

OKREŚLENIE PROCESU ROZŁADUNKU MATERIAŁU ZIARNISTEGO
W GŁOWICY PRZENOŚNIKA PIONOWEGO
Z CZERPAKAMI BEZ DNA - METODĄ FILMOWĄ

Wincenty W. Woźniak

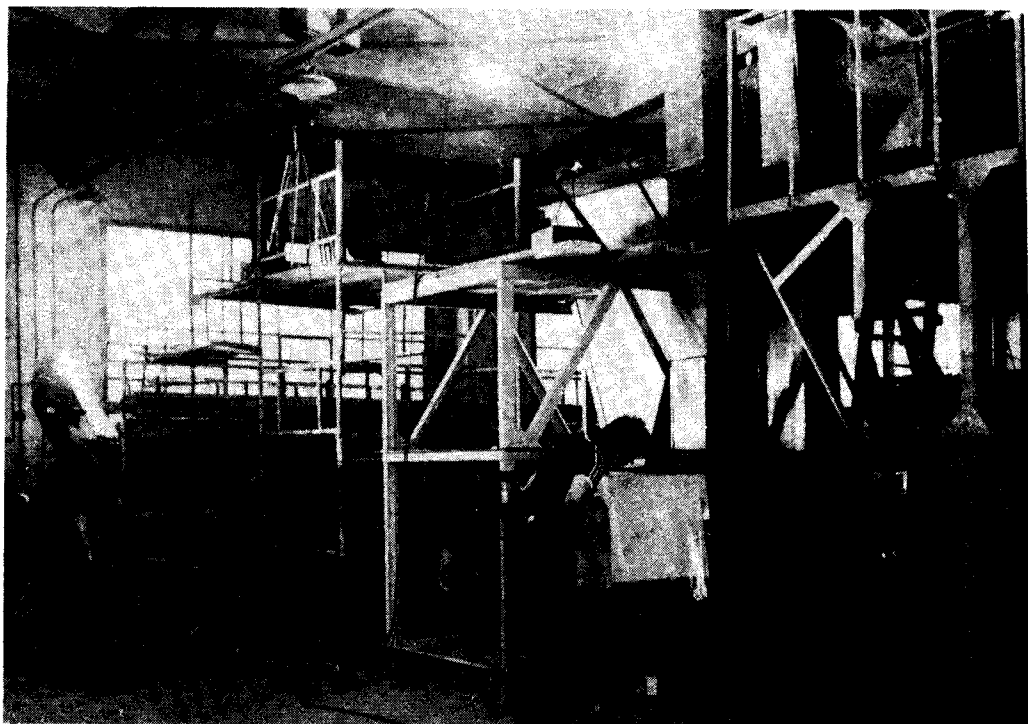
Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie, Oddział w Kłudzienku

W Instytucie Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) Oddział w Strzeszynie-Poznaniu prowadzone są prace badawcze w celu określenia parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych przenośników pionowych, odśrodkowych z czerpakami bez dna. Charakteryzują się one wysoką wydajnością w porównaniu z przenośnikami kubełkowymi. Zastosowanie czerpaków bez dna w standardowych przenośnikach zwiększyło ich wydajność o 45% przy nie zmienionej prędkości przesuwu taśmy i kształcie głowicy przenośnika. Przy zwiększeniu prędkości przesuwu taśmy z $1,8$ do $3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wydajność przenośnika wzrosła dwukrotnie [1, 2].

W badaniach starano się sprawdzić teoretyczny maksymalny rozstaw czerpaków w zestawie, przy którym nie występuje jeszcze zjawisko osypywania się ziarna pszenicy, rzepaku i kukurydzy - na podstawie właściwości fizykomechanicznych tych ziaren, jak: wilgotność, skład granulometryczny, kąt naturalnego usypu. Mimo określonych parametrów daje się zauważyć brak jednolitej teorii zachowania się tych materiałów w procesie napełniania i opróżniania zestawu czerpaków bez dna. Spowodowane jest to złożonością zjawisk zachodzących przy ruchu materiałów sypkich. Stąd konieczność empirycznego zweryfikowania wyprowadzonych wzorów teoretycznych służących do obliczenia rozstawu czerpaków bez dna, przy którym nie wystąpi zjawisko osypywania się ziarna z pracującego zestawu czerpaków [2, 3].

Drugim badanym elementem był efekt rozładunku zestawu czerpaków przy 6 prędkościach liniowych taśmy przenośnika pionowego dla pszenicy, rzepaku i kukurydzy, przy dwóch odległościach czerpaków: co 15 mm, i jeden za drugim - na styk.

