

Miniaturowe lotnictwo

Podstawy miniaturowego lotnictwa Część I

Budowa miniaturowych samolotów Część II

Materiały pomocnicze Część III

Wiesław Schier

Miniaturowe lotnictwo

wydanie czwarte poprawione



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa 1978

Okładkę, obwolutę i stronę tytułową projektował
Jan Bokiewicz

629.735:379.826

Zasady i możliwości odtwarzania współczesnej i historycznej techniki lotniczej w formach zminiaturyzowanych. Projektowanie, budowa i oblatywanie miniaturowych samolotów wszystkich typów. Technika i strategia rozgrywania zawodów, przepisy i regulaminy sportowe. Dane techniczne i rysunki oraz dokumentacja zdalnie kierowanych modeli samolotów RWD-5 i RWD-9. Uzupełniające materiały teoretyczne i pomoce dla konstruktorów.

Odbiorcy: wszyscy interesujący się modelarstwem lotniczym, kluby modelarskie i modelarze indywidualni.

Wydanie 1. 1963 r., nakład 5000 egz.

Wydanie 2. 1968 r., nakład 7000 egz.

Wydanie 3. 1973 r., nakład 10 000 egz.

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności,
Warszawa 1978

Opiniodawca 1. wydania mgr inż. Andrzej Trzciński

Opiniodawca 2. wydania Andrzej A. Mroczek

Redaktor Zofia Dobosiewicz

Redaktor techniczny Mieczysław Wodyk

Korektor Barbara Kobiątko, Halina Oleśkiewicz

Spis treści

Do Czytelnika/7

CZĘŚĆ I

Podstawy miniaturowego lotnictwa/9

1. Wiadomości podstawowe/9
2. Podstawy projektowania/32
3. Dokumentacja samolotu, rysunki modelu/47
4. Zasadnicze rozwiązania konstrukcyjne/67

CZĘŚĆ II

Budowa miniaturowych samolotów/91

5. Miniaturowe samoloty w locie swobodnym/91
6. Modele na uwięzi/116
7. Zdalne kierowanie miniaturowych samolotów/139
8. Modele samolotów wielosilnikowych/157
9. Modele samolotów odrzutowych/173
10. Modele z napędem gumowym/199
11. Na wodzie i na śniegu/217
12. Model samolotu RWD-5bis/230
13. Model samolotu RWD-9/240

CZĘŚĆ III

Materiały pomocnicze/255

14. Teoretyczne wiadomości uzupełniające/255
 15. Pomoce konstruktora/277
- 2 załączniki: plany modeli samolotów RWD-5bis i RWD-9

Do Czytelnika

Niezwyczajnie szybki rozwój lotnictwa na przestrzeni zaledwie kilkudziesięciu lat to dziś już prawie historia.

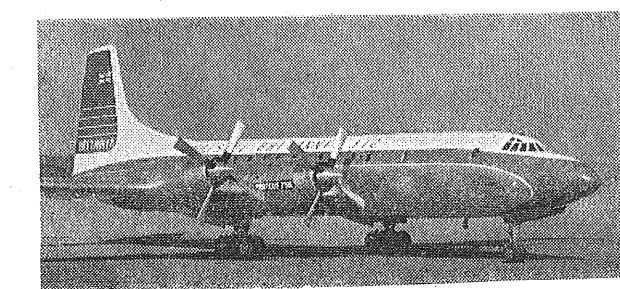
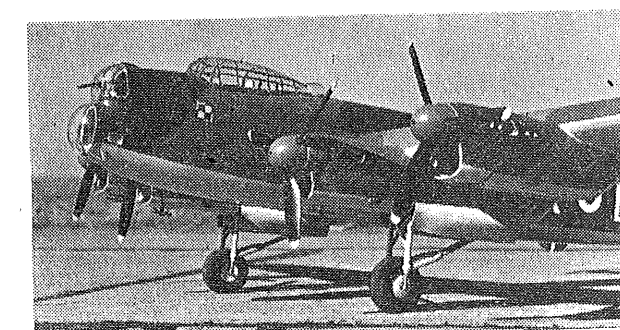
Były okresy pionierskiego romantyzmu, minęły lata bohaterskich walk o wolność. Dziś trwa wytężona praca w biurach konstrukcyjnych, fabrykach, na liniach komunikacyjnych i na sportowych lotniskach. Podróże przyziemne już nie wszystkich zadowalają — opanowujemy przestrzeń kosmiczną.

