

РОЗРОБКА АНІМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ КІНЕМАТИКИ ВЕРСТАТА

М.М. Коротун, канд. техн. наук, доцент;

Д.П. Черевко, студент,

Сумський державний університет, м. Суми

Предложена разработка анимационной модели зубофрезерного станка, которая моделирует движения формообразования зубчатых колес как прямозубых, так и косозубых и червячных колес с использованием математических моделей и анализом работы основных механизмов станка.

***Ключевые слова:** анимация, кинематика, станок, зубофрезерование, дифференциал, гитара, сменные колеса, пульт управления, коробка скоростей.*

Запропонована розробка анімаційної моделі зубофрезерного верстата, що моделює рухи формоутворення зубчастих коліс, як прямозубих, так і косозубих та черв'ячних коліс із застосуванням математичних моделей та аналізом роботи основних механізмів верстата.

***Ключові слова:** анімація, кінематика, верстат, зубофрезерування, диференціал, гітара, змінні колеса, пульт керування, коробка швидкостей.*

ВСТУП

Актуальність теми. Всесвітній розвиток верстатобудування свідчить про різке зростання багатоопераційних верстатів, які поєднують не тільки типові методи формоутворення точінням, фрезеруванням, свердлінням, шліфуванням, але й застосовують такі складні методи формоутворення, як зубо – та шліцеобробку, гвинтові поверхні. Відомо також, що на верстатах такого типу кінематика як частина механіки з точки зору формоутворення зубчастих та гвинтових поверхонь відсутня, вона замінена електричними та електронними зв'язками. Але принципи формоутворення зубчастих поверхонь, тобто наявність узгоджених рухів обкату та ділення, узгодженості обертання деталі і значення подачі, залишаються необхідними і для електронних зв'язків виконавчих органів верстата. Тому розгляд та засвоєння принципів формоутворення зубчастих поверхонь на верстатах будь – якого типу залишається актуальною задачею не тільки на сьогодні, але й у майбутньому.

Науково – методична новизна. При теоретичній підготовці фахівців з металорізального обладнання завжди стикаються з труднощами саме при розгляді та аналізі верстатів складної кінематики, до яких відносять саме зубо – та різьобробні верстати різних типів [1]. Існуючі підручники та посібники, методичні розробки дають уявлення про кінематику верстатів для складного формоутворення, але їх звичний недолік – це розгляд процесів взаємодії кінематики та формоутворення у статичі. Тобто майбутньому фахівцеві, який не має практичного досвіду спостереження за роботою металообробного обладнання, потрібно абстрактно уявляти формоутворення та відповідну їм кінематичну взаємодію виконавчих органів верстата. Тому застосування для вивчення та аналізу кінематики зуборізальних верстатів сучасних досягнень комп'ютерної техніки, серед яких важливе місце займає анімація, є необхідним та важливим процесом. Але у широкому доступі наявність таких розробок, за нашими даними, обмежена, тому розроблення, впровадження, редагування, удосконалення, популяризація робіт з анімації кінематики металорізальних верстатів є на даний час науково – методичною новизною.

Практична цінність. Впровадження робіт з анімаційного уявлення кінематики верстатів для формоутворення складних поверхонь є конче необхідною задачею при підготовці фахівців відповідного напрямку. При

аналізі кінематики за допомогою анімації абстрактні уявлення статички замінюються динамікою процесів формоутворення та кінематичних зв'язків, що дозволяє у скорочені терміни сформулювати свідоме уявлення про роботу верстата не тільки жорсткої кінематики, які мають спеціалізовані зубо – та різобробні верстата, але й сучасні багатоопераційні верстата, які не мають явно виражених кінематичних зв'язків при формоутворенні складних поверхонь. Таким чином, створення анімаційних моделей кінематики зубофрезерних верстатів має визначену практичну цінність при підготовці фахівців з металообробного обладнання для будь – якої форми навчання: денної, вечірньої, заочної чи дистанційної. Що стосується останньої форми навчання, то практична цінність анімаційних моделей кінематики набирає особливого значення, тому що безпосередній контакт студент – викладач може бути відсутнім, тобто навіть абстрактні уявлення, що отримують студенти інших форм навчання при спілкуванні з викладачем, у студентів дистанційної форми навчання відсутні.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ

Метою роботи є розроблення та впровадження у навчальний процес анімаційних моделей кінематики зубофрезерного верстата при формоутворенні прямозубих, косозубих та черв'ячних коліс різними методами, в тому числі й із застосуванням діагонального фрезерування, та, зважаючи на світову тенденцію розвитку багатоопераційних верстатів, перенесення усвідомлених зв'язків кінематики на сучасні верстата, що не мають жорстких кінематичних ланцюгів при формоутворенні складних поверхонь. До **задач роботи** потрібно віднести:

- на основі статичних схем розроблення анімаційних моделей формоутворення прямозубих, косозубих, черв'ячних коліс, діагонального зубофрезерування;
- розроблення анімаційних моделей роботи основних механізмів верстата, особливо коробки швидкостей, диференціала та гітар змінних коліс;
- розроблення пультів керування та контролю за роботою верстата;
- створення 3D-моделей кінематики верстата для різних режимів роботи у поєднанні із напівпрозорою 3D-моделлю загального вигляду верстата.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Кінематика верстата несе інформацію про траєкторію виконавчого руху, тобто здійснює обмін інформацією між взаємодіючими об'єктами інструментом та заготовкою, які, у свою чергу, отримують рухи від виконавчих механізмів верстата. Кінцевим результатом синтезу кінематики є форма реалізованої поверхні. У загальному випадку системний опис будь – якої верстатної системи являє собою об'єднання трьох підсистем:

$$BC = K \cup B \cup E ,$$

де K, B, E – відповідно кінематична, базуюча та енергетична підсистеми. Головною у даному випадку є кінематична підсистема, яка відіграє найбільшу роль при аналізі способу формоутворення. Нехай характеристичний образ кінематики зубофрезерного верстата створюється послідовною покадровою анімацією (рис. 1). Тоді довільному елементу кінематики $x \in M$ при відображенні на M буде однозначно відповідати образ $f(x)_j$. На площині (множина M) образи $f(x)_j$ будуть фіксуватися у вигляді зростаючої у часі послідовності

