

Włodzimierz Talarczyk, Zbyszek Zbytek
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

WPLYW GŁĘBOKOŚCI ROBOCZEJ AGREGATU DO BEZORKOWEJ UPRAWY GLEBY NA OBCIĄŻENIA EKSPLOATACYJNE

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań obciążeń eksploatacyjnych agregatu do bezorkowej uprawy gleby. Omówiono przebieg i wyniki pomiarów oporów roboczych i naprężeń w ramie agregatu, przy różnym zagłębieniu zębów. Oceniono zapotrzebowanie mocy agregatu i wytrzymałość ramy.

Słowa kluczowe: głębokość robocza, agregat, bezorkowa uprawa gleby, opory robocze, naprężenia

Wstęp i cel badań

W ostatnich latach, w wyniku dążenia do zmniejszenia energochłonności i pracochłonności uprawy roli, wzrasta zainteresowanie producentów rolnych uproszczonymi metodami uprawy, a w szczególności płytką uprawą bezorkową [Sieklucka, Sieklucki 1994]. Ograniczenie głębokości roboczej lub zaniechanie spulchnienia gleby może prowadzić do jej degradacji, a tym samym do znacznego obniżenia plonów. Dlatego planując uproszczenia w uprawie należy uwzględnić stan wyjściowy gleby [Talarczyk 2000].

Celem badań była ocena wpływu głębokości roboczej agregatu do bezorkowej uprawy gleby na obciążenia eksploatacyjne. Badania prowadzono uwzględniając różne konfiguracje robocze agregatu, wynikające z zakresu głębokości spulchnienia gleby przez zęby głębosza i kultywatora oraz z zastosowania agregatu do uprawy gleby lub uprawy połączonej z jednoczesnym siewem poplonu [Talarczyk i in. 2004].

Przedmiot badań

Agregat uprawowy składa się z czterech zespołów roboczych: głębosza, kultywatora, niwelatora i wału, zamocowanych na wspólnej ramie nośnej. Sam agregat uprawowy przeznaczony jest do bezorkowego spulchniania gleby w dużym zakresie głębokości roboczej głębosza i kultywatora, obejmującym zarówno uprawę dwuwarstwową, jak i jednowarstwową, a niwelator i wał doprawiają powierzchnię spulchnionej gleby, wyrównując ją, krusząc i zagęszczając. Agregat uprawowy, zależnie od głębokości roboczej i wyposażenia zębów głębosza i kultywatora, można stosować do bezorkowego spulchniania gleby bezpośrednio po zbiorach lub po uprawie wstępnej, wykonując uprawę późniwną lub uprawę podstawową zastępującą orkę siewną lub przedzimową. Jednoczesny wysiew poplonu siewnikiem nabudowanym na ramie agregatu uprawowego można prowadzić niezależnie od głębokości spulchniania gleby.

Metodyka badań

Cel badań zrealizowano przeprowadzając badania zgodnie z obowiązującymi metodami i procedurami dotyczącymi maszyn uprawowych (PN-90/R-55005) oraz metodykami ogólnymi zawartymi między innymi w normach PN i obowiązującymi w PIMR.

Pomiary oporów roboczych przeprowadzono za pomocą urządzenia do pomiaru siły uciągu maszyn zawieszanych typu SPN-2. Opory robocze rejestrowano podczas pracy na polu po zbiorze buraków, dla różnych konfiguracji roboczych agregatu wynikających z głębokości roboczej zębów głębosza i kultywatora oraz z wyposażenia ich w redlice wąskie lub szerokie (tabela 1). We wszystkich konfiguracjach roboczych wał był ustawiony na poziomie zapewniającym uzyskanie zakładanej głębokości roboczej, a niwelator na poziomie zapewniającym wyrównanie gleby przed wałem. Ponadto stosowano trzy prędkości robocze: 1,4 m/s (4,1 km/h), 1,6 m/s (5,6 km/h), 2,1 m/s (7,5 km/h). W trakcie badań prototyp agregatu zawieszony był na ciągniku Ursus 1614 (klasa 3), a w przypadku konieczności uzyskania większej siły uciągu agregowano z nim dodatkowo ciągnik Ursus 1224 (klasa 2).

