

5

Miniaturowe samoloty w locie swobodnym

Zdawać by się mogło, że w dzisiejszej dobie, kiedy postęp techniczny oferuje tak niesłychane możliwości sterowania miniaturowych samolotów, budowa modeli swobodnie latających jest już przeżytkiem. Jest to zupełnie błędne mniemanie, gdyż lot swobodny był i zawsze pozostanie jedyną i niezastąpioną szkołą, która pozwala zrozumieć istotę lotu. Dzięki niej można poznać zasady regulacji i oblatywania modeli, podstawowe prawa aerodynamiki i mechaniki lotu, a przede wszystkim zdobyć podstawową umiejętność zapewnienia swojemu modelowi maksymalnego bezpieczeństwa w locie i we wszystkich innych okolicznościach.

Budowa modeli swobodnie latających to także niezastąpiony wstęp do wszystkich form sterowania, a szczególnie sterowania zdalnego. Nie ma bowiem żadnej istotnej różnicy pomiędzy modelem swobodnie latającym a prostym, jednoczynnościowym modelem zdalnie kierowanym. Każdy model swobodnie latający po wyposażeniu w lekką, nowoczesną aparaturę jedno- lub kilkukanałową może się stać doskonałym, statecznym i pewnym modelem zdalnie kierowanym.

Jeżeli samodzielnie zaprojektowany i zbudowany miniaturowy samolot, zaopatrzony w z trudem zdobytą aparaturę, ulegnie awarii w pierwszym locie, to nigdy nie będziemy wiedzieli, czy była to wina modelu, aparatury czy wreszcie pilota. Gdyby ten sam model był wcześniej oblatywany jako swobodny, to niezależnie od tego, że takie oblatywanie przeprowadza się w bezpieczniejszych warunkach wolniejszego lotu, prawdopodobieństwo uzyskania powodzenia również w locie kierowanym byłoby znacznie zwiększone, gdyż model mógłby pierwsze najgorsze momenty lotu pokonać po prostu sam.

Budując modele swobodnie latające można całą uwagę skoncentrować na właściwościach lotnych

płatowca, zaś sprawy wierności odwzorowania, a szczególnie wykończenia i wyposażenia redukcyjnego, potraktować jako zdecydowanie drugorzędne i rozwiązywać w uproszczony sposób.

W takim podejściu do lotu swobodnego tkwi duża szansa odnowienia i uatrakcyjnienia szkolenia modelarskiego, zwłaszcza że modele swobodne, oprócz napędu spalinowego, mogą mieć napęd gumowy (patrz rozdział 10) oraz elektryczny. Ta ostatnia forma napędu osiągnęła już taki poziom techniczny, że można się spodziewać masowego upowszechnienia w niedalekiej przyszłości. Nie trzeba dodawać, że napęd elektryczny plus lekki model swobodny, plus ewentualnie lekka, prosta aparatura RC to chyba najbardziej atrakcyjna oferta zabawy, rekreacji i pierwszych sportowych kroków z modelami latającymi.

Projektowanie modeli swobodnie latających

Pierwszym etapem pracy jest wybór odpowiedniego samolotu i zgromadzenie materiałów, które umożliwią nam opracowanie miniaturowych konstrukcji.

Czym należy się kierować przy wyborze? Wielu modelarzy kieruje się osobistymi względami — sentymentem lub wspomnieniami. Pilot myśliwski zbuduje model samolotu, na którym latał i walczył, a młody kandydat na pilota — samolot, na którym chciałby latać w przyszłości.

Przed wszystkim jednak, a jest to bardzo ważne nie tylko dla początkujących, należy wybierać takie samoloty, które się najlepiej nadają do miniaturyzacji, dając największą gwarancję poprawnego lotu.



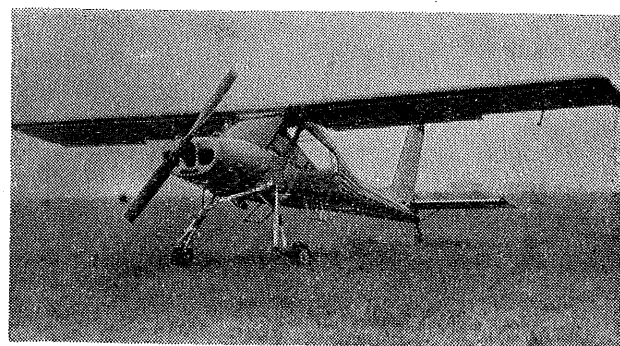
5-1. MEWA w całej okazałości; przykład trafnego wyboru samolotu do redukcji na model swobodnie latający

(foto autora)

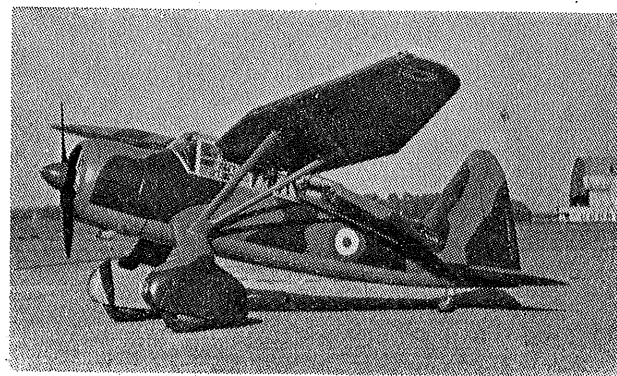


5-2. Model samolotu RWD-5

(foto autora)



5-3. Samolot WILGA 2 wspaniale nadaje się na model swobodnie latający



5-4. Wąskie zakończenie skrzydeł w modelu samolotu LYSANDER

(foto autora)

Jakie cechy powinien mieć samolot nadający się na model swobodnie latający? Wybieramy samolot o układzie górnopłata (rys. 5-1), ponieważ taki układ zapewnia lepszą stateczność a więc większe bezpieczeństwo modelu w locie swobodnym.

Najwięcej górnopłatowych samolotów sportowych i wojskowych konstruowano w okresie międzywojennym. Okres ten jest dla nas nieprzebraną skarbnicą samolotów do redukcji. Weźmy chociażby rodzinę „Erwudziaków” — znajdziemy tam wiele pięknych górnopłatowych maszyn, a każda ma swoją tradycję (rys. 5-2).

Również wśród nowoczesnych samolotów sportowych jest wiele górnopłatów, np. samoloty CESSNA, WILGA, GAWRON itp. (rys. 5-3).

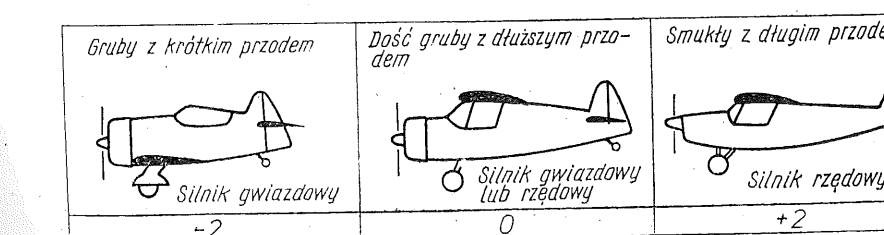
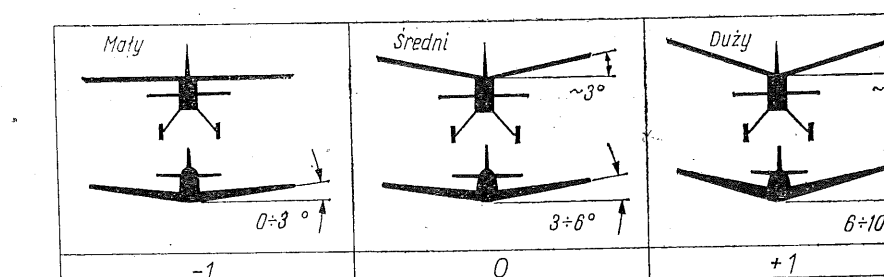
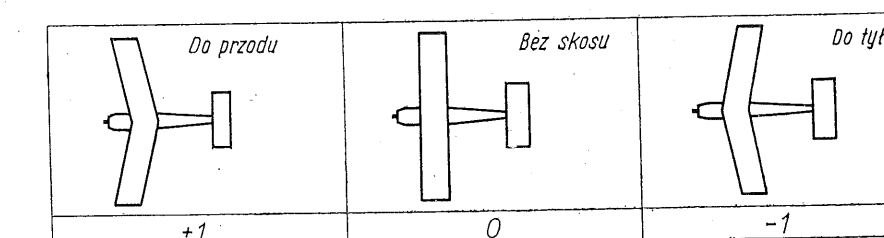
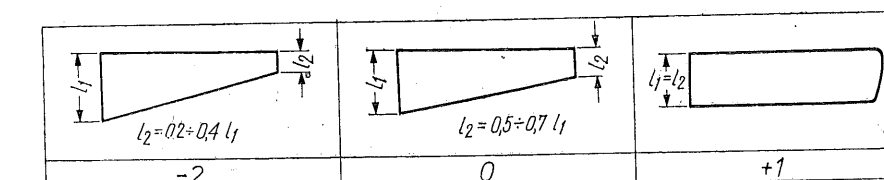
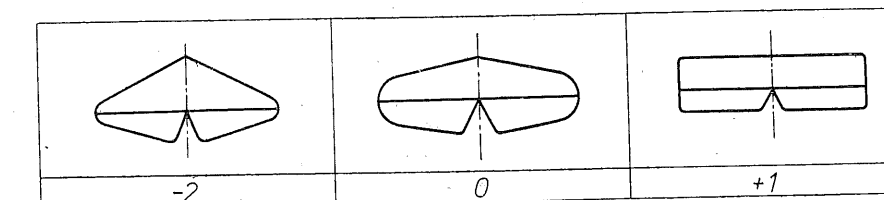
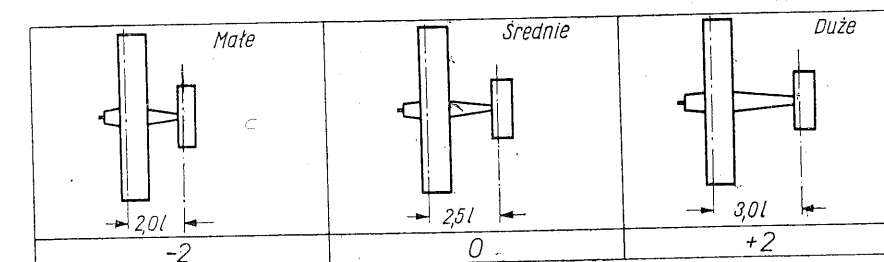
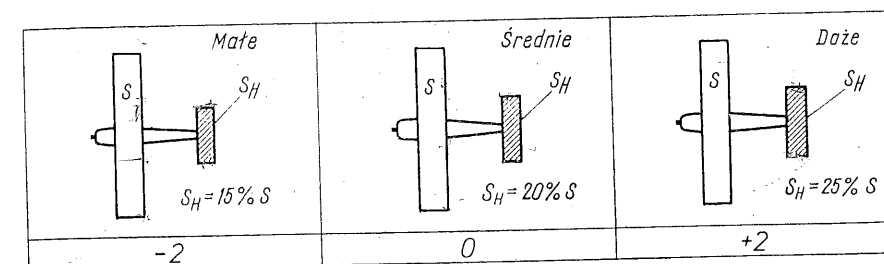
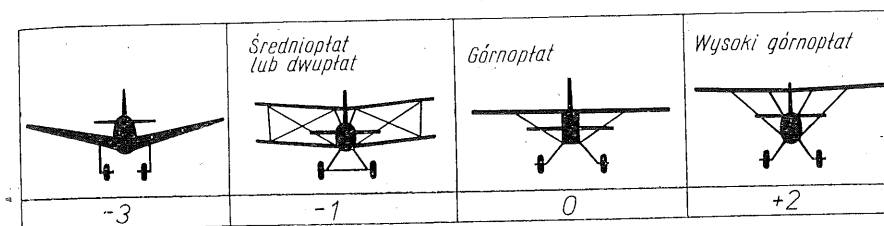
Inne, bardzo istotne cechy samolotu to wielkość usterzenia poziomego i jego odległość od skrzydeł. Im większe usterzenie ma samolot oraz im dalej od skrzydeł jest ono położone, tym lepiej. Pożądane jest, aby powierzchnia usterzenia poziomego wynosiła nie mniej niż 20% powierzchni skrzydła oraz aby odległość statecznika od skrzydła (mierzona od średniej cięciwy skrzydła do ogniska średniej cięciwy statecznika) była równa co najmniej trzem długościom średniej cięciwy skrzydła. Musimy się również zastanowić, czy w przypadku celowego powiększenia wymiarów usterzenia poziomego nie będzie to wyglądało rażąco i czy nie zepsuje sylwetki samolotu. Zazwyczaj bowiem samoloty mają bardzo małe usterzenie i w modelu często trzeba je powiększać.

Należy również unikać budowania modeli takich samolotów, które mają skrzydła i stateczniki o wielkiej zbieżności i wąskich końcówkach (rys. 5-4), gdyż może to powodować zakłócenia stateczności poprzecznej. Najkorzystniejsze dla modeli swobodnie latających są płaszczyzny prostokątne. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na wznios skrzydła. Pożądany jest jak największy wznios, wynoszący przynajmniej 5° dla górnopłatów i 7° dla dolnopłatów. Ponieważ mało jest samolotów, które spełniają ten warunek, należy wziąć pod uwagę niechybną konieczność powiększenia wzniosu skrzydła przy modelu.

Pewne znaczenie dla stateczności podłużnej i poprzecznej modelu ma, w połączeniu ze wzniosem, skos skrzydła. Skos dodatni poprawia zarówno podłużną, jak i poprzeczną stateczność, skos ujemny poprawia stateczność podłużną, może natomiast popsuć stateczność poprzeczną.

Kształt kadłuba również jest nie bez znaczenia. Modele o pękatych, grubych kadłubach latają gorzej niż modele smukłe, zgrabne (rys. 5-5).

Dalsze czynniki, to różne szczegóły konstrukcyjne. Decydując się na określony typ samolotu musimy ustalić jak ma wyglądać konstrukcja przyszłego modelu. Wiele względów konstrukcyjnych wiąże się z układem samolotu, na przykład skrzydło samolotu RWD-5 może być rozwiązane jako prosty jednoczęściowy element nakładany z góry na kadłub, skrzydło WILGI natomiast musi być dzielone ze względu na obecność kabiny, ale jest proste dzięki brakowi zbieżności. Przy samolotach dwupłatowych dochodzą znaczne komplikacje z zamocowaniem i usztywnieniem skrzydeł. Toteż budowę modeli samolotów dwupłatowych należy polecać jako dalszy etap pracy (rys. 5-6).



Tablica 5-1
Ocena przydatności samolotu na model swobodnie latający

I. Wpływ układu samolotu

II. Wpływ powierzchni statecznika poziomego

III. Wpływ odległości statecznika od skrzydła

IV. Wpływ kształtu usterzenia poziomego

V. Wpływ kształtu skrzydła

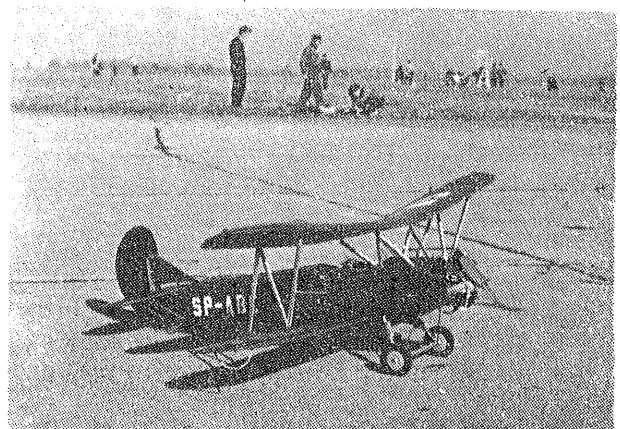
VI. Wpływ skosu skrzydła

VII. Wpływ wzniosu skrzydła

VIII. Wpływ kształtu kadłuba



5-5. Pękaty kadłub — cecha niekorzystna (foto autora)



5-6. Dwupłatowy model samolotu — CSS-13 (foto autora)

Musimy się również zastanowić, czy łatwe będzie zamocowanie i ukrycie silnika, rozwiązanie podwozia, zamocowanie stateczników. Łatwiej nam będzie wykonać kadłub o przekroju prostokątnym niż kadłub eliptyczny z zawiłymi przejściami, łatwiej ukryć silnik w masce silnika rzędowego niż wykonywać skomplikowaną makietę wielocylindrowego silnika gwiazdowego.

Jak widzimy, wiele czynników decyduje o przydatności samolotu na model swobodnie latający. Poprawne określenie, czy wybrany przez nas samolot nadaje się na model swobodnie latający, czy też nie, ułatwi nam prosta rysunkowa tablica 5-1, składająca się z ośmiu pomocniczych tabliczek, punktujących wymienione powyżej cechy samolotu, wpływające na jego przydatność do miniaturyzacji. Po zsumowaniu punktów za wszystkie cechy samolotu przydatność jego kopii miniaturowej do lotu swobodnego określamy następująco:

b. zła	zła	dostateczna	dobra	b. dobra
< -9	-8 ÷ -6	-5 ÷ -3	-2 ÷ +2	< +3

Będziemy się starali wybrać taki samolot, który otrzyma za poszczególne cechy jak najmniej punktów ujemnych, tak aby w sumie nie było ich więcej niż dwa.

Przeglądamy więc roczniki czasopism, wertujemy książki i szukamy obiektu. Mamy — „Erwudziaki”! Jest wśród nich taki, który spełnia większość wymagań, mianowicie RWD-5: górnopłat, prosty, smukły, o długim kadłubie i rzędowym silniku. Widzimy go na rysunku 5-7.

Punktacja według tablicy 5-1, podana również na rysunku, wygląda dla niego następująco:

- I za układ górnopłata 0 punktów
- II za powierzchnię usterzenia poziomego wynoszącą nieco ponad 15% powierzchni skrzydła —2 punkty
- III za średnią odległość usterzenia od skrzydła (obliczyć ze szkicu, ile razy L jest większe od l) 0 punktów
- IV za przeciętny kształt usterzenia poziomego 0 punktów
- V za skrzydło o średniej zbieżności 0 punktów
- VI za wznios prawie zerowy —1 punkt
- VII za smukły kształt kadłuba +2 punkty

Razem 2 punkty dodatnie, 3 ujemne — w sumie jeden punkt ujemny (—1). Taka liczba punktów określa przydatność samolotu na model jako dobrą. Jako przykład samolotu idealnie nadającego się na model swobodnie latający może służyć samolot KANIA 2 (rys. 5-8); jego punktacja +7 punktów.

