

НОВИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ ПОЛИЦІ ПЛУГА ЗА ЗАДАНОЮ ГРАНИЧНОЮ ТРАЄКТОРІЄЮ РУХУ СКИБИ

Д. Войтюк, канд. техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,
С. Пилипака, д-р техн. наук, проф., Т. Пилипака, канд. техн. наук,
Я. Кременець

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто конструювання лінійчатої поверхні за заданою просторовою кривою, яка є геодезичною лінією цієї поверхні. Наведено приклади різних лінійчатих поверхонь, для яких геодезичною кривою є циліндрична гвинтова лінія. Поверхню описано аналітично та здійснено вирізання полиці плуга за заданим лобовим контуром. Отримані результати проілюстровано графічно.

Ключові слова: плуг, полиця, лінійчата поверхня, гранична траєкторія, геодезична лінія, лобовий контур.

Суть проблеми. Полиця плуга може бути циліндричною, культурною, напівгвинтовою, гвинтовою [1]. Від неї залежить ступінь кришіння, перевертання, укладання скиби. Існує декілька способів проектування полиць названих типів. Зокрема, професор М.В. Щучкін розробив метод графічного проектування полиці плуга з циліндроїдальної поверхні за заданою напрямною кривою і закономірністю розташування прямолінійних твірних поверхні в залежності від висоти їх розміщення від дна борозни [2]. Цей метод і досі є основою проектування полиць. За напрямну криву рекомендується брати дугу параболи або кола. При цьому параболі надається перевага, оскільки вона має більші можливості формоутворення. Прямолінійні твірні поверхні проходять через напрямну криву паралельно до дна борозни і під певним кутом γ до стінки борозни. Закономірність зміни кута γ прийнято задавати графіком $\gamma = \gamma(z)$, де z – висота точки на напрямній кривій від дна борозни. Графіки залежності $\gamma = \gamma(z)$ професор М.В. Щучкін побудував в результаті масового вивчення кращих культурних полиць і експериментальних корпусів [3].

В монографії [4] професор Л.В. Гячев пропонує за напрямну лінію брати просторову криву – граничну траєкторію руху скиби по полиці. Для поверхні полиці ця крива є геодезичною лінією. Через неї можна провести тільки одну розгортну поверхню і безліч нерозгортних. В існуючих працях по конструюванню полиці плуга за заданою геодезичною лінією розглянуто лише розгортні поверхні [4-6]. При конструюванні нерозгортної поверхні

потрібно використовувати методи диференціальної геометрії, а саме розділ так званої внутрішньої геометрії поверхонь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лінія на поверхні, яку можна практично відшукати переміщенням по ній паперової стрічки у заданому напрямі, носить назву геодезичної. Вона є найкоротшою відстанню між двома точками на поверхні, і якщо поверхня розгортна, то на розгортці перетворюється у пряму. Якщо взяти точку на поверхні, то у заданому напрямку пройде тільки лише геодезична лінія. Аналітичне знаходження геодезичних ліній на поверхні зводиться до інтегрування диференціальних рівнянь другого порядку. В праці [7] чисельним інтегруванням побудовано геодезичні лінії на нерозгортній лінійчатій поверхні. Проектування полиці плуга за заданою геодезичною лінією, якою є узагальнена гвинтова лінія із сталим відношенням кривини до скруту, здійснено в праці [5]. Побудова розгортної поверхні полиці за заданою геодезичною лінією, якою є циліндрична гвинтова із змінним кроком, розглянуто в праці [6].

Мета дослідження – розробити теоретичні основи проектування полиці плуга із нерозгортної лінійчатої поверхні за заданою геодезичною лінією – граничною траєкторією руху скиби.

Виклад основного матеріалу. Якщо ґрунт пружний, задернований, то його рух по полиці відрізняється від руху скиби із крихкого ґрунту. Траєкторію руху пружної скиби по полиці плуга можна з деяким наближенням порівняти із рухом паперової стрічки, якщо її примусово подавати на полицю в заданому напрямі (рис. 1). Реальна траєкторія скиби відрізнятиметься від описаної на прикладі паперової стрічки, оскільки під дією сили ваги вона відхилиться вниз по полиці. Таким чином, описану траєкторію можна вважати за граничну траєкторію руху скиби, яка може бути для неї реальною у випадку абсолютно пружного ґрунту або ж при

