

UPROSZCZONY PROBABILISTYCZNY MODEL DZIAŁANIA NA GLEBĘ WĄSKIEGO NARZĘDZIA UPRAWOWEGO

Ewa Piotrowska

Katedra Podstaw Inżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Wąskie narzędzia uprawowe są stosowane coraz częściej do uprawy gleby, obok bron i kultywatorów stosowane są również głębosze. Ze względu na dużą głębokość pracy tych ostatnich, pojawiają się duże opory robocze, związane z występującą dla narzędzi wąskich strefą bocznych oddziaływań na glebę. Prowadzenie badań polowych, mających na celu prognozowanie oporów roboczych, jest dość kosztowne, dlatego celowym jest budowanie modeli matematycznych, oddzorowujących oddziaływanie na glebę narzędzi wąskich. Modele te w swoich początkowych założeniach muszą opierać się na pewnych uproszczeniach, zwłaszcza dotyczących warunków glebowych. Gleba jest ośrodkiem wykazującym dużą zmienność swoich parametrów i zmienność ta jest losowa. Parametry glebowe zmieniają się w zależności np. od wilgotności, stopnia zagęszczenia gleby i innych czynników zewnętrznych. Celem tej pracy jest opisanie uproszczonego modelu matematycznego działania na glebę narzędzi wąskich, uwzględniającego losową zmienność warunków glebowych.

Opis modelu matematycznego

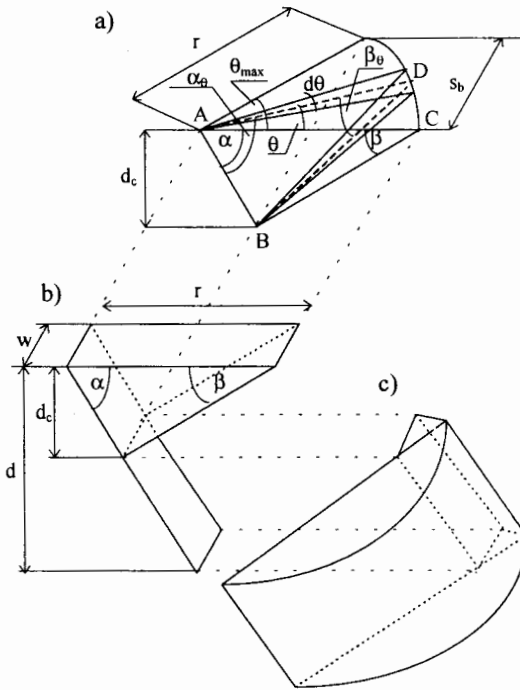
W literaturze istnieje szereg modeli opisujących oddziaływanie na glebę narzędzi wąskich [GODWIN, SPOOR 1977; MCKYES 1978; SWICK, PERUMPRAL 1985]. W pracy KUCZEWSKIEGO i PIOTROWSKIEJ [1994] wykazano niejednoznaczność i miejscami sprzeczność tych modeli. Opracowano model własny [KUCZEWSKI, PIOTROWSKA 1998], oparty na opisie sił działających na bryłę glebową i uwzględniający szczegółowy opis geometrii tej bryły. Model został następnie zweryfikowany badaniami w kanale glebowym i badaniami filmowymi. Model ten jest modelem deterministycznym, przyjmuje się w nim ustalone warunki glebowe.

Obecna praca ma na celu zbudowanie uproszczonego modelu matematycznego, uwzględniającego losową zmienność jednego z parametrów gleby, jakim jest jej spójność. Model jest zbudowany w oparciu o postać odkształcanej bryły glebowej, przedstawioną na rys. 1 i opiera się o układ działających na nią sił przedstawiony na rys. 2. Uwzględnienie w modelu losowej zmienności spójności gleby powoduje następujące określenie sił spójności w części centralnej i elementarnym segmencie części bocznej oraz siły D poniżej głębokości krytycznej:

$$K = w \cdot (c \pm \sigma_o) \cdot d / \sin \beta,$$

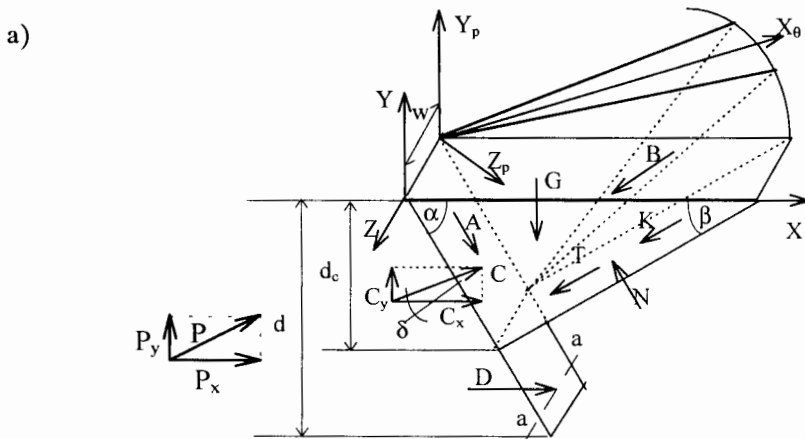
$$dK_k = 0,5 \cdot r \cdot d\theta \cdot (c \pm \sigma_o) \cdot d_c / (\cos \kappa \cdot \sin \beta_\theta),$$

$$D = w \cdot (c \pm \sigma_o) \cdot N'_c \cdot (d - d_c) + 0,5 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \gamma \cdot w \cdot N'_q \cdot (d^2 - d_c^2).$$

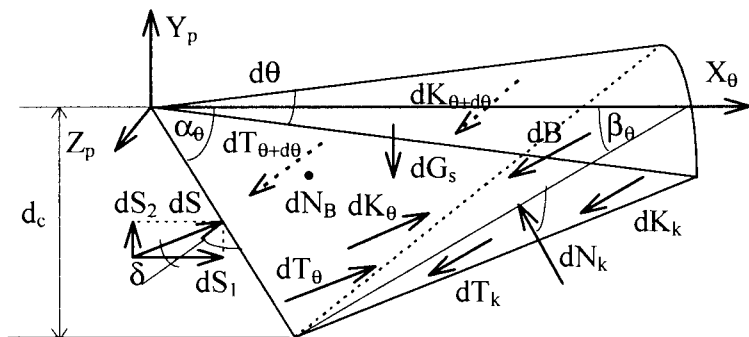


Rys. 1. Uproszczona postać stref odkształceń gleby: odkształcenie 3-kierunkowe – a) część boczna, b) część centralna; c) odkształcenie 2-kierunkowe poniżej głębokości krytycznej

Fig. 1. Simplified assembly drawing of soil failure zones: a – side section of three-dimensional zone, b – central section of three-dimensional zone, c – two-dimensional zone below the critical depth



b)



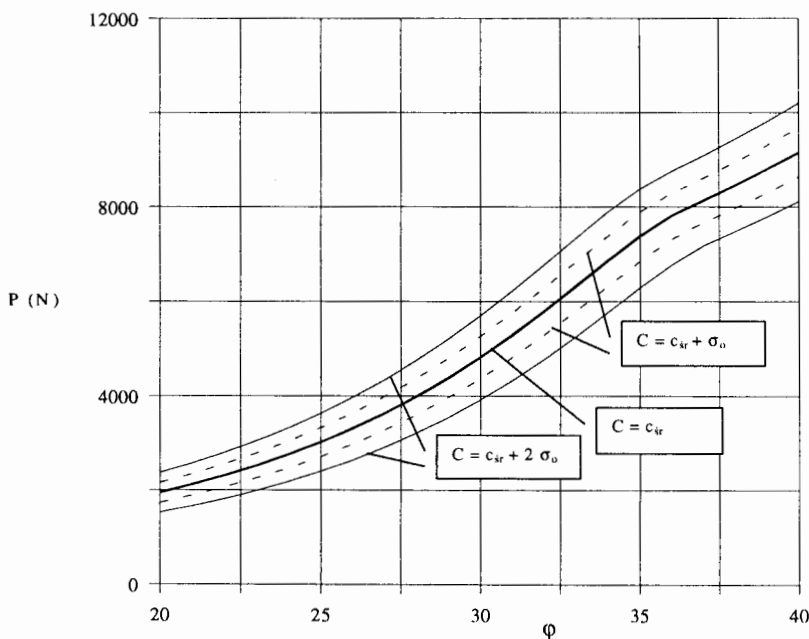
Rys. 2. Siły działające na strefy odkształcenia gleby: a) w części centralnej i w części poniżej głębokości krytycznej (w układzie osi XYZ), b) w elementarnym segmencie części bocznej (w układzie osi $X_\theta Y_p Z_p$)

Fig. 2. Forces acting on the sections of the soil wedge: a) center section of three-dimensional failure zone and two-dimensional soil failure zone in co-ordinate system XYZ , b) elementary segment of side section in three-dimensional failure zone, shown in co-ordinate system $X_\theta Y_p Z_p$

Wyniki eksperymentów symulacyjnych

Tak otrzymany model został wykorzystany do przeprowadzenia eksperymentów symulacyjnych obrazujących pracę wąskiego narzędzia w glebie przy losowo zmiennej spójności gleby. Pozostałe parametry gleby uwzględniane w modelu, a więc jej ciężar i tarcie wewnętrzne, były przyjmowane jako parametry, przy czym ciężar właściwy gleby był stały i wynosił $0,018 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-3}$, a kąt tarcia wewnętrznego był parametrem zmieniającym się w zakresie od 20 do 40° . Eksperymenty przeprowadzono dla narzędzia o kącie nachylenia $\alpha = 60^\circ$, a pozostałe wielkości były równe odpowiednio: $\delta = 20^\circ$, $d = 50 \text{ cm}$, $w = 5 \text{ cm}$, $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zbadano trzy warianty zmienności spójności gleby, odpowiadające trzem różnym wartościom odchylenia standardowego, równym 0 , σ_o oraz $2\sigma_o$. Warianty te odpowiadają kolejno sytuacjom, gdy nie występuje losowa zmienność spójności oraz gdy wartość jej współczynnika jest znana z prawdopodobieństwem $0,68$ i $0,95$. Wartość średnia współczynnika spójności gleby $c = 0,3 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$, a odchylenie standardowe wynosiło $\sigma_o = 0,05 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$. Wartości przyjmowanych wielkości były równe wartościom wykorzystanym w rzeczywistych badaniach w kanale glebowym.

Na rys. 3 przedstawiono zakresy zmienności oporu w zależności od losowo zmiennego c przy zmieniającym się parametrze φ . Można zauważyć, że przy niższych wartościach kąta φ ta zmienność jest mniejsza, niż przy wyższych wartościach kąta φ . Wartość oporu roboczego przy ustalonych pozostałych parametrach gleby i narzędzia z prawdopodobieństwem do $0,95$ zawiera się w zakresie od $1,5 \text{ kN}$ do $2,4 \text{ kN}$ przy niższych wartościach kąta φ oraz w zakresie od $8,1 \text{ kN}$ do $10,2 \text{ kN}$ przy wyższych wartościach kąta φ .



Rys. 3. Zmienność oporu roboczego (P) od kąta tarcia wewnętrznego (φ) przy różnych wartościach spójności gleby

Fig. 3. Working resistance (P) versus internal friction angle (φ) at different soil cohesion

Wnioski

Uproszczony model probabilistyczny w większym stopniu niż model deterministyczny ukazuje trudności związane z losową zmiennością parametrów gleby. Prawdliwość prognozowania oporu roboczego jest w najwyższym stopniu zależna od ścisłego określenia parametrów gleby, w której przeprowadzane są badania.

