



УДК 631.312.021.4.001

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПОВЕРХНІ ГРУНТООБРОБНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ГРУНТОМ

Тищенко С.С., д. т. н.,

Швайко В.М. к. ф.-м. н.,

Гурідова В.О. інженер

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

(050) 922-92-29

Анотація – розглянуто зміни поверхонь ґрунтообробних робочих органів, які відбуваються в процесі взаємодії робочого органу з ґрунтом внаслідок тертя між робочим органом та ґрунтом. Перехід до зміненої поверхні відбувається виключенням кута тертя, що переводить фрикційний клин у антифрикційний.

Ключові слова – ґрунтообробна, поверхні, робочі органи, напямні криві, кут тертя.

Постановка проблеми. Невід’ємним фактором взаємодії будь-якого матеріалу з робочим органом є тертя. Однак ця взаємодія скрита від нашого зору. Наприклад, при проектуванні поверхні ґрунтообробного робочого органу [1,4] ми урахуємо кут тертя між робочим органом та ґрунтом. В результаті проектування ми отримаємо візуальне зображення поверхні на папері або на екрані комп’ютера. При взаємодії робочого органу з ґрунтом його робоча поверхня буде змінюватись внаслідок впливу тертя і сама поверхня буде мати зовсім інший вигляд. Візуалізація такої поверхні, тобто її наочне зображення, дуже важливе, так як допомагає накопичувати досвід у проектуванні робочих органів. Таким чином, розробка методів перетворення поверхонь під впливом тертя і їх візуалізація є важливою проблемою.

Аналіз останніх досліджень. Аналізу роботи робочих органів присвячена достатньо широка література, однак вся вона досліджує їх енергетику, а якщо досліджується сама поверхня, то увага приділяється в першу чергу геометричним параметрам. Наприклад у [5,10] аналізується за допомогою нормалей дія поверхні ґрунтообробного робочого органу на скибу ґрунту, праця [8] присвячена побудові скиби ґрунту після сходу з робочого органу, у праці [9] вивчаються виключно динамічні властивості робочих органів. Таким чином, сучасні методи дослідження робочих органів присвячені або геометричним



параметрам поверхні або їх енергоємності і не дозволяють будувати робочі поверхні, яка змінюються за рахунок тертя.

Формулювання цілей статті. У роботі розглядається застосування антифрикційного клину для візуалізації поверхні робочого органу з урахуванням кута тертя між матеріалом та робочим органом.

Основна частина. В своїх працях академік В.П. Горячкін [3] запропонував замінювати фрикційний клин з робочим кутом α на антифрикційний, коли робочий кут α_1 є сумою робочого кута α та кута тертя φ : $\alpha_1 = \alpha + \varphi$. Таким чином, якщо ми маємо криву лінію, наприклад, напрямну поличної поверхні плугу, то за допомогою антифрикційного клину можемо побудувати антифрикційну криву, яка дасть змогу побачити, яка крива взаємодіє з матеріалом та дослідити її.

Для того щоб побудувати антифрикційну криву потрібно в кожній точці фрикційної кривої визначити кут нахилу дотичної як суму двох кутів

$$\alpha_1 = \alpha + \varphi, \quad (1)$$

де α - кут нахилу дотичної в деякій точці фрикційної кривої;

φ - кут тертя між матеріалом то робочим органом.

Для того щоб знайти кут нахилу дотичної до фрикційної кривої потрібно мати її аналітичний опис, що на практиці майже не буває. Всі криві, які утворюються при перерізі поверхонь робочих органів, задаються таблично, тобто координатами точок $m(x_i, y_i)$ де $i = 1, \dots, n$. Для опису кривої між точками i та $i+1$, які називаються вузлами, застосуємо сплайн третього порядку [6]:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3. \quad (2)$$

Кут нахилу дотичної фрикційної кривої, яка визначається сплайном (2) буде визначатись першою похідною

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = a_1 + 2a_2x + 3a_3x^2.$$

Одночасно запишемо позначення коефіцієнта тертя матеріалу по робочому органу

$$f = \operatorname{tg} \varphi.$$

Перша похідна, тобто кут нахилу дотичної, антифрикційної кривої у будь-якій точці з урахуванням антифрикційного клину (1) буде визначатися тангенсом суми кутів:

$$\Phi' = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = \frac{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{f + y'}{1 - f \cdot y'}. \quad (3)$$

Продиференціюємо сплайн (1) та підставимо отриманий вираз у (3) і одержимо першу похідну антифрикційної кривої:



$$\Phi' = \frac{d\Phi}{dx} = \frac{(f + a_1) + 2a_2x + 3a_3x^2}{(1 - f \cdot a_1) - 2a_2x - 3a_3x^2}. \quad (4)$$

