

ZASTOSOWANIE TECHNIKI FILMOWEJ DO OKREŚLANIA AMPLITUDY  
I CZĘSTOTLIWOŚCI RUCHÓW WAHLIWEGO KORPUSU PŁUŻNEGO

Włodzimierz Szymański, Wincenty W. Woźniak

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie

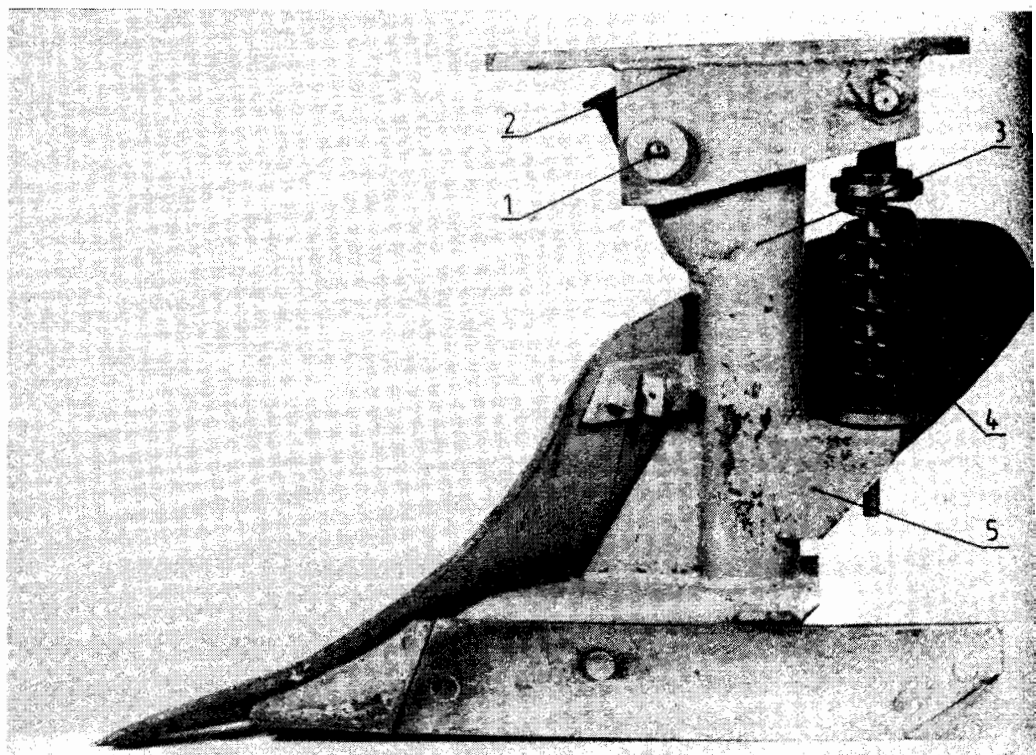
Metody badawcze z użyciem technik filmowych coraz szerzej stosowane są w badaniach maszyn rolniczych [1, 3, 5, 6].

W Instytucie Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie kamerę filmową zastosowano do rejestracji pracy pługą pseudoaktywnego w warunkach badań polowych [4]. Odtworzono wówczas ruchy wahliwie usytuowanego korpusu pługowego, co pozwoliło między innymi na określenie amplitudy i częstotliwości jego wahań. Uzyskane wyniki umożliwiły przeprowadzenie wstępnej analizy charakteru pracy tego korpusu.

Bardziej szczegółowe badania w tym zakresie przeprowadzono w laboratorium glebowym Zakładu Mechanizacji Uprawy i Nawożenia IBMER, Oddział w Kłudzienku. W badaniach tych, równocześnie z pomiarami tensometrycznymi, wykonano rejestrację pracy korpusu na taśmie filmowej. Celem niniejszego opracowania jest analiza uzyskanego materiału filmowego dla określenia amplitudy i częstotliwości wahań korpusu, w zależności od głębokości orki i jego prędkości roboczej.