Przedmiotem badań był zestaw 17 pojedynczych czerpaków typ 250 (szerokość 250 mm), zamontowanych na odcinku 1 mb ciągną. Zgodnie z zasadą działania tego

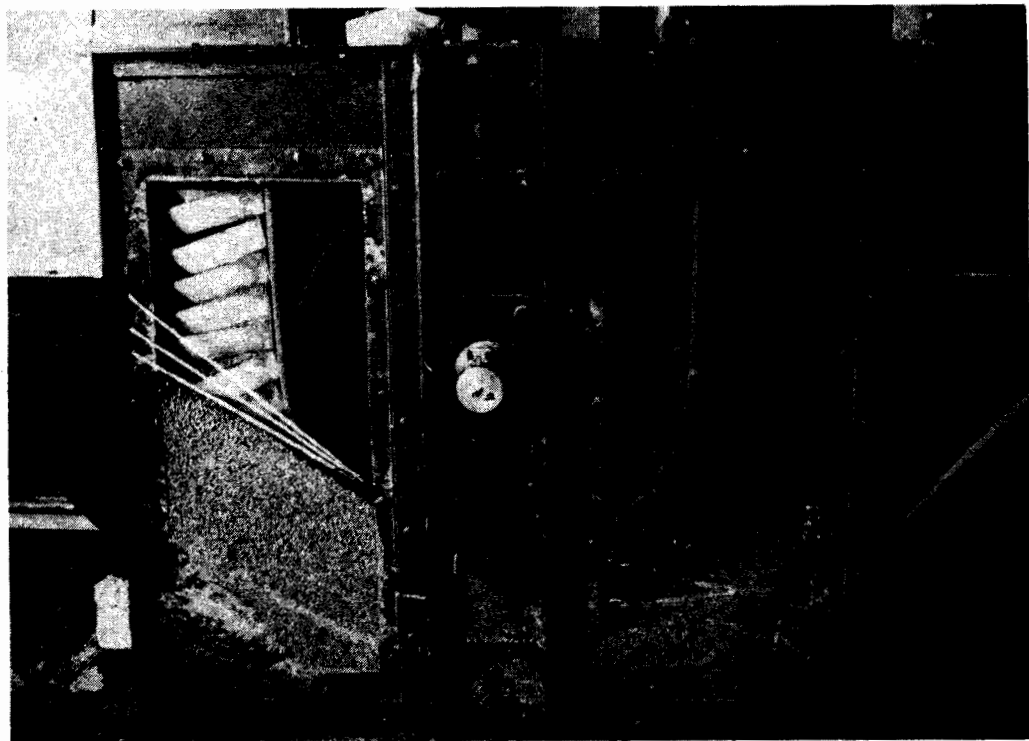


Rys. 1. Stanowisko badawcze w hali IBMER Oddział Strzeszyn (fot. W.W. Woźniak)

typu przenośników ostatni z czepaków w zestawie miał dno. Dla zapewnienia równowagi dynamicznej układu na taśmie zamontowano symetrycznie drugi zestaw tych samych czepaków.

Badania techniką filmową zdjęć szybkich za pomocą kamery Pentazet 16 przeprowadzono w hali IBMER Oddział Strzeszyn na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym [4, 5, 6].

Stanowisko składało się z przenośnika pionowego, kosza zasypowego, poziomego przenośnika taśmowego, wału napędowego pośredniego, przekładni bezstopniowej, silnika elektrycznego i zestawu pomiarowych urządzeń elektronicznych (rys. 1). Układ transportowy stanowiska pracował w obiegu zamkniętym. Czerpanie materiału odbywało się w stopie przenośnika z przezroczystą ścianą boczną (rys. 2). Materiał transportowany był na wysokość 4 m i wyrzucany w momencie przejścia taśmy z czepakami przez główny bęben napędowy. Głowica przenośnika została zaprojektowana w kształcie prostopadłościanu z dwoma bocznymi ścianami wykonanymi z „plexi”, co umożliwiało obserwację procesu rozładunku. Jedna ze ścian stanowiła tło, na którym naniesiona została siatka współrzędnych prostokątnych (rys. 3). Stanowisko operatora filmowego usytuowano na wysokości 4 m (rys. 1). Ziarno podawane było



Rys. 2. Stopa przenośnika z czepakami bez dna - ściana przezroczysta: K - kukurydza, R - rzepak, P - pszenica (fot. W. W. Woźniak)

do stopy przenośnika pionowego z kosza przejściowego za pośrednictwem poziomego przenośnika taśmowego ze zgarniakiem materiału, z regulowaną wielkością szczeliny. Zapewniało to równomierne uzupełnianie materiału w stopie przenośnika do określonego poziomu dla kukurydzy, rzepaku i pszenicy (rys. 2).