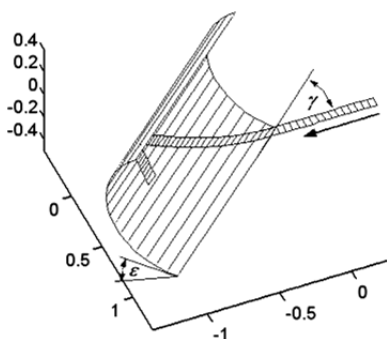


Рисунок 1 – Напрямок руху паперової стрічки (позначено стрілкою), що імітує рух скиби по внутрішній поверхні кругового циліндра

високих швидкостях оранки [8]. Знаючи геодезичну лінію полиці, можна стверджувати, що при високих швидкостях оранки або ж при пружному ґрунті траєкторія руху скиби наблизиться до геодезичної лінії, але не може проходити вище. Просторова крива однозначно задає розгортну поверхню, для якої вона буде геодезичною лінією. Вибір просторової кривої за основу проектування полиці доцільний з технологічних міркувань, оскільки дає змогу забезпечити потрібну траєкторію руху скиби.

Якщо за геодезичну лінію взяти гвинтову циліндричну лінію сталого кроку, то вона задасть круговий циліндр. Вступаючи на його поверхню під кутом γ до нижньої прямолінійної твірної, паперова стрічка рухатиметься по внутрішній стороні циліндра вздовж геодезичної лінії, якою є гвинтова (рис. 1). Під цим же кутом вона перетинатиме всі твірні циліндра і перетвориться в пряму лінію на розгортці циліндра.

Гвинтову лінію на поверхні циліндра з основою радіуса R і віссю Ox можна записати параметричними рівняннями у вигляді:

$$x = ct; \quad y = -R \sin t; \quad z = -R \cos t, \quad (1)$$

де t – незалежна змінна (кут повороту точки кривої навколо осі Ox циліндра з основою R);

c – гвинтовий параметр, через який визначається крок гвинтової лінії H із виразу $H=2\pi c$.

Знаки „-” в рівняннях (1) вказують на те, що поворот точки при утворенні лінії на поверхні циліндра відбувається за годинниковою стрілкою під час спостереження її руху із додатного напрямку осі Ox . Це має значення при конструюванні відсіку поверхні полиці.

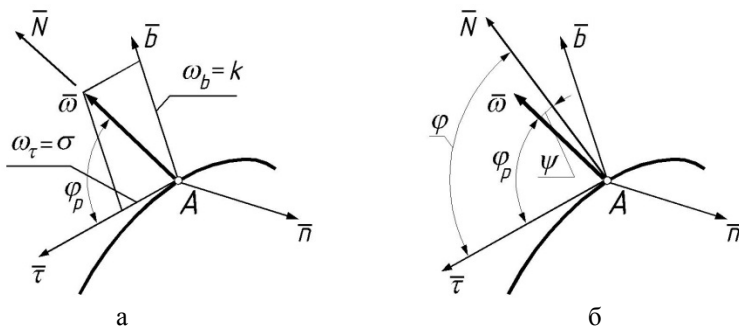
На рис. 1 циліндричний відсік обмежений дугами кіл – кривими поперечного перерізу циліндра. Для того, щоб леміш був нахилений до дна борозни під кутом ε , початкове значення змінної t в рівняннях кривої (1) повинне бути рівне цьому куту, тобто $t_0 = \varepsilon$.

Для конструювання поверхні, для якої крива (1) повинна бути геодезичною лінією, скористаємося теорією внутрішньої геометрії поверхонь, що є розділом диференціальної геометрії. Побудуємо в поточній точці просторової кривої супровідний тригранник Френе (рис. 2, а). Через точку кривої, тобто через вершину тригранника проходить прямолінійна твірна поверхні. Якщо ми хочемо, щоб просторова крива була геодезичною лінією для розгортної поверхні, яку конструюємо, то із диференціальної геометрії відомо, що в такому випадку прямолінійна твірна має строго визначений напрям в триграннику: вона паралельна вектору $\bar{\omega}$ миттєвої осі обертання тригранника, тобто розташована в його спрямній площині і нахилена до орта $\bar{\tau}$ під кутом φ_p . Величина кута φ_p залежить від співвідношення кривини k і скриту σ кривої в даній точці. Якщо ці величини відомі, то одиничний напрямний вектор \bar{n} твірної запишеться в проєкціях на орти $\bar{\tau}$, \bar{n} , \bar{b} тригранника наступним чином:

$$\bar{N} \left\{ \frac{\sigma}{\sqrt{k^2 + \sigma^2}}; \quad 0; \quad \frac{k}{\sqrt{k^2 + \sigma^2}} \right\}. \quad (2)$$

