

УДК 515.2

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ

Мацулевич О.Є., к.т.н.

e-mail: oleksandr.matsulevych@tsatu.edu.ua

Гавриленко Є.А., д.т.н.

e-mail: yevhen.havrylenko@tsatu.edu.ua

Дереза О.О., к.т.н., доцент

e-mail: olena.dereza@tsatu.edu.ua

Антонова Г.В., старший викладач

e-mail: galina.antonova@tsatu.edu.ua

Овчаренко І.Л., здобувач вищої освіти

e-mail: ovcarenko836@gmail.com

Актуальність та постановка проблеми. Високоякісне зачеплення елементів зубчастих передач, що обумовлює надійність їх роботи, вимагає дотримання умови відповідності черв'ячної фрези за розмірами та профілем зубчастому колесу при виготовленні. Знову виготовлена черв'ячна фреза задовольняє цим вимогам, але, при заточуванні інструменту спостерігається зменшення діаметра фрези. Це викликає зменшення висоти зубів шестерні або зубчатого колеса, що виключає можливість правильного зачеплення зубчастої передачі. Існуючі на виробництві способи усунення цього недоліку здатні лише на деякий час збільшити ресурс інструменту. Застосування в новій машинобудівній технології чистових черв'ячних фрез, без інтерференції, дозволяє уникнути підрізання, заклинювання, небезпечних концентрацій напруг і підвищує точність, продуктивність і надійність широкого класу деталей та ріжучого інструмента.

Проектування черв'ячних фрез зі складним геометричним профілем пов'язане з виконанням великого обсягу досить трудомісткої обчислювальної роботи. У зв'язку із цим актуальною є автоматизація всього комплексу конструкторських робіт з використанням сучасних CAD систем.

З теорії кінематичних гвинтів відомо, що через кожну точку контакту характеристики проходить загальна нормаль сполучених поверхонь, що є променем лінійного комплексу гвинта щодо руху поверхонь Σ_A і Σ_B (рис. 1).

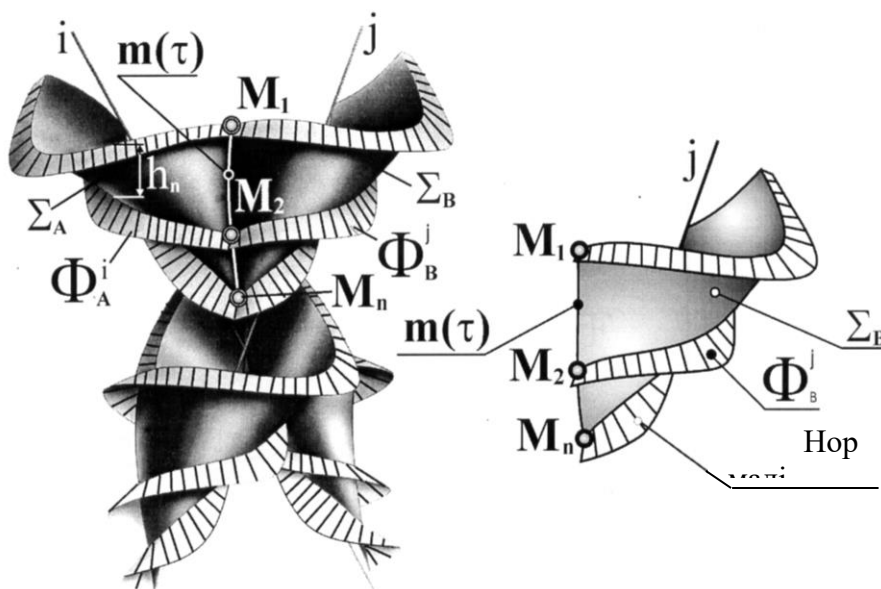


Рис. 1.