Nie każdy jednak górnopłat nadaje się do lotu swobodnego jako model. Na przykładzie samolotu P-24 (rys. 5-9) przekonamy się, jak dalece możemy się omylić, jeśli będziemy dokonywali wyboru tylko „na oko” i jak bardzo pożyteczna może być nasza tablica. Obliczenie powierzchni skrzydła i usterzenia na posiadanym szkicu lub rysunku to praca niewielka, a uniknąć można wielu kłopotów. Samolot P-24 może otrzymać w sumie 3 punkty ujemne, co daje przydatność zaledwie dostateczną.

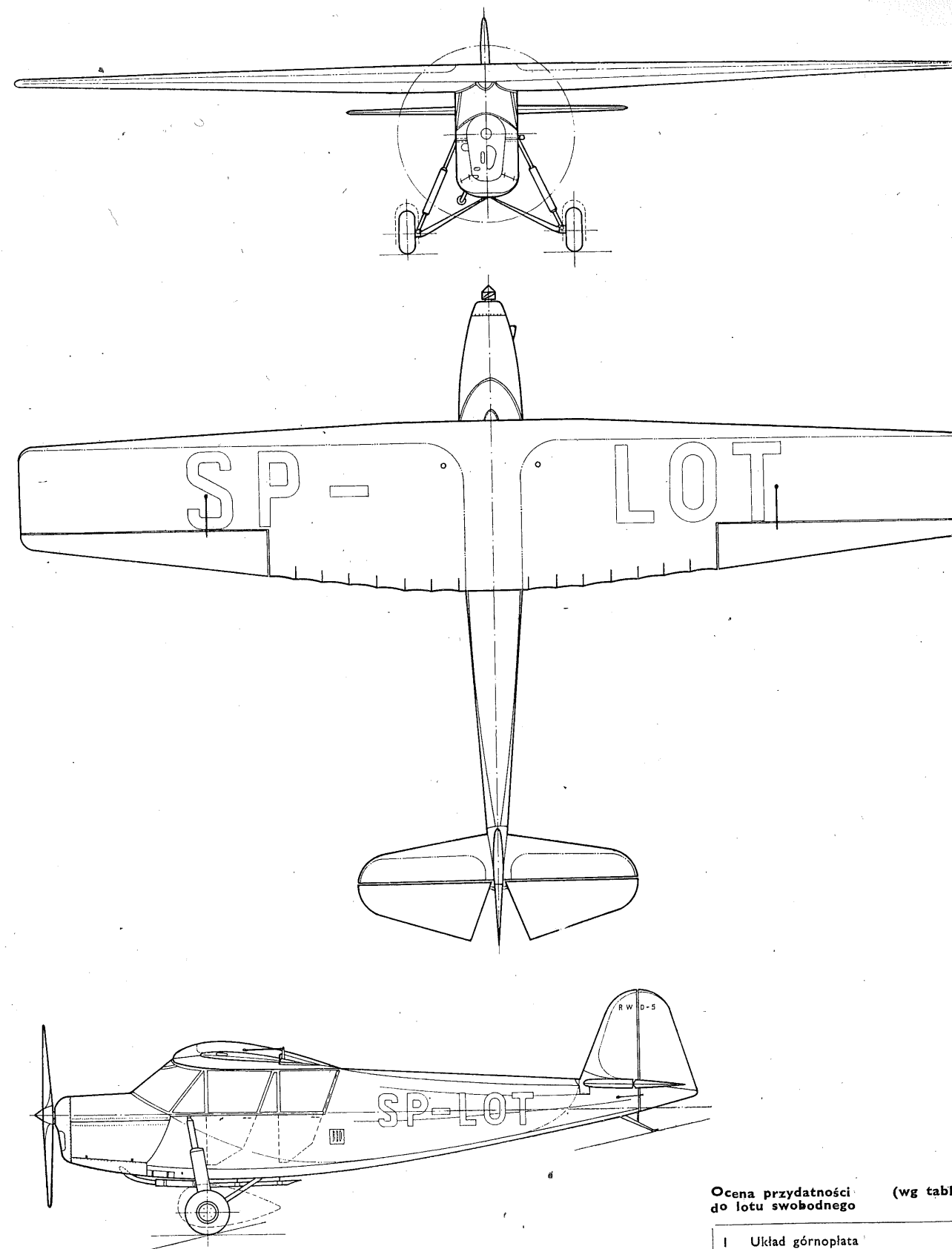
Odwrotnym przykładem może być francuski dolnopłat sportowy JODEL D-140 (rys. 5-10). „Przydział” punktów jest tutaj zupełnie odmienny — samolot otrzymuje bowiem tylko 1 punkt ujemny. Daje to nawet dobrą przydatność, czego „na oko” nie potrafiliśmy stwierdzić.

O tym, że trzeba najpierw „wypunktować” samolot za pomocą naszej tabliczki, zanim damy się porwać urokowi kształtów wybranego przez nas samolotu, niech świadczy jeszcze jeden przykład. Na rysunku 5-11 mamy samolot SUPERMARINE SPITFIRE, na którym latali polscy piloci podczas Bitwy o Anglię. Jego punktacja to 6 punktów ujemnych, a więc zła przydatność na model swobodnie latający.

Metoda punktowa jest prosta, a posługiwanie się nią nie zabiera wiele czasu. Korzystniej będzie, jeśli przeanalizujemy w ten sposób kilka różnych samolotów i dopiero po zestawieniu wyników zdecydujemy się na najlepszy. Materiałów pomocniczych nam nie zabraknie, bo ostatnio ukazuje się wiele książek zawierających opisy i szkice różnych samolotów.

Co należy zrobić, aby wybrany przez nas miniaturowy samolot był możliwie stateczny podczas swobodnego lotu silnikowego i ślizgowego?

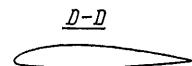
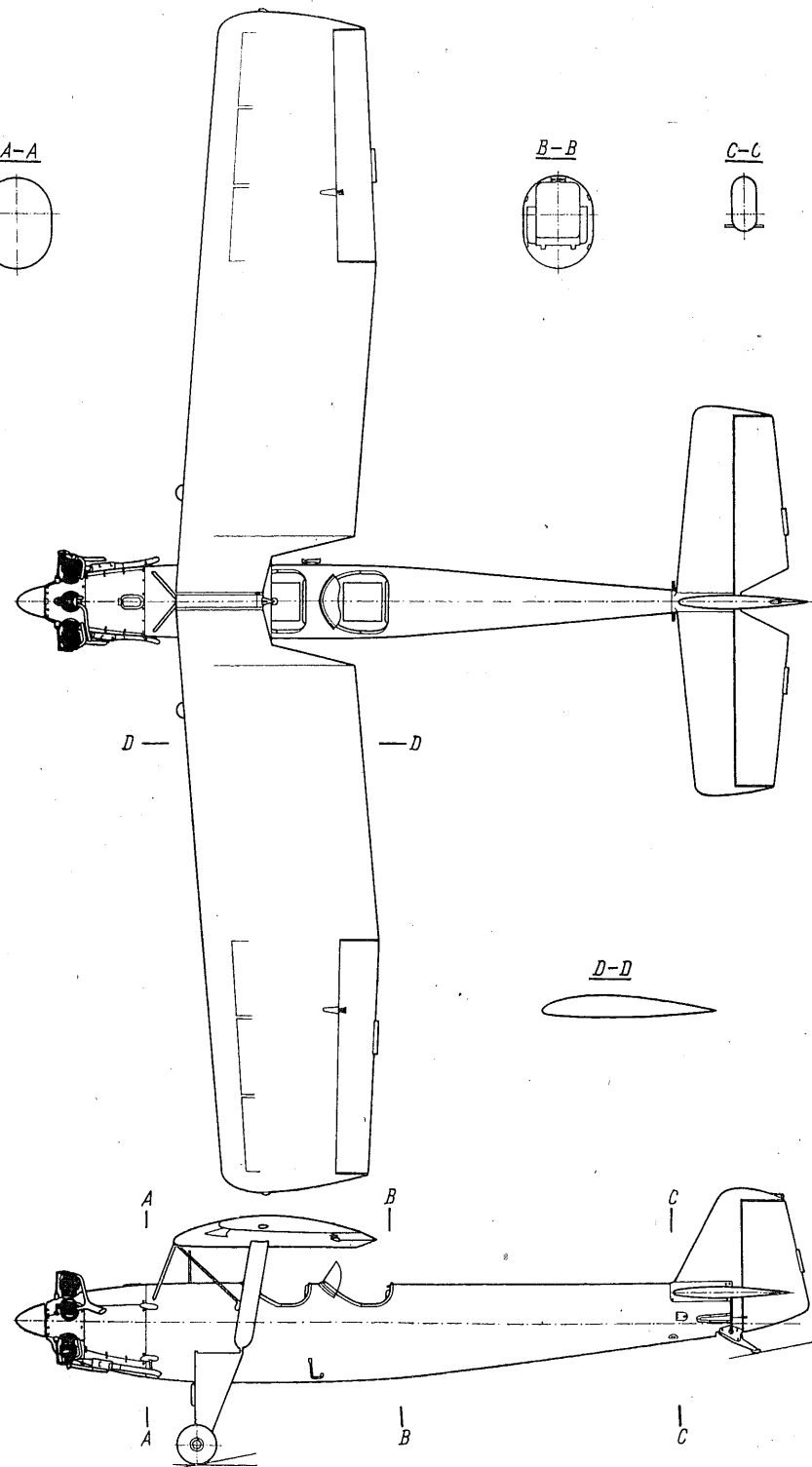
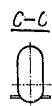
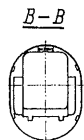
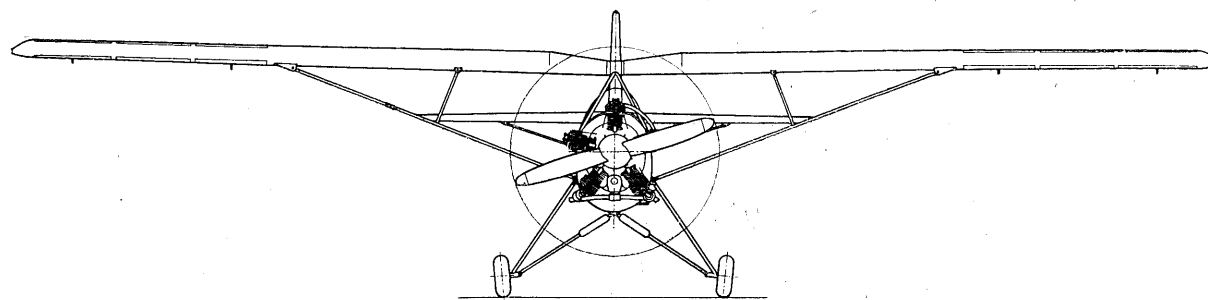
Mamy wiele możliwości, których w żadnym przypadku nie wolno zaniedbać. Możemy wpłynąć na



5-7. Szkic samolotu RWD-5 bis

Ocena przydatności do lotu swobodnego (wg tabl. 5-1)

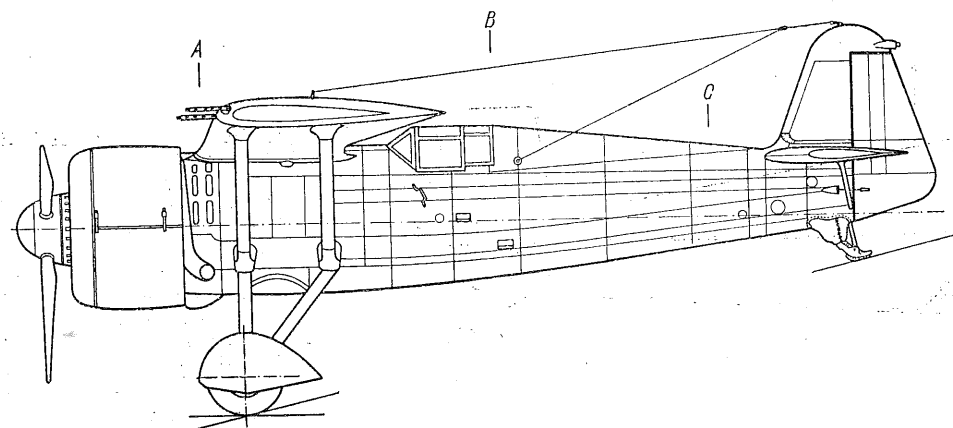
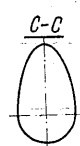
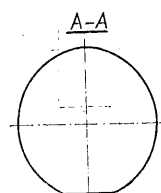
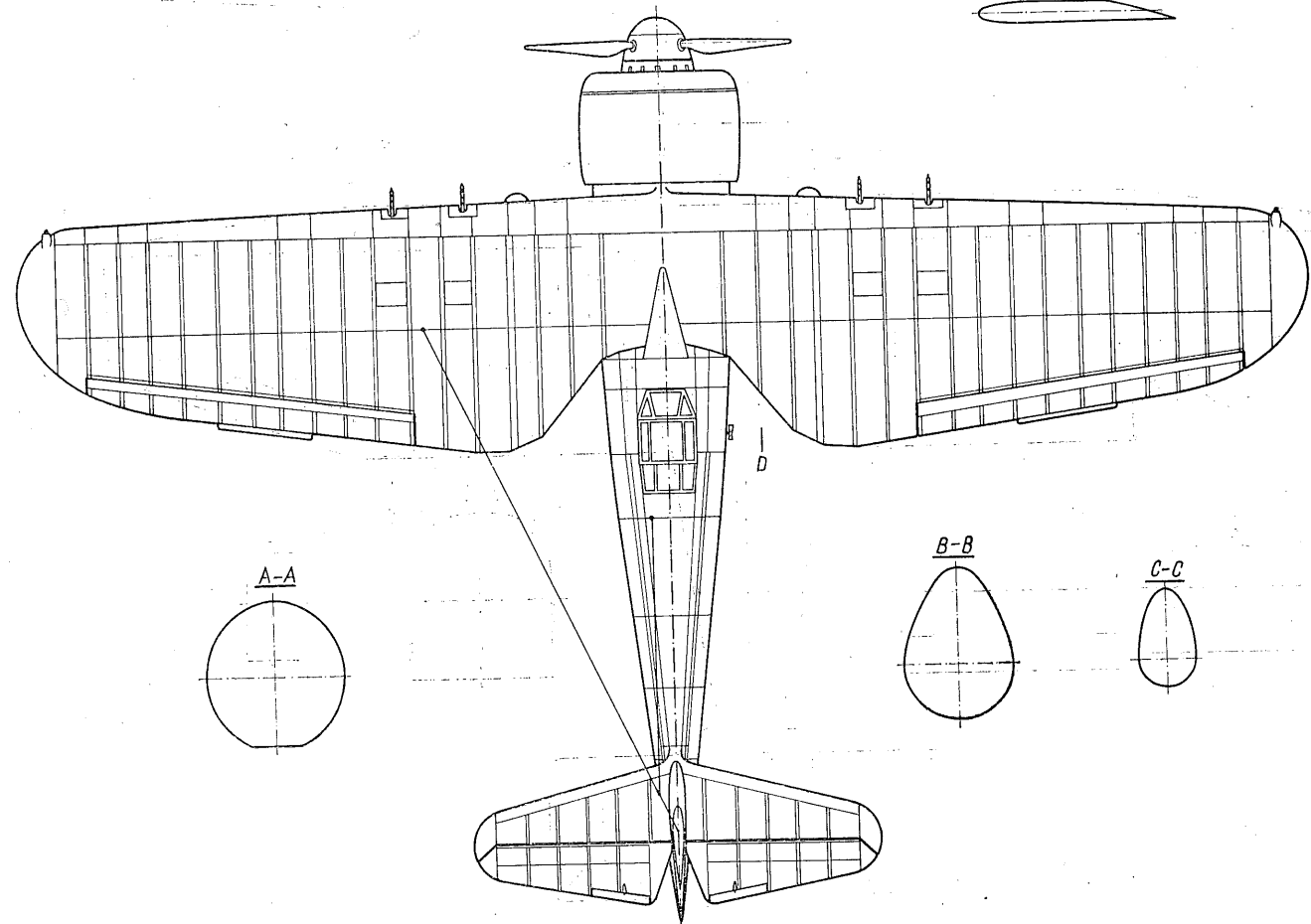
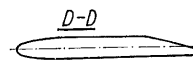
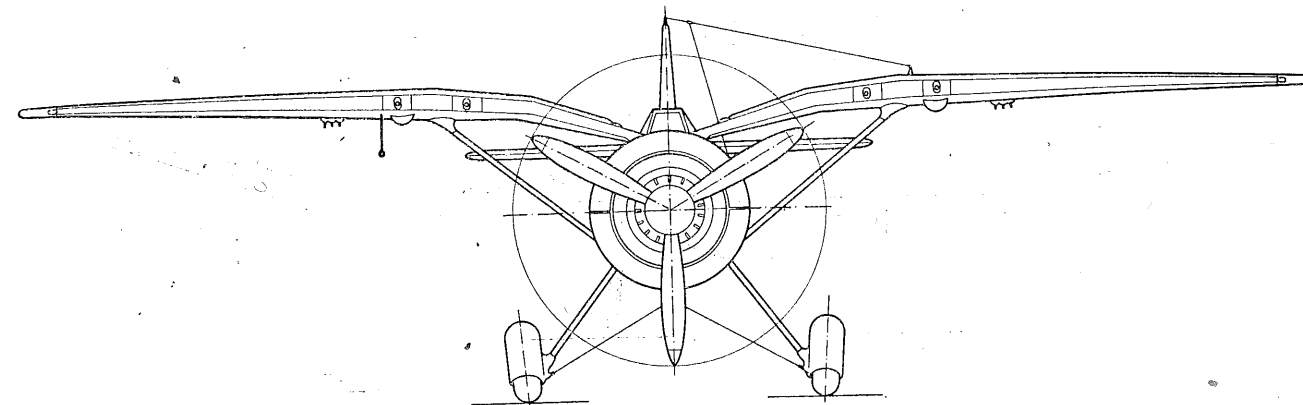
I Układ górnopłata	0
II Mała pow. usterzenia	-2
III Średnie ramię usterzenia	0
IV Średnia zbieżność usterzenia	0
V Średnia zbieżność skrzydła	0
VI Skrzydło bez skosu	0
VII Mały wznios skrzydła	-1
VIII Bardzo smukły kadłub	+2
Razem punktów:	-1
Przydatność dobra	