Obiekt, warunki i metodyka badań

Obiektem był wahliwy korpus pługowy wg rozwiązania przedstawionego na rys. 1. W konstrukcji tej sworzeń (1) zapewnia obrotowe połączenie korpusu z ramą pługą (2). Umocowana ze słupicą (3) sprężyna (4) umożliwia odchylenie korpusu ku tyłowi proporcjonalnie do wielkości sił występujących na jego powierzchni roboczej. Równocześnie w wyniku nacisku wspornika (5) na sprężynę następuje jej ugięcie równoznaczne z gromadzeniem energii sprężystości. Energia ta - w odpowiednich warunkach - zostaje przekazana układowi, co powoduje zmianę położenia słupicy względem ramy pługą. Zmiany te zależą od wielkości sił obciążających korpus i od rodzaju



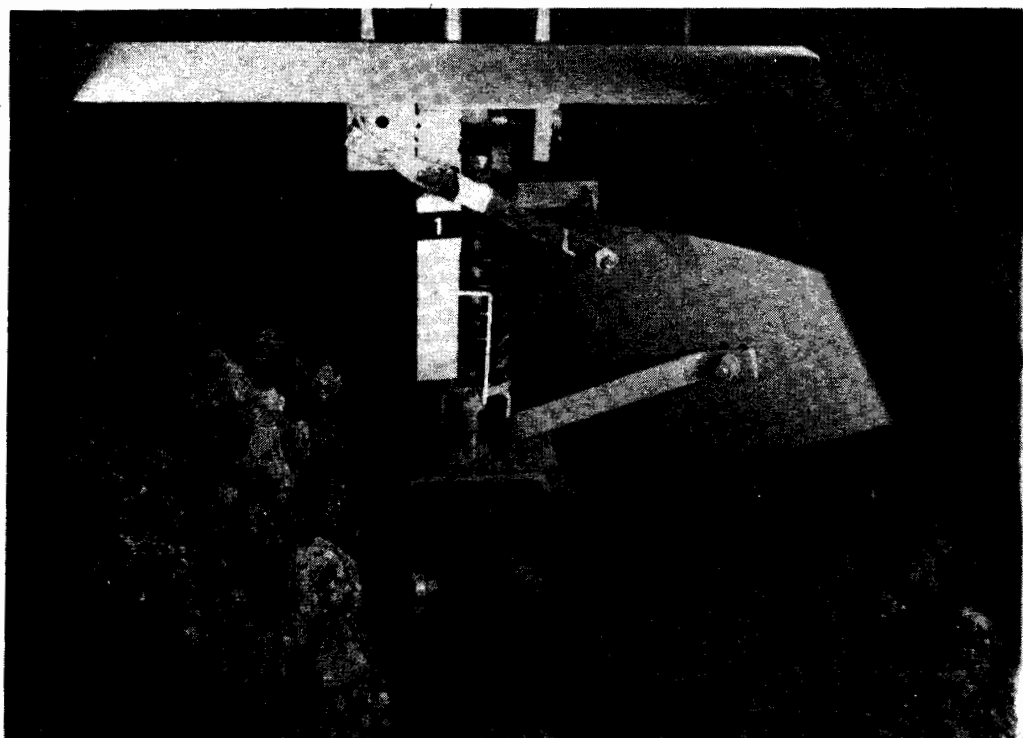
Rys. 1. Wahliwy korpus płuzny: 1 - sworzeń, 2 - rama pługa, 3 - słupica, 4 - sprężyna, 5 - wspornik sprężyny

zastosowanego elementu sprężystego. W badaniach korpus wyposażono w sprężynę śrubową walcową, wykonaną ze stali 50 S2 i stałej rzędu  $0,523 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ .

Kanał glebowy wypełniony był glebą średnio zwięzłą o zawartości około 25% części spławialnych, średniej wilgotności bezwzględnej 14% i gęstości  $1,92 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Przed każdą serią pomiarową glebę odpowiednio doprawiano przy użyciu glebogryzarki, włóki i ciężkiego wału gładkiego. Średnia zwięzłość gleby wynosiła: w warstwie 0-0,1 m -  $496 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ , w warstwie 0,1-0,2 m -  $475 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  i w warstwie 0,2-0,3 -  $449 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Badany korpus zawieszono na trójpunktowym układzie podnośnika hydraulicznego wózka pomiarowego. Stosowano pozycyjną regulację głębokości pracy. Rejestrację wykonano przy trzech głębokościach orki  $a_1 = 0,21 \text{ m}$ ,  $a_2 = 0,24 \text{ m}$ ,  $a_3 = 0,28 \text{ m}$  oraz trzech prędkościach roboczych:  $V_1 = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $V_2 = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  i  $V_3 = 2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

W warunkach pracy wahliwego korpusu płuznego w kanale glebowym występują dwa rodzaje zmian ruchu:



Rys. 2. Wahliwy korpus płużny przygotowany do badań (fot. W. W. Woźniak)

- wózek pomiarowy przemieszcza korpus płużny z żądaną prędkością i głębokością roboczą,
- występują okresowe zmiany położenia korpusu względem nieruchomej ramy pług, łączącej korpus z wózkiem pomiarowym.