Сутність кінематичного методу проектування вихідної інструментальної поверхні $\sum_A$ черв'ячної фрези сполученої із заданою криволінійною поверхнею $\sum_B$ оброблюваного виробу полягає в тому, що характеристика лінії контакту сполучених аксоїдів розглядається як геометричне місце точок, що одночасно беруть участь у двох рухах: в обертовальному - щодо осі I та поступальному – паралельно осі I [1,2].

Виходячи з цього виникає необхідність у розробці сучасної автоматизованої системи проектування високопродуктивного та високоточного різального інструменту черв'ячного типу зі складним геометричним профілем, яка була б спроможна адаптуватися до вже існуючих сучасних CAD систем.

Основні матеріали дослідження. Пропонований програмний модуль розроблено для розширення стандартних можливостей CAD системи Autodesk Inventor. Він являє собою орієнтовану на конкретне завдання підсистему автоматизованого проектування і призначений для проектування черв'ячних зубонарізних фрез.

У процесі проектування вирішуються наступні завдання:

- розрахунок геометричних параметрів фрези;
- формування значень показників точності й технічних вимог залежно від ступеня точності колеса, що нарізається;
- побудова тривимірної моделі фрези;

Однак, в процесі проектування ріжучої крайки інструментальної поверхні черв'ячної фрези виникає необхідність у додаткових дослідженнях методики її геометричного формоутворення.

Це обумовлене тим, що пропонована методика визначення геометричних залежностей поверхонь, що проектуються, заснована на використанні, для проектування, поверхонь з неперервною динамічною зміною кривини.

Виходячи з цього вкрай необхідно розглянути питання формування складних геометричних поверхонь, які змогли б забезпечити якісну роботу вузлів та агрегатів сільськогосподарської техніки, А саме – надійної роботи коробок зміни передач тракторів та автомобілів.

Для цього авторами в роботі запропонована методика уточнення області можливого розташування центрів кривини ДПК з монотонною зміною кривини.

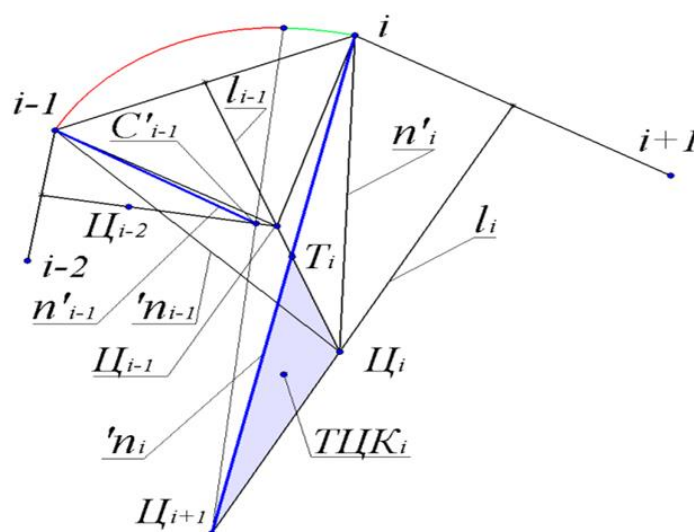


Рис. 2.

Сторони ТЦК_i визначаються прямими l_{i-1} , l_i і нормаллю n_i в положенні $'n_i$. Сторона $[i; C_i]$ визначає крайнє, повернення проти годинникової стрілки положення нормалі $n_i \rightarrow n'_i$. Аналогічно, для ТЦК_{i-1} прямі $(i-1; C_i)$ і $(i-1; C_{i-1})$ є вихідними положеннями $'n_{i-1}$ та n'_{i-1} , відповідно. Вершина ТЦК_{i-1} – точка C_{i-1} може збігатися з вершиною ТЦК_i – точкою T_i або розташовуватися за його межами. У першому випадку пряма $(i; T_i)$ є положенням $'n_i$ i -ї нормалі (рис. 2). Можливий варіант, коли точка $C_{i-1} \equiv T_i$ належить відрізку $[i; C_{i+1}]$. При збігу точок C_{i-1} і T_i уточнення вихідних положень n'_{i-1} і $'n_i$ не потрібне.