Pomiary obciążeń wytrzymałości konstrukcji nośnej agregatu przeprowadzono za pomocą rozet tensometrycznych TF 10/120 produkcji firmy „Tenmex” Łódź, wzmacniaczy pomiarowych DMC-plus firmy Hottinger i komputera Handy firmy Highscreen z procesorem 486 SX. Do rejestracji i przetwarzania sygnałów pomiarowych zastosowano zestaw akwizycji danych pomiarowych oparty na aparaturze pomiarowej i oprogramowaniu firmy Hottinger.

Tabela 1. Schemat pomiarowy badań siły uciążu ciągnika i wartości siły uciążu zarejestrowane podczas prowadzonych prac agregatem

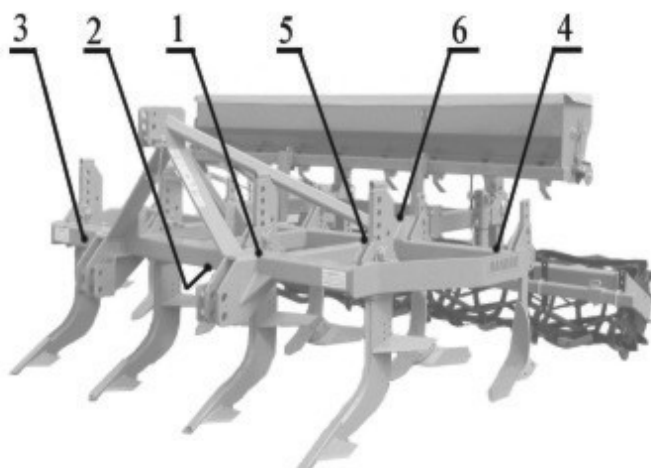
Table 1. Measurement scheme of engine pulling force and pulling force value research

Wariant pomiarowy	Ustawienie agregatu (zagłębienie i wyposażenie zębów głębosza i kultywatora)	Prędkość robocza					
		ok. 4,1 km/h		ok. 5,6 km/h		ok. 7,5 km/h	
		Siła uciążu (daN)					
		średnia	maksymalna	średnia	maksymalna	średnia	maksymalna
1	zęby głębosza tylko z redlicami wąskimi (0,45 m)	3422,6	4236,0	3583,7	4476,0	3656,9	5016,0
2	zęby głębosza z redlicami wąskimi i podcinaczami górnymi (0,45 m)	2670,6	3292,0	3159,3	3368,0	3174,1	4748,0
3	zęby głębosza z redlicami wąskimi podcinaczami górnymi (0,45 m) + zęby kultywatora z redlicami i lemieszami bocznymi (0,15 m)	3021,3	4356,0	3324,0	3908,0	3263,5	4336,0
4	zęby głębosza z redlicami wąskimi i podcinaczami górnymi (0,45 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,25 m)	3218,1	5064,0	3355,3	3796,0	3678,0	4552,0
5	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,35 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,35 m)	3251,6	3356,0	3811,1	4032,0	4093,9	4508,0
6	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,25 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,25 m)	2324,3	2808,0	2589,0	2948,0	2752,5	3488,0
7	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,15 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,15 m)	1864,3	2125,0	2284,5	2595,0	2903,5	3455,0
8	zęby głębosza z redlicami szerokimi (0,15 m) + zęby kultywatora z redlicami i lemieszami bocznymi (0,15 m)	2316,4	2488,0	2660,6	2916,0	3045,7	3360,0

Do pomiaru odkształceń zastosowano czujniki tensometryczne o symbolu TF 8/120, natomiast do kompensacji wpływu temperatury użyto czujników tensometrycznych o symbolu TFs 10/120. Sygnały pomiarowe z wymienionych czujników zostały zarejestrowane za pomocą urządzenia Spider-8 w konfiguracji obejmującej

32 kanały pomiarowe oraz za pomocą oprogramowania Catman-32. Obróbka sygnałów pomiarowych (filtrowanie i całkowanie) została przeprowadzona za pomocą oprogramowania Matlab. Zarejestrowane w trakcie przejazdów roboczych sygnały napięcia przeliczono na sygnał naprężenia oraz siły uciągu. Kierując się możliwościami pomiarowymi oraz przeznaczeniem sygnałów przyjęto, że dla konstrukcji agregatu pomiary naprężeń zostały przeprowadzone w sześciu punktach pomiarowych (rys. 1):

