

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДБИРАННЯ СТЕБЕЛ ПАЛЬЦЯМИ  
БАРАБАННОГО ПІДБИРАЧА****В.О. ШЕЙЧЕНКО, к.т.н., старший науковий співробітник ННЦ  
"ІМЕСГ" УААН**

*Проведено теоретичний аналіз впливу обертаючих пальців підбирачів на стебла, що ним підбираються. Аналітично розв'язано диференційне рівняння руху групи стебел при їх взаємодії із пальцями підбирача в нижній частині їх зони взаємодії. Визначено умови стійкого підйому групи стебел пальцями підбирачів.*

***Підбирач, стебла льону, полярні осі, швидкість обертання барабану, узагальнюючі сили, диференційне рівняння руху групи стебел.***

**Постановка проблеми** Підбирачі стебел широко застосовуються при збиранні різних культур, конструкції їх різноманітні, робота їх досліджена багатьма авторами [1-5]. Проте ряд питань залишилося не дослідженими, а саме: мало проведено досліджень по визначенню закономірностей взаємодії ланцюгів підбирача і, особливо, взаємодії барабана і пальців барабанного підбирача.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання, що розглядаються, опубліковані в ряді робіт [1-5], проте залишилися нез'ясованими взаємодія пальців барабанного підбирача зі стеблами.

У роботі [1] розглянуто взаємодію групи стебел із пальцем і траєкторію її руху, застосувавши диференційні рівняння в узагальнених координатах (рівняння Лагранжа II роду). Положення групи стебел у цій роботі характеризується узагальненими координатами її центра ваги  $\psi$  і  $\rho$ . Диференційне рівняння руху групи стебел при їх взаємодії із пальцями підбирача в нижній частині їх зони взаємодії має такий вигляд,

$$\ddot{\rho} - \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2 \rho \approx g [\cos \psi - f \sin \psi] \quad (1)$$

де  $\rho$  полярний радіус,  $\psi$  - кут, який характеризує положення полярного радіуса групи стебел,  $\omega_a$  - кутова швидкість обертання барабана,  $r_a$  - радіус барабана,  $f$  - коефіцієнт тертя ковзання,  $a$  - ексцентриситет барабану.

Це лінійне диференційне рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами і правою частиною, яка відрізняється від нуля. Рішенням цього рівняння знаходиться залежність полярного радіуса  $\rho$  від часу  $t$ , тобто залежність положення групи зчеплених стебел від часу  $t$ . З іншої сторони, при відомій залежності кута  $\psi$  від часу  $t$ , можна визначити і залежність  $\rho$  від  $\psi$  та встановити траєкторію руху групи стебел, що піднімаються в вибраній системі координат. Проте аналітичного рішення диференційного рівняння в цій роботі не виконано.

**Мета досліджень.** Дослідити взаємодію пальців підбирача зі стеблами із застосуванням рівнянь Лагранжа II роду, аналітично розв'язати диференціальне рівняння руху групи стебел при їх взаємодії із пальцями підбирача в нижній частині їх зони взаємодії.

**Результати досліджень.** Розв'язок рівняння (1) будемо шукати в вигляді: .

$$\rho = \rho_1 + \rho_2; \quad (2)$$

де  $\rho_1$  - загальний розв'язок рівняння без правої частини;

$\rho_2$  - частковий розв'язок рівняння.

Загальний розв'язок  $\rho_1$  знаходиться розв'язуванням рівняння:

$$\ddot{\rho} - \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2 \rho = 0 \quad (3)$$

Характеристичне рівняння буде мати вигляд:

$$k^2 - \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2 = 0 \quad (4)$$

Звідки:  $k_{1,2} = \pm \omega_a \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)$ . Загальне рішення в випадку дійсних і різних

( $k_1 \neq k_2$ ) коренів характеристичного рівняння визначається формулою:

$$\rho = C_1 e^{\omega_a \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right) t} + C_2 e^{-\omega_a \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right) t} \quad (5)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  довільні постійні.

Часткове рішення шукаємо в вигляді:  $\rho_2 = A \cos nt + B \sin nt$ , де  $A$  і  $B$  деякі сталі, які підбираються так, щоб значення  $\rho_2$  тотожно задовольнило рівнянню (1). Провівши необхідні розрахунки визначимо значення сталих  $A$  і  $B$ :

$$A = -\frac{g}{n^2 + \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2}; \quad B = \frac{gf}{n^2 + \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2}$$

Таким чином, загальний розв'язок диференціального рівняння (1) буде мати вигляд:

$$\rho = C_1 e^{\omega_a \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right) t} + C_2 e^{-\omega_a \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right) t} - \frac{g}{n^2 + \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2} \cos nt + \frac{gf}{n^2 + \omega_a^2 \left( \frac{r_a}{r_a - a} \right)^2} \sin nt \quad (6)$$

Постійні  $C_1$   $C_2$  визначаються по початкових умовах:  $t=0, \rho=\rho_0, \dot{\rho}=0$

Після перетворень знаходимо значення

$$C_1 = \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} \left( \frac{1}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)} - 1 + \frac{g}{2 \left( n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right)} \right); i$$

$$C_2 = \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]} + \frac{g}{2 \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]}.$$

