

КОНСТРУЮВАННЯ ГВИНТОПОДІБНИХ НОЖІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО БАРАБАНА ІЗ РОЗГОРТНОЇ І НЕРОЗГОРТНОЇ ПОВЕРХОНЬ

Пилипака С.Ф., професор,

psf55@ukr.ua, ORCID 0000-0002-1496-4615

Кресан Т.А., доцент

Хропост В.І., аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – подрібнювальний барабан є важливим робочим органом кормозбиральних комбайнів. На ньому розташовані ножі, які можуть бути як плоскими, так і гвинтоподібними. Останні мають перевагу, оскільки більш якісно виконують подрібнення рослинної маси, однак вони складніші у виготовленні. Гвинтоподібний ніж можна виготовляти у вигляді нерозгортної або розгортної поверхні. В другому випадку є можливість точної побудови розгортки у вигляді плоскої заготовки із нанесеними на неї контурами ножа.*

Розглянуто обидва варіанти конструювання гвинтоподібних ножів, наведено відповідні параметричні рівняння поверхонь. Здійснено візуалізацію розміщення ножів на подрібнювальному барабані.

***Ключові слова** – прямий відкритий гелікоїд, торс-гелікоїд, поперечний переріз ножа, параметричні рівняння.*

Постановка проблеми. При виготовленні деталі з металевого листа необхідно мати плоску заготовку у вигляді розгортки цієї деталі, яку потім деформують у готовий виріб. Якщо деталь є відсіком розгортної поверхні (торса), її плоску заготовку можна знайти точно. У випадку нерозгортної поверхні заготовка знаходиться наближено і при формуванні її у готовий виріб відбуваються значні пластичні деформації. В одному і другому випадках потрібно мати аналітичний опис поверхонь ножа, на основі якого здійснюється розрахунок плоских заготовок.

Аналіз останніх досліджень. У роботі [1] досліджено еволюцію барабанних різальних апаратів та удосконалення їх конструкції. Раніше барабани мали гвинтоподібні ножі Г-подібної форми, які були дуже складними у виготовленні, тому зараз не застосовуються. Поперечний переріз сучасних гвинтоподібних ножів, як правило, має прямолінійну форму.

*Наукові керівники – д.т.н., професор Пилипака С.Ф., к.т.н., доц Кресан Т.А.

Формулювання цілей. Описати поверхню гвинтоподібного ножа із нерозгортної і розгортної поверхонь через його конструктивні параметри.

Основна частина. Ріжуча крайка гвинтоподібного ножа є гвинтовою лінією, яка умовно лежить на поверхні циліндра радіуса R і має сталий кут τ нахилу по відношенні до горизонтально розташованої протиріжучої пластини (рис. 1). Поперечний переріз ножа є прямолінійним відрізком, нахиленим під кутом φ до радіального напрямку (рис. 1,б). Зменшення кута φ веде до погіршення процесу різання, але його збільшення теж має обмеження. При рівномірному обертанні барабана шар рослинної маси товщиною h рухається із сталою швидкістю V в напрямі ножа (рис. 1,в). Перерізання шару починається у верхній частині і закінчується біля протиріжучої пластини. В результаті того, що шар перерізається не одночасно по всій товщині, а поступово, профіль перерізаного шару буде окреслено по спіралі Архімеда (на рис. 1,в вона показана всередині кола радіуса R). Ніж із врахуванням його товщини і заточки не повинен торкатися спіралі, інакше відбуватиметься зминання рослинної маси. Цим фактором і зумовлене граничне значення кута φ .

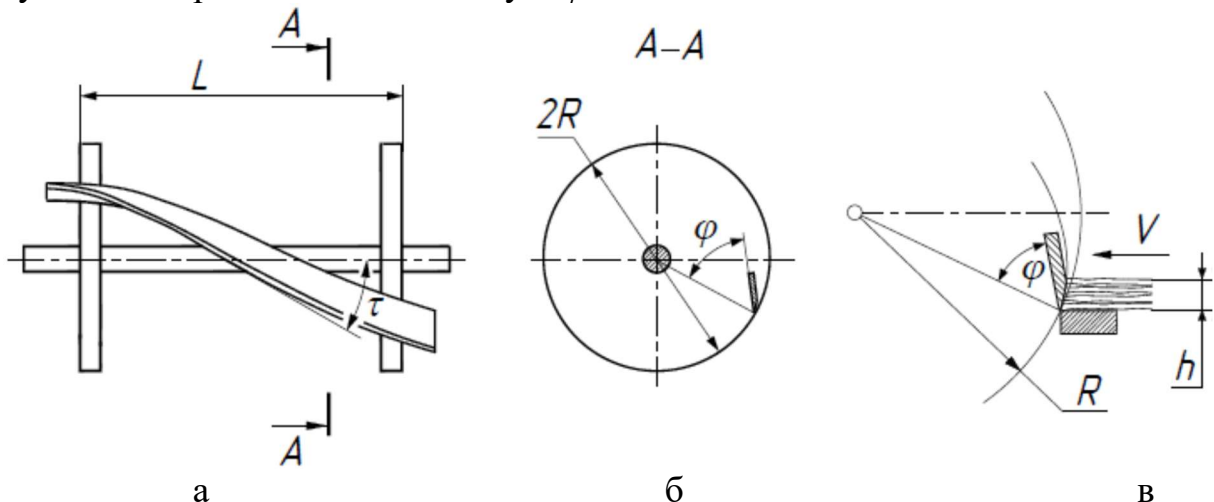


Рис. 1. Графічні ілюстрації до утворення поверхні гвинтоподібного ножа:

- а) схема розташування гвинтоподібного ножа на барабані;
- б) поперечний переріз гвинтоподібного ножа;
- в) збільшений фрагмент поперечного перерізу ножа зі схемою надходження рослинної маси

З геометричної точки зору поверхнею ножа є прямий відкритий гелікоїд. Це лінійчата поверхня, для якої напрямною кривою є гвинтова лінія – кромка леза. Через кожну точку леза проходить прямолінійна твірна, яка є мимобіжною до осі гвинтової лінії, складає із нею прямий кут і сталий кут φ із радіальним напрямом, як показано на рис. 1,б. Запишемо параметричні рівняння гвинтової лінії, якою є кромка леза і яка описує циліндр радіуса R при обертанні барабана:

$$x = b\alpha; \quad y = R \cos \alpha; \quad z = R \sin \alpha, \quad (1)$$

де b – гвинтовий параметр – стала величина, від якої залежить значення кута τ (рис. 1,а);

α – незалежна змінна, яка має фізичний зміст – це кут повороту точки, що рухається по гвинтовій лінії, навколо її осі.

Гвинтовий параметр b визначається із відомої формули:

$$b = R \operatorname{ctg} \tau, \quad (2)$$

Підстановкою (2) у (1) ми отримаємо параметричні рівняння гвинтової лінії із заданими величинами R і τ . При зміні кута α від 0 до 360° ми отримаємо один крок гвинтової лінії. Для нашого випадку граничне значення кута α_0 буде менше, оскільки гвинтова лінія обмежена довжиною L барабана (рис. 1,а). Його ми знайдемо, якщо у перше рівняння (1) замість x підставимо L з урахуванням виразу b із (2):

$$\alpha_0 = \frac{L}{R} \operatorname{tg} \tau. \quad (3)$$

Напрямні косинуси прямолінійної твірної гелікоїда, яка утворює кут φ із радіальним напрямом (рис. 1,б), запишуться:

$$\{0; \quad -\cos(\alpha + \varphi); \quad -\sin(\alpha + \varphi)\}. \quad (4)$$

Параметричні рівняння поверхні гелікоїда із врахуванням виразів (2), (1) і (4) запишуться:

$$\begin{aligned} X &= R \alpha \operatorname{ctg} \tau; \\ Y &= R \cos \alpha - u \cos(\alpha + \varphi); \\ Z &= R \sin \alpha - u \sin(\alpha + \varphi), \end{aligned} \quad (5)$$

де u – друга незалежна змінні поверхні – довжина прямолінійної твірної, відлік якої починається від точки на гвинтовій лінії. Вона змінюється в межах $u=0 \dots u_0$, де u_0 – ширина гвинтоподібного ножа.

Для того, щоб навантаження на різальний барабан було сталим, потрібно забезпечити безперервність різання. Після закінчення різання одним ножом, тобто після повороту барабана на кут α_0 (3), відразу починається різання наступним ножом. Виходячи із цього, можна знайти кількість ножів n : $n=2\pi/\alpha_0$. При заданих радіусу R барабана і кутові τ , значення яких входить у вираз (3), а також виходячи із прийнятого числа n ножів, знаходимо довжину L барабана:

$$L = \frac{2\pi R}{n} \operatorname{tg} \tau. \quad (6)$$

Наприклад, при $R=0,25$ м, $\tau=20^\circ$, $n=6$ довжина барабана L буде становити $0,72$ м. За рівняннями (5) на рис. 2 показана схема розміщення гвинтоподібних ножів на барабані без врахування їх товщини. Незалежні змінні набували значень у межах: $\alpha=0 \dots \alpha_0$, $u=0 \dots u_0$.

Нерозгортна гвинтова поверхня такого ножа (прямий відкритий гелікоїд) утворюється гвинтовим рухом відрізка таким чином, щоб він перетинав лезо ножа і утворював сталий кут φ із радіальним напрямом, як показано на рис. 1,б. Лезо ножа є гвинтовою лінією, через яку може проходити також

розгортний гелікоїд або торс-гелікоїд. Відомо, що перерізом торса гелікоїда площиною, перпендикулярною до його осі, є евольвента кола.

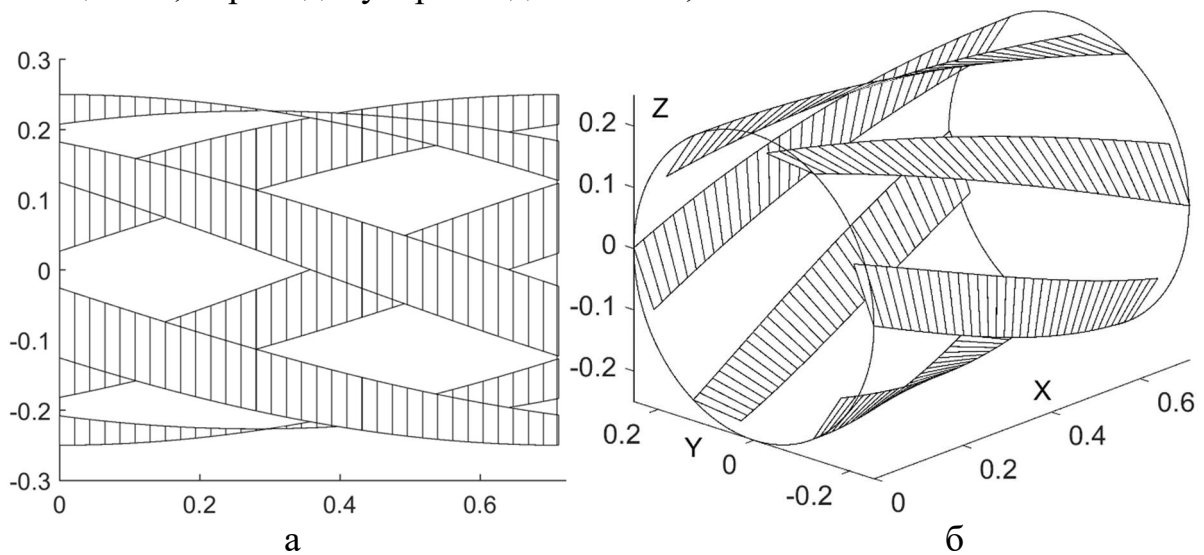


Рис. 2. Гвинтоподібні ножі нульової товщини із відсіків прямого відкритого гелікоїда, побудовані за рівняннями (5) при $\tau=20^\circ$, $\varphi=65^\circ$, $R=0,25$ м, $L=0,72$ м, $u_0=0,1$ м:

а) фронтальна проекція; б) аксонометрія

Таким чином, поверхня торса-гелікоїда може бути утворена гвинтовим рухом твірної лінії, якою для прямого відкритого гелікоїда є відрізок прямої, а для торса-гелікоїда – дуга евольвенти кола. Дугу евольвенти кола потрібно вибрати так, щоб дотична до неї в точці на лезі складала кут φ із радіальним напрямом (рис. 1,б). Крім того, обертальний рух дуги евольвенти повинен бути узгодженим із поступальним рухом вздовж осі ножа, щоб його поверхня була розгортною, тобто торсом-гелікоїдом. З урахуванням цього, поверхня ножа опишеться параметричними рівняннями:

$$\begin{aligned} X &= a\alpha \operatorname{tg}\beta; \\ Y &= a \sin t - (at - L \cos \beta) \cos t; \\ Z &= a \cos t - (at - L \cos \beta) \sin t, \end{aligned} \quad (7)$$

де t і α – змінні параметри поверхні;

a – стала величина для евольвенти і кут β підйому ребра звороту торса-гелікоїда розраховуються через параметри ножа.

Окремий ніж будується за рівняннями (7). Обертаючи його навколо горизонтальної осі, отримуємо схему розміщення ножів на барабані (рис. 3). Таким чином, за однаковими конструктивними параметрами ножа представлено два варіанти конструкції подрібнювального барабана. Один із них укомплектовано гвинтоподібними ножами із нерозгортної поверхні прямого відкритого гелікоїда (рис. 2), другий – із розгортної поверхні торса-гелікоїда (рис. 3).

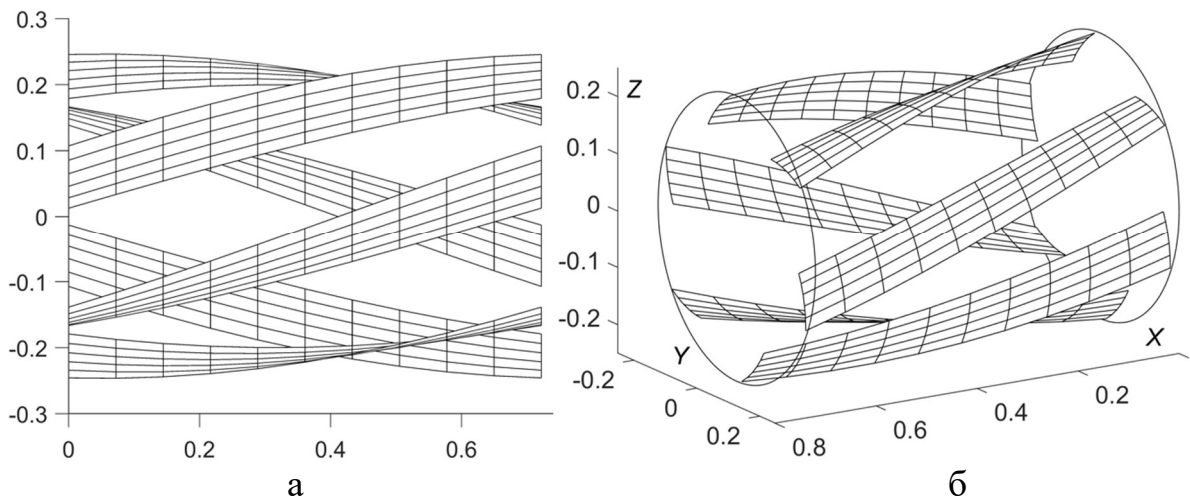


Рис. 3. Гвинтоподібні ножі нульової товщини із відсіків торса-гелікоїда, побудовані за попередніми конструктивними параметрами:
 а) фронтальна проекція; б) аксонометрія

При другому варіанті можна побудувати точну розгортку гвинтоподібного ножа.

Висновки. Отримано параметричні рівняння поверхні гвинтоподібного ножа для двох варіантів. У першому варіанті поверхнею ножа є прямий відкритий гелікоїд, у другому – торс гелікоїд. Схема утворення поверхні ножа для обох випадків подібна. В першому випадку поверхня утворюється гвинтовим рухом відрізка, перпендикулярного і мимобіжного до осі, вздовж цієї осі. В другому випадку замість відрізка гвинтовий рух здійснює дуга евольвенти кола. Відстань відрізка від осі, а також параметри евольвенти кола розраховуються через конструктивні параметри ножа.

Бібліографічний список

1. Кузьменко В.Ф. Стан та тенденції зміни основних робочих органів кормозбиральних комбайнів / В.Ф. Кузьменко // – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», 2011. – Режим доступу: http://kntu.kr.ua/doc/zb_41_1/stat_41_1/54.pdf