ZASTOSOWANIE KAMERY FILMOWEJ PRZY BADANIACH OPRYSKÓW ROLNICZYCH WYKONYWANYCH Z SAMOLOTU

BOHDAN LESIECKI, WSEWOŁOD PRZEPIÓRSKI

Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie

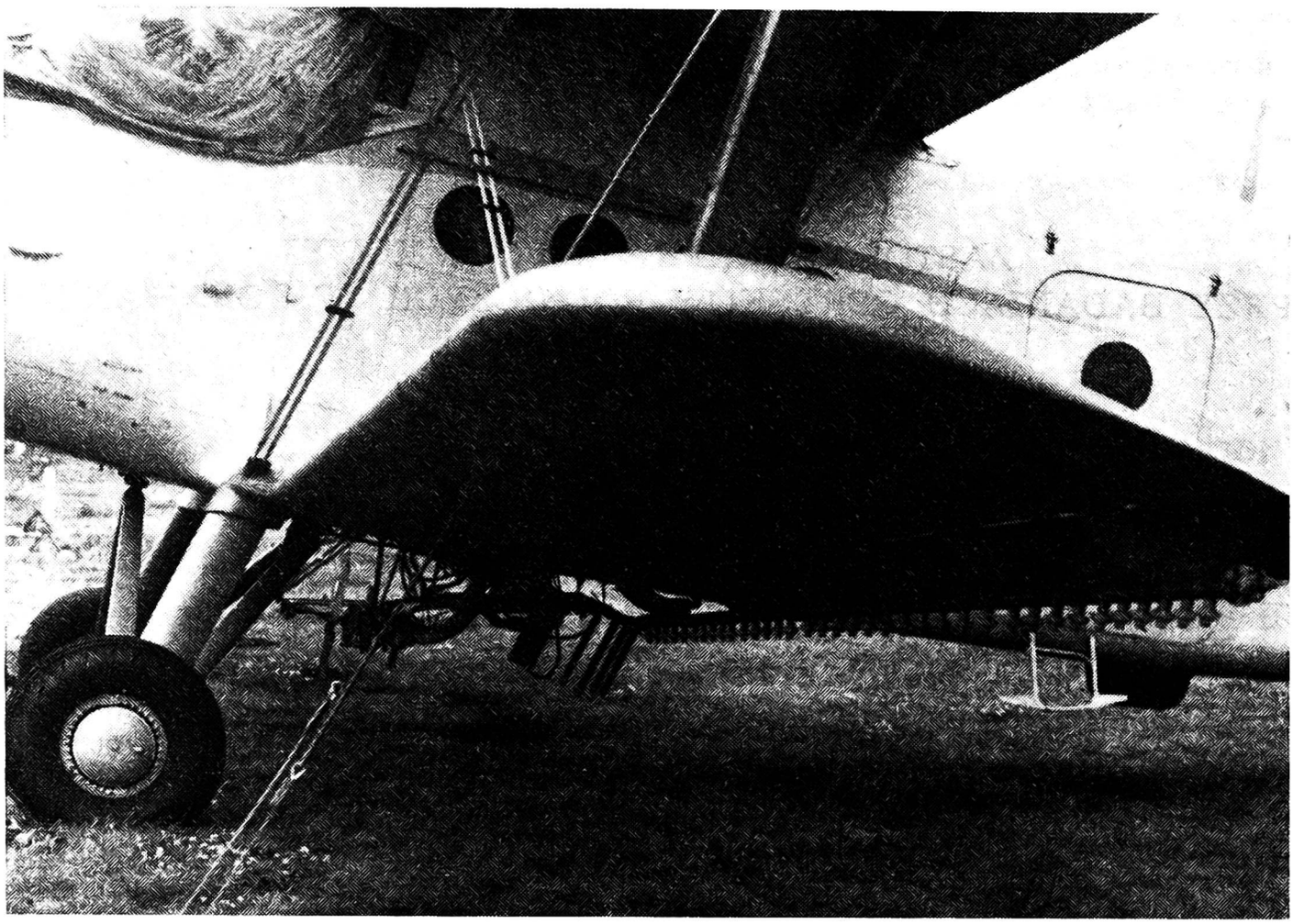
Zastosowanie lotnictwa w zabiegach agrochemicznych pociąga za sobą konieczność podejmowania wysiłków badawczych w celu poznania efektów biologicznych oraz zagadnień związanych z pracą aparatury agrolotniczej, instalowanej na pokładzie aparatów latających.

Szczególnie ważny w pracy aparatury agrolotniczej jest kształt oraz poprzeczna konfiguracja smugi utworzonej z rozpylonego lub rozpryskiwanego preparatu. Specyfika tworzenia się tej smugi wynika stąd, że kształtowana jest przez aparaturę opryskującą, znajdującą się na samolocie (rys. 1). W czasie pracy prędkość samolotu wynosi od 140-180 km/h. Na powstałą smugę mają więc wpływ wiry powietrzne, jakie tworzy przelatujący samolot. Wiry te w decydujący sposób powodują określony stopień nierównomierności poprzecznej oprysku.

Zasadniczy wpływ na kształt smugi w jej przekroju poprzecznym ma strumień zaśmigłowy oraz wiry podkowiaste. Strumień zaśmigłowy powoduje obracające się śmigło. Wir ten zmniejsza miąższość powstałej smugi na pewnej szerokości przez wydmuchiwanie preparatu z tej strefy. Wiry podkowiaste powodują „zawijanie" bocznych płaszczyzn smugi wokół bocznej krawędzi skrzydła. W rezultacie miąższość smugi w tych strefach wzrasta, tu zbierają się również cząsteczki preparatu wydmuchiwane przez strumień zaśmigłowy. Wyraźny wpływ wirów podkowiastych ilustrują zdjęcia (rys. 2, 3). Wpływ strumienia zaśmigłowego widoczny jest w formie jaśniejszego pasma w strefie smugi w okolicach śmigła (rys. 2).

Zdjęcia zamieszczone w niniejszym opracowaniu przedstawiają pracę aparatury agrolotniczej przy użyciu czynnika modelowego, jakim jest jednoprocentowy roztwór migrozyny w wodzie.

Przy analizie poprzecznego rozkładu masowego, jaki się dokonuje na podstawie zebranych próbników rozłożonych na poligonie badawczym i poddanych opryskowi, skutki wpływu wirów mogą być wyraźne (rys. 4). Analiza poprzecznego rozkładu masowego jest jednym ze sposobów oceny pracy aparatury agrolotniczej, ale nie oddaje w pełni omawianego zja-

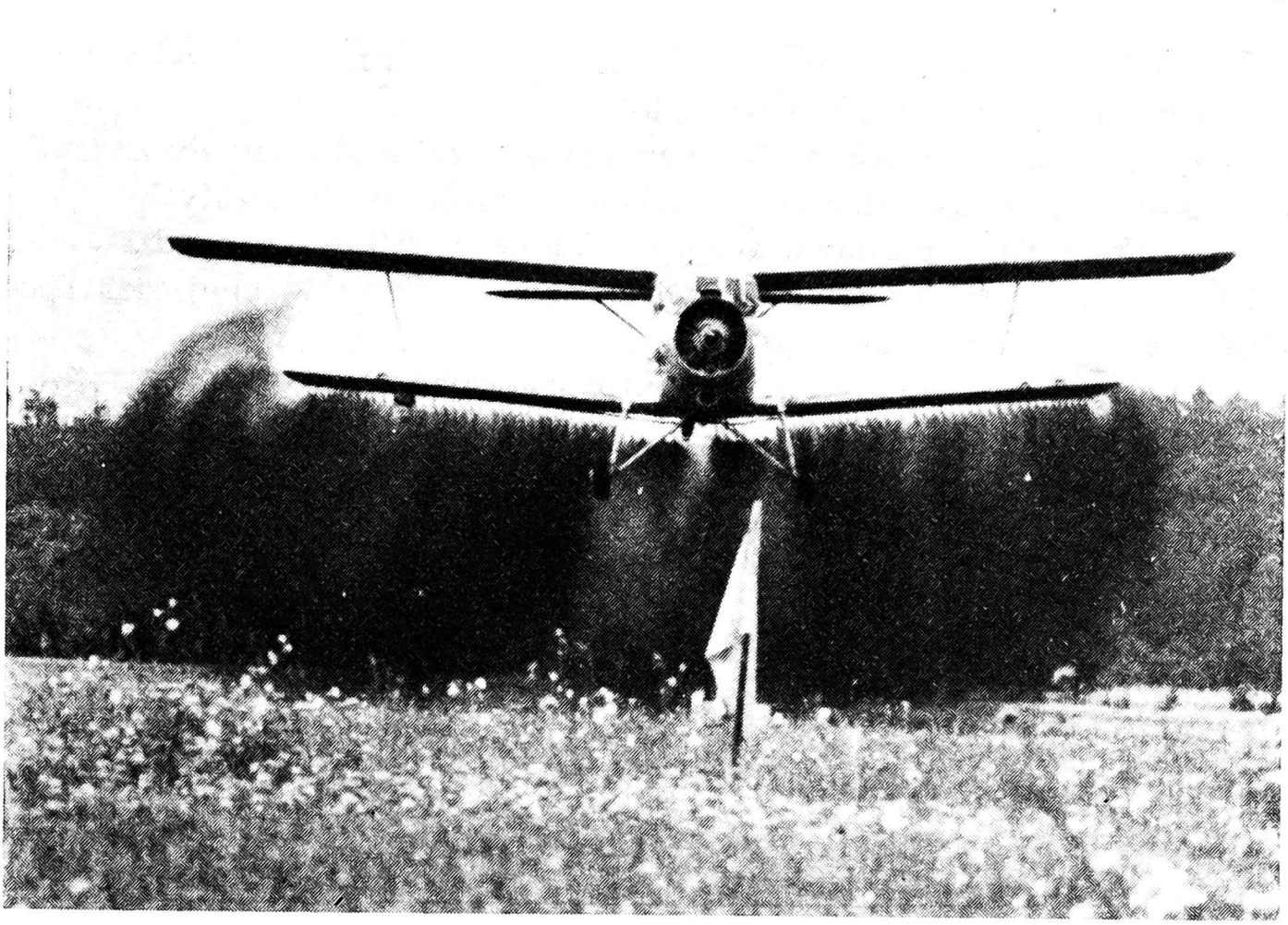


Rys. 1. Samolot An-2 z zainstalowaną aparaturą agrolotniczną. Pod kadłubem widoczna pompa napędzana w czasie lotu wiatraczkiem
Fot. *S. Szczyglewski*

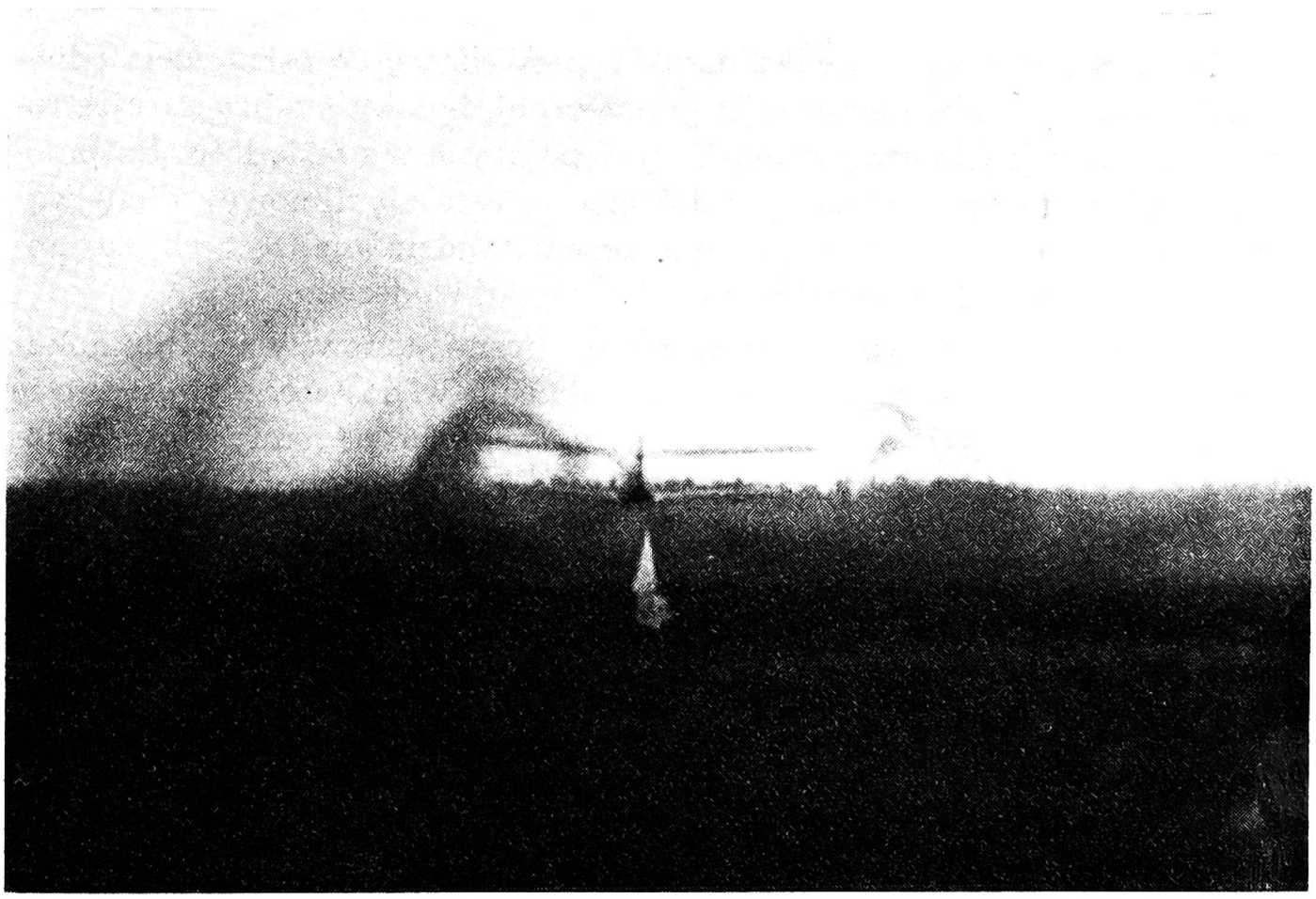
wiska. W zależności bowiem od warunków meteorologicznych i parametrów lotu na plantację opada tylko 30-60% rozpryskiwanego preparatu. Rozkład taki może więc reprezentować jedynie ogólny zarys kształtu utworzonej smugi. Przed konstruktorami aparatury agrolotniczej oraz jej użytkownikami stoi zatem problem powiększenia równomierności poprzecznej. Do rozwiązania tego zagadnienia nieodzowna jest znajomość masowego rozkładu poprzecznego. Znacznie większą liczbę informacji można by jednak otrzymać przy analizie całej smugi, unoszącej się w powietrzu za lecącym samolotem.

Zastosowanie lotnictwa rolniczego nie opiera się w obecnej chwili na szerokim podkładzie teoretycznym. Prowadzone są dopiero poszukiwania podstawowych zależności, a problem zwiększenia równomierności rozwiązywany jest na drodze doświadczalnej. Wyniki doświadczeń są analizowane w aspekcie stopnia pokrycia powierzchni oraz wspomnianego wyżej poprzecznego rozkładu masowego. Zwiększenie równomierności osiągnąć można w drodze.

— eliminacji napędu pompy przez wiatraczek (wiatraczek w czasie obrotu również powoduje powstawanie dodatkowych wirów) i przejście na napęd od silnika,



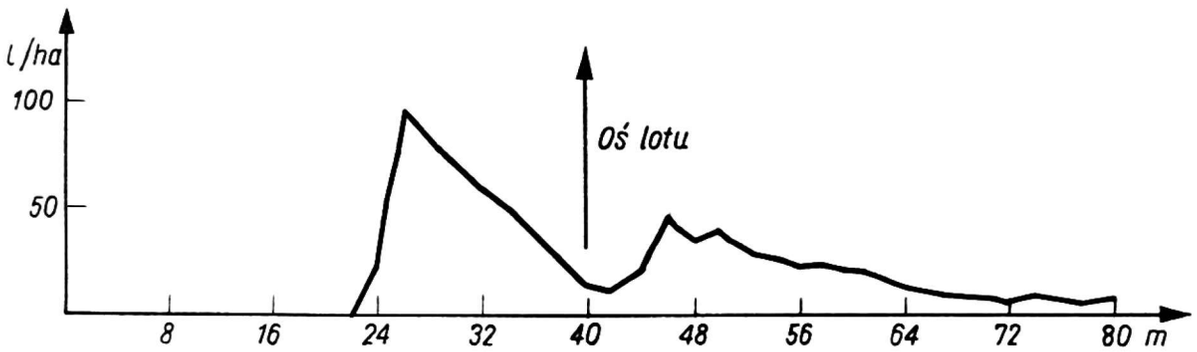
Rys. 2. Smuga rozpryskiwanego preparatu widoczna z przodu samolotu. Na końcach skrzydeł na kształt smugi wpływają wiry podkowiaste Fot. *S. Szczyglewski*



Rys. 3. Smuga rozpryskiwanego preparatu widoczna z tyłu. Wyraźne zawirowania spowodowane wirami podkowiastymi Fot. *S. Szczyglewski*

— próby przejścia z napędu tłokowego samolotu na napęd odrzutowy,
— doboru prędkości i wysokości lotu,
— skrócenia rur podskrzydłowych, gdzie są zainstalowane dysze (smuga wówczas powstaje poza strefą działania wirów podkowiastych),
— zmniejszenia rozstawu rozpryskiwaczy w miejscach spodziewanej większej miąższości smugi oraz zwiększenia rozstawu w miejscach spodziewanego zmniejszenia miąższości,
— zastosowania nowych urządzeń rozpryskujących.

Dobór odpowiednich warunków pracy aparatury agrolotniczej poprzez analizę parametrów oprysku wyłapanego na rozstawionych próbnikach jest, jak wykazuje praktyka, żmudny i pracochłonny. Wydaje się, że naj-



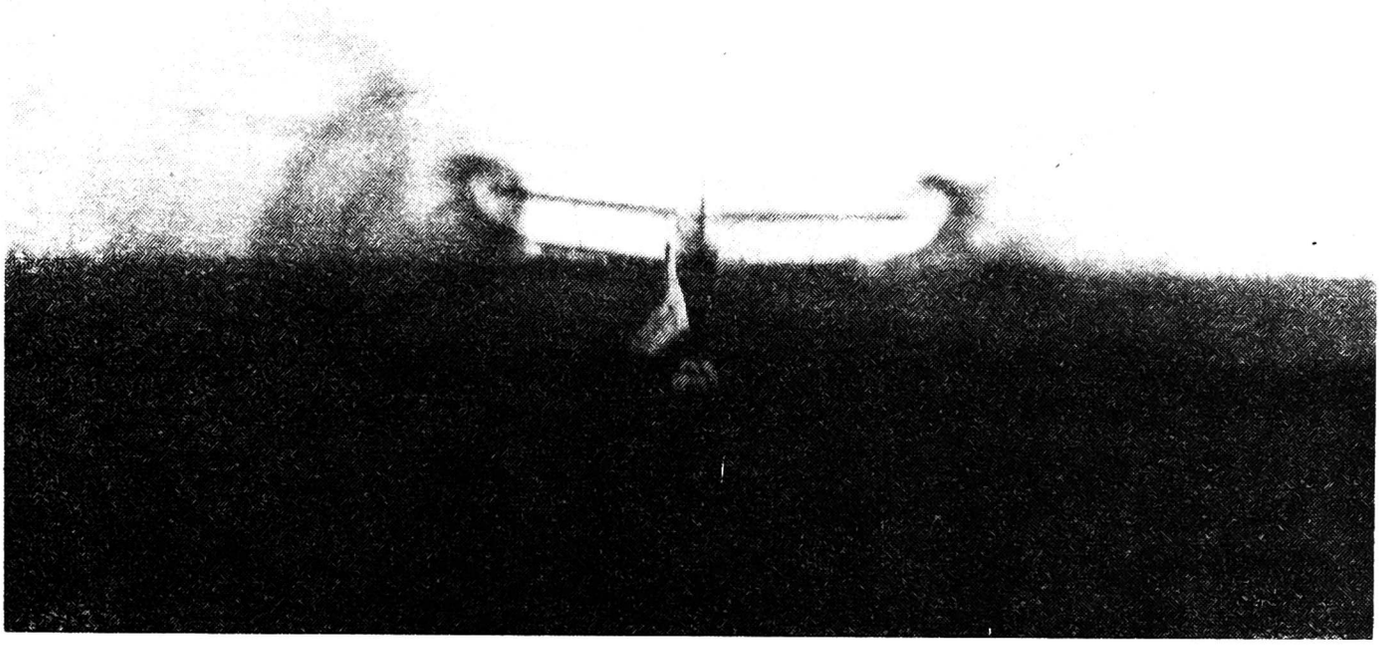
Rys. 4. Poprzeczny rozkład masowy

Fot. *S. Szczyglewski*

bardziej adekwatną oraz szybką metodą, prowadzącą do osiągnięcia odpowiedniego stopnia równomierności poprzecznej, byłaby analiza zarejestrowanych na taśmie filmowej zjawisk występujących w czasie lotu. Na przestrzeni krótkiego czasu można by dokonać rejestracji filmowej wielu wariantów (układów), w szybkim tempie przeprowadzić analizę tych wariantów i wybrane układy przekazać do dalszych doświadczeń.

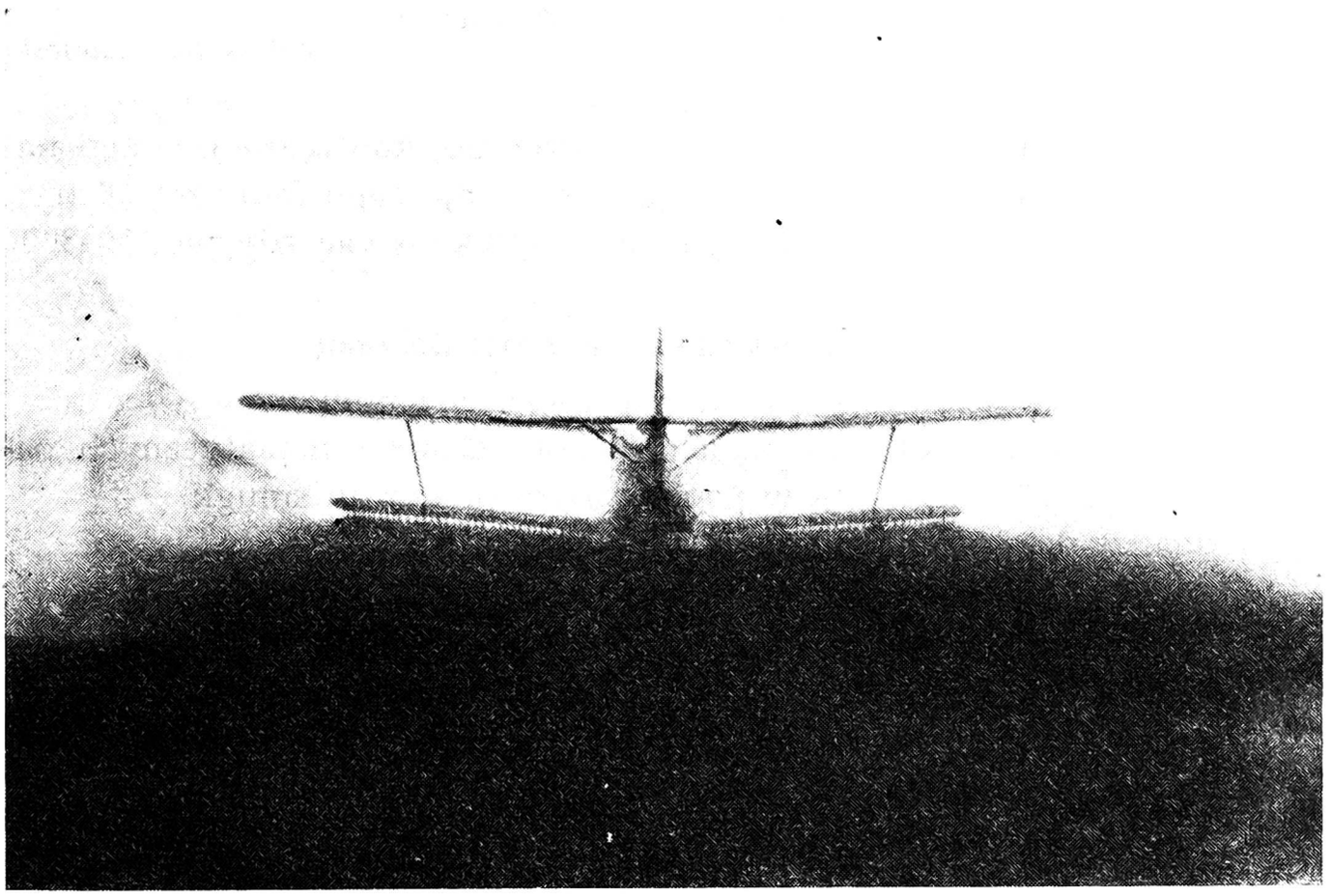
Dotychczas wykonywane zdjęcia fotograficzne stanowiły jedynie dokumentację badań. Analiza tych zdjęć nie dawała w dostatecznym zakresie materiału do oceny badanych zjawisk ze względu na statyczność rejestracji. Na niektórych przedstawionych zdjęciach widoczny był w danym procesie wpływ wirów podkowiastych (rys. 2, 3, 5), inne nie ilustrowały tego zjawiska (rys. 6, 7), mimo że dotyczyły identycznego układu. Z tego też względu na podstawie zdjęć fotograficznych powinno się porównywać pracę aparatury agrolotniczej w różnych układach. Zdjęcia fotograficzne nie udzielają jednak pełnej odpowiedzi na wszystkie pytania i wątpliwości.

Inaczej sprawa wygląda przy użyciu kamery filmowej. Można bowiem w tym przypadku wykorzystać wszystkie walory, jakie daje umiejętnie użyta kamera. Istnieje możliwość odtworzenia wszystkich zjawisk i faz poprzecznego ruchu smugi oraz uchwycenia pełni dynamiki, jakie zawiera w sobie to zjawisko.



Rys. 5. Smuga rozpryskiwanego preparatu widoczna z tyłu. Układ zawirowań nieco inny niż na rysunku 3

Fot. *S. Szczyglewski*



Rys. 6. Smuga rozpryskiwanego preparatu widoczna z tyłu. Faza początku kształtowania się charakterystycznej konfiguracji poprzecznej smugi

Fot. *S. Szczyglewski*

Rys. 7. Smuga rozpryskiwanego preparatu widoczna z przodu. Faza, w której brak jeszcze wpływu wirów podkowiastych

Fot. *S. Szczyglewski*

Do badania zachodzących zmian w poprzecznej konfiguracji smugi należałoby zastosować kamerę do zdjęć szybkich, np. typu Pentazet 16 (rys. 8). Kamerą tą w zależności od typu można wykonywać zdjęcia 150-3000 kl./s lub 5000 kl./s.

Przy zastosowaniu tej kamery można również dokonać:

— analizy jakościowej przekroju poprzecznego smugi;

— analizy ilościowej, zmierzającej do określenia kinematycznych parametrów zmian konfiguracji w poprzecznym przekroju smugi;

— analizy działania poszczególnych rozpryskiwaczy.

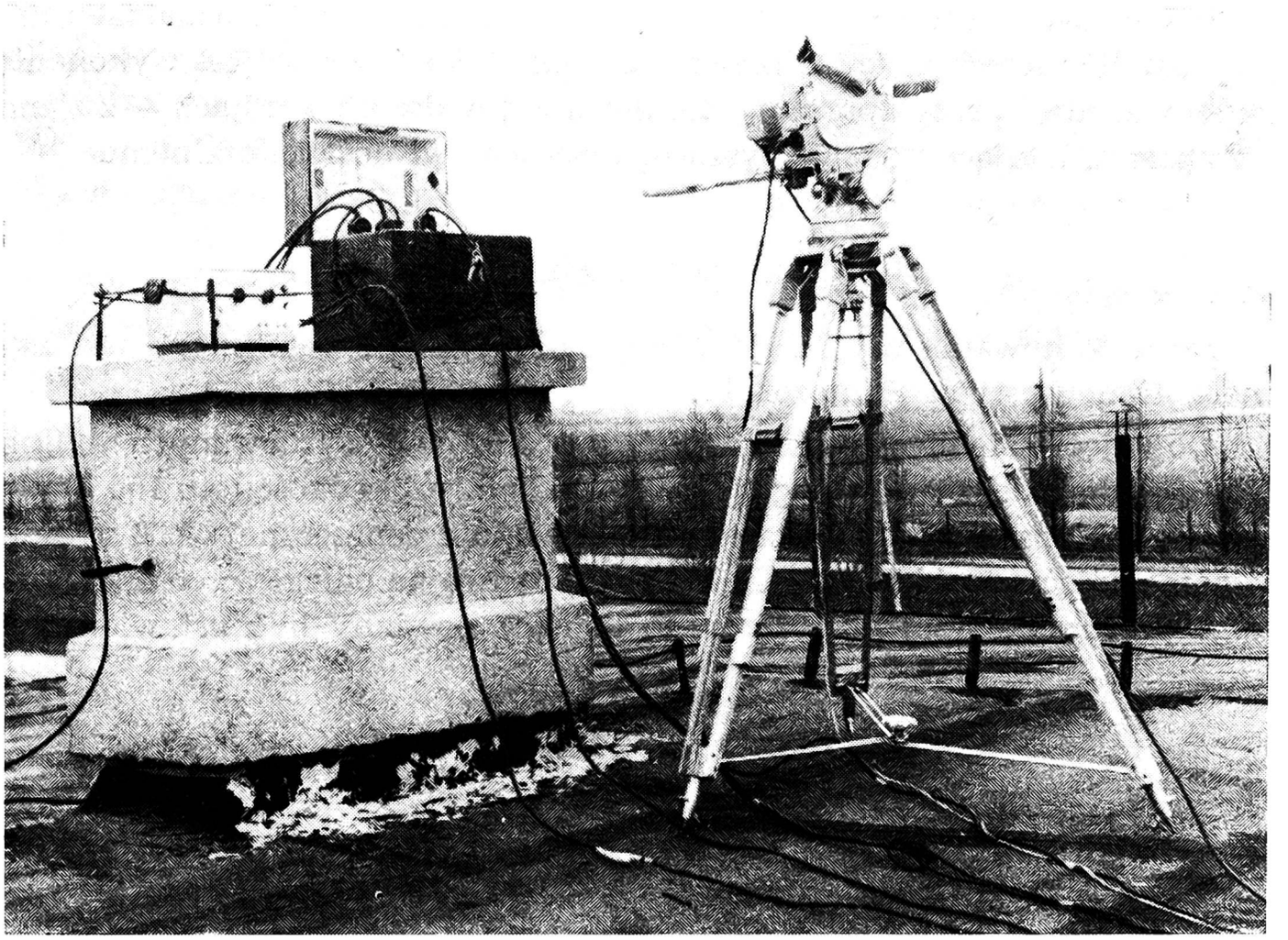
Stosując kamerę filmową w badaniach pracy aparatury agrolotniczej należy wziąć pod uwagę następujące czynniki warunkujące należytą rejestrację zjawisk:

— drogę i czas od momentu włączenia aparatury agrolotniczej do poszczególnych faz tworzenia się smugi;

— siłę i kierunek wiatru;

— kąt zawarty między osią optyczną obiektywu a osią lotu samolotu (przy zdjęciach z ziemi).

Poza tym należałoby zwrócić uwagę na:



Rys. 8. Kamera Pentazet 16 z przesuwem taśmy 150-3000 kl./s
Fot. *W. W. Woźniak*

— prędkość obrotową silnika samolotu w trakcie wykonywania oprysku;

— prędkość obrotową wirnika pompy aparatury agrolotniczej,

— parametry konstrukcyjne rozpryskiwaczy i dysz.

W celu otrzymania pełnego materiału analitycznego zdjęcia powinny być wykonywane:

— z ziemi,

— z aparatu latającego, towarzyszącego samolotowi dokonującemu oprysku,

— kamerą zainstalowaną w wyznaczonych miejscach na samolocie wykonującym doświadczenie.

Przy realizacji zdjęć należy mieć na względzie:

— lokalizację kamery filmowej,

— ogniskową obiektywu,

— szybkość przesuwu taśmy filmowej,

— synchronizację uruchomienia kamery filmowej z obrotami silnika samolotu,

— oświetlenie przedmiotu zdjęciowego,

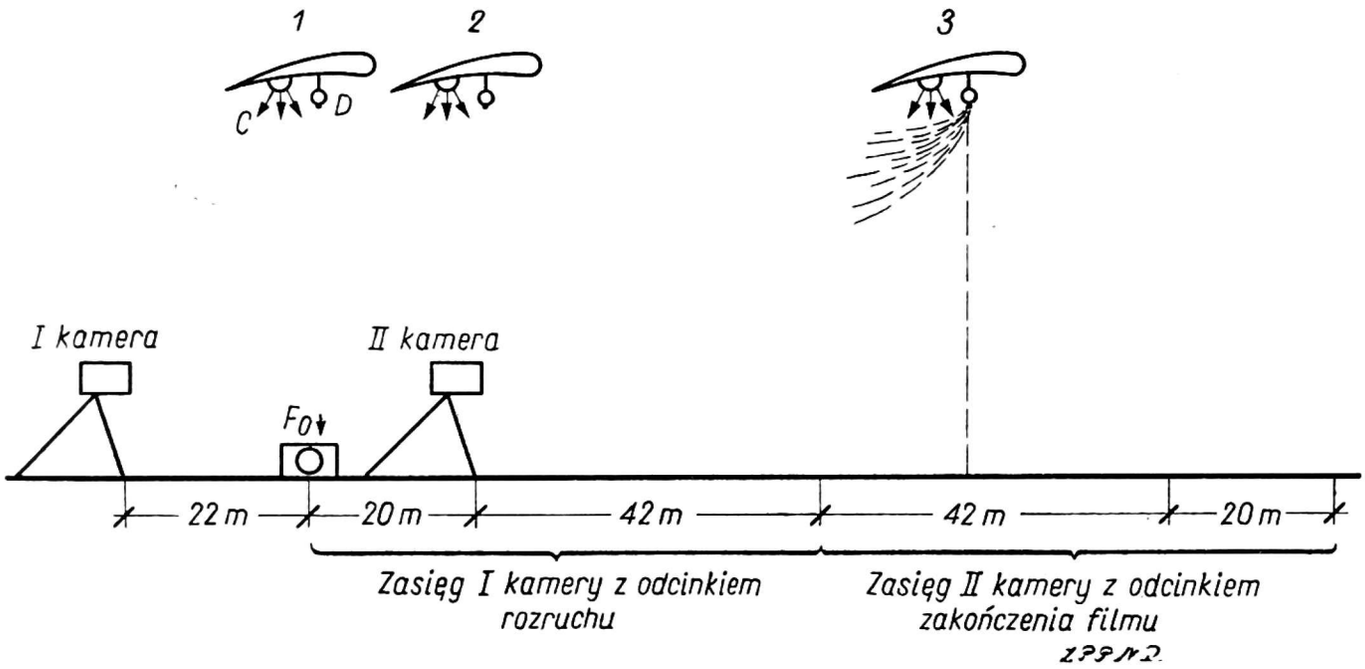
— światłoczułość taśmy filmowej.

Przed zastosowaniem kamery filmowej w prowadzonych badaniach należy ustalić metodę pracy z kamerą. Dlatego też potrzebne jest wykonanie próbnych zdjęć pracy aparatury agrolotniczej w dwóch wersjach — z ziemi i z aparatu latającego, towarzyszącego samolotowi doświadczalnemu.

ZDJĘCIA Z ZIEMI

Do wykonywania zdjęć najbardziej odpowiednia z dostępnych jest kamera filmowa typu Pantazet 16.

Do zdjęć z ziemi należałoby użyć dwóch kamer usytuowanych w linii lotu samolotu doświadczalnego (rys. 9). Zakładając prędkość lotu 150 km/h, tzn. 42 m/s, czas pełnego wykształcenia się smugi poprzecznej ok. 2 s i wykonanie zdjęć z szybkością 2000 kl./s oraz podwójną odległość od filmowanego przedmiotu (obiektu) 42 m, to kamery powinny być ustawione od



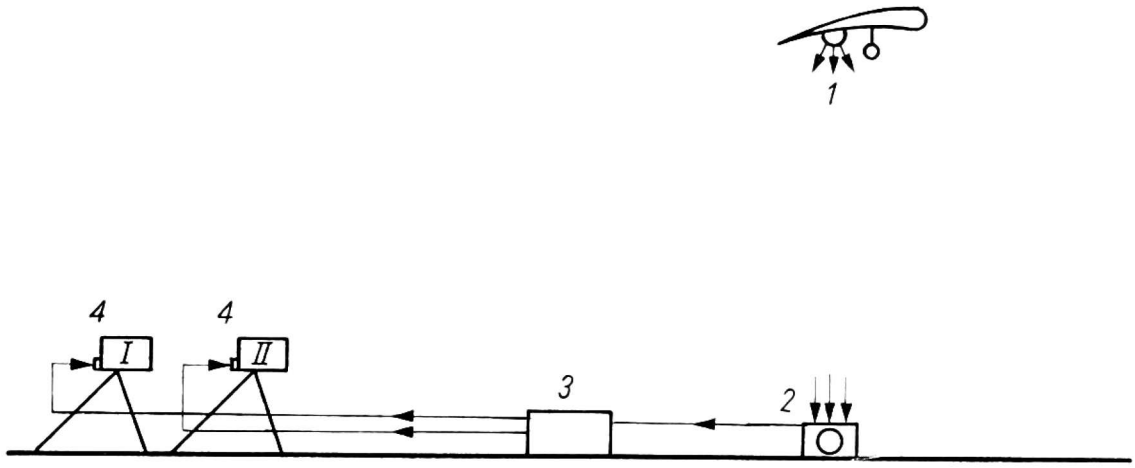
Rys. 9. Schematyczne rozstawienie kamer oraz układ odcinka badawczego: *1* — miejsce uruchomienia kamery I, *2* — miejsce włączenia aparatury agrolotniczej, *3* — przewidywane miejsce pełnego rozwinięcia smugi, *C* — wiązka promieni podczerwonych, *D* — rura podskrzydłowa z dyszami, F_0 — czujnik z fotooporem

siebie w odległości 42 m na statywach, a długość odcinka zdjęciowego wówczas wyniesie 2×42 m = 84 m. Uwzględniając odcinki sygnalizacyjne dla rozruchu kamer przed każdą kamerą i odcinek zakończenia filmu, całkowita długość odcinka powinna wynosić 2×20 m + 84 m = 124 m.

Włączanie kamery I następuje automatycznie, na sygnał świetlny z samolotu. Włączanie kamery II — w momencie przelotu samolotu nad miejscem znajdującym się 20 m przed zasięgiem tej kamery, drogą synchronizacji pracy z kamerą pierwszą. Sygnał świetlny zainstalowany jest na kadłubie samolotu w okolicach skrzydeł. Promień świetlny reflektora

w czasie przelotu operacyjnego samolotu włącza elektroniczne urządzenie uruchamiające kamery. Do tego celu można po odpowiedniej modyfikacji wykorzystać urządzenie wykonane przez zespół pracowników w Instytucie Maszyn i Urządzeń Rolnych Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie. Zasadę działania tego urządzenia po modyfikacji ilustruje schemat blokowy (rys. 10).

Wybór obiektu należy uzależnić od parametrów zjawisk, jakie będą zarejestrowane na taśmie filmowej. Ustaleń tych należy dokonać doświad-



Rys. 10. Układ blokowy zmodyfikowanego urządzenia elektronicznego do uruchomienia kamery: *1* — wiązka promieni podczerwonych, *2* — czujnik z układem soczewek i fotooporem, *3* — zespół wzmacniaczy z przekaźnikami, *4* — zespół elektromagnesów załączających kamery, *I* — kamera I załączona bezpośrednio z zespołu wzmacniaczy, *II* — kamera II załączona poprzez przekaźnik czasowy

czalnie. Oświetlenie w zasadzie powinno być naturalne. Można ewentualnie zastosować podświetlenie smugi z samolotu. Materiał filmowy powinien być wysoko czuły.

ZDJĘCIA Z SAMOLOTU

Samolotowi doświadczalnemu towarzyszy z tyłu samolot lub śmigłowiec. W przedniej części kabiny zainstalowana jest kamera Pentazet 16. Odległość między aparatami latającymi powinna być ustalona eksperymentalnie i uzależniona od szerokości i miąższości smugi. Samoloty lecą z tą samą szybkością, np. 150 km/h, zgodnie z wyznaczonym odcinkiem na ziemi. Całkowita długość odcinka 124 m, w tym odcinek eksperymentalny o długości 84 m. Podział odcinka, jak w zdjęciach z ziemi. Wysokość lotu obydwu samolotów jednakowa. Włączenie kamery odbywa się na sygnał z samolotu doświadczalnego względnie przez operatora kamery na śmigłowcu, albowiem pilot i operator mogą sami namierzać punkt startowy znakowany na ziemi.

W związku z tym, że długość taśmy filmowej w kasecie (30 mb) wystarczy jedynie na pół odcinka eksperymentalnego (42 m), należy filmo-

wać z dwóch kamer ze sobą sprzężonych i to tak, żeby przed zakończeniem ekspozycji taśmy filmowej w pierwszej kamerze włączyła się automatycznie kamera druga. Synchronizację uzyskuje się za pomocą urządzenia sterującego od kamery Pentazet 16. Wszystkie inne czynniki (prędkość przesuwu taśmy filmowej, obiektyw, oświetlenie, materiał światłoczuły) jak w zdjęciach z ziemi.

Zrealizowanie dwóch wersji (zdjęcia z ziemi i zdjęcia z aparatu latającego) jest dostatecznym materiałem analitycznym badanego zjawiska tworzenia się smugi poprzecznej. Projekcji materiału filmowego dokonuje się z projektora filmowego na ekran z częstotliwością 24 kl./s. Taka częstotliwość przesuwu taśmy filmowej pozwala obserwować i analizować zarejestrowane zjawisko w tempie zwolnionym 83,5-krotnie. Zdjęcia kamerą filmową do analizy jakościowej powinny być 2 razy powtórzone, ażeby można było uzyskać wszystkie możliwe reprezentatywne wyniki.

Po zakończeniu doświadczeń z jakościową analizą kształtowania się smugi, uchwyconej za pomocą kamer z ziemi i z samolotu (jak przedstawiono wyżej), należałoby rozważyć, czy filmowania poszczególnych odcinków zjawisk nie przeprowadzać kamerami usytuowanymi w określonych punktach na samolocie doświadczalnym, np. na stateczniku względnie na kadłubie.

Na podstawie uzyskanego materiału filmowego należałoby podjąć pracę nad analizą ilościową utworzonej smugi, z uwzględnieniem urządzeń rozpryskujących, biorących udział w procesie.

Wykonane zdjęcia do analizy jakościowej można uważać za wstępny materiał badawczy do analizy ilościowej. Wynika to stąd, że przy szybkości 2000 kl./s w czasie rejestrowania interesujących zjawisk powstawania smugi można dokonać pomiarów określających długość i miąższość wydzielonych stref smugi, jak np. długość i miąższość wirów podkowiastych, długość i miąższość strumienia zaśmigłowego. Przy analizie ilościowej należy brać pod uwagę, że jedna klatka filmowa zdjęciowa odpowiada 1,5 cm długości linearnej rzeczywistości.

LITERATURA

1. Borodzik F., Kamiński H., Krężałek J.: Lotnictwo gospodarcze. Warszawa 1969.
2. Lesiecki B., Wiśniewski W.: Metod predwaritielnoj ocenki popiereicznogo razpredielenija mass pri agro-awiacionnom opryskiwanii — referat wygłoszony na Międzynarodowej Konferencji Lotnictwa Rolniczego Krajów RWPG w Gera (NRD) czerwiec 1972.
3. Łań A.: Aparatura i materiały filmowe używane do realizacji filmów badawczych. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 128, 1971.
4. Olkuśnik S.: Techniki filmowe w filmach badawczych z zakresu nauk rolniczych. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 128, 1971.
5. Woźniak W. W.: Badania maszyn rolniczych przy pomocy kamery Pentazet 16. Zesz. Probl. Post. Nauk rol., z. 128, 1971.

STRESZCZENIE

Coraz szersze zastosowanie do ochrony roślin urządzeń zainstalowanych na pokładzie samolotów pociągnęło za sobą rozpoczęcie prac badawczych nad zwiększeniem efektywności tych urządzeń.

Przy opryskiwaniach wykonywanych z samolotu tworzy się smuga, która poddawana jest wpływom wirów powietrza, jakie tworzą się za lecącym aparatem. Dotychczasowe metody badawcze sprowadzają się do oznaczania poprzecznego rozkładu masowego opadającego preparatu na próbniki wyłożone na ziemi. Do rejestracji zachodzących zjawisk przy opryskiwaniach zastosowano m.in. aparat fotograficzny.

Stwierdzono, że obraz statyczny zarejestrowany na materiale światłoczułym nie wyjaśnia dynamiki powstawania charakterystycznej konfiguracji smugi. W związku z powyższym przewiduje się zastosowanie dwu kamer filmowych do zdjęć szybkich (Pentazet 16). Rejestracja zjawiska tworzenia się smugi z szybkością 2000 kl./s pozwoli na uzyskanie materiału do analizy jakościowej, a także i ilościowej. Odpowiedni rozstaw kamer oraz automatyczne uruchomienie ich za pomocą elektronicznego urządzenia sterującego powinno zapewnić uzyskanie reprezentatywnych materiałów badawczych.

Б. ЛЕСЕЦКИ, В. ПШЕПЮРСКИ

ПРИМЕНЕНИЕ КИНОСЪЕМОЧНОЙ КАМЕРЫ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПРЫСКИВАНИЙ, ПРОИЗВОДИМЫХ С САМОЛЕТА

Резюме

Все более широкое применени для защиты растений устройств, установленных на борту самолетов, дало начало исследовательским работам по повышению эффективности этих устройств.

При опрыскиваниях, производимых с самолетов, создается струйка, которая подвергается влиянию вихревых движений воздуха, которые возникают за машиной в полете. Существующие до сих пор исследовательские методы сводятся к обозначению поперечного массового распределения опадающего препарата на пробники, разостланные на земле. Для регистрации происходящих явлений при опрыскиваниях применена фотокамера.

Было установлено, что статичное изображение, отраженное на светокопии, не выясняет динамики образования полосы с характерым внешним очертанием. В связи с этим предвидется применение двух киносъемочных камер для скоростных съемок (Пентазет 16). Регистрация явления образования полосы со скоростью 2000 кадров/сек даст возможность получить материал для качественного, а также и для количественного анализа. Соответствующая расстановка камер и автоматическое их включение при помощи электронного управляющего устройства должны обеспечить получение достоверных исследовательских материалов.

B. LESIECKI W. PRZEPIÓRSKI

PROGRAM OF FILM CAMERA APPLICATION INTO INVESTIGATION OF AGRICULTURAL SPRAYINGS FROM PLANES

Summary

Wider and wider application of plant protection equipment installed on the planes stimulated the investigation undertaking to increase the efficiency of such equipment.

While spraying from the plane a streak influenced by air addies is being formed as the effect of plane flying. The hitherto investigation methods include determination of cross distribution of the preparation bulk precipitating upon the samplers set up on the ground. For recording the phenomena taking place at spraying, among other things, the camera was applied.

It has been found that the static picture recorded on the light sensitive paper does not explain the formation dynamics of characteristic configuration of the streak. In this connection the application of two film cameras for quick shots (Pentazet 16) is foreseen.

The film record of streak formation phenomenon with the rate of 2000 frames per second will enable to get the material for qualitative and quantitative analysis. An adequate layout of the cameras and their automatic operation by means of an electronic steering device, ought to ensure getting a representative investigation material.