Spójrzmy na pocziwego PAPAJA — uśmiecha się do nas z fotografii. Wypucowany, lśniący czystością. Mechanicy odeszli. Niedługo przyjdzie pilot i wykona być może pierwszy w swym życiu lot. To chyba jeden z najpopularniejszych samolotów, jakie znamy. Nie ma takiego zakątka Polski, gdzie by nie doleciała ta niestrudzona wiekiem maszyna. Powstała w 1926 r., przetrwała lata wojny i służyła nam wiele lat.

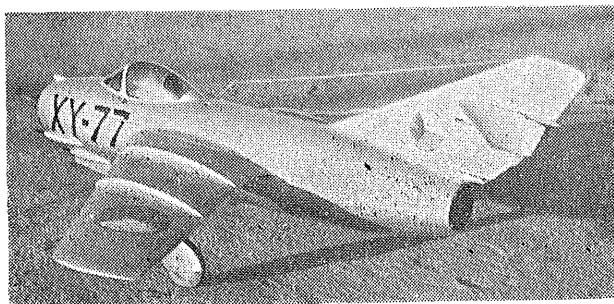
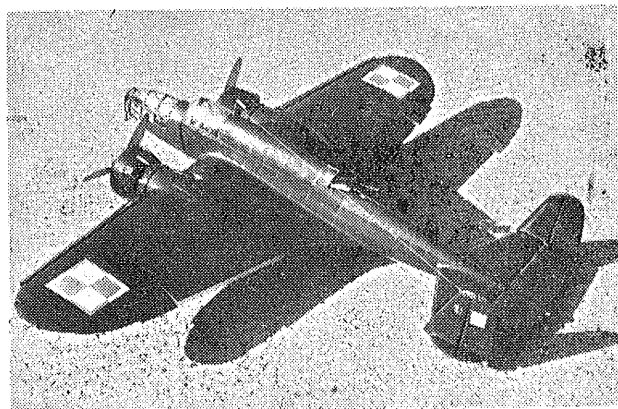
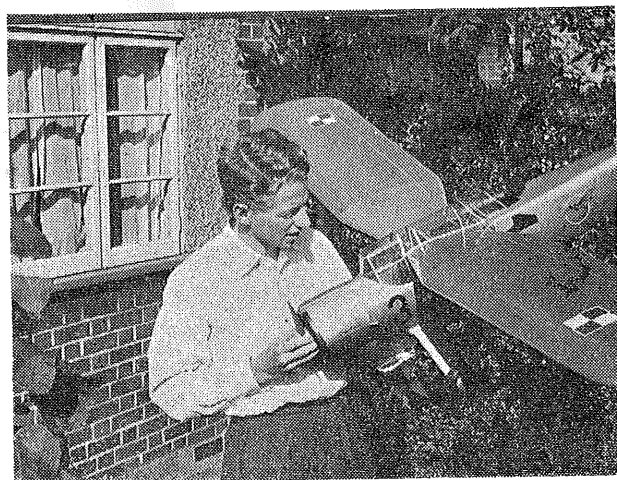
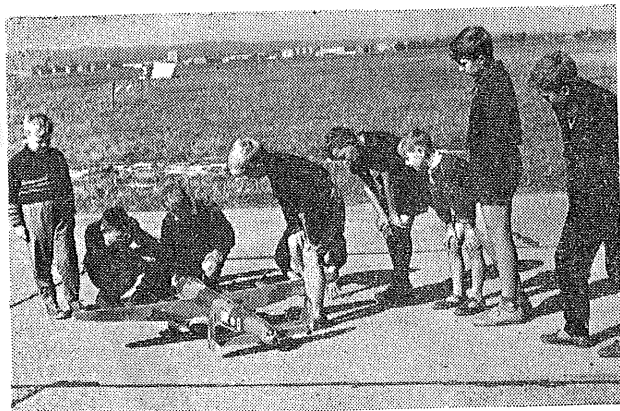
Nie wszyscy pamiętamy lata wojny — całe szczęście, że większość Czytelników tej książki nie musiała ich przeżywać. Ale któż nie czytał książek lotniczych: „Żądło Genowefy” czy „L — jak Lucy”, kto nie zna losów ich bohaterów, polskich lotników, którzy pod niebem Anglii walczyli o naszą wolność? Latali wtedy na takich maszynach, jak ten czterosilnikowy LANCASTER ze znakami rozpoznawczymi Wielkiej Brytanii i małą szachowniczką na kadłubie. Latali wszędzie, na wszystkich kontynentach, a każdy bojowy lot przybliżał ich do Polski.

