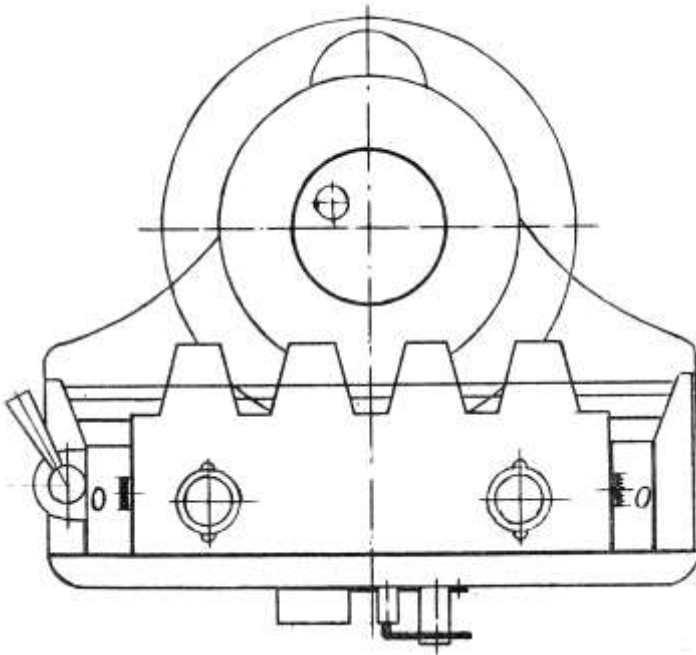
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У лекційному курсі дисциплін ТММ студенти знайомляться з теоретичним підґрунтям методів нарізання зубців – копіюванням та огинанням, а також перевагами останнього, а саме:

- точністю нарізання, бо інструментом може бути інструментальна рейка (або черв'ячна фреза з перерізом рейки), яку можна виготовити з високою точністю;
- малий інструментальний парк, бо однією фрезою певного модуля можна нарізати колеса з будь-якою кількістю зубців;
- відсутність накопиченої помилки кроку.

Типова лабораторна робота, яка виконується за допомогою пристрою ТММ-42 (рис. 1), наочно демонструє перші дві переваги та умови підрізання зубців шестерні з кількістю зубців менше ніж 17.

Робота передбачає нарізання зубчастого колеса за вихідними параметрами, усунення підрізання зсувом рейки від центру заготовки та порівняння геометричних параметрів зубців, нарізаних із обчисленим зсувом інструменту та без нього, тобто збільшення товщини зубця на дільному та основному колах, а також її зменшення на колі верхівок зубців за позитивного зміщення [1].

Під час вивчення дисципліни «Деталі машин» студенти виконують лабораторні роботи, під час яких досліджують конструкцію та визначають кінематичні параметри циліндричного, конічного та черв'ячного редукторів [2]. Знання та навички, набуті під час самостійної дослідницької роботи з реальними пристроями,



**Рис. 1. Лабораторний пристрій ТММ-42**

полегшують виконання студентами курсового проекту з цієї дисципліни та забезпечують інженерну підготовку за обраним фахом.

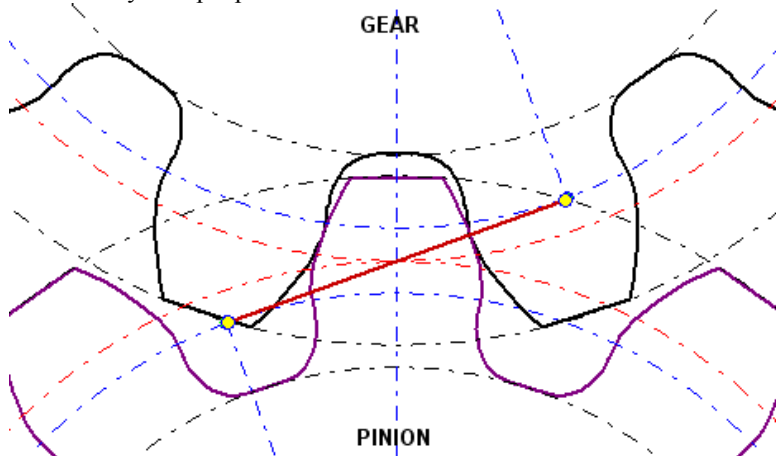
У машинобудівних ВНЗ лабораторний практикум із дисциплін «Теорія машин і механізмів» та «Деталі машин» передбачає використання промислового обладнання для нарізання зубців зубчастих коліс. Останнім часом набувають поширення лабораторні практикуми з даної тематики, які реалізують комп'ютерне моделювання замість фактичного нарізання зубів, що значно знижує собівартість робіт при фактично тій же наочності процесу. Зокрема, багатьма викладачами технічних дисциплін використовуються такі комп'ютерні програми, як Autocad, Solid Works, КОМПАС, ADEM з метою проектування зубчастих коліс, зачеплень та різноманітних редукторів.