Кривина і скрут гвинтової лінії (1) є сталими і визначаються через радіус R і гвинтовий параметр c – за відомими формулами [6]:

$$k = \frac{R}{R^2 + c^2}; \quad \sigma = -\frac{c}{R^2 + c^2}. \quad (3)$$



а) для розгортної поверхні; б) для нерозгортної поверхні

Рисунок 2 – До визначення одиничного напрямного вектора \bar{N} прямолінійної твірної поверхні в системі супровідного тригранника Френе

Підставивши (3) в (2), отримаємо проєкції одиничного вектора \bar{N} на орти тригранника Френе:

$$N_\tau = \cos \varphi_p = -\frac{c}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \quad N_n = 0; \quad N_b = \sin \varphi_p = \frac{R}{\sqrt{R^2 + c^2}}. \quad (4)$$

Знайдена в (4) величина кута φ_p (рис. 2,а) задає напрям прямолінійної твірної розгортної поверхні. Якщо ми хочемо, щоб лінійчата поверхня була нерозгортною і при цьому просторова крива (в нашому випадку – гвинтова лінія) залишалася для поверхні геодезичною, необхідно напрямний вектор \bar{N} відхилити від вектора $\bar{\omega}$ на певний кут ψ в спрямній площині (рис. 2,б). В такому випадку величина кута φ визначиться з виразу:

$$\varphi = \varphi_p + \psi = \text{Arc cos} \left(-\frac{c}{\sqrt{R^2 + c^2}} \right) + \psi. \quad (5)$$

Кут φ задає напрям напрямного вектора \bar{N} прямолінійної твірної нерозгортної лінійчатої поверхні в спрямній площині тригранника Френе. Однак поверхню потрібно описувати в нерухомій системі $OXYZ$. Для цього потрібно знайти проєкції вектора \bar{N} в системі $OXYZ$, тобто перезадати його в нерухомій системі координат. Такий перехід здійснюється за допомогою напрямних косинусів кутів між двома системами [9]:

$$\begin{aligned} N_x &= \cos \varphi \cos \alpha_\tau + \sin \varphi \cos \alpha_b; \\ N_y &= \cos \varphi \cos \beta_\tau + \sin \varphi \cos \beta_b; \\ N_z &= \cos \varphi \cos \gamma_\tau + \sin \varphi \cos \gamma_b. \end{aligned} \quad (6)$$

Косинуси напрямних кутів, що входять до виразів (6), визначають через перші і другі похідні просторової кривої (1). Для їх знаходження виконаємо спочатку необхідні в подальшому певні операції:

$$\begin{aligned} A &= y'z'' - y''z' = -R^2; & C &= x'y'' - x''y' = Rc \sin t; \\ B &= z'x'' - z''x' = -Rc \cos t; & A^2 + B^2 + C^2 &= R^2(R^2 + c^2). \end{aligned} \quad (7)$$

Вирази напрямних косинусів з урахуванням (7) запишуться [9]:

$$\begin{aligned}
 \cos \alpha_\tau &= \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}} = \frac{c}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \\
 \cos \beta_\tau &= \frac{y'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}} = \frac{-R \cos t}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \\
 \cos \gamma_\tau &= \frac{z'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}} = \frac{R \sin t}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \\
 \cos \alpha_b &= \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = -\frac{R}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \\
 \cos \beta_b &= \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{-c \cos t}{\sqrt{R^2 + c^2}}; \\
 \cos \gamma_b &= \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{c \sin t}{\sqrt{R^2 + c^2}}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Із врахуванням (8) проекції вектора \bar{N} (6) в нерухомій системі $OXYZ$ набудуть вигляду:

$$\begin{aligned}
 N_x &= \frac{1}{\sqrt{R^2 + c^2}}(c \cos \varphi - R \sin \varphi); \\
 N_y &= -\frac{\cos t}{\sqrt{R^2 + c^2}}(R \cos \varphi + c \sin \varphi); \\
 N_z &= \frac{\sin t}{\sqrt{R^2 + c^2}}(R \cos \varphi + c \sin \varphi).
 \end{aligned} \tag{9}$$