Ocena przydatności do lotu swobodnego (wg tabl. 5-1)

I Wysoki górnopłat	+2
II Średnia pow. usterzenia	0
III Duże ramię usterzenia	+2
IV Prawie prostokątne usterzenie	+1
V Prawie prostokątne skrzydło	+1
VI Nieznaczny skos skrzydła	0
VII Mały wznios skrzydła	-1
VIII Smukły kadłub	+2

Razem punktów:
Przydatność bardzo dobra +7

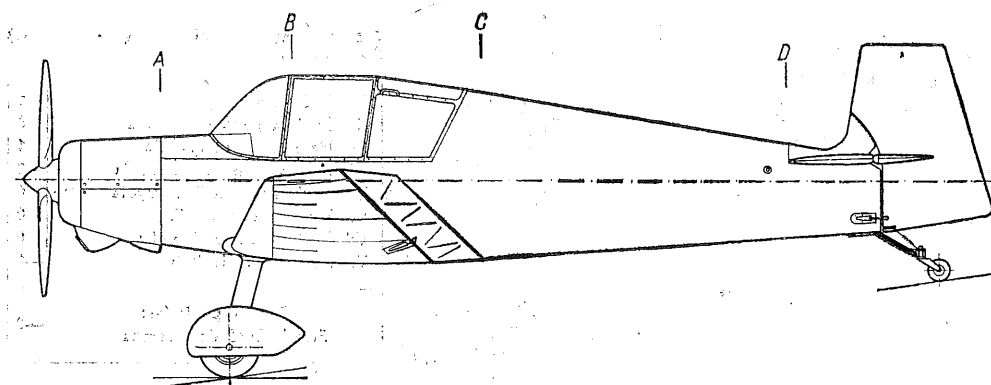
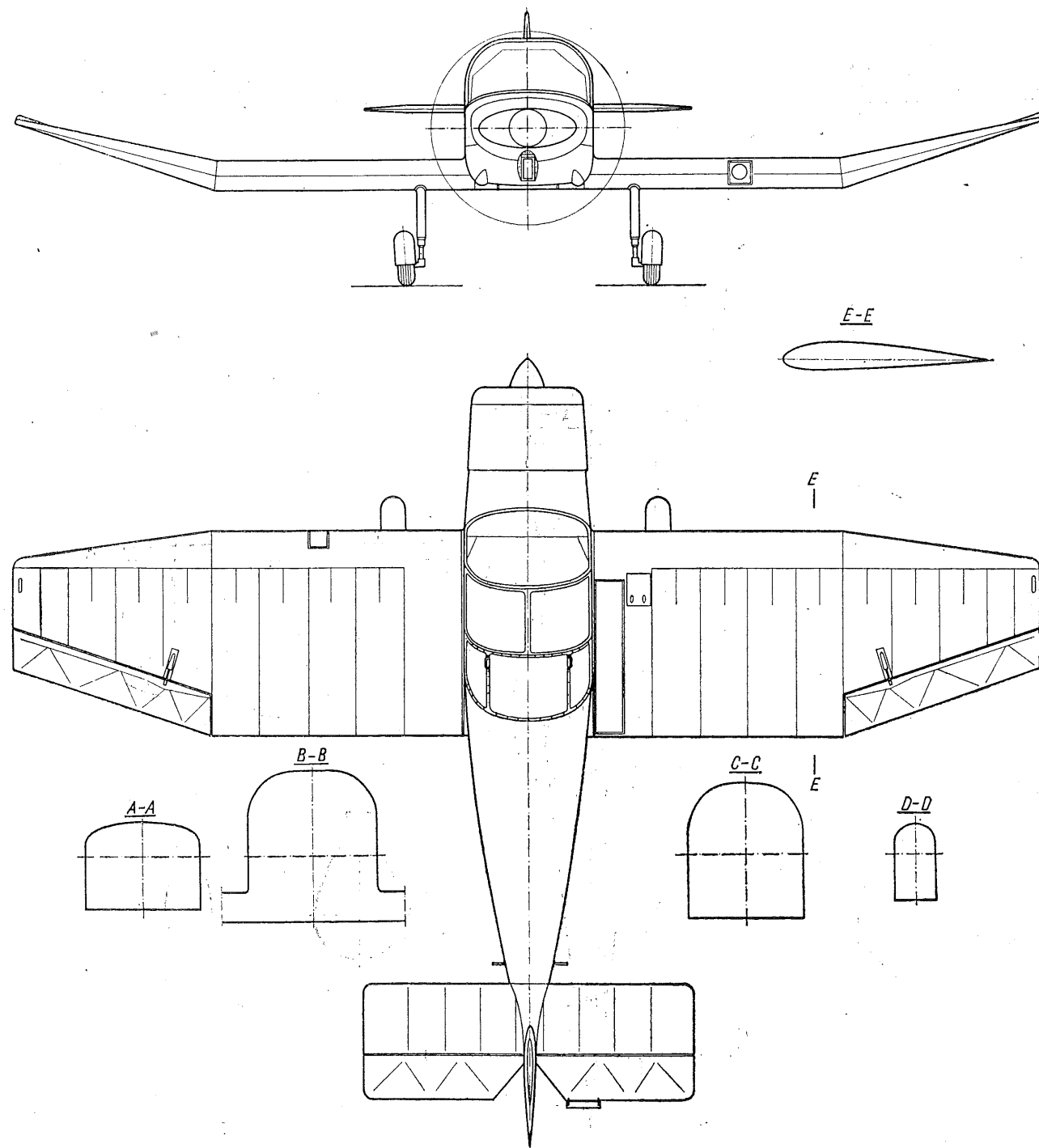


Ocena przydatności do lotu swobodnego (wg tabl. 5-1)

I Podwyższony górnopłat	+1
II Średnia pow. usterzenia	0
III Małe ramię usterzenia	-1
IV Duża zbieżność usterzenia	-2
V Średnia zbieżność skrzydła	0
VI Brak skosu skrzydła	0
VII Średni wznios skrzydła	0
VIII Dość gruby kadłub	-1

Razem punktów:
Przydatność dostateczna -3

5-9. Samolot PZL P-24

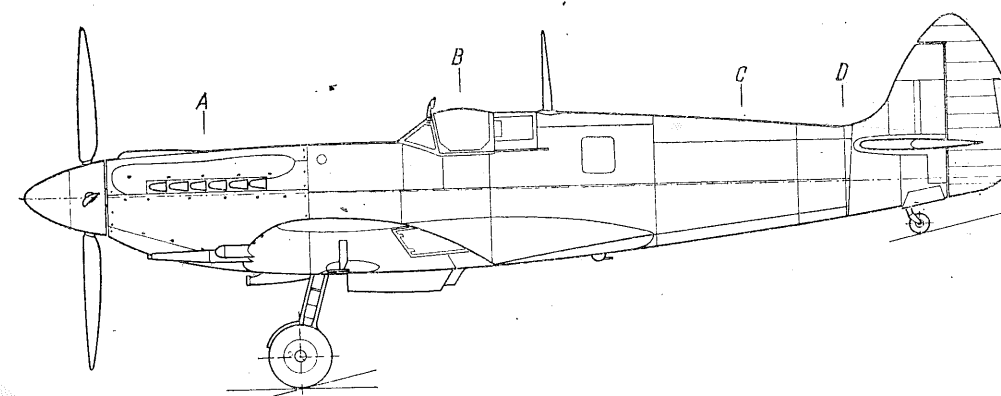
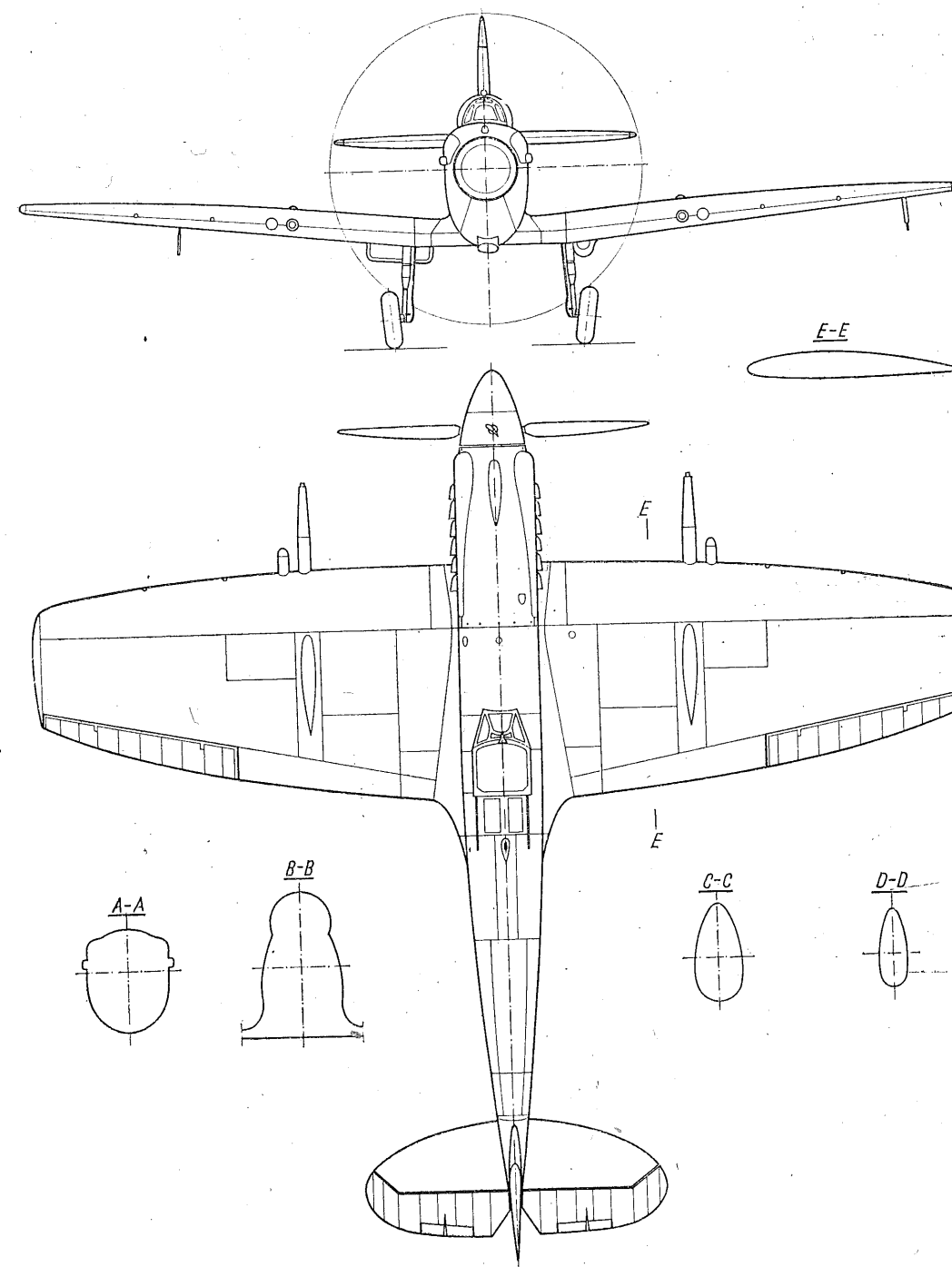


Ocena przydatności do lotu swobodnego (wg tabl 5-1)

I	Układ dolnopłata	-3
II	Średnia pow. usterzenia	0
III	Małe ramie usterzenia	-2
IV	Prostokątne usterzenie	+1
V	Prostokątne skrzydło	+1
VI	Brak skosu skrzydła	0
VII	Duży wznios skrzydła	+1
VIII	Dość smukły kadłub	+1

Razem punktów: -1
Przydatność dobra

5 10. JODEL D-140 — jeden z niewielu dolnopłatówców nadających się jako model do lotu swobodnego



Ocena przydatności do lotu swobodnego (wg tabl. 5-1)

I	Układ dolnopłata	-3
II	Mała pow. usterzenia	-2
III	Średnie ramie usterzenia	-1
IV	Średnia zbieżność usterzenia	0
V	Średnia zbieżność skrzydła	0
VI	Brak skosu skrzydła	0
VII	Średni wznios skrzydła	0
VIII	Krótki przód kadłuba	0

Razem punktów: -6
Przydatność zła

5-11 Samolot SUPERMARINE SPITFIRE

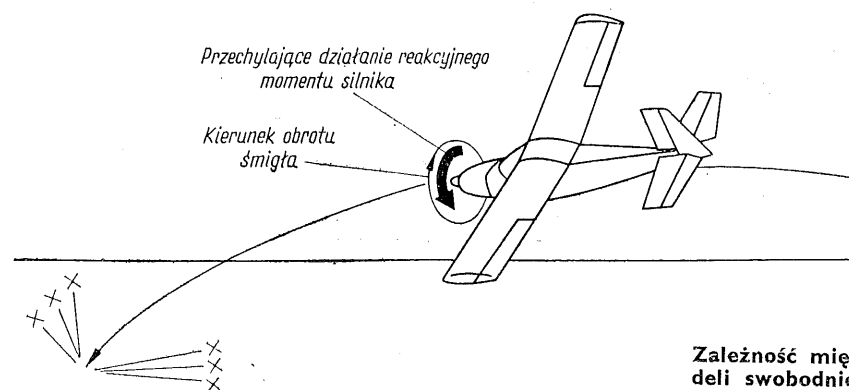
stateczność przyszłego modelu już w czasie projektowania — przede wszystkim przez:

- dobór odpowiedniego w stosunku do mocy silnika napędowego, rozmiaru (powierzchni) modelu,
- właściwe określenie niezbędnego położenia środka ciężkości, a w przypadku gdyby wyważenie modelu wypadło niekorzystnie, przeprowadzenie niezbędnej korekty powierzchni statecznika poziomego,
- dobór odpowiednich profili i kątów nastawienia dla skrzydła i dla statecznika poziomego,
- dobór (odpowiednia korekta) wzniosu skrzydła,
- zastosowanie takich rozwiązań konstrukcyjnych, aby ciężar modelu mógł być zachowany w granicach najkorzystniejszych.

Wszystkie te możliwości omówimy teraz kolejno.

Dobór rozmiarów modeli

Właściwe dopasowanie rozmiaru do właściwości (mocy, obrotów) silnika napędowego lub odpowiedni dobór silnika do zaprojektowanego rozmiaru ma zasadnicze i bodajże największe znaczenie dla zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa naszego miniaturowego samolotu w locie swobodnym.



5-12. Działanie obrotowego momentu silnika zakłócające poprzeczną stateczność modelu

Tablica 5-2
Zależność między najkorzystniejszymi rozmiarami modeli swobodnie latających a pojemnością silnika napędowego

Pojemność silnika [cm ³]	Moc nie większa niż [KM]	Przeciętna rozpiętość skrzydła [mm]	Orientacyjna powierzchnia skrzydła S [dm ²] ^{a)}
0,3	0,02	700 ÷ 800	8 ÷ 11
0,5	0,04	900 ÷ 1100	11 ÷ 17
1,0	0,08	1100 ÷ 1300	17 ÷ 24
1,5	0,12	1300 ÷ 1500	24 ÷ 32
2,0	0,16	1500 ÷ 1700	32 ÷ 41
2,5	0,20	1600 ÷ 1900	36 ÷ 50

^{a)} S obliczono dla przeciętnego, najczęściej spotykanego w samolotach wydłużenia skrzydła — rzędu 7

Ponadto stosowanie podanych rozmiarów ma sens jedynie w odniesieniu do niezbyt ciężkich modeli, na co trzeba zwrócić specjalną uwagę zarówno przy opracowywaniu konstrukcji, jak i przy budowie (odpowiednie ciężary podano poprzednio). Oczywiście, dopuszczalne są nieznaczne odchylenia od podanych norm. Należy jednak dążyć do budowania modeli większych od podanych w tablicy (lepsz stateczność).

^{a)} Silniki o wydajności około 0,08 KM/cm³.

lepiej i bezpieczniej. Dokładne ustalenie właściwego rozmiaru modelu jest bardzo trudne i zależy od rzeczywistych osiągnięć silnika, sprawności śmigła, aerodynamicznych właściwości płatowca i jego cech statecznościowych, ogólnego ciężaru i wymagań odnośnie startu, wznoszenia, udźwigu itp. Chociaż obliczenia takie są możliwe, nie będziemy ich na razie wykonywać i posłużymy się bardzo pożyteczną tablicą (tabl. 5-2), która umożliwia bezpośrednie dobranie właściwych rozmiarów modelu zależnie od pojemności, a więc i przeciętnej mocy silnika napędowego.

Tablica 5-2 została ułożona z założeniem, że będziemy stosować silniki zaliczające się do grupy popularnych silników średniej i małej mocy^{a)}. Stosowanie bardzo mocnych i szybkoobrotowych silników nie jest wskazane i może okazać się niebezpieczne dla stateczności modelu. Silniki najwyższej klasy nadają się lepiej do modeli na uwięzi i modeli zdalnie kierowanych. Podane w tablicy rozmiary należy dobierać w następujący sposób:

- większe rozmiary do modeli samolotów o smukłych kształtach oraz wtedy, kiedy rozporządzamy mocniejszym silnikiem,
- mniejsze rozmiary do modeli samolotów o bardziej pękatych kształtach oraz wówczas, kiedy silnik nie jest zbyt mocny.

Ustalenie ostatecznego rozmiaru pozwoli na określenie, w jakim stopniu model będzie zmniejszony w stosunku do oryginału, czyli na określenie podziałki modelu oraz na określenie, ile razy muszą być powiększone rysunki samolotu, którymi dysponujemy.

