

Проектування розгортки складової поверхні культиваторної лапи

А.С. Кобець, професор
А.М. Пугач, кандидат технічних наук

Розроблена геометрична модель складової поверхні культиваторної лапи, яка складається з поверхні циліндра та площин які спряжені по загальній дотичній, та розгортається на площину.

Культиваторні лапи є досить поширеними ґрунтообробними робочими органами. Як правило, їх робоча поверхня являє собою спряження тригранних клинів. Розробка і впровадження конструкцій ґрунтообробних робочих органів із заданими параметрами є важливою задачею, оскільки дозволяє максимально покращити технологічний процес обробки ґрунту. Тому розробка геометричних моделей поверхонь, що розгортаються, і поєднують підвищену зносостійкість з низькою металоємністю, нині є актуальною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Будь-яку поверхню можна утворити кінематичним способом, коли поверхня утворюється рухом у просторі деякої лінії, яка називається твірною. У процесі побудови твірна лінія має спільну точку з іншою лінією – напрямною.

Для проектування робочих органів ґрунтообробних машин найбільш доцільним є лінійні поверхні, у яких твірна – пряма лінія. Ці поверхні можна розділити на дві групи: такі, що розгортаються, і ті, що не розгортаються [1–6].

Розгортні поверхні, відрізняються тим, що їх Гаусова кривизна в будь-якій точці рівна нулю. Це пов'язано з тим, що один головний напрямок співпадає з прямолінійною твірною. Так як радіус кривизни прямої лінії рівний нескінченності, то Гаусова кривизна в точці дорівнює нулю.

З цієї особливості витікає, що поверхні робочого органу характеризуються диференційно-геометричними властивостями:

- Гаусова кривизна завжди постійна і дорівнює нулю;
- дотична площина торкається поверхні вздовж усієї твірної і не змінює свого положення в просторі в разі переміщення точки дотику.

Завдяки цим властивостям поверхні, що розгортаються, можна поєднати з площиною без складок і розтягнень. За термічної обробки такі поверхні практично не піддаються жолобленню, що дозволяє поверхні зберігати запроектовану форму [7].

Остання властивість дозволяє отримати широкий спектр поверхонь, спряжених одна з одною. Оскільки дотична площина не змінює свого положення при переміщенні точки дотику вздовж твірної, то виникає можливість спряження окремих поверхонь по твірних. Невирішеним є

питання обґрунтування форми і параметрів складової поверхні культиваторної лапи.

Мета досліджень. Розробка розгортної поверхні культиваторної лапи, що має підвищену зносостійкість і дозволяє вести проектування у значному діапазоні пристосовано до конкретних умов роботи.

Основний матеріал досліджень. На рисунку 1,а наведена поверхня, що розгортається з циліндра c і конуса k . Стикування відбувається по твірній g_k , напрямна конічної поверхні L_k переходить в напрямну циліндричної поверхні L_c в точці 1, при цьому спряження кривих L_k і L_c можуть бути виконані за будь-яким порядком шорсткості.

Дотична площина ω є дотичною одночасно і до конічної, і до циліндричної поверхні. Усі нормалі, проведені з будь-якої точки твірної 1, 2, 3 і 4, колінеарні між собою $\vec{n}_1 // \vec{n}_2 // \vec{n}_3 // \vec{n}_4$, а вершина конуса S_k належить площині ω і співпадає в даному випадку з точкою $4 \equiv S_k$.

Виберемо на поверхні, що розгортається, будь-яку криву L (рис. 1,б), яка описується рівнянням $\vec{\rho} = \vec{\rho}(u)$.

В будь-якій точці цієї кривої задамо єдиний вектор \vec{l} , який буде виступати функцією параметра u вздовж кривої L

$$\vec{l} = \vec{l}(u).$$

Через точку i ($i = 1, 2, 3, 4$) (рис. 1,а) напрямної лінії до радіуса-вектора $\vec{\rho}(u)$ проведемо пряму, паралельну вектору $\vec{l}(u)$. У результаті отримаємо в просторі сім'ю прямих ліній одного параметра u . Назвемо їх твірні.

Позначимо $MN = v$. У цьому випадку радіус-вектор довільної точки E на довільній твірній, що має значення u , можна записати

$$\vec{r} = \vec{OM} = \vec{ON} + \vec{NM},$$

де $\vec{OM} = \vec{\rho}(u)$, $\vec{NM} = v\vec{l}(u)$.