T a b e l a 1

Dane dla ustalenia parametrów pracy kamery filmowej

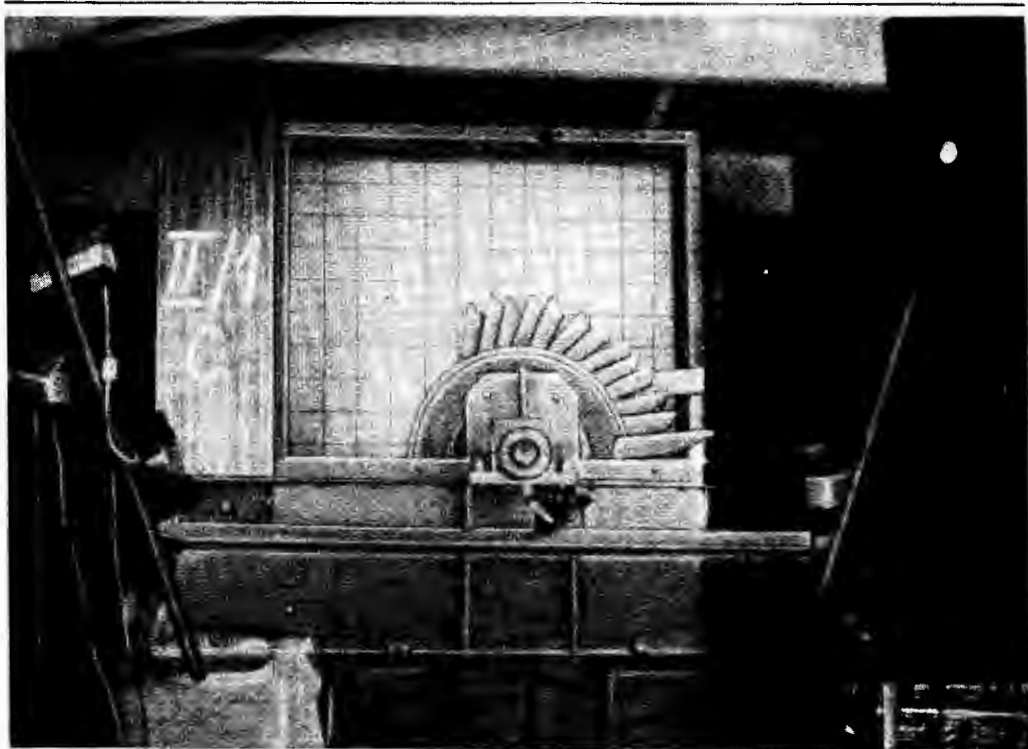
Prędkość liniowa ciągną z czepakami	Obroty bębna napędowego	Czas przebywania zestawu czepaków w kadrze	Zastosowana prędkość przesuwu taśmy filmowej
$m \cdot s^{-1}$	obr./min	s	kl/s
1,6	51	1,0	300
2,0	64	0,66	300
2,6	80	0,53	300
3,2	102	0,36	600
3,55	113	0,30	600
4,0	127	0,13	600

Dobór prędkości przesuwu taśmy pochodzi z zależności podanych w tabeli 2 dla kamery filmowej Pentazet 16.

T a b e l a 2

Parametry pracy kamery filmowej Pentazet 16

Liczba $\text{kl}\cdot\text{s}^{-1}$	Przebieg 30 mb taśmy w s	Zwolnienie ruchu przy wyświetlaniu $24 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$	Prędkość liniowa przesuwu taśmy filmowej $v(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
300	11,0	12,5	2,29
600	5,8	25,0	4,60
1000	3,7	41,7	7,6
2000	1,9	83,5	15,2
3000	1,4	125,0	22,8



Rys. 3. Głowica przenośnika pionowego z siatką współrzędnych prostokątnych i czerpakami bez dna zamontowanymi jeden za drugim - II, dla prędkości $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ - 1, dla pszenicy - C (fot. W. W. Woźniak)

Prędkość liniowa $v(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ ciągną z czerpakami dla prędkości przesuwu taśmy przy $300 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$ w kamerze Pentazet 16 była wyższa lub zbliżona, czyli obraz na ekranie przy wyświetlaniu $24 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$ trwał od ponad 1 do około 1 sekundy, a przy $16 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$

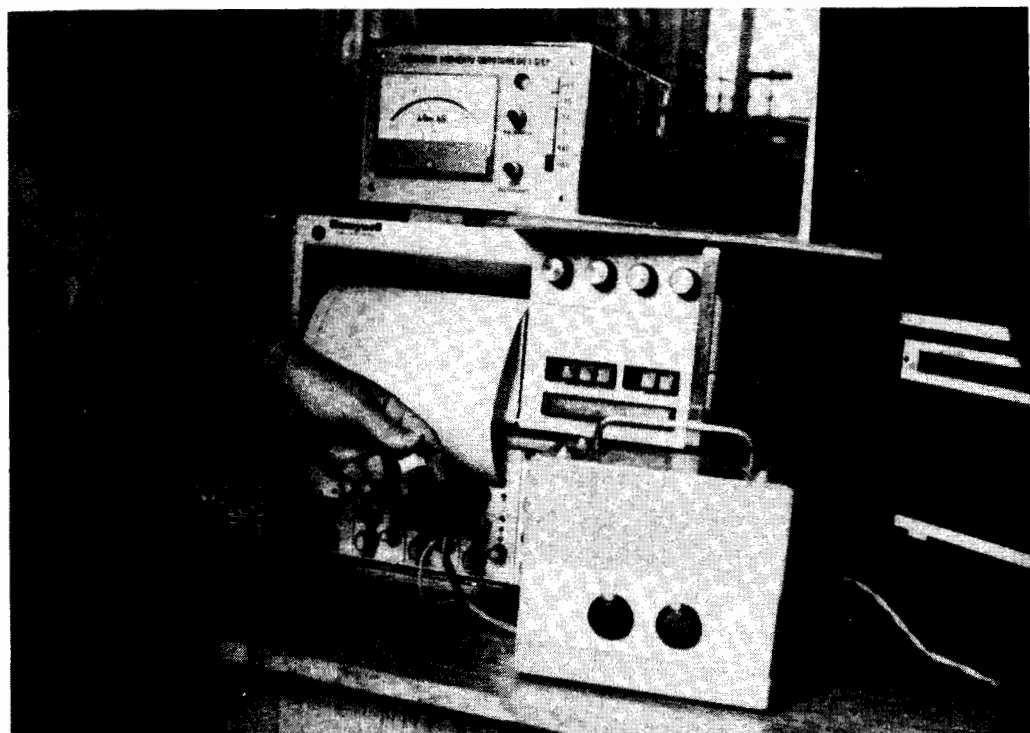
od 2 do około 1,5 s. Ten okres „zatrzymania” obrazu na ekranie jest wystarczający do jego autentycznego zaobserwowania i przeprowadzenia analizy, zarówno jakościowej, jak i ilościowej zjawisk zarejestrowanych na taśmie filmowej [5].

Obiekty i parametry badań oznaczono w miarę prowadzenia badań na głowicy przenośnika (tab. 3).

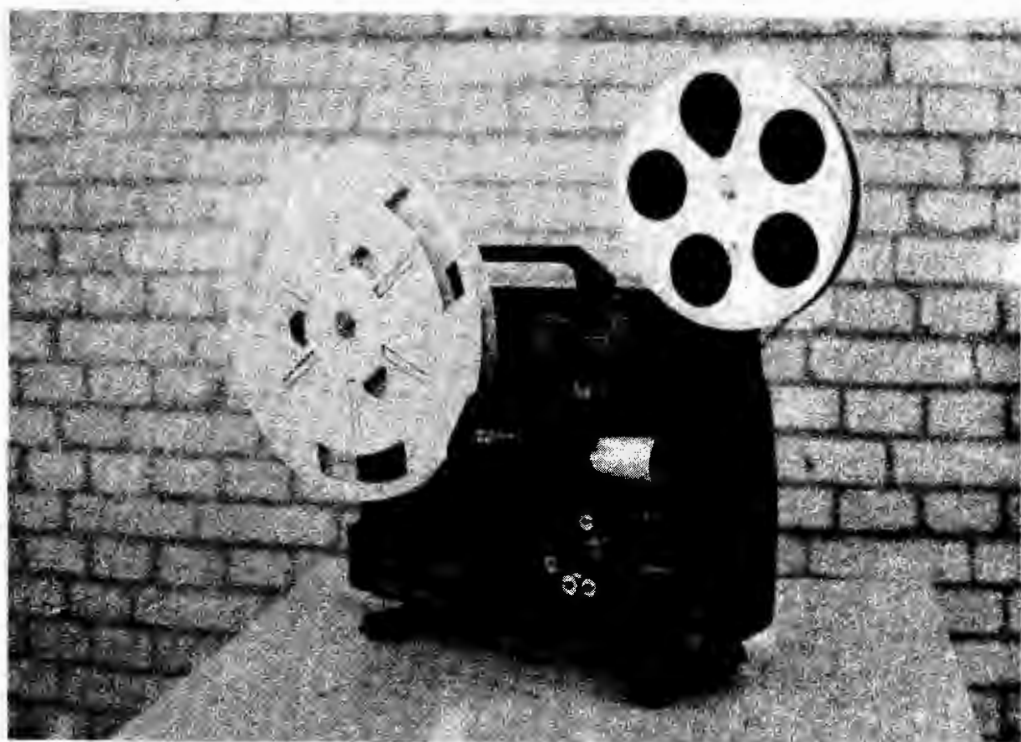
T a b e l a 3

Oznaczenia obiektów i parametrów badań

Obiekty - ziarno	Odległość czepaków między sobą w mm	Prędkość liniowa przenośnika v ($m \cdot s^{-1}$)
Kukurydza - A	15	1,6 2,0
Rzepak - B	0	2,6
Pszenica - C		3,2 3,55 4,00



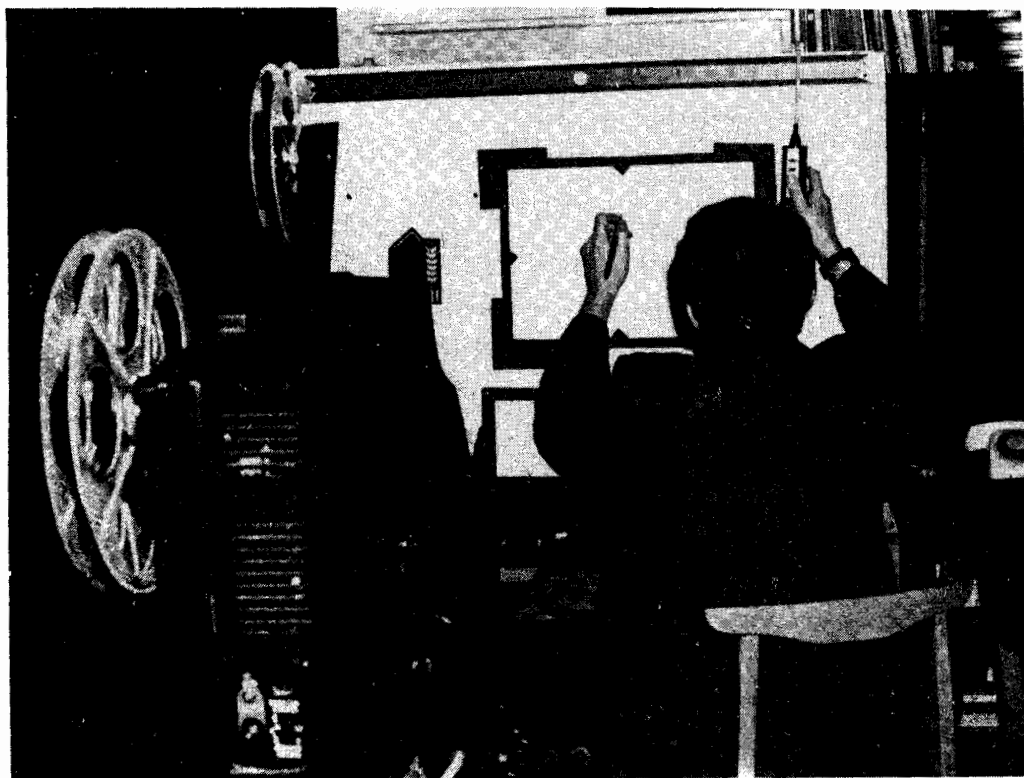
Rys. 4. Zdalne, synchroniczne z przebiegiem zjawiska, uruchamianie kamery szybkiej Pentazet 16 (fot. W. W. Woźniak)



Rys. 5. Projektor filmowy Bolex 521 (fot. W. W. Woźniak)