Для розгортної поверхні $\psi=0$, отже згідно з (5) $\varphi=\varphi_p$. Підставивши вирази синуса і косинуса кута $\varphi_p=\varphi$ із (4) в (9), отримаємо: $N_x = -1$; $N_y = 0$; $N_z = 0$. Це означає, що для розгортної поверхні всі прямолінійні твірні будуть паралельні осі OX , тобто вони проходять через гвинтову лінію паралельно її осі. Отже, утвореною поверхнею буде циліндр. В загальному випадку (при $\psi \neq 0$) параметричні рівняння лінійчатої поверхні, для якої гвинтова лінія (1) є геодезичною, запишуться:

$$\begin{aligned}
 X &= ct + \frac{u}{\sqrt{R^2 + c^2}}(c \cos \varphi - R \sin \varphi); \\
 Y &= -R \sin t - \frac{u \cos t}{\sqrt{R^2 + c^2}}(R \cos \varphi + c \sin \varphi); \\
 Z &= -R \cos t + \frac{u \sin t}{\sqrt{R^2 + c^2}}(R \cos \varphi + c \sin \varphi),
 \end{aligned} \tag{10}$$

де u – друга незалежна змінна поверхні (довжина прямолінійної твірної).

В рівняннях (10) початкове значення для першої незалежної змінної t надаємо $t_0 = \varepsilon$, де ε – кут нахилу площини лемеша до дна борозни. Гвинтовий параметр c зв'язаний із кутом γ залежністю $c = R \operatorname{ctg} \gamma$ [6]. Ця залежність забезпечує вступ скиби на лезо лемеша під заданим кутом γ . Можна значно спростити вирази (5) і (9) підстановкою в них цієї залежності і проведенням відповідних тригонометричних перетворень. Залежність (5) для кута φ набуває вигляду:

$$\varphi = \varphi_p + \psi = \pi - \gamma + \psi. \quad (11)$$

Проекції вектора \vec{N} (9) також значно спрощуються:

$$N_x = -\cos \psi; \quad N_y = \cos t \sin \psi; \quad N_z = -\sin t \sin \psi. \quad (12)$$

Відповідно спростяться і параметричні рівняння (10):

$$\begin{aligned} X &= R t \operatorname{ctg} \gamma - u \cos \psi; \\ Y &= -R \sin t + u \cos t \sin \psi; \\ Z &= -R \cos t - u \sin t \sin \psi. \end{aligned} \quad (13)$$

Конструкційно утворення поверхні згідно з рівняннями (10) відбувається проведенням прямолінійної твірної через кожну точку кривої (1) паралельно напрямному вектору (12). Наступний етап – потрібно правильно зорієнтувати поверхню полиці в нерухомій системі координат $OXYZ$ по відношенню до її напрямку руху у цій системі. Якщо прийняти, що поверхня полиці рухається в напрямі осі OY , а скиба – назустріч їй по поверхні, як показано на рис. 1, то всі твірні циліндра разом з геодезичною лінією потрібно повернути в горизонтальних площинах на кут $(\gamma - 90^\circ)$. Після цього параметричні рівняння поверхні полиці запишуться:

$$\begin{aligned} X_n &= X \cos(\gamma - 90^\circ) - Y \sin(\gamma - 90^\circ); \\ Y_n &= X \sin(\gamma - 90^\circ) + Y \cos(\gamma - 90^\circ); \\ Z_n &= Z, \end{aligned} \quad (14)$$

в яких вирази для X , Y , Z взято із (13).

За рівняннями (14) було побудовано відсік циліндричної поверхні при $\varepsilon = 30^\circ$, $\psi = 0$, $\gamma = 42^\circ$ і $R = 0,5$. На рис. 3 в проекціях показано циліндричну поверхню, обмежену з боків гвинтовими лініями сталого кроку, що є для поверхні геодезичними. Стрілками показано напрям вступу скиби на поверхню. Геодезична лінія, яка є верхньою граничною траєкторією руху скиби, починається з передньої точки леза лемеша і зображена потовщеною. На горизонтальній проекції показано кут γ , який є кутом встановлення леза лемеша до стінки борозни. Якби скиба була абсолютно пружною і мала ширину леза, то вона при русі по зображеному відсіку поверхні набула б його форми, тобто проекції поверхні можна було б вважати за проекції скиби нульової товщини.

