

Zygmunt Owsiak, Krzysztof Lejman, Michał Wołoszyn
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

WPLYW ZMIENNOŚCI GŁĘBOKOŚCI PRACY NARZĘDZIA NA OPORY SKRAWANIA GLEBY

Streszczenie

Przedstawiono założenia konstrukcyjne układu do ciągłej rejestracji głębokości pracy narzędzi skrawających glebę. Badania testacyjne przeprowadzono w warunkach polowych wyznaczając zmienność głębokości pracy i oporów skrawania gleby redliczką kultywatora. Nie stwierdzono istotnego wpływu gatunku gleby, głębokości skrawania i poziomu zagęszczenia na wartości bezwzględnych odchyłek rzeczywistych wartości głębokości skrawania od założonych, co świadczy o poprawności konstrukcji układu. Poprawność metodyki pomiarów potwierdzają bardzo wysokie istotności współczynnika kierunkowego i współczynnika korelacji równań opisujących wpływ głębokości skrawania na chwilowe wartości oporu.

Słowa kluczowe: narzędzia rolnicze, opory skrawania, głębokość robocza

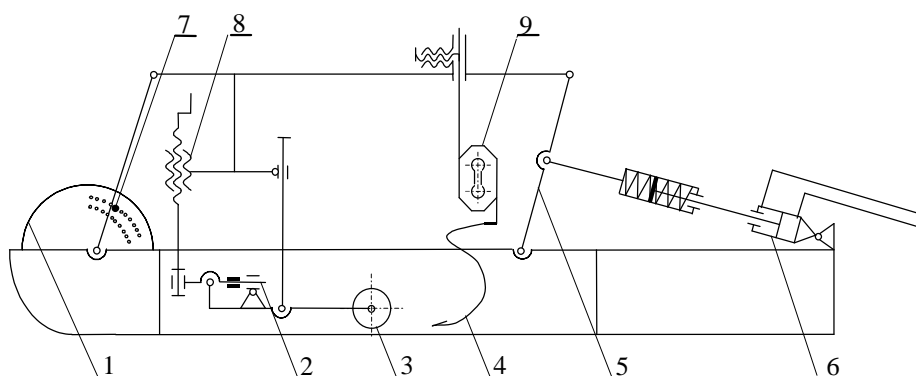
Wstęp

Eliminowanie stochastycznych błędów pomiaru związanych z dużą zmiennością ośrodka glebowego jest podstawowym problemem podczas prowadzenia badań polowych oporów narzędzi skrawających. Duża dynamika zmian chwilowych wartości oporów jest związana zarówno z okresowym charakterem zmian związanych z przebiegiem procesów odkształcania gleby jak i zmiennością warunków, w jakich pracuje narzędzie. Utrudnia to prawidłową interpretację uzyskanych wyników pomiarów oraz wnioskowanie o wpływie parametrów gleby i narzędzia, które determinują proces skrawania. Jednym z najistotniejszych parametrów wpływających na wartości sił działających na narzędzia jest głębokość pracy [Lejman i Owsiak 2001]. W wyidealizowanych warunkach laboratoryjnych zmienność chwilowej głębokości pracy eliminuje się poprzez odpowiednie przygotowanie doświadczalnego materiału w kanale glebowym [Gebresenbet i Jonsson 1992; Sharma i in. 1994]. W warunkach polowych występuje bardzo duża nierównomierność powierzchni, której nie da się całkowicie wyeliminować przy zastosowaniu tradycyjnych układów podporowych i kopiujących stosowanych w stanowiskach do pomiaru sił działających na narzędzia skrawające [Bowers 1989; Salokhe i in. 1992].

Celem pracy było opracowanie założeń metodycznych pomiaru głębokości pracy narzędzi skrawających glebę i ich weryfikacja w warunkach polowych oraz wyznaczenie zmienności głębokości pracy i oporów skrawania gleby redliczką kultywatora.

Metodyka badań

Ograniczenia błędów wynikających z wpływu chwilowych zmian głębokości roboczej na wartości oporów skrawania dokonano poprzez zastosowanie ciągłego monitorowania głębokości pracy narzędzia w stanowisku wykorzystywanym do badań sił działających na narzędzia rolnicze w warunkach polowych. Stanowisko przedstawione na rys. 1 jest zagregatowane z ciągnikiem poprzez trzypunktowy układ zawieszenia. Składa się ono z głowicy pomiarowej (9) połączonej z badanym narzędziem (4), która poprzez równoległobok przegubowy (5) z siłownikiem hydraulicznym (6) i podzielnicę (1) ze zderzakiem (7) zamocowana jest do ramy z płozami przemieszczającymi się w koleinach ciągnika. Szczegółowy opis konstrukcji stanowiska przedstawiono w pracy Lejmana i Owsiaaka [1993]. Integralną częścią stanowiska stanowi dodatkowo skonstruowany układ do ciągłej rejestracji głębokości pracy narzędzia. Składa się on z wahacza z kołem kopiującym (3), który oddziałuje na belkę tensometryczną (2). Wstępne ustawienie zakresu działania koła kopiującego odbywa się poprzez układ regulacji wysokości za pomocą przekładni śrubowej (8).