У результаті будемо мати

$$\vec{r} = \vec{\rho}(u) + v\vec{l}(u)..$$

Радіус-вектор довільної точки E на довільній твірній виражається як функція двох незалежних невідомих u і v . Підрахуємо частинні похідні по параметрах

$$r_u = \vec{\rho}'(u) + v\vec{l}'(u), \quad r_v = \vec{l}(u).$$

$$[r_u, r_v] = [\rho', l] + v[l', l]..$$

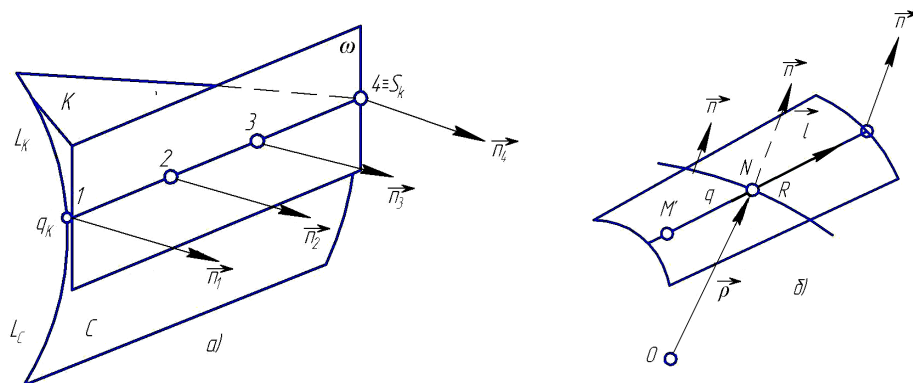


Рис. 1. Утворення поверхні, що розгортається: *а* – складова поверхня; *б* – нескінченно малий елемент поверхні

Якщо поверхня буде розгортуватися, то повинна виконуватись умова колінеарності

$$[\rho', l] // [\vec{l}', l],,$$

яка показує, що вздовж твірної \mathcal{S} напрямком нормалі \vec{n} не змінюється (рис. 1, *б*), тому нескінченно малий елемент поверхні є площиною, яка описується рівнянням

$$Ax + By + Cz + D = 0,$$

де A, B, C, D – коефіцієнти, що є функціями параметра u .

Таким чином, ми маємо однопараметричну множину, яка є поверхнею, що розгортається.

Розгортку поверхні лапи найпростіше будувати методом триангуляції. Суть методу полягає в тому, що поверхня лапи розбивається на трикутники з подальшим знаходженням їх натуральних величин.

На напрямній кривій задаємо ряд точок B_i ($i = 0, 1, 2, \dots, k$) – рис. 2, *а*. Одночасно з цими точками задаємо точки E_i , які знаходяться на горизонтальній проекції верхнього обрізу лапи. Точки B_i і E_i визначають i -ту твірну циліндричної поверхні лапи. Таким чином, поверхня лапи розбивається на чотирикутники $B_0B_1E_{00}E_{01}$, $B_1B_2E_{01}E_{02}$, ..., у яких бокові сторони паралельні між собою: $B_0E_{00} // B_1E_{01} // B_2E_{02} \dots$. З'єднавши точки E_{00} і B_1 , E_{01} і B_2 , ..., отримаємо дві сітки трикутників. Верхню: $\Delta E_{00}E_{01}B_1$, $\Delta E_{01}E_{02}B_2$, ..., $\Delta E_{0i}E_{0(i+1)}B_{i+1}$ і нижню: $\Delta B_0E_{00}B_1$, $\Delta B_1E_{01}B_2$, ..., $\Delta B_iE_{0i}B_{i+1}$. При триангуляції дуги між точками B_0 і B_1 , B_1 і B_2 , ..., B_i і B_{i+1} , E_0 і E_1 , E_1 і E_2 , ..., E_i і E_{i+1} замінюються хордами, довжина яких визначається співвідношеннями:

$$B_iB_{i+1} = \sqrt{(x_{B_{i+1}} - x_{B_i})^2 + (y_{B_{i+1}} - y_{B_i})^2}; \quad (1)$$

$$E_iE_{i+1} = \sqrt{(x_{E_{i+1}} - x_{E_i})^2 + (y_{E_{i+1}} - y_{E_i})^2} \dots$$