При $\psi \neq 0$ отримуємо нерозгортну поверхню, причому таких поверхонь може бути багато. Кут ψ може бути як постійним, так і змінним, наприклад,

функцією незалежної змінної t гвинтової лінії. Якщо розгортна поверхня задається однозначно, то при проектуванні нерозгортної поверхні потрібно шукати таку залежність $\psi = \psi(t)$, яка б найкраще задовольняла агротехнічні вимоги. Незалежно від виду нерозгортної поверхні процес кришіння скиби при русі по нерозгортній і розгортній поверхнях відрізнятиметься між собою.

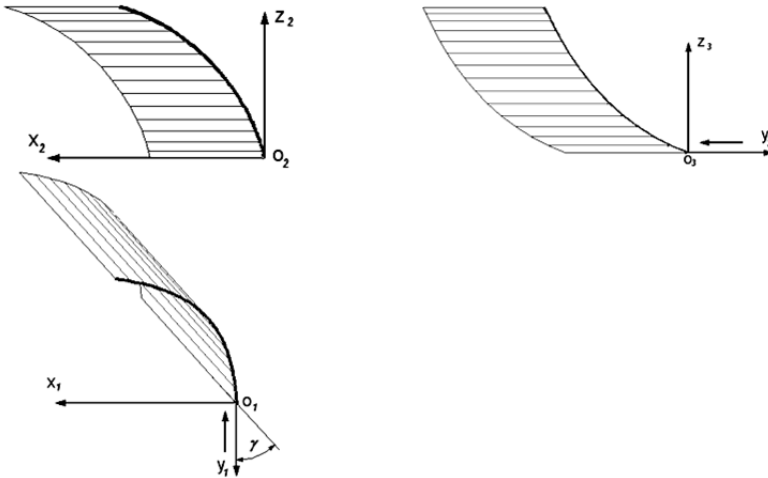


Рисунок 3 – Проекції відсіку поверхні кругового циліндра, обмеженого по боках геодезичними кривими (гвинтовими лініями сталого кроку) і зорієнтованого в нерухомій системі координат таким чином, що напрям вступу скиби на поверхню є дотичним до геодезичної лінії

Якщо уявити скибу у формі смуги, то під час руху по полиці із розгортної поверхні вона набуває її форми (наприклад, циліндра, зображеного на рис. 3). Кришіння відбувається за рахунок згинання скиби в поздовжньому напрямі. Під час руху по нерозгортній полиці скиба додатково буде деформуватися, набуваючи форми її поверхні. Це можна пояснити знову ж таки на прикладі паперової стрічки, яка не може щільно прилягати до нерозгортної поверхні без розривів або складок. Скиба ж змушена буде прилягати, а отже, вона підлягатиме додатковій деформації в порівнянні із розгортною поверхнею. Акад. П.М. Заїка вказував на те, що проектування полиць із розгортних поверхонь становить особливий інтерес, оскільки деформація скиби на такій поверхні відбувається одночасно вздовж кожної твірної, і це не призводить до її розривів і складок [10]. З іншої сторони, поверхні полиць культурного, напівгвинтового і гвинтового плугів є нерозгортними.

При проектуванні нерозгортної поверхні потрібно забезпечити паралельність нижньої твірної поверхні (крайки леза) дну борозни. Це буде

виконано за умови, що при початковому значенні змінної $t=t_0=\varepsilon$ проекція напрямного вектора твірної N_z (12) дорівнює нулю. З виразу N_z (12) видно, що при $\psi=const$ цього зробити не вдасться, тобто нижня твірна поверхні не буде паралельна до дна борозни. В принципі, це не є перешкодою, тому що поверхня вздовж цієї твірної з'єднається із площиною лемеша, а леміш потрібно виготовляти так, щоб лезо було паралельне до дна борозни.

Розглянемо нерозгортну поверхню при лінійній залежності ψ :

$$\psi = at + b, \quad (15)$$

де a, b – сталі величини.

При початковому значенні параметра $t=\varepsilon$ вираз (15) повинен бути рівний нулю. Звідси знаходимо вираз сталої b : $b=-a\varepsilon$. Таким чином, підстановкою цієї сталої в (15) остаточно знайдемо вираз для лінійної залежності кута ψ :

$$\psi = a(t - \varepsilon). \quad (16)$$

На рисунку 4 в проекціях показано циліндричну поверхню, побудовану за рівняннями (14) при $\varepsilon=30^\circ$, $\psi=0,1(t-\pi/6)$, $\gamma=42^\circ$ і $R=0,5$. Як видно з рисунка 4, прямолінійні твірні не паралельні між собою. Очевидно, що чим більше значення сталої b , тим більшою буде ця непаралельність і тим більше нерозгортна поверхня буде відрізнятися від розгортної (тобто циліндричної, зображеної на рисунку 3).