W celu rejestracji ruchów korpusu płużnego umieszczono na wysięgniku wózka pomiarowego kamerę filmową do zdjęć szybkich Pentazet 16. Kamera rejestrowała wychylenia wskazówki przymocowanej do wspornika korpusu na tle umieszczonej pionowo na ramie pług (element nie zmieniający położenia) podziałki w postaci różnokolorowych pasków (rys. 2). Film wykonano na taśmie 16 mm, barwnej, negatywowej Orwo NC 3 o czułości 19 DIN. Stosowano przesuw taśmy rzędu  $300$  i  $600$   $\text{kl} \cdot \text{s}^{-1}$ . Obiekt oświetlano lampami halogenowymi o łącznej mocy  $20$  kW.

Materiał filmowy analizowano przy użyciu projektora - analizatora Specto MK-II. Analizę ilościową przeprowadzono, wyświetlając kadry na ekran ustawiony w takiej odległości od projektora, aby obrazy miały wielkość rzeczywistą. W ten sposób obraz ugięcia sprężyny przedstawiał zakres odkształceń sprężyny, a tym samym wychylenia korpusu. Analizę ruchu prowadzono co  $50$  klatek w trzech powtórze-

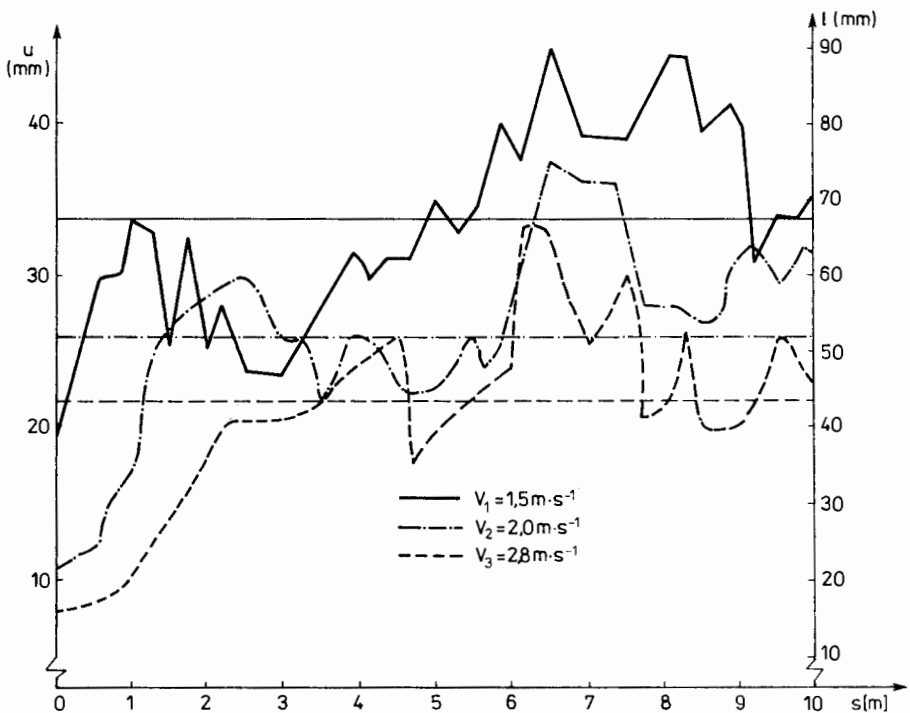
niach. Odpowiadało to rzeczywistej drodze korpusu na odcinku około 0,25 m. Na tej podstawie otrzymano wartości ugięcia elementu sprężystego na całej długości odcinka pomiarowego, tj. na drodze 10 m.

Analizę charakteru pracy korpusu prowadzono w odniesieniu do zmian położenia końca dziobu lemieszka. W wyniku analizy kinematycznej układu i dodatkowych pomiarów uzyskano zależności wychyleń końca lemieszka od wartości ugięcia sprężyny. Zastosowanie sprężyny śrubowej decydowało, że zależności te były proporcjonalne [2]; a więc zmiany wartości obciążenia powierzchni roboczej korpusu powodują proporcjonalne ugięcie elementu sprężystego i odchylenia końca dziobu lemieszka.

Amplitudę wahań obliczono od średniej wartości ugięcia sprężyny i wychylenia dziobu lemieszka. Wartości średnie otrzymano metodą planimetrowania, natomiast częstotliwość wahań ustalono, dzieląc liczbę zmiennych okresów, jakie wykonał korpus na odcinku pomiarowym przez czas przejazdu narzędzia na tym odcinku.

