

## BADANIA MASZYN ROLNICZYCH PRZY POMOCY KAMERY PENTAZET 16

*Wincenty W. Woźniak*

Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Kłudzienko k. Grodziska Mazowieckiego

Zakład Doskonalenia Kadr IMER w Kłudzienku rozpoczął w 1970 r. realizację filmów naukowych — badawczych przy pomocy kamery Pentazet 16 do szybkich zdjęć. Opracowano dwa tematy filmowe. Do ich wykonania trzeba było dokładnie zapoznać się z obsługą kamery oraz z jej praktycznymi możliwościami przy badaniu zmian ruchu w maszynach rolniczych. Podczas pracy z kamerą poczyniono wiele obserwacji, z których można wyciągnąć wnioski do dalszego prowadzenia badań tą metodą.

Przedmiotem opracowania będzie próba określenia możliwości zastosowania kamery filmowej Pentazet 16 do badania maszyn rolniczych w dwóch sytuacjach zmiany ruchu:

- 1) maszyna przemieszczająca zespół roboczy w ruchu,
- 2) zjawisko ruchu zachodzące na stanowisku stałym.

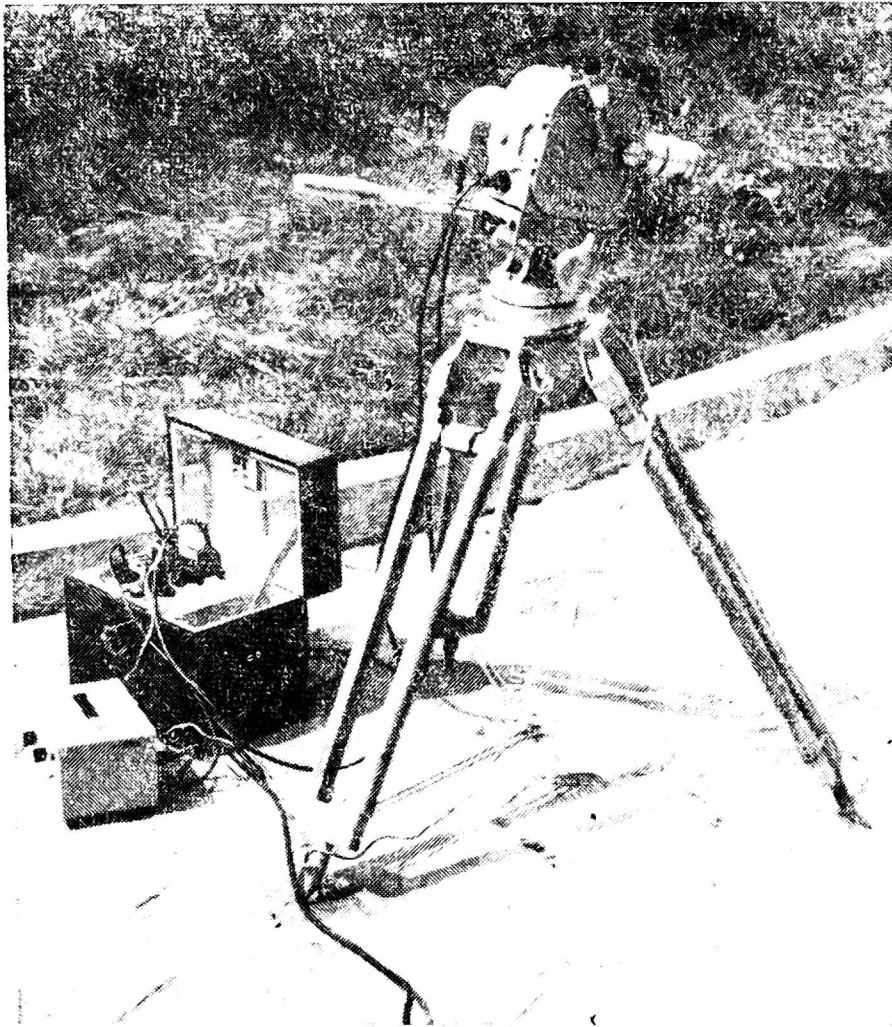
Opracowanie tych zagadnień może ułatwić korzystanie z kamery filmowej Pentazet 16 oraz wskazać zainteresowanym, że film jest istotną metodą badawczą procesów dynamicznych. Upoglądowanie pracy licznymi ilustracjami zapoznaje z techniką filmową oraz z budową stanowisk do przeprowadzania badań przy pomocy kamery. Realizacja filmu badawczego kamerą Pentazet 16 musi być poprzedzona:

- dobrym poznaniem kamery,
- empirycznym sprawdzeniem pracy całego agregatu w badanym środowisku,
- dostosowaniem kamery do parametrów zjawisk, jakie będą rejestrowane i badane.

### 1. KAMERA PENTAZET 16

Dzięki użyciu kamery filmowej istnieją możliwości dokładnego odтворzenia, zaobserwowania i pomierzenia szybko przebiegających zmian ruchu. Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Zakład Doskonalenia Kadr w Kłudzienku posiada kamerę do zdjęć szybkich produkcji NRD — Pentazet 16 (rys. 1). Kamera ta wyposażona jest w dwa obiek-

tywy: standardowy o ogniskowej 35 mm — zakres nastawiania od 0,5-1,1 m oraz teleobiektyw o ogniskowej 125 mm — zakres nastawiania od 1 m do nieskończoności. Kamera napędzana jest silnikiem elektrycznym na prąd 3-fazowy 220/380 V, uruchamianym z tablicy sterowniczej. Prąd rozruchu wynosi 8 A, a podczas filmowania 4 A. Kamera posiada 5 możliwości ustawiania prędkości przesuwu taśmy filmowej: 300, 600, 1000, 2000 i 3000 klatek na sekundę.



Rys. 1. Kamera filmowa Pentazet 16 z pełnym wyposażeniem

Przy późniejszym odtwarzaniu na ekranie z prędkością 24 kl./s otrzymuje się odpowiednie zwolnienie ruchu: 12,5; 25; 42; 84 i 125 razy. Do filmowania używa się taśmy 16 mm czarno-białej lub barwnej, której stopień marszczenia nie powinien przekraczać 0,3%. Muszą to być materiały wysokoświatłoczułe, zwłaszcza gdy wykorzystuje się prędkość ponad 600 kl./s. W trakcie filmowania stosuje się taśmę filmową na 30-metrowych szpulach dziennych. Jedna szpula służy do sfilmowania tylko jednego ujęcia. Niemożliwe jest przerwanie raz rozpoczętego przesuwu taśmy, gdyż ulegnie ona zerwaniu. Przy zakładaniu filmu kamera nie powinna być wystawiona na bezpośrednie oświetlenie, gdyż film ulega zaświeteniu.

#### a. NADAJNIK IMPULSÓW CZASU

W badaniach procesów ruchu w maszynach rolniczych zachodzi konieczność nie tylko oceny jakościowej, lecz również ilościowej. W tym celu trzeba oprócz przebiegu obrazu, który przedstawia jakościowe zmiany

ruchu, zarejestrować i skontrolować czas, w którym te zmiany zachodzą. W tym celu kamera Pentazet 16 wyposażona jest w nadajnik impulsów czasu podłączany do znajdującego się w kamerze rejestratora tych impulsów (rys. 2). W rejestratorze znajduje się błyskająca żarówka, której światło skierowane jest na obrzeże filmu w formie prostokątów o stosunku boków 1 : 2 przy pomocy specjalnego układu optycznego. Impulsy dla żarówki dostarcza drgający z częstotliwością  $f$  — 50, 100 lub 1000  $s^{-1}$  generator, znajdujący się w nadajniku impulsów czasu.



Rys. 2. Nadajnik impulsów czasu kamery filmowej Pentazet 16

Częstotliwość  $fN$  ( $50 \text{ Hz} — f = 50 \text{ s}^{-1}$ ) używa się przy ręcznym napędzie kamery, gdy liczba klatek na sekundę wynosi mniej niż 300. Od 300 do 600 kl./s nastawia się nadajnik impulsów na 100 Hz. Większe prędkości przesuwu taśmy trzeba znaczyć błyskami żaróweczki z częstotliwością 1000 Hz. Chcąc uzyskać prawidłowe zaczerwienienie znaków impulsów czasu na obrzeżu taśmy filmowej, należy żaróweczkę nastawić na właściwą jasność; istnieją trzy jasności, nastawiane w zależności od czułości filmu i prędkości przesuwu taśmy.

Tabela 1

Nastawianie jasności żarówki

Liczba kl./s	PL 32-17						NE 2J					
	Czułość filmu-din											
	13	16	19	22	25	28	13	16	19	22	25	28
0—600	3	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
600—1000	3	3	2	2	1	1	3	2	2	2	1	1
1000—3000	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2
3000—5000	—	—	3	3	3	3	—	3	3	2	2	2

Do obliczania (sprawdzania) liczby klatek na sekundę  $b$  ( $s^{-1}$ ) trzeba zmierzyć odległość  $a$  (mm) między początkiem lub końcem dwóch sąsiednich znaków czasu i przemnożyć przez liczbę klatek w 1 mb taśmy 16 mm.

### Przeliczenie liczby kl./s ( $b$ )

Hz

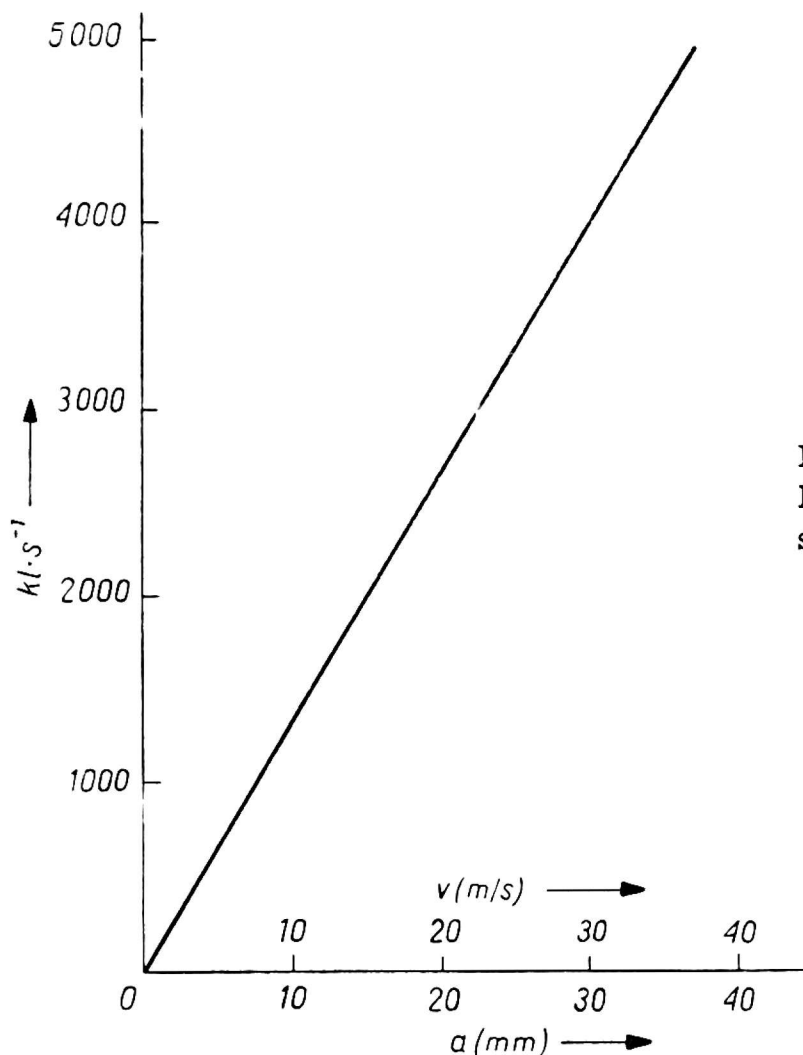
$$1000 - b = a \cdot 131,578$$

$$100 - b = a \cdot 13,158$$

$$50 - b = a \cdot 6,579$$

W celu zredukowania błędów w pomiarach do minimum zaleca się zmierzenie co najmniej 10 odległości między znakami czasu. Konieczne jest to zwłaszcza przy niższych częstotliwościach kl./s.