$$K = \{f(x)_1, f(x)_2, f(x)_3, \dots, f(x)_n\}. \quad (1)$$

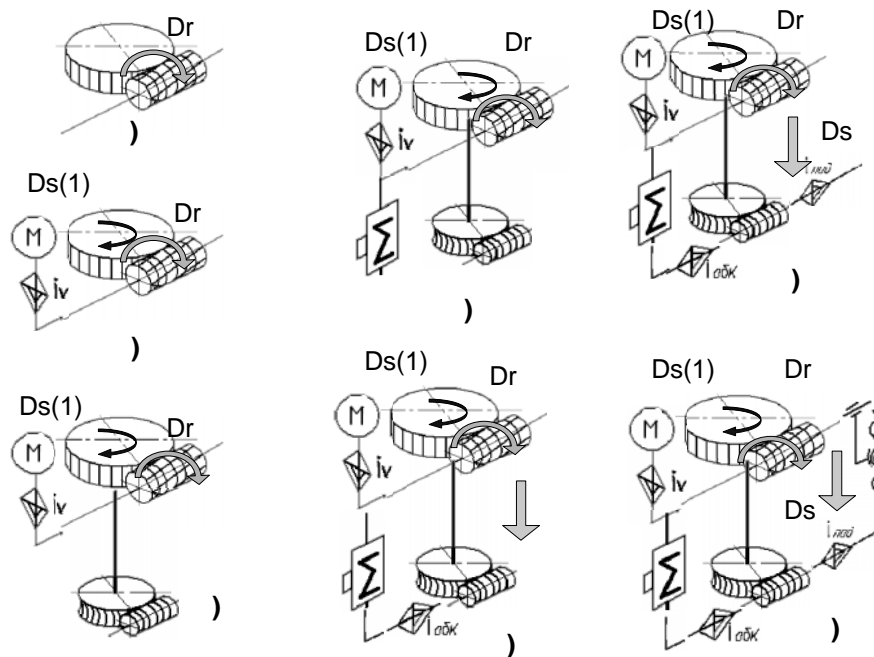


Рисунок 1 – Покадрова анімація синтезу зубофрезерного верстата

У даному випадку на рисунку 1 наведена покадрова анімація синтезу зубофрезерного верстата при формоутворенні прямозубих коліс. За аналогією можна синтезувати кінематику косозубих, черв'ячних коліс, діагонального зубофрезерування. Остання здійснюється із застосуванням діагональної подачі s_o . Коли фреза пройде шлях вздовж осі l_p , а по вертикалі шлях B , стіл верстата виконає $l_p/s_o = B/s_B$ обертів. Звідси

$$s_o = s_B \frac{l_p}{B},$$

де s_o - вертикальна подача, мм/об; s_B - осьова подача, мм/об; B - ширина зубчастого колеса; l_p - робоча довжина фрези. Створення такої кінематичної системи, як і системи для формоутворення косозубих коліс, черв'ячних коліс методом радіальної подачі неможливе без застосування допоміжних механізмів, диференціалу та гітар. Таку кінематичну підсистему можна також розглядати як об'єднання механік допоміжних та формоутворюючих рухів

$${}^k M = \bigcup_{i=1}^n {}^k M_i, \quad (1)$$

де ${}^k M$ - кінематична підсистема; ${}^k M_i$ - механіка окремого руху; n - кількість окремих рухів. У такому випадку функція кінематичної підсистеми є об'єднанням функцій механік окремих рухів

$${}^k F = \bigcup_{i=1}^n {}^k F_i, \quad (2)$$

де ${}^k F, {}^k F_i$ - відповідно функція кінематичної підсистеми та механіки окремого руху.

Основною частиною ланцюга головного руху є коробка швидкостей верстата. Коробка швидкостей з використанням електромагнітних муфт створює окрему механіку, а поєднання її з обертаннями заготовки формоутворює зубчасте колесо нескінченно малої товщини (рис. 2).

Одним із складних при аналізі кінематичної підсистеми зубофрезерного верстата є рух обкату та ділення. У ланцюзі обкату та ділення використовуються такі механізми: диференціал та гітари змінних коліс. Такий механізм, як диференціал, є складним не лише як вузол, але і як об'єкт для відтворення анімаційного принципу його роботи.

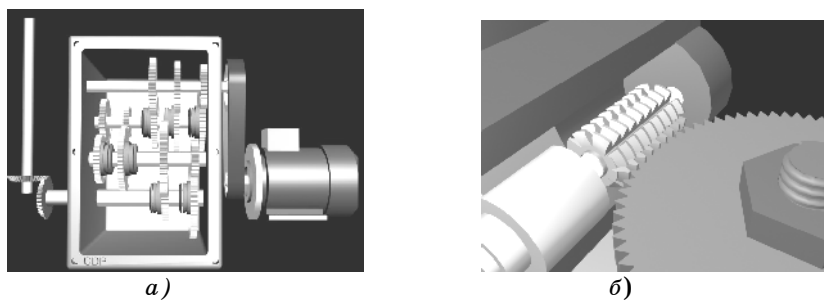


Рисунок 2 -- Анімаційна модель коробки швидкостей а) та фрагмент формоутворення зубчастого колеса б)

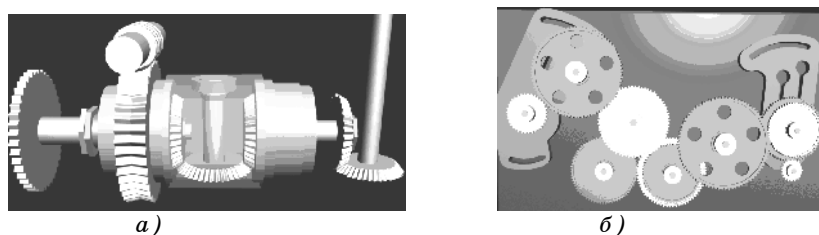


Рисунок 3 – Анімаційні моделі диференціала верстата а) та гітар змінних коліс б)