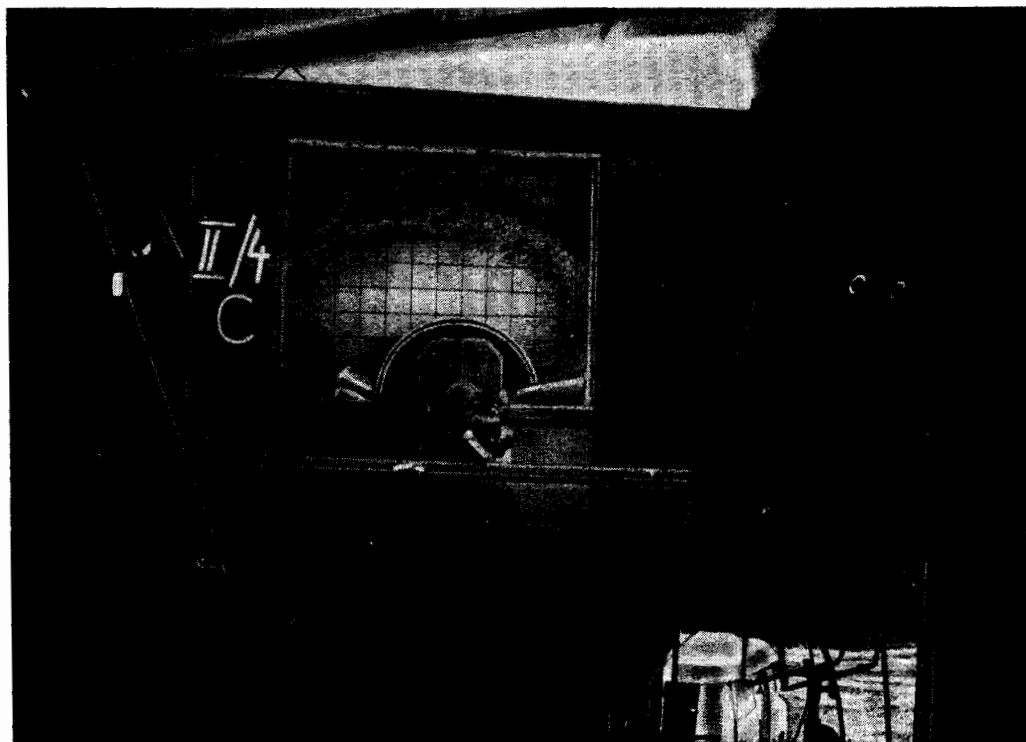
Oznaczenia te ułatwiły identyfikację materiału filmowego podczas analizy jakościowej i ilościowej. Dla zsynchronizowania zdjęć filmowych z przebiegiem rozładunku czerpaków, który nie jest procesem ciągłym, ale okresowym, skonstruowano zdalne uruchamianie kamery filmowej Pentazet 16 ze stanowiska pomiarów elektronicznych. Dzięki temu wszystkie przebiegi taśmy filmowej w kamerze do zdjęć szybkich zarejestrowały przebiegi zjawisk, od rozpoczęcia do zakończenia.

Kamera filmowa Pentazet 16 ustawiona była na rusztowaniu w odległości około 5 m od głowicy przenośnika (rys. 1). Zastosowano negatywową taśmę filmową, barwną, 16 mm, Orwo NC-3, o czułości 19 DIN. Dni sierpniowe były słoneczne, wrota hali były otwarte, ściany przeszklone oknami. Użyto oświetlenia halogenowego w reflektorach filmowych o łącznej mocy 20 kW. W tej sytuacji oświetleniowej dla przesuwu taśmy filmowej $300 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$ zastosowano przysłonę obiektywu $f = 5,6$, a dla $600 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$, $f = 4$. Dla $300 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$ było ono dobre, a dla $600 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$ tylko dostateczne. Równocześnie wykonano dokumentację badań za pomocą kamery filmowej Bolex H 16 również na negatywowej (16 mm), barwnej taśmie filmowej Orwo NC-3, stosując normalny przebieg taśmy, tj. $24 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 6. Analiza ilościowa filmu za pomocą projektora Bolex 521 i zdalne sterowanie jego pracą (fot. W. W. Woźniak)

