

## WPŁYW PARAMETRÓW ROBOCZYCH WIELOFUNKCYJNEGO NARZĘDZIA UPRAWOWO-PIELĘGNACYJNEGO NA OBCIĄŻENIA EKSPLOATACYJNE

Zbyszek Zbytek, Włodzimierz Talarczyk

*Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu*

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań wielofunkcyjnego narzędzia uprawowo-pielęgnacyjnego. Omówiono przebieg i wyniki pomiarów oporów roboczych i naprężeń w ramie narzędzia, przy różnych konfiguracjach roboczych narzędzia. Oceniono zapotrzebowanie mocy narzędzia i wytrzymałość ramy.

**Słowa kluczowe:** pielęgnacja, uprawa przedsiewna, wielofunkcyjność, parametry robocze, zapotrzebowanie mocy, wytrzymałość ramy

### Wstęp i cel badań

Obecnie w ochronie roślin stosuje się łączenie metod biologicznych, agrotechnicznych i chemicznych w celu ograniczenia rozwoju chwastów. Jedną z najważniejszych metod agrotechnicznych w ochronie roślin jest mechaniczna upraw gleby i pielęgnacja roślin. W ekologicznym systemie produkcji rolnej, mechaniczne zwalczanie chwastów nabiera coraz większego znaczenia. Dlatego opracowano wielofunkcyjne narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne, z wymiennymi polami roboczymi, które przeznaczone jest do mechanicznej pielęgnacji upraw oraz przedsiewnej uprawy gleby. Zastosowanie nowego rozwiązania ramy nośnej umożliwia stworzenie narzędzia do pielęgnacji upraw zbożowych i użytków zielonych oraz agregatu do przesiewnej uprawy. Wielofunkcyjność i swobodna możliwość wyboru konfiguracji roboczej narzędzia, nowoczesność zastosowanych rozwiązań, wysoki stopień wykorzystania rozwiązań innowacyjnych, zastosowanie produkowanych w kraju podzespołów stwarza możliwość szerokiego zastosowania opracowanego narzędzia w rolniczych gospodarstwach konwencjonalnych, zrównoważonych i ekologicznych.

Celem badań była ocena wpływu głębokości roboczej i kąta pochylenia zębów chwastownika oraz docisku wału strunowego agregatu do przesiewnej uprawy gleby na obciążenia eksploatacyjne wielofunkcyjnego narzędzia. Badania prowadzono uwzględniając dwie konfiguracje robocze narzędzia, wynikające z doboru elementów roboczych.

### Przedmiot badań

Wielofunkcyjne narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne przeznaczone jest do przedsiewnej uprawy gleby i mechanicznej pielęgnacji upraw. Segmentowa rama, składana hydraulicznie

do transportu, umożliwia montaż narzędzia w wersjach o szerokościach roboczych 6 i 9 m, przeznaczonych do współpracy z ciągnikami klasy 0,9 i 1,4. Wymienne zespoły robocze o szerokości 1,5 m mocowane są na wahliwych zawiasach zapewniających prawidłowe ich ustawienie w pracy i transporcie. Brona chwastownik może być wyposażona w 4 (szer. rob. 6 m) lub 6 pól (szer. rob. 9 m) ze sprężystymi palcami o regulowanym kącie natarcia. Przeznaczona jest do niszczenia chwastów i skorupy na powierzchni gleby w uprawie zbóż, ziemniaków, kukurydzy, buraków, rzepaku, większości warzyw, a więc jest nieodzownym narzędziem w gospodarstwach ekologicznych. Chwastownik jest również przydatny do pielęgnacji użytków zielonych, szczególnie po wyposażeniu w przednie włóki, rozgarniające kretowiska. Lekki agregat doprawiający przeznaczony jest do przedsięwzięcia doprawienia gleb lekkich i średnich po orce. Oprócz 4 pól zębowych i włók wyposażony jest dodatkowo w wały strunowe, które kruszą i dociskają spulchnioną glebę.

