

АЛГОРИТМ ДО ЗНАХОДЖЕННЯ ВЕРХНЬОЇ ГРАНИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НА ЛЕМІШНО-ВІДВАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ

Пихтєєва І. В., к. т. н.,

Антонова Г. В., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
ім. Д. Моторного*

Тел. (0619) 42-68-62

Анотація – прийняті в даний час технології обробки сільськогосподарських культур засновані на багаторазових проходах все більш важких машинно-тракторних агрегатів. Це призводить до того, що спостерігається все більше розпорошення верхнього і нижнього ущільнення шарів ґрунту. Внаслідок цього розширюються зони вітрової, водної та механічної ерозії, знижується ефективність внесених добрив і врожайність культур. Тому сучасні тенденції [1] розвитку ґрунтообробних та посівних машин визначаються головним чином екологічними вимогами щодо захисту ґрунту від надмірної техногенного навантаження.

Зараз на світовому ринку наукомістких промислових виробів чітко спостерігаються три основні тенденції: підвищення складності виробів, підвищення конкуренції на ринку й розвиток кооперації між учасниками життєвого циклу виробу. Найбільш прогресивною та перспективною умовою удосконалення процесу проектування є створення і впровадження в практику систем автоматизованого проектування з розвиненою системою геометричного проектування. Така підготовка виробництва дає можливість підприємствам швидко реагувати на зміну попиту, у короткий термін випускати нові види продукції, швидко модернізувати продукцію, що випускається, відслідковувати життєвий цикл виробів, ефективно підвищувати якість.

Кожна технологічна задача в умова підприємства може мати велику кількість варіантів, тому спеціалісту складно впоратися з подібними обсягами робіт, і в цих умовах вирішальною передумовою до прискорення виробництва є впровадження алгоритму системи проектування.

Удосконалення технологічного процесу підприємства представлено на прикладі виготовлення лемішно-відвальної поверхні плуга з використанням алгоритму побудови просторової

кривої, а саме побудови геодезичної лінії на довільних поверхнях верхньої граничної траєкторії руху.

При проектуванні досліджено сучасні методи побудови лемішно-відвальної поверхні. У роботі пропонується використовувати метод побудови поверхні горизонтального циліндроїда і робочої поверхні по контуру в поперечно-вертикальній площині проєкцій.

Ключові слова – апроксимація, геодезична лінія, лемішно-відвальна поверхня, просторова крива, верхня гранична траєкторія руху, алгоритм побудови.

Постановка проблеми. Постає необхідність удосконалення технологічного процесу виготовлення відвала плуга культурного типу, його розрахункових параметрів при апроксимації просторової кривої.

Верхня гранична траєкторія руху пласта є геодезичною лінією лемішно – відвальної поверхні [1]. Існуючі методи побудови геодезичних ліній на довільних поверхнях [2-4] неможливо застосувати для побудови верхньої граничної траєкторії. Розглянемо алгоритм побудови верхньої граничної траєкторії руху частинки ґрунту на лемішно-відвальної поверхні. Інтерполяція дискретно заданих напрямних вихідної циліндроїдальної поверхні дозволяє з наперед заданою точністю апроксимувати цю поверхню багатогранником, тобто отримувати як завгодно багато точок, (потрібного згущення точок) що представляють шукану просторову криву.

Методика. Криволінійну відвальну поверхню апроксимуємо многогранником. Геодезичною лінією поверхні можна з певним ступенем наближення вважати ламану геодезичну лінію цього багатогранника. Оскільки геодезична лінія поверхні на розгортці – пряма то її можна прокладати виходячи з умови рівності відповідних кутів нахилу сусідніх ланок геодезичної ламаної що перетинає ребро багатогранника (рис. 1).