#### Wyniki badań i ich analiza

Otrzymane z analizy materiału filmowego wyniki opracowano graficznie. Na osi odciętych zaznaczono drogę, jaką przebył korpus płużny  $s$ , a na osi rzędnych wiel-



Rys. 3. Zmiany wartości ugięcia sprężyny  $u$  i wychyleńa końca dziobu lemieszka  $l$  na odcinku pomiarowym  $s$  przy trzech prędkościach roboczych i głębokości  $s_2 = 0,24$  m

kość ugięcia sprężyny u oraz wartości wychylenia końca dzioba lemiesz a 1. Umożliwiło to przedstawienie ruchu wybranego punktu (koniec dzioba lemiesz a) na całym odcinku pomiarowym. Przykładowy przebieg tych zależności dla głębokości roboczej  $a_2 = 0,24$  m przedstawiono na rys. 3, natomiast wartości wyliczonych amplitud i częstotliwości wahań korpusu dla poszczególnych głębokości roboczych przedstawiono w tabeli 1.

T a b e l a 1

Amplitudy wahań i częstotliwości wahań korpusu płużnego w zależności od głębokości orki i prędkości roboczej

Głębokość robocza [m]	Prędkość robocza [m·s <sup>-1</sup> ]	Amplitudy wahań [mm]		Częstotliwość wahań [Hz]
		minimalne	maksymalne	
1	2	3	4	5
0,21	1,5	1	11	0,45
	2,0	1	11	0,50
	2,8	2	11	1,40
0,24	1,5	1	11	0,45
	2,0	2	12	0,50
	2,8	2	12	1,10
0,28	1,5	1	11	0,60
	2,0	2,5	12	0,60
	2,8	3	13	0,83

Przedstawione wyniki wykazują, że badany korpus wykonuje podczas pracy ruchy oscylacyjne. Wzrost głębokości orki powoduje pewien wzrost amplitud. Również wzrost prędkości ruchu korpusu przy tej samej głębokości pracy ma wpływ na zwiększanie zakresu wychyleń korpusu. Częstotliwość wahań maleje wraz ze zwiększeniem głębokości pracy i stosowaniem wysokiej prędkości roboczej ( $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), natomiast zwiększenie prędkości roboczej w ramach tej samej głębokości powoduje wzrost częstotliwości wahań. Uzyskane średnie częstotliwości wahań mają małe wartości. Można to uzasadnić nieznacznym zróżnicowaniem warunków glebowych w kanale pomiarowym. Należy zatem sądzić, że w warunkach naturalnych korpus pracować będzie przy większej częstotliwości wahań.

Zakresy wychyleń końca dzioba lemiesz a zależą od zwięzłości gleby. W miejscach większego zagęszczenia wychylenia te były wyraźnie wyższe, co powodowało gromadzenie energii w elemencie sprężystym. Zmagazynowana energia - po obniżeniu zwięzłości gleby - zostaje oddana korpusowi, powodując jego intensywne przemieszczanie w kierunku przeciwnym. Z przedstawionego wykresu wynika też, że energia ta nie jest w pełni przekazana układowi, gdyż w żadnym z przypadków korpus nie po-

wrócił do położenia wyjściowego i pracował na głębokości większej od założonej. Nadmierne odchylenie korpusu ku tyłowi nie jest korzystne, gdyż prowadzi do zmian kątów ustawienia powierzchni roboczej korpusu, co wpływa na zwiększenie oporów ruchu korpusu. Zapewnienie prawidłowej pracy wahliwego korpusu płużnego zależy więc od doboru właściwego elementu sprężystego do występujących warunków orki.

Badania charakteru pracy wahliwego korpusu płużnego prowadzone metodą techniki filmowej dostarczyły szerokiego zakresu informacji z dziedziny kinematyki tego układu. Informacje te w powiązaniu z parametrami charakteryzującymi element sprężysty i ośrodek glebowy mogą być wykorzystane do analizy energetycznej i stanowić podstawę optymalizacji konstrukcji wahliwego korpusu płużnego.

Obszar informacyjny uzyskany w wyniku stosowania techniki filmowej jest znacznie szerszy niż w pozostałych metodach pomiarowych. Zastosowanie więc do celów poznawczych szybkobieżnej kamery filmowej jest w pełni uzasadnione.

#### Wnioski

1. Zastosowanie techniki filmowej w badaniach wahliwych korpusów płużnych jest celowe i skuteczne.

2. Praca wahliwego korpusu płużnego ma charakter zmienny w zakresie położenia korpusu względem ramy. Są to wahania o zmiennej amplitudzie i częstotliwości.

