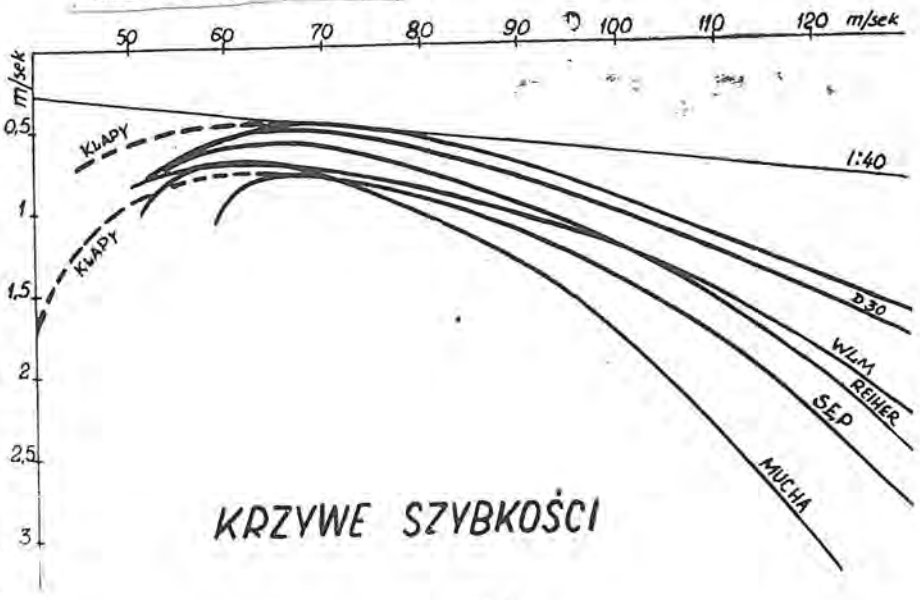
NOWE DROGI W BUDOWIE SZYBOWCÓW

WITOLD KASPRZYK, inż.



rys. 1

Aby móc skonstruować idealny szybowiec, należy przede wszystkim zastanowić się, jakich właściwości wymaga pilot wyczynowy od szybowca. Po ustaleniu możliwie maksymalnych właściwości lotniczych, przechodzimy do opracowania zagadnienia z punktu widzenia konstrukcyjno-wytrzymałościowego.

Ponieważ od 1939 r. możliwości konstrukcyjne znacznie wzrosły, możemy rozwiązać problemy konstrukcyjno-wytrzymałościowe nowymi metodami, co da w wyniku znaczny wzrost możliwości wyczynowych takiego szybowca.

Przejdźmy do części pierwszej zagadnienia: czego żąda pilot od szybowca? Zagadnienie należy rozbić na kilka odrębnych części, bo przecież różne są wyczyny szybowcowe. Rozpatrzmy wszystkie po kolei.

a) **Lot na długotrwałość** nie stawia specjalnych wymogów szybowcowi. Prawie wszystkie typy szybowców, których własności lotne, wytrzymałość, wygoda i widoczność odpowiadają normalnym warunkom, nadają się do tego celu. Ponieważ lot na czas odbywa się normalnie na wznoszeniach dynamicznych, najlepsze do tego celu będą szybowce o małej rozpiętości, małym opadaniu i dużej zwrotności.

b) **Lot wysokościowy.** Ten rodzaj lotu jest bardziej interesujący z punktu widzenia sportowego i meteorologicznego i stawia szybowcowi wymagania, które często nie dają się z sobą pogodzić, gdyż lot może być wykonywany w różnych rodzajach prądów wznoszących, np. przy termice cumulusowej, przechodzącej w burzę termiczną, lub przy wiatrach halniakowych na chmurze stojącej.

Szybowiec do lotów w chmurach — na ślepo — musi być stateczny, mieć średnią szybkość opadania i odznaczać się dużą wytrzymałością. To ostatnie ze względu na silne prądy pionowe.

Szybowiec do lotów w chmurze stojącej powinien oprócz płaskiej biegunowej posiadać dużą prędkość i wytrzymałość. Szybkość minimalna nie odgrywa tu wielkiej roli.

Reasumując, dochodzimy do wniosku, że od szybowca dla lotów termicznych wymagana jest mała szybkość i możliwość ciasnego krążenia, zaś dla lotów w chmurze stojącej duża szybkość i doskonałość. Duży współczynnik wytrzymałości jest w obu wypadkach konieczny.

c) **Przelot.** Ten najpiękniejszy rodzaj wyczynu jest niejako ukoronowaniem działalności każdego pilota szybowcowego. Stawia on zarówno pilotowi jak i szybowcowi największe wymagania. W czasie przelotu pilot napotyka najrozmaitsze normalniejsze warunki meteorologiczne, wymagające nieraz wręcz przeciwnych właściwości od szybowca. Przy stałej termice i ciasnych kominach najlepszy będzie szybowiec wolny, zwrotny o jak najmniejszej szybkości opadania i krążący jak najciaśniej. Dla lotu w chmurach, wymagamy dużej wytrzymałości i stateczności, w celu zaś uzyskania dużej szybkości przelotowej, która jest nieodzownym warunkiem wykonywania długich przelotów, musimy mieć szybowiec szybki, o płaskiej biegunowej, zezwalający na przeskok od wznoszenia do wznoszenia na dużych szybkościach z możliwie najmniejszą stratą wysokości.

Szybowiec przelotowy musi być więc wolny i posiadać minimalną szybkość opadania, oprócz tego musi być szybki i posiadać dużą doskonałość. Ze względu na możliwość lotów w chmurach musi być zdolny do akrobacji.

Na rys. 1 podajemy biegunowe kilku szybowców, z naniesioną biegunową teoretyczną idealnego szybowca. Szybkość minimalna tego szybowca wynosi około 45 km/godz., minimalne zaś opadanie około 0,5 m/sek przy 65 km/godz. Przy rosnącej szybkości opadanie jest mniejsze, niż u dotychczasowych szybowców i wynosi 1 m/sek. przy 100 km/godz i 1,5 m/sek przy 122 km/godz. Doskonałość — około 40. Dane te odnoszą się do szybowca o układzie normalnym. Jeślibyśmy bowiem poszli w kierunku budowy skrzydła latającego, to wymagania należałoby znacznie podnieść.

Jak widzimy, należy zbudować szybowiec o dużej rozpiętości szybkości, o małym opadaniu i dużej wytrzymałości.

Rozważmy po kolei te założenia.

Lot na małej szybkości opadania: minimalna szybkość opadania wyraża się znanym wzorem

$$W_{min} = \sqrt{\frac{2_g}{\gamma}\frac{G}{F}\left(\frac{c_x^{\,2}}{c_z^{\,3}}\right)}$$

odwrotność wyrażenia $\frac{c_z^{\,3}}{c_x^{\,2}}$ da się w przybliżeniu przedstawić w formie zależności między wydłużeniem a sumą oporu szkodliwego c_{x_s} i oporu płata c_{x_p} (Klemperer)

$$\left(\frac{c_z^{\,3}}{c_x^{\,2}}\right)_{maks.} = 1{,}8\sqrt{\frac{\Lambda^3}{c_{x_s} + c_{x_p}}}$$

Z tego wzoru widzimy, że duże wydłużenie będzie miało korzystny wpływ na zmniejszenie szybkości opadania.

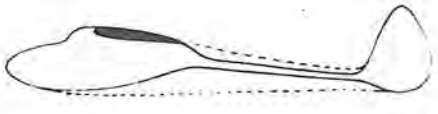
We wzorze na W_g jest jeden człon stały, którego w czasie lotu nie możemy zmieniać, jest to $\sqrt{\frac{2_g}{\gamma}\frac{G}{F}}$ i drugi $\sqrt{\frac{c_x^{\,2}}{c_z^{\,3}}}$, który jest zmienny. Im ten człon będzie mniejszy, tym mniejsze będzie opadanie. I tu otwiera się pole do popisu dla konstruktorów szybowcowych. Szybkość opadania maleje ze wzrostem c_z i ze zmniejszeniem się c_x.

