

## METODA OKREŚLENIA SIŁ DZIAŁAJĄCYCH NA CIĄGNIK PRZY WSPÓŁPRACY Z NARZĘDZIEM ZAWIESZANYM

Bronisław Kolator

*Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono metodę określenia sił działających na ciągnik przy współpracy z narzędziem. Elementy układu zawieszenia wyposażono w czujniki sił, które pozwoliły na określenie w czasie rzeczywistym siły poziomej działającej od narzędzia zawieszanego na ciągnik rolniczy.

**Słowa kluczowe:** ciągnik rolniczy, narzędzie zawieszane, metoda, czujnik siły

### Wprowadzenie

Trzypunktowy układ do zawieszania narzędzi i osprzętu, to podzespół służący do połączenia narzędzia lub maszyny z ciągnikiem rolniczym. Aby zwiększyć wydajność i poprawić efektywność prac wykonywanych za pomocą agregatów ciągnikowych należy uzyskać informację o siłach występujących pomiędzy ciągnikiem i współpracującymi z nim narzędziami. Zagadnieniem tym zajmowało się wielu badaczy, między innymi: Al-Janobi [2000], Al-Jalil i in. [2001], Budyn i in. [2003], Kuczewski i in. [1988], Talarczyk i in. [2002], wykorzystując zaprojektowaną ramę dynamometryczną.

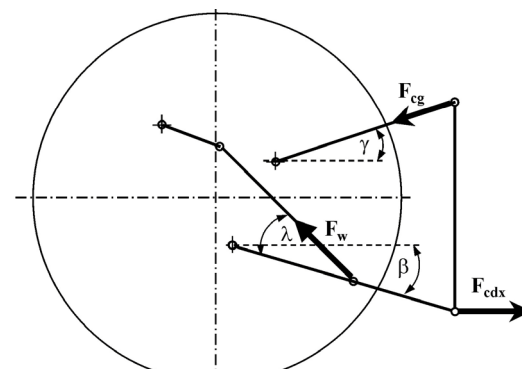
### Cel badań

Celem pracy jest określenie w czasie rzeczywistym sił działających na ciągnik rolniczy, który jest połączony z narzędziem za pomocą trzypunktowego układu zawieszenia.

### Przedmiot i metody

Obiektem badań był tylny trzypunktowy układ do zawieszania narzędzi zastosowany w ciągniku Ursus MF 235. Ze względu na wpływ położenia narzędzia na siły działające na ciągnik, autor opracował metodę określania współrzędnych położenia narzędzia zawieszanego względem ciągnika rolniczego podczas pracy [Kolator 2007].

Geometrie układu zawieszenia i kierunki działania odpowiednich rejestrowanych sił; w ciężle górnym  $F_{cg}$ , w wieszakach  $F_w$  i w ciężłach dolnych  $F_{cdx}$  przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Geometria trzypunktowego układu zawieszania narzędzi  
 Fig. 1. Geometry of the three-point tool suspension system

Wypadkowa pozioma siła  $F_u$  jako siła uciągu, która działa od narzędzia na ciągnik jest składową (sumą) sił poziomych działających w dolnych punktach zawieszania (lewym i prawym) oraz ciągle górnym:

$$F_u = F_{cdxL} + F_{cdxP} - F_{cgx} \quad (1)$$

gdzie:

- $F_{cdxL}$  – siła pozioma w lewym dolnym punkcie zawieszania [N],
- $F_{cdxP}$  – siła pozioma w prawym dolnym punkcie zawieszania [N],
- $F_{cgx}$  – siła pozioma w górnym ciągle [N].

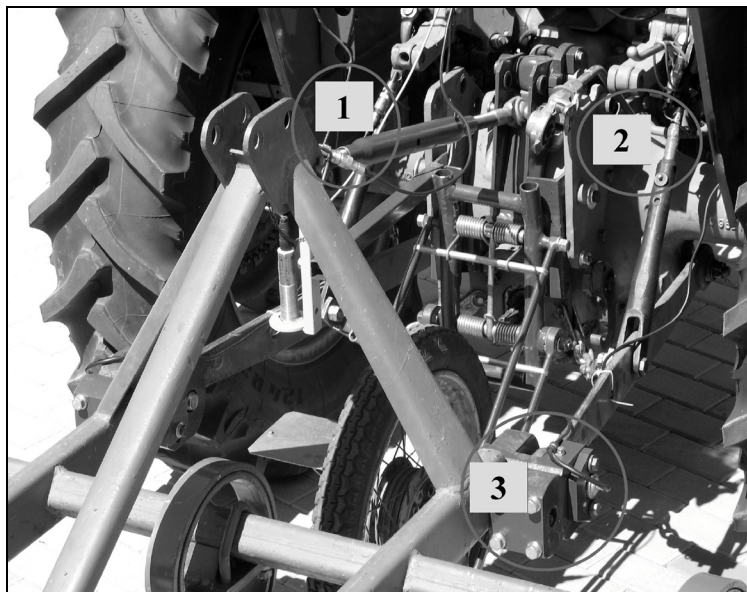
Siły w dolnych punktach zawieszania  $F_{cdxL}$  i  $F_{cdxP}$  były bezpośrednio rejestrowane za pomocą aparatury pomiarowej. Wielkość siły  $F_{cgx}$  działającą w ciągle górnym zgodnie z osią poziomą wzdłuż ciągnika wyznaczono, z zależności (2), wielkość siły  $F_{cg}$  była rejestrowana.