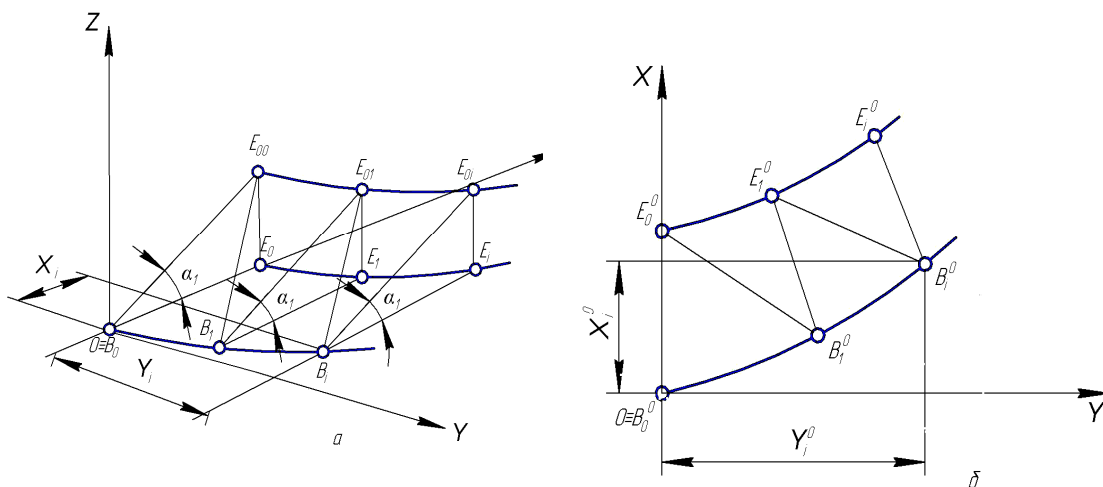


Рис. 2. Схема побудови розгортки лапи

Натуральні величини відрізків твірних, які розташовані між точками B_i і E_{0i} , визначимо за формулою

$$B_i^o E_i^o = \frac{y_{E_i} - y_{B_i}}{\cos \alpha_1}.$$

Натуральні величини відрізків, що з'єднують точки E_{0i} і B_{i+1} розрахуємо по координатах цих точок:

$$B_{i+1} E_{0i} = \sqrt{(y_{E_i} - y_{B_{i+1}})^2 + (x_{B_{i+1}} - x_{E_i})^2 + \left(\frac{B_i E_i}{\cos \alpha_1}\right)^2}. \quad (2)$$

Розгортку поверхні будуємо, розв'язуючи систему рівнянь, що складається з рівнянь кола, центри яких знаходяться у раніше визначених вершинах трикутників.

У загальному випадку система рівнянь буде мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} (x_{B_{i+1}} - x_{E_i})^2 + (y_{B_{i+1}} - y_{E_i})^2 &= (E_i^o B_{i+1}^o)^2 \\ (x_{B_{i+1}} - x_{B_i})^2 + (y_{B_{i+1}} - y_{B_i})^2 &= (B_i^o B_{i+1}^o)^2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де x_{i+1}, y_{i+1} – координати точок (вершини трикутника), що визначаються, мм;

x_i, y_i – координати центрів кіл, які знаходяться в точках B і E , мм;

$E_i^o B_{i+1}^o, B_i^o B_{i+1}^o$ – сторони трикутників, що виконують роль радіусів і визначаються за формулами (1) і (2).

Щоб виключити “зайві” значення, які отримуємо при видаленні кореня, систему (3) можна розв'язувати числовими методами [8].

Висновки

1. Приведена методика дозволяє виконувати проектування складової поверхні культиваторної лапи; проектування можливо реалізувати в будь якій системі чи графічно.

2. Не виключається змінювання не тільки параметрів, але й форми самої лапи в разі використання її в різних регіонах країни, які відрізняються за своїми фізико-механічними властивостями ґрунтів.

Бібліографія

1. Гречко В.Ф. Методика технологического расчета лап культиватора / В.Ф. Гречко // Вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства : труды Днепропетр. с.-х. ин-та. – Днепропетровск, 1972. – Т. ХУІ. – С. 31–36.

2. Кушнарєв А.С. Проектирование рыхлительных рабочих органов культиваторов / Кушнарєв А.С., Бауков А.В., Найдыш В.М. – К. : Изд-во УСХА, 1979. – 20 с.

3. Найдыш В.М. Конструирование развертывающихся поверхностей по заданным условиям / В.М. Найдыш // Геометрическое моделирование и графика в системах автоматизированного проектирования. – М. : МАИ, 1983. – С. 69–73.

4. Найдыш В.М. Развертывающиеся линейчатые поверхности, заданные линией пространства параметров / В.М. Найдыш, И.Г. Балюба // Прикладная

геометрия и инженерия графика. – К. : Будівельник. – 1979. – Вып. 27. – С. 89–90.

5. *Тищенко С.С.* Обобщенная геометрическая модель адаптивной поверхности рабочего органа почвообрабатывающей машины / С.С. Тищенко, Б.А. Волик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2001. – Т. 18, вип. 2. – С. 39–44.

6. *Тищенко С.С.* Проектирование отвалов винтового типа с развертывающимися поверхностями / С.С. Тищенко // Механическая технология сельскохозяйственного производства : сб. научн. тр. МИИСП. – М., 1984. – С. 8–12.

7. *Бурченко П.Н.* Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения / Бурченко П.Н. – М. : ВИМ. – 2002. – 211 с.

8. Математика и САПР / [Шенен П., Коснар М. и др.] : в 2-х кн. – М. : Мир, 1988. – Кн. 1. – 204 с.