Oznaczenia

A, B, dB	N	siła adhezji, siła bezwładności, elementarna siła bezwładności,
c	$N \cdot \text{cm}^{-2}$	współczynnik spójności gleby,
C, D, P, dS	N	siła centralna, siła w strefie poniżej głębokości krytycznej, siła całkowita, elementarna siła oporu,
d, d _c	cm	głębokość robocza, głębokość krytyczna,
G, dG _s	N	ciężar gleby, rzut elementarnego ciężaru segmentu na płaszczyznę tego segmentu,
K, dK _K , dK _θ , dK _{θ+dθ}	N	siła spójności, elementarna siła spójności na krawędzi i na bokach segmentu,

N, dN_B, dN_K	N	nacisk w części centralnej, elementarny nacisk boczny i nacisk na krawędzi segmentu,
$T, dT_K, dT_\theta, dT_{\theta+d\theta}$	N	siła tarcia w części centralnej, elementarna siła tarcia na krawędzi i na ścianach segmentu bocznego,
g	$\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$	przyspieszenie ziemskie,
N_c, N_q	–	współczynniki w równaniu oporu strefy poniżej głębokości krytycznej,
r, s_b, w	cm	zasięg odkształcenia gleby, zasięg boczny, szerokość narzędzia,
v	$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	prędkość robocza,
α, β	$^\circ$	kąt nachylenia narzędzia do poziomu, kąt pęknięcia gleby,
$\alpha_\theta, \beta_\theta, \kappa$	$^\circ$	kąty nachylenia boków trójkąta opisującego segment boczny oraz kąt nachylenia segmentu bocznego do pionu,
γ	$\text{N}\cdot\text{cm}^{-3}$	ciężar właściwy gleby,
δ, φ	$^\circ$	kąt tarcia zewnętrznego, kąt tarcia wewnętrznego gleby,
$\theta, d\theta, \theta_{\max}$	$^\circ$	kąty na powierzchni gleby, opisujące położenie segmentu bocznego, jego rozwarście oraz maksymalny zasięg boczny.

Literatura

- GODWIN R.J., SPOOR G. 1977. *Soil failure with narrow tines*. Journal of Agricultural Engineering Research 22(4): 213–228.
- KUCZEWSKI J., PIOTROWSKA E. 1994. *Calculation of narrow tines resistance by different methods*. Annals of Warsaw Agricultural University, Ser. Agriculture 28: 13–18.
- KUCZEWSKI J., PIOTROWSKA E. 1998. *An improved model for forces on narrow soil cutting tines*. Soil and Tillage Research 46: 231–239.
- McKYES E. 1978. *The calculation of draft forces and soil failure boundaries of narrow cutting blades*. Transactions of the ASAE, no. 1: 20–24.
- SWICK W.C., PERUMPRAL J.V. 1985. *A model for predicting dynamic soil-tool interaction*. Proceedings of International Conference on Soil Dynamics, Auburn, t. 2: 384–397.

Słowa kluczowe: wąskie narzędzie, opór roboczy, model probabilistyczny

Streszczenie

Opracowano model matematyczny działania na glebę wąskiego narzędzia uprawowego, uwzględniający losową zmienność spójności gleby. Zbadano zakres

zmian oporu roboczego, wynikający z losowej zmienności jej spójności przy różnych wartościach tarcia wewnętrzznego oraz ustalonych pozostałych parametrach gleby i narzędzia. Stwierdzono, że 95% wartości oporu zawiera się w przedziale [1,5 kN; 2,4 kN] przy niższych wartościach kąta tarcia wewnętrznego ($\varphi = 20^\circ$) oraz w przedziale [8,1 kN; 10,2 kN] przy wyższych wartościach ($\varphi = 40^\circ$). Wskazuje to na dużą trudność prognozowania oporu roboczego w tak niejednorodnym ośrodku, jakim jest gleba.

SIMPLIFIED STOCHASTIC MODEL OF THE EFFECT ON THE SOIL OF A NARROW TINE

Ewa Piotrowska

Department of Fundamental Engineering, Warsaw Agricultural University

Key words: narrow tine, working resistance, stochastic model

Summary

A new mathematical model for predicting forces on narrow soil cutting tines was developed. This model is based on the previous model but it takes into account stochastic variability of soil compactness. The simulation experiments were performed and the results showed that calculated values of the resistance of narrow tine were been included between [1.5 kN; 2.4 kN] by internal friction angle equal to 20° and [8.1 kN; 10.2 kN] by internal friction angle equal to 40° .

Dr Ewa Piotrowska

Katedra Podstaw Inżynierii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Nowoursynowska 166

02-787 WARSZAWA

e-mail: piotrowska@alpha.sggw.waw.pl