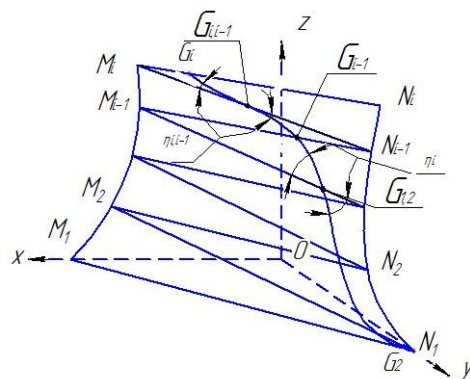


Рис. 1. Утворюючі геодезичні лінії

Визначимо напрямок, по якому необхідно здійснювати прокладку геодезичної лінії. У землеробській механіці положення площин, які апроксимують поверхню, характеризують кутами установки ε і γ (рис. 2). Початкові значення ε_1 та γ_1 визначають в просторі положення площини лемеша. В разі «нестисливого» пласта кут вступу пласта на робочу поверхню визначається зі співвідношення

$$\eta_1 = \gamma_1, \quad (1)$$

а в граничному випадку «стискання» пласта [1] – зі співвідношення

$$\operatorname{tg} \eta_1 = \operatorname{tg} \gamma_1 \cos \varepsilon_1. \quad (2)$$

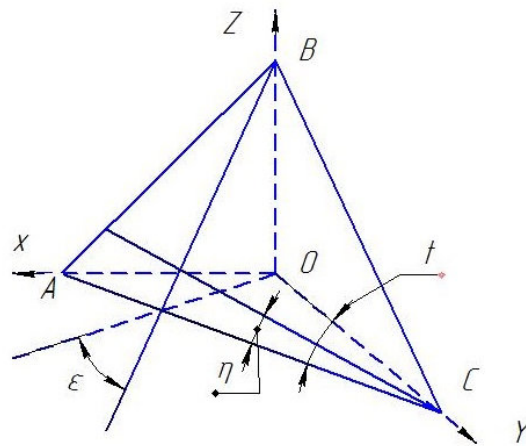


Рис. 2. Кути установки лемеша ε , γ , η

Пряма, проведена на тій межі апроксимуючого багатогранника, з якої починається рух ґрунтової частинки по відвальній поверхні, під кутом η_1 і визначає напрямок, по якому повинна бути прокладена геодезична лінія.

Апроксимуємо многогранником циліндроїдальну відвальну поверхню як найбільш часто що застосовується при виготовленні плужних корпусів. Визначником поверхні є напрямні задані дискретним рядом точок $N_1; N_2; \dots; N_{i-1}; N_i$ та $M_1; M_2; \dots; M_{i-1}; M_i$, інцидентних площинах YOZ та XOZ відповідно і горизонтальною площиною паралелізму ($Z_{N_1} = Z_{M_1}; Z_{N_2} = Z_{M_2}; \dots; Z_{N_{i-1}} = Z_{M_{i-1}}; Z_{N_i} = Z_{M_i}$).

Розглянемо елементарну ділянку поверхні $N_{i-1} M_{i-1} M_i N_i$, укладений між двома сусідніми утворюючими (рис. 1). Його можна апроксимувати найкращим чином, зробивши наближення до поверхні плоскими відсіками $N_{i-1} M_{i-1} M_i$ та $N_{i-1} M_i N_i$. Так як свій рух частка ґрунту починає з відсіку $N_{i-1} M_i N_i$ (при $i = 2$) то і побудова першої ланки геодезичної ламаної також починаємо з цього відсіку.