Rys. 1. Schemat kinematyczny stanowiska do pomiaru sił działających na narzędzia skrawające glebę – opis w tekście.

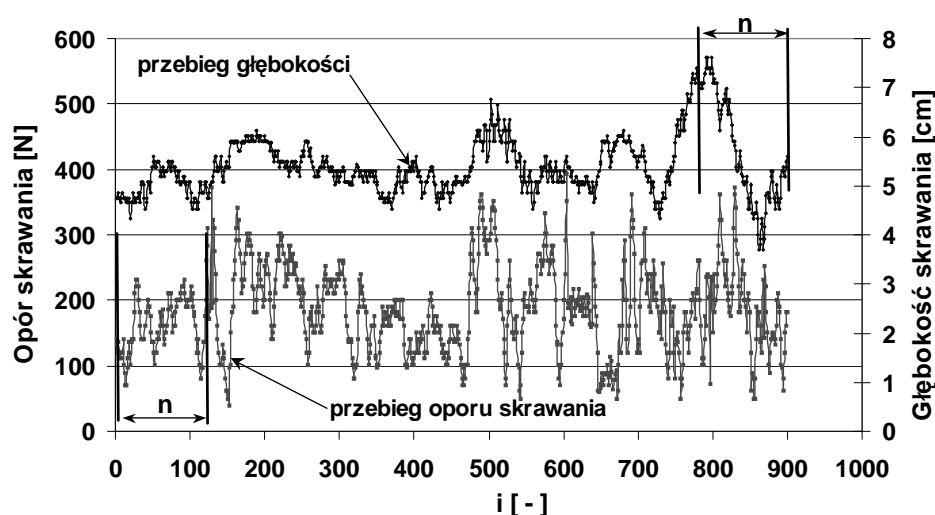
Fig. 1. Kinematic scheme of the stand for measurement of forces acting on the tillage tools – description in the text

Chwilowe wartości siły i głębokości pomiaru rejestrowane są w tym samym czasie, ale elementy, do których odnoszą się mierzone wartości, są przesunięte względem siebie. W celu zsynchronizowania w czasie zarejestrowanych wartości należy je przesunąć o (n) pomiarów (wzór 1) usuwając jednocześnie (n) pierwszych punktów pomiarowych siły i (n) ostatnich punktów pomiarowych drogi, co zilustrowano na rys. 2.

$$n = \frac{v \times c}{V} \quad (1)$$

gdzie:

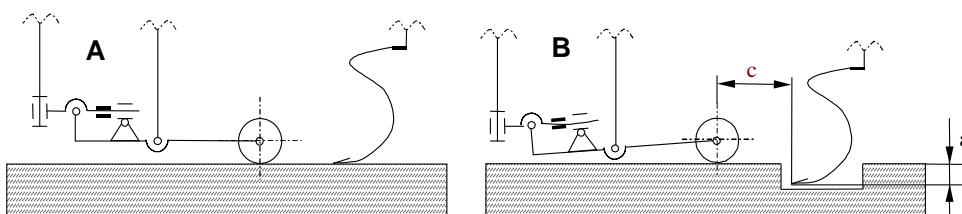
- v – częstość rejestracji [Hz],
- c – odległość osi koła kopiującego od narzędzia [m],
- V – prędkość skrawania [m/s].



