

Piotr Kostencki
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Szczecinie

BADANIA ODPORNOŚCI ŚCIERNEJ ELEMENTÓW ROBOCZYCH ZĘBÓW KULTYWATORA ŚCIERNISKOWEGO

Streszczenie

Pomiary wytrzymałości ściernej elementów roboczych zębów kultywatora ścierniskowego przeprowadzono podczas uprawy gleb piaszczystych o wilgotności wynoszącej około 10% wagowych. Stwierdzono, że w warunkach badań redliczki i lemieszki boczne, pracujące na tych samych zębach, zużywają się równomiernie. Ich trwałość wynosi około 32 ha/zęb i 42 ha/zęb, odpowiednio dla elementów mocowanych w pierwszym i drugim szeregu.

Słowa kluczowe: zęby kultywatorów, trwałość, zużycie

Wstęp

Wśród elementów roboczych narzędzi uprawowych można wyróżnić elementy skrawające glebę oraz części, po których gleba podczas uprawy jedynie się przemieszcza, powodując ich zużycie przez utratę grubości. Elementy skrawające ulegają ścieraniu od strony powierzchni przyłożenia (ubytek długości lub szerokości elementów) oraz od strony powierzchni natarcia (ubytek grubości). Powoduje to, w powiązaniu z cięższymi warunkami pracy tych części, zwykle szybsze ich zużywanie się. Trudniejsze warunki pracy elementów odcinających glebę wynikają z oddziaływania na glebę o nienaruszonej strukturze, podczas gdy elementy drugiej grupy stykają się z glebą w różny sposób odkształconą [Owsiak 1998].

Elementami roboczymi zębów, zastosowanego w badaniach kultywatora ścierniskowego, są: redliczki, lemieszki boczne prawe i lewe części skrawające glebę, oraz osłony grządzieli, elementy po których gleba się przemieszcza. Konstrukcja osłon pracujących na skrajnych zębach różni się od pozostałych osłon. Redliczki i lemieszki boczne wykonywane są w wersji nienapawanej lub napawanej, przy czym lemieszki wytwarzane są w kilku profilach. Głównym prze-

znaczeniem narzędzia jest uprawa ścierniskowa. W kultywatorze zęby rozstawione są w dwóch szeregach, za którymi umieszcza się sekcję ukośnych tarcz i wał strunowy. Elementy robocze zębów kultywatora, które działają na glebę o nienaruszonej strukturze, są szczególnie narażone na szybkie zużywanie się. Intensywność ścierania się roboczych elementów kultywatora związana jest ze ściernymi właściwościami uprawianej gleby, które mogą być znaczne z powodu częstego, w okresie wykonywania podorywek, obniżenia wilgotności gleby.

Celem badań było określenie odporności ścierniej wybranych nienapawanych konstrukcji elementów roboczych zębów kultywatora Smaragd, wytwarzanych przez krajowego producenta, podczas uprawy gleb piaszczystych.

Obiekty badań

Badaniami objęto po dwanaście redliczek, lemieszów bocznych prawych i lewomych oraz sześć osłon grządzieli, w tym jedną skrajną. Elementy te wykonywane są ze stali borowej i po uformowaniu poddawane objętościowej obróbce cieplnej. Przeciętna twardość materiału zastosowanego w redliczkach wynosiła około 44 HRC (odchylenie standardowe $s=4$ HRC), a w lemieszach bocznych 41 HRC ($s=5$ HRC). Dane o składzie chemicznym stali i parametry zabiegu cieplnego są zastrzeżone. Redliczki profilowane są z płaskowników o szerokości 120 mm i grubości 10 mm. Części ostrzone są od strony powierzchni natarcia, do uzyskania ostrza o grubości około 3 mm. Ostrzenie wykonywane jest przez frezowanie na szerokości około 23 mm. Redliczki mocowane są do obsady za pomocą jednej śruby typu lemieszowego.

Do badań wybrano lemieszki wygięte. Wykonywane są one z blachy o grubości 10 mm. Ich długość wynosi około 370 mm, a maksymalna szerokość 127 mm. Części ostrzone są przez frezowanie od strony powierzchni natarcia. Grubość krawędzi tnącej na początku elementów (zasłoniętym podczas pracy przez redliczki) wynosi 6 mm. Na długości około 90 mm parametr ten ulega zmniejszeniu do 3 mm. W dalszej części elementu grubość krawędzi tnącej wynosi około 3 mm, przy szerokości fazowania 47 mm. Lemieszki boczne mocowane są do obsady dwiema śrubami o półkolistych łbach.