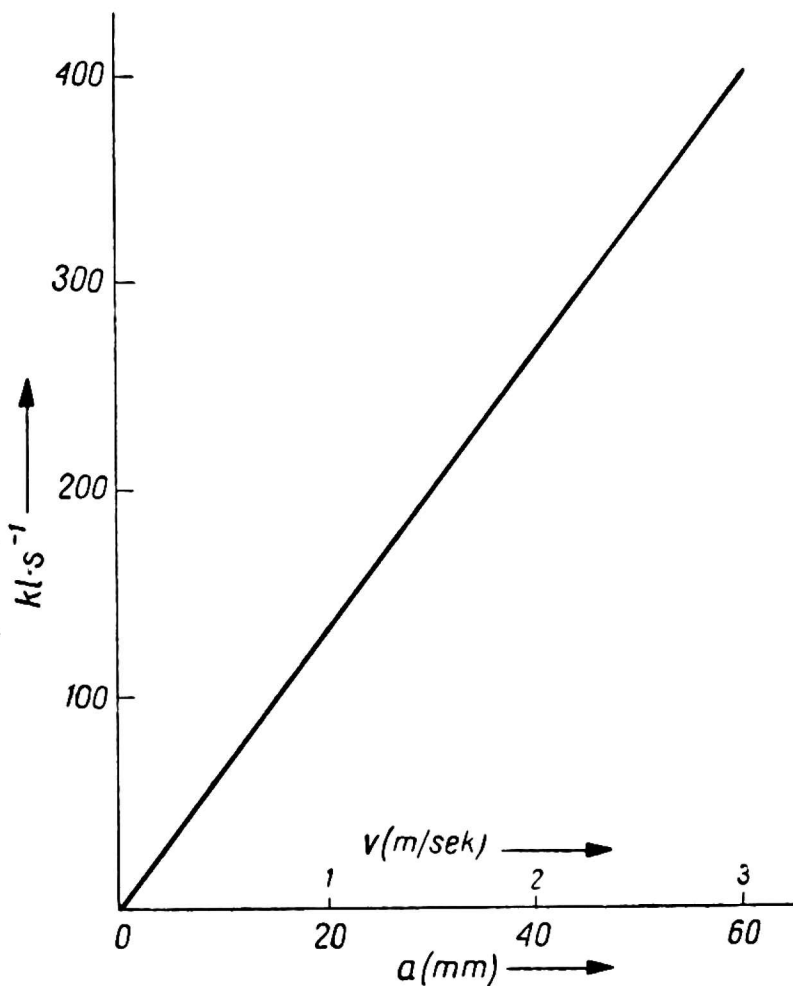
Rysunek 3 przedstawia liczbę kl./s jako funkcję odległości  $a$  (mm) i prędkości przesuwu filmu ( $v/m/s$ ) przy częstotliwości 1000 Hz. Zależności te odmiennie kształtują się przy znaczniku czasu nastawionym na częstotliwość normalną 50 Hz (występującą w sieci, rys. 4).



Rys. 3. Liczba kl./s jako funkcja odległości  $a$  (mm) i prędkości przesuwu filmu  $V$  (m/s) przy częstotliwości 1 kHz

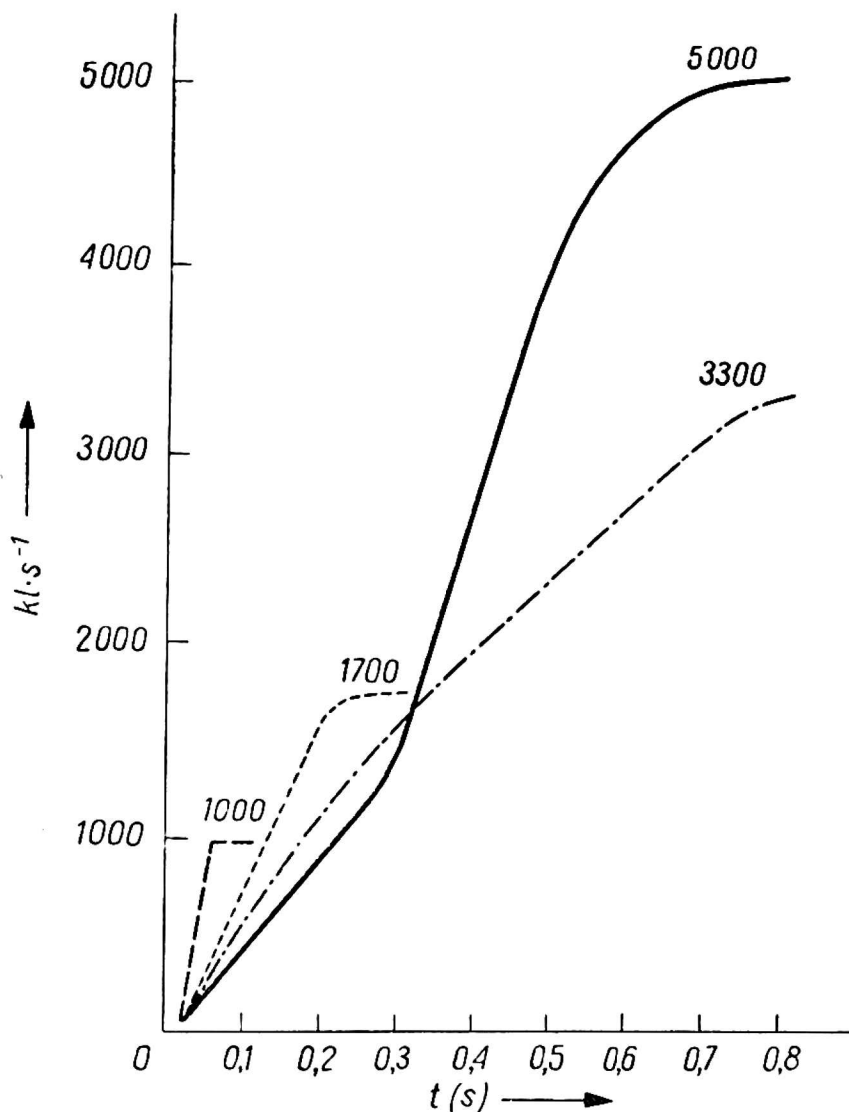
Przy pracy kamerą Pentazet 16 pomiar przeprowadza się po osiągnięciu przez nią nastawionej prędkości. Rozbieg kamery, a zatem odcinki straconej taśmy są dla rozmaitych prędkości różne, np. prędkość 3000 kl./s osiąga się po ok. 9 m, tj. po 0,4 s (rys. 5). Znajomość okresu rozbiegu kamery ma istotne znaczenie dla uchwycenia mierzonych zmian ruchu na

Rys. 4. Liczba kl./s jako funkcja odległości  $a$  (mm) i prędkości przesuwu filmu  $V$  (m/s) przy częstotliwości 50 Hz



Rys. 5. Okres rozbiegu kamery filmowej Pentazet 16 przy różnych prędkościach przesuwu filmu. Ustalenie prędkości:

500	kl./s <sup>-1</sup>	po ok.	0,5	m
1000	"	"	1,0	"
1700	"	"	1,5	"
3300	"	"	11,0	"
5000	"	"	14,0	"



pozostałej długości taśmy filmowej, w tym wypadku ok. 20 mb. Synchronizacja zdjęcia i zjawiska nie jest trudna przy małych prędkościach przesuwu taśmy (do 1000 kl./s) oraz gdy chodzi o pomiar stałych powtarzających się zmian ruchów. Gdy występują zmiany miejsca albo są one okresowe, a okresy te są mało znane, wtedy analiza takich ruchów wymaga empirycznych wyznaczeń przy pomocy kamery i często dużego zużycia taśmy filmowej. W takich sytuacjach trzeba konstruować przystawki do synchronizacji pracy kamery z wyzwaniem w odpowiednim czasie ruchu mierzonego zespołu maszyny.

#### b. OŚWIETLENIE OBIEKTU I NAŚWIETLANIE TAŚMY

Bardzo istotne przy realizacji filmów kamerą do szybkich zdjęć jest dobre oświetlenie badanych obiektów. Na emulsję musi być bowiem doprowadzona ilość światła proporcjonalna do wzrostu prędkości przesuwu taśmy filmowej, np. ok. 125 razy więcej dla 3000 kl./s niż dla 24 kl./s. Jeśli przedmiot sam emituje wystarczającą ilość światła nie ma wtedy większych trudności w jego oświetlaniu. Jeżeli zaś obiekt dobrze odbija światło można oświetlać go bezpośrednio z odpowiednich źródeł światła. W wypadku braku dobrego oświetlenia filmuje się obiekt poprzez światło przechodzące, np. na tle silnego światła słonecznego lub odpowiedniego łuku elektrycznego. W plenerze, przy oświetleniu słonecznym, możliwe jest wykonywanie zdjęć z prędkością do 1000 kl./s, ale przy zastosowaniu filmu o czułości 27 din. Poza tym zakresem liczby kl./s trzeba stosować dodatkowe, sztuczne oświetlenie, jak reflektory fotograficzne o mocy 2000 W, np. 3000 kl./s, film 27 din w słoneczny dzień — 2 reflektory a 2000 W, odległość od obiektu ok. 4 m — przysłona obiektywu 5,6-8.

