

METODA OKREŚLANIA WSPÓLRZĘDNYCH POŁOŻENIA NARZĘDZIA ZAWIESZONEGO WZGLĘDEM CIĄGNIKA ROLNICZEGO PODCZAS PRACY

Bronisław Kolator

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposób określenia współrzędnych położenia narzędzia zawieszanego względem ciągnika rolniczego. Wyznaczono wymiary tylnego układu zawieszania narzędzi i przeprowadzono ocenę zgodności z wytycznymi w normie odnośnie połączenia ciągnika z narzędziem, gdzie stwierdzono, że nie są spełnione odległości do punktu zbieżności.

Słowa kluczowe. ciągnik rolniczy, trzypunktowy układ zawieszenia tylny, współrzędne położenia narzędzia

Wprowadzenie

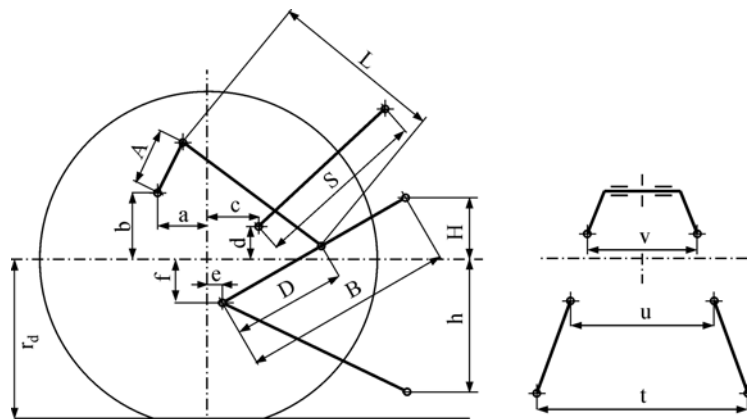
Podczas pracy ciągnika rolniczego z wykorzystaniem układu zawieszania narzędzi, w wyniku zastosowania różnych systemów automatycznej regulacji i regulacji kopiującej podnośnika hydraulicznego, położenie narzędzia względem ciągnika jest zmienne. Dotychczasowe opracowania najczęściej dotyczą ustalonego (stałego) położenia narzędzia względem ciągnika [Kuczewski, 1974; Szydelski, 1970; Towpik, 2006]. Ze względu na wpływ położenia narzędzia na siły działające na ciągnik, istotne jest bieżące określenie tego położenia.

Cel badań

Celem niniejszej pracy jest określenie współrzędnych położenia narzędzia zawieszanego względem ciągnika rolniczego Ursus MF 235 podczas pracy w polu.

Wymiary układu zawieszania narzędzi

Obiektem badań był tylny układ zawieszania narzędzi zastosowany w ciągniku Ursus MF 235. Na podstawie normy PN-ISO 730-1 układ ten określono jako I kategorii uwzględniając moc silnika ciągnika. Zgodnie ze standardem OCDE – Code 2 wyznaczono wymiary tego układu (z dokładnością ± 1 mm), które przedstawiono w tabeli 1 (rys. 1). Stwierdzono, że wymiary punktów przyłączeniowych i zawieszania są zgodne z II kategorią, za wyjątkiem górnego punktu przyłączeniowego (I kategoria).



Rys. 1. Geometria trzypunktowego układu zawieszania narzędzi

Fig. 1. Geometry of the three-point tool suspension system

Tabela 1. Wymiary układu zawieszania narzędzi ciągnika MF 235 (oznaczenie wielkości zgodnie ze standardem OCDE – Code 2)