Osłony grządzieli, montowane na wewnętrznych zębach, wykonywane są z płaskowników o grubości 8 mm i szerokości 100 mm. Ich długość wynosi oko-

ło 300 mm. Skrajne osłony profilowane są tak, aby spulchniona gleba nie przesypywała się na boki kultywatora. Ich szerokość robocza wynosi około 140 mm. Wszystkie osłony mocowane są za pomocą jednej śruby typu lemieszowego.

Metodyka badań

Zakres badań obejmował określenie trwałości, bezwzględnego i względnego zużycia masowego oraz zużycia jednostkowego elementów podczas uprawy gleb piaszczystych. Pomiary przeprowadzono w trakcie typowych prac polowych, związanych z pościerniskową uprawą gleby. Stosowano zawieszany kultywator Smaragd 9/600/UE o szerokości roboczej 6 m. Kultywator ten wyposażony jest w trzynaście zębów ustawionych w dwóch szeregach: sześć i siedem zębów, o rozstawie w szeregu wynoszącym 92 cm. Elementy mocowano na trzech zębach pierwszego i na trzech zębach drugiego szeregu. Na pozostałych zębach umieszczane były elementy innego producenta.

Jako potencjalne kryteria granicznego zużycia elementów przyjęto:

- dla redliczek-kryterium zużycia liniowego, związane z utratą długości przez element, przy której niewielkiemu starciu ulegnie nakrętka śruby montażowej,
- dla lemieszów bocznych:
 - 1- kryterium zużycia liniowego, związane z ubytkiem szerokości w początkowym obszarze elementu, przy którym na ścieranie narażone będą elementy ich obsady, lub w niewielkim stopniu starta zostanie nakrętka dolnej śruby mocującej element,
 - 2- kryterium zużycia liniowego, związane ze zużyciem szerokości w końcowym obszarze części, powodującym skrócenie elementu, przy którym niecała powierzchnia pola będzie podcinana,
- dla osłon grządzieli:
 - 1- kryterium zużycia liniowego, związane z ubytkiem szerokości elementu, przy którym część nie będzie spełniała swojej funkcji,
 - 2- kryterium osłabienia mocowania, związane z takim zużyciem grubości elementu w obszarze jego mocowania, przy którym starciu ulegnie część stożkowa łba śruby mocującej i część zostanie narażona na zgubienie.

W celu scharakteryzowania warunków pracy badanych elementów ustalono: procentowy udział gatunków kultywatorowanych gleb, przeciętną zawartość kamieni i żwiru w glebie, przeciętną zawartość próchnicy, odczyn gleby, średnią wilgotność i gęstość objętościową gleby, średnią zwięzłość i wartość przeciętnych naprężeń ścinających glebę. Mierzono też głębokość i prędkość uprawy

Procentowy udział poszczególnych gatunków gleb określono na podstawie map glebowo-rolniczych. Udział frakcji żwiru wyznaczono przesiewając pobrane próbki gleby przez sito o oczkach 1 mm. Występującą w glebie ilość drobnych kamieni ustalono również metodą sitową wg PN-90/R-55003. Zawartość próchnicy określono metodą Tiurina. Odczyn gleby oznaczano metodą potencjometryczną w H₂O i KCl. Wilgotność i gęstość objętościową ustalano dla warstw gleby 0-10 cm i 10-20 cm, metodą suszarkowo-wagową, zgodnie z PN-90/R-55003, stosując cylinderki Kopeckiego o pojemności 100 cm³.

Zwięzłość gleby mierzono dla trzech jej warstw: 0-10 cm, 10-20 cm i poniżej 20 cm, wykorzystując penetrometr sprężynowy wykonany w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Stosowano stożki o kącie wierzchołkowym 300 i średnicy podstawy 19,0 mm (sporadycznie, dla cięższych warunków 16,6 mm). Wartość naprężeń ścinających określano na dwóch głębokościach: około 5 cm i 10 cm. Pomiary wykonywano ścinarką obrotową, stosując w zależności od warunków końcówki o średnicy 25 mm i 48 mm.

Głębokość pracy redliczek i lemieszki bocznych ustalano oddzielnie. Pomiary wykonywano dla elementów zamocowanych na skrajnych zębach, mierząc głębokość spulchnienia w stosunku do powierzchni calizny pola. W celu określenia prędkości zabiegu ustalano czasy przejazdu agregatu na drodze 50 m.