Należy więc w pierwszym rzędzie zmniejszyć opory. Na skrzydle możemy to uczynić przez zwiększenie wydłużenia i zastosowanie profili szybkościowych o małym współczynniku oporu c_x.

Kadłub i usterzenie dają opory szkodliwe. Ich zmniejszenie można uzyskać przede wszystkim przez zmniejszenie powierzchni czołowej, skrócenie kadłuba i małe usterzenie.

Za tymi zmianami idzie automatycznie zmniejszenie się wagi kadłuba. Dotychczasowe konstrukcje tego typu pozwoliły na zmniejszenie wagi kadłuba o ca' 30%. Kadłub tego typu składa się z małej, ale wygodnej kabiny i przechodzi z tyłu w rurę, do której jest przytwierdzony ster motylkowy dający 10% mniejsze opory niż normalny.

Na rys. 2 widzimy kadłub starego typu z wyrysowanym, linią ciągłą, kadłubem nowego typu. Oszczędność na wa-



dze i zmniejszenie oporów od razu rzucają się w oczy. Szerokość kadłuba została zmniejszona do 540 mm zamiast 600 — przy dawnym wykonaniu, wysokość z 1 100 do 900. Napędy sterów są przeprowadzone bokami kabiny, zamiast, jak dotychczas, dołem. Powierzchnia czołowa wynosi 0,36 m² zamiast 0,48 m², przy czym szerokość dla łokci wzrosła z 600 do 800 mm.

Przejdźmy teraz do konstrukcji skrzydeł. Budować lekko, to znaczy wykorzystać materiał do ostatecznych granic. Przy konstrukcjach szybowcowych napotykamy na duże i cienkie powierzchnie sklejki, które z powodu małej sztywności muszą być w wielu miejscach podparte. Odnosi się to tak do kadłuba jak i do skrzydeł. Materiał użyty na podpórki (wręgi, żebra, listewki usztywniające) jest tylko w niewielkim stopniu wykorzystany. Gdybyśmy zaś chcieli dokładnie wymiarować te elementy, otrzymamy patyczki grubości zapałek, których wykonanie znacznie podrożyłoby konstrukcję.

Jeśli użyjemy grubszego, sztywniejszego pokrycia, oszczędzimy na ilości rozpórek, ale przekroczymy wagę.

Wytrzymałość na wyboczenie powierzchni jest funkcją ilorazu kwadratu grubości pokrycia i modułu elastyczności materiału. Ponieważ waga na jednostkę powierzchni rośnie proporcjonalnie z grubością, należy używać grubszych, ale lżejszych sklejek. Idąc po linii tego rozumowania dochodzimy do wniosku, że idealną konstrukcją byłaby konstrukcja skorupowa.

Ciężar konstrukcji nośnej skrzydła normalnego składa sie z ciężaru elementów zginanych (dźwigar), skręcanych (keson), podpierających (żeberka, rozpórki) i łączących (okucia, dodatkowe dźwigary). Jeśli uda nam sie tak dobrać konstrukcję, aby zadania dźwigarów, kesonu i żeberek zostały przejęte przez grubszą skorupę, to znacznie zaoszczedzimy na wadze. Przy tym samym ciężarze bedziemy mogli zatem pójść wyżej z wytrzymałością. Skorupa ta musi być sztywna, a wiec znacznie grubsza od dotychczasowych. Za to materiał użyty do jej budowy może być lżejszy, np. zamiast sklejek brzozowych i olchowych można użyć sosnowych lub świerkowych.

Budowa skorupowa posiada jeszcze inne zalety: pozwala na dokładne zachowanie profili w daleko większych granicach niż dotychczasowe konstrukcje. Powierzchnia może być wykonana bardziej gładko, co daje nam możność stosowania profili laminarnych.

Dotychczasowa konstrukcja dawała nam wprawdzie możność wykonywania pojedynczych sztuk szybowców prostymi narzędziami, ale jeśli chodzi o duże serie to cena szablonów koniecznych przy konstrukcji skorupowej zawsze się opłaci.

