

THE OPTIMAL DEPRESSION ANGLE OF SHARE IN SETS OF DIGGING MACHINE TO POTATOES HARVEST

Summary

In the paper the methods of determination of optimum share inclination angle in digging units of potato harvesters were presented. The distribution of forces in the share – soil system was also investigated.

OPTYMALNY KĄT NACHYLENIA LEMIESZA W ZESPOŁACH PODKOPUJĄCYCH MASZYN DO ZBIORU ZIEMNIAKÓW

Streszczenie

W publikacji przedstawiono metody określania optymalnego kąta nachylenia lemieszki w zespołach podkopujących maszyn do zbioru ziemniaków. Rozpatrzono układ sił działających w relacji gleba – lemiesz.

1. Wstęp

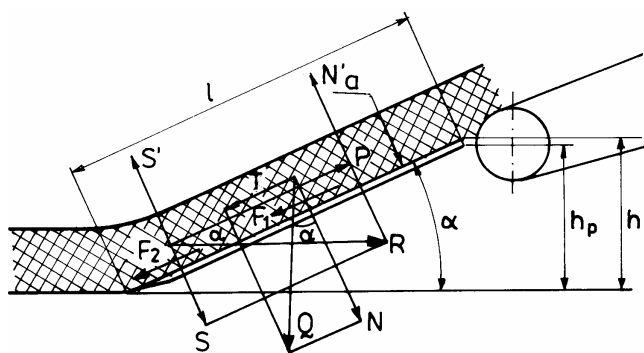
Jakość przebiegu procesu technologicznego w maszynach do zbioru ziemniaków w dużym stopniu warunkuje praca lemieszki podkopujących, których podstawowym parametrem jest ich kąt nachylenia α .

Dla określenia optymalnej wartości kąta α przyjmujemy następujące wyjściowe warunki: wysokość położenia tylnej krawędzi lemieszki h , brak spychania i deformacji podkopywanej redliny i maksymalna wartość współczynnika sprawności mechanicznej lemieszki.

Lemiesz podkopujący powinien odcinać redlinę i podnieść ją do wysokości h (rys. 1), niezbędną do podawania jej na separujący przenośnik prętowy [1, 2, 3].

Wysokość h określa się wysokością h_p położenia przedniej rolki przenośnika prętowego. W związku z tym wysokość h przyjmujemy jako stałą. Wtedy kąt nachylenia lemieszki α zależy od długości lemieszki l . Przy większym kącie długość lemieszki maleje i na odwrót:

$$h = l \sin \alpha = \text{const} \quad (1)$$



Rys. 1. Schemat układu sił działających na podkopaną warstwę gleby przez lemiesz

Fig. 1. Scheme of forces acting on soil layer dug with the share

Lemiesz nie powinien spychać i rozsuwać redliny na boki by nie powodować strat ziemniaków. Spychanie gleby przez lemieszki zależy od sił oporu przeciwnych ruchowi

gleby w górę lemieszki. Podkopana warstwa gleby przesuwa się po lemieszce ze stałą prędkością:

$$V_g = \frac{V_M}{\cos \alpha} \quad (2)$$

gdzie V_M – prędkość robocza maszyny (lemieszki).

Przy równomiernym ruchu lemieszki na warstwę gleby znajdującą się na lemieszce działają siły (rys. 1): Q – siła ciężaru warstwy gleby, którą można rozłożyć na N – siła normalna do powierzchni lemieszki i T – siła działająca wzdłuż lemieszki w dół; R – siła podparcia od strony gleby, którą można rozłożyć na siłę normalną S , działającą prostopadło do powierzchni lemieszki i P – siła podparcia, działająca wzdłuż lemieszki w górę. Poza tym działają jeszcze normalne reakcje od strony lemieszki N' i S' .

Siły oporu podcinania i deformacji ugięcia podkopywanej warstwy gleby nie są uwzględniane, ponieważ siła podcinania nie wpływa na optymalną wartość kąta α , a siły od jej deformacji tylko w niewielkim stopniu zmniejszają α_{opt} .

Siły S i N wywołują siły tarcia między warstwą podciętej gleby i lemieszecią:

$$F_1 = Nf; F_2 = Sf \quad (3)$$

gdzie: f – współczynnik tarcia gleby o lemieszki.