Analizę materiału filmowego przeprowadzono za pomocą projektora filmowego Bolex 521 produkcji szwajcarskiej Bolex International S.A. Yverdon (rys. 5). Ma on szeroki zakres parametrów pracy przydatnych do analizy ilościowej materiału filmowego z badań. Prędkości przesuwu taśmy są elektronicznie stabilizowane. Prędkość projekcji filmu od 12 do 26 $\text{kl}\cdot\text{s}^{-1}$ jest regulowana za pomocą potencjometru. Urządzenie stopklatki zapewnia oglądanie obrazów przez dostatecznie długi czas, ponieważ film jest optymalnie chłodzony. Licznik klatek zapewnia wiarygodne przeglądanie obrazów co określoną liczbę klatek. Projektor pracuje nie tylko do przodu, ale też ma ruch wsteczny bez światła i na pół światła. Obrazy przy mniejszych prędkościach roboczych, jak 24 $\text{kl}\cdot\text{s}^{-1}$, nie migoczą przy jasności o około 30% mniejszej niż pełna. Bardzo przydatne przy 1-osobowej analizie ilościowej filmu jest wyposażenie projektora w gniazdo wtykowe dla zdalnego sterowania jego pracą (rys. 6). Analizę ilościową materiału filmowego z badań kamerą do zdjęć szybkich przeprowadzono po przejrzaniu kopii filmowych przy projekcji 24 $\text{kl}\cdot\text{s}^{-1}$. Następnie na ekranie z milimetrowej kalki A-3 wyświetlano stopklatkowo co 15 kadr i nanoszono zmiany ruchu masy ziarna. Na 1 mb taśmy 16 mm jest 131 klatek. Przy 300 $\text{kl}\cdot\text{s}^{-1}$ w



Rys. 7. Rozładunek pszenicy z czerpaków bez dna zamontowanych bez odstępów. Przesuw taśmy $3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (fot. W. W. Woźniak)

ciągu 1 s przebiega $2,29 \text{ mb}$ taśmy. Z 20 oznaczeń zmian ruchu, gdy zjawisko zachodziło w ciągu 1 s, wykreślono trajektorie rozładunku kukurydzy, rzepaku, pszenicy - przy 6 prędkościach przesuwu taśmy przenośnika i dwóch odległościach zamontowania czerpaków, tj. jeden za drugim i co 15 mm . Podobnie postępowano przy innych czasach przebiegu zjawiska i prędkości $600 \text{ kl} \cdot \text{s}^{-1}$ przesuwu taśmy w kamerze do zdjęć szybkich, sprawdzając empirycznie, co którą liczbę klatek trzeba zaznaczać zmiany ruchu na ekranie z milimetrowej kalki, aby wykreślić trajektorię rozładunku czerpaków. Dwadzieścia znaczków jest dostateczną liczbą dla wykonania wiarygodnego wykresu.

Wyniki badań i wnioski

1. Z analizy ilościowej badawczych materiałów filmowych wynikało, że wzrost prędkości w granicach od $2,5$ do $3,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ stwarza nie tylko lepsze warunki odśrodkowego rozładunku materiału ziarnistego w głowicy przenośnika, lecz pozwala



Rys. 8. Rozładunek pszenicy z czerpaków bez dna zamontowanych co 15 mm. Przesuw taśmy $1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (fot. W. W. Woźniak)

także czerpać większą ilość przenoszonego ziarna. Przy rozstawie czerpaków bez dna co 15 mm pogarszają się warunki rozładunku. Duże ilości przenoszonego ziarna wpadają wtedy do gałęzi powrotnej przenośnika (rys. 7 i 8).

2. Przy wymienionych parametrach pracy przenośnika pionowego z czerpakami bez dna zaczerpywana jest większa ilość materiału ziarnistego i wzrasta jego wydajność.

3. Metoda filmowa okazała się pomocna i skuteczna dla potwierdzenia założeń teoretycznych rozstawu czerpaków bez dna w zestawach po 17 sztuk. Również efekt rozładunku zestawu czerpaków przy wizualizacji tego procesu techniką filmową zdjęć szybkich zweryfikował badania klasyczne.

Literatura

1. Nizielski A.: Przenoszenie materiałów sypkich za pomocą przenośników o pierścieniowych elementach transportowych. Dok. IBMER - symbol XXVI/1114. Warszawa 1979.

