

NIEKTÓRE PROBLEMY BADAWCZE ROZWIĄZYWANE W INSTYTUCIE MASZYN ROLNICZYCH ZA POMOCĄ ZDJĘĆ SZYBKICH

Jaroslav Kalina

Instytut Maszyn Rolniczych, Praha 4 — Chodow, Czechosłowacja

WSTĘP

Metoda filmowania za pomocą techniki zdjęć szybkich nie jest to w zwykłym tego słowa znaczeniu filmowanie i projekcja filmu. Kamera w tym przypadku jest aparaturą pomiarową, a film — materiałem rejestrującym. Przy rozwiązywaniu poszczególnych problemów badawczych ważne jest, jak dalece uda się wykorzystać informacje zawarte w filmie. Ruch np. obserwowanego obiektu rejestrowany jest na poszczególnych klatkach filmu w znanym nam czasie między poszczególnymi ekspozycjami. Otrzymamy wówczas drogę w funkcji czasu, która to zależność umożliwia kinematyczną analizę procesów. Wykorzystywana jest również w pełni podstawowa zaleta tej metody, polegająca na tym, że zjawisko sfilmowane z dużą częstotliwością odpowiada rzeczywistej prędkości. W czasie projekcji filmu z normalną częstotliwością obserwujemy sfilmowane zjawisko wielokrotnie zwolnione.

Z punktu widzenia techniki zdjęć szybkich można wykorzystanie informacji zawartych w materiale filmowym podzielić na kilka grup.

Reprodukcja zjawiska przez sfilmowanie i jego projekcję stanowi środek przekazu, w którym w większości przypadków, zbyteczny jest komentarz. Stwierdzamy podczas projekcji, że zjawisko zachodzi lub nie istnieje.

Analiza jakościowa obserwowanego zjawiska jest subiektywnym procesem pozyskiwania i oceny informacji z wizualnej obserwacji sfilmowanego ruchu.

Analiza ilościowa obserwowanego zjawiska jest obiektywnym procesem pozyskiwania informacji z materiału filmowego za pomocą pomiaru obrazu i zapisania danych wynikowych w żądanej formie. Dla opracowania większej liczby danych, przy statystycznych obliczeniach lub bezpo-

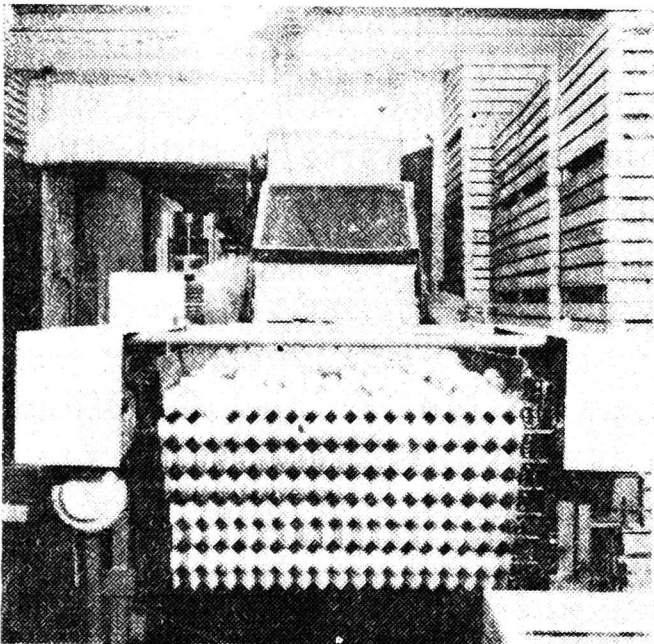
średnio dla określenia zależności, stosowana jest elektroniczna technika obliczeniowa.

Kompleksowe pomiary wielkości kinetycznych i mechanicznych są najbardziej złożonym procesem badawczym, przekraczającym zakres samej metody filmowania za pomocą zdjęć szybkich, chociaż umożliwiając one uzyskanie maksymalnej ilości informacji o badanym zjawisku.

Przedstawione grupy różnią się stopniem wykorzystania informacji i każda z nich ma swe uzasadnienie w konkretnym przypadku końcowego wyniku badań.

Na kilku przykładach pokazano w Instytucie praktyczne wyniki zastosowania metody filmowania za pomocą zdjęć szybkich w badaniach maszyn rolniczych.