Poprawienie własności lotnych szybowców. Jak już widzieliśmy, aby otrzymać dobre własności lotne szybowca, należy zmniejszyć opory do minimum. Jeśli chodzi o dobór profilu, to racjonalne jest dobieranie profili szybkościowych, a nawet laminarnych, celem uzyskania dużej doskonałości przy dużych szybkościach. Badania wykazały, że nawet na stosunkowo grubych profilach można uzyskać laminarny opływ. Ponieważ profile te mają stosunkowo małe c_z, musimy do lotu wolnego stosować klapy. Ideałem byłaby klapa zmieniająca profil w sposób ciągły. Dotychczasowe konstrukcje szybowców z klapami wykazały, że aby klapa spełniła swe zadanie musi odpowiadać następującym warunkom:

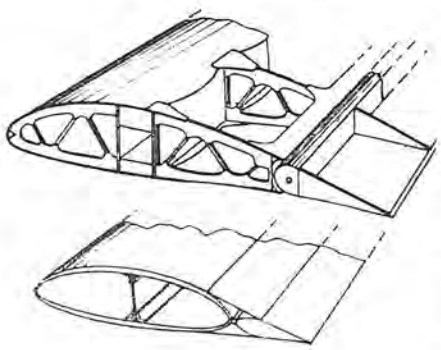
a) głębokość musi wynosić 25% głębokości płata;

	V_{min} bez klapy w locie prostym	V_{min} bez klapy w krążeniu	V_{min} z klapami w locie prostym	V_{min} z klapami w krążeniu	U W A G I
WLM	70	80	60	70	Przy 60 km/godz brak sterowności lotek
LUNAK	70	75	55	65	Przy 55 km/godz. brak sterowności lotek
SĘP	60	70	40	46	Dobra sterowność przy V_{min} 40 km/godz

b) musi być sprzężona z działaniem lotek, aby również przy małych szybkościach szybowiec był sterowny;

c) powinna mieć jako napęd dźwignię, a nie kółko, aby pilot w każdej chwili z położenia dźwigni mógł wnioskować o kącie wychylenia klapy.

Dla przykładu podaję tabelę działania klap dla trzech szybowców.



rys. 3

rys. 4

Najlepszym rozwiązaniem będzie zastosowanie profilu laminarnego wklęsłego z klapą 25%, wychylającą się do 60° w dół dla lotu wolnego i 30° w górę dla lotu szybkiego. Celem osiągnięcia możliwie ciągłej, elastycznej zmiany profilu w czasie wychylania klap, można zastosować rozwiązania przedstawione na rys. 3. Konstrukcja ta umożliwia łatwe wychylanie klap w górę i w dół, bez powstawania szkodliwych szczelin.

Hamulce aerodynamiczne do lotu nurkowego. Przy przejściu na skorupową budowę skrzydeł będziemy mieli trudności z zastosowaniem klap na skrzydle. Można jednak tę trudność obejść stosując klapy przy kadłubie. Wprawdzie zniknie działanie ustateczniające szybowiec przy otwartych klapach, ale za to łatwiej będzie można utrzymać laminarny opływ skrzydła. Poza tym unikniemy niebezpieczeństwa wyrwania klap wraz z okuciami przy dużych szybkościach. Przypadki takie zdarzały się kilkakrotnie przy dotychczasowych konstrukcjach.

Jak widzimy z dotychczasowych rozważań, konstruowanie tego rodzaju szybowca, który by posiadał wszystkie dobre właściwości, spotykane pojedynczo w istniejących już konstrukcjach, nie powinno napotkać na specjalne trudności. Dla uzupełnienia podamy poniżej szybowce istniejące i ich specjalne zalety:

WLM i **LUNAK** — pełnoakrobacyjny, zmniejszona powierzchnia czołowa kadłuba przez zastosowanie osobnej osłony na głowę pilota;

ELFE — profil skrzydła laminarny, doskonałość 40;

WKS — kadłub złożony z kabiny i rury w tylnej części;

SĘP — jedyny szybowiec, który posiada klapy o napędzie dźwigniowym zmniejszające szybkość o 20 km/godz;

H-17 — zmniejszony przekrój kadłuba (patrz rys. 4).