Ustalając rozmiar modelu należy zwrócić uwagę na szerokość zakończenia płatów — zwłaszcza przy skrzydłach zbieżnych. Szerokość skrzydeł na końcu nigdy nie powinna być mniejsza niż 120 mm. Jeżeli z przeliczenia otrzymujemy mniejszy rozmiar, należy zaniechać budowy takiego modelu lub zdecydować się na większy model napędzany mocniejszym silnikiem.

Określenie położenia środka ciężkości

Wyważenie modelu ma bardzo istotny wpływ na jego stateczność. Model zachowuje poprawną stateczność tylko wówczas, kiedy położenie środka ciężkości jest właściwe.

Zależnie od tego, jak duży statecznik poziomy ma nasz model i jak daleko jest on umieszczony od skrzydła, najkorzystniejsze położenie środka ciężkości będzie ulegać zmianom. Ponadto na położenie środka ciężkości w modelu wpływa układ samolotu i kształt kadłuba.

Położenie środka ciężkości mierzy się jego odległością od krawędzi natarcia na średniej cięciwy skrzydła. W związku z tym umiejętność wyznaczania średniej cięciwy jest niezbędnie konieczna. Dokładne metody wyznaczania średniej cięciwy podane są w rozdziale 2. Do wstępnych celów projektowych (skrzydła o niewielkiej zbieżności i nie-dużym skosie) zupełnie wystarczy, jeśli założymy, że średnia cięciwa znajduje się w połowie rozpiętości modelu (rys. 5-13).

Dla modeli swobodnie latających wymaga się, aby wyważenie nie było zbyt przednie. Środek ciężkości nie powinien być umieszczony bliżej niż w 1/3 długości średniej cięciwy.

Ponieważ położenie środka ciężkości zależy co najmniej od czterech czynników i bezpośrednie wyznaczenie tego punktu wymagałoby dokonania szeregu obliczeń, opracowano specjalną tablicę (tablica 5-3), podobną do tej, którą posługiwaliśmy się przy określaniu przydatności samolotu na model. Tablica ta, oparta na tej samej zasadzie punktowej, umożliwia dosyć dokładne i nieskomplikowane wyznaczenie wyważenia modelu.

Punkty przydzielamy kolejno według ważności za:

- procentowy udział powierzchni usterzenia w powierzchni skrzydła (ze szkicu),
- ramię usterzenia (również wyznaczyć na szkicu),
- układ samolotu,
- kształt kadłuba.

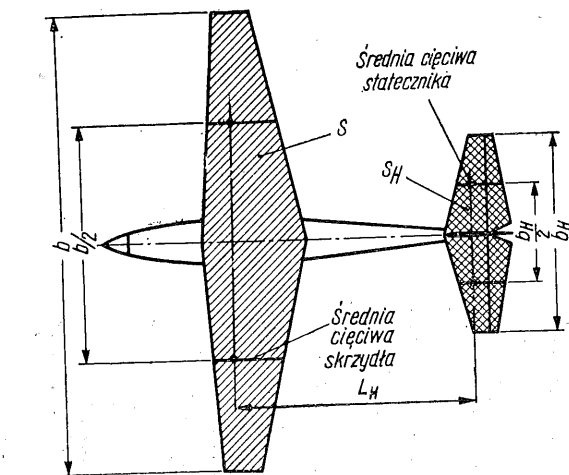
Suma punktów pozwoli na odczytanie (w ostatniej tabliczce) odpowiedniego dla danego modelu położenia środka ciężkości.

Przykładowo określimy wyważenie dla modelu RWD-5. Otrzyma on:

- za powierzchnię statecznika poziomego nieco ponad 15% powierzchni skrzydła —1 punkt
- za średnie ramię statecznika 0 punktów
- za układ górnopłata 0 punktów

— za smukły kadłub 0 punktów
czyli w sumie jeden punkt ujemny, co oznacza, że model należy wyważyć w 30% średniej cięciwy skrzydła (tabliczka V).

Jak wyznacza się położenie środka ciężkości na planie modelu, ilustruje szkic umieszczony obok ostatniej tabliczki na stronie 102.



5-13. Wyznaczenie „ramienia” statecznika poziomego

Dobór wyważenia modelu

Tablica 5-3

I. Wpływ powierzchni statecznika

Powierzchnia statecznika poziomego w % powierzchni skrzydła $S_H/S \cdot 100\%$	Liczba punktów
12	-2
15	-1
20	0
25	+1

II. Wpływ ramienia statecznika

Ramię statecznika poziomego w długościach średniej cięciwy L_H/l_{sr}	Liczba punktów
2,0	-2
2,5	-1
3,0	0
4,0	+1

III. Wpływ układu samolotu

Dolnopłat	Średniopłat lub dwupłat	Górnopłat	Wysoki górnopłat
-1	0	0	+1

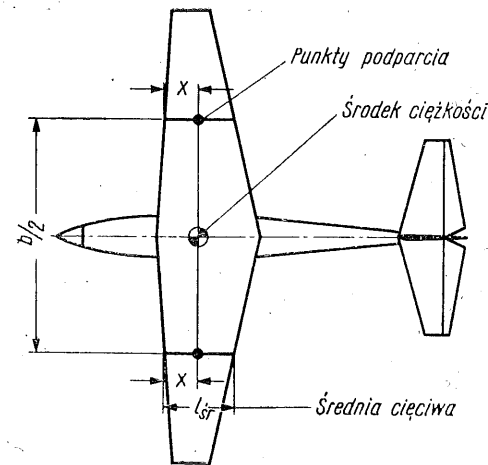
IV. Wpływ kształtu kadłuba

Baraż gruby z nieosłoniętym silnikiem gwiazdowym	Gruby z silnikiem osłoniętym, samoloty z miejscami obok siebie	Smukły z silnikiem rządowym, miejsca w tandem	Kadłuby stybowców
-2	-1	0	+0

V. Wyznaczenie położenia środka ciężkości

cd. tablicy 5-3

Suma punktów	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
Odległość środka ciężkości od krawędzi natarcia średniej cięciwy x w %	15	20	25	30	35	40	50	65	80
Zastosowanie wyważenia w modelu swobodnie latającym	niedopuszczalne	dopuszczalne wyjątkowo	dopuszczalne	pożądane	pożądane, rzadko spotykane				



Nie każde wyważenie jest dla modelu korzystne. Ogólnie można powiedzieć, że modele, które mają wyważenie bardziej tylne, latają lepiej od wyważonych bliżej przodu profilu. Te najkorzystniejsze wyważenia podano w ostatniej tabliczce grubym drukiem. Będą to wyważenia w granicach od 35% do 40% cięciwy.

Dopuszczalne jest jeszcze położenie środka ciężkości w 30% cięciwy, natomiast bardziej przednie wyważenie stosuje się tylko wyjątkowo, gdy nie można niczym zaradzić, a bardzo nam zależy na modelu właśnie tego samolotu. Nie oznacza to oczywiście, że im dalej będzie położony środek ciężkości, tym będzie lepiej. Trzeba pamiętać, że jest tylko jedno najlepsze dla danego modelu wyważenie takie, jakie wypada z tablicy 5-3. Jeżeli jest ono bardzo przednie, to — nie ma rady — trzeba model tak właśnie wyważyć. Lepiej natomiast byłoby, gdyby z tablicy wynikało „dalsze” wyważenie, ale to już jest sprawa doboru właściwego samolotu do redukcji. Tablica 5-3 jest więc jeszcze jednym sprawdzianem, czy dokonaliśmy właściwego doboru.

Może się na przykład zdarzyć, że suma punktów ujemnych będzie większa od czterech i wówczas taki samolot zupełnie już nie nadaje się na model swobodnie latający, chyba że dokonamy w nim dużych przeróbek.

W naszym przypadku dla modelu RWD-5 otrzymaliśmy wyważenie w 30% cięciwy. Moglibyśmy tak pozostawić, jednak korzystniej będzie, jeśli środek ciężkości da się umieścić dalej, np. w 35% cięciwy, na co potrzebujemy w sumie 0 punktów. Co należy robić, aby je uzyskać? Nie możemy zmienić ani odległości statecznika od skrzydła, ani układu samolotu, ani kształtów kadłuba. Jedyna ewentualność to możliwość powiększenia powierzchni statecznika poziomego. W związku z tym należy przeprowadzić postępowanie odwrotne i zsumować punkty z tabliczek II, III i IV (w naszym przypadku 0+0+0=0), a w tabliczce sprawdzić, o ile trzeba powiększyć powierzchnię statecznika poziomego, aby uzyskać wymaganą liczbę punktów. Ponieważ chcemy mieć 0 punktów, czyli trzeba powiększyć powierzchnię statecznika tak, aby wynosiła 20% powierzchni skrzydła. Zasadę tę należy stosować również i do modeli innych samolotów.

Dobór profili i kątów nastawienia

Zasadniczym, najlepszym profilem dla skrzydeł modeli swobodnie latających jest płasko-wypukły profil Clark Y. Profil ten w swej podstawowej postaci ma dość znaczną, bo 12-procentową grubość i może być z powodzeniem stosowany do wszystkich modeli tego typu (rys. 5-14).

Profile takie lub podobne są bardzo często stosowane w samolotach prawdziwych. Aby ułatwić Czytelnikom pracę i oszczędzić im trudu obliczania każdego profilu z osobna, wykreślono w rozdziale 15 całą rodzinę profili Clark Y różnej wielkości.

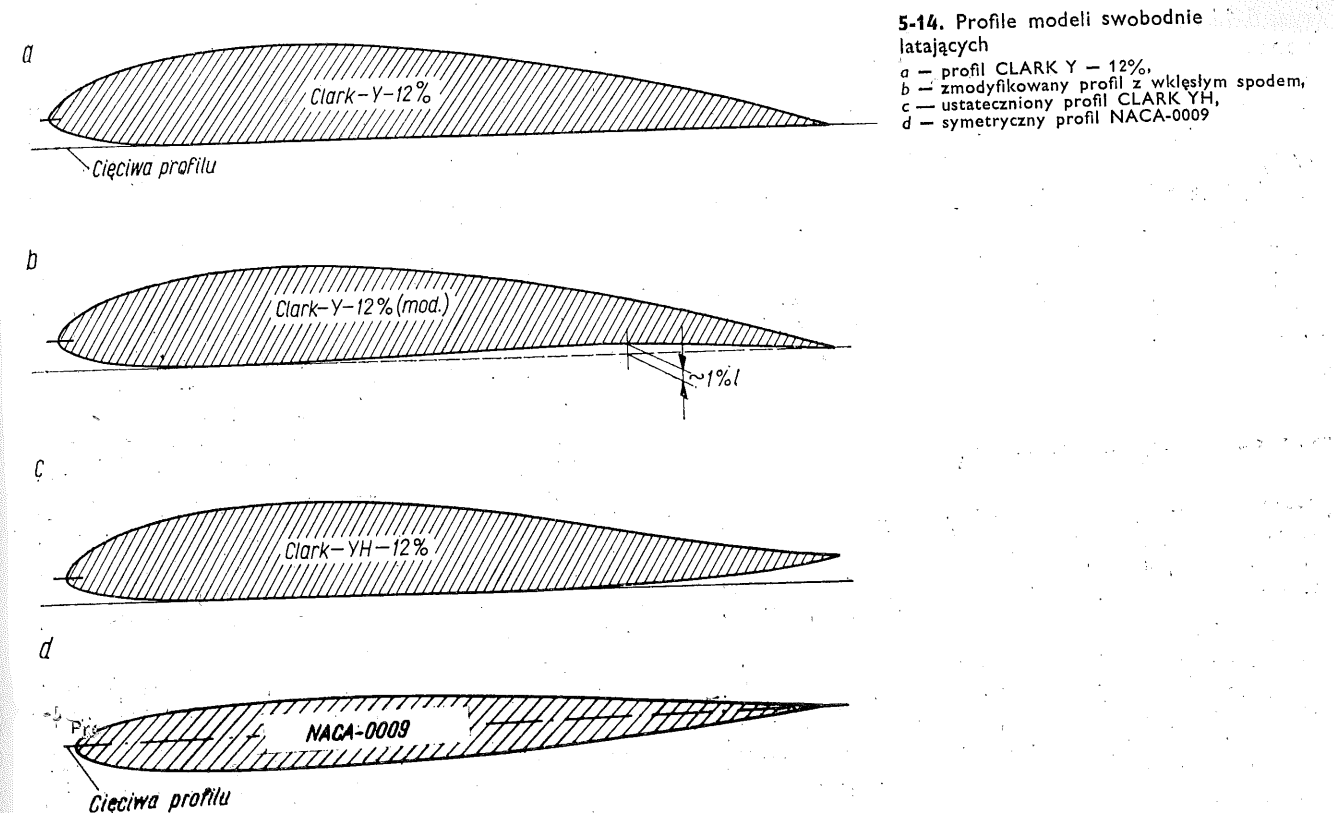
Można stosować również inne profile, np. o lekko wklęsłym spodzie. Takie profile stosujemy wówczas, gdy zależy nam, aby zmniejszyć prędkość lotu ślizgowego.

Profil o wklęsłym spodzie możemy uzyskać łatwo, z profilu Clark Y, przerabiając nieco jego spód (rys. 5-14b). Trzeba jednak pamiętać, że wklęsły profil pogarsza podłużną stateczność modelu — toteż w przypadkach gdy zachodzi obawa, że model mógłby być niestateczny, stosuje się profile z krawędzią tylną odgiętą ku górze, np. profile typu Clark YH (rys. 5-14c). Prędkość lotu wówczas wzrasta.

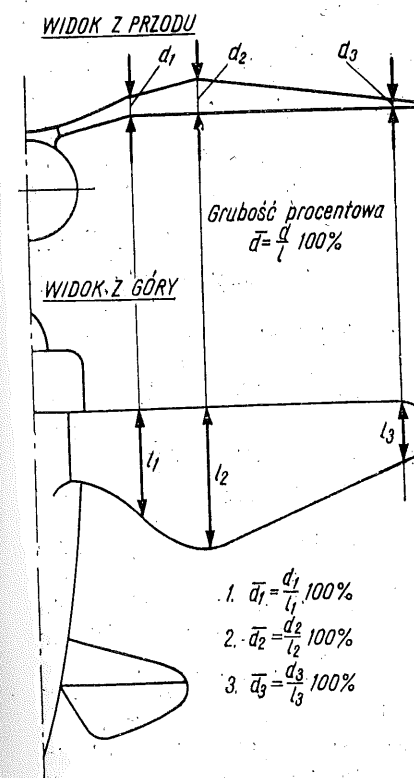
Czasami w celu zachowania większej zgodności z oryginałem stosuje się profil o grubości mniejszej lub większej niż 12% (np. gdy samolot ma bardzo grube skrzydło model wyglądałby nienaturalnie, gdybyśmy zastosowali cienki profil). Wówczas profil należy przeliczyć na inną grubość, posługując się współrzędnymi profilu, oraz metoda, którą na przykładzie profilu Clark Y wyjaśniono w rozdziale 15.

Zdarza się czasem, że samoloty mają zmienną grubość profilu wzdłuż skrzydła — u nasady bardzo gruby, na końcu cienki. Wyznaczenie procentowej grubości profilu z rysunku samolotu wyjaśnia rysunek 5-15. Stosowanie w modelach profili o zmiennej grubości jest jednak kłopotliwe, choć nierzadko stosowane.

Budując modele samolotów z pierwszego okresu rozwoju lotnictwa, kiedy grube profile, takie jak Clark Y, w ogóle nie były znane, trzeba dla zachowania wierności historycznej stosować profile podobne do wówczas stosowanych, np. profil

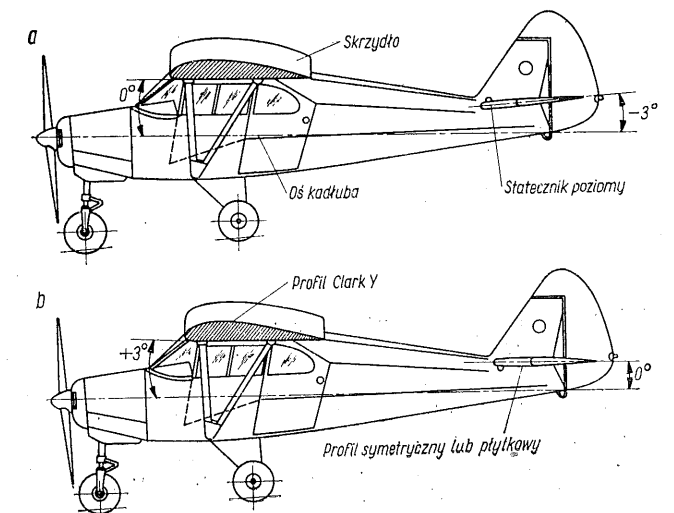


5-14. Profile modeli swobodnie latających
a — profil CLARK Y — 12%,
b — zmodyfikowany profil z wklęsłym spodem,
c — ustateczniony profil CLARK YH,
d — symetryczny profil NACA-0009



5-15. Wyznaczenie grubości profilu na szkicu samolotu

MVA-123 dla samolotów typu BLERIOT, profil RAF-15 dla dwupłatowców z okresu I wojny światowej itp. Są to zresztą dla miniaturowych samolotów profile bardzo dobre, ich stateczność jest jednak gorsza niż profilu Clark Y i o tym trzeba pamiętać. Dane tych profili można znaleźć w rozdziale 15.



5-16. Wzajemne ustawienie skrzydła i statecznika poziomego

Kąt nastawienia profilu skrzydła (rys. 5-16), czyli kąt pomiędzy cięciwą profilu (dla profilu Clark Y spodnią część) a osią kadłuba, zachowujemy zwykle taki sam, jak w samolocie oryginalnym, aby nie popsuć sylwetki samolotu. Jeśli konstrukcja pozwala, można dać niewielki kąt dodatni, do +3°. Profile stateczników to przede wszystkim profile symetryczne stosowane zarówno do stateczników poziomych, jak i pionowych (rys. 5-14b). Do stateczników poziomych stosuje się profile o grubości od 6 do 12%, do pionowych czasami nawet grubsze.

Rozdział 15 zawiera zbiór najpopularniejszych symetrycznych profili NACA-0009 o grubości 9%. Do małych modeli dla uproszczenia konstrukcji stosujemy stateczniki w formie płaskich płytek. Kąt nastawienia statecznika poziomego zawsze powinien być mniejszy od kąta nastawienia skrzydła

(rys. 5-16a i b) o co najmniej 3°. Aby to uzyskać, montuje się stateczniki pod kątem zerowym względem osi kadłuba (gdy skrzydło ma kąt dodatni) lub nieco ujemnym, dochodzącym do -3° (gdy profil skrzydła zamontowany jest pod kątem zerowym).

