

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ГВИНТОВИХ ЖИВИЛЬНИКІВ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ КОНІЧНОЇ ФОРМИ

Теоретично описана гвинтова поверхня конічної форми обертання, як по зовнішньому, так і внутрішньому діаметрах, наведені обмеження, що накладаються на радіальний параметр, виведена залежність, що описує гвинтову поверхню зі змінним кроком, знайдена залежність між лінійним переміщенням робочого тіла і обертальним рухом робочого органа, описані кінематичні зв'язки, які накладаються на робоче тіло в завантажувальній зоні гвинтових живильників.

Умовні позначення:

- T - крок гвинтової поверхні;
- U - радіальний параметр поверхні;
- V - поточне значення кутового параметра;
- V_0 - початкове кутове положення поверхні в системі координат O_{xyz} , при $V = 0$;
- D і d - відповідно зовнішній і внутрішній діаметри гвинтової стрічки;
- k - коефіцієнт, що визначає тангенс кута нахилу твірної конічної поверхні;
- T_0 і T_L - відповідно крок на початку і в кінці стрічки;
- L - довжина стрічки;
- P - вага матеріалу, що знаходиться в завантажувальній зоні над робочим органом;
- f - коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу.

Вступ

Для виконання завантажувально-розвантажувальних і подаючих операцій при збиранні і переробці сільськогосподарської продукції широко використовуються гвинтові живильники (ГЖ). Існуючі конструкції ГЖ характеризуються високою енерго- і матеріаломісткістю. Одною з причин

значних енергозатрат на виконання технологічних операцій живлення є нерівномірність захоплення матеріалу в завантажувальній зоні робочими органами ГЖ, що мають циліндричну форму обертання. Тому необхідно було теоретично обґрунтувати принцип роботи ГЖ з конічними робочими органами.

Принцип роботи гвинтових живильників ґрунтується на кінематичній взаємодії двох структурних ланок і полягає у перетворенні обертального руху виконавчого органу (гвинта) у поступальний рух робочого тіла. Цей принцип базується на самих властивостях гвинтової поверхні, яка математично описується такими рівняннями [1]

$$\begin{aligned}x &= u \cos(V + V_0); \\y &= u \sin(V + V_0); \\z &= \frac{VT}{2\pi}\end{aligned}\quad (1)$$

Радіальний параметр поверхні має обмеження і його значення змінюється в межах

$$\frac{d}{2} \leq u \leq \frac{D}{2}. \quad (2)$$

Обмеження, які накладаються на радіальний параметр u у залежності (2), надають гвинтовій поверхні циліндричної форми, тобто поверхня обертання гвинтової стрічки навколо своєї поздовжньої осі, що співпадає з віссю Z , є циліндричною. Таким чином, система рівнянь (1) і залежність (2) описують гвинтову стрічку циліндричної форми з відповідними геометричними параметрами: d , D і T [2].

Розглянемо випадок, коли необхідно отримати гвинтову стрічку конічної форми. В цьому випадку гвинтова поверхня буде описуватись аналогічно спіралі з циліндричною поверхнею системою рівнянь (1), а конічна форма спіралі по зовнішній поверхні буде задаватися верхньою границею обмеження радіального параметра u . Ця границя буде величиною змінною і залежатиме від кутового параметра V

$$\frac{d(V)}{2} \leq u \leq \frac{D(V)}{2} \quad (3)$$

Оскільки твірною конуса є пряма, яка задається лінійною залежністю, закон зміни верхньої границі обмеження можна записати у вигляді

$$\begin{aligned}d(V) &= d_0 + 2k_1 Z(V); \\D(V) &= D_0 + 2k_2 Z(V),\end{aligned}\quad (4)$$

Підставивши значення $D(V)$ і Z у формулу (3), отримаємо

$$\frac{d}{2} + \frac{k_1 VT}{2\pi} \leq u \leq \frac{D}{2} + \frac{k_2 VT}{2\pi} \quad (5)$$

У розглянутій системі рівнянь (1), що описує гвинтову поверхню, крок спіралі є постійний, тому необхідно вивести залежності, які б описували гвинтову поверхню зі змінним кроком. Для цього потрібно задати закон зміни кроку. Прийmemo, що зміна кроку відбувається за лінійним законом, пропорційно зміні довжини гвинтової стрічки

$$T = T_0 + kZ = T_0 + \frac{(T_L - T_0)Z}{L} \quad (6)$$

Підставляємо це значення кроку в третє рівняння системи (1).

$$Z = \frac{V}{2\pi} \left(T_0 + \frac{(T_L - T_0)Z}{L} \right) \quad (7)$$

Після перетворень отримаємо

$$Z = \frac{VT_0L}{2\pi L - V(T_L - T_0)} \quad (8)$$

Система рівнянь (1) показує, що поточний кутовий параметр V , у гвинтовій поверхні, безпосередньо пов'язаний з координатою, спрямованою по поздовжній осі гвинтової поверхні, і визначає лінійне переміщення робочого тіла вздовж цієї осі.

Зв'язок між лінійним переміщенням робочого тіла і обертальним рухом робочого органа з гвинтовою поверхнею можна отримати диференціюванням третього рівняння в системі (1)

$$s = \frac{dz}{dt} = \frac{d(VT/(2\pi))}{dt} = \frac{\omega T}{2\pi} \quad (9)$$

Залежність (9) справедлива в тому випадку, коли центр ваги тіла переміщається тільки в напрямку, паралельному до осі шнека.

На тіло, яке перебуває у кінематичному зв'язку з гвинтовою поверхнею, для надання йому лінійного переміщення, повинні накладатися певні зв'язки, щоб позбавити його п'яти ступенів вільності. Тоді залишиться один ступінь вільності і відповідно на робоче тіло з боку гвинтової поверхні буде накладений один зв'язок.

У гвинтових механізмах на робоче тіло, що знаходиться в процесі транспортування, накладаються зв'язки як з боку гвинтової поверхні, яка виконує функції робочого органа, так і від направляючих поверхонь: жолоба, русла, спеціальних направляючих та ін.

Специфіка роботи гвинтових живильників полягає в тому, що основне функціональне призначення процесу живлення заключається у захопленні поступаючого з прийомного бункера матеріалу витками гвинтової стрічки і надання йому направлено переміщення. Цей перехідний процес створює певні особливості при виникненні двосторонніх зв'язків між матеріалом і робочим органом.

У гвинтових живильниках під випускним отвором завантажувального патрубку робочий орган є відкритим, для забезпечення можливості вільного протікання сипучого матеріалу в міжгвинтовий простір гвинтової стрічки. Тут утворюється робоча зона, де відбувається захоплення матеріалу витками спіралі. Процес захоплення в цій зоні має перехідний характер. На робоче тіло, в ролі якого виступає сипучий матеріал, в цій зоні один зв'язок накладається від гвинтової поверхні робочого органа, три зв'язки накладаються від жолоба і один зв'язок накладається самим матеріалом, поскільки роль русла, як направляючої поверхні в завантажувальній зоні, виконує робоче середовище, тобто сам матеріал, який постійно поступає в цю зону із завантажувального патрубка під дією сили тяжіння.

Таким чином, у гвинтових живильниках на робоче тіло в завантажувальній зоні накладається чотири стаціонарних зв'язки, а п'ятий зв'язок накладається середовищем, тобто самим матеріалом, що підлягає захопленню і транспортуванню.

Такий стан, з точки зору виникнення та існування зв'язків, є досить складний. Поскільки сипучий матеріал не має сталої форми, на відміну від твердих тіл, тому зв'язки, які накладаються від нього, не є постійними і

стабільними. Це, в свою чергу, впливає на степінь заповнення міжвиткового простору спіралі. Нестабільність зв'язків викликає зміну коефіцієнта заповнення живильника, що погіршує точність дозування, впливає на продуктивність.

Крім того, сипучий матеріал потребує накладення на нього зв'язків від завантажувального патрубку для надання йому направленої дії від розвантажувального бункера до робочої зони, чи зберігання його в стані спокою в прийомному бункері і в завантажувальному патрубку.

Таким чином, накладаючи певні зв'язки на потік матеріалу, можна добитися його направленої дії і, тим самим, впливати на створення певних зв'язків, необхідних для його переміщення гвинтовою поверхнею.

Виняток становлять живильники з гравітаційним протіканням, де зв'язки накладаються на тіло силами інерції.

Для здійснення гвинтовою поверхнею живильника процесу переміщення на транспортуєме тіло з боку поверхні гвинта повинна діяти осьова сила P_z і обертальний момент M . Основна умова транспортування полягає у наявності сил опору, що створюють момент опору M_0 , який гальмує обертальний рух вантажу, викликаючи тим самим осьове переміщення. Сили опору утворюються силами тертя з боку робочого середовища, а також силами тяжіння.

В робочій зоні між матеріалом, що переміщується, гвинтом і робочим середовищем виникає сила тертя

$$F_c = 4Pf \quad (10)$$

Висновок.

Теоретичне обґрунтування принципу роботи ГЖ з кінчними робочими органами дає змогу проектувати гвинтові стрічки зі змінним міжвитковим об'ємом, що забезпечує рівномірне захоплення матеріалу по всій довжині завантажувальної зони і, внаслідок цього знижуються енергозатрати на процес живлення.

Summary. The helical surface of conical form of rotation on the major and root diameters is theoretically described, the limitations that are put on a radical parameter are presented, the dependence describing the helical surface with a variable pitch is derived, the connection, between the linear displacement of a working body and rotary motion of a working unit is found, the kinematic connections that are put on the working body in a loading zone of screw feeders are described.

Література

1. Корн И., Корн Т. Справочник по математике. Пер. с англ. - М.: Мир, 1970. - 719 с.
2. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. - Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. - 176 с.