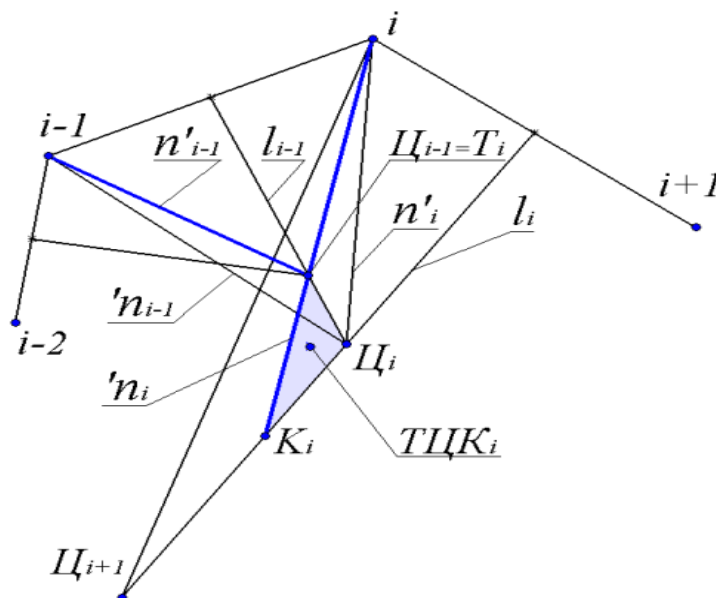


Рис. 3.

У разі, коли точка C_{i-1} розташовується за межами ТЦК_i (рис. 1) пряма $(i; C_{i+1})$ є положенням $'n_i$ нормалі n_i . Положення n'_{i-1} визначається проходженням через точку C'_{i-1} – центр кола, яке проходить через вузли $i-2$, $i-1$ та дотичне з ПК_{i+1} [2]. При призначенні C_i в точці C_{i+1} та вказанному положенні нормалі n_{i-1} , C'_{i-1} – єдине можливе положення $i-1$ -го центра кривини, та навпаки: при призначенні $i-1$ -го центра кривини в точці C'_{i-1} єдине можливе положення i -го центра кривини – точка C_{i+1} . В цьому випадку ділянка ДПК $(i-2 \dots i+2)$ формується двома дугами кіл, зістикованих з першим порядком гладкості. Поворот нормалі n_{i-1} за годинниковою стрілкою відносно положення n'_{i-1} є необхідною умовою формування обводу другого порядку гладкості з монотонною зміною кривини.

Проведений вище аналіз показує, що положення n'_{i-1} та $'n_i$ взаємопов'язані і залежать від розташування ТЦК_{i-1} та ТЦК_i. Тепер розглянемо, як взаємне розташування ТЦК уточнює положення нормалей $'n_{i-1}$ і $'n_i$.

Якщо центр ПК_{i-2} – точка C_{i-2} , розташовується за межами ТЦК_{i-1} (рис. 1), то положенням $'n_{i-1}$ є пряма $(i-1; C_i)$, а положенням n'_{i-1} – пряма $(i; C_i)$. У разі коли точка C_{i-2} збігається з точкою T_{i-1} , положення n'_{i-1} визначається проходженням через точку C'_{i-1} – центр кола що проходить через вузли i ; $i+1$ і дотичне з ПК_{i-2} (див. рис. 4).