Tabela 2

Przebieg 30 mb taśmy

Liczba kl./s	V (m · s <sup>-1</sup> )	V (km · h <sup>-1</sup> )	Czas prze- biegu taś- my (s)	Przyjęta prędkość po (m)	Efektywna długość taśmy (m)
300	2,28	8,20	14,0	0,4	28,5 *
600	4,6	16,40	6,8	0,7	28,0
1000	7,6	27,33	4,1	1,0	27,5
2000	15,2	54,67	1,9	2,2	26,5
3000	22,8	82,00	1,4	9,5	19,0

\* Około 1 mb taśmy z końcówki ulega zaświeteniu oraz ok. 0,3 m bywa poszarpany przy wytracaniu obrotów szpuli zbierającej naświetloną taśmę w kamerze.

Przy filmowaniu obiektów, które nie mogą być nagrzewane przez lampy oświetlające trzeba wprowadzić chłodzenie wymuszone. Niekiedy wystarczy synchroniczne włączanie i wyłączanie światła tylko na okres pracy kamery i naturalne chłodzenie obiektu.

Tabela 3

## Pomiar naświetlania (światłomierzem)

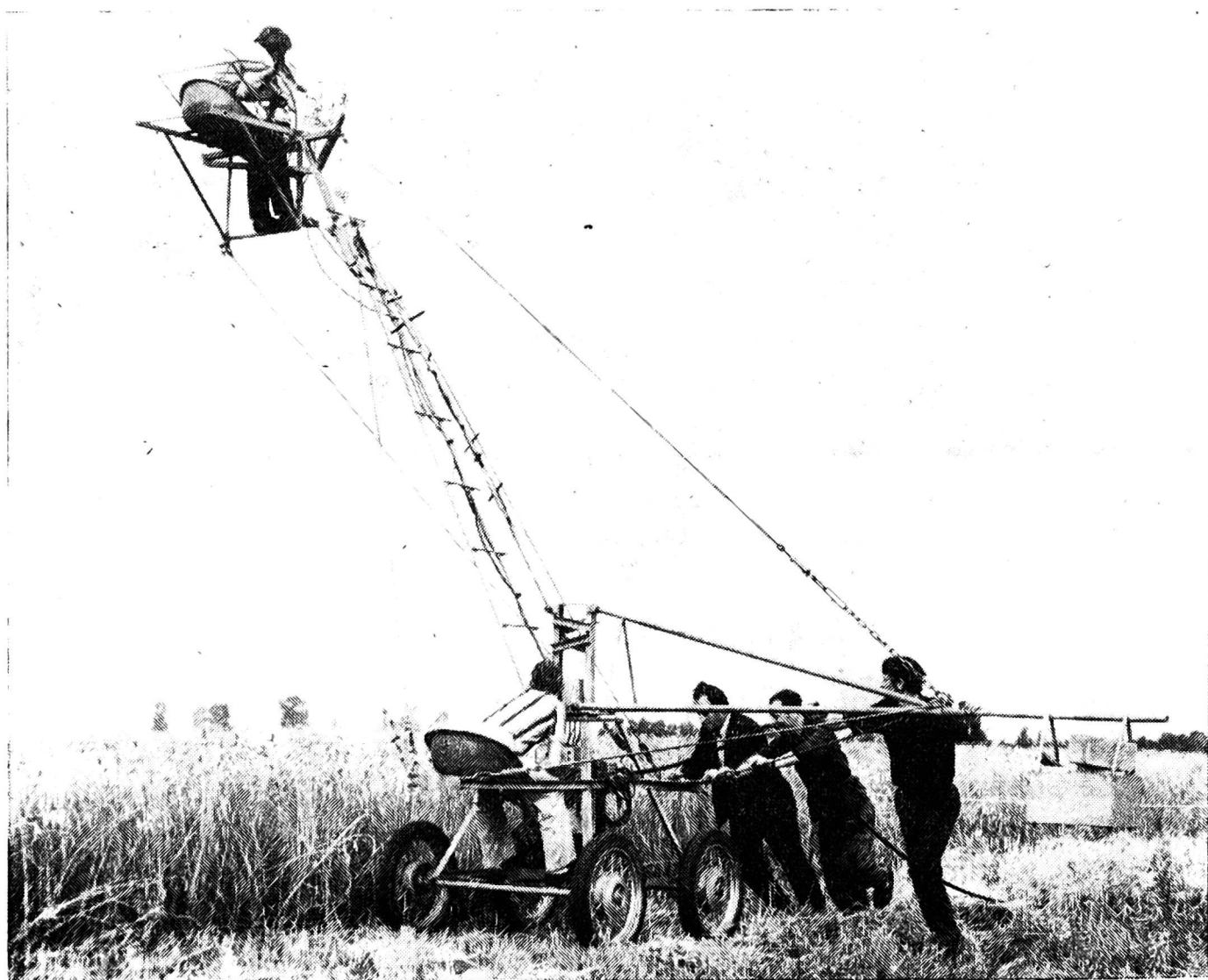
Liczba kl./s	Migawki (s)	Poprawka na odległość (w przysłonie obiektywu)
300	1/300	do 2 m — 0
600	1/600	do 4 m — 0,5-1 (—)
1000	1/1000	ponad 4 m — 1-1,5 (—)
2000	1/2000	
3000	1/3000	

## 2. STANOWISKA DO BADANIA MASZYN ROLNICZYCH

W warunkach badań zespołów roboczych maszyn rolniczych zachodzą w zasadzie dwie sytuacje zmiany ruchu:

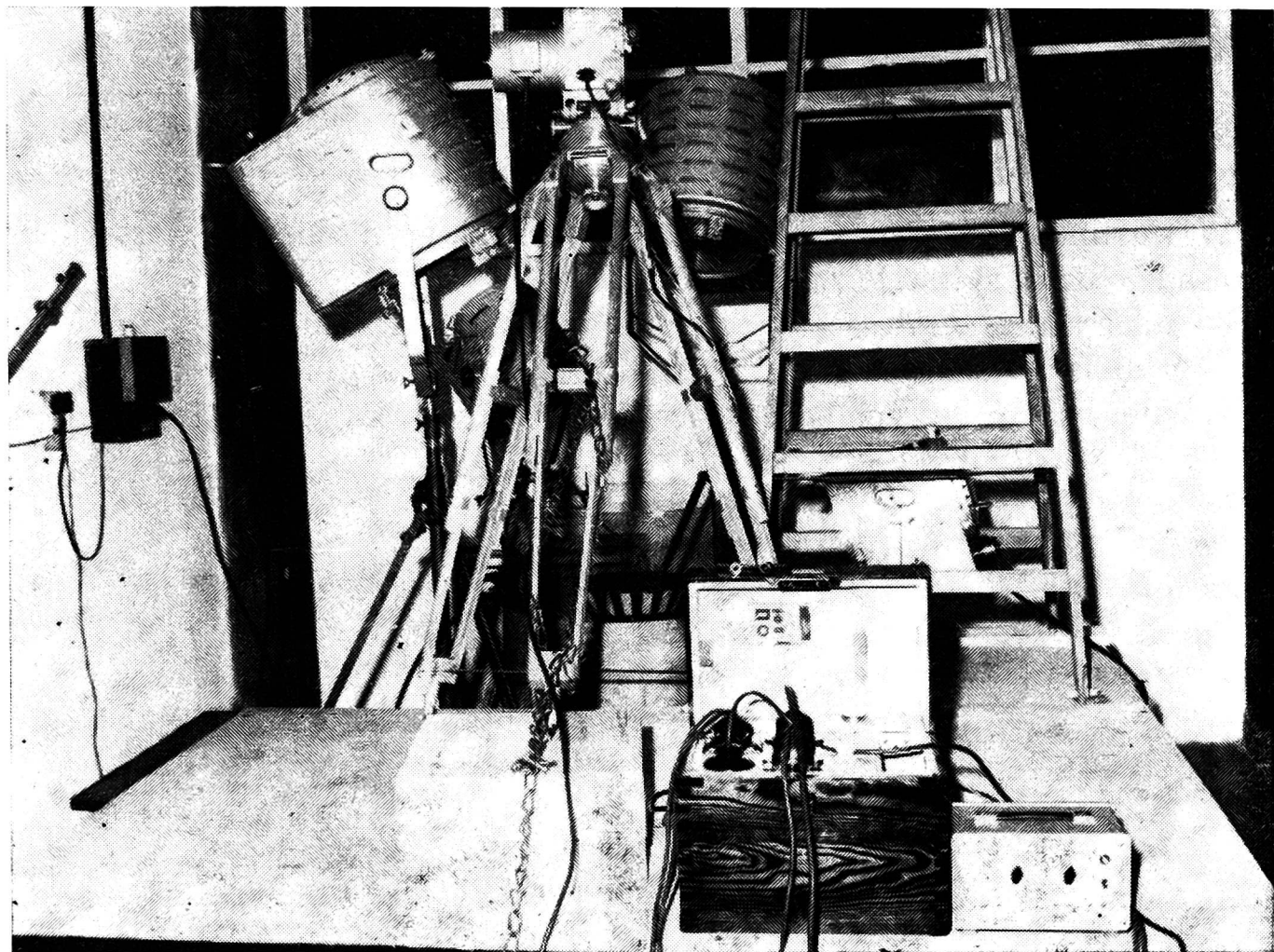
- maszyna przemieszczająca zespół roboczy w ruchu,
- zjawisko ruchu zachodzi na stanowisku stabilnym.

W pierwszym przypadku (praca kombajnu, orka) zachodzi koniecz-



Rys. 6. Wózek — dźwig na szynach do filmowania pracy zespołu żniwnego kombajnu kamerą Pentazet 16

ność budowania uciążliwych w reakcji i użyciu wózków—dźwigów na szynach rozstawianych każdorazowo na powierzchni pola (rys. 6). Następna sytuacja nie wymaga budowy tak kosztownych i trudnych konstrukcyjnie urządzeń. Wystarczają zwykle uchwyty statywu lub głowicy statywu w odpowiedniej odległości od filmowanego obiektu (rys. 7). Niekiedy, gdy zespół roboczy można badać z pozycji horyzontalnej, wystarczą tylko odpowiedniej wielkości podstawki i uchwyty do zamocowania i stabilizacji drgań badanego obiektu.



Rys. 7. Kamera Pentazet 16 na własnym statywie nad stanowiskiem badawczym; wysiew odśrodkowy przy pomocy wirnika

### 3. ZESPÓŁ ŻNIWNY KOMBAJNU KZS-3 „BIZON”

Próbie wykorzystania kamery Pentazet 16 do badania zespołów roboczych maszyn rolniczych przedstawię w dwóch tematach:

1. Zespół żniwny kombajnu KZS-3 „Bizon”.
2. Wysiew odśrodkowy.

Pierwszy temat został opracowany w warunkach polowych, podczas zbioru pszenicy kombajnem KZS-3 „Bizon” z zespołem żniwnym, odpowiednio przystosowanym do badań. W zasadzie nie była to przeróbka konstrukcyjna, ale tylko „odsłonięcie” listwy tnącej i przenośnika pochylego.



W tym celu wycięto odpowiedniej wielkości otwór z boku listwy tnącej, aby kamera mogła zarejestrować prace noży tnących źdźbła pszenicy przy współpracy nagarniacza (rys. 8). Chodziło tu o zaobserwowanie i pomierzenie zmian ruchu nożyków oraz geometrii ruchów źdźbeł pszenicy ścinanych i odprowadzanych podajnikiem ślimakowo-palcowym. Na wierzchu przenośnika pochyłego został również wycięty otwór, przez który można było obserwować nierównomierność podawania masy zbożowej do

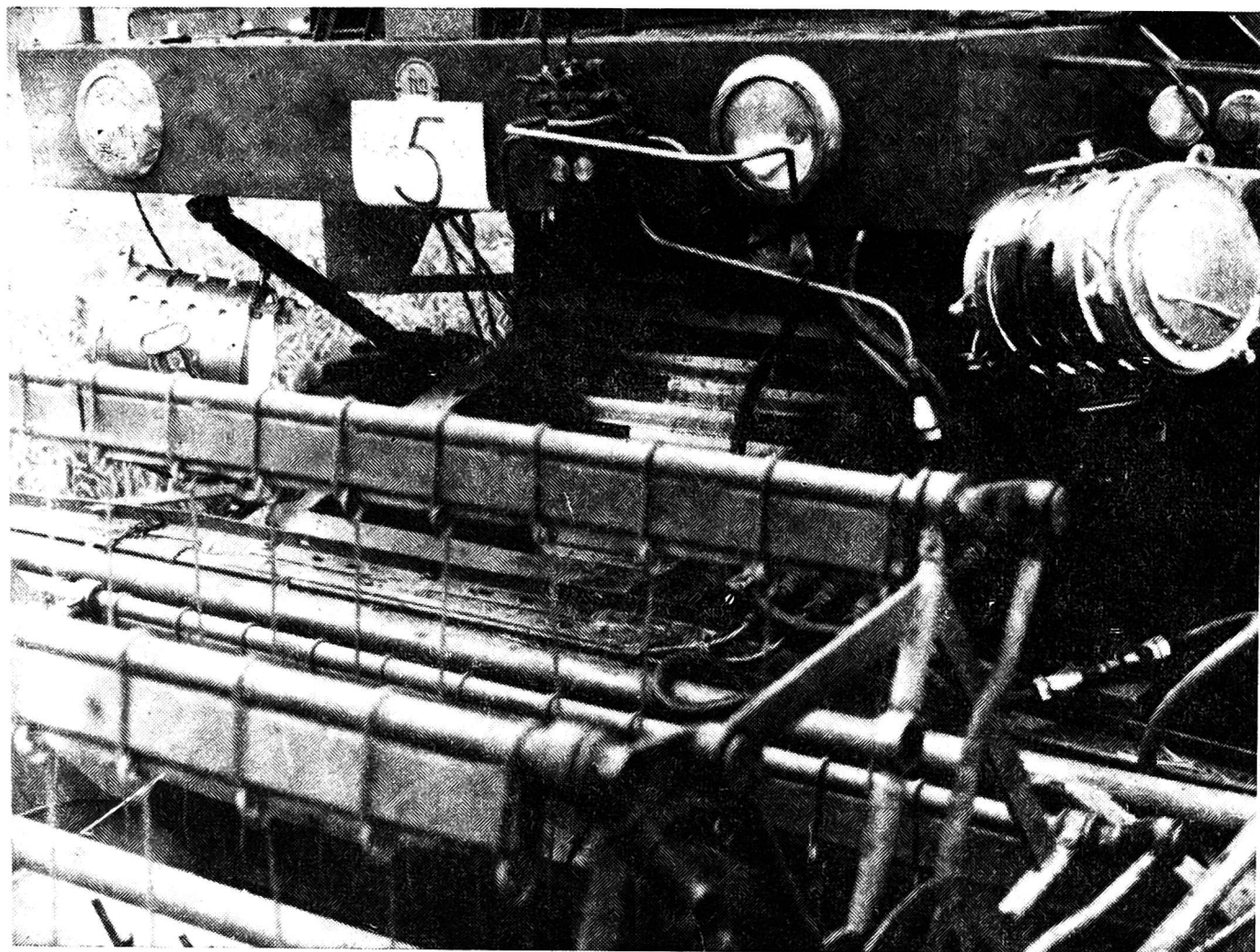


Rys. 8. Otwór z boku listwy tnącej zespołu żniwnego kombajnu KZS-3 — „Bizon”

bębna młócającego. Wnętrze przenośnika zostało oświetlone przez dwa reflektory fotograficzne (2000 W każdy). Zostały one zamocowane na korpusie kombajnu (rys. 9).

Jak wspomniano poprzednio zespół żniwny kombajnu KZS-3 „Bizon” badany był w warunkach normalnego zbioru pszenicy, a zatem w ruchu postępowym o stałej prędkości. Kamera Pentazet 16 miała zarejestrować zmiany położenia źdźbeł pszenicy przy stałych zmianach ruchu nagarniacza, listwy tnącej, podajnika ślimakowo-palcowego i przenośnika pochyłego. Dla pracy kamery razem ze stałym ruchem postępowym kombajnu zbudowano specjalny wózek-dźwig na czterech kołach szprychowych toczonych po torowisku (rys. 10).

Torowisko z wózkiem zostało wykonane przez mgr inż. Andrzeja Marciniaka z Instytutu Mechanizacji Rolnictwa WSR w Lublinie, który współ-



Rys. 9. Odslonięty przenośnik pochyły kombajnu KZS-3 — „Bizon”



Rys. 10. Filmowanie kamerą Pentazet 16 pracy zespołu żniwnego kombajnu KZS-3 — „Bizon”

Tabela 4

## Dane techniczne torowiska i wózka

Wyszczególnienie	Wymiary w m orientacyjne	Uwagi	
A — Tor			
Długość toru	60	odcinki toru ponumerowane, montowane klamrami	
Odcinki toru	4		
Rozstaw szyn	1,3		
Głębokość toru (obejm)	0,1		
B — Wózek			
Rama wózka — długość	2,6	szprychowe-motocyklowe	
Rozstaw osi wewnętrzny	1,1		
Rozstaw osi zewnętrzny	1,3		
Wysokość od toru do osi	0,33		
Liczba osi	2 szt.		
Koła na pneumatykach	4 szt.		
Wysokość wózka	1,35		
Pręt odciążenia — długość	3,0		
Pojemnik przy odciążniku	0,43×0,43×0,24		z blachy 6 mm na wózku ława z uchwytami do stabilnego ustawienia tablicy rozdzielczej i znacznika czasu
Ciężar obciążenia razem z koszem	70-100 kg		
Siedzenie (od ciągnika)	1 szt.	przy wysięgniku drabinka do wchodzenia na wierzch konstrukcji	
Wysięgnik z czterech prętów — wysokość do głowicy statywu kamery	4,9		
— długość wysięgnika do ramy siedzenia	4,1		
— cała wysokość	5,4		
Rama siedzenia przy kamerze (na górze)			
— szerokość	0,6	kamera ustawiona na własnej głowicy, która została zamocowana na ramie wysięgnika i połączona z tablicą sterowniczą i znacznikiem czasu przewodami elektrycznymi	
— długość od przodu do siedzenia	0,8		
— siedzenie (od ciągnika)	1 szt.		
Napęd wózka (całości)	3 osoby		
Napęd kamery agregat prądotwórczy	220/380 V	prąd 3-fazowy	

pracuje z ZDK IMER Kłudzienko w realizacji badań przy pomocy kamery Pentazet 16. W ramach tej współpracy został także przygotowany kombajn KZS-3 „Bizon” do badań (wycięty odpowiedni otwór do listwy tnącej i do przenośnika pochyłego).

Wózek musiał być utrzymany na zaprogramowanej stałej odległości od filmowanego elementu zespołu żniwnego kombajnu. Do tego celu służyła gruba linka nylonowa, naprężana przez cały okres filmowania na skutek utrzymywania tej samej (stałej) prędkości ruchu postępowego

Dane techniczne filmowanych elementów

Element filmowany	Prędkość obr./s	Zwolnienie ruchu przy odtworzeniu 24 kl./s	Uwagi
Nagarniacz	1/4-3/4	12,5	
Listwa nożowa (wał napędu)	8		przy 16 kl./s
Podajnik ślimakowo- -palcowy	3,1	12,5	zwolnienie ruchu wynosi 18,7 razy
Przenośnik pochyły (wał napędu)	5,8	12,5	

wózka z prędkością jazdy pracującego kombajnu. Poza zachowaniem stałej poziomej odległości agregatu filmującego od zespołu zniwnego kombajnu zachodziła konieczność pokonania dużej trudności w utrzymaniu stałego położenia kamery w pionie. Występowały bowiem duże wahania wywołane chwianiem się wózka w czasie pchania go przez 3 osoby po torze, który nie był idealnie poziomy na skutek nierówności pola ścierniska. Dochodziły do tego także ruchy pionowe kombajnu pracującego na nierównym terenie. Jeżeli jeszcze dodać, że kamera filmowała z dużej odległości, bo od 18-25 m, teleobiektywem o ogniskowej  $f = 125$  mm, a więc o bardzo wąskim kącie obrazu (poziomy  $5^\circ$ , pionowy  $3,5^\circ$ , a normalny obiektyw  $f = 35$  mm ma kąt poziomy obrazu  $16^\circ$  i pionowy  $12^\circ$ ) trzykrotnie mniejszym od obiektywu normalnego, to nawet mały ruch był wielokrotnie potęgowany. Nie można więc było filmować automatycznie po ustawieniu obrazu na ostrość, ale trzeba było prowadzić obiekt kamerą. Robił to jeden z operatorów siedzących na ramie wysięgnika. Drugi operator czuwał przy tablicy sterowniczej i znaczniku czasu na wózku. Dla ułatwienia prowadzenia kamery przyklepiano numerowane białe kartki, które były dostatecznie widoczne przez okular wizjera kamery Pentazet 16. Najlepszy byłby jednak do tych celów obiektyw o ogniskowej  $f = 20$  mm, 35 czy 40 mm, ale z zakresem odległości od 0,5 czy 1 m do nieskończoności. Wtedy kąt obrazu byłby dostatecznie szeroki i można by filmować ze znacznie mniejszych odległości (5—10 m). Poza tym przy obecnej wysokości wózka kąt patrzenia kamery byłby znacznie większy, a to eliminowałoby wiele przerysowań, dając obrazy wierniejsze, ułatwiając filmowanie samych elementów, gdyż kąt ustawienia kamery można regulować na głowicy statywu. Poza tym z mniejszych odległości obrazy są ostrzejsze.

Przy badaniach pracowało 8 osób wraz z kombajnerem. Przy wózku 5 osób, 2 osoby — reżyseria i ogólny dozór, a także nadzór nad układem elektrycznego zasilania kamery. Torowisko po każdym przejeździe 60 m

Tabela 6

Nastawienia kamery z obiektywem  $f = 125$  mm  
300 kl./s (10-15.8.1970 r.)

Element filmowany	Odległość (m)	Pora dnia (godz.)	Przysłona * z pomiaru
Nagarniacz	18-25	9-17	8-11
Listwa noża	4-6	"	5,6-8
Podajnik ślimakowo-palcowy	15-18	"	8-11
Przenośnik pochyły	12-15	"	8-11

\* Prześwietlone o 1-2 skali przysłony (dzień słoneczny).

odcinka było przesuwane bliżej łanu pszenicy dla następnego pomiaru. Nagarniacz, listwa tnąca, podajnik ślimakowo-palcowy i przenośnik pochyły filmowane były na 300 kl./s ze znacznikiem czasu o częstotliwości 100 Hz.

#### WNIOSKI

1. Prędkość przesuwania taśmy 300 kl./s okazała się zbyt wolna. Właściwą byłaby 1000 kl./s. Odczyt zapisu trzeba przeprowadzać przy 16 kl./s, najlepiej na stoliku przeglądowym czytnikiem pisma, powiększalnikiem fotograficznym, a nie przy pomocy projektora.

2. Stosując taśmę filmową o czułości 27 din, trzeba co najmniej 1—2 skali bardziej przysłaniać obiektyw niż to wynika z pomiarów naświetlania światłomierzem.

3. Przy stosowaniu teleobiektywu  $f = 125$  mm wysięgnik wózka okazał się za niski — powinien wynosić co najmniej 8 m, wtedy byłoby można dokładniej zarejestrować pracę podajnika ślimakowo-palcowego i przenośnika pochyłego. Przy obecnej wysokości wózka lepszym byłby obiektyw o większym kącie, np. obiektyw  $f = 40$  mm, lub  $f = 20$  mm, ale z pełną skalą odległości.

4. Pracę listwy tnącej najlepiej byłoby odtwarzać na taśmie barwnej, która również byłaby przydatniejsza przy badaniu pozostałych elementów zespołu zniwnego kombajnu KZS-3 „Bizon”.

#### 4. WYSIEW ODŚRODKOWY

Badanie wysiewu odśrodkowego cząstek na bezłopatkowym wirniku stożkowym wykonano ze stanowiska stałego, zbudowanego przez mgr inż. Jerzego Gołęba z Zakładu Analiz i Pomiarów Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie. Podstawowym zagadnieniem przy wysiewie odśrodkowym nasion lub nawozów mineralnych jest dobór liczby i kształtu łopatek wysiewających. Wygięcie łopatek w kierunku przeciwnym do obrotów wirnika zwiększa równomierność wysiewu i prędkość wylotu cząstek. Graniczne wygięcie łopatek nie może być jednak większe od torów względnych cząstek na powierzchni wirnika

beźłopatkowego. Wyznaczenie torów względnych jest teoretycznie bardzo trudne, bo zależy od wielu czynników, jak np. od współczynnika tarcia, kształtu cząstek, liczby obrotów wirnika, położenia początkowego cząstek, kąta wierzchołkowego wirnika itp. Dotychczas opracowano opis teoretyczny ruchu punktu materialnego na chropowatych tarczach płaskich i stożkach. Opis ten prowadzi do układu równań różniczkowych, które można rozwiązać przy pomocy maszyn cyfrowych. Ostatnio opracowano w Instytucie Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa opis teoretyczny ruchu cząstek kulistych, a następnie otrzymane układy równań różniczkowych rozwiązano metodą numeryczną. Z obliczeń numerycznych wybrano kilka przykładów rozwiązań dla porównania z badaniami przy pomocy kamery Pentazet 16.

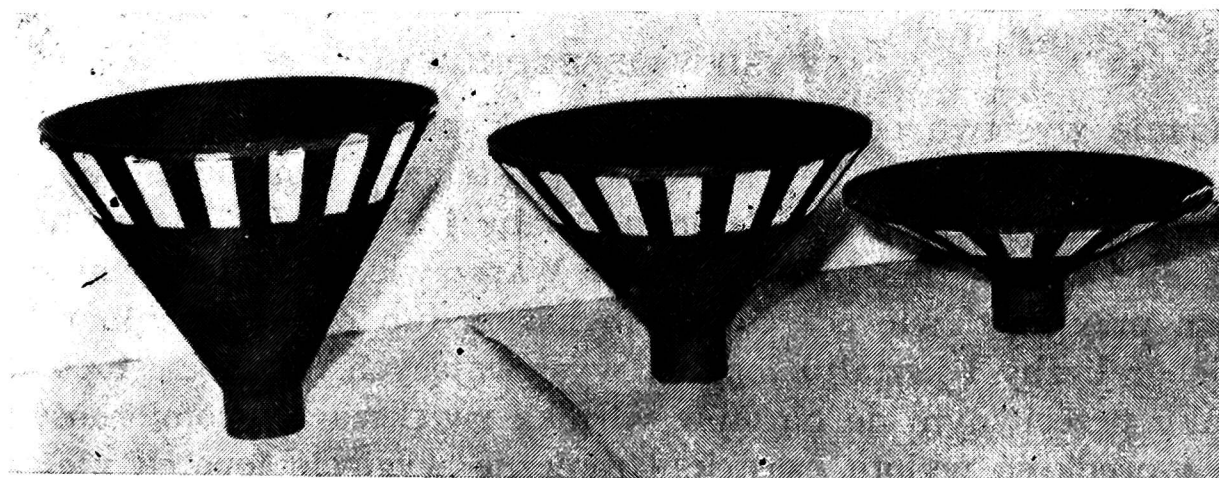
Tabela 7

Przykłady badanych torów bezwzględnych wysiewu odśrodkowego

Kąt wierzchołkowy wirnika ( $2\beta^\circ$ )	Liczba obrotów ( $n$ obr./min)	Współczynnik tarcia $\mu$ 0,4-0,5	Promień startu $r_0$ (cm)	Promień wylotu $r_z$ (cm)
60	1000		7,5	15,0
"	750	"	"	"
"	550	"	"	"
90	1000	"	"	"
"	750	"	"	"
"	550	"	"	"
120	1000	"	"	"
"	750	"	"	"
"	550	"	"	"

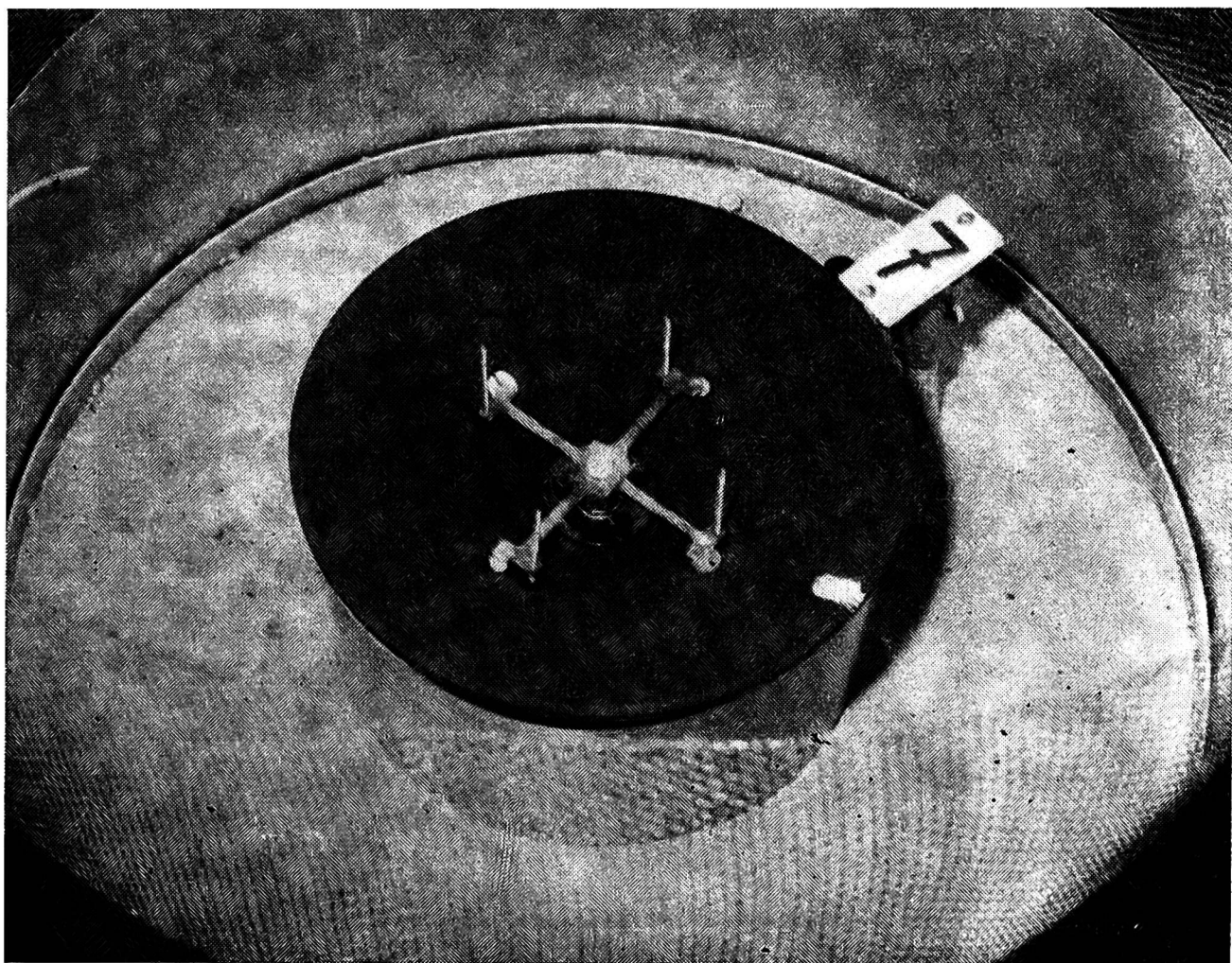
Do badania torów bezwzględnych użyto dwóch krążków i dwóch kulek plastikowych. Zestawienie wybranych przykładów przedstawia tab. 7.

Orientacyjny czas ruchu cząstek po poboczniczy stożków wynosi od 30 do 150 ms w zależności od przykładu (najwolniejszy przy  $60^\circ$  wirnika i 550 obr./min, a najszybszy przy  $120^\circ$  wirnika i 1000 obr./min — rys. 11).