- belka przednia ramy, od spodu, przy układzie zawieszenia,
- belka przednia ramy, od góry, przy układzie zawieszenia,
- belka przednia ramy, z czoła, pomiędzy układem zawieszenia a uchwytem skrajnego zęba głębosza,
- belka środkowa ramy, przy uchwycie skrajnego zęba kultywatora,
- belka wzdłużna ramy w miejscu mocowania zastrzału,
- belka wzdłużna tylna przy nakładkach wzmacniających.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na ramie agregatu

Fig. 1. Measurement points location on the aggregate frame

Sygnały pomiarowe zarejestrowane podczas badań eksperymentalnych zostały przetworzone na odkształcenia. Następnie, bazując na otrzymanych odkształceniach i zależnościach dla zastosowanej rozety tensometrycznej, wyliczono składowe odkształcenia ε_x , ε_y oraz kąt odkształcenia postaciowego γ_{xy} . Przyjmując założenie o istnieniu płaskiego stanu naprężeń, po odpowiednich przekształceniach otrzymano zależności na naprężenia występujące w badanych punktach pomiarowych. Na podstawie otrzymanych naprężeń otrzymano naprężenia zredukowane wg hipotezy Hubera (tabela 2).

Tabela 2. Wyniki pomiarów naprężeń
Table 2. Stresses measurements results

Wariant pomiarowy	Ustawienie agregatu (zagłębienie i wyposażenie zębów głębosza i kultywatora) lub wykonywana czynność	Prędkość robocza (km/h)	Maksymalne naprężenia zredukowane (MPa) w poszczególnych punktach pomiarowych					
			1	2	3	4	5	6
1	zęby głębosza tylko z redlicami wąskimi (0,45 m)	4,1	105,4 (135,8)*	67,1 (99,1)*	35,4 (222,6)*	29,3 (35,8)*	26,6 (41,4)*	87,7 (133,4)*
		5,6	182,4	92,7	148,7	20,4	53,4	85,1
		7,5	213,3	95,5	174,0	26,2	42,1	79,9
2	zęby głębosza z redlicami wąskimi i podcinaczami górnymi (0,45 m)	4,1	120,6 (144,5)*	69,3 (99,9)*	119 (209,1)*	16,9 (33,4)*	27,1 (32,7)*	113 (139,7)*
		5,6	123,9	67,9	141,7	16,2	29,2	86,0
		7,5	148 (199,5)*	83,7 (128,7)*	145 (295,1)*	8,7 (21,8)*	63,5 (79,3)*	92,9 (102,8)*
3	zęby głębosza z redlicami wąskimi i podcinaczami górnymi (0,45 m) + zęby kultywatora z redlicami i lemieszami bocznymi (0,15 m)	4,1	91,3	54,3	111,3	20,4	29,7	66,7
		5,6	136,5 (290,6)*	71,5 (92,4)*	134,5 (159,9)*	15,3 (26,6)*	27,9 (48,2)*	101,6 (129,9)*
		7,5	151,0 (165,9)*	74,9 (110,3)*	144,6 (257,6)*	21,4 (28,6)*	28,9 (35,5)*	123,0 (166,7)*
4	zęby głębosza z redlicami wąskimi i podcinaczami górnymi (0,45 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,25 m)	4,1	114,2 (198,8)*	75,3 (115,4)*	122,8 (265,7)*	32,8 (41,7)*	30,0 (51,3)*	96,6 (142,8)*
		5,6	144,0	82,2	127,1	36,8	37,0	78,1
		7,5	150,2 (267,0)*	83,2 (91,5)*	160,5 (216,8)*	30,8 (35,0)*	64,7 (66,1)*	86,5 (104,0)*
5	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,35 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,35 m)	4,1	105,5	73,9	89,1	84,3	69,4	99,3
		5,6	121,6	85,0	88,5	69,8	34,5	45,4
		7,5	135,0	93,2	80,6	65,2	47,1	60,1
6	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,25 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,25 m)	4,1	78,7	55,3	52,5	23,0	82,3	179,7
		5,6	77,9	54,3	54,7	65,8	45,1	71,0
		7,5	84,1	57,9	51,8	44,9	35,7	62,6
7	zęby głębosza z redlicami wąskimi (0,15 m) + zęby kultywatora tylko z redlicami (0,15 m)	4,1	75,2	57,3	41,6	30,5	37,9	103,1
		5,6	54,2	36,2	41,9	29,4	31,8	68,0
		7,5	64,6	49,1	73,6	36,4	49,4	104,9
8	zęby głębosza z redlicami szerokimi (0,15 m) + zęby kultywatora z redlicami i lemieszami bocznymi (0,15 m)	4,1	79,7	60,4	52,6	23,2	58,1	160,3
		5,6	68,5	46,8	77,4	39,1	45,0	95,9
		7,5	85,3	58,1	86,3	45,9	40,3	88,0