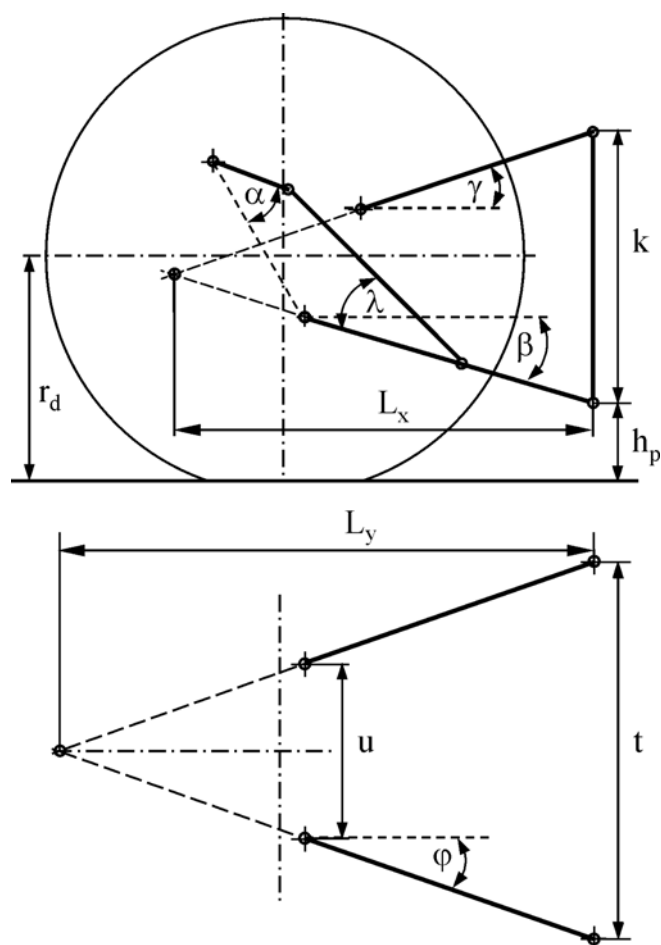
Table 1. Dimensions of tool suspension system for the MF 235 tractor (size marking in compliance with the OCDE standard – Code 2).

Opis i oznaczenia		Wymiar mm
Długość ramion podnośnika:	(A)	265
Długość cięgieł dolnych:	(B)	895
Odległość punktu osi ramion podnośnika od osi tylnego koła, poziomo:	(a)	192
pionowo:	(b)	233
Pozioma odległość między 2 punktami przyłączeniowymi cięgieł dolnych:	(u)	505
Pozioma odległość między 2 punktami końcowymi ramion podnośnika:	(v)	530
Długość cięgła górnego:	(S)	660
Odległość osi górnego punktu przyłączeniowego od osi tylnego koła: poziomo:	(c)	202
pionowo:	(d)	229
Odległość osi dolnego punktu przyłączeniowego od osi tylnego koła: poziomo:	(e)	- 45
pionowo:	(f)	120
Odległość osi punktów zamocowania wieszaków w dolnych cięgłach:	(D)	450
Długość wieszaków podnośnika:	(L)	570
Wysokość osi punktów dolnych zawieszania względem osi tylnego koła: w pozycji opuszczenie:	(h)	437
w pozycji podnoszenie:	(H)	270
Wysokość powyżej gruntu osi punktów dolnych zawieszania, kiedy są w pozycji transport (*)		861

(*) Przyjmując $r_d = 595$ mm, promień dynamiczny opony zgodnie z normą ISO 4251-1:1998

Źródło: obliczenia własne autora

Uzyskane wymiary wykorzystano do określenia zależności geometrycznych poszczególnych elementów układu zawieszenia. Jako zmienną niezależną przyjęto kąt obrotu α zawarty między ramieniem podnośnika, a linią łączącą oś ramienia z osią dolnego punktu przyłączeniowego (rys. 2). Do rozważań przyjęto jednakową długość obu wieszaków i położenie ciągnika na płaszczyźnie poziomej.



Rys. 2. Oznaczenie kątów i wymiarów określanych za pomocą opracowanych zależności
 Fig. 2. Marking of angles and sizes determined using drawn up relations

Opracowano następujące równanie do określenia kąta β zawartego między wzdłużną poziomą osią ciągnika a linią cięgieł dolnych, (oznaczenia wielkości zgodnie z opisem w tabeli 1, a jednostkę długości przyjęto w metrach).

$$\beta = 180^\circ - \arctan\left(\frac{b+f}{a+e}\right) - \arcsin\left(\frac{A \cdot \sin \alpha}{\sqrt{m^2 + A^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}}\right) - \arccos\left(\frac{D^2 - L^2 + m^2 + A^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}{2 \cdot D \cdot \sqrt{m^2 + A^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}}\right) \quad (1)$$

gdzie:

$$m = \sqrt{(a+e)^2 + (b+f)^2}$$

Wzór na wartość kąta λ zawartego między linią cięgieł dolnego a wieszakiem, ma postać:

$$\lambda = \arcsin\left(\frac{\sqrt{A^2 + m^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}}{L} \cdot \sin\left(\arccos\left(\frac{A^2 + D^2 - L^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}{2 \cdot D \cdot \sqrt{A^2 + m^2 - 2 \cdot A \cdot m \cdot \cos \alpha}}\right)\right)\right) \quad (2)$$