Rys. 2. Przebieg chwilowych wartości oporu i głębokości skrawania
 Fig. 2. Course of the local values of resistance forces and cutting depth

Sposób postępowania podczas ustawiania głębokości pracy narzędzia przy zastosowaniu układu pomiarowego przedstawiono na rys. 3. Procedurę rozpoczyna się od ustalenia powierzchni odniesienia zarówno dla koła kopiującego, jak i dla badanego narzędzia (rys. 3A). Przy wykorzystaniu podziałnicy ustala się położenie zderzaka odpowiadające założonej głębokości pracy narzędzia (a). Jednocześnie następuje ustalenie napięcia odniesienia przetwornika układu rejestracji głębokości. Po opuszczeniu równoległoboku przegubowego narzędzie przyjmuje założoną

głębokość roboczą, przy czym głębokość ta jest przyjmowana jako faktyczna głębokość pracy narzędzia w stanowiskach niewyposażonych w układ do monitorowania głębokości pracy. W omawianym urządzeniu ustawienie położenia roboczego narzędzia powoduje jednoczesne odkształcenie belki tensometrycznej układu pomiarowego (rys. 3B) i przyrost napięcia w układzie pomiarowym w stosunku do napięcia referencyjnego. Przy zachowaniu takiej procedury pomiar polega na jednoczesnym rejestrowaniu wartości siły działającej na narzędzie i rzeczywistej wartości głębokości pracy narzędzia, która może się zmieniać w stosunku do założonej pierwotnie wartości (a).



Rys. 3. Ustawianie głębokości pracy narzędzia przy zastosowaniu układu kopiującego: A – ustalenie powierzchni odniesienia, B – ustawienie głębokości roboczej

Fig. 3. Arranging of tools cutting depth using the monitoring system: A – arrangement of the reference area, B – arrangement of the cutting depth

Badania testacyjne przeprowadzono w warunkach polowych w glebach o składach granulometrycznych [BN -79/9180-11 1979] gliny lekkiej (piasek – 55%; pył – 17%; il – 28%) i gliny ciężkiej (piasek – 10%; pył – 24%; il – 66%) przy wilgotnościach wynoszących odpowiednio 10% – 12% i 13% - 16%. Stosowano sztywny ząb kultywatora zakończony redliczką, który przemieszczał się z prędkością 3 ms^{-1} . Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono głęboką orkę, a następnie doprawianie glebogryzarką. Przygotowane gleby ugniatano kilkakrotnie wałem gładkim w taki sposób, aby uzyskać dwa poziomy zagęszczeń. Założone głębokości pracy i parametry gleb przedstawiono w tabeli 1.

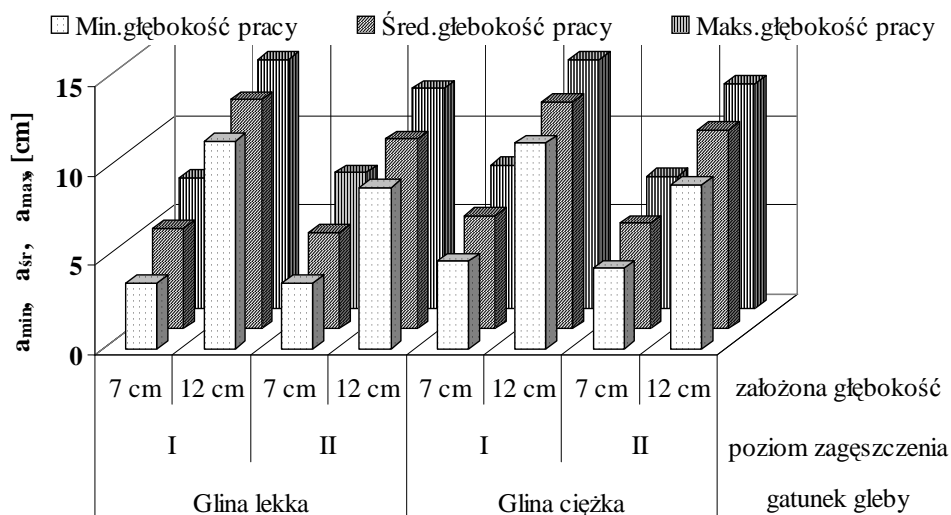
Poprawność założeń konstrukcyjnych oraz metodyki wyznaczania chwilowej głębokości pracy narzędzia weryfikowano poprzez analizę korelacji pomiędzy chwilowymi wartościami głębokości pracy i oporów narzędzia przy założeniu, że wartość oporu skrawania powinna być skorelowana dodatnio z głębokością skrawania.

Tabela 1. Parametry gleb i warunki badań
Table 1. Soil parameters and investigation condition

Gleba	Poziom zagęszczenia	Zwięzłość [kPa]	Głębokość pracy [cm]	Wytrzymałość na ścinanie [kPa]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]
Gлина lekka	I	585	7	24	1,51
			12	41	1,54
	II	816	7	48	1,73
			12	42	1,78
Gлина ciężka	I	578	7	34	1,32
			12	47	1,46
	II	953	7	56	1,54

Wyniki badań

Minimalne i maksymalne zarejestrowane głębokości pracy redliczki oraz wartości średnie przedstawiono na rys. 4. Stwierdzono, że różnice między minimalnymi i maksymalnymi zarejestrowanymi głębokościami pracy dochodzą do około 4 cm.