Wojna skończyła się już dawno. Czterosilnikowe olbrzymy zamiast bomb przenoszą dziś na swych pokładach tysiące pasażerów. Samoloty takie, jak np. BRITANNIA, którą widzimy na fotografii, startują o różnych porach dnia i nocy, latają ponad oceanami i biegunami, skracają odległości i czynią życie ciekawsze.

Rozwój lotnictwa trwał krótko — historia jest ogromna. I właśnie dziś, kiedy mamy już za sobą pierwsze kosmiczne loty człowieka, warto przypomnieć sobie minione lata. A może uda się nam przeżyć to wszystko jeszcze raz?



Może o tym właśnie marzą ci chłopcy z następnej fotografii. Żaden z nich nie ma jeszcze 16 lat; nie znają wojny. Co tak wzbudza ich zainteresowanie? Tak, to ten sam LANCASTER. Te same znaki, numery rozpoznawcze, ta sama mała szachownica na kadłubie. Muszę więc zdradzić tajemnicę. Wszystkie fotografie przedstawiają modele. I KUKURUŻNIK, i LANCASTER, i BRITANNIA to tylko



modele. Zapewniam Was, że ci młodzi chłopcy, którzy te modele zbudowali, odczuwają emocje nie mniejsze od tych, jakie przeżywali ci, którzy na tych samolotach latali. Ich wyobraźnia potrafi zaludnić wnętrze samolotu postaciami z „L — jak Lucy” lub „Żądła Genowefy”.

W chwili obecnej można zbudować latającą miniaturową kopię każdego samolotu. Czy będzie to historyczna już dziś, piękna w swoich rasowych kształtach MEWA, czy sławny polski ŁOŚ, którego model wykonany z drobiazgową dokładnością, czy też zgrabny MiG-15 i czy będą latać tak, jak ich prawdziwe pierwowzory.

W rozdziałach „Miniaturowego lotnictwa” znajdziecie wskazówki, jak te modele należy projektować, budować i oblatywać.

Starałem się przedstawić wszystkie podstawowe możliwości wykorzystania miniaturowych samolotów w wersjach swobodnie latających i sterowanych, lądowych i wodnych, bardzo prostych i bardzo skomplikowanych.

Zacząć trzeba jednak od najprostszych i sprawdzonych modeli — jest to zasadniczy warunek powodzenia.

Dla ułatwienia tych pierwszych, najtrudniejszych kroków do książki dołączono rysunki wykonawcze dwóch modeli — bardzo prostego RWD-5 i trudniejszego RWD-9. Model samolotu RWD-5 nie wymaga żadnej mechanizacji i może być, na początek, budowany nawet jako swobodnie latający. RWD-9 natomiast daje możliwości stopniowego wprowadzania coraz większej i ciekawszej mechanizacji — poznania wszystkich podstawowych problemów pilotażu.

