

УДК 514.18

DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-257-263

ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ ЗА ЗАДАНИМИ УМОВАМИ

Холодняк Ю. В., к. т. н.,

Гавриленко Є. А., к. т. н.,

Івженко О. В., к. т. н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Найдиш А. В., д. т. н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького*

Тел. (0619) 42-68-62

Анотація – запропонована технологія формування комп'ютерних моделей поверхонь складних технічних виробів, заданих масивом точок. Розроблена технологія проектування поверхонь складних технічних виробів включає створення геометричних моделей поверхонь та керуючих програм для їх обробки на верстатах з числовим програмним управлінням. Із вихідного масиву точок виділяються підмножини – точкові ряди, на основі яких формуються лінійні елементи каркасу поверхні. Комп'ютерна модель поверхні створюється на основі дискретного лінійного каркасу, представленого сімействами твірних та напрямних кривих ліній. Використання розробленої технології дозволяє зменшити час створення комп'ютерної моделі виробу та програми для обробки на верстатах з числовим програмним управлінням, поліпшити функціональні якості поверхонь, які обмежують виріб.

Ключові слова – каркас поверхні, горизонтальний перетин, твірна, дискретно представлена крива (ДПК), закономірна зміна кривини, інтерполяція.

Постановка проблеми. Конструювання виробів, функціональним призначенням яких є взаємодія з середовищем (робочі органи сільськогосподарських машин, канали двигунів внутрішнього згоряння, лопатки турбін та ін.), вимагає розробки методів моделювання поверхонь за заданими умовами. До таких умов відносяться: проходження через заданий масив точок або ліній, регламентований характер зміни характеристик уздовж поверхні (положень дотичних, значень радіусів кривини) [3, 4].

Складні поверхні можуть бути сформовані на основі каркаса,

елементами якого є плоскі криві лінії. З геометричної точки зору властивості поверхні забезпечуються властивостями кривих, які входять в її визначник. Забезпечення заданої динаміки зміни характеристик уздовж поверхонь, які обмежують робочі органи ґрунтообробних інструментів, сприяє запобіганню залипанню ґрунтом інструменту та зменшенню енергетичних витрат при переміщенні ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Метод формування за заданими умовами плоских дискретно представлених кривих ліній (ДПК) на основі довільного точкового ряду запропонований в роботі [5]. Метод дозволяє забезпечити закономірну зміну кривини уздовж кривих.

На основі запропонованого методу розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє формувати ДПК, що складається з як завгодно великої кількості точок. Отриманий точковий ряд в автоматичному режимі інтерполюється В-сплайном в пакеті тривимірного моделювання SolidWorks [2].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є розробка методики формування робочої поверхні інструменту для розпушування ґрунту. Модель поверхні формується на основі каркаса, елементами якого є плоскі криві з закономірною зміною кривини.

Основна частина. Розглянемо задачу формування геометричної моделі інструменту для розпушування ґрунту. Інструмент являє собою фрезу, що складається з диска з трьома ґрунтообробними елементами (рис. 1). В процесі розпушування ґрунту інструмент здійснює поступально-обертальний рух.

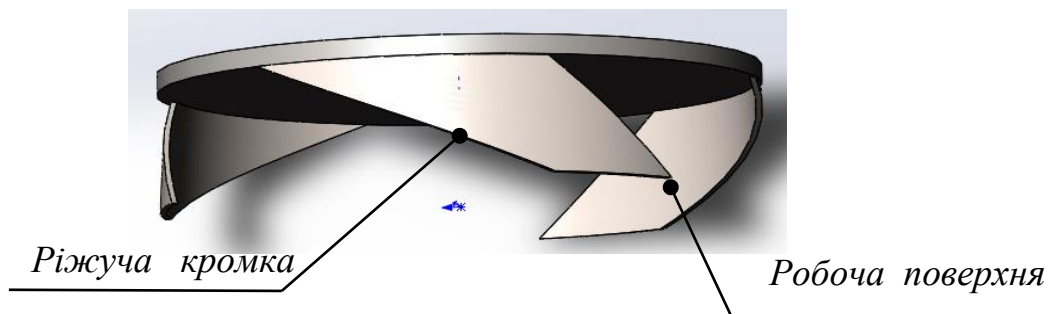


Рис. 1. Інструмент для рихлення ґрунту.