Po wyznaczeniu kąta β według zależności (1), wykorzystując wielkości geometryczne układu zawieszania (tabela 1), opracowano wzór na wartość kąta γ zawartego między wzdłużną poziomą osią ciągnika a linią cięgieł górnego (rys. 2), w zależności od kąta obrotu ramion podnośnika α :

$$\gamma = \arccos\left(\frac{w^2 + z^2 - B^2}{2 \cdot w \cdot z}\right) + \arcsin\left(\frac{k \cdot \sin \gamma_1}{\sqrt{S^2 + k^2 - 2 \cdot S \cdot k \cdot \cos \gamma_1}}\right) - \arctan\left(\frac{c-e}{d+f}\right) - \beta - 90^\circ \quad (3)$$

gdzie:

k – wysokość stojaka narzędzia [m];

$$w = \sqrt{(c-e)^2 + (d+f)^2}$$

$$z = \sqrt{B^2 + w^2 - 2 \cdot B \cdot w \cdot \cos\left(90^\circ - \arctan\left(\frac{c-e}{d+f}\right) - \beta\right)}$$

$$\gamma_1 = \arccos\left(\frac{S^2 - B^2 - k^2 - w^2 + 2 \cdot B \cdot w \cdot \cos\left(90^\circ - \arctan\left(\frac{c-e}{d+f}\right) - \beta\right)}{2 \cdot S \cdot k}\right)$$

Na podstawie wzorów (1) i (3) oraz wymiarów układu zawieszenia narzędzi w zależności od kąta α wyznaczono odległość L_x od linii łączącej dolne punkty zawieszenia do chwilowego punktu obrotu w płaszczyźnie pionowej (punkt przecięcia się przedłużenia linii cięgieł dolnych i górnego):

$$L_x = \frac{d + f + (c - e) \cdot \tan \beta}{\tan \beta + \tan \gamma} + e + B \cdot \cos \beta \quad (4)$$

Określenie wielkości t (rozstawu dolnych punktów zawieszenia) umożliwiło wyznaczenia kąta φ zawartego między osią podłużną ciągnika a linią cięgieła dolnego oraz odległości L_y do linii łączącej dolne punkty zawieszenia do chwilowego punktu obrotu układu zawieszenia w płaszczyźnie poziomej (punkt przecięcia się przedłużenia linii cięgieł dolnych):

$$\varphi = \arctan \frac{t - u}{B} \quad (5)$$

$$L_y = \frac{t \cdot B}{t - u} \quad (6)$$

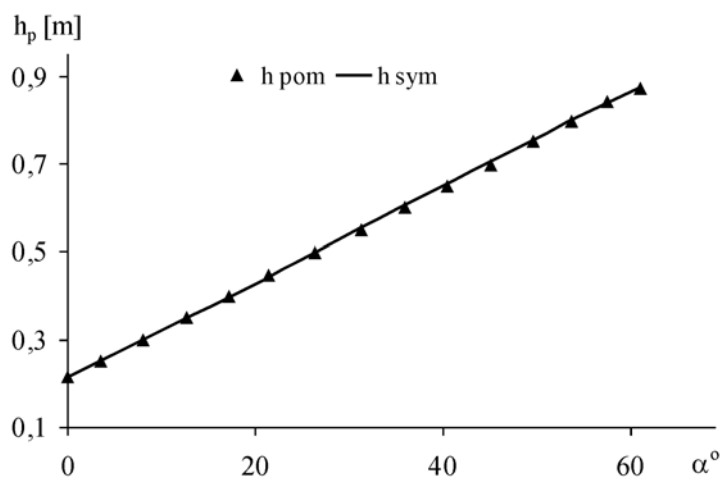
Na podstawie równania (1) i wymiarów geometrycznych określono położenie dolnych punktów zawieszenia h_p w odniesieniu do podłoża:

$$h_p = r_d - f - B \cdot \sin \beta \quad (7)$$

W celu weryfikacji wyznaczonych kątów β i γ w badanym układzie zawieszenia, na osi ramion podnośnika zamontowano cyfrowy czujnik inkrementalny GI 338 (z możliwością pomiaru kierunku obrotu) o rozdzielczości 2^{10} impulsów na 1 obrót. Czujnik ten podłączono do przetwornika Spider 8, który współpracuje z programem komputerowym Catman. Rejestracji przebiegu sygnału z tego czujnika dokonano z częstotliwością 50 Hz podczas pełnego zakresu podnoszenia i opuszczania, (co 50 mm) układu zawieszenia.