## 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 i naprężeń ramy brony chwastownika przeprowadzono na polu po podorywce, silnie porośniętym samosiewami, na glebie średniej o wilgotności bezwzględnej 9,5%. Z kolei pomiary oporów i naprężeń ramy agregatu do uprawy przedsięwziętej przeprowadzono na polu po orce, na glebie średniej o wilgotności bezwzględnej 10%. Poszczególne warianty pomiarowe obejmowały dwie prędkości robocze oraz dwa kąty natarcia zębów w bronie chwastownik i różne docisku wału strunowego w agregacie.

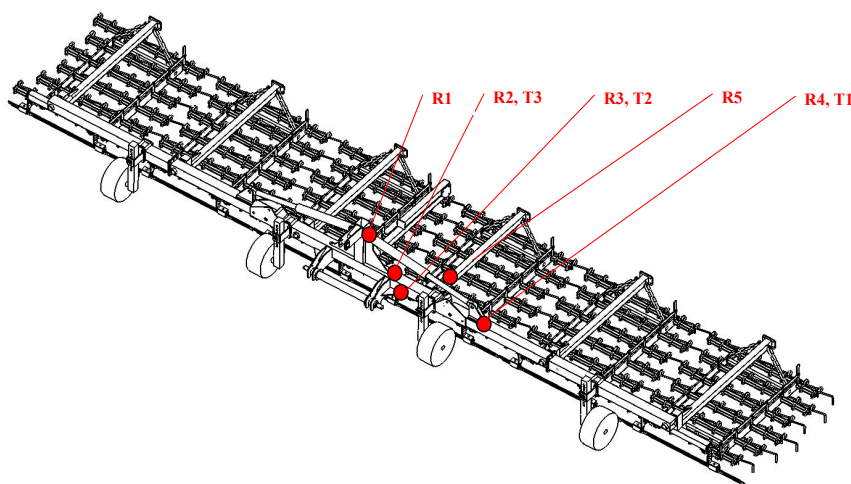
Otrzymane podczas badań sygnały napięcia przeliczono na sygnał siły uciągu. Zestaw pomiarowy zastosowany do określenia oporów roboczych składał się z ramy pomiarowej do pomiaru siły uciągu maszyn zawieszanych typ SPN-2 oraz czujnika siły typu U2A o czułości  $2\text{mV/V}=10000\text{ N}$  (10 t). Zarejestrowane w trakcie przejazdów roboczych sygnały napięcia przeliczono na sygnał naprężenia oraz siły uciągu przedstawione graficznie w postaci przebiegów czasowych. Z zarejestrowanych przebiegów wyznaczono wartości skuteczną (RMS), średnią (average), szczytową (peak, dodatnią i ujemną). Uśrednione wartości siły oporu podano z dokładnością do 50 daN. W trakcie badań prototyp narzędzia zawieszony był na ciągniku Ursus 1224 (klasa 2). Empiryczne pomiary wytrzymałości konstrukcji nośnej przeprowadzono za pomocą rozet tensometrycznych TF 10/120. Do rejestracji i przetwarzania sygnałów pomiarowych zastosowano zestaw akwizycji danych pomiarowych oparty na aparaturze pomiarowej i oprogramowaniu firmy Hottinger. Sygnały pomiarowe z wymienionych czujników zostały zarejestrowane przy pomocy 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.

Sygnały pomiarowe zarejestrowane podczas badań eksperymentalnych zostały przetworzone na odkształcenia. Następnie, bazując na otrzymanych odkształceniach i zależnościach dla zastosowanej rozety tensometrycznej wyliczono składowe odkształcenia  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  oraz kąt odkształcenia postaciowego  $\gamma_{xy}$ . 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).

Kierując się potrzebami pomiarowymi oraz przeznaczeniem sygnałów przyjęto, że dla wielofunkcyjnego narzędzia pomiary naprężeń zostaną przeprowadzone w 5. punktach pomiarowych (rozmieszczenie rozet tensometrycznych rys. 1):

- R1 – mocowanie ucha siłownika hydraulicznego na stojaku TUZ,
- R2 – belka główna ramy środkowej, w miejscu spawania zebra poprzecznego stojaka zawieszenia,
- R3 – belka główna ramy środkowej, w miejscu spawania zebra zaczepu dolnego TUZ,
- R4 – belka pierwszego segmentu skrzydła bocznego, w miejscu mocowania ucha siłownika hydraulicznego,
- R5 – zawiesie, połączenie zebra pionowego z belką zawiesia.