Вихідними даними для формування геометричної моделі робочої поверхні ґрунтообробного елемента є упорядкований масив точок, які їй належать, та ріжуча кромка інструменту – циліндрична гвинтова лінія. Вихідні точки визначають плоскі ДПК, що представляють сімейство горизонтальних перетинів поверхні, що формується.

Заданий розмір фракції ґрунту ($s=0,25-10$ мм), одержуваної в результаті обробки, забезпечується за рахунок співвідношення швидкості обертання та поступальної швидкості руху інструменту.

Точки, розташовані на ріжучій кромці (M) рухаються по кривій l , яка подібна циклоїді (рис. 2).

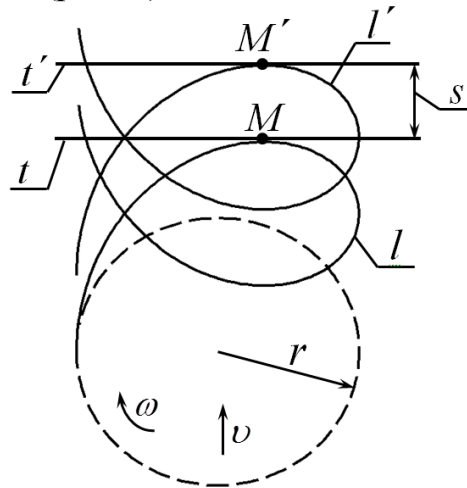


Рис. 2. Кінематична схема руху ріжучої кромки ножа.

Траєкторія руху ріжучої кромки визначається наступними параметрами:

- радіус обертання ріжучої кромки ножа ($r=300$ мм);
- поступальна швидкість руху фрези ($v=1,4$ м/с);
- швидкість обертання ножа ($\omega=18,4$ рад/с).

Вихідними даними для формування геометричної моделі робочої поверхні ножа є упорядкований масив точок, що їй належать, які визначають плоскі ДПК, що становлять сімейство горизонтальних перетинів поверхні.

Схема визначення координат вихідних точок, які задають горизонтальний переріз робочої поверхні ножа, розроблена виходячи з умови мінімального ущільнення ґрунту в процесі обробки.

Розглянемо формування вихідної ДПК, яка задає один із горизонтальних перетинів каркаса поверхні.

Вихідна ДПК складається з 7 точок. Перша точка точкового ряду (точка M) належить ріжучій кромці інструменту. Положення точок M_1, \dots, M_6 визначаються виходячи з умови їх розташування всередині області, обмеженої кривою l (рис. 3,а).

Точки вихідної ДПК M, M_1, \dots, M_6 , розташовані на прямих f, f_1, \dots, f_6 , що проходять через осьову лінію фрези (на рис. 3,а осьова лінія проектується в точку O), таким чином, що кути між прямими, відповідним сусіднім точкам, рівні між собою ($\beta=7,5^\circ$).

Попереднє положення точки M_1 визначається перетином кривої l з прямою f_1 , яка становить з прямою $|M;O|$ кут β (на рис. 3,а це точка M_1').

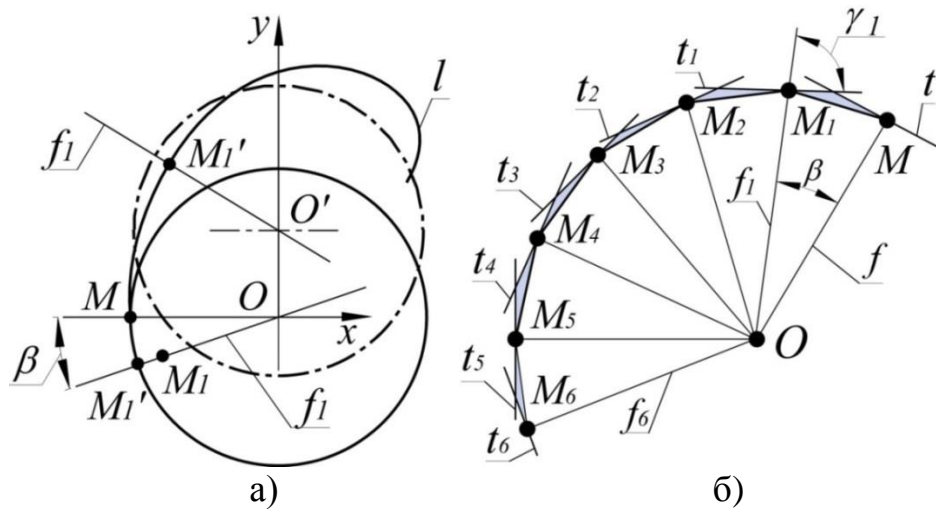


Рис. 3. Формування вихідної ДПК.