* chwilowe wartości naprężenia zredukowanego zarejestrowane podczas natrafienia elementu roboczego na kamień

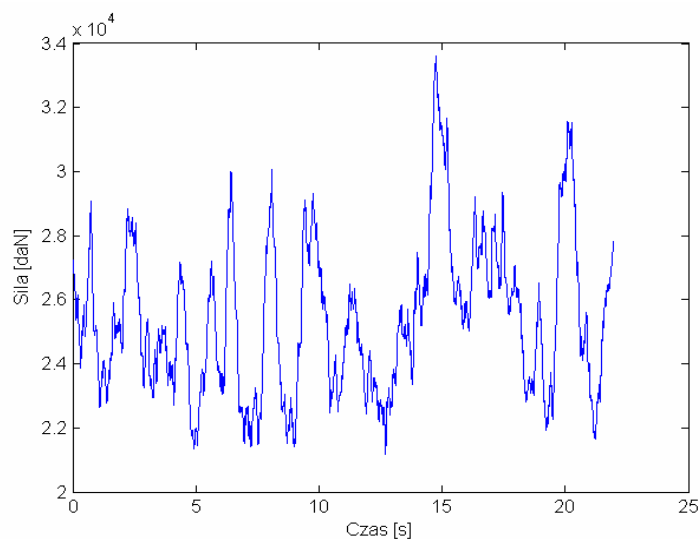
Wyniki pomiarów

Sygnały pomiarowe rejestrowane były podczas wykonywania uprawy zgodnie z przyjętymi wariantami pomiarowymi:

- jednowarstwowa uprawa bezorkowa (wszystkie zęby spalniające glebę ustawione są na tym samym poziomie i w zależności od potrzeb wyposażone w szerokie lub wąskie elementy robocze),
- dwuwarstwowa uprawa bezorkowa (zęby głębsza ustawione są niżej i wyposażone w wąskie redlice dolne oraz specjalne podcinacze zamocowane w górnej części trzonów, a zęby kultywatora są uniesione wyżej i wyposażone w same redlice lub redlice i lemiesz boczne).

Opory robocze

Pomiary oporów roboczych przeprowadzono na glebie ciężkiej po zbiorze buraków. Zwięźłość gleby w warstwie ornej (do 30 cm) wynosiła 1,6-1,8 MPa, a w podglebiu przekraczała 3,5 MPa. Wartości średnie i maksymalne (szczytowe) siły uciągu agregatu wyznaczone dla poszczególnych wariantów pomiarowych przedstawiono w tabelicy 1. Przykładowy wykres wartości siły uciągu uzyskanej podczas pracy ze średnią prędkością roboczą 7,5 km/h przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Sygnał siły uciągu zarejestrowany dla 8. wariantu pomiarowego
Fig. 2. Pulling force signal registered for the 8th measurement variant

Wyniki pomiarów oporów roboczych agregatu uzyskane w ciężkich warunkach glebowych i przewidywane niższe opory podczas pracy w warunkach lżejszych wskazują, że agregat powinien współpracować z ciągnikami:

- klasy 2-3 podczas uprawy na głębokości do 0,15 m,
- klasy 3 podczas uprawy na głębokości do 0,15-0,30 m,
- klasy 3-4 podczas uprawy na głębokości do 0,30-0,45 m.

Podcinacze mocowane w górnej części trzonów zębów głębosza powodują nieznaczny wzrost oporów roboczych głębosza, przy czym wzrost ten jest mniejszy przy większej prędkości roboczej ze względu na lepsze wypiętrzenie gleby przed podcinaczami.