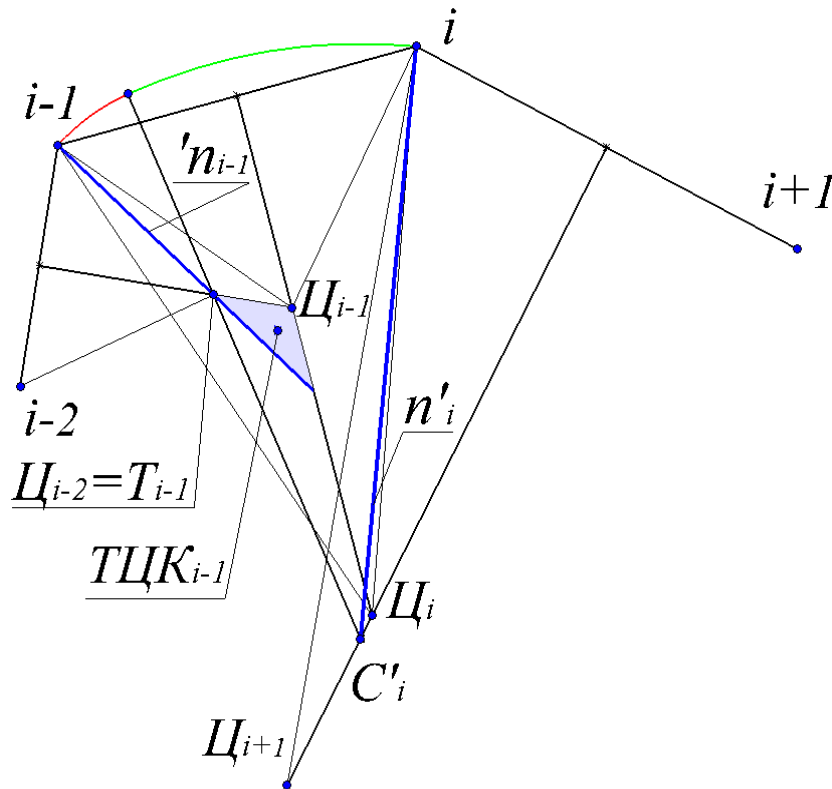


Рис. 4.

Якщо точка C_{i-2} належить відрізку $[i-1; C_i]$ (крайнє положення, при якому точка C_{i-2} збігається з точкою T_{i-1}), то точка C'_i збігається з точкою C_i . Таким чином, аналіз взаємного розташування суміжних ТЦК показав, що уточнення вихідного положення n'_{i-1} необхідно у разі, коли центр ПК $_{i-1}$ розташований за межами ТЦК $_i$. Уточнення вихідного положення n'_i необхідно у разі, коли центр ПК $_{i-2}$ – точка C_{i-2} , збігається з вершиною ТЦК $_i$ – точкою T_{i-1} . Уточнення положень n'_{i-1} та n'_i по критерію розташування ТЦК $_{i-1}$ і ТЦК $_i$ не потрібно.

Ці дослідження буде доцільно використати при розробці програмного модулю проектування ріжучого інструменту гвинтового типу.

Розроблений програмний продукт отримання профілю робочої поверхні зубонарізного інструменту виконано в середовищі C++, яке повністю адаптоване під пакет прикладних програм Autodesk Inventor.

Вихідними даними для проектування черв'ячних фрез для обробки зубчатих вінців є параметри оброблювальної шестерні або зубчатого колеса.

На першому етапі моделювання отримуємо профіль зуба шестерні задаючи вихідні параметри зубчастого колеса (Рис.5):

- модуль;
- кут профілю вихідного контуру;
- коефіцієнт висоти головки зуба;
- коефіцієнт радіального зазору;
- число зубів;
- коефіцієнти зміщення вихідного контуру коліс;
- кут нахилу зубів;
- напрям лінії зубів.

Параметри зубчастого колеса

Модуль m , мм	4,5
Кут профілю вихідного контуру, град	18
Коефіцієнт висоти головки зуба	1
Коефіцієнт радіального зазору	0,27
Число зубців коліс z	25
Проектованого	37
Спряженого	37
К-ти зміщення вихідного контуру коліс	0
Проектованого	0
Спряженого	0
Кут нахилу зубів	16 34 15
Напрямок лінії зуба	праворуч

OK Cancel Help

Рис. 5.