Під час руху робочого органу пряма f_1 здійснює поступально-обертальний рух, а точка M_1' рухається вздовж кривої l . При цьому відстань від точки M_1' до осі фрези ($|M_1';O'|$) змінюється. Визначається таке положення M_1' , при якому відстань $|M_1';O'|$ мінімальна – $|M_1';O'|_{min}$. Остаточне положення точки M_1 призначається на прямій f_1 в початковому положенні таким чином, щоб відстань від призначеної точки до осі фрези дорівнювала $|M_1';O'| = |M_1';O'|_{min}$.

При такому положенні точки M_1 траєкторія її руху розташована всередині області, обмеженої кривою l , та має з нею одну спільну точку торкання. Кут між дотичною до кривої l в цій точці та прямою f_1 , на якій розташована точка торкання, позначимо γ_1 . Положення дотичної до ДПК в точці M_1 (t_1) призначається таким чином, що кут між t_1 та прямою f_1 , на якій розташована точка M_1 , дорівнює γ_1 .

Положення точок M_2, \dots, M_6 та дотичних в них призначаються аналогічно на прямих f_2, \dots, f_6 .

В результаті отримана вихідна ДПК, задана координатами точок, що їй належать, і положеннями дотичних в цих точках (рис. 3,б). Призначення положень точок, які задають вихідну ДПК, за вказаною схемою забезпечує мінімальне відхилення перетину від траєкторії руху ріжучої кромки.

Далі проводиться аналіз ДПК, в результаті якого точковий ряд розбивається на ділянки, на основі яких може бути сформована крива

з монотонною зміною кривини. У вихідних точках визначаються діапазони значень радіусів кривини, при яких задача формування монотонної кривої має розв'язок [1].

В результаті згущення отримано точковий ряд, який складається з 41 точки, що задає горизонтальний перетин робочої поверхні. Отриманий точковий ряд представляє криву з монотонною зміною кривини. Максимальна відстань від ланки супроводжуючої ламаної лінії точкового ряду до кривої, що відповідає умовам задачі, не перевищує 10^{-4} мм.

В якості направляючої лінії каркаса прийнята циліндрична гвинтова лінія, яка представляє ріжучу кромку інструменту.

На основі каркаса, що складається з 5 горизонтальних перетинів та просторової направляючої кривої, в пакеті SolidWorks сформована поверхня робочого органу (рис. 4).

В якості лінійних елементів каркасу поверхні, що моделюється, використано В-сплайни, які інтерполюють точкові ряди, отримані у результаті згущення. Уздовж отриманих В-сплайнів значення радіусів кривини змінюються монотонно.

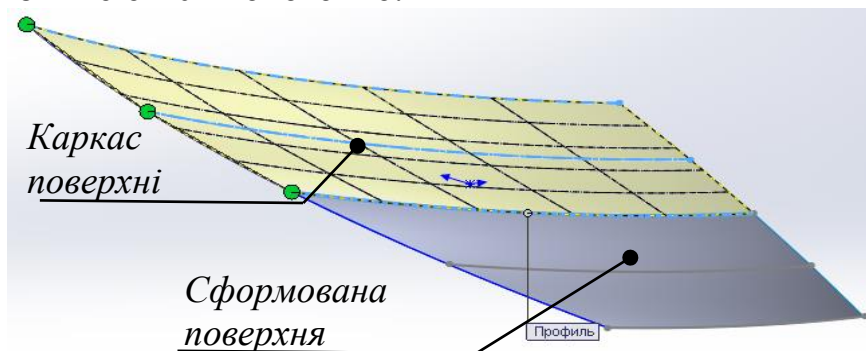


Рис. 4. Модель поверхні інструмента.