$$F_{cgx} = F_{cg} \cdot \cos \gamma \quad (2)$$

Określenie wartości kąta  $\gamma$  w zależności od położenia cięgieł dolnych i wymiarów geometrycznych układu zawieszania zaprezentowano w referacie autora [Kolator 2007].

### Aparatura pomiarowa

W celu identyfikacji sił w poszczególnych elementach układu zawieszania zastosowano odpowiednio czujniki sił (rys. 2). W ciągle górnym i wieszakach wykorzystano przetworniki tensometryczne połączone w obwodzie pełnego mostka, (elementy te w układzie zawieszania są poddawane tylko siłom wzdłużnym). Podczas badań przyjęto równą długość wieszaków. Do pomiaru sił w dolnych punktach zawieszania  $F_{cdx}$  wykorzystano czujniki z mechatronicznego systemu sterowania układem zawieszania firmy Bosch (sworznie EHR).



Rys. 2. Widok agregatu ciągnikowego z czujnikami sił: 1 – w cięgle górnym (tensometr); 2 – w wieszakach (tensometry); 3 – w dolnych punktach zawieszenia (sworznie z wmontowanym sensorem magnetoelastycznym)

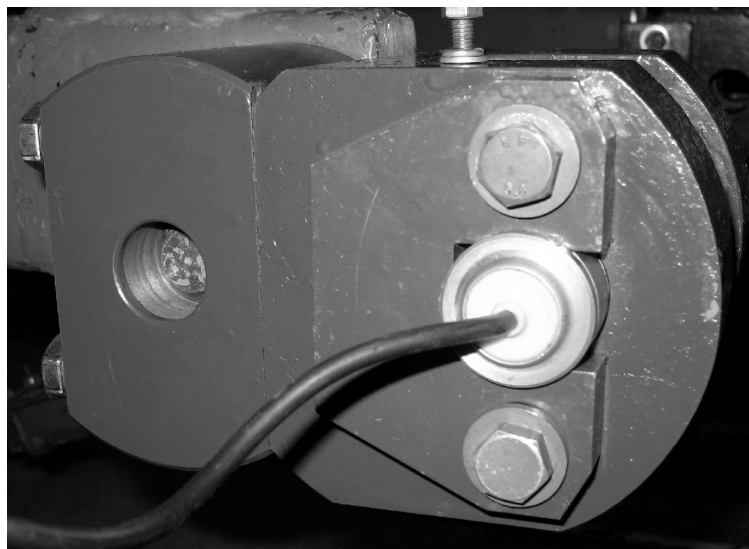
Fig. 2. View of a tractor aggregate with force sensors: 1 – in the upper link (tensometer); 2 – in hangers (tensometers); 3 – in lower suspension points (pins with a magnetoelastic sensor)

Czujniki te to zintegrowane przetworniki analogowe, które wykorzystują efekt Villary'ego (magnetoelastyczny) gdzie zmienia się przebieg linii strumienia magnetycznego, gdy sworznie poddawany jest działaniu siły. Sensor ten ma spolaryzowany kierunek pomiaru siły [Kolator, 2004]. Dokonano adaptacji zamocowania tych czujników w dolnych punktach zawieszenia w ten sposób, aby były zorientowane do pomiaru sił poziomych, niezależnie od położenia cięgieł dolnych (rys. 3).

Następnie czujniki te poddano cechowaniu. Do tego celu wykorzystano wzorcowe czujniki siły U9B firmy HBM o zakresie do 20 kN i klasie dokładności 0,5. Wymienione czujniki połączono elektrycznie do zasilacza i przetwornika A/C Spider 8. Przetwornik współpracował z przenośnym komputerem TOUGHBOOK Panasonic CF-28 z wykorzystaniem programu Catman.