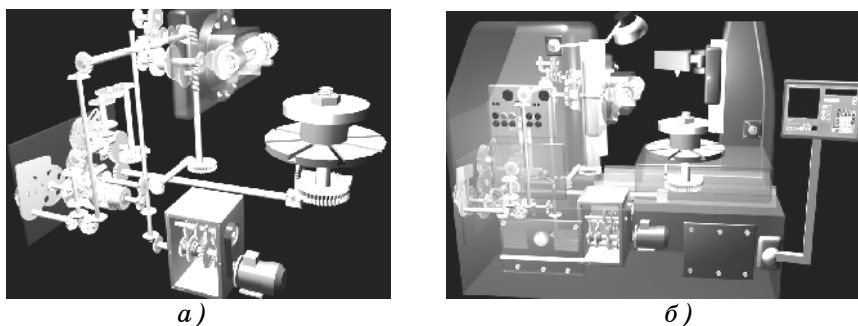


Рисунок 4 - 3D-модель кінематики верстата для різних режимів роботи а) та напівпрозора 3D модель зубофрезерного верстата із пультами керування б)

На рисунку 3 а подана напівпрозора анімаційна модель диференціала, що дозволяє виконувати аналіз його рухів у динаміці процесу формоутворення і працює за математичною моделлю (1). При цьому можна виділити окремі механізми роботи диференціала: як реверсивного механізму та як механізму, що утворює окремі рухи. Особливо важливим в анімаційній кінематиці диференціала є те, що при складанні рухів

можливий випадок, коли вхідні елементи обертаються, а вихідний залишається нерухомим. Не менше важливим є аналіз роботи органів налагодження верстата, особливо гітар змінних коліс. Анімація кінематики гітар змінних коліс дає можливість виконувати віртуальне налагодження таких органів. Функція такої кінематичної підсистеми відповідає моделі (2). Контроль налагодження можливо відтворювати за заданими вхідними значеннями формоутворюваних зубчастих коліс. На загальному вигляді верстата для контролювання створено додатковий пульт (рисунок 4 б). Створена 3D-модель кінематики зубофрезерного верстата для різних режимів роботи у поєднанні із напівпрозорою 3D-моделлю загального вигляду подана на рисунку 4. Функція підсистеми механіки найбільш складного діагонального зубофрезерування, що відтворює напрямку, має вигляд [2]

$${}^kM = (J \equiv J \cup E)_{F^k} \cup (J \cup E)_n \cup (J \equiv J \cup E)_{B^p}.$$

Загальна функція кінематики діагонального зубофрезерування, яка створена за допомогою напівпрозорої моделі зубофрезерного верстата (рисунок 4 б), має вигляд

$${}^kF = \left\{ \left\{ M_{\alpha} \right\}_k, \quad {}^k - , \left\{ \begin{array}{l} 1(1 \equiv 2), \\ 2(3), \perp \\ (4 \equiv 5) \end{array} \right\} \right\}.$$

ВИСНОВКИ

1 На основі статичних схем розроблені анімаційні моделі формоутворення прямозубих, косозубих, черв'ячних коліс, діагонального зубофрезерування.

2 Розроблені анімаційні моделі роботи основних механізмів верстата, таких, як коробка швидкостей, диференціал, гітари змінних коліс.

3 Створена 3D-модель кінематики верстата для різних режимів роботи у поєднанні із напівпрозорою 3D-моделлю загального вигляду та пультів керування і контролювання за роботою верстата.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF ANIMATION MODELS GEAR HOBGING MASHINES

*M.M. Korotun, D.P. Cherevko,
Sumy State University, Sumy*

Development of animation model of gear-hobbing machine, which designs motions of forming of gear-wheels both spurs and helical wheels and worm-wheels with application of mathematical models and analysis of work of basic mechanisms of machine-tool, is offered

Key words: *animation, kinematics, machine, gear milling, differential, guitar, removable wheels, remote control, gearbox.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Металлорежущие станки / Под ред. В.Э.Пуша.- М.: Машиностроение, 1986. - 486 с.; ил.*
2. *Голембиевский А.И. Основы систематологии способов формообразующей обработки в машиностроении / под.ред. В.А.Петрова. – Минск: Наука, 1986. – 168 с.*

Надійшла до редакції 5 травня 2010 р.