Warunki badań

Pomiary przeprowadzono w okresie 1.08.- 18.11.2003 r. na polach gospodarstwa rolnego w Chlebówku k. Maszewa, o powierzchni około 1300 ha. Kultywatorowano pola po zbiorze zbóż (głównie pszenicy), rzepaku i buraków cukrowych. Względnie niewielki areal pól uprawiany był dwukrotnie. Druga pogłębiona uprawa realizowana była zamiast orki.

Informacje o warunkach i parametrach pracy badanych części podano w tabeli 1. Ponieważ okres pracy osłon grządzieli był znacznie dłuższy od czasu pracy redliczek i lemieszki bocznych, to w tabeli 1 oddzielnie scharakteryzowano warunki pracy tych grup elementów. Mimo ponad trzy i pół miesięcznego okresu badań, zmienność wilgotności gleby w warstwie 0-10 cm nie była duża. Uprawę rozpoczęto przy wilgotności wynoszącej około 13,9%. Po kilku dniach wilgotność gleby obniżyła się i oscylowała w zakresie 8,8-10,8%. Podczas uprawy wykonywanej we wrześniu, październiku i listopadzie była nieco większa - od 10,8% do 13,9%.

Tabela 1. Przeciętne warunki pracy elementów
Table 1. Average working conditions of the elements

Wielkość charakteryzująca glebowe lub eksploatacyjne warunki pracy elementów	Warstwa gleby	Ustalona przeciętna wartość danej wielkości
Procentowy udział poszczególnych gatunków gleb na uprawionym obszarze	uprawiana warstwa	<ul style="list-style-type: none"> • piasek gliniasty mocny pylasty (pgmp)..... - 29,3% • piasek gliniasty lekki (pgl)..... - 26,3% • piasek gliniasty lekki pylasty (pglp)..... - 24,6% • piasek gliniasty mocny (pgm)..... - 6,9% • glina lekka pylasta (glp)..... - 6,4% • piasek słabogliniasty (ps)..... - 4,6% • pył zwykły (plz)..... - 1,6% • glina lekka (gl)..... - 0,2% • piasek luźny (pl)..... - 0,1%
Udział żwiru (%)		4,4 (s=1,0)
Stożek zakamienienia gleby (t/ha)		4,8 (s=2,9) (58182 szt. przeliczeniowych / ha s=28220)
Zawartość próchnicy (%)		1,56 (s=0,37)
Odczyn gleby	uprawiana warstwa	3,6 – 6,9 pH kci 4,7 – 7,3 pH H ₂ O
Wilgotność aktualna gleby (% wagowe)	0 – 10 cm 10 – 20 cm	dla redliczek i lemieszów bocznych 11,0 (s=1,8) dla osłon grządzieli 11,0 (s=1,4)
Gęstość objętościowa gleby (g/cm ³)	0 – 10 cm 10 – 20 cm	1,41 (s=0,06) 1,46 (s=0,07)
Zwięzłość gleby (kPa)	0 – 10 cm 10 – 20 cm pon. 20cm	1386,0 (s=386,9) 1886,0 (s=678,7) 2001,8 (s=760,2)
Naprężenia ścinające (kPa)	ok. 5 cm ok. 10 cm	19,0 (s=2,9) 20,1 (s=3,1)
Głębokość robocza (cm)		redliczki - 8,4 (s=1,5) lemiesz - 3,7 (s=1,5)
Prędkość zabiegu (km/h)		10,63 (s=0,88) redliczki - 9,8 (s=2,6) lemiesz - 4,0 (s=2,1) 9,98 (s=1,20)

Przeciętna wilgotność gleby w warstwie 0-10 cm podczas pracy redliczek i lemieszów bocznych wynosiła około 10,2%, a dla całego okresu pracy osłon grządzieli 11,0% (tab. 1). Gleby o takiej wilgotności mieszczą się na granicy między glebami mało nawilgoconymi (7-10%) i glebami średnio nawilgoconymi (11-14%) (klasyfikacja wg Łabęckiego [1995]).

Kultywatorowano gleby słabo zbite. Według klasyfikacji gęstość objętościowa takich gleb zawiera się w przedziale 1,3-1,5 g/cm³. Zgodnie z PN-90/R-55003 kultywatorowano gleby zaliczane do bardzo mało oraz mało kamienistych, dla których w uprawianej warstwie występuje odpowiednio do 5 ton oraz 5-20 ton kamieni na hektar. W większości odczyn uprawianych gleb był obojętny. W kilku przypadkach uprawiano również gleby o odczynie silnie kwaśnym.