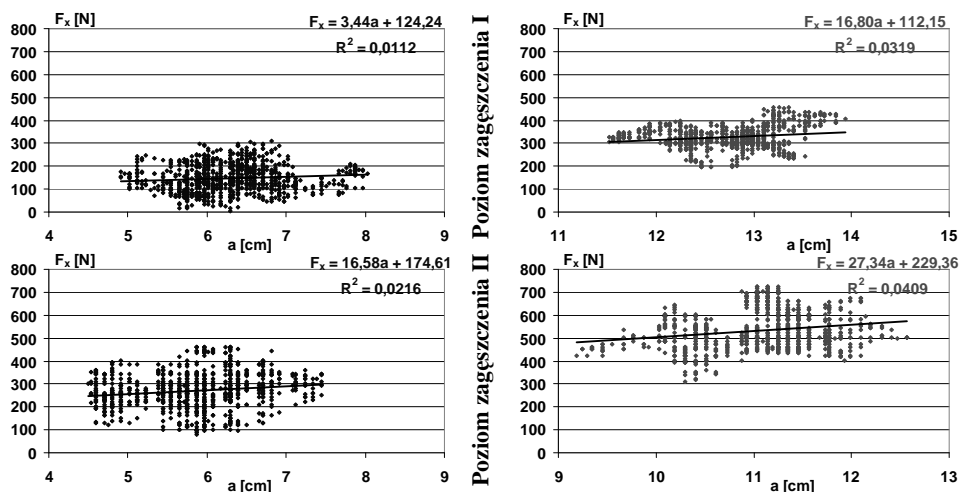
Rys. 4. Minimalne, średnie i maksymalne zarejestrowane głębokości skrawania
Fig. 4. Minimal, mean and maximum recording cutting depth

Względne maksymalne odchyłki rzeczywistych wartości głębokości od założonych przekraczają 47% przy głębokości 7 cm i 25% - przy 12 cm. Maksymalne odchyłki bezwzględne wynosiły odpowiednio 3,9 i 3,4 cm. Jednocześnie należy stwierdzić, że uzyskane odchyłki w odniesieniu do głębokości założonej uzyskano przy wyrównanej powierzchni pola. Sugeruje to, że przy większej nierównomierności powierzchni pola, jaka może wystąpić w trakcie prowadzenia badań w warunkach pola uprawnego, należy się spodziewać zdecydowanie większych odchyłek głębokości faktycznej od założonej.

Różnice pomiędzy odchyłkami bezwzględnymi głębokości dla gliny lekkiej i gliny ciężkiej wynosiły 3,3 i 2,9 cm, dla założonej głębokości 7 i 12 cm - 3,4 i 2,8 cm oraz dla pierwszego i drugiego poziomu zagęszczenia - 2,8 i 3,4 cm. W celu stwierdzenia, czy zmienność analizowanych czynników wpływa istotnie na odchyłki chwilowych głębokości skrawania, które mogą być spowodowane różnymi warunkami pracy koła kopiującego (różne wartości zagłębialności), przeprowadzono testy analizy wariancji na poziomie $\alpha=0,05$. Nie stwierdzono istotnego wpływu gatunku gleby, głębokości skrawania i poziomu zagęszczenia na wartości odchyłek, co świadczy o poprawności konstrukcji układu.

Porównując średnie wartości oporów skrawania oraz wartości oporów wyznaczone jedynie dla chwilowych głębokości odpowiadających założonym stwierdzono, że różnice pomiędzy porównywanymi wartościami oporów przekraczają 30 N. Względne różnice dochodziły do 20% przy głębokości 7 cm i do 5% - przy 12 cm. Oznacza to, że porównywalnych błędów należy się spodziewać przy wyznaczaniu wpływu głębokości skrawania na wartości oporów bez zastosowania układu do rejestracji głębokości, przy czym błędy te mogą być zdecydowanie większe ze względów, które wymieniono wcześniej w trakcie analizy odchyłek głębokości.