1. Sortowanie ziemniaków. Chodziło tu o stwierdzenie przebiegu procesu (czy zjawisko istnieje czy nie). Badano ruch kłębów na przenośniku sortownika (rys. 1). Przenośnik złożony jest z wyprofi-



Rys. 1. Przenośnik sortownika ziemniaków — widok ogólny

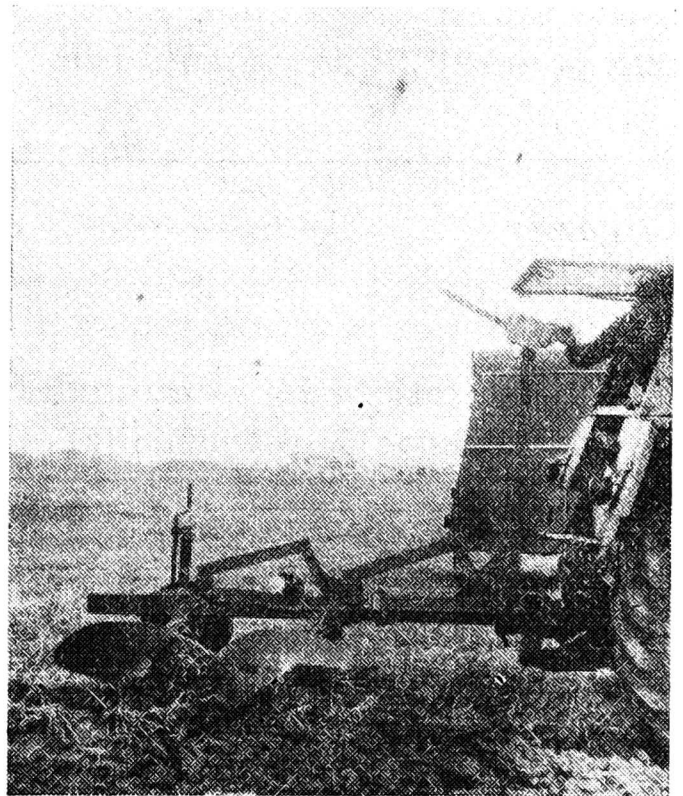
lowanych walców, które tworzą pomiędzy sobą kwadratowe otwory. Walce te na dwóch końcach przymocowane są do łańcucha, przez który są uruchamiane, a oprócz tego obracają się wokół własnej osi. Tym samym kłęby przesuwają się do przodu i obracają. Badano przebieg natężenia sortowania, rejestrując wypadanie kłębów na zewnątrz sortownika przez otwory pomiędzy walcami.

2. Orka. Obserwowano przebieg procesu i prowadzono analizę jakościową. W kompleksowych badaniach kilku typów i kształtów odkładnic określano zależności energetyczne przy różnych prędkościach roboczych (rys. 2). Celem filmowania było wyjaśnienie i udokumentowanie przebiegu orki przy pracy poszczególnych typów odkładnic. Obserwowa-

no i analizowano proces odwracania się skiby i jej kruszenia oraz zakres i sposób przykrywania resztek roślinnych. Wyniki jakościowej oceny były bardzo dobrym uzupełnieniem wyników badań tensometrycznych.

3. Sieczkarnia bębnowa. Prowadzono analizę jakościową i ilościową oraz określano prędkości przebiegu materiału przez maszynę. Przepływ masy roślinnej przez sieczkarnię charakteryzuje się tym, że jego prędkość zmienia się stopniowo; nie zachodzą zmiany o charakterze skokowym. Ruch ten na krótkich odcinkach drogi można uznać za prostoliniowy jednostajny lub jednostajnie przyspieszony, obrotowy jednostajny czy też jednostajnie przyspieszony lub złożony.

Kinematyczne parametry przepływu materiału wyprowadzone są z kinematycznych parametrów poszczególnych cząstek. Powierzchniowa gę-



Rys. 2. Filmowanie odkładania skiby za pomocą zdjęć szybkich

stość cząsteczek, zwłaszcza przy większej przepustowości ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$) może utrudnić zidentyfikowanie poszczególnych cząstek na dłuższej drodze. Cząsteczki zakrywają się nawzajem, co na filmie przestaje być widoczne. Sprawdzone, że ludzkie oko jest w stanie podczas projekcji śledzić cząsteczkę do czasu jej zakrycia przez sąsiednią cząsteczkę. Bardzo uciążliwą obserwację cząsteczki ułatwia wielokrotna projekcja, która jest konieczna przy normalnej ocenie.