**Мета статті** – надати інформацію щодо впровадження інформаційних технологій у навчальний процес, зокрема для проведення лабораторних робіт із нарізання зубців зубчастих коліс та створення зубчастих і черв'ячних редукторів.

**Виклад основного матеріалу.** В аспекті дослідження даної проблеми викладачами нашої кафедри було запроваджено лабораторні роботи, зокрема з дисциплін ТММ, «Деталі машин», із використанням програмного забезпечення Gear Trax та Inventor [3].

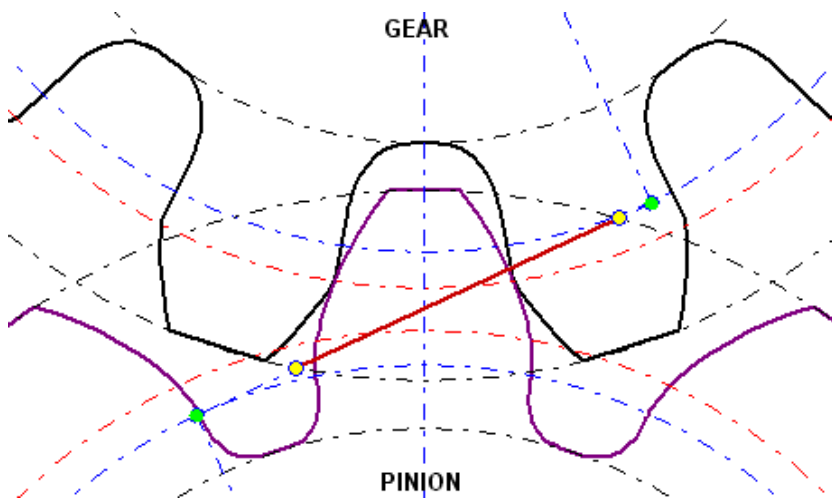
Упровадження в навчальний процес лабораторної роботи з використанням програмного забезпечення Gear Trax дозволяє моделювати за допомогою комп'ютера підрізання шестерні та його усунення за незмінного колеса порівняно з геометричними параметрами зубчастих пар. Крім того, здійснюється анімація кінематичної пари, визначаються точки контакту, стають наочними всі переваги виготовлення зубців методом обгинання. Полегшується розуміння збігання початкових та ділільних кіл для нульових зубчастих передач, зміна експлуатаційного кута зачеплення, різниця товщини зубця на різних колах, обмеження максимального значення позитивного зміщення інструменту (рис. 2, 3).

Використання програмного забезпечення наочно показує зменшення коефіцієнта перекриття за позитивного зміщення інструменту. На перший погляд, збільшення діаметрів кіл верхівок збільшує робочу лінію зачеплення, але насправді зростання міжосьової відстані та збільшення кута експлуатаційного зчеплення приводять до зменшення кута перекриття.



**Рис. 2. Результат виконання лабораторної роботи із застосуванням програмного забезпечення Gear Trax (шестерня без зміщення)**

Упровадження викладачами кафедри механіки та графіки в робочу програму дисципліни «Деталі машин» лабораторної роботи з використанням програм Gear Trax та Inventor дозволяє моделювати зубчасту та черв'ячну передачі, а також створювати їх ескізи, що забезпечує сучасний науково-технічний рівень підготовки студентів.