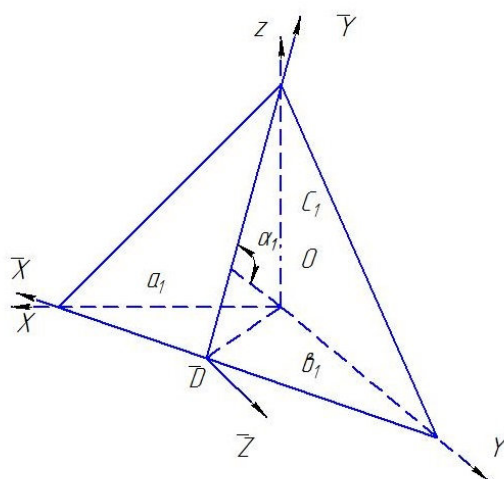


Рис. 3. Лінія найбільшого нахилу грані

Визначимо кути установки лемеша ϵ_1 та γ_1 . Знаходимо

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{a_1}{b_1}; \quad \cos \epsilon_1 = \frac{d_1}{c_1}, \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{X_{M_i}(Z_{N_i} - Z_{N_{i-1}})}{Y_{N_i}(Z_{M_i} - Z_{N_{i-1}})}, \quad (4)$$

$$\cos \epsilon_1 = \frac{X_{N_i}(Y_{N_i} - Y_{N_{i-1}})}{\sqrt{Y_{N_i}^2(Z_{M_i} - Z_{N_{i-1}})^2 + X_{M_i}^2(Z_{N_i} - Z_{N_{i-1}})^2 + X_{M_i}^2(Y_{N_{i-1}} - Y_{N_i})^2}}. \quad (5)$$

Величина кута η_1 який задає положення першої ланки геодезичної ламаної на плоскому відсіку $N_{i-1} M_i N_i$ визначимо по співвідношеннях (1) або (2).

Для визначення кута, який утворює цю ланку з ребром $M_i N_i$, введемо нову систему координат, вісь $\bar{O}\bar{X}$ яка з'єднає кінці відрізків a_1 та b_1 , відсікаємо на осях OX та OY відповідно, вісь $\bar{O}\bar{Y}$ є лінією найбільшого нахилу грані, а вісь $\bar{O}\bar{Z}$ перпендикулярна площині $N_{i-1} M_i N_i$.

Початок координат нової системи маємо в точці перетину попередньої ланки геодезичної ламаної з ребром багатогранника

$$M_i N_i - G_i, i - 1(X_{G_i, i-1}; Y_{G_i, i-1}; Z_{G_i, i-1}).$$

Тоді рівняння прямої $N_{i-1} M_i$ в системі координат $\bar{O}\bar{X} \bar{Y}\bar{Z}$

$$\bar{Y} = \frac{\bar{Y}_{N_{i-1}} - \bar{Y}_{M_i}}{\bar{X}_{N_{i-1}} - \bar{X}_{M_i}} \bar{X} - \frac{\bar{X}_{M_i} \bar{Y}_{N_{i-1}} - \bar{Y}_{M_i} \bar{X}_{N_{i-1}}}{\bar{X}_{N_i} - \bar{X}_{M_i}}; \quad Z = 0. \quad (6)$$

Рівняння прямої, проходить через $\bar{O}(0, 0, 0)$ під кутом до прямої (6), уявімо у вигляді

$$\bar{Y} = \frac{\bar{Y}_{M_i} - \bar{Y}_{N_{i-1}} \operatorname{tg} \eta_{i;i-1} (\bar{X}_{M_i} - \bar{X}_{N_{i-1}})}{\operatorname{tg} \eta_{i;i-1} (\bar{Y}_{N_{i-1}} - \bar{Y}_{M_i}) - (\bar{X}_{N_{i-1}} - \bar{X}_{M_i})} \bar{X}; \quad Z = 0. \quad (7)$$

Позначимо

$$K_1 = \frac{\bar{Y}_{M_i} - \bar{Y}_{N_{i-1}} + \operatorname{tg} \eta_{i;i-1} (\bar{X}_{M_i} - \bar{X}_{N_{i-1}})}{\operatorname{tg} \eta_{i;i-1} (\bar{Y}_{N_{i-1}} - \bar{Y}_{M_i}) - (\bar{X}_{N_{i-1}} - \bar{X}_{M_i})}.$$