Modele te stanowią również przykład praktycznego rozwiązania wielu, niejednokrotnie trudnych problemów konstrukcyjnych, a ich dokumentacja może być pomocna również przy opracowywaniu własnych konstrukcji.

Obecne wydanie zostało znacznie zmienione. Przygotowując je starałem się możliwie konsekwentnie realizować zasadę, że książka powinna szerzej pokazywać możliwości miniaturowego lotnictwa, wypuklać jego związki z techniką lotniczą, jej historią i rozwojem.

Głównym moim celem jako autora jest wyraźne pokazanie drogi dojścia do własnego miniaturowego samolotu i uzyskania z tego maksimum satysfakcji. Tekst został znacznie skondensowany, niektóre rozdziały całkowicie usunięto. Rozszerzony został natomiast rozdział wprowadzający; więcej uwagi poświęcono sportowym zastosowaniom miniaturowych samolotów. Nowe rozdziały dotyczą metod projektowania oraz niektórych możliwości praktycznego zastosowania nowoczesnej teorii.

Mam nadzieję, że obecne zmienione i poprawione wydanie książki, podobnie jak poprzednie, będzie dobrze przyjęte przez moich miłych Czytelników.

Autor

Warszawa, w październiku 1977 r.

Podstawy miniaturowego lotnictwa

CZĘŚĆ I

1

Wiadomości podstawowe

Czym jest miniaturowe lotnictwo — zabawa?... sportem?... czy też dziedziną techniki? Spróbujmy dać odpowiedź na to pytanie.

Gdy patrzymy na bogato zaopatrzone witryny sklepów z zabawkami, na stosy pudełek z najrozmaitszymi zestawami kolorowych samolocików, gdy przyglądamy się dzieciom usiłującym uruchomić i zmusić je do latania, widzimy w tym tylko mniej lub bardziej udane zabawki.

Przejdźmy się teraz na sportowe lotnisko podczas trwania jednej z wielu imprez „Małego Lotnictwa”. Zobaczymy tam bardzo skomplikowane i wyrafinowane miniaturowe konstrukcje lotnicze, odczuwamy atmosferę prawdziwej sportowej rywalizacji. Może więc jest to jedna z wielu dziedzin sportu wychynowego — elitarna, przeznaczona dla nielicznych i wtajemniczonych?

Spróbujmy zajrzeć do wnętrza miniaturowych samolotów — i tych ze sklepu z zabawkami, i tych z lotniska. Znajdziemy w nich precyzyjne, miniaturowe silniki spalinowe, niezwykle skomplikowane odbiorniki radiowe, subtelne, niezawodne mechanizmy — a więc jest to nowoczesna technika na najwyższym aktualnie poziomie.

Po cóż się więc trudzić, aby znaleźć najlepsze określenie modeli latających? Mamy po prostu do czynienia z efektem cywilizacyjnym naszych czasów, stosujemy nowoczesną technikę zarówno do zabawy, dla sportu, jak i do celów naukowych. Charakterystyczną cechą tego zastosowania jest jednak to, że używamy form miniaturowych — najłatwiej dostępnych dla przeciętnego człowieka.

Rozwój miniaturowego lotnictwa

Rozwój miniaturowych form technicznych był nierównomierny. W przypadku lotnictwa — a sądzę, że także w odniesieniu do innych dziedzin