Prowadząc badania, należy obserwowaną drogę cząsteczek podzielić na dostateczną liczbę odcinków ΔS , dla których:

$$\Delta S = f(x, y)$$

a dla prędkości

$$V_i = \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i} \quad (2)$$

gdzie Δt_i — czas na drodze ΔS_i .

Postępując w ten sposób odmierzymy na urządzeniu kontrolnym współrzędne x_i , y_i (od $i = 0$ do j), z równania (1) określimy ΔS_i , a z (2) wielkości V_i , przy czym czasowy interwał $\Delta t_i = \text{const.}$ (co nie jest teoretycznie konieczne, ale przy większej liczbie pomiarów należy warunek ten spełnić).

Przy określaniu prędkości przepływu cząstek materiału należy postępować odwrotnie.

Ustalimy stały odcinek drogi ΔS_i , a przy ciągłej projekcji określimy liczbę klatek filmu n_i , na których zarejestrowany jest obserwowany ruch cząsteczki na drodze ΔS_i . Zakładając, że każdej klatce odpowiada stały czas projekcji t_k otrzymany Δt_i

$$\Delta t_i = n_i \cdot t_k = \frac{n_i}{f_k} \quad (3)$$

gdzie:

$$t_k = \frac{1}{f_k}$$

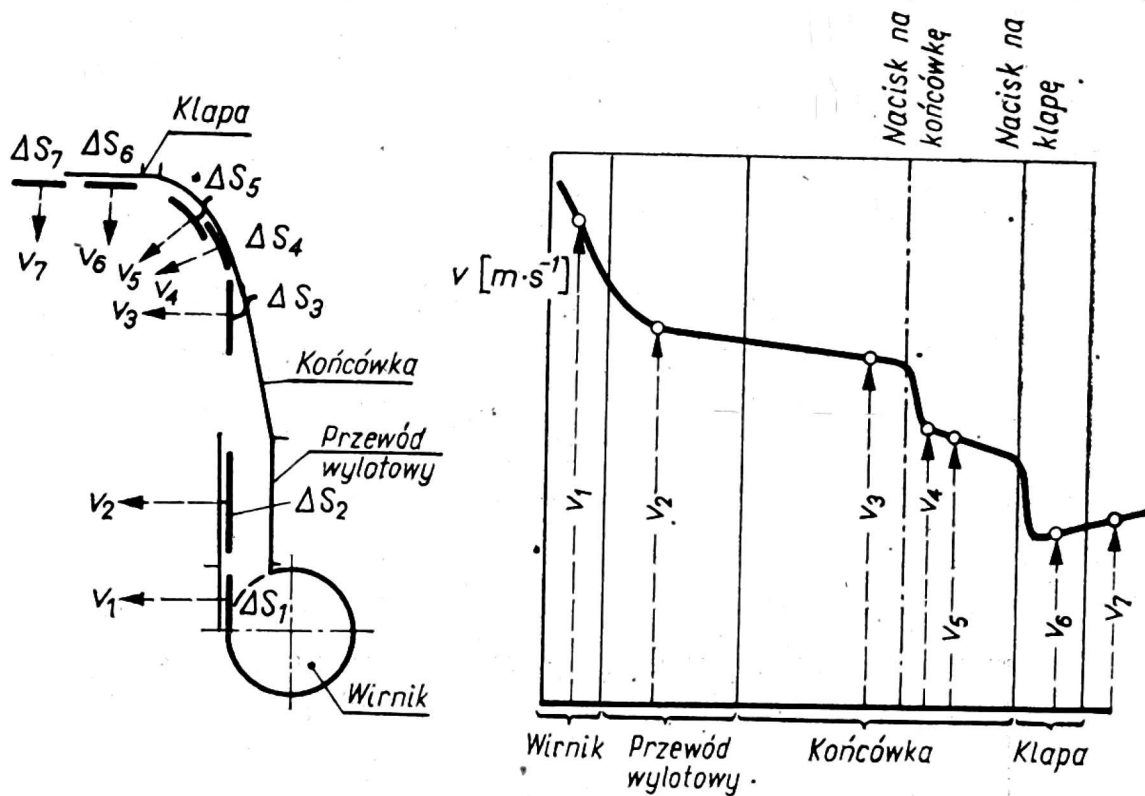
$f_k = \text{const.}$ (założenie) — częstotliwość kl./s na ocenianym odcinku filmu.

Podstawiając do równania (2) otrzymamy

$$V_i = \frac{\Delta S_i \cdot f_k}{n_i} = \frac{\text{const.}}{n_i} \quad (4)$$

W praktycznym zastosowaniu zaproponowanego sposobu oceny urządzenia kontrolne powinno mieć dwa osiowe krzyżyki i licznik klatek. Za pomocą krzyżyków nastawia się długość drogi ΔS_i (mając możliwość określenia drogi bezpośrednio w maszynie czynność ta jest zbyteczna). W czasie projekcji włącza się licznik w momencie, kiedy obserwowana cząsteczka przetnie oś krzyżyka, zaznaczającego początek drogi, wyłącza w momencie dojścia jej do drugiego krzyżyka, zaznaczającego koniec drogi. Niemożliwe jest określenie cząsteczki, której kinetyka zbliżona jest do przepływającego materiału. Dlatego należy liczyć się z błędem i ocenić większą liczbę cząsteczek, a następnie wartość średnią. Pod tym względem zaproponowana metoda jest dogodna.

Badana sieczkarnia (vide lewy rys. 3) pracuje w sposób następujący: sieczka otrzymuje energię kinetyczną od wirnika, za pomocą której materiał jest transportowany. Droga przepływu materiału przez przewód wylotowy i końcówkę została kilkakrotnie sfilmowana. Badano przepływ różnego materiału przy różnych obrotach wirnika z toporami. W trakcie



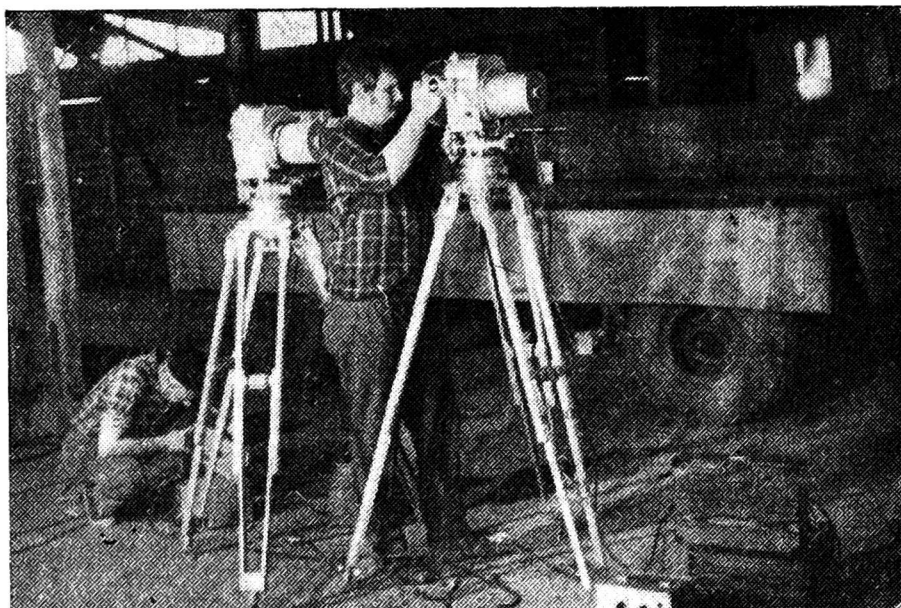
Rys. 3. Na lewo — schemat siewczarni bębnowej, na prawo — prędkość przepływu materiału

badan oznaczano drogi ΔS_1 do ΔS_7 , za pomocą opisanej metody, określono wartości n_i i prędkości V_1 do V_7 . Przebieg prędkości dla 1 wariantu przedstawiono w prawej części rysunku 3. Uzyskano materiały, pozwalające na teoretyczne opisanie badanego zjawiska.