Вирішивши спільно (7) і рівняння прямої, яка проходить через точки M_i N_i ,

$$\bar{Y} = \frac{\bar{Y}_{M_i} - \bar{Y}_{N_i}}{\bar{X}_{M_i} - \bar{X}_{N_i}} \bar{X} \frac{\bar{X}_{N_i} \bar{Y}_{M_i} - \bar{Y}_{N_i} \bar{X}_{M_i}}{\bar{X}_{M_i} - \bar{X}_{N_i}}, \quad Z = 0 \quad (8)$$

отримаємо координати кінця даної ланки геодезичної ламаної

$$\begin{aligned} \bar{X}_{G_i} &= \frac{\bar{X}_{N_i} \bar{Y}_{M_i} - \bar{Y}_{N_i} \bar{X}_{M_i}}{\bar{Y}_{M_i} \bar{X}_{N_i} - K_1 (\bar{X}_{M_i} - \bar{X}_{N_i})}; \\ \bar{Y}_{G_i} &= K_1 \bar{X}_{G_i} \\ \bar{Z}_{G_i} &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Кут, який становить пряма (6) – ланка $G_{i;i-1}$ G_i з пересічним ребром багатогранника (прямої N_i M_i)

$$\operatorname{tg} \eta_i = \frac{K_1 (\bar{X}_{N_i} - \bar{X}_{M_i}) + \bar{Y}_{N_i} - \bar{Y}_{M_i}}{\bar{X}_{N_i} - \bar{X}_{M_i} + K_1 (\bar{Y}_{N_i} - \bar{Y}_{M_i})}. \quad (10)$$

Для визначення положення наступної ланки геодезичної ламаної необхідно, щоб кут, який має утворити це з ребром багатогранника N_{i-1} M_{i-1} дорівнював куту η_i (рис. 1). Алгоритм побудови ланки G_i $G_{i;i-1}$ геодезичної ламаної аналогічний запропонованому вище і відрізняється від нього лише кінцевими аналітичними виразами. Після знаходження координат точки G_{i-1} , яка належить ребру N_{i-1} M_i , знову звертаємося до алгоритму для побудови ланки геодезичної ламаної $G_{i;i-1}$ G_i і т.д.

Висновки. Таким чином алгоритм побудови геодезичної ламаної складається з двох етапів: побудови ланки $G_{i;i-1}$ G_i , інцидентної грані N_{i-1} M_i N_i та побудови ланки G_i $G_{i;i-1}$, інцидентної грані N_{i-1} M_{i-1} N_i . Обчислення припиняються після побудови ланок геодезичної ламаної на всіх елементарних гранях апроксимуючого багатогранника. Точки, координати яких обчислені за запропонованим алгоритмом, і являють собою верхню граничну траєкторію руху частинки ґрунту по відвальній поверхні.

Література:

1. Гячев Л. В. Теория лемешно-отвальнoй поверхности. Зерноград, 1961. 317 с.
2. Лукина З. И. Некоторые вопросы геометрии сетчатых

каркасов поверхностей переноса // Труды УДН им. П. Лумумбы. Сер. Математика. Прикладная геометрия. Москва, 1967. Т. 26, вып. 3. С. 58-65.

3. Харит К. А. Прокладывание геодезической линии на сложной поверхности вращения // Материалы II научно-методической конференции по начертательной геометрии и инженерной графике кафедр вузов УзССР. Ташкент, 1968. Вып. 60. С. 81-84.

4. Ковалев С. Н., Харченко А. И. Численный метод построения геодезической линии на регулярной поверхности // Прикладная геометрия и инженерная графика. Киев, 1978. Вып. 26. С. 24-25.

5. Пыхтеева И. В., Брустинов В. М. Дискретный метод наименьших квадратов при формуванні кривини моделі // Праці ТДАТУ. Сер. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Мелітополь, 2014. Вип. 4, т. 58. С. 107-112.

6. Найдих А. В., Пыхтеева И. В., Сивова А. К. Формування поверхні леза плуга за допомогою двох напрямних кривих з розрахунком згущення точкового ряду обводу методом Yopt // Сучасні проблеми геометричного моделювання. 2014. Вип. 1. С. 95-102.

АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЧНОЙ ТРАЕКТОРИИ НА ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Пыхтеева И. В., Антонова Г. В.

Аннотация – принятые в настоящее время технологии обработки сельскохозяйственных культур основаны на многократных проходах более тяжелых машинно-тракторных агрегатов. Это приводит к тому, что наблюдается все большее распыление верхнего и нижнего уплотнения слоев почвы. В результате расширяются зоны ветровой, водной и механической эрозии, снижается эффективность вносимых удобрений и урожайность культур. Поэтому современные тенденции [1] развития почвообрабатывающих и посевных машин определяются главным образом экологическими требованиями по защите почвы от чрезмерной техногенной нагрузки.

Сейчас на мировом рынке наукоемких промышленных изделий четко наблюдаются три основные тенденции: повышение сложности изделий, повышение конкуренции на рынке и развитие кооперации между участниками жизненного цикла изделия. Наиболее прогрессивным и перспективным условием совершенствования процесса проектирования является создание и внедрение в практику систем автоматизированного

проектирования с развитой системой геометрического проектирования. Такая подготовка производства дает возможность предприятиям быстро реагировать на изменение спроса, в короткий срок выпускать новые виды продукции, быстро модернизировать выпускаемую, отслеживать жизненный цикл изделий, эффективно повышать качество.

Каждая технологическая задача в условиях предприятия может иметь большое количество вариантов, поэтому специалисту сложно справиться с подобными объемами работ, и в этих условиях решающей предпосылкой к ускорению производства является внедрение алгоритма системы проектирования.

Совершенствование технологического процесса предприятия представлено на примере изготовления лемешно-отвальной поверхности плуга с использованием алгоритма построения пространственной кривой, а именно построения геодезической линии на произвольных поверхностях верхней предельной траектории движения.

При проектировании исследованы современные методы построения лемешно-отвальной поверхности. В работе предлагается использовать метод построения поверхности горизонтального цилиндрида и рабочей поверхности по контуру в поперечно-вертикальной плоскости проекций.

ALGORITHM FOR THE DETERMINATION OF THE UPPER BORDER TRAJECTORY ON THE LEMPORARY-VISIT SURFACE

I. Pyhteeva, G. Antonova

Summary

The currently adopted crop processing technologies are based on multiple passes of heavier machine-tractor units. This leads to the fact that there is an increasing dispersion of the upper and lower compaction of soil layers. As a result, areas of wind, water and mechanical erosion are expanded, the effectiveness of fertilizers and crop yields are reduced. Therefore, the current trends [1] of the development of tillage and sowing machines are determined mainly by environmental requirements to protect the soil from excessive man-made loads.

Now on the world market of high-tech industrial products three main trends are clearly observed: increasing the complexity of products, increasing competition in the market and developing

cooperation between participants in the product life cycle. The most progressive and promising condition for the improvement of the design process is the creation and implementation of computer-aided design systems with a developed system of geometric design. Such preparation of production allows enterprises to respond quickly to changes in demand, in a short time to produce new types of products, quickly modernize their products, track the product life cycle, and effectively improve quality.

Each technological task in the conditions of an enterprise can have a large number of options, so it is difficult for a specialist to cope with similar amounts of work, and in these conditions the decisive prerequisite for speeding up production is the implementation of a design system algorithm.

The improvement of the technological process of an enterprise is presented on the example of manufacturing a plow-bottom plow surface using an algorithm for constructing a spatial curve, namely the construction of a geodesic line on arbitrary surfaces of the upper limit trajectory of motion.

When designing, modern methods for constructing a plow-bottom surface have been investigated. It is proposed to use the method of constructing the surface of a horizontal cylindroid and the working surface along a contour in the transverse-vertical plane of the projections.