

Edmund Kamiński, Czesław Waszkiewicz, Marek Zabielski
Katedra maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

BADANIA LABORATORYJNO-POLOWE KULTYWATORA

Streszczenie

Badany kultywator był wyposażony w zęby sprężyste pochodzące z gęsiostopkami. Badano wpływ głębokości uprawy i prędkości roboczej na opory pracy, wyrównanie powierzchni pola i stopień spulchnienia gleby. Otrzymano równania regresji opisujące występujące wzajemne związki.

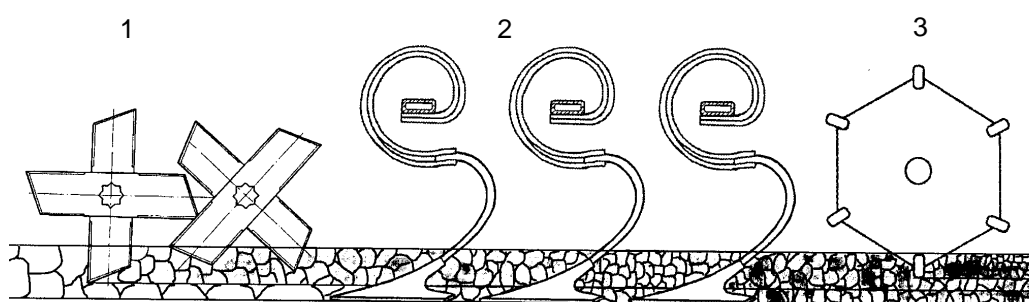
Słowa kluczowe: uprawa gleby, kultywatory, agregaty uprawowe

Wprowadzenie

W praktyce światowej szerokie zastosowanie znalazły uniwersalne agregaty przeznaczone do uprawy wierzchniej warstwy gleby, jak również, w miarę potrzeby, do uprawy przedsiwnej. Charakteryzują się one dużą ilością wymienionych elementów roboczych, w skład których wchodzi sprężyste zęby kultywatora [Bernacki i in. 1972; Gach i in. 1991]. Badania sprężystych lub mocowanych na elementach sprężystych części roboczych kultywatora wykazały [Kuznecov 1991; Szewczenko 1998; Kuznarev, Shevchenko 1994], że w określonych warunkach glebowych przy założonej prędkości i głębokości roboczej można osiągnąć zmniejszenie oporów jednostkowych, zwiększyć przy tym jakość pracy, a także uzyskać samooczyszczanie się części roboczej z nalepionej gleby i gromadzących się chwastów.

Badania laboratoryjno-polewe elementów roboczych mocowanych sprężysto, na seryjnie produkowanych narzędziach wykazały, że nie spełniają one w dostatecznym stopniu wymagań głównie z powodu złej pracy gęsiostopek na głębokości powyżej 8 cm, znajdujących się w składzie agregatu kombinowanego [Szewczenko 1997; Szewczenko, Podsiwałow 1996]. W zależności od wymagań agrotechnicznych agregat kombinowany powinien umożliwiać uprawę gleby na głębokość do 16 cm, a w miarę potrzeby uprawę przedsiwną na głębokość 4-8 cm [Kuczewski 1988; Kuczewski, Kmieć 1988]. Za podstawowy

element roboczy 3apy kultywatora przyjęto sprężysty element w kształcie litery S, mocowany do ramy, z przymocowan¹ doń gęsiostopk¹. Kombinacja sprężystego zęba z gęsiostopk¹ najbardziej odpowiada przeznaczeniu narzędzia, tj. dok³adnemu podcięciu warstwy gleby na g³ębokoœæ do 16 cm, ma sk³ad gruze³kowy o cz¹stkach gleby poni¹ej 25 mm.



Rys. 1. Schemat procesu technologicznego uprawy gleby agregatem kombinowanym z wymiennymi organami roboczymi: 1-spulchniacz obrotowy, 2-kultywator z zębami sprężystymi, 3-wał strunowy kusząco ugniatający i wyrównujący

Fig. 1. Schematic diagram of soil tillage process with a combined machine sets with exchangeable working elements: 1-rotary soil opener, 2-cultivator with spring tines, 3-string roller crushing, packing and levelling

Uwzględniaj¹c warunki pracy, ogólny schemat procesu technologicznego przedsięwziętej uprawy gleby agregatem kombinowanym można przedstawiæ, jak pokazano na rysunku 1. Na schemacie pierwsz¹ grupê stanowi¹ spalchniacze obrotowe, stanowi¹ce zespo³y robocze o kształcie tarcz zębatych, lub ostrza ustawione w kształcie litery X. Drug¹ grupê stanowi¹ kultywatory z zębami sprężystymi zakończonymi rade³kami lub gęsiostopkami. Trzeci¹ grupê stanowi¹ wa³y ugniataj¹co-krusz¹co-wyrównuj¹ce uprawion¹ glebê. W przedstawionym schemacie agregatu można dobraæ tak elementy robocze narzędzia, aby zadowala¹co przygotowywa³y glebê pod siew nawet przy du¹ej iloœci resztek po¹ziwnych [Skrebelis 2003; Oevæenko 1987; Pljuœæev 1974].

W celu ograniczenia d³ugoœci agregatu zalecane jest stosowanie ma³ych k¹tów natarcia spalchniaczy obrotowych, poni¹ej 15°. Przy tym spalchniacze o elementach roboczych w kształcie litery "X" nale¹zy rozmieœciæ w dwu rzêdach z czêœciowym pokryciem œladów. Takie ustawienie spalchniaczy obrotowych pozwala uzyskaæ pole o wysokim stopniu kruszenia gleby, wyrównanym profilu dna bruzdy, a tak¹e uzyskaæ samoczynne oczyszczanie siê elementów obrotowych elementów roboczych [Oevæenko, Kamiński 2003; Sineokov, Panow 1977; Szewczenko 1998].

Spulchniacze obrotowe w kształcie litery "X" wpływają na ograniczenie obciążenia elementów sprężystych zębów kultywatora, powodują wstępne spulchnienie wierzchniej warstwy gleby (przesuszonej lub o dużej wilgotności) oraz rozdrobnienie resztek roślinnych na polach silnie zachwaszczonych po kukurydzy i soneczniku, a także w sadach [Durairaj i in. 1998; Dubrowin i in. 2001]. Charakter wzajemnego oddziaływania spulchniacza i gleby jest podobny do pracy zębatej tarczy (talerza) posiadającej na obwodzie cztery wycięcia. Dlatego zamiast powyższych spulchniaczy obrotowych w uprawach przedsięwziętych mogłyby być stosowane brony talerzowe z elementami roboczymi sferycznymi [Szewczenko i in. 1996; Viselga, Kamiński 2001].

Celem badań było określenie wpływu prędkości i głębokości roboczej na opór roboczy i wskaźniki jakości pracy nowego typu zębów kultywatora.

Metodyka badań

Program badań obejmuje pomiary oporów roboczych i jakości pracy kultywatora przy założonych wartościach prędkości roboczej i głębokości uprawy. Wartości parametrów charakteryzujących warunki pracy zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości parametrów charakteryzujących warunki pracy

Table 1. Parameters characterizing operation conditions

Parametry	Wielkości kodowane	Poziomy			Skok
		+1	0	-1	
Prędkość robocza V (m/s)	x_1	2,50	2,05	1,60	0,45
Głębokość uprawy h (cm)	x_2	14	10	6	4

Tabela 2. Macierz wartości kodowanych i rzeczywistych parametrów zmiennych

Table 2. Matrix of coded values and real variable parameters

Pomiary	Wartości kodowane		Wartości rzeczywiste	
	x_1	x_2	$x_1 - V$ (m/s)	$x_2 - h$ (mm)
1	+1	+1	2,5	140
2	-1	+1	1,6	140
3	-1	-1	1,6	60
4	+1	-1	2,5	60
5	+0,4	-1	2,2	60
6	+1	-0,5	2,5	80
7	-0,1	+0,25	2,0	110

W tabeli 2 zamieszczono macierz wartości kodowanych i rzeczywistych zmiennych niezależnych dla 7 eksperymentów. Pomiary wykonano zgodnie z obowiązującymi metodami badań narzędzi uprawowych i matematycznym planowaniem eksperymentu.

Przebieg i wyniki badań

Badania laboratoryjno-polowe przeprowadzono na glebie lekko-gliniastej. Wilgotność bezwzględna gleby, w uprawianej warstwie, w zależności od głębokości wynosiła odpowiednio: 0-5cm - $14,0 \pm 2,3\%$, 5-10cm - $14,8 \pm 1,9\%$, 10-15cm - $15,3 \pm 1,5\%$.

Gęstość gleby (ciężar objętościowy) w zależności od głębokości kształtowała się następująco: 0-5cm - $1,18 \pm 0,04 \text{g/cm}^3$, 5-10cm - $1,32 \pm 0,05 \text{g/cm}^3$, 10-15cm - $1,49 \pm 0,08 \text{g/cm}^3$. Uprawiano pole po zbiorze pszenicy ozimej. Prędkości robocze agregatu oraz głębokość uprawy zmieniano zgodnie z danymi w tabeli 2.

Związłość gleby, w zależności od głębokości, kształtowała się następująco: 0-5cm - $0,98 \pm 0,11 \text{MPa}$, 5-10cm - $1,37 \pm 0,15 \text{MPa}$, 10-15cm - $1,67 \pm 0,24 \text{MPa}$.

Wyniki badań laboratoryjno-polowych kultywatora dotyczące stopnia spulchnienia (K), wyrównania powierzchni pola (G) i oporów roboczych narzędzia (Q), uzyskano przy zmiennej prędkości roboczej w zakresie 1,6-2,5 m/s i głębokości roboczej: 6-14cm. Wyniki stopnia spulchnienia gleby uzyskane w badaniach zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Wartości stopnia spulchnienia gleby uzyskane z pomiarów i wyliczeń
Table 3. Values of soil opening degree obtained from measurements and calculations

Prędkość robocza x_1	Głębokość robocza x_2	Stopień spulchnienia (z pomiaru) y	Stopień spulchnienia (z rów. reg.) y_t	Różnica $y - y_t$ Δy
+1	+1	62,50	62,49	+0,01492
- 1	+1	52,10	52,26	-0,1641
- 1	- 1	56,40	56,33	+0,07035
+1	- 1	60,00	59,24	+0,7610
+0,4	- 1	57,60	58,16	-0,5628
+1	- 0,5	59,30	59,90	-0,5969
- 0,1	+0,25	57,20	56,72	+0,4775

Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała:

- na poziomie ufności 95% dyspersja jednorodności według Kryterium Koche-
na wynosi $G = 0,1429 < G_{0,05}(5,7) = 0,3974$,
- współczynniki równania regresji według testu t - Studenta i ich wpływ na ogólną postać równania regresji charakteryzują dane zawarte w tabeli 4,

Badania laboratoryjno-polowe kultywatora

- wariancja nieadekwatności modelu matematycznego $SS_{lf} = 1,5122$,
- dyspersja błędów pomiarów $SS_y = 0,0080$,
- kryterium Fishera $F(f_{lf} = 1, f_y = 35) = 189,0274$,
- adekwatność modelu $P = 0.0000 < P\{F_{v1}, v2\} = 0,05$,
- współczynnik regresji $R = 0,9881$.

Tabela 4. Współczynniki równania regresji dla stopnia spulchnienia gleby
Table 4. Coefficients of regression equation for soil opening degree

Oznaczenia współczynników	Współczynniki równania regresji	Test t - Studenta	Stopień wpływu składowej (%)	Istotność
wsp. przy x_1	+3,2826	t = 5,707	100,00	+
wsp. przy x_2	- 0,2049	t = - 0,363	28,14	
wsp. przy $x_1 x_2$	+1,8279	t = 3,039	99,55	+
wsp. przy x_1^2	+0,2422	t = 0,190	14,98	
wsp. przy x_2^2	+0,2049	t = 0,147	11,64	
wyraz wolny	+57,1324	t = 49,288	wyraz wolny	

Wpływ prędkości roboczej i głębokości uprawy na stopień spulchnienia gleby K , można opisać za pomocą następującego równania:

$$K = 57,13 + 3,28 x_1 - 0,20 x_2 + 1,83 x_1 x_2 + 0,24 x_1^2 + 0,20 x_2^2.$$

Uzyskane w podobny sposób równanie regresji dla stopnia wyrównania powierzchni pola w funkcji prędkości roboczej i głębokości uprawy przedstawia się następująco:

$$G = 28,72 + 0,09 x_1 + 1,26 x_2 - 2,81 x_1 x_2 - 1,66 x_1^2 - 4,10 x_2^2.$$

Wyniki pomiarów oporów roboczych kultywatora (y) oraz wartości wyliczonych z równania regresji (y_t) i różnice ($y - y_t$) zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie wyników pomiaru oporu roboczego oraz wartości oporu wyliczone z równania regresji i różnice między tymi wartościami

Table 5. Measuring results of working resistance and resistance values calculated by regression equation, as well as the differences between these values

Prędkość robocza	Głębokość uprawy	Opory robocze (z pomiaru) y	Opory robocze (z rów. reg.) y_t	Różnica $y - y_t$
x_1	x_2			Δy
+1	+1	17,10	17,13	-0,02715
- 1	+1	17,18	16,88	+0,2987
- 1	- 1	8,990	9,118	-0,1280
+1	- 1	9,930	11,31	-1,385
+0.4	- 1	9,670	8,646	+1,024
+1	- 0.5	15,70	14,61	+1,086
- 0.1	+0.25	13,48	14,35	-0,8689

Analiza statystyczna wykazała:

- na poziomie ufności 95% dyspersja jednorodności według Kryterium Koche-
na wynosi: $G = 0,2283 < G_{0,05}(2,7) = 0,5612$,
- współczynniki równania regresji według testu t - Studenta i ich wpływ na ogólną postać równania regresji, charakteryzują dane zawarte w tabeli 6,
- wariancja nieadekwatności modelu matematycznego $SS_{lf} = 5,0070$,
- dyspersja błędów pomiarów $SS_y = 22,4474$,
- Kryterium Fishera $F(f_{lx} = 1, f_y = 14) = 0,2231$,
- model adekwatny na dowolnym poziomie prawdopodobieństwa,
- współczynnik regresji $R = 0,9675$.

Tabela 6. Współczynniki równania regresji dla oporów roboczych narzędzia
Table 6. Coefficients of regression equation for working resistance of the tool

Oznaczenia współczynników	Współczynniki równania regresji	Test t - Studenta	Stopień wpływu składowej %	Istotność
wsp. przy x_1	+0,6106	t = 0,583	43,12	
wsp. przy x_2	+3,3939	t = 3,308	99,48	+
wsp. przy $x_1 x_2$	-0,4877	t = -0,446	33,74	
wsp. przy x_1^2	+2,3926	t = 2,033	95,10	+
wsp. przy x_2^2	-2,4614	t = -0,974	65,33	+
wyraz wolny	+13,6792	t = 6,485	wyraz wolny	

Równanie regresji na opory robocze narzędzia Q ma następującą postać:

$$Q = 13,68 + 0,61 x_1 + 3,39 x_2 - 0,49 x_1 x_2 + 2,39 x_1^2 - 2,46 x_2^2.$$

Na opory robocze istotny wpływ mają współczynniki przy x_2 , x_1^2 i przy x_2^2 .

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskano równania regresji opisujące wpływ prędkości roboczej i głębokości uprawy na stopień spulchnienia K, stopień wyrównania powierzchni G i opory pracy narzędzia Q, następującej postaci:

$$K = 57,13 + 3,28 x_1 - 0,20 x_2 + 1,83 x_1 x_2 + 0,24 x_1^2 + 0,20 x_2^2,$$

$$G = 28,72 + 0,09 x_1 + 1,26 x_2 - 2,81 x_1 x_2 - 1,66 x_1^2 - 4,10 x_2^2,$$

$$Q = 1,68 + 0,61 x_1 + 3,39 x_2 - 0,49 x_1 x_2 + 2,39 x_1^2 - 2,46 x_2^2.$$

Otrzymane zależności pozwalają dobrać wartości parametrów eksploatacyjnych, zapewniając racjonalne obciążenie ciągnika współpracującego z kultywatorem.

Bibliografia

- Bernacki H., Haman J., Kanafojski Cz. 1972. Agricultural Machines, Theory and Construction. PWN, Warszawa, Vol. 1, s. 883
- Dubrowin W.A., Gukow J.S., Kamiński J.R. 2001. Narzędzia do podstawowej uprawy gleby dla warunków Ukrainy. Technika Rolnicza, 1: 42-46
- Durairaj C.D., Balasubramanian M., Rangasamy K. 1998. An assessment of soil structural changes induced by bent leg ploughs. Soil Till. Res., v. 49, 1, 2: 139-145
- Gach S., Kuczewski J., Waszkiewicz Cz. 1991. Maszyny Rolnicze. Wyd. SGGW, Warszawa, s. 644
- Kuczewski J. 1988. Kierunki optymalizacji parametrów pracy agregatów uprawowych. Materiały konferencji nt. Eksploatacja ośrodków technicznych w rolnictwie SGGW. Warszawa, ss.43-52
- Kuczewski J., Kmiec A. 1988. Badania zmian wybranych parametrów jakościowych orki przy różnych warunkach pracy agregatu. Maszyny i Ciężniki Rolnicze, 4: 11-12
- Kushnarev A., Shevchenko I. 1994. Ways of improvement of stability of tillage tools with spring shanks moving in depth. ASAE (94-D-027), EurAgEng"Power, Machinery and mechanization" (2-Machinery Development and Innovation). Belgium CIGR, V. 2, p. 495-499
- Kuznecov Ju.M. 1991. Mechaniko-technologiczno-ekonomickie obosnovanie i razrabotka kompleksov kombinirovannykh agregatov dlja sovmestienija operacii obrabotki poævy v sisteme intensivnogo zemedelija. Disertacija dok. tech. nauk, VIM, Moskva, s. 51
- Pljuceæev G.V. 1974. Issledovanie processa g³ubokogo rychlenija poævy i vybor optimalnykh parametrov raboæego organa propacænogo kultyvatora-g³ubokorychlitelja dlja jużnoj orocææej zony zemedelija. Avtoreferat dis. kand. rech. nauk. Moskva, s. 31
- Sineokov G.N., Panov I.M. 1977. Teorija i rasæet poævoobrabatyvajuææich maæein. Maæeinostroenie, Moskva, s. 328
- Skrebelis S. 2003. Changes in pre-sowing soil tillage and its peculiarities. X Miedzynarodowe Sympozjum nt. Ekologiczne aspekty machanizacji produkcji roæelinnej. IBMER, Warszawa, ss. 203-210

Szewczenko I.A., Alba W., Karajew A. 1996. Wyniki badań eksperymentalnych talerzowych elementów uprawowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2: 14-21

Szewczenko I. 1997. Doskonalenie technologii i narzędzi uprawowych w aspekcie właściwości agronomicznych gleb. Rozprawa habilitacyjna. *Prace Naukowo-Badawcze IBMER, Warszawa*, s. 125

Szewczenko I.A. 1998. Nowe maszyny stosowane w technologiach uprawy gleby. *Przełd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 7: 8-11 i 22

Євченко І., Kamiński E. 2003. Визначення зональних методів підходу до розробки технологій та технічних засобів обробки ґрунту з урахуванням його агрофізичних властивостей. *Наукове фахове видання. Випуск 12: 3-8, Таврійська Академія Агротехніки, Мелітополь*

Szewczenko I., Podsiwałow G. 1996. Optymalizacja parametrów agregatu do przedsiębnej uprawy gleby na polach nawadnianych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2: 5-14

Євченко І. 1987. Обоснование геометрических параметров ступенчатых рабочих органов глубокорыхлителей для поев юга Украины. *Дисертация кан. тех. наук.*, s. 182

Viselga G., Kamiński J.R. 2001. Nowoczesne technologie uprawy gleby. *Technika Rolnicza*, 1:22-24

LABORATORY AND FIELD INVESTIGATIONS OF THE CULTIVATOR

Summary

Laboratory and field tests of the cultivator equipped with spring tines and the sweep points were conducted. The effects of tillage depth and working speed of the machine on working resistance, levelling of the field surface and soil opening degree were studied. Regression equations describing studied relationships were derived.

Key words: soil tillage, cultivators, spring tines, tillage machine sets

Recenzent: Zdzisław Wójcicki