Szybowiec, który połączy wszystkie te zalety, powinien wykazać następujące wyczyny: minimalna szybkość opadania — 0,5 m/sek; maksymalna doskonałość przy szybkości 75 km/godz — 40; minimalna szybkość na klapach — 45 km/godz, przy opadaniu około — 0,6 m/sek; opadanie przy szybkości 120 km/godz — 1,5 m/sek; maksymalna szybkość lotu na hamulcach — 200 km/godz; maksymalna dopuszczalna szybkość lotu — 300 km/godz.

Taki szybowiec byłby właściwie granicą możliwości przy zastosowaniu układu normalnego. Lepsze wyniki można osiągnąć w szybowcu bezogonowym. Wyczyny tych ostatnich mogą być o 50% lepsze od wyżej omówionego typu szybowca klasycznego. (Dane i opisy tego typu szybowców znajdzie Czytelnik w

(dokończenie na III str. okł.)

NOWE DROGI W BUDOWIE SZYBOWCÓW

(dokończenie ze str. 92)

„Skrzydlatej" Nr 10 (29) z 1947 roku na stronie 325).

Na szybowcach bezogonowych wykonano kilkaset lotów, z których wiele przekroczyło 10 godzin. Stosuje się na nich często pozycję leżącą. Pilot, który się przyzwyczaił do tego położenia, woli je od normalnego, twierdzi, że lepiej czuje maszynę i że pozycja leżąca mniej go męczy. Pozycja pozioma czyni też pilota mniej wrażliwym na przyśpieszenia w czasie krążenia.

Jeden z szybowców bezogonowych — Horten IV — który został zbudowany w 5 egzemplarzach w 1939/40 wylatał ponad 1 000 godzin. Szybowiec ten składał się z pięciu części. Część środkowa była wykonana z rur stalowych, spawanych. Do niej były zamocowane 2 skrzydła drewniane jednodźwigarowe i dwa końce skrzydeł z duralu. Układ ten zezwalał na szybki montaż i transport w zwykłych wozach transportowych. Montaż można było wykonać siłami 3 ludzi w ciągu 5 minut. Okucia były łączone na sworznie stożkowe, połączone przegubowo z dźwigniami ułatwiającymi ich założenie i wyjęcie. To samo dotyczy końców skrzydeł. Wszystkie napędy organów sterowych łączyły się automatycznie.

Dalszy typ Horten VI, był pomyślany jako konstrukcja eksperymentalna i posiadał z tego powodu niezwykle duże wydłużenie — 33. Został zbudowany w 2 egzemplarzach i przy swym próbnym locie we wrześniu 1944 potwierdził praktycznie wyliczone wyczyny.

Dalsza poprawa własności lotnych jest możliwa przez zastosowanie profili laminarnych na bezogonowcach. Mniejsza grubość skrzydeł będzie jednak wymagać od konstruktora przejścia i w tym wypadku na budowę skorupową.

Jaka byłaby droga do polepszenia właściwości aerodynamicznych bezogonowca?

Dalszy wzrost wydłużenia wydaje się już niemożliwy.

Przez zmianę profilu szybkiego na wklęsły dla lotu wolnego, przy pomocy klap można byłoby osiągnąć mniejsze szybkości, potrzebne do ciasnego krążenia.

Użycie profili laminarnych pozwoli na osiągnięcie dużych szybkości przy stosunkowo małym opadaniu.

Jak wykazały próbne obliczenia, osiągnięcie doskonałości rzędu — 60 dla bezogonowców, przy szybkościach rzędu 100 km/godz, leży w możliwościach współczesnej techniki.

W Szwajcarii ukazała się już pierwsza konstrukcja o profilu laminarnym— ELFE. Szybowiec ten wykazał doskonałość — 40, lecz rozbił się przy lądowaniu z winy pilota. Na budowę drugiego egzemplarza kapitał prywatny, bo tylko taki zajmuje się tam budową szybowców, nie daje subwencji.

Można jednak mieć nadzieję, że u nas, w kraju demokracji ludowej, konstruktorzy warsztatów doświadczalnych wykorzystają prawie nieograniczone możliwości dane im przez ustrój, i również w tej dziedzinie przejmą inicjatywę, budując pierwszy polski szybowiec i bezogonowiec o profilach laminarnych.