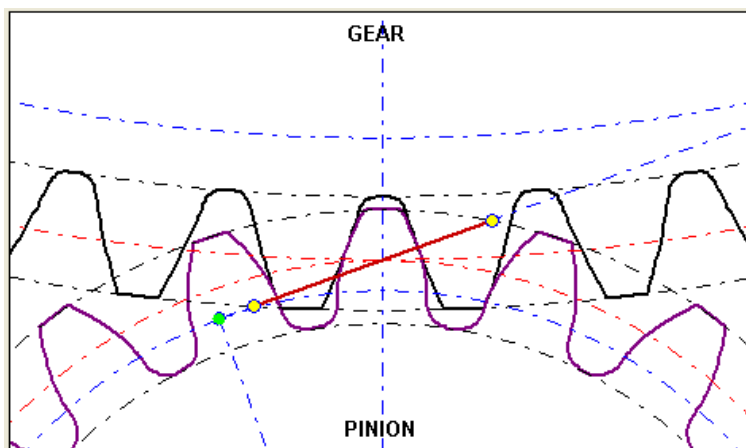
**Рис. 3. Результат виконання лабораторної роботи із застосуванням програмного забезпечення Gear Trax (шестерня зі зміщенням)**

Вихідними даними до моделювання передач є параметри, що були визначені студентами під час дослідження конструкцій редукторів (модуль зачеплення, кількість зубців, кут профілю, кут зачеплення, зміщення ріжучого інструменту, конструктивні розміри коліс, тощо). Під час моделювання зубчастого зачеплення можна наочно слідкувати за змінами геометричних параметрів зубчастого зачеплення, колеса, шестерні (рис. 4).

Використання програми Gear Trax дозволяє моделювати нарізання зубчастих коліс або черв'яка та черв'ячного колеса. Стає можливою анімація кінематичної пари, полегшується розуміння збігання початкових та дільних кіл для нульових передач, стають наочними геометричні параметри, притаманні зубчастим та черв'ячним передачам.

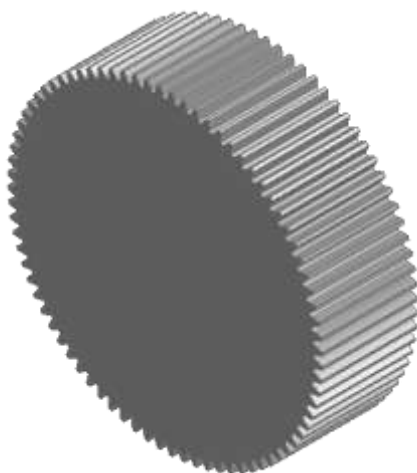
Програмний комплекс Inventor ґрунтується на матеріалах, отриманих із Gear Trax, і дозволяє створити тривимірну модель

зубчастої та черв'ячної передач з урахуванням усіх конструктивних особливостей (рис. 6-8).



**Рис. 4. Модель зубчастого зачеплення**

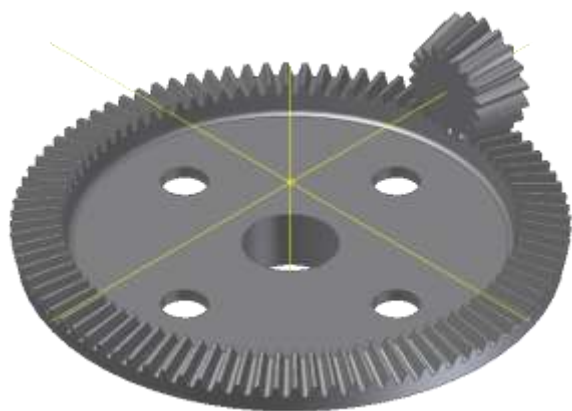
Після передавання даних із Gear Trax до Inventor отримуємо тривимірну модель зовнішньої поверхні колеса (рис. 5), додаткові конструкторські елементи (фаски, отвори та ін.) додаємо окремо, уже в середовищі Inventor.



**Рис. 5. Модель колеса після передачі його в Inventor**



**Рис. 6.** Результат виконання лабораторної роботи з застосуванням програмного забезпечення Inventor (циліндрична передача)



**Рис. 7.** Результат виконання лабораторної роботи з застосуванням програмного забезпечення Inventor (конічна передача)



**Рис.8. Результат виконання лабораторної роботи з застосуванням програмного забезпечення Inventor (черв'ячна передача)**

**Висновки.** Таким чином, беручи до уваги виняткову наочність та ефективність програм Gear Trax та Inventor, у навчальних програмах дисциплін «Теорія механізмів і машин» та «Прикладна механіка» передбачено виконання лабораторної роботи «Нарізання зубчастих коліс методом обгинання» як пристроєм ТММ-42, так і за допомогою програми Gear Trax із порівнянням отриманих результатів, а у навчальній програмі дисципліни «Деталі машин» передбачено виконання лабораторної роботи «Моделювання зубчастих та черв'ячних передач».