Wyniki pomiarów

Ustaloną trwałość i zużycie wagowe badanych części podano w tabeli 2. Podczas badań nie wszystkie redliczki i lemieszki boczne uległy granicznemu starciu, stąd podana w tabeli 2 liczba powtórzeń dla tych elementów odbiega od zaplanowanej. Natomiast przeciętną masę początkową elementów, zamieszczoną w tabeli 2, określono na podstawie masy wszystkich stosowanych części danego typu.

Należy podkreślić, że w okresie pomiarów, podczas których uprawiono całość pól przewidzianych w gospodarstwie do kultywatorowania, nie uzyskano granicznego zużycia osłon grządzieli. W celach informacyjnych, w tabeli 2 zamieszczono dla tych elementów dane dotyczące uprawionej powierzchni i stopnia ich zużycia. Żaden z elementów nie uległ awaryjnemu uszkodzeniu. W zastanych warunkach badań redliczki i lemieszki boczne ścierały się głównie od strony powierzchni przyłożenia.

W wyniku takiego mechanizmu zużycia długość redliczek i szerokość lemieszów ulegała zmniejszeniu do wymiarów granicznych. Przy czym dla lemieszów bocznych graniczne zużycie związane było ze zmianą szerokości elementów w początkowym ich obszarze, przyległym do obsady. Jeden lewy lemiesz boczny i częściowo redliczka mocowane na zębie pierwszego szeregu oraz wszystkie elementy z jednego zęba w drugim szeregu pracowały w śladzie przejazdu kół ciągnika. Nie stwierdzono wpływu miejsca zamocowania elementów na intensywność ich zużywania się.

Tabela 2. Trwałość i masowe zużycie badanych elementów
Table 2. Durability and wear (by weight) of tested elements

Elementy	ELEMENTY ZUŻYTE GRANICZNIE				Zużycie masowe		
	Masa początkowa części *	Trwałość uprawiony areal ** ha	droga tarcia km	bezwzględne g	procentowe %	jednostkowe g/ha	
Redliczki mocowane na zębach pierwszego szeregu n=5	1746,0 s=13,0 dla n=12	33,08 s=5,06	716,7 s=109,5	1060,0 s=37,7	60,8 s=2,0	32,6 s=5,1	
Redliczki mocowane na zębach drugiego szeregu n=6		42,29 s=12,95	916,1 s=280,6	1056,8 s=21,2	60,5 s=1,1	27,1 s=8,2	
Lemiesze boczne prawe i lewe mocowane na zębach pierwszego szeregu n=9	2254,5 s=63,8 dla n=24	32,38 s=3,43	702,0 s=74,3	1034,9 s=99,2	46,0 s=3,9	32,3 s=4,6	
Lemiesze boczne prawe i lewe mocowane na zębach drugiego szeregu n=4		42,16 s=17,14	913,3 s=371,5	1050,8 s=46,2	45,6 s=1,1	27,2 s=7,5	
ELEMENTY, KTÓRE W OKRESIE BADAŃ NIE ZOSTAŁY GRANICZNIE ZUŻYTE							
Elementy	Masa początkowa części *	Wykonana praca uprawiony areal ** ha	droga tarcia km	bezwzględne g	procentowe %	Stan zużycia masowego jednostkowego g/ha	
Ostony grządzieli mocowane na zębach pierwszego szeregu n=3	1787,2 s=65,0 dla n=5	100,31 s=0,00	2173,3 s=0,0	292,7 s=23,4	16,5 s=1,2	2,9 s=0,2	
Ostony grządzieli mocowane na zębach drugiego szeregu n=2		100,31 R=0,00	2173,3 R=0,0	352,0 R=30,0	19,6 R=3,5	3,6 R=0,3	
Ostona grządzieli skrajna (prawa) n=1	2287,0	100,31	2173,3	396,0	17,3	3,9	

n - liczba powtórzeń, s - odchylenie standardowe, R - rozstęp, * - ustalona na podstawie mas początkowych elementów zużytych i nie zużytych granicznie, ** - areal uprawy przypadający na ząb kultywatora

Z powodu braku danych o trwałości badanych elementów podczas ich pracy w innych warunkach, trudno jest ustosunkować się do ustalonych wartości tego parametru. Trwałość elementów uprawiających glebę najczęściej wyrażana jest powierzchnią uprawy przypadającą na element, do stanu jego granicznego zużycia. Wartość tego parametru można również mierzyć drogą tarcia elementów. Oczywiście jest, że wszelkie relacje między odpornością ścierną elementów są niezależne od przyjętego miernika trwałości. Natomiast na uwagę zasługuje to, że droga tarcia jest bardzo obrazowym parametrem trwałości elementów (tab. 2).