techniki — można zaryzykować twierdzenie, iż miniaturowym samolotom (szybowcom) zawdzięczamy zarówno pierwsze udane kroki postępu technicznego, jak też obecne i przyszłe osiągnięcia. Wszyscy wielcy pionierzy lotnictwa, działający u schyłku dziewiętnastego i na początku dwudziestego stulecia, opierali swoje prace i zamierzenia na wynikach uzyskiwanych za pomocą modeli. Niezwykle znamienny jest znany fakt, że doświadczenia z modelami były na ogół udane, natomiast próby przeniesienia tych wyników w sferę wymiarów rzeczywistych kończyły się zwykle niepowodzeniami. Przyczyną tego był zbyt niski jeszcze stan nauki, nieznanostwo wielu podstawowych zjawisk fizycznych, słabe zaplecze techniczne i technologiczne. To, co udawało się w niewielkim wymiarze, co można było zbudować własnymi rękoma w prymitywnie wyposażonej pracowni, skazywało na klęskę, gdy w grę wchodziły wielkie środki techniczne i materialne, trudne problemy wytrzymałościowe i konstrukcyjne, zapotrzebowanie na wielkie moce, których ówczesne maszyny parowe i pierwsze prymitywne silniki spalinowe dostarczyć nie mogły.

Później problemy te zostały opanowane — powstały coraz większe i doskonalsze samoloty. W miarę doskonalenia się techniki lotniczej, w miarę jak wzrastały wszystkie zasadnicze parametry lotu — prędkość, wysokość, zasięg — zmysły człowieka — pilota stawały się coraz bardziej niewystarczające i wzrastało zapotrzebowanie na coraz to bardziej skomplikowane mechanizmy i zespoły wyposażenia dodatkowego, służące do kontroli lotu, nawigacji, telekomunikacji. Ponieważ zespoły te stawały się wciąż większe i cięższe, potrzeba ich miniaturyzacji stała się sprawą palącą. Doświadczenia te przeniesione zostały później do techniki astronautycznej i śmiało można dziś powiedzieć, że bez oszałamiających osiągnięć w dziedzinie miniatury-

zacji elementów elektronicznego i mechanicznego wyposażenia statków kosmicznych nie byłoby ani lotów człowieka na Księżyc, ani innych wielkich osiągnięć.

Właśnie te najnowocześniejsze zdobycze techniki i technologii miniaturowej przeniesione zostały w krajach najbardziej rozwiniętych wprost do „miniaturowego lotnictwa” — otrzymaliśmy wspaniałe, niezawodne silniki, aparatury i mechanizmy. Możemy dziś za ich pośrednictwem pilotować model każdego prawie samolotu, jaki kiedykolwiek zbudowano na świecie.

Celem tej książki jest możliwie proste przedstawienie problemów i możliwości miniaturowego lotnictwa.

Nowoczesna technika lotnicza w miniaturze

Dzisiejsze modelarstwo lotnicze, a zwłaszcza budowa latających modeli (makiet) rzeczywistych samolotów ma niewiele wspólnego z tym, czym modelarstwo było jeszcze 10–15 lat temu, nie mówiąc już o latach wcześniejszych.

Nastąpiły przede wszystkim ogromne przemiany jakościowe, związane z rozpowszechnianiem metod mechanizacji lotu i sterowania odległościowego, a przede wszystkim z opanowaniem techniki proporcjonalnego zdalnego sterowania. Mam tu na myśli opracowanie, doprowadzenie do pełnej sprawności technicznej i eksploatacyjnej, a następnie wprowadzenie do masowej sprzedaży miniaturowych aparatów pozwalających na dokładne odtworzenie przez model sygnałów nadawanych z ziemi. Dopóki nie można było zrealizować tej prostej, wydaje się dziś, sprawy, że ster czy też inny mechanizm miniaturowego samolotu podąża dokładnie za ruchem drążka w nadajniku, miniaturowe lotnictwo nie było w pełni dojrzałe. Dopiero teraz można powiedzieć, że zostały zatarte ostatnie różnice dzielące modelarstwo od lotnictwa, a nawet

więcej — stworzone zostały podstawy, by modelarstwo mogło współzawodniczyć z lotnictwem w dziedzinie torowania drogi postępu.

Przemiany, o których wspominałem, spowodowały znaczne rozszerzenie eksploatacyjnych prędkości lotu, jakie stosowane były dotąd w miniaturowym lotnictwie. Wzrosły prędkości maