

SPOSÓB REJESTRACJI I METODA ANALIZY FILMU W ZASTOSOWANIU DO OCENY JAKOŚCI PRACY PRECYZYJNYCH ZESPOŁÓW WYSIEWAJĄCYCH

Józef Walczyk

Instytut Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie

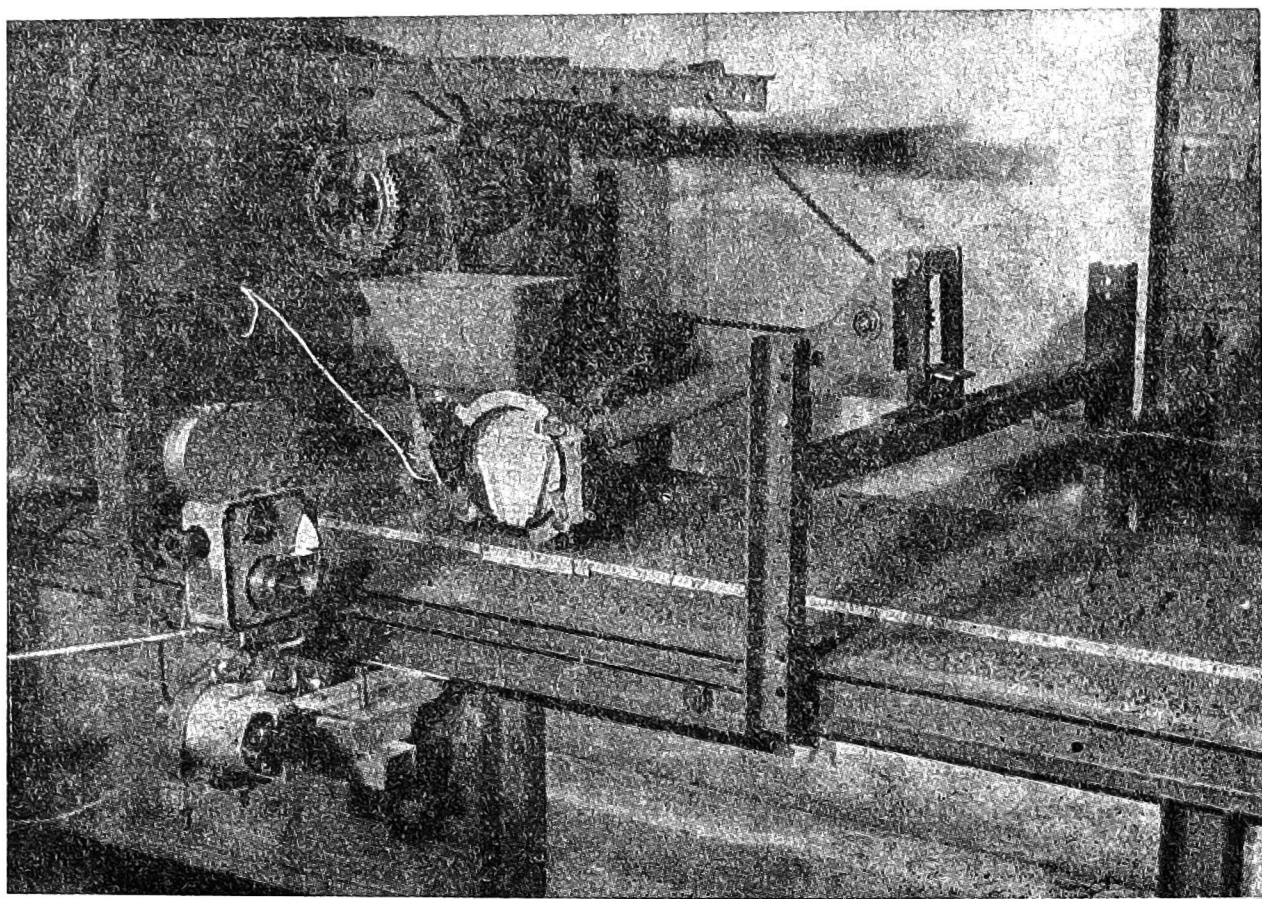
Wzrost areálu uprawy warzyw pociąga za sobą konieczność stosowania nowych, mniej pracochłonnych technologii. Wprowadzenie siewu precyzyjnego daje nie tylko znaczne oszczędności pracy ręcznej, eliminuje bowiem przerywkę, ale również przedłuża agrotechniczny okres pojedynkowania lub całkowicie go wyklucza. Stwarza roślinom jednakowe warunki wzrostu, pozwala im na uzyskanie symetrycznego kształtu, wyrównanej wielkości, lepszego zabarwienia i na równoczesne dojrzewanie, co jest szczególnie ważne przy zbiorze mechanicznym [1, 2, 4, 6].

Z uwagi na, to w Polsce brak jest siewników precyzyjnych, przystosowanych do wysiewu nasion warzyw, podjęto badania nad możliwością zastosowania w tym celu siewników przeznaczonych do siewu buraków cukrowych czy kukurydzy. Przebadano trzy typy siewników precyzyjnych, tj. siewnik pneumatyczny SPC-6 produkcji rumuńskiej, siewnik tarczowy „Gamma” i siewnik łyżeczkowy Nibex produkcji szwedzkiej. Ocena jakości i określenie przyczyn niedokładności pracy siewników precyzyjnych wymaga dokładnej analizy poszczególnych faz wysiewu. Wszystkie dotychczas stosowane bezpośrednio metody pomiaru nie dają możliwości takiej analizy. Filmowa metoda badawcza daje pełny obraz pracy zespołu wysiewającego z możliwością podziału analizy na poszczególne fazy wysiewu i może w zupełności zastąpić metody konwencjonalne.

OPIS APARATURY I STANOWISK POMIAROWYCH

STANOWISKO POMIAROWE

W celu przeprowadzenia badań w warunkach zbliżonych do rzeczywistej pracy w polu zbudowano kanał glebowy, przystosowując go do badań techniką filmową. Kanał wyposażono w wózek dla operatora ka-



Rys. 1. Stanowisko badawcze siewników precyzyjnych w kanale glebowym

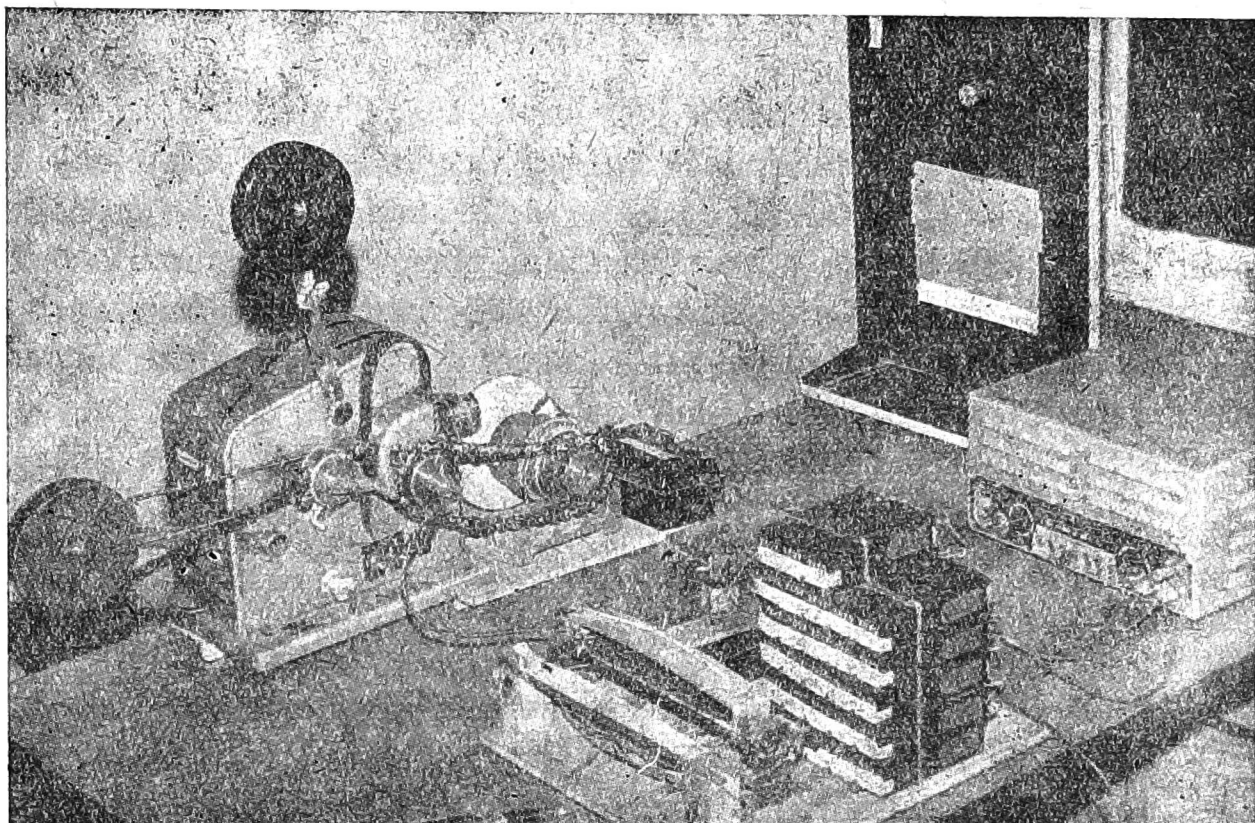
mery, sprzężony z wózkiem narzędziowym. Na wózku narzędziowym zamocowano badany siewnik i ustawiono kamerę. Uruchomienie napędu wózka połączone z równoczesnym włączeniem napędu siewnika, oświetlaczy halogenowych, napędu kamery i znacznika prędkości przesuwu filmu. Z chwilą dojazdu do końca kanału wyłączenie odbywało się automatycznie, za pomocą wyłącznika krańcowego.

Drugie stanowisko pomiarowe wyposażone było w ruchomą taśmę pokrytą smarem stałym. Siewnik mocowany był na stałe, a proces wysiewu filmowano kamerą ustawioną na statywie.

Równocześnie z włączeniem napędu taśmy rozświecały się oświetlacze halogenowe, włączał się napęd kamery i był uruchomiony wyłącznik czasowy, na którym nastawiono czas, po jakim urządzenie było wyłączane [8]. Taka budowa stanowisk zezwala na duże oszczędności taśmy filmowej.

STANOWISKO ANALIZY FILMU

Stanowisko do analizy filmu składa się z projektora typu S00 60, napędzanego za pomocą przystawki do zdjęć poklatkowych silnikiem wyposażonym w regulator obrotów. Takie rozwiązanie napędu zezwala na uzyskanie dowolnej prędkości przesuwu i zatrzymanie projektora zawsze na pełnej klatce filmu.



Rys. 2. Ogólny widok stanowiska analizy filmów

Mechanizm przesuwu filmu w projektorze sprzęgnięty jest za pomocą wału giętkiego ze śrubą urządzenia rejestrującego, dzięki czemu przesunięcie filmu o jedną klatkę powoduje jeden obrót śruby. Ze śrubą współpracuje nakrętka dzielona, prowadzona po torze z prętów, które umieszczone są w ramieniu. Osadzone wahadłowo ramię swoim ciężarem powoduje zazębienie się gwintu nakrętki ze śrubą, dzięki czemu jednemu obrotowi śruby odpowiada przesunięcie nakrętki o wartość skoku gwintu. Przymocowana do nakrętki wskazówka przesunie się po podziałce skali o jedną działkę, co oznacza, że przesunięcie filmu w projektorze o jedną klatkę odpowiada przesunięciu wskazówki na podziałce o jedną działkę.

W celu uzyskania bezbłędnego odczytu ilości klatek filmu zastosowano śrubę z gwintem pięciokrotnym o skoku 5 mm, dzięki temu niedokładność połączenia nakrętki ze śrubą wynosi 0,5 mm. Pole tolerancyjne na podziałce dla jednej klatki wynosi 5 mm, co oznacza, że przy tego rodzaju gwincie nie ma możliwości pomyłki we wskazaniach wskazówki.

W czasie projekcji wskazówka określa na podziałce ilość klatek filmu pomiędzy miejscem upadku dwóch kolejnych nasion, obserwowanych na ekranie. Podziałka przymocowana jest do płytki drukowanej, podzielonej na pole o szerokości odpowiadającej skokowi śruby. Z każdym polem płytki połączono oddzielny licznik elektromagnetyczny urządzenia rejestrującego. Z chwilą stwierdzenia na ekranie, że kolejne nasiono osiągnęło linię gleby, zatrzymuje się projektor i końcem wskaźnika dotyka pola

odpowiadającego wskazaniom strzałki plus (minus) ilość pól wynikających z korekcji.

Wnoszenie korekcji do zapisu jest konieczne, ponieważ lotnice nasion są z różnych względów zmienne, czyli pomiar odległości oparty tylko na liczeniu ilości klatek pomiędzy czasem upadku dwóch kolejnych nasion i pomnożeniu ich przez podziałkę filmu bez uwzględnienia wpływu kształtu toru byłby nieprawdziwy. Korekcję ustala się, odejmując od siebie wartości odczytane na podziałce ekranu w miejscu upadku nasiona poprzedniego i następnego. Jedna działka podziałki ekranu odpowiada podziałce filmu pomnożonej przez współczynnik powiększenia liniowego:

$$d_c = c \cdot P_1 \text{ [m]} \quad (1)$$

gdzie:

d_c — wielkość jednej działki skali ekranu,

c — podziałka filmu,

p_1 — powiększenie liniowe obrazu, czyli jedna działka skali okresu odpowiada drodze, jaką ujedzie siewnik w czasie przesuwu jednej klatki filmu.

Po dotknięciu odpowiedniego pola płytki końcem wskaźnika i włączeniu jego wyłącznika następuje zapis odległości pomiędzy nasionami na odpowiednim liczniku elektromagnetycznym oraz zamknięcie obwodu cewki stycznika.

Stycznik przekazuje impuls na licznik sumujący ilość powtórzeń i na elektromagnes. Zwora elektromagnesu przymocowana jest do ramienia urządzenia rejestrującego po przeciwnej stronie nakrętki. Przyciągnięcie zwory powoduje rozłączenie półnakrętki ze śrubą i jej powrót do pozycji wyjściowej. Po wyłączeniu wyłączników wskaźnika ramię opada i łączy w pozycji zerowej półnakrętkę ze śrubą. Urządzenie jest przygotowane do pomiaru odległości do następnego nasiona.

Odległość wysiewu mierzona jest przy jednym przesuwie, bez konieczności znakowania filmu. Zapis wykonany na licznikach elektromagnetycznych podaje sumę nasion w poszczególnych klasach odległości oraz całkowitą ilość powtórzeń. W przypadku niewprowadzenia korekcji toru wskazówka może bezpośrednio łączyć odpowiedni licznik i zapis wykonywany jest wtenczas półautomatycznie.

Opisane stanowisko używano również przy określaniu kąta wylotu nasion z tarczy oraz napęnianiu jej otworów. Wymagało to tylko wyłączenia napędu na śrubę urządzenia rejestrującego i umieszczenia odpowiedniej skali na płytce zapisu. Układ zapisu stanowiska stosowano również przy pomiarach bezpośrednich rozmieszczenia nasion na taśmie lepkiej lub w Kanale.

METODYKA BADAŃ

METODYKA KINEMATOGRAFICZNA

W metodzie kinematograficznej konieczna jest dokładna znajomość przesuwu filmu w komorze. Z tego względu w kasecie komory wbudowano neonówkę, zasilając ją z sieci przez diodę prostowniczą. W ten sposób na perforacji filmu uzyskano ślad czasowy o częstotliwości $f_l = 50$ Hz, stąd częstotliwość kamery:

$$f_k = \frac{l_f \cdot f_l}{h_k \cdot i_b} \text{ [kl/s]} \quad (2)$$

gdzie:

- f_k — częstotliwość kamery,
- l_f — analizowany odcinek filmu,
- f_l — częstotliwość lampy,
- h_k — wysokość jednej klatki filmu (1/131570 m),
- i_b — ilość błysków na analizowanym odcinku filmu.

Badany siewnik mocowany był na jednym z opisanych poniżej stanowisk badawczych. W polu widzenia kamery wstawiono podziałkę zezwalającą na określenie powiększenia obrazu w czasie projekcji filmu. Plan oświetlono dwoma lampami halogenowymi (typ LF-20) o mocy 1000 W każda.

Po wywołaniu film poddano analizie jakościowej na stole montażowym, a następnie szczegółowej analizie ilościowej. Określono dla wszystkich badanych nasion rozmieszczenie ich na linii odpowiadającej poziomowi dna bruzdy. Metoda ta pozwoliła na stwierdzenie dokładności pracy zespołu wysiewającego bez wpływu przesunięć wtórnych w glebie.

W celu określenia odległości k_1 pomiędzy dwoma sąsiednimi nasionami, zarejestrowanymi na filmie, należało ustalić, jaką drogę wykona siewnik lub taśma lepka, w czasie kiedy film przesunie się o jedną klatkę. Drogę tę nazwano podziałką filmu i określono według wzoru:

$$c = \frac{v_p}{f_k} \text{ [m/kl]} \quad (3)$$

gdzie

- c — podziałka filmu,
- v_p — prędkość jazdy siewnika,
- f_k — częstotliwość kamery.

Mając podziałkę filmu, liczone ilość klatek pomiędzy dwoma sąsiednimi nasionami, przyjmując za punkt odniesienia linię odpowiadającą po-

ziomowi gleby. Za pomocą skali, z działkami odpowiadającymi podziałce filmu, umieszczonej na linii obrazującej poziom gleby, odczytano korekcję k , wyrażoną w klatkach filmu. Korekcja uwzględnia różnice wynikające ze zmiennej długości lotnicy poszczególnych nasion.

Odległość w rzędzie obliczono według wzoru:

$$X_i = (i_k \pm k) \cdot c \quad [\text{m}] \quad (4)$$

gdzie

X_i — odległość w rzędzie pomiędzy dwoma sąsiednimi nasionami,

i_k — ilość klatek filmu pomiędzy dwoma sąsiednimi nasionami,

k — korekcje ilości klatek, wynikające z różnicy torów nasion.

Czas lotu nasiona określono:

$$t_l = \frac{i_{kt}}{f_k} \quad [\text{s}] \quad (5)$$

gdzie

t_l — czas lotu nasiona,

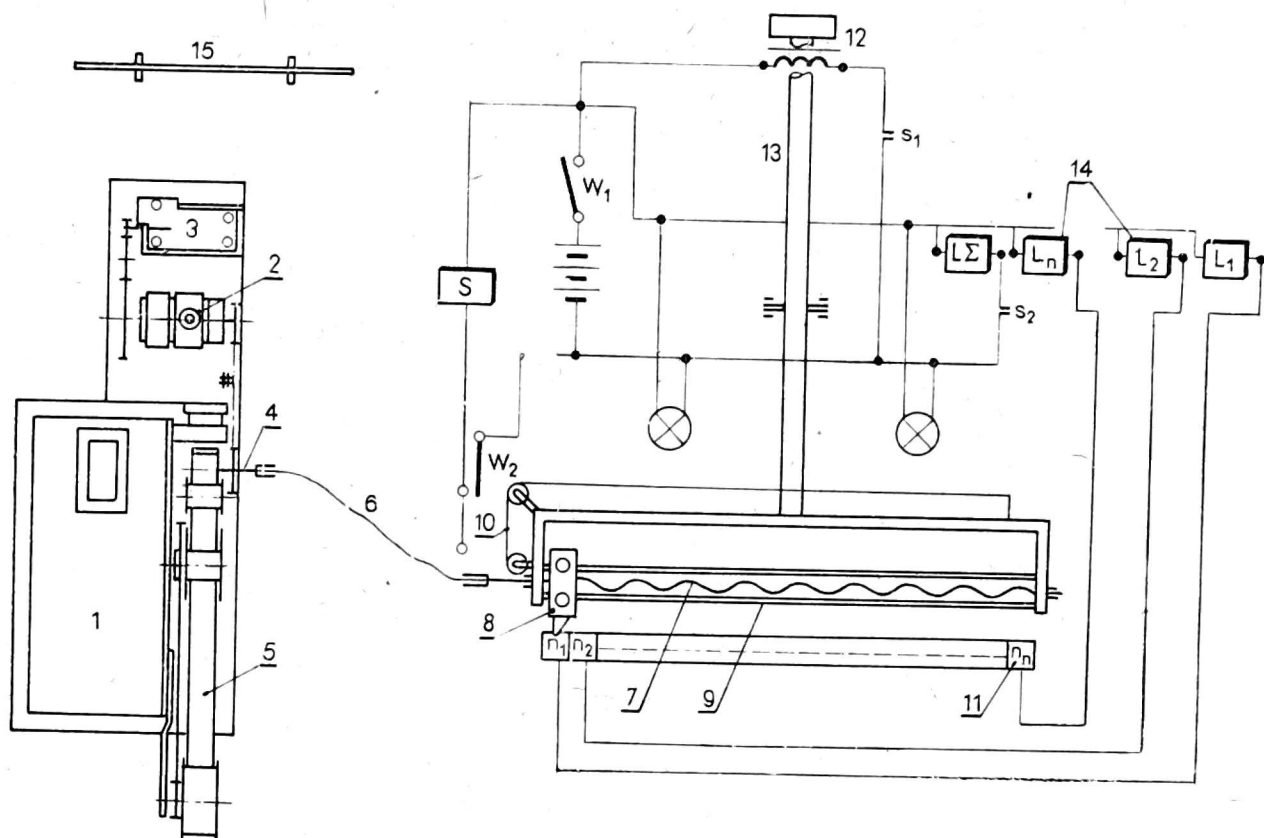
i_{kt} — ilość klatek na których zarejestrowany jest tor nasiona.

W analizie ilościowej badano również za pomocą podziałki kątowej, umieszczonej na ekranie, graniczny kąt obrotu tarczy, po osiągnięciu którego nasiona są wysiewane. Tor lotu nasiona początkowo określano, nanosząc kolejno na papier ekranu punkty zarejestrowane na co drugiej klatce filmu. Z filmu określono też ilość pustych otworów, ilość napełnień pojedynczych i wielokrotnych oraz stosunek nasion wysianych rzeczywiście do ilości otworów, o jaką odwróciła się tarcza w analizowanym odstępie czasu.

Analiza ilościowa filmu jest najbardziej pracochłonną częścią badania. Metoda analizy opisana przez Velde [7] wymaga dwukrotnego przewinięcia filmu na stanowisku analizy oraz wykonania na filmie śladów, określających ilość klatek pomiędzy dwoma nasionami i uwzględnienie korekcji toru lotu nasiona. Skonstruowane stanowisko pomiarowe (rys. 1) pozwala na znaczne określenie czasu analizy filmu.

METODA KINEMATOGRAFICZNO-STROBOSKOPOWA

Metoda kinematograficzno-stroboskopowa opracowana dla omawianych badań polega na filmowaniu procesu wysiewu z tak dobraną częstotliwością kamery, by czas naświetlania jednej klatki filmu był równy lub nieco większy od czasu, w którym nasiono przeleci interesujący nas odcinek toru [5].

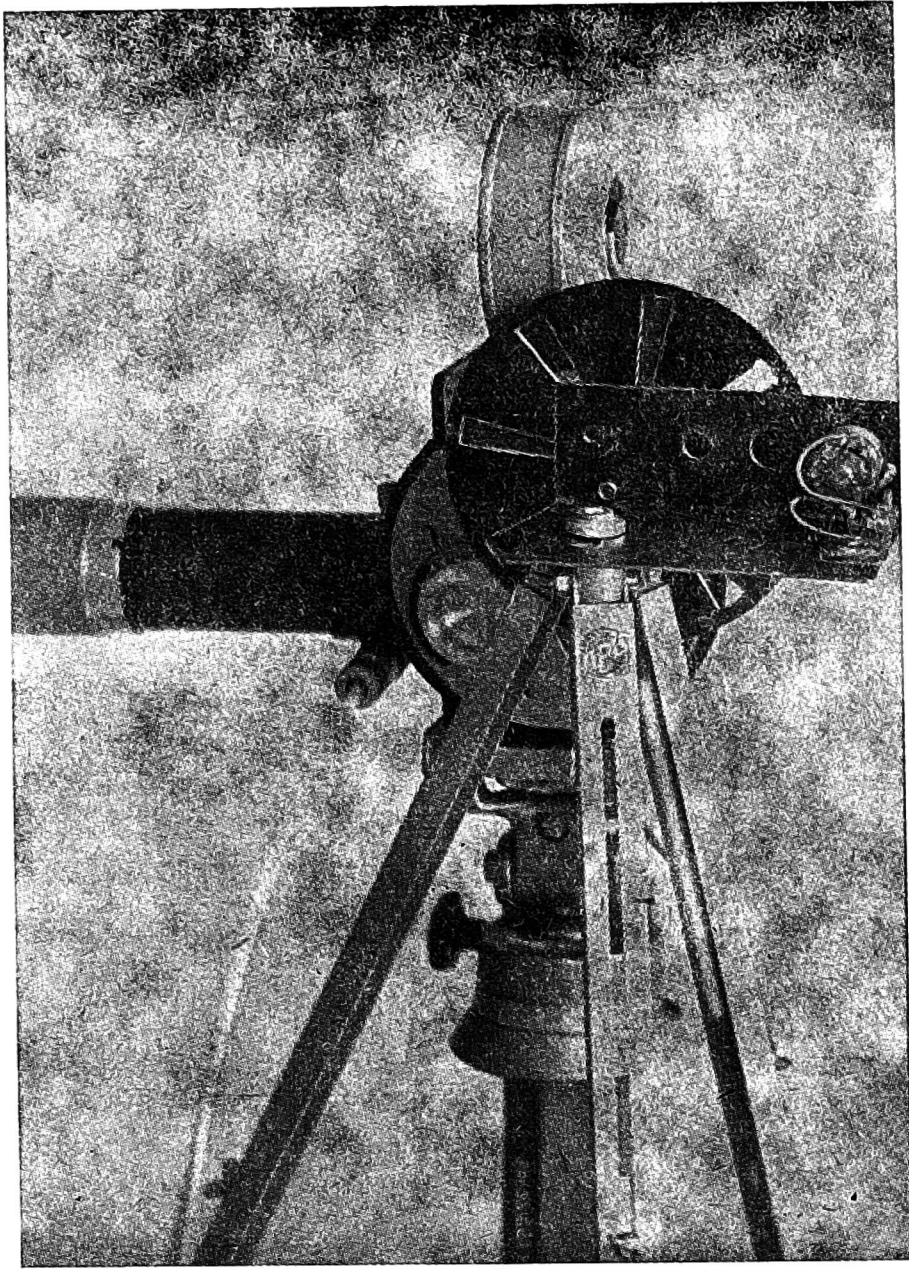


Rys. 3. Schemat ideowy stanowiska analizy filmów: 1 — projektor, 2 — urządzenie pokłatkowe, 3 — silnik napędowy, 4 — wał mechanizmu przesuwu filmu w projektorze, 5 — film analizowany, 6 — wał giętki, 7 — śruba urządzenia rejestrującego, 8 — nakrętka dzielona ze wskazówką, 9 — tor nakrętki dzielonej, 10 — mechanizm powrotu nakrętki, 11 — działka płytki drukowanej, 12 — elektromagnes, 13 — ramię urządzenia rejestrującego, 14 — liczniki zapisu, 15 — ekran projektora, W_1 — wyłącznik główny, W_2 — wyłącznik wskaźnika

Przed obiektywem kamery wiruje z określoną prędkością tarcza fotostroboskopu [9], dzieląc czas naświetlania jednej klatki filmu na kilka lub kilkanaście krótkich naświetleń, zależnych od prędkości obrotowej tarczy i wielkości wycięć na jej obwodzie. W efekcie uzyskuje się na jednej klatce filmu serię punktów, odpowiadających chwilowej pozycji nasiona. Odległość pomiędzy poszczególnymi punktami przedstawia odcinek czasu, równy czasowi obrotu tarczy o kąt pomiędzy dwoma sąsiednimi jej wycięciami.

Częstotliwość kamery ustalono w ten sposób, że na stoperze umieszczonym w polu widzenia kamery określono o ile klatek przesunął się film w czasie przyjętym do analizy, a następnie obliczono ilość klatek na sekundę. Znając wartość przysłony sektorowej kamery, określono czas trwania ujęcia jednej klatki filmu według wzoru:

$$t_u = \frac{\varphi}{360 f_k} \text{ [s]} \quad (6)$$



Rys. 4. Urządzenie stroboskopowe współpracujące z kamerą

gdzie

t_u — czas trwania ujęcia jednej klatki filmu,

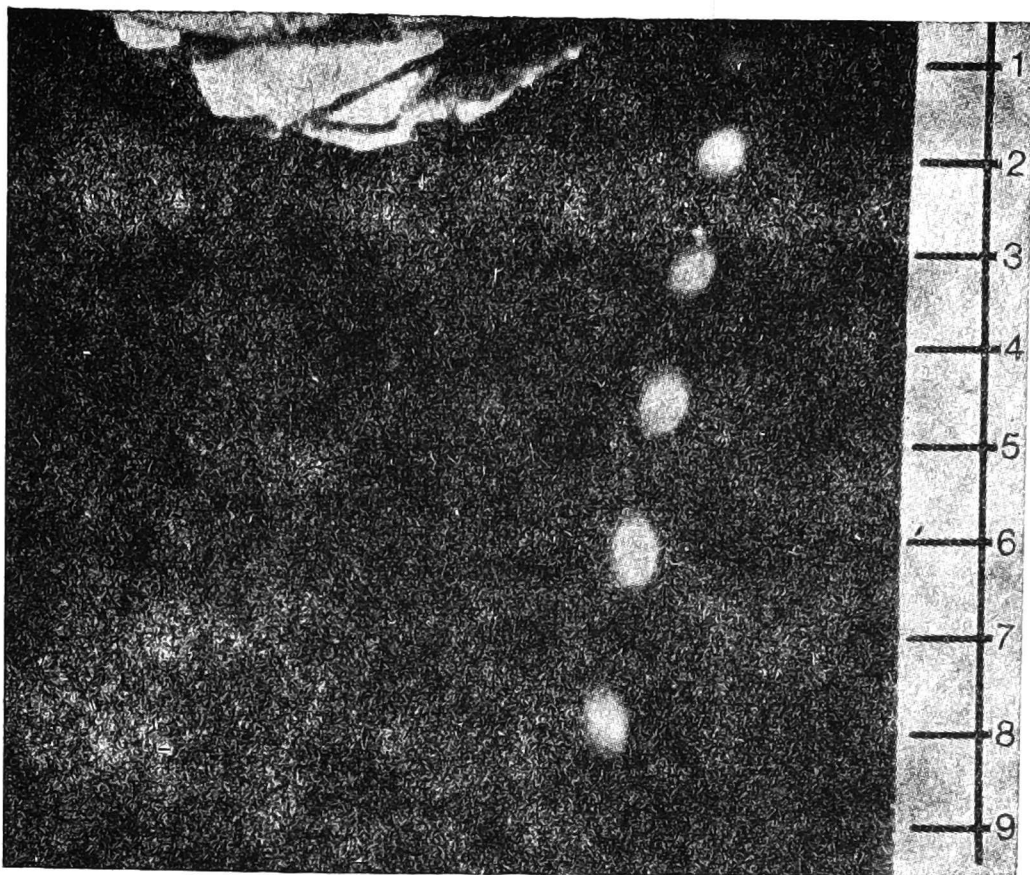
φ — wartość przysłony sektorowej,

f — częstotliwość kamery.

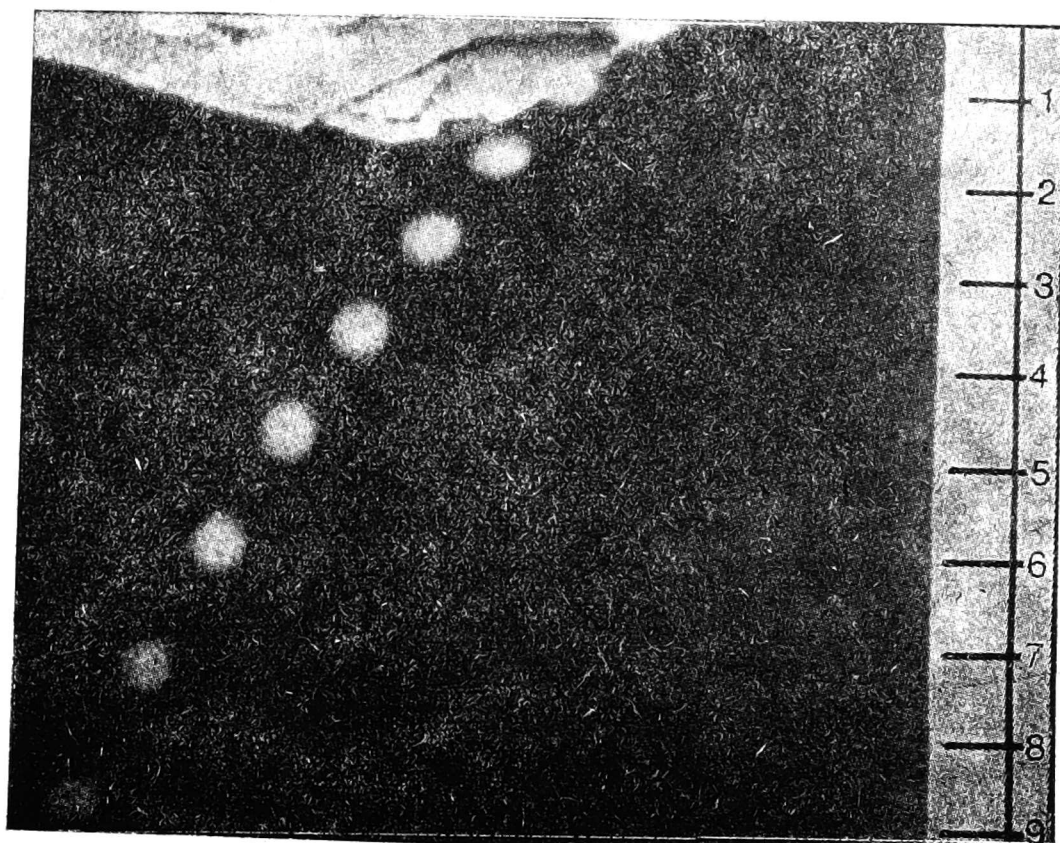
Znając kąt i ilość wycięć w tarczy określono jej prędkość wirowania, czas naświetlania jednego punktu toru nasion oraz czas pomiędzy dwoma kolejnymi punktami według wzoru:

$$n_{ts} = \frac{i_p}{i_{ct} \cdot t_u} \text{ [obr/s]} \quad (7)$$

$$t_p = \frac{\xi}{360 n_{ts}} \text{ [s]} \quad (8)$$



Rys. 5. Tory nasion fasoli przy prędkości obwodowej tarczy wysiewającej równej 0,292 m/s



Rys. 6. Tory nasion fasoli przy prędkości obwodowej tarczy wysiewającej równej 0,644 m/s

$$t_{kp} = \frac{\xi}{360 n_{ts}} \quad (\text{s}) \quad (9)$$

gdzie

- n_{ts} — obroty tarczy stroboskopowej,
- i_p — ilość punktów toru na jednej klatce filmu,
- i_{ct} — ilość wycięć na obwodzie tarczy,
- t_{kp} — czas pomiędzy dwoma kolejnymi punktami toru,
- t_p — czas naświetlenia jednego punktu,
- ξ — wartość kąta wycięcia tarczy,
- ς — wartość kąta pomiędzy wycięciami tarczy.

Metoda kinematograficzna-stroboskopowa, dzięki ujęciu całego toru lotu nasiona na jednej klatce filmu, zezwala na bezpośredni pomiar na ekranie długości lotnicy punktu wylotu nasiona z tarczy, prędkości lotu i daje obraz toru lotu nasiona. Średnią prędkość pomiędzy dwoma punktami toru można obliczyć według wzoru:

$$v = \frac{l_t}{t_{kp}} \quad [\text{m/s}] \quad (10)$$

WNIOSKI

1. Zastosowana kinematograficzna metoda pomiaru stworzyła możliwość dokładnej analizy procesu wysiewu, a uzyskane wyniki były dostatecznie dokładne.
2. Stanowisko analizy filmu ma prostą budowę i bardzo dobrze spełnia rolę półautomatycznego analizatora filmu.
3. Metoda kinematograficzno-stroboskopowa daje obraz toru wysiewanych nasion i pozwala na określenie parametrów lotu, zmniejszając znacznie pracochłonność tej analizy w stosunku do metody filmowej.
4. Metoda kinematograficzno-stroboskopowa może znaleźć szersze zastosowanie w badaniach naukowych.

LITERATURA

1. Budzyński W.: Maszyny do polowej uprawy marchwi. *Ogrodnictwo*, 3, 1972.
2. Gozin W.: Opyt uchoda za posiewami sacharnej swiekly. *Technika w Sielskom Chozjajstwie*, 7, 1973.
3. Kalina I.: Vyhodnocováni filmu z rychlostni kamery použitě k řešení kinematiky mechanismů a procesů na zemědělských strojích. *Zemědělskaá technika*, 9, 1966.
4. Kępkowa A. Sypień M.: Z rozsady czy z siewu. *Ogrodnictwo*, 5, 1971.
5. Šimek J.: *Fotografické techniky*. Práce, Praha 1969.
6. Szwonек E.: Zmechanizowana uprawa pomidorów gruntowych w USA. *Ogrodnictwo*, 4, 1972.

7. Velda K.: Kinematografická metoda registrace přesnosti výsevu. Zomědělská technika, 1, 1968.
8. Walczyk J., Walczyk M.: Stanowiska do badań siewników precyzyjnych. Roczn. Nauk rol. t. 72-C-1, 1975.
9. Walczyk J., Zalewski P.: Technika wykonywania zdjęć stroboskopowych do badań powtarzalnego ruchu roboczego na maszynach rolniczych. Roczn. Nauk rol. t. 71-C-1, 1974.

Юзеф Вальчик

СПОСОБ РЕГИСТРАЦИИ И МЕТОД АНАЛИЗА ФИЛЬМА ПРИ ЕГО ПРИМЕНЕНИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ВЫСЕИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ПРЕЦИЗИОННЫХ СЕЯЛОК

Резюме

Испытания прецизионных сеялок проводились на двух измерительных стендах — в почвенном канале и на липкой ленте. Оба стенда были приспособлены к исследованиям с использованием фильмовой техники как основного исследовательского метода. Разработаны кинематографические и кинематографическо-стробоскопные методы измерений. Конструирован стенд для анализа фильмов и разработан метод анализа, значительно сокращающий трудоёмкость исследований по отношению к методам описанным в литературе. В статье формулируются методологические заключения.

Józef Walczyk

THE METHOD OF RECORDING AND ANALYSIS OF FILM AT ITS APPLICATION FOR THE ESTIMATION OF WORK OF SOWING MECHANISMS OF PRECISION DRILLS

Summary

Testings of precision drills were carried out at two measurement stands — in the soil canal and the sticky tape. Either stand was adapted to investigations at application of the film technique as a basic investigation method. Cinematographic and cinematographico-stroboscopic measurement methods have been developed. A stand for the film analysis has been constructed and the analysis method developed, reducing considerably the labour consumption of investigations as related to the methods described in the literature. Methodical conclusions have been drawn in the work.