Rys. 11. Trzy różne wirniki (stożki) do badania wysiewu odśrodkowego

Na wirującej tarczy osadzone są cztery elektromagnesy, tworzące elektromagnetyczny wyrzutnik cząstek (rys. 12). Po włączeniu prądu poprzez kolektor następuje uniesienie popychaczy przyciskających cząstki do pobocznic stożka. Usunięcie więzów umożliwia ruch cząstek po pobocznicy wirnika. Sfilmowany kamerą ruch o normalnej prędkości przesuwu taśmy 24 kl./s jest niedostrzegalny przy odtwarzaniu na projektorze z tą samą prędkością przesuwu taśmy, a nawet jest zdeformowany. Przy oglądaniu bowiem występuje zjawisko stroboskopii. Na ekranie ruch wirnika z elektromagnetycznym wyrzutnikiem cząstek, kulki i krążki oraz znak biały na obrzeżu wirnika odbierane są jako kręcące się w przeciwną stronę. Podobnie szybka panorama płotu lub lasu wygląda jakby kamera zaciniała się lub powracała — występuje migotanie. Pochodzi to z rejestracji na pojedynczych klatkach filmu faz ruchu w niewłaściwej kolejności (ruch za szybki).

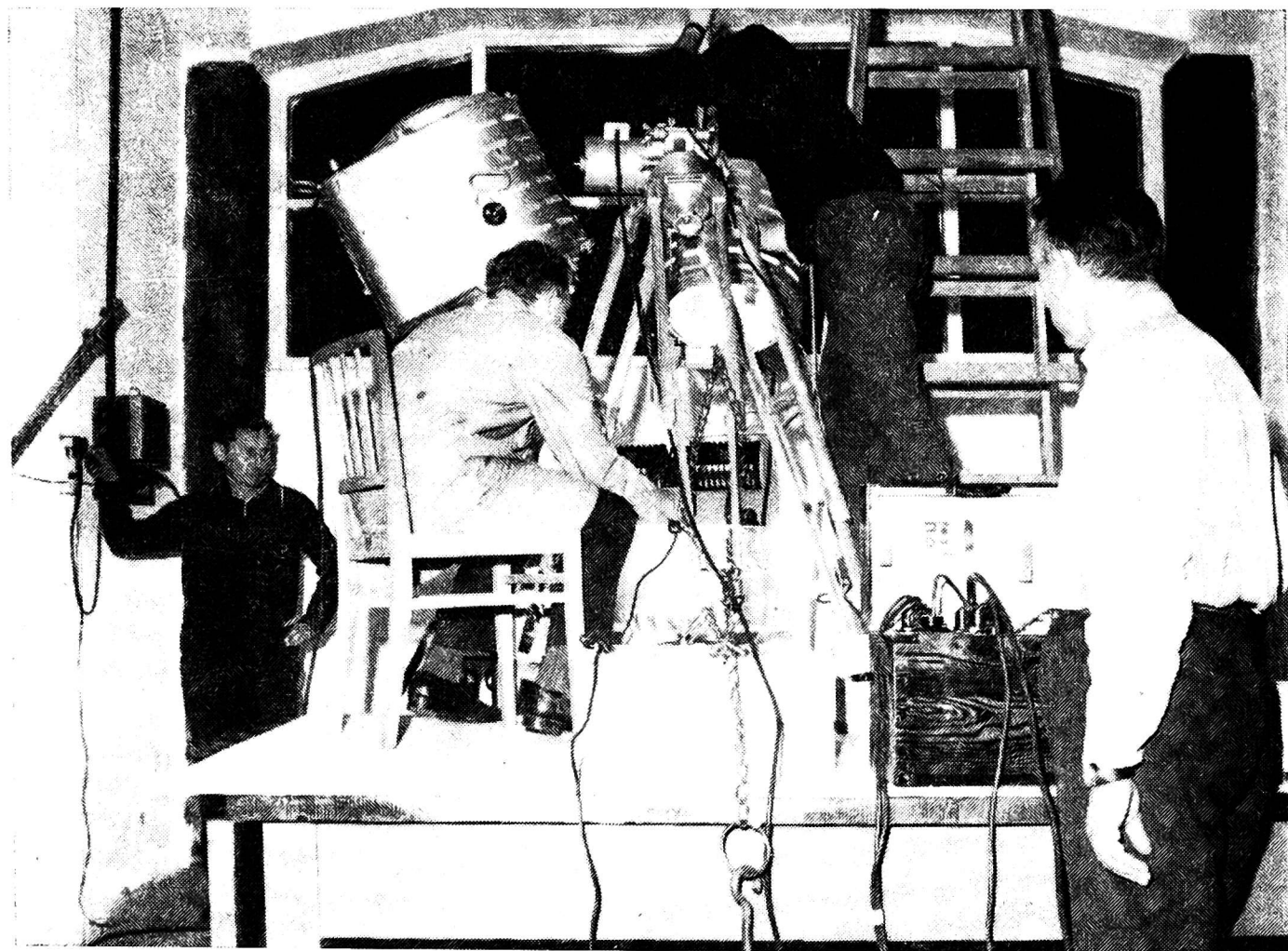


Rys. 12. Elektromagnetyczny wyrzutnik cząstek we wnętrzu wirnika do badania wysiewu odśrodkowego

Można odtwarzać pracę wirnika na projektorze także z prędkością 16 kl./s, ale i to nie daje możliwości obserwacji. Mniejszej częstotliwości projektora normalnie nie stosuje się, bo nie odbierze się wrażenia ciągłego ruchu obrazu. Na skutek bowiem bezwładności oka obraz zatrzymuje się ok. 1/30 s po ustaniu bodźca wywołującego obraz. Gdy przed upływem 1/30 s będzie rzucony na ekran obraz z następną fazą ruchu, a następnie

z dalszymi fazami ruchu, w świadomości człowieka powstaje wrażenie ciągłego ruchu obrazu. Przy 16 kl./s zatrzymanie obrazu trwa  $1/32$  s i tyle samo czasu trwa przerwa na przesunięcie następnej klatki, dzięki czemu odbiera się ciągłość ruchu.

Do badań toru cząstek (kulek i krążków) zbudowano dwa różne stanowiska dla kamery Pentazet 16. Pierwsze było prostym rozwiązaniem. Statyw oryginalny z obrotową głowicą został zamocowany stabilnie na odległość 1,1 m od przodu kamery do elektromagnetycznego wyrzutnika cząstek (rys. 13). Wirnik stożkowy oraz silnik napędzający ustawione zostały na podłodze na stałym postumencie i połączone były z urządzeniem do regulacji obrotów. Po ustawieniu dwóch kulek i dwóch krążków w popychaczach przyciskających cząstki do pobocznic stożka, doprowadzo-



Rys. 13. Najprostsze stanowisko do badania wysiewu odśrodkowego z wirnika kamerą Pentazet 16

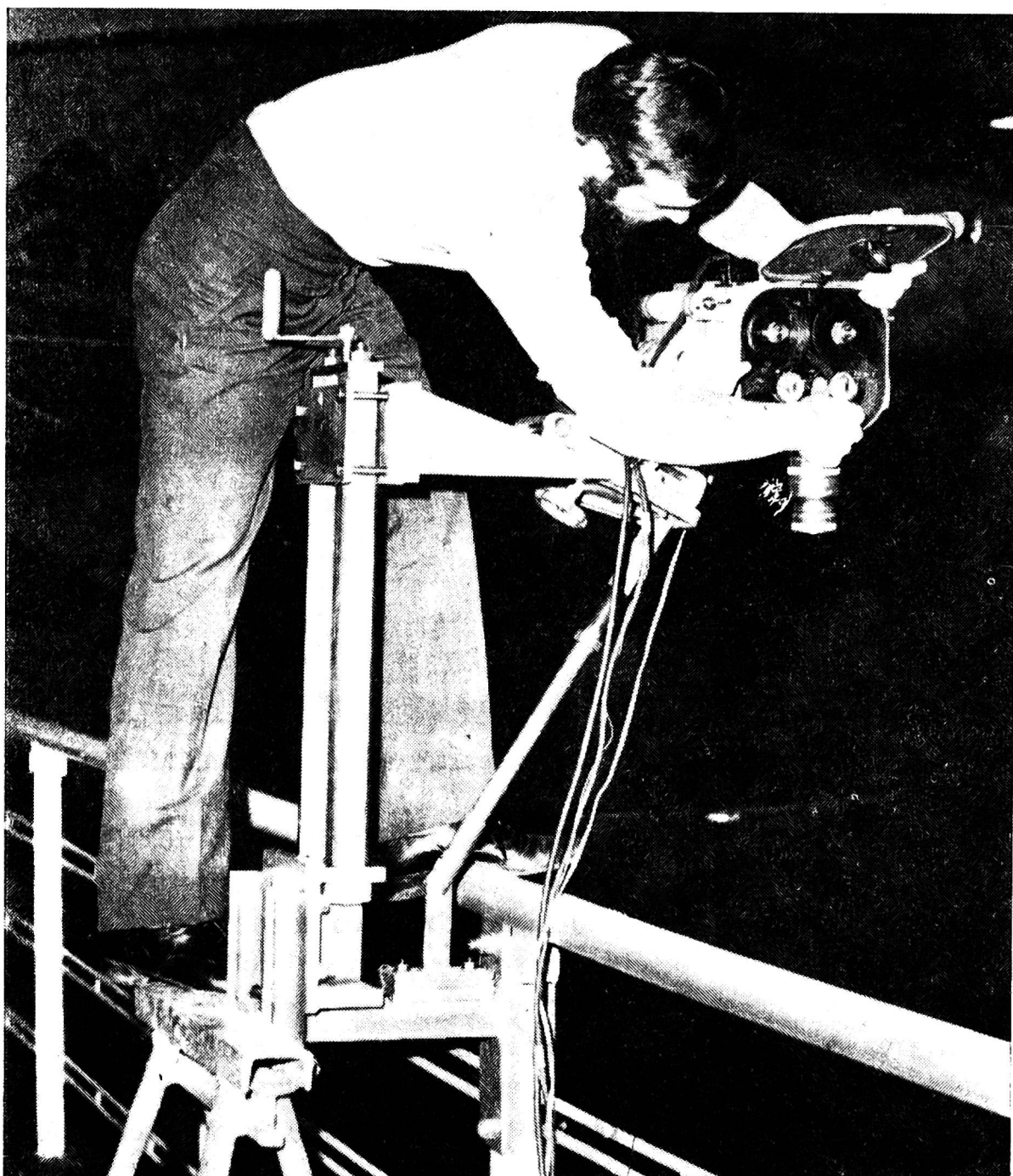
no rozruch stożka do zaprogramowanej liczby obrotów/minutę, a więc  $n = 550$  i potem dopiero włączano kamerę na 1000 kl./s oraz po rozruchu (ok. 1 m — 0,6 s) zwalniano więzy i następował ruch cząstek po bocznic stożka. 42-krotne zwolnienie ruchu przy odtwarzaniu z prędkością 24 kl./s wydało się za małe do wykreślenia toru cząstek. 3000 kl./s przy tej samej prędkości obrotów wirnika stożka (550 obr./min) okazało się



wystarczające do określenia torów cząstek po poboczniczy stożka. W obu wypadkach stosowano znacznik czasu o częstotliwości 1000 Hz.