Opory robocze agregatu podczas jednowarstwowego spulchniania gleby na głębokości 15 cm, z zębami wyposażonymi w szerokie redlice, są porównywalne z oporami podczas uprawy na głębokość 25 cm zębami wyposażonymi w wąskie redlice. Podczas uprawy dwuwarstwowej zęby kultywatora spulchniające górną warstwę gleby między rozluźnionymi śladami pracy zębów głębosza, powodują znacznie niższy wzrost oporów roboczych agregatu niż podczas uprawy jednowarstwowej.

Naprężenia w ramie

Pomiary naprężeń wykonano podczas pracy agregatu na polu, wg przyjętego schematu pomiarowego. Sygnały wymuszenia z tensometrów oraz czujników przyspieszeń drgań zostały zarejestrowane przez system akwizycji danych pomiarowych w postaci zmian napięcia w czasie. Sygnały te zostały następnie opracowane i przedstawione w tabeli 3. Wykresy wartości naprężeń zmierzonych za pomocą czujników tensometrycznych przedstawiono graficznie (rys. 3) dla punktów, w których odnotowano największe wartości naprężeń zredukowanych. Dla wybranego punktu pomiarowego wyniki przedstawiono za pomocą trzech diagramów. Pierwszy z nich przedstawia wykresy naprężeń Sig_x , Sig_y oraz naprężenia ścinające T_{xy} . Na drugim znajdują się dwa wykresy naprężeń głównych. Na trzecim przedstawiono wykres naprężeń zredukowanych.

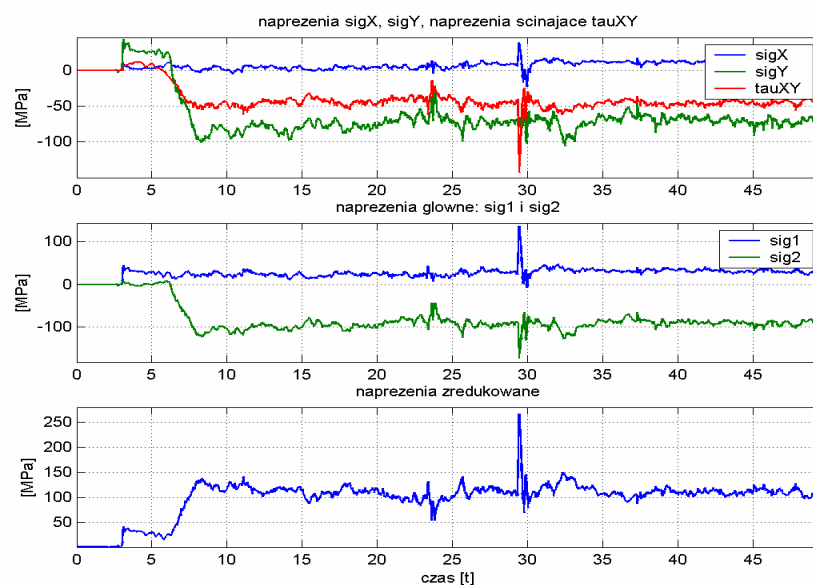
Na podstawie uzyskanych wyników naprężeń ramy nośnej agregatu stwierdzono w położeniu roboczym z zębami głębosza wyposażonymi tylko w redlice wąskie (wariant pomiarowy 1) występowanie wysokiego poziomu naprężeń w punkcie tensometrycznym 1 (osiągają wartości 213 MPa) i w punkcie pomiarowym 3 (osiągają wartości 174 MPa). Chwilowe naprężenia, wywołane uderzeniem elementu roboczego o kamień, osiągają w tych punktach wartości 270-300 MPa.

Tabela 3. Wartości naprężeń SigX i SigY, naprężeń ścinających Txy, naprężeń głównych oraz naprężeń zredukowanych uzyskane podczas badań agregatu przy prędkości roboczej 7,5 km/h (pomiar 3)

Table 3. SigX and SigY stresses values, Txy cutting stresses values, main and reduced stresses values obtained during aggregate research at the working speed of 7,5 km/h (measurement 3)