Zgodnie z oczekiwaniem, trwałość redliczek oraz lemieszki bocznych, mocowanych na zębach drugiego szeregu była większa. Stwierdzono około 1,3-krotnie większą ich trwałość, w stosunku do trwałości tych elementów z pierwszego szeregu. Przy czym przeciętna trwałość redliczek i lemieszki pracujących na tych samych zębach była praktycznie taka sama (tab. 2).

Równomierne zużywanie się części w konstrukcjach dzielonych jest bardzo pożądane. Usprawnia to wymianę części i sprzyja zachowaniu optymalnej geometrii elementu roboczego. Znaczne względne zużycie masowe redliczek świadczy o dużym wykorzystaniu materiału elementów. Zużycie to wynosiło około 60% masy początkowej tych części i było 1,3 raza większe niż lemieszki bocznych.

Zużycie jednostkowe redliczek i lemieszki bocznych z zębów pierwszego szeregu było około 1,2-krotnie większe w odniesieniu do tych samych elementów pracujących w drugim szeregu. Wyjaśnia to mniejsza trwałość elementów pracujących w pierwszym szeregu, związana z oddziaływaniem na glebę o nienaruszonej strukturze.

Podczas badań wszystkie osłony grządzieli wykonały taką samą ilość pracy i nie zostały granicznie zużyte. Bezwzględne i względne zużycie masowe osłon pracujących w drugim szeregu było o około 1,2 raza większe od zużycia części z pierwszego szeregu. Zwiększone zużycie elementów pracujących w drugiej linii powiązać można z oddziaływaniem gleby z pryzm utworzonych przez zęby ustawione w pierwszym szeregu. Większa masa uprawianej gleby może przyczynić się do wzrostu obciążenia tych elementów, powodującego przyspieszone ich ścieranie.

Wnioski

1. Podczas uprawy gleb piaszczystych o wilgotności około 10% i zwięzłości około 1,4 MPa badane redliczki i lemieszki boczne zębów kultywatora ścierniskowego ulegały głównie ścieraniu od strony powierzchni przyłożenia. Ich zużycie graniczne następowało w wyniku ubytku długości w przypadku redliczek oraz ubytku szerokości dla lemieszki bocznych.
2. W warunkach badań, trwałość redliczek i lemieszki bocznych pracujących na tych samych zębach kultywatora była praktycznie taka sama. Przy czym trwałość redliczek i lemieszki bocznych pracujących w drugim szeregu była około 1,3 raza większa od wytrzymałości elementów mocowanych w pierwszym szeregu i wynosiła niewiele ponad 42 ha/ząb.
3. W zastanych warunkach pracy masowe zużycie procentowe redliczek wynosiło około 60% i było 1,3-krotnie większe od zużycia lemieszki bocznych. Natomiast wagowe zużycie jednostkowe współpracujących ze sobą redliczek i lemieszki było takie same i wynosiło ponad 32 g/ha oraz 27 g/ha, odpowiednio dla elementów mocowanych w pierwszym i drugim szeregu kultywatora.
4. Intensywność ścierania się osłon grządzieli z zębów drugiego szeregu była, w warunkach badań, większa niż osłon pracujących w pierwszym szeregu (przy nieosiągniętym podczas badań stanie granicznego zużycia części o 20% większa).

Bibliografia

Łabęcki M. 1995. Określenie wpływu stopnia zwięzłości, wilgotności i zakamienienia gleby na zużycie lemieszki do pługów ciągnikowych. Opracowanie Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych, TT-5/1995

Owsiak Z. 1998. Narzędzia skrawające glebę. Wydawnictwo AR, Wrocław

ABRASION RESISTANCE OF WORKING ELEMENTS OF THE STUBBLE CULTIVATOR TINES

Summary

Abrasion resistance of working elements in the tines of Smaragd stubble cultivator, produced by Polish manufacturer, was investigated. The measurements were taken during cultivation of sandy soil of the moisture content 10% by weight. It was found that under conditions of tests the coulters and side-shares

working on the some tines were uniformly worn out. Their durability reached 32 and 42 ha per tine, for the elements mounted in the first and in the second row, respectively.

Key words: cultivator tines, working elements, durability, wear, abrasion resistance

Recenzent: Zygmunt Owsiak