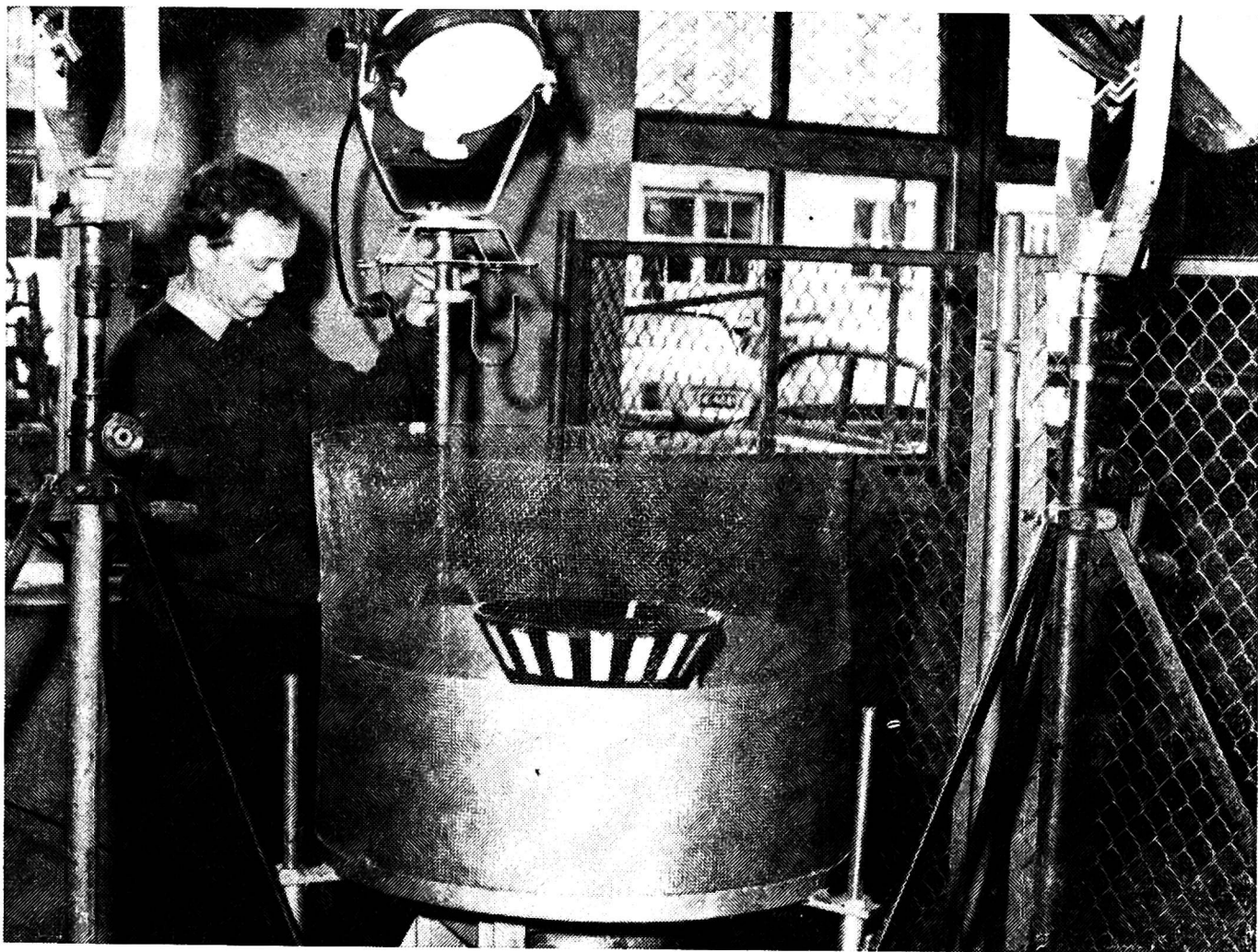
Te badania kamerą Pentazet 16 stanowiły wstępną orientację do właściwych pomiarów. Przede wszystkim kamera ustawiona była za blisko stożka, a nie mogła być oddalona, gdyż obiektywem standardowym o ogniskowej  $f = 35$  mm można pracować w granicach odległości od 0,5-1,1 m. Z najdalszej odległości 1,1 m w kadrze nie mieścił się cały stożek — obraz na krótszym boku klatki filmowej ( $12,3 \times 10,65$  mm) był obcięty, nie można więc było określić prawidłowo toru cząstek po bocznicy stożka. W związku z tym postanowiono zbudować stanowisko do filmowania kamerą Pentazet z teleobiektywem  $f = 125$  mm.

Właściwe badania torów bezwzględnych dwóch krążków i dwóch ku-



Rys. 14. Stanowisko dla kamery filmowej Pentazet 16 zamocowane na balkonie hali maszyn IMER w Warszawie

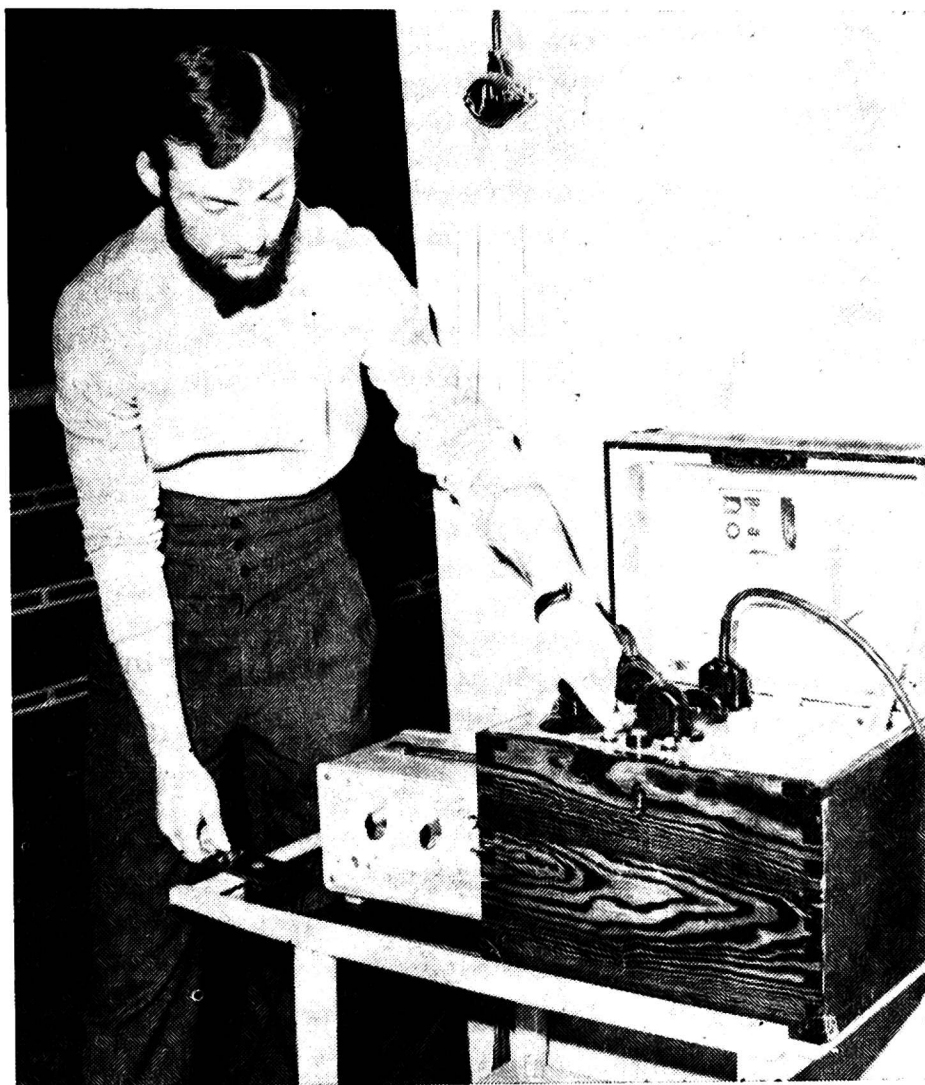
lek po poboczniczy trzech wirników podanych w tab. 8 przy trzech liczbach obr./min (1000, 750 i 550) każdy, wykonano w hali maszyn IMER w Warszawie, budując stanowisko dla kamery przy balustradzie na balkonie pomieszczenia (rys. 14). Na dole hali był zlokalizowany badany obiekt — stożek na stabilnym postumencie oraz urządzenie do regulacji obrotów wirnika, kolektor z przewodem do włączania prądu dla unoszenia przycisków cząstek od poboczniczy stożka (rys. 15). Przy tablicy sterowniczej i znaczniku czasu na balkonie znajdował się włącznik prądu do elektromagnetycznego wyrzutnika cząstek (rys. 16).



Rys. 15. Stanowisko badanego wirnika na parterze hali maszyn IMER w Warszawie

Film realizowany był w ciągu światła dziennego (6. XII. 1970) od godz. 9 do 17 z dodatkowym oświetleniem elektrycznym 14 kW. Działanie światła dziennego było tutaj bardzo skuteczne, gdyż całe badania przeprowadzono z prędkością przesuwu taśmy 3000 kl./s i filmowany obiekt znajdował się w odległości 6 m, a to wielokrotnie osłabia efekt oświetlenia w stosunku do odległości, np. 1,1 m. Zasada ta dotyczy oczywiście skutków sztucznego oświetlania w pomieszczeniu, bo przy dziennym w miarę oddalania się kamery od obiektu efekt zaczerniania negatywu wzrasta.