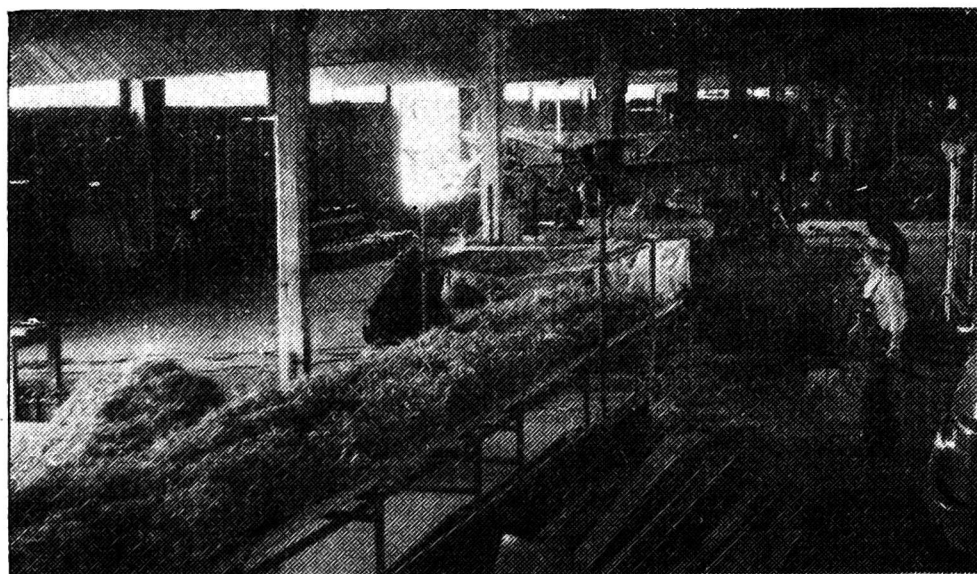
4. Wytrząsacze kombajnu zbożowego. Do analizy jakościowej i ilościowej przygotowano materiał przy zastosowaniu dwóch kamer do jednoczesnego filmowania (rys. 4). Celem badań było stwierdzenie wpływu kąta pochylenia terenu (na którym pracuje kombajn) na własności transportowe wytrząsaczy w zależności od obrotów mechanizmu korbowego wytrząsaczy. Badania eksperymentalne przeprowadzono na stacjonarnym modelu. Materiał zbożowy wkładany był do maszyny z przenośnika (rys. 5). Pochylenie terenu pozorowane było przez pochylenie maszyny wzdłuż podłużnej osi przednich kół. Bok maszyny przeszkłono wzdłuż wytrząsaczy (rys. 6). Transportowe własności wytrząsaczy określano na podstawie prędkości przebiegu materiału na wytrząsaczach.

Prędkość określana była tą samą metodą, jak w poprzednim przypadku. Z punktu widzenia dokładności uzyskanych wyników (w tym przypadku prędkości 2) należy wykonać jak najwięcej ujęć szczegółowych. W badaniach tych obserwowana droga materiału jest dosyć długa i wąska, i trudno było uzyskać wymaganą dokładność poszczególnych wartości prędkości. Dlatego konieczne było filmowanie dwiema kamerami. Z uwagi na pracochłonność poszczególnych badań i wymagań odno-