Ze zmniejszeniem kąta nachylenia lemieszki α przy $h = \text{const}$ zwiększa się długość lemieszki, a zatem masa gleby na lemieszce Q oraz siły T i F_1 .

Ze zwiększeniem kąta α wzrasta siła tarcia F_2 tzn. istnieje α_{opt} , przy którym siła podparcia P podciętej warstwy gleby, działająca wzdłuż lemieszki ma minimalną wartość. Dla określenia α_{opt} , rzutujemy siły działające na podkopaną warstwę gleby na płaszczyznę lemieszki (rys. 2):

$$P - Nf - T - Sf - F_3 = 0 \quad (4)$$

gdzie:

$$S = P \tan \alpha, N = Q \cos \alpha, T = Q \sin \alpha. \quad (5)$$

Dynamiczna siła tarcia

$$F_3 = aBV_M^2 \rho \cos \alpha f \quad (6)$$

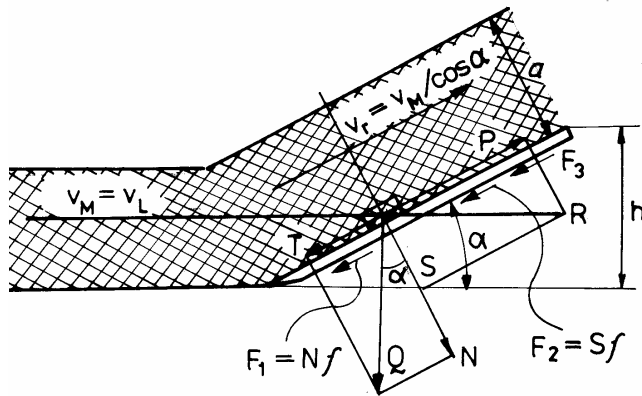
gdzie: a – grubość warstwy gleby na lemieszce, B – szerokość podkopywanej warstwy gleby (szerokość lemieszki)

ρ – masa właściwa gleby,

$\rho = 1200-1700 \text{ kg m}^{-3}$.

Suma sił oporu powinna być mniejsza od siły podparcia P warstwy gleby działającej na podciętą warstwę gleby wzdłuż lemiesza w górę (rys. 2).

W przeciwnym razie redlina na lemieszu będzie rozsypywała się na jego boki.



Rys. 2. Schemat układu sił działających na warstwę gleby znajdującej się na lemieszu z uwzględnieniem dynamicznej siły F_3 i prędkości lemiesza V_L

Fig. 2. Scheme of forces acting on the soil layer on the share with the inclusion of dynamic force F_3 and the speed of the share V_L

Wyrażając w równaniu (1) wielkość N i T przez Q otrzymamy:

$$P = \frac{Q(f \cos \alpha + \sin \alpha)}{1 - f \operatorname{tg} \alpha} + F_3 \quad (7)$$

Masa warstwy gleby:

$$Q = aBl\gamma = \frac{aBh}{\sin \beta\gamma} \quad (8)$$

gdzie γ - ciężar właściwy gleby na lemieszu, $[\text{N m}^{-3}]$.

Podstawiając wielkość Q z równania (8) w równaniu (7) bez uwzględnienia siły F_3 otrzymujemy:

$$P = aBl\gamma = \frac{f + \operatorname{tg} \alpha}{(1 - f \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha} = aBh\gamma \frac{\operatorname{tg} \alpha (\alpha + \varphi)}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (9)$$

gdzie: φ - kąt tarcia gleby o lemiesz.

Równanie (9) określa zależność siły podparcia P od kąta α . Ostatni człon iloczynu (9) oznaczmy przez K - współczynnik podparcia. Analizując jego wartość można określić α_{opt} , przy którym siła podparcia P będzie minimalna.

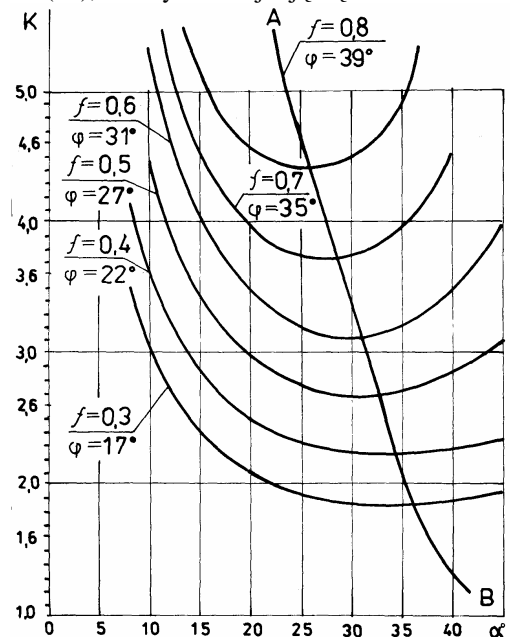
Całkując ostatni czynnik w iloczynie (9) po α i rezultat przyrównując do 0 (zera) po odpowiednim przekształceniu otrzymujemy równanie do określania α_{opt} , odpowiadające minimalnej wartości siły podparcia:

$$\operatorname{tg} \alpha_{opt} = -f \sqrt{f^2 + 1} \quad (10)$$

Równanie (10) pozwala określić α_{opt} w zależności od współczynnika tarcia f . Współczynnik tarcia gleby o metaliczną powierzchnię wynosi 0,3-1,0 [2].

Na rys. 3 przedstawiono zależności współczynnika podparcia $K = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\operatorname{tg} \alpha}$ od kąta α przy różnych wartościach współczynnika tarcia f . Minimalne wartości K

odpowiadają wartościom α_{opt} , które mogą być otrzymane z równania (10), a na rys. 3 znajdują się na linii AB.



Rys. 3. Zależność współczynnika podparcia warstwy gleby na lemieszu K od kąta nachylenia lemiesza α : linia AB - linia teoretycznych wartości minimalizujących K_{min}

Fig. 3. Dependence of the coefficient K of soil layer support on the share on share inclination angle α ; AB line - the line of minimum theoretical values K_{min}

Stąd kąt nachylenia lemiesza powinien być równy α_{opt} lub bliski tej wielkości z uwzględnieniem zależności K od α jak na rys. 3.

W powiązaniu z rys. 1 siła oporu przemieszczenia lemiesza (siła uciągu) będzie:

$$R = aBh\gamma \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\sin \alpha} \quad (11)$$

Siła uciągu R będzie minimalna przy $\alpha = \alpha_{opt}$. Należy zauważyć, że przy $\alpha = \alpha_{opt}$ współczynnik sprawności mechanicznej lemiesza η ma wartość maksymalną, a zapotrzebowanie energii na przemieszczenie lemiesza jest też minimalne:

$$\eta = \frac{A_p}{A_z} = \frac{Qh}{(Q \sin \alpha + Q \cos \alpha f + Sf)l} = \frac{(1 - f \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{1}{K} \quad (12)$$

gdzie: A_p - energia na podniesienie warstwy gleby,

A_z - całkowita energia na przemieszczenie warstwy gleby po lemieszu.

Z uwzględnieniem siły F_3 równanie (9) przyjmuje postać:

$$P = aB\rho \left[hg \frac{\operatorname{tg} \alpha + f}{(1 - f \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha} + V_M^2 \frac{f \sin \alpha}{1 - f \operatorname{tg} \alpha} \right] \quad (13)$$

Oznaczając człony w nawiasach równania (13) odpowiednio y_1 i y_2 otrzymamy:

$$P = aB\rho\varphi \quad (14)$$

gdzie: $y = y_1 + y_2$

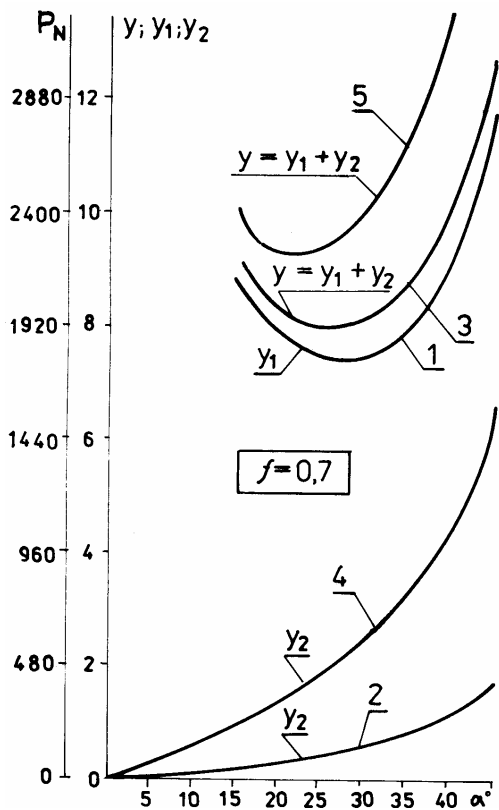
Przyjmujemy $h = 0,2 \text{ m}$; $hg = 0,2 \cdot 9,81 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$; $V_M = 1 \text{ m s}^{-1}$.