Na obrzeżu wirnika namalowano biały znak dla kontroli liczby obrotów wirnika. Odczyt można zrealizować na stoliku przeglądowym (rys. 17)



Rys. 16. Tablica sterownicza kamery filmowej Pentazet 16 i włącznik elektromagnetyczny wyrzutnika cząstek na wirniku

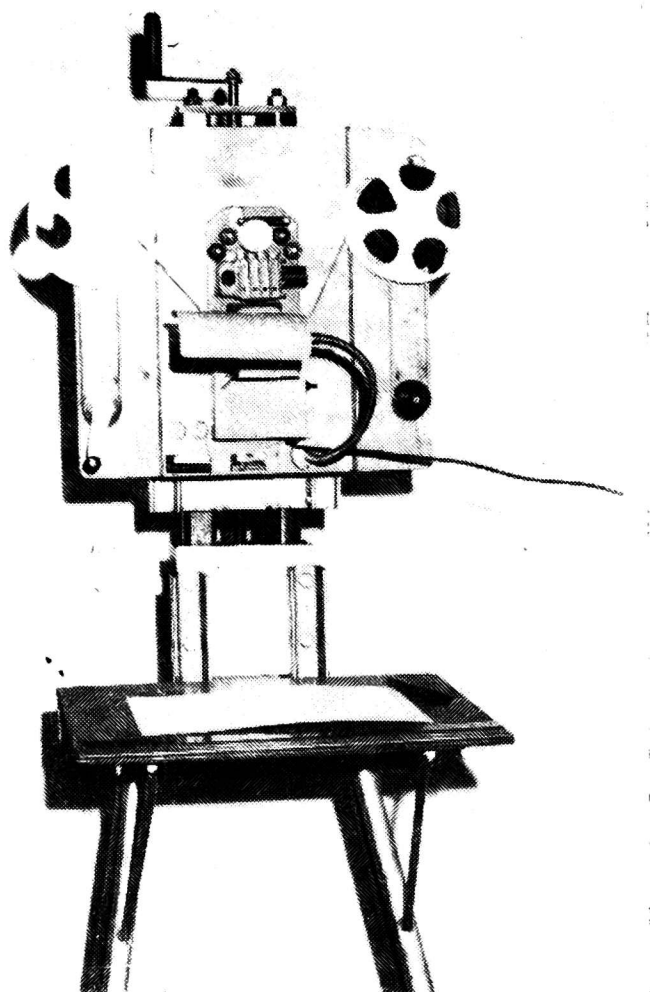
Tabela 8

Parametry realizacji filmu

Wyszczególnienie	1000 kl./s	3000 kl./s
Stożek obr./min	550	550
Odległość filmowanego obiektu (m)	1,1	1,1
Oświetlenie kW *	16	16
Taśma filmowa — czułość Din.	27	27
Przysłona	5,6-8	4-5,6
Znacznik czasu Hz	1000	1000
Usunięcie więzów cząstek po s	0,6	0,3

\* Tylko oświetlenie elektryczne, wieczór, dobre naświetlenie taśmy filmowej.

lub przy pomocy rzutnika do taśm filmowych, używając powiększalnika fotograficznego, z którego po prostym ustawieniu do ekranu rzuca się obrazy, np. co dziesiąty i sporządza rysunek torów cząstek po pobocznicach każdego z badanych stożków. Można też użyć do tego celu odpowiednio dostosowanego czytnika mikrofilmów.



Rys. 17. Czytnik filmu badawczego

Tabela 9

Parametry realizacji filmu (3000 kl./s)

Wyszczególnienie	Kąt wierzchołkowy wirnika		
	$2\beta = 60^\circ$	$2\beta = 90^\circ$	$2\beta = 120^\circ$
Stożek — obr./min*	1000, 750 550	1000, 750 550	1000, 750 550
Odległość filmowanego obiektu	6	6	6
Oświetlenie kW (reflektory)	14	14	14
Taśma filmowa — czułość Din	27	27	27
Przysłona**	4	4	4
Znacznik czasu Hz	1000	1000	1000
Usunięcie więzów cząstek po s	0,4	0,4	0,4

\* Oznaczenie: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 z lewej strony stożka.

\*\* Dzień jasny, niebo z białymi chmurkami; wg pomiaru przysłona wynosiła 2,8.

### WNIOSKI

1. Badanie torów cząstek po poboczniczy stożków kamerą filmową Pentazet 16 jest najefektowniejsze z prędkością przesuwu taśmy 3000 kl./s.
2. Stosując dla kamery teleobiektyw o ogniskowej  $f = 125$  mm i stożki o średnicy  $\varnothing = 300$  mm, obiekt musi być filmowany z odległości

6 m, a to wiąże się ze znaczną stratą światła co najmniej o 2 skale przysłony w stosunku do odległości 1,1 m. W związku z tym konieczne jest dodatkowe źródło światła, którym jest światło dzienne. Praktycznie dla wirnika stożkowego trudno jest zastosować więcej jak 3 reflektory à 5000 W. Wskazane więc jest filmowanie najlepiej na zewnątrz budynku w dzień pogodny + 2 reflektory à 2000 W (przysłona 5,6-8) albo też w dzień w jasnym pomieszczeniu przy oknach + 14-16 kW światła elektrycznego.

3. Przy filmowaniu teleobiektywem przy ogniskowej  $f = 125$  mm należy stosować bardzo silne oświetlenie, aby przysłona przekraczała 4, a mogła osiągnąć 8-11. Poza oświetleniem można to osiągnąć, stosując taśmę filmową o czułości przekraczającej 27 din, np. 30, 33, 36 din.

4. Odczyt i zapis pomiaru najlepiej przeprowadzać na stoliku przeglądowym lub stole montażowym o prędkości nawet 16 kl./s, przez co osiąga się większe zwolnienie ruchu jak przy 24 kl./s. Może też być użyty do tego celu rzutnik taśmowy lub odpowiednio użyty powiększalnik fotograficzny oraz czytnik pisma (mikrofilmów).

5. Przy stosowaniu kamery filmowej do zdjęć szybkich, np. Pentazet 16 lub innych, trzeba się liczyć ze znacznie większym zużyciem taśmy filmowej niż w realizacji filmów typowo dydaktycznych, przy użyciu normalnej kamery. W sprzyjających warunkach, gdy kamera fizycznie nie zniszczy taśmy, z dobrych przebiegów taśmy z 420 mb odpadło aż 350 mb. Dodając do tego spętnienia i tzw. sieczkowanie taśmy (często występujące przy pracy tą kamerą) trzeba przyjąć stosunek 1 do 10 jako dobry wynik zużycia taśmy, podczas gdy w realizacji filmów kamerą normalną stosunek ten wynosi 1 do 4.

#### STRESZCZENIE

Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa posiada kamerę do zdjęć szybkich — Pentazet 16. Kamera ta wyposażona jest w dwa obiektywy: standardowy o ogniskowej 35 mm, o zakresie nastawiania od 0,5-1,1 m oraz teleobiektyw o ogniskowej 125 mm, o zakresie nastawiania od 1 m do nieskończoności. Napęd kamery otrzymuje od silnika elektrycznego prądu 3-fazowego 220/380 V. Posiada pięć możliwości ustawiania prędkości przesuwu taśmy filmowej: 300, 600, 1000, 2000, 3000, klatek na sekundę. Przy odtwarzaniu na ekranie z prędkością 24 klatek na sek. otrzymuje się zwolnienie ruchu, 12,5; 25; 42 i 125 razy. Do filmowania używa się taśmy 16 mm czarno-białej lub barwnej wysokoczułej, której stopień marszczenia nie powinien przekraczać 3%.

W badaniach procesów ruchu w maszynach rolniczych zachodzi konieczność nie tylko jakościowej oceny zdjęć filmowych, lecz również oceny ilościowej. W tym celu trzeba oprócz przebiegu obrazu, który przedstawia jakościowe zmiany ruchu, zarejestrować czasy, w których te zmiany przebiegają. Kamera Pentazet 16 jest wyposażona w nadajnik i rejestrator impulsów czasu o częstotliwości 100 i 1000 Hz.

Próbeż użycia kamery Pentazet 16 przedstawiono w dwóch opracowaniach filmowych:

- Zespól żniwny kombajnu KZS-3 „Bizon”,
- Wysiew odśrodkowy.

Pierwszy temat opracowano w warunkach polowych. Do jego realizacji wybudowano specjalny wózek, na którym znajdowało się całe urządzenie kamery Pentazet 16. Wózek z kamerą pchany był na rozłożonych na ściernisku szynach równocześnie z pracującym kombajnem.

Drugi temat był mniej uciążliwy w przygotowaniu stanowiska badawczego. Jest ono bowiem statyczne. Rusza się tylko badany zespól roboczy maszyny, wirnik wysiewający.

Do badania zespołu żniwnego kombajnu KZS-3 „Bizon” zastosowano prędkość przesuwu taśmy 300 klatek/sekundę. Wysiew odśrodkowy badany był z prędkością 1000 i 3000 klatek/sekundę.

#### LITERATURA

1. *Jacoby J.*: Podstawowe problemy filmu naukowo-technicznego. Łódź 1968.
2. *Bączyński R.*: Specjalne techniki zdjęciowe filmu naukowego. Łódź 1968.
3. *Jaskólska A.*: Reżyseria i montaż filmu naukowego. Łódź 1968.
4. *Fleming E., Jacoby J.*: Środki audiowizualne w dydaktyce szkoły wyższej. Warszawa 1969.
5. *Cyprian T.*: Fotografia. Technika i technologia. Warszawa 1970.

#### *В. Возняк*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНОКАМЕРЫ ДЛЯ БЫСТРЫХ СНИМКОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

#### Резюме

Институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Отдел совершенствования кадров в Кудзенко, имеет кинокамеру Пентазет 16 для быстрых снимков производства ГДР.

Кинокамера Пентазет 16 оснащена передатчиком и регистратором импульсов времени с частотой 100 Hz при частотах картины до 600 клеток на секунду и 3000 Hz при скоростях свыше 600 клеток на секунду.

Попытка использования кинокамеры Пентазет 16 представлена в двух фильмовых разработках:

- Хедер комбайна КЗС-3 „Бивон”;
- Центробежный сев.

Первая тема разрабатывалась в полевых условиях. Для ее осуществления была построена специальная тележка с замонтированным полным составом камеры Пентазет 16. Тележку с кинокамерой передвигали по разложенным на стерни рельсам одновременно с работающим комбайном.

В исследовании хедера комбайна КЗС-3 „Бивон” применяли скорость передвижения фильма 300 клеток на секунду. Ока оказалась слишком медленной при отображении 24 клеток на секунду. Центробежный сев исследовали при скорости передвижения 2000 и 3000 клеток на секунду. Лучшей оказалась скорость 3000 клеток на секунду при отображении 24 клеток на секунду.

*W. Woźniak*

MOVIE CAMERA APPLICATION FOR RAPID SHOTS IN INVESTIGATION  
OF AGRICULTURAL MACHINES

S u m m a r y

The Institute for Mechanization and Electrification of Agriculture at Kłudzienko has a Pentazet 16 movie camera for rapid shots, made in the GDR.

The Pentazet 16 movie camera is equipped with a transmitter and a time impulse recorder with the frequency of 100 Hz, at picture frequency up to 600 frames per second and of 3000 Hz at the speeds of over 600 frames per second for recording time intervals.

Attempts at application of the Pentazet 16 camera have been presented in two movies:

- KZS-3 „Bizon” combine harvester header;
- centrifugal sowing.

The first theme was worked out in field conditions. For its realization a special truck with the whole Pentazet 16 camera equipment has been constructed. The truck with the camera movies on the rails laid on the stubble along the working combine harvester.

For investigating the header of the KZS-3 „Bizon” combine harvester, the film shifting speed of 300 frames per second was applied. It proved too slow for the reproduction of 24 frames per second. It should be at least 600, and even 1000 frames per second. The centrifugal sowing was investigated with the speed of 1000 or 3000 frames per second. The speed of 3000 frames per second at reproduction of 24 frames per second proved to be better.