Для визначення коефіцієнтів поліному (2) введемо величину

$$\tilde{\Delta} = (x_0 - x_1)^3.$$

Тоді коефіцієнти поліному (2) будуть визначатись таким чином:

$$\tilde{\Delta} \cdot a_3 = 2(y_1 - y_0) + (y_1' + y_0')(x_0 - x_1);$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_2 = 3(x_0 + x_1)(y_1 - y_0) - (x_0 - x_1) \left[(x_0 + x_1)(y_0' + y_1') + x_0 \cdot y_1' + x_1 \cdot y_0' \right];$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_1 = x_0^3 \cdot y_1' + x_0 \cdot x_1 \left[6(y_1 - y_0) + y_0'(2x_0 + x_1) - y_1'(2x_1 - x_0) \right] - x_1^3 \cdot y_0';$$

$$\tilde{\Delta} \cdot a_0 = x_0^3 (y_1 - x_1 \cdot y_1') - x_1^3 (y_0 - x_0 \cdot y_0') - x_0 \cdot x_1 \left[x_0 \cdot x_1 (y_0' - y_1') + 3(x_0 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_0) \right],$$

де для скорочення індекс «0» відповідає точці i , а індекс «1» - точці $i+1$.

Антифрикційна крива буде одержана інтегруванням функції (4):

$$\Phi(x) = \frac{1}{f} \left\{ \begin{array}{l} x + \frac{1+f^2}{\sqrt{-\Delta}} \operatorname{arctg} \left[\frac{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}{\sqrt{-\Delta}} \right], \Delta < 0, \\ x - \frac{1+f^2}{\sqrt{+\Delta}} \operatorname{Arth} \left[\frac{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}{\sqrt{+\Delta}} \right], \Delta > 0, \\ x - \frac{1+f^2}{f(a_2 + 3a_3 \cdot x)}, \Delta = 0. \end{array} \right\} + C_0, \quad (5)$$

де - $\Delta = f[3a_3(1 - f \cdot a_1) + f \cdot a_2^2]$.

Постійною інтегрування C_0 визначається кутом нахилу дотичної до антифрикційної кривої у точці i .

Взагалі коефіцієнти сплайну (2) можуть варіювати у широких значеннях, тому антифрикційна крива у деяких випадках буде визначатись виразом, який відрізняється від (5). Для цього дослідимо поведінку антифрикційної кривої (5) при різних значеннях коефіцієнтів a_2 та a_3 . Результатами дослідження є такі вирази:

– при $a_2 \neq 0$ та $a_3 = 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = -\frac{1}{f} \left\{ x + \frac{1+f^2}{2 \cdot f \cdot a_2} \ln \left[(1 - f \cdot a_1) - 2 \cdot f \cdot a_2 \cdot x \right] \right\} + C_0;$$

– при $a_2 = 0$ та $a_3 = 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = \frac{1+a_1}{1-f \cdot a_1} \cdot x + C_0.$$



– при $\Delta > 0$ будемо мати

$$\Phi(x) = -\frac{1}{f} \left\{ x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1+f^2}{\sqrt{+\Delta}} \ln \left[\frac{f(a_2 + 3a_3x) - \sqrt{+\Delta}}{f(a_2 + 3a_3x) + \sqrt{+\Delta}} \right] \right\}.$$

Приведений алгоритм побудови антифрикційної кривої було застосовано для 4-го шаблону гвинтової полиці корпусу плугу КОВ.01.000. Для визначення коефіцієнтів сплайнів окрім вузлів потрібно задати кути нахилу дотичної. В таблиці 1 наведено координати точок шаблону та кути нахилу дотичної, а на рисунку 1 наведено фрикційну та антифрикційну криві. При розрахунках у якості аргументу була прийнята координата z , а функції - x , кут тертя прийнятий $\varphi = 23^\circ$, що відповідає коефіцієнту тертя $f = 0,424$ [7]. Як видно з рисунку, кривина антифрикційної кривої значно більша, ніж фрикційної, до того ж ця кривина направлена у напрямку руху робочого органу. Таким чином, виключивши тертя, ми маємо змогу наочно бачити яка крива насамперед взаємодіє з ґрунтом.

Таблиця 1 - Вихідні дані до розрахунку антифрикційної кривої.

№ вузла	Z, мм	X, мм	Кут α_i нахилу дотичної у точці i , град
1	0	0	60
2	35	58	58
3	50	82	56
4	75	117	52
5	100	145,5	45
6	125	169	41
7	150	187	35
8	175	204,5	33
9	200	220,5	31
10	225	232	29
11	250	244	27
12	275	256	26
13	300	269	24
14	325	280	23

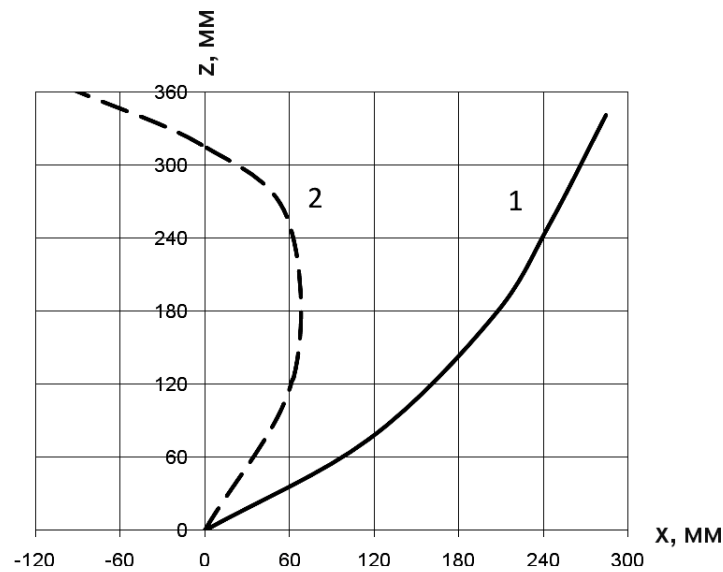


Рис. 1. Побудова антифрикційної кривої: 1 – фрикційна крива; 2 – антифрикційна крива.

Висновки. Заміна фрикційного клину антифрикційним, виключаючи тертя між робочим органом та матеріалом, дає змогу наочно побачити ту форму, яку має робочий орган, взаємодіючи з матеріалом. Побудова нормалей до антифрикційної кривої дозволяє виявити дію робочого органу на ґрунт.

Література

1. Бурченко П.Н. К расчету развертывающейся лемешно - отвальной поверхности корпуса плуга / П.Н Бурченко /Параметры перспективных почво-обрабатывающих рабочих органов // Труды ВИМ. – М. - 1981. - Т. 50 – 200 с.
2. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. Конструювання лінійчатої поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частинки по ній / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник НАУ. – К. 2002. - Вип.49. - С. 68–74.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин – М.: Колос. – 1968. – Т. 1. – С. 276-289.
4. Гячев Л.В. Способ проектирования развертывающихся рабочих поверхностей плужных корпусов по заданной теоретической траектории частицы пласта / Л.В. Гячев// Земледельческая механика. Труды ВАСХНИЛ. – М. - 1965. – Т. 5. – С. 348–375.
5. Медетов Ш.С. Анализ автоматизированных методов исследования и конструирования отвально-лемешных поверхностей / Ш.С. Медетов, Б. К., Когублевский //Автоматизация проектирования сельскохозяйственной техники. Труды ВИСХОМ. – М. - 1986. – С. 95–101.



6. *Медетов Ш.С.* Применение полиномиальных сплайнов в конструировании лемешно-отвальной поверхности // *Ш.С.Медетов*// Автоматизация проектирования сельскохозяйственной техники. Труды ВИСХОМ. – М. - 1986. – С. 70–75.
7. *Панченко А.Н.* Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / *А.Н. Панченко.* – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
8. *Тирвока С.* Опыт за съставяне модел (аналитичен и графичен) за раздробяването на почвата след обработката с различни органи / *С. Тирвока* // Висш. Сельскостоп. Инст. “В. Коларов”. – Пловдив. - 1905. – Т. 28. - Кн. 4. – С. 185–191.
9. *Тищенко С.С.* Изучение динамических характеристик отвальных рабочих органов почвообрабатывающих машин/ *С.С. Тищенко, В.А. Дубровин*// *Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinney.* – Warszawa, - 2002. – S. 385–389.
10. *Трухина В.Д.* Моделирование и анализ линейчатых технических поверхностей /*В. Д. Трухина.* – Барнаул. - 1996. – 65 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПОЧВОЙ

С.С. Тищенко, В.М. Швайко, В.О. Гудирова

Аннотация – рассмотрено изменения поверхностей почвообрабатывающих рабочих органов, происходящие в процессе взаимодействия рабочего органа с почвой вследствие трения между рабочим органом и почвой. Переход к измененной поверхности происходит исключение угла трения, который превращает фрикционный клин в антифрикционный

GEOMETRIC MODELING OF THE INTERACTION SURFACES TILLAGE WORKING ORGANS WITH THE SOIL

S. Tichenko, V. Shvajko, V. Guridova

Summary

Considered modification of surfaces tillage working organs, which are formed in the process interaction of the working organs with the soil, as a result the friction between them. Transition to the changing surface is the result removal the friction angle, so that the friction wedge is transformed into anti-friction.