Przy powyższych wartościach określono zależności y_1, y_2 i y od kąta nachylenia lemiesza α . Wielkość siły podparcia podano dla dwóch lemieszy (maszyna dwurzędowa):

krzywa y przy $V_M = 1$ i 2 m s^{-1} .

Z rys. 4 wynika, że minimalne wartości y i P zachodzą przy $\alpha = 27^\circ$.

Krzywe $y = \varphi(\alpha)$ są nieznacznie pochyłe w strefie minimum. Dlatego α można przyjąć do 30° przy czym siła P zwiększa się nieznacznie.



Rys. 4. Przebieg sił oporu P_N podczas przemieszczania warstwy gleby po lemieszu: 1 – bez uwzględnienia dynamicznej siły F_3 , 2 i 4 – wywołane siłą F_3 przy prędkości maszyny (V_M) 1 i 2 m s^{-1} ; 3 i 5 – dynamiczne siły oporu P z uwzględnieniem siły F_3 przy prędkości maszyny (V_M) 1 i 2 m s^{-1}

Fig. 4. Run of the resistance forces P_N during displacement the soil layer along the share: 1 – not considering the dynamic force F_3 ; 2 and 4 – called by force F_3 at the harvester speed (V_M) 1 and 2 m s^{-1} ; 3 and 5 – dynamic resistance forces P with the inclusion of force F_3 at the harvester speed (V_M) 1 and 2 m s^{-1}

Przy optymalnym kącie nachylenia lemieszu $\alpha = 27^\circ$, szerokości roboczej B na jeden lemiesz 400 mm , grubości podkopanej warstwy gleby $a = 200 \text{ mm}$, $\rho = 1500 \text{ kg m}^{-3}$ i $h = 200 \text{ mm}$ na podstawie równania (13), siła podparcia na jednym lemieszu wynosi w przybliżeniu $P \sim 1000 \text{ N}$ $P \approx$.

W przedstawionej metodzie określania kąta α_{opt} nie ma potrzeby uwzględniania dopuszczalnej wielkości naprężeń ściskających podkopanej warstwy gleby.

2. Podsumowanie

Wśród możliwych wartości kąta ustawienia lemieszu α istnieje α_{opt} określana z równania (10), przy którym siła oporu przemieszczania podkopanej warstwy gleby jest minimalna P_{min} , zapotrzebowanie energii na przemieszczanie lemieszu i maksymalny współczynnik sprawności mechanicznej określić można z równania (12). Ustawienie lemieszu pod kątem mniejszym niż $\alpha = 25^\circ$ wywołuje zwiększenie długości lemieszu i zwiększa siły oporu przemieszczania warstwy gleby po lemieszu w górę. Lemiesze pasywne można ustawiać pod kątem do 30° .

Przy średniej wartości współczynnika tarcia gleby o lemiesz $f = 0,6$ optymalna wartość kąta nachylenia lemieszu to $\alpha = 27^\circ$, siła podparcia P w zależności od kąta α w strefie P_{min} zmienia się liniowo. Zmiana kąta α w granicach $\pm 5^\circ$ zmienia siłę P nieznacznie. Siła uciągu ma wartość minimalną przy α_{opt} .

Siła tarcia F_3 , w wyniku występowania sił dynamicznych ma znikomy wpływ na zwiększenie wielkości siły podparcia P warstwy gleby wzdłuż lemieszu i wynosi 6-8% od sumy sił: składowej masy i sił tarcia od masy i podparcia warstwy gleby przy prędkości maszyny $V_M = 3-5 \text{ km h}^{-1}$.

3. Literatura

- [1] Gach S. i inni.: Maszyny rolnicze. Elementy teorii i obliczeń. SGGW, Warszawa 1991.
- [2] Pietrov G. D.: Kartofielieuborocznye maszyny. Maszynostrojenie, Moskwa, 1984.
- [3] Tanaś W.: Razrabotka niekotorych rekomendacij po reszeniju koncepcji powyszenija proizvodstwa kartofielja i owoščzej. BGATU, Mińsk 2001.