

УДК631.354.3

© С.О. Кустов

ННЦ “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЛОПАТИ УДОСКОНАЛЕНОГО МОТОВИЛА ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКУ

В статті розроблено математичну модель руху лопати мотовила закритого типу із розробленим пристосуванням для збирання соняшнику.

ЗЕРНОЗИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, НАСІННЯ СОНЯШНИКУ, МОТОВИЛО, ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКУ, ВТРАТИ НАСІННЯ

Постановка проблеми. При вирощуванні насінневого соняшнику важливе місце займає збирання врожаю. Аналіз результатів попередніх досліджень показує, що при збиранні соняшнику найбільше втрачається насіння жатками зернозбиральних комбайнів. Встановлено, що при збиранні порівняно невеликих за розмірами дослідних та селекційних ділянок пристрої обладнані мотовилом втрачають менше насіння соняшнику ніж пристрої типу ПЗС [1-3]. Збирання соняшнику зернозбиральним комбайном із серійною жаткою з ексцентриковим мотовилом призводить до значних втрат насіння: по-перше, при входженні планки мотовила в рослинну масу відбувається вибивання насіння з кошиків в наслідок удару по них; спостерігається також перевалювання зрізаних кошиків через планку мотовила та падіння їх на поле. Таким чином, це фактично унеможливує роботу зернозбирального комбайна з серійною жаткою на збиранні селекційних та насіннево-селекційних ділянок.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченням взаємодії робочих органів мотовила жатки з рослинами займалися М.Ю.Попов [4] Є.І. Трубілін, В.А. Абліков [5], П.М. Заїка [6], М.А. Гутров [7] та інші. Але проведених досліджень недостатньо для більш точного моделювання взаємодії розроблених нами робочих органів з соняшником. В приведених роботах розглянуто взаємодію мотовила (планки мотовила) з рослиною, при цьому використані моделі взаємодії окремої точки мотовила або планки мотовила з рослиною або пучком рослин.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів шляхом розроблення математичної моделі руху лопати мотовила закритого типу пристосування для збирання насіння соняшнику, яка дозволить встановити значення та напрям швидкості контакту лопати мотовила з рослиною соняшника.

Результати досліджень. Розглянемо лопать мотвила радіусом R , проекцію якої на поздовжньо-вертикальну площину комбайна (жатки) буде дуга AB кола радіуса r .

Розглянемо систему координат $X_1O_1Z_1$, точка O_1 якої зв'язана з віссю обертання мотвила (рис. 1).

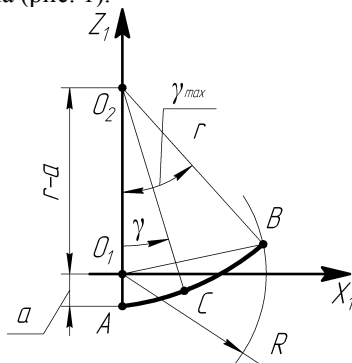


Рис. 1 – Схема планки мотвила в системі координат зв'язаною з віссю обертання

Припустимо, що точка A дуги AB знаходяться на осі O_1Z_1 та має зміщення вниз від осі X_1O_1 на відстань a .

В такому випадку рівняння дуги AB в системі координат $X_1O_1Z_1$ можна описати наступними залежностями в параметричному вигляді:

$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma; \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a; \\ 0 \leq \gamma \leq \gamma_{max}, \end{cases} \quad (1)$$

де γ – кут сектора дуги, рад; γ_{max} – максимальне значення кута γ , відповідає мотвилу з радіусом O_1B (R) (рис.1).

Максимальне значення кута знайдемо з ΔO_1O_2B . За теоремою косинусів будемо мати:

$$O_1B^2 = O_1O_2^2 + O_2B^2 - 2 \cdot O_1O_2 \cdot O_2B \cdot \cos \gamma_{max}.$$

Враховуючи, що $O_1B=R$, $O_2B=r$, а $O_1O_2=r-a$ отримаємо:

$$R^2 = (r-a)^2 + r^2 - 2 \cdot r \cdot (r-a) \cdot \cos \gamma_{max}.$$

Після проведення відповідних скорочень та перетворень отримаємо:

$$\gamma_{max} = \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)} \quad (2)$$

У такому випадку із врахуванням (2) рівняння дуги AB в системі координат $X_1O_1Z_1$ буде мати вигляд:

$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma; \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \end{cases} \quad (3)$$

Під час роботи лопать мотовила здійснює поступальний рух разом з комбайном вздовж осі OX зі швидкістю x , та обертальний навколо осі мотовила O_1Y з кутовою швидкістю ω . Тому в системі координат XOY , зв'язаною з поверхнею поля (рис. 2) можна розглянути рух лопаті мотовила, застосувавши поворот системи координат $X_1O_1Y_1$ на кут α зі зміщенням її на величину b в вздовж осі OX .

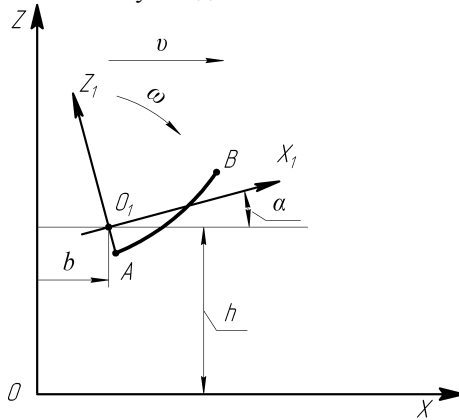


Рис. 2 – Схема планки мотовила в системі координат зв'язаної з поверхнею поля

Використавши формули перетворення координат отримаємо рівняння дуги AB :

$$\begin{cases} X = b + X_1 \cdot \cos \alpha - Z_1 \cdot \sin \alpha; \\ Z = h + X_1 \cdot \sin \alpha + Z_1 \cdot \cos \alpha; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \end{cases} \quad (4)$$

де b – переміщення мотовила вздовж осі OX , м; h – висота установки мотовила, м.

За умов рівномірного руху комбайна отримаємо:

$$b = v \cdot t, \quad (5)$$

де x – швидкість руху комбайна, м/с; t – час руху, с.

На рис. 2 мотовило обертається за годинниковою стрілкою, тому значення кута повороту α буде:

$$\alpha = -\omega \cdot t, \quad (6)$$

де ω – кутова швидкість обертання мотовила, c^{-1} .

Отже, із врахуванням залежностей (5), (6) рівняння дуги AB у системі координат XOZ після відповідних підстановок матиме вигляд:

$$\begin{cases} X = v \cdot t + r \cdot \sin \gamma \cdot \cos(-\omega \cdot t) - (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \sin(-\omega \cdot t); \\ Z = h + r \cdot \sin \gamma \cdot \sin(-\omega \cdot t) + (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \cos(-\omega \cdot t); \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \left(\frac{\left(1 + \left(1 - \frac{a}{r} \right)^2 - \left(\frac{R}{r} \right)^2 \right)}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r} \right)} \right). \end{cases} \quad (7)$$

Система рівнянь (7) описує рух проекції лопаті мотовила в часі.

Використавши обчислювальну систему Mathcad отримали графічне відображення траєкторії руху лопаті мотовила з плином часу (рис. 3). Цей графік відображає рух лопаті при заданих значеннях параметрів: $v = 1$ м/с; $r = 0,75$ м; $R = 0,6$ м; $\omega = 1$ c^{-1} ; $a = 0,1$ м; $h = 1,5$ м.

Висновок. Математичні залежності описують рух лопаті мотовила, встановлюють умови для визначення значення напрямку швидкості її контакту з рослиною соняшника, а також вплив параметрів мотовила на показники якості його роботи.

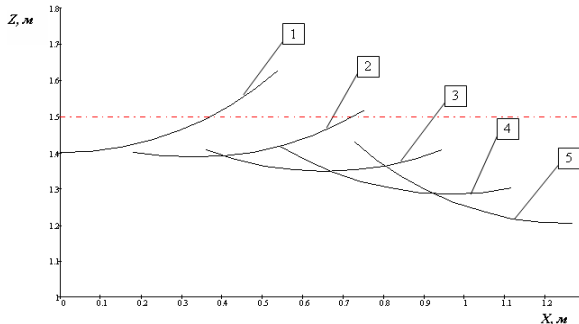


Рис. 3 – Траєкторія руху лопаті мотовила в залежності від часу: 1
 $-t = 0$; $2 - t = 0,1$ с; $3 - t = 0,2$ с; $4 - t = 0,3$ с; $5 - t = 0,4$ с

Література

1. Иващук Н.Ф. Совершенствование технологического процесса уборки подсолнечника с разработкой пневматического улавливания семян: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Иващук Николай Филимонович; Одесский с.-х. ин.-т. – О., 1993. – 24 с.
2. Гриднев Е.К. Разработка технологий и технических средств уборки подсолнечника: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Гриднев Евгений Константинович. – Глеваха, 1992. – 20 с.
3. Розробити та дослідити технології та засоби механізації для збирання насіння зернових, зернобобових, насінників трав: звіт про НДР (закл.) 40.02-030 / ННЦ «ІМЕСГ»; керівн. В.П. Богуславський. – Глеваха, 2010. – 114 с. – Інв. № 0106U011551.
4. Попов М.Ю. Совершенствование технологического процесса уборки подсолнечника обоснованием конструктивных и режимных параметров шнека-мотовила: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Попов Михаил Юрьевич, Саратовский гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2013 – 23 с.
5. Трубилин Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур Учеб.пос. - 2 изд. перераб. и дополн / Е.И. Трубилин, В.А. Абликов – Краснодар: КГАУ, 2010. – 325 с.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн. 1). Зернозбиральні машини / П.М. Заїка. – Х.: Око, 2003. – 376 с.: іл.
7. Гутров М.А. Модель динамического контактного деформирования растений при взаимодействии с мотовилом / М. Гутров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – №3. – С. 29-34.

Рецензент д.т.н. В.О. Шейченко