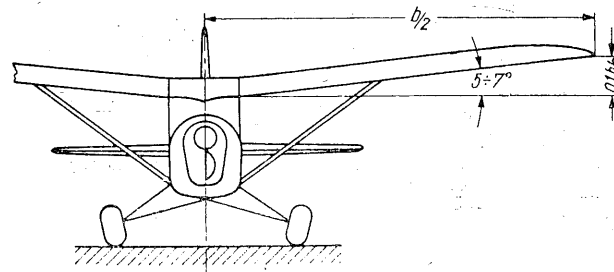
Zasada jest taka: wyważenie bardziej przednie — kąt nastawienia statecznika bardziej ujemny (większa różnica kątów) i odwrotnie.

Możliwość regulacji kąta nastawienia statecznika poziomego, szczególnie w kierunku kątów ujemnych, musi być przewidziana w konstrukcji modelu.

Dobór wzniosu skrzydła

Wznios skrzydła jest niezbędnym warunkiem odpowiedniej stateczności kierunkowej i poprzecznej modelu swobodnie latającego. Samoloty mają zazwyczaj bardzo mały wznios i w modelu należy go powiększyć.

Dla modeli górnopłatów stosuje się wznios rzędu 5÷7°, co oznacza, że końcówka skrzydła powinna być uniesiona ponad zamocowanie na wysokość równą około 1/10 rozpiętości połówki skrzydła (rys. 5-17). Dla dolnopłatowców należy przyjmować wznios rzędu 8÷10°.



5-17. Ustalenie właściwego wzniosu skrzydła w modelu swobodnie latającym

Jest to reguła bardzo ogólna, ponieważ wznios skrzydła zapewniający dobrą stateczność modelu zależy od bardzo wielu czynników i w prosty sposób nie da się wyznaczyć. Dlatego projektując nowy model trzeba przewidzieć dla niego wznios maksymalny, a następnie zaprojektować takie zamocowanie skrzydła, aby była możliwość dobrania odpowiedniego wzniosu już na gotowym modelu. Należy dążyć, aby model latał statecznie z wzniosem możliwie najmniejszym — najbardziej zbliżonym do wzniosu w samolocie oryginalnym. Minimalny, spotykany jeszcze w praktyce, wznios do 3° dla górnopłatów i 6° dla dolnopłatów.

Określenie maksymalnego ciężaru

Prędkość lotu ślizgowego zależy od dwóch zasadniczych czynników profilu skrzydła i obciążenia powierzchni nośnej. Jeżeli będziemy stosowali ten sam profil, to prędkość lotu będzie zależała przede wszystkim od obciążenia powierzchni nośnej, czyli od stosunku ciężaru modelu do jego całkowitej powierzchni (szczególnie do powierzchni skrzydła).

Tak więc dla określonego (prawidłowo wyregulowanego) modelu o danej powierzchni prędkość lotu będzie zależna od jego ciężaru. Ze wzrostem ciężaru rośnie prędkość i zwiększają się niebezpieczeństwa, na które model jest narażony.

Naczelną zasadą dla konstruktora modelu swobodnie latającego powinno być zatem uzyskanie jak najmniejszego ciężaru. Tej zasady trzeba ściśle przestrzegać przede wszystkim dlatego, że zbyt ciężki model może po prostu nie polecieć. Dobieraliśmy na przykład poprzednio rozmiary (wielkość i powierzchnię) modelu do silnika. Dobór rozmiarów zalecany w tabelcy 5-2 jest między innymi niezbędny do zapewnienia odpowiedniej stateczności w locie swobodnym (głównie poprzecznej i kierunkowej). Rozmiary te są dość duże i jeżeli ciężar będzie za wielki, wówczas wraz ze wzrostem prędkości modelu wzrośnie jego opór, co może spowodować, że moc silnika będzie niewystarczająca. Gdybyśmy teraz, aby ratować sytuację, zastosowali mocniejszy silnik, to model, choć teoretycznie zdolny do lotu, nie mógłby latać poprawnie ze względu na zakłócenie stateczności poprzecznej, spowodowane wzrostem momentu reakcyjnego od mocniejszego silnika.

Uzyskanie możliwie małego ciężaru jest ważne również z innych powodów. Model swobodnie latający lata i ląduje samodzielnie. W czasie lądowania może on napotkać przeszkodę, zderzyć się z drzewem, budynkiem itp. Z tej przyczyny pożądane jest, aby model latał możliwie powoli, co jest równoznaczne z tym, że ciężar modelu powinien być jak najmniejszy.

Aby model nie był zbyt ciężki, już w czasie budowy trzeba sprawdzać ciężary poszczególnych elementów. Tabela 5-4 podaje orientacyjne średnie dane ciężarów dla modeli o różnej wielkości. W tabelcy 5-5 podano przybliżone osiągi modeli w locie ślizgowym, zależnie od obciążenia powierzchni nośnej. Konstrukcja powinna być oczywiście tak opracowana, aby ciężary te były możliwe do osiągnięcia.

Jak wynika z tabelcy, obciążenie powierzchni nośnej zawiera się w granicach od 15 G/dm² do 30 G/dm², co odpowiada prędkości lotu ślizgowego od około 5 m/s (18 km/h) do 7 m/s (25 km/h). W specjalnych przypadkach, np. kiedy zależy nam na dużym udźwigu (modele transportowe), można dopuścić obciążenie do 40 G/dm². Prędkość lotu ślizgowego jest już wówczas bardzo duża i przekracza 8 m/s (29 km/h).

Dane zawarte w tabelcy 5-4 dotyczą całkowicie gotowych elementów łącznie z pokryciem (ciężar konstrukcji będzie nieco mniejszy). Mniejsze ciężary dotyczą konstrukcji z przewagą balsy większe — konstrukcji sosnowo-sklejkowych.

Bardzo duży wpływ na stateczność modelu w locie ma również rozlokowanie ciężarów w konstrukcji modelu. Trzeba się starać, aby części modelu położone daleko od środka ciężkości były możliwie jak najlżejsze. Dotyczy to zwłaszcza tylnej części kadłuba, stateczników, końcówek skrzydeł itp. Efekt taki osiągniemy przez stosowanie coraz lżejszej i delikatniejszej konstrukcji w miarę oddalania się od środka ciężkości modelu (mniejsza grubość sklejk na zebra i wręgi, mniejszy przekrój listewek, lżejsze materiały, np. balsa).

Ciężary najważniejszych elementów modeli swobodnie latających

Pojemność silnika [cm ³]	Powierzchnia skrzydła [dm ²]	Ciężar elementów modelu [G]					Ciężar całkowity [G]	Obciążenie powierzchni skrzydła [G/dm ²]
		silnik + śmigło	kadłub + st. pion.	skrzydło	podwozie	stat. poz.		
0,2÷0,3	8	30	40÷60	25÷35	10÷15	5÷10	120÷150	15÷19
0,3÷0,5	12	50	80÷100	40÷60	20÷30	10÷15	200÷250	16÷21
0,8÷1,0	18	80	100÷160	80÷120	50÷70	15÷25	330÷450	18÷25
1,0÷1,5	26	100	180÷240	160÷200	80÷120	30÷40	550÷700	21÷27
1,5÷2,5	40	160	360÷500	280÷360	110÷200	50÷80	1000÷1300	25÷32

Przybliżone osiągi modeli w locie ślizgowym

Rodzaj profilu skrzydła	Obciążenie powierzchni skrzydła [G/dm ²]								
	15	20	25	30	35	40	45	50	60
	Orientacyjna prędkość lotu ślizgowego [m/s]								
Profil wklęsło-wypukły (np. NACA-6412, wklęsły CLARK Y)	4,5	5,2	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,2	9,0
Profil płasko-wypukły (np. CLARK Y)	4,9	5,7	6,3	6,9	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8
Profil ustateczniony (np. CLARK YH) lub dwuwypukły (np. NACA-23012)	5,5	6,3	7,0	7,7	8,4	9,0	9,5	10,0	11,0

Dobór śmigła

Dobór śmigła ułatwia tabela 5-6. Podano w niej rozmiary typowych śmigieł dwułopatkowych, przeciętnie stosowanych do modeli swobodnie latających.

Tabela podaje przeciętne rozmiary śmigieł dla przeciętnych silników. Silniki z zapłonem żarowym wymagają na ogół mniejszych śmigieł, silniki samozapłonowe mogą dobrze pracować nawet z bardzo

Trzeba również pamiętać, że znacznie łatwiej można wyregulować model i uzyskać pewny, stateczny lot silnikowy przy zastosowaniu dużego, powoli obracającego się śmigła. Szybko obracające się śmigło nie tylko dostarcza dużego ciągu i powoduje nadmierne wznoszenie się modelu, ale — szczególnie przy zmianach kierunku lotu — jest źródłem dodatkowych, bardzo niekorzystnych zakłóceń.

Dobór śmigieł do modeli swobodnie latających

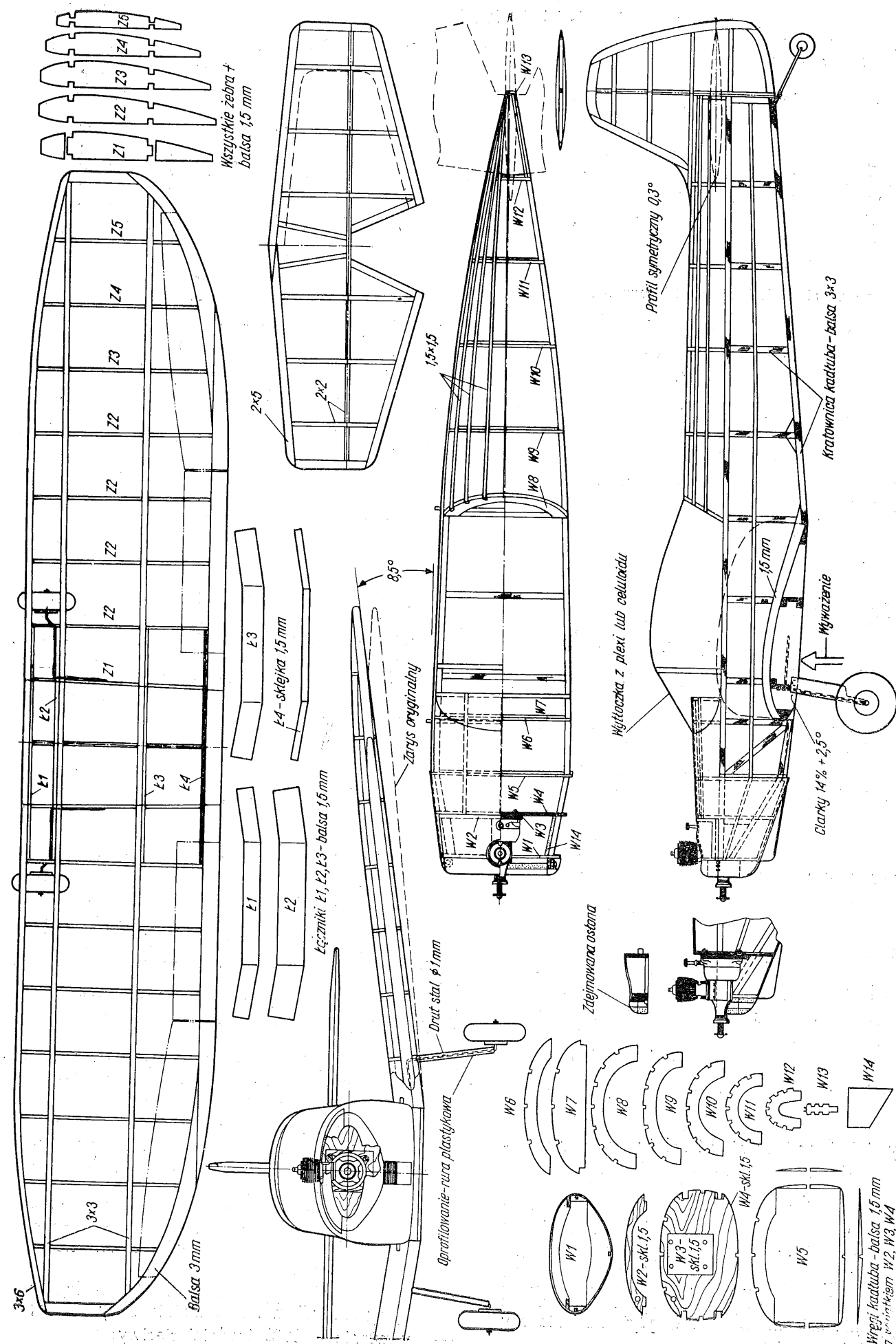
Pojemność silnika [cm ³]	Wykorzystanie mocy silnika		
	duże	średnie	małe
	Rozmiar śmigła — średnica × skok [mm]		
0,3	120×50	150×75	180×100
0,5	150×75	180×100	200×100
1,0	180×100	200×100	220×100
1,5	200×100	220×100	250×100
2,5	220×100	250×100	275×100

dużymi śmigłami. Pamiętać należy, że przy zastosowaniu mniejszego śmigła wzrastają obroty silnika i wzrasta na ogół ciąg śmigła, zaś przy zastosowaniu większego śmigła obroty maleją, maleje ciąg, wzrasta natomiast moment obrotowy pochylający model w stronę przeciwną do kierunku obrotów śmigła. W związku z tym odchylenie osi silnika w bok przy zastosowaniu większego śmigła musi być większe. Mniejszy może być natomiast kąt odchylenia osi silnika w dół, gdyż działanie siły ciągu jest mniejsze.

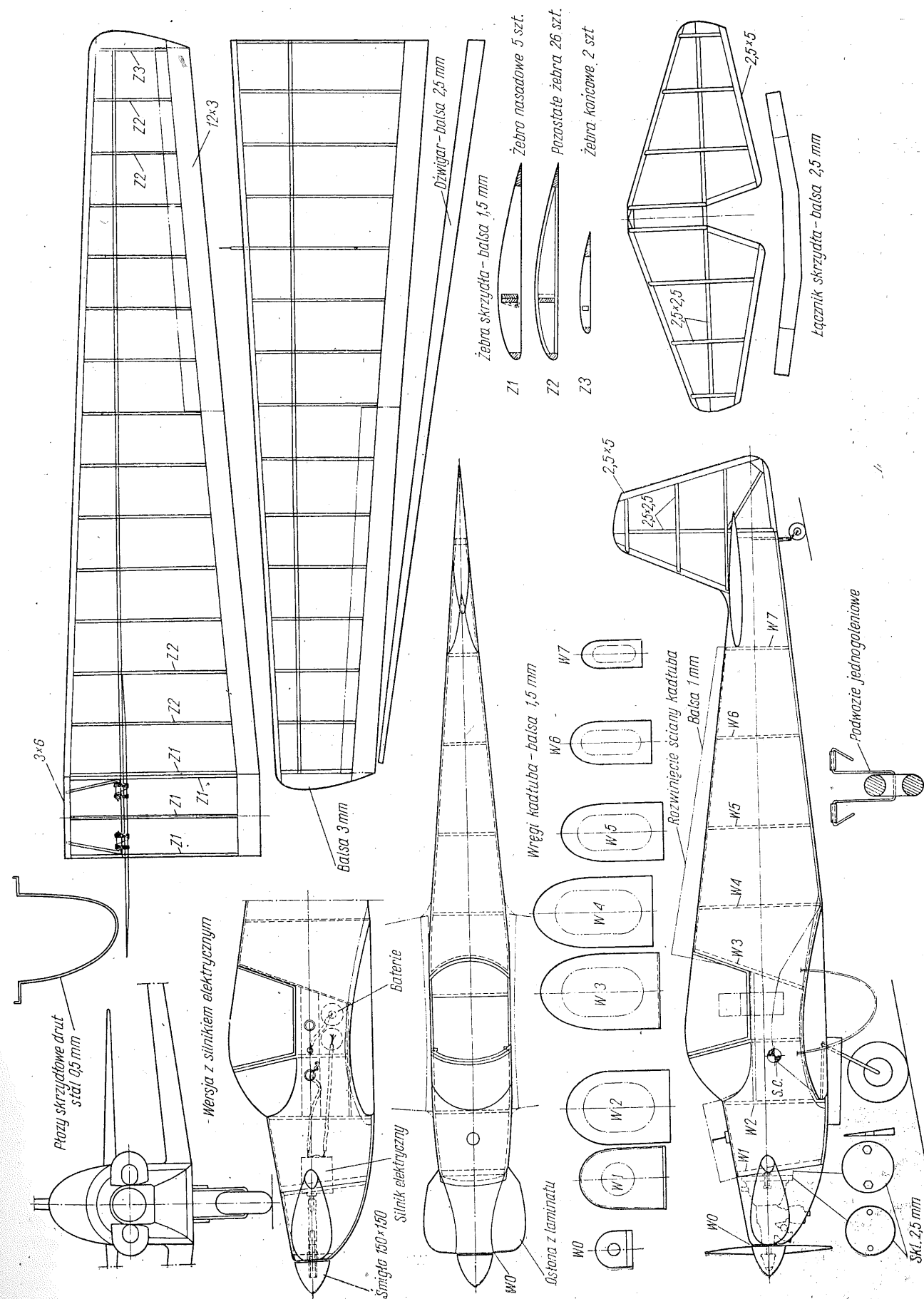
Tak przedstawiają się, w bardzo ogólnym skrócie, koncepcyjne i konstrukcyjne zalecenia dla konstruktorów. Jak wygląda natomiast ich praktyczna realizacja, możemy się przekonać, studiując uważnie zamieszczony plan konstrukcyjny dobrze latającego modelu francuskiego samolotu PIEL CP 301B EMERAUDE (rys. 5-18).

Model ten stanowi jakby potwierdzenie tego, co dotychczas powiedzieliśmy na temat modeli swobodnie latających. A więc:

- wybrano dolnopłat, ale taki, który się do lotu swobodnego rzeczywiście nadaje (podobny układ jak w samolocie JODEL, rysunek 5-10);
- model jest bardzo mały i bardzo lekki, jego rozpiętość wynosi 740 mm; powierzchnia skrzydła 8,6 dm², pojemność silnika 0,32 cm³, a ciężar całości nie przekracza 120 G;
- konstrukcja bardzo prosta — kratownicowy kadłub, klasyczne skrzydła, wszystko wykonane z balsy; zamocowanie skrzydła elastyczne — gumą do kadłuba;
- profil skrzydła typu Clark-Y, różnica kątów między skrzydłem i statecznikiem wynosi 3°;
- wyważenie w 31% średniej cięciwy;



5-18: Swobodnie latający model samolotu PIEL CP 301B EMERAUDE



5-19. Wykonawcze rysunki modelu motocybowa FOURNIER AVION PLANEUR FR-01

- powierzchnia statecznika (powiększona o 60% w stosunku do oryginału) wynosi 23% powierzchni skrzydła;
- oryginalny wznios skrzydła wynoszący 7° powiększono do 8,5°.

W sumie zgrabna, udana, praktycznie niezniszczalna konstrukcja — godna naśladowania.

Modele motoszybowców

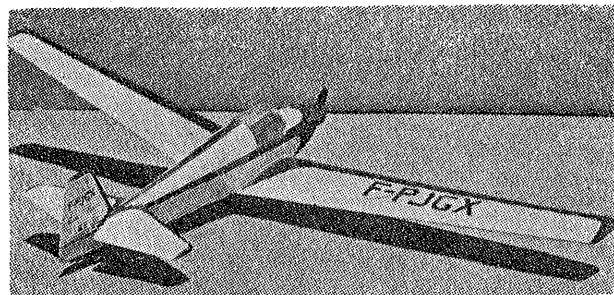
Z równym powodzeniem możemy budować miniaturowe samoloty z silnikami o małej mocy — motoszybowce, stosując do napędu miniaturowe silniczki spalinowe, np. o pojemności 0,5 cm³ lub 1 cm³. Obecność napędu uniezależnia nas od kłopotliwego i wymagającego pomocników startu z holu, a loty tego typu modeli są bardzo piękne. Można tutaj skorzystać z planów kilku rodzimych konstrukcji tego typu. Zarówno przedwojenne konstrukcje, jak BAK i SMYK, jak też powojenny PEGAZ doskonale nadają się do opracowania miniaturowej latającej kopii.

Prawidłowo zaprojektowany i zbudowany model motoszybowca powinien odpowiadać następującym warunkom:

- rozmiar (powierzchnia) skrzydła musi być tak dobrany, aby silnik zapewnił modelowi spokojny lot i wznoszenie pod niewielkim kątem; najkorzystniejsza powierzchnia nośna dla modelu napędzanego silnikiem 0,5 cm³ wynosi 20÷25 dm², a dla modelu napędzanego silnikiem 1 cm³ 30÷40 dm²;
- model powinien być możliwie lekki; obciążenie powierzchni skrzydła nie powinno przekraczać 15÷20 G/dm², w związku z tym całkowity maksymalny ciężar modelu napędzanego silnikiem 0,5 cm³ wyniesie około 500 G, a ciężar modelu napędzanego silnikiem 1 cm³ — około 800 G.

Ponieważ rysunki polskich motoszybowców dostępne są w naszej prasie modelarskiej, w książce zamieszczono bardzo ciekawy plan wykonawczy (rys. 5-19) modelu francuskiego motoszybowca FOURNIER AVION PLANEUR FR-01. Model ten, zaprojektowany przez p. Walta Monney'a, czołowego francuskiego konstruktora modeli tego typu, ma bardzo piękne kształty, co ilustruje załączona fotografia (rys. 5-20), oraz prostą i interesującą konstrukcję.

Oryginalny model miał rozpiętość około 900 mm, długość 480 mm, powierzchnię skrzydła 7,3 dm² i ciężar rzędu 150 G. Przystosowany był do napędu silnikiem spalinowym COX TEE DEE. 010 o po-



5-20. Model motoszybowca FR-C1

jemności 0,16 cm³ lub silnikiem elektrycznym zasilanym z 3 V akumulatora.

Konstrukcja jest bardzo oryginalna w swojej prostocie. Kadłub nie ma podłużnic, a 7 prostokątnych u góry zaokrąglonych wręg wklejono wprost pomiędzy ścianki pokrycia. Można je wykonać z balsy grubości 1,5 lub 2 mm albo z forniru lipowego lub wreszcie ze sklejki nie grubszej niż 0,6 mm. Ścianki boczne powinny być przycięte z pewnym nadmiarem (tak jak wskazuje kreskowana linia na rysunku), dzięki czemu możliwe jest wygięcie ich wzdłuż zaokrąglenia górnych części wręg i połączenia pośrodku grzbietu kadłuba u góry. U dołu kadłub pokryty jest płaską płytką. Miejsce sklejenia można wzmocnić oklejając je tkaniną.

Silnik przymocowany jest do wzmocnionej pierwszej wręgi i osłonięty osłoną wykonaną z laminatu szklanego lub innego.

Statecznik pionowy, podobnie jak poziomy, ma konstrukcję rozpórkową. Model wyposażony jest w jednokołowe podwozie, przywiązane do dźwigara skrzydłowego.

Skrzydła mają prostą, jednodźwigarową, bezkesonową konstrukcję i przyklejone były w oryginalnym modelu do kadłuba. Przy większej rozpiętości lepiej wykonać skrzydła dzielone.

Statecznik można przykleić na stałe. Podane na rysunku położenie środka ciężkości musi być zachowane. Ponieważ model jest dolnopłatem i ma bardzo mały statecznik poziomy, wyważenie modelu jest bardzo przednie (w 20% średniej cięciwy skrzydła). Model należy oblatywać powoli i bardzo starannie, według zasad stosowanych przy modelach silnikowych. Przy zastosowaniu mocniejszego silnika i lekkiej aparatury tranzystorowej wykonanie wersji zdalnie kierowanej jest zupełnie realne.

Konstrukcja modeli swobodnie latających

Miniaturowy swobodnie latający samolocik pozbawiony jest sam sobie od chwili startu aż do mniej lub więcej szczęśliwego lądowania. Jego konstrukcja jest narażona na wiele niebezpieczeństw, spośród których najpoważniejsze i najczęściej spotykane to:

- kapotaż (wywrócenie się) modelu przy starcie na skutek zmiany kierunku kołowania, silnego podmuchu wiatru, zaczepienia o przeszkodę itp. — w rezultacie śmigło może się złamać, końcówki skrzydła mogą się obetrzeć (szczególnie na betonie), uszkodzeniu może ulec statecznik pionowy i wierzch kabiny (przy wywrocie);
- uderzenie lub zaczepienie o przeszkodę tuż po starcie lub przy lądowaniu; na uszkodzenie narażona jest przednia część kadłuba, krawędź skrzydła (przy zaczepieniu) oraz jego zamocowanie; ponadto jeśli model odpadnie od przeszkody, np. od ściany budynku, drzewa itp., mogą uszkodzić się inne elementy;
- stroma spirala przy pracującym silniku, kończąca się uderzeniem o ziemię — skutki, które wzmaga duża prędkość, mogą być dość poważne: kadłub w swej przedniej części ulega zazwyczaj zgnieceniu, zaś w części tylnej, tuż za skrzydłem, może się przełamać, jedno skrzydło przeważnie łamie się, a drugie odrywa się

od kadłuba, podwozie, przynajmniej z jednej strony, może ulec całkowitej dewastacji. Ponadto różne nieprawidłowości, wynikające z przypadkowego lądowania, jak lądowanie z wiatrem przy dużej prędkości względem ziemi, lądowanie boczne itp. mogą poważnie uszkodzić podwozie, a nawet doprowadzić do groźniejszego w skutkach kapotażu.

Z tego, pobieżnego zresztą, opisu wynika, że konstruktor modelu swobodnie latającego ma nie być jakieś zadanie do rozwiązania. Jeżeli nie chce od razu założyć, że model będzie przeznaczony na zniszczenie, musi opracować taką konstrukcję, która oprze się przynajmniej części groźących jej niebezpieczeństw. Jest to zupełnie realne, jeśli:

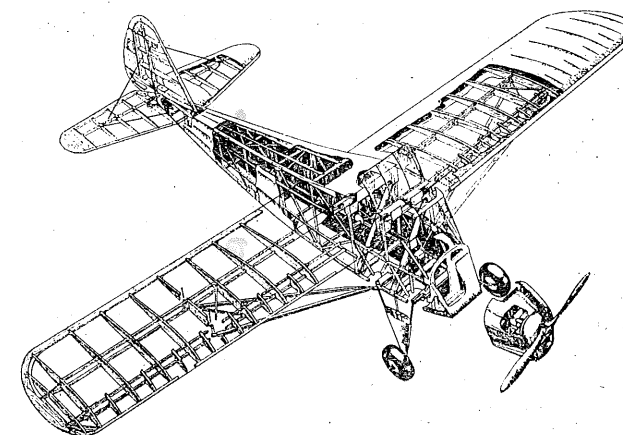
- model będzie możliwie najlżejszy; mały ciężar, niskie, nie przekraczające 25 G/dm², obciążenie powierzchni skrzydła i wynikająca stąd mała prędkość lotu ślizgowego, to najlepsze zabezpieczenie przeciw skutkom wszystkich miniaturowych wypadków lotniczych; warunek ten będzie spełniony przy odpowiednio przemyślanej konstrukcji;
- model nie będzie zbyt wielki i masy poszczególnych jego elementów będą nieduże; pożądane jest, aby rozpiętość modelu swobodnie latającego nie przekraczała 1000÷1200 mm.

Aby zaoszczędzić sobie rozczarowań, trzeba się od razu zdecydować na takie rodzaje konstrukcji, które zapewniają uzyskanie lekkiego modelu. Będą to przede wszystkim wszelkiego rodzaju klasyczne konstrukcje, składające się z żeberek, wręg, oparte na lekkich kratownicach i listewkowych dźwigarach (rys. 5-21), pokryte papierem japońskim i malowane cienką warstwą lakieru. Najlepszym materiałem jest oczywiście balsa, ale przy odrobienie cierpliwości można ją zastąpić cienką ażurowaną sklejką i odpowiednio dobranymi listewkami sosnowymi. Wszelkiego rodzaju konstrukcje skorupowe oparte na balsie, styropianie czy laminatach, niestety, nie bardzo się nadają. Są one zawsze cięższe od klasycznych, wymagają na ogół gruntuowania, szpachlowania i stosowania grubej warstwy lakierów. Można oczywiście kosztem dużych wysiłków opracować bardzo lekkie konstrukcje skorupowe, lecz trzeba stosować specjalne materiały, ultralekką balsę — po to tylko, aby w rezultacie otrzymać kruchy produkt, łatwy do uszkodzenia. Co robić zatem, aby zbudować model samolotu, który by miał sztywne, gładkie pokrycie? Odpowiedź może być tylko jedna: zrezygnować z podobieństwa, przystosować model do klasycznej żeberkowo-wręgowej konstrukcji i pokryć go papierem japońskim. To nic, że żeberka, wręgi i podłużnice będą się wyraźnie odznaczały, a pokrycie między nimi nieco się zapadnie — za to model będzie latał (rys. 5-22).

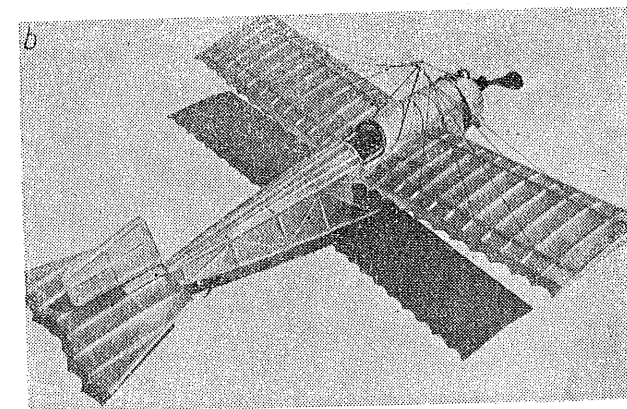
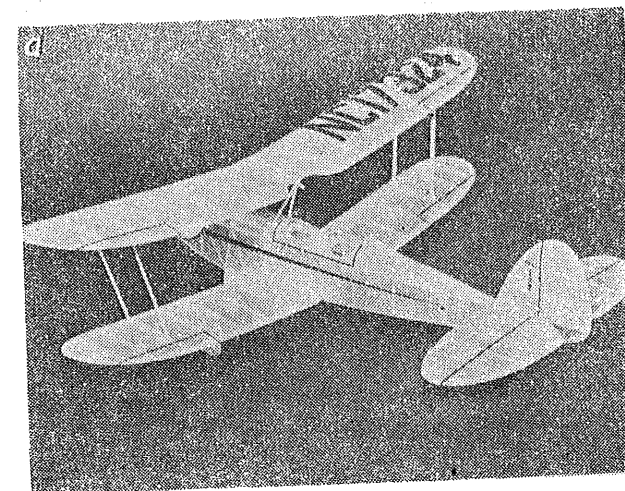
Mimo niewielkich rozmiarów modele swobodnie latające powinno się budować jako rozbieralne, przy czym wszystkie odejmowane elementy powinny być zamocowane elastycznie do kadłuba i między sobą. Przy takim rozwiązaniu zmniejszają się obciążenia, jakie mogłyby powstać, gdy model uderzy o przeszkodę, zaś szanse ocalenia konstrukcji znacznie wzrastają. Będą one tym większe, im bardziej rozdrobnimy konstrukcję.

Niektórzy modelarze doprowadzają to do perfekcji, stosując odejmowane skrzydła, stateczniki i podwozie, a nawet odejmowany cały przód kadłuba razem z silnikiem, jego zamocowaniem i zasilaniem (rys. 5-23a). Rozwiązanie takie zostało również zastosowane w modelu pokazanym poniżej na rysunku 5-21. Przy prawidłowym wykonaniu daje ono wiele korzyści:

- przednia część kadłuba może być wykonana bardzo mocno, a konieczność powiązania jej z resztą kadłuba całkowicie odpada,



5-21. Lekka konstrukcja swobodnie latającego modelu AUSTER



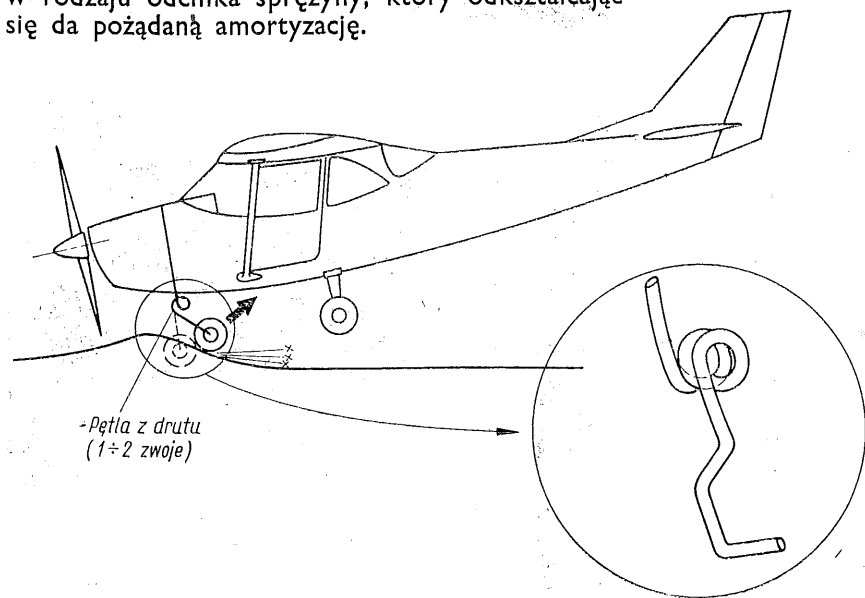
5-22. Szkieletowa lekka konstrukcja pokryta papierem japońskim — właściwe rozwiązanie dla modelu swobodnie latającego
a — model dwupłatowy, b — model jednopłatowy

- pozostałe części konstrukcji mogą być lekkie i delikatne,
- przy szczególnie silnym uderzeniu część przednia wbija się w ziemię, a tylna przesuwa się po niej wzdłuż linii łączenia, co znacznie osłabia niszczące działanie kraksy — wyjaśnia to rysunek 5-23b.

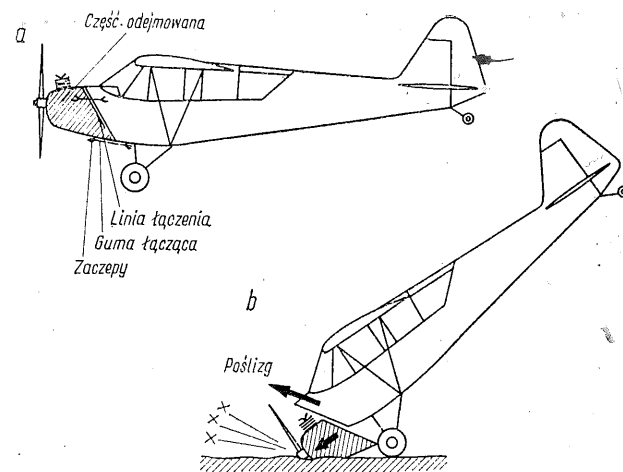
Obie części połączone są ze sobą za pomocą gumy, której napięcie musi być odpowiednio dobrane do rozmiaru i masy modelu.

Budując model składający się z wielu części, trzeba szczególnie wiele uwagi poświęcić na opracowanie zamocowań. Powinny one być proste, zapewniać dużą łatwość rozłączania się elementów, a przede wszystkim powinny być lekkie, aby nie obciążały delikatnej konstrukcji. Dotyczy to przede wszystkim zamocowania skrzydła. Projektując je, można wykorzystać wskazówki i wzory podane w rozdziale 4. Szczególnie godny polecenia jest sposób zamocowania skrzydła podpartego zastrzałem, który był pokazany na rysunku 4-46. Zamocowanie tego typu należy do najłżejszych i najlepszych. Skrzydła wolnonośne przywiązuje się gumą do kadłuba. Mogą one być jeszcze dodatkowo dzielone, na przykład na bagnety. To ostatnie rozwiązanie stosuje się tylko do dużych modeli.

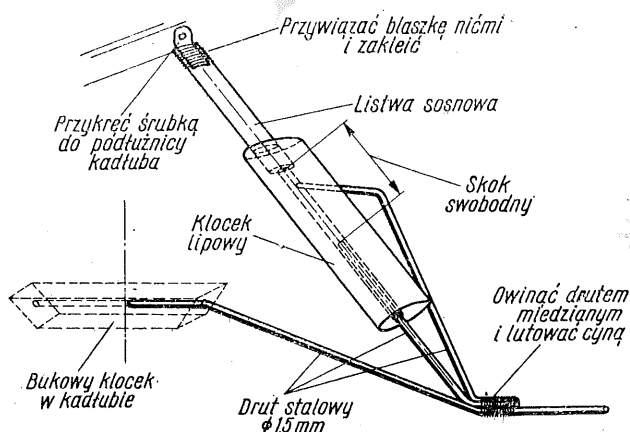
Podwozie również powinno być przedmiotem szczególnej troski. Ono bowiem pierwsze bierze na siebie wszystkie nieoczekiwane uderzenia, a model nie wybiera przecież miejsca do lądowania. W związku z tym musimy się pogodzić z faktem, że podwozie będziemy wielokrotnie naprawiać. Aby te naprawy nie były zbyt kłopotliwe, golenie podwozia muszą być koniecznie wykonane z dobrego, sprężystego drutu stalowego, który po zgięciu da się łatwo wyprostować. Dla tej przyczyny trzeba również zrezygnować z profilowania goleni na stałe, a użyć do tego celu elastycznych rurek z igelitu lub polietylenu. Do amortyzacji można wykorzystać sprężystość samego drutu (rys. 5-24), można też, przy większych modelach, samemu zbudować prymitywny amortyzator; w przypadku gdy samolot wyposażony jest w kółko przednie, powinno ono mieć możliwość dość dużego ugięcia się do tyłu. Uzyskamy je (rys. 5-25), gdy gołeń podwozia w miejscu zamocowania do kadłuba będzie skręcona spiralnie, tworząc coś w rodzaju odcinka sprężyny, który odkształcając się da pożądaną amortyzację.



5-25. Elastycznie zamocowane koło przednie łagodzi uderzenia i chroni konstrukcję



5-23. Odcinana elastycznie zamocowana przednia część kadłuba łagodzi skutki kraksy



5-24. Odcinane podwozie modelu RWD-5 — pokazano tylko jedną, prawą połowę

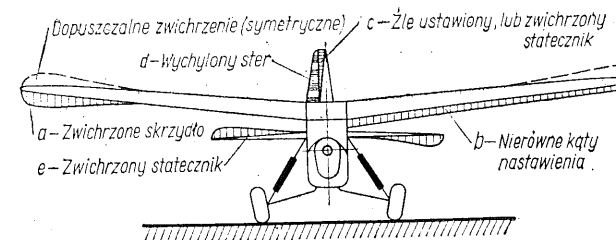
Oblatywanie modeli swobodnie latających

Zanim przystąpimy do wykonania pierwszych lotów, trzeba bardzo skrupulatnie i drobiazgowo sprawdzić, czy model jest prawidłowo zmontowany. W związku z tym sprawdzamy:

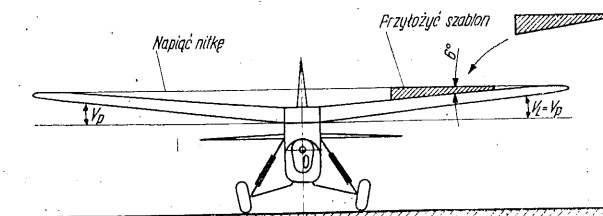
- czy płaszczyzny skrzydeł nie są zwichrzone (rys. 5-26a); dopuszczalne jest jedynie symetryczne ujemne zwichrzenie obu końców skrzydła, stosowane często zresztą dla poprawienia stateczności; wszelkie niesymetryczne zwichrzenia są niedopuszczalne, należy je zlikwidować przez zmoczenie pokrycia rozpuszczalnikiem, a następnie wysuszenie skrzydła przypiętego do deski w stanie skręconym w przeciwnym kierunku;
- czy kąty zamontowania obu połówek skrzydła są jednakowe (rys. 5-26b); w razie stwierdzenia niedokładności trzeba ją bezwzględnie usunąć;
- czy wznios obu połówek skrzydła jest prawidłowy (rys. 5-27); powinien on wynosić co najmniej 5° dla górnopłatów i $8 \div 10^\circ$ dla dolnopłatów; nie należy rozpoczynać oblatywania modelu z mniejszym wzniosem;
- czy kadłub nie jest zwichrzony, czy statecznik pionowy jest ustawiony równoległe do podłużnej osi modelu i czy ster kierunku (jeśli model ma ruchomy ster) nie jest wychylony (rys. 5-26c, d); płetwę sterową należy unieruchomić w położeniu neutralnym;
- czy statecznik poziomy nie jest zwichrzony (rys. 5-26e), czy ma właściwy kąt nastawienia (powinna istnieć możliwość regulacji tego kąta); do wstępnego oblatywania ustawiamy statecznik pod kątem -3° w stosunku do cięciwy przykadłubowego profilu skrzydła; aby to wykonać prawidłowo, należy posłużyć się prostym przyrządem, pokazanym na rysunku 5-28.

Przy stwierdzeniu, że montaż jest prawidłowy, sprawdzamy, czy wyważenie modelu jest takie, jak przewidywaliśmy w projekcie. Sprawdzenia dokonujemy podpierając model pod skrzydłem w miejscu, gdzie znajduje się średnia cięciwa (rys. 5-29), tak aby cięciwa skrzydła ustawiła się równoległe do poziomu. Odchylenia środka ciężkości większe niż 5% średniej cięciwy trzeba skorygować przez dodanie odpowiedniego balastu z przodu lub z tyłu. Modele samolotów zazwyczaj są zbyt ciężkie „na ogon” i balast trzeba umieścić przy silniku, jak najbliżej przodu. Najlepiej określić jego ciężar, a następnie wykonać dostatecznie ciężki kółpak śmigła. W ten sposób będziemy mogli wyważyć model przy najmniejszym możliwym wzroście ciężaru.

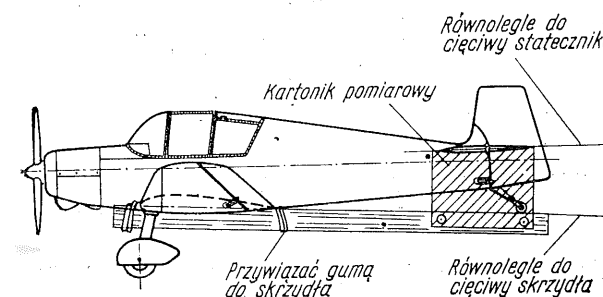
Pierwsze loty muszą być wykonywane koniecznie w dniu bezwietrznym. Rozpoczynamy od wstępnego sprawdzenia regulacji modelu. Ujmujemy model za kadłub tuż za środkiem ciężkości i biegniemy z nim pod wiatr, nadając mu położenie takie, jak w locie poziomym. Prędkość biegu staramy się dobrać w ten sposób, aby siła nośna skrzydła była wyraźnie wyczuwalna. Biegając obserwujemy zachowanie się modelu i gdy nie stwierdzimy żadnych gwałtownych tendencji do zadzierania czy nurkowania, rozluźniamy uchwyt ręki i wypu-



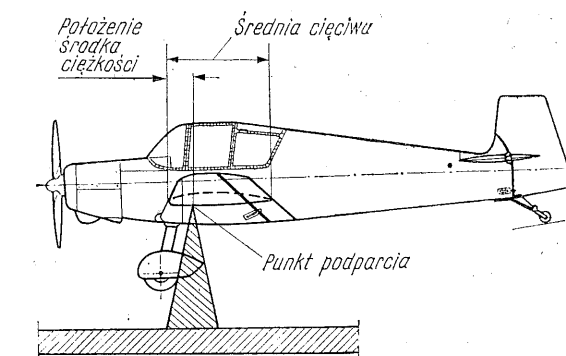
5-26. Zasadnicze błędy wykonania i montażu



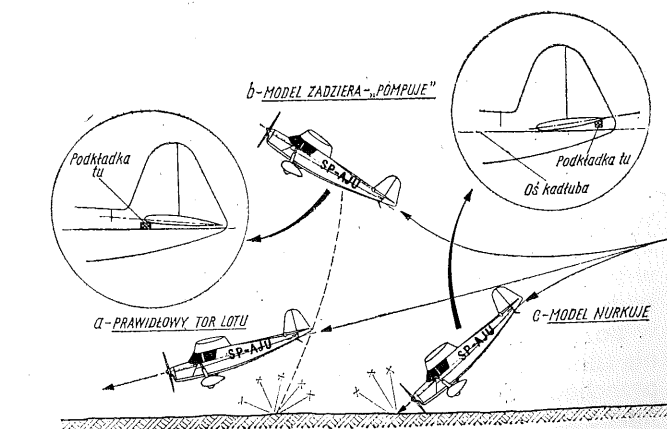
5-27. Praktyczny sposób mierzenia wzniosu skrzydła



5-28. Sposób dokonania pomiaru różnicy kątów nastawienia skrzydła i statecznika poziomego



5-29. Sprawdzenie wyważenia modelu



5-30. Regulacja lotu ślizgowego

szczamy model łagodnie i bez popychania. Powinien on szybować lotem prostym, lądując łagodnie (rys. 5-30a). Rzadko się jednak zdarza, aby regulacja modelu była prawidłowa przy pierwszych próbach. Niesprawności mogą być dwójakiego rodzaju:

1. Model „zadziera” lub — jak to się określa fachowo — „pompuje” (rys. 5-30b) objawia się to w ten sposób, że model po wypuszczeniu wznosi się do góry, traci prędkość, a następnie gwałtownie załamuje lot i przechodzi do nurkowania. Jeżeli prędkość wypuszczania nie była dostatecznie duża, to utrata prędkości może nastąpić wprost z lotu prostego. Aby temu zapobiec, należy zrównoważyć model przez wytworzenie większej siły nośnej na stateczniku poziomym, czyli przez zwiększenie jego kąta nastawienia, co robimy na przykład podkładając niezbyt grubą podkładkę pod krawędź natarcia. Czynność należy powtarzać tak długo, aż lot modelu staje się spokojny, bez jakichkolwiek tendencji do „pompowania”.

2. Model nurkuje z nadmierną prędkością (rys. 5-30c). Radzimy sobie w sposób odwrotny jak poprzednio, zmniejszając kąt nastawienia statecznika poziomego przez ujęcie podkładek spod krawędzi natarcia lub przez podłożenie ich pod krawędź spływu statecznika.

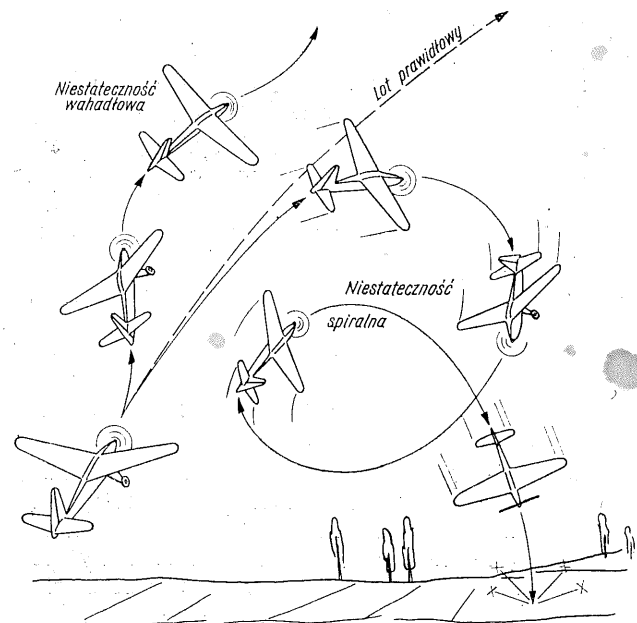
Po wyregulowaniu lotu ślizgowego i sprawdzeniu, że podłużna stateczność modelu jest prawidłowa, należy zwrócić uwagę, czy model jest w stanie utrzymać prosty kierunek lotu. Niewielkie tendencje do zakręcania można łatwo skorygować minimalnym wychyleniem steru kierunku lub przez odgięcie blaszanej klapki (tzw. trymera), którą należy wkleić w krawędź spływu statecznika. Większe, a zwłaszcza gwałtowne zakręty są bardzo niepożądane i na ogół nie dają się w prosty sposób usunąć. Są one zazwyczaj wynikiem zwichrzenia lub innych niesymetrii, które należy usuwać wcześniej, podczas kontrolowania montażu.

Oblatując model musimy się liczyć z tym, że uderzy on o ziemię. Aby zapobiec ewentualnym uszkodzeniom, trzeba do oblatywania wybierać teren miękki — najlepiej trawiasty.

Przechodzimy do prób w locie silnikowym. Przed lotem należy skontrolować ustawienie silnika. Oś śmigła powinna być nieco odchylona w bok (do $1,5^\circ$), zgodnie z kierunkiem obrotów. Dopuszczalne jest także, zwłaszcza przy górnopłatach, niewielkie odchylenie (do 3°) osi śmigła do dołu. Odchylenie osi śmigła w górę jest niedopuszczalne. Pierwsze loty przeprowadzamy na możliwie najmniejszych obrotach silnika. Model powinien krążyć łagodnie w stronę przeciwną do kierunku obrotów śmigła. Zazwyczaj silniki mają prawy kierunek obrotów (patrząc od tyłu w kierunku lotu) i wtedy model powinien krążyć w lewej spirali. Regulację lotu silnikowego przeprowadzamy przez wychylenie osi silnika na boki. Jeżeli model zakręca zbyt gwałtownie, należy wychylić oś silnika w stronę przeciwną. Robimy to przez poluzowanie śrub mocujących silnik i skrócenie całego silnika w pożądanym kierunku. Praktyczne kąty wychylenia silnika w prawo wynoszą $0,5 \div 1,5^\circ$. Gdy model przechodzi do prawego zakrętu i ma tendencję do nurkowania przy pracującym silniku, wówczas należy wychylenie silnika zmniejszyć. Jeżeli mimo

naszych starań model nie jest w stanie utrzymać stałego i łagodnego zakrętu, krąży w dużym przechyle i opuszcza nos, oznacza to, że model jest niestateczny spiralnie i trzeba powiększyć wznios skrzydeł.

„Piętą achillesową” miniaturowych samolotów jest zwykle ich słaba stateczność poprzeczna (rys. 5-31). Modele dziedziczą tę cechę po samolotach, które są zwykle lekko niestateczne spiralnie. Spowodowane jest to zbyt małym wzniosem skrzydła. Objawy są następujące: model zakręca silnie przechylny na skrzydło, z tendencją do zacieśniania kręgu i opuszczania nosa. Po skorygowaniu sterem kierunku robi to samo w przeciwną stronę. Po stwierdzeniu tego rodzaju objawów należy oblatywanie przerwać i zwiększyć wznios skrzydła o około 2° .



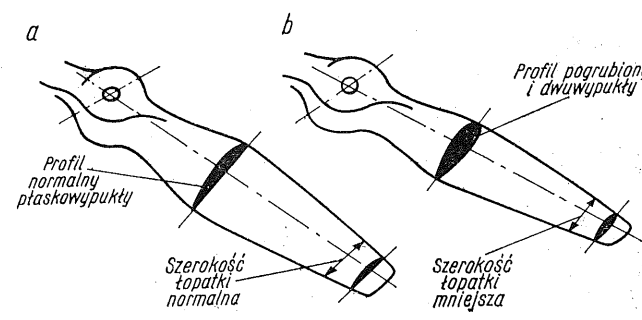
5-31. Objawy poprzecznej niestateczności modelu

Prawidłowy lot powinien być prosty lub w stałym zakręcie. Zakręt spowodowany np. podmuchem wiatru nie powinien powodować gwałtownego przechyłu na skrzydło — model powinien wyrównać początkowy przechył i poszybować prosto w zmienionym kierunku. Niewielka niestateczność spiralna daje znać o sobie dopiero podczas lotu z większej wysokości.

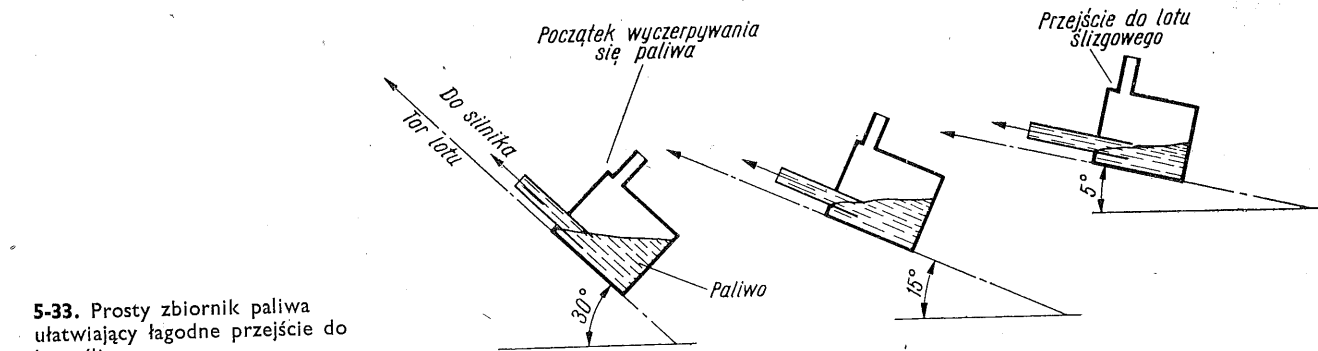
Rzadko się zdarza, że mały samolot na skutek zbyt dużego wzniosu skrzydła lub zbyt małej dla modelu powierzchni statecznika pionowego „cho-ruje” na niestateczność odwrotną do spirali, tzw. niestateczność wahadłowa. Objawy są następujące. Model nie może utrzymać kierunku w locie ślizgowym, leci początkowo prosto, a potem gwałtownie skręca. Jeżeli starczy wysokości, następuje potem równie silny przerzut na stronę przeciwną. W locie silnikowym model przerzuca się z jednego zakrętu w drugi i może wykonać nawet beczkę. Radzimy sobie zmniejszając wznios skrzydła. Obie niestateczności są niepożądane i należy je zwalczać przez dobór odpowiedniego wzniosu skrzydła.

Po wyregulowaniu właściwego kierunku krążenia w pierwszych lotach można zwiększyć stopniowo prędkość obrotową silnika, co powoduje, że model

szybciej się wznosi i pod większym kątem. Gdyby po zwiększeniu prędkości obrotowej model miał tendencję do gwałtownego zadzierania i akrobacji, oznacza to, że moc silnika jest zbyt wielka. Możemy częściowo zapobiec tym niekorzystnym tendencjom przez wychylenie osi silnika do dołu. Gdyby i to nie pomogło, wówczas należy zmniejszyć prędkość obrotową silnika, stosując większe śmigło. Ponieważ nie zawsze można zastosować większe śmigło, należy w takim przypadku wykonać śmigło mniej sprawne o grubym i symetrycznym profilu łopatk.



5-32. Śmigło normalne (a) oraz śmigło mniej sprawne o pogrubionym profilu (b)



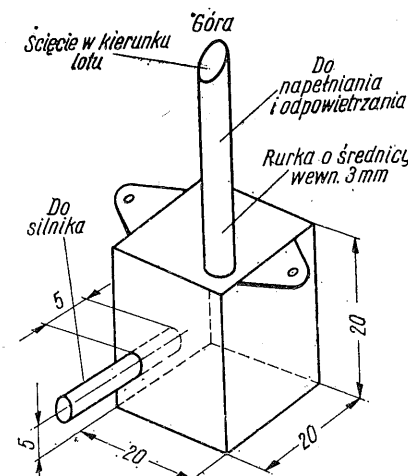
5-33. Prosty zbiornik paliwa ułatwiający łagodne przejście do lotu ślizgowego

Na rysunku 5-32 pokazana jest różnica pomiędzy normalnym i „mniej sprawnym” śmigłem. Takie śmigło daje mniejszy ciąg przy takiej samej prędkości obrotowej silnika. W przypadku gdy model ma tendencję do akrobacji, nie należy zmniejszać prędkości obrotowej poprzez regulację silnika. Jest to zabieg bardzo niepewny — w locie na skutek drgań lub też zmiany w dopływie paliwa silnik może sam zwiększyć gwałtownie prędkość obrotową i wówczas model ulegnie rozbiciu. Model powinien być tak wyregulowany i mieć takie śmigła, aby przy największych prędkościach obrotowych nie było szkodliwych tendencji podczas lotu. Wznoszenie powinno być łagodne w niezbyt ciasnym zakręcie w stronę przeciwną do kierunku obrotów śmigła.

Po zatrzymaniu się silnika, które nastąpi z chwilą wyczerpania się paliwa (jeśli model nie ma mechanicznej), model przechodzi do lotu ślizgowego. Przejście to powinno być łagodne, aby model nie rozpoczął „pompowania”. Im mniejszy jest kąt wznoszenia, tym łagodniej model przechodzi do lotu ślizgowego. Łagodne przejście do lotu ślizgowego można uzyskać przez odpowiednią konstrukcję zbiornika paliwa.

Na rysunku 5-33 wyjaśniona jest zasada konstrukcji: rurka zasysająca umieszczona jest z przodu zbiornika i nie sięga do dna. Kiedy wskutek wyczerpania się paliwa odśladnia się koniec rurki zasysającej, silnik zaczyna przerywać, moc jego spada, a kąt wznoszenia maleje. Przy mniejszym kącie poziom paliwa się zmienia, rurka znów częściowo zostaje zalana, a silnik zaczyna pracować. W ten sposób silnik powoli zmniejsza swą prędkość biegu, a model łagodnie przechodzi do szybowania.

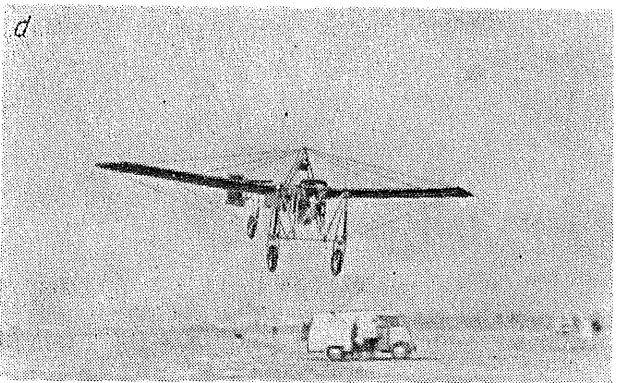
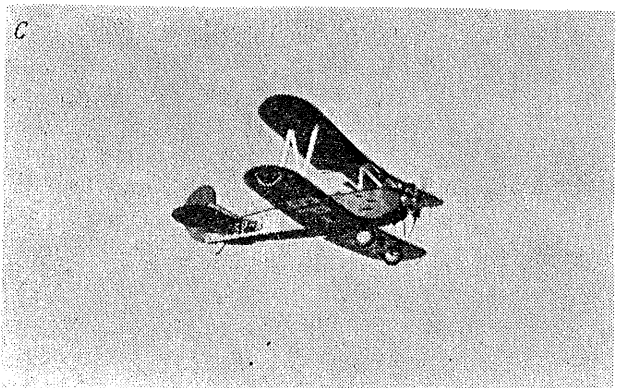
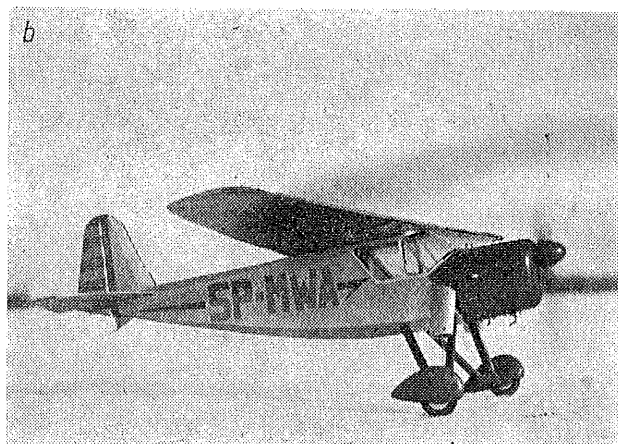
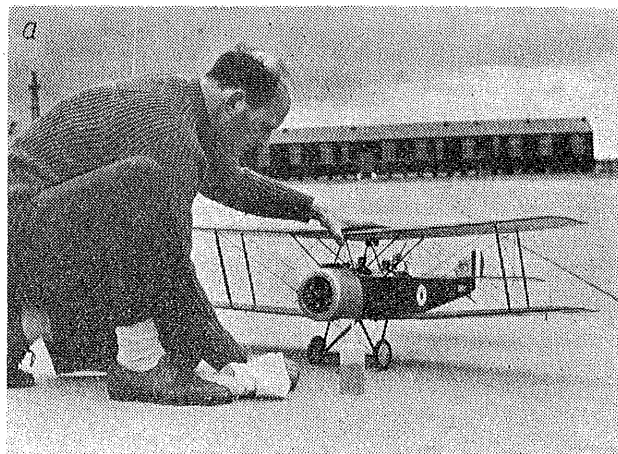
W locie ślizgowym model powinien również zakręcać, wykonując łagodne rozwlekle kręgi. Jest to o tyle ważne, że model, który szybuje na wprost może łatwo uciec z pola widzenia, zwłaszcza przy silnym wietrze.



5-34. Praktyczny zbiornik do silnika o pojemności około 2 cm³

Z tych względów należy unikać także oblatywania modeli w okresie występowania prądów termicznych. Najlepszą porą na oblatywanie jest wczesny ranek — tuż po wschodzie słońca, lub wieczór — tuż przed zachodem słońca. Również nie należy budować zbyt dużych zbiorników (rys. 5-34). Ilość paliwa w zbiorniku powinna wystarczyć na uruchomienie i wyregulowanie silnika oraz na $20 \div 30$ -sekundowy lot. W sumie na pełnym zbiorniku silnik nie powinien pracować dłużej niż około $40 \div 60$ sekund, co trzeba koniecznie sprawdzić. Najlepiej uruchamiać silnik na pełnym zbiorniku, a potem nieco model przetrzymać przed wypuszczeniem.

Model swobodnie latający startuje również samodzielnie, jeśli ma do dyspozycji odpowiedni odcinek równego terenu (rys. 5-35). Oblatywać należy jednak z ręki — dla bezpieczeństwa.



5-35. Miniaturowe samoloty na starcie i w locie
a — SOPWITH, b — RWD-5, c — CSS-13, d — BLERIOT

Jeszcze jedna mała rada praktyczna: ponieważ niektóre modele, np. RWD-5, mają podwozie umieszczone blisko środka ciężkości, podczas lądowania model może wykazywać tendencję do kapotażu. Aby temu zapobiec, można go zaopatrzyć dodatkowo w płożę, którą model będzie się „podpierał” i która zabezpieczy go przed złamaniem śmigła i obtarciem spodniej części kadłuba. Jest to szczególnie ważne w okresie oblatywania, zwłaszcza dla dużych modeli.

Automatyczne ustępcznianie modeli swobodnie latających

Wszystko, co dotychczas powiedzieliśmy o oblatywaniu modeli swobodnie latających, dotyczyło modeli prawidłowo zaprojektowanych, mających dostateczną stateczność własną.

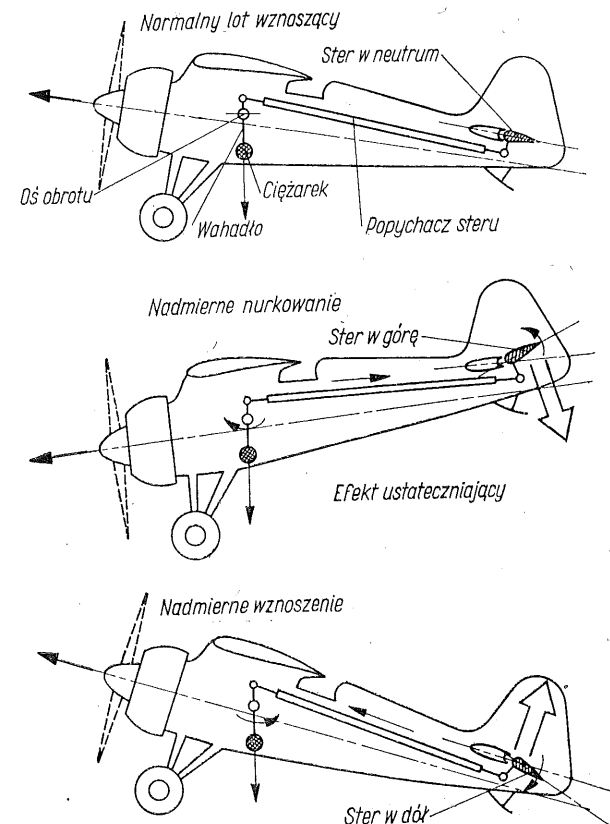
W wyjątkowych przypadkach, kiedy model jest zbudowany bez odstępstw od oryginału, to znaczy gdy powierzchnia statecznika poziomego albo wznios płata nie zostały powiększone i zachodzi obawa, że stateczność nie będzie wystarczająca, można się pokusić o dodatkowe ustępcznianie modelu za pomocą automatycznego mechanizmu wahadłowego sprzęgniętego z odpowiednim sterem. Zasadę działania wyjaśnia rysunek 5-36. Przy zmianach położenia modelu wahadło stara się zająć położenie pionowe — porusza się więc względem modelu, a ten ruch wykorzystany jest do napędu steru, tak aby jego wychylenie dawało efekt ustępczniający. Wahadło może oddziaływać w płaszczyźnie podłużnej na ster wysokości, gdy stateczność podłużna nie jest najlepsza, albo w płaszczyźnie poprzecznej na ster kierunku lub lotki, gdy zagrożona jest stateczność boczna, lub też w obu płaszczyznach jednocześnie.

Konstrukcyjne schematy i proporcje najczęściej stosowanych mechanizmów wahadłowych podane są na rysunku 5-37.

Projektując mechanizm dla konkretnego modelu trzeba pamiętać, że:

- mechanizm wahadłowy nie ustępcznia modelu niestępcznego — pewien zapas stateczności jest konieczny;
- mechanizm działa tylko w spokojnych warunkach, tzn. gdy zakłócenia równowagi modelu w locie nie są gwałtowne;
- prawidłowe działanie osiąga się kosztem wielu prób, każdy mechanizm musi być indywidualnie dopasowany do modelu;
- nie ma sensu stosować mechanizmów do modeli powoli latających, które można ustępczniać w zwykły sposób, np. przez niewielkie powiększenie wzniosu, czy przez przesunięcie środka ciężkości do przodu;
- mechanizm wahadłowy nadaje się raczej do szybszych modeli o większym nadmiarze mocy, np. gdy chcemy ograniczyć wznoszenie, a uzyskać większą prędkość (modele samolotów wysigowych).

Zastosowanie mechanizmów tego typu rozpowszechniło się szczególnie w Anglii. Stosowano je z powodzeniem w modelach historycznych (dwupłaty I wojny światowej). Obecnie jednak wypiera je zdalne kierowanie.



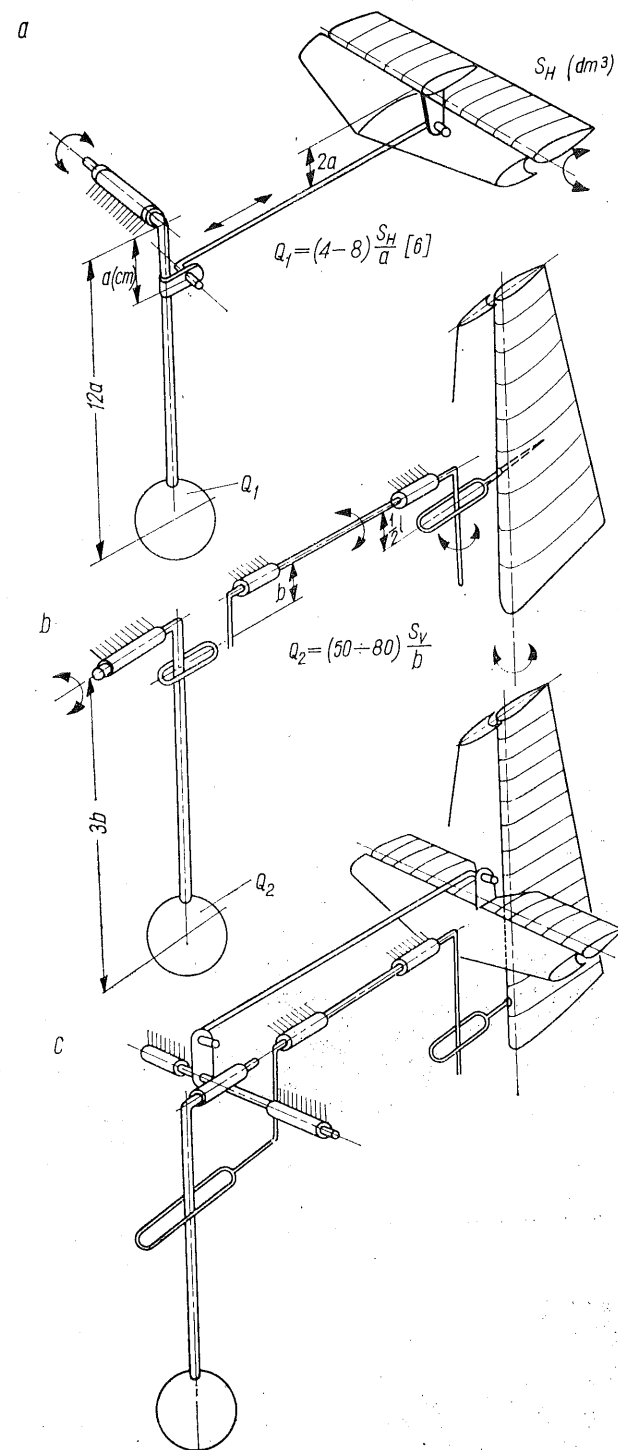
5-36. Zasada działania automatycznego mechanizmu wahadłowego (foto autora)

Oprócz tego można stosować inne sposoby automatycznego ustępczniania modeli swobodnie latających — na przykład magnetyczne lub giroskopowe.

Metody te, choć niejednokrotnie stosowane z powodzeniem, nie zdobyły sobie dużej popularności. Zasadniczą przeszkodą w rozpowszechnieniu się takich urządzeń były zapewne duże wymagania odnośnie precyzji wykonania, brak podstawowych zespołów i elementów, a przede wszystkim ogromna i zwycięska konkurencja wszelkich form zdalnego kierowania za pomocą fal radiowych.

Naturalnemu biegowi postępu trudno się przeciwstawić — toteż radziłbym wszystkim Czytelnikom, którzy noszą się z zamiarem zbudowania modelu swobodnie latającego, aby projektując lub wybierając konstrukcję brali poważnie pod uwagę możliwość przystosowania modelu do zdalnego kierowania.

Widziałbym tu ogromną szansę dla najprostszych urządzeń, nawet jednokanałowych, zwłaszcza amatorskich. Powodzenie przedsięwzięcia będzie natomiast zależało przede wszystkim od właściwego wyboru samolotu i od prawidłowego dobrania rozmiarów modelu. Jeżeli bowiem automaty stosowano dla poprawienia właściwości i bezpieczeństwa lotu wyjątkowo niestępcznych modeli, to modele, które mają być zdalnie sterowane za pomocą uproszczonych urządzeń, powinny mieć wyjątkowo dobrą stateczność własną, aby pierwsze próby w zdalnym kierowaniu nie mogły im zaszkodzić. Takie właściwości mają na ogół modele sportowych samolotów górnopłatowych, jak np.



5-37. Konstrukcja i proporcje mechanizmów wahadłowych
a — mechanizm oddziałujący na ster wysokości, b — mechanizm połączony ze sterem kierunku, c — mechanizm sprzężony z oboma sterami

model samolotu PIPER CUB, którego projekt jest opisany w rozdziale 2, oraz model RWD-5 bis, którego plany dołączone są do książki, a dokładny opis znajduje się w rozdziale 12. Model ten może być budowany, na początek, jako swobodnie latający, a następnie mechanizowany stopniowo, zależnie od możliwości, w zakresie aparatury oraz postępów w opanowaniu pilotażu — ale o tym traktuje już rozdział 7.