Zgodnie z przyjętym założeniem poprawność metodyczną monitorowania głębokości pracy narzędzia testowano poprzez analizę związków korelacyjnych chwilowych wartości oporu skrawania i głębokości. Przykładowe przebiegi wyznaczone w glebie gliniastej ciężkiej przedstawiono na rys. 5. Zaobserwowano, że wszystkie przebiegi oporu skrawania w funkcji głębokości są skorelowane dodatnio przy bardzo wysokiej istotności współczynnika kierunkowego. Stwierdzone wartości współczynników korelacji zawierają się w granicach od 0,06 do 0,33 i wszystkie są istotne na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,0001$. Wysoka istotność współczynników korelacji przy bardzo małych ich wartościach wynika z wyznaczania równań regresyjnych na podstawie około 900 punktów pomiarowych.



Rys. 5. Wpływ chwilowej głębokości skrawania na wartości oporu skrawania gleby gliniastej ciężkiej

Fig. 5. Influence of local cutting depth on resistance soil force in clay soil

Podsumowanie

Przedstawione urządzenie umożliwia ciągłą rejestrację głębokości pracy w stanowiskach do pomiaru sił działających na narzędzia skrawające glebę w warunkach polowych. Na podstawie badań testacyjnych stwierdzono duże względne odchyłki pomiędzy wartościami głębokości założonych i zarejestrowanych, które przekraczały 47% i były wyższe przy mniejszych głębokościach skrawania. Na podstawie testów analizy wariancji stwierdzono, że założona głębokość robocza, gatunek gleby i poziom jej zagęszczenia nie wpływają istotnie na wartości odchyłek bezwzględnych głębokości zarejestrowanych od założonych, co świadczy o poprawności założeń konstrukcyjnych układu pomiarowego, ponieważ zmienność wymienionych czynników nie wpływa wyraźnie na zagłębialność koła kopiującego. Względne różnice pomiędzy średnimi wartościami zarejestrowanych sił a wartościami wyznaczonymi jedynie dla założonej głębokości pracy dochodziły do 20% i były wyższe dla niższej wartości założonej głębokości skrawania, co oznacza, że takich błędów należy się spodziewać przy wyznaczaniu wpływu głębokości skrawania na wartości oporów bez zastosowania układu do rejestracji głębokości. Należy jednak stwierdzić, że przy większej nierównomierności powierzchni pola, jaka może wystąpić w trakcie prowadzenia badań w warunkach pola uprawnego, należy się spodziewać zdecydowanie większych odchyłek głębokości faktycznej

Zygmunt Owskiak, Krzysztof Lejman, Michał Wołoszyn

od założonej i wyższej wartości błędów pomiaru oporu. Sugeruje to, że monitorowanie chwilowych wartości głębokości pracy może być bardzo istotne przy interpretacji wyników pomiarów sił działających na narzędzia, zwłaszcza w przypadku narzędzi pracujących na małych głębokościach. Wysoka istotność korelacji pomiędzy zarejestrowanymi chwilowymi wartościami sił i głębokości potwierdza poprawność założeń metodycznych przyjętych w celu wyznaczenia rzeczywistych wartości głębokości pracy narzędzi skrawających glebę przy zastosowaniu przedstawionego urządzenia w warunkach polowych.

Bibliografia

Bowers C. G. 1989. Tillage draft and energy measurements for twelve south eastern soil series. *Transaction of the ASAE*, 32(5), 1492-1502

BN-79/9180-11. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne.

Gebresenbet G., Jonsson H. 1992. Performances of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. *J. agric. Engng Res.* 52, 121-145

Lejman K., Owskiak Z. 1993. Stanowisko do pomiaru sił działających na narzędzia pracujące w glebie, *Roczniki Nauk Rolniczych*, T. 79-C-4, 103 – 106

Lejman K., Owskiak Z. 2001. Czynniki determinujące wartości oporów skrawania gleby narzędziami o kształcie klina prostego, *Inżynieria Rolnicza*, 13, s. 255 - 260

Salokhe V. M., Suharno, Gee-Clough D. 1992. Effect of enamel coating on the field performance of a mouldboard plough. *Soil & Tillage Research*, 24, 285-297

Sharma V. K., Singh G., Gee-Clough D. 1994. Force-time behaviour of flat tines in dry sand. *J. agric. Engng Res.* 57, 191-197

INFLUENCE OF WORKING DEPTH CHANGEABILITY ON SOIL CUTTING FORCES

Summary

Construction of device for working depth determination of soil cutting tools was described. Testing investigation was conducted in field conditions in sandy loam and clay soils. Tool depth and soil cutting forces changeability of cultivator spring were determined. Due to no significant influence of soil type, cutting depth and soil compacted level on the deviation values of working depth, it may be noted that stand construction is correct. Very significant values of slope and correlation coefficients between local value of working depth and cutting soil forces confirm correctness of using investigation method.

Key words: tools, soil cutting forces, working depth