3. Przy wzroście głębokości pracy do 0,28 m amplituda wahań korpusu rośnie średnio o około 2 mm.

4. Częstotliwość wahań korpusu przy głębokości pracy do 0,24 m i prędkości do  $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  nie ulega zmianie. Wzrost prędkości do  $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  przy stałej głębokości roboczej powoduje zwiększenie częstotliwości wahań. Częstotliwość ta jest największa przy małej głębokości pracy. Pogłębienie orki przy dużej prędkości pracy wpływa na obniżenie częstotliwości wahań.

5. Efektywność pracy wahliwego korpusu płużnego wiąże się z doбором odpowiedniego do danych warunków glebowych rodzaju elementu sprężystego.

#### Literatura

1. Engel R.: Die Kinematografie als Forschungsmittel zur Beurteilung der Einzelvorgänge an Bodenbearbeitungsgeräten. Landtechnische Forschung 19, 1971.
2. Kosiarczyk T.: Analiza charakteru pracy wahliwego korpusu płużnego. Praca magisterska, AR, Lublin. 1982.
3. Orzechowski J.: Rola i wykorzystanie filmu w badaniach naukowych rolniczych i leśnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 188, 1977.
4. Orzechowski J., Zdanowicz A., Szymański W.: Badania porównawcze pługów PKZ-330, PZ-330 z korpusami wahliwymi oraz PZ-330 z normalnej produkcji (maszynopis). AR, Lublin 1975.

5. Siwiło R., Zętar J.: Zastosowanie kamery filmowej HYSPEED i projektora-analizatora SPECTO MK-III w badaniach maszyn rolniczych. Zesz.Probl.Post.Nauk Rol . 237, 1981.
6. Woźniak W. W.: Zastosowanie techniki filmowej w badaniach maszyn rolniczych. Masz. Ciąg. Rol. 10, 1975.

В. Шиманьски, В. В. Возняк

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНОТЕХНИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУДА И ЧАСТОТЫ ДВИЖЕНИЙ КАЧАЮЩЕГОСЯ ПЛУЖНОГО КОРПУСА

### Р е з ю м е

Анализируется характер движений качающегося плужного корпуса. Исследования проводились в почвенной лаборатории Отдела механизации обработки и удобрения Института сельского строительства, механизации и электрификации сельского хозяйства в Кłudзенко. Плужный корпус работал на трех разных глубинах и при трех скоростях от 1,5 до 2,8 м/сек. Для регистрирования движения корпуса использовали кинокамеру Пентазет 16. Анализ проводили с использованием анализатора Спекто МК-III. Установлено, что движения корпуса это качания с изменчивой амплитудой и частотой. Амплитуда качаний повышается с увеличением рабочей глубины и скорости. Численность качаний при рабочей скорости до 2,0 м/сек и глубине до 0,24 м является постоянной. Повышение рабочей скорости до 2,8 м/сек при постоянной рабочей глубине приводит к повышению частоты качаний. Корпус с наивысшей средней частотой качаний работает при небольшой рабочей глубине и высокой рабочей скорости. Увеличение глубины влияет на снижение частоты качаний. Одновременно установлено, что эффективность работы качающегося плужного корпуса зависит от правильности подбора упругого элемента для существующих почвенных условий.

W. Szymański, W. W. Woźniak

## FILM TECHNIQUE APPLICATION FOR DETERMINATION OF THE AMPLITUDE AND FREQUENCY OF SWINGING MOVEMENTS OF THE PLOUGH BODY

### S u m m a r y

The character of swinging plough body movements is analyzed in the work. The respective investigations were carried out at the pedologic laboratory of the Department of Tillage and Fertilization, Institute of Rural Building Engineering, Mechanization and Electrification of Agriculture at Kłudzienko. The plough worked at three different depths and at three speeds ranging within 1.5-2.8 m·s<sup>-1</sup>. For the plough body movement registration 16 mm film camera for quick shots was used. The analysis was carried out using the Specto MK-3 analyzer. It has been proved that the plough body movements consist in swingings of variable amplitude and frequency. The swinging amplitude increased with increasing depth and speed of the work. The swinging frequency at the working speed to 2 m·s<sup>-1</sup> and the depth to 0.24 m was constant. An increase of the speed up to 2.8 m·s<sup>-1</sup> at a constant working depth caused an increase of the swinging frequency. The plough body with the highest mean frequency of movements works at small depth and high working speed. An increase of the depth results in reduction of the swinging frequency. At the same time it has been proved that the work efficiency of a swinging plough body depends on a correct adaptation of the elastic element kind to the soil conditions.