Wyniki badań i ich analiza

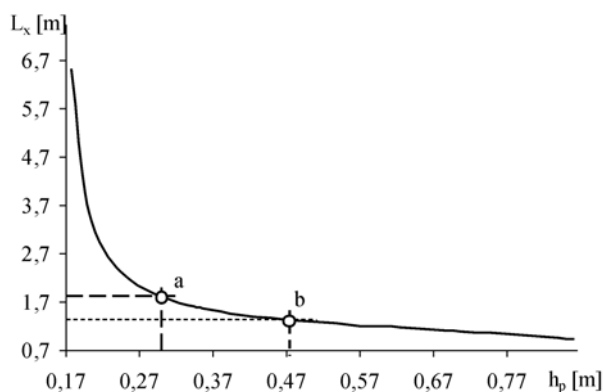
Na podstawie uzyskanych wielkości z symulacji komputerowej i pomiarów eksperymentalnych dokonano weryfikacji otrzymanych wyników. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Położenia końcówek cięgieł dolnych w odniesieniu do podłoża w zależności od kąta obrotu ramion podnośnika

Fig. 3. Positions of lower link ends in reference to the ground, depending on rotation angle of hoist arms

Wykorzystując zależności 4 i 6 oraz wymiary geometryczne układu zawieszenia wyznaczono odległości, od linii łączącej dolne punkty zawieszenia do chwilowego punktu zawieszenia w płaszczyźnie pionowej i poziomej, których odpowiednio wartości wynoszą 1,39 m (rys. 4, punkt *b*); 2,96 m. Przy pomocy symulacji komputerowej dokonano obliczeń, przy jakim położeniu układu zawieszenia względem ciągnika zostanie spełniona norma PN-ISO 730-1 (w płaszczyźnie pionowej) zachowując poziome ustawienie narzędzia (rys. 4, punkt *a*).



Rys. 4. Zmiana odległości L_x w zależności od położenia h_p dolnych punktów zawieszenia

Fig. 4. Change in distance L_x depending on position h_p of lower suspension points

Podsumowanie i wnioski

Porównując wyniki obliczeń z danymi uzyskanymi podczas badań eksperymentalnych stwierdzono, że jest dość dobra zgodność otrzymanych zależności. Na podstawie analizy przedstawionego zagadnienia sformułowano następujące wnioski:

1. Opracowane zależności mogą być wykorzystane do oceny trzypunktowego układu zawieszania narzędzi w aspekcie zgodności z wytycznymi zawartymi w normach dotyczących takich układów.
2. Stwierdzono, że układ ten nie spełnia warunków z normy odnośnie odległości do punktu zbieżności w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Odległość w płaszczyźnie:
3. poziomej jest 2,96 m (norma 1,7 - 2,4 m); pionowej jest 1,39 m (norma 1,73 m).
5. Zaprezentowana metoda określania współrzędnych układu zawieszania umożliwia poprawne ustawienie narzędzia i układu zawieszenia względem ciągnika.
6. Przedstawiona metoda posłuży do określania bieżącego położenia narzędzia względem ciągnika podczas pracy, co jest potrzebne do wyznaczania sił działających na ciągnik i ich współrzędnych.

Bibliografia

- Kuczewski J.** 1974. Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych. PWRiL. Warszawa.
- Szydelski Z.** 1970. Napęd i sterowanie hydrauliczne w ciągnikach i samojezdnych maszynach roboczych. WNT, Warszawa. s. 265-282
- Towpik T.** 2006. Kategorie zaczepów. Rolniczy Przegląd Techniczny nr 12 (94).
- PN-ISO 730-1+AC1: 1996. Ciągniki rolnicze kołowe – Trzypunktowy układ zawieszenia tylny – Kategorie 1, 2, 3 i 4.
- Oecd standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance: 2005. Code 2.

METHOD ALLOWING TO DETERMINE COORDINATES OF SUSPENDED TOOL POSITION IN RELATION TO FARM TRACTOR DURING ITS OPERATION

Abstract. The paper presents method allowing to determine coordinates of position of a suspended tool in relation to farm tractor. The researchers determined dimensions of rear tool suspension system and performed assessment of compliance with guidelines specified in an applicable standard, regarding connection between tractor and tool. They found that requirements regarding distances to convergence point were not satisfied.

Key words: farm tractor, three-point rear suspension system, tool position coordinates

Adres do korespondencji:

Bronisław Kolator; e-mail: kolator@uwm.edu.pl
Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11
10-719 Olsztyn