2. Nizielski A., Michalska G.: Zastosowanie przenośników z pierścieniowymi elementami transportującymi w przenoszeniu materiałów sypkich. Dok. IBMER - symbol XXVI/1304. Warszawa 1981.
3. Nizielski A.: Zastosowanie przenośników z pierścieniowymi elementami transportującymi w przenoszeniu materiałów sypkich - dalszy ciąg badań z 1981 r. Dok. IBMER - symbol XXVI/1304, Warszawa 1982.
4. Orzechowski J.: Kolejny etap rozwoju filmu badawczego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 237, 11-26, 1981.
5. Woźniak W.W.: Model organizacji i stosowania technik filmowych w badaniach naukowych IBMER w Warszawie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 188, 95-124, 1977.
6. Woźniak W.W.: Koncepcja i dokumentacja filmu naukowego. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 237, 35-56, 1981.
7. Woźniak W.W.: Wykorzystanie materiałów filmowych z badań. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 237, 77-88, 1981.
8. Woźniak W.W.: Metodyka realizacji filmów naukowych z zakresu techniki rolniczej. Dok. IBMER - symbol XL/505. Warszawa 1983.

В. В. Возняк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА В ГОЛОВКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО КОНВЕЙЕРА С БЕЗДОННЫМИ КОВШАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИНОКАМЕРЫ

Р е з ю м е

На комплекте 17 ковшов типа 250 в двух расстояниях через каждые 15 мм и один за другим при 6 скоростях переноса для отдельных видов зерна: кукурузы, рапса и пшеницы $V_{1-6} = 1,6, 2,0, 2,6, 3,2, 3,55$ и $4,0$ м/сек проводились исследования с использованием техники скорых киносъемок. Применяли скорость движения киноплёнки 300 кадров в секунду для $V_{1-3} = 1,6, 2,0$ и $2,6$ м/сек и 600 кадров в секунду для $V_{4-6} = 3,2, 3,55$ и $4,0$ м/сек. Дело касалось зарегистрирования на киноплёнке путей движения массы зерна в момент разгрузки от начала фазы высыпания и дополнительных процессов трудно наблюдаемых невооруженным глазом и с помощью других приборов. Фильмовали также перемещение зернистого материала в пяте конвейера в момент загрузки для приведенных скоростей двух составов ковшов.

Кинокамеру Пентазет 16 приводили в движение с помощью включателя синхронизованного с происходящим явлением запрограммированным для фильмовой регистрации. Была выполнена также документация исследований с использованием нормальной кинокамеры Болекс 521 со стоп-клеткой, счетчиком кадров и передвижения ленты от 12 до 25, 18, 24 и по 1 клетке.

Количественный анализ исследовательских фильмовых материалов показал, что повышение скорости в пределах $2,6-3,55$ м/сек создает не только лучшие условия центробежной разгрузки зернистого материала в головке конвейера, но и черпаются также более крупные количества переносимого зерна. При расстоянии ковшов без дна через каждые 15 мм условия разгрузки ухудшаются. Большие количества переносимого зерна падают тогда в обратную ветвь конвейера.

W. W. Woźniak

DETERMINATION BY THE FILM METHOD OF THE GRAINY MATERIAL
UNLOADING PROCESS IN THE HEAD OF VERTICAL CONVEYOR WITH
BOTTOMLESS BUCKETS

S u m m a r y

The investigations by the method of quick shots were carried out on the set of 17 buckets of the 250 type situated at two spacings at every 15 mm and one after the other at 6 conveyor speeds, i.e. $V_{1-6} = 1.6, 2.0, 2.6, 3.2, 3.55$ and $4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ for every load kind, i.e. of maize, rape and wheat grain. The passing speed of film of 300 frames per second for $V_{1-3} = 1.6, 2.0$ and $2.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and 600 frames per second for $V_{4-6} = 3.2, 3.55$ and $4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ were applied. The point was to register on film the grain mass movement tracks at the moment of unloading to the pouring phase start and additional processes hardly perceptible with the naked eye and with the use of other implements. Translocation of grainy mass in the conveyor foot at the moment of loading for the given speeds of the set of buckets was filmed as well.

The Pentazet 16 film camera was set in motion by means of the connector synchronized with the occurring phenomenon programmed for the film registration. Also the documentation of research was prepared using the normal film camera of the Bolex H16 type. The analysis of the research film material was performed using the Bolex 521 projector with stop-frame, numerator of cadres and of film passes from 12 do 25, 18, 24 and by 1 frame.

The quantitative analysis of the research film materials has proved that the speed increase within $2.6-3.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ would ensure not only better conditions for centrifugal unloading of grainy material in the conveyor head, but also greater amount of the transported grain can be scooped. At the spacing of bottomless buckets at every 15 mm the unloading conditions become worsened. Great amounts of the transported grain are then dropping into the reverse branch of the conveyor.