

Film metodą badawczą właściwości fizycznych gleby i roślin uprawnych

W. WOŹNIAK

*Zakład Doświadczalny Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
IMER, Kłudzienko*

Kamera filmowa obok tradycyjnej aparatury badawczej stwarza szerokie możliwości przeprowadzania szybko, precyzyjnie i tanio badań środowiska przyrodniczego.

W zasadzie można wyróżnić 3 rodzaje filmu badawczego:

(1) dokumentacja badawcza, tzw. zapisy ikoniczne lub kinogramy, które stanowią notatki wizualne potrzebne jako dowody źródłowe, lub do demonstracji stosowanych metod badań.

(2) film koncepcyjny — świadome użycie kamery dla przebadania procesu, udowodnienia założeń teoretycznych, odkrycia nieznanymi zjawisk,

(3) badawczy dydaktyczny — realizator przedstawia w nim dokumentację (sposób przeprowadzenia badań), badania i wyniki badań.

Zasadniczą cechą charakteryzującą filmową metodę badawczą jest możliwość rejestrowania i odtwarzania ruchu. Główną funkcją kamery filmowej jest fotograficzne ujmowanie zjawisk ruchu trwających w czasie. Ta właściwość kamery filmowej czyni z niej jeden z najpoważniejszych i praktycznie nie zastąpiony przyrząd badawczy. Stwarza on też możliwości wielokrotnego odtwarzania sfilmowanego ruchu, w dowolnym czasie i miejscu.

Zastosowanie kamery filmowej przez prof. J. Calabka w WSR w Brnie pozwoliło udokumentować, że ruchy autonomiczne roślin są regularne i płynne, a nie skokowe i chaotyczne jak twierdził K. Darwin na podstawie swoich żmudnych badań przeprowadzonych przed stu laty. Film jest zdolny do obserwacji trwającego kilka dni kiełkowania i wzrostu czy kwitnienia roślin albo tworzenia się owoców. Tylko kamera filmowa jest zdolna zarejestrować eksplozję czy zmiany ruchu szybko wirujących elementów maszyny.

Utarł się pogląd, że metoda filmowa w badaniach rolniczych jest droga, ale fakty wskazują, że tak nie jest. Kamera filmowa kosztuje bowiem niekiedy mniej niż dobry mikroskop, czy też często używany w laboratoriach spektrofotometr lub ultrawirówka. Taśma filmowa jest zaś przeważnie tańsza od odczynników chemicznych i szkła zużywanego w laboratoriach. Jeden metr taśmy filmowej czarno-białej, negatyw kosztuje 2 zł 30 gr, a barwnej 10 zł 50 gr.

Nie jest też przypadkiem, że właśnie nauki rolnicze mogą być terenem, gdzie

stosunkowo szeroko warto stosować metodę filmową w badaniach. Tutaj bowiem często ma się do czynienia z procesami, które przebiegają zbyt szybko, dynamicznie lub za wolno (ruch zespołów maszyn, wzrost roślin), aby można je zaobserwować i zarejestrować bezpośrednio przez człowieka. Praktyka rolnicza oczekuje na nowe, szybkie rozwiązania, a w badaniach roślinnych trzeba czekać niekiedy cały rok na powtórzenie doświadczeń, które kosztują nie tylko wiele trudu i pieniędzy, ale w każdym roku przebiegają w nieco innych warunkach pogodowych. Taśma filmowa ma możliwość zarejestrowania doświadczenia i przesłania w szczegółach wielokrotnie szybciej lub wolniej, w czasie kiedy sfilmowane rośliny i sytuacje dawno już przestały istnieć.

Określona technika filmowa nie tylko utrwała ruch, ale może także obraz tego ruchu — celowo, świadomie — deformować, tj. przyspieszać lub zwalniać. Dzięki temu można obserwować na ekranie zjawiska przebiegające w rzeczywistości zbyt szybko lub też zachodzące bardzo wolno w stosunku do zdolności percepcyjnych oka ludzkiego.

Zjawisko obserwowania ruchu na ekranie uzyskuje się dzięki bezwładności oka ludzkiego, które zatrzymuje wrażenia pokazanego obrazu przez ok. 1/30 s. Jeżeli przed upływem tego czasu rzucimy na ekran następną fazę i dalsze fazy ruchu to w świadomości człowieka powstaje wrażenie nieprzerwanego ruchu obrazu. Dlatego też przyjęto częstotliwość przesuwu taśmy dla filmu niemego 16 klatek/s (czas ekspozycji obrazu 1/32 s i tyle samo czasu trwa przesunięcie i ustawienie w okienku projektora następnego obrazu). Przy tej częstotliwości uzyskuje się płynny obraz ruchu. W filmie dźwiękowym — ze względu na dźwięk — stosuje się częstotliwość 24 klatek/s (czas ekspozycji obrazu 1/48 s). Normy te odnoszą się do projekcji, które przeprowadza się w zasadzie ze stałą częstotliwością.

Aby uzyskać rzeczywisty obraz ruchu na ekranie należy wykonać zdjęcia filmowe z tą samą częstotliwością co projekcja, a więc 16 lub 24 klatek/s. Zależność między częstotliwością podczas projekcji a liczbą klatek/s w czasie kręcenia filmu ma poważne znaczenie i spełnia zasadniczą rolę w badaniach. Zmieniając w procesie zdjęciowym liczbę klatek/s można przyspieszyć lub zwolnić ruch obrazu filmowanego — przy zachowaniu standardowej częstotliwości projekcji. Zależność ta stwarza, że kamera filmowa jest jedynym urządzeniem badawczym zmian ruchu. Na ekranie otrzymuje się efekt przyspieszenia ruchu, gdy wykona się zdjęcia filmowe z częstotliwością odpowiednio mniejszą niż projekcja. Są to zdjęcia zwolnione. Im będzie mniejsza liczba klatek/s w czasie procesu zdjęciowego tym szybkość ruchu na ekranie będzie większa.

W badaniach dotyczących tematu konferencji, tj. „Właściwości fizyczne gleby i roślin uprawnych” miałyby zasadniczo zastosowanie dwie techniki filmowe, a mianowicie zdjęcia zwolnione i poklatkowe oraz zdjęcia przyspieszone.

Rozróżnia się dwa rodzaje zdjęć filmowych zwolnionych: zdjęcia o częstotliwości do 6 klatek/s i poklatkowe. Pierwsze wykonuje się przy wykorzystaniu normalnego mechanizmu napędowego kamery filmowej w zakresie fabrycznej możliwości regulowania liczby klatek/s (6—96 klatek/s).

Zdjęcia poklatkowe różnią się tym od poprzednich, że nie są wykonywane w sposób ciągły. Częstotliwość klatek jest w tym wypadku tak mała, że okresy między ekspozycjami mierzy się w sekundach, minutach a nawet godzinach, w zależności od potrzeby czasu trwania zjawiska. Odstępy czasu nie mogą być jednak dowolnie stosowane, ale muszą być stałe, a wynikają z założonego czasu projekcji i przeznaczenia filmu. Są tu dwie możliwości:

1. Film ma być wyświetlany normalnie i na przyspieszeniu będą obserwowane zmiany ruchu: szybkość, kierunek, ciągłość, prawidłowość. W tym wypadku będziemy naświetlać poszczególne klatki filmowe co krótsze odstępy czasu, np. co dwie minuty. Pełną zmianę ruchu utrwalimy np. na 60 klatkach, które następnie możemy wyświetlić w ciągu dwu i pół sekundy (24 klatki/s). Dzięki temu szybkość ruchu rośliny zwiększyliśmy prawie o 3000 razy i umożliwiliśmy dokładnie jego obserwowanie.

2. W drugim wypadku nie zamierzamy zadowolić się tylko obserwowaniem wyświetlanego obrazu, ale chcemy ruch dokładnie ustalić i drogę jego wykreślić. W takim wypadku korzystając z poprzednio nakręconego filmu poszczególne klatki wyświetlać będziemy na papier i zaznaczać kropką zawsze ten sam punkt i otrzymamy wykres ruchu rośliny. Zbędnym jest jednak wykreślanie krzywej z sześćdziesięciu punktów. Na ich ustalenie wystarczy znacznie mniej, np. 15 klatek zamiast 60. Zbyteczne więc byłoby trwonić materiał i utrudniać sobie pracę. Wystarczy więc zdejmować poszczególne klatki co 8 min, a całą krzywą jednej zmiany ruchu mamy zaznaczoną na jednej czwartej taśmy filmowej, na 15 klatkach.

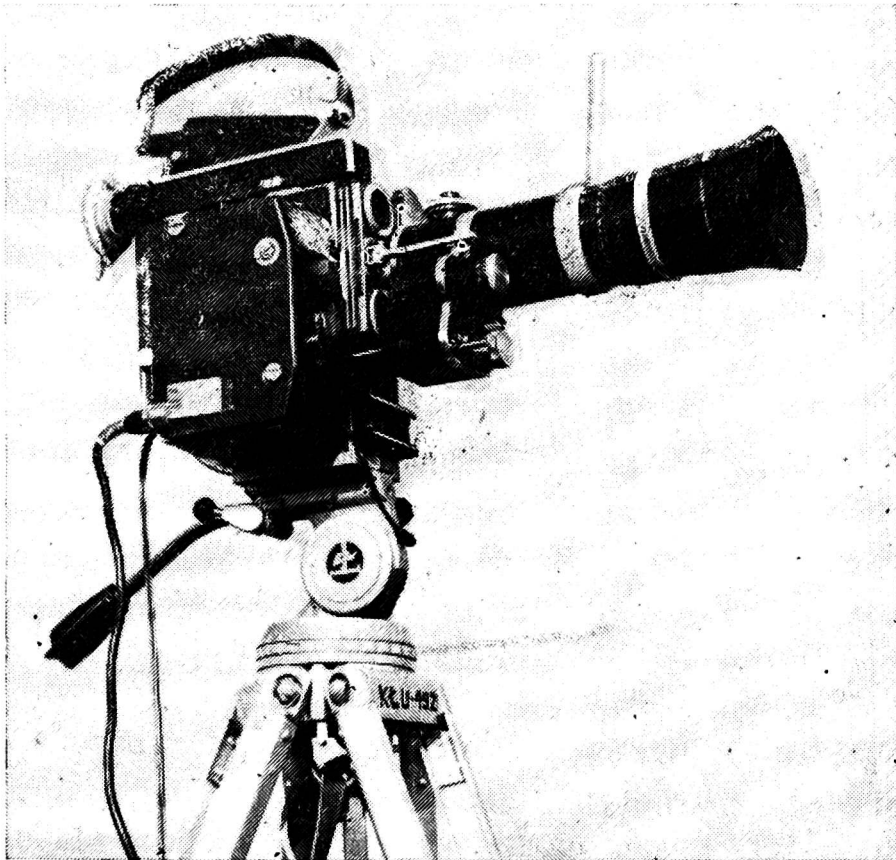
Wzrost i ruchy roślin są procesami powolnymi. Każda ich obserwacja musi trwać nieprzerwanie przez wiele dni, a nawet całe tygodnie. Zdarzające się awarie, zmiany napięcia w sieci elektrycznej mogą powodować przerwy w dopływie prądu czy zmniejszenie światła, które jest konieczne przy filmowaniu. Każda nawet kilkugodzinna przerwa powoduje zakłócenia robienia zdjęć, zmiany w programie doświadczenia, niezgodność czasu fizycznego i wieku roślin. Przygotowanie materiału roślinnego jest pracochłonne i długotrwałe, może się więc zdarzyć, że kilkugodzinna przerwa w dopływie prądu zniszczy miesięczny trud badacza.

Zastosowanie nieco skomplikowanej lecz zautomatyzowanej aparatury do zdjęć poklatkowych, zasilanej wyłącznie prądem stałym, pozwala uniknąć niespodzianek w oświetleniu.

Całą aparaturę sterującą automatycznie zdjęciami poklatkowymi, oświetleniem i pomiarem czasu najlepiej przystosować do zasilania prądem stałym z dwóch niezależnych akumulatorów 12 i 24 V. Zdjęcia poklatkowe robi się jak już wiemy co jedną, dwie lub trzy minuty, w zależności od potrzeby. Odmierzanie czasu między poszczególnymi zdjęciami oraz impuls do wyzwolenia kamery uzyskuje się z urządzenia firmy Zeiss albo oryginalnego rozwiązania Tarłowskiego [3], które polega na wykorzystaniu zegara sygnalizacyjnego, dającego impulsy co 1 min. Zegar ten napędza jednocześnie zegary określające czas oraz kamerę robiącą zdjęcia w przypadku jednogodzinowego odstępu czasu między

poszczególnymi zdjęciami. W przypadku dłuższych odstępów czasu (dwóch lub więcej minut) impuls z zegara sygnalizacyjnego przechodzi przez wybierak telefoniczny, który redukuje liczbę impulsów przekazywanych do spustu kamery.

W czasie wykonywania zdjęć największą trudność sprawia oświetlenie. Z punktu widzenia technicznego najlepiej byłoby robić zdjęcia w oświetleniu sztucznym, ciągłym i tak postępuje się przy zdjęciach poklatkowych roślin dla celów popularnonaukowych. Wiadomo jednak powszechnie, że większość organizmów żywych zachowuje rytmikę dobową oraz określony fotoperiodyzm i zaburzenia zmian dobowych w oświetleniu oddziaływać mogą na przebieg wzrostu i rozwoju badanej rośliny. Należałoby przeprowadzić określone badania tego czynnika, oczywiście przy pomocy kamery filmowej. W tym celu można by porównawczo zrobić zdjęcia w dwóch różnych warunkach: w oświetleniu sztucznym w pomieszczeniu zaciemnionym i w naturalnym oświetleniu, na przykład w hali wegetacyjnej z zastosowaniem obiektywu z automatycznie regulowaną przysłoną przy pomocy fotokomórki (rys. 1). Przed tym trzeba jednak dobrać taką czułość taśmy filmowej i natężenie oświetlenia aby wszystkie klatki filmu, robione zarówno w słoneczny dzień jak i w nocy, były dobrze naświetlone. Wtedy można wykazać, czy procesy przebiegające w nieprzerwanym oświetleniu odbiegają w sposób istotny od równoległych doświadczeń w naturalnym oświetleniu. Nadal jednak należy pracować nad metodą wykonywania zdjęć w naturalnych warunkach oświetlenia przez dobór specjalnych obiektywów oraz odpowiedniego materiału filmowego. Jednym z rozwiązań może być użycie błysku sprężonego z otwieraniem się migawki dla wykonywania zdjęć w nocy. Takie krótkotrwałe oświetlenie



Rys. 1. Kamera filmowa Bolex H16 Reflex z obiektywem o zmiennej ogniskowej: Vario-Switar 86/OE z automatycznym pomiarem światła i nastawieniem przysłony

przypominające naturalne wyładowania elektryczne w czasie burzy, powtarzające się periodycznie co kilka minut, mogą mieć wpływ na fotoperiodyczne właściwości wzrostu roślin. Prawdopodobnie nie mogą być stosowane w badaniach, gdzie fotoperiodyzm ma podstawowy wpływ na przebieg danego procesu. Problem do zbadania.

Nadal więc największą trudność w filmowaniu wzrostu i ruchów roślin w nocy stanowi dobranie takiego oświetlenia, na które nie reagowałyby badane rośliny, a które jednocześnie zapewniłoby dostateczne krycie taśmy filmowej.

Widma absorpcyjne barwników czynnych w procesie fotosyntezy wykluczają stosowanie światła niebieskiego i czerwonego. Wrażliwość fitochromu na czerwień i podczerwień ogranicza możliwość wyboru odpowiedniej długości fali świetlnej. Jak podaje Tarłowski [3] najmniej aktywne dla roślin jest światło zielone monochromatyczne w zakresie 0,5-0,58 μ w przeciwieństwie do wrażliwości oka ludzkiego, dla którego w całym zakresie widma widzialnego, tj. 0,38-0,77 μ światło zielone jest „najwidniejsze”.

Powszechnie stosowane ortopanchromatyczne taśmy czarno-białe są podobnie jak rośliny najmniej czułe na światło zielone. Czułość taśm filmowych na światło zielone wielokrotnie jednak przewyższa wrażliwość na tę długość fali świetlnej. Istnieje więc możliwość dobrania długości ekspozycji przy zielonym świetle, aby krycie materiału światłoczułego było wystarczające, a jednocześnie aby rośliny nie reagowały na takie oświetlenie. Lepiej jednak zastosować taśmę filmową ortochromatyczną, uczuloną na kolor zielony i żółty.

Zdjęcia zwolnione i poklatkowe można wykonać prawie każdą kamerą. Dla ułatwienia pracy konieczne są specjalne przystawki, które w określonych zaprogramowanych odstępach czasu włączają światła i uruchamiają kamerę.

W czasie zdjęć należy zapewnić jednakowe warunki oświetleniowe, zabezpieczyć kamerę przed jakimkolwiek ruchem, obiekt zdjęciowy musi być stabilny, tak aby w trakcie trwania zdjęć nie mogła nastąpić żadna niezamierzona zmiana położenia. Odległość kamery od rosnących roślin musi być tak dobrana aby w okresie filmowania rośliny te nie wyszły poza kadr. Roślinom tym należy zapewnić odpowiednią dla nich wilgotność, temperaturę i potrzebne światło.

Zdjęcia poklatkowe wykonywane są dowolną ale zawsze stałą częstotliwością, wg zaproponowanej długości czasu projekcji, np. pąk kwiatowy rozwija się w ciągu 60 godz. i fotografując co 5 min otrzyma się w ciągu 60 godz. 720 klatek, które będą wyświetlone przy 24 klatkach/s, w ciągu 30 s. Częstotliwość klatek (n) oblicza się wg wzoru:

$$n = \frac{tz}{24 tp}$$

gdzie:

tz — czas trwania przebiegu procesu, który będzie filmowany,

tp — zaprogramowany czas projekcji procesu filmowanego,

24 — liczba klatek/s w czasie projekcji.

Współczynnik przyspieszenia ruchu (P) na ekranie oblicza się wg wzoru:

$$P = \frac{tz}{tp}$$

Na ekranie uzyskuje się bardzo duże przyspieszenie ruchu oraz skrócenie czasu obserwowania badanego procesu i dlatego ta technika zdjęciowa nie da się zastąpić inną metodą badawczą.

Zdjęciami szybkościowymi nazywamy zdjęcia wykonane z częstotliwościami większymi niż standardowa częstotliwość projekcji, tj. 16 czy 24 klatki/s. Przez zwiększenie liczby klatek/s uzyskuje się na ekranie efekt zwolnienia ruchu w stosunku do prędkości rzeczywistej. Ta technika jest jedyna przy obserwacji zjawisk zachodzących w bardzo krótkich okresach czasu. Metodą tą można analizować szybko przebiegające procesy ruchu, np. pracę maszyn rolniczych, spadanie kropli deszczu itp.

Potrzeba stosowania zdjęć szybkich w nauce zmusiła konstruktorów do budowy specjalnych kamer. Stosowany w normalnej technice zdjęciowej skokowy przesuw taśmy filmowej nie pozwala na zbyt duże zwiększenie prędkości przesuwu taśmy. Obraz przesuwa się w czasie naświetlania razem z taśmą. Ekspozycję uzyskuje się w wielu kamerach przeważnie z wirującego pryzmatu, który otrzymuje obrazy z obiektywu.

Obecnie stosowane kamery do zdjęć szybkich umożliwiają osiągnięcie do 50 000 klatek/s i normalną ich projekcję, a więc obserwowanie zjawiska na ekranie w zwolnieniu ok. 2083 razy, wg wzoru:

$$Z = \frac{n_z}{n_p}$$

gdzie:

Z — współczynnik zwalniania,

n_z — liczba klatek na sekundę w czasie filmowania,

n_p — liczba klatek w czasie projekcji.

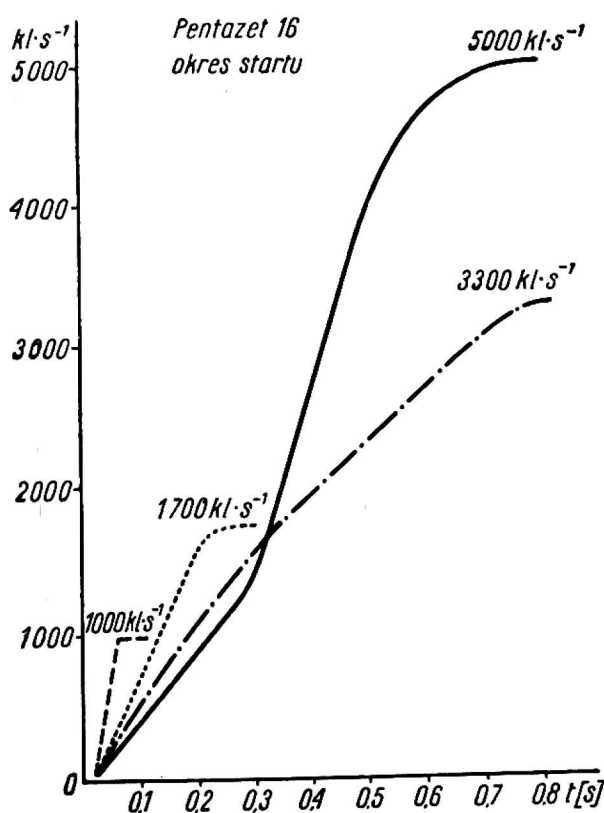
Kamera filmowa — normalna — umożliwi wykonanie zdjęć do 96 klatek/s, dając 4-krotne zwolnienie ruchu na ekranie (odtworzenie 24 klatki/s). Znane w kraju kamery Pentazet 16 produkcji NRD posiadają maksymalną szybkość przesuwu taśmy 22,8 m/s, co odpowiada 3000 klatek/s. Są też kamery Pentazet 16 z częstotliwością 5000 klatek/s. Przy 3000 klatek/s otrzymuje się na ekranie 125-krotne zwolnienie ruchu, a przy 5000 klatkach/s — 208-krotne zwolnienie ruchu (projekcja 24 klatki/s).

Kamera do zdjęć szybkich Pentazet 16 otrzymuje napęd od silnika elektrycznego prądu 3-fazowego 220/380 V uruchamianego z tablicy sterowniczej. Jeżeli pracuje w polu to konieczny jest agregat prądowórczy 220/380 V prądu 3-fazowego. Kamera posiada pięć możliwości ustawienia prędkości przesuwu taśmy filmowej, a mianowicie: 300, 600, 1000, 2000, 3000 klatek/s. Przy późniejszym odtwarzaniu na ekranie z prędkością 24 klatek/s otrzymuje się odpowiednie zwolnienie ruchu: 12,5, 25, 42, 84, 125 razy. Do filmowania używa się taśmy

16 mm czarno-białej lub barwnej, której stopień marszczenia nie powinien przekraczać 0,3% (normalna taśma nie zeschnięta). Muszą to być materiały wysokoświatłoczułe, zwłaszcza gdy nastawia się prędkości ponad 600 klatek/s. 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 i poszarpaniu.

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 i skontrolować czasy, w których te zmiany przebiegają. Kamera Pentazet 16 wyposażona jest w nadajnik impulsów czasu, podłączany do znajdującego się w kamerze rejestratora tych impulsów. W rejestratorze znajduje się błyskająca żarówka, której światło kierowane jest na obrzeże filmu w formie prostokątów o stosunku boków 1:2.

Przy pracy kamerą Pentazet 16 pomiar zjawiska przeprowadza się po osiągnięciu przez nią nastawionej prędkości. Rozbieg kamery, a za tym odcinki straconej taśmy, są dla rozmaitych prędkości różne, np. częstotliwość 3000 klatek/s osiąga się po ok. 9 m, tj. po 0,4 s (rys. 2). Znajomość okresu rozbiegu kamery ma istotne znaczenie dla uchwycenia mierzonych zmian ruchu na pozostałej długości taśmy filmowej, tj. ok. 20 mb przy 3000 klatek/s. Synchron zdjęcia i zjawiska nie stanowi problemu przy małych prędkościach przesuwu taśmy (do 1000 klatek/s) oraz gdy chodzi o pomiary stałych, powtarzających się zmian ruchów. Gdy występują zmiany miejsca albo są one okresowe, a okresy te



Rys. 2. Okres rozbiegu kamery filmowej Pentazet 16 przy różnych prędkościach przesuwu taśmy filmowej. Ustalenie prędkości: 500 kl · s⁻¹ po ok. 0,5 m; 1000 kl · s⁻¹ po ok. 1,0 m; 1700 kl · s⁻¹ po ok. 1,5 m; 3300 kl · s⁻¹ po ok. 11 m; 5000 kl · s⁻¹ po ok. 14 m

są mało znane, wtedy analiza takich ruchów wymaga empirycznych wyznaczeń przy pomocy kamery. W takich sytuacjach trzeba konstruować przystawki do synchronizacji pracy kamery z wyzwaniem w odpowiednim czasie ruchu mierzonego zespołu maszyny.

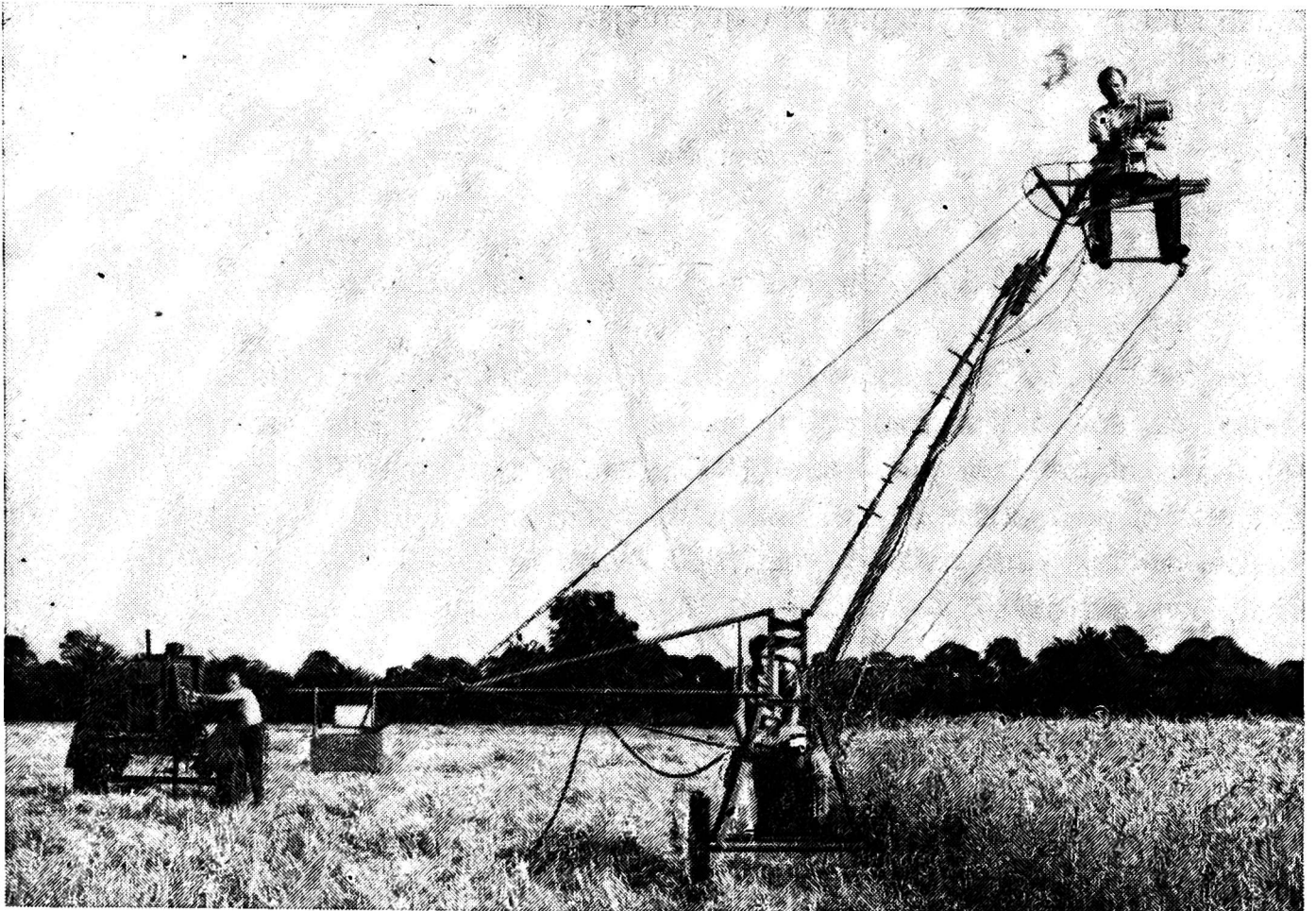
Bardzo istotnym przy badaniach kamerą do szybkich zdjęć jest dobre oświetlenie obiektów. Na emulsję musi być doprowadzona ilość światła proporcjonalna do wzrostu prędkości przesuwu taśmy filmowej, np. ok. 125 razy więcej dla 3000 klatek/s niż dla 24 klatek/s. W plenerze przy oświetleniu słonecznym możliwe jest wykonywanie zdjęć z częstotliwością do 1000 klatek/s, ale przy zastosowaniu filmu o czułości 27 din. Poza tym zakresem liczby klatek/s trzeba stosować dodatkowe oświetlenie, jak reflektory fotograficzne o mocy 2000 W.

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

- (1) maszyna przemieszczająca zespół roboczy w ruchu,
- (2) zjawisko ruchu zachodzi na stanowisku stabilnym.

W pierwszym wypadku (praca kombajnu, orka) zachodzi konieczność budowania wózków-dźwigów na szynach rozstawianych każdorazowo na powierzchni pola (rys. 3).

Następna sytuacja nie wymaga budowy kosztownych urządzeń i są one łatwe w użyciu. Wystarczają zwykle uchwyty statywu lub samej głowicy statywu



Rys. 3. Wózek-dźwig na szynach do filmowania pracy zespołu żniwnego kombajnu kamerą Pentazet 16, obok agregat prądotwórczy 220/380 V prądu trójfazowego



Rys. 4. Otwór z boku listwy tnącej zespołu żniwnego kombajnu KZS-3 „Bizon”

w odpowiedniej odległości od filmowanego obiektu. Niekiedy, gdy zespół roboczy można badać z pozycji horyzontalnej wystarczająco tylko odpowiedniej wielkości podstawki i uchwyty do zamocowania i stabilizacji drgań badanego obiektu.

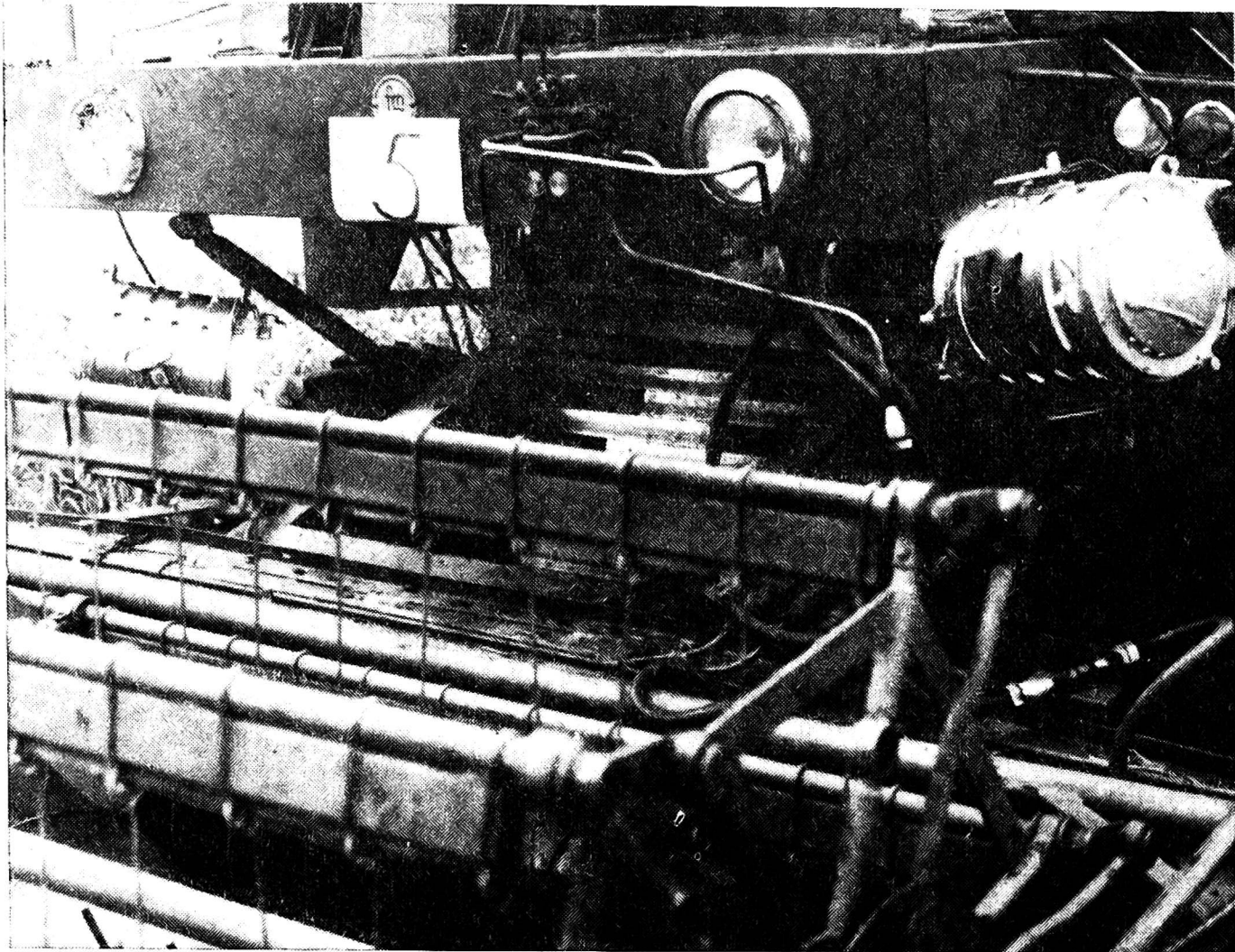
Wykorzystanie kamery Pentazet 16 do badania zespołów roboczych maszyn rolniczych przedstawiłem w dwóch tematach filmowych:

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 odpowiednio przystosowanym do badań zespołem żniwnym. Nie była to przeróbka konstrukcyjna ale tylko „odsłonięcie” listwy tnącej i przenośnika pochyłego.

W tym celu wycięto odpowiedniej wielkości otwór z boku listwy tnącej, aby kamera mogła zarejestrować pracę noży tnących źdźbła pszenicy przy współpracy nagarniacza (rys. 4). Chodziło tu o zaobserwowanie i pomierzenie zmian ruchu nożyków oraz geometrii ruchów ścinanych i odprowadzanych podajnikiem ślimakowo-palcowym źdźbeł pszenicy.

Na wierzchu przenośnika pochyłego został również wycięty otwór, przez który można było obserwować nierównomierność podawania masy zbożowej do bębna młocącego. Wnętrze przenośnika zostało oświetlone przez dwa reflektory fotograficzne po 2000 W każdy. Zostały one zamocowane na korpusie kombajnu



Rys. 5. Odstłonięty przenośnik pochyły kombajnu KZS-3 — „Bizon” i oświetlenie 2 reflektorami po 2000 W każdy

(rys. 5). Dla pracy kamery razem ze stałym ruchem postępowym kombajnu zbudowano specjalny wózek-dźwig na czterech kołach szprychowych toczonych po torfowisku. Wózek musiał być utrzymywany na zaprogramowanej stałej odległości od filmowanego elementu zespołu żniwnego kombajnu (rys. 6). Poza zachowaniem stałej, poziomej odległości agregatu filmującego od zespołu żniwnego kombajnu, zachodziła konieczność pokonania dużej trudności w utrzymywaniu stałego położenia kamery w pionie. Występowały bowiem duże wahania wywołane chwianiem się wózka w czasie pchania go po torze. Dochodziły do tego także ruchy pionowe kombajnu, pracującego na nierównym terenie. Jeżeli jeszcze dodać, że kamera filmowała z dużej odległości (18-25 m), teleobiektywem o ogniskowej $f = 125$ mm, to nawet mały balans był wielokrotnie potęgowany. Nie można więc było automatycznie filmować po ustawieniu obrazu na ostrość ale trzeba było prowadzić obiekt kamerą. Robił to siedzący na ramie wysięgnika jeden z operatorów. Drugi czuwał przy tablicy sterowniczej i znaczniku czasu na wózku. Torowisko po każdym przejeździe 60 m odcinka filmowania było przesuwane bliżej ładu pszenicy dla następnego pomiaru. Nagarniacz, listwa tnąca, podajnik ślimakowo-palcowy i przenośnik pochyły filmowane były na 300 klatek/s ze znacznikiem czasu o częstotliwości 100 Hz.

Badanie wysiewu odśrodkowego cząstek na bezłopatkowym wirniku stożkowym wykonano ze stanowiska stałego. 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 bezłopatkowego. Wyznaczenie torów względnych teoretycznie jest 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.

Opracowano 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. Do badania torów bezwzględnych użyto 2 krążki i 2 kulki plastikowe. Orientacyjny czas ruchu cząstek po bocznicy stożków wynosi 30-150 m/s w zależności od przykładu — najwolniejszy przy 60° wirnika i 550 obr./min, a najszybszy przy 120° wirnika i 1000 obr./min.

Na wirującej tarczy osadzone były 4 elektromagnesy, tworzące elektromagnetyczny wyrzutnik cząstek. Po włączeniu prądu poprzez kolektor następuje uniesienie popychaczy, przyciskających cząstki do pobocznic stożka. Usunięcie więzów umożliwia ruch cząstek po pobocznicach wirnika. Sfilmowany kamerą o normalnej prędkości przesuwu taśmy (24 klatki/s), ruch ten 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

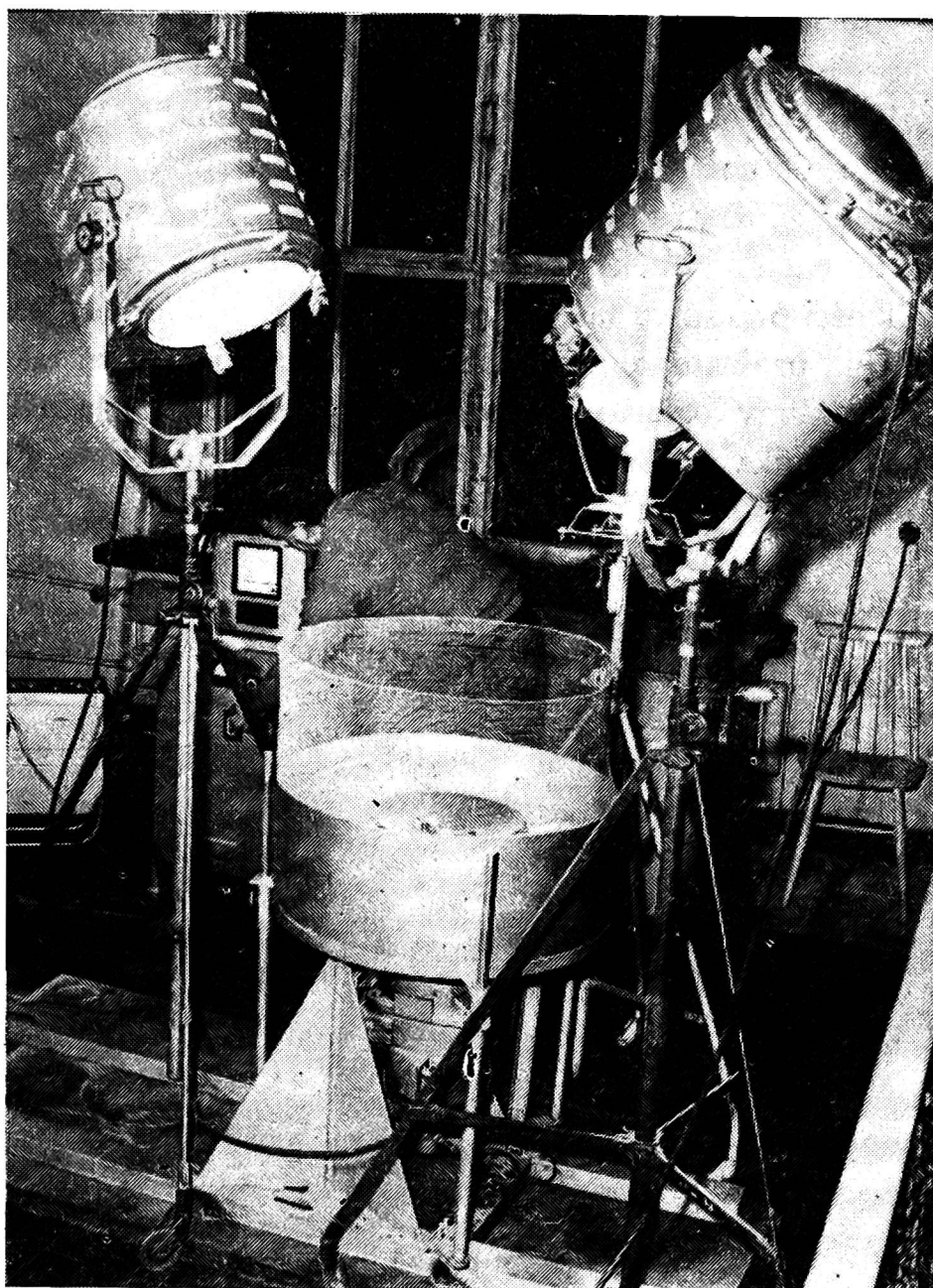


Rys. 6. Filmowanie kamerą Pentazet 16 pracy zespołu żniwnego kombajnu KZS-3 — „Bizon”

i krążki oraz znak biały na obrzeżu wirnika odbierane są jako kręcące się w przeciwną stronę.

Badania torów bezwzględnych 2 krążków i 2 kulek po pobocznicach 3 różnych wirników przy 3 liczbach obr./min (1000, 750 i 550) każdy, wykonano w hali maszyn IMER w Warszawie. Na dole hali był zlokalizowany badany obiekt — stożek na stabilnym postumencie oraz urządzenie do regulacji obrotów wirnika, kolektor z przewodem do włączenia prądu dla unoszenia przycisków cząstek do pobocznicy stożka (rys. 7). Na balkonie przy tablicy sterowniczej i znaczniku czasu znajdował się włącznik prądu do elektromagnetycznego wyrzutnika cząstek.

Przy stosowaniu kamery do zdjęć szybkich trzeba się liczyć ze znacznie większym zużyciem taśmy filmowej niż dla realizacji filmów normalną kamerą. W sprzyjających warunkach, gdy kamera dobrze pracowała, odpadło np. ze 420 mb. ok. 350 mb. Dodać do tego spętlenia i tzw. sieczkowanie, często występujące przy stosowaniu tej kamery, trzeba przyjąć 1:10 jako ostateczny, dobry



Rys. 7. Stanowisko badanego wirnika na parterze hali maszyn IMER — Warszawa

wynik zużycia taśmy filmowej, a kamerą normalną przyjmuje się 1:4 wykorzystanie taśmy.

Odczyt jakościowy i zapis pomiaru ze zdjęć poklatkowych czy szybkich można przeprowadzać na stoliku przeglądowym lub stole montażowym. Dla przeprowadzenia analizy ilościowej filmu badawczego może być użyty rzutnik taśmowy, powiększalnik fotograficzny lub stolik przeglądowy, odpowiednio przystosowany. Wprowadzenie licznika klatek, pionowe rzucanie obrazów ułatwia wykonywanie wykresów, np. torów cząstek po poboczniczy stożka, zmian podczas kiełkowania roślin. Analizę ilościową zmian ruchu zarówno z filmu poklatkowego jak i szybkiego najszybciej i precyzyjnie można wykonywać przy pomocy specjalnego urządzenia elektrotechnicznego współpracującego z komputerem.

Przykładowo chciałbym zaproponować kilka tematów badań kamerami filmowymi przy zastosowaniu techniki zdjęć filmowych poklatkowych i przyspieszonych.

Wpływ zagęszczenia gleby na kiełkowanie i wschody roślin można by pomierzyć metodą zdjęć filmowych poklatkowych, między innymi oznaczając siłę kiełków z poszczególnych, zasadniczych nasion roślin uprawnych. Również wpływ zagęszczenia gleby na dynamikę wzrostu roślin (liści i korzeni) jest do określenia kamerą filmową — zdjęcia poklatkowe.

Czynniki modyfikujące zależność między rośliną a maszyną zarówno biologiczne:

— opady — siła kropli, oddziaływanie na różne typy gleb w odniesieniu do gatunków i odmian roślin,

— agrotechnika — siew, rozstaw rzędów, głębokość uprawy, nawożenie, techniki zbioru,

jak i antropogeniczne:

— typ ciągnika i maszyn, ucisk jednostkowy,

— prędkość poruszania się agregatów, można zarejestrować i pomierzyć kamerą do zdjęć szybkich, np. Pentazet 16. Oczywiście propozycje powyższe są ogólnym stwierdzeniem możliwości zastosowania niezawodnego, precyzyjnego instrumentu badawczego jakim jest bezsprzecznie kamera filmowa.

Podane opisy dwóch zasadniczych i najłatwiejszych technik filmowych, tj. zdjęć zwolnionych i poklatkowych oraz przyspieszonych z konkretnymi przykładami ich stosowania, mogą zainteresować i zachęcić do stosowania filmu w badaniach naukowo rolniczych.

LITERATURA

1. Bączyński R., 1968. Specjalne techniki zdjęciowe filmu naukowego. (Łódź 0)W — NOT.
2. Molski B., 1971. Wykorzystanie filmu do badań dynamizmu geotropicznych ruchów roślin po wyleganiu. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 128.
3. Tarłowski J., 1971. Zastosowanie metody filmowej do analizowania wzrostu i ruchów roślin w ciemności. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 128.
4. Woźniak W., 1971. Badania maszyn rolniczych przy pomocy kamery Pentazet 16. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 128.

В. ВОЗНЯК

КИНОФИЛЬМ КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕТОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ
ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Резюме

Основным свойством кинофильма как исследовательского метода является возможность регистрирования и воспроизводства динамических изменений. Метод кинофильма можно широко использовать в сельскохозяйственных и лесных исследованиях. В них мы в частности имеем дело с процессами происходящими либо слишком медленно (рост растений), либо слишком быстро (движение рабочих органов машин), чтобы можно их было наблюдать и регистрировать. Кинофильмовая техника не только отображает динамические изменения, но может также целесообразно и намеренно ускорять или замедлять картину движения. Благодаря этому можно на экране наблюдать явления с нормально слишком быстрым или слишком медленным ходом.

В исследованиях физических свойств почвы и культурных растений применяются обыкновенно две техники снимков: замедленные и клеточные снимки и ускоренные снимки.

Замедленные снимки производятся со скоростью фильмовой ленты до 6 клеток на секунду, получая при отображении на экране со скоростью 24 клетки на секунду 4-кратное замедление движения. Клеточные же снимки производятся с любой программированной, постоянной частотой соответствующей времени отображения на экране; напр. при явлении продолжающемся 30 часов и при экспозиции отдельных клеток раз на 5 минут получим 360 клеток, отображение которых будет продолжаться 15 секунд (24 клетки на секунду). При таком типе снимков следует обеспечить стабильность снимаемого предмета и камеры, а также постоянное соответствующее освещение объекта и экспозицию фильмовой ленты.

Скоростные снимки производятся с частотой выше стандартной, т. е. 16 или 24 клеток на секунду. Для этой цели пригодна специальная камера „Пентазет-16” с регулируемой скоростью передвижения фильма, в частности 300, 600, 1000, 2000 и 3000 клеток на секунду. При отображении 24 кл/сек получается соответствующее замедление изменений движения, в частности в 12,5; 25; 42; 84 и 125 раз. В исследованиях рабочих органов сельскохозяйственных машин представлены два положения: перемещение машиной рабочего органа в движении и это же самое на стабильном стенде. С этими положениями связано устройство стендов для камеры: подвесных тележек на рельсах и обыкновенных креплений камеры. Рабочие органы машин также приспособляются соответствующим образом для исследования. Для привода камеры при производстве ускоренных снимков необходим трехфазный ток 220/380 вольт, а для освещения — рефлекторы с полной мощностью около 16 кв.

W. WOŹNIAK

DER FILM ALS UNTERSUCHUNGSMETHODE DER PHYSIKALISCHEN BODEN-
UND KULTURPFLANZENEIGENSCHAFTEN

Zusammenfassung

Eine grundsätzliche, die Filmuntersuchungsmethode kennzeichnendes Merkmal ist die Möglichkeit die Änderungen der Bewegung zu registrieren und wiederzugeben. In den Landwirtschafts- und Fortwissenschaften kann die Filmmethode breit verwendet werden, da wir hier

zu tun haben mit Vorgängen, deren Verlauf zu langsam (der Pflanzenwuchs) oder zu schnell, dynamisch ist (Bewegung der Maschinenaggregate), damit er beobachtet und registriert werden kann. Durch die Filmtechnik werden nicht nur die Bewegungsänderungen fixiert, aber das Bewegungsbild kann zielbewusst beschleunigt oder verlangsamt werden. Dank dem können auf dem Kino-Bildschirm normal angeschaut werden solche Erscheinungen die wirklich zu schnell oder zu langsam verlaufen.

In den Untersuchungen über physikalische Boden- und Kulturpflanzeigenschaften werden zweierlei technische Verfahren, d.h. Zeitdehner- und Bildausschnitts-, wie auch Schnellaufnahmen angewendet.

Die Zeitdehneraufnahmen werden gemacht bei einer Verschiebungsgeschwindigkeit von 6 Bildausschnitten pro Sekunde, wobei man im Filmprojektor eine Geschwindigkeit von 24 Bildausschnitten pro Sekunde anwendet; dies bedeutet eine vierfache Verlangsamung der Bewegung. Die Bildausschnittsnahmen werden bei beliebiger, programmierter aber stabiler Frequenz, die sich auf die Projektionszeit bezieht, ausgeführt. Die Erscheinung dauert z. B. 30 Stunden und bei Belichtung eines Ausschnittes nach dem anderen jede 5 Minuten, erhalten wir 360 Bildausschnitte, deren Projektion 15 Sekunden (24 Bildausschnitte/Sek) dauern wird. Bei der Realisierung dieser Aufnahmen muss die Stabilität des gefilmten Gegenstandes und der Kamera, wie auch dieständige, entsprechende Belichtung des Objektes und des Filmbandes erhalten werden.

Schnellaufnahmen werden bei einer höheren Frequenz, als der Standard, d.h. 16 oder 24 Bildausschnitte pro Sekunde, ausgeführt. Es wird beschrieben die Arbeit mit der Spezialkamera „Pentazet 16“ mit einer Geschwindigkeitsregelung der Filmbandverschiebung — 300, 600, 1000, 2000, 3000 Bildausschnitte pro Sekunde. In den Untersuchungen der Arbeitsaggregate der Landmaschinen wurden 2 Situationen dargestellt: die Maschine verlagert das Arbeitsaggregat während der Bewegung oder die Erscheinung, geschieht auf stabiler Stelle. Mit diesen Situationen ist der Bau von Stellen für die Kamera, schinengebundener Krane und einfacher Befestigungen verbunden. Die Maschinenaggregate sind zu den Untersuchungen auch entsprechend angepasst. Bei der Realisierung von Schnellaufnahmen ist zum Antrieb der Kamera ein Drehstrom 220/380 V und zur Beleuchtung Scheinwerfer mit einer Gesamtstärke 16 KW nötig.