З урахуванням відомих значень постійних  $C_1$  і  $C_2$  загальний розв'язок рівняння (1) набуде вигляду:

$$\rho = \left( \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} \left( \frac{1}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)} - 1 + \frac{g}{2 \left( n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right)} \right) \right) e^{\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) t} +$$

$$+ \left( \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]} + \frac{g}{2 \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]} \right) e^{-\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) t} -$$

$$- \frac{g}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} \cos nt + \frac{gf}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} \sin nt \quad (7)$$

Аналіз рівності (7) показує, що із збільшенням часу  $t$  шлях збільшується, а швидкість зменшується. При цьому може наступити такий момент, коли рух по пальцеві зупиниться, тобто шлях досягає максимуму, а швидкість вийде рівною нулю. Позначимо цей час  $t_1$ . Він знаходиться розв'язуванням рівняння (7) при  $\dot{\rho}=0$  і кутіві менше  $90^\circ$ . Це рівняння має вигляд:

$$\dot{\rho} = \omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) \left( \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} \left( \frac{1}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)} - 1 + \frac{g}{2 \left( n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right)} \right) \right) e^{\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) t_1} -$$

$$\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) \left( \frac{\rho_0}{2} + \frac{gfn}{2\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]} + \frac{g}{2 \left[ n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2 \right]} \right) e^{-\omega_a \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right) t_1} +$$

$$\frac{gn}{n^2 + \omega_a^2 \left(\frac{r_a}{r_a - a}\right)^2} (\sin nt_1 + f \cos nt_1) = 0 \quad (8)$$

Розв'язавши рівняння (8) визначимо час  $t_1$ , а підставивши його в (7) знайдемо  $\rho_1$ - значення полярного радіуса, при якому стебла вже не рухаються. Після цієї зупинки стебла піднімаються разом із пальцем, не зміщуючись у сторону сходу з нього.

Виходячи із викладеного, якщо:

$$\rho_1 > l_{\text{п}} \quad (9)$$

де  $l_{\text{п}}$  - довжина пальця, то стебла після їх захвату зйдуть з пальця, який обертається і не будуть підніматися. Для того, щоб не допустити сходу стебел з пальця, необхідно, щоб виконувалась умова:

$$\rho_1 < l_{\text{п}} \quad (10)$$

При такій умові стебла, хоч і просковзнуть після захвату по пальцеві вниз, але будуть потім підніматися ним вверх і стійкий їх підйом буде забезпечений. Враховуючи, що  $h_0$  - висота захвату групи стебел,  $\Delta$  - віддаль від землі до кінця пальця в нижньому його положенні, знаходимо значення висоти при захваті пальцем групи стебел для їх піднімання вверх:

$$h_0 > \Delta + (\rho_1 - \rho_0) \quad (11)$$

де  $\rho_0$  - положення центру мас групи стебел при  $t = 0$ , а  $\rho_1$  - положення центру мас групи стебел при усталеному русі

**Висновки.** Для того, щоб захоплена рядом пальців група зчеплених стебел не зміщувалася із цих пальців (вправо і вниз) необхідно, щоб відносна швидкість (тобто  $\dot{\rho}$ ) була б рівною нулю, або меншою нуля, тобто потрібно, щоб ця відносна швидкість була б направлена від кінця пальця до центру. Виходячи із цієї вимоги здійснюється розрахунок кутової швидкості обертання барабана, а також його параметрів.

### Література

1. Шейченко В.О. Підбирання стебел обертаючими пальцями підбирачів./ Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник –Кіровоград, 2010. Вип.40 (частина II). – с.156.
2. Хайлис Г.А. Элементы теории и расчета льноуборочных машин. – М., Машгиз, 1963. – 142-143 с.
3. Ковалев М.М., Перов Г.А. Анализ конструкции подбирающего аппарата для лубяных культур./ Тракторы и сельскохозяйственные машины.– 1992, №7. –28-30 с.
4. Хайлис Г.А. О взаимодействии пальцев подборщиков с захватываемыми стеблями./ Труды Великолукского сельхозинститута. – 1972. – Вып. XXV. –56-62 с.
5. Ковалев М.М. Параметры и режимы подбирающего аппарата для лубяных культур./ Тракторы и сельскохозяйственные машины. –2007, №3. – 34-35 с.

*Проведен теоретический анализ воздействия вращающихся пальцев подборщиков на поднимаемые стебли. Аналитически решено дифференциальное уравнение движения группы стеблей при их взаимодействии с пальцем в нижней части их зоны контакта. Определены условия стабильного подъема группы стеблей пальцами подборщиков.*

***Подборщик, стебли льна, полярные оси, скорость вращения барабану, обобщающие силы, дифференциальное уравнение движения группы стеблей.***

*The theoretical analysis of influence of rotary-type fingers of pick-up is conducted on stems, that it is sneaked up them. Differential equalization of movement of group of stems is analytically decides at their co-operating with the fingers of pick-up in the underbody of their area of co-operation. Certainly terms of the firmof getting up of group of stems by the fingers of pick-up.*

***Pidbirach, stems of flax, polaxiss, speed of rotation a drum, summarizings forces, differential equalization of motion of group of stems.***