#### **Список джерел інформації/ References**

1. Кіницький, Я. Т. *Теорія механізмів і машин* / Я. Т. Кіницький. – К. : Наукова думка, 2001. – 660 с.

Кінус'куй, Я. Т., (2001), *The theory of mechanisms and machines*, [Teorija mehanizmiv i mashyn, Naukova dumka, Kiev, – 660 p.

2. Иванов М.Н. *Детали машин* : учебник для машиностроительных спец. ВУЗов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов.- 12-е изд. испр. – М. : Высш. шк., 2008. – 498 с.

Ivanov, M.N., Finogenov, V.A., (2008), *Details of machines*, textbook for machine-building specialities of vuzov, 12th ed. [Detali mashin: uchebnik dlja mashinostroitel'nyh special'nostej vuzov, High school, Moscow, – 498 p.



3. Саєнко С. Ю. *Моделювання деталей та вузлів для приводів харчових виробництв*. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисциплін «Деталі машин» / ХДУХТ. – Харків, 2005. – 16 с.

Sajenko, S.Ju. (2005), *Design of details and knots for the occasions of food productions*, Methodical pointing to independent work of students from disciplines of «Detail of machines» [Modeljuvannja detalej ta vuzliv dlja pryvodiv harchovyh vyrobnyctv. Metodychni vkazivky do samostijnoi' roboty studentiv z dyscyplin «Detali mashyn»] KSUFIT, Harkiv, – 16 p.

**Лебединець Ігор Володимирович**, канд. техн. наук, доц. кафедри механіки та графіки,

Харківський державний університет харчування та торгівлі.

Адреса: вул., Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Тел.: 349-45-67. E-mail: igor-lebedinec@mail.ru.

**Лебединець Ігорь Владимирович**, канд. техн. наук, доц. кафедри механіки та графіки,

Харьковский государственный университет питания и торговли,

Адрес: ул., Клочковская, 333, г. Харьков Украина 61051.

Тел.: 349-45-67. E-mail: igor-lebedinec@mail.ru.

**Lebedinets Igor**, Candidate of technical sciences, Associate professor,

Kharkov state university of food and trade, mechanics and graphics chair.

Address: Klochkovskaya, st.. 333, Kharkov, Ukraine, 61051.

Tel.: 349-45-67. E-mail: igor-lebedinec@mail.ru.

**Саєнко Сергій Юрійович**, канд. техн. наук, доц. кафедри механіки та графіки,

Харківський державний університет харчування та торгівлі.

Адреса: вул., Клочківська, 333, м. Харків, Україна 61051.

Тел. 349-45-67 E-mail: saeserg@gmail.com

**Саєнко Сергей Юрьевич**, канд. техн. наук, доц. кафедри механіки та графіки,

Харьковский государственный университет питания и торговли,

Адрес: ул., Клочковская, 333, г. Харьков, Украина 61051.

Тел.: 349-45-67. E-mail: saeserg@gmail.com

**Saenko Sergey**, Candidate of Technical Sciences, Associate professor,

Kharkov state university of food and trade, mechanics and graphics chair.

Address: Klochkovskaya, st. 333 Kharkov, Ukraine 61051.

Tel.: 349-45-67. E-mail: saeserg@gmail.com

**Костенко Станіслав Миколайович**, ст. викл. кафедри механіки та графіки,

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Адреса: Клочківська, 333, м. Харків вул., Україна 61051.

Тел. 349-45-67. E-mail: dlyastasa@gmail.com

**Костенко Станислав Николаевич**, ст. преп. кафедри механіки і графіки,  
Харьковский государственный университет питания и торговли.  
Адрес: ул., Клочковская 333, г. Харьков, Украина 61051.  
Тел. 349-45-67. E-mail: dlyastasa@gmail.com

**Kostenko Stanislav**, senior teacher of mechanics and graphics chair,  
Work place: Kharkov state university of food and trade.

Address: Klochkovskaya st., 333, Kharkov, Ukraine 61051.  
Tel.: 349-45-67. E-mail: dlyastasa@gmail.com

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.  
Отримано 15.03.2014. ХДУХТ, Харків.*