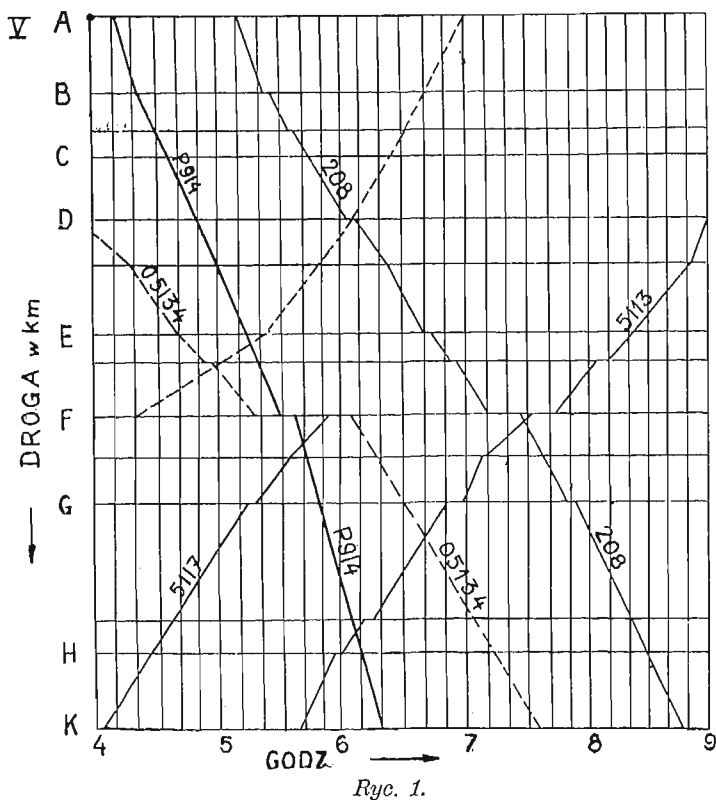


TREŚĆ: Prof. E. Hauswald: Koordynacja i harmonizacja robót złożonych. — Inż. L. Krasucki: Wpływ lasu i gospodarki leśnej na stosunki wodne i gospodarcze kraju. — Inż. Cz. Kanafojski: Przyczynki do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki. (Ciąg dalszy). — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki. — Bibliografia. — Nekrologia. — Kongresy i Zjazdy. — Sprawy Towarzystwa.

Prof. Edwin Hauswald.

Koordynacja i harmonizacja robót złożonych.

Koordynacja w czasie i wprowadzona przez śp. prof. Adamieckiego harmonizacja robót zbiorowych, przez stosowne uregulowanie przepływu zadań roboczych przez poszczególne posterunki, są sprawami wielkiej wagi, zwłaszcza w przypadkach, w których mamy do czynienia z kolejnym obrabianiem bardzo licznych przedmiotów. Produkcja w pracowni staje się wtedy podobną do przebiegu następujących po sobie pociągów kolejowych, zwłaszcza po szlakach jednotorowych, dla których koniecznym jest, jak wiadomo dokładnie na minutę ustalenie rozkładu jazdy. Mniej może znanym jest fakt, że przygotowanie takich rozkładów jazdy odbywa się przy pomocy specjalnych wykresów ruchu, pokazujących bezbłędnie i przejrzysto wszelkie krzyżowania się pociągów oraz prędkości jazdy na poszczególnych odcinkach. (Ryc. 1).



Ryc. 1.

Inż. Karol Adamiecki zauważył w czasie swej pracy jako kierownik walcowni blach, że podobne ujęcie robót w dokładne rozkłady czasowe przy użyciu odpowiednich wykresów było i tam potrzebne a reorganizacja przeróbki, dokonana na podstawie tych wykresów, doprowadziła wkrótce do nieoczekiwanej zwiększenia dziennej wydajności owego działu walcowni.

Studja swe rozpoczął Adamiecki od spisania wszystkich czynności i pomiaru czasów zużytych na każdą czynność składową oraz na przerwy. Zestawienie tak otrzymanych dat stało się zrozumiałem dopiero po przeniesieniu danych i liczb na wykres, podobny do wspomnianych wykresów ruchu pociągów albo też do wyglądu taśm, używanych zamiast zwykłych nut do sterowania instrumentu muzycznego zwanego pianolą. Dzisiaj wydaje

się nam dziwnym, dlaczego tak długo nie zwrócono uwagi na poważne i kosztowne straty, występujące przy przeróbce przemysłowej różnych przedmiotów, szczególnie w takich razach, gdy przedmiot obróbki przejść musi kolejno przez szereg obrabiarek. Wtedy bowiem objawia się zawsze zależność ilościowej wydajności całego pracującego zespołu od wydajności najmniej wydajnego członu.

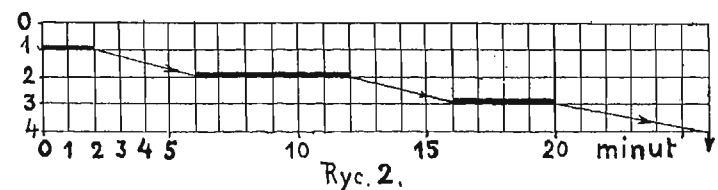
Zależność ta powoduje zwykle wielkie straty czasu, póki nie zdołamy wyrównać wydajności wszystkich członów przeróbki, działających po sobie jakby w jednym łańcuchu wytwarzania. Takie zrównanie zdolności przerobczej wszystkich współdziałających członów oddziały jest zadaniem harmonizacji.

Do objaśnienia tej sprawy użyjemy prostego przykładu liczebnego. Przeróbka danych przedmiotów ma się odbywać na trzech po sobie działających obrabiarkach, względnie stanowiskach roboczych. Aby się przekonać, czy całość tego zespołu działa należycie, wykonamy pomiar czasów przeróbki i przerw dla każdego stanowiska. Wyniki pomiaru podajemy w tabelce:

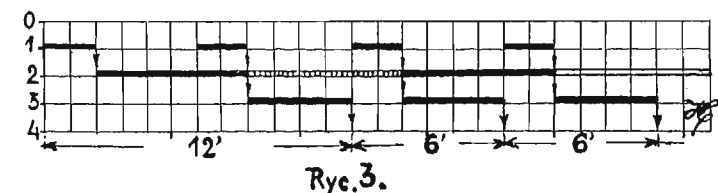
Obrabiarka Nr.	Czas przeróbki w minutach	Czasy stracone na przerwy
1	2	4
2	6	4
3	4	6

Suma czasów właściwej przeróbki wynosi 12 minut, suma strat 14 minut. Ponieważ czas stracony wypadł tu większy od czasu użytecznej przeróbki, trzeba się postarać o usunięcie zbędnych strat na przerwy. Przy próbie praktycznej wystąpi jednak nieoczekiwana przeszkoda. Oto czas normalnej przeróbki na stanowisku II jest, jak widać, trzy razy tak długi, jak na pierwszym, na trzecim zaś dwa razy tak długi.

Gdybyśmy więc usunęli prawie wszystkie straty na wykazane przerwy i dążyli do zwiększenia wydajności całego urządzenia, tobyśmy się przekonali, że obrabiarka II będzie mimoto hamowała gładki przebieg produkcji.



Ryc. 2.



Ryc. 3.

Ryc. 2 i 3.: Harmonogram.

Do wyjaśnienia tego ważnego szczegółu wykonamy wykresy czasowego i miejscowego rozkładu robót składowych. Na poziomej osi wykresu odcinamy minuty, na

pionowej oznaczamy kreskami poszczególne stanowiska przeróbki a poprowadzone przez nie linie poziome będą oznaczały owe miejsca przeróbki, określone krótko liczbami porządkowymi 1, 2 i 3. Czas trwania przeróbki przedstawimy grubymi kreskami o długościach odpowiadających liczbie minut z dziesiętnymi. Cienkie kreski, łączące poszczególne fazy przeróbki zaznaczają związek między następującymi po sobie operacjami. Z poprzedniej tablicy pomiarów widocznym jest, że między operacjami istniały dość długie przerwy, bądź to ze względu na czas potrzebny do przeniesienia przedmiotu z jednej maszyny na drugą i do jego umocowania na nowej obrabiarce, bądź też na wyczekiwanie pochodzące z różnych powodów. Dlatego też grube kreski wykresu są względem siebie przesunięte o odcinki, odpowiadające w skali minutowej liczbom danego pomiaru. Studium wykresu na ryc. 2 okazuje nam odrazu istnienie strat czasu między następującymi po sobie operacjami. Przez zredukowanie tych przerw do tego, co jest niezbędne ze względu na transport i umocowanie, będzie można lepiej rozplanować dany szereg zabiegów. W tym celu zbadamy dokładnie cały tok przeróbki i transportu, poczem sporządzimy drugi wykres harmonizacji (ryc. 3), starając się o to, by poszczególne operacje mogły następować po sobie z jak najmniejszymi stratami czasu. Przekonamy się jednak, że w danym przykładzie roboty na I i III-im posterunku nie będą mogły następować bez przerw nawet w takim razie, gdyby czasy na transporty były znikome i doliczone już do poprzednich zabiegów. Tylko maszyna II, wymagająca najdłuższego okresu czasowego, bo 6 minut, mogłaby być wtedy zajęta prawie bez przerw. Łatwo się o tem przekonać, gdy zrobimy kopję wykresu na kalce i przesuwając ją będziemy po tamtych wykresie aż do zetknięcia się początku grubej kreski II-go posterunku z końcem kreski poprzedniej serii. Gdybyśmy odpowiednio do tego wydali dyspozycje czasowe, toby obrabiarka II pracowała w razie potrzeby nieprzerwanie, podczas gdy I miałaby 4-minutowe przerwy, III zaś 2-minutowe. Oto są następstwa niezgodności tempa produkcji obrabiarek różnych typów. Obrabiarka II ma za długi okres roboczy i przez to przeszkadza pełnemu wyzyskaniu zdolności twórczej (ang. capacity) pozostałych maszyn, tak że cały zespół pracować będzie niewydawnie, tracąc na każdą jednostkę przerabianą co najmniej po 4 minuty.

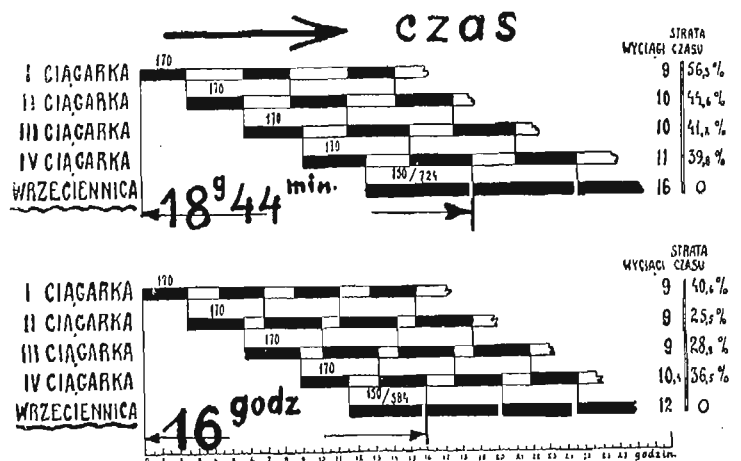
Wykres na ryc. 3, przedstawiający korzystną w tych warunkach dyspozycję przeróbki pewnej ilości przedmiotów jednakowego typu, nazwać już można wykresem przybliżonej harmonizacji. Obrobienie jednej sztuki trwa 12 minut, kadencja na jednostkę 6 minut. Ale rozwiązanie to nie jest jeszcze najlepszym, gdyż mimo uzyskania nieprzerwanego toku robót na posterunku II niema jeszcze ciągłości użytkowania dwu pozostałych stanowisk. Ideałem dobrej harmonizacji byłoby takie zorganizowanie przeróbki, aby wszystkie obrabiarki danego szeregu pracować mogły w równym takcie i bez przerw. Jakżeż się to zadanie da rozwiązać?

Jest na to kilka sposobów, powodujących jednak zwykle dodatkowe koszty nabycia i ruchu lepszych maszyn, co się nie zawsze opłaca. Można by np. uważać dwuminutowy rytm pierwszej obrabiarki za normę i ustawić na drugim posterunku aż 3 obrabiarki obok siebie, działające równoległe — na trzecim zaś dwie obrabiarki, dzięki czemu przedmioty obróbki, podawane przez pierwszą maszynę kolejno na jedną z wolnych obrabiarek drugiej grupy, przechodziłyby dalej w takim tempie, jak gdyby każda obrabiarka wykonywała swoją robotę w pierwotnym dwuminutowym takcie. Produkcja godzinna całego zespołu byłaby wtedy trzy razy tak wielka, jak według rytmu ustalonego drugim wykresem, całkowity czas wykonania 1 sztuki byłby 6-

minutowy a co dwie minuty przedmioty obróbki oddawanoby do składu.

Na potrzebę dobrej koordynacji czasowej i kolejnościowej zabiegów zwrócili już uwagę Taylor, Gantt, Emerson i inni; ostatni zaś wyraził myśl zrównania rytmu wszystkich posteruków danego szeregu technologicznego w systemie produkcji kolejno-ciągłej, jak np. w fabrykach Forda, Citroena i t. p.

Profesor Adamiecki podniósł w swych referatach (*Przegląd Techniczny* 1909, Sprawozdanie I Kongresu N. O. w Pradze z r. 1924 i kilkakrotnie w *Przeglądzie Organizacji*), że harmonja wydajności ilościowych maszyn pracujących ze sobą w kolejce szeregowej daje zwykle o wiele większe korzyści gospodarcze, niż oszczędzanie pewnych sum na kosztach pracy ludzkiej.



Ryc. 4.

Zastosowanie metody harmonizacji w przedsiębiorstwach

Inż. St. Borkowski opisał w „Sprawozdaniach“ z II Polskiego Zjazdu Naukowej Organizacji (1924, str. 201 i t. d.) zajmujące doświadczenia i prace reorganizacyjne, dokonane w jednej z większych przedsiębiorstw bawełny w Łodzi, gdzie doniosłość należytej harmonizacji wydajności poszczególnych członów przerabiających przędzę okazała się bardzo wyraźnie.

Przędzę przerabia się tam kolejno na kilku za sobą działających maszynach, których wydajności ilościowe powinny być równe. Jeżeli bowiem tylko jedna maszyna danego szeregu nie zdoła przerobić tego, co jej dają maszyny poprzednie, to powstaje zahamowanie przeróbki, powodujące ogromne straty czasu i przyrost kosztów pracy, ruchu i kapitału. W przedsiębiorstwie oczyszczonym przedtem pasmo włókien przechodzi kolejno przez kilka maszyn wydłużających runo (ciągarek) i układających włókna we właściwy sposób. Cztery takie maszyny, zwane ciągarkami, pracują w jednym szeregu, poczem przygotowane już taśmy prowadzi się samoczynnie na zawiałą maszynę, mającą za pomocą licznych wrzecion wykonać skręcenie taśmy w nitki. Przerabiarka ta, zwana wrzeciennicą, musi przytem wykonać kilka zawilszych operacji i z tego powodu potrzebuje na to więcej czasu, niż poprzedzające ją w pracy ciągarki. Do niedawna przypuszczano, że całe takie zestawienie ciągarek i wrzeciennicy, nabyte w jednej fabryce specjalnej, jest już celowo zbudowane i naregulowane. Tymczasem pierwsze pomiary, wykonane w tej przedsiębiorstwie, okazały, że owe wrzeciennice przepuszczały zaledwie połowę pełnej ilości pasm, przygotowanych przez serję ciągarek. Cały więc zespół maszyn nie był należycie sharmonizowany, bo końcowe maszyny hamowały wydajność wszystkich poprzedzających, które też co kilka minut trzeba było zatrzymywać, gdyż wrzeciennice nie mogły nadażyć z przeróbką. Mamy tu znowu do czynienia ze zjawiskiem dławienia lub tłumienia wydaj-

ności w szeregu maszyn przez najszabszy i najmniej wydajny jego człon.

Jeżeli się zważy, że w wielkiej przędzalni pracuje czasem obok siebie 100 szeregów, składających się każdy z 4 wyciągarek i z jednej wrzeciennicy, razem więc 400 ciągarek i 100 wrzeciennic i że obsługa ciągarek wymaga w takim razie po 400 osób na każdą zmianę, pobierających może po 4 złote dziennie, to zrozumiemy szkody wyrządzane przez brak zgodności w produkcji normalnej tych zespołów. W danym razie możnaby sprawę rozwiązać przez usunięcie z fabryki 200 ciągarek wraz z obsługą, gdyż reszta ich wystarczyłaby zupełnie do zasilania istniejących tam wrzeciennic. Oszczędność dzienna, obliczona na jedną zmianę, wynosiłaby wtedy $200 \times 4 = 800$ złotych kosztu robocizny oraz dalszych kilkaset złotych, przypadających na dzienne koszty ogólne i ruchowe. Możliwym byłoby i drugie rozwiązanie, ale tylko w tym razie, gdyby przedsiębiorstwo liczyć mogło na znacznie większy zbył wyrobów i posiadało własne zasoby kapitału na zakupno dalszych 100 wrzeciennic i odpowiednie rozszerzenie budynków i urządzeń. Takie podwojenie liczby maszyn końcowych zrównałoby ich wydajność z produkcją 400 ciągarek, które możnaby wtedy należycie wyzyskać, podczas gdy produkcja dzienna całego zakładu takżeby się podwoiła.

Inne zastosowania.

Z niezwykłym powodzeniem wprowadzono reformy harmonizacyjne w naszych kopalniach węgla w Dąbrowie i na Śląsku. Dyrektor Raźniewski wprowadził harmonizację transportów drzewa do odbudowy chodników i t. p. kopalni zaraz po kongresie prazkim w roku 1925. Transport wielkich mas drzewa, potrzebnego w kopalni do ochrony chodników i komór podziemnych przed naciskiem warstw ziemnych zatrudniał przedtem prócz maszyn i kolejek 27 ludzi, po reorganizacji zaś na podstawie harmonogramów okazało się, że 9 ludzi wykonać może nawet więcej użytecznej pracy, niż poprzednia, trzy razy tak wysoka liczba. Powodzenie w tej dziedzinie zachęciło zarząd kopalni do dalszego stosowania tych metod także w dziale właściwych robót podziemnych (górnictwych) z wynikami, które pokazano za pomocą filmu na „Kongresie Naukowej Organizacji produkcji” w Paryżu w roku 1929. — Gdy się robotników pytano, czy wiedzą, dlaczego teraz mogą więcej produkować niż dawniej, oświadczyli, że sobie z tego sprawy nie zdają, ale wiedzą teraz lepiej co i kiedy każdy z nich ma robić.

Harmonizacja odbywa się zwykle w ten sposób, że się najpierw dokładnie studjuje i spisuje faktyczny przebieg robót, za pomocą zegarów sekundowych mierzy się zużycie czasu na poszczególne elementy pracy i na przerwy, podając przyczyny strat czasu i wykonywa pierwszy wykres roboczy (niem. Arbeitsdiagram), z którego widoczne będą wady obrabiarek, dyspozycji, braki uzgodnienia taktu produkcji i liczne inne usterki.

Po dokładnym zbadaniu stanu przedstawionego tym wykresem organizator stara się wprowadzić o ile możności równy rytm czyli takt pracy, zwany także równą kadencją (franc. cadence) wszystkich członów szeregu wytwórczego i usunąć resztę strat, poczem układa nowy, już ulepszony i uzgodniony wykres czasowego rozkładu robót, stanowiący właściwy harmonogram.

Harmonogram jest w swej istocie podobny do znanych powszechnie partytur orkiestralnych, które podają dla każdego instrumentu chwilę rozpoczęcia i ukończenia jego gry oraz dokładny program jego udziału w zespole orkiestry.

Metoda dokładnej koordynacji rozmaitych zabiegów może być z korzyścią przeniesiona także na inne pola działalności: to też harmonizację wprowadzono także do

ruchu przetokowego na dworcach kolejowych, w budownictwie, dalej w wielkich biurach, urzędach i t. d.

Jest ona też podstawą do wprowadzenia systemu przeróbki kolejno-ciągłej w przemyśle, która wymaga daleko posuniętego uzgodnienia rytmu pracy wszystkich współdziałających członków łańcucha wytwórczego.

Harmonizacji trzeba wreszcie także między produkcją miesięczną każdego zakładu przemysłowego a wielkością zbytu jego wyrobów w następnym okresie miesięcznym.

Sposoby wprowadzania harmonizacji.

Pragnąc ułatwić praktyczne użycie powyższej metody, podaję tu krótkie pouczenie co do kolejności zabiegów i zarządzeń do tego celu potrzebnych.

1. Spisanie czynności.

Najpierw zestawia się dokładny spis czynności w danym czasie do wykonywania roboty używanych, notując zarazem wszystkie przytem dostrzeżone błędy.

2. Pomiary.

Po usunięciu drobniejszych błędów w organizacji przeróbki mierzy się użycie czasu na poszczególne operacje przy pomocy zegarów lub automatycznie zapisujących liczników.

3. Straty czasu.

Przy pomiarach spisuje się także czasy zużyte na transportowanie, przekładanie, umocowywanie, zdejmowanie i t. p. przedmiotów przeróbki, zwracając nadto uwagę na okresy traczone między zabiegami użytecznymi.

4. Tabele czasowego rozkładu robót.

Wyniki pomiarów wraz z uwagami krytycznymi i poprawkami zestawia się w tabelach czasowego rozkładu robót.

5. Analiza przebiegów.

Tak opracowany materiał obserwacyjny poddaje się teraz krytycznej analizie, spisując też wszystkie wnioski techniczne i organizacyjne co do usunięcia spostrzeżonych braków i strat.

6. Czasy wzorowe lub wzorcowe. (Standard times).

W wolnych kolumnach zestawienia wpisuje się teraz normalne czyli wzorcowe okresy czasowe, konieczne dla każdej operacji głównej i pomocniczej z odpowiednimi dodatkami na nieprzewidziane zatrzymania, przeszkody i na wypoczynki.

7. I. wykres harmonizacji.

Zestawione poprzednio liczby przenosi się teraz na I. wykres harmonizacji, zawierający w kierunku jednej osi współrzędnych szereg posterunków albo stacji, w kierunku zaś drugiej osi skalę czasu w minutach.

Czasy odcinać można wedle potrzeby albo na osi poziomej, albo też pionowej.

Rozkład kresek, odnoszących się do przebiegu jednego zamówienia przez pracownię, kopiuje się na kalce i nakłada na pierwotny wykres, przesuując kalce w bok o tyle, ile tego wymaga najdłużej trwająca przeróbka składowa. Ogólnie biorąc czasy przeróbki na różnych posterunkach nie będą jeszcze równe, co powodować będzie pewne straty.

8. Właściwy harmonogram.

Zauważone na poprzednim wykresie braki uzgodnienia w czasie trzeba szczegółowo zbadać i w miarę możliwości tak zmienić dyspozycje technologiczne i organizacyjne, aby zbliżyć się do ideału równej kadencji na wszystkich kolejno przebieganych stanowiskach. Po rozwiązaniu nasuwających się przytem zagadnień opracowuje się ostateczny czasowy rozkład produkcji, czyli harmonogram wzorowy (wzorcowy), zapewniający pracowni największą wydajność godzinną w danych warunkach.

9. Dyspozycje Biura Organizacji.

Na podstawie wzorowego harmonogramu wydaje Biuro Organizacji robót (B. rozdzielcze) nowe dyspozycje szczegółowe co do metod, toku i rozkładu przeróbki.

10. Kontrola.

Podczas wykonywania robót według nowego rozkładu odpowiednie organa Biura Organizacji, względnie Zarządu, muszą zapisywać faktyczne czasy i warunki wszystkich głównych operacji, zaznaczając wyraźnie spostrzeżone odchyłki, ich przyczyny oraz wnioski co do poprawek na przyszłość.

Inż. Liberat Krasucki.

Wpływ lasu i gospodarki leśnej na stosunki wodne i gospodarcze kraju.

Z badań przedsięwziętych dla określenia wpływu lasu na odpływ wód opadowych i wylewy, których początek sięga r. 1700, ogłoszone wyniki w ostatnim czterdziestolecu, dały dostateczny wyraz znaczeniu lasu, o ile chodzi o stosunek lasu i terenu zalesionego do opadów i spływu wód opadowych, o ile zaś chodzi o wpływ lasu na wylewy, wyniki te nie dały jeszcze takiego materiału, któryby mógł służyć za podstawę do określenia z góry dokładnego przebiegu fali powodziowej, lub jej wielkości w rozmaitych okolicznościach.

Z wyników pruskich i bawarskich doświadczeń ogłoszonych w roku 1892¹⁾, dowiadujemy się, że z deszczu, który pada w lesie, odpływa tylko 60 do 90%, że silniej zatrzymuje opad las liściasty, że część opadu pozostaje na konarach i liściach, część wsiąka w ściółę leśną i mech.

Dalsze doświadczenia ogłoszone w r. 1900²⁾ ustalają, że objętość wody, którą pochłania warstwa ścióły leśnej, jest zmienna i zależna od niej samej, jak też od jej grubości. Pokład z mchu o grubości 5 cm, pochłania 31,7%, pokład z liści dębowych około 57,3%, a przy grubości 30 cm, pokład z mchu 44,5%, zaś z liści dębowych 46,6% objętości tej warstwy. Objętość wody, którą warstwa pokładu przepuszcza w głąb, rośnie do 20 cm jej grubości, później już maleje. W ziemię nie pokrytą ściółą, wsiąka z tej samej ilości opadu znacznie mniej, jak w ziemię tego samego gatunku, lecz pokrytą. Już warstwa jednego cm wystarcza, aby tę zdolność znacznie zwiększyć. Pewnym doświadczeniem z warstwą o 20 cm grubości wykazano, że jako pokryta przepuściła 26.000—33.000 cm³, a nie pokryta w tych samych warunkach tylko 18.700 cm³.

Podane wyżej wyniki badań, znajdują swe potwierdzenie w rezultatach dalszych badań³⁾, a mianowicie, że: okolice zalesione mają znacznie niższe maximum temperatury, co wpływa korzystnie na utrzymanie wilgotności ziemi i rozwój roślinności, korona drzew zatrzymuje przeciętnie 26% czyli 1/4 część opadu, w obszarze nie zalesionym wsiąka daleko mniej w grunt, jak w zalesionym, a wyniszczenie lasów w okolicach górskich, jest daleko więcej szkodliwe, jak na nizinach, lasy są w lecie zbiornikiem wody, który stale zasilają źródła, potoki i rzeki, wyniszczenie lasów sprowadza brak wody, źródła znikają, a w potokach i rzekach panują niskie stany.

Najnowsze badania szwajcarskie⁴⁾ dostarczyły również bardzo obfity materiał doświadczeń na dwu blisko położonych dorzeczeniach potoków zalesionych i niezalesionych. Stosunki wodne na takich dwu terenach (zalesionych i niezalesionych) w następujący sposób scharakteryzowano:

a) porowatość gleby leśnej jest nie tylko w górnych, lecz i w niższych warstwach większa, niż np. na łąkach i polach uprawnych. Porowatość tą zawdzięcza gleba leśna: 1) stałemu przykryciu, jakie tworzą korony drzew, 2) wytwarzaniu się humusu, 3) głęboko w ziemi

tkwiącym żywym i martwym korzeniom, 4) bardzo licznej faunie ziemnej w lesie.

Porowatość gleby leśnej jest zależną też od gatunku i stanu drzew. Mrozy wpływają na zwiększenie się porowatości tak gleby leśnej jak niezalesionej, zaś długotrwałe deszcze, zamulają pory gleby i zmniejszają jej przepuszczalność.

b) Woda, która przedostała się do ziemi w terenie nie zalesionym, przepływa w przeważnej swej ilości warstwy gleby i na podkładzie nie przepuszczalnym tworzy większą ilość wód gruntowych, niż w terenie lesistym, gdzie woda zostaje uwięziona w górnych warstwach w okolicy korzeni drzew, i w okresach suchych — wraca do góry ich włoskowatymi naczyniami.

c) Osłonięta konarami gleba leśna, stawia mniejszy opór zwilżeniu, niż gleba niezalesiona.

d) Powierzchnia gleby leśnej, chroniona przez konary drzew i poprzecinana korzeniami, posiada większy stopień przepuszczalności, niż gleba niezalesiona. Nawet na najstromejszych zboczach ziemia leśna pochłania momentalnie krople deszczu. Bardzo mało natomiast przepuszczalną jest silnie darniowana gleba łąkowa. Wspomniane powyżej własności gleby mają decydujący wpływ na przebieg odpływu ze stoków zalesionych i niezalesionych. Z terenów dobrze zalesionych, odpływa woda opadowa podziemnie. Z terenów wolnych natomiast, zwłaszcza w czasie intensywnych deszczów i szybkiego tania śniegów — powierzchniowo. Na silnie zatrawionych stromych zboczach, odpływ powierzchniowy jest najsilniejszy.

Podziemny odpływ jest o wiele powolniejszy, a z reguły jest synchroniczny w stosunku do opadów, gdyż woda magazynuje się w podziemnych zbiornikach.

Pomyślnym działaniem lasu na odpływ jest wytwarzanie dużej porowatości i przepuszczalności.

Panujący dotychczas pogląd, jakoby konary i liście drzew zatrzymywały i opóźniały odpływ, jest nieścisły, bo zjawisko to posiada tylko drugorzędne znaczenie.

Dalej przeprowadzone badania wykazały, że przy szybkim topnieniu śniegu, odpływ z terenów zalesionych jest o wiele mniejszy, niż z terenów niezalesionych, bo jeśli ziemia w lesie nie jest jesieniami deszczami przepojona i w tym stanie zamrożona, pochłania prawie wszystką wodę topniejącego śniegu.

Jak się odbywa odpływ wody deszczowej padającej na silnie zamrożoną ziemię, badania nie wykazały. Jednak wiadomym jest, że ziemia w lesie nie zamarza tak głęboko, jak na terenie otwartym. Jeśli topnieniu śniegów nie towarzyszą deszcze, to przebieg odpływu odpowiada zmianom temperatury w ciągu topnienia. Ale zmiany te występują zwykle o kilka godzin spóźnione.

O odpływie w czasie deszczów nawalnych i długotrwałych — ustalono co następuje:

a) W czasie intensywnych opadów (nawalny deszcz, urwanie chmury) retencjonalność lasu jest bardzo duża. Maksymalny sekundowy odpływ z ścieków zalesionych przy tej samej intensywności i ilości opadu, stanowi 1/3 do 1/2 odpływu ze ścieków niezalesionych, a całkowity odpływ ze ścieków zalesionych, jest zwykle o połowę

¹⁾ Hagen z dzieła „Matakiewicz, Regulacja rzek“.

²⁾ Dr. E. Wollny z dzieła „Matakiewicz, Regulacja rzek“.

³⁾ Prof. Ebermayer, z dzieła „Matakiewicz, Regulacja rzek“.

⁴⁾ A. Engler, Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. — Zürich 1919.

mniej od odpływu ze ścieków niezalesionych. Gdyby oba porównywane, obszary, posiadały jednakże ukształtowanie topograficzne, a zalesienie na pierwszym było zupełne, zaś na drugim nie istniało, to różnice te byłyby jeszcze większe.

b) W czasie deszczów długotrwałych — retencjonalność lasu bywa różna. Jeżeli gleba jego jest silnie nasycona wodą, to działanie jego jest znikome, jeśli zaś deszcze te poprzedzała posucha i gleba jest sucha, retencjonalność jest bardzo duża.

c) Odpływ ma przebieg różny, przy różnych rodzajach opadów; naturalny deszcz powoduje szybki wzrost fali odpływowej, jednak tylko mała część ogólnego opadu odpływa, zaś przy deszczu długotrwałym, fala rośnie powoli, ale większy procent opadu odpływa. Przy deszczach nawalnych, osiągają oba próbne potoki o wiele wyższe stany, niż przy deszczach długotrwałych. Przy deszczu nawalnym współczynnik spływu jest w obu dorzeczach o wiele większy, niż przy deszczu długotrwałym.

d) Miarodajnym dla współczynnika spływu przy deszczu nawalnym jest jego intensywność, długotrwałość, ilość i stan nawodnienia gleby.

e) W czasie okresów suchych w zinnie i w lecie. potok zalesiony prowadzi większe ilości wody, niż niezalesiony, mimo, że ten ostatni posiadał liczniejsze i lepsze źródła, tudzież, że sztucznie otrzymywał wodę z zewnątrz. Ścieki niezalesione w czasie suchego lata wysychały nieraz zupełnie, zaś zalesione nigdy nie wysychały.

f) Las wpływa w dużym stopniu wyrównawczo na odpływ.

g) Średni roczny współczynnik spływu z obu dorzeczy wynosi okrażliwo 60% opadu.

h) W ściekach niezalesionych tworzy się większa ilość rumowiska, niż w ściekach o dorzeczu zalesionem. Przyczyną tego jest łatwiejsza erozja niepowiązanej roślinnością gleby.

W suchych ściekach niezalesionych powstają w czasie deszczu strugi wodne, które porywają rumowisko i niosą w koryta rzeczne, gdzie powoduje podwyższenie dna i dziczenie rzeki.

i) Retencjonalność młodego lasu jest mniejsza, niż starego, najlepsze są lasy świerkowe 50—70 letnie, z resztą rodzaj drzew zależy od rodzaju gleby i innych warunków.

j) Przebieg odpływu stoi w ściślejszej zależności od fizycznych i chemicznych właściwości podłoża.

Z tych tu streszczonych wyników doświadczeń wiadać wyraźnie wielką ważność lasów, ważność i wpływ ich na kulturę wogóle, a na stałość i pewność gruntu lasem porośniętego w szczególności i w tym to względzie te wyniki nas najwięcej w niniejszym wypadku interesują i zadowalają. Wprawdzie nie osiągnięto jeszcze możliwości dokładnej oceny co do bezwzględnej ilości opadów, jakie lasy potrafią powstrzymać, to jednak twierdzić można, że gdyby nawet dalsze wyniki badań przyniosły powiększenie przytoczonych powyżej dat na korzyść akumulacji lasów, nie będą one mogły mieć poważniejszego znaczenia w wypadku nadzwyczajnych lub długotrwałych opadów, które są nadzwyczajnych odpływów przyczyną. Wszak od wieków znane są nam wypadki katastrofalnych wylewów, pomimo dużego i korzystnego zalesienia, które mniej więcej aż do XIX stulecia było bardzo poważne. Bowiem tępienie lasów łączy się przeważnie z najważniejszym wynalazkiem tej epoki — koleją żelazną. — Lecz znane nam są także znakomite warunki żeglugowe na rzekach śródlądowych, dzięki którym — o ile idzie o Polskę i Wisłę np. wiek XVI jest wiekiem największego rozkwitu handlu i eksportu płodów rolnych, dzięki którym Wisłę nazywa historyk rzeką zbożem płynącą, a zagraniczni historycy notują utyskiwania współczesnych na nadmierne bogacenie się i roz-

rzutne życie Polaków, dzięki wywozowi zboża do Gdańska i dalej morzem. Dziś o tej samej drodze wodnej tego powieścić nie możemy, nawet 1/10 części spełnienia tego zadania przez Wisłę, nie moglibyśmy wymagać. Był więc jakiś powód, który przyczynił się do tak gwałtownej zmiany formalnego przewrotu w dziedzinie naturalnych dróg wodnych, które w ciągu XIX stulecia bezpowrotnie zniknęły i czekają na sztuczne swe odtworzenie.

Towarem, który najdawniej szedł Wisłą w dół rzeki, było drzewo, któremu drogi wodnej od górnego biegu Wisły nie zamykało żadne prawo składu⁵⁾.

Już w pierwszych dziesiątkach lat XIV wieku stwierdzić można ten eksport z podgórze karpackiego Dunajcem i Wisłą. Wisła łączyła handlowo okolice nad górnym jej biegiem leżące z miastami nad jej dolnym biegiem rozsiadłymi, jak Toruń i Gdańsk. Czyniła to tylko tratwami z drzewem i niezbyt licznymi statkami z solą. Z wolna coraz liczniej zaczynają się pojawiać statki ze zbożem, a z końcem XV stulecia transport drzewa schodzi na drugie miejsce, bo pierwsze zajęło zboże, czyniąc powoli Wisłę swem korytem handlowym. Ta możliwość spławu Wisłą, przyczyniła się do wylesiania znacznych obszarów i rozwoju przemysłu leśnego, a w ślad zatem, zdobywania gruntów pod ziemię uprawną. Z tym przejawem ówczesnego rozwoju gospodarczego, najściślej są związane dzieje Mazowsza i Podlasia, bo jako pokryte gęstymi lasami, były one głównym dostawcą drzewa.

Gatunkiem drzewa wywożonym w wiekach średnich z podgórze karpackiego, było drzewo cisowe, które następnie z Gdańska szło do Anglii, gdzie służyło do wyrobu łuków. Jednak wywożono i inne rodzaje drzewa z okolic podgórskich i to widocznie w znacznej ilości, bo już w pierwszej połowie XV wieku, opłacało się Gdańskowi utrzymać w Sandomierzu osobnego „brakera“ do sortowania drzewa.

Z rachunków handlowych Zakonu Krzyżackiego, pochodzących z początków XV w., który prowadził handel na wielką skalę także z Polską, lub z obfitej korespondencji handlowej Gdańska, uwypukla się bardzo silny rozwój handlu drzewem mazowieckim, różnego rodzaju i nazw, np. wańczos (Wagenschoss, Waghescot), odznaczający się nadzwyczajną trwałością, rzemień (Riemenholz), klepki (Klappholz), drzewo budowlane, dyle, maszty, drzewo opałowe i t. d.

Drzewa tego dostarczały miasta mazowieckie: Warszawa, Warba, Czersk, Sierpsk, Pułtusk, Zakroczyn, Wyszogród, Płock, Płońsk, Wizny, Ostrołęka, Różań, Maków, Łomża i t. d., zaś z miast podlaskich: Suraż, Brańsk, Drohiczyń, Goniądz, Tykocin. — W roku 1414 tak wiele dowieziono drzewa, że zalegało milę po obu brzegach Mołtawy. Odbiorcami były Anglja, Szkocja, Flandryja, a nawet szło do Lizbony w Portugalji.

Ale nie tylko samo drzewo spławiano, lecz wyrębywano lasy dla wyrobu produktów leśnych, które także eksportowano, a tymi płodami leśnymi były popiół (potaż), smoła i воск. Tym handlem trudnili się kupcy miast mazowieckich jak Łomża, Zakroczyn, Maków, Ciechanów.

Widzimy więc, że handel drzewem, związany ściśle z rozwojem żeglugi na Wiśle w XIV i XV wieku, obejmował średni i górny bieg Wisły, a z dopływów Dunajec.

Polskie płody leśne miały w XVI stuleciu na zachodzie ustaloną już opinię⁶⁾; Guiciardini w swoim opisie Niderlandów, wymienia Polskę pomiędzy temi krajami północnymi, z których przychodzi dobra i bogactwa nieocenione, a więc popioły, które są towarem o bardzo

⁵⁾ Kutrzeba, „Wisła w historii gospodarczej“.

⁶⁾ Rybarski, „Handel Polski w XVI stuleciu“.

wielkiem znaczeniu, drzewo bardzo piękne, dobre do każdego użytku, zwłaszcza na statki i okręty i wymienia cenny sortyment, który odznacza się nadzwyczajną trwałością i który wysyła się do Włoch, t. j. wspomniany poprzednio wańczos (Waghescot). Powoli handel drzewem ogarnia okolice nad Bugiem leżące, jak Brześć Litewski, Mielnik, Drohiczyn, Nur, Brok, Kamieńczyk, Wyszaków, a także i nad Narwią, jak Suraz, Tykocin, Wizna, Łomża, Ostrołęka, Maków, Pułtusk, Serock nad Bzurą, Łęczycza, Łowicz, Sochaczew i inne. W ten handel wciągały się z czasem miasta i miasteczka dalej od Wisły położone, jak Lublin, Skierniewice, Gostynin, Brześć Kujawski, Ciechanów, Maków i inne.

Równoległe z potężnym rozwojem handlu drzewem, rozwija się handel zbożem, które spławia się w XVI wieku takimi rzekami, o których spławności nam by się dziś nie śniło. Intratność produkcji zbożowej była taka, że decydowano się dowozić zboże kołmi do rzeki spławnej, nawet wtedy, gdy dana okolica była od rzeki dość odległą. Dzięki wzrastającemu zapotrzebowaniu zboża w Europie, na rozległym dorzeczu Wisły rozpowszechniają się gospodarstwa folwarczne. Produkcja zboża zapotrzebowuje coraz większe obszary, rozpoczyna się karczowanie lasów. Dawny rycerz staje się ziemianinem, dostosowuje swoją gospodarke do eksportu zbożowego. Takie typy gospodarze⁷⁾ przedstawiają wówczas województwa: pomorskie, gnieźnieńskie, wschodnia część poznańskiego, inowrocławskie, brzesko-kujawskie, łęczyckie, północne części województwa kaliskiego i sieradzkiego, płockie, mazowieckie, rawskie, sandomierskie, lubelskie, podlaskie, zachodnia część brzesko-litewskiego, ziemia chełmska, województwo bełskie, zachodnia część wołyńskiego i północno-zachodnia część województwa ruskiego (Jarosław — Przemyśl). Jak widać, ta konjunktura handlowa drzewna i zbożowa, promieniowała bardzo w głąb kraju od naturalnych dróg wodnych. A północno-wschodnia część kraju, t. j. prowincje litewsko-białoruskie? Rolnictwo tu w bardzo niskim stanie w owych czasach. Zboże wywożą z okolic bardzo blisko Bałtyku położonych, bo ogromną część obszaru zajmują puszcze leśne, bagna, błota i jeziora. Tu głównym źródłem dochodu właścicieli większych posiadłości, są wyłącznie lasy. A więc palono tu puszcze i wywożono popiół i smołę, eksportowane drzewo obrabione w postaci klepek i wańczosu. Obszar ten, obejmuje wszak ogromną przestrzeń na wschód od Bałtyku, Prus książęcych i Wojew. Poleskiego, a na północ od Prypeci. Więc i stąd szły ogromne obfitości drzewa i te dzielnice przeszły tę samą ewolucję gospodarczą, jak poprzednie, gdyż i one z czasem — choć później — stały się przeważnie obszarem zbożowym. Okazuje się, że nie tylko Wisła i Dunajec, ale Bug, Narew, San etc., były drogami wodnymi niejako handlowymi korytami, którymi przedewszystkiem poczęto wywozić z kraju drzewo, poczem inne ziemiopłody⁸⁾.

Z polskiego drzewa budowały się floty hanzeatyckie, angielskie i holenderskie, a najprostszym sposobem osiągnięcia doraźnego zysku było palenie lasów na popioły. Całe lasy płynęły do Gdańska, który się przedewszystkiem bogacił, zdobywając już wtenczas miano Chłńska, bo pochłaniał wszystkie korzyści handlu i wyzyskiwał całą Polskę.

„Gdzie spojrzeć wszędy rębnią, albo buk do huty, albo sośnie na smołę, albo dąb na szkuty“⁹⁾.

Ziemia kaliska i ziemia przemyska, żyły nie tylko z roli i lasu, ale i z soli. Już w pierwszych latach XVII wieku rozchodziły się olbrzymie transporty po całej Pol-

⁷⁾ Roman Rybarski, „Handel i polityka handlowa Polski w XVI stuleciu“.

⁸⁾ Stanisław Kutrzeba, „Wisła w historii gospodarczej“.

⁹⁾ Władysław Łoziński, „Prawem i lewem“.

sce, a tam w czasie składnego stanu wody roilo się od statków wyładowanych solą. W Torkach pod Przemyślem, Ursku, Sośnicy i Przemyślu — były portowe składy. Żegluga na Sanie była podstawą specjalnego przemysłu. W Przemyślu istniało osobne rzemiosło szkutników i osobna klasa frachtarzy, t. j. przedsiębiorców przewozowych.

Jerzy Mniszek, Wojewoda Sandomierski, posiadał w roku 1600 na Sanie 14 dużych „komieg“, godnych do ładunku ze wszystkimi instrumenty i aparaty do żeglowania potrzebnymi“. Szkuta, największy rodzaj statku transportowego, o pojemności 450—500 beczek soli, po około $\frac{3}{5}$ tony¹⁰⁾, t. j. 270 do 300 ton towaru, wyglądała z swoim wysokim masztem i dużym żaglem, jak mały okręt. Był to więc statek, jak na dzisiejsze stosunki na Sanie, wprost o nieprawdopodobnie wielkim tonażu. Na takich to szkutach przewożono też zboże i popioły do Gdańska, a nawet na zamorskie targowiska.

Obok szkutów rozróżniano komiegi, dubasy, lich-tany, baty i wogóle łódki. Drzewo zaś i materiał, który mógł ulec zawilgoceniu, spławiano na tratwach, które początkowo zwano traftami. Mniejsze rozmiary tratw nosiły nazwę trafetek, tafelek i płby. Ta forma statku do wywozu drzewa zachowała się do dziś tak, jaką była w XV stuleciu. Tych, którzy trudnili się spławem, nazywano w XVI w. flisami, a pierwotnie orylami. Załoga, wyższego rzędu nosiła nazwę szyprów i sterników.

Z tych kilku słów można nabrać wyobrażenia o rozmiarach żeglugi śródlądowej w Polsce, o jej rozwoju w XV, XVI i XVII stuleciu. Dokładniejszego obrazu w cyfrach, szczególnie co do wywozu drzewa, nie podaje celowo, bo z jednej strony archiwalny materiał statystyczny nie jest tak dokładny, aby mógł ściśle cyframi wyrazić uzyskane ilości drzewa z obszarów wylesionych, które tu wymieniono, z drugiej zaś, dla tematu nie jest to rzeczą istotną.

Stwierdziliśmy na podstawie powołanych autorów fakt rabunkowego wyrębu drzewa i fakt, że istniała w Polsce przez kilka wieków poważna żegluga śródlądowa, która otaczana była wielką opieką. Np. Statut piotrkowski w roku 1447 obostrza ówczesne przepisy, którymi zabraniano utrudnianie żeglugi na rzekach przy budowie mostów, młynów i urządzeń rybackich. Opieka nad drogami wodnymi spoczywała przeważnie na samorządach. Władza państwowa występowała tylko w sprawach spornych jako rozjemca. Rozwój żeglugi miał tak wielkie rozmiary, że w XVIII stuleciu (1768) rozpoczęto budowę sztucznych dróg wodnych, z pośród których pierwszym był kanał Ogińskiego.

Już z pierwszym podziałem Polski, zaczyna się upadek żeglugi wskutek celnych komór, którymi pozamykano Wisłę i różnorodności interesów państwaborczych.

W kronikach i zapiskach, nie znajdujemy jeszcze śladów ujemnych skutków dla żeglugi, wskutek tak poważnego wylesienia kraju. Powoli jednakże zaczynają się złe skutki objawiać. Najprawdopodobniej przypisać je należy w głównej mierze rozwojowi dróg bitych, a następnie nowej epoce XIX stulecia, jaką stworzył wynalazek i rozwój kolei żelaznej.

Kiedy jeszcze w Polsce przedrozbiorowej, nie było słychać o mieliznach, dziczeniu rzek i wskutek tego utrudnieniu żeglugi, to już zjawiska te silnie występują w okresie porozbiorowym. Mielizny, oberwiska brzegów, zdziczałe rzeki, uniemożliwienie żeglugi, a nawet i spławu, to skutki nowych warunków odpływu, które niewątpliwie przypisać musimy ogołoceniu stoków górskich, do których nie było poprzednio dostępu ani rzeką, ani wozem, a które może wówczas przedstawiając tereny

¹⁰⁾ Stanisław Kutrzeba, j. w.

o silnych nachyleniach, nie budziły zbyt wielkiego zainteresowania dla wyzyskania ich do gospodarki rolnej.

Ogołocenie stoków postępowało — rzecz naturalna — wzdłuż ścieków górskich i rynien, które wykorzystywano do urządzania klauz i t. p. ułatwień w spuszczeniu wyciętych drzew, a stąd już drogami do bitych szos i do stacji kolejowych.

Z biegiem czasu spłukana została ściółka leśna, wykarczowano pnie z korzeniami, czyli otwarto olbrzymie pole działania dla wszystkiego rodzaju opadów atmosferycznych. Z powierzchni, na których znajdowały się źródła potoków górskich i rzek, gwałtowne fale porwały materiał z dna i brzegów, unosząc go z potworną siłą wzdłuż stoków górskich w doliny i składając w miarę zmian przeróżnej mnogości zjawisk w tym ruchu występujących, na podgórzu w korytach potoków i przy ujściach, tworząc stożki usypowe. Te zaś następnie zasilały swym materiałem większe rzeki, wysyłając im olbrzymie masy rumoszu i powodując powstawanie szutrowisk, mielisz i wydm, rozdzieranie brzegów, powstawanie wysp i coraz bardziej gwałtowne i katastrofalne spływy wód. W ten sposób pozbawione zostały rzeki powoli swych dobroczynnych walorów naturalnych dróg wodnych, którymi się ongiś przyczyniały do rozwoju handlu, żeglugi, bogactwa kraju i narodu.

Ten krótki opis skutków wylesienia i nieobliczalnych szkód, znajduje dokładne potwierdzenie w streszczeniu wyniku badań wpływu lasów na stałość stoków górskich, ścieków i brzegów rzek i niemniej też na odpływ wód opadowych.

Zanim przystąpiono na przełomie z XIX na XX stulecie do naukowych badań wpływu lasów tu przytoczonych, już prawie na początku XIX stulecia nastąpiła nowa era wysiłku oraz wielkich i kosztownych prac dla ratowania brzegów, gruntów, domostw i tych komunikacji lądowych, które się stały ostateczną przyczyną upadku rzek.

Na opisanych wylesionych nizinnych ziemiach Polski, może nie odczuwano tak potężnie tych następstw i szkód, prócz utrudnień, a nawet wręcz uniemożliwienia żeglugi na Wiśle lub Bugu, albo Narwi i t. p., ale następstwa te na południu kraju, najwięcej rzekami, potokami górskimi i ściekami z Karpat wiodących poprzecinanych, te skutki były wręcz katastrofalne. Po powodzi (tabl. Nr. I.) w roku 1884 obliczono szkody w budowlach i zakładach wodnych na 207.723 złr., w zabranych gruntach 584.418 złr., w zasutrowanych polach 623.590 złr., w budowlach ochronnych regulacyjnych, już wówczas istniejących, 312.347 złr., w komunikacjach gminnych i powiatowych 375.148 złr., w płodach rolnych 7.572.221 złr., czyli razem obliczono szkody powodziowe na 9.788.939 złr. Do tego szkody wyrządzone przez powódź na obszarach regulacją nie objętych 2.457.231 złr., — dalej w drogach państwowych 113.759 złr., w drogach krajowych 105.934 złr. i kolejach żelaznych 997.261 złr., razem 1.524.625 złr., a ogółem 13.770.795 złr., co odpowiada sumie 49.500.000 zł.

Na skutek tej tak olbrzymiej katastrofy, która w przybliżeniu dałaby się określić cyfrą dzisiejszą około 50 milionów złotych, opracowany został w roku 1886 generalny projekt regulacji niemal wszystkich rzek Województw krakowskiego, lwowskiego, stanisławowskiego i tarnopolskiego, którego kosztorys opiewał na 16.853.000 złr. (tabl. Nr. II.).

Już wówczas inżynier Moraczewski zwrócił uwagę na potoki górskie i do projektu dołączył tabelę¹¹⁾, przedstawiającą stosunek powierzchni kraju do powierzchni zalesionej, podając cyfry w każdym powiecie z osobna. Ten stosunek zmienny w każdym powiecie, określa na ogół cyfrą 4 : 1.

¹¹⁾ Zob. tabelę Nr. I.

Wówczas w tym generalnym projekcie przewidział inżynier Moraczewski zabudowanie potoków w dorzeczu Soły, Skawy, Raby, Dunajca i Popradu, Wisłoki i Ropy, w dorzeczu Wisły, zaś Stryja, Łomnicy i obu Bystrzyc, Sołotwińskiej i Nadwórniańskiej, w dorzeczu Dniestru, kosztem stosunkowo bardzo nieznacznym, bo zaledwie 1.033.435 złr. Uwzględnił też i zalesienie stoków, lecz tylko w dorzeczu Soły, Skawy, Raby, Dunajca i Popradu kosztem 43.750 złr. Wygląda to, jak gdyby wtenczas nie doceniano ważności i konieczności robót na stokach i potokach górskich. Przypuszczać jednak należy, że decydowały tu inne momenty, a mianowicie momenty niejako pierwszej pomocy w nagłej potrzebie, pomocy w usunięciu szkód, w zablźnieniu ran poniesionych przez poszkodowaną ludność, jak również ran, jakie odniosły rzeki same. Roboty na stokach i potokach, mające charakter dalszego leczenia, dla usunięcia przyczyny choroby, jako bardzo kosztowne, odkładano na później.

Wchodzą tu w grę różne zagadnienia; a więc zalesienie tak zwanych obszarów zbiorczych, dla utrwaleń ich powierzchni zlewni przeciw wpływom atmosferycznym, a przede wszystkim rozlicznych debr, których setki powstało na ogołoconych stokach górskich, a które są w równym stopniu tym groźnym i szkodliwym czynnikiem, wywołującym ruch rumowiska i t. d., jak to poprzednio opisano; następnie kosztowne budowle dla zatrzymania rumowiska, a więc zapory, kamienne, betonowe, drewniane, w końcu do powstrzymania erozji przez zmniejszenie spadków i utrwalenie dna na stożkach, kosztowne żłoby kamienne, korekcje progowe, kamienne lub drewniane.

Praca to jednak żmudna, kosztowna i wymagająca długiego czasu, wielkich zasobów pieniędzy i dużych doświadczeń fachowych. Praca, która jest typowym problemem XIX wieku, która stworzyła nowe pola nauki, doświadczeń, studjów i wiedzy fachowej, jakich przedtem nie znano.

Dzięki stosunkom ówczesnym, do realizacji tak obszernego projektu nie przystąpiono. Upłynęły znowu długie lata, zadowalniano się łataniną — a szkody na rzekach, w gruntach i obiektach ciągle rosły.

W roku 1901 wydano w b. Austrii ustawę o budowie dróg wodnych i regulacji rzek, a w roku 1907 o zabudowaniu górskich potoków. Na podstawie tych ustaw opracowano szczegółowe projekty i kosztorysy dla regulacji górskich dopływów Wisły i Dniestru, oraz zabudowania potoków, debr i stoków w ich dorzeczach (tabl. Nr. III.). Zestawienie szczegółowych kosztów projektowanych robót, da nam możność porównania, w jakim stosunku do siebie stoją korzyści i straty, z powodu wylesienia kraju i późniejszych zabiegów sanacyjnych.

Dla przykładu weźmiemy ogólne koszty robót w obrębie gór, do granic podgórza. Według szczegółowych kosztorysów obliczono wówczas:

1. na regulację rzek okragło 47.000.000 K. a. wchodzi tu Skawa, Raba, Poprad, Wisłok, Wiąg, Stryj, Świca z Sukiem, Bystrzyca Sołotwińska i Nadwórniańska, oraz Bystrzyca połączona, Tanew, Dunajec górny od Nowego Sącza w górę, Wisłoka od Jasła w górę, San od Sanoka w górę;

2. na zabudowanie potoków górskich, regulację rzek górskich i zbiorniki retencyjne, dla regulacji odpływów w dorzeczach wymienionych pod 1. rzek, okragło 86.000.000 K. a.;

3. na zalesienia wraz z wywłaszczeniem odnośnych powierzchni, 10.300.000 K. a.

Ogółem koszt okragło 142.000.000 K. a.

Cała powierzchnia wziętego w rachubę dorzecza, którą określa linja szczytów Karpat z jednej, a linja podnóża gór z drugiej strony, zaś od zachodu i wschodu naturalne granice dorzecza Soły i Prutu, wynosi 16.000 km². Przyjmując, że bezwzględnie zainteresowane

T A-

Wykaz szkód powodziowych z r. 1884 z uwzględnieniem

Powiat	Powierzchnia		Na obszar regul. objęty przypada				Z tego procentowo na stary las		
	powiatu	lasu	Spółczynnik*)	z powierzchni		% zalesienia	liściasty	szpilkowy	młody i średni las
	w morgach			powiatu	lasu				
Biała	114.267	25.200	1	114.267	25.200	22,55	6,53	13,72	2,30
Bochnia	143.434	39.552	0,5	71.717	19.776	27,57	—	23,87	3,70
Bohorodczany	162.065	55.037	1	162.065	55.037	33,94	1,06	27,30	5,58
Brzesko	145.491	27.838	0,5	72.745	13.919	19,13	1,17	14,04	3,92
Brzozów	123.157	27.660	1	123.157	27.660	22,46	4,86	13,99	3,61
Dobromil	148.986	50.490	1	148.986	50.490	33,88	14,35	16,02	3,51
Dolina	436.634	262.765	1	436.634	262.765	60,18	6,99	51,44	1,75
Drohobycz	238.586	73.651	1	238.586	73.651	30,87	5,60	12,87	12,40
Gorlice	153.953	31.749	1	153.953	31.749	20,62	3,48	14,34	2,80
Grybów	102.696	24.856	1	102.696	24.856	24,20	—	21,22	2,98
Jarosław	230.719	49.543	1	230.719	49.543	21,04	4,35	14,43	2,26
Jaśło	145.412	31.842	1	145.412	31.842	21,90	5,01	10,00	6,89
Kałusz	199.266	66.613	1	199.266	66.613	33,43	8,63	22,19	2,61
Krosno	164.999	34.746	1	164.999	34.746	21,95	4,01	16,94	1,00
Łańcut	199.299	35.306	0,5	99.645	17.653	17,71	4,69	12,26	0,76
Limanowa	164.701	53.799	1	164.701	53.799	32,66	3,51	27,04	2,11
Lesko	326.679	128.054	1	326.679	128.054	39,28	21,80	5,28	12,20
Mielec	142.605	34.528	0,25	35.654	8.632	24,24	—	22,69	1,55
Myślenice	190.030	34.376	1	190.030	34.376	28,61	—	26,24	2,37
Nadwórna	337.802	192.091	0,5	168.901	96.045	56,28	8,71	42,42	5,15
Nowy Sącz	239.814	70.874	1	239.814	70.874	29,55	6,19	19,56	3,80
Nowy Targ	195.186	52.350	1	195.186	52.350	26,82	6,41	19,73	0,68
Pilzno	148.475	28.269	1	148.475	28.269	19,06	6,04	12,76	0,26
Przemyśl	179.853	41.440	1	179.853	41.440	23,04	9,20	5,91	7,93
Ropczyce	128.299	26.511	1	128.299	26.511	20,66	4,10	13,82	2,74
Rzeszów	201.185	41.129	1	201.185	41.129	20,44	1,73	13,13	5,58
Sambor	184.008	31.274	0,5	92.004	15.637	16,99	2,40	3,34	11,25
Sanok	218.269	56.154	1	218.269	56.154	25,72	5,76	16,16	3,80
Stanisławów	138.260	21.336	0,75	103.695	16.002	15,43	7,19	0,64	7,60
Stare Miasto	123.774	30.312	1	123.774	30.312	24,49	1,93	20,49	2,07
Stryj	331.051	123.226	1	331.051	123.226	37,22	12,24	20,68	4,30
Tarnów	139.180	24.790	0,5	69.590	12.395	17,81	4,07	11,21	2,53
Tłumacz	175.076	28.245	0,5	87.538	14.122	16,13	4,71	—	13,49
Turka	253.420	73.959	1	253.420	73.959	29,19	7,85	12,29	9,05
Wadowice	149.967	29.951	1	149.967	29.951	19,97	1,05	18,84	0,08
Wieliczka	127.401	16.956	0,5	63.700	8.478	13,30	0,96	7,86	4,48
Żydaczów	163.442	34.698	0,5	81.721	17.349	21,23	9,90	0,68	10,65
Żywiec	199.628	75.968	1	199.628	75.968	38,05	8,10	29,35	0,60

powierzchnie w najbliższym położeniu ścieków i potoków, mające bezpośrednio absolutny wpływ na stan potoku, wynoszą $\frac{1}{4}$ część tego obszaru, t. j. 4.000 km^2 , wartość 1 m^3 drzewa na pniu 3—4 K. a., średnio 3,5 K. a., a średnia wydajność 1 ha lasu na 250 m^3 drzewa, otrzymamy, że wycięcie lasu na powierzchni 1 km^2 przyniosło właścicielowi około 85.000 K.

W tym ogólnym przykładzie za 4.000 km^2 uzyskano 340.000.000 K. Jest to korzyść prywatnych właścicieli lasów, którzy o następstwa tu omawiane, wcale się nie troszczyli, ani się na nie oglądali, pozostawiając te sprawy trosce Państwa i Rządu. Skarb Państwa, według przeciętnego wymiaru podatku, zyskał z powyższej transakcji około $\frac{1}{6}$ część, a zatem, około 57.000.000 K. a.

Ta kwota w porównaniu z poprzednio obliczoną, dla poprawy stosunków na rzekach, stanowi zaledwie $\frac{1}{3}$ jej część.

Oczywista, że rachunek ten nie ma pretensji do ścisłości, ma on bowiem charakter obrazowo porównawczy z dużego kilkudziesięcioletniego okresu. Gdyby się bo-

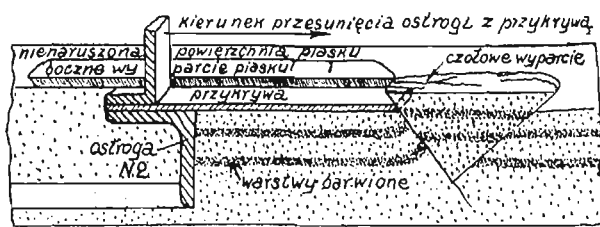
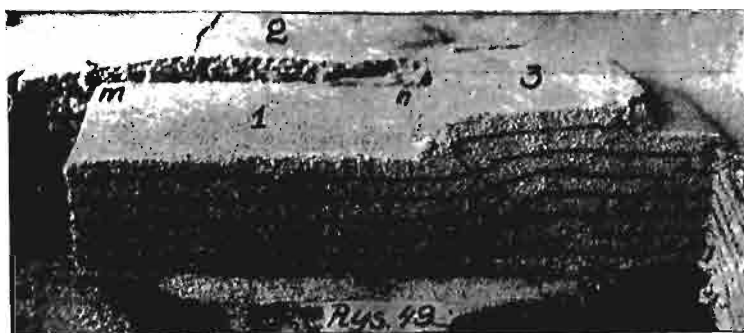
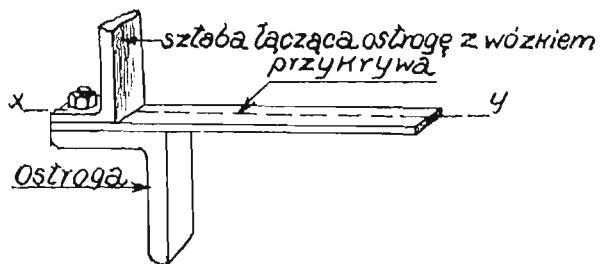
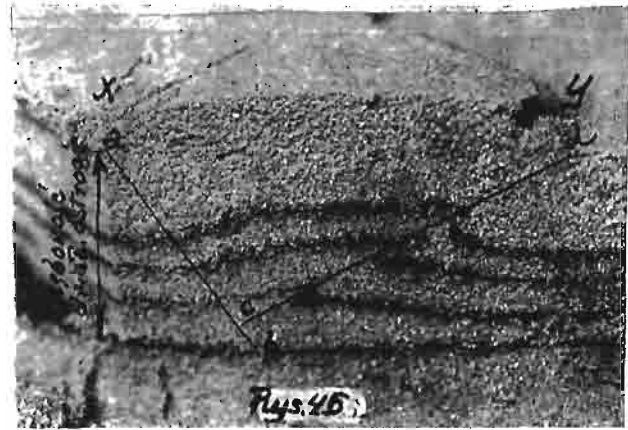
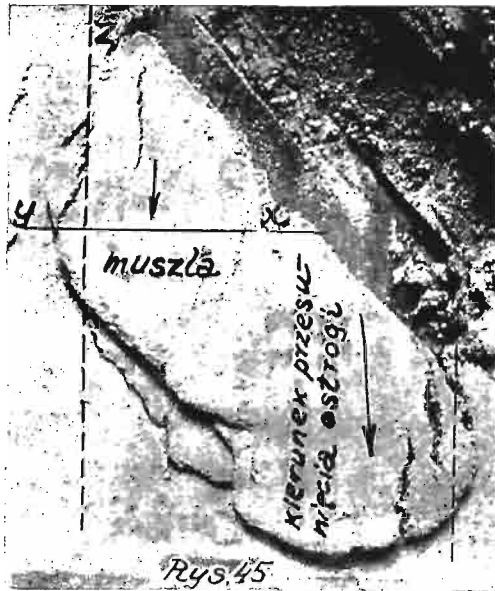
*) Spółczynniki 0,25, 0,5, 0,75 i 1 oznaczają tę część powierzchni powiatu, która należy do obszaru objętego regulacją rzek.

wiem udało obliczyć ściśle dochody, odpowiednio do koniunktury handlowej i wartości pieniądza w danym okresie, czy w poszczególnych dziesięcioleciach, wraz z oprocentowaniem, to może nawet stosunek ten wypadłby trochę niekorzystniej, lecz idąc drogą ścisłości, wypadałoby tu kapitalizować straty gospodarze wskutek zastoju żelugi, utraty gruntów pod uprawę i t. d.

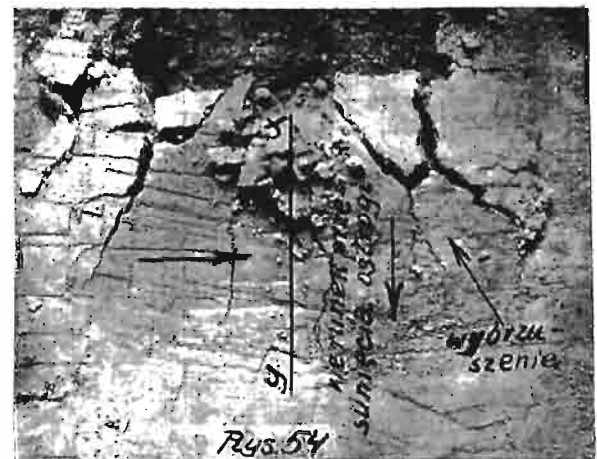
Przechodząc do następnego przykładu, bardziej szczegółowego, przyjrzyjmy się kosztom zabudowania potoków górskich w dorzeczu Raby.

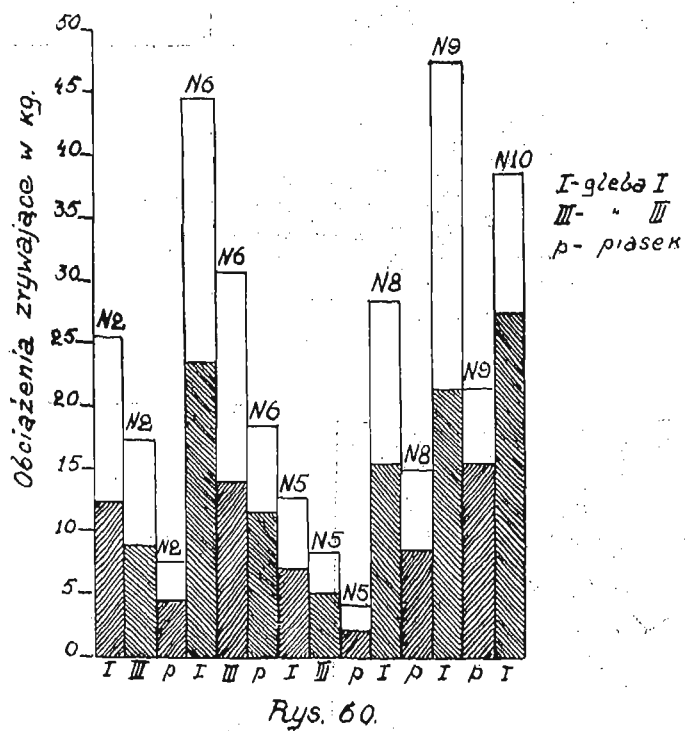
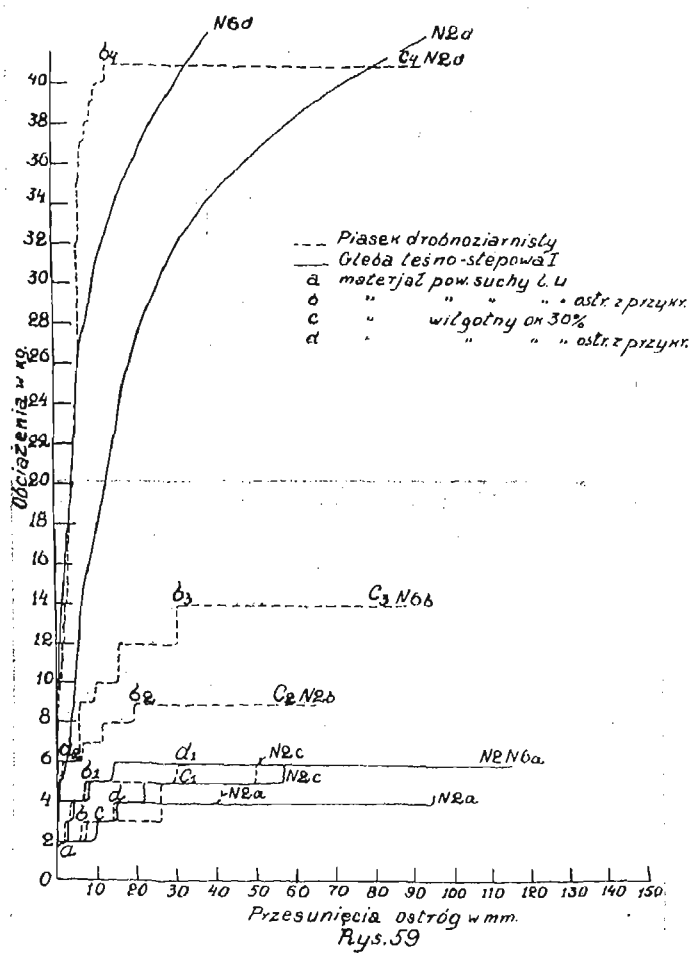
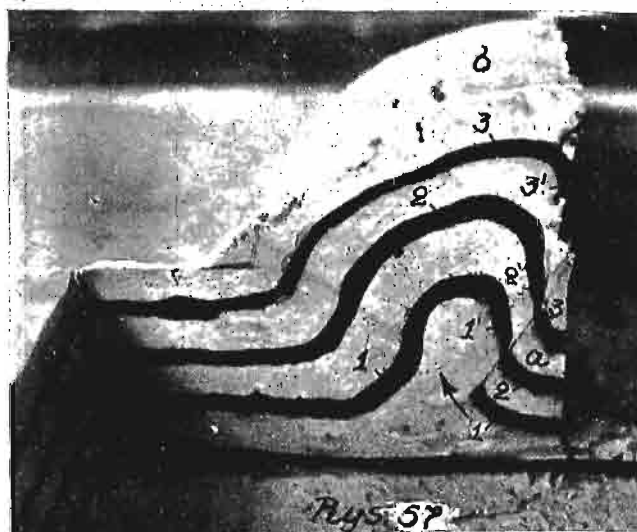
Projekt odnośny obejmuje zabudowanie i regulację górnego biegu Raby od źródeł w gminie Sieniawa do mostu kolejowego w Chabówce, od którego to miejsca rozpoczynają się roboty regulacyjne, oraz zabudowanie następujących potoków wpadających do Raby między Chabówką a Myślenicami: na lewym brzegu 16 debr i potok Bysinka w mieście Myślenice; na prawym brzegu 51 debr oraz potoki Olszówka, Poręba, Łostówka, Łętowa, Wierzbanica, Rychtowiec, Słomka i Kasina. Koszta zabudowania powyższych debr i potoków obliczono na 4.426.000 K.

Powierzchnia odnośnego dorzecza wynosi 730 km^2 . Dochód z lasu według poprzedniego obliczenia wyniósł



Podłużny pionowy przekrój wzdłuż xy na rys Rys 50





B L I C A I.
stanu zalesienia w poszczególnych powiatach

S z k o d y w y r z ą d z o n e											
budowle, zakłady wodne		zabrane				zażwirowane		budowle wodne	drogi gminne i powiatowe	plony	ogółem
ilość	złr.	g r u n t a				złr.	złr.				
		morgów	złr.	morgów	złr.						
93	5.080	94	47.000	140	48.204	44.779	12.251	90.361	247.675		
234	3.817	102	22.574	361	7.813	9.550	2.064	478.484	524.302		
—	—	19	1.855	—	—	—	543	7.675	10.073		
469	15.900	268	—	1.628	88.436	24.896	28.462	992.969	1,150.663		
8	905	27	8.100	53	3.360	18	1.562	138.350	152.295		
59	—	135	—	—	—	—	20.711	—	80.379		
3	—	—	—	14	3.400	—	3.300	—	19.754		
8	1.940	59	2.503	—	—	5.875	5.338	311.980	327.636		
—	41.340	239	—	301	25.705	4.450	6.181	61.000	138.676		
—	—	110	13.500	—	—	—	19.282	200.000	232.782		
309	11.430	232	63.230	868	78.550	14.150	5.002	637.866	810.228		
5	30.000	—	—	300	45.000	10.000	13.100	200.000	298.100		
—	—	—	—	—	—	—	—	49.243	49.243		
10	350	—	—	—	—	2.246	2.721	55.401	60.718		
8	180	256	38.400	157	5.300	—	10.520	300.902	355.302		
11	380	—	—	—	—	—	14.999	7.620	22.999		
—	—	—	—	—	—	—	5.467	15.254	20.721		
1	6.000	221	45.800	208	19.550	22.300	6.811	560.893	661.354		
27	10.130	292	31.180	350	11.982	6.300	36.477	34.872	130.941		
1	500	—	—	107	4.342	6.841	5.641	500	17.824		
21	1.190	180	26.500	247	20.445	4.500	15.010	44.886	112.531		
—	11.904	—	—	—	—	—	17.180	22.759	51.843		
84	4.000	144	28.050	135	17.880	1.200	3.800	268.825	323.755		
82	8.000	—	—	36	7.200	—	12.184	822.010	849.394		
47	4.350	56	—	15	14.000	14.000	29.501	129.478	191.329		
1	200	131	32.104	99	13.500	25.082	9.191	216.779	296.856		
68	1.110	235	52.600	—	—	5.100	16.860	157.185	232.855		
12	410	14	1.775	19	3.000	250	5.217	40.000	50.652		
140	8.035	77	9.360	66	6.660	12.350	6.241	97.423	140.069		
10	3.470	423	—	390	33.369	11.110	12.939	30.491	91.379		
53	3.980	193	15.880	1.869	17.705	270	7.551	33.670	119.826		
257	5.790	363	60.247	525	30.830	30.570	6.010	287.476	420.923		
—	—	6	1.950	2	200	1.100	1.270	144.077	148.597		
—	—	11	960	—	—	—	1.319	7.617	9.896		
497	19.250	137	44.575	378	69.648	39.440	4.657	554.370	731.940		
87	2.122	38	—	106	27.766	10.170	7.720	238.775	286.553		
120	5.630	95	—	332	19.640	950	9.024	328.872	364.116		
2	330	242	36.275	1	105	4.850	9.042	4.158	54.760		
2.727	207.723	4.399	584.418	8.707	623.590	312.347	375.148	7,572.221	9,788.939		

Szkody wyrządzone na terenach nie objętych projektem regulacji . . . 2,457.231

Razem 12,246.170

Ponadto szkody: a) w drogach państwowych 113.759

b) " " krajowych 105.934

c) " " kolei żelaznej 907.261

Ogólna suma szkód wyrządzonych powodzią 13,770.795

około 15,000.000 K., dochód z podatków, ok. 2,600.000 K. Zatem na niezbędne koszty dla poprawy stosunków w tem dorzeczu, musiałyby wydać Skarb Państwa niemal dwa razy tyle, ile z biegiem lat otrzymał z podatku za wyrębane drzewo.

W końcu trzeci przykład w dorzeczu Sanu, zabudowanie potoku Borownicy, które wymagało 21 zapór, 1.400 mb żłobu, 4.600 mb korekcji progowej, dla ochrony 400 ha powierzchni od zalewu, kosztem ogólnym 1,000.000 K. a., dorzecze obejmowało 10 km². Z obliczenia według powyższych zasad za wyrąb lasu uzyskano w przybliżeniu 850.000 K., a Skarb Państwa w formie podatku 140.000 K. Koszta więc poprawy stosunków są przeszło 7 razy większe. Powyższe przykłady wskazują więc na wynik ujemny dla stosunku korzyści z wylesienia stoków, do kosztów

koniecznych później robót regulacyjnych. Są to jednak roboty nieodzowne, można im nawet dać miano nagłych. Mają bowiem na celu powstrzymanie ruchu rumowiska, a raczej kamieni i głazów, które porywane z pod stóp Tatr i ze stoków Karpat w toku procesu ścierania się na długiej drodze z gór do morza, odkładają rzeki w coraz to mniejszych wymiarach już to w formie stożków, już to ławic i wysp szutrowych, lub wydm piaszczystych na Wiśle, aż do wybrzeży morza sięgających i w wysokim stopniu utrudniających, a nawet uniemożliwiających spław i żeglugę.

Podano tu tylko koszty unieruchomienia stoków i ujarzmienia debr, strumyków, ścieków i rzek górskich, nie wyrażając ich w cyfrach dzisiejszej waluty i dzisiejszym stosunkom odpowiadającym.

TABLICA II.

Kosztorys generalny regulacji rzek karpackich z r. 1886 opracowany po powodzi w r. 1884.

R z e k a	Długość <i>lcm</i>	Koszt regulac. <i>złr.</i>	Koszt zabudow. potoków	Koszt zalesie- nia	R a z e m
Górna Wisła	52,920	239.000	—	—	239.000
Soła	74,000	795.000	185.786	11.440	992.226
Skawa	74,000	798.000	47.717	1.600	847.317
Raba	86,720	893.000	165.836	10.160	1,068.996
Dunajec i Poprad	147,720	1,667.000	338.375	20.550	2,025.925
Wisłoka i Ropa	150,600	1,324.000	103.819	—	1,427.819
Wisłok	166,000	859.000	—	—	859.000
San	196,420	1,954.000	—	—	1,954.000
Razem z dorzeczem Wisły	948,380	8,529.000	841.533	43.750	9,414.283
Dniestr	80,000	1,454.000	—	—	1,454.000
Stryj	87,000	1,339.000	15.000	—	1,354.000
Świca i Sukiel	107,000	953.000	—	—	953.000
Łomnica	93,000	790.000	143.902	—	933.902
Obie Bystrzyce	137,600	1,135.000	33.000	—	1,168.000
Razem w dorzeczu Dniestru	504,600	5,671.000	191,902	—	5,862.902
Razem w dorzeczu Wisły i Dniestru	1.452,980	14,200.000	1,033.435	43,750	15,277.185
Koszta własnego zarządu	—	—	—	—	1,575.000
Koszta ogólne	—	—	—	—	16,852.185
czyli okrągło	—	—	—	—	16,853.000

TABLICA III.

Wyciąg z generalnych kosztorysów zabudowania potoków górskich i regulacji rzek, opracowanych na podstawie ustawy o rzekach kanałowych w r. 1901 i noweli z r. 1907.

Rzeka dorzecze	Zabudowanie potoków		Roboty regulac. na górnym biegu i dopływach		Regulacja rzek		Zalesienie		Ogólny koszt regulacji <i>Kor.</i>
	Ilość	Koszt	Ilość	Koszt	Ilość	Koszt	Ilość	Koszt	
	<i>lcm</i>	<i>Kor.</i>	<i>lcm</i>	<i>Kor.</i>	<i>lcm</i>	<i>Kor.</i>	<i>ha</i>	<i>Kor.</i>	
Soła	21.500	1,095.100	58.600	3,111.000	—	—	507,5	719.635	4,925.735
Skawa	48.600	1,447.200	21.910	930.000	46.000	1,930.000	332,5	457.305	4,764.505
Raba	104.900	3,980.000	63.330	2,460.000	89.000	4,900.000	1.431,5	2,029.867	13,369.867
Dunajec	36.700	1,856.500	157.360	8,337.700	91.000	4,801.000	3.489,5	4,948.111	19,943.311
Poprad	32.815	1,766.000	6.700	376.000	59.000	2,371.000	207,5	294.235	4,807.235
Biała	20.900	848.600	19.200	880.000	—	—	72,0	102.096	1,830.696
Wisłoka z Ropą	—	—	82.700	4,664.000	22.000	880.000	—	—	5,544.000
Wisłok z Mleczką	1.900	82.000	77.430	2,575.000	116.000	7,000.000	—	—	9,657.000
Tanew	—	—	—	—	12.500	600.000	—	—	600.000
San	14.200	434.000	64.700	454.000	23.400	1,330.000	77,0	109.186	2,327.186
Wiar z Wyrwą	—	—	59.280	2,391.000	22.200	960.000	40,0	56.720	3,407.720
Strwiąż	4.100	119.000	58.700	2,560.000	—	—	40,0	56.720	2,735.720
Dniestr	71.200	1,761.000	70.850	3,100.000	—	—	292,0	414.096	5,275.096
Stryj	5.000	47.000	25.150	560.000	152.000	8,600.000	—	—	9,207.000
Opór	7.000	277.500	55.400	1,096.000	—	—	—	—	1,373.500
Łomnica	33.500	1,116.000	—	—	—	—	—	—	1,116.000
Świca	—	—	27.800	712.000	92.500	5,400.000	109,0	154.562	1,266.562
Bystrzyca	18.300	888.000	23.900	1,390.000	132.000	8 000.000	651,0	923.118	10,278.000
Lubatówka	—	—	14.500	285.000	—	—	—	—	285.000
Górna Pełtew	—	—	—	9,100.000	—	—	—	—	9,100.000
Czeczwa	—	—	—	—	—	—	7,0	9.926	9.926
	420.615	15,717.900	887.510	35,837.700	857.600	46,772.000	7.247,5	10,275.578	116,823.059

Zbiorniki retencyjne w Karpatach 24,990.000

Razem 141,813.059

czyli okrągło 142,000.000

Są to tylko koszty projektów, które o ile chodzi o zabudowanie potoków w nieznacznej części zdołano dotąd zrealizować, a prawie z nich nie skorzystano, o ile chodzi o zalesienia.

Jakaż daleka jeszcze droga do nadania spławności nie wymienionym tu odwiecznym arterjom jak Dunajec poniżej Nowego Sącza, Wisłoka poniżej Jasła, San poniżej Sanoka, Bug od Buska w dół. A cóż dopiero mówić o przywróceniu żeglowności Wisły, Bugu, Narwi, Warty i t. d. i t. d. co wymaga już teraz olbrzymich i bardzo kosztownych specjalnych robót, mających na celu podniesienie zwierciadła wody, dla użeglowienia rzeki na odpowiedni opłacalny w obecnych stosunkach tonaż. Są to dodatkowe koszty, sięgające miliardów, które dopisane po stronie strat poprzedniego rachunku, wypadną grubo na jego korzyść, pomimo nawet dziesięciokrotnego powiększenia się zysków z wylesienia stoków, przez ich skapitalizowanie.

Ażeby poprzeć powyższe słowa cyframi, o któreby chodziło w wypadku obliczenia kosztów przywrócenia żeglugi, choćby tylko na naszej królowej rzek Wiśle, która jak wspomniano w XVI i XVII stuleciu była tak bardzo poważną drogą wodną, warto zapoznać się z cyframi kosztów jej regulacji i połączenia jej sztucznym kanałem z zagłębiem węglowym.

Koszta te zestawione w odrodzonej już Rzeczypospolitej, które w programie b. Ministerstwa Robót Publicznych wynoszą:

1. Dodatkowa regulacja Wisły od Przemszy do Zawichostu	34,000.000 zł.
2. Częściowa regulacja środkowej Wisły, dla celów rolnictwa	196,000.000 „
3. Regulacja Wisły pomorskiej na	

małą wodę (na odcinku Otłoczyn-Piekło)	91,000.000 zł.
4. Budowa kanału sztucznego Spytkowice-Kraków	34,300.000 „
5. Zakupno taboru pomocniczego (pogłębiarki i holowniki)	9,000.000 „
Razem	364,300.000 zł.

Jeżeli temi słowy, dość wymownie przedstawiono i wynikami podanych na wstępie badań działania lasów udowodniono, jak ogromne znaczenie ma las szczególnie na stan rzek, tudzież normalny odpływ z terenów górskich, oraz, że ich wytepienie w górach, stało się niemal jedyną przyczyną zupełnego zdziczenia rzek i doprowadziło je do tak katastrofalnego stanu, że dzisiejsze prace regulacyjne mają charakter beznadziejnego zmagania się z żywiołem — zwłaszcza wobec skromnych możliwości skarbowych — to słuszną wyda się konieczność ujęcia gospodarki leśnej w takie ramy ustawowe, któreby zapewniły krajowi jaknajszysze i jaknajlepsze zalesienie gór przynajmniej w 50% i zawarowały utrzymanie użytkowanego porostu.

Nadto zdaje mi się, że leśnicy i hydrotechnicy wspólnie, mając na oku wyżej przytoczone względy, powinni przy każdej sposobności w praktyce zawodowej wskazywać społeczeństwu na to, że doraźne zyski osiągnięte z tępienia lasów, powodują szkody dla kraju na całe wieki.

Mam wrażenie, że na tej platformie ugruntowana współpraca leśników i hydrotechników, przyczyni się do szybszego rozwiązania zagadnienia gospodarki wodnej, dając możność ruszenia problemu regulacji rzek niejako z martwego punktu, a nam wyjść z błędnego koła, w którym dotąd się obracamy.

Inż. Czesław Kanafojski.

Przyczynek do laboratoryjnych badań odkształceń i oporów gleby, wywołanych działaniem ostróg ciągowki.

(Ciąg dalszy).

Wyniki badań odkształceń piasku pod wpływem przesuwanego działania prostopadle umieszczonej ostrogi Nr. 9 są uwidocznione na rys. 45 i 46. Rys. 45 przedstawia widok z góry utworzonej podwójnej muszli a linie kreskowane wskazują boczne obramowanie ściany, jakie zachodziłoby wówczas, gdyby doświadczenie przeprowadzono w rynnice przyrządu. Z tego rysunku widać, że i w tym wypadku boczne ograniczenia uwałowanego wilgotnego piasku nie powinno znacznie wpływać na całościowość oporów. Poprzeczny pionowy przekrój muszli wzdłuż „xy“ do głębokości działania ostrogi (rys. 45) z widokiem w kierunku strzałki (po odrzuceniu masy piasku „x y z“) jest przedstawiony na rys. 46. Linja „a b“ oznacza w przybliżeniu zarys krawędzi pionowego przekroju powierzchni piaszczystego klina, a „c d“ boczny kierunek powierzchni usuwiskowej, wzdłuż której nastąpiło ścięcie piasku.

Na zakończenie badań odkształceń masy piasku przy przesuwaniu działania ostrogi przeprowadzono szereg doświadczeń z ostrogą nr. 2, do której z przodu u góry przymocowano sztywną blachę (rys. 47), mającą za zadanie przykryć część powierzchni piasku przed ostrogą. Rys. 48 przedstawia górny widok deformacji, a rys. 49 odkształcenie zabarwionych poziomych warstw masy piasku w podłużnym pionowym przekroju. Z tych fotografii wynika, że na przestrzeni „1“, przykrytej blachą, nie widać w podłużnym przekroju żadnych widocznych zmian barwionych pasków, natomiast na tej samej przestrzeni występuje wybitnie odkształcenie boczne z obydwu stron drogi przejścia ostrogi. Odkształcenia te tworzą się

metryczne boczne muszle „2“. Natomiast w odległości od czołowych powierzchni ostrogi tuż przed blachą występuje normalne odkształcenie takie, jak przy ostrodze, działającej bez przykrycia. Widzimy zatem podwójną muszle „3“, a w przekroju 3 ścięcia, z których dwa są skierowane ku przodowi a jedno w tył w kierunku ostrogi. Na tym przekroju wyraźnie widać również zapoczątkowany obrót krawędzi piaszczystego klina.

W tym wypadku obszar zagęszczenia cząsteczek piasku czyli, inaczej mówiąc, objętość piaszczystego klina jest znacznie większa aniżeli analogiczna objętość, występująca przy działaniu ostrogi bez przykrycia. W tym wypadku obszar zagęszczenia obejmuje całą masę piasku „1“. Powierzchnię działania tego piaszczystego klina można podzielić na powierzchnię czołową taką, jaką rozpatrywano już poprzednio i dwie powierzchnie boczne wzdłuż „m n“ również kształtu stożkowego. Działanie czołowej powierzchni klina wywołuje czołowe odkształcenie „1“, a działanie jego bocznej powierzchni wywołuje boczne deformacje „2“. Można by jeszcze w tym wypadku działanie zagęszczonego obszaru rozpatrywać jako summaryczne działanie trzech klinów: dwóch bocznych i jednego czołowego. Jaśniejsze zobrazowanie przebiegu wyżej opisanego badania jest uwidocznione na schematycznym rysunku 50.

Badania deformacyjnego działania ostrogi Nr. 2 w glebie leśno-stepowej I, uwałowanej w ten sam sposób co piasek i zawierającej około 40% wilgotności względem swej pełnej pojemności, wykazały, że na początku ruchu ostrogi powierzchnia gleby zaczyna podnosić się ku górze

(wybrzuszać) lecz kierunek tego podniesienia jest odwrotny aniżeli w piasku, co wywołuje wrażenie, że gleba jak gdyby „wpędzała“ na ostrogę. Jednocześnie na powierzchni tego wybrzuszenia tworzy się szereg pęknięć. Natomiast początkowo nie zachodzą ściecia, skierowane ku przodowi tak jak to zawsze ma miejsce w piasku. Dopiero przy dalszym wzroście nacisku ostrogi następuje ściecie analogiczne jak w piasku z równoczesnym utworzeniem się muszli. Na rys. 51 jest uwidoczniona taka popękana muszla glebowa, a linje kreskowane oznaczają tak jak i poprzednio boczne ograniczenia, jakieby zachodziły przy badaniach w rynn timer przyrządu.

Na podstawie czysto zewnętrznych objawów deformacyjnych mogłoby się wydawać, że w pierwszej fazie nacisku ostrogi odkształcenia materiału ziemnego zachodzi na innych zasadach, aniżeli w piasku. Rozpatrując jednak odkształcenia, zachodzące wewnątrz masy gleby leśno-stepowej w przekrojach, przeprowadzonych wzdłuż „x z“ i „x y“ musimy przyjść do wniosku, że zasady deformacji są wspólne dla gleby jak i dla piasku. Na rys. 52 jest pokazany przekrój wzdłuż „x z“ (strzałka „m“ na rys. 51 wskazuje kierunek patrzenia), z którego widać dwa kierunki ścieć: wzdłuż „c d“ i „b a“ przy czym ten ostatni kierunek wyznacza zarys krawędzi przekroju powierzchni klina utworzonego z cząsteczek gleby przed powierzchnią roboczą ostrogi, podobnie jak to zachodzi w piasku.

Przypuszczalny ogólny przebieg odkształceń gleby leśno-stepowej wilgotnej i uwałowanej jest następujący. Pod wpływem działania nacisku ostrogi tworzy się przed nią obszar zagęszczonych cząsteczek gleby („klin glebowy“). Przy dalszym wzroście nacisku zamiast wystąpienia raptownych ścieć, jak to było zaobserwowane w piasku, w tym wypadku wskutek większej zwięzłości i właściwości plastycznej materiału następuje początkowo przesunięcie górnych warstw gleby wzdłuż powierzchni tego „ziemnego klina“ t. zn. wzdłuż powierzchni usuwiskowej „b a“ w kierunku ostrogi (na rys. kierunek przesunięcia uwidoczniono strzałką). Dopiero pod wpływem dalszego ruchu ostrogi, a zarazem zwiększenia nacisku, gdy naprężenie wewnętrzne warstw glebowej podnoszonej wzdłuż „b a“ przekroczy granicę plastyczności i do rażnej wytrzymałości materiału, wówczas następuje ściecie gleby wzdłuż powierzchni usuwiskowej „c d“ z jednoczesnym częściowym wyparciem wzdłuż tej powierzchni ściętej popękanej masy ziemnej, tworząc w ten sposób na powierzchni gleby kształt muszli.

Na rys. 53 jest przedstawiona deformacja tej samej leśno-stepowej gleby w przekroju, przeprowadzonym wzdłuż „x y“ (rys. 51) po utworzeniu się muszli. (Strzałka na rys. 51 wskazuje kierunek patrzenia). Jak widać rodzaj tej deformacji niczem nie różni się od analogicznych odkształceń, zachodzących w piasku.

Badania odkształcenia gliny lössowej nawilgoconej do 40% pełnej pojemności i uwałowanej, a więc odkształcenia materiału bardziej zwięzłego i wykazującego większe właściwości plastyczne, aniżeli wyżej omówiona gleba, dały w ogólnych zarysach rezultaty takie same. Podobnie jak przy doświadczeniach z poprzednią glebą tak i w tym wypadku zauważono początkowe podnoszenie się na ostrogę (wybrzuszenie) górnej powierzchni gleby, jednak wskutek większych właściwości plastycznych i zwięzłości materiału, okres wybrzuszania w czasie przesuwania ostrogi trwa dłużej aniżeli przy glebie leśno-stepowej.

Rys. 54 przedstawia widok z góry wybrzuszenia powierzchni gleby bez wywołania jej ściecia ku przodowi pomimo, że ostrogę przesunięto na długości ok. 30 cm. Odkształcenia, zachodzące wewnątrz masy materiału w podłużnym przekroju „x y“ są uwidocznione na rys. 55 (strzałka na rys. 54 wskazuje kierunek patrzenia). Tutaj również widzimy krawędzie przekrojów powierz-

chni usuwiskowych, przy czym krawędź „a b“ wyznacza nam jednocześnie pionowy rzut krawędzi przekroju powierzchni „gliniastego“ klina. W dolnej części tego klina można zauważyć zapoczątkowany jego obrót w kierunku strzałki. Pomimo zarysowania się kierunków powierzchni usuwiskowych „c d“ i „e f“ zjawisko całkowitego ściecia wzdłuż tych powierzchni jednak nie wystąpiło, a to na skutek znacznej zwięzłości i plastyczności gliny lössowej.

Na rys. 56 jest uwidocznione odkształcenie gliny lössowej, wywołane przesuwaniem działaniem ostrogi Nr. 9 w przekroju, przeprowadzonym prostopadle do roboczej powierzchni tej ostrogi. W tym wypadku również są widoczne ślady krawędzi powierzchni usuwiskowych, a zarazem krawędzi powierzchni „gliniastego“ klina „a b“. Nacisk ostrogi był na tyle wielki, że wywołał całkowite ściecie materiału wzdłuż „c d“. Materiał ziemny, jak poprzednio już zaznaczono, nie tylko nie jest ciałem doskonale plastycznym lecz może nawet dość daleko od niego odbiegać⁷⁾. Chcąc zatem zbadać przebieg odkształceń, występujący w ciałach, wykazujących większe właściwości plastyczne, aniżeli nawet glina, oraz bardziej od niej jednorodną, przeprowadzono szereg doświadczeń z sztucznie przygotowaną masą plastyczną (techniczna wazelina + gips alabastrowy). Przy tych badaniach stosowano ostrogę Nr. 2.

Rys. 57 przedstawia odkształcenie plastycznej masy w przekroju pionowym, przeprowadzonym prostopadle względem czołowej powierzchni ostrogi. Na tem zdjęciu występuje zupełnie wyraźnie zarys krawędzi przekroju powierzchni klina „a“ utworzonego z cząstek masy plastycznej przed ostrogą. Zarys tej krawędzi jest wyznaczony ciemnymi śladami pozostałymi z przesunięcia farbowanych warstw. Poza tem wyraźnie widać obrót warstw 1, 2, 3, znajdujących się w obszarze „klinowym“ w kierunku strzałki. Pod wpływem stopniowo zwiększającego się nacisku ostrogi, a zarazem utworzonego przed nią klina nastąpiło przesunięcie części materiału ku górze wzdłuż powierzchni tego klina, tworząc muszlę w kształcie wybrzuszenia „b“. Warstwy 1, 2, 3, przesunęły się wzdłuż powierzchni klina „a“ i zajęły położenia 1', 2', 3'.

Rathje, podając fotografię z doświadczeń Nadai'ego, przedstawiającą wybrzuszenie powstałe wskutek odkształceń parafiny, przyjmuje je za „Staukörper“, t. zn. za te same zjawisko zagęszczenia materiału przed czołową powierzchnią profilu, jaki zachodzi w materiale sypkim. Tymczasem jak już udowodniliśmy, wybrzuszenie, powstające wskutek zwięzłości i plastyczności materiału, jest tylko zmienionym kształtem muszli, natomiast „Staukörper“ czyli klin „a“ posiada analogiczny początkowy zarys pionowego przekroju jak w ciałach sypkich.

Przy zastosowaniu ostrogi nr. 5 (rys. 58) w glebie leśno-stepowej I. nie zauważono tworzenia się ziemnego klina, a kierunki powierzchni usuwiskowych przecinają roboczą powierzchnię ostrogi. W tym wypadku sama ostroga widocznie działa już jak utworzony z ziemi klin.

Zestawiając wyniki z wyżej opisanych doświadczeń mimowoli nasuwa się pewna analogja między działaniem klina, tworzącego się z zagęszczonych cząsteczek badanego materiału, a działaniem niektórych narzędzi rolniczych, a właściwie ich roboczych części, posiadających kształt klinowy. Płaska powierzchnia klina jest zastąpiona w tym wypadku wypukłą powierzchnią klina ziemnego. Klin narzędzia (lemiesz) podobnie jak i utworzony klin ziemny początkowo zagęszcza cząsteczki gleby, a po wywołaniu ściecia w podcinanej warstwie, podnosi ją następnie na swą powierzchnię. Przy uprawie gleb zwięzłych ściecia skiby nie występują na całej grubości

⁷⁾ Patrz odnośnik 5.

podcinanej warstwy, lecz dopiero po pewnym podniesieniu jej na powierzchnię lemiesz analogicznie ze zjawiskiem wyrzucenia przed ostrogą. Wreszcie można niekiedy zauważyć, że przy uprawie bardzo zwięzłych gleb podcięta skiba podnosi się na powierzchnię lemiesz w postaci ciągłej, prawie nieprzerwanej taśmy, podobnie jak to widzieliśmy przy działaniu ostrogi w środowisku masy plastycznej.

Dotychczas rozpatrywaliśmy wyłącznie procesy deformacyjne badanych materiałów. Obecnie przejdziemy do rozpatrzenia zmian oporów materiałów ziemnych, jakie muszą pokonywać ostrogi. Zmiany te są ściśle związane z procesami deformacyjnymi, zachodzącymi wewnątrz badanych materiałów.

Opory, jakie przeciwstawiają materiały glebowe przy przesuwaniu ostróg, składają się z oporów tarcia wewnętrznego międzycząsteczkowego, zachodzącego przy zmianie stanu skupienia cząsteczek piasku lub gleby (zagęszczenie), a więc przy tworzeniu się nazwanych przez nas „klinów“ lub przy zagęszczaniu nieodkształconych jeszcze mas glebowych, a także przy obrotowych ruchach cząsteczek klina. Następnie z oporów przy ścinaniu, wywołanych powstawaniem wewnętrznych naprężeń w materiale, z oporów, przewyższających działanie siły ciężkości przy przesuwaniu ku górze ściętych mas piasku lub gleby, oporów tarcia, zachodzącego między glebą a powierzchnią roboczą ostrogi i na koniec z oporów tarcia, występującego na powierzchniach usuwiskowych przy przesuwaniu ściętych mas (tarcie wewnętrzne)⁸⁾.

Doświadczenia wytrzymałościowe zostały przeprowadzone wprawdzie ze wszystkimi rodzajami ostróg, lecz aby nie zaciężyć obrazu, przedstawiono wykresie jedynie wyniki, otrzymane przy zastosowaniu ostróg nr. 2 i nr. 6.

Rozpatrzmy przedewszystkiem zmiany oporów piasku powietrznie suchego, luźno usypanego (nie wafłowanego) przy zastosowaniu ostrogi nr. 2 (rys. 59).

⁸⁾ W literaturze fachowej i naukowej z dziedziny pracy narzędzi w glebie lub budownictwa lądowego znajdujemy rozważania, dotyczące tarcia, zachodzącego przy ruchu bryły ziemi wzdłuż drugiej (wzdłuż powierzchni ścięcia ziemi) względnie tarcia cząsteczek ziemi, zsuwających się po stoku ziemnym. Rodzaj powyższego tarcia określa się jako tarcie wewnętrzne ziemi. Wyniki naszych badań, jak również i prace Rathjego wskazują jednak na różnice, jakie zachodzą między zjawiskami zagęszczania cząsteczek ziemi (tworzenie się przed ostrogą klina), a przesuwaniem ściętych mas materiału wzdłuż powierzchni usuwiskowych. Różnice te dotyczą niewątpliwie i rodzaju tarcia, towarzyszącemu tym różnym zjawiskom. Dlatego też chcąc wyodrębnić rodzaje tych tarć, jedno z nich (przy procesie zagęszczania) nazwano „tarcie wewnętrzne międzycząsteczkowe“, a drugie poprostu: tarcie wewnętrzne.

Zjawisko tarcia wewnętrznego międzycząsteczkowego, zachodzącego w takich ciałach stałych jak ziemia, podobnie jak i zjawisko tarcia wewnętrznego międzycząsteczkowego w ciałach płynnych nie jest wprawdzie dotychczas należycie wysświetlone i zbadane, jednak możnaby przypuszczać, że między temi zjawiskami zachodzi pewna analogia. Gdyby przyszłe badania potwierdziły takie przypuszczenia, wówczas obliczenia tarcia wewnętrznego międzycząsteczkowego ziemi przy jej zagęszczaniu powinny raczej opierać się na tych samych zasadach, jakie są stosowane obecnie w fizyce przy obliczeniach wewnętrznych tarć zachodzących w płynach, t. zn. przedewszystkiem na różnicy prędkości jednych cząstek względem drugich. Co się zaś tyczy tarcia wewnętrznego, zachodzącego na powierzchniach ścinania (usuwiskowych), t. zn. tarcia piasku o piasek lub gliny o glinę, to obliczenia jego wartości niczem się nie różnią od obliczeń wielkości tarcia, występującego przy ruchu cała po powierzchni pochyłej.

Widzimy, że przy wzroście obciążenia ostrogi od 0—2 kg skutek bardzo małej ściśliwości materiału ostroga prawie całkiem nie ruszyła z miejsca („o a“). Podczas tego „płynnego“ okresu deformacji nacisk jest jeszcze zbyt mały, aby wywołać widoczne odkształcenia materiału (utworzenie muszli). Dopiero przy obciążeniu równym 2 kg, nastąpiło większe przesunięcie ostrogi (a b) bez uzewnętrznienia jeszcze jednak muszli. W tym to okresie utworzony obszar zagęszczenia zaczął naciskać na dalsze masy piasku. Przy obciążeniu 3 kg maksymalna wytrzymałość materiału w warstwie usuwiskowej została przekroczona, a ostroga przesunęła się na przestrzeni „b c“, pokonując siłę ciężkości ściętej masy i siłę tarcia na powierzchni usuwiskowej. Jednocześnie została utworzona pierwsza muszla.

Dalszy wzrost obciążenia powoduje zagęszczenie jeszcze nieściętych mas piasku (również częściowo okres „płynny“), a przy wielkości nacisku równym 4 kg następuje drugie ścięcie, połączone z utworzeniem się podwójnej muszli, przyczem ostroga przesuwa się na większej długości, pokonywując opory ciężkości obydwu ściętych mas piasku oraz opory tarć, występujących w obydwu powierzchniach usuwiskowych. W ten sposób otrzymujemy „schodkowy“ wykres, który wykazuje, że opory piasku zmieniają się raptownie, przyczem występują kolejno naprzemian zagęszczenia i ścięcia materiału.

Zmiany oporów tego samego piasku przy zastosowaniu ostrogi nr. 6 są, naogół biorąc, analogiczne, jak i przy ostrodze nr. 2. Jedynie wartości obciążeń są tu większe. Wtedy, gdy przy ostrodze nr. 2 pierwsze ścięcie występuje przy obciążeniu 3 kg, to przy ostrodze nr. 6 takie ścięcie występuje dopiero przy obciążeniu 5 kg (b.). Objasnia się to większym obszarem zagęszczenia cząsteczek piasku przed ostrogą.

Wilgotność piasku naogół podwyższa jego wytrzymałość, lecz charakter przebiegu krzywej pozostaje mniej więcej taki sam, jak i przy piasku suchym.

Zastosowanie blaszanej przykrywy przed ostrogą w znacznym stopniu zwiększa wytrzymałość piasku. Z wykresu widać, że ostroga nr. 2 z przykrywą, stosowana w piasku powietrznie suchym i nie ugniecionym, wytwarza pierwszą czołową muszle, powstającą przed przykrywą, dopiero przy obciążeniu ok. 9 kg. Widzimy jednak, że przed utworzeniem tej czołowej muszli „a₂ b₂“ wykres kilkakrotnie zmienia się „schodkowo“, co jest wywołane znacznym obszarem zagęszczania. Z chwilą powstania czołowej i bocznych muszli, wytrzymałość piasku raptownie maleje. Przy zastosowaniu ostrogi nr. 2 z przykrywą na piasku wilgotnym 40% i nieufłowanym, opory materiału są stosunkowo bardzo wielkie. Począwszy od „0“ do „a₁“ następuje zagęszczanie cząsteczek piasku, przyczem opory zagęszczania nie wrażliwieją równomiernie, lecz znów małymi „skokami“. Skoki te są czasami tak niewielkie, że trudno je uwidocznic na wykresie. Przy obciążeniu wynoszącym ponad 40 kg, występują dopiero ścięcia czołowe i boczne a ostroga przesuwa się wzdłuż „b₄ c₄“. Taki wzrost oporów w piasku tłumaczy się nie tylko zwiększonym obszarem zagęszczenia, lecz również i znaczną sumaryczną powierzchnią warstw ścięcia (bocznych i czołowych).

Analogiczny przebieg wytrzymałościowy zachodzi również przy działaniu ostróg w glebach leśno-stepowych, o strukturze laboratoryjnej, powietrznie suchych, nieugniecionych lub ugniecionych. Natomiast w glebach leśno-stepowych, wilgotnych, spulchnionych lub ugniecionych, przebieg wytrzymałościowy znacznie się odróżnia. Z wykresu widać, że zamiast „schodkowych“ linii występuje łagodna krzywa, która wskazuje na ciągłość odkształcenia materiału. Im więcej plastycznych właściwości wykazuje materiał, tem łagodniejsze jest wznoszenie się tej krzywej. Ta ciągłość deformacji po-

Tablica V.

Nr. poszczegól- nych do- świadczeń	Obciążenia zrywające w kg	Kąty ścięć w stopniach	Nr. poszczegól- nych do- świadczeń	Obciążenia zrywające w kg	Kąty ścięć w stopniach
Gleba leśno-stepowa (löss), II. powietrznie sucha (7%) wałowana normalnie.					
ostroga nr. 2			ostroga nr. 6		
1	10,8	28 (22)	1	22,8	28
2	13,8	30 (23)	2	24,8	25
3	12,8	30 (23)	3	23,8	25 (27)
4	12,8	30 (24)	4	23,8	25
5	11,8	29 (22)	5	23,8	26
6	12,8	30 (23)	6	23,8	25 (28)
średnio	12,3	29,5 (23)	średnio		25,5
ostroga nr. 5			ostroga nr. 8		
1	7,3	31	1	15,8	30
2	7,3	32	2	15,8	30
3	8,0	30	3	15,8	30
4	7,3	31	4	15,8	29
5	6,8	31	5	15,8	31
6	7,3	32	6	15,8	30
średnio	7,3	31,1	średnio	15,8	30
ostroga nr. 9			ostroga nr. 10		
1	21,8	29	1	35,8	21
2	21,8	28	2	35,8	21
3	21,8	28	3	36,8	22
4	21,8	27	4	35,8	21
5	21,8	29	5	34,8	22
6	21,8	28	6	35,8	23
średnio	21,8	28,1	średnio	35,8	27
Gleba leśno-stepowa II. wilgotność 30%—35% wałowanie normalne.					
ostroga nr. 2			ostroga nr. 6		
1	24,8	28	1	42,8	30
2	24,8	27	2	41,8	30
3	24,8	28	3	41,8	30
4	25,8	29	4	41,8	29
5	25,8	28	5	42,8	30
6	24,8	28	6	41,8	30
średnio	25	28	średnio	42,1	30
ostroga nr. 5			ostroga nr. 8		
1	12,8	33	1	28,8	26
2	11,8	32	2	28,8	26
3	13,8	34	3	28,8	26
średnio	12,8	33	średnio	28,8	26
ostroga nr. 9			ostroga nr. 10		
1	47,8	28	1	26,8	—
2	47,8	29	2	28,8	—
3	47,8	27	3	27,8	—
średnio	47,8	28	średnio	27,8	—

woduje, że na wielkość odkształcenia materiału wpływa nie tylko wielkość nacisku ostrogi, lecz również i czas jego działania. Natomiast w piasku suchym lub wilgotnym, nieugniecionym lub ugniecionym, czas działania stałego obciążenia albo całkiem nie wpływa na wielkość odkształcenia materiału, lub też w tak nieznacznym stopniu, że stosowane w naszych badaniach przyrządy były zamało precyzyjne, aby wykazać chociażby najmniejsze zmiany, zachodzące w piasku wilgotnym uwałowanym. Ten charakterystyczny objaw dla piasku w ogólności, a dla gleb leśno-stepowych przesianych i powietrznie wysuszonych w szczególności, objaśnia się bardzo małą ściślnością powyższych materiałów, oraz znacznym współczynnikiem tarcia międzycząsteczkowego. Przy nawilgoceniu piasku ściślność jego wprawdzie się zwiększa, lecz wartość współczynnika tarcia międzycząsteczkowego nie tylko nie maleje, ale nawet wzrasta. Terzaghi (16) objaśnia to tem, że woda wskutek znacznych ciśnień występujących przy przesunięciu cząsteczek piasku, stanowi przeciwsmary środek (Antischmirmittel).

Rys. 60 przedstawia porównanie końcowych wielkości oporów gleby przy przesuwaniu kilku rodzajów ostróg na trzech próbkach gleb w rynnice przyrządu. Ostrogi były przesuwane na taką długość, przy której tworzyły się podwójne muszle. Liczbowe dane, które posłużyły do zbudowania omawianego grafikonu, są średniami 3, 6-cio i 8-miokrotnych powtórzeń doświadczeń. Wyniki poszczególnych doświadczeń są zestawione w tab. V. (dla piasku w tab. IV.). Z tej tab. widać, że wartości zrywających obciążeń, przy poszczególnych doświadczeniach dla danego typu ostróg i gleby, mało różniły się między sobą, co wskazuje na dostateczną jednorodność przygotowanego materiału.

Pod kątami ścięć należy rozumieć kąty, jakie tworzą krawędzie powierzchni podłużnych przekrojów powierzchni usuwiskowych z poziomem. Liczby stopni w nawiasach oznaczają wartości analogicznych kątów, jakie zdołano zaobserwować i zmierzyć przy drugim ścięciu ostrogi. Z zestawienia wartości pierwszych i drugich kątów widać, że przy działaniu ostrogi nr. 2 druga powierzchnia usuwiskowa powstaje pod mniejszym kątem, aniżeli powierzchnia pierwszego ścięcia. Krawędzie podłużnych przekrojów powierzchni usuwiskowych przy działaniu tej samej ostrogi tworzą w glebie wilgotnej nieco mniejsze kąty, aniżeli w glebie powietrznie suchej. Różnice te jednak są stosunkowo bardzo nieznaczące. Większe różnice można zaobserwować przy działaniu ostrogi nr. 6.

Z grafikonu widać, jak ogromnie wzrastają opory glebowe przy odchyleniu czołowej powierzchni ostrogi ku tyłowi. Przy odchyleniu czołowej powierzchni ostrogi ku przodowi, opory glebowe są stosunkowo niewielkie. Opory gleby leśno-stepowej III. są mniejsze, aniżeli gleby leśno-stepowej I., a więc podobnie jak to miało miejsce z oporami przy zagłębianiu się spadającego noża.

(C. d. n.).

Wiadomości z literatury technicznej.

Drogi.

— **Wypadki na skrzyżowaniach w poziomie z kolejami w Belgji.** Częste wypadki na skrzyżowaniach w poziomie dróg z kolejami zwróciły uwagę miarodajnych sfer w Belgji ponownie na tę sprawę. Ilość tego rodzaju skrzyżowań jest tam stosunkowo dosyć znaczną, albowiem przy długości sieci drogowej 40.000 km i kolejowej 9.600 km wynosi 6.976, z czego 2.558 skrzyżowań jest strzeżonych, zaś 4.418 niestrzeżonych. Przeciętnie na 6,5 km drogi wypada jedno skrzy-

żowanie z koleją, oraz na 1,6 km kolei jedno skrzyżowanie z drogą.

Już w r. 1930 robiono próby z samoczynną sygnalizacją na przejazdach z pomocą świateł migoczących. Niestety okazało się w okresie 1930—33, że ilość wypadków przy tych przejazdach nie zmalała. Zarząd kolejowy wyciąga z tego wniosek, iż powodem wypadków jest nieuwaga kierowców i woźniców (*Verkehrstechnik* Nr. 24/33).

— **Widzialność i czytelność drogowych znaków ostrzegawczych.** Oddział ruchu drogowego Bureau of Public Roads w Stanach Zjedn. Am. Płnc. przeprowadził szerokie badania odnoszące się do widzialności i kombinacji barw,

ostrzegawczych znaków drogowych i to tak przy oświetle-
niu dziennym, jakoteż w nocy.

Co do barw okazało się, iż przy świetle dziennym naj-
odpowiedniejsze są znaki posiadające tło żółte, zaś litery
względnie symbole czarne. Rezultat ten jest wynikiem 4563
obserwacji poczynionych z 70 osobami. Próby przeprowa-
dzano z trzema kombinacjami barw, mianowicie: czarne li-
tery na białym tle, czarne litery na żółtym tle i białe litery
na czarnym tle, przyczem okres obserwacyjny ustalono na
0.6 do 1.0 sekundy, a odległości obserwacyjne na 60, 90,
105, 120 i 150 m. Podane poniżej zestawienie uwidacznia dla
każdej kombinacji i odległość procentowość udanych odczytów.

Odległość obserwa- cyjna m	Kombina- cja barw	% udanych odczytów
60	I	85
	II	91
	III	93
90	I	62
	II	71
	III	60
105	I	62
	III	72
	III	67
120	I	38
	II	48
	III	38
150	I	35
	II	48
	III	36

I czarne lit. na biał. tle
II czarne lit. na żółt. tle
III białe lit. na czarn. tle

nego i żółtego, dla której 77% obserwacji było dodatnich,
gdy równocześnie przy kombinacji I procent ten wynosił
tylko 63%, zaś przy III — 60%.

Co do prób przeprowadzanych w nocy, okazało się
w pierwszym rzędzie, iż nawet przy dobrym oświetleniu re-
fektorami, nie można liczyć na możliwość rozpoznania znaku
przy odległościach większych niż 60 m. Z tego powodu uznano
tę odległość jako podstawową do dalszych obserwacji.

Dobrą czytelność liter uzyskano dla kombinacji I — 54%,
II — 67%, III — 59%. Okazuje się zatem, że i w nocy
najlepsze rezultaty uzyskuje się z czarnych liter na żół-
tym tle.

Nieco odmiennie przedstawia się statystyka dobrych
obserwacji w odniesieniu do formatu, barwy i pisma znaku:

Element	Kombi- nacja	% udanych obserwacji
format	I	88
	II	100
	III	83
barwa	I	51
	II	94
	III	100
pismo	I	80
	II	71
	III	74

Przy odległości 60 m uzyskano następujące procenty
dobrej czytelności:

gałki 25 m/m średnicy . 74%
" 19 " " . 88 "
" 14 " " . 58 "

Przy odległości 90 m spada procent dobrych odczytów
dla 25 m/m na 39%, 19 m/m na 54%, 14 m/m na 42%.

Okazało się nadto, iż do odległości 180 m otrzymuje
się dobrą rozpoznawalność symbolów przy zaopatrzeniu zna-
ku ostrzegawczego w gałki 25 m/m średnicy. Dopiero po-
wyżej 200 m odległości ztraca się możliwość należytego roz-
różnienia np. ośmioboku od koła.

Na podstawie 2098 obserwacji ustalono również wza-
jemne ustosunkowanie się czytelności znaków zaopatrzonych
w gałki, w czasie dziennym i nocnym. przyczem dla znaków
dziennych robiono próby z kombinacją II i III. Przedsta-
wia się ono w zależności od odległości następująco:

Obserwacje	% dobrych odczytów przy odległości m			
	60	90	105	120
Dzienne	92	65	70	48
Nocne gałki 25 m/m	55	68	31	22
" " 19 "	74	63	25	30
" " 14 "	64	67	27	25

Dodać należy, że obserwacje dzienne przeprowadzono
w pełnym świetle słonecznym w lecie, natomiast nocne
w styczniu przeważnie przy zachmurzeniu. Jest bardzo cha-
rakterystycznym, iż dla odległości 90 m odczyty nocne z gał-
kami 25 i 14 m/m dały lepszy rezultat niżli odczyty dzienne.
(Public Roads Nr. 7/1933). E. B.

Żelazo - beton.

— Największy łuk żelbetowy w Ameryce w Pittsburgu
nad wawozem Turtle opisuje *Eng. News Rec.* (1932, str. 67).
Rozpiętość przęsła średniego wynosił 140 m. Bardzo ciekawe
jest rusztowanie, użyte przy budowie tego łuku. Na dwu
słupach kratowych wspierają się łuki żelazne, które częścią
bezpośrednio, częścią zapomocą słupów pionowych podpierają
deskowanie.

— Słupy żelbetowe silnie uzbrojone *Eng. News Rec.*
1932, str. 297. Dotychczas uzbrajano podłużnie w Ameryce
słupy najwyżej 6%. Przy budowie domu dla dziennika Rock-
ford użyto słupów uzbrojonych 12.9%. Pręty podłużne były
o przekroju kwadratowym o boku 5 cm, co dało pewną
oszczędność kosztów. Dr. M. Thullie.

Mosty.

— O korzystnym przekroju mostów belkowych żelbe-
towych pisze Dr. Berger w *Bet. u. Eisen* (1931, str. 152).
Autor streszcza, że dla większych rozpiętości korzystniej
jest używać mniej belek głównych w większym odstępie
i wyprowadza wzory na rozpiętość płyty.

— Most na Buffalo River w Honston opisuje Hillson
w *Eng. News Rec.* (1932, II, str. 36). Jestto most ukośny
o ukosie 77°. Belki główne żelbetowe są ciągle za zmienną
wysokością. Rozpiętość przęsła średniego wynosi 36.6 m.

— Most na Wełławie w Kralupie żelbetowy łukowy
o rozp. 80 m opisuje Brebera w *Bet. u. Eisen* (1931, str. 91).
Przekrój łuku prostokątny.

— Most żelbetowy łukowy na Ohrzy w Karlowych Va-
rach. opisuje Hornik w *Bet. u. Eisen* (1931, str. 104). Łuk
jest trójprzegubowy $l = 82 \text{ m}$, $\frac{l}{f} = 8$. Łuki mają przekrój
skrzynkowy. Most jest ukośny. Dr. M. Thullie.

RECENZJE I KRYTYKI.

„Mosty włoskie żelbetowe“ (Ponti italiani in cemento armato) nap. Santarella i Miozzi. 2 wyd. Medjolan 1932, tekst i atlas.

Pierwsze wydanie tego dzieła wyszło w r. 1924, w drukiem opisują autorowie i podają plany mostów żelbetowych, wykonanych w ostatnich latach, które się odznaczają lekkością, lepszym wyzyskaniem materiałów, zdolnych nieść większe ciężary nowych dróg automobilowych. Drugie wydanie obejmuje opis 31 mostów. Są to przeważnie mosty drogowe, jeden na Nurze kolejowy o $l=36.6$ m $f=4.0$ m, dwa kanałowe z tych jeden dla $l=54$ m na Cismon. Z większych mostów wymienię tu most na Ernie drogi nadbrzeżnej o $l=61$ m $f=19.2$ m, most na Oglio drogi Bergamo-Brescia $l=41$ m $f=33$ m, na Piave Belluno $l=71.6$ m $f=9.27$ m, most na Bernardiuo w Intres $l=74$ m i most na Addzie $l=80$ m, $f=23.3$ m.

Przy niektórych mostach podano całkowite obliczenie. Wykonanie tekstu i atlasu świetne.

— **Spółdziałanie betonu i żelaza w słupach żelbetowych** nap. Dr. Bruno Bauer. Wiedeń 1932. Autor jest właścicielem patentu uzbrajania słupów żelbetowych wkładkami podłużnymi sztywnymi lub usztywnionymi. Zalecając swój system, występuje autor stanowczo przeciw prawu dodawania Empergera, które rzeczywiście sprawdza się tylko w pewnych wypadkach.
Dr. M. Thullie.

Inż. Dr. Bolesław Hupczyc: „Kontrola betonu na budowie“ 1933 r., str. 76, cena 2 zł. Autor przedstawia w tej pracy jako swej dysertacji doktorskiej własną metodę kontroli betonu na budowie na podstawie doświadczeń, które przeprowadził podczas budowy betonowej przegrody doliny w Wapienicy pod Bielskiem. Praca składa się z trzech części: I. kontrola konsystencji betonu, II. kontrola wskaźnika wodo-cementowego, III. kontrola składu świeżo wykonanego betonu.

Inż. T. J. Kałkowski: „Torkretnictwo, betonowanie pod ciśnieniem sprężonego powietrza i jego zastosowanie w budownictwie“ 1934, str. 103, 48 rycin, cena 2.60 zł. Praca ta stanowi całokształt wiadomości z zakresu stosowania torkretnictwa w budownictwie lądowym i wodnym, oraz w górnictwie, oparta na własnych doświadczeniach, które zaczerpnął autor przy robotach na Górnym Śląsku. Zawiera ona opis narzędzi i maszyn, wykonanie robót natryskowych i wytryskowych oraz ich kosztorysowanie. Na końcu podany jest obszerny wykaz literatury z tego zakresu. Książkę ilustrują doskonale fotografie.

Lucjusz Radyx: „Wyprawy szlachetne“ 1934 r., str. 43 i 42 rycin, cena 80 gr. Broszura ta opisuje wszelkiego rodzaju wyprawy szlachetne, stosowane w naszym kraju, uwzględniając przede wszystkim te roboty, które dadzą się wykonać przy pomocy materiałów krajowych. Na treść broszury składa się opis prac przygotowawczych, opis materia-

łów i narzędzi, służących do wypraw szlachetnych, a wreszcie szczegółowy opis wykonania kilkunastu rodzajów wypraw.

BIBLIOGRAFJA.

Książki nadesłane. Inż. P. Tułacz: „Atlas konstrukcyj spawanych“ Cz. I. Spawanie autogeniczne. Wydawnictwo Stowarzyszenia dla rozwoju spawania i cięcia metali w Polsce. Katowice 1934. Cena 20 zł.

Dr. B. Hupczyc: „Kontrola betonu na budowie“. Nakł. czasopisma *Cement*. Warszawa 1933. Cena 2 zł.

T. Kałkowski: „Torkretnictwo“. Nakł. czasopisma *Cement*. Warszawa 1934. Cena 2.60 zł.

J. Radyx: „Wyprawy szlachetne“. Warszawa 1934 r. Cena 80 g.

Włodzimierz Trzebiatowski: „O otrzymywaniu i własnościach drobnokrystalicznych faz metalicznych“. Lwów 1934. Nakładem autora.

„Prace Trzeciego Polskiego Kongresu Drogowego 1934“. Nakładem Stowarzyszenia Członków Polskich Kongr. Drog. Warszawa 1934.

Aleksander Wróbel: „Metoda polarymetrycznego oznaczania kwasu fosforowego“. Odbitka z *Kosmosu*. Lwów 1913.

Aleksander Wróbel: „Ilościowe polarymetryczne oznaczenie związków optycznie nieczynnych“. Odbitka z „Roczników Chemii“ 1924. Warszawa 1924.

Aleks. Wróbel: „Kondensacja bezwodnika i estrów kwasu dwuacetylowinowego z aniliną i fenylhydrzyną“. Odbitka z „Roczników chemii“ 1933. Warszawa 1933.

NEKROLOGJA.

W grudniu ub. r. zmarł Członek naszego Towarzystwa od r. 1904 śp. Inż. Gustaw Müldner.

Urodzony 16. I. 1880 w Tarnowie, po ukończeniu Politechniki Lwowskiej w r. 1903 wstępuje do Biura Meljoracyjnego b. Wydziału Krajowego, gdzie na szeregu posterunkach oddaje społeczeństwu wybitne usługi.

W r. 1918 wstępuje w szeregu armji polskiej, biorąc udział w obronie Lwowa w charakterze pułkownika i zastępcy szefa budownictwa polowego VI armji. Od r. 1922 spełnia funkcje nauczyciela w Państwowej Szkole Technicznej we Lwowie, następnie zaś zostaje zamianowany kierownikiem Wydziału drogowo-wodnego tejże szkoły.

Człowiek nieskazitelnego charakteru, uczynny i prawy, zyskał sobie powszechny szacunek i niekłamana sympatię tych wszystkich, którzy się z Nim zetknęli. Posiadał odznaczenia Krzyża Niepodległości, Orłąt i Obrony Lwowa.

Cześć Jego pamięci!

Kongresy i Zjazdy.

XI. Międzynarodowy Kongres Acetyleny i Spawania oraz Przemysłów Pokrewnych odbędzie się w Rzymie w czasie od 5—10 czerwca 1934.

Zgłoszenia uczestnictwa przyjmuje Stowarzyszenie dla rozwoju i cięcia metali w Polsce. Katowice, Zamkowa 20, względnie Warszawa, Mazowiecka 7. Termin zgłaszania referatów upływa 31 marca br.

SPRAWY TOWARZYSTWA.

Protokół z posiedzenia Wydziału Głównego P. T. P. z dnia 8 stycznia 1934 r. Obecni: Prezes Inż. St. Rybicki, Wiceprezesi Rektor Dr. Nadolski, Inż. P. Prachtel-Morawiański i 16 członków Wydziału.

Protokół z ostatniego posiedzenia z dn. 11. XII. 1933 po odczytaniu przyjęto.

Jednogłośnie przyjęto następujących członków: Posła Inż. Gustawa Chmielewskiego i Inż. Stanisława Aslera.

Ustalono termin Walnego Zgromadzenia na środę dnia 21. III. 1934.

Przyjęto regulamin i listę Komisji-matki.

Na delegata Wydziału Głównego do Komisji-matki wybrano inż. St. Kozłowskiego, a na zastępcę inż. E. Bronarskiego.

Uproszono Prof. Zipsera, by opracował nowy regulamin Sądu polubownego i honorowego. Następnie uchwalono:

a) zamieszczać w *Czasopiśmie Technicznym* rubrykę „zebrania tygodniowe“, w której będą podawane skróty odczytów, ewentualnie same tytuły;

b) uprosić prelegentów, aby te skróty podawali.

Preliminarz na r. 1934 referował Inż. Bronarski. Po dyskusji uchwalono powierzyć komisji przestudjowanie tego preliminarza i poczynienie jaknajdalej idących oszczędności.

Na tem posiedzenie zamknięto.

Redaktor naczelny i odpowiedzialny Prof. Inż. Emil Bratro.

Nakładem Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie. Pierwsza Związkowa Drukarnia we Lwowie, ul. Lindego 1. 4.

LWOWSKIE

CZASOPISMO LOTNICZEORGAN LABORATORJUM AERODYNAMICZNEGO POLITECHNIKI LWOWSKIEJ I INSTYTUTU TECHNIKI SZYBOWNICTWA
DODATEK DO „CZASOPISMA TECHNICZNEGO“

KOMITET REDAKCYJNY:

Prof. Inż. STANISŁAW ŁUKASIEWICZ
Naczelnny Kierownik I. T. S.Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS
Kierownik Lab. Aeroö. Politechniki Lw.

REDAKTOR NACZELNY I ODPOWIEDZIALNY: Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS.

Od Kierownictwa Instytutu techniki szybownictwa:

Jedną z pierwszych i nader ważnych potrzeb techniki szybownictwa jest ustalenie i krytyczne uzasadnienie wytycznych dla obliczeń wytrzymałościowych szybowców z uwagi na to, że przedstawiają one maszyny pracujące w warunkach nieco odmiennych od płatowców silnikowych.

Instytut techniki szybownictwa od pierwszych prawie miesięcy założenia podjął prace nad projektem tych wytycznych. Rezultatem tych prac jest niżej podany projekt nazwany projektem „przepisów“. Materiał w tym projekcie zawarty ustalony został po dłuższych głębokich i krytycznych rozważaniach, wobec tego ITS sądzi, że okaże on pomoc władzom, upoważnionym do wydawania przepisów oficjalnych. Poza to ITS uważa, że materiał ten przyczyni się do postępu w konstrukcji szybowców, gdyż pobudzi konstruktorów do głębszego wnikania w podstawy obliczeń i do uzależnienia ich od cech szybowców.

Założeniem w opracowywaniu wytycznych było oprzeć je na możliwie najpewniejszych wyjaśnionych podstawach. Temi

byłyby dane doświadczalne. Niestety brak ich jeszcze dla szybowców. Jednym z ważniejszych zadań ITS jest i będzie przeprowadzać badania nad obciążeniami i naprężeniami w częściach szybowca. W braku doświadczeń nad szybowcami trzeba było na razie oprzeć się na tem, co zebrała nauka i doświadczenie dla płatowców silnikowych. Poddano starannej analizie, jak zastosować materiał ten do szybowców.

W pierwszym opracowaniu projektu wytycznych brał udział inż. Wacław Czerwiński. Ostateczną jednak treść projektu, a przede wszystkim krytyczną analizą możliwych obciążeń szybowca należy do p. Adama Nowotnego.

Ustalenie przepisów — z racji ich nader ważnego znaczenia — nie może być dziełem jednego lub paru nawet zawodowców. Procedura ich opracowania musi pociągnąć do współpracy wszystkich posiadających doświadczenie i musi polegać na wymianie poglądów. Dlatego w interesie sprawy prosimy o uwagi i dyskusję, otwierając dla niej łamy „Lwowskiego Czasopisma Lotniczego“.

S. Łukasiewicz.

Projekt ITS przepisów odnoszących się do obliczeń wytrzymałości szybowców.

Projet du réglemant de résistance pour planeurs élaboré par l'Institut de la Technique de l'Aviation sans Moteur à Lwów.

Przeгляд treści:

- I. Obciążenia płata.
 - A. Minimalne współczynniki wytrzymałości.
 1. Lot swobodny.
 2. Lot włączony w powietrze spokojnem.
 3. Lot włączony w powietrze burzliwem.
 4. Lądowanie.
 - B. Rozkład obciążeń.
 1. Rozkład obciążeń wzdłuż rozpiętości płata.
 2. Ciężar rachunkowy.
- II. Obciążenia usterzeń.
 - A. Usterzenie poziome.
 - B. Usterzenie pionowe.
 - C. Rozkład obciążeń.
 - D. Lotki.
- III. Obciążenia kadłuba.
 1. Z powodu usterzeń.
 2. Z powodu sił masowych od załogi.
 3. Od liny startowej.
 4. Przy lądowaniu.
 5. W akrobacji.
 6. Siedzenie pilota.
- IV. Sterownice.
- V. Sztywność konstrukcji.
 1. Sztywność płata.
 2. Sztywność kadłuba.
 3. Sztywność usterzeń.

Spółczynniki wytrzymałości. Definicje.

W przepisach lotniczych operuje się w ogólności trzema współczynnikami:

1. Spółczynnik obciążenia dopuszczalnego m , określa stosunek sił mogących wystąpić w locie, wzgl. przy używaniu płatowca, do sił występujących w swobodnym locie jednostajnym. Ponieważ w locie jednostajnym siły aerodynamiczne równoważą ciężar szybowca Q , zatem wypadkowe obciążenie, mogące wystąpić w locie, jest równe $m \cdot Q$. Obciążenie to, winna wytrzymać konstrukcja nie wykazując znaczniejszych odkształceń trwałych.

2. Spółczynnik pewności ν , określa stosunek naprężeń łamiących względnie naprężeń, przy jakich osiągnięta jest praktyczna granica sprężystości materiału (granica 0,2%), do naprężeń, spowodowanych obciążeniami mogącymi wystąpić w locie. Zależnie od materiału (drzewo czy metal), oraz zależnie od rodzaju obciążenia, używa się różnych współczynników pewności ν .

3. Spółczynnik wytrzymałości n określa stosunek naprężeń łamiących do naprężeń wywołanych siłami występującymi w locie jednostajnym swobodnym (względnie przy postoju szybowca na ziemi). Jeżeliby

prawo proporcjonalności Hooke'a ważne było aż do granicy wytrzymałości doraźnej, wówczas byłoby $n = \nu \cdot m$.

W niniejszych przepisach operuje się wyłącznie współczynnikiem wytrzymałości n . Wszystkie obciążenia w dalszym ciągu podane, należy rozumieć jako obciążenia łamiące t. zn., że naprężenia wywołane przez te obciążenia nie mogą przekroczyć granicy doraźnej wytrzymałości użytego materiału.

Uwaga: Przy ustalaniu wielkości obciążeń łamiących, przyjęto zależność $n = \nu \cdot m$, przyczem przyjęto dla wszystkich wypadków bez względu na materiał współczynnik pewności $\nu = 2$. Przyjęcie to uzasadnia się tem, że dla drzewa, które jest głównym materiałem konstrukcyjnym w budowie szybowców, prawo proporcjonalności Hooke'a ważne jest prawie aż do granicy wytrzymałości doraźnej, która schodzi się niemal z granicą elastyczności. Dla gatunków stali używanych w budowie szybowców (Nr. 12—14), granica sprężystości wynosi $\sim 60\%$ granicy wytrzymałości, wobec czego licząc współczynnikiem n względem wytrzymałości doraźnej, otrzymujemy $2 \cdot 0,6 = 1,2$ -krotną pewność względem granicy sprężystości.

Oznaczenia.

- m współczynnik obciążenia,
- ν współczynnik pewności,
- n współczynnik wytrzymałości,
- Q kg ciężar szybowca w locie,
- Q_s " " skrzydeł,
- Q_z " " załogi ≥ 80 kg/osobę,
- R_n " składowa obciążenia wypadkowego, normalna do cięciwy odniesienia,
- R_t " składowa obciążenia wypadkowego, styczna do cięciwy odniesienia,
- p, p_0 kg/m² jednostkowe obciążenia z powodu sił aerodynamicznych i ciężaru własnego płata,
- c_y współczynnik siły nośnej,
- $c_{x \min}$ minimalny współczynnik oporu całego szybowca,
- c_{m_0} współczynnik momentu względem przedniej krawędzi płata, dla $c_y = 0$,
- v_w m/sek szybkość wleczenia,
- w " " prądu wstępującego wzgl. pulsacji pionowej,
- S i S_H m² powierzchnia nośna płata i usterzenia poziomego,
- L_H m odległość „środka wporu“ usterzenia poziomego od środka ciężkości szybowca („środek wporu“ usterzenia można przyjąć w $\frac{1}{4}$ maksymalnej głębokości usterzenia),
- L_1 m rzut odległości punktu zaczepienia liny wleczącej od środka ciężkości szybowca na cięciwę odniesienia płata,
- l m cięciwa odniesienia skrzydła,
- x m rzut na cięciwę odniesienia skrzydła odległości przedniej krawędzi płata od środka ciężkości szybowca,
- i rad kąt natarcia,
- T kg siła ciągu liny wleczącej,
- P_n, P_t kg składowe wypadkowej aerodynamicznej działającej na płat, normalne i styczne do cięciwy.

I. Obciążenia płata.

Obliczenie wytrzymałości należy przeprowadzić na następujące wypadki:

1. Lot swobodny.
2. Lot wleczoney w powietrzu spokojnym.
3. Lot wleczoney w powietrzu burzliwym.
4. Lądowanie.

A. Minimalne współczynniki wytrzymałości płata.

1. Lot swobodny.

Schemat obciążeń płata, jaki należy przyjąć do obliczeń przedstawia ryc. 1. Współczynnik wytrzymałości n należy przyjąć jako funkcję c_y , określoną w następujący sposób:

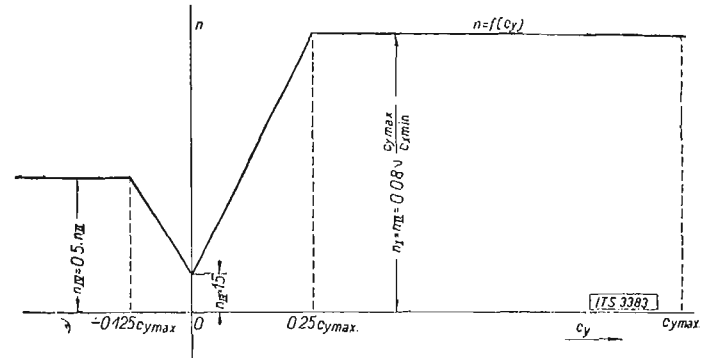
W zakresie od: $c_y = 0,25 \cdot c_{y \max}$ do $c_{y \max}$:

$$n_I = n_{II} = \text{const} = 0,16 \frac{c_{y \max}}{c_{x \min}} \quad (1)$$

Dla $c_y = 0$, $n_{III} = 1,5$.

Dla $c_y \leq -0,125 \cdot c_{y \max}$, $n_{IV} = 0,5 \cdot n_I$.

Pomiędzy określonymi w ten sposób punktami należy przyjąć linjową zmianę współczynnika wytrzymałości n w funkcji c_y zgodnie z ryc. 1.



Ryc. 1.

Schemat obciążeń płata. Współczynnik wytrzymałości n jako funkcja współczynnika wyporu c_y .

2. Lot wleczoney w powietrzu spokojnym.

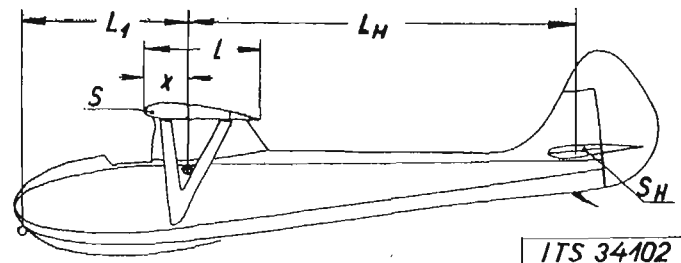
Największą dopuszczalną szybkość wleczenia (za samochodem lub za samolotem), określa wzór:

$$v_w \max = \sqrt{\frac{(n_I - 2)(Q - Q_s)}{2 \cdot k \cdot Q}} \text{ m/sek}, \quad (2)$$

gdzie:

$$k = \frac{S_H(L_H + L_1) - c_{m_0} S \cdot l}{Q \left[L_1 + \left(0,25 - \frac{x}{l} \right) \cdot l \right]}$$

przyczem oznaczenia podaje ryc. 2.



Ryc. 2.

Oznaczenia wymiarów szybowca, koniecznych do obliczenia wymaganego współczynnika wytrzymałości płata ze względu na obciążenia w locie wleczoney.

Jeżeli przy projektowaniu wstępnym przewiduje się większe dopuszczalne szybkości wleczenia od wynikających z równania (2) po wstawieniu wartości na n_I określonej równaniem (1), wówczas należy przyjąć do obliczeń odpowiednio wyższy współczynnik wytrzymałości n_I .

3. Lot wleczoney w powietrzu burzliwym.

Maksymalną dopuszczalną szybkość wleczenia w powietrzu burzliwym (o silnych prądach wstępujących) określa wzór:

$$v_{w_{max}} = \frac{n_L - 2}{2 \cdot w \cdot \frac{S}{Q} \cdot \frac{dc_y}{di} \cdot \frac{1}{16} \cdot \eta} \quad m/sec, \quad (3)$$

przyczem należy przyjąć:

$$w \geq 10 \text{ m/sec}; \quad \eta \geq 0,7.$$

Uwaga: Równanie (3) uwzględnia górną granicę obciążeń mogących wystąpić przy wyjątkowo silnych prądach wstępujących o szybkości $w = 10 \text{ m/sec}$. Wobec zbyt małej ilości danych doświadczalnych niemożliwym jest jeszcze dzisiaj podać koniecznej granicy bezpieczeństwa. Zasadniczo do obliczenia szybowców wystarczy przyjąć dopuszczalną szybkość wleczenia według wzoru (2), jednak szybkość dopuszczalna w powietrzu burzliwym winna być uwidoczniiona na kadłubie szybowca jako wskazówka i przestroga dla pilota.

4. Lądowanie.

Spółczynnik wytrzymałości, w wypadku obciążenia siłami masowymi występującymi przy lądowaniu, które należy rozłożyć wzdłuż powierzchni płata zgodnie z jego konstrukcją należy przyjąć:

$n_L = 8$ dla sił normalnych do powierzchni płata, oraz $n_L' = 4$ dla sił stycznych.

Obliczenie należy przeprowadzić dla każdego kierunku oddzielnie.

W wypadku płata podpartego zastrzałami względnie linkami, dopuszczalne jest przyjęcie współczynnika $n''_L = (n_L - 1)$ dla usztywnień zewnętrznych płata, o ile ze względu na obciążenia w locie nie jest konieczny wyższy współczynnik wytrzymałości.

B. Rozkład obciążeń.

1. Rozkład obciążeń wzdłuż rozpiętości płata.

Przy wyznaczaniu rozkładu obciążeń wzdłuż rozpiętości płata należy się zasadniczo oprzeć na pomiarach rozkładów ciśnień wykonanych w tunelu aerodynamicznym. W razie niemożności przeprowadzenia takich pomiarów względnie jeżeli wyniki znanych pomiarów nie dadzą się uogólnić na płat rozpatrywany, dopuszczalne jest przyjęcie rozkładu obciążeń wzdłuż rozpiętości płata proporcjonalny do cięciw, t. zn. kształt rozkładu podobny do kształtu obrysu płata w wypadku, gdy profil i kąt natarcia są stałe wzdłuż całej rozpiętości płata.

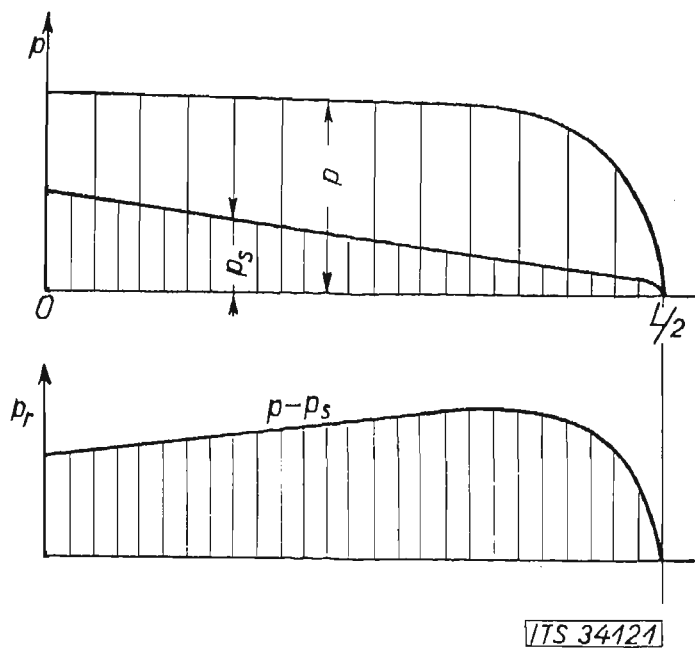
Dla płatów o zmiennym profilu, rozkład obciążeń proporcjonalny do cięciw dopuszczalny jest tylko wtedy, gdy kąt natarcia maleje ku końcom płata. Kąty natarcia należy przytem liczyć względem linii zerowych wyporów profilów płata, a nie względem „cięciw“.

W wypadku płata zwichrzonego w ten sposób, że kąty natarcia rosną ku końcom płata, należy przyjąć rozkład proporcjonalny do iloczynów z cięciwy i współczynnika wyporu profilu danego przekroju płata $c_{yn} \cdot l_n$. Za podstawę należy przytem przyjąć biegunowe profilów rozpatrywanych przekrojów płata, przeliczone na wydłużenie równe wydłużeniu płata. W razie posiadania jedynie biegunowych profilów w środku i na końcach płata, dopuszczalne jest przyjęcie linjowej zmiany c_y pomiędzy środkami a końcami płata o ile profile pośrednie otrzymano jako przekroje powierzchni prostokątnej i rozwijalnej, której przekroje końcowe są znanymi profilami w środku i na końcu płata.

Pożądanem jest wyznaczenie rozkładu obciążeń wzdłuż rozpiętości płata metodami ściślejszemi.

2. Ciężar rachunkowy.

Operowanie w obliczeniach wytrzymałości płata t. zw. ciężarem rachunkowym ($Q - Q_s$) dozwolone jest tylko wtedy, jeżeli rozkład wyporu i rozkład ciężaru własnego płata wzdłuż rozpiętości są geometrycznie podobne. W innych wypadkach należy wyjść z wypadkowego rozkładu obciążeń (ryc. 3).



Ryc. 3.

Rozkład wyporu wzdłuż rozpiętości płata $p=f(L)$ o obrysie trapezowym zwichrzonego w ten sposób, że kąt natarcia rośnie ku końcom płata, oraz rozkład ciężaru własnego $p_s=f(L)$. Rozkład wypadkowy $(p-p_s)=f(L)$ obciąża silniej końce płata.

II. Obciążenia usterzeń.

A. Usterzenie poziome.

Obciążenie usterzenia, dla którego należy przeprowadzić dowód wytrzymałości, należy wyznaczyć z warunku równowagi około środka ciężkości:

$$p_H = \frac{M}{L_H \cdot S_H} n, \quad (4)$$

przyczem M jest funkcją c_y , określoną krzywą momentów płata względem środka ciężkości szybowca, a wyznaczoną z wyników pomiarów tunelowych, a zarazem n jest funkcją c_y określoną w rozdziale I.A.1.

W wypadku gdy maksymalne otrzymane w ten sposób obciążenie jest mniejsze od 150 kg/m^2 , należy przyjąć do obliczeń co najmniej 150 kg/m^2 .

B. Usterzenie pionowe.

Usterzenie pionowe należy obliczyć na działanie pulsacji bocznej. Obciążenie niszczące jest w tym wypadku:

$$p_v = \frac{1}{8} \cdot v_w \cdot w \cdot \frac{dc_{n_v}}{di}, \quad (5)$$

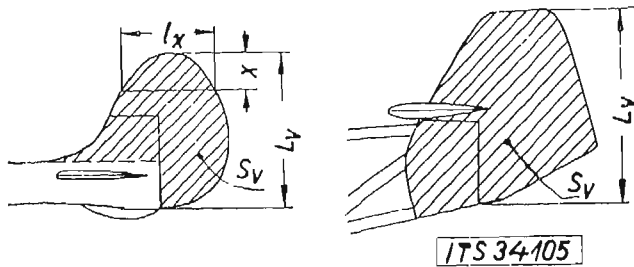
przyczem $w = 10 \text{ m/sec}$, zaś v_w należy przyjąć równe maksymalnej dopuszczalnej szybkości wleczenia obliczonej z równania (2) dla szybowców przeznaczonych do wleczenia, oraz $v_w = 10 \sqrt{\frac{Q}{S}}$ dla wszystkich innych szybowców.

Obciążenia łamiące przyjęte do rachunku nie mogą być mniejsze od 150 kg/m^2 .

C. Rozkład obciążeń na usterzeniach.

1. Wzdłuż rozpiętości usterzeń należy przyjmować rozkład obciążenia proporcjonalny do cięciw.

Określenie rozpiętości, powierzchni oraz cięciw usterzenia, jakie należy przyjąć do rachunku podaje ryc. 4.



Ryc. 4 a.

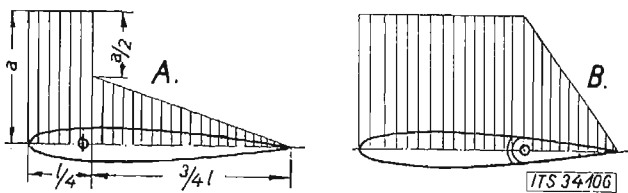
Ryc. 4 b.

Określenie powierzchni i rozpiętości usterzeń pionowych, jakie należy przyjmować do rachunku: a) w wypadku kadłuba zamkniętego; b) w wypadku kadłuba kratowego otwartego.

2. Wzdłuż cięciw, należy przyjmować:

a) Dla usterzeń niedzielonych (bez statecznika) rozkład obciążeń według ryc. 5 a.

b) Dla usterzeń, dzielonych (ze statecznikiem) rozkład obciążeń według ryc. 5 b.



Ryc. 5 a.

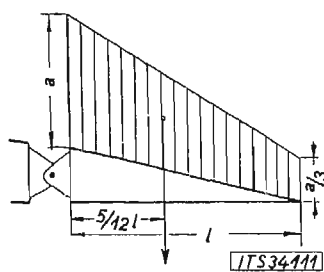
Ryc. 5 b.

Rozkłady obciążeń wzdłuż cięciwy, przyjęte dla usterzeń: a) usterzenie niedzielone (bez statecznika); b) usterzenie dzielone (ze statecznikiem).

D. Lotki.

Lotki należy przeliczyć na obciążenie 150 kg/m^2 .

Rozkład obciążeń wzdłuż rozpiętości lotki należy przyjąć proporcjonalny do cięciw, wzdłuż cięciw według ryc. 6.



Ryc. 6.

Rozkład obciążeń wzdłuż cięciwy lotek.

III. Obciążenia kadłuba.

Kadłub należy przeliczyć na działanie następujących sił:

1. Siły pochodzące od opierzeń;
2. Siły masowe od załogi w locie;
3. Siły skupione od liny startowej względnie wleczącej;
4. Siły masowe występujące przy lądowaniu;
5. Siły pochodzące od niesymetrycznego obciążenia płata (tylko dla szybowców akrobacyjnych).

1. Obciążenia kadłuba z powodu opierzeń.

Kadłub należy przeliczyć na równoczesne działanie sił wynikających z obciążeń przyjętych dla opierzeń określonych w rozdz. II. (Równoczesne zginanie i skręcanie, po 100% sił od opierzenia poziomego i pionowego).

2. Obciążenie siłami masowymi w locie.

Kabiny pilota względnie załogi muszą wytrzymać obciążenie siłami masowymi przyłożonemi w środkach ciężkości pilota względnie załogi prostopadle do cięciwy płata o wielkości $n_1 \cdot Q_z$, gdzie n_1 określone jest w rozdziale I. A. 1, zaś ciężar załogi należy przyjmować $Q_z \geq 80 \text{ kg/l}$ osobę. Środki ciężkości należy przyjmować w odległości conajmniej 500 mm przed oparciem głowy.

3. Obciążenia od liny startowej.

a) Haki startowe, ich zamocowanie, oraz cały kadłub, winne wytrzymać obciążenie siłą skupioną równą 1000 kg , przechodzącą przez linię wyznaczoną przez haki przedni i tylny.

b) Szybowce, które mogą być wleczone (za samochodem lub za samolotem), powinny wytrzymać obciążenie siłą skupioną, zaczepioną na haku przednim a prostopadłą do cięciwy profilu, o wielkości:

$$T = \frac{v_w^2}{8} \cdot \frac{S_{II} \cdot L_{II}}{L_1} \quad (6)$$

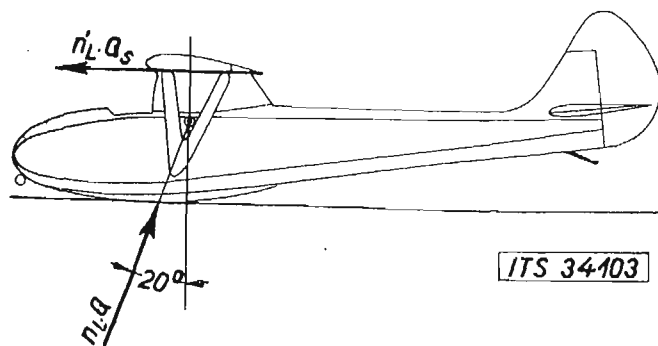
gdzie v_w jest dopuszczalną szybkością wleczenia według równania (2).

Jeżeli z powyższego równania otrzymana siła jest mniejsza od 800 kg , należy przyjąć do rachunku conajmniej 800 kg .

4. Obciążenia przy lądowaniu.

Spółczynnik wytrzymałości dla wszystkich szybowców $n_L = 8$, dla przyjętej amortyzacji zapomocą krążków gumowych. Dopuszczalne są niższe współczynniki wytrzymałości na lądowanie, o ile zastosowano odpowiednią amortyzację. Do obliczenia koniecznej pracy amortyzacji należy przytem przyjąć wolny spadek z wysokości $\geq 0,2 \text{ m}$.

a) Lądowanie na płożę. Płożę i skrzynkę, względnie odpowiednią część kadłuba, należy przeliczyć na obciążenie siłą skupioną przechodzącą przez środek ciężkości i nachyloną pod kątem 20° względem normalnej do cięciwy profilu płata (ryc. 7) o wielkości $Q \cdot n_L$.



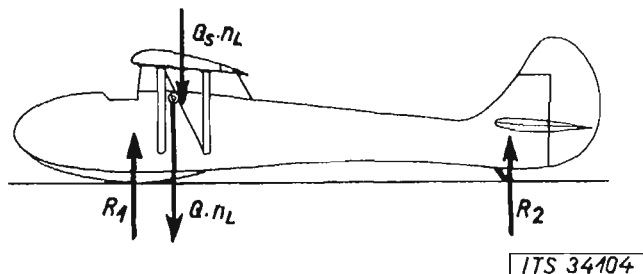
Ryc. 7.

Lądowanie na płożę: Szybowiec ląduje z dużą szybkością.

b) Lądowanie na 2 punkty (ryc. 8). Kadłub winien wytrzymać obciążenie siłą skupioną przechodzącą przez środek ciężkości i prostopadłą do płaszczyzny lądowania o wielkości $Q \cdot n_L$.

c) Uderzenie końcem płata o ziemię. Wieżyczkę kadłuba i umocowanie płata w kadłubie

należy przeliczyć na działanie siły skupionej równej 50 kg zaczepionej na końcu skrzydła, równoległej do cięciwy profilu i skierowanej do tyłu.



Ryc. c.
Lądowanie na 2 punkty (z przepadaniem).

5. Obciążenia kadłuba z powodu niesymetrycznego obciążenia, działającego na płat w akrobacji.

Dla szybowców przeznaczonych do akrobacji należy przeliczyć umocowanie płata na kadłubie, wieżyczkę kadłuba oraz zastrzały na obciążenie niesymetryczne, wynikające z przyjęcia dla jednej połówki obciążeń normalnych R_n i stycznych R_t do cięciwy odniesienia, odpowiadających maximum dodatniemu, dla drugiej zaś połówki płata odpowiadających maximum ujemnemu obciążeniu stycznym R_t , wynikających z linii wpływowych dla obciążeń płata (porównaj „Uwagi odnoszące się do sposobu przeprowadzania obliczeń” p. 2. na końcu niniejszych przepisów). Rozkład obciążeń wzdłuż rozpiętości poszczególnych połówek płata należy w tym wypadku przyjąć w formie prostokątów.

6. Siedzenie pilota względnie załogi.

Dla szybowców bez kabinki (otwarte siedzenie), siedzenie pilota winno wytrzymać obciążenie normalne i równomiernie rozłożone na powierzchnię siedzenia, o wielkości $Q_s \cdot (n_L - 1)$, przy czym $n_L = 8$, oraz obciążenie styczne do powierzchni siedzenia i prostopadłe do płaszczyzny symetrii szybowca równe $n_t \cdot Q_s$.

Dla szybowców kabinkowych, siedzenie winno wytrzymać obciążenie normalne o wielkości $Q_s \cdot (n_t - 1)$, gdzie n_t określa równanie (1).

IV. Sterownice.

Przy obliczeniu wytrzymałości całego układu dźwigni, linek i drążków, stanowiących mechanizm sterowy, należy w zasadzie wyjść od sił wywieranych przez pilota, a przyłożonych na drążku sterowym względnie orczyku. Jedynie w wypadku, gdy wynikające stąd siły na dźwigniach sterów są mniejsze od sił wynikających z obciążeń przyjętych dla sterów, należy wyjść z obciążenia sterów.

Należy przyjmować następujące siły wywierane przez pilota jako łamiące:

a) Siła 100 kg na drążek sterowy, od pilota i do pilota (sterowanie sterem wysokości).

b) Siła 50 kg na drążek sterowy w prawo i w lewo od pilota (sterowanie lotkami).

b') Siła 25 kg na obwodzie koła sterowego od każdej ręki (w wypadku zastosowania koła sterowego).

c) Siła 100 kg na każdą stronę orczyka lub na każdy pedał (sterowanie sterem kierunkowym).

V. Sztywność konstrukcji.

Niezależnie od obliczenia naprężeń występujących w poszczególnych elementach pod wpływem określonych powyżej obciążeń, należy równocześnie obliczyć

odkształcenia poszczególnych elementów. W szczególności należy przeprowadzić dowód dostatecznej sztywności płata, kadłuba i opierzeń.

1. Sztywność płata.

a) Zginanie. Maksymalne dopuszczalne ugięcie płata dla współczynnika obciążenia $m=1$ winno wynosić $f \leq 0,02 \cdot L$, jeżeli L jest długością wolnonośnej części płata.

b) Skręcanie. Należy uwzględnić przyrost momentu przy skręceniu płata. W tym celu należy wyznaczyć kąty skręcania wzdłuż rozpiętości płata dla obciążenia momentem skręcającym odpowiadającym

wartości c_m i szybkości granicznej $v_g = 16 \sqrt{\frac{Q}{S}}$ m/sek.

Pod wpływem tego momentu, powiększonego o wartość przyrostu momentu spowodowanego zmianą kąta natarcia na skutek wyznaczonego skręcenia płata, naprężenia ścinające w wypadku płata krytego sklejką winne wynosić $\tau \leq 80 \text{ kg/cm}^2$. W wypadku płata dwudźwigarowego, naprężenia winne być $\sigma \leq \frac{\sigma_r}{2}$, jeżeli σ_r jest naprężeniem zrywającym.

2. Sztywność kadłuba.

Pod wpływem obciążenia momentem skręcającym wywołanym obciążeniem usterzenia pionowego o wielkości $p_v/2$, gdzie p_v określone jest w p. II. B., kąt skręcania mierzony na końcu kadłuba winien być $\leq 1^\circ$.

3. Sztywność usterzeń.

Kąt skręcania sterów, ustalonych przez zamocowanie końca dźwigni sterowej, pod wpływem $1/2$ wartości obciążenia określonego w p. II. winien być $\leq 3,5^\circ$.

Uwagi odnoszące się do sposobu przeprowadzenia obliczeń*).

Obliczenia wytrzymałości winne być podane w sposób możliwie przejrzysty, umożliwiający szybką kontrolę. Przy obliczeniu poszczególnych elementów, należy każdorazowo podać numer rysunku konstrukcyjnego i numer części. Celem będzie zestawienie obliczeń według następującego schematu:

1. Założenia.

a) Zestawienie zasadniczych wymiarów i współczynników koniecznych dla ustalenia obciążeń.

b) Wyniki pomiarów tunelowych:

W myśl wskazówek wyrażonych przez prof. Witoszyńskiego na ostatnim zebraniu PKS, podstawą obliczeń winna być „biegunowa równowaga”. Należy również podać wyniki dmuchań stateczności podłużnej oraz kierunkowej, które jakkolwiek nie należą bezpośrednio do obliczeń wytrzymałości w myśl niniejszych przepisów, stanowią pewien dowód bezpieczeństwa konstrukcji ze względu na własności w locie. Wreszcie należy w miarę możliwości podać wyniki pomiarów rozkładu wporu wzdłuż rozpiętości płata zgodnie z rozdziałem I. B. niniejszych przepisów.

c) Zestawienie ciężarów.

d) Ustalenie współczynników wytrzymałości płata i obliczenie dopuszczalnej szybkości wleczenia.

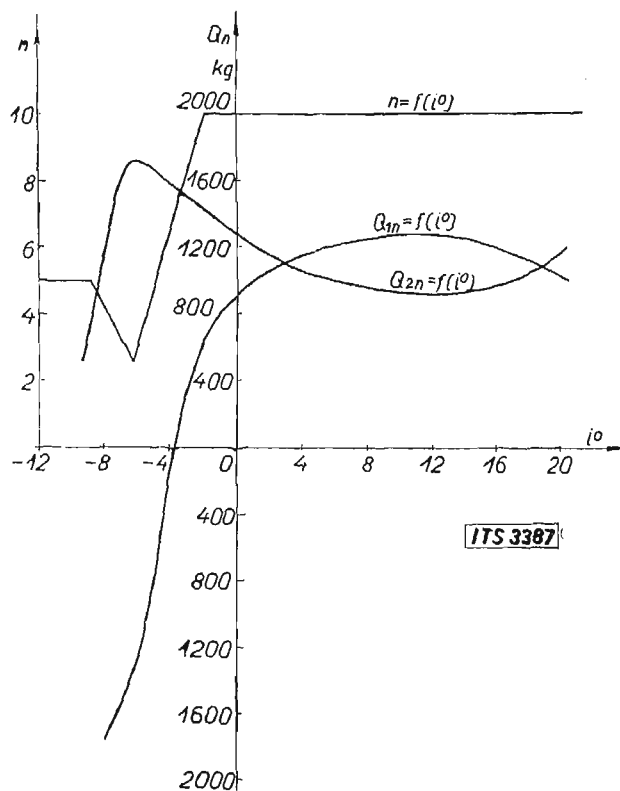
*) Celem ujednostajnienia i ułatwienia konstruktorom wykonania a organom kontrolującym szybkiego sprawdzenia obliczeń, ITS opracowuje schematy i tabele dla obliczenia obciążeń oraz wytrzymałości typowych konstrukcji stosowanych w budowie szybowców. Materiały te, ITS wysyłać będzie zainteresowanym na żądanie.

2. Obliczenie obciążeń płata i opierzeń.

a) Wyznaczenie obciążeń płata:

Wychodząc z biegunowej płata, należy wyznaczyć obciążenia normalne $R'_n = (P_n - Q_{sn})$ i styczne $R'_t = (P_t - Q_{st})$ w funkcji współczynnika wyporu względnie kąta natarcia płata. Następnie obliczymy obciążenia łamiące $R_n = n \cdot R'_n$ względnie $R_t = n \cdot R'_t$ jako funkcje c_y , przy czym zmiana n określona jest w rozdziale I. A. 1.

W analogiczny sposób otrzymamy obciążenie momentem skręcającym w funkcji c_y . W przypadku płata dwudźwigarowego należy stąd wyznaczyć obciążenia każdego z dźwigarów. Przykład otrzymanych w ten sposób linii wpływowych dla płata dwudźwigarowego podaje ryc. 9. Dowód wytrzymałości należy przeprowadzić dla maximumów owych linii wpływowych.



Ryc. 9.

Przykład linii wpływowych dla obciążeń płata: współczynnik wytrzymałości n oraz obciążenia normalne $Q_{1n} = R_{1n}$ przedniego dźwigara, oraz obciążenia normalne $Q_{2n} = R_{2n}$ tylnego dźwigara płata dwudźwigarowego.

b) Wyznaczenie obciążeń opierzeń:

Obciążenia opierzenia poziomego należy wyznaczyć z linii wpływowej dla momentu płata względem środka ciężkości szybowca według równania (4). Obciążenie opierzenia pionowego obliczymy z równania (5).

3. Obliczenie płata winno obejmować obliczenie wytrzymałości dźwigarów, okuć, wiązania wewnętrznego względnie kesonu, oraz zastrzałów. Ponadto należy obliczyć ugięcie i kąt skręcenia płata, w myśl rozdziału V. nin. przepisów.

4. Obliczenie opierzeń.

5. Obliczenie kadłuba. Ze względu na trudność ścisłego określenia sił i sposobu ich rozłożenia wzdłuż kadłuba w locie przyspieszonym, dozwolone jest przeprowadzenie dowodu wytrzymałości dla poszczególnych części kadłuba oddzielnie. W tym celu można podzielić kadłub na część przednią i tylną, przyjmawszy każdorazowo ich utwierdzenie w głównych okuciach łączących kadłub z płatem. Część tylną należy przeliczyć na równoczesne zginanie i skręcanie wyznaczając równocześnie kąty skręcania, część przednią natomiast przeliczymy na lądowanie i siły masowe, oraz siłę skupioną od liny wleczonej.

6. Obliczenie sterownicy, haków i t. p.

RÉSUMÉ.

Le présent projet comprend la totalité du règlement relatif aux charges que l'on doit admettre dans le calcul de la résistance des planeurs. Dans ce projet, on a introduit, au lieu des coefficients de résistance constants pour l'aile, des coefficients de résistance dépendant des propriétés aérodynamiques du planeur. Un schéma simplifié donne la variation du coefficient de résistance en fonction de l'angle d'attaque de l'aile respectivement du coefficient de portance. Le calcul ne s'effectue pas pour des cas de vol certains déterminés d'avance, mais pour les maxima des efforts résultant des lignes d'influence qui donnent la variation de la charge pour tout l'intervalle des angles d'incidence de l'aile utilisé en vol. Des conditions supplémentaires pour les planeurs qui seront remorqués à l'automobile ou à l'avion déterminent la vitesse maximum de remorque en air calme et agité, en fonction du coefficient de résistance de l'aile. Sont données ensuite les charges qu'il faut admettre pour les empennages, les fuselages, la commande etc., des conditions provisoires relatives à la rigidité de l'aile, des empennages et du fuselage, en particulier pour la torsion et, finalement, on a fourni des indications générales concernant la manière d'effectuer les calculs.

Adam Nowotny.

O obciążeniach szybowców w locie.

Sur les efforts des planeurs en vol.

Przegląd treści:

- I. Problem.
- II. Lot swobodny.
 1. Wyskok idealny.
 2. Wyskok rzeczywisty.
 3. Schemat obciążeń płata przyjęty w projekcie przepisów ITS.
 4. Lot swobodny w powietrzu burzliwym.
 - a) pulsacja pozioma;
 - b) pulsacja pionowa.
- III. Lot wleczony.
 1. Lot wleczony przy dużym kącie wzniesienia liny.
 - a) schemat uproszczony;
 - b) schemat rzeczywisty.
 2. Lot wleczony w powietrzu burzliwym.
- IV. Streszczenie i wnioski.

Niektóre oznaczenia stosowane w tekście.

Oznaczenia zgadzają się z oznaczeniami stosowanymi i objaśnionymi w projekcie przepisów ITS (patrz artykuł poprzedni). Ponadto użyto następujących oznaczeń:

- c_{m_0} współczynnik momentu wzgl. przedniej krawędzi płata dla $c_y=0$.
- c_r współczynnik wypadkowej aerodynamicznej.
- c_{m_s} współczynnik momentu płata względem środka ciężkości szybowca.
- $c_{x_{min_0}}$ minimalny współczynnik oporu szybowca wzorcowego.

c_{nH} współczynnik składowej siły aerodynamicznej działającej na opierzenie poziome, normalnej do cięciwy usterzenia.

φ, ϑ kąt toru i kąt, jaki tworzy cięciwa odniesienia płata z poziomem.

$\gamma = 1,23 \text{ kg/m}^3$ ciężar właściwy powietrza.

$g = 9,81 \text{ m/sek}^2$ przyspieszenie siły ciężkości.

$q = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ kg/m}^2$ ciśnienie szybkości.

Δ wydłużenie.

i_H, β_H kąt natarcia usterzenia poziomego i kąt wychylenia steru poziomego.

ε kąt spływu za płatem,

i_0, c_y kąt natarcia płata i współczynnik wyczerpania, przy jakich szybkość jest wyważony.

v_1, v_2 m/sek szybkość jednostkowa i szybkość graniczna w locie nurkowym.

b, C, C' współczynniki określone w tekście.

μ, κ, ξ, ζ współczynniki charakteryzujące stateczność szybowca, określone w tekście.

$I \text{ m.kg.sek}^2$ moment bezwładności szybowca względem osi normalnej do płaszczyzny symetrii a przechodzącej przez środek ciężkości.

t sek czas.

$c_{y \text{ max } \dot{\alpha}}, c_{y \text{ max } \sigma}$ maksymalny współczynnik siły nośnej przy nagłej zmianie kąta natarcia, oraz w spoczynku.

Liczby ujęte w klamrę [] odnoszą się do liczb porządkowych spisu literatury umieszczonego na końcu artykułu.

I. Problem.

W związku z opracowywaniem w Instytucie Techniki Szybownictwa projektu przepisów odnoszących się do wytrzymałości szybowców, zaszła potrzeba poddania analizie zagadnienia obciążeń szybowców, mogących wystąpić w locie.

Dzięki wyśrubowanym własnościom aerodynamicznym, oraz z powodu wyjątkowego charakteru lotu, polegającego jedynie na celowym wyszukiwaniu o ile możliwości jak najsilniejszych prądów wstępujących, szybowce należą do bardzo silnie natężonych konstrukcji lotniczych. Zagadnienie wytrzymałości konstrukcji lotniczych, koniecznej z jednej strony dla bezpieczeństwa, z drugiej zaś strony ograniczającej w sposób niepożądany wyczyny osiągalne w locie, można podzielić na dwie zasadnicze grupy: Do pierwszej należy zagadnienie obciążeń, jakim może podlegać konstrukcja w locie, do drugiej — zagadnienie właściwej wytrzymałości konstrukcji, poddanej żądanym obciążeniom.

Podczas gdy zagadnienie właściwej wytrzymałości konstrukcji można uważać za rozwiązane w zadowalającym stopniu, ponieważ można tu korzystać z obszernie rozbudowanej nauki o wytrzymałości konstrukcji a potem dla upewnienia przeprowadzić próby statyczne, a nawet dynamiczne według opracowanej już techniki pomiarowej, o tyle zagadnienie obciążeń, jakie winna wytrzymać konstrukcja nie jest jeszcze dostatecznie rozstrzygnięte. Opierając się głównie na doświadczeniu z wypadków lotniczych, oraz na statystyce współczynników wytrzymałości konstrukcji latających, ustala się co pewien czas pewne współczynniki wytrzymałości w formie liczb oderwanych i ujmuje je w „przepisy”. Zmuszał do tego szybki rozwój lotnictwa, któremu nie może dotąd nadążyć kształtująca się dopiero nowa gałąź wiedzy. Stan taki pociągać za sobą musi wielką liczbę ofiar. Klasycznym przykładem fatalnych skutków martwych współczynników dotychczasowych przepisów lotniczych, są choćby ostatnie wypadki samolotów tu-

rystycznych biorących udział w zeszłorocznych zawodach międzynarodowych. Niebezpieczeństwo powtórzenia się takich seryj grozi lotnictwu tak długo, dopóki nie zerwie się ostatecznie z oderwanymi współczynnikami wytrzymałości, które jako oparte jedynie na statystyce maszyn istniejących zawieszają się zawsze, ilekroć pojawiają się samoloty odbiegające nieco od normy dotychczasowej.

Skutkiem tego stanu rzeczy istnieje obecnie olbrzymia dysproporcja między wysiłkiem zwróconym na nieprawdopodobnie nieraz drobnostkowe obliczenia wytrzymałości konstrukcji dla „przepisanych” obciążeń, a sposobem ustalania sił działających na konstrukcję na podstawie bardzo ograniczonych i niepewnych ciągle jeszcze „przepisów”.

Toteż w nowszych przepisach dla lotnictwa silnikowego daje się ostatnio zauważyć tendencja do ostatecznego zerwania z nierozciągliwymi, stałymi współczynnikami wytrzymałości. Idealnym byłoby całkowite zerwanie z wszelkimi przepisami, a oddanie zamiast nich konstruktorom dostatecznie obszernego materiału doświadczalnego i należyte wypracowanie metod analitycznych zezwalających na zupełnie pewne określenie obciążeń mogących wystąpić w locie, indywidualnie dla każdego typu płatowca.

Znane dotychczas przepisy szybowcowe operują jeszcze wyłącznie stałymi współczynnikami. Nic też dziwnego, że przepisy te (np. niemieckie) ulegają nieustannie zmianom. Przystępując w Instytucie Techniki Szybownictwa do opracowania projektu przepisów dla wytrzymałości szybowców należało więc przedewszystkiem rozpatrzyć kwestję obciążeń mogących wystąpić w locie, celem ustalenia możliwie elastycznych i zgodnych z rzeczywistością współczynników obciążenia. Praca ta była również konieczną dla należytego zorientowania się jakie i z jakiego punktu widzenia należy prowadzić rozpoczęte przez ITS pomiary szybowców w locie, celem zdobycia koniecznego materiału doświadczalnego. Podajemy ją do wiadomości, celem umożliwienia zainteresowanym krytycznego rozpatrzenia proponowanych przepisów, a zarazem celem ułatwienia konstruktorom wglądnięcia w istotę zjawiska obciążeń w locie.

II. Lot swobodny.

1. Wyskok idealny.

W locie jednostajnym ogół sił aerodynamicznych równoważy ciężar szybowca. Jednak tylko zupełnie wyjątkowo szybowiec znajduje się w locie jednostajnym. Czy to z powodu burzliwości powietrza, czy też z powodu nagłego wychylenia steru, możliwa jest nagła zmiana kąta natarcia płata. Ponieważ przytem szybkość szybowca w pierwszej chwili nie ulega zmianie, zmieni się więc wielkość wypadkowej aerodynamicznej. Nadmiar wyczerpania powoduje przyspieszenie szybowca, równoważąc siły masowe o wielkości $m \cdot Q$.

Jeżeli szybowiec leciał z szybkością v_0 lotem jednostajnym, wówczas było:

$$Q = c_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot v_0^2 \quad \dots \quad (1)$$

Przy nagłej zmianie kąta natarcia płata szybkość v_0 w pierwszej chwili nie zmieni się, natomiast zmieni się współczynnik wypadkowej aerodynamicznej z c_r na c_{r_1} i mamy nowy warunek równowagi:

$$m \cdot Q = c_{r_1} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot v_0^2 \quad \dots \quad (2)$$

Z (1) i (2) otrzymamy:

$$m = \frac{c_{r_1}}{c_r} \quad \dots \quad (3)$$

Jeżeli v_1 i v_0 oznaczają szybkości, które w myśl równania (1) przynależą do współczynników c_{r_1} względnie c_{r_0} w locie jednostajnym, wówczas możemy też napisać:

$$m = \frac{c_{r_1}}{c_{r_0}} = \left(\frac{v_0}{v_1} \right)^2 \quad (3a)$$

W locie swobodnym najgorszy wypadek obciążenia zajdzie więc przy wysoku z lotu nurkowego. Jeżeli byśmy bowiem przyjęli, że przejście z lotu nurkowego na kąt natarcia odpowiadający maksymalnej wypadkowej aerodynamicznej nastąpi w czasie nieskończenie krótkim, t. zn. że w całym tym zakresie kątów natarcia płata szybkość istotnie nie ulegnie zmianie, wówczas byłoby:

$$m_{max} = \left(\frac{v_{max}}{v_{min}} \right)^2 = \frac{c_{r_{max}}}{c_{r_{min}}} \quad (3b)$$

Szczególnie w budowie szybowców, gdzie stosuje się przeważnie profile o stosunkowo wysokim $c_{y_{max}}$ a współczynnik oporów szkodliwych musi być możliwie mały, otrzymano wyjątkowo wysokie współczynniki obciążenia. Dla przeciętnego szybowca o doskonałości $(c_y/c_x)_{max} = 20$, jest n. p. $c_{r_{max}} \approx c_{y_{max}} = 1,4$, zaś $c_{r_{min}} \approx c_{x_{min}} = 0,03$.

W tym wypadku byłoby

$$m_{max} = 1,4/0,03 = 46,7.$$

Pomiary przyspieszeń Doolittle'a [1], [2] i Scheubela [3], wykonane co prawda na płatowcach bardzo zwrotnych wykazały, że w praktyce można się zbliżyć bardzo do tej wartości „teoretycznej“ określonej równaniem (3). Zmierzone bowiem wartości $m = 0,95 \cdot m_{teoret}$. Maksymalne zmierzone przyspieszenia nie przekraczały wprawdzie $8g$, z powodu znacznie większych współczynników oporu $c_{x_{min}}$ płatowców, na których wykonywano pomiary, oraz z powodu stosunkowo małej szybkości (do 300 km/h), z jakiej wykonano wysoki.

Z drugiej strony żądanie tak wysokich współczynników obciążenia, jakie wynikają ze wzoru (3b) uniemożliwiłoby wogóle zbudowanie szybowców zdolnych do lotu i wydaje się już absurdalnym z tego względu, że organizm ludzki nie wytrzyma tak wysokich przyspieszeń nawet w pozycji leżącej [4], [5]. Najwyższe osiągnięte według pomiarów amerykańskich przyspieszenie $10,5g$ jakkolwiek krótkotrwałe, spowodowało na dłuższy czas chorobę pilota z objawami wstrząsu mózgu.

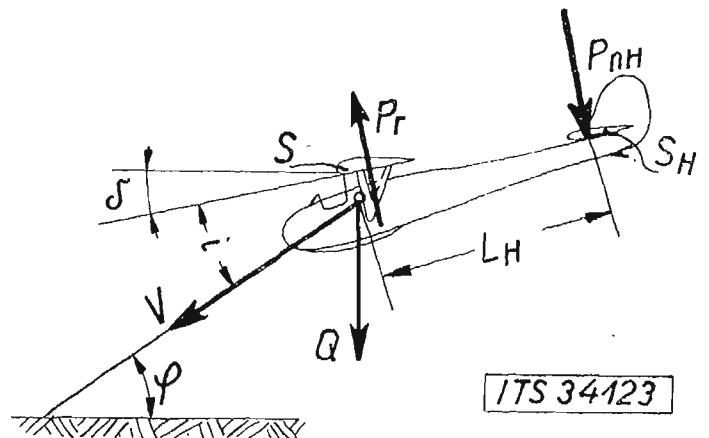
Nie można również uogólniać wyników pomiarów wykonanych na płatowcach pościgowych na szybowce. O ile pomiar wykonany na płatowcu o dużej masie i dużej szybkości nurkowania mógł dać wartości bardzo zbliżone do „teoretycznych“, o tyle szybowiec posiadający w locie nurkowym znacznie mniejszą energię kinetyczną utraci przy wysoku wnet swoją szybkość, wskutek czego założenia wzoru (3) nie będą spełnione.

2. Wysok rzeczywisty.

W rzeczywistości wyskok nie odbywa się w czasie nieskończenie krótkim, szybkość w miarę zwiększania się kąta natarcia będzie maleć, wreszcie kształt toru, a co zatem idzie i wielkość przyspieszenia zmieniać się będą zależnie od wychylenia steru poziomego w czasie wyprowadzania szybowca z lotu nurkowego. Chcąc więc otrzymać wyniki zgodne z rzeczywistym przebiegiem zjawiska wyskoku należy wyjść z możliwie kompletnych równań ruchu przyspieszonego, które możemy zgodnie z oznaczeniami na ryc. 1 napisać w formie:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{g} \cdot \frac{dv}{dt} &= -Q \cdot \sin \varphi - c_x \cdot S \cdot q \\ \frac{Q}{g} \cdot v \cdot \frac{d\delta}{dt} &= -Q \cdot \cos \varphi + c_y \cdot S \cdot q \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} I \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} &= -c_{ms} \cdot S \cdot l \cdot q - c_{nH} \cdot S_{II} \cdot L_H \cdot q \\ &\quad - S_{II} \cdot L_H^2 \cdot \frac{\partial c_{nH}}{\partial i} \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot v \cdot \frac{d\delta}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (4')$$



Ryc. 1.

Szybowiec w locie swobodnym. Objasnienie przyjetlych znacowan.

Pierwsze i drugie równanie określają równowagę składowych sił aerodynamicznych i masowych stycznych względnie normalnych do kierunku ruchu, zaś równanie trzecie jest warunkiem równowagi momentów względem środka ciężkości szybowca, przyczem ostatni człon jest momentem tłumiącym z powodu opierzenia poziomego, jaki powstaje przy obrocie szybowca względem środka ciężkości z szybkością kątową $d\delta/dt$.

Przybliżone rozwiązania tych równań podali Fuchs i Blenk [6]; mianowicie wartość maksymalnego współczynnika obciążenia możemy napisać w formie:

$$m = \frac{b \cdot v_0^2}{g} C \cdot i_0 - \cos \varphi_0 \cdot C', \quad (5)$$

gdzie:

$$C = \frac{(\mu - \xi)}{\kappa \left(1 + \frac{b \cdot L_H}{1 + \frac{\partial \varepsilon}{\partial i}} \right) + \zeta},$$

oraz:

$$C' = \frac{(\kappa + \zeta)}{\kappa \left(1 + \frac{b \cdot L_H}{1 + \frac{\partial \varepsilon}{\partial i}} \right) + \zeta},$$

$$b = \frac{\partial c_y}{\partial i} \cdot \frac{S}{Q} \cdot \frac{\gamma}{2},$$

zaś współczynniki μ , κ , ξ , ζ , wynikające z ryc. 2. charakteryzują do pewnego stopnia stateczność podłużną statyczną szybowca. v_0 i φ_0 oznaczają szybkość początkową i początkowe nachylenie toru, z jakich wykonano wyskok, zaś i_0 jest kątem natarcia płata, dla którego momenty statyczne płata i opierzenia poziomego równoważą się przy $\beta_H = 0$ t. zn. i_0 jest to kąt, na jaki szybowiec jest wyważony.

Dla większości używanych profili jest $\xi = 1$, oraz $\zeta \approx -1$ ¹⁾. Współczynniki μ i κ wyrazimy w ogólnej formie korzystając z następujących znanych zależności:

$$c_{nH} = (i_H + \tau \cdot \beta_H) \cdot \frac{\partial c_{nH}}{\partial i_H}.$$

¹⁾ Wartości te otrzymano z przeliczenia momentów płatów o profilach G.527; 535; 533; 549; 593; B.6; dla różnych położań środka ciężkości (20%–50% głębokości płata).

przyczem:

$$i_H = i - \Delta - \varepsilon = (i - i_0) - (\varepsilon - \varepsilon_0).$$

W dalszym ciągu jest:

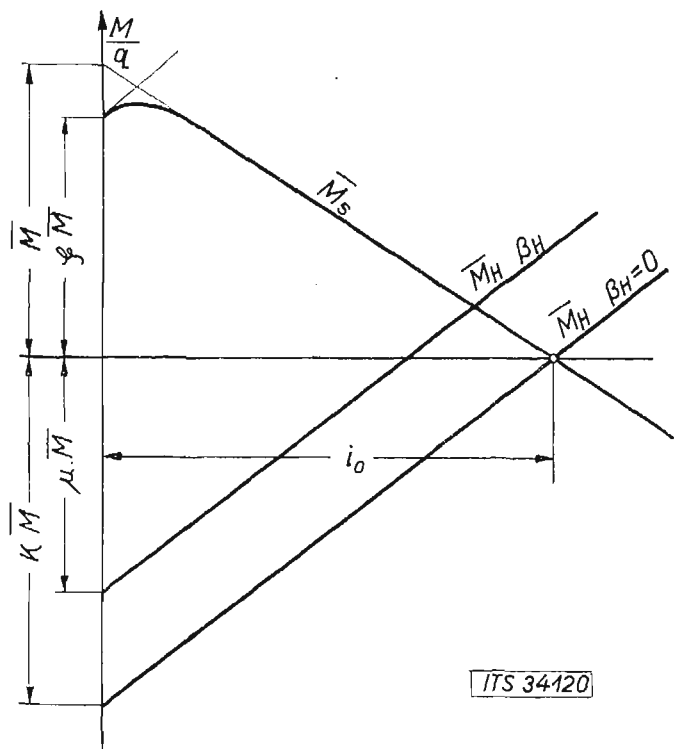
$$\varepsilon = \approx \frac{1,8}{\pi \cdot \Lambda} c_y = k \cdot c_y = k \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \cdot i,$$

zatem:

$$c_{nH} = \left[(i - i_0) \left(1 - k \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \right) + \tau \cdot \beta_H \right] \cdot \frac{\partial c_{nH}}{\partial i}.$$

Pomijając mały wpływ momentów oporów szkodliwych względem środka ciężkości szybowca, możemy też napisać:

$$\bar{M}_s = \left(\frac{M_s}{q} \right)_{i=0} = c_{m_0} \cdot S \cdot l.$$



Ryc. 2.

Spółczynniki momentów $\left(\frac{M}{q}\right)$: płata \bar{M}_s oraz usterzenia poziomego \bar{M}_H , w funkcji kąta natarcia płata i . $\xi \cdot \bar{M}$; $\kappa \cdot \bar{M}$; $\mu \cdot \bar{M}$; wartości spółczynnika $\left(\frac{M}{q}\right)$ dla $c_y = 0$. i_0 kąt natarcia płata na jaki szybowiec jest wyważony. ξ stosunek spółczynnika momentu płata przy $i = 0$ i i_0 .

Korzystając z powyższych zależności i mając na uwadze znaczenie spółczynnika μ i κ (ryc. 2), napiszemy je w formie następującej:

$$\left. \begin{aligned} \mu &= - \frac{i_0 \cdot \left(1 - k \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \right) - \tau \cdot \beta_H}{c_{m_0}} \cdot \frac{S_H \cdot L_H}{S \cdot l} \\ \kappa &= - \frac{i_0 \cdot \left(1 - k \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \right)}{c_{m_0}} \cdot \frac{S_H \cdot L_H}{S \cdot l} = (\mu)_{\beta_H=0} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Na podstawie zależności (6), możemy wyznaczyć spółczynnik obciążenia m z równania (5), jeżeli znamy zasadnicze wymiary szybowca (S, L_H, S_H, l, Λ), spółczynnik momentu płata c_{m_0} , oraz kąt i_0 lub też spółczynnik wyporu c_{y1} , przy jakich szybowiec będzie wyważony.

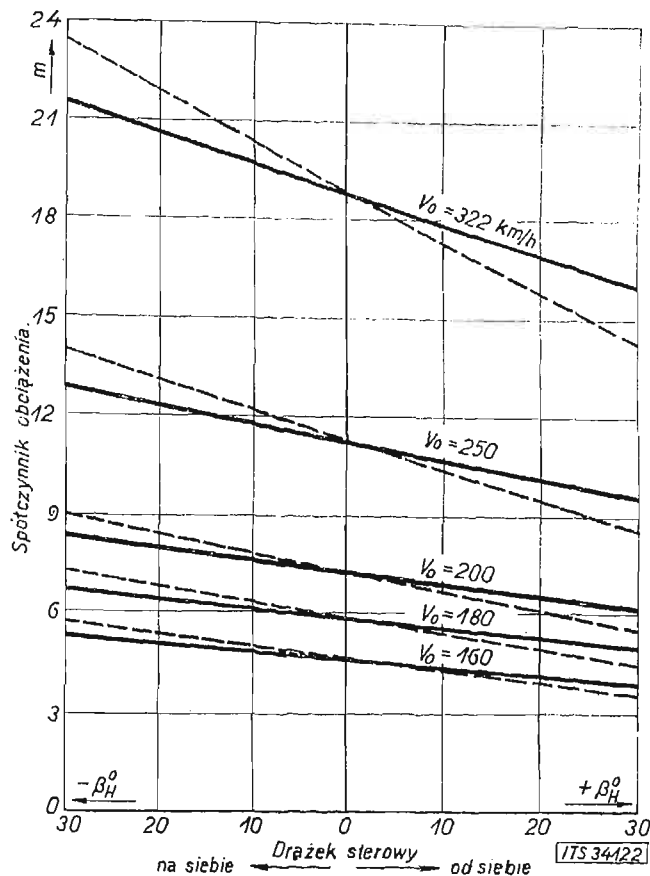
Maksimum obciążenia zejdzie dla $\varphi_0 = 90^\circ$. Otrzymamy wówczas z równania (5):

$$m = \frac{b \cdot v_0^2}{g} \cdot C \cdot i_0 \quad (7)$$

Gdy szybkość początkowa v_0 jest równa szybkości granicznej, wówczas podstawiając wartości za b znajdziemy:

$$m_{max} = C \frac{c_{y1}}{C_{x_{min}}} \quad (7a)$$

Na ryc. 3. zestawiono wartości spółczynnika obciążenia m dla szybowca ITS. II., dla różnych szybkości początkowych v_0 , w zależności od kąta wychylenia steru w czasie wyprowadzenia szybowca z lotu nurkowego przy założeniu $\varphi_0 = 90^\circ$.



Ryc. 3.

Spółczynniki obciążenia dla szybowca ITS II. dla różnych szybkości początkowych v_0 przy wysokości, w zależności od kąta wychylenia steru poziomego w czasie wyprowadzania z lotu nurkowego. Linie kreskowane dla tegosamego typu szybowca w wypadku steru niedzielonego (bez statecznika) o tej samej powierzchni. Dane przyjęte do rachunku: $S = 14,4 \text{ m}^2$; $S_H = 2 \text{ m}^2$; $t = 1,2 \text{ m}$; $L_H = 4,05 \text{ m}$; $\tau = 0,6$; $\Lambda = 10$; $c_{y1} = 0,8$; $c_{m_0} = 0,05$.

Otrzymane wartości spółczynnika obciążenia, jakkolwiek niższe od wartości wynikających ze wzoru (3) przekraczają jednak znacznie spółczynniki obciążenia przyjęte dla obecnych szybowców, które już niejednokrotnie przeszły ciężkie próby wytrzymałości w locie. Toteż musimy wykluczyć możliwość wykonywania lotów nurkowych z szybkością graniczną jako nierealną tembardziej, że osiągnięcie szybkości granicznej wymagałoby lotu nurkowego z utratą wysokości ponad 1000 m jak to wykazuje prosty rachunek. Dla szybkości początkowej $v_0 = 200 \text{ km/h}$ otrzymujemy spółczynniki obciążenia o wielkości zbliżonej do wielkości spółczynnika wytrzymałości obecnych szybowców (ryc. 3).

Wynik ten wydaje się już możliwy do przyjęcia. Lotów nurkowych z szybkością graniczną, która dla obecnych szybowców leży zwykle powyżej 300 km/h, nie wykonuje się nawet na szybowcach akrobacyjnych. Praktyka dotychczasowa wykazuje, że dla obecnych

szybowców górna granica szybkości osiągalna tylko w wyjątkowych wypadkach wynosi około 200 km/h²). Znaczyłyby to jednak, że obecne szybowce w tych wyjątkowych wypadkach były i są obciążane w locie bardzo blisko granicy wytrzymałości. Że szybowce te nie uległy dotąd złamaniu w powietrzu, można wytłómaczyć wieloma względami: Ponieważ z szybowcami nie przeprowadza się prób statycznych na złamanie, więc znane są tylko nominalne współczynniki wytrzymałości wynikające z obliczeń. W rzeczywistości, szybowce posiadają będą nieco większe współczynniki wytrzymałości, albowiem w obliczeniach nie uwzględnia się zazwyczaj współpracy dźwigarów, względnie współpracy dźwigara z kesonem, jaki tworzy część przednia płyta, krytego sklejka. Stosunkowo wysokie współczynniki obciążenia, jakie wynikają z ryc. 3 w przypadku szybowca ITS II. przy wysokości z szybkości nurkowania równej 200 km/h zdarzają się bardzo rzadko, a jak na to wskazują próby statyczne możliwe jest według Küssnera [71], że krótkotrwałe obciążenia o wielkości 80% do 90% obciążeń łamiących nie spowodują nawet żadnych widocznych odkształceń trwałych.

Z drugiej strony zachodzi pytanie, czy istotnie obliczenie współczynników obciążenia według wzoru (7) odpowiada zupełnie rzeczywistości. Należałoby może, wychodząc z różnych szybkości początkowych v_0 uwzględnić w myśl wzoru (5) odpowiadające im w locie jednostajnym kąty toru φ_0 , jakkolwiek możliwy jest lot nurkowy przy $\varphi_0 = 90^\circ$ (jaki przyjęliśmy w przykładzie ryc. 3) z szybkością mniejszą od szybkości granicznej. Łatwo się jednak przekonać, że wpływ φ_0 jest bardzo mały. Natomiast zupełnie niemożna przewidzieć wielkości błędów, jakie mogą powstać wskutek tego, że współczynniki charakteryzujące własności aerodynamiczne i stateczność szybowca otrzymane z dmuchań w tunelu aerodynamicznym w strumieniu ustalonym, przyjmujemy do obliczenia obciążeń szybowców w ruchu przyspieszonym.

Dotychczas posługiwaliśmy się szczególnym przykładem szybowca ITS. II. Należałoby sprawdzić, jakie obciążenia zająć mogą dla innych szybowców. Korzystając ze statystyki oraz z zależności (6) i (7) nietrudno przewidzieć wielkość obciążeń, jakim mogą podlegać różne szybowce.

Według statystyki prowadzonej systematycznie w ITS jest dla obecnych szybowców:

$$\frac{S_H \cdot L_H}{c_{m_0} \cdot S \cdot l} = 2-10,$$

zmienia się więc w bardzo szerokich granicach. Pochodzi to stąd, że wprawdzie proporcje geometryczne nie zmieniają się tak znacznie, bo

$$\frac{S_H \cdot L_H}{S \cdot l} = 0,2-0,5,$$

jednak, jak się okazuje, stosunek ten nie zmienia się wcale proporcjonalnie do współczynnika momentu płyta c_{m_0} jakby należało przypuszczać. Spotykamy więc duże

²) Szybkości dochodzące do 200 km/h, zdarzały się według opisów niemieckich w czasie lotów burzowych i w chmurach C_w , przy mimowolnym nurkowaniu na skutek utraty orientacji w locie ślepy. Odnosnie do akrobacji wykonanych na szybowcu celowo, posiadamy jedynie dane uzyskane od inż. Blaichera. W czasie wykonywania akrobacji na szybowcu ITS. II. o szybkości jednostkowej $v_1 = 50$ km/h, inż. Blaicher zaobserwował mianowicie następujące szybkości: Rozpędzenie szybowca do szybkości ~ 90 km/h celem wykonania loopinga nie było wystarczające, powodując utratę szybkości w górnym punkcie pętli. Zupełnie gładki looping dał się wykonać po rozpędzeniu szybowca do ~ 120 km/h. Przy wyjściu z nurka po loopingu wskazówka szybkościowskazu zatrzymała się na 120 km/h t. j. na granicy wskazań użytego przyrządu. Inż. Blaicher ocenia szybkość przy wyjściu z nurka po loopingu na $\sim 150-180$ km/h, po „Männuchen“ ~ 180 km/h, ale w każdym razie poniżej 200 km/h.

$S_H \cdot L_H$ przy małych c_{m_0} i naodwrot; stąd taka duża rozbieżność w wyrażeniach $S_H \cdot L_H / c_{m_0} \cdot S \cdot l$ decydujących o stateczności właściwej szybowców.

W dalszym ciągu jest: $Q/S = 9-16$ kg/m²; $A=6-20$; $L_H=3-5$ m; wreszcie $c_{y_1}=0,8-1,0$. Wstawiając wartości te w równania (6) i (7) zauważamy przede wszystkim, że dla szybowców aerodynamicznie mało doskonałych i o małym obciążeniu powierzchni, stateczność szybowca odgrywa znaczny wpływ na współczynniki obciążenia. W zależności bowiem od stateczności otrzymamy współczynniki obciążenia:

Dla szybowców lekkich i aerodynamicznie mało doskonałych w granicach:

$$m = 0,003 \cdot v_0^2 - 0,004 \cdot v_0^2,$$

natomiast dla szybowców ciężkich, ale o większej doskonałości współczynniki obciążenia wahają się bardzo mało, mianowicie:

$$m = 0,0028 \cdot v_0^2 - 0,003 \cdot v_0^2.$$

Jeżeli teraz za v_0 wstawimy szybkość graniczną według wzoru (8a) (patrz rozdział następny), wówczas otrzymamy:

$$m_{max} = 6,9-9,2$$

dla szybowców lekkich, oraz:

$$m_{max} = \sim 12,3$$

dla szybowców ciężkich (do 16 kg/m²). Do obliczenia m przyjęto przytem $\beta_H = 0$ t. zn. natychmiastowe cofnięcie drążka sterowego w położeniu neutralne.

Wyniki powyższe nie są wcale pocieszające.

Jakkolwiek bowiem np. szybowiec ITS. II. nie rozmontował się w czasie wykonywania akrobacji, pomimo, że jak to wynika z ryc. 3³) mógł być przytem obciążony bardzo blisko granicy swej wytrzymałości, to nie dowodzi jeszcze wcale o niesłuszności teorii. Nie znamy dotąd, jak już zaznaczyliśmy, ani faktycznych współczynników wytrzymałości płatów, ani też rzeczywistych współczynników aerodynamicznych i współczynników stateczności właściwej nie tylko w locie przyspieszonym, ale nawet w locie jednostajnym. Pomiarzy przyspieszeń nie rozwiązują tej kwestji, ponieważ mogą dać tylko wielkości obciążeń dla używanych w danej chwili szybowców.

3. Schemat obciążeń płyta, przyjęty w projekcie przepisów ITS.

Z poprzednich rozważań wynika, że dla obecnych szybowców możnaby ograniczyć szybkość maksymalną w locie nurkowym do ~ 200 km/h, co odpowiada około 4 v_1 , jeżeli v_1 jest jednostkową szybkością szybowca. Otrzymalibyśmy wówczas zgodnie z najnowszymi przepisami niemieckimi dla szybowców akrobacyjnych [8]

$$v_0' = 4 \cdot v_1 = 16 \cdot \sqrt{\frac{Q}{S}} \quad \dots \quad (8a)$$

Założenie to jakkolwiek uwzględnia wielkość obciążenia powierzchni nie jest jednak słuszne, ponieważ nie uwzględnia zupełnie własności aerodynamicznych szybowca. Z pośród dwóch szybowców o tem samym obciążeniu powierzchni szybowiec o małym oporze rozpędzi się szybciej, a rozpędziwszy się trudniej utraci swą szybkość aniżeli szybowiec aerodynamicznie mniej doskonały. Szybowiec aerodynamicznie doskonalszy łatwiej może się więc znaleźć w locie nurkowym z dużą szybkością, a przy wysoku będzie doznawał obciążeń więcej zbliżonych do „teoretycznych“.

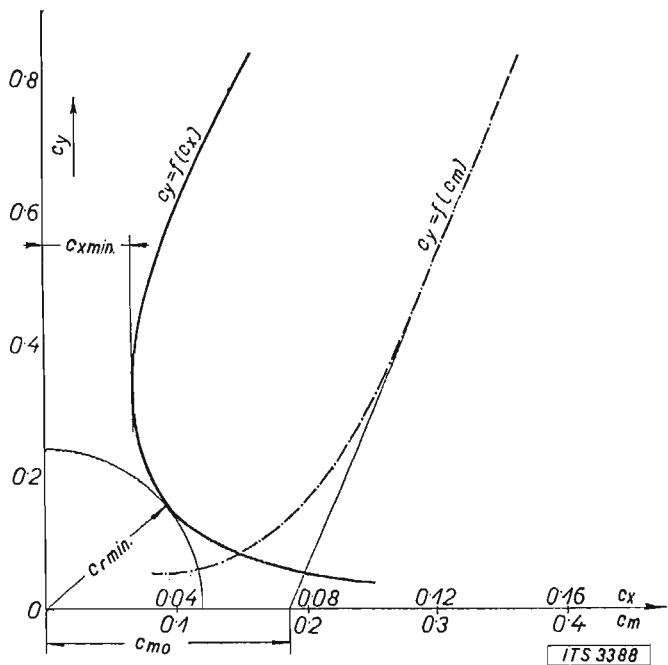
Jeżeli więc przyjmiemy, że dla przeciętnego szybowca wyczynowego doby obecnej, którego minimalny współczynnik wypadkowej aerodynamicznej niechaj wynosi $c_{r, min 0}$, wystarczy ograniczyć szybkość nurkowania według wzoru (8a), wówczas dla innego szybowca,

³) Porównaj uwagi odnośnie do szybkości przy wysoku w odnośniku ²).

o współczynniku wypadkowej $c_{r\ min}$, logicznym będzie żądać szybkości:

$$v_g'' = v_g' \cdot \sqrt{\frac{c_{r\ min\ 0}}{c_{r\ min}}} = 16 \cdot \sqrt{\frac{Q}{S}} \cdot \sqrt{\frac{c_{r\ min\ 0}}{c_{r\ min}}} \quad (8b)$$

Ponieważ niektóre profile silnie sklepione, posiadają dolny punkt oderwania przy dodatnich wartościach c_y (ryc. 4), mogłyby się zdarzyć, że będą posiadały według wzoru (8b) małą szybkość graniczną v_g'' , podczas gdy w rzeczywistości na skutek odmiennego zachowywania się przepływów w pobliżu punktów krytycznych przy różnych liczbach Reynolds'a, oderwanie dolne może nastąpić przy znacznie niższych wartościach c_y niżby to wynikało z pomiarów tunelowych i współczynnik wypadkowej w miarę malejącego c_y nie będzie wcale wzrastał. Żeby uchronić się od niespodzianek przyjmujemy więc do rachunku $c_{x\ min}$ zamiast $c_{r\ min}$ ⁴⁾. Wykluczamy przez to możliwość skutecznego zmniejszenia szybkości granicznej, a co zatem idzie zmniejszenia koniecznych współczynników wytrzymałości przez celowe stosowanie profili o dużym $c_{r\ min}$, jak to proponuje Weyl [9]. To ograniczenie wynikających stąd możliwości rozwoju lekkości konstrukcji jest narazie ze względu na bezpieczeństwo konieczne tak długo, dopóki nie zostanie wykazana dostateczna zgodność, względnie związek między współczynnikami aerodynamicznymi występującymi w tunelu i w locie, szczególnie poza granicami „zdrowego” przepływu.



Ryc. 4.

Określenie wartości współczynników $c_r = \infty c_x$ i c_{m_0} odpowiadających $c_y = 0$ w wypadku, gdy krzywa biegunowa wykazuje dolne oderwanie przy dodatnich wartościach c_y .

Ostatecznie przyjmujemy jako granicę szybkości nurkowania:

$$v_g = 16 \cdot \sqrt{\frac{Q}{S}} \cdot \sqrt{\frac{c_{x\ min\ 0}}{c_{x\ min}}} \quad (8)$$

Jako szybowiec wzorowy przyjmujemy szybowiec, którego $c_{x\ min\ 0} = 0,02$, t. j. dobry szybowiec wyczynowy doby obecnej.

Rozwiązując ogólne równania różniczkowe ruchu (4) Fuchs i Blenk [6] wykazali, że przy wysoku kąt

⁴⁾ Również z tego względu należy w razie, gdy krzywa współczynników momentów płata posiada załamanie, przyjąć do rachunku wartość c_{m_0} otrzymaną z przedłużenia „zdrowej” gałęzi krzywej jak to pokazano na ryc. 4.

natarcia rośnie zrazu do pewnej wartości, poczem przez dłuższy czas pozostaje stały. Równocześnie szybkość nie ulega w pierwszym okresie zmianie. W związku z tem obciążenia rosną do pewnego maximum, poczem przez pewien czas pozostają praktycznie biorąc stałe. Skorzystamy z tego przy ustaleniu schematu obciążenia płata. Tego rodzaju schemat zjawiska wysoku z lotu nurkowego spotykamy również w przepisach szwedzkich [10], w przepisach B. Veritas z 1929 r. [7], wreszcie w projektach Gourdou i Leseurre'a [11], Newell'a i Küssnera [7], oraz Grzędzielskiego [18].

Ze względu na stosunkowo dużą doskonałość aerodynamiczną szybowców podzielimy wysok tylko na 2 fazy: W zakresie od $c_y = 0$ do $c_y = 0,25 \cdot c_{y\ max}$ przyjmujemy stałą szybkość równą szybkości granicznej określonej równaniem (8). Przy dalszym wzroście kąta natarcia szybkość niechaj natomiast maleje, jednak niewspółmiernie ze wzrostem c_y w ten sposób, że dla $c_{y\ max}$ osiągnie wartość odpowiadającą w locie jednostajnym $c_y = 0,25 \cdot c_{y\ max}$.

Według tego schematu otrzymamy przy wysoku z lotu nurkowego z szybkością v_g na kąt natarcia odpowiadający $c_y = 0,25 \cdot c_{y\ max}$ współczynnik obciążenia:

$$m_{II} = \left(\frac{v_g}{v_{0,25}}\right)^2 = \left(16^2 \cdot \frac{Q}{S} \cdot \frac{0,02}{c_{x\ min}}\right) : \left(4^2 \cdot \frac{Q}{S} \cdot \frac{1}{0,25 \cdot c_{y\ max}}\right)$$

czyli:
$$m_{II} = 0,08 \cdot \frac{c_{y\ max}}{c_{x\ min}} \quad (9)$$

Przy $c_{y\ max}$ otrzymamy podobnie, zgodnie z przyjętym schematem:

$$m_I = \frac{c_{y\ max}}{0,25 \cdot c_{y\ max}} = 4.$$

Ponieważ przy szybkości granicznej wynikającej z warunku równowagi oporu względnie wypadkowej aerodynamicznej przy $c_y = 0$ i całkowitego ciężaru szybowca, jest $m = 1$, zatem ograniczając szybkość graniczną według wzoru (8), otrzymamy dla $c_y = 0$ współczynnik obciążenia:

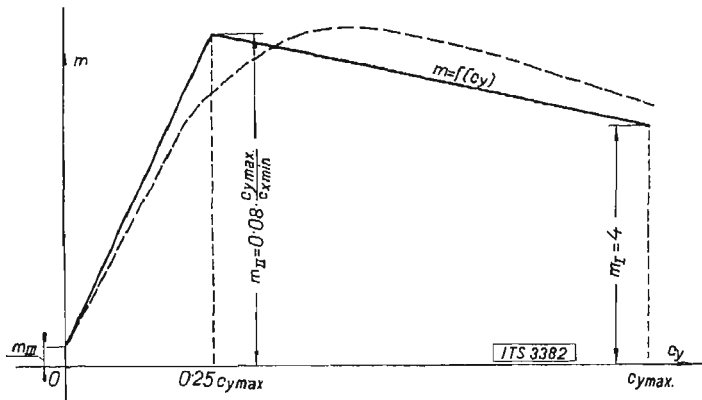
$$m_{III} = 0,32 = \frac{16^2 \cdot 0,02}{4^2}$$

Obrazem zmiany współczynnika obciążenia przy wysoku będzie linja łamana na ryc. 5. Charakterystycznym dla tego schematu jest to, że maximum obciążenia występuje niekiedy nie przy $c_{y\ max}$ ale przy $c_y = 0,25 \cdot c_{y\ max}$ to jest w punkcie, w pobliżu którego większość przepisów przyjmuje t. zw. wypadek B obciążenia. Jedynie dla szybowców aerodynamicznie mało doskonałych $m_I > m_{II}$, zresztą jest $m_{II} > m_I$.

Schemat nasz odbiega więc w tym punkcie od istniejących przepisów, zdają się go jednak potwierdzać pomiary przyspieszeń w locie. Według pomiarów angielskich [12], maksymalne przyspieszenia przy wyrwaniu z lotu nurkowego nie wystąpiły w żadnym wypadku przy $c_{y\ max}$. Maksymalne zmierzone przyspieszenie o wielkości 6.g wystąpiło przy kącie natarcia płata 12°, podczas gdy kąt maksymalnego wyporu wynosił 17°. Oczywiście zmiana obciążenia nie może się w rzeczywistości odbywać według linii łamanej, ale w sposób ciągły przypuszczalnie tak, jak to w ryc. 5 przedstawia linja kreskowana.

Jeszcze większa sprzeczność z dotychczasowymi przepisami zachodzi dla $c_y = 0$. Dotychczasowe przepisy żądają dla tego wypadku współczynnika wytrzymałości $m_{III} = 1,0 - 1,5$ t. j. $m_{III} = 0,5 - 0,75$, podczas gdy w naszym schemacie otrzymaliśmy $m_{III} = 0,32$. Sprzeczność ta jest jednak tylko pozorna. Żądanie współczynnika

wytrzymałości $n_{III} = 1,0-1,5$ przy $c_y = 0$ i przy szybkości granicznej (nieograniczonej) jest nieuzasadnione, skoro przyjmuje się zgodnie, że szybowiec nie może się znaleźć w locie nurkowym z szybkością graniczną. Przyjęcie współczynnika $n = 1,5$ podyktowane było głównie troską o sztywność płatów [7].



Ryc. 5.

Schemat obciążeń płata: współczynnik obciążenia m jako funkcja c_y . Linia pełna wynika z podziału wysokości na dwie fazy, linia kreskowana przedstawia przypuszczalny schemat rzeczywisty.

W przyjętym przez nas schemacie obciążeń płata, obciążenia w locie nurkowym z szybkością graniczną schodzą na plan drugi jako mało realne, natomiast występuje stosunkowo wysoki współczynnik obciążenia przy $0,25 c_{y \max}$. Podobne warunki spotykamy w przepisach szybowcowych rosyjskich [13], w których brak zupełnie t. zw. wypadku C, natomiast przeliczenie skręcania płata przeprowadza się na wypadek B określony przez $c_y = 0,2 c_{y \max}$ i współczynnik wytrzymałości $n = 6$ dla szybowców normalnych, względnie $n = 8$ dla szybowców akrobacyjnych.

W istocie, wystarczałoby przeliczenie przy $c_y = 0,25 c_{y \max}$ i współczynniku określonym wzorem (9), ponieważ moment skręcający będzie w tym wypadku tego samego rzędu co moment w locie nurkowym z szybkością graniczną i współczynnikiem $n_{III} = 1$ do $1,5$ przyjętym w większości dotychczasowych przepisów.

Według utartego sposobu liczenia, maksymalny moment skręcający wynosił:

$$M = n_{III} \cdot \frac{c_{m_0}}{c_{x \min}} \cdot Q \cdot l.$$

Z naszego schematu wynika natomiast dla $c_y = 0,25 c_{y \max}$:

$$M' = n_{II} c_m' \cdot \frac{Q}{2} \cdot v^2 \cdot S \cdot l.$$

Ponieważ:

$$v^2 \approx \frac{2}{\rho} \cdot \frac{Q}{S \cdot 0,25 c_{y \max}},$$

zatem:

$$M' = v \cdot m_{II} \cdot c_m' \cdot \frac{Q}{0,25 c_{y \max}} \cdot l.$$

W dalszym ciągu jest:

$$c_m' \approx c_{m_0} + 0,25 c_y = c_{m_0} + 0,25^2 c_{y \max}.$$

Po wstawieniu wartości i porównaniu momentów otrzymamy:

$$M' = 0,16 \cdot \frac{0,25}{n_{II}} \left(1 + \frac{0,0625 c_{y \max}}{c_{m_0}} \right) \cdot M.$$

Dla profilu o stosunkowo dużym $c_{m_0} = 0,10$ i $c_{y \max} = 1,4$, otrzymamy $M' = M$ dla $n_{III} = 1,25$. Dla $n_{III} = 1,5$ byłoby $M' = 0,8 M$.

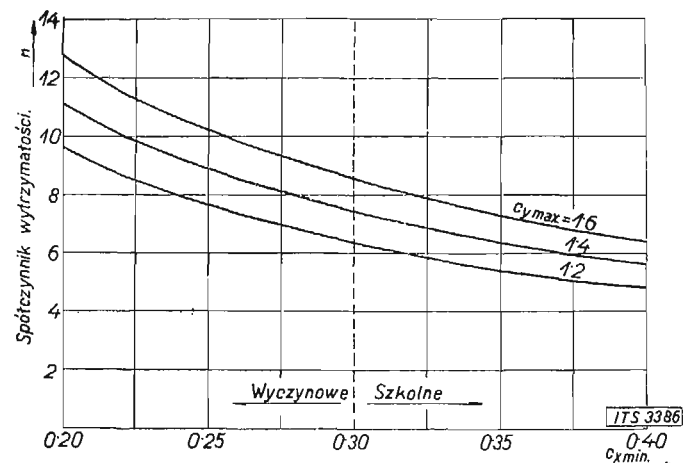
Możnaby więc przeliczać skręcanie płata przy $0,25 c_{y \max}$ współczynnikiem n_{II} określonym wzorem (9),

ze względu jednak na pożądaną dużą sztywność płatów pozostawiono jeszcze narazie w projekcie przepisów ITS współczynnik $n_{III} = 1,5$ w locie nurkowym z szybkością graniczną, jako wartość w praktyce sprawdzoną, zapewniającą dostateczną sztywność płatów. Da ona niekiedy nieco większe momenty niżby to wynikało z naszego schematu.

Pozatem w projekcie przepisów ITS uproszczono schemat obciążeń płata przyjmując dla $c_y \geq 0,25 c_{y \max}$ stały współczynnik obciążenia $n_{II} = n_1$. Dla lotu na plecach przyjęto wreszcie zgodnie z przepisami innych państw $n_{IV} = 0,5 n_{II}$ przy $c_y = -0,125 c_{y \max}$, co wynika logicznie z odwrócenia poprzednich rozważań. (Porównaj ryc. 1. projektu przepisów ITS).

W załączonej tabeli zestawiono dla porównania współczynniki wytrzymałości ($n = v \cdot m$) przyjęte dla płata według przepisów szybowcowych ważniejszych państw. Nie uwzględniono przepisów szwajcarskich jako całkowicie zgodnych ze starymi przepisami niemieckimi z 1927 r.

W przyjętym w projekcie przepisów ITS schemacie obciążeń płata, jedynie przy $c_y = 0$ występuje pewien stały współczynnik $n_{III} = 1,5$ nie mający żadnego poważniejszego uzasadnienia a uwarunkowany względami tradycji. Natomiast w całym pozostałym zakresie c_y , w szczególności przy wysokości oblicza się współczynniki według wzoru (9) uwzględniającego własności aerodynamiczne szybowca. W projekcie przepisów ITS nie przeprowadza się zresztą żadnego podziału na grupy, gdyż podział ten wynika samoczynnie z równania (9). Zależność współczynnika wytrzymałości od minimalnego współczynnika oporu i maksymalnego współczynnika siły nośnej w myśl wzoru (9) podaje wykres na ryc. 6.



Ryc. 6.

Wymagane współczynniki wytrzymałości $n = 2 \cdot m$ jako funkcje minimalnego współczynnika oporu $c_{x \min}$ i maksymalnego współczynnika siły nośnej $c_{y \max}$, według wzoru (9) przeprowadzającego samoczynnie podział szybowców na kategorie w myśl propozycji autora.

Bez względu na nominalne przeznaczenie danego szybowca, większy współczynnik wytrzymałości winien mieć szybowiec, który dzięki swoim własnościom aerodynamicznym łatwiej może osiągnąć znacznie większą wysokość w locie żaglowym i znaleźć się w sytuacjach w jakich mogą wystąpić większe obciążenia płata.

Jedynie tego rodzaju podział wynikający samoczynnie z własności aerodynamicznych, które przede wszystkim określają zdolność wywoływania pewnych obciążeń w locie na danym szybowcu, może nas uchronić od niespodzianek. Praktyka dotychczasowa wykazuje bowiem, że na szybowisku nie da się utrzymać

Porównanie współczynników wytrzymałości przyjętych dla płatów według przepisów poszczególnych państw.

	Ameryka	Anglia BGA	Niemcy		Rosja		P o l s k a	
			RRG	DFIS	normalne	akrobac.	Przepisy tymczasowe Min. Kom.	Projekt ITS
			nor- malne	akrobac.			5 grup szybowców	Zależnie od własności aerodynamicznych
Wyrwanie z lotu nurkowego na kąt maksymalnej wypadkowej. (Skrajne położenie wypadkowej).	6	6	6	8	7	10	6-8	$0,16 \cdot \frac{c_{y \max}}{c_{x \min}}$
Wyrwanie z lotu nurkowego w stromy lot szybowy.	4,25	4	—	—	6	8	—	$0,16 \cdot \frac{c_{y \max}}{c_{y \min}}$
					Przy $c_y = 0,2 c_{y \max}$			Przy $c_y = 0,25 c_{y \max}$
Lot nurkowy z szybkością graniczną.	1,5	1,0	1	1	—	1,25	1-1,5	(1,5)
Lot na plecach	2,5	3,0	—	4	4	5	—	$0,08 \cdot \frac{c_{y \max}}{c_{x \min}}$
					Z góry na dół prostopa- dle do ciężewy w 0,25 l.			Dla: $c_y = -0,125 \cdot c_{y \max}$

żaden formalny podział. Bez względu na obowiązujące przepisy wylatuje się n. p. kat. C. na szybowcach typu ślizgowego. Wszelki sztuczny podział utrudniać będzie tylko stale gospodarce taborową, a może spowodować nieprzewidziane wypadki w locie. W praktyce, do pewnych celów zużyty zostanie w końcu taki szybowiec, który dzięki swoim własnościom do tego celu się nadaje.

W projekcie przepisów ITS uderza n. p. brak warunków dla szybowców akrobacyjnych, jakkolwiek ten typ szybowca znajdzie zdaje się wkrótce większe zastosowanie. Bo też niema powodu przewidywać tutaj specjalnych warunków. Że w przepisach n. p. niemieckich pojawiły się ostatnio specjalne warunki dla szybowców akrobacyjnych a również przepisy rosyjskie żądają dla tego typu odmiennych warunków wytrzymałości, należy przypisać właśnie temu, że przepisy te używają jeszcze ciągle pewnych stałych współczynników wytrzymałości. Wskutek tego przepisy te ulegają ciągłym zmianom i zmieniać się będą tak długo, dopóki nie wprowadzą współczynników uwzględniających własności szybowców decydujących o wielkości obciążeń.

Ostatecznie można zapewne wykonać akrobacje na każdym szybowcu podobnie, jak na każdym płatowcu, bez względu na jego nominalne przeznaczenie. Jednak jako szybowiec akrobacyjny może się przyjąć tylko typ, który będzie się „kręcił“ chętnie nie wymagając szczególnie dużego rozpędzania. Będzie to musiał być szybowiec posiadający możliwie duży stosunek masy do oporów szkodliwych, a więc szybowiec o małym $c_{x \min}$. Z równania (9) wynikną w tym wypadku samoczynnie odpowiednio wysokie współczynniki obciążenia. W projekcie przepisów ITS przewiduje się więc tylko przeliczenie umocowania płata ze względu na obciążenia niesymetryczne mogące np. zajść w bezce lub w korkociągu.

Jeżeli porównamy wzór (9) ze wzorem (7a), zauważymy, że są one niemal identyczne. Jeżeli bowiem

weźmiemy pod uwagę, że współczynniki wyporu c_{y_1} na jakie szybowce są wyważone przy luźno puszczonej sterze, odpowiadające więc zazwyczaj optimum szybowania, zmieniają się zależnie od profilu równocześnie z $c_{y \max}$, wówczas możemy przyjąć $c_{y_1} = \alpha \cdot c_{y \max}$, przy czym α jest pewnym ułamkiem właściwym. Zależność (9) podająca związek między wielkością współczynnika obciążenia a własnościami aerodynamicznymi szybowca jest więc zgodna z rzeczywistym przebiegiem wyskoku. Jedynie współczynnik 0,08 we wzorze (9) nie jest pozbawiony pewnej dowolności. Wynika on z przyjęcia, że szybowiec wzorcowy, którego $c_{x \min_0} = 0,02$ nie przekroczy w praktyce szybkości równej $4 \cdot v_1$ w locie nurkowym, oraz że wszystkie szybowce bez względu na charakterystykę ich stateczności podłużnej zachowywać się będą przy wyskoku analogicznie, zgodnie z przyjętym schematem (tj. $v_g = \text{const}$ do $c_y = 0,25 c_{y \max}$). Słusznie byłoby zamiast stałego czynnika 0,08 użyć w równaniu (9) pewnego współczynnika C określonego przez współczynniki stateczności właściwej danego szybowca podobnie jak w równaniu (7a).

Sprawa ta wymaga jednak jeszcze ostatecznego wyjaśnienia przez odpowiednie pomiary w locie.

4. Lot swobodny w powietrzu burzliwym.

W czasie lotu w powietrzu burzliwym mogą zajść znaczne obciążenia płata z dwóch zasadniczych powodów:

- a) Z powodu nagłych zmian szybkości wiatru (pulsacja pozioma), oraz
- b) z powodu nagłych zmian kierunku wiatru (pulsacja pionowa).

W obydwóch wypadkach obciążenia płata dochodzą do skutku w ten sam sposób co przy wyskoku, a mianowicie dzięki pewnej bezwładności określonej nie tylko siłami masowymi ale także siłami aerodyna-

micznemi, na skutek której szybkość i położenie szybowca w pierwszej chwili nie ulegają zmianie. Podobnie jak przy wysoku z lotu nurkowego tak i w tym wypadku, wielkość obciążeń zależy więc będzie od wielkości współczynnika oporu $c_{x\ min}$ oraz od współczynników charakteryzujących stateczność podłużną szybowca.

Zasadniczo więc, wypadek lotu swobodnego w powietrzu burzliwym objęty jest już wzorem (7), ponieważ podaje on maksymalne możliwe obciążenia w locie swobodnym. Należy tylko sprawdzić czy współczynniki obciążenia ustalone wzorem (9) przyjętym w projekcie przepisów ITS, są również wystarczające.

a) Pulsacja pozioma.

Jeżeli szybowiec, lecąc z szybkością v napotka nagle pulsację poziomą o wielkości $\pm \Delta w$, wówczas wypór, który był pierwotnie równy:

$$P_y = Q = c_y \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot v^2,$$

wzrośnie nagle do wartości:

$$P_y' = c_y \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S (v \pm \Delta w)^2 = m \cdot Q.$$

Spółczynnik obciążenia będzie więc:

$$m = \frac{(v \pm \Delta w)^2}{v^2} = \left(1 \pm \frac{\Delta w}{v}\right)^2. \quad (10)$$

Zazwyczaj jest według pomiarów aerologicznych $\Delta w = \sim 0,5 \cdot w$, jeżeli w jest średnią szybkością wiatru, zaś szybkość szybowca v przy żaglowaniu nad zboczem musi być conajmniej równa $v = w$. Zatem

$$m = (1 + 0,5)^2 = 2,25.$$

W najgorszym zaś wypadku, stosunkowo rzadko spotykanym może być $\Delta w = \sim w$, wówczas otrzymamy

$$\underline{m_{max} = 4.}$$

b) Pulsacja pionowa.

Skoro szybowiec lecący z szybkością v napotka nagle pulsację pionową o wielkości $\pm w$, wówczas szybkości te dodają się geometrycznie. Wektor szybkości wypadkowej tworzy teraz inny kąt natarcia z cięciwą płata. Zwiększenie szybkości będzie stosunkowo małe, natomiast nagła zmiana kąta natarcia o wielkości $\Delta i = \pm \frac{w}{v}$, spowoduje przyrost wyporu o wielkości

$$\Delta P_y = \pm \Delta i \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot S.$$

Wychodząc z założenia, że początkowo było $P_y = Q$ oraz $P_y \pm \Delta P_y = m \cdot Q$, otrzymamy:

$$m = 1 \pm w \cdot v \cdot \frac{S}{Q} \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \cdot \frac{1}{16}. \quad (11a)$$

Ponieważ przejście w obszar prądu wstępującego z szybkością $w = 0$ do szybkości w nie może się w rzeczywistości odbywać w czasie nieskończenie krótkim, zatem obciążenia będą nieco łagodniejsze, jakkolwiek pomiary Moltchanoff'a i Schmidt'a [14] wykazały, że gradient pulsacji może niekiedy osiągnąć wartość $\gamma = \frac{1}{w_0} \cdot \frac{\partial w}{\partial s} = 0 - 1,5/m$, t. zn., że już na drodze 0,7 m pulsacja osiągnęła swą wartość maksymalną. Jakkolwiek więc zmiana szybkości powietrza w atmosferze musi się odbywać w sposób ciągły, nie można liczyć na znaczniejsze złagodzenie pulsacji z tego względu. Dla wydłużeń stosowanych w budowie szybowców $\Lambda = 6 - 20$ jest $\frac{\partial c_y}{\partial i} = 4,35 - 5,2$ praktycznie biorąc stałą,

ale tylko w zakresie zdrowego przepływu. Dla dużych c_y , $\frac{\partial c_y}{\partial i}$ maleje i w końcu dla $c_{y\ max}$, $\frac{\partial c_y}{\partial i} = 0$.

Przyjmijmy, że w praktyce szybowiec silnie „poduszony“ będzie leciał conajwyżej z szybkością $2 \cdot v_1$, t. zn. dla używanych obciążeń $9 - 16 \text{ kg/m}^2$ liczyć się można z szybkościami $v = 12 - 16 \text{ m/sek}$. Jeżeli przyjmiemy zgodnie z pomiarami aerologicznymi [14], maksymalną możliwą szybkość prądu wstępującego $w = 10 \text{ m/sek}$, wówczas otrzymamy możliwe $\Delta i = \frac{w}{v} = 0,836 - 0,625$, oraz możliwy przyrost współczynnika wyporu $\Delta c_y = \Delta i \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} = 3,25 - 4,35$.

Musiałoby zatem być conajmniej $c_{y\ max} = \sim 4$. Tak wysokich współczynników nie osiągnięto dotąd nawet zapomocą slotów, według pomiarów tunelowych w strumieniu ustalonym. Nowsze pomiary wykazują natomiast przy nagłej zmianie kąta natarcia płata, na skutek pewnej bezwładności opływów, znacznie wyższe chwilowe współczynniki $c_{y\ max}$, aniżeli zmierzone w spoczynku.

Według pomiarów Kramera [15] jest mianowicie:

$$c_{y\ max_d} = c_{y\ max_{st}} + 0,36 \cdot \frac{l}{v} \cdot \frac{di}{dt}. \quad (12)$$

Uwzględniając powyższą zależność dochodzi Kramer do pewnego współczynnika złagodzenia pulsacji $\eta = 0,6 - 0,75$ zależnie od szerokości warstwy przejściowej między powietrzem spokojnym a prądem wstępującym, oraz od szybkości szybowca. Rzeczywisty współczynnik obciążenia wynosi wówczas:

$$m = 1 \pm \frac{1}{16} \cdot w \cdot v \cdot \frac{S}{Q} \cdot \frac{\partial c_y}{\partial i} \cdot \eta. \quad (11)$$

Do podobnych wartości współczynnika złagodzenia pulsacji dochodzi również Küssner uwzględniając nadto wpływ elastyczności płata [14] oraz Uding [16].

Przyjmując $\eta = 0,7$ oraz $v = 2 \cdot v_1$ otrzymamy zależnie od obciążenia powierzchni i wydłużenia:

$$m_{max} = (1 + 0,5 \cdot w) \text{ do } (1 + 0,6 \cdot w).$$

Dla $w = 10 \text{ m/sek}$ otrzymalibyśmy więc $m_{max} = 6 - 7$, a więc współczynniki obciążenia równie wysokie jak otrzymane przy wysoku ze wzoru (7).

III. Lot wleczony.

W locie wleczonym możemy rozróżnić dwa zasadnicze wypadki:

1. Lot wleczony za samochodem, przyczem lina wznosi się pod dużym kątem względem poziomu.

2. Lot wleczony za samolotem, przyczem lina jest w przybliżeniu pozioma, względnie nachylona pod małym kątem do poziomu.

W wypadku pierwszym, obciążenia wywołuje głównie składowa ciąża liny, pionowa do toru szybowca, w locie jednostajnym w powietrzu zresztą spokojnym. Całkowity nadmiar wyporu nie idzie przytem na zrównoważenie sił masowych, a równowagę go skupiona siła pochodząca od ciąża liny.

W wypadku drugim, obciążenia występują głównie z powodu pionowych pulsacji powietrza. Nachylenie liny nie ulega przytem większym zmianom (zakładając odpowiednie prowadzenie szybowca) a cały nadmiar wyporu zrównoważony zostaje siłami masowymi rozłożonym w sposób jednorodny na całej konstrukcji szybowca.

Rozgraniczenie na te dwa wypadki jest tylko formalne i odpowiada przyjętej technice lotów wleczonych. W praktyce może zajść wypadek 1, również w locie za samolotem.

1. Lot wleczony przy dużym kącie wzniesienia liny.

Ten typ lotu stosowany jest głównie przy wleczeniu za samochodem lub za przyciągarką (windą), gdzie przy ograniczonych wymiarach lotniska i liny startowej chodzi o osiągnięcie możliwie dużej wysokości ponad przrząd wleczący znajdujący się na ziemi. W lotach wleczonych za samolotem, jakkolwiek niema potrzeby lecieć na szybowcu znacznie wyżej od samolotu, można ten typ lotu zaobserwować również niejednokrotnie, nawet u zaawansowanych pilotów. O ile jednak w powietrzu spokojnym kąt liny zależy głównie od woli pilota, o tyle w powietrzu burzliwym szybowiec może niejednokrotnie wzniesić się znacznie nad samolot wleczący bez udziału pilota.

a) Schemat uproszczony.

Jeżeli w locie wleczonym z pewną szybkością v_w kąt natarcia płata, a co zatem idzie i wypór wzniesie, czy to z powodu odpowiedniego wychylenia steru czy też z powodu prądu wstępującego powietrza, wówczas szybowiec będzie się wznosił tak długo, dopóki składowa ciągu liny normalna do toru szybowca, nie zrównoważy nadmiaru wyporu. Szybowiec będzie wówczas leciał poziomo na większym kącie natarcia, niżby to odpowiadało szybkości v_w w locie jednostajnym swobodnym.

W wypadku krańcowym może się zdarzyć, że będzie leciał poziomo na kącie natarcia odpowiadającym $c_{y \max}$, przy dowolnie dużej zresztą szybkości v_w . Na płat działa wówczas wypór:

$$P_y = c_{y \max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot v_w^2 = \bar{m} \cdot Q,$$

a ponieważ:

$$\frac{Q}{c_{y \max} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S} = v_{\min}^2$$

zatem:

$$\bar{m} = \left(\frac{v_w}{v_{\min}} \right)^2 \quad \dots \quad (13)$$

W locie swobodnym, przyjmując milcząco, że płat jest idealnie sztywny i że ciężar płata rozłożony jest wzdłuż jego powierzchni podobnie jak wypór, obliczymy libyśmy płat na obciążenie:

$$R = \nu \cdot \bar{m} (Q - Q_s) = n \cdot (Q - Q_s), \quad \dots \quad (14)$$

zakładając, że siły masowe działające na poszczególne elementy płata jak na każdą inną część szybowca, zrównoważają na miejscu odpowiednią część wyporu. Tymczasem w locie wleczonym przy dużym kącie wzniesienia liny, na „pułapie holowania“, lot jest poziomy i jednostajny, zatem obciążenie płata będzie:

$$R = \nu (m \cdot Q - Q_s). \quad \dots \quad (15)$$

Po wstawieniu za m wartości krańcowej (13), otrzymamy:

$$R = \nu \left[\left(\frac{v_w}{v_{\min}} \right)^2 \cdot Q - Q_s \right]. \quad \dots \quad (16)$$

Jeżeli zatem nie mamy przekroczyć obciążenia dopuszczalnego płata obliczonego utartym sposobem według równania (14), wówczas musimy ograniczyć szybkość wleczania v_w do wartości $v_{w \max}$, którą otrzymamy przyrównując równania (14) i (16). Otrzymamy wówczas;

$$v_{w \max} = v_{\min} \cdot \sqrt{\frac{n}{\nu} - \frac{n-1}{\nu} \cdot \frac{Q_s}{Q}} \quad \dots \quad (17)$$

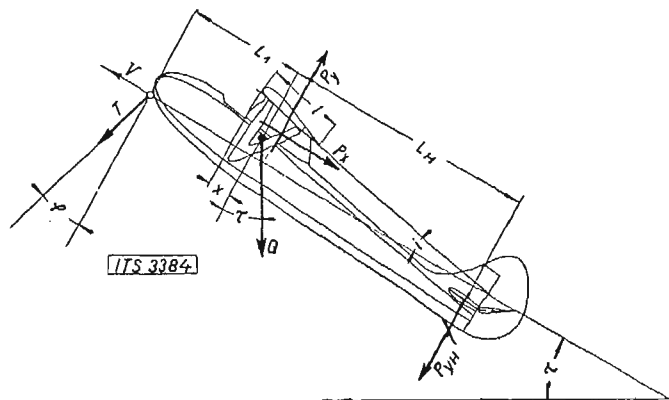
Powyższy wzór, wyprowadzony już raz w innym miejscu przez Janika [17], okazał się w praktyce nie-

zupełnie słuszny. Daje on mianowicie za małe wartości dopuszczalnych szybkości wleczania, względnie wymaga zbyt wygórowanych współczynników wytrzymałości. Na przykład dla szybowca ITS II. o współczynniku wytrzymałości $n = 9$, dla $\nu = 2$, byłoby $v_{w \max} = 83 \text{ km/h}$; dla szybowca S. G. 3. o współczynniku wytrzymałości $n = 9,5$ otrzymamy $v_{w \max} = 83 \text{ km/h}$. Szybowce te były niejednokrotnie wlezione z szybkością 120 km/h , w różnych warunkach meteorologicznych. Szybkości wyliczone, są zresztą ze względu na używany tabor trudne w praktyce do utrzymania i bardzo niewygodne w przelocie. Gdyby wzór (17) był słuszny, możliwości lotów wleczonych musiałyby być znacznie ograniczone ze względu na bezpieczeństwo lotu.

b) Schemat rzeczywisty.

W rzeczywistości lina startowa zaczepiona jest zazwyczaj na nosie kadłuba. Ciąg liny daje względem środka ciężkości pewien moment ciężący na głowę, który zrównoważony jest odpowiednim momentem od opierzenia poziomego. Wskutek tego płat obciążony jest dodatkowo, ponieważ wypór musi zrównoważyć składową ciągu liny normalną do toru, a ponadto ujemny wypór opierzenia.

Z drugiej jednak strony, wypór opierzenia jest ograniczony podobnie jak każdego innego płata. Wskutek tego przy danych wymiarach szybowca, spórzędnych punktu zaczepienia liny i wielkości opierzenia poziomego istnieje pewne maximum kąta natarcia płata ograniczone warunkami równowagi, a co zatem idzie, pewne maximum obciążenia naogół niższe niż przy zaczepieniu liny w środku ciężkości.



Ryc. 7.

Szybowiec w locie wleczonym. Objasnienie przyjętych znakowań.

Rozpatrzmy warunki równowagi szybowca w locie wleczonym. Zgodnie z oznaczeniem na ryc. 7, zakładając lot jednostajny możemy napisać warunek równowagi składowych normalnych do kierunku lotu:

$$P_y = T \cdot \cos \varphi + Q \cdot \cos \tau + P_{yII}, \quad \dots \quad (18)$$

oraz warunek równowagi momentów względem środka ciężkości szybowca z pominięciem momentów oporów szkodliwych jako małych:

$$T \cdot \cos \varphi \cdot L_1 + M_s - P_{yII} \cdot L_2 = 0, \quad \dots \quad (19)$$

gdzie M_s jest momentem płata względem środka ciężkości:

$$M_s = c_m' \cdot S \cdot q \cdot l,$$

przyczem c_m' jest współczynnikiem momentu płata względem środka ciężkości szybowca. Jeżeli pominiemy mały wpływ momentu oporów płata i położymy w przybliżeniu $c_n \approx c_y$, wówczas:

$$c_m' = c_m - \frac{x}{l} \cdot c_y.$$

Ponieważ zgodnie z pomiarami w tunelu jest:

$$c_m = c_{m_0} + 0,25 \cdot c_y,$$

zatem:

$$c_m' = c_{m_0} + \left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot c_y \quad (20)$$

Dla opierzeń poziomych o profilach symetrycznych jest według pomiarów $c_{yHmax} \approx 1,0$, zatem:

$$P_{yHmax} = 1 \cdot q \cdot S_H \quad (21)$$

Po wstawieniu wartości (20) i (21) w równania (18) i (19) otrzymamy po wyeliminowaniu $T \cdot \cos \varphi$:

$$P_y = c_y \cdot q \cdot S = \frac{q \cdot S_H (L_H + L_1) - \left[c_{m_0} + \left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot c_y \right] \cdot S \cdot q \cdot l}{L_1} + Q$$

a stąd:

$$P_y = c_y \cdot q \cdot S = \frac{[S_H (L_H + L_1) - c_{m_0} \cdot S \cdot l] \cdot \frac{v_w^2}{16}}{L_1 + \left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot l} + Q$$

wreszcie:

$$\bar{m} = \frac{P_y}{Q} = \frac{[S_H (L_H + L_1) - c_{m_0} \cdot S \cdot l] \cdot v_w^2}{16 \cdot Q \left[L_1 + \left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot l \right]} + 1 \quad (22)$$

W większości wypadków będziemy mogli przyjąć $L_H + L_1 \approx L_R =$ długości kadłuba; zwykle jest $x/l = 0,30 - 0,40$, wyrażenie $\left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot l$ będzie więc można wobec L_1 pominąć i wyrażenie (22) możemy napisać w prostszej formie:

$$\bar{m} \approx 1 + \frac{S_H \cdot L_k - c_{m_0} \cdot S \cdot l}{16 \cdot Q \cdot L_1} \cdot v_w^2 \quad (22')$$

Kładąc:

$$k = \frac{S_H (L_H + L_1) - c_{m_0} \cdot S \cdot l}{Q \cdot \left[L_1 + \left(0,25 - \frac{x}{l}\right) \cdot l \right]} \quad (23')$$

względnie:

$$k \approx \frac{S_H \cdot L_k - c_{m_0} \cdot S \cdot l}{16 \cdot Q \cdot L_1} \quad (23'')$$

możemy też napisać:

$$\bar{m} = 1 + k \cdot v_w^2 \quad (23''')$$

Zgodnie z równaniami (14) i (15), jest teraz:

$$R = \nu [(k \cdot v_w^2 + 1) \cdot Q - Q_s] = n (Q - Q_s),$$

a stąd:

$$n = \frac{\nu [(k \cdot v_w^2 + 1) \cdot Q - Q_s]}{Q - Q_s} \quad (24)$$

względnie:

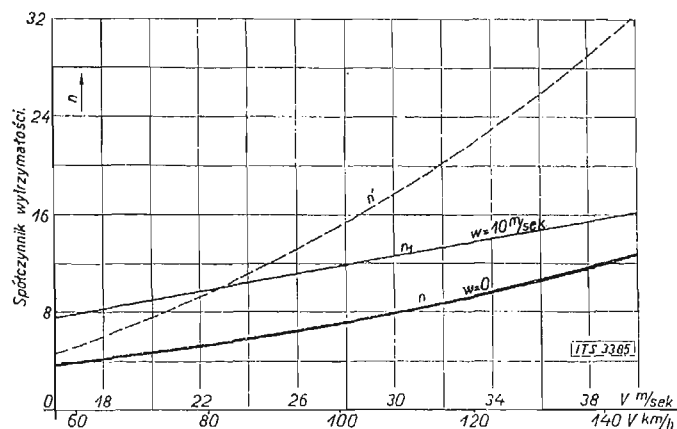
$$v_{wmax} = \sqrt{\frac{(n - \nu) (Q - Q_s)}{\nu \cdot k \cdot Q}} \quad m/sek \quad (25)$$

Ryc. 8. przedstawia zależność $n = f(v_w)$ dla szybowca ITS. II. obliczoną z równania (24). Dopuszczalna maksymalna szybkość wleczenia wynosi dla tego szybowca według równania (25), $v_{wmax} \approx 120 km/h$. Otrzymujemy więc wartości zupełnie realne, w odróżnieniu od wartości wyliczonych wzorem (17), które dla tego szybowca przedstawia w ryc. 8 linja kreskowana n' .

2. Lot wleczony w powietrzu burzliwym.

Zupełnie podobnie jak w locie swobodnym, mogą powstać znaczne obciążenia w locie wleczonym przy linie w przybliżeniu poziomej względnie bardzo mało

wzniesionej, jak to się zwykle stosuje w przelocie, na skutek nagłej zmiany kąta natarcia płata w razie napotkania silnego prądu wstępującego. Obciążenia nie mają w tym wypadku żadnego poważniejszego związku z linią wleczącą, a dochodzą do skutku analogicznie jak w locie swobodnym. O ile jednak w locie swobodnym, stosunkowo dużą szybkość $v = 2 \cdot v_1$, jaką przyjęliśmy do obliczenia obciążeń w powietrzu burzliwym stosuje się rzadko, a w każdym razie przez czas bardzo krótki, o tyle w locie wleczonym stosunkowo dużą szybkość wleczenia, jaką trzeba stosować w przelocie, utrzymać trzeba przez bardzo nieraz długi okres czasu. Z jednej strony prawdopodobieństwo napotkania tak silnej pulsacji pionowej, jaką przyjęliśmy do rachunku ($w = 10 m/sek$), jest więc w czasie dłuższego przelotu znacznie większe aniżeli w locie swobodnym, z drugiej zaś strony szybkość wleczenia v_w jest zwykle również znacznie większą aniżeli $2 \cdot v_1$. Z tego względu obciążenia w locie wleczonym w powietrzu burzliwym będą znacznie większe aniżeli w locie swobodnym. Na ryc. 8 naniesiono konieczne współczynniki wytrzymałości płata $n = 2 \cdot m$ obliczone ze wzoru (11) dla szybowca ITS. II. jako funkcje szybkości wleczenia v_w .



Ryc. 8.

Wymagany współczynnik wytrzymałości w zależności od szybkości wleczenia: Linja kreskowana n' według wzoru Janicka (17), linja pełna n (dla $w=0$) według wzoru (25) autora, linja pełna n_1 (dla $w=10 m/sek$) dla lotu wlezonego w powietrzu bardzo burzliwym według wzoru (11). Przykład dla szybowca ITS. II:

$$L_1 = 1,7 m; L_H = 4,05 m; S_H = 2 m^2; c_{m_0} = 0,05; \frac{x}{l} = 0,35; S = 14,4 m^2; l = 1,2 m; Q = 180 kg; Q_s = 85 kg; \nu = 2.$$

Jak z ryc. 8 wynika, obciążenia szybowca w locie wleczonym w powietrzu burzliwym mogą być bardzo groźne. Nie należy jednak zapominać, że przyjęte szybkości prądów wstępujących $w=10 m/sek$, są wartościami maksymalnymi spotykanymi tylko w wyjątkowych warunkach meteorologicznych. Przeciętnie można liczyć na szybkości prądów wstępujących $w'=5 m/sek$. W tym wypadku otrzymamy prawie dwa razy mniejsze obciążenia, a więc leżące w granicach obciążeń określonych wzorem (24). Z tego też względu, nie chcąc ograniczać zbytnio możliwości lotów wleczonych, w projekcie przepisów ITS przewiduje się jedynie obliczenie koniecznego współczynnika wytrzymałości według wzoru (24), zaś szybkość dopuszczalną według wzoru (11) ze względu na burzliwość powietrza należy tylko podać do wiadomości pilota, jako polecenie stosowania możliwie małej szybkości wleczenia w powietrzu burzliwym.

Oczywiście, że przepis tego rodzaju może być tylko tymczasowym. Pomiarów statystycznych maksymalnych wartości prądów wstępujących spotykanych w atmosferze oraz ich gradientu muszą ostatecznie wyjaśnić, jak wielką w należałoby przyjąć do rachunku. To jednak nie rozwiązuje jeszcze całkowicie sprawy. We

wzorze (11) uderza bowiem brak współczynników charakteryzujących własności aerodynamiczne i stateczność szybowca, jakkolwiek wpływ tych czynników na wielkość obciążeń nie ulega wątpliwości. Zagadnienie to wymaga więc jeszcze głębszego ujęcia teoretycznego i sprawdzenia w locie.

IV. Streszczenie i wnioski.

A. Celem wyjaśnienia jak wielkie współczynniki obciążenia należałoby przyjąć w projekcie przepisów odnośnie wytrzymałości szybowców, autor poddaje analizie lot swobodny i lot wleczony w powietrzu spokojnym i w powietrzu burzliwym.

Proste rozważenie lotu swobodnego uczy, że największe obciążenia występują przy wyskoku z lotu nurkowego. Opierając się na znanym rozwiązaniu ogólnych równań różniczkowych ruchu, autor rozpatruje jakie maksymalne obciążenia mogą zajść w rzeczywistości. Okazuje się przytem znaczny wpływ współczynników stateczności właściwej szybowca, oraz minimalnego współczynnika oporu na wielkość obciążeń, szczególnie dla szybowców lekkich. Bezwzględne wartości otrzymanych obciążeń są niepewne wobec nieznaności odnośnych współczynników w locie rzeczywistym i braku jakiegokolwiek porównania względnie sprawdzenia współczynników charakteryzujących własności szybowca, znanych jedynie z pomiarów tunelowych.

Uwzględniając przebieg zjawisk zachodzących przy wyskoku, oraz przyjmując pewne ograniczenie co do szybkości osiągalnej w praktyce w locie nurkowym, autor wprowadza pewien uproszczony schemat obciążeń płata, podający zmianę współczynnika obciążenia w całym zakresie kątów natarcia płata, przyczem bezwzględna wartość maksymalnego współczynnika obciążenia wyraża się jako funkcja własności aerodynamicznych szybowca. Ten sposób ustalania współczynników obciążenia, przyjęty przez autora do projektu przepisów ITS, daje wartości współczynników wytrzymałości zgodne ze współczynnikami szybowców latających i przeprowadza samoczynnie podział szybowców na grupy, zgodnie z ich rzeczywistymi zdolnościami do wywoływania pewnych obciążeń.

Rozpatrując lot w powietrzu burzliwym, dochodzi się do wniosku, że obciążenia z powodu pulsacyj poziomych są małe, natomiast obciążenia z powodu pulsacyj pionowych mogą być równie groźne jak przy wyskoku. Określenie jednak maksymalnych obciążeń natrafia na trudności wobec braku dostatecznie obszernego materiału statystycznego odnośnie do natężenia prądów wstępujących.

Znany wzór dla obliczenia dopuszczalnej szybkości wleczania daje wartości nierealne, wobec czego autor wyprowadza inny wzór oddający lepiej warunki rzeczywiste. Rozważając obciążenia w locie wleczonym w powietrzu burzliwym okazuje się, że mogą one osiągnąć wartości bardzo wysokie. Przyjęte przytem wartości natężenia prądów wstępujących występują jednak stosunkowo rzadko, a używany wzór dla obliczenia obciążeń w powietrzu burzliwym, nie uwzględniając własności szybowca jest zbyt prymitywny, aby mógł dać pewne wyniki.

B. Na podstawie analizy sytuacji w jakich mogą znaleźć się szybowce, zaproponowano w projekcie przepisów ITS pewne wartości współczynników obciążenia zależne od własności aerodynamicznych. Dla wyprowadzenia zupełnie pewnych wniosków, brak dostatecznych danych doświadczalnych.

Wyłania się więc nagląca potrzeba przeprowadzenia całego szeregu badań, a mianowicie:

1. Sprawdzenie rzeczywistego przebiegu zjawiska wyskoku, przez pomiar biegunowej i współczynników stateczności właściwej szybowców w locie rzeczywistym, oraz porównanie z pomiarami przyspieszeń wykonanymi na szybowcach, dla sprawdzenia względnie uzupełnienia znanych zależności analitycznych, celem umożliwienia racjonalnego określenia współczynników obciążenia w zależności od własności projektowanych szybowców i ostatecznego wyrugowania wszelkich stałych współczynników wytrzymałości z przepisów szybowcowych. Jedynie ten sposób uchronić może szybownictwo od przykrych niespodzianek, umożliwiając zarazem dalszy rozwój konstrukcji w kierunku lekkiej budowy i wynikających stąd możliwości.

2. Stałe przeprowadzanie szczegółowych pomiarów wszelkich nowych szybowców w tunelu, w szczególności biegunowej równowagi, oraz sprawdzanie wyników okresowo przez pomiary biegunowych w locie, celem umożliwienia dokładnego określania koniecznego współczynnika wytrzymałości w myśl p. 1.

3. Zebranie doświadczalnie materiału statystycznego co do natężenia, gradientu i częstości występowania prądów wstępujących względnie pulsacyj pionowych, opracowanie teorii obciążeń w powietrzu burzliwym z uwzględnieniem wpływu własności aerodynamicznych i współczynników stateczności właściwej na wielkość obciążeń, oraz sprawdzenie jej przez pomiary przyspieszeń w locie, wykorzystując równocześnie pomiary wykonane w myśl p. 1.

4. Pomiary obciążeń w locie wleczonym w powietrzu spokojnym, celem sprawdzenia podanych zależności analitycznych, oraz pomiary w locie wleczonym w powietrzu burzliwym wykorzystując dane zdobyte w myśl p. 1 i 3.

RÉSUMÉ.

On examine, dans la présente étude, les efforts des planeurs ayant lieu à la ressource d'un piqué, les efforts en vol remorqué et les efforts paraissant au cours du vol dans l'air agité. En se basant sur la solution bien connue des équations différentielles générales du mouvement du planeur en vol libre, on fonde le schéma simplifié des efforts d'aile et la dépendance du coefficient de charge des coefficients caractérisant les propriétés aérodynamique du planeur, proposée pour établir les coefficients de résistance (de charge de rupture) nécessaires. En tenant compte de l'efficacité limitée de l'empennage horizontal et de la manière d'accrocher le câble au planeur remorqué, on établit la formule pour calculer la vitesse maximum de la remorque en fonction du coefficient de résistance du planeur considéré. En examinant le vol libre et le vol remorqué en air agité, on vient à la conclusion que, théoriquement, les efforts dûs aux rafales ascendantes et ceux dans une ressource soient également dangereux pour les planeurs. On ne pourra obtenir la solution définitive du problème considéré qu'ayant effectué des mesures en vol détaillées concernant non seulement la statistique des pulsations rencontrées, mais aussi le caractère des phénomènes se produisant en situations différentes. Ce n'est que par cette voie qu'il sera possible d'établir des relations définitives permettant de déterminer les coefficients de résistance nécessaires en dépendance des propriétés du planeur projeté.

Literatura.

1. Weyl: Über neuere amerikanische Beschleunigungsmessungen. ZFM 1925, str. 451 i 470.
2. Köppen u. Hübner: Beschleunigungsmessungen an Flugzeugen ZFM 1926, str. 534.

3. Scheubel: Über Beschleunigungsmessungen im Fluge. Abch. a. d. A. I. Aachen, H. 10.

4. Diringshofen: Die Bedeutung von hydrostatischen Druckunterschieden für den Blutkreislauf des Menschen bei Einwirkung hoher Beschleunigungen ZFM 1932, str. 164.

5. Diringshofen: Über die Wirkung von Beschleunigungen im Fluge auf den Menschen. Z F M 1933, str. 589.

6. Fuchs u. Blenk: Die Beanspruchung von Flugzeugen beim Abfangen. ZFM 1925. str. 78.

7. Küssner-Thalau: Die Entwicklung d. Festigkeitsvorschriften. Lufo. Bd. 10. Nr. 1.

8. Mitteilung Nr. 5. d. Deutschen Forschungsinstitutes für Segelflug. Flugsport 1933, str. 516.

9. Weyl: Die „ideale Polare“ u. d. Flugzeugfestigkeit ZFM 1933, str. 383.

10. Kurman: Metoda szwedzka określania spólczynników obciążenia. Wyd. I. B. T. L.

11. Leseurre et Gourdou: La détermination rationnelle des efforts supportés par un avion. I. Congrès Int. d. l. sécurité aérienne Rap, I. p. 123/III.

12. Scott-Hall: Stresses in wing structures Technical Report of The Aeron. Research. 1929—30 Nr. 1309.

13. Normy proczności dla planjerow-paritjelnej po konkursu 1933 g. Samolet Nr. 4. 1933.

14. Küssner: Die Beanspruchung d. Flugzeuge bei Böen. ZFM 1931, str. 579 i 605.

15. Kramer: Die Zunahme d. Maximalauftriebes

von Tragflügeln bei plötzlicher Anstellwinkelvergrößerung ZFM 1932, str. 185.

16. Thalau-Teichmann: Aufgaben a. d. Flugzeugstatik.

17. Janik: O obciążeniach w locie holowanym. Sprawozdanie IBTL Nr. 11.

18. Grzędziński: O wytrzymałości wiązania nosnego płatowców. Przegląd Techniczny 1928, str. 549.

19. Köster: Die Festigkeit gefesselter Flugzeuge. Segelflieger 1932. Nr. 1, 2, 3. 6.

20. Schrenk: Erfahrungen a. d. Schleppflug-Praktikum d. DLV Segelflieger Nr. 6. 1932.

21. RRG: Richtlinien f. d. Bau von Gleit u. Segelflugzeugen.

22. Okólnik Min. Komunikacji Nr. 11/12 w sprawie szybownictwa.

23. Czerwiński: I. Sprawozdanie z pomiarów przyspieszeń występujących w lotach szkolnych na szybowcu. Skrzydłata Polska Nr. 10/11 1932.

24. Jaworski: II. Sprawozdanie z pomiarów przyspieszeń. Skrzydłata Polska Nr. 4/5, 1933.

25. Reissner: Neuere Probleme a. d. Flugzeugstatik ZFM 1926. str. 137 i d.

26. Hertel: Verdrehsteifigkeit u. Verhrehfestigkeit von Flugzeugbauteilen. Lufo Bd. 9. Nr. 1.

Literatura wymieniona w. 1—18 odnosi się bezpośrednio do niniejszego artykułu. Z literatury wymienionej w p. 19—26 korzystano ponadto przy układaniu projektu przepisów.

Adam Nowotny.

Pomiary płatów z lotkami.

Mesures des ailes munies d'ailerons.

Ces mesures, exécutées au Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów sur des ailes munies d'ailerons, font la première série des mesures systematiques qu'on a résolu d'exécuter sur ces ailes.

Cel badań.

Dla szybowców przelotowych, obok doskonałości aerodynamicznej i szybkości po torze, duże znaczenie posiada rozpiętość szybkości. Jej znaczenie wyjaśniliśmy już w innym miejscu¹⁾. Z pośród urządzeń zmierzających do tego celu, bardzo skuteczne a równocześnie proste do wykonania wydają się klapy względnie lotki umieszczone w części spływowej profilu płata, a dające się opuszczać względnie wychylać w locie. Sposób ten, znany i ostatnio stosowany na szeroką skalę w budowie samolotów, u nas nie został jeszcze zastosowany do szybowców, jakkolwiek pewne próby w tym kierunku spotykamy w szybowcach niemieckich. Nie można jednak polegać tylko na doświadczeniu lotnictwa silnikowego. Podczas gdy bowiem w samolotach chodzi przytem o zmniejszenie szybkości po torze przy równoczesnem celowem pogorszeniu doskonałości aerodynamicznej, celem umożliwienia stromego startu i lądowania, to dla szybowców przelotowych chodzi o zmniejszenie szybkości po torze przy możliwie nieznacznem pogorszeniu szybkości opadania.

Celem zbadania więc korzyści tego rodzaju urządzeń dla szybowców i zdobycia dostatecznej ilości danych potrzebnych do konstrukcji, przystąpiono w Instytucie Techniki Szybownictwa do systematycznego badania płatów z lotkami. Poniżej podajemy do użytku konstruktorów pierwszą serję pomiarów.

¹⁾ Vide *Czasopismo Lotnicze* Nr. 2 1933.

Dane geometryczne.

Płaty o znanych profilach zasadniczych ITS 3, 4 i 9²⁾, oraz G. 692, posiadają obrys prostokątny i wydłużenie 5.

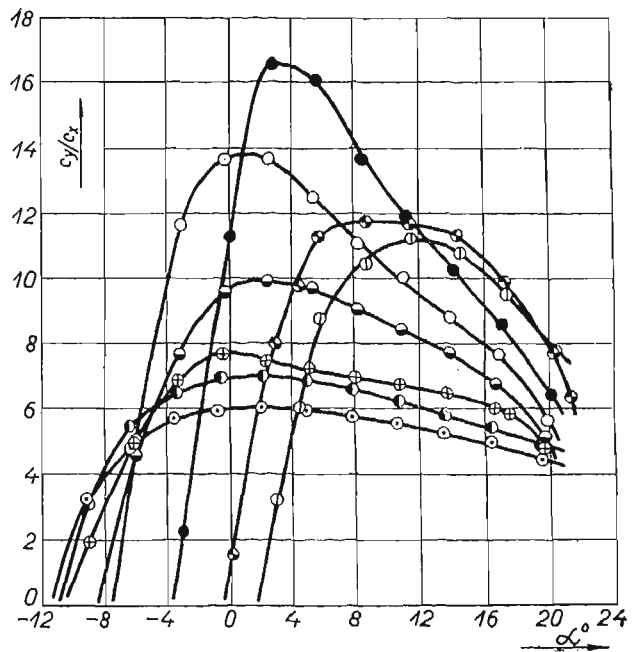
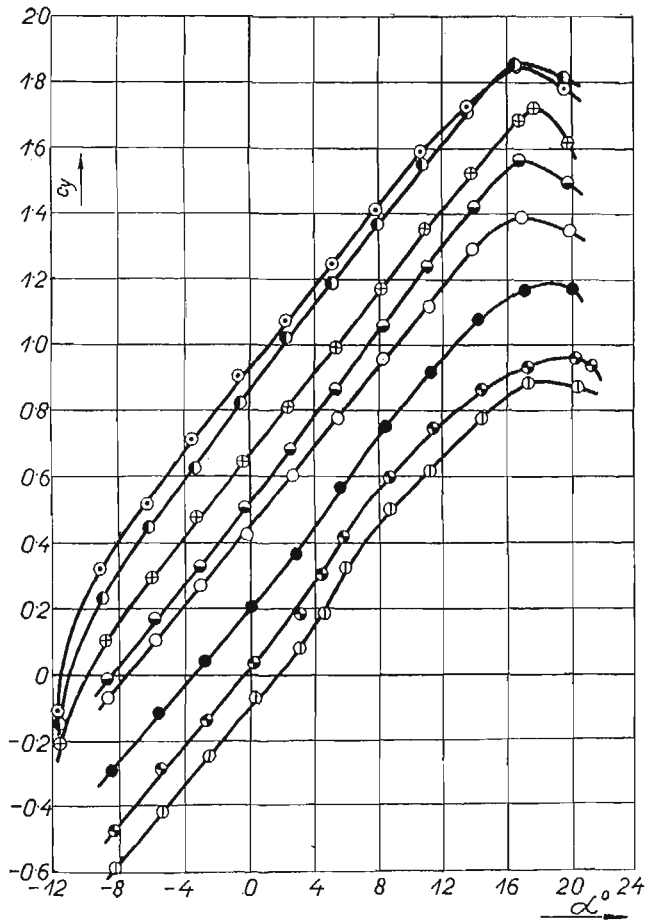
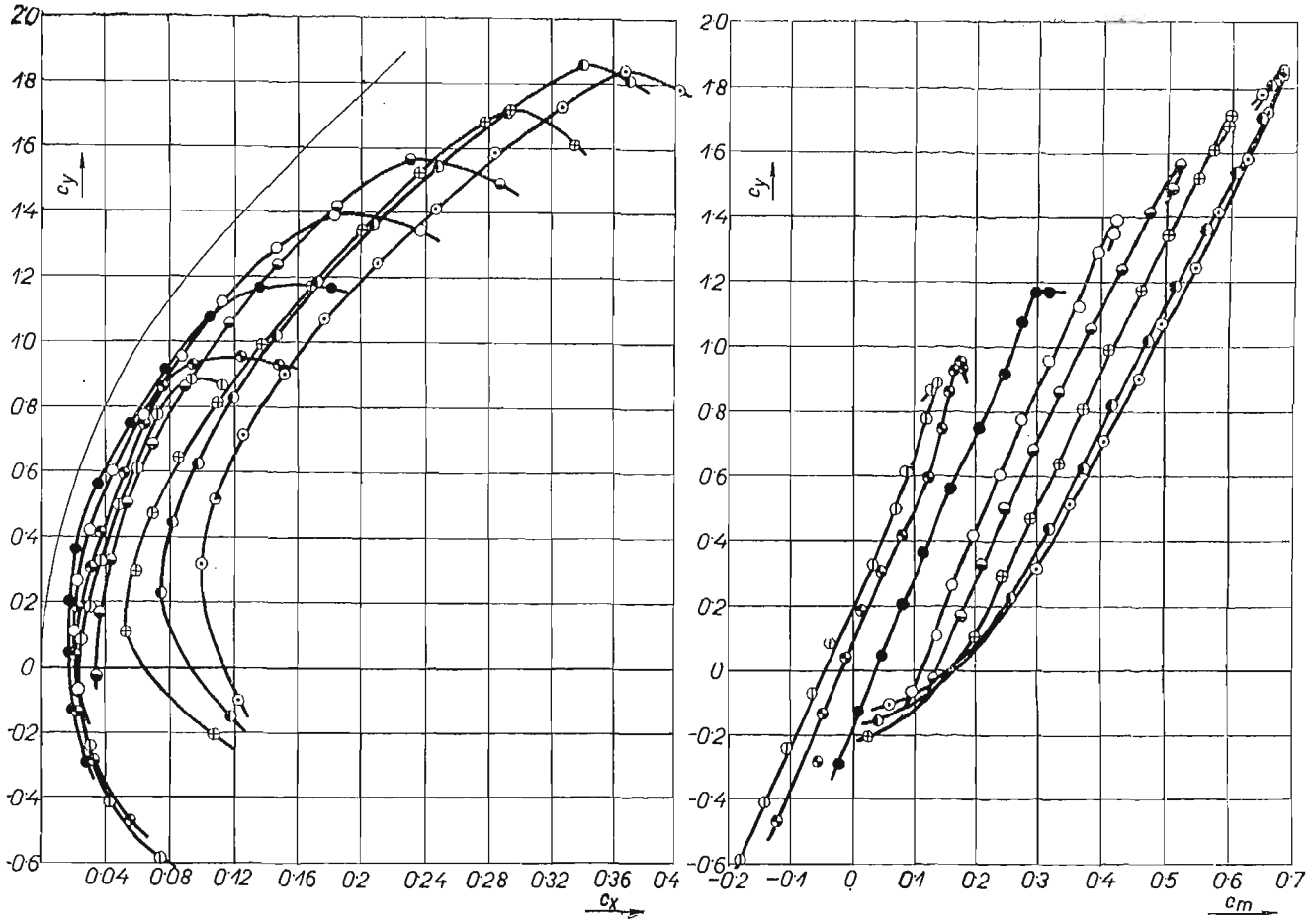
W szczególności posiadają poszczególne płaty następujące profile zasadnicze:

Płat ITS 10	profil ITS 9.
" " 11	" G. 692
" " 12	" ITS 4.
" " 13	" ITS 3.

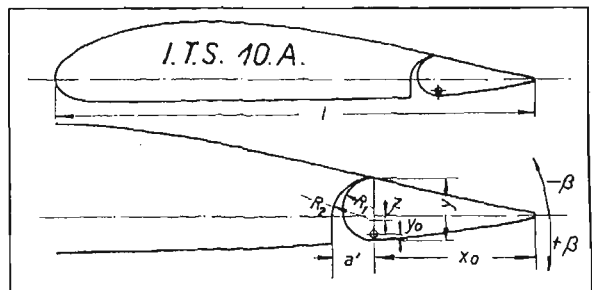
Lotki, biegnące wzdłuż całej rozpiętości płata, otrzymano przez odpowiednie wycięcia z profilów zasadniczych. W płatach ITS 11 i 12 zmieniano systematycznie głębokości lotek, które zajmują $A-25\%$, $B-34\%$, $C-45\%$ głębokości płata. Promienie krzywizny wycięcia płata i nosków lotkowych dobrano w ten sposób, że przy wychyleniu lotek do dołu, przekrój szczeliny na górnej powierzchni płata pozostaje niezmienny. Jedynie w płacie ITS 10 A szczelina powiększa się przy opuszczaniu lotki. Płat ITS 13 A posiada szczelinę „odwróconą“ t. zn. przepuszczającą strumień powietrza z górnej na dolną powierzchnię płata, wyciętą w profilu zasadniczym ITS 3 posiadającym stały „środek“ ciśnienia.

Szczegółowe wymiary lotek i szczelin podają tabele w ryc. 1—8.

²⁾ Dane profili ITS 1—8 podaliśmy w *Czasopiśmie Lotniczem* Nr. 4 z 1933 r. jako profile Nr. 1—8. Profil ITS 9 jest odpowiednio zgrubionym profilem ITS 8.

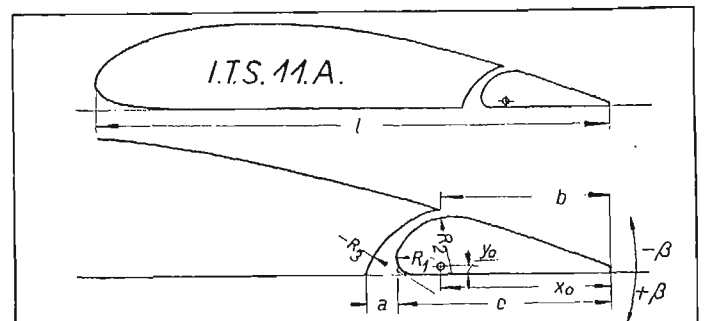
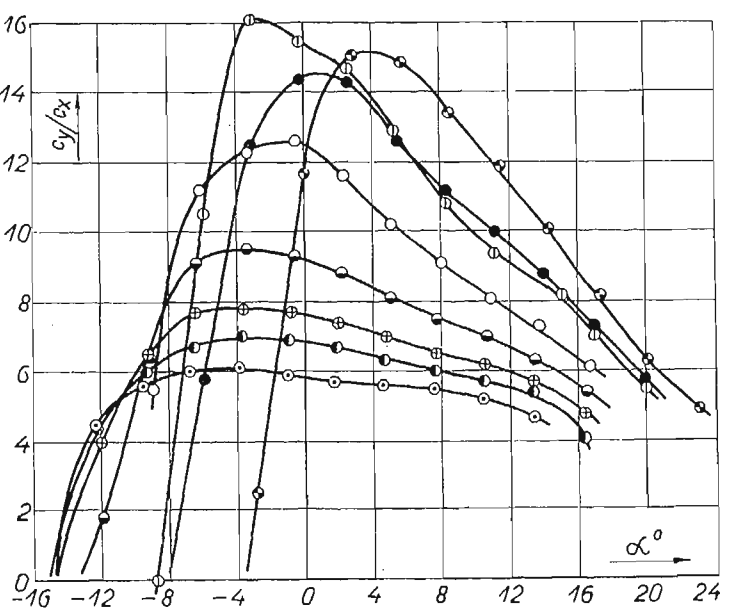
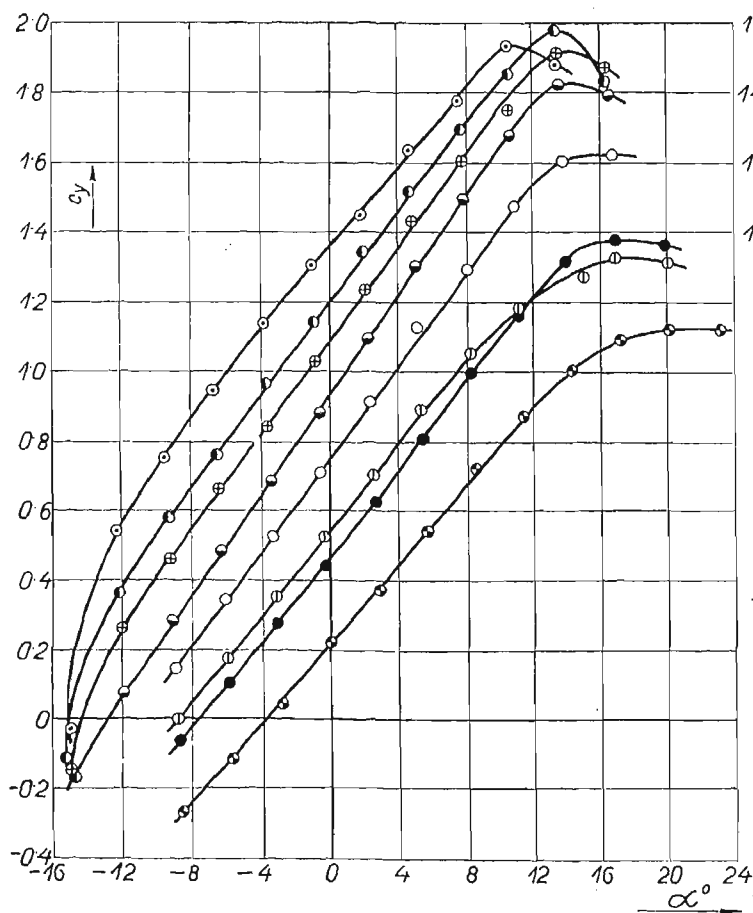
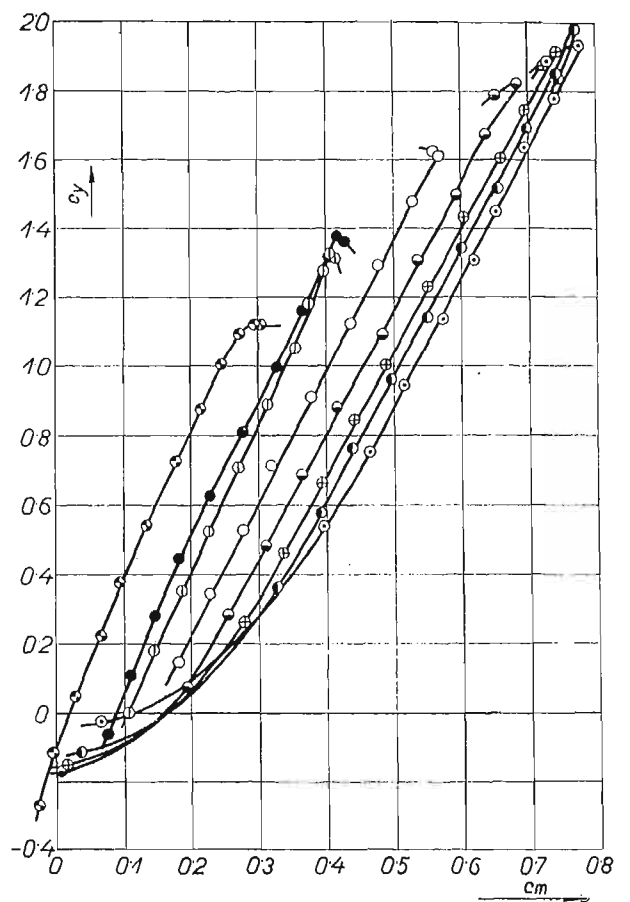
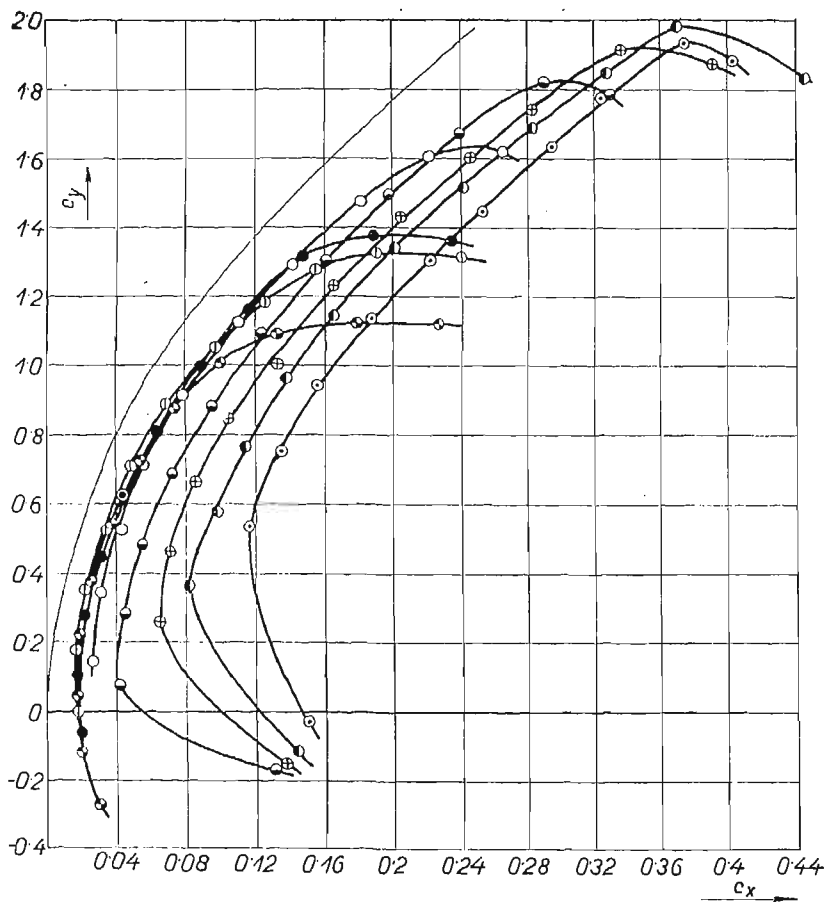


- $\beta = -15^\circ$
- $\beta = -10^\circ$
- $\beta = 0^\circ$
- $\beta = 10^\circ$
- $\beta = 20^\circ$
- $\beta = 30^\circ$
- $\beta = 40^\circ$
- $\beta = 50^\circ$



Płat I.T.S. 10.A.		ITS 3491		Spórzędne lotki:	
Profil I.T.S. 8.b.	Grubość 0.16.1	R_1	1/2	y_0	0.023.1
Wydłuż $\lambda=5$	Głęb. lotki	R_2	0.053.1	a'	0.053.1
Znamię: $V.L=30.140$ m/sek. g m		x_0	0.200.1	z	0.005.1

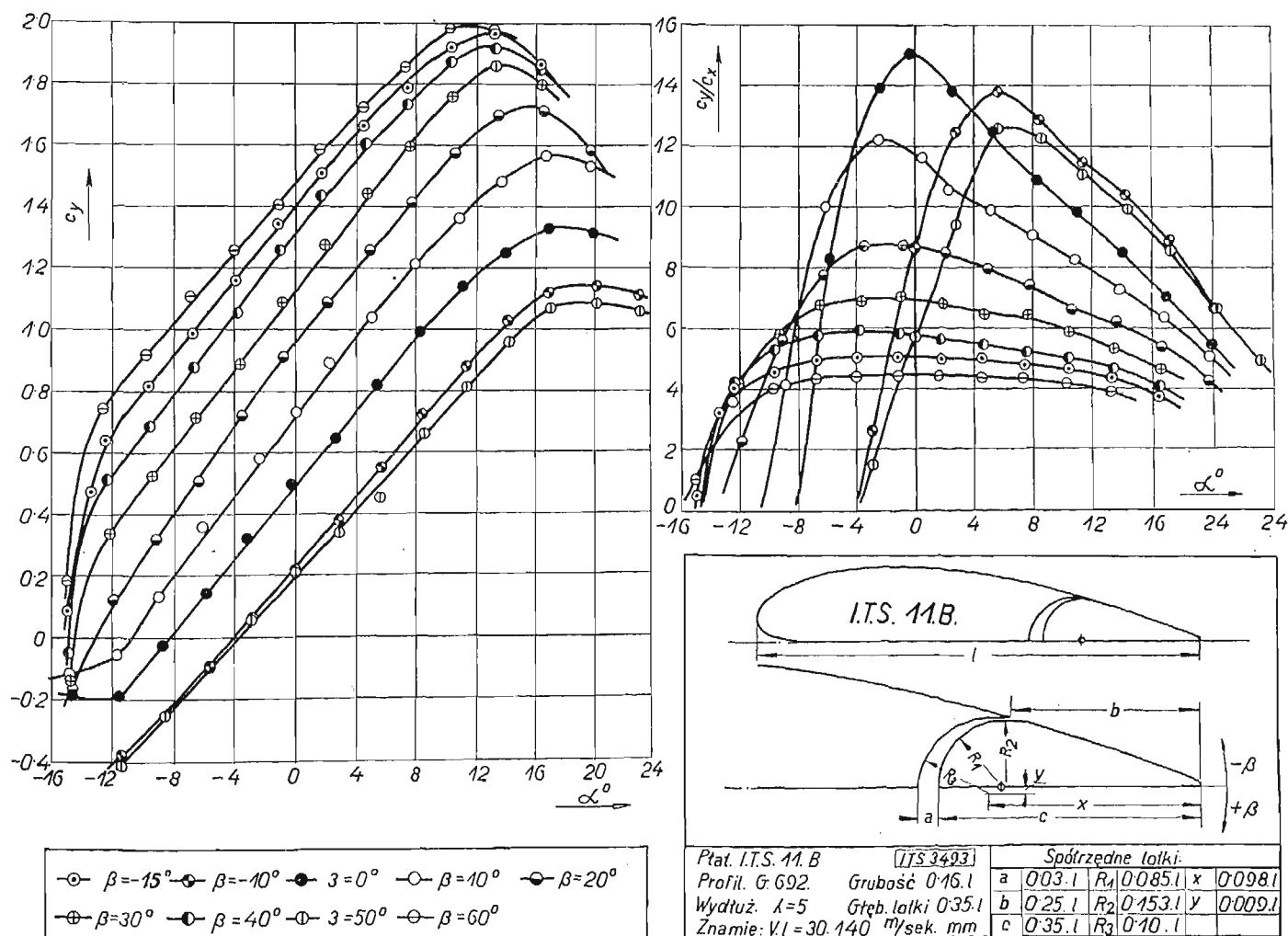
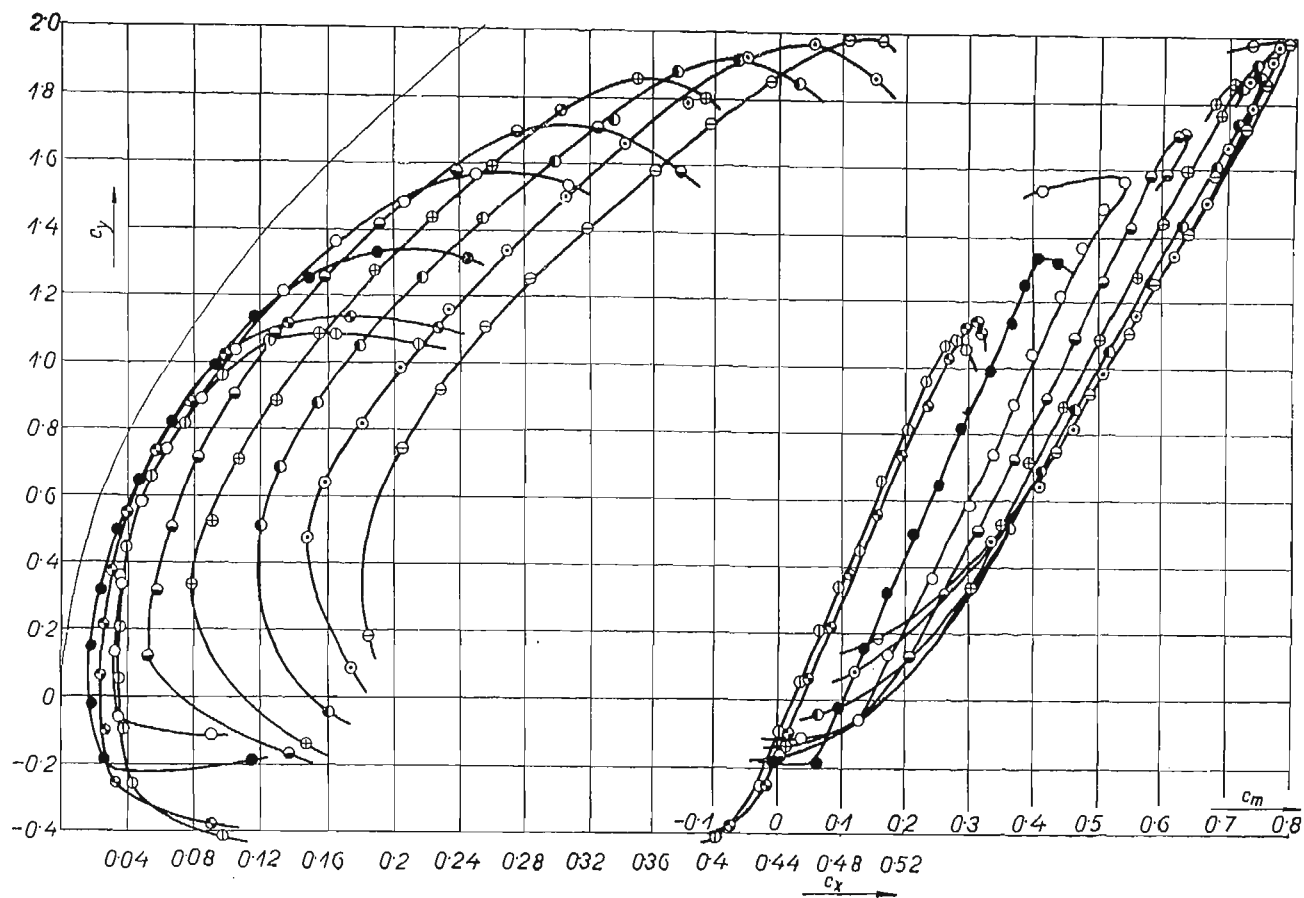
Ryc 1. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników sztybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz spórzędne lotki, dla płata: ITS 10 A.



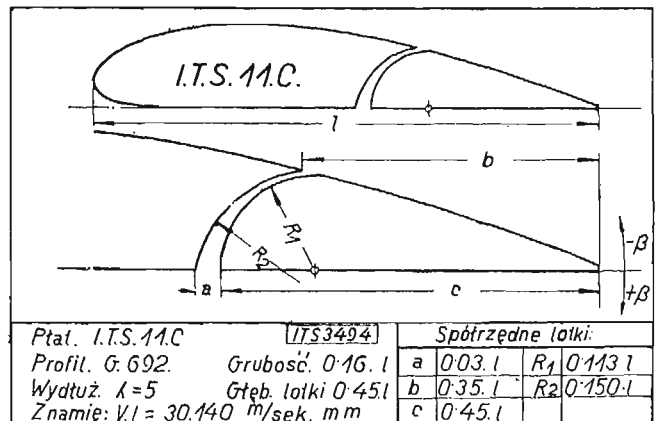
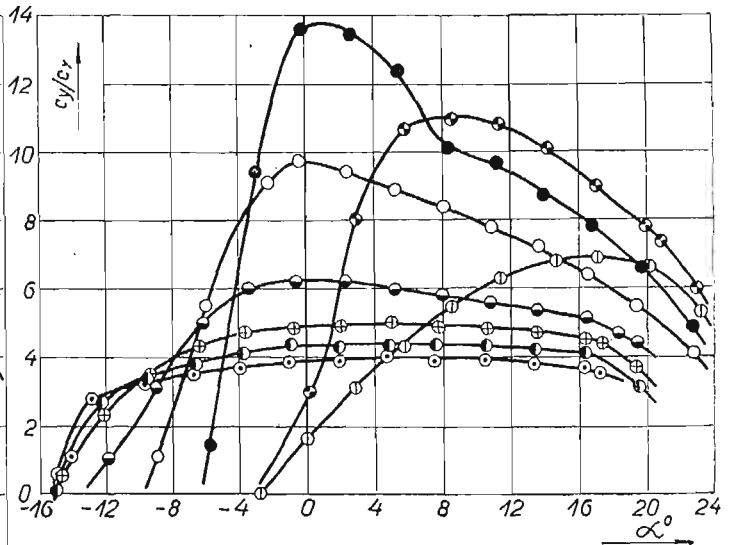
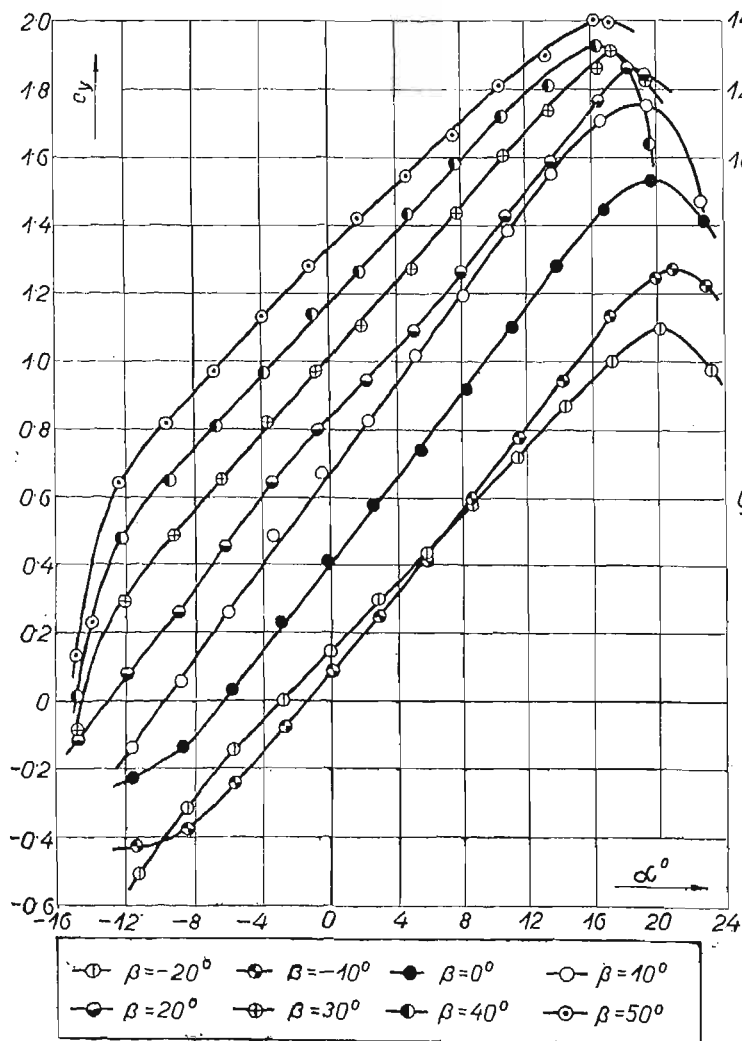
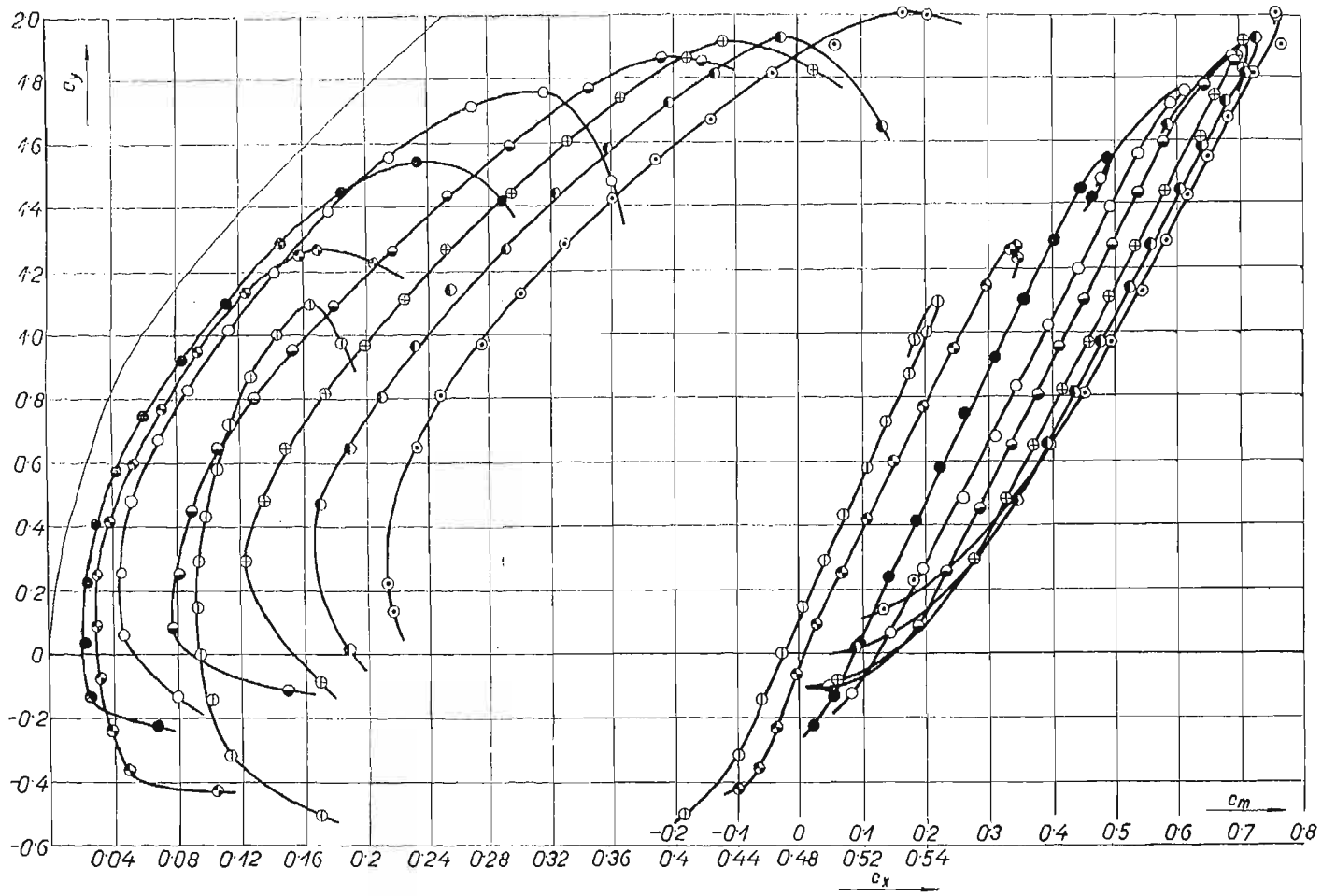
○ β = -10°	● β = 0°	○ β = 10°	○ β = 20°
○ β = 30°	○ β = 40°	○ β = 50°	○ Zakryta szczelina

Płat I.T.S. 11.A [I.T.S. 3492]		Spółrzędne lotki:	
Profil G. 692	Grubość 0.16 l	a 0.04 l	R ₁ 0.02.1
Wydtuż λ = 5	Głęb. lotki 0.25 l	b 0.20.1	R ₂ 0.07.1
Znamię: V.l. = 30.140 m/sek. mm		c 0.25.1	R ₃ 0.12.1
			x ₀ 0.20.1
			y ₀ 0.01.1

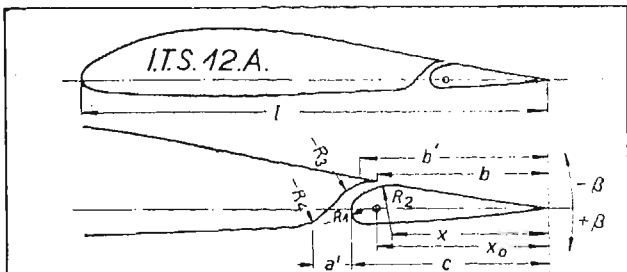
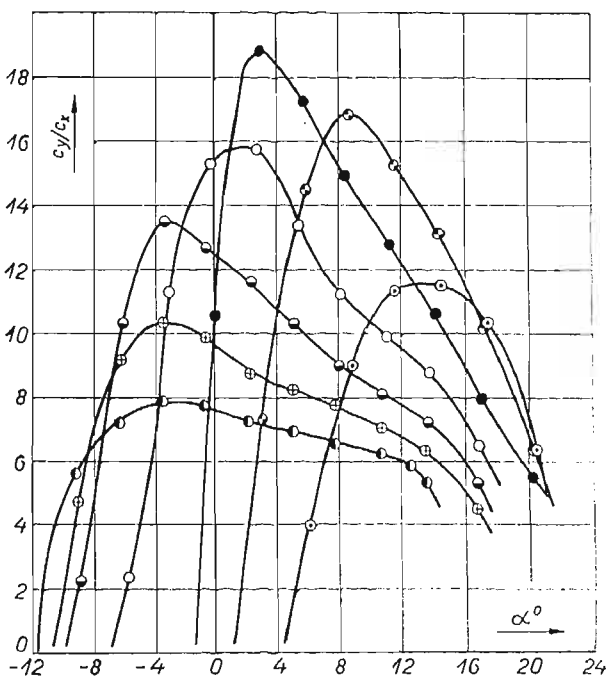
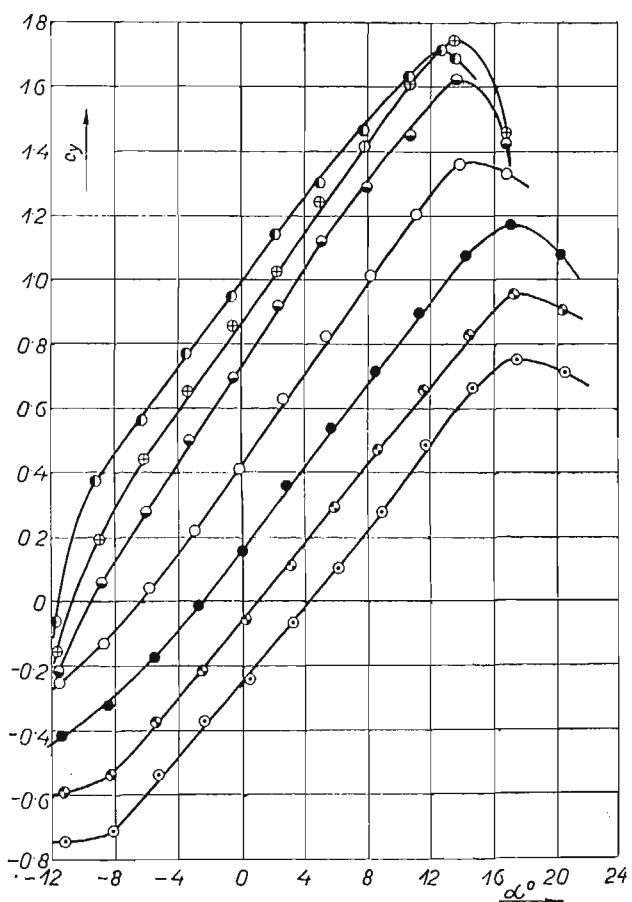
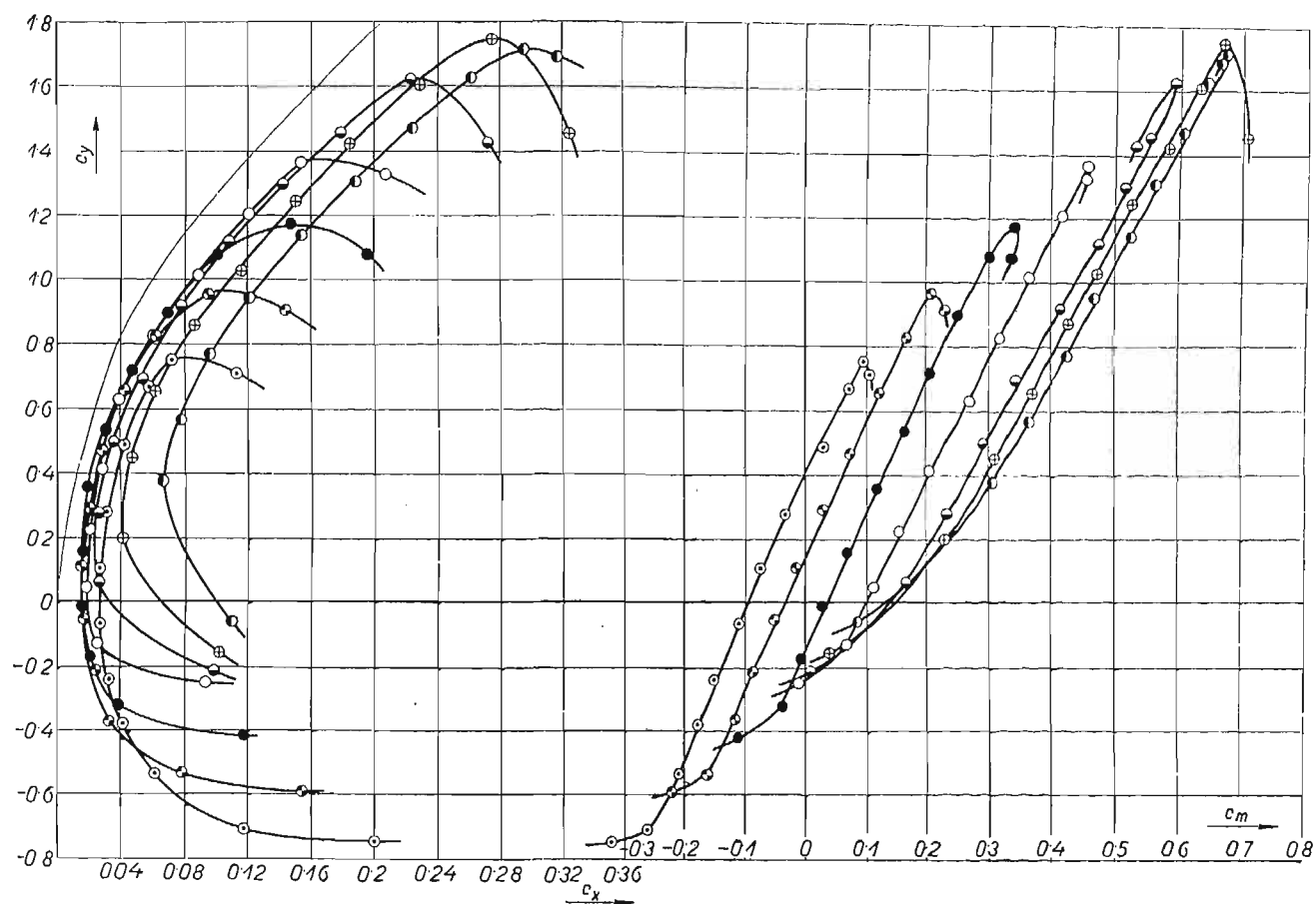
Ryc. 2. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz spółrzędne lotki dla płata: I.T.S. 11 A.



Ryc. 3. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń łotki β , oraz spórzędne łotki, dla płata: I.T.S. 11 B.



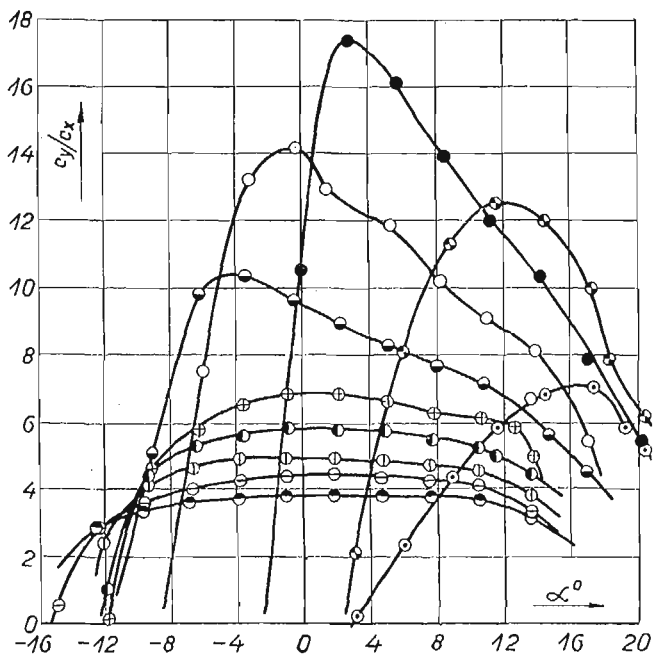
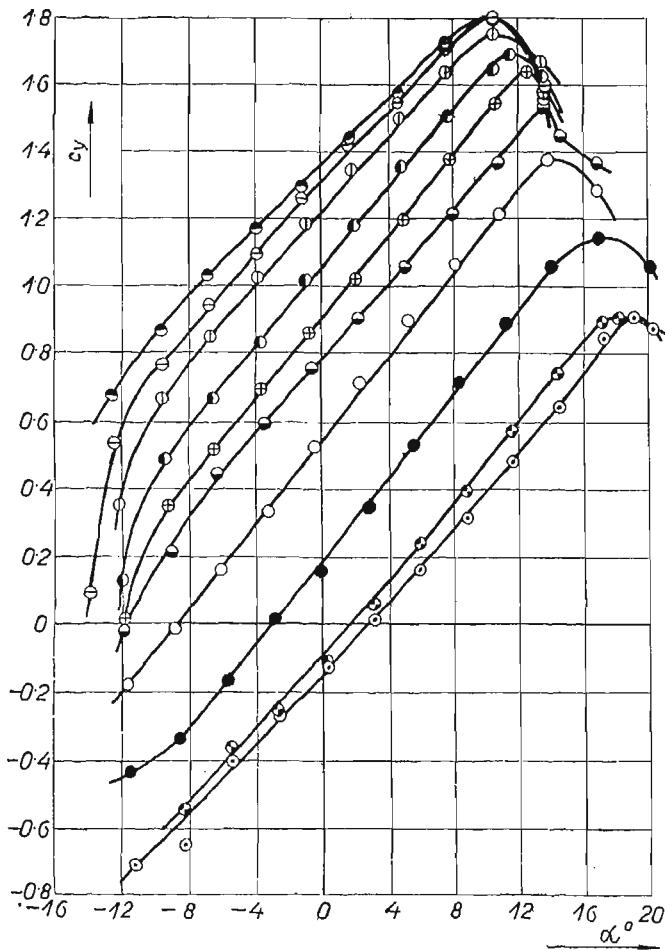
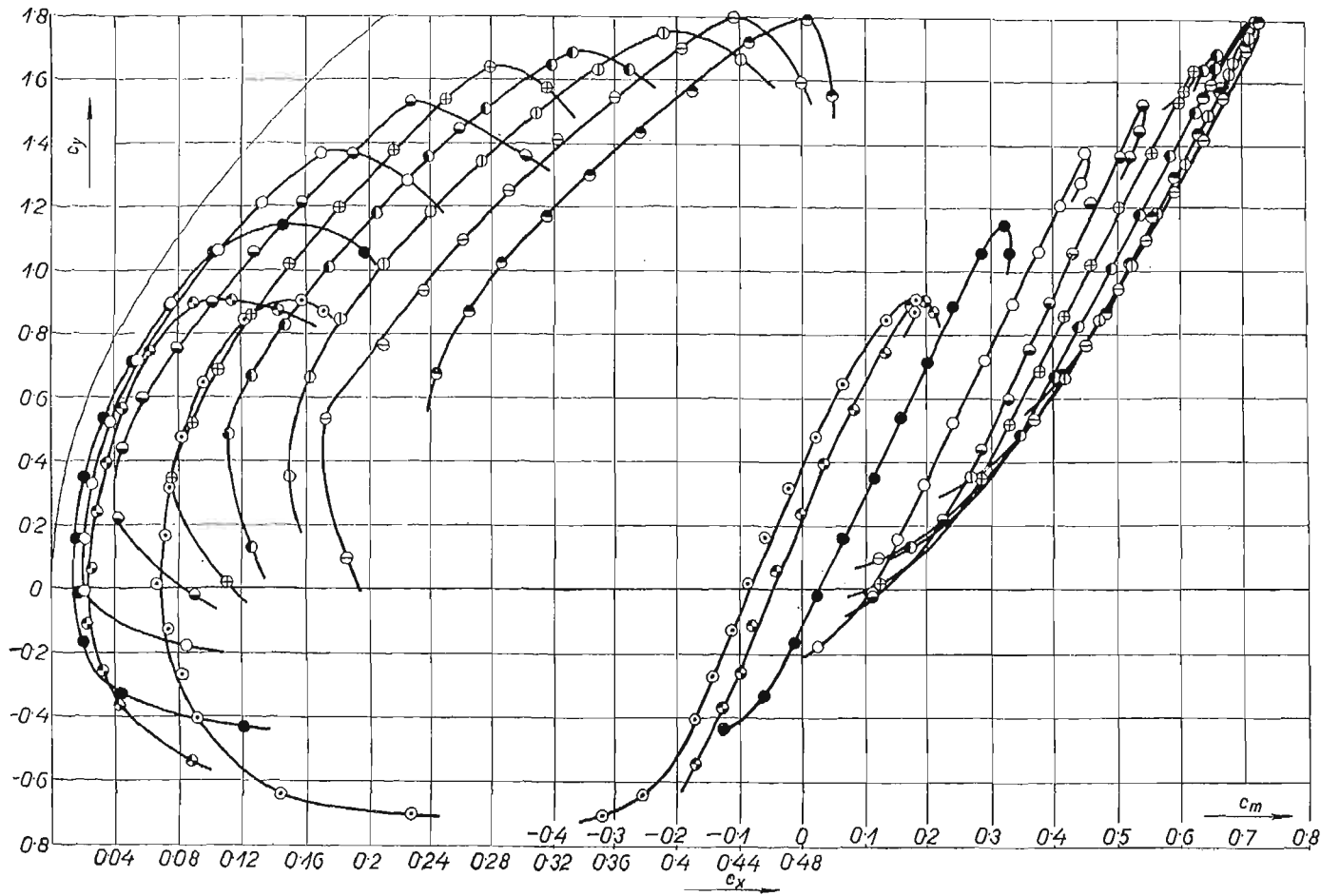
Ryc. 4. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz współrzędne lotki, dla płata: I.T.S. 11 C.



- $\beta = -20^\circ$ ○ $\beta = -10^\circ$ ● $\beta = 0^\circ$ ○ $\beta = 10^\circ$
- $\beta = 20^\circ$ ○ $\beta = 30^\circ$ ○ $\beta = 40^\circ$

Płat. ITS 12 A. [ITS 3495]		Spółrzędne lotki			
Profil ITS 4	Grubość 0.1385l	a'	0.05 l	c	0.250l R_1, R_2 0.063l
Wydłuż $\lambda = 5$	Głęb. lotki 0.25l	b	0.22 l	R_1	0.018 l x 0.20 l
Znamię VI = 30.140 m/sek	mm.	b'	0.24. l	R_2	0.068 l x_0 0.22. l

Ryc. 5. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników sztywności c_x/c_x w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz współrzędne lotki, dla płata: ITS 12 A.

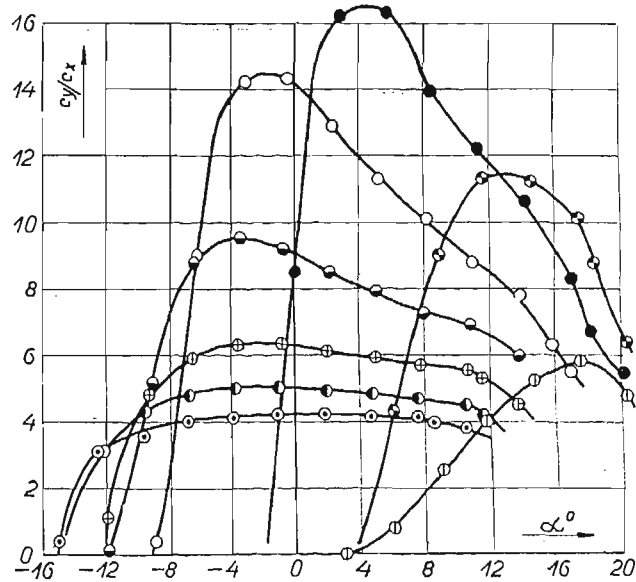
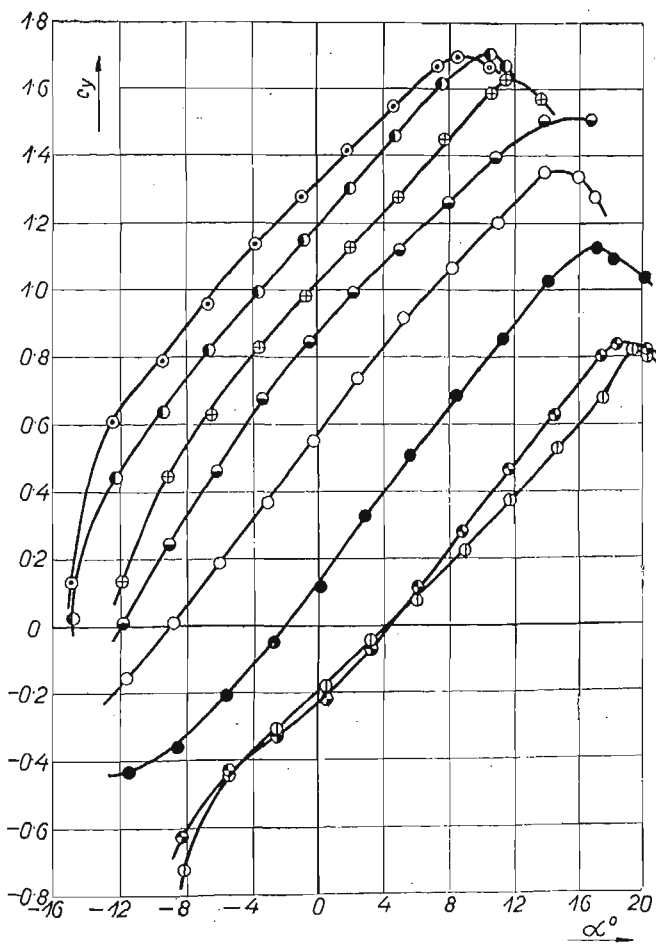
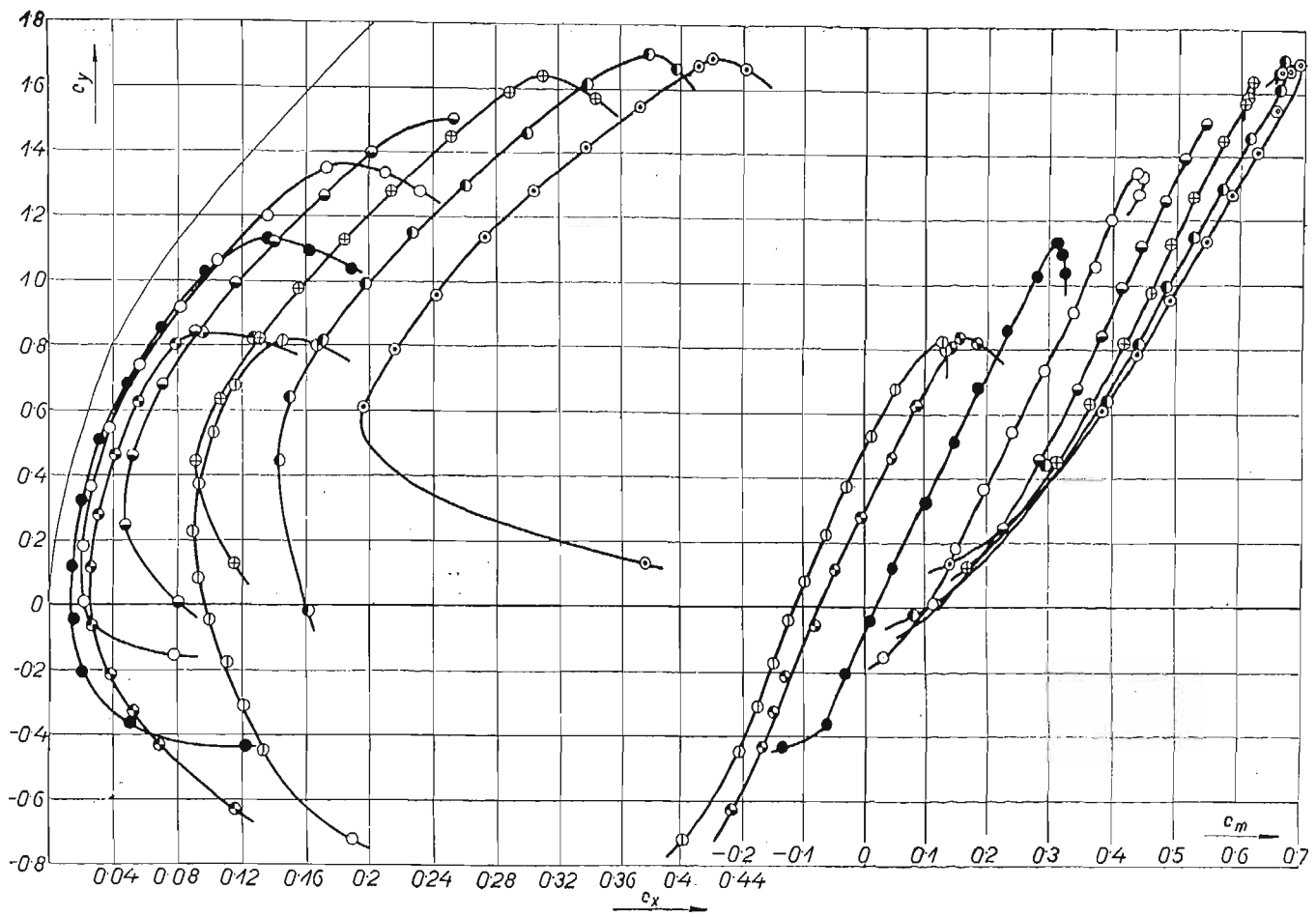


- $\beta = -20^\circ$ ○ $\beta = -10^\circ$ ● $\beta = 0^\circ$ ○ $\beta = 10^\circ$ ○ $\beta = 20^\circ$
- $\beta = 30^\circ$ ● $\beta = 40^\circ$ ○ $\beta = 50^\circ$ ○ $\beta = 60^\circ$ ● $\beta = 70^\circ$

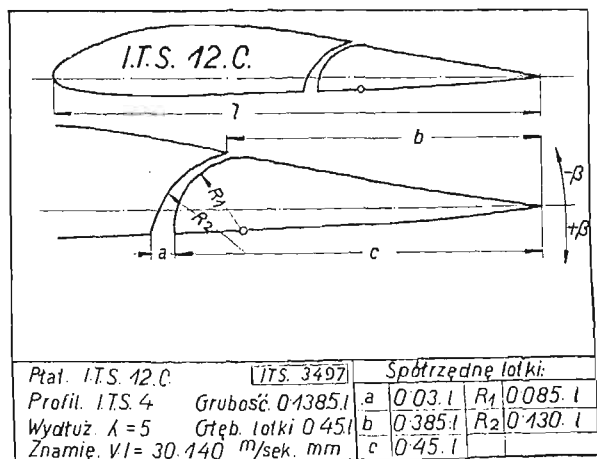
I.T.S. 12.B.

Płat I.T.S. 12.B		I.T.S. 3496	Spółrzędne lotki:	
Profil. I.T.S. 4.	Grubość 0.1385 l	a	0.03. l	R ₁ 0.067. l
Wydłuż. $\lambda = 5$	Głęb. lotki 0.35 l	b	0.30. l	R ₂ 0.040. l
Znamię: $V_l = 30.140$ m/sek. mm.		c	0.35. l	

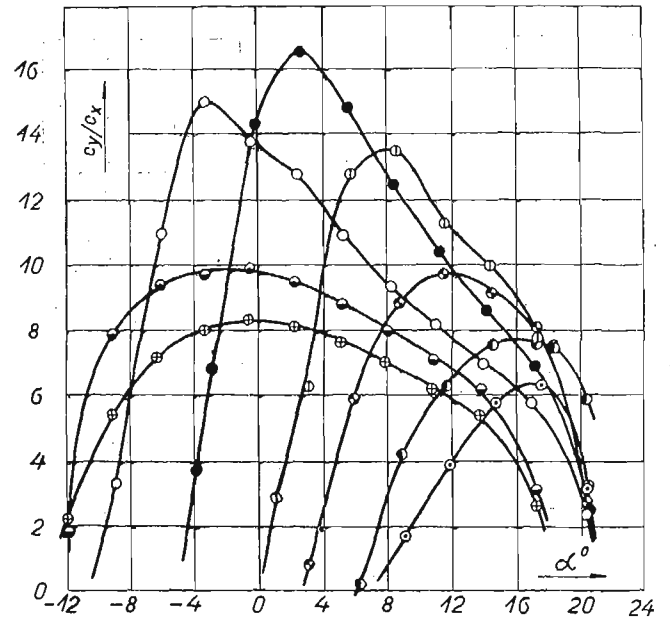
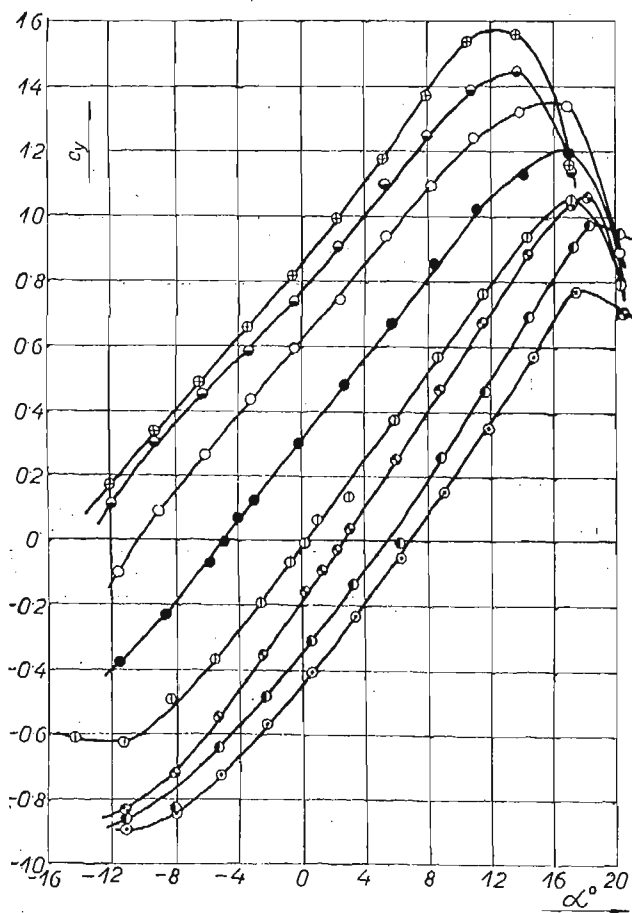
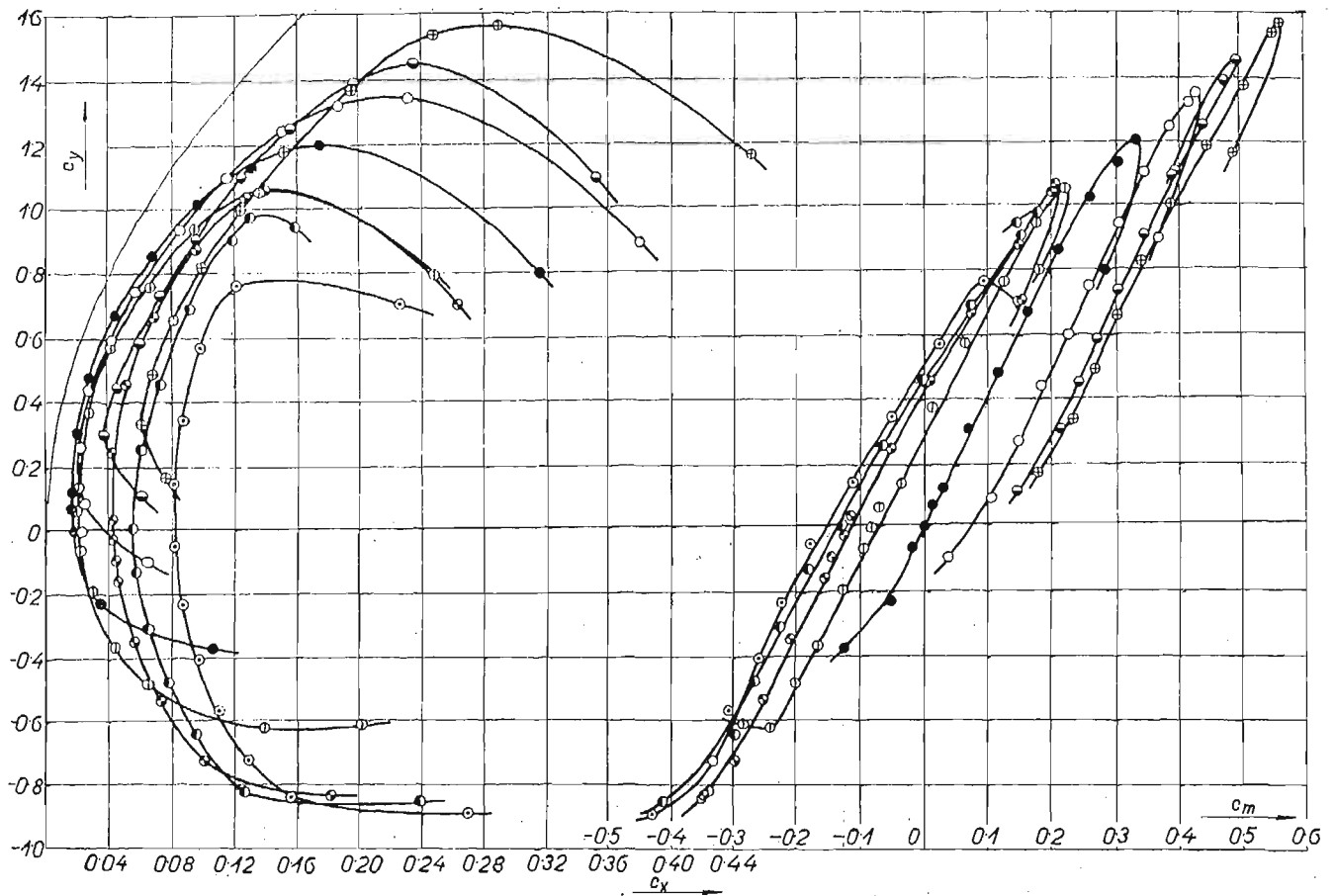
Ryc. 6. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz współrzędne lotki, dla płata: I.T.S. 12.B.



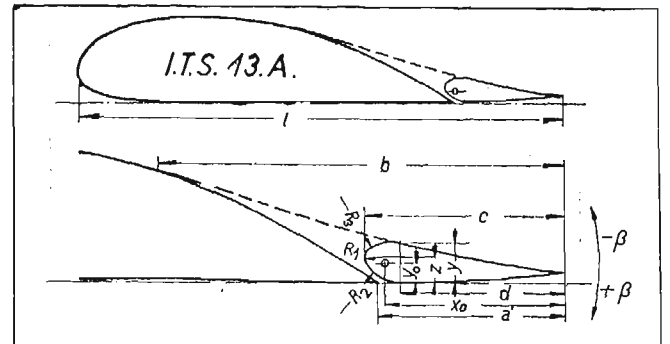
- $\beta = -20^\circ$
- $\beta = -10^\circ$
- $\beta = 0^\circ$
- $\beta = 10^\circ$
- $\beta = 20^\circ$
- ⊕ $\beta = 30^\circ$
- $\beta = 40^\circ$
- $\beta = 50^\circ$



Ryc. 7. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_e/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń łotki β , oraz spórzędne łotki, dla płata: I.T.S. 12.C.



- $\beta = -40^\circ$
- $\beta = -30^\circ$
- $\beta = -20^\circ$
- $\beta = -10^\circ$
- $\beta = 0^\circ$
- $\beta = 10^\circ$
- $\beta = 20^\circ$
- $\beta = 30^\circ$



Plat. I.T.S. 13.A		I.T.S. 3498		Spórzędne lotki:			
Profil. I.T.S. 3	Grubość 0.1771	a'	0.2301	d	0.2001	z	0.031
Wydłuż. $\lambda = 5$	Głęb. lotki 0.2441	b	0.5001	R ₁	0.0121	x ₀	0.221
Znamię. $V_l = 30.140$ m/sek. mm		c	0.2441	R ₂	0.0521	N ₀	Y/2

Ryc. 8. Biegunowe i wykresy współczynników wyporu c_y , współczynników momentów c_m , oraz współczynników szybowania c_x/c_y w funkcji kąta natarcia płata α dla różnych wychyleń lotki β , oraz spórzędne lotki, dla płata: I.T.S. 13 A.

Tabela 1. — ITS. 10 A.

$\beta = -15^\circ$	C_y	-0,588	-0,413	-0,244	-0,071	+0,081	0,187	0,323	0,500	0,616	0,776	0,884	0,868	
	C_x	0,074	0,043	0,031	0,023	0,025	0,031	0,087	0,048	0,055	0,072	0,093	0,112	
	C_m	-0,184	-0,142	-0,107	-0,065	-0,037	-0,008	+0,032	0,073	0,088	0,120	0,139	0,128	
	α^0	-8,2	-5,4	-2,6	+0,3	3,1	4,5	5,9	8,7	11,6	14,5	17,4	20,4	
$\beta = -10^\circ$	C_y	-0,471	-0,285	-0,136	+0,034	0,184	0,303	0,416	0,599	0,744	0,861	0,931	0,956	0,985
	C_x	0,056	0,033	0,023	0,022	0,023	0,031	0,037	0,051	0,064	0,076	0,094	0,124	0,147
	C_m	-0,122	-0,056	-0,049	-0,0106	+0,014	0,046	0,081	0,121	0,147	0,158	0,166	0,176	0,179
	α^0	-8,4	-5,5	-2,7	+0,2	3,0	4,4	5,3	8,6	11,5	14,4	17,3	20,3	21,3
$\beta = 0^\circ$	C_y	-0,290	-0,132	+0,041	0,203	0,364	0,562	0,750	0,919	1,079	1,167	1,168		
	C_x	0,029	0,020	0,018	0,018	0,022	0,035	0,055	0,077	0,105	0,136	0,181		
	C_m	-0,022	+0,009	0,046	0,081	0,112	0,160	0,205	0,246	0,277	0,298	0,316		
	α^0	-8,5	-5,7	-2,8	+0,0	2,9	5,7	8,5	11,3	14,2	17,1	20,1		
$\beta = +10^\circ$	C_y	-0,068	+0,106	0,267	0,422	0,602	0,773	0,958	1,123	1,292	1,391	1,347		
	C_x	0,024	0,021	0,023	0,031	0,044	0,062	0,087	0,112	0,146	0,182	0,237		
	C_m	0,096	0,136	0,165	0,198	0,240	0,275	0,317	0,356	0,395	0,422	0,418		
	α^0	-8,7	-5,9	-3,1	-0,2	+2,6	5,5	8,3	11,1	13,9	16,9	19,9		
$\beta = 20^\circ$	C_y	-0,022	+0,170	0,328	0,506	0,684	0,863	1,059	1,239	1,419	1,563	1,491		
	C_x	0,035	0,037	0,043	0,053	0,069	0,089	0,117	0,147	0,184	0,231	0,287		
	C_m	0,181	0,177	0,207	0,247	0,293	0,333	0,385	0,430	0,474	0,518	0,506		
	α^0	-8,8	-6,0	-3,1	-0,3	+2,6	5,4	8,2	11,0	13,9	16,7	19,8		
$\beta = 30^\circ$	C_y	-0,203	+0,104	0,294	0,478	0,647	0,812	0,992	1,173	1,351	1,523	1,681	1,719	1,611
	C_x	0,107	0,053	0,059	0,069	0,085	0,109	0,137	0,168	0,200	0,236	0,273	0,294	0,335
	C_m	0,022	0,198	0,243	0,288	0,332	0,370	0,412	0,461	0,501	0,547	0,593	0,597	0,571
	α^0	-11,6	-8,9	-6,1	-3,2	-0,4	+2,4	5,3	8,1	10,1	13,8	16,6	17,6	19,7
$\beta = 40^\circ$	C_y	-0,150	+0,229	0,442	0,626	0,823	1,023	1,189	1,364	1,546	1,709	1,856	1,811	
	C_x	0,118	0,074	0,081	0,097	0,119	0,146	0,173	0,207	0,248	0,292	0,341	0,370	
	C_m	0,044	0,256	0,319	0,367	0,417	0,472	0,514	0,560	0,606	0,643	0,678	0,659	
	α^0	-11,7	-9,0	-6,2	-3,4	-0,6	+2,2	5,1	7,9	10,7	13,6	16,5	19,5	
$\beta = 50^\circ$	C_y	-0,102	+0,318	0,518	0,712	0,902	1,072	1,249	1,416	1,588	1,726	1,845	1,780	
	C_x	0,123	0,099	0,108	0,125	0,151	0,177	0,210	0,246	0,284	0,326	0,368	0,403	
	C_m	0,062	0,293	0,354	0,405	0,457	0,495	0,546	0,579	0,622	0,653	0,678	0,644	
	α^0	-11,7	-9,1	-6,3	-3,5	-0,6	+2,2	5,0	7,9	10,7	13,6	16,5	19,5	

Tabela 2. — ITS. 11 A.

Zakryta szczelina	C_y			0,000	0,178	0,355	0,526	0,707	0,892	1,052	1,183	1,273	1,328	1,312	
	C_x			0,018	0,017	0,022	0,034	0,048	0,069	0,097	0,126	0,156	0,190	0,240	
	C_m			0,107	0,146	0,186	0,227	0,270	0,313	0,353	0,373	0,397	0,406	0,414	
	α^0			-8,8	-6,0	-3,1	-0,3	+2,5	5,3	8,2	11,1	15,0	16,9	20,0	
$\beta = -10^\circ$	C_y			-0,267	-0,114	+0,045	0,223	0,378	0,541	0,726	0,879	1,006	1,093	1,120	1,120
	C_x			0,030	0,020	0,018	0,019	0,025	0,036	0,054	0,074	0,100	0,133	0,178	0,226
	C_m			-0,022	-0,002	0,030	0,069	0,095	0,135	0,179	0,215	0,246	0,272	0,295	0,305
	α^0			-8,5	-5,7	-2,8	0,0	2,8	5,7	8,5	11,4	14,2	17,2	20,1	23,1
$\beta = 0^\circ$	C_y			-0,058	+0,108	0,280	0,444	0,625	0,810	0,999	1,163	1,318	1,379	1,363	
	C_x			0,020	0,018	0,022	0,031	0,044	0,064	0,089	0,116	0,149	0,189	0,235	
	C_m			0,078	0,111	0,147	0,188	0,229	0,277	0,326	0,365	0,404	0,416	0,429	
	α^0			-8,7	-5,9	-3,1	-0,2	+2,6	5,4	8,2	11,1	13,9	16,9	19,9	
$\beta = 10^\circ$	C_y			0,148	0,346	0,526	0,711	0,917	1,127	1,294	1,475	1,606	1,623		
	C_x			0,027	0,031	0,043	0,056	0,079	0,110	0,142	0,181	0,221	0,265		
	C_m			0,182	0,229	0,275	0,320	0,378	0,439	0,478	0,529	0,567	0,560		
	α^0			-8,9	-6,1	-3,3	-0,5	+2,3	5,1	8,0	10,8	13,7	16,7		
$\beta = 20^\circ$	C_y	-0,165	+0,078	0,285	0,483	0,688	0,886	1,098	1,307	1,494	1,674	1,822	1,791		
	C_x	0,132	0,042	0,045	0,054	0,072	0,095	0,124	0,161	0,198	0,239	0,290	0,329		
	C_m	0,007	0,194	0,256	0,310	0,366	0,416	0,481	0,535	0,591	0,634	0,682	0,659		
	α^0	-14,6	-11,9	-9,1	-6,3	-3,4	-0,6	+2,2	5,0	7,8	10,6	13,5	16,5		
$\beta = 30^\circ$	C_y	-0,146	+0,261	0,463	0,661	0,847	1,030	1,233	1,431	1,602	1,746	1,917	1,876		
	C_x	0,137	0,065	0,071	0,085	0,108	0,133	0,166	0,205	0,246	0,283	0,336	0,391		
	C_m	0,016	0,279	0,338	0,393	0,441	0,488	0,550	0,604	0,657	0,691	0,740	0,717		
	α^0	-14,7	-12,0	-9,2	-6,4	-3,6	-0,8	+2,0	4,8	7,7	10,5	13,4	16,4		
$\beta = 40^\circ$	C_y	-0,111	+0,364	0,580	0,765	0,967	1,143	1,341	1,519	1,692	1,851	1,982	1,886		
	C_x	0,144	0,082	0,097	0,114	0,138	0,165	0,201	0,241	0,283	0,327	0,369	0,445		
	C_m	0,038	0,326	0,391	0,438	0,496	0,548	0,600	0,652	0,697	0,740	0,765	0,742		
	α^0	-15,1	-12,1	-9,3	-6,5	-3,7	-0,9	+1,9	4,7	7,6	10,4	13,3	16,4		
$\beta = 50^\circ$	C_y	-0,027	+0,540	0,753	0,945	1,137	1,305	1,449	1,638	1,777	1,935	1,881			
	C_x	0,150	0,117	0,135	0,156	0,187	0,221	0,253	0,294	0,324	0,374	0,402			
	C_m	0,067	0,395	0,461	0,515	0,571	0,619	0,651	0,692	0,738	0,774	0,729			
	α^0	-14,8	-12,3	-9,5	-6,7	-3,9	-1,0	+1,8	4,6	7,5	10,4	13,4			

Tabela 3. -- ITS. 11 B.

$\beta = -15^\circ$	C_{ij}	-0,412	-0,255	-0,094	+0,051	0,207	0,337	0,449	0,657	0,814	0,958	1,067	1,082	1,057
	C_x	0,097	0,044	0,038	0,035	0,036	0,036	0,040	0,054	0,074	0,097	0,125	0,165	0,215
	C_m	-0,095	-0,026	+0,003	0,034	0,063	0,090	0,129	0,164	0,203	0,232	0,262	0,281	0,296
	α^0	-11,4	-8,6	-5,7	-2,9	0,0	2,9	5,7	8,6	11,4	14,3	17,2	20,2	23,2
$\beta = -10^\circ$	C_{ij}	-0,378	-0,252	-0,099	+0,063	0,216	0,373	0,550	0,729	0,877	1,022	1,116	1,188	1,107
	C_x	0,090	0,033	0,027	0,024	0,025	0,030	0,040	0,057	0,077	0,099	0,136	0,173	0,227
	C_m	-0,074	-0,016	+0,016	0,049	0,082	0,114	0,156	0,195	0,232	0,268	0,295	0,312	0,317
	α^0	-11,4	-8,6	-5,7	-2,9	0,0	2,8	5,7	8,5	11,4	14,2	17,1	20,1	23,1
$\beta = 0^\circ$	C_{ij}	-0,184	-0,189	-0,022	+0,148	0,319	0,494	0,648	0,819	0,990	1,138	1,246	1,327	1,314
	C_x	0,115	0,026	0,019	0,018	0,023	0,033	0,047	0,066	0,092	0,116	0,149	0,190	0,244
	C_m	-0,005	0,063	0,096	0,135	0,174	0,211	0,252	0,289	0,331	0,366	0,388	0,409	0,419
	α^0	-14,6	-11,6	-8,8	-5,9	-3,1	-0,3	+2,6	5,4	8,3	11,1	14,0	16,9	19,9
$\beta = 10^\circ$	C_{ij}	-0,112	-0,058	+0,135	0,360	0,579	0,733	0,885	1,038	1,210	1,359	1,480	1,566	1,530
	C_x	0,121	0,035	0,033	0,036	0,048	0,063	0,084	0,105	0,134	0,165	0,206	0,250	0,306
	C_m	0,036	0,127	0,176	0,242	0,303	0,339	0,371	0,400	0,443	0,477	0,509	0,540	0,414
	α^0	-14,7	-11,7	-8,9	-6,1	-2,4	+0,5	2,3	5,2	8,0	10,9	13,8	16,7	19,7
$\beta = 20^\circ$	C_{ij}	-0,166	+0,121	0,319	0,508	0,715	0,909	1,084	1,255	1,417	1,575	1,695	1,710	1,579
	C_x	0,137	0,053	0,057	0,066	0,082	0,104	0,129	0,158	0,192	0,238	0,275	0,324	0,377
	C_m	0,004	0,209	0,261	0,313	0,371	0,422	0,466	0,509	0,550	0,582	0,623	0,632	0,606
	α^0	-14,6	-11,9	-9,1	-6,3	-3,5	-0,7	2,2	5,0	7,8	10,7	13,6	16,6	19,7
$\beta = 30^\circ$	C_{ij}	-0,139	+0,333	0,522	0,711	0,882	1,034	1,273	1,438	1,593	1,755	1,858	1,800	
	C_x	0,147	0,079	0,090	0,106	0,129	0,155	0,189	0,224	0,260	0,302	0,360	0,394	
	C_m	0,014	0,302	0,349	0,396	0,448	0,505	0,562	0,601	0,638	0,687	0,705	0,677	
	α^0	-14,7	-12,1	-9,3	-6,5	-3,6	-0,8	+2,0	4,8	7,7	10,5	13,4	16,5	
$\beta = 40^\circ$	C_{ij}	-0,045	+0,508	0,684	0,877	1,053	1,255	1,431	1,602	1,730	1,872	1,912	1,849	
	C_x	0,161	0,120	0,130	0,153	0,179	0,217	0,254	0,298	0,334	0,374	0,413	0,451	
	C_m	0,065	0,365	0,413	0,466	0,519	0,583	0,633	0,681	0,711	0,745	0,740	0,717	
	α^0	-14,3	-12,3	-9,5	-6,6	-3,8	-1,0	+1,3	4,7	7,6	10,4	13,4	16,4	
$\beta = 50^\circ$	C_{ij}	0,081	0,477	0,639	0,819	0,987	1,161	1,341	1,507	1,660	1,786	1,926	1,966	1,863
	C_x	0,174	0,147	0,158	0,180	0,203	0,233	0,269	0,305	0,341	0,382	0,421	0,461	0,500
	C_m	0,122	0,334	0,411	0,465	0,510	0,560	0,618	0,662	0,698	0,731	0,762	0,775	0,728
	α^0	-14,9	-13,3	-12,4	-9,6	-6,7	-3,9	-1,1	+1,3	4,6	7,5	10,4	13,3	16,4
$\beta = 60^\circ$	C_{ij}	0,184	0,742	0,920	1,107	1,254	1,404	1,584	1,723	1,854	1,980	1,971		
	C_x	0,184	0,205	0,229	0,255	0,283	0,319	0,361	0,397	0,434	0,483	0,505		
	C_m	0,156	0,439	0,490	0,548	0,586	0,641	0,678	0,721	0,754	0,791	0,781		
	α^0	-15,0	-12,5	-9,7	-6,8	-4,0	-1,1	+1,7	4,6	7,4	10,3	13,3		

Tabela 4. -- ITS. 11 C.

$\beta = -20^\circ$	C_{ij}	-0,507	-0,318	-0,149	0,000	0,145	0,294	0,430	0,579	0,719	0,869	1,000	1,095	0,973	
	C_x	0,170	0,113	0,102	0,095	0,093	0,094	0,099	0,106	0,114	0,128	0,145	0,165	0,185	
	C_m	-0,184	-0,099	-0,059	-0,026	+0,008	0,041	0,071	0,107	0,139	0,175	0,204	0,221	0,184	
	α^0	-11,3	-8,5	-5,7	-2,3	0,0	2,9	5,8	8,6	11,5	14,4	17,2	20,2	23,3	
$\beta = -10^\circ$	C_{ij}	-0,425	-0,375	-0,240	-0,072	+0,090	0,249	0,416	0,597	0,766	0,946	1,131	1,249	1,267	1,226
	C_x	0,105	0,049	0,039	0,032	0,030	0,031	0,039	0,054	0,071	0,094	0,125	0,159	0,170	0,205
	C_m	-0,098	-0,063	-0,036	-0,004	+0,029	0,069	0,107	0,151	0,197	0,248	0,299	0,337	0,346	0,347
	α^0	-11,4	-8,5	-5,6	-2,7	+0,1	2,9	5,8	8,6	11,5	14,3	17,1	20,0	21,0	23,0
$\beta = 0^\circ$	C_{ij}	-0,226	-0,136	+0,032	0,226	0,407	0,575	0,742	0,918	1,097	1,285	1,443	1,538	1,412	
	C_x	0,067	0,026	0,023	0,024	0,030	0,043	0,060	0,084	0,113	0,147	0,186	0,234	0,289	
	C_m	0,027	0,056	0,096	0,141	0,186	0,225	0,263	0,313	0,356	0,405	0,447	0,490	0,464	
	α^0	-11,6	-8,7	-5,8	-3,0	-0,2	+2,6	5,5	8,3	11,2	14,0	16,0	19,7	22,9	
$\beta = 10^\circ$	C_{ij}	-0,136	+0,054	0,253	0,480	0,670	0,828	1,014	1,195	1,385	1,552	1,710	1,751	1,471	
	C_x	0,080	0,047	0,046	0,053	0,069	0,088	0,114	0,142	0,177	0,216	0,269	0,317	0,361	
	C_m	0,081	0,145	0,197	0,261	0,313	0,346	0,395	0,443	0,495	0,539	0,591	0,614	0,479	
	α^0	-11,7	-8,9	-6,0	-3,3	-0,4	+2,4	5,2	8,1	10,9	13,7	16,6	19,5	22,8	
$\beta = 20^\circ$	C_{ij}	-0,113	+0,031	0,253	0,448	0,642	0,801	0,946	1,090	1,262	1,425	1,588	1,765	1,860	1,846
	C_x	0,149	0,078	0,081	0,089	0,107	0,129	0,133	0,180	0,218	0,253	0,294	0,346	0,393	0,419
	C_m	0,049	0,188	0,235	0,287	0,340	0,379	0,412	0,450	0,498	0,537	0,580	0,644	0,687	0,695
	α^0	-14,7	-11,9	-9,0	-6,2	-3,4	-0,6	+2,3	5,2	8,0	10,8	13,7	16,5	18,4	19,4
$\beta = 30^\circ$	C_{ij}	-0,086	+0,290	0,480	0,647	0,819	0,968	1,109	1,267	1,434	1,602	1,738	1,860	1,909	1,823
	C_x	0,170	0,124	0,135	0,149	0,174	0,200	0,225	0,252	0,295	0,332	0,366	0,409	0,432	0,490
	C_m	0,061	0,276	0,329	0,371	0,418	0,458	0,494	0,534	0,581	0,638	0,660	0,696	0,700	0,707
	α^0	-14,7	-12,1	-9,3	-6,4	-3,6	-0,7	2,1	5,0	7,8	10,7	13,6	16,4	17,4	19,4
$\beta = 40^\circ$	C_{ij}	0,014	0,471	0,647	0,805	0,964	1,136	1,262	1,434	1,579	1,719	1,810	1,923	1,642	
	C_x	0,189	0,171	0,190	0,210	0,232	0,255	0,292	0,323	0,358	0,397	0,427	0,469	0,534	
	C_m	0,090	0,346	0,394	0,436	0,477	0,523	0,556	0,605	0,640	0,678	0,709	0,729	0,585	
	α^0	-14,8	-12,2	-9,4	-6,6	-3,7	-0,9	+2,0	4,8	7,7	10,6	13,5	16,4	19,6	
$\beta = 50^\circ$	C_{ij}	0,136	0,226	0,642	0,810	0,968	1,127	1,280	1,416	1,543	1,665	1,810	1,896	2,000	1,991
	C_x	0,216	0,214	0,232	0,249	0,275	0,301	0,330	0,361	0,389	0,424	0,464	0,504	0,547	0,563
	C_m	0,135	0,132	0,397	0,453	0,495	0,543	0,583	0,615	0,646	0,681	0,719	0,761	0,757	0,758
	α^0	-14,9	-14,0	-12,4	-9,6	-6,7	-3,9	-1,0	+1,9	4,7	7,6	10,5	13,4	16,3	17,3

Tabela 5. - ITS. 12 A.

$\beta = -20^\circ$	C_y	-0,747	-0,710	-0,534	-0,381	-0,242	-0,068	+0,105	0,278	0,484	0,663	0,751	0,709
	C_x	0,200	0,117	0,061	0,042	0,033	0,027	0,027	0,031	0,043	0,058	0,073	0,113
	C_m	-0,321	-0,262	-0,206	-0,175	-0,149	-0,108	-0,073	0,033	+0,027	0,071	0,097	0,105
	α^0	-11,1	-8,1	-5,3	-2,4	+0,4	3,2	6,1	-8,9	11,7	14,6	17,5	20,5
$\beta = -10^\circ$	C_y	-0,593	-0,534	-0,371	-0,215	-0,054	+0,109	0,290	0,471	0,656	0,826	0,955	0,905
	C_x	0,154	0,078	0,038	0,024	0,017	0,015	0,020	0,029	0,043	0,063	0,094	0,144
	C_m	-0,219	-0,160	-0,116	-0,087	-0,050	-0,017	+0,028	0,073	0,122	0,165	0,207	0,228
	α^0	-11,2	-8,3	-5,5	-2,6	+0,2	3,1	5,9	8,7	11,6	14,4	17,3	20,3
$\beta = 0^\circ$	C_y	-0,416	-0,321	-0,172	-0,014	+0,168	0,357	0,534	0,715	0,896	1,072	1,172	1,072
	C_x	0,117	0,039	0,021	0,015	0,015	0,019	0,031	0,048	0,070	0,101	0,147	0,197
	C_m	-0,111	-0,040	-0,007	+0,026	0,066	0,117	0,161	0,205	0,247	0,300	0,340	0,337
	α^0	-11,4	-8,5	-5,6	-2,8	0,0	2,8	5,7	8,5	11,3	14,2	17,1	20,2
$\beta = 10^\circ$	C_y	-0,251	-0,131	+0,041	0,226	0,412	0,629	0,823	1,012	1,202	1,362	1,380	
	C_x	0,093	0,025	0,018	0,020	0,027	0,040	0,062	0,090	0,121	0,154	0,203	
	C_m	-0,012	+0,069	0,112	0,154	0,206	0,269	0,318	0,364	0,417	0,458	0,457	
	α^0	-11,6	-8,7	-5,8	-3,0	-0,2	+2,6	5,4	8,2	11,1	13,9	16,9	
$\beta = 20^\circ$	C_y	-0,217	+0,059	0,279	0,498	0,692	0,918	1,118	1,294	1,452	1,620	1,425	
	C_x	0,098	0,027	0,027	0,037	0,055	0,079	0,109	0,143	0,180	0,224	0,273	
	C_m	0,008	0,164	0,233	0,293	0,344	0,414	0,475	0,517	0,556	0,592	0,583	
	α^0	-11,6	-8,9	-6,1	-3,3	-0,5	+2,3	5,1	8,0	10,8	13,7	16,8	
$\beta = 30^\circ$	C_y	-0,158	+0,199	0,443	0,652	0,855	1,022	1,240	1,421	1,606	1,742	1,452	
	C_x	0,102	0,042	0,048	0,063	0,087	0,116	0,151	0,185	0,230	0,276	0,326	
	C_m	0,038	0,230	0,313	0,372	0,429	0,473	0,529	0,582	0,632	0,669	0,704	
	α^0	-11,7	-9,0	-6,2	-3,4	-0,6	+2,2	5,0	7,8	10,7	13,5	16,8	
$\beta = 40^\circ$	C_y	-0,063	0,376	0,566	0,769	0,943	1,140	1,303	1,466	1,629	1,710	1,688	
	C_x	0,110	0,067	0,079	0,097	0,121	0,155	0,189	0,226	0,262	0,296	0,318	
	C_m	0,085	0,307	0,367	0,426	0,468	0,528	0,565	0,606	0,644	0,673	0,664	
	α^0	-11,7	-9,2	-6,3	-3,5	-0,7	+2,1	5,0	7,8	10,7	12,6	13,6	

Tabela 6. - ITS. 12 B.

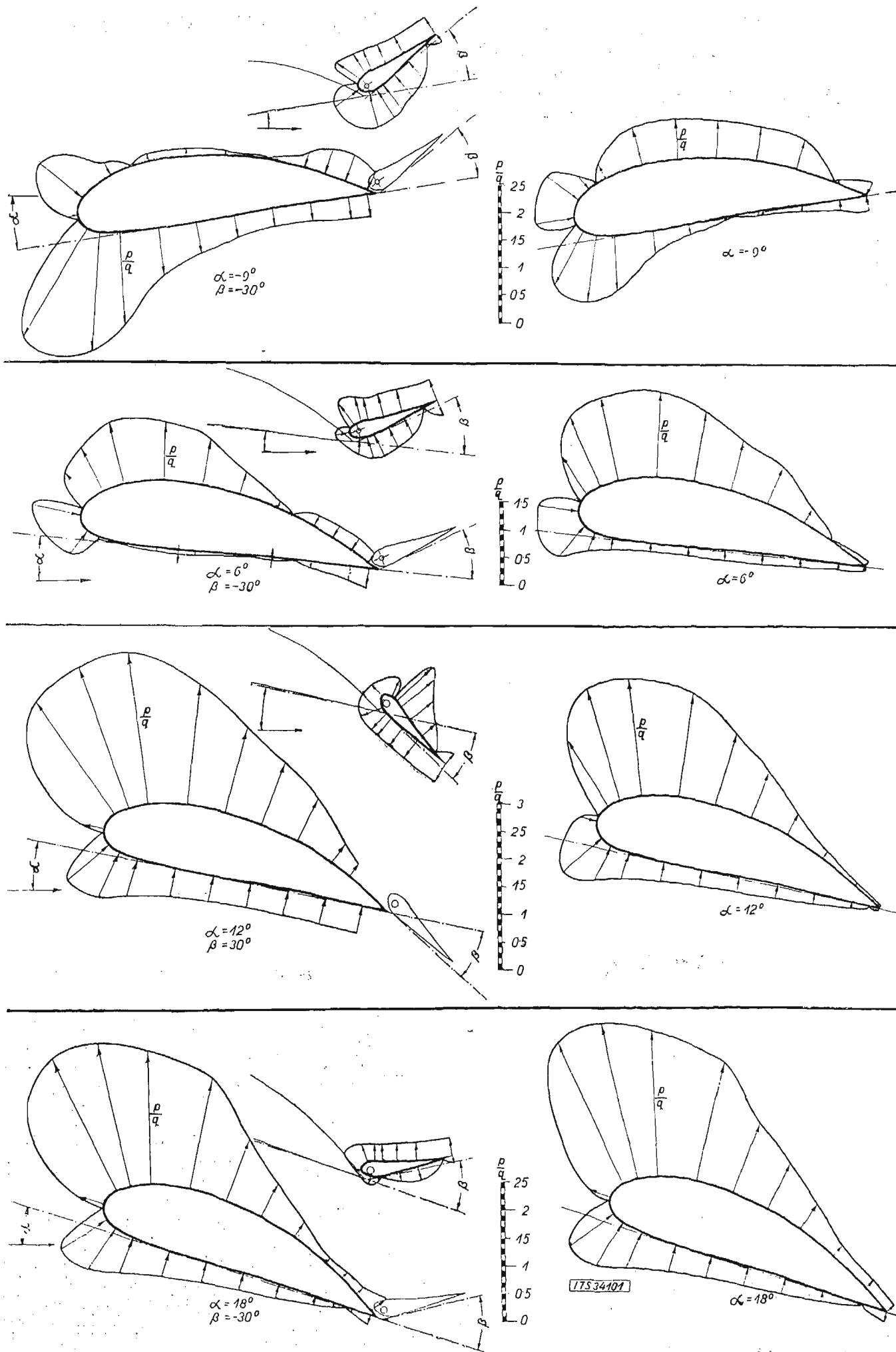
$\beta = -20^\circ$	C_y	-0,648	-0,407	-0,270	-0,128	+0,011	0,161	0,318	0,472	0,643	0,846	0,904	0,873
	C_x	0,143	0,092	0,082	0,074	0,066	0,071	0,074	0,081	0,095	0,121	0,157	0,171
	C_m	-0,254	-0,172	-0,143	-0,113	-0,087	-0,060	-0,023	+0,020	0,063	0,134	0,184	0,183
	α^0	-8,2	-5,4	-2,5	+0,3	3,2	6,0	8,9	11,7	14,6	17,4	19,3	20,4
$\beta = -10^\circ$	C_y	-0,544	-0,364	-0,256	-0,112	+0,054	0,234	0,396	0,564	0,742	0,891	0,904	0,873
	C_x	0,088	0,043	0,032	0,022	0,026	0,029	0,035	0,045	0,062	0,089	0,114	0,143
	C_m	-0,170	-0,127	-0,099	-0,079	-0,040	-0,002	0,036	0,082	0,134	0,175	0,198	0,214
	α^0	-8,3	-5,5	-2,6	+0,3	3,1	6,0	8,8	11,6	14,5	17,3	18,3	20,4
$\beta = 0^\circ$	C_y	-0,435	-0,333	-0,169	-0,018	+0,157	0,346	0,531	0,711	0,886	1,057	1,143	1,057
	C_x	0,120	0,044	0,020	0,017	0,015	0,020	0,033	0,051	0,074	0,103	0,145	0,197
	C_m	-0,125	-0,051	-0,013	+0,026	0,065	0,115	0,159	0,202	0,243	0,289	0,324	0,332
	α^0	-11,4	-8,5	-5,6	-2,8	0,0	2,9	5,7	8,5	11,3	14,2	17,1	20,2
$\beta = 10^\circ$	C_y	-0,180	-0,013	0,157	0,330	0,522	0,709	0,891	1,062	1,210	1,372	1,282	
	C_x	0,085	0,021	0,021	0,025	0,037	0,055	0,075	0,104	0,133	0,170	0,225	
	C_m	0,026	0,114	0,153	0,195	0,243	0,291	0,337	0,378	0,413	0,451	0,446	
	α^0	-11,6	-8,8	-6,0	-3,1	-0,3	+2,5	5,3	8,2	11,0	13,9	17,0	
$\beta = 20^\circ$	C_y	-0,022	+0,216	0,441	0,598	0,756	0,900	1,057	1,215	1,363	1,530	1,444	1,363
	C_x	0,090	0,042	0,045	0,058	0,079	0,101	0,128	0,158	0,190	0,228	0,259	0,302
	C_m	0,114	0,226	0,289	0,330	0,363	0,395	0,432	0,461	0,507	0,543	0,537	0,521
	α^0	-11,8	-9,0	-6,2	-3,4	-0,5	+2,3	5,2	8,0	10,9	13,7	14,8	17,0
$\beta = 30^\circ$	C_y	0,013	0,345	0,519	0,688	0,855	1,017	1,197	1,377	1,539	1,638	1,575	
	C_x	0,111	0,075	0,089	0,105	0,125	0,150	0,182	0,217	0,250	0,279	0,315	
	C_m	0,125	0,235	0,334	0,378	0,417	0,461	0,503	0,556	0,600	0,622	0,609	
	α^0	-11,8	-9,1	-6,3	-3,5	-0,6	+2,2	5,1	7,9	10,7	12,6	13,7	
$\beta = 40^\circ$	C_y	0,126	0,486	0,666	0,828	1,012	1,179	1,354	1,507	1,647	1,683	1,629	
	C_x	0,126	0,111	0,126	0,147	0,175	0,205	0,239	0,276	0,319	0,333	0,369	
	C_m	0,171	0,349	0,403	0,443	0,494	0,538	0,586	0,627	0,658	0,660	0,637	
	α^0	-11,9	-9,3	-6,4	-3,6	-0,8	+2,1	4,9	7,8	10,6	11,6	13,6	
$\beta = 50^\circ$	C_y	0,355	0,666	0,846	1,021	1,183	1,341	1,494	1,633	1,750	1,669		
	C_x	0,150	0,163	0,182	0,209	0,240	0,278	0,308	0,349	0,391	0,441		
	C_m	0,270	0,419	0,473	0,525	0,564	0,609	0,645	0,679	0,710	0,685		
	α^0	-12,1	-9,4	-6,6	-3,8	-0,9	+1,9	4,8	7,6	10,5	13,6		
$\beta = 60^\circ$	C_y	0,090	0,535	0,765	0,936	1,093	1,255	1,417	1,548	1,705	1,800	1,597	
	C_x	0,187	0,193	0,210	0,235	0,261	0,291	0,322	0,360	0,408	0,436	0,479	
	C_m	0,122	0,370	0,454	0,501	0,548	0,594	0,638	0,668	0,707	0,721	0,650	
	α^0	-14,9	-12,3	-9,5	-6,7	-3,8	-1,0	+1,8	4,7	7,6	10,5	13,7	
$\beta = 70^\circ$	C_y	0,673	0,864	1,026	1,165	1,296	1,435	1,570	1,719	1,795	1,557		
	C_x	0,244	0,264	0,286	0,315	0,344	0,377	0,411	0,446	0,483	0,500		
	C_m	0,416	0,432	0,523	0,559	0,592	0,631	0,667	0,707	0,727	0,639		
	α^0	-12,4	-9,6	-6,8	-3,9	-1,0	+1,8	4,7	7,6	10,5	13,7		

Tabela 7. — ITS. 12 C.

$\beta = -20^\circ$	C_y	-0,724	-0,450	-0,310	-0,180	-0,045	+0,078	0,222	0,373	0,526	0,675	0,814	0,801		
	C_x	0,189	0,133	0,121	0,111	0,100	0,093	0,089	0,093	0,102	0,116	0,145	0,167		
	C_m	-0,295	-0,206	-0,174	-0,147	-0,120	-0,096	-0,062	-0,026	+0,012	0,055	0,127	0,132		
	α^0	-8,1	-5,4	-2,5	+0,4	3,2	6,1	9,0	11,8	14,7	17,5	19,4	20,4		
$\beta = -15^\circ$	C_y	-0,630	-0,436	-0,328	-0,216	-0,063	+0,112	0,279	0,463	0,625	0,801	0,837	0,819		
	C_x	0,117	0,069	0,053	0,039	0,027	0,026	0,031	0,041	0,056	0,079	0,095	0,127		
	C_m	-0,217	-0,166	-0,148	-0,126	-0,081	-0,048	-0,004	+0,046	0,089	0,142	0,158	0,186		
	α^0	-8,2	-5,4	-2,5	+0,4	3,2	6,1	8,9	11,7	14,7	17,4	18,4	20,4		
$\beta = 0^\circ$	C_y	-0,436	-0,364	-0,207	-0,043	+0,119	0,324	0,506	0,682	0,855	1,026	1,129	1,091	1,039	
	C_x	0,122	0,051	0,021	0,015	0,014	0,020	0,031	0,049	0,070	0,097	0,136	0,162	0,189	
	C_m	-0,134	-0,063	-0,031	+0,010	0,049	0,103	0,150	0,188	0,232	0,278	0,312	0,320	0,321	
	α^0	-11,4	-8,5	-5,6	-2,8	+0,1	2,9	5,7	8,5	11,4	14,2	17,1	18,2	20,2	
$\beta = 10^\circ$	C_y	-0,153	+0,009	0,189	0,369	0,544	0,738	0,913	1,062	1,201	1,345	1,386	1,278		
	C_x	0,079	0,022	0,021	0,026	0,038	0,057	0,081	0,105	0,136	0,173	0,211	0,233		
	C_m	0,031	0,113	0,152	0,197	0,242	0,293	0,336	0,372	0,400	0,439	0,447	0,440		
	α^0	-11,7	-8,8	-6,0	-3,1	-0,3	+2,5	5,3	8,2	11,0	13,9	15,9	17,0		
$\beta = 20^\circ$	C_y	0,009	0,245	0,459	0,675	0,841	0,990	1,119	1,260	1,395	1,503				
	C_x	0,091	0,047	0,052	0,071	0,091	0,116	0,141	0,172	0,202	0,254				
	C_m	0,119	0,228	0,289	0,346	0,385	0,417	0,446	0,478	0,512	0,544				
	α^0	-11,8	-9,0	-6,2	-3,4	-0,6	2,2	5,1	8,0	10,9	13,8				
$\beta = -30^\circ$	C_y	0,126	0,441	0,680	0,821	0,979	1,128	1,273	1,449	1,588	1,638	1,566			
	C_x	0,117	0,092	0,107	0,131	0,156	0,185	0,215	0,252	0,289	0,311	0,345			
	C_m	0,171	0,313	0,366	0,420	0,461	0,493	0,526	0,572	0,611	0,618	0,609			
	α^0	-11,9	-9,2	-6,4	-3,6	-0,7	+2,1	5,0	7,8	10,7	11,6	13,7			
$\beta = 40^\circ$	C_y	-0,022	+0,441	0,639	0,814	0,990	1,143	1,296	1,458	1,611	1,705	1,660			
	C_x	0,162	0,144	0,150	0,170	0,198	0,228	0,262	0,301	0,340	0,379	0,397			
	C_m	0,082	0,298	0,395	0,442	0,488	0,528	0,572	0,614	0,660	0,668	0,660			
	α^0	-14,8	-12,2	-9,4	-6,6	-3,7	-0,9	+2,0	4,8	7,7	10,6	11,6			
$\beta = 50^\circ$	C_y	0,130	0,607	0,787	0,958	1,134	1,273	1,413	1,543	1,669	1,692	1,665			
	C_x	0,377	0,196	0,216	0,242	0,273	0,304	0,338	0,373	0,411	0,421	0,442			
	C_m	0,141	0,386	0,440	0,494	0,547	0,587	0,625	0,655	0,677	0,692	0,669			
	α^0	-14,9	-12,4	-9,5	-6,7	-3,9	-1,0	+1,9	4,7	7,6	8,6	10,6			

Tabela 8. — ITS. 13 A.

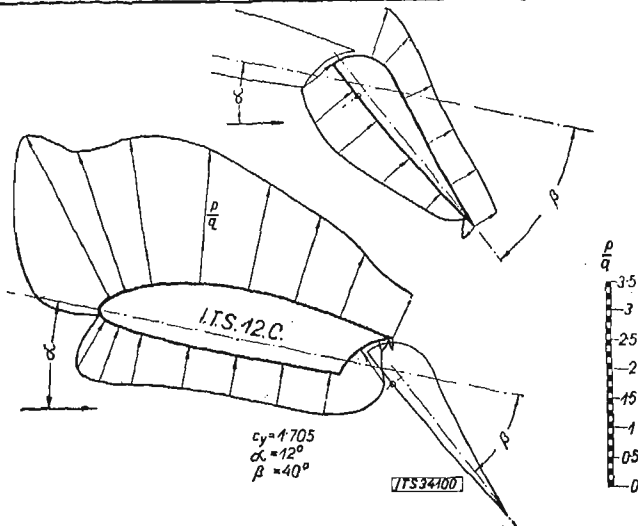
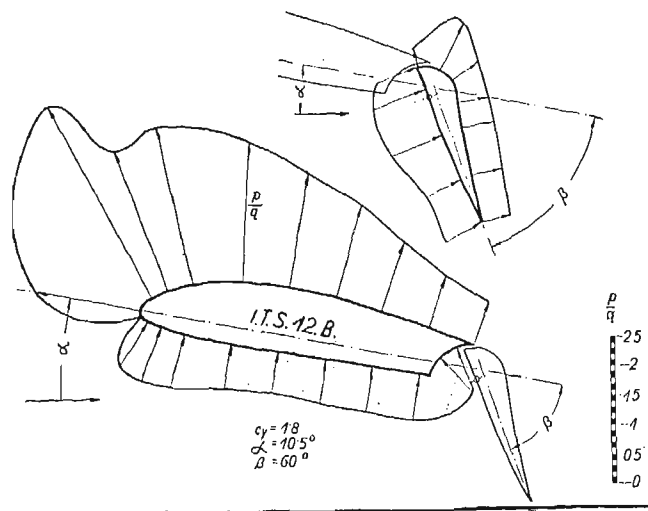
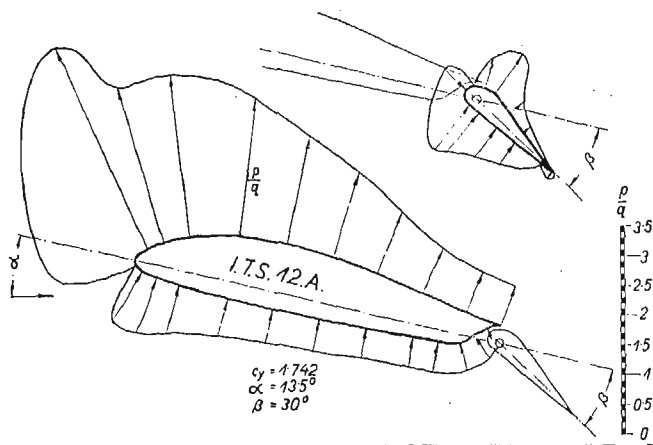
$\beta = -40^\circ$	C_y	-0,896	-0,846	-0,728	-0,573	-0,407	-0,232	-0,052	+0,149	0,344	0,570	0,765	0,706			
	C_x	0,269	0,155	0,129	0,110	0,097	0,086	0,081	0,081	0,087	0,098	0,121	0,224			
	C_m	-0,429	-0,363	-0,335	-0,307	-0,270	-0,225	-0,179	-0,114	-0,051	+0,023	0,096	0,149			
	α^0	-11,0	-8,0	-5,1	-2,3	+0,6	3,4	6,2	9,0	11,9	14,7	17,5	20,5			
$\beta = -30^\circ$	C_y	-0,860	-0,828	-0,642	-0,482	-0,312	-0,136	+0,009	0,258	0,459	0,690	0,905	0,973	0,946		
	C_x	0,238	0,126	0,095	0,078	0,065	0,058	0,056	0,061	0,073	0,091	0,119	0,130	0,159		
	C_m	-0,412	-0,341	-0,299	-0,267	-0,228	-0,183	-0,129	-0,067	-0,004	+0,073	0,153	0,180	0,142		
	α^0	-11,00	-8,0	-5,2	-2,3	+0,5	3,3	6,2	8,9	11,7	14,5	17,3	18,3	20,3		
$\beta = -20^\circ$	C_y	-0,833	-0,722	-0,543	-0,355	-0,158	-0,095	-0,027	+0,036	0,249	0,460	0,667	0,878	1,036	1,059	0,701
	C_x	0,180	0,100	0,073	0,057	0,047	0,045	0,043	0,043	0,042	0,052	0,069	0,096	0,127	0,139	0,261
	C_m	-0,350	-0,294	-0,255	-0,210	-0,156	-0,146	-0,128	-0,115	-0,052	+0,009	0,074	0,150	0,203	0,207	0,155
	α^0	-11,0	-8,1	-5,3	-2,5	+0,3	1,3	2,2	3,1	5,9	8,7	11,5	14,4	17,2	18,2	20,5
$\beta = -10^\circ$	C_y	-0,615	-0,629	-0,493	-0,371	-0,193	-0,068	-0,009	+0,061	0,136	0,371	0,566	0,760	0,937	1,050	0,792
	C_x	0,200	0,133	0,065	0,045	0,030	0,023	0,023	0,021	0,022	0,029	0,042	0,067	0,094	0,136	0,246
	C_m	-0,284	-0,243	-0,200	-0,167	-0,126	-0,095	-0,084	-0,071	-0,037	+0,012	0,063	0,125	0,179	0,221	0,182
	α^0	-14,2	-11,2	-8,3	-5,5	-2,6	-0,7	+0,2	1,1	3,1	5,8	8,6	11,5	14,3	17,2	20,4
$\beta = 0^\circ$	C_y	-0,380	-0,235	-0,068	-0,005	+0,066	0,122	0,300	0,478	0,668	0,851	1,014	1,127	1,199	0,796	
	C_x	0,106	0,035	0,022	0,020	0,018	0,018	0,021	0,029	0,045	0,068	0,097	0,131	0,174	0,315	
	C_m	-0,125	-0,055	-0,017	0,000	+0,014	0,028	0,069	0,116	0,163	0,213	0,261	0,304	0,333	0,284	
	α^0	-11,4	-8,6	-5,7	-4,8	-3,9	-2,9	-0,1	+2,7	5,6	8,4	11,2	14,1	17,1	20,4	
$\beta = 10^\circ$	C_y	-0,100	+0,086	0,261	0,434	0,595	0,742	0,937	1,095	1,240	1,370	1,385	0,887			
	C_x	0,065	0,026	0,024	0,029	0,043	0,058	0,086	0,116	0,151	0,187	0,231	0,330			
	C_m	0,036	0,106	0,146	0,185	0,225	0,258	0,308	0,345	0,386	0,416	0,426	0,365			
	α^0	-11,7	-8,9	-6,0	-3,2	-0,4	+2,5	5,3	8,2	11,0	13,9	16,9	20,3			
$\beta = 20^\circ$	C_y	0,109	0,299	0,443	0,534	0,736	0,905	1,095	1,244	1,386	1,443	1,086				
	C_x	0,061	0,038	0,047	0,060	0,074	0,095	0,125	0,156	0,195	0,234	0,352				
	C_m	0,142	0,214	0,242	0,271	0,302	0,343	0,392	0,435	0,472	0,492	0,390				
	α^0	-11,9	-9,1	-6,2	-3,3	-0,5	+2,3	5,2	8,0	10,9	13,8	17,2				
$\beta = 30^\circ$	C_y	0,167	0,335	0,488	0,652	0,815	0,996	1,179	1,371	1,534	1,557	1,158				
	C_x	0,075	0,062	0,068	0,081	0,098	0,123	0,155	0,195	0,247	0,288	0,450				
	C_m	0,178	0,232	0,268	0,300	0,340	0,385	0,441	0,501	0,546	0,557	0,435				
	α^0	-12,0	-9,1	-6,3	-3,4	-0,6	+2,2	5,1	7,9	10,7	13,7	17,1				



Ryc. 9. Rozkłady ciśnień na płacie ITS 13 A. przy różnych kątach natarcia płata i różnych wychyleniach lotki. Po prawej stronie rozkłady ciśnień wzdłuż głębokości płata powstałego z płata ITS 13 A. po odjęciu lotki.

Własności pomierzonych płatów.

Wyniki pomiarów, wykonanych w Laboratorium Aerodynamicznym Politechniki Lwowskiej, podają tabele 1-8; biegunowe oraz współczynniki c_y , c_m i c_y/c_x w funkcji kąta natarcia podają ryc. 1-8. Współczynniki

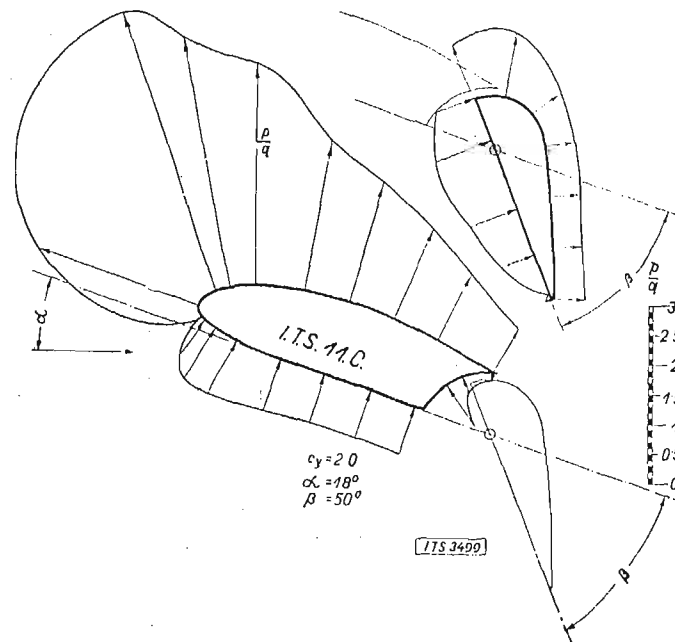
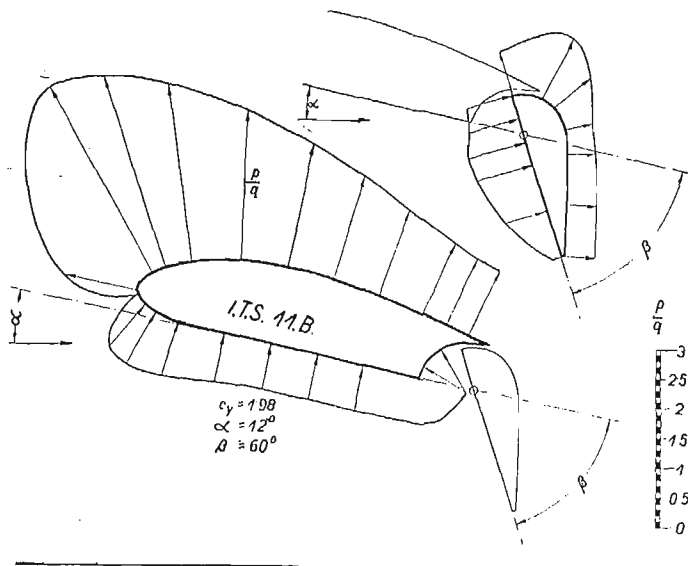


Ryc. 11.

Rozkłady ciśnienia wzdłuż głębokości płatów ITS 12 A., 12 B. i 12 C. dla $c_{y \max}$.

odniesiono do rzutu całkowitej powierzchni płata wraz z lotką. Ryc. 9 podaje rozkłady ciśnienia wzdłuż głębokości płata ITS 13 A dla różnych wychyleń lotki i kąta natarcia płata, ryc. 10 i ryc. 11 rozkłady ciśnienia dla płatów ITS 11 B i C oraz ITS 12 A-C przy wychyleniu lotki i kącie natarcia płata odpowiadającym

$c_{y \max}$. Wszystkie rozkłady ciśnienia wyznaczone przy pomocy sondy³⁾.



Ryc. 10.

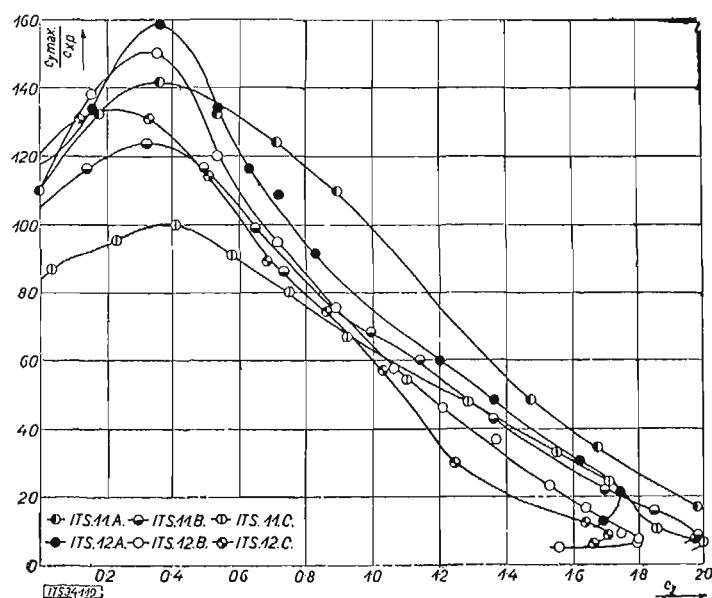
Rozkłady ciśnienia wzdłuż głębokości płatów ITS 11 B. i 11 C. dla $c_{y \max}$.

Dla należytej oceny pomierzonych płatów pod względem ich zdolności do powiększenia rozpiętości szybkości szybowców, należy wyjść z biegunowej wypadkowej, którą otrzymamy jako obwiednię poszczególnych biegunowych przy różnych kątach wychylenia lotki. Zakładamy przytem, że zmianę wychylenia lotki uskuteczni się w sposób ciągły odpowiednio do požądanej w danej chwili wartości współczynnika c_y , względnie szybkości po torze. Na ryc. 12 zestawiono wartości współczynników $c_{y \max}/c_{xp}$ w funkcji c_y , uzyskanych z takich biegunowych obwiednich dla płatów ITS 11 i 12, przyczem $c_{xp} = f(c_y)$ jest współczynnikiem oporu profilowego płata. Najwyższe wartości $c_{y \max}/c_{xp}$ osiąga jak widać, płat ITS 12 A z lotką zajmującą 25% głębokości płata. Na ryc. 13 zestawiono dla porównania, charakterystyki $v_y = f(v)$ szybowca zaopatrzonego w lotki oraz bez lotek opuszczanych w locie. Powiększenie rozpiętości szybkości jest widocznie znaczne, bez wielkiej szkody dla minimalnej szybkości opadania. Wykres ten nie jest jednak jeszcze dostatecznie ścisły, ponieważ

³⁾ Vide *Czasopismo Lotnicze* Nr. 1. z 1933 r.

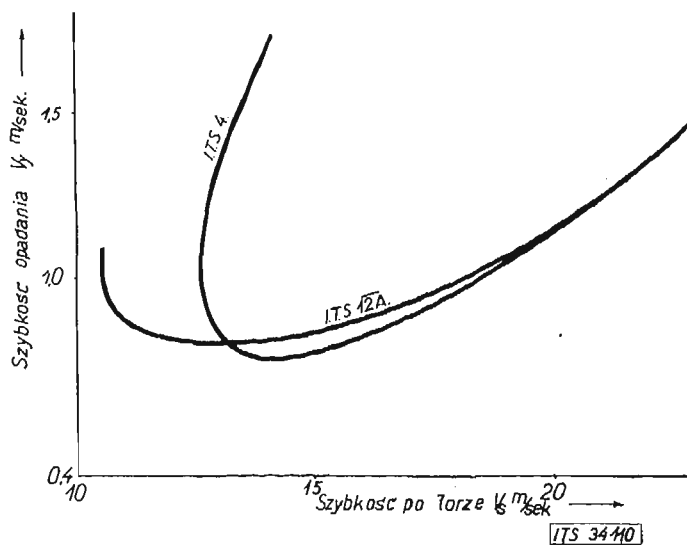
nie uwzględniono przyrostu oporów szkodliwych z powodu wychylenia steru głębokości, koniecznego do zrównoważenia zwiększonych momentów płata przy opuszczeniu lotki.

noważenia zwiększonych momentów płata przy opuszczeniu lotki.



Ryc. 12.

Współczynnik $c_{y \max} / c_{x p}$ charakteryzujący wartość płata ze względu na rozpiętość szybkości, w funkcji współczynnika wyporu c_y dla płatów ITS 11 i 12.



Ryc. 13.

Porównanie charakterystyk $v_y = f(v)$ dwóch identycznych szybowców o tym samym profilu płatów, ITS 4 bez lotki, oraz ITS 12 A. z lotką opuszczaną w locie.

Dr. Adam Kocharński.

Zagadnienie t. zw. termiki.

Le problème des courants thermiques verticaux.

Przy obecnym stanie naszych wiadomości o zachodzących w atmosferze prądach wstępujących, panuje ogólne przekonanie, że największe możliwości dla lotów szybowcowych daje t. zw. termika.

Inne rodzaje ruchów pionowych powietrza, a więc prądy frontowe i wymuszone terenem, mają naturalnie dla szybownictwa też duże znaczenie, dają jednak tak czasowo jak i przestrzennie tylko ograniczone możliwości lotu. Wiążące szybowiec ze zboczem prądy stokowe, można wykorzystać jedynie dla lotów długoczasowych i ewentualnie do niedużych przelotów terenowych. Inwazje zimnych frontów, będące zresztą najcenniejszym rodzajem ruchów wstępujących, z możliwością tak dalekich przelotów jak i osiągnięcia znacznych wysokości, są rodzajem prądów na które, z racji ich rzadkości (przynajmniej u nas) nie można zbyt licznie. Pobieżne nawet zaznajomienie się z częstotliwością rozmaitych rodzajów ruchów pionowych w atmosferze wskazuje, że procentowo najczęściej, najdalej i najdłużej, w obranym przytem kierunku, można latać przy t. zw. termice.

Terminem tym, przyjętym przez ogół szybowców polskich, oznaczam niewymuszone, pionowe prądy w wolnej atmosferze, pochodzenia termicznego, dynamicznego i turbulencyjnego, oraz wszystkie związane z nimi zjawiska.

Przy wprowadzeniu tego terminu do nomenklatury meteorologicznej, nie od rzeczy będzie wytłumaczyć i uzasadnić jego definicję. Z nazwy wynika, że przez termikę należałoby rozumieć jedynie zjawiska związane z warstwami termicznymi atmosfery. Zaliczałoby się tu więc tylko prądy wstępujące i opadające wywołane skutkiem chwiejnej równowagi pionowej powietrza, C_u pochodzenia termicznego i t. p. Między innymi i te wszystkie zjawiska, które szybownicy nazywają czystą (bezhmurną) termiką, a więc termiką słoneczną i wieczorną, oraz

termikę cumulusową (1, 2). Jeżeli jednak np. szybowiec znajdujący się na znacznej wysokości nad płaskim terenem, wzniesie się nagle kilkadziesiąt m w górę, a przyczyną tego będzie dynamiczne ssanie dolnego powietrza przez wyżej leżącą warstwę o znacznej szybkości wiatru, to dość trudno zorientować się pilotowi co było przyczyną wznoszenia się i określa to też jako termikę. Zjawisko to nie jest wymuszone ani terenem ani wklonującą się przy ziemi masą zimnego powietrza (front), a ponieważ zachodzi przytem pionowy transport ciepła, więc można je zaliczyć do zakresu pojęcia termiki. Najbardziej niewłaściwym z punktu widzenia meteorologicznej klasyfikacji, będzie tu może zaliczenie pionowych ruchów turbulencyjnych. Turbulencja większych mas powietrza, a więc taka przy której elementy turbulencyjne mają duże rozmiary, dłuższy czas trwania i znaczne natężenia, upodabnia się jednak tak bardzo do czysto termicznych prądów wymiennych, że można ją zaliczyć do termiki. Zwłaszcza, że czysto termiczne zjawiska i turbulencja dużych rozmiarów, przy której wchodzi w grę większe masy powietrza, występują zazwyczaj razem i trudno je w studjum prądów pionowych oddzielić. Nie wejdą natomiast w zakres pojęcia termiki bezładne ruchy turbulencyjne małych rozmiarów i takie, o których napewno wiemy, że są wymuszone bliskością powierzchni ziemi, a więc np. niepokój i porywistość prądów w sąsiedztwie ziemi oraz w wolnej atmosferze i t. p. Za bezładne ruchy turbulencyjne możnaby przyjąć za H ö h n d o r f e m (34) wszystkie nieuporządkowane ruchy, jakie zrównoważony z powietrzem balon pilotowy rejestruje w czasie nie dłuższym niż 1 minuta. Średnica elementu bezładnej turbulencji wynosiłaby najmniej 50 m.

Takie pojęcie termiki odpowiada temu, co Sch ü t t l e r i V i e r e c k (17) nazywają „pionowymi ruchami w wolnej atmosferze”. Ruchy takie zachodzą według nich przy: 1° termicznej konwekcji, a więc wtedy, gdy cząstki

powietrza nie są z otoczeniem w równowadze termicznej, 2^o dynamicznej konwekcji, a więc wtedy, gdy mamy pionową wymianę mas biorącą początek z turbulencji poruszającego się powietrza, 3^o termiczno-dynamicznej konwekcji, a więc wtedy, gdy obie wyżej wymienione przyczyny działają wspólnie. Ten ostatni wypadek zachodziłby w atmosferze — według autorów — najczęściej.

Odnośnie zagadnień termiki istnieje spora literatura, niemal wyłącznie zresztą niemiecka. Jest to w związku z intensywnymi badaniami atmosfery dla celów szybownictwa. Datuje się ona od r. 1929, w którym to roku udało się pilotowi szybowcowemu K r o n f e l d o w i uniezależnić się od prądów stokowych i wykonać 3 pierwsze przeloty ponad 100 km, z czego jeden przed frontem burzowym a jeden przy termice. Wpłynęło to na rozpoczęcie dokładniejszych studiów nad termiką.

Zagadnienie jest jednak dopiero *in statu nascendi*. Trzeba najwyraźniej podkreślić, że mimo znacznej ilości poszukiwań i publikacji odnoszących się do termiki, wiadomości o tem zagadnieniu są jeszcze bardzo nikłe. Jest to spowodowane 1^o trudnością znalezienia odpowiednich metod badawczych, 2^o ograniczonością i kosztownością metod stosowanych, 3^o skomplikowaną naturą zagadnienia.

W praktyce szybowniczej, która wymaga jasnego i prostego podania wyników nowych poszukiwań, buduje się z konieczności na pojedynczych przykładach z których meteorolog wyciąga tylko ostrożne wnioski, całe teorie. Typowym przykładem takiego uogólniania, jest podanie przez H i r t h a (2) teorii termicznych prądów wstępujących, które miałyby występować w postaci bań powietrznych, pęczniejących w miarę wznoszenia się w górę.

1. O metodach i środkach pomiarów.

Celem zorientowania się w wartości środków i metod używanych do badania prądów pionowych, podaję krótki opis najważniejszych sposobów pomiarowych.

W r. 1912 F i c k e r (7) wykonał nad Alpami większą ilość przelotów, w wolnym, zrównoważonym z otoczeniem balonie. Chodziło w tym wypadku specjalnie o studjum górskich prądów terenowych, metoda ta jednak nadaje się doskonale i do badań nad termiką. Z racji swej kosztowności, nie była ona niestety później kontynuowana.

Przy pomocy latawców mierzył prądy terenowe I d r a c (8, 9). Tą samą metodą rozpoczął on bodaj że pierwszy, w r. 1923, pomiary prądów termicznych na Saharze. Metoda jest bardzo prosta: zwykły latawiec znajdujący się na pewnej wysokości w wolnej atmosferze, naprzemian wznosi się i opada, t. zn. zmniejsza swój kąt wzniesienia względem punktu przyczepienia do ziemi, gdy przechodzi przez strefę prądów opadających, a zwiększa, gdy nadejdą prądy wznoszące. Jeżeli przyjmujemy, że prędkość pozioma wiatru na wysokości latawca jest stała, to wystarczą pomiary kąta wzniesienia. Zupełnie dokładnie otrzyma się wartości prądów pionowych, jeżeli prócz pomiarów kąta wzniesienia będziemy rejestrować dynamometrem ciągnięcie, jakie wywiera latawiec na wiązający go z ziemią przewód. Można tu nawiasem zauważyć, że 3 wielkie obserwatoria aerologiczne niemieckie (Lindenberg, Friedrichshafen, Rostock) skuteczniające regularnie od wielu lat sondażem zapomocą latawców, nie opublikowały niestety dotychczas wyników nad prądami pionowymi, jakie możnaby tą metodą wyznaczyć.

Zupełnie analogicznie jak latawcem, zapomocą zapisów dynamografu, można mierzyć prądy pionowe, wpływające na balon-sondę na uwięzi (P e p p l e r, 23).

Poszukiwania zapomocą balonów pilotowych, t. zn. małych balonów wolno puszczanych w powietrze, których położenie ustala się następnie pomiarem z 2 lub 3 teodolitów z bazy, można skutecznie już balonami

o pewnej własnej szybkości wznoszenia, już balonami zrównoważonymi w spokojnym, niezamąconym żadnymi ruchami powietrza. Pierwszy sposób, zwłaszcza gdy nadamy balonowi dużą szybkość własną wznoszenia, np. 200 m na min., daje prawie synchroniczny przekrój pionowy stanu atmosfery. Jest on używany przez szereg badaczy (19, 22, 27, 28, 30). Instytut poszukiwawczy niemieckiego towarzystwa szybowcowego Rhön-Rossitten Gesellschaft (R. R. G.) stosuje przeważnie drugi sposób, posługując się balonami zrównoważonymi w powietrze (15, 34). Kierownik R. R. G., prof. G e o r g i i sądzi jednak, że balony takie nie odtwarzają ruchu strug, a tylko ruch małej masy powietrza, w której się w danej chwili znajdują. Takie nikłe przestrzennie masy, wykazują często wskutek impulsów prądów turbulencyjnych, szybkie i znaczne zmiany w kierunku i natężeniu swego ruchu, nie charakteryzujące zupełnie większych mas powietrza. Stąd bardzo trudno — według G e o r g i i e g o — osiągnąć z pomiarów wyważonymi balonami ogólne wyniki co do ruchów powietrza (29). Mimo to R. R. G. posługuje się nadal wspomnianą metodą, mając już łącznie około 500 pilotaży tego typu.

Ponieważ badania nad prądami pionowymi robione są głównie dla celów lotniczych, idealnym więc środkiem do tego rodzaju poszukiwań jest samolot silnikowy czy też szybowiec. Mierzymy bowiem w tym wypadku takie ruchy powietrza, o jakie w praktyce chodzi, a mianowicie sumę ruchów działających na maszynę. Pomiary tego rodzaju zapoczątkowane przez T h o r e t a (3) we Francji, wykazały wprawdzie nie ilościowo, ale w każdym razie jakościowo, że prądy wymuszone terenem mogą utrzymać ciężki hydroplan przy zamkniętym motorze, przez długi nawet czas. Klasycznym przykładem jest lot T h o r e t a z 24 września 1925 na Korsyce, gdzie latając na dowietrznej stronie nadbrzeżnych, do 1200 m wysokich pasm górskich, utrzymywał się on na 1000 kg wążącym hydroplanie, bez pomocy motoru, przez 3 godz. 30 min. Lot odbywał się przytem poniżej linii grzbietowej, bo T h o r e t już na 1100 m zamknął motor. Całkowita długość przeleciałej trasy wynosiła 40 km, strata wysokości tylko 500 m. Nie był to prawdopodobnie lot na prądach czysto terenowych. Szybkość wiatru przy ziemi nie przenosiła bowiem 6—10 m na sek., należy więc przypuszczać, że nikłe w tym wypadku prądy wstępujące stokowe, zasilone były prądami termicznymi.

Zasada pomiaru prądów termicznych zapomocą samolotu jest też prosta (26). Znając normalną szybkość wznoszenia się samolotu V_n oraz zaobserwowaną w danym locie szybkość V_0 otrzymujemy szybkości pionowe powietrza W , działające podczas lotu na samolot:

$$W = V_0 - V_n.$$

Normalną szybkość wznoszenia V_n , wyznacza się doświadczalnie, robiąc kilka lotów w spokojnym powietrzu, najlepiej wczesnym rankiem. Każdy lot, tak doświadczalny jak i poszukiwawczy musi być przytem pilotowany w taki sam sposób. Dla badania prądów pionowych przy schodzeniu samolotu, poleca się planowanie przy zamkniętym motorze, o możliwie najmniejszej szybkości po torze. Wyznaczając doświadczalnie, podobnie jak poprzednio, normalną szybkość opadania maszyny V'_n i mając w locie poszukiwawczym szybkość obserwowaną V'_0 wyliczamy szybkości pionowe powietrza W' :

$$W' = V'_0 + V'_n.$$

Krzywa ciśnieniowo-czasowa meteorografu daje już wszystkie dane potrzebne do obliczenia W czy W' tak, że lot taki nie wymaga żadnych pomiarów osobowych. Jeżeli chcemy ustalić gdzie znajdował się samolot w jakimś momencie czasu, konieczna jest już obserwacja maszyny conajmniej zapomocą 1 teodolitu, a lepiej, zapomocą teodolitu i dalmierza, względnie 2 teodolitów. Tym pierwszym sposobem posługiwał się K o c h (20)

przy badaniu prądów pionowych pod *Cu*. Na pewnej wysokości pod bazą *Cu* zatrzymywał on motor i kołował następnie pod obłokiem. Z dołu ustalano położenie maszyny względem obłoku. Należy zauważyć, że przy tego rodzaju technice pomiarowej wiraże muszą być bardzo płaskie i o dużym promieniu. Robione z ramienia R. R. G. pomiary K o c h a, były pierwszymi systematycznymi poszukiwaniami zapoinocą samolotu (czerwiec 1928 r.).

Przy badaniu prądów pionowych zapomocą samolotu, pożądane jest posługiwanie się możliwie lekką maszyną z względnie słabym motorem. Samolot o silnym motorze i ciężki, ma dużą szybkość opadania i wznoszenia oraz dużą szybkość po torze. Przelatuje on więc zbyt szybko strefy prądów wstępujących i opadających, a ponadto będąc zaopatrzony w znaczną siłę pociągową, nie reaguje czule na prądy pionowe. W R. R. G. używano do pomiarów prądów pionowych następujących typów płatowców: Flamingo U 12 a z motorem Sh 11 (70—80 HP), dolnopłat Junkers A 20 z motorem BMW IV, dolnopłat Müller - Griesheim G. M. G. I a z motorem Anzani 35 HP oraz G. M. G. II a, Klemm - Daimler L 20.

Ze względu na cel, rozróżnia G e o r g i i (26) trzy typy lotów meteorologicznych:

1. Zwykły wzlot na wysokość, możliwie bez zbytecznego oddalania się od miejsca startu. Lot taki daje przekrój atmosfery w kierunku pionowym.
2. Lot na jednym poziomie czyli t. zw. lot profilowy, dający przekrój w kierunku poziomym.
3. Loty dla celów specjalnych, np. dla zbadania stosunków w chmurze i poza nią, pod i nad chmurą, na czole i na tyle chmury, dalej loty w strefach przejściowych między morzem i lądem, górami i nizinami i t. d.

Jeżeli chodzi przytem tylko o stwierdzenie stanu temperatury i wilgotności w atmosferze, wszystkie trzy wymienione wyżej rodzaje lotów powinny być uskuteczniane możliwie najszybciej, celem oddania synchronicznego stanu atmosfery. Dla badania prądów pionowych korzystniejszym jest dłuższe przebywanie w polu tych prądów, na różnych wysokościach przytem.

W przeciwieństwie do samolotu silnikowego, który może poruszać się w dowolny sposób i badać każdy żądany obiekt, szybowiec jako środek do poszukiwań prądów pionowych, ma już ograniczony zakres możliwości. G e o r g i i (29) nie przecenia zalet szybowca jako środka poszukiwawczego, ale sądzi on, całkiem zresztą słusznie, że szybowiec jest instrumentem bezwzględnie czulszym aniżeli maszyna motorowa. Jak wykazują najnowsze pomiary, szybowiec może służyć z powodzeniem do bardzo szczegółowych nawet badań drobnych obiektów termiki, co trudno jest uskutecznić na maszynie motorowej. R. R. G. posługiwał się do tych pomiarów następującymi typami szybowców: Wien, Lufticus, Rhönadler, Darmstadt, Starckenburg, Fafnir, Rhöngelst, Cumulus.

Wszystkie wymienione dotychczas metody nie dają jednak tego, czego możnaby żądać od kosztownych niejednokrotnie badań: przestrzennego obrazu zachodzących w atmosferze prądów pionowych i zmian czasowych tego obrazu. Latawce i balony na uwięzi rejestrują tylko zmiany zachodzące w jednym punkcie atmosfery. O trudnościach zasadniczych związanych z pomiarem wyważonymi balonami wspominałem już wyżej. Poszukiwania zapomocą samolotu i balonów pilotowych o dużej szybkości własnej wznoszenia, nie dają synchronicznego przekroju atmosfery nawet na jednej linii pionowej. Jak to wynika bowiem z szeregu obserwacji, zmiany w ruchach pionowych atmosfery zachodzą bardzo często w odstępach czasowych rzędu dziesiątek sekund, a balon czy samolot wznoszą się na wysokość kilku tysięcy metrów najmniej kilkanaście minut. Ogromną trudność stanowi ponadto fakt, że i w kierunku poziomym stan

atmosfery jest zazwyczaj bardzo zmienny. Na odległości poziomej do 100 m, mogą zachodzić w wolnej atmosferze różnice temperatur do 5°, a różnice prądów pionowych mogą osiągać wartość aż 4,5 m na sek. Z pomiarów zapomocą balonów, samolotów czy szybowców, można więc nieraz nabrać zupełnie fałszywego wyobrażenia o ogólnym w danej chwili, stanie atmosfery. Odnosi się to do wszystkich niemal elementów meteorologicznych, słusznie więc przestrzega K o p p (21) przed nieostrożnym porównywaniem wyników rozmaitych wzlotów i rozmaitych stacyj aerologicznych.

Prócz bezpośrednich pomiarów prądów pionowych, istnieją też metody, przy których mierzymy wartości i rozkład prądów pośrednio, zapomocą zdjęć chmur. Zdjęcia robione w krótkich odstępach czasu, wykazują wzrost i zanikanie rozmaitych szczegółów obłoku, a stąd można wymierzyć prądy pionowe. Metody te, które jak się zdaje na pierwszy rzut oka, powinny dać przestrzenny obraz prądów, są jednak bardzo niedokładne, dały nieręczliwe wyniki i zostały zarzucone. Zresztą wizualne obserwacje z dokładnymi szkicami i notatkami mogą oddać podobne usługi. Rozpoczęte przez R. R. G. przed kilku laty zdjęcia kinomatograficzne rakiet dymnych, nie dały również dostatecznych wyników i zostały zarzucone.

2. Gradient termiczny a prądy pionowe.

Niewymuszone prądy pionowe zależne są od stanu termicznego atmosfery w kierunku pionowym. Możemy mieć przytem do czynienia z powietrzem zupełnie suchem, z powietrzem wilgotnym i z powietrzem zupełnie nasyconym parą wodną. Powietrze zupełnie suche i nienasycone zachowuje się przy ruchach w kierunku pionowym tak samo, powietrze nasycone natomiast, zupełnie odmiennie, aniżeli poprzednie. Wchodzi tu bowiem w grę ciepło skroplenia względnie parowania, czego niema przy powietrzu suchym lub nienasyconym.

Teoretycznie obliczony, adjabatyczny spadek temperatury powietrza suchego w wolnej atmosferze, wynosi 1° na 100 m wzniesienia (ściślej 0°985). Wprawdzie obserwacje wykazują, że gradient ten waha się w rzeczywistości w troposferze około wartości 0°5, ale niezgodność ta wyjaśnia się tem, że nie mamy tu do czynienia tylko z konwekcyjną równowagą powietrza, ale też z szeregiem innych zjawisk. Skutkiem tych zjawisk rozkład pionowy temperatur jest taki, jakgdyby zachodziła równowaga mechaniczna t. zn., że przy ziemi mamy masy potencjalnie chłodniejsze a więc cięższe, a wyżej leżą masy potencjalnie cieplejsze, a więc lżejsze. Zawsze jednak powietrze suche będące w ruchu pionowym, oziębia się przy wznoszeniu wskutek adjabatycznego rozprężania o 1° na 100 m, a opadając ogrzewa się o 1° na 100 m.

Przypuśćmy, że pionowa wymiana w atmosferze jest uwarunkowana tylko adjabatycznymi ruchami pionowym suchego powietrza. Jeżeli nie zachodzą żadne inne procesy, to normalny spadek temperatury w niezakłóconej niczem atmosferze będzie wynosić 1° na 100 m. Taki rozkład pionowy temperatur powoduje w atmosferze pod względem ruchów pionowych *równowagę obojętną*. Wznoszące się bowiem powietrze, oziębia się adjabatycznie o 1° na 100 m, a ponieważ przy takim warstwowaniu termicznym panuje w otoczeniu też spadek temperatury o 1° na 100 m, więc wznoszące powietrze ma na każdej wysokości temperaturę równą temperaturze otoczenia. Nie jest ono ani cięższe ani lżejsze od otaczających go mas, po ustaniu więc chwilowego impulsu mechanicznego, który wprowadził daną masę powietrza w pionowy ruch, pozosaje ono z otoczeniem w równowadze. Analogicznie naturalnie dzieje się z powietrzem opadającym.

Równowaga obojętna zachodzi jednak w atmosferze tylko w sporadycznych wypadkach. Zwykle stan taki

bywa zakłócony. Uwolnione podczas kondensacji zawartej w powietrzu pary wodnej ciepło skroplenia, napływ mas ciepłych i t. p., powodują zmniejszenie gradientu termicznego ($\Delta t < 1^\circ$), izotermję ($\Delta t = 0^\circ$), a nawet inwersję ($\Delta t < 0^\circ$). Naodwrot, silne nagrzanie ziemi za dnia, silne nocne wypromieniowanie ciepła przez powierzchnię ziemi, intensywne wypromieniowanie ciepła przez górne warstwy powietrza, napływ mas zimnych i t. p., zwiększają gradient ($\Delta t > 1^\circ$).

Gdy gradient jest mniejszy niż adyabatyczny, panuje *równowaga stała*. Wznoszące się powietrze uzyskuje temperaturę niższą aniżeli otoczenie, staje się względem niego cięższe i opada z powrotem. Powietrze rozpoczynające swój ruch od opadania, staje się cieplejsze od otoczenia i wznosi się z powrotem. Takie warstwowanie termiczne niszczy więc wszelkie ruchy pionowe.

Przy gradjencie nadadyabatycznym, wstępujące powietrze oziębiając się zawsze tylko o 1° na 100 m, jest coraz to cieplejsze od otoczenia. Stąd jako lżejsze, wznosi się ono stale w górę. Powietrze zstępujące jest coraz to chłodniejsze od otoczenia i opada stale w dół. Jest to więc *równowaga chwiejna*, przy której najmniejszy impuls prowadzi do całkowitego rozwinięcia się zawartej w takim układzie energii cieplnej.

Jeżeli powietrze jest nasycone parą wodną, to zachodzą odmienne stosunki. Adyabatyczny gradient pionowy temperatury w powietrzu nasyconym, jest zawsze mniejszy, aniżeli takiż gradient w powietrzu suchym. Z gradientem takim mamy do czynienia nie tylko w obłokach, ale też w warstwach, gdzie zachodzi nasycenie lub nawet przesylenie bez widzialnej kondensacji. Waha się on w normalnych temperaturach dość nieznacznie około wartości $0^\circ 5$ na 100 m. Poniżej tego gradientu mamy dla powietrza nasyconego, podobnie jak poprzednio mieliśmy dla powietrza suchego, równowagę stałą, powyżej równowagę chwiejną. Dla odróżnienia od poprzedniej, mówimy o *wilgotnej równowadze* powietrza.

Teoretyczny związek między gradientem termicznym suchego powietrza a prądami pionowymi, można ująć w prosty wzór (Linke, 38). Podobnie dadzą się przedstawić stosunki dla powietrza nasyconego (Ræthjen, 40). Wzorami temi posługiwał się Georgii (11) przy interesujących rozważaniach nad zasięgiem wysokościowym prądów wstępujących, a z wykazanej w jednym przykładzie zgodności między prądami obserwowanymi a obliczonymi teoretycznie, wynikałoby, że wspomniane wzory dobrze oddają stosunki rzeczywiste.

Obserwacje wykazują jednakże, że w atmosferze zachodzą bardzo często ruchy pionowe, których nie można związać z zasadami równowagi termicznej. Pepler (23) mierząc zapomocą balonu-sondy na uwięzi, ruchy pionowe o natężeniu od 4 do 6 m na sek., znalazł, że w 76% ruchy te przypadają na gradient od $0^\circ 4$ do $0^\circ 8$. Pomijając to, że znaleziony gradient jest mniejszy od adyabatycznego, ale nie przewyższa on wcale najczęściej spotykane, normalne gradienty. Istotną przyczyną powstawania prądów pionowych leży — według Peplera — w regionalnych różnicach temperatur i gęstości powietrza, zachodzących na małej przestrzeni. W jednej z najnowszych swych prac, traktującej o stosunkach temperatury i wilgotności w dniach burzowych (33), pisze on: „Przy burzliwej pogodzie panują na wszystkich wysokościach do 4000 m, szczególnie jednak na wysokościach średnich, względnie duże gradienty. Adyabatyczne i nadadyabatyczne gradienty są jednak bardzo rzadkie; można wnioskować więc, że te duże gradienty są korzystne dla zaistnienia burzy, że jednak bardzo duże gradienty, od około 1° i wyżej, nie są koniecznym warunkiem powstawania burzy“. I tu więc nie mamy związku między koniecznymi do zaistnienia burzy prądami wstępującymi, a gradientem temperatury.

Na podstawie swoich licznych i szczegółowych po-

szukiwań nad prądami pionowymi terenowymi i termicznymi, ujął Lange (16) stosunki zachodzące między temi prądami, szybkością wiatru i gradientem w proste twierdzenia, z których wynikałoby, że prądy pionowe są jednakże zależne od gradientu w taki sposób, jak to opisałem na początku tego rozdziału. Liczny materiał, na którym Lange opierał się, został jednak z racji układu pracy tak rozdrobniony, że każde twierdzenie wynika z paru zaledwie przykładów, może więc być błędnym.

Operując obserwowanymi gradientami temperatury, Schmidt (37) doszedł do wniosku, że zwyczajnie mamy w atmosferze warstwowanie termiczne o stałej równowadze. Kierunek ruchu ciepła jest skierowany — według niego — w niższych przynajmniej częściach troposfery, ku ziemi. Ogólnie przyjmuje się, że jest odwrotnie. Jeżeli jest tak, jak przypuszcza Schmidt, to prądy termiczne konwekcyjne w zasadzie nie mogą się rozwijać i mają tylko małe znaczenie w ruchach pionowych atmosfery. Głównym powodem przemieszczenia się pionowego mas powietrznych, byłaby wymuszona turbulencja. Turbulencja taka może rzeczywiście wywołać regularne prądy wstępujące i opadające, dużych nawet rozmiarów. Wskazują na to bardzo interesujące wyniki badań Giblett'a (10). Według nich, pewne odmiany *Cu* i *Stcu* mogą być spowodowane wirami turbulencyjnymi o bardzo dużych wymiarach. W wirach tych istnieją regularnie rozmieszczone prądy wstępujące i opadające, pochodzenia czysto turbulencyjnego, a więc niezależne od gradientu pionowego temperatury.

Tych kilka przykładów wskazuje, że nie możemy być pewni prostej zależności ruchów pionowych od gradientu termicznego.

3. Zagadnienie Cumulusów.

Zagadnienia związane z *Cu*, temi widzialnymi świadkami istnienia prądów wstępujących, stawiają się bardzo wyraźnie. Z całego ich szeregu, najważniejsze są: 1° jakie stosunki termodynamiczne powodują wytworzenie się, rozwój i zamarcie *Cu*, 2° jakiego rodzaju powstają przytem prądy pionowe, 3° jak rozłożone są prądy pod obłokiem, w jego sąsiedztwie i wewnątrz niego.

Cytuję dosłownie ustępy dotyczące tych pytań, z najpoważniejszego podręcznika meteorologicznego, Hanna-Süringa „Lehrbuch der Meteorologie“, z Georgii'ego „Flugmeteorologie“ i z Greg'a „Aeronautical Meteorology“. Hanna pisze: „Najjaśniejszym jest przebieg tworzenia się chmur Cumulus. Powstają one przez dynamiczne oziębienie wolno wznoszącego się, wilgotnego powietrza, które przez większą zawartość ciepła i pary posiada pęd w górę i wciska się w mniej lub więcej (przynajmniej względnie) spokojne, wyższe warstwy powietrza. Tak powstają zaokrąglone, gronowe formy wyższych części chmur kłębiastych. Para wyrzucana przez lokomotywę ma takie same kuliste kształty. Potężniejsze *Cu* wykazują przytem silny ruch wewnątrz chmury, pęcznienia i wydęcia, wystrzeliwania nowych kopulastych wierzchołków i wieżową budowę. Siłą, która pędzi tak energicznie ku górze wilgotne powietrze, jest ciepło utajone skondensowanej w chmurze pary wodnej; gdy tworzenie się *Cu* zachodzi na bardzo dużych wysokościach, jest nią też często — jak to podkreśla v. Bezold — nagle stężenie przechłodzonych cząstek wody, a więc nagle uwolnione ciepło topnienia.“

„Obłoki kłębiaste wznoszą się ponad poziomą podstawą. Ta równa powierzchnia podstawy wyznacza wysokość, na której występujące masy powietrza oziębiły się właśnie do punktu rosy; wysokość ta jest uwarunkowana stopniem nasycenia powietrza przez parę wodną. Dlatego w jednym i tym samym dniu, bazy wszystkich powstających *Cu*, znajdują się bardzo blisko jednej wy-

Tabl. I¹⁾: OBŁOKI CUMULUS.

Stacja	ś r e d n i o w k m						w k m		średnia szybkość w m/sek.			
	lato (IV—IX)			zima (X—III)			lato (IV—IX)		lato (IV—IX)		zima (X—III)	
	wysokość		gru- bość	wysokość		gru- bość	wys. wierzchl.		podst.	wierzchl.	podst.	wierzchl.
	podst.	wierzchl.		podst.	wierzchl.		maks.	min.				
Bossekopp 70° N . . .	1,32	2,16	0,84	—	—	—	4,82	0,60	7	7	—	—
Pawłowsk 60° N . . .	1,64	2,41	0,77	1,12	1,60	0,48	5,71	0,82	—	—	—	—
Upsala 60° N . . .	1,45	2,00	0,55	0,71	1,52	0,81	4,40	0,67	6	7	—	12
Potsdam 52½° N . . .	1,44	2,10	0,66	0,99	1,74	0,75	4,75	0,63	6	8	(14)	10
Trappes 49° N . . .	—	2,16	—	—	2,37	—	5,03	0,52	9	10	12	12
Blue Hill 42° N . . .	1,78	2,90	1,12	1,54	1,62	0,08	5,00	0,79	9	13	15	—
Washington 39° N . . .	1,18	(2,45)	(1,27)	1,20	2,28	1,08	6,76	0,91	—	7	—	11
Bezmiechowa 39½° N	1,66	—	—	—	—	—	bazy 2,16	0,83	6	—	—	—
Wilno 54½° N . . .	1,55	—	—	(1,20)	—	—	bazy 2,45	0,75	7	—	(12)	—

sokości. Im suchsze jest powietrze, tem wyżej leży podstawa chmur kłębiastych.“

„Tworzenie się potężnych obłoków kłębiastych w wyższych warstwach atmosfery, wskutek ogólnych zmian jej stanu, można obserwować w lotach. Rozwój *Acu castellatus* i dynamicznych *Cu*, wyjaśnia się ssaniem szybko poruszających się warstw powietrza.“

„Kształt obłoków kłębiastych wykazuje, że są one produktem ochładzania się wstępującego powietrza w całej jego masie, a nie skutkiem wymieszania z wyższymi, zimnemi warstwami powietrza. Muszą więc powstawać w tym wypadku wydęte, dzwonkowate formy obłoków, tak że obłoki kłębiaste są najgrubszymi i najbardziej objętościowymi formami chmur. Na zewnętrznych brzegach *Cu* mogą zdarzać się też bezwzględnie formy powstałe z wymieszania, wskutek czego na obłoku mogą osadzać się szczególne formy chmur. Należą do nich również „fałszywe“ *Ci*.“

„*Cu* powstają czasem nad pożarami (zwłaszcza nad wielkimi pożarami traw podczas suchej pory roku, wewnątrz Afryki tropikalnej), a w znacznym natężeniu powstają one też przy wybuchach wulkanicznych. Wstępująca w górę para wodna pochodzi najczęściej w tym drugim wypadku, z samego krateru wulkanu; w pierwszym, jest to atmosferyczna para wodna, która unosi się z ogrzaniem powietrzem, oziębiając się przytem.“

„Częste powstawanie *Cu* przy szczytach górskich i nad niemi, wskutek wznoszącego się przy stoku (niewymuszenie) podczas dnia, powietrza, (wstępujący wiatr dolinny), będzie jeszcze później rozstrząsane.“

Podobnie opisuje *Cu* Georgii: „*Cu* jest najbardziej interesującą i najcharakterystyczniejszą formą obłoczną. W ciepłe dni letnie buduje się on ku górze jako potężny, biało błyszczący obłok, o miękkich — i jak długo znajduje się jeszcze w rośnięciu — zaokrąglonych, lecz ostro ograniczonych kształtach. Gdy energia wzrostu obłoku ustanie, zacierają się ostre granice, rozstrzępiają zaokrąglone formy, a wierzchołek rozciąga się często w kształt grzyba. Najłatwiej możemy śledzić powstawanie *Cu*. Jest on chmurą właściwą termicznym prądom wstępującym. W dniach silniejszego promieniowania słonecznego, nadmiernie miejscowo nagrzane po-

wietrze wznosi się w górę. Jeżeli przy adyabatycznym ochładzaniu się zostanie osiągnięty poziom kondensacji, zachodzi tworzenie się obłoku; wskutek uwolnionego ciepła kondensacji, obłok taki może potem jeszcze dalej rozwijać się w górę. Jeżeli wzrost *Cu* osiąga coraz to większe rozmiary w wysokości i w masie skondensowanej pary wodnej, to zwykły *Cu* przechodzi w *Cumulo - Nimbus* czyli *Cu* burzowy. *Cu* burzowy rośnie często w górę aż do poziomu *Cirrusów* i przechodzi tam w towarzyszącą mu zwykle czapę *cirrusową*. Przy bocznych obserwacjach *Cunb* zdaje się on świecić od strony słońca olśniewająco biało, podczas gdy w cieniu leżące części mają naodwrot groźnie wyglądające, ciemno niebieskie zabarwienie. Niższa część *Cunb* jest zwykle przesłonięta chmurami *Nimbus*, z których spadają przejściowe zlewy w formie deszczu, gradu lub krup śnieżnych. Zachodzące w obwodzie *Cunb* ruchy pionowe powietrza, należą do najgwałtowniejszych i najniebezpieczniejszych w wolnej atmosferze. Zajmiemy się jeszcze niemi na dalszem miejscu.“

Jeszcze krócej opisuje *Cu* w swoim obszernym i skądinąd ciekawym podręczniku meteorologii lotniczej, Gregg: „*Cumulus*. Chmury podobne do kłębow wełny. Gęste chmury, których wyższa powierzchnia jest kopulasta i wykazuje protuberancje, podczas gdy podstawa jest horyzontalna. Chmury te zdają się być wytworzone przez prawie zawsze dające się zaobserwować dzienne ruchy wstępujące. Gdy obłok taki znajduje się w przeciwniej stronie aniżeli słońce, powierzchnie zwrócone ku obserwatorowi błyszczą jaśniej, niż brzegi protuberancyj. Gdy, jak zwyczajnie, światło pada z boku, obłok rzuca głęboki cień; jeżeli naodwrot, obłok jest po tej samej stronie obserwatora co słońce, wydaje się on ciemny, z błyszczącymi brzegami.“

„Czysty *Cu* ma dobrze odgraniconą wyższą i niższą powierzchnię; przy silnym wietrze widzi się jednak często *Cu* podobne do chmur strzępiastych, w których luźne części podlegają ciągłej zmianie. Forma ta może być odróżniona pod nazwą *Fracto - cumulusa (Frcu)*.“

O wysokości poziomu tych obłoków Gregg wzmiankuje tylko: „... poziomy *Strato - cumulusa* i *Cumulusa* są nieco wyżej latem niż zimą. Największa częstość pojawiania się tych form obłocznych wypada poniżej poziomu 3000 m. Wierzchołki *Cu* wykazują latem znaczną częstość około 2000 m, zimą około 1800 m... 89 obserwacji dało średnią grubość *Cu* około 500 m.“ (Dane te odnoszą się tylko do obszaru Stanów Zjednoczonych Ameryki N.).

Tabl. I. pozwala zorientować się co do średnich wysokości podstaw i wierzchołków *Cu*, grubości tych obłoków a także szybkości ich przenoszenia się, w rozmaitych obszarach.

¹⁾ Cyfry dla pierwszych 7 stacyj tej tabeli zaczerpnięte są z Hanna - Süringa: Lehrbuch der Meteorologie, S. 296—302. Leipzig 1926. Dane dla Bezmiechowej podają na podstawie własnych obserwacji. Odnoszą się one tylko do czerwca 1932 r. Dla Wilna obliczyłem średnie z biuletynów publikowanych przez Wileńską Uniwersytecką Stację Aerologiczną. Są to średnie z okresu 1925—1931, z których na letnią połowę roku wypada 38 obserwacji, a na zimową tylko 7. Stąd cyfry dotyczące zimy, jako bardzo niepewne, ujęto w nawias.

W uzupełnieniu tej tabeli, podaję jeszcze drugą, mniej szczegółową, zawierającą dane z nieuwzględnionych w tabl. I. obszarów.

Tabl. II²⁾: OBŁOKI CUMULUS.

S t a c j a	Średnia wysokość pojawiania się warstwy Cu w km			Grubość w km
	lato (IV—IX)	zima (X—III)	rok (I—XII)	rok
Toronto 43½° N (Kanada) . . .	1,70	1,83	—	—
Allahabad 25½° N (Indje) . . .	1,76	1,84	—	—
Manila 14½° N (Filipiny) . . .	1,84	1,82	—	—
Mera 35° N (Japonja)	—	—	1,38	0,44
Batawia 6° S (Jawa)	—	—	1,74	—
	baza		baza	
Lindenberg 52° N (Środk. Niemcy)	1,47	1,15	1,42	0,50

Dodajmy jeszcze do tego zestawienia obserwacje z Potsdamu. Średnia miąższość Cu wynosi tam 670 m, maksymalna 2230 m, minimalna 90 m.

Według tych wszystkich cyfr, pochodzących częściowo z obserwacji Międzynar. Roku Chmur, ustalono przeciętny poziom Cu w atmosferze na 1700 m. Nie odnosi się to do poziomu podstawy czy wierzchołka, ale do środkowej części obłoku.

a) Warunki powstawania i rozwoju Cu.

Rozpatrzmy naprzód pytania dotyczące stosunków termodynamicznych. Z pierwszych dwu podanych wyżej cytatów wynika, że 1° od powierzchni ziemi do podstawy obłoku musi stałe panować gradient nadadjabatyczny i że 2° po utworzeniu się Cu istnieje wewnątrz obłoku inwersja temperatury a uwolnione ciepło skroplenia powoduje dalszy wzrost Cu, nawet bez dopływu prądów wstępujących od dołu, do bazy. Obserwacje wykazują jednakże co innego. Suchy gradient nadadjabatyczny zachodzi nawet w dniach typowo cumulusowych dość rzadko. Nie jest to regułą, ale w każdym razie wypadkiem dość częstym. Dopiero gdy przyjmiemy, jak to czyni Georgii przy rozważaniu prądów wstępujących w tropach (11), że nie tylko w chmurze ale i pod chmurą, aż do powierzchni ziemi, panują stosunki odpowiadające wilgotnej równowadze powietrza, dostaniemy w dniach cumulusowych niestałą równowagę wilgotną.

Kopp (21, 25) stwierdza (niepodając niestety wartości liczbowych) na podstawie licznych oblotów samolotowych Cu, że wewnątrz obłoku są temperatury niższe niż nazewnątrz niego. To samo zauważono i przy wzlotach w Darmstadzie, przyczem Georgii (26) nadmienia, że temperatury wewnątrz Cu były często aż o 3° do 5° niższe, aniżeli na tym samym poziomie poza chmurą. Lange (24) po locie doświadczalnym w Cunb, stwierdza, że przynajmniej w niższej i środkowej części do 6000 m sięgającego obłoku, temperatura była niższa, niż w sąsiednim powietrzu.

Ponadto dało się stwierdzić jeszcze jedną rzecz. Powietrze wewnątrz Cu (a być może że i w innych chmurach też) jest bardzo często nie tylko że nasycone, ale nawet przesycone parą wodną. Stopień takiego przesylenia może być bardzo duży. W zwykłym, pogodowym Cu znalazł Kopp (25) 150%—200% wilgotności względnej, w czasie Cu-congestus 125%, w Cu-castellatus utworzonym z górnych partij wypiętrzonego Cu, 330%, a w Cu burzowych aż 500% i 600% wilgotności względnej. Powietrze zawierające parę wodną jest, jak wiadomo, lżejsze od powietrza zupełnie suchego, a przy opisanych

²⁾ Dane dla Mery z Meteor. Zeitschrift 1933, S. 184, dla Lindenbergu z M. Z. 1920, S. 189 i M. Z. 1921, S. 18. Dla pozostałych stacyj z Hanna-Süringa.

wyżej stopniach przesylenia, jest ono daleko lżejsze, niż otaczające chmurę powietrze względnie suche.

Wytlumaczenie niskich temperatur wewnątrz Cu, może więc być, jak sądzi Kopp, dwojakie. Powietrze obłoku posiadające wskutek silnego ruchu wstępującego dużą energję kinetyczną, mogłoby przejść ponad prawem równowagi i znaleźć się na wyższym poziomie, aniżeli na to pozwala zasięg pionowy gradientu nadadjabatycznego. Będzie ono wtedy zimniejsze od powietrza otaczającego chmurę. Jeżeli powietrze w Cu wznosi się rzeczywiście wbrew prawom równowagi termicznej, to gradient wewnątrz chmury powinien być w tym wypadku nieco mniejszy, niż adjabatyczny gradient dla wilgotnego powietrza. Tymczasem gradient ten jest często nadadjabatyczny. Niskie temperatury wewnątrz obłoku nie są więc widocznie wywołane transportem w górę wbrew prawom równowagi.

Można znaleźć jeszcze inne tłumaczenie. Zawierające dużo pary wodnej powietrze obłoku jest daleko lżejsze, niż względnie suche otoczenie. Jak długo więc temperatura powietrza obłoku jest równa albo nieco wyższa niż temperatura otaczających go mas, tak długo obłok będzie wzrastał szybko w górę. Ale będzie on rósł jeszcze nawet wtedy, gdy temperatura wewnątrz niego będzie o pewną wartość niższa, aniżeli temperatura otoczenia.

Poza obrębem każdego Cu mielibyśmy więc inwersję lub słaby gradient. W 7 wypadkach na 9, Kopp (21) przy wlatywaniu w bazę chmury znalazł bardzo silny nadadjabatyczny gradient. Spadek temperatury wynosił od 2° na 100 m, do 3° na 100 m. Znacząco to, że powietrze wewnątrz chmury było chłodniejsze od otoczenia. Wilgotność względna wzrastała przy wlatywaniu w bazę bardzo ostro i szybko. W 2 pozostałych wypadkach, przy wlocie do chmury z boku, w ścianę pionową obłoku, gradient był adjabatyczny a wilgotność rosła powoli do 100%. Ponad chmurą panowała zawsze silna inwersja.

Zamiast więc inwersji wewnątrz chmury, mamy inwersję nazewnątrz niej. Jest to zupełnie niezgodne z dotychczasowymi pojęciami o budowie Cu. Stosunki warstwowania termicznego atmosfery w obecności Cu, nie są więc tak proste jak dawniej sądzono. Kopp (32) na podstawie licznych swoich studjów nad Cu, podaje następujący schemat rozwoju stosunków termodynamicznych przy Cu.

W typowym dniu cumulusowym mamy zawsze rankiem warstwowanie powietrza o równowadze stałej. Zimne masy zalegają przy ziemi, gdzie obserwuje się często inwersję temperatury. Nad nią mamy słaby, podadjabatyczny gradient, a jeszcze wyżej, mniej więcej na poziomie, gdzie wytworzą się potem Cu, inwersję, względnie znowu słaby gradient. Po tem stadium, energja przyniesiona ziemi przez promieniowanie słoneczne, zaczyna być wykorzystywana do utworzenia gradientu adjabatycznego (1° na 100 m). Gradient ten nie zapanowuje nagle na wszystkich poziomach, wskutek wysoko sięgających prądów konwekcyjnych. Powstaje on przez konwekcyjne przemieszanie się mas powietrza naprzód w cienkiej warstwie przyziemnej. Warstwa ta wolno narasta w górę i osiąga wreszcie wysokość, na której, w danym momencie, może się już skroplić para wodna. Gdy w całej głębokości pod poziomem kondensacji zapanuje gradient adjabatyczny, każdy następny, najmniejszy nawet transport ciepła do górnej granicy zasięgu tego gradientu, lub też mechaniczne podźwignięcie mas powietrza, prowadzi do utworzenia się obłoku. Tem wyjaśnia się znany fakt szybkiego powstawania Cu. W samym obłoku, gradient nadadjabatyczny przechodzi w podadjabatyczny, a nad chmurą w inwersję. Ponieważ jednak przed widzialną kondensacją zachodzi często pewne przesylenie parą wodną, więc lekkie, wilgotne

powietrze obłoku unosi się zazwyczaj w górę z gradientem nie podadjabatycznym, lecz wilgotnym nadadjabatycznym. Stąd obłok, przynajmniej w wyższej swej części, jest po pewnym czasie zimniejszy, niż otaczające go masy.

Po powstaniu *Cu*, może on żyć dalej bez dopływu prądów wstępujących z ziemi, własnym, rytmicznym życiem. Przy ziemi może panować już gradient podadjabatyczny, a więc niszczący wszelkie ruchy pionowe. W górnych partiach przesyconego *Cu*, gdzie mamy niskie względem otoczenia temperatury, zachodzi szybkie wypromieniowywanie, a przez płynące stąd ochłodzenie powstają tam coraz to nowe partje obłoku. Jako cięższe od otoczenia, opadają one, a wyparowywując w dolnej części obłoku, zabierają ciepło dostarczane mu przez bazę. W tym okresie chmura zamiera. Gdy jednak opadające części *Cu* zupełnie wyparują, dopływ ciepła do bazy nie będzie niczem kompensowany, a ponadto uwolnią się nowe ilości utajonego ciepła skroplenia, obłok zacznie znowu pęcznić. Stąd pewna rytmika w życiu *Cu*.

b) Stadia rozwojowe prądów pionowych i *Cu*.

Ostatnio podał Höhnendorf (34) schemat rozwoju termicznych prądów pionowych w letni, słoneczny dzień. Według tego schematu, w dniu cumulusowym tworzą się następujące stadia rozwojowe:

a) Przy wschodzie słońca.

Stałe warstwowanie powietrza do wysokości najmniej 500 m. Brak jakichkolwiek prądów pionowych.

b) Pewien czas po wschodzie słońca.

Powstanie cieplej warstwy powietrza przy powierzchni ziemi.

c) Przedpołudniem.

Początek wyzwala się prądów pionowych przy ziemi.

d) W południe.

Początek wyzwala się prądów pionowych w wolnej atmosferze.

e) Pewien czas przed zachodem słońca.

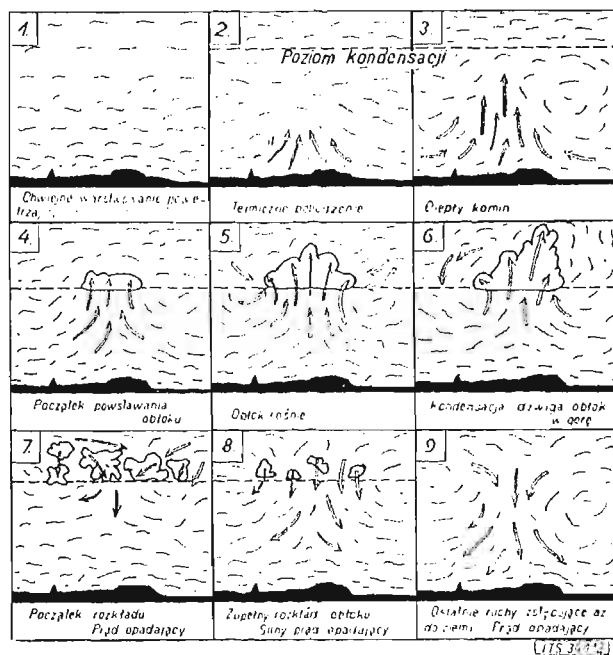
Koniec wyzwala się prądów przy ziemi. Powstanie stałego warstwowania powietrza przy powierzchni ziemi.

f) Pewien czas po zachodzie słońca.

Koniec wyzwala się prądów w wolnej atmosferze.

Podany przez Bachema (1) schemat rozwojowy *Cu* i towarzyszących im prądów pionowych, zgadza się częściowo z tym opisem. Szkic Bachema nie jest wprawdzie oparty na żadnych pewnych danych, ujmuje on jednak przypuszczalnie dobrze, faktyczny stan rzeczy. Ponieważ Bachem nie daje opisu swego schematu, spróbuję objaśnić go sam. Na ryc. 1 mamy 9 stadiów rozwojowych *Cu* i prądów pionowych w ciągu dnia. Latem, w pogodny, bezchmurny i bezwietrzny zupełnie dzień, około 7–8^h a więc nieco po wschodzie słońca, dochodzi po pewnym okresie przygotowawczym do nie-stałej równowagi powietrza, przy której niema jednak jeszcze żadnych ruchów pionowych (ryc. 1, 1). Naj-słabsze pobudzenie wystarczy do zburzenia tej równowagi i do samorodnego już w dalszym ciągu, wyzwolenia się całej energii, zawartej w takim układzie termicznym atmosfery. Impuls taki, jak to wskazuje ryc. 1, 2, pochodzi zazwyczaj od nadmiernie nagrzanego obszaru powierzchni ziemi. Nad nagrzanym obszarem powstają słabe narazie prądy wstępujące, które rosną z czasem w sile i ku górze (ryc. 1, 3) i tworzą rodzaj komina. Dopiero około 9–10^h prądy te osiągają poziom kondensacji. Zjawiają się wtedy pierwsze, płaskie jeszcze *Cu* (ryc. 1, 4). Już w tym stadium, jak sądzi Bachem,

niema silniejszych prądów wstępujących przy ziemi. Miałyby one rozpoczynać się dopiero na znacznej wysokości nad ziemią. Od 10^h do 13^h *Cu* wzrastają (ryc. 1, 5). Rosnie nie tylko miąższość obłoków, ale też ich ilość oraz wielkość podstaw. Około 14–15^h mamy maksimum rozwoju. Prądy wstępujące istnieją prawdopodobnie już tylko pod samą bazą *Cu*, oraz wewnątrz bardzo wypiętrzonych w tym czasie obłoków. Są one bardzo silne i gwałtowne, zwłaszcza w samym *Cu* (ryc. 1, 6). Od 15^h *Cu* zaczynają szybko zamierać. Pojawiają się pod nimi prądy opadające, obłoki rwą się na mniejsze partje, te znowu na pojedyncze strzępy *Frcu* (ryc. 1, 7). Zanik po-



Ryc. 1.

Życie Cumulusa: powstanie, rozwój i zamarcie (według Bachema).

stępuje bardzo szybko, a prądy opadające pod rozwiewającymi się fragmentami *Frcu* nabierają na sile i schodzą w kształcie studni coraz to niżej ku powierzchni ziemi (ryc. 1, 8). Około 17–18^h następuje zupełne roz pogodzenie, a z *Cu* pozostają tylko silne prądy opadające, które w tym czasie schodzą już do powierzchni ziemi (ryc. 1, 9).

Trzeba tu podkreślić, że prądy wstępujące rodzą się w dniach cumulusowych bardzo wcześnie. Jak to wykazały moje badania w Bezmiechowej (14), silne ruchy wstępujące są od 9^h 30 do 11^h o wiele częstsze, aniżeli popołudniu. W godzinach rannych sięgają aż do wysokości 800–1000 m, a w godzinach popołudniowych do 1500 m. Fuchs (31) obserwował nad Berlinem silne prądy wstępujące już bardzo wczesnym rankiem (8–9^h).

Obok istniejących przy powstawaniu i rozwoju *Cu* prądów wstępujących, muszą wytwarzać się jednocześnie prądy opadające. Wskutek transportu powietrza w górę, zachodziłaby bowiem na znaczniejszych wysokościach akumulacja mas, a przy powierzchni ziemi niedomiar mas. Jest to jednak niemożliwym. Rodzi się więc pionowa wymiana powietrza o zamkniętym obiegu kołowym. Do miejsc wyzwala się prądów wznoszących, spływa dośrodkowo, z sąsiednich chłodniejszych obszarów, nowe powietrze. Nad chłodnymi obszarami mamy bowiem nadmiar mas pochodzący z istniejących nad temi obszarami, prądów opadających. Względnie chłodne obszary są bowiem predysponowane do zbierania prądów opadających. Prądy te rozpoczynające się na wysokościach wierzchołków *Cu*, odprowadzają ku ziemi nadmiar mas

powstały w górze. Ta czysto mechaniczna wymiana mas jest wzmocniona zwykle niestałą równowagą powietrza.

Do czasu maksimum wzrostu *Cu*, czynną rolę w pionowej wymianie mają prądy wstępujące, zaś prądy opadające są tylko biernymi prądami wyrównawczymi. Prądy wstępujące pojawiające się w kształcie stosunkowo wąskich i rzadko rozmieszczonych kominów, mają znaczne natężenie. Rozkładające się na duże przestrzenie prądy opadające, są stosunkowo słabe. W porze popołudniowej i wieczornej, kiedy następuje rozkład *Cu*, czynną rolę w wymianie mas obejmują zstępujące ruchy powietrza. Ruchy te pojawiałyby się w postaci stosunkowo rzadkich, ale głębokich studni, o znacznym natężeniu. Nad pozostałymi, wielkimi obszarami istniałyby w tych porach nikłe prądy opadające.

c) Rozkład prądów pionowych pod *Cu*.

Prądy pionowe pod *Cu* i w ich sąsiedztwie nie układają się tak prosto, jakby to wynikało z schematu *Bachema*. Niewiadomo właściwie dokładnie, jak się przedstawia taki rozkład prądów.

Klasycznym rzec można zapatrywaniem jest wyobrażanie sobie prądów wstępujących w kształcie regularnych, walcowatych „kominów“, a prądów opadających w postaci równie regularnych „studni“, względnie jak to często nazywają „dziur“. Układ prądów przedstawiałby się w tym wypadku, przy ciszy, tak jak wskazuje ryc. 2, 1. Mimo że istnieje już szereg innych schematów prądów pionowych, *Höhndorf* i *Marguardt* (34) w ostatniej publikacji będącej zebraniem dotychczasowych wyników otrzymanych przez *R. R. G.*, mówią wyraźnie: „Sam prąd wstępujący musi się przedstawić schematycznie jako utwór kominowy. Obraz taki wynika częściowo ze spostrzeżeń szybowcowych, a częściowo z rozważań teoretycznych. Podobny utwór jest przytem mniej lub więcej skrzywiony przez kierunek wiatru i najczęściej też zmienia swoje położenie w przestrzeni“. Podobnie i *Fuchs* (31) opisuje termiczne prądy wstępujące w kształcie „wąskich szybów względnie kominów“.

Schmidt (36) zapomocą fotografii *Cu* z 2 punktów, wyznaczył stereoskopicznie wartości i rozkład prądów pionowych w *Cu*. Najsilniejsze prądy w dobrze rozwiniętych *Cu* nie przekroczyły według tych pomiarów 0,5 m na sek. Najwyższe wartości prądów wstępujących występują według *Schmidta* w przedniej części obłoku, prądów opadających w tylnej części (przez przednią część obłoku czyli czoło *Cu*, należy przytem rozumieć przód chmury poruszającej się z wiatrem w jakimś kierunku). Ponieważ szybkości pionowe mierzone przez *Schmidta* są daleko niższe od zwykle obserwowanych, trzeba i podany przez niego rozkład prądów brać z wielkiem zastrzeżeniem.

Späth (4) opisuje prądy pod *Cu*, mierzone w balonie na uwięzi: „...pod pojedynczymi wyspami obłoków, zaznacza się gwałtowny prąd wstępującego powietrza. Jeżeli balon znajduje się 200 do 300 m poniżej podstawy obłoku, na odległości około 100 m przed czołową częścią obłoku, rozpoczynają się porywy (pionowe — *uwaga autora*), najczęstsze w pierwszej trzeciej części długości chmury. Pod nieszkodliwymi, pogodowymi *Cu* można również wyczuwać wyraźnie pionowe prądy powietrza“. Największe wartości prądów wstępujących mielibyśmy więc u czoła chmury.

Do wręcz odmiennych wniosków doszedł *Koch* (20). Mierzac zapomocą samolotu prądy pionowe pod obrębem podstawy *Cu*, znalazł on tuż przed czołem obłoków prądy opadające. Były to normalne *Cu* bezwietrznej, letniej pogody. U czoła obłoków, do 200 m pod bazą chmury, obserwował on w 3 wypadkach ruchy opadające o średnim natężeniu $-0,8$, $-1,1$ i $-0,7$ m na sek.

Mniej więcej pod środkiem tych *Cu* mierzył on jednocześnie znaczne nawet (do $+2,0$ m na sek.) prądy wstępujące. Stosunki prądów pionowych wskazują więc, że *Cu* może się często upodabniać do chmury dynamicznego pochodzenia, powstającej z nawijania się linii prądów w postaci płaskiego wiru.

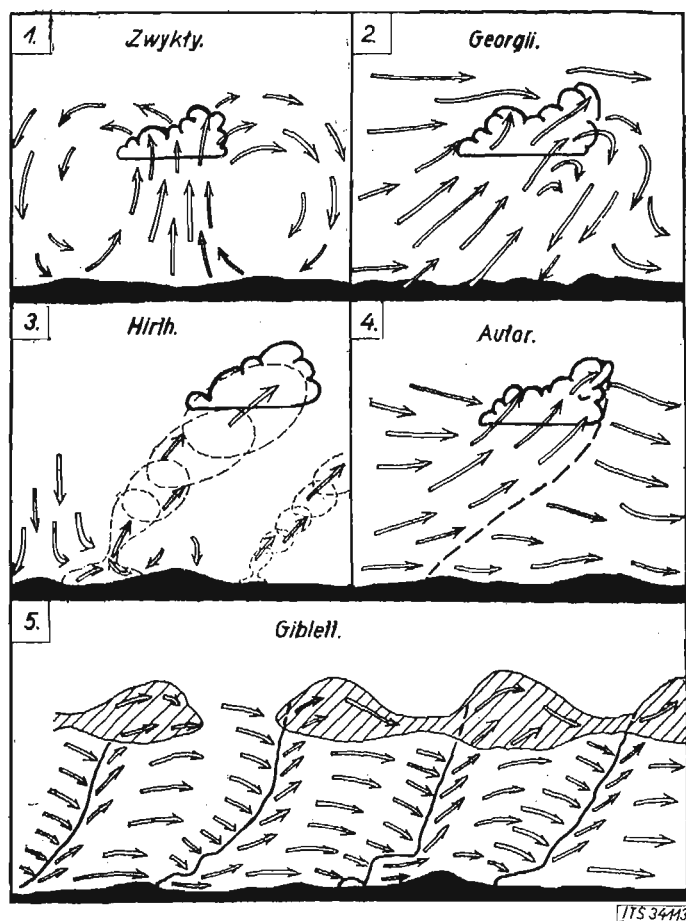
Podobnie sądzi i *Georgii* (26). 3 pomiary zapomocą samolotu i 3 pomiary szybowcowe wykazały, że przy istnieniu silnych nawet prądów wstępujących, temperatura wewnątrz *Cu* była niższa, niż na tym samym poziomie nazewnątrz obłoku. Ponadto w jednym z lotów szybowcowych wewnątrz *Cu* obserwowano w przedniej części obłoku bardzo silne ruchy wirowe pionowe. „Jeżeli niższa temperatura w *Cu* w stosunku do otoczenia, jest rzeczywistą — pisze *Georgii* — to musi się odrzucić termiczne wznoszenie powietrza. W tych okolicznościach możnaby sądzić przede wszystkim o dynamicznym tworzeniu się *Cu* przez większy wir, powstały wskutek tarcia na powierzchni granicznej dwu mas powietrza o różnej gęstości i różnej szybkości. Wir ten można więc przedstawić w formie walcowatej, ze wzrastającą szybkością wiatru ku górze. Podobna zmiana wiatru z wysokością istnieje bardzo często w mniejszych rozmiarach ponad górami, gdzie skupienie się strug powyżej przeszkody stwarza warstwę o silnym wietrze“. Zestawione jednocześnie dla dni, w których były czynione wspomniane pomiary, wyniki obserwacji wiatrów górnych, wskazują rzeczywiście na bardzo znaczny, nagły przyrost szybkości wiatru na wysokościach poziomu *Cu*. Jak widzimy więc, *Georgii* przypisuje powstanie *Cu* wirowi tarciovemu rodzącemu się na granicy dwu warstw powietrza o różnej szybkości. Wir ten musiałby być prawdopodobnie dość płaski. Odpowiadający takiemu pojęciu schemat prądów, mamy na ryc. 2, 2.

Schemat ten przypomina najzupełniej rozkład prądów w *Cunb*, z charakterystycznym, walcowatym wirum burzowym na czole obłoku. Być może więc, że w rzeczywistości niema zasadniczej różnicy między *Cu* a *Cunb*. Znanie są przecież wszystkie stadja przejściowe z pogodowego *Cu* do burzowego *Cunb*. Stadja te różnią się tylko miąższością obłoków (*Cu-humilis*, *Cu-congestus*, *Cunb-calvus* i wreszcie *Cunb-capillatus*). *Raethjen* (40) przy rozważaniu dynamiki frontu zimnego, pisze: „Głównym celem niniejszej pracy było wskazanie na wielkie znaczenie, jakie ma dla prądów atmosferycznych przenoszenie się energii przy wilgotnej chwiejnej równowadze. W związku z tem trzeba jeszcze zauważyć, że i nieszkodliwe przebiegi tego zjawiska (*Cu — uwaga autora*) pozwalają dostrzec to znaczenie. Leżąc w piękny, letni dzień, w południe w lesie, można łatwo zauważyć, jak z każdym, ponad nami ciągnącym *Cu*, poryw wiatru porusza wierzchołki drzew. Także na to podobieństwo między chmurą burzową a obłokiem *Cu*, zwracano już od dłuższego czasu uwagę“.

Hirth (2) zestawiając pomiary czasowe średnic pól prądów wstępujących dochodzi do wniosku, że prądy te grupują się w atmosferze w jajowate formy, czyli t. zw. termiczne pęcherze powietrza (*Die Thermikblasen*). Pęcherze takie miałyby się co pewien czas odrywać od powierzchni ziemi i unosić w górę. W miarę wznoszenia pęczniałyby one (ryc. 2, 3). *Hirth* nie podaje linii prądów, a tylko granice, w których prądy te są zawarte. W każdym razie, podobny układ prądów wstępujących można sobie wyobrazić w postaci jednolitych i izolowanych, jajowatych utworów, wolno „pływających“ w atmosferze. Utwory te w miarę wznoszenia się w górę byłyby coraz to większe.

Moje badania (14) przeprowadzane zapomocą balonów pilotowych wskazywałyby na taki rozkład prądów pod *Cu*, jak to mamy na ryc. 1, 4. Kilka obserwacji wykazało zupełnie wyraźnie, że u czoła *Cu* mamy prądy opadające. Ponieważ przejście z prądów wstępu-

jących do prądów opadających zaznaczało się nagle, można sądzić, że od czoła *Cu* aż do ziemi biegnie rodzaj powierzchni nieciągłości, wzdłuż której mamy nagłą zmianę z ruchów wstępujących istniejących pod obłokiem, na ruchy opadające występujące przed nim. Schemat ten zgadza się do pewnego stopnia z obrazem 2 i 5 ryc. 2. Między moim schematem a przedstawionym na ryc. 2, 5 schematem Giblett'a, istnieje jednak zasadnicza różnica w rozmieszczeniu prądów. Giblett umiejscawia powierzchnię nieciągłości i prądy wstępujące na tyle obłoku, podczas gdy ja wstawiam je u czoła *Cu*.



Ryc. 2.

Przyuszczalny rozkład prądów powietrza pod *Cu*, według różnych badaczy. 1) Rozkład prądów w postaci regularnych kominów i studni, według dawniejszych zapalrywań. 2) *Cu* i prądy pionowe pochodzenia dynamicznego. *Cu* wytworzony „płaskim wirem dużych rozmiarów. U czoła obłoku prądy opadające, w środku i na tyle obłoku prądy wstępujące. 3) Rozszerzające się w miarę wznoszenia w górę „pęcherze powietrzne“. 4) *Cu* z powierzchnią nieciągłości na przodzie obłoku. Nagła zmiana z prądów wstępujących pod obłokiem, na prądy opadające przed obłokiem. 5) Konwekcyjne „komórki wiatrowe“. Każda komórka stanowi jednostkę zamkniętą powierzchniami nieciągłości. Przy przechodzeniu takiej powierzchni nieciągłości, obserwuje się nagłą zmianę prądów wstępujących na opadające i silniejszy poryw wiatru. Prądy wstępujące znajdują się w środku komórki i na jej tyle, prądy opadające na czole komórki. Obłok jest wskutek tego cieńszy na przodzie, a najgrubszy w środku, względnie na tyle.

Przedstawione na ryc. 2, 5 „komórki wiatrowe“ odnoszą się do powstawania niektórych form *Cu*, *Frcu* i *Stcu*. Przy badaniu struktury wiatru Giblett (10) doszedł do pojęcia termicznej, konwekcyjnej komórki powietrza i dynamicznej komórki powietrza. W wolnej atmosferze mamy według niego następujące rodzaje wirów: 1° termiczne, spowodowane lokalną konwekcją, 2° tarciove, spowodowane zahamowaniem płynącego powietrza np. przez zabudowania, urozmaicone podłoże ter-

renu lub warstwę o małej szybkości wiatru, 3° falowe, wytworzone na granicy zetknięcia się dwu prądów powietrza o różnej szybkości, 4° bryzgowy, powstające przy uderzeniu strug powietrza o przeszkodę. Wiry termiczne i tarciove wytwarzają w atmosferze łącznie z prądami poziomymi, izolowane komórki wiatrowe. W każdej komórce istnieje w kierunku pionowym kołowy, zamknięty obieg prądów. Komórki termiczne są większe i regularniejsze aniżeli komórki dynamiczne powstałe z wirów tarciowych. Ponieważ z teorii wynika, że wysokość pionowego zasięgu prądów konwekcyjnych jest dwukrotnie wyższa od wysokości zasięgu gradientu nadadjabatycznego, a gradient taki obserwuje się zwykle do wys. 450—600 m, stąd komórki termiczne mogą mieć grubość ponad 1200 m. Komórki dynamiczne sięgałyby do 500 m. Każda komórka oddzielona jest od następnej powierzchnią nieciągłości. Rzut poziomy poszczególnego osobnika komórkowego przedstawia się podczas ciszy w postaci dość regularnego wielokąta. Przy silniejszym wietrze rzut ten ma kształt wydłużonej podkowy, zamkniętej od strony, z której wiatr wieje. Długość komórki może wynosić od 1000 do 3000 m. Kąt nachylenia osi komórki do poziomu jest przy silniejszym wietrze bardzo mały i przedstawia się jak 3 lub 4 : 100. W środku „podkowy“, ale przede wszystkim przy powierzchni nieciągłości, t. zn. w tylnej części komórki, powietrze wznosi się od powierzchni ziemi w górę. Składowa pozioma ruchu t. zn. szybkość wiatru, jest przytem stosunkowo mała. Jeżeli wznoszące się powietrze osiągnie poziom kondensacji, to komórka nakrywa się rzec można obłokiem, którego grubość będzie największa nie u czoła, ale w środku, a nawet w tylnej części. Pod podstawą obłoku mielibyśmy poziome naogół prądy, które na przodzie komórki, przy powierzchni nieciągłości, przechodziłyby w prądy opadające schodzące aż do ziemi. Prądy te przynosiłyby niższą temperaturę i stosunkowo dużą szybkość poziomą. Obserwowano, że obłoki powstałe nad komórkami wiatrowymi sięgały niejednokrotnie do wys. 1800—2100 m. Była to więc wysokość, na której i w naszych warunkach znajdują się często szczyty *Cu* i *Stcu*.

W przeciwieństwie do Georgii'ego, Giblett przypisuje więc powstawanie, jeżeli nie wszystkich, to przynajmniej jednej z odmian *Cu*, albo wirom tarciowym biorącym swój początek przy powierzchni ziemi, albo też wirom termicznym. W każdym razie chodzi tu o wiry o dużych rozmiarach pionowych, a nie o wiry płaskie. Ten interesujący schemat rozkładu prądów pionowych, ma prawdopodobnie obszerniejsze zastosowanie tylko na wyspach W. Brytanji, gdzie stosunki klimatyczne są zupełnie odmienne od naszych. Być może jednak, że i u nas istnieją tego rodzaju komórki wiatrowe podczas napływu zimnych i wilgotnych, polarnych mas powietrza. Pojawiające się wtedy liczne, wypiętrzone a o niskiej podstawie, szybko biegnące obłoki, które niczem nie przypominają pogodowych *Cu*, a które musi się jednak zaliczyć do typu *Cu*, mogą być tego pochodzenia.

4. Prądy pionowe pochodzenia dynamicznego i dynamiczno-termicznego.

Nie jest więc jak widzimy, dokładnie ustalone czy prądy pionowe w wypadku *Cu* są czysto termicznego, czy też dynamicznego pochodzenia. W zjawiskach termiki obserwowano jednak wiele innych wypadków, gdzie prądy pionowe były pochodzenia czysto dynamicznego, lub termiczno-dynamicznego.

Jeżeli w atmosferze panuje równowaga chwiejna, to nie tylko nadmierne ogrzanie jakiegoś obszaru powierzchni ziemi powoduje wyzwolenie się prądów wstępujących. Jakikolwiek wymuszony ruch ku górze, burzy

w takim wypadku równowagę atmosfery. Możemy więc mieć dynamiczne ogniska prądów wstępujących. Ogniska te są to miejsca, w których wskutek zjawisk mechanicznych, wyzwala się energia wytwarzająca następnie ruchy pionowe. Prądy pionowe mogą powstać przy ziemi wskutek: 1) tarcia (dwa mas o różnej szybkości lub przenoszącego się powietrza o teren), 2) wznoszenia się mas wzdłuż zbocza, 3) turbulencji. Prądy pionowe w wolnej atmosferze wywołują się przede wszystkim na skutek ruchów turbulencyjnych.

Interesującym jest wpływ, jaki wywiera większe miasto na poziomo napływające nań masy powietrza. Mierząc prądy zrównoważone balonami pilotowymi, Schüttler i Viereck (17) znaleźli, że już przy małych szybkościach wiatru obserwuje się przed miastem zwiększenie tarcia mas powietrza o kompleksy zabudowań, co daje z kolei zmniejszenie szybkości poziomej tych mas i powstanie prądu wstępującego. Powietrze napływające na miasto opływa je na małych wysokościach (100—200 m) bokami, ale większa jego część raczej wznosi się i w postaci prądu wstępującego przechodzi nad miastem. Na zawietrznej stronie miasta obserwuje się zwiększenie szybkości poziomej i prądy opadające. Schüttler i Viereck przypuszczają, że tarciaowy wpływ większego miasta (Darmstadt) może sięgać do wysokości 700 m. Oto kilka przykładów z obserwowanych przez nich wypadków. 21 marca 1930 r. na dowietrznej stronie miasta mierzono V_v aż +3,0 m na sek. Pół godziny wcześniej w tym samym miejscu było +0,6 a V_v za miastem wynosiła -1,0 m na sek. 7 kwietnia 1930 r. przy termiczno-dynamicznej konwekcji, na dowietrznej stronie miasta, na wysokości około 700 m, V_v wynosiła +1,9 m na sek. Nad samym miastem pojawił się wmienny prąd opadający o sile -1,0 m na sek. Szybkości poziome nie przenosiły 3—4 m na sek.

Schüttler i Viereck zaliczają również do konwekcji termiczno-dynamicznej fale, tworzące się w warstwie tarciaowej dwu mas powietrza płynących z różnymi szybkościami. 2 kwietnia 1930 r. obserwowali oni taką falę na wys. 1500 m, na granicy warstwy pyłu. Długość fali wynosiła około 2200 m, amplituda około 120 m. 3 kwietnia 1930 r. obserwowano znowu fale na wys. 700 m, w warstwie inwersyjnej, pod którą utworzył się *Stcu*. Podobne fale inwersyjne obserwował i Lange (16). 18 sierpnia 1930 r., na wys. od 300 do 600 m nad Wasserkuppe zalegała silna inwersja. Kilka balonów wypuszczonych z samolotu tuż pod lub nad inwersją, wykazało bardzo wyraźne fale inwersyjne. Długość ich wynosiła od 3,5 do 4,5 km, amplituda od 110 do 190 m. Maksymalne V_v na stokach fal wynosiły +1,0 i -0,8 m na sek. Szybkości poziome nie przenosiły 7 m na sek. Vogel i Lorenz (18) opisują analogiczne, bardzo wyraźne fale, obserwowane 8 lipca 1930 r. nad inwersją, na wys. około 300 m nad terenem. Długość fal wynosiła 2200 m, V_v na stokach, średnio około +0,5 i -0,5 m na sek.

Analizując zachowanie się zrównoważonych balonów pilotowych Lange (16) doszedł do przekonania, że zburzenie chwiejnej równowagi powietrza może nastąpić nie tylko przez 1) silne nagrzanie ziemi, ale również przez to, że 2) powietrze napływające na przeszkodę wznosi się wzdłuż pochyłości stoku i staje się wskutek tego po pewnym czasie lżejsze od powietrza otaczającego, oraz przez 3) boczny dopływ powietrza z doliny lub obszaru, gdzie jest małe tarcie o ziemię. Wyzwalanie się prądów wstępujących przy napływaniu powietrza na przeszkodę, obserwował również Hirth (2) w lotach szybowcowych na W stoku Wasserkuppe i na S stoku Galgenberg (Grunau). Powietrze zmuszone do napływania na stok, po osiągnięciu szczytowej linii grzbietu wznosiło się dalej w górę. Przy bardzo słabym wietrze,

a więc wtedy, gdy nie mogło być mowy o prądach terenowych, obserwował Hirth nad linią grzbietu V_v do +2,0 m na sek. Georgii (29) opisuje podobne wywołanie się prądów wstępujących przez teren. 30 lipca 1929 r. przed nawietrzną stroną Wasserkuppe powstały naprzód małe *Frcu*. Po 15 minutach drobne *Frcu* rozwinęły się w *Cu* a nawet częściowo w *Cunb*, przemieszczając się przytem w kierunku poziomym o 10 km.

Istnieje wreszcie grupa prądów pionowych powstających na znacznie wyższych wysokościach, powyżej przyziemnej strefy zaburzeń sięgającej do 1000—1500 m („Die Brandungszone“ Georgii (29)). Pessler (23), który obserwował te prądy zapomocą balonu na uwięzi, stwierdza, że poza strefą przyziemną główna warstwa niepokoju pionowego atmosfery leży na wys. 2000—2400 m, a więc w poziomie *Stcu*. Grubość tej warstwy może wynosić do 900 m; najczęściej wynosi ona 400—800 m. Przy normalnej, dość pięknej pogodzie i przy ciszy lub nikłym wietrze, na wys. 2000—2400 m, można niejednokrotnie obserwować prądy pionowe dochodzące do 4—6 a nawet 10 m na sek., trwające 10—20 sek. Czasem, okres trwania takich prądów wynosi aż 2 minuty. Jeżeli przyjmujemy, że balon na uwięzi nie zmienia zbyt swego położenia w atmosferze, to owe turbulencyjne prądy pionowe przepływające przez nie mogłyby mieć miąższość od 50 do 120 m, a w wyjątkowych wypadkach do 600 m. Byłyby to więc już prawdziwe kominy.

Warstwy, w których zachodzi w atmosferze silna turbulencja, a przez to wyzwalanie się prądów pionowych, nie stoją w związku z płaszczyzną chmur. Są one raczej związane z inwersjami. Zwłaszcza bezpośrednio pod silnymi inwersjami można prawie zawsze obserwować silną turbulencję. Między obłokami a silniejszymi prądami w wolnej atmosferze zachodzi tylko pośredni związek; mianowicie chmury *Stcu*, *Frcu*, *Frst* występują często w warstwach o silnej turbulencji.

We wszystkich wymienionych wyżej odmianach prądów pionowych pochodzenia dynamicznego, jedynie fale inwersyjne i tarciaowe wykazują czasem nikłe wartości szybkości pionowych. Ale i te szybkości (do +0,5 a nawet do +1,0 m na sek.), są dla lotów szybowcowych nie do pogardzenia, gdyż mogą wystarczyć do utrzymania się szybowca przez długi nawet czas, na jednym poziomie.

5. T. zw. elementy turbulencyjne przy termicie.

Celem jasnego zobrazowania sobie prądów pionowych, trzeba z obserwowanych w atmosferze ruchów powietrza oddzielić ruchy pionowe od poziomego przemieszczania się i te pierwsze studjować oddzielnie, tak zupełnie, jakgdyby w atmosferze panowała w kierunku poziomym absolutna cisza.

W ten sposób studjowali drogi zrównoważonych balonów pilotowych Vogel i Lorenz (18). Interesującą jest przytem metoda jaką wymienieni badacze doszli do pojęcia t. zw. elementów turbulencyjnych. Przypuśćmy, że balon w przeciągu 1 min. 15 sek. wykonał drogę poziomą 500 m. Obserwacje czynione były przytem np. co 15 sek. Średnio w przeciągu 15 sek., balon przemieszczał się więc o 100 m. Wstawimy na rysunku przedstawiającym w przekroju pionowym drogę balonu, przy każdym punkcie obserwacyjnym wektor odpowiadający $V_i = 100$ m na 15 sek. i przedstawiając faktycznie obserwowane odcinki drogi balonu również w postaci wektorów, znajdziemy wektor wypadkowy. Wektor ten nie jest geometryczną składową pionową i może mieć kierunek różny od pionowego. Łącząc te wektory kolejno w ich punktach końcowych, dostajemy to, co Vogel i Lorenz nazywają „elementem turbulencyjnym“.

Elementy turbulencyjne przedstawiają się naogół w postaci prawoskrętnych wirów. Wynikałoby z tego, że powietrze wznoszące się czy opadające ma ruch śrubowy,

że poprostu jakby wkręca się w górę czy też w dół, w kierunku wskazówek zegara. Vogel i Lorenz obserwowali szereg takich wirów. Nad miastem np. mierzono mały wir o średnicy tylko 40 m. Na zawietrznej stronie miasta obserwowano wiry tylne. Przy małej trąbie powietrznej będącą pewną formą pionowej wymiany termicznej, średnica wiru wynosiła około 170 m, wysokość 160 m. Nad ogrzany obszar większego dworca kolejowego wir posiadał średnicę aż 320 m. Naogół pionowa grubość termicznych prądów wstępujących wahała się według tych obserwacji od 220 do 440 m, ich średnica od 260 do 330 m. Przy falach inwersyjnych grubość warstwy, w której zachodzą prądy pionowe wynosiła 75 m.

Ten sposób studjowania prądów pionowych nie zdaje się jednak być pewnym, gdyż eliminowanie prądów pionowych z obserwowanych ruchów powietrza jest tu dość sztuczne. Może on jednak dać wyobrażenie o sposobie zachowania się małej masy powietrza.

Podobne wiry obserwowali Schüttler i Viereck (17). W jednym wypadku przy zupełnie bezwietrznym dniu cumulusowym, zrównoważony balon opisał wyraźnie spiralny wir o zmniejszającym się ku górze promieniu. W samym środku tego wiru istniał silny ($V_v = -3,0$ m na sek.) prąd opadający. Był to prąd kompensacyjny. Całe zjawisko przedstawiało się w postaci jakby słabej trąby powietrznej. Środek trąby miał średnicę około 300 m, średnica zewnętrznych krańców wiru wynosiła 600 m.

Wspomniani autorzy sądzą, że normalnie, przy większych nieco szybkościach wiatru, zachodząca w atmosferze wymiana mas przedstawia się w postaci przemieszczających się wirów o poziomej, nachylonej do poziomu, lub pionowej osi.

6. Ogniska prądów wstępujących.

Ogniskiem (niemieckie „Auslösungsstelle“) można nazwać miejsce, w którym powstaje pierwsze pobudzenie większej masy powietrza do ruchu pionowego. Ognisko nie musi się znajdować przy powierzchni ziemi. Znane są liczne przykłady ognisk w wolnej atmosferze. Wegener (6) podaje piękny przykład istnienia typowych *Cu* na pełnym oceanie, w obszarze pasatowym *N* Atlantyku, na wys. 600 m. Liczne wypadki występowania *Cu* na pełnym morzu, gdzie amplituda dobowa temperatury wody nie przenosi 2°0, gdzie niema więc mowy o lokalnym nagrzewaniu się powierzchni wody, świadczą że prądy wstępujące mogą bardzo często rozpoczynać się na znacznie wyższych wysokościach.

Höhdorf (34) sądzi że kominy biorące swój początek z ognisk w wolnej atmosferze są węższe, niższe i mają mniejsze szybkości pionowe aniżeli kominy rodzące się przy powierzchni ziemi. Są one też prawdopodobnie stosunkowo rzadkim zjawiskiem. Lange (16) wskazuje jednak wyraźnie na możliwość istnienia silnych prądów wstępujących, biorących swój początek w wolnej atmosferze. Píše on: „...nad prądami wstępującymi powstaje *Cu*, którego energia kondensacji wzmacnia przez ssanie rozpoczynający się ruch. Zburzenia równowagi pionowej powietrza nieprowadzące do kondensacji, mogą powodować w chwiejnie warstwowanej atmosferze niezbyt wielkie tylko szybkości pionowe; poza impulsem powstania nie wpływają bowiem w tym wypadku żadne godne wzmianki siły, gdyż przy suchym, adiabatycznym spadku temperatury, nie ma różnic w temperaturze. Uwolniona przy kondensacji energia, może rodzić wyższe szybkości pionowe niż wymuszony i termiczny wpływ ziemi“.

Do miejsca, w którym rodzą się ruchy wstępujące, zachodzi zbieżność prądów poziomych. Na miejsce wznoszącego się powietrza przychodzą w drodze wymiany nowe masy. W niższych warstwach atmosfery istniałaby więc między chłodniami a ogrzaniem obszarami słaba cyrkulacja pozioma.

Ognisko może znajdować się stale w jednym miejscu lub też wędruje ponad ciepłym obszarem. Nagrzany obszar działa jako rezerwoar, z którego wychodzą ku górze coraz to nowe masy powietrza. Na przodzie poruszającego się ogniska mamy zmniejszenie szybkości wiatru, na tyle zwiększenie. Jest to wynikiem dodawania się własnej, dośrodkowej cyrkulacji cyklonalnej, jaką wytwarza ciepłe ognisko, do szybkości przemieszczania się. Trzeba przy tej sposobności zaznaczyć, że analogiczną cyrkulację własną, ale już odśrodkową, antycyklonalną, wytwarzają przemieszczające się w atmosferze małe pola względnie niskich temperatur. Zjawisko to można łatwo obserwować przy przechodzeniu cienia rzucanego przez *Cu*. Przy nachodzeniu cienia na obserwatora notuje się naprzód nagły poryw wiatru, a następnie uspokojenie. Wskutek własnej cyrkulacji antycyklonalnej cienia, na początku jego mamy zwiększenie szybkości przemieszczania się. Na końcu cienia obserwuje się zmalenie szybkości wiatru, tam bowiem szybkość przemieszczania się i składowa antycyklonalna są przeciwnie skierowane. Niema przytem mowy o wpływie obłoku, gdyż opisane zjawisko, zachodzi i wtedy, gdy *Cu* nadciąga od strony słońca, a więc gdy cień osiąga obserwatora prędzej niż obłok.

Bardzo ważnym jest pytanie czy i w jakim stopniu podłoże terenu predysponuje powstanie ogniska. Naogół panuje przekonanie, że obszary piaszczyste, kamieniste, obszary miast i t. p., powinny być stałymi, dobrymi ogniskami, gdyż ogrzewają się bardzo znacznie. Erdbrügger i Steinhoff (35) mierząc temperatury w lotach szybowcowych nad małym obszarem (wys. 500—1000 m) znaleźli, że termiczne prądy wstępujące mogą być w krańcowych wypadkach o 1°3 a nawet 2°0 cieplejsze od prądów opadających. Jednocześnie przeprowadzone obserwacje temperatury na ziemi, wykazały zgodność z rozkładem temperatur na znacznie wyższych wysokościach. Wyższe temperatury przy ziemi zgadzały się przytem z obszarami silnie nagrzewającymi się, a więc piaskami, nagłymi polami, zabudowaniami i t. d. Pola niskich i wysokich temperatur w wolnej atmosferze były jednakże tak bezładnie rozrzucone, że trudno przypuścić, by był to jedynie wpływ przemieszczania się tych pól na skutek wiatru.

Fuchs (31) i Gregg (5) twierdzą kategorycznie, że nie można mówić o powstawaniu prądów wstępujących nad obszarami ogrzaniem, bez uwzględnienia stanu wilgotności podłoża. Konwekcja termiczna musi bowiem być nikła a nawet całkiem zniesiona tam, gdzie wody gruntowej jest więcej i gdzie woda ta jest bliżej powierzchni gruntu. Wilgotna ziemia absorbuje bowiem znacznie ciepło dostarczane jej przez promieniowanie. Dwa loty Fuchsa nad Berlinem wykazały, że w dniu, w którym poza obszarem miasta istniały znaczne nawet prądy wstępujące, nad samym miastem istniały stale słabe prądy opadające. Między sporym, leśnym obszarem Zoo a kompleksami zabudowań miasta, nie było żadnej różnicy. Fuchs próbuje tłumaczyć ten fakt wysokim poziomem (4—2 m pod powierzchnią ziemi) wody gruntowej na obszarze Berlina i niskim poziomem (głębokość do 12 m) tej wody za miastem. Podobnie tłumaczy on stonunki obserwowane w wielu lotach nad Darmstadem. Naturalnie, że przy chwiejnej wilgotnej równowadze powietrza niema związku między wodą gruntową a konwekcją.

Ogniska nie powstają więc prawdopodobnie w miejscach gdzie mamy bezwzględnie wysokie temperatury, ale w obszarach gdzie zachodzą silne kontrasty temperatur. Jest to bardzo ważny wniosek, stwierdzony w wielu obserwacjach. Najwyższe szybkości prądów wstępujących mierzone przez Kocha (20) pojawiały się w przejściu z nad lasu na łąkę ($V_v = +4,7$ m na sek.). Maletzke (35) w jednym z swoich lotów doświadczalnych, dostał się nagle na wys. 350 m nad ziemią w prąd wstępujący

o sile $+6,0 m$ na sek. Było to nad przesiekami szerokości $80 m$, biegnącym przez mały sosnowy las. Szczegółowo zbadany przez niego komin pojawiający się stale w SE części lotniska w Griesheim (Darmstadt), ma również ognisko w przejściu z lotniska w otaczający je las (ryc. 3, 4 i 5).

W ciągu dnia, zależnie od kąta padania promieni słonecznych na podłoże, jedne ogniska gasną, a inne rodzą się. Stworzenie kartograficznego obrazu ognisk na jakimś małym nawet obszarze, byłoby niezmiernie trudne. Istnienie większości ognisk jest bowiem zależne nie tylko od wilgotności gruntu i kąta padania promieni, ale ponadto od kierunku i siły wiatru, zachmurzenia i zapewne szeregu innych jeszcze czynników.

Są jednakże ogniska, z których wychodzą stale prądy wstępujące. Znałe jest mnóstwo przykładów pojawiania się *Cu* o jednej i tej samej porze dnia, w tem samym miejscu. Przy pięknej, letniej pogodzie, można stale obserwować nad Lwowem miejski *Cu*. Już wczesnym rankiem, gdy na horyzoncie niema jeszcze jednej chmurki, nad miastem ukazują się pierwsze strzępy *Cu*. Unoszą się one z wiatrem i szybko giną, ale na ich miejsce powstają już nowe, by dalej powędrować. Dzieje się to na 2—3 godziny przed powstawaniem obłoków poza miastem. Około południa mamy nad miastem jeden lub kilka potężnych *Cu*, przewyższających znacznie osobniki sąsiednie. Łatwo wytłumaczyć ten miejski *Cu* intensywnym wysyłaniem w górę powietrza, ogrzanego przez leżące w kotlinie, niewentylowane centrum, Lwowa. Drugim, prawie stałym ogniskiem jest we Lwowie obszar głównego dworca kolejowego. Na szybowisku w Bezmiechowej, w godzinach rannych powstają zawsze *Cu* nad wsią Bezmiechowa Dolna. Bardzo interesujące przykłady stałych ognisk można obserwować pod Stanisławowem, gdzie nad stromo opadającą ku S, częściowo skalistą krawędzią płyty podolskiej, tworzy się przy bezchmurnym gdzieindziej niebie, regularny wieniec *Cu*. Podobne wieniec widzi się nad krawędziami jaru dnistrowego. Koch (20) wspomina o stale pojawiającym się *Cu*, nieco na S od Darmstadtu.

Letzmann (39) obserwował przykład stałego ogniska w wypadku burzy letniej. Olbrzymi, do 7—8 km wypiętrzony *Cunb*, to rosnąc naprzemian to opadając i rozwiewając się, przesunął się wolno w jednym kierunku. Nowe masy obłoków wytryskiwały jednak ciągle z jednego tylko miejsca terenu; co ciekawsze, miejsce to znajdowało się pod kompleksem burzy a więc nie było uświetnione. Fuchs (31) wydzielił na podstawie lotów szybowcowych wiele stałych ognisk w bezpośredniej okolicy Darmstadtu.

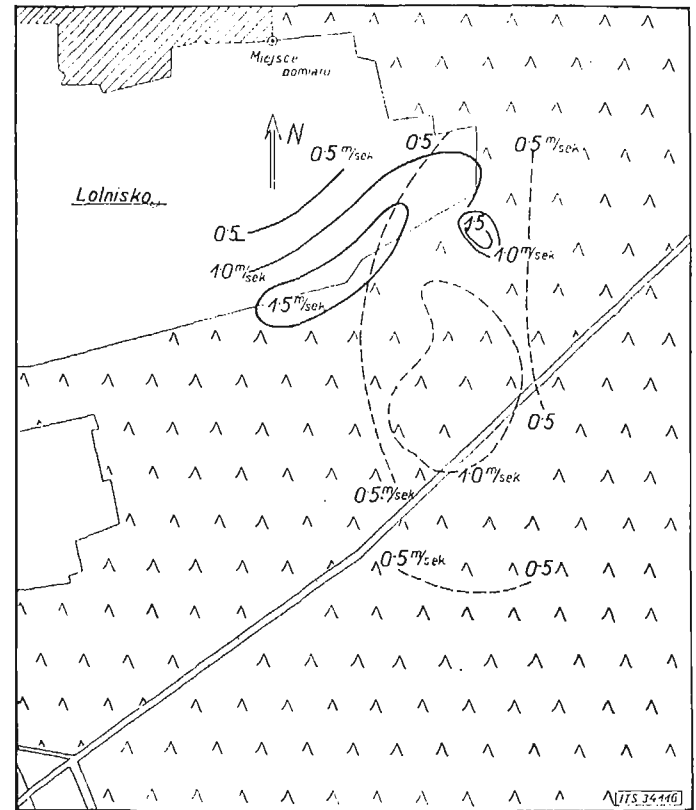
Przykłady te wykazują, że są pewne obszary będące stałymi ogniskami prądów wstępujących.

7. Komin i studnie.

Pola prądów wstępujących pojawiają się w atmosferze w postaci stosunkowo rzadkich, porozrzucanych w przestrzeni, wąskich szybów, w których ciepłe masy powietrza wznoszą się szybko w górę. Według rysunków podanych przez Fuchsa, odległość między kominami może być dziesięciokrotnie większa aniżeli średnica tych kominów. Nawet przy największym rozwoju typowej termiki cumulusowej, pola w których niema żadnych ruchów pionowych albo w których istnieją prądy opadające, mają o wiele większe rozprzestrzenienie aniżeli pola prądów wstępujących.

Konsekwencją tego jest oddawna znany fakt nikłych szybkości pionowych w studniach. Masy powietrza wydźwignięte kominami w górę, rozkładają się bowiem przy opadaniu na duże obszary. Doniedawna jeszcze sądzono, że nikłe wartości prądów opadających obserwowanych w lotach szybowcowych przy termice, są wynikiem tego, że piloci unikają starannie pól opadających i na-

tychmiast po wykazaniu przez wariometr opadania, wylatują z zasięgu studni. Tak jednak nie jest. Fuchs (31) latał w celach czysto poszukiwawczych i utrzymywał się możliwie długo nie tylko w kominach, ale też i w studniach. W locie z 12 maja 1930., średnie V_v w trzech kominach wynosiły $+2,1$, $+2,0$ i $+1,8 m$ na sek., a średnie V_v w między temi kominami leżących studniach wynosiły $-0,4$, $-0,3$, $-0,1$ i $-0,7 m$ na sek. Łącznie w kominach przebywał on przytem 23 minut, w studniach 60 minut. W locie z 24 kwietnia 1931 r. Riedl obserwował w kominach średnie V_v $+1,7$, $+1,8$ $+1,6$ i $+1,6 m$ na sek. a w studniach $-0,4$, $-0,8$ i $-0,4 m$ na sek. W kominach latał on łącznie przez 28 minut, w studniach 45 minut. Również Gregg (5) stwierdza, że opadające masy występują na daleko większych obszarach, aniżeli prądy wstępujące.



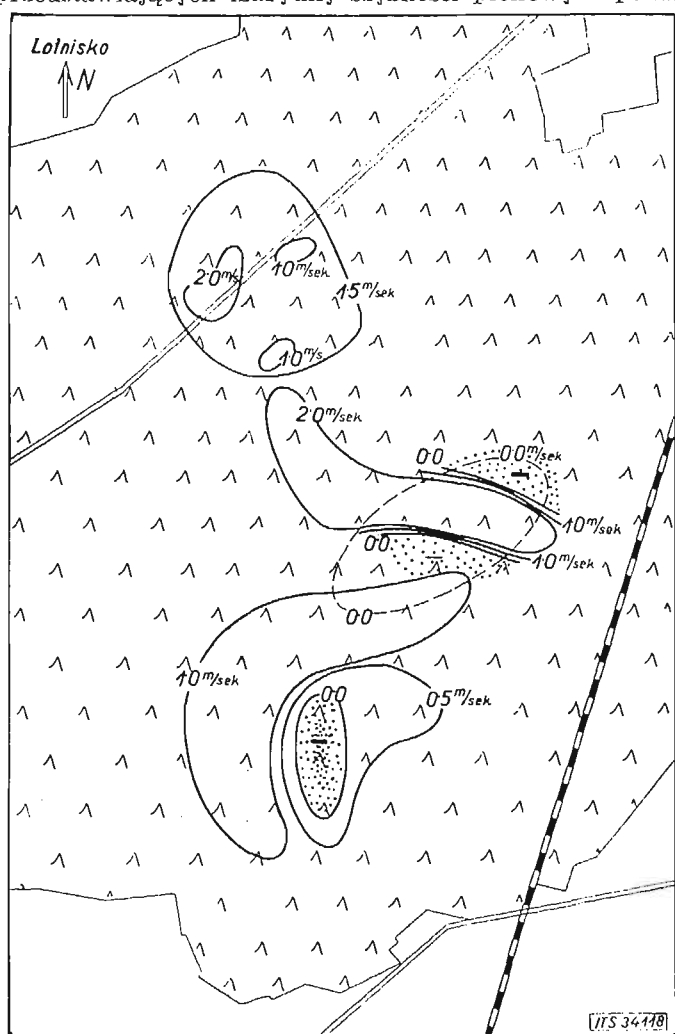
Ryc. 3.
Podziałka: 0 km 1 2
Kształt kominów termicznych na wys. 500—700 m. Linje równych szybkości pionowych prądów wstępujących w m na sek. (według Maletzke'go). 19. IV. 1932, 12 h 30—12 h 53. Izarytmy kreskowane odnoszące się do pierwszych 17 min. pomiaru, wykazują zanikanie starego kominu. Izarytmy pełne wykazują powstanie nowego kominu.

Średnica kominu zależy prawdopodobnie od wielkości ogniska, z którego komin powstał. Być może jednak, że powietrze ogrzane zbiera się nad kominem w płytkiej warstwie i uchodzi w górę bardzo wąskim tylko przewodem, by następnie rozszerzyć się w rodzaj pęcherza (Hirth, 2). Naogół mamy dwa rodzaje kominów: dość szerokie i bardzo wąskie. W Bezmiechowej (14) obserwuje się najczęściej szerokie komin o średnicy 500—1000 m. Są tam jednak i komin o średnicy 1500—2000 m. Stąd jednego kominu mierzonego przez Maletzke'go (35) miały średnicę około 800—1000 m (ryc. 3, 4 i 5). Zgadzałoby się to z moimi wynikami dla Bezmiechowej.

Dobre wskazówki dałyby tu pomiary średnic *Cu*. Poszukiwania takie nie były jednak dotychczas czynione systematycznie. Z wlotów Kocha (20) wynikałoby, że pogody *Cu* ma do 1500 m średnicy.

Zachodzą czasem wypadki, w których obserwuje się nieprzerwane prądy wstępujące nad bardzo dużymi obszarami. W środku ryc. 4 mamy naodwrot przykład bardzo wąskiego ale silnego kominu; szerokość prądu wstępującego o sile $+2,0 m$ na sek. wynosi tylko $250 m$. Z lotów na 13-tych Zawodach Szybowcowych w Rhön (1932), Hirth (2) wylicza średnicę kominów na $110-250 m$. Byłby to więc ów drugi rodzaj kominów, bardzo wąskich. Na znacznie wyższych wysokościach kominu, na skutek pęcznienia, miałyby już średnicę do 300 a nawet $500 m$. Wartości podane przez Hirtha są zapewne zmałe, gdyż wyliczył on je z czasu krążenia szybowca (t. zw. spirali) w zasięgu prądów wstępujących, a trzeba uwzględnić, że latający pilot wyszukuje przedewszystkiem jądro kominu i nie oddala się od brzegów, gdzie szybkości wznoszenia są mniejsze.

O kształtach kominów można sądzić z ryc. 3, 4 i 5, przedstawiających izarytmy szybkości pionowych powie-



Ryc. 4.

Podziałka: 0 km 1 2

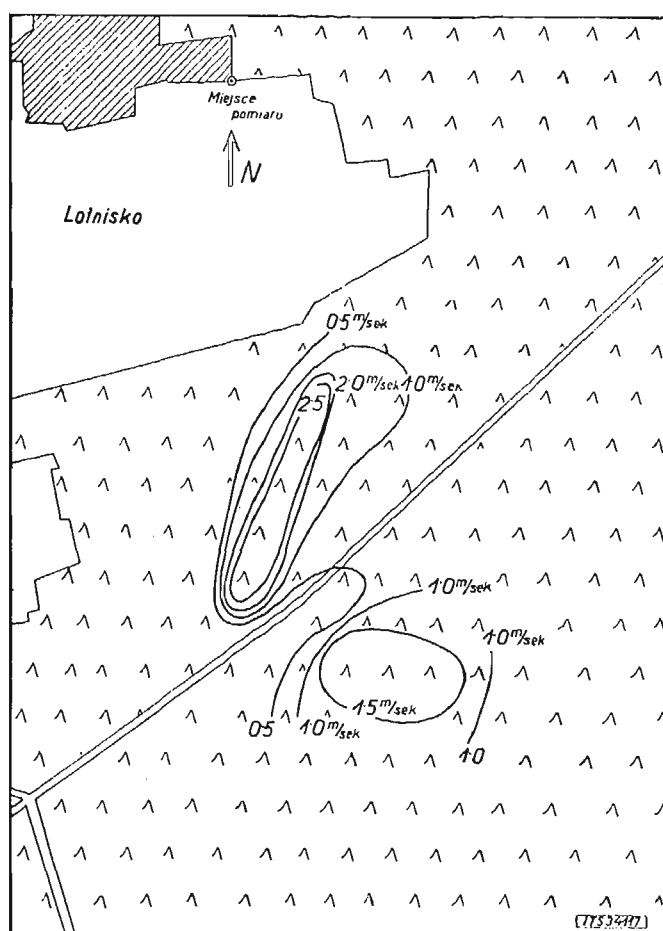
19. IV. 1932, 12 h 53—13 h 10. Dalszy ciąg ryc. 3. Rozwój, przemieszczanie się i zanikanie kominu przedstawionego na ryc. 3.

trza. Ryciny te są reprodukcjami z jedynych, o tem zagadnieniu opublikowanych wyników R. R. G. (Malletzke, 35). Pomiary czynione były zapomocą szybowca a miały na celu dokładne zbadanie kominu, stale pojawiającego się w SE części lotniska Griesheim (Darmstadt). Ryciny przedstawiają komin z dnia 19 kwietnia 1932 r., w czasie od 12 h 30' do 13 h 37'. Lot cały trwał 67 minut i odbywał się na wysokości $500-700 m$. Ryc. 3 jest wynikiem obserwacji z pierwszych 23 minut, ryc. 4 z następnych 17 minut, a ryc. 5 z końcowych 27 minut lotu. Kreskowane linje ryc. 3 odnoszą się do pierwszych

17 minut tej części lotu, pełne linje do pozostałych 6 minut.

Z początku pomiaru (ryc. 3, linje kreskowane), nad lasem pozostały tylko resztki nikłych prądów wstępujących kończącego się kominu. Później jednak (ryc. 3, linje pełne) powstał nad granicą lotniska i lasu wąski, silny komin. Kolisty obszar zamknięty izarytmą $+1,5 m$ na sek. u góry ryc. 4, oraz wydłużony obszar zamknięty izarytmą $+2,0 m$ na sek., w środku tej ryc. wykazują, że komin przeniósł się z północnym wiatrem i wzrósł na sile. Jeszcze później, tak jak to wskazuje kreskowana linja $0,0 m$ na sek. ryc. 4, mieliśmy na miejscu, gdzie poprzednio mierzono $V_v +2,0 m$ na sek., słabe tylko prądy wstępujące. Dolna część ryc. 4 wykazuje, że komin przesunął się głęboko w las i zamarł. W trzeciej części lotu (ryc. 5) obserwowano powstanie nowego silnego kominu, który podobnie jak i jego poprzednik, posuwał się z wiatrem ku S. Nad lotniskiem nie notowano w czasie lotu żadnych znacznie większych prądów wstępujących.

Z rycin tych widać, jak bardzo urozmaicone kształty mogą przybierać kominu. Przekroje nie były przytem wy-



Ryc. 5.

Podziałka: 0 km 1 2

19. IV. 1932, 13 h 10—13 h 37. Dalszy ciąg ryc. 4. Zaniknięcie kominu występującego na ryc. 3 i 4, oraz powstanie nowego, silnego kominu.

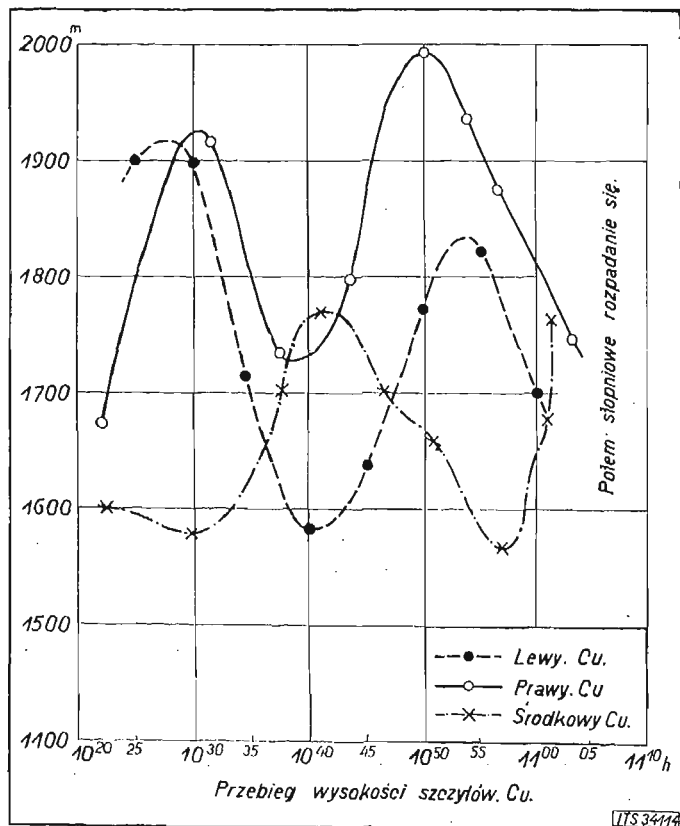
dłużone w kierunku panującego w czasie pomiaru wiatru N; kierunek wiatru nie odgrywa więc prawdopodobnie w kształcie kominów większej roli.

Nie należy jednak sądzić, że wiatr nie ma wogóle żadnego wpływu na kominu. Już z ryc. 3, 4 i 5 widać, że wiatr nachyla początkowo komin, a potem niesie je z sobą. Przy wietrze silniejszym aniżeli $7 m$ na sek. kominu rwą się i przetwarzają w pojedyncze odcinki prądów wstępujących (14). Łączność kominów z ogniskiem, z którego komin promieniuje istnieje tylko przy szybkościach wiatru niższych aniżeli $6 m$ na sek. (31).

Miaższość kominów i studni powinna zależeć od grubości warstwy o chwiejnej równowadze termicznej powietrza. Sześć barogramów z najbardziej udanych lotów szybowcowych czołowych pilotów niemieckich wykazuje, że przy *Cu* grubość pionowa prądów wstępujących wynosi średnio 1350 m. Najwyższy komin wynosił 1600 m. Cztery barogramy z lotów przed *Cunb* wskazują na średnią grubość prądów wznoszących około 2000 m (maksymalna 2200 m). Jeżeli przy *Cunb* pułap prądów wstępujących nie jest napewno w lotach szybowcowych nigdy osiągnięty, gdyż loty odbywają się nie w obłoku ale przed nim, to średnia miaższość prądów wstępujących 1350 m przy *Cu*, jest napewno za wysoką i tłumaczy się tem, że loty odbywały się częściowo w rozrosłych *Cu-congestus*, a pozatem, usiłnieniem wyszukiwaniem prądów wstępujących przez pilotów i przenoszeniem się z niższego kominu w wyższy.

Z lotów doświadczalnych Fuchsa (31) wynika, że miaższość kominów przy pogodowych *Cu* wynosi 600 m. Zgadzałoby się to z wynikami otrzymanymi przezemnie dla Bezmiechowej (14), gdzie najczęściej obserwowane kominu miały wysokość 600—800 m a najczęstsza głębokość studni wynosiła 200—600 m, oraz 800—1000 m. Z rysunków dróg zrównoważonych balonów, publikowanych przez R. R. G. wyliczyłem średnią miaższość kominów (18 wypadków) na 590 m (najczęstsze 300—600 m, maks. 1200 m), a średnią głębokość studni (8 wypadków) na 480 m (najczęstsze 300—500 m, maks. 800 m). I to odpowiadałoby najzupełniej wynikom dla Bezmiechowej.

W dniach cumulusowych kominu pojawiają się rano do wys. 600—800 m a ponad 1000 m niema ich już wcale. Popołudniu natomiast są wcale liczne do 1400 m, a niktą dopiero od 1900 m. Studnie występują prawdopodobnie najczęściej do wys. 700 m (14).



Ryc. 6.

Perjodyczne zmiany wysokości szczytów trzech sąsiednich *Cu*, wskutek pulsacji własnej tych obłoków (według Koppa).

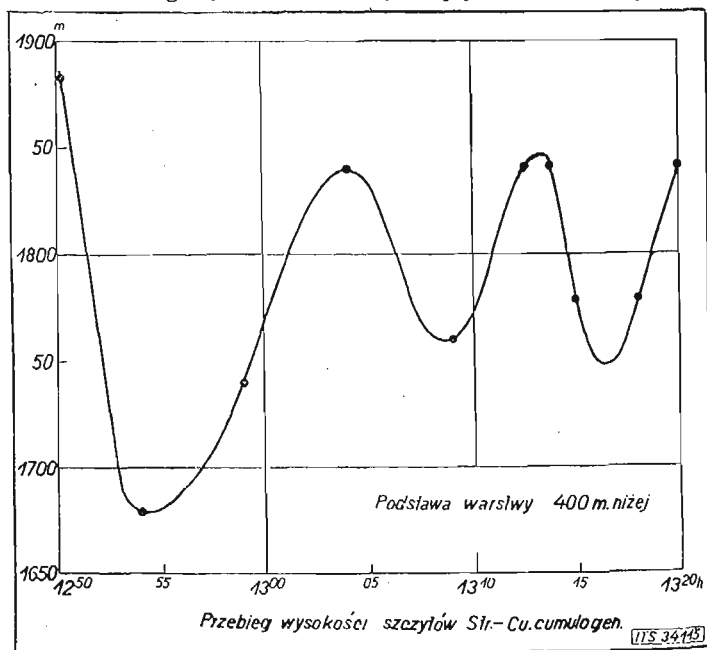
Trzeba tu wspomnieć jeszcze o ciekawym zjawisku poziomego ściągania mas powietrza z bardzo dalekich nawet odległości, przez kominu, względnie *Cu*. Mówi się popularnie że *Cu* „ssie“ w kierunku pionowym; ale *Cu* może

toż „ssać“ w kierunku poziomym. Fuchs (31) opisuje następujący wypadek. W jednym z lotów doświadczalnych czekał on na nadciągnięcie *Cu*. I oto gdy szybowiec znajdował się w odległości 2 km od obłoku i w skośnym kierunku przed czołem *Cu*, na wys. 200 m nad ziemią pojawił się nagle silny prąd wstępujący, w którym pilot bez najmniejszych trudności wznosił się na 1200 m i dopędził obłok. *Cu* „ssał“ w tym wypadku masy powietrza z odległości 2 km i to w kierunku prostopadłym a nawet przeciwnym do kierunku przemieszczania się obłoku. Szybkość wiatru przy ziemi wynosiła 2—5 m na sek. Identyczny wypadek obserwowali Vogel i Lorenz (18). W jednym z obszarów leśnych okolicy Darmstadt jest łąka, nad którą powstaje stale lokalny *Cu*. Wypuszczony w odległości 2 km od łąki, na wys. 700 m, zrównoważony balon, został wessany przez ów *Cu*. Balon poruszał się prostopadle do kierunku panującego w tym momencie wiatru, z V_h od 2,2 do 3,5 m na sek., oraz z V_v około +2,5 m na sek., wznosząc się z tą szybkością do 1700 m. Szybkość wiatru panującego wynosiła 2—3 m na sek.

8. Pulsacje prądów pionowych.

Odnowienie ciepłego powietrza w ognisku może następować tak szybko, że ognisko wysyła bez przerwy coraz to nowe masy w górę. O wiele częściej jednak rezerwoar ciepłego powietrza po pewnym czasie wyczerpuje się i ognisko na jakiś okres gaśnie, by następnie znów rozpocząć wysyłanie mas w górę. Mamy wtedy rytmiczne pulsacje prądów pionowych. Tę rytmikę zjawiska nazwałem *oddychaniem termicznym*. Prócz normalnego oddychania termicznego, prowadzącego do zupełnego wyczerpania ogniska, istnieją prawdopodobnie bardzo często pulsacyjne zmiany intensywności prądów wstępujących w stale promieniujących ogniskach (Höndorf, 34).

Nowy prąd wstępujący nad wygaśniętym ogniskiem pojawia się nagle i ma od razu duże natężenie. Mamy tu więc prawdopodobnie do czynienia z rodzajem „wybuchu“. Zbierające się w ognisku ciepłe powietrze nie uchodzi zaraz w górę ale akumuluje się jeszcze dłuższy czas,



Ryc. 7.

Perjodyczne zmiany wysokości szczytów warstwy *St cu*, powstałych z połączenia się typowych *Cu*. Pulsacje obłoków *St cu* mają krótszy okres aniżeli uwidaczniające się na ryc. 6, pulsacje *Cu* (według Koppa).

by wyzwolić się następnie nagle, na skutek jakiegokolwiek impulsu. Przyczyną pulsacji prądów wstępujących jest

prawdopodobnie to, że napływające z boków do ogniska nowe powietrze zanim zdolne będzie wznieść się w górę, musi mieć pewien czas do ogrzania się.

Mierzone przez rozmaitych badaczy okresy pulsacji są dość różne. Bardzo interesujący przykład oddychania termicznego w wypadku *Cunb* opisuje Letzmann (39). Przy bezchmurnem naogół niebie obserwował on koło Trikaten (Łotwa) latem, piękną, izolowaną jednostkę burzową, znajdującą się na horyzoncie. Z szerokiego na 10 km, a sięgającego do wys. 2—3 km nad ziemią kompleksu złożonego z mas wypiętrzonych *Cu*, wystrzeliwała ku górze, do wys. 7—8 km wieża gradowa *Cunb*. Wieża ta miała 2—3 km średnicy. Nad nią rozciągał się w kształcie obszernego kowadła płaszcz fałszywych *Ci*. Cały ten kompleks objęty był u podstawy cienką, szarą warstwą *Stratus-cumuliformis*. Warstwa ta kończyła się 2—3 km poza obrębem właściwej burzy. Pod wieżą gradową widać było wyraźnie do $\frac{3}{4}$ km szeroką strugę opadów. Turma *Cunb* regularnie co 20 minut zapadała się i rozwiewała w rzadką, nieregularną mgłę, by następnie znów wystrzelić w górę. Letzmann obserwował 6-krotne pulsacje.

Niemniej interesujące pomiary czynił Kopp (32). W zupełnie cichy, letni dzień mierzył on wysokość wierzchołków 3 sąsiednich, typowych osobników *Cu*. Wyniki przedstawione są na ryc. 6. Prawy i lewy *Cu* powstały w tym samym mniej więcej czasie i pulsacje ich odbywały się jednocześnie. Środkowy *Cu* miał fazę odwrotną do tamtych. Wahania wysokości wierzchołków dochodziły do 340 m. Pęcznienie, względnie opadanie *Cu* trwało średnio 12 minut, tak, że całkowity okres oddychania termicznego wynosił 24 minut. Około południa owe trzy *Cu* połączyły się w warstwę *Stcu-cumulogenitus*. Wysokość wierzchołków tej warstwy wykazywała również rytmiczne pulsacje (ryc. 7), przyczem okres wzrostu w górę wynosił średnio 7 minut, okres opadania 4 minuty. Cała pulsacja odbywała się więc w ciągu 11 minut. Kopp przypisuje rytmikę *Cu* nie perjodycznym prądom wstępującym idącym od powierzchni ziemi, lecz pulsacjom własnym, odbywającym się wewnątrz obłoku (patrz str. 39).

Maletzke (35) mierzył w dniach cumulusowych 24-minutowy okres pulsacyjny. Fuchs (31) wspomina o okresie 10—20 oraz 15—30 minutowym. Najczęściej cytowanym okresem jest więc okres 20—24 minut.

Prawdopodobnie istnieje także w pulsacjach prądów pionowych okres o połowę krótszy od wyżej wymienionego. 11-minutowe pulsacje *Cu* obserwowano w Japonji (39). Wyżej wspomniana rytmika *Stcu* ma również okres 11-minutowy. Z publikowanych przez R. R. G. rysunków dróg balonów zrównoważonych obliczyłem, że wznoszenie się balonu wynosi średnio (22 wypadków) 8 minut, opadanie balonu (16 wypadków) 6 minut. Całkowita pulsacja zachodziłaby więc co 14 minut.

Trzeba wyraźnie podkreślić, że tylko w połowie wszystkich cytowanych okresów, a więc tylko w 10—12 minutach, względnie 5—7 minutach, istnieją prądy wstępujące. W drugiej połowie okresów, na miejscu kominów pojawiają się prądy opadające. W tym samym miejscu po upływie 30 minut średnie szybkości pionowe w warstwie wysokiej na 500 m, mogą spaść z +1,1 na -0,3 m na sek. (14).

Obok wspomnianych perjodyczności, mamy prawdopodobnie czasem uwalnianie się prądów wstępujących w długich odstępach czasu, a mianowicie co 1—2 godzin (35). Nie jest to jednak pewnem.

9. Nagła zmienność prądów pionowych.

Oprócz dużych i łagodnie przechodzących w siebie wzajemnie pól prądów wstępujących i opadających, można obserwować też często raptowne przejścia z ruchów wznoszących na opadające. Takie gwałtowne zmiany zachodzą z miejsca na miejsce, a więc w przestrzeni, ale

mogą też pojawiać się i w tem samym miejscu w krótkich, kilku lub kilkunastu sekundowych odstępach czasu. Obserwuje się je przede wszystkim wewnątrz wypiętrzonych *Cu* i *Cunb* ale pojawiają się one też często i przy normalnej konwekcji oraz w wyższych warstwach atmosfery (patrz str. 36). Najczęstszą przyczyną tych nagłych zmian jest wyzwianie się prądów pionowych na skutek bezładnych ruchów turbulencyjnych. Turbulencja może wprawdzie wyzwalać przy chwiejnym warstwowaniu powietrza prądy pionowe na bardzo dużych nawet obszarach, ale nie dzieje się to równomiernie. Powstaje wtedy dużo wąskich obszarów gdzie powietrze wstępuje lub opada, a przejścia z jednych ruchów do drugich są bardzo ostre.

Czasem, nagła zmienność prądów pionowych jest wywołana zapewne i tem, że gdy stykające się z sobą masy powietrza różnią się nieco temperaturami, to wysyłają one wtedy wzajemnie w siebie długie, wąskie języki. Języki te leżą na przemian jeden nad drugim. Z racji ich różnej temperatury, mogą łatwo powstać silne, choć krótkotrwałe prądy pionowe. Temu wzajemnemu zazębianiu się różnych termicznie mas powietrza, przypisuje Pessler (23) duże znaczenie przy powstawaniu prądów pionowych powyżej przyziemnej strefy zaburzeń.

W jednym z lotów szybowcowych pilot niemiecki Bedau (29) dostał się w wypiętrzony *Cu* grubości około 1400 m. Szybkość prądów wstępujących była bardzo znaczna i wynosiła średnio około +6,5 m na sek. Na wys. 200 m od szczytu wierzchołka, Bedau dostał się nagle w silny prąd opadający o niebywalej sile —26,6 m na sek. i opadł o 700 m. Wartość ta nie jest prawdopodobnie szybkością prądu zstępującego, ale raczej szybkością opadania szybowca w t. zw. korkociągu. Jest to bowiem wypadek analogiczny do wypadku pilota Aeroklubu lwowskiego, W. Maaya, który w jednym z lotów szybowcowych 25 lipca 1933, dostał się w wypiętrzony *Cu*. W *Cu* tym Maay wznosił się wys. 1900 m i osiągnął pułap prądów wstępujących. Barogram wykazywał przy wznoszeniu naprzód silne, potem umiarkowane a w końcu zupełnie nikłe prądy wstępujące, wystarczające zaledwie do utrzymania się szybowca na jednym poziomie. Prądy te były stałe i spokojne. Nagle — jak opisuje Maay — szybowiec dostał się jakby w straszliwy huragan. Ponieważ wskazania instrumentów pokładowych zawiodły, pilot dopiero po wyjściu z obłoku, na wys. około 1400 m zorientował się, że szybowiec znajduje się w t. zw. korkociągu na plecach. W korkociągu tym pilot opadał w chmurze około 500 m.

Bedau i Maay mieli prawdopodobnie do czynienia z niezmiernie gwałtownymi wirami, wytworzonymi przez nagle wyzwalającą się energję kondensacji, u pułapu prądów wstępujących *Cu*.

Groenhoff (29) w locie w wypiętrzonej *Cu* dostał się w przedniej części obłoku w bardzo silne, nagle zmieniające się prądy pionowe. W przeciągu niespełna 2 minut szybowiec został trzykrotnie wyrzucony z ogromną siłą w górę, a następnie strącony ku dołowi. Obserwowane kolejno, w kilkusekundowych odstępach czasu szybkości pionowe, były następujące:

+2,4	— 9,0	—3,9	—2,2
+2,1	+10,6	+3,6	+7,7 m na sek.

Były to poprostu bardzo intensywne pionowe wiry, takie zupełnie jakie opisują piloci z lotów w burzowym *Cunb* (13). Georgii opisując wspomniany lot Groenhoffa, powiada: „...wewnątrz obłoku *Cu*, nawet wtedy gdy nie jest on rozwinięty w *Cunb*, zachodzą bardzo pokażne ruchy pionowe; znajomość tych ruchów ma dla żeglugi powietrznej ogromne znaczenie, gdyż samolot i inne statki powietrzne muszą odpowiadać w podobnych krótkotrwałych, gwałtownych, porывach pionowych, dużym wymaganiom“.

Nagłe zmiany prądów pionowych obserwuje się

także przy zwyczajnej, nieszkodliwej konwekcji. Z srod-kowych izarytm ryc. 4 widać, że na przestrzeni 100 m szybkości prądów pionowych zmieniły się z +2,1 na -0,4 m na sek. Maletzke (35) mierzył na odległości 100 m zmiany V_v z -0,7 na +3,0 oraz +1,5 na +6,0; na odległość 500 m z +3,6 na -1,5 m na sek. Zmiany wynosiły więc 2,5, 3,7, 4,5, i 5,1 m na sek. Również niektóre balony zrównoważone, jakimi posługiwano się w R. R. G. wykazywały nagłe przejścia z pól prądów wstępujących, w pola o ruchach opadających. W jednym wypadku na przestrzeni 200 m V_v zmieniła się z +2,5 na -0,9, w innym z +2,8 na -1,0; w jeszcze innym na odległości 250 m V_v przechodziła z +2,4 na -2,8 a następnie na +0,6 m na sek. Różnice wynosiły więc 3,4, 3,8, 5,2 i 3,4 m na sek.

10. Wartości szybkości pionowych przy termice.

Dla zorientowania się w natężeniach prądów pionowych, jakie zachodzą przy zwykłej termice, podam szereg przykładów. Dla porównania, zestawiam jednocześnie szybkości pionowe obserwowane w burzowych *Cunb*.

Ogólnie można powiedzieć, że prądy pionowe roznące się z chwiejnej wilgotnej równowagi powietrza, a więc w obłokach, są o wiele silniejsze, aniżeli prądy powstające przy suchej chwiejnej równowadze. Wewnątrz *Cu*, a zwłaszcza *Cunb*, spotyka się daleko większe

zestawień ważna jest dla burzliwej pogody i dla prądów w *Cunb* i poza nimi. Oparte na teoretycznych obliczeniach zestawienia nr. 11—14 podają fantastyczne szybkości, które są wątpliwe, chociaż nie niemożliwe; zwłaszcza przy gwałtownych szkwałach i tornadach obserwowanych w Ameryce N, a o jakich w naszym rejonie klimatycznym nie ma się zupełnie wyobrażenia. Gregg twierdzi, że przy występowaniu gradu, szybkości pionowe 35—45 m na sek. są wcale częste.

Brooks (12 i 13) przy locie przed nadciągającym *Cunb* burzy termicznej, szacował prądy wstępujące na 8—10 m na sek. Schmauss (4) wznosił się w *Cunb*, w wolnym balonie, 800 m z szybkością 10 m na sek. Lange (24) przy specjalnie przedsięwziętym locie poszukiwawczym, znalazł przy schodzeniu w olbrzymim, do 5,5 km grubym *Cunb* prądy wstępujące o sile 8—10 m na sek.

Najczęściej spotykane szybkości w bliskości frontu czy burzy termicznej, wynoszą więc 8—10 m na sek. Wewnątrz *Cunb* są one daleko większe. W lotach szybowcowych frontowych, przy *Cunb*, nie obserwuje się zbyt wielkich szybkości pionowych, gdyż loty te odbywają się w strefie prądów przed obłokiem burzowym. Już jednak w lotach przy *Cu*, odbywających się pod obłokiem i wewnątrz niego, notowano duże szybkości pionowe. Z reprodukowanych w różnych publikacjach barogra-

Tabl. III: SZYBKOŚCI PIONOWE PRĄDÓW WSTĘPUJĄCYCH I OPADAJĄCYCH.

Nr.	Charakter	m na sek.	Szybkości otrzymane na podstawie wzlotu:
1	Przy nieburzliwej pogodzie	+ 5,4	samolotu (przypuszczalne)
2	"	+ 8,1	balonu pilotowego
3	W <i>Cunb</i> za frontem zimnym	> +25,0	samolotu (przypuszczalne)
4	Front, ewentualnie szkwał.	+11,0	sterowca
5	W letniej burzy.	+ 5,0	latawca
6	"	+10,0	wolnego balonu z załogą
7	"	+10,0	latawca
8	"	- 2,7	balonu pilotowego
9	"	- 5,0	wolnego balonu z załogą
10	"	+ 5,4	obliczone z końc. szyb. spadania dużych kropeł deszczu
11	"	+16,0	obl. z szyb. spadania 2 cm gradzin
12	"	+24,0	obl. z szyb. spadania 4 cm gradzin
13	"	+41,0	obl. z szyb. spadania 7,6 cm gradzin
14	Tornado	od +45,0 do +90,0	przypuszczalne (<i>Humphreys</i>)

Tabl. IV: SZYBKOŚCI PRĄDÓW WSTĘPUJĄCYCH na podstawie barogramów lotów szybowcowych.

Nr.	Pilot	Data	Rodzaj lotu	Średnia V_v w m na sek.	Grubość warstwy o średniej V_v w m.	Czas przebywania szybowca w warstwie o średn. V_v w minutach
1	Groenhoff	4. V. 1931	frontowy, pod i w <i>Cunb</i> (przelot 273 km)	6,6	1000	3
2	"	25. VII. 1931	frontowy	3,4	1700	13
3	Kronfeld	30. VII. 1929	w <i>Cu-congestus</i>	2,4	2200	26
4	Mayer	27. VII. 1932	"	9,5	1300	2 1/2
5	"	28. VII. 1932	"	4,9	1400	6
6	Bedau	24. VIII. 1930	"	5,1	900	3 1/2

szybkości pionowe niż nazewnątrz nich lub pod nimi. O wartościach szybkości pionowych mogących się zdarzyć w *Cunb* orientuje tabl. III, zaczerpnięta z Gregga (5).

Z wyjątkiem zestawień nr. 1 i 2 tej tabl., które odnoszą się do prądów mierzonych poza obłokami, reszta

mów, wyliczyłem szybkości wznoszenia się szybowców a dodając do każdej z nich $V_v = +1,0$ m na sek., jako przeciętną prędkość opadania szybowca, otrzymałem średnie szybkości prądów wstępujących. Zestawiono je w tabl. IV.

Z tabl. IV. widać, że szybkości prądu wstępującego w wypiętrzonych *Cu* mogą być bardzo znaczne (+9,5 m na sek). Ale i przy zwykłych, pogodowych *Cu* można napotkać na znaczne szybkości. Aerial mierzył pod obłokiem *Cu* $V_v = +7 m$ na sek. Koch (20) w ciągu 8 lotów pod bazą *Cu*, obserwował trzykrotnie szybkości +4,7, a raz +5,3 m na sek. Z pomiarów jego wynika, że od 0 do 500 m poniżej bazy obłoku, V_v wynosi średnio +2,0 m na sek. (24 wypadków); prąd opadający u czoła chmury miał maksymalne natężenie -1,3, średnie -0,8 m na sek. (8 wypadków). Od 500 do 1000 m poniżej bazy obłoku, prąd wstępujący wynosi średnio +1,9 (17 wypadków), prąd opadający -1,3 m na sek. (5 wypadków). W Bezmiechowej (14) najsilniejsze prądy wstępujące pod *Cu* wynosiły +5,7 m na sek., a około 50% wszystkich ruchów pionowych przypadało w dniach cumulusowych na prądy wstępujące ponad +1,0 m na sek.

Procentowa częstość występowania rozmaitych szybkości pionowych zmienia się z wysokością. Wykazałem to na innym miejscu (14) zupełnie dokładnie. Nagół, jak wspomina Fuchs (31), poniżej 60 m nad ziemią, większe obszary prądów wstępujących nie mają V_v wyższych, aniżeli +1,0 m na sek. W warstwach wyższych zdarzają się nawet przy cichej, pogodowej termice porywy pionowe do 6—8 m na sek.; są one jednak ograniczone do bardzo wąskich obszarów.

Można więc zgodzić się z Hirthem (2), który ocenia średnią szybkość prądów wstępujących przy czystej, pogodowej termice na 1,5—2,5 m na sek. Obszary prądów o V_v ponad +3,0 m na sek. byłyby już bardzo rzadkie. Z obliczeń teoretycznych Georgii'ego (11) wynika, że w naszych rejonach klimatycznych przy zwykłej termice *Cu*, zasięg prądów pionowych nie przenosi 2000 m a ich średnie natężenie waha się od +1,8 do +2,0 m na sek. Zgadzałoby się to z wszystkimi wartościami dotychczas obserwowanymi.

W obszarach prądów opadających czyli w studniach, szybkości pionowe są (z przyczyn kilkakrotnie już wymienianych) stosunkowo małe. Fuchs (31) w licznych swoich lotach raz tylko mierzył przy termice szybkość opadania -3,8 m na sek. W Bezmiechowej w dwu tylko wypadkach obserwowałem szybkości -4,0 m na sek., a średnia V_v w 19 studniach wahała się od -0,6 do -1,0 m na sek.

RÉSUMÉ.

Dans le présent article, l'auteur rend compte des données concernant la „thermique“, se basant sur les recherches des auteurs cités et sur ses observations propres. Les méthodes et les moyens employés dans les mesures des courants verticaux et leurs relations avec les gradients de la température, sont renseignés dans les deux premiers paragraphes. Concernant le *Cu*, l'auteur résume les explications données par divers auteurs, relativement aux températures basses à l'intérieur des masses nuageuses, ainsi que des courants sous les nuages (fig. 2). La fig. 1 représente la vie du *Cu*. L'auteur a pu disposer de nombreuses données concernant les surfaces d'origine des cheminées et des dimensions des cheminées et des puits. Les fig. 3 à 5 donnent des exemples de la forme des cheminées. On a également pu confirmer le fait, que la durée la plus fréquemment citée des pulsations des courants ascendants est 10 à 14 et 20 à 24 minutes. La fig. 6 renseigne des exemples du rythme de la variation d'altitude des sommets des *Cu* et la fig. 7 de même pour le *Stcu-cumulogenitus*. A la fin l'auteur indique les grandeurs des vitesses des courants verticaux observés dans le *Cum*, *Cu* et dans l'atmosphère sans nuages.

Literatura.

1. E. Bachem: Die Praxis des Leistungs-Segelfliegens. Verl. Volckmann, Berlin — Charlottenburg 1932.

Lwowskie Czasopismo Lotnicze Nr. 1 z r. 1934.

2. W. Hirth: Die hohe Schule des Segelfluges. Verl. Klasing u. Co. GMBH., Berlin 1933.
3. A. Baldit: Météorologie du relief terrestre. Édit. Gauthier—Villars, Paris 1929.
4. W. Georgii: Flugmeteorologie. Akad. Verlagsgesell. MBH., Leipzig 1927.
5. W. R. Gregg: Aeronautical Meteorology. The Ronald Press Company, New York 1930.
6. A. Wegener: Thermodynamik der Atmosphäre. Verl. von J. A. Barth, Leipzig 1928.
7. H. v. Ficker: Bemerkungen über den Verlauf von Stromlinien im Gebirge. Tätigkeitsber. d. Preuss. Meteor. Institut, 1924. Berlin 1925.
8. P. Idrac: Études sur les conditions d'ascendance du vent favorable au vol à voile. Memorial de l'Off. Nat. Météor. de France, No 7. Paris 1923.
9. P. Idrac: Études expérimentales sur le vol à voile. Libr. Vivien, Paris 1931.
10. M. A. Giblett: The structure of wind over level country. Geophysical Memoirs of Meteor. Off., No 54. London 1932.
11. W. Georgii: Zukunftsfragen des Segelfluges. Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt 1933, S. 125.
12. Monthly Weather Review 1919, p. 351.
13. A. Kochański: Niebezpieczeństwo burz dla lotnictwa. Lot Polski 1931, nr. 15—16.
14. A. Kochański: O prądach wstępujących na szybowisku w Bezmiechowej. Komun. Instytutu Geofizyki i Meteor. U. J. K., tom 6, str. 81. Lwów 1933.
15. Veröffentlichungen des Forschungsinstitutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e. V., Nr. 4 (1931) und Nr. 5 (1932). München — Berlin.
16. K. O. Lange: Über Vertikalbewegung der Luft in der freien Atmosphäre. Veröffentl. d. Forschungsinstitutes d. R. R. G., Nr. 5, S. 25. 1932.
17. W. Schüttler u. W. Viereck: Untersuchung der Vertikalbewegung in der freien Atmosphäre usw. Veröffentl. d. Forschungsinstitutes d. R. R. G., Nr. 5, S. 44. 1932.
18. F. Vogel u. L. Lorenz: Untersuchung der Vertikalbewegung in der freien Atmosphäre usw. Veröffentl. d. Forschungsinstitutes d. R. R. G., Nr. 5, S. 70. 1932.

Artykuły w Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre:

19. H. Hergesell: Die Messung der Vertikalbewegung der Atmosphäre durch Pilotballone. Bd. VI, 1914, S. 187.
20. H. Koch: Aufwindmessungen unter Cumuluswolken. Bd. XIV, 1928, S. 266.
21. W. Kopp: Studien über den Einfluss von Dunst- und Wolkenschichten auf die thermische Struktur der Atmosphäre. Bd. XV, 1929, S. 264.
22. T. N. Klado: Einige Resultate der Doppelvisierungen von Pilotballonen auf dem Markhot-Pas bei Novorossiisk. Bd. XVI, 1930, S. 29.
23. W. Peppler: Über starke Vertikalböen in der freien Atmosphäre. Bd. XVI, S. 115.
24. K. O. Lange: Die aerologischen Verhältnisse in Cumulus- und Cumulo-Nimbus-Wolken. Bd. XVI, S. 131.
25. W. Kopp: Über die Möglichkeit, mit den gewöhnlichen aerologischen Hilfsmitteln die Übersättigung der Wolkenluft zu bestimmen. Bd. XVI, S. 173.
26. W. Georgii: Das Flugzeug als aerologisches Forschungsmittel. Bd. XVI, S. 199.
27. P. Mildner, F. Hänsch u. K. Griesbach: Doppelvisierungen von Pilotballonen zur Untersuchung von Turbulenz und Vertikalbewegungen in der Atmosphäre. Bd. XVII, 1931, S. 181.

28. W. Korte: Messungen der Vertikalbewegungen der Atmosphäre durch Pilotballone. Bd. XVII, S. 278.
29. W. Georgii: Das Segelflugzeug als aerologisches Forschungsmittel. Bd. XVII, S. 294.
30. P. Mildner: Über die Turbulenz des Windes beobachtet mit Hilfe von doppelt und einfach visierten Pilotballonen. Bd. XX, 1933, S. 114.
31. O. Fuchs: Bodenwasser und thermische Konvektion. Bd. XX, S. 174.
32. W. Kopp: Merkwürdige dynamische Vorgänge bei benachbarten stationären Cumuli. Bd. XX, S. 281.
33. W. Peppler: Über Temperatur und Feuchtigkeit in der freien Atmosphäre an Gewittertagen. Bd. XXI, 1933, S. 121.
34. F. Höndorf u. R. Marquardt: Thermische Vertikalbewegungen nach Schwebeballonsmessungen. Bd. XXI, S. 147.

35. W. Erdbrügger, R. Maletzke u. E. Steinhoff: Untersuchung thermischer Vertikalbewegungen über der Ebene mittels Segelflugzeug. Bd. XXI, S. 169.

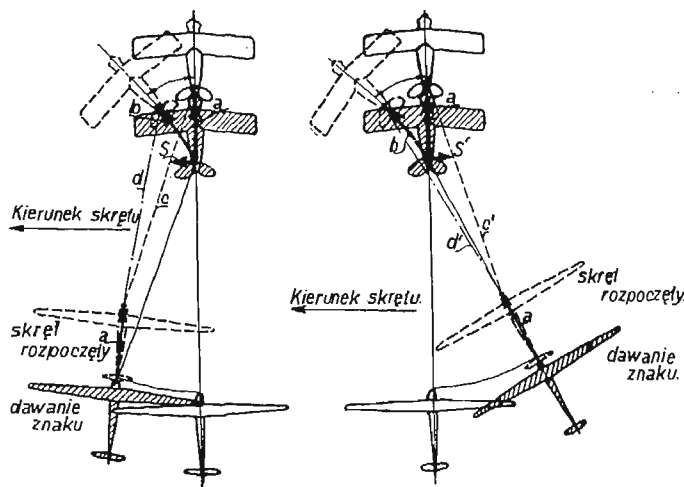
Artykuły w *Meteorologische Zeitschrift*:

36. W. Schmidt: Messung der Vertikalgeschwindigkeit an Wolken. 1916, S. 232.
37. W. Schmidt: Wird die Atmosphäre durch Konvektion von der Erdoberfläche her erwärmt? 1921, S. 262.
38. F. Linke: Zur Vertikalbewegung isolierter Luftmassen. 1928, S. 255.
39. J. Letzmann: Cumulus-Pulsationen. 1930, S. 236.
40. P. Raethjen: Zur Thermo-Hydrodynamik der Böen. 1931, S. 11.

W sprawie sygnalizowania w locie wleczonym.

A. Porozumiewanie między pilotem szybowca a pilotem maszyny holującej mogłoby być osiągnięte przy pomocy telefonu. Instalacja jednak telefonu wymagająca stosunkowo skomplikowanej aparatury i sporych kosztów, może mieć cel i uzasadnienia w szkoleniu lotów wleczonych, w większości zaś lotów treningowych i wyczynowych jest zbyteczna. Zawsze natomiast jest potrzebną możliwością przekazywania do pilota holującego życzeń pilota szybowca co do kierunku lotu i zmiany wysokości lotu.

B. Sposób dotąd używany polega na tem, że pilot szybowca przesuwają się w stronę zamierzonego nowego kierunku, a pilot holujący, zaobserwowałszy ten manewr, rozpoczyna skręt. Ryc. 1 wskazuje, że po wejściu szybowca do wnętrza zamierzonego skrętu i rozpoczęcia skrętu przez motorowca odległość obu maszyn maleje, a zwis linki rośnie.



Ryc. 1.

Ryc. 2.

Pilot szybowca musi możliwie szybko po rozpoczęciu skrętu przez motorowca najpierw usunąć się w przeciwnym kierunku do zamierzonego skrętu, a potem dopiero skręcać we wskazanym przez siebie kierunku. Wejście do wnętrza zamierzonego wirażu, dla dania znaku, pociąga za sobą skręt dla szybowca o większy kąt i na mniejszym promieniu aniżeli w wypadku skrętu rozpoczętego samodzielnie przez motorowca.

Przy bardzo powolnym postępowaniu i dużej uwadze pilota szybowca obchodzić się może bez szarpnięć. Jeżeli natomiast pilot motorowy rozpocznie skręt szybko, linka prawie zawsze zwiśnie, a pilot szybowca często nie jest nawet w stanie osłabić szarpnięcia oddaniem drążka, jeżeli dzięki większemu zwisowi linki i osłabionemu ciągowi, szybowiec znalazł się tak nisko w stosunku do motorowca, że oddanie takie szarpnęłoby za silnie ogon motorowca w dół.

Całość przy tem manewru, nawet udanego, jest niepotrzebnie skomplikowana. Jest wadą jego, że uniemożliwia trwanie znaku przez czas zmiany kierunku i stąd kąt między starym a nowym kierunkiem zależy od oceny pilota motorowego. Pilot motorowy niezawsze może się domyślić, o co chodzi pilotowi szybowca.

C. Proponuję metodę postępowania następującą (ryc. 2):

Szybowiec na hoku usuwa się dla dania znaku do skrętu w takim kierunku, aby ciągnąć maszynę motorową za ogon w zamierzony skręt.

W ten sposób szybowiec porusza się już przy dawaniu znaku na zewnątrz zamierzonego skrętu, przez co zmniejsza kąt tego skrętu, wykonywa już jak gdyby jego część.

Jak wskazuje rysunek, nie ma powodu do zwisu linki i co bardzo ważne, znak może trwać przez cały czas skrętu i w ten sposób kąt skrętu może zależeć od pilota szybowca.

Porównanie kątów zawartych między osiami szybowca i motorowca a linką na ryc. 1 i 2 daje dobre wyobrażenie o poprawności manewru pokazanego na ryc. 2.

D. Rozszerzając to postępowanie na sygnalizowanie zmiany wysokości można przyjąć, że obniżenie szybowca i powodowanie w ten sposób ciągnięcia ogona motorowca w dół, oznacza chęć rozpoczęcia wznoszenia, ciągnięcie zaś ogona motorowca do góry t. j. podnoszenie szybowca na hoku w stosunku do motorowca oznacza schodzenie.

I w tym wypadku położenie szybowca przyjęte dla dania znaku jest korzystne dla przejścia w schodzenie lub wznoszenie.

Inż. Michał Blaicher.

Odczyty wygłoszone w Sekcji lotn. i samojazd. Pol. Tow. Polit. we Lwowie:

Dnia 9. III. 1934. Prof. Inż. Gustaw Mokrzycki z Warszawy: „Komunikacja lotnicza i jej przyszłość“.

Cena numeru 2'50 zł. — Roczna prenumerata 10 zł.

T R E Ś Ć: Projekt ITS przepisów odnoszących się do obliczeń wytrzymałości szybowców. — Adam Nowotny: O obciążeniach szybowców w locie. — Adam Nowotny: Pomiar płatów z lotkami. — Dr. Adam Kochański: Zagadnienie t. zw. termiki. — Inż. Michał Blaicher: W sprawie sygnalizowania w locie wleczonym.