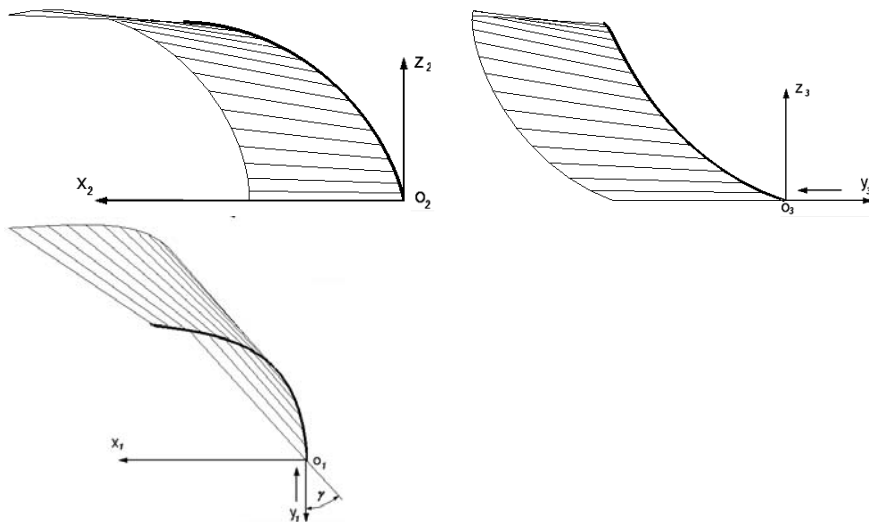


Рисунок 4 – Проекції відсіку нерозгортної поверхні, обмеженого з однієї сторони потовщеною геодезичною кривою (гвинтовою лінією) і зорієнтованого в нерухомій системі координат таким чином, що напрям вступу скиби на поверхню є дотичним до геодезичної лінії

Наступний етап в проектуванні полиці – вирізання з відсіка поверхні шматка потрібної форми. Цей шматок задається лобовим контуром. Автоматизована побудова лобового контуру з відрізків прямих і дуг кіл наведена в праці [11]. Лобовий контур накладається на фронтальну проекцію, при цьому потрібно додати поверхню правіше від геодезичної лінії. З теоретичної точки зору ця частина полиці не повинна працювати, оскільки геодезична лінія є граничною траєкторією скиби, тобто скиба має рухатися лівіше і нижче геодезичної лінії. Однак проф. Л.В. Гячев в своїй праці [4] вказує на те, що напрямок вступу скиби на леміш залежить від низки чинників і може різнитися з теоретичним кутом γ на 7-11%.

Потрібний відсік полиці одержимо в перетині проєкціювального циліндра у формі лобового контуру на фронтальній площині проєкцій із самою поверхнею полиці (рис. 5,а). Це означає, що потрібно знайти лінію перетину вказаних поверхонь. Оскільки лобовий контур складається із чотирьох відрізків прямих і двох дуг кіл, відповідно і ліній перетину буде стільки ж, тобто шість. Через кожен відрізок проходить фронтально-проєкціювальна площина. Лінію перетину її із поверхнею знаходимо наступним чином. Запишемо фронтальну проєкцію площини рівнянням прямої $Z_n = a \cdot X_n + b$, де сталі a і b визначаємо з умови проходження прямої через крайні точки. Далі в це рівняння підставляємо вирази Z_n і X_n із (14), до яких в свою чергу входять рівняння (13). Розв'язавши отримане рівняння відносно u , одержимо залежність $u = u(t)$. Підстановка цієї залежності у (14) дасть параметричні рівняння відповідної лінії перетину. Знаходження ліній перетину всіх чотирьох площин із поверхнею полиці здійснюється однією підпрограмою, до якої вводяться дві сталі a і b та межі зміни параметра t , що відповідають конкретній площині.

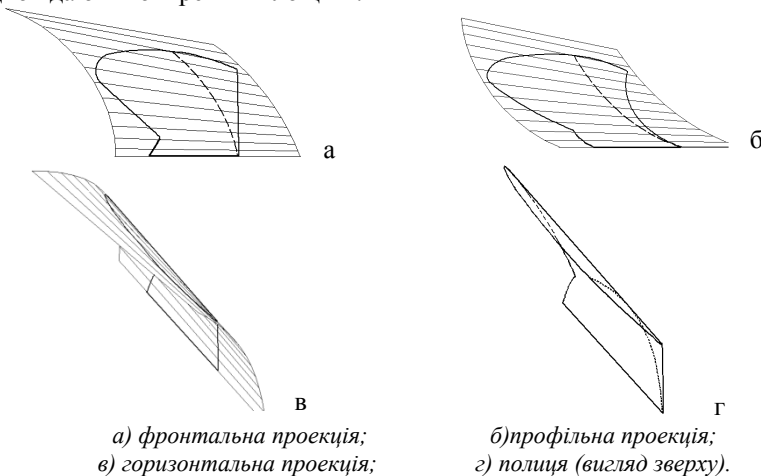


Рисунок 5 – Проєкції нерозгортної поверхні із заданою залежністю $\psi = \theta, 1(t - \pi/6)$ та нанесеним на неї контуром полиці

Складніше знайти лінію перетину з поверхнею полиці проекціювального циліндра, що відповідає одній із дуг кіл на лобовому контурі. Складність полягає в тому, що в межах заданої дуги прямолінійна твірна поверхні може перетинатися в одній або двох точках із відповідним проекціювальним циліндром, радіус основи якого позначимо через r . Алгоритм знаходження залежності $u=u(t)$ або внутрішнього рівняння кривої перетину циліндра з поверхнею подібний до описаного в попередньому прикладі алгоритму на знаходження кривої перетину площини з поверхнею полиці. Рівняння кола радіуса r , через яке проходить фронтально-проекціювальний циліндр, і центр якого зміщений відносно осей нерухомої системи координат на відрізки x_u , і y_u , запишеться:

$$(X_n - x_u)^2 + (Z_n - z_u)^2 = r^2. \quad (17)$$

Підставивши вирази X_n і Z_n із (14) в (17), одержимо квадратне рівняння, розв'язком якого відносно u буде:

$$u = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (18)$$

де

$$a = N_z^2 + (N_x \sin \gamma + N_y \cos \gamma)^2;$$

$$b = 2[N_z(z - z_u) - (N_x \sin \gamma + N_y \cos \gamma)(x_u - x \sin \gamma - y \cos \gamma)];$$

$$c = x_u^2 - r^2 + (z - z_u)^2 + (x \sin \gamma + y \cos \gamma)(x \sin \gamma + y \cos \gamma - 2x_u).$$

Вирази, що входять до змінних a , b , c , підставляємо із (1) і (12) в наведені перед цим формули. Одержану в (18) залежність $u=u(t)$ підставляємо в (14) і таким чином отримуємо параметричні рівняння просторової кривої на поверхні полиці, в яку перетворюється дуга кола на фронтальній проекції, тобто на лобовому контурі. Слід зазначити, що межі зміни параметра t , а також знак перед коренем в (18) проблематично визначити, якщо не використовувати зображення на моніторі. Ці параметри визначаємо підбором, будуючи потрібну дугу вказаним способом на фронтальній проекції. Може бути випадок, що крива, яка відповідає заданій дузі кола, складається із двох частин, отриманих при різних знаках в (18) перед коренем.

Вказаним способом було вирізано з нерозгортної лінійчатої поверхні (рис. 4) полицю за наведеним на рисунку 5, a лобовим контуром. На рис. 5, b , v наведені інші проекції поверхні із нанесеним на неї лобовим контуром, який окреслює межі полиці. Напрямна геодезична лінія (гранична траєкторія) зображена штриховою лінією.

Для порівняння було побудовано ще одну поверхню з лінійною залежністю зміни кута ψ . Було взято попередню залежність із протилежним знаком. Це означає, що відхилення напрямного вектора \bar{N} прямолінійної

твірної від вектора $\vec{\omega}$ (рис. 2, б) здійснюється в протилежну сторону в порівнянні із першим випадком. Відповідно змінюється орієнтація прямолінійних твірних поверхні (рис. 6).