Rys. 1. Miejsca naklejenia rozet i tensometrów na ramie wielofunkcyjnego narzędzia

Fig. 1. Locations for sticking of rosettes and extensometers onto the frame of a multipurpose tool

## Wyniki pomiarów

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

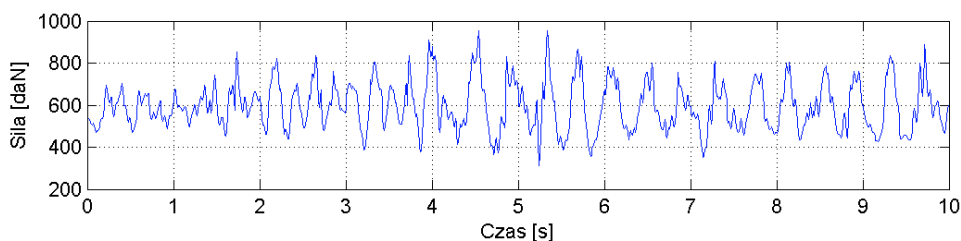
- 6 polowego chwastownika (szerokość robocza 9 m) podczas mechanicznego niszczenia chwastów,
- agregatu doprawiającego glebę po orce (szerokość robocza 6 m).

Poszczególne warianty pomiarowe obejmowały dwie prędkości robocze, dwa kąty natarcia zębów brony oraz różne naciski wału strunowego agregatu.

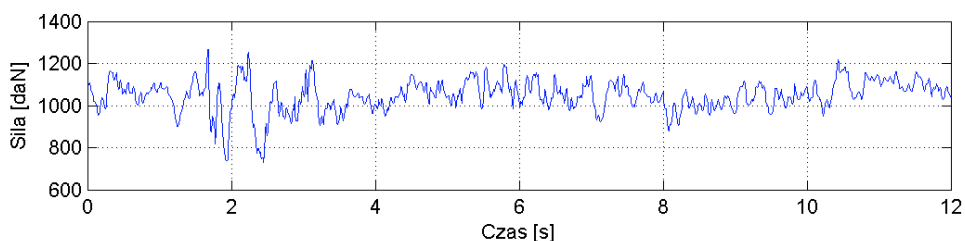
### Opory robocze

Wartości średnie i maksymalne (szczytowe) siły uciągu agregatu wyznaczone dla poszczególnych wariantów pomiarowych przedstawiono w tabeli 1. Przykładowe wykresy wartości siły uciągu uzyskane podczas pracy przedstawiono na rys. 2.

a)



b)



Rys. 2. Sygnał siły uciągu zarejestrowany dla wariantu pomiarowego 1 (a) i 7 (b)

Fig. 2. Pull force signal recorded for measurement variant 1 (a) and 7 (b)

Wartości szczytowe siły uciągu w obu konfiguracjach roboczych wielofunkcyjnego narzędzia nie przekraczały 14 kN. Brona chwastownik o szerokości roboczej 9 m oraz agregat do uprawy przedsiewnej o szerokości roboczej 6 m pod względem zapotrzebowania energetycznego mogą współpracować w warunkach eksploatacyjnych z ciągnikami klasy 1,4 (siła uciągu 14 kN). Opór roboczy brony chwastownik z przednią włóką w przeliczeniu na 1 m szerokości roboczej, zależnie od kąta pracy zębów mieści się w zakresie 85-105 daN. Duży wpływ na wartość oporów ma również kąt natarcia zębów brony. Zwiększenie kąta natarcia zębów o  $15^{\circ}$  powoduje spadek oporów roboczych o 6-19%. Opór roboczy agregatu do uprawy przedsiewnej z przednią włóką w przeliczeniu na 1 m szerokości roboczej mieści się w zakresie 204-217 daN. Zwiększenie nacisku wału strunowego, przy zachowaniu tych samych parametrów pracy agregatu, nieznacznie obniżyło wartość oporu roboczego.

## Wpływ parametrów roboczych...

Tabela 1. Schemat pomiarowy badań siły uciągu ciągnika i wartości siły uciągu zarejestrowane podczas prowadzonych prac wielofunkcyjnym narzędziem

Table 1. Measurement diagram for testing tractor pull force and pull force values recorded during works carried out using the multifunctional tool

| Wariant pomiarowy             | Opis pomiaru   | Siła uciągu [daN]       |                           |                          |
|-------------------------------|--|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                               |  | wartość skuteczna (RMS) | wartość średnia (average) | wartość szczytowa (Peak) |
| 6 polowa brona chwastownik    |  |                         |                           |                          |
| 1                             | 2  | 3                       | 4                         | 5                        |
| 1                             | kąt natarcia zębów 80°<br>prędkość robocza 7,7 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza 5 cm                            | 649,8                   | 636,8                     | 952,2                    |
| 2                             | kąt natarcia zębów 80°<br>prędkość robocza 9,8 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza 5 cm                            | 545,4                   | 535,7                     | 818,4                    |
| 3                             | kąt natarcia zębów 105°<br>prędkość robocza 8 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza 4 cm                             | 554,7                   | 551,1                     | 770,9                    |
| 4                             | kąt natarcia zębów 105°<br>prędkość robocza 10 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza 4 cm                            | 556,2                   | 550,0                     | 770,9                    |
| agregat do uprawy przedsięwej |  |                         |                           |                          |
| 5                             | prędkość robocza 8,0 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza:<br>pól zębowych 8 cm,<br>średni nacisk wałów strunowych  | 1081,5                  | 1084,8                    | 1225,5                   |
| 6                             | prędkość robocza 10,0 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza:<br>pól zębowych 8 cm,<br>średni nacisk wałów strunowych | 1134,2                  | 1137,5                    | 1305,0                   |
| 7                             | prędkość robocza 10,0 km·h <sup>-1</sup><br>głębokość robocza:<br>pól zębowych 8 cm,<br>duży nacisk wałów strunowych   | 1110,6                  | 1114,9                    | 1264,8                   |

### Naprężenia w ramie

Pomiary naprężeń wykonano podczas pracy agregatu na polu, wg przyjętego schematu pomiarowego (tabela 1). 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 stabilizowane. Przykładowe przebiegi wartości naprężeń zmierzonych za pomocą czujników tensometrycznych przedstawiono w tabeli 3 oraz graficznie dla punktu R2 (rys. 3), w którym dla określonego wariantu pomiarowego odnotowano największe wartości naprężeń. Dla wy-

branego punktu pomiarowego wyniki przedstawiono za pomocą trzech diagramów. Pierwszy z nich przedstawia wykresy naprężeń  $\text{Sig}_x$ ,  $\text{Sig}_y$  oraz naprężenia ścinające  $\text{T}_{xy}$ . Na drugim znajdują się dwa wykresy naprężeń głównych. Na trzecim przedstawiono wykres naprężeń zredukowanych.

Najwyższy poziom naprężeń, dla brony w położeniu roboczym, zarejestrowano w punkcie tensometrycznym R2. W pozostałych punktach tensometrycznych, na bronie w położeniu roboczym (warianty pomiarowe 1 do 4 – patrz tabela 2) maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczają wartości 170 MPa. Najwyższy poziom naprężeń, dla agregatu zarejestrowano w punkcie tensometrycznym R5. W pozostałych punktach tensometrycznych, na agregacie w położeniu roboczym (warianty pomiarowe 5 do 7 – patrz tabela 2) maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczają wartości 90 MPa.

Na podstawie uzyskanych wyników naprężeń ramy nośnej wielofunkcyjnego narzędzia stwierdzono występowanie podwyższonego poziomu naprężeń w wariantcie pomiarowym 3 (punkt tensometryczny R2), a osiągają one wartość 210 MPa. W pozostałych punktach tensometrycznych, na chwastowniku w położeniu roboczym maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczają wartości 165 MPa, w agregacie 120 MPa.