Отримана геометрична модель інструменту використовується в якості вихідних даних при розробці керуючої програми для верстата з числовим програмним управлінням в пакеті PowerMill.

Висновки. В роботі запропонована методика формування комп'ютерної геометричної моделі функціональної поверхні інструменту для розпушування ґрунту. Вихідними даними є точковий масив, що представляє сімейство горизонтальних перетинів поверхні. Запропонована методика включає наступні етапи:

- розрахунок координат точок ДПК, які є елементом каркаса формованої поверхні, по заданим геометричним умовам;
- формування В-сплайну, який інтерполює отриманий точковий ряд;
- формування криволінійної поверхні на основі каркасу, що складається з сімейства горизонтальних перетинів та направляючої кривої.

Положення точок вихідного точкового масиву дозволяє зменшити змінання ґрунту під час поступово-обертального руху інструменту. Закономірна зміна кривини уздовж ліній, що представляють горизонтальні перетини робочої поверхні, сприяє зменшенню витрат енергії при обробці ґрунту.

Розроблена методика може застосовуватися як при вирішенні задач зворотного інжинірингу, так і під час конструювання нових виробів.

Література:

1. *Гавриленко Е. А., Холодняк Ю. В., Пахаренко В. А.* Формирование геометрических характеристик монотонной кривой линии // Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон, 2016. № 3(58). С. 492–496.

2. *Гавриленко Є. А., Холодняк Ю. В.* Програмна реалізація алгоритму моделювання одновимірних обводів по заданим геометричним умовам // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцьк, 2013. № 13. С. 4–9.

3. *Осипов В. А.* Машинные методы проектирования непрерывно-каркасных поверхностей. Москва: Машиностроение, 1979. 248 с.

4. *Синеоков Т. Н.* Теория и проектирование почвообрабатывающих орудий. Москва: Машиностроение, 1965. 484 с.

5. *Холодняк Ю. В., Дмитриев Ю. А.* Формирование одномерных обводов с закономерным изменением кривизны // Динамика систем, механизмов и машин. Омск, 2014. № 3. С. 241–243.

ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЗАДАНЫМ УСЛОВИЯМ

Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А., Ивженко А. В., Найдыш А. В.

Аннотация – предложена технология проектирования компьютерных моделей поверхностей, заданных массивом точек. Разработанная технология проектирования поверхностей сложных технических изделий включает в себя создание геометрических моделей поверхностей и управляющих программ для их обработки на станках с числовым программным управлением. Из исходного массива точек выделяются подмножества – точечные ряды, на основе которых формируются линейные элементы каркаса поверхности. Компьютерная модель поверхности создается на основе дискретного линейного каркаса, представленного семействами образующих и направляющих

кривых линий. Использование разработанной технологии позволяет уменьшить время создания компьютерной модели изделия и программы для обработки на станках с числовым программным управлением, улучшить функциональные качества поверхностей, которые ограничивают изделие.

TECHNOLOGY OF MODELING OF SURFACES OF COMPLEX TECHNICAL PRODUCTS ACCORDING TO GIVEN CONDITIONS

Yu. Kholodnyak, E. Gavrilenko, A. Ivzhenko, A. Naidysh

Summary

The technology of design of computer models of surfaces defined by array of points is developed. The main requirement to the surface of products which interact with the environment, is to ensure a given character of their flow. Functional quality of the surface is ensure by its geometric characteristics. Laminar nature of flow of surfaces can be provided by monotonous change of geometric characteristics along the curves that are part of the determinant of the surface. The initial points set and geometrical characteristics of the curve are the initial data for the formation of linear elements of carcass of surface. The methods of formation of plane and spatial curves with regular change of characteristics on the basis of an arbitrary points set is developed. Practical application of the proposed technology is demonstrated by the example of designing working surface of the disk cutter for loosening the soil. The developed technology for the design of surfaces of complex technical products includes the creation of geometric models of surfaces and control programs for their processing on CNC machines. From the initial array of points allocated subset - point sets, on the basis of which the linear elements of the carcass of surface are formed. A computer model of the surface is created on the basis of discretely carcass the line represented by the families of longitudinal and transversal curves. The use of the developed technology makes it possible to reduce the time of creating a computer model of the products and software for processing on CNC machines, to improve the functional properties of surfaces that restrict the product.