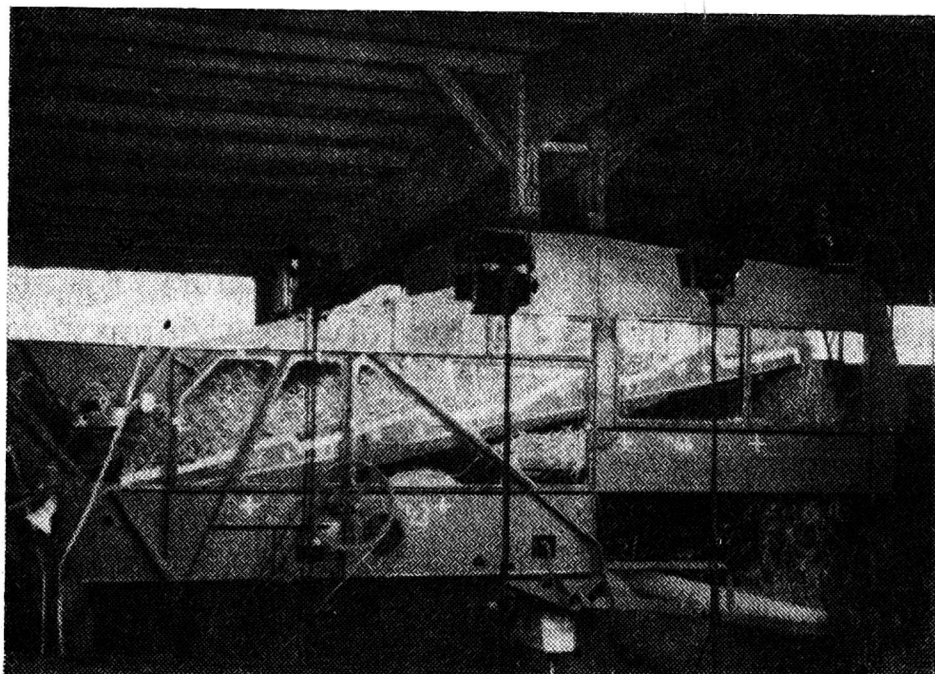
śnie podawania materiału pewniejsze było filmowanie techniką zdjęć szybkich z dwóch kamer (rys. 4). Kamery były wzajemnie zsynchronizowane, z tym że drugą kamerę włączono później, w momencie kiedy transportowany materiał dotarł do drugiej połowy wytrząsaczy. O rozpiętości prac badawczych świadczy fakt, że nakręcono 190 szpul filmu, tzn. 5700 m filmu, a za pomocą analizatora oceniono 2390 częściowych wartości. Wyniki badań pozwoliły wyjaśnić wpływ pochylenia terenu na pracę wytrząsaczy (rys. 4). Przy stałych obrotach, przy jeździe do góry, dochodzi do przyspieszenia przepływu materiału, a tym samym do zwiększonych strat. Przy jeździe w dół następuje zmniejszanie się prędkości przepływu materiału aż do zera i w konsekwencji do zapchania się wytrząsaczy (rys. 5). Oceniono również możliwości wpływu obrotów mechanizmu korbowego wytrząsaczy na ich własności transportowe.



Rys. 4. Dwie kamery ZL 16 w czasie filmowania wytrząsaczy w kombajnie zbożowym



Rys. 5. Wkładanie materiału zbożowego do stacjonarnego modelu kombajnu zbożowego



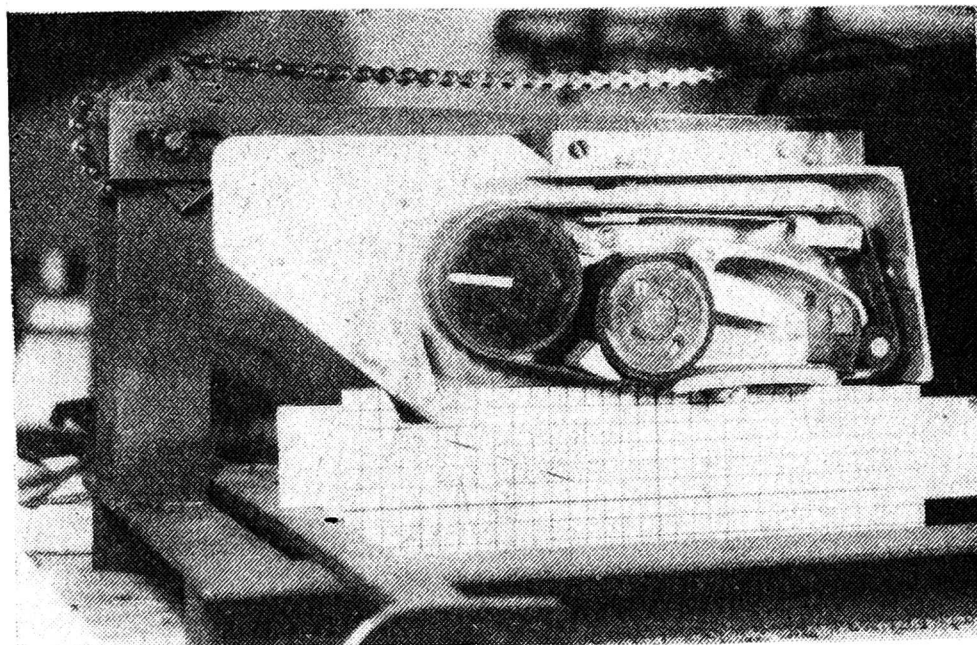
Rys. 6. Przeszklenia boku kombajnu i przygotowanie skrajnego wytrząsacza do filmowania

Drogą eksperymentalną sprawdzono także dokładność niektórych teoretycznych obliczeń i założeń, a poprzez wizualną ocenę jakościową wyjaśniono niektóre problemy zachowania się materiału na wytrząsaczach (wpływ geometrii wytrząsaczy), jak uwalnianie materiału, zmiany wysokości warstwy materiału przy różnych częstotliwościach cyklu transportowego, czas aktywnego działania wytrząsaczy na materiał itd.

5. Siewnik do punktowego wysiewu nasion buraków cukrowych. Przygotowano materiał filmowy do analizy jakościowej i ilościowej i opracowano wyniki na elektronicznej maszynie cyfrowej. Celem badań było określenie możliwości poprawy jakości produkowanego przez AGROSTROJI JICZIN siewnika punktowego SPUM — zwiększenia prędkości roboczej przy zachowaniu dużej dokładności szerokości międzyrzędzi w czasie wysiewu nasion buraków cukrowych, genetycznie jednokiełkowych czy kalibrowanych. Przeprowadzono również tą samą metodą badania maszyn zagranicznych, reprezentujących najwyższy poziom światowy. Dokładność siewu wymagana jest też w odległości pomiędzy kiełkującymi nasionami. Zależy to w dużym stopniu od aparatu wysiewającego. Dlatego też należało przeprowadzić kilka oddzielnych badań, aby ustalić wpływ poszczególnych czynników na wynik końcowy siewu. Jednym z tych czynników jest dokładność pracy aparatu wysiewającego, tzn. ścisła odległość nasienia, z jaką opuszcza ono aparat wysiewający. Wartość ta różni się od wartości zmierzonej na polu w rowku, w którym umieszczane są nasiona na skutek ich przetaczania się. Zmiana odległości wysiewanych nasion może być również spowodowana ich zasypywaniem. Drogą badań stwierdzono, że nawet nasiona

wysiane bardzo dokładnie ręcznie wykazują po wykiełkowaniu pewne różnice w odległości. Z tych powodów należało określić wpływ wszystkich czynników, aby nie prowadzić badań tylko pod kątem aparatu wysiewającego.

Kamera filmowa do zdjęć szybkich została zastosowana do badań dokładności wysiewu aparatu wysiewającego, który został w tym celu specjalnie przygotowany (rys. 7). Pod otwór wylotowy przymocowano



Rys. 7. Aparat wysiewający SPUM przygotowany do wysiewu i badań

siatkę, na której grubiej zaznaczono pionową oś Y , przechodzącą przez teoretyczny punkt wypadania nasion. Oś X umieszczono na wysokości teoretycznego wysiewu, tzn. dna rowka. Na filmie odmierzano współrzędne X przy wypadaniu poszczególnych ziarn przez oś Y oraz określano przedział czasowy pomiędzy poszczególnymi nasionami. Następnie opracowano układy równań, które analitycznie przedstawiały wyniki końcowe w zależności od współrzędnych i czasu. Do tego układu równań opracowano program na maszynę liczącą. Obliczenia przeprowadzono na maszynie liczącej MIŃSK. Odległość nasion określano przy różnej głębokości wysiewu i prędkościach roboczych oraz różnych prędkościach obwodowych paska przy kilku rodzajach materiału siewnego. Odległości były zaklasyfikowane do grup według wymagań agrotechnicznych i określano ich względne rozłożenie w grupach. Oznaczono również prędkość nasion, z jaką spadają one na dno rowka i ich kierunek. Wartości te zostały statystycznie opracowane i obliczono odchyłki kierunkowe. Przygotowany jest program do tabelarycznego i graficznego przedstawienia Gaussowego rozłożenia odległości.

Praca ta jest największa, z uwagi na opracowanie wyników badań,

jaką wykonano w Instytucie w Chodov. W badaniach tych wzięło udział wielu pracowników, od konstruktora siewników począwszy, a na pracowniku programującym maszyny liczące kończąc. Wyniki badań są obecnie jeszcze opracowywane. W badaniach użyto kamery do zdjęć szybkich ZL 16 (produkcji NRD) z częstotliwością od 300 do 3000 kl. \cdot s⁻¹ oraz filmu 16 mm ORWO-NP7 o czułości 27 din.

PODSUMOWANIE

Na kilku przykładach badań przedstawiono metody filmowania przy pomocy kamery do zdjęć szybkich. Była to próba wyjaśnienia ogólnej metodyki pracy przy zastosowaniu techniki filmowej zdjęć szybkich. Wyniki i wnioski z badań są tutaj elementami drugorzędnymi. Celem pracy było zwrócenie uwagi na fakt, że kamera do zdjęć szybkich, jak każda inna kamera filmowa, jest aparaturą pomiarową. Błędnym byłoby spojrzenie na filmowanie za pomocą kamery do zdjęć szybkich przy konwencjonalnej znajomości filmowania i projekcji. Należy systematycznie i kompleksowo badać i pogłębiać teorię tej metody i wnioski płynące z badań.

LITERATURA

1. Kalina J.: Určeni rychlosti materialu při průchodu zemědělským strojem — sborník INTERKAMERA 71, Praha 1971.
2. Kalina J.: Accuracy on the Resulting Quantities — Proceedings of the 10th International Congress on High — Speed Photography. Nicea 1972.

Я. Калина

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ, РЕШАЕМЫЕ В ИНСТИТУТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПРИ ПОМОЩИ БЫСТРОЙ СЪЕМКИ

Резюме

Камера в этом случае является измерительной аппаратурой, а фильм — регистрирующим материалом. При решении отдельных проблем важно, насколько удастся нам использовать сообщения, содержащиеся в фильме. Используется также полностью основное достоинство этого метода, т.е. что явление было снято с большой частотой, соответствующей скорости хода испытываемого явления. Во время пуска фильма с нормальной частотой наблюдается зарегистри-

рованное явление всесторонне замедленное. Информации, содержащиеся в киноматериале, можно разделить на несколько групп.

— Репродукция явления при помощи съёмки и его показа средством передачи, в котором в большинстве случаев комментариев не нужен. Подтверждаем существование явления — да, нет.

— Качественный анализ наблюдаемого явления это объективный процесс получения информации из фильма.

— Количественный анализ наблюдаемого явления является объективным процессом получения информации из фильма при помощи измерения образа.

— Комплексные измерения кинотехнических и механических величин, дающие возможность получения максимального количества информации об исследуемом явлении.

И так, приводим практические результаты применения кинометода быстрой съёмки для испытания сельскохозяйственных машин:

- 1) сортировка картофеля — подтверждение хода процесса в действии сортирующего транспортёра,
- 2) пахота — подтверждение хода процесса, качественный анализ работы нескольких типов отвалов при различных скоростях,
- 3) барабанная силосорезка — определение скорости проплыва материала через машину,
- 4) солоотрясы зерноуборочного комбайна — проверка теоретической зависимости скорости проплыва материала на солоотрясах на различных наклонах местности при помощи двух камер.

J. Kalina

SOME NEW PROBLEMS BEING SOLVED
IN THE INSTITUTE OF AGRICULTURAL MACHINES BY MEANS
OF HIGH-SPEED FILM TECHNIQUE

S u m m a r y

In this case camera represents the measuring apparatus whilst film the recording material. It is very important to use all the information contained in the film at solving particular problems. Here is used the main advantage of this method i.e., that the effect is filmed with high frequency, which corresponds to the speed of the course of investigated effect. During the film projection with normal frequency we observe the recorded effect as a slow-motion. Information contained in the film can be divided into some groups:

Reproduction of the effect by shooting and projection represents the information and in most cases the comment is needless; we state the existence of the effect — yes or no.

Quality analysis of observed effect is a subjective process of the obtainment of information from the film.

Quantity analysis of observed effect is an objective process of the obtainment of information by means of the picture measurement.

Complex measurement of the kinetic and mechanical quantities-enables to obtain the maximum information about the observed effect.

The practical results of quick-shot film technique application in testing of the agricultural machines are as follows:

Sorting of potatoes: the analysis of operation process of the sorting conveyor.

Ploughing: investigation the process realisation, qualitative analysis of work of some mouldboard types at different operating speeds.

Drum chopper: quality and quantity analysis and description of the green mass flow through the machine.

Shakers of combine-harvester: checking of theoretical relationships of flow speed of material on the shakers at different slopes by using two cameras.

Seeder: investigation of the sowing precision.