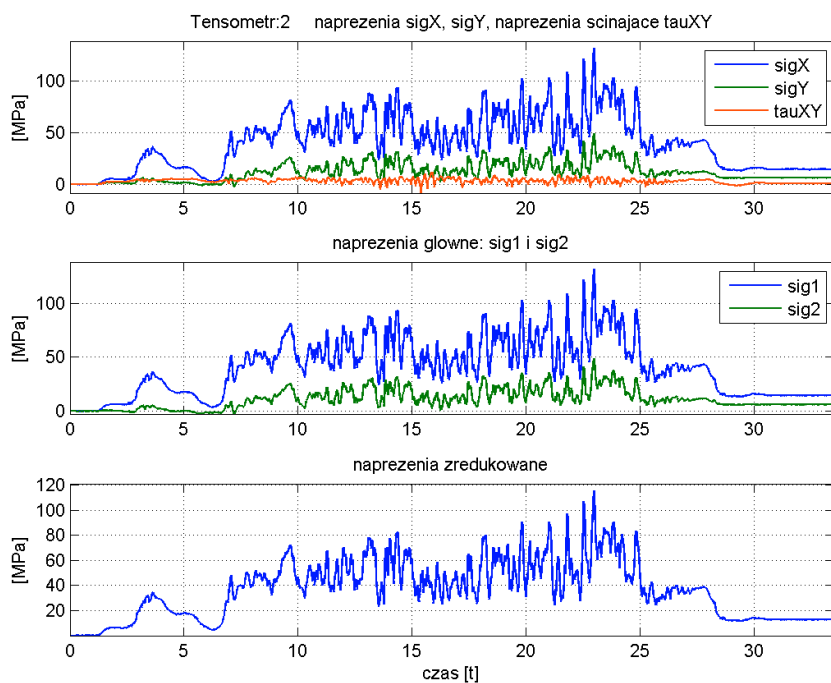
Tabela 2. Wyniki pomiarów naprężeń  
Table 2. Stress measurement results

| Wariant pomiarowy                       | Opis wariantu pomiarowego  | Maksymalne naprężenia zredukowane (MPa) w poszczególnych punktach pomiarowych |       |       |       |       |
|---|--|---|-------|-------|-------|-------|
|   |  | R1  | R2    | R3    | R4    | R5    |
| 1                                       | 2  | 4   | 5     | 6     | 7     | 8     |
| 6 połowa brona chwastownik              |  |   |       |       |       |       |
| 1                                       | kąt natarcia zębów $80^\circ$<br>prędkość robocza $7,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza 5 cm                 | 7,5   | 165,0 | 110,9 | 164,0 | 17,5  |
| 2                                       | kąt natarcia zębów $80^\circ$<br>prędkość robocza $9,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza 5 cm                 | 22,6  | 70,1  | 79,3  | 87,4  | 22,3  |
| 3                                       | kąt natarcia zębów $105^\circ$<br>prędkość robocza $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza 4 cm                  | 14,6  | 209,9 | 163,6 | 73,5  | 40,9  |
| 4                                       | kąt natarcia zębów $105^\circ$<br>prędkość robocza $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza 4 cm                 | 12,0  | 115,2 | 101,3 | 107,9 | 43,7  |
| 4 połowy agregat do uprawy przedsiewnej |  |   |       |       |       |       |
| 5                                       | prędkość robocza $8,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza pół zębowych 8 cm,<br>średni nacisk wałów strunowych  | 3,6   | 86,8  | 62,7  | 61,8  | 87,2  |
| 6                                       | prędkość robocza $10,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza pół zębowych 8 cm,<br>średni nacisk wałów strunowych | 7,0   | 78,2  | 57,8  | 58,2  | 117,4 |
| 7                                       | prędkość robocza $10,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$<br>głębokość robocza pół zębowych 8 cm,<br>duży nacisk wałów strunowych   | 6,4   | 79,3  | 57,2  | 49,5  | 84,3  |

Wpływ parametrów roboczych...

Tabela 3. Wartości naprężeń SigX i SigY, naprężeń ścinających Txy, naprężeń głównych oraz naprężeń zredukowanych uzyskane podczas badań dla wariantu pomiarowego 4  
 Table 3. Values of stresses SigX and SigY, shear stresses Txy, principal stresses and reduced stresses, obtained during the tests performed for measurement variant 4