Nr punktu pom.	Położenie punktu pomiarowego	Zakres zmian wartości naprężeń [MPa]					
		sigX	sigY	ścinających Txy	głównych sig1	głównych sig2	Maksymalna wartość naprężeń zredukowanych
1	belka przednia ramy, od spodu, przy układzie zawieszenia	-22,9	-105,6	-142,8	-6,7	-173,1	150,2
		38,7	43,7	11,7	135,5	8,8	(267,0)*
2	belka przednia ramy, od góry, przy układzie zawieszenia	-25,0	-27,8	-21,1	-1,0	-32,4	83,2
		21,3	84,8	26,3	85,3	21,2	(91,5)*
3	belka przednia ramy, z czoła, pomiędzy układem zawieszenia a uchwytem skrajnego zęba głębosza	-8,7	-7,9	-27,5	0	-97,0	160,5
		10,3	53,4	121,4	151,4	0,6	(216,8)*
4	belka środkowa ramy, przy uchwycie skrajnego zęba kultywatora,	-14,9	-24,2	-3,5	-6,4	-33,0	30,8
		3,0	12,7	20,0	23,2	0,2	(35,0)*
5	belka wzdłużna tylna przy nakładkach wzmacniających	-7,3	-22,5	-12,2	-5,6	-24,0	64,7
		23,5	71,0	5,4	73,2	20,9	(66,1)*
6	belka wzdłużna tylna przy nakładkach wzmacniających	-10,5	-100,7	-17,5	-9,7	-103,4	86,5
		9,4	50,4	13,7	53,2	4,7	(104,0)*

* chwilowe wartości naprężenia zredukowanego zarejestrowane podczas natrafienia elementu roboczego na kamień



Rys. 3. Naprężenia uzyskane w pomiarze 3. dla punktu pomiarowego 1
 Fig. 3. Stresses obtained in measurement 3 for the measurement spot

Wnioski

1. Agregat wyposażony w 4 zęby głębosza i 5 zębów kultywatora, zależnie od głębokości roboczej, może współpracować z ciągnikami klasy 2-4.
2. Podcinacze mocowane w górnej części trzonek zębów głębosza powodują wzrost oporów roboczych o ok. 13-15% przy prędkości powyżej 5 km/h.
3. Jednowarstwowe spulchnienie gleby powinno odbywać się w zakresie warstwy ornej, gdyż przy głębokości większej występuje gwałtowny wzrost oporów.
4. Opory robocze podczas jednowarstwowego spulchniania gleby na głębokość 15 cm zębami wyposażonymi w szerokie redlice są porównywalne z oporami podczas uprawy na głębokość 25 cm zębami wyposażonymi w wąskie redlice.
5. Największy poziom naprężeń występuje w przedniej i tylnej części ramy (punkty tensometryczne 1, 3, 6) i spowodowany jest oporami roboczymi zębów głębosza i reakcją gleby na wał utrzymujący głębokość roboczą.
6. Chwilowe naprężenia, wywołane uderzeniem zęba głębosza w kamień, osiągają w punkcie pomiarowym 3 (wartość 159,9-295,1 MPa) i są 2-krotnie wyższe od maksymalnych naprężeń wynikających z oporów roboczych.
7. Rama agregatu jest sztywna i zapewnia przeniesienie obciążeń pochodzących od wszystkich zespołów roboczych, przy maksymalnym ich zagłębieniu.

Bibliografia

Sieklucka M., Sieklucki J. 1994. „Bezplużna uprawa roli”. Nowoczesne Rolnictwo, nr 1.

Talarczyk W. 2000. Ochrona gleby w procesie jej uprawy. Prace PIMR Poznań, nr 2.

Talarczyk W., Zbytek Z., Kromulski J., Mac J., Pomianowski R. 2004. Wielozadaniowy agregat do bezorkowej uprawy gleby i jednoczesnego siewu poplonu. Badania obciążeń eksploatacyjnych (pomiar sił i naprężeń w warunkach eksploatacji i transportu, identyfikacja słabych ogniw), maszynopis, biblioteka PIMR.

IMPACT OF WORKING DEPTH OF THE NON-PLOUGHING TILLAGE SYSTEM ON SERVICE LOAD

Summary

The results of research on service load of non-ploughing tillage system have been presented. The course and results of measurement of work resistance and stresses in the equipment frame have been discussed, with varying sinking depth of the teeth. The power demand of the equipment and the frame strength have been assessed.

Key words: working depth, aggregate, non-plough soil tillage, working resistances, stresses