Цей профіль потрібен для формування першої криволінійної поверхні $\sum_A$ кінематичного гвинта (див. рис.1).

Наступним кроком моделювання є введення у діалогове вікно програми параметрів фрези (Тип фрези, вид черв'яка, число заходів черв'яка, клас точності)

Після введення вихідних даних обох кінематичних поверхонь відбувається розрахунок параметрів черв'ячної фрези.

Висновки. Результатом роботи програми є отриманий в нормальному перетині профіль зуба фрези, передається до системи Autodesk Inventor для побудови тривимірної моделі черв'ячної фрези за допомогою розробленого додаткового програмного модулю (див. рис.5).

Список використаних джерел:

1. Павлишко А.В. Комплексне геометричне моделювання спряжених не лінійчатих поверхонь без інтерференції на базі сучасної комп'ютерної технології: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Одеса, 2003
2. Подкоритов А.М., Джугурян А.В., Павлишко А.В. Геометричне моделювання стабільності положення інструмента с механізмом компенсації зносу при розточуванні отворів / Сучасні проблеми геометричного моделювання // Збірник праць Міжнародної науково - практичної конференції. ХПІБ МВС України, Харків, 1998. – с. 15-18
3. Alrefo, I.F., Rawashdeh, M.O., Matsulevych, O., Vershkov O., Halko, S., Suprun, O. Designing the functional surfaces of camshaft cams of internal combustion engines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2024, (3), pp 72–78.
4. Alrefo, I.F., Matsulevych, O., Vershkov, O., Halko, S., Suprun, O., Miroshnyk, O. Designing the working surfaces of rotary planetary mechanisms. *Naukovyi Visnyk*

Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2023, 4, 107 p. 82-88. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>. ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362. (Q3).

5. Мацулевич О.Є. Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання / ТДАТУ; Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24, том. 1 (DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-13).*

6. Паляничка Н.О., Вершков О.О., Антонова Г.В. Аналіз новітніх пристроїв для гомогенізації. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. 17, т. 3. С. 194-200.

7. Мацулевич О.Є., Гавриленко Є.А., Мірошніченко М.Ю., Гешева Г.В. Набуття навичок комп'ютерної обробки аудіо сигналів з використанням програмного забезпечення Adobe Audition. *Розвиток сучасної науки та освіти : матеріали IV Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конф.* (Запоріжжя, 29-31 травня 2023 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. С. 80-86.

8. Вершков О.О., Мацулевич О.Є., Дереза О.О. Загальні налаштування системи MASTERCAM для виконання завдань з розробки управляючих програм токарної обробки валів. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації : матеріали V Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Запоріжжя, 29-31 травня 2024 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. С. 100-105.

9. Гавриленко Е.А., Холодняк Ю.В., Антонова Г.В., Михайленко Е.Ю. Моделювання ділянок одновимірних обводів за заданими умовами. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. К.: КНУБА, 2021. Вип. 101. С. 34-44. <http://ageg.knuba.edu.ua/article/view/256305>

10. Мацулевич О.Є., Гавриленко Є.А., Холодняк Ю.В., Чаплінський А.П. Отримання мастер-моделі з восківки методом лиття. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2022-vypusk-12-tom-1.pdf>. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-33

11. Холодняк Ю.В., Гавриленко Є.А. Розробка технології формування САД-моделей поверхонь технічних виробів. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2022-vypusk-12-tom-2.pdf>. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-34

12. Havrylenko Ye., Kholodniak Yu., Halko S., Vershkov O., Miroshnyk O., Suprun O., Dereza O., Shchur T. and Śrutek M. Representation of a Monotone Curve by a Contour with Regular Change in Curvature. *Entropy (Basel)*. 2021. Vol. 23 (7): 923.