| Nr punktu pom. | Położenie punktu pomiarowego  | Zakres zmian wartości naprężeń [MPa] |               |                 |               |               |   |
|----------------|---|--------------------------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---|
|                |   | sigX                                 | sigY          | ścinających Txy | głównych sig1 | głównych sig2 | Maksymalna wartość naprężeń zredukowanych |
| 1              | R1 - mocowanie ucha siłownika hydraulicznego na stojaku TUZ   | -2,1<br>5,4                          | -8,3<br>9,5   | -4,5<br>5,4     | -0,2<br>12,2  | -11,4<br>3,5  | 12,0                                      |
| 2              | R2 – belka główna ramy środkowej, w miejscu spawania żebra poprzecznego stojaka zawieszenia         | -0,4<br>131,4                        | -1,9<br>49,0  | -8,0<br>11,6    | 0<br>131,6    | -2,4<br>48,8  | 115,2                                     |
| 3              | R3 – belka główna ramy środkowej, w miejscu spawania zaczepu dolnego TUZ                            | -10,4<br>107,8                       | -3,7<br>15,3  | -9,1<br>11,0    | -3,7<br>108,0 | -10,4<br>15,2 | 101,3                                     |
| 4              | R4 – belka pierwszego segmentu skrzydła bocznego, w miejscu mocowania ucha siłownika hydraulicznego | -4,6<br>110,9                        | -11,3<br>12,6 | -8,9<br>13,9    | -0,2<br>112,0 | -13,0<br>9,4  | 107,9                                     |
| 5              | R5 – zawiesie, połączenie żebra pionowego z belką zawiesia  | -10,0<br>47,6                        | -2,5<br>11,6  | -1,1<br>4,7     | -2,4<br>48,2  | -10,1<br>11,0 | 43,7                                      |



Rys. 3. Naprężenia zarejestrowane dla wariantu pomiarowego 4 (Tabela 3), rozeta R2  
 Table 3. Stresses recorded for measurement variant 4 (Table 3), rosette R2

## Wnioski

1. Wielofunkcyjne narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne, zależnie od konfiguracji roboczej, może współpracować z ciągnikami klasy 0,9-1,4.
2. Zwiększenie kąta natarcia zębów chwastownika przez odchylenie do tyłu powoduje spadek oporów roboczych o 6-19%.
3. Zwiększenie prędkości roboczej agregatu do uprawy przedsiewnej o  $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  powoduje nieznaczny (ok. 5%) wzrost oporu roboczego.
4. Pomiary naprężeń i obserwacje podczas badań wskazują, że rama nośna wielofunkcyjnego narzędzia ma dobrą wytrzymałość w obu konfiguracjach roboczych.

*Podjęte prace były przedmiotem realizacji projektu celowego ROW-II-005/2005, dofinansowanego przez Centrum Innowacji NOT*



## Bibliografia

- Talarczyk W., Zbytek Z., Szeremet E.** 2006. Badania funkcjonalne i jakości pracy wielofunkcyjnego narzędzia podczas pielęgnacji upraw polowych i użytków zielonych oraz uprawy przedsewnej. Praca niepublikowana, PIMR, Poznań.
- Zbytek Z., Talarczyk W., Kromulski J., Mac J.** 2006. Badania obciążeń eksploatacyjnych wielofunkcyjnego narzędzia (pomiar sił i naprężeń w warunkach eksploatacji i transportu, identyfikacja słabych ogniw. Praca niepublikowana, PIMR, Poznań.
- Klimza Z., Polak P., Polak M., Borowczyk M.** 2006. Wielofunkcyjne narzędzie uprawowo – pielęgnacyjne. Badania eksploatacyjno – trwałościowe wielofunkcyjnego narzędzia w różnych konfiguracjach roboczych. Praca niepublikowana, Perzów.

## THE IMPACT OF WORKING PARAMETERS OF MULTIFUNCTIONAL CULTIVATION AND MAINTENANCE TOOL ON SERVICE LOADS

**Abstract.** The paper presents results of tests performed on a multifunctional cultivation and maintenance tool. It contains a discussion on the progress and results of measurements of working resistances and stresses in the tool frame, at various working configurations of the tool. The tool power demand and frame strength have been assessed.

**Key words:** maintenance, pre-sowing tillage, multifunctionality, working parameters, power demand, frame strength

**Adres do korespondencji:**

Włodzimierz Talarczyk; e-mail: wtalar@pimr.poznan.pl  
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu  
ul. Starołęcka 31  
60-963 Poznań