W ostatnim etapie cechowania aparatury pomiarowej, agregat ciągnikowy obciążono zewnętrzną siłą przyłożoną do zębów kultywatora (rys. 4), którą mierzoną za pomocą czujnika siły U9B firmy HBM o zakresie do 50 kN. Porównując zarejestrowaną siłę zewnętrzną i wyznaczoną z zależności 1, otrzymano różnicę na poziomie  $\pm 1,5\%$ .

Zestawiona aparatura umożliwiła przeprowadzenie eksperymentu w warunkach poziomych i rejestrację występujących sił w trzypunktowym układzie zawieszenia przy różnych systemach regulacji tego układu.



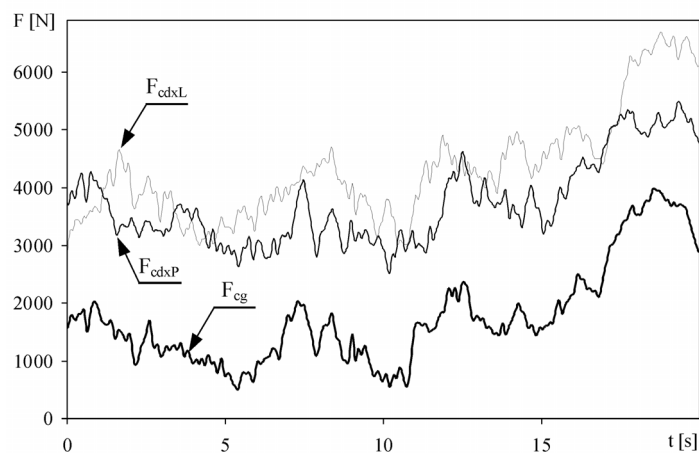
Rys. 3. Widok dolnego punktu zawieszenia z zamontowanym sworzniem, jako czujnikiem o spolaryzowanym kierunku (poziomym) pomiaru siły  
Fig. 3. View of a lower suspension point with a pin as a sensor with the polarized direction (horizontal) of force measurement



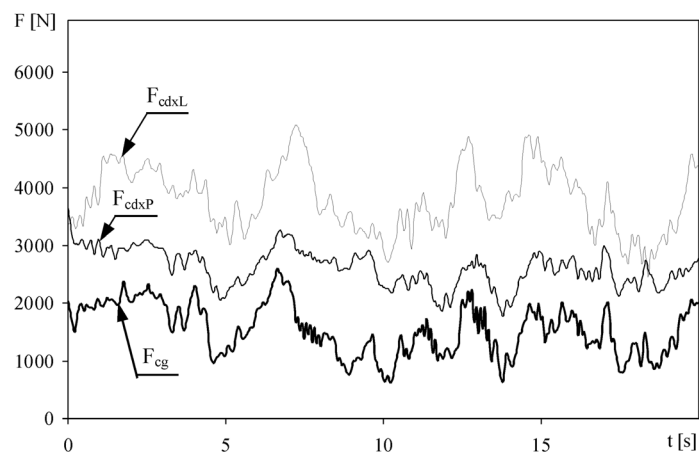
Rys. 4. Widok agregatu ciągnikowego obciążonego siłą zewnętrzną: 1 – czujniki siły U9B  
Fig. 4. View of a tractor aggregate with the external force load: 1 – force sensors U9B

## Wyniki badań i ich analiza

Przykładowe przebiegi zarejestrowanych sił poziomych działających w dolnych punktach zawieszenia (lewym i prawym)  $F_{cdxL}$  i  $F_{cdxP}$  oraz siłę działającą wzdłuż cięgła górnego  $F_{cg}$ , przy różnych systemach regulacji (kopiującej i siłowej) trzypunktowego układu zawieszenia podczas pracy z narzędziem zawieszonym przedstawiono na rys. 5 i 6. Rejestracja tych sił była przeprowadzona z częstotliwością 50 Hz.

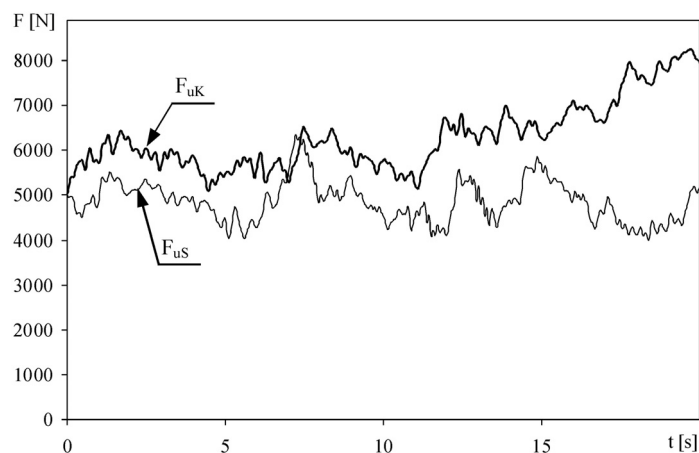


Rys. 5. Przebiegi czasowe sił oporów narzędzia przy sterowaniu za pomocą regulacji kopiującej  
Fig. 5. Time histories of the tool resisting force in the case of control by copying adjustment



Rys. 6. Przebiegi czasowe sił oporów narzędzia przy sterowaniu za pomocą regulacji siłowej  
Fig. 6. Time histories of the tool resisting force in the case of control by force adjustment

Na podstawie zarejestrowanych sił działających od narzędzia na ciągnik wyznaczono wypadkową poziomą siłę  $F_u$  jako siłę uciągu, wykorzystując zależność (1). Przykładowe przebiegi wyznaczonych wypadkowych sił, w zależności od systemu regulacji trzypunktowego układu zawieszenia narzędzia przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Przebiegi czasowe wynikowych sił oporów narzędzia przy sterowaniu: a)  $F_{uS}$  – regulacja siłowa, b)  $F_{uK}$  – regulacja kopiująca

Fig. 7. Time histories of the resulting tool resisting forces in the case of control by: a)  $F_{uS}$  – force adjustment, b)  $F_{uK}$  – copying adjustment

## Wnioski

1. Identyfikacja sił występujących w poszczególnych elementach układu zawieszenia, jak również wyznaczenie ich położenia, pozwoliły na określenie sił poziomych działających od narzędzia na ciągnik w czasie rzeczywistym.
2. W wyniku zarejestrowanych sił występujących w poszczególnych elementach układu zawieszenia, a następnie wyznaczenie ich wypadkowej poziomej z zależności (1) i porównania jej z określoną siłą zewnętrzną działającą na narzędzie, otrzymano różnicę na poziomie  $\pm 1,5\%$ .
3. Opracowana metoda może posłużyć do określenia sił działających na ciągnik przy współpracy z narzędziem zawieszonym, bez konieczności zastosowania ramy dynamometrycznej, która ma wpływ na wymiary geometryczne w trzypunktowym układzie zawieszenia narzędzi.

## Bibliografia

- Al-Janobi A.** 2000. A data-acquisition system to monitor performance of fully mounted implements. *J. Agricult. Eng. Res.* Vol. 75 nr 2 s.167-175.
- Al-Jalil H.F., Khdaif A., Mukahal W.** 2001. Design and performance of an adjustable three-point hitch dynamometer. *Soil & Tillage Research* 62. s. 153-156.
- Budyn P., Kielbasa P., Nykliński A.** 2003. Pomiar metodą tensometryczną oporów roboczych narzędzi i maszyn do uprawy i zbioru ziemniaków. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(54). s. 57-65.
- Kolator B.** 2004. Mechatronic Control Of The Implement Linkage Of Agricultural Tractors. Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. Lublin. Vol. IV. s. 101-106.
- Kolator B.** 2007. Metoda określania współrzędnych położenia narzędzia zawieszonego względem ciągnika rolniczego podczas pracy. (Praca złożona do wydawnictwa PTIR).
- Kuczewski J., Poświata S.** 1988. Badania układu sił działających na ciągnik pracujący z narzędziami uprawowymi. *Maszyny i ciągniki rolnicze*. Nr 3. s. 9-10.
- Talarczyk W., Zbytek Z.** 2002. Badania porównawcze zespołów roboczych do jedno i dwuwarstwowej orki. Część II. Opory robocze. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 47(1). s. 62-66.

## METHOD FOR DETERMINING FORCES ACTING ON A TRACTOR IN COOPERATION WITH A SUSPENDED TOOL

**Abstract.** The paper presents a method for determining the forces acting on a tractor in cooperation with a tool. The elements of the suspension system were equipped with force sensors which made it possible to determine, in actual time, the horizontal force acting on the farm tractor from the suspended tool.

**Key words:** farm tractor, suspended tool, method, force sensor

### Adres do korespondencji:

Bronisław Kolator; e-mail: kolator@uwm.edu.pl  
Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Oczapowskiego 2  
10-719 Olsztyn