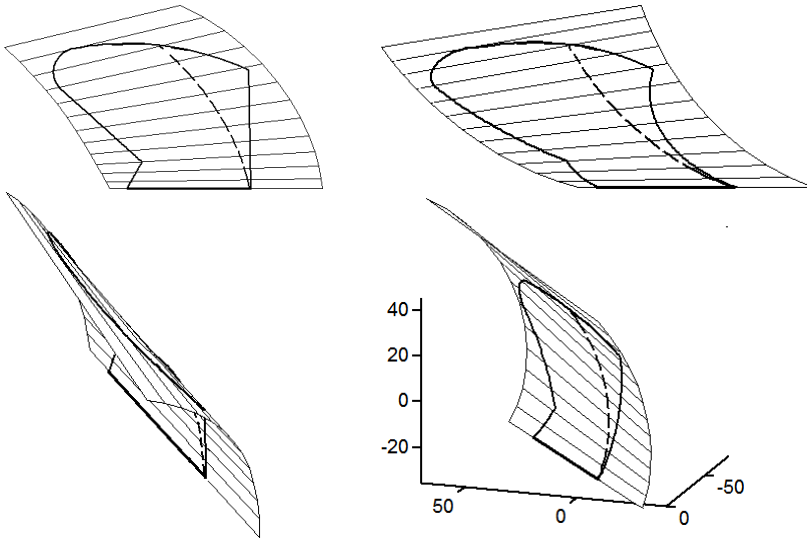


Рисунок 6 – Три проєкції та аксонометрія поверхні із заданою залежністю $\psi = 0,1(t-\pi/6)$ та нанесеним на неї лобовим контуром.

Висновки

Запропонований алгоритм аналітичного описання нерозгортної лінійчатої поверхні за заданою геодезичною лінією з використанням внутрішньої геометрії поверхонь дає можливість проектувати полиці плугів із різною закономірністю розташування прямолінійних твірних. Якщо функція, що задає цю закономірність, дорівнює нулю, то утвореною поверхнею буде розгортна. За заданою геодезичною лінією можна побудувати тільки одну розгортну і безліч нерозгортних поверхонь. Закономірність розподілу прямолінійних твірних для нерозгортної поверхні вздовж геодезичної лінії потребує додаткового дослідження. В цьому полягають перспективи подальших розвідок.

Література

Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Каравела, 2008. – 552 с.

Щучкин Н.В. Методика проектирования цилиндрических отвалов / Н.В. Щучкин // Теория конструирования и производства сельскохозяйственных машин. – М.-Л., 1936. – Т. 4. – С. 63–94.

- Щучкин Н.В. Лемешные плуги и луцильники / Н.В. Щучкин. – М., 1952. – 267 с.
4. Гячев Л.В. Теория лемешно-отвальной поверхности / Л.В. Гячев. – Зерноград, 1961. – 317 с.
5. Войтюк Д.Г. Проектування полиці плуга із розгортної поверхні за заданою граничною траєкторією руху скиби / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Вісник аграрної науки. –К.: "Аграрна наука", 1998. -№ 1. –С. 47-49.
6. Булгаков В.М. Проектування полиці плуга за заданою геодезичною лінією – граничною траєкторією руху скиби / В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. –К., 2010. –Вип. 144, ч. 5. – С. 20 – 35.
7. Войтюк Д.Г. Побудова геодезичних ліній, як граничних траєкторій руху матеріальних частинок по поверхні / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного аграрного університету. –К.: НАУ, 2003. – Вип. 60. –С. 138-141.
8. Пилипака С.Ф. Вплив граничної траєкторії руху скиби по полиці на динамічну складову тягового опору плуга/ С.Ф. Пилипака // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 11, т. II (66). – С. 55 – 66.
9. Милинский В.И. Дифференциальная геометрия / В.И. Милинский. -Л., 1934. -332 с.
10. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Т. I (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
11. Булгаков В.М. Автоматизована побудова 3D моделі полиці плуга з циліндродальної поверхні / В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2011. – Вип. 166. – Ч. 2. (ISSN 2222 - 861).

Аннотация

Рассмотрено конструирование линейчатой поверхности по заданной пространственной кривой, которая является геодезической линией этой поверхности. Приведены примеры разных линейчатых поверхностей, для которых геодезической кривой является цилиндрическая винтовая линия. Поверхность описано аналитически и осуществлено вырезание отвала плуга по заданному лобовому контуру. Полученные результаты проиллюстрировано графически.

Summary

Ruled surface designing on the set space curve which is geodetic line of this surface is considered. Instances of different ruled surfaces for which a geodesic curve is the cylindrical circular helix are reduced. A surface the mouldboard excision on the set front contour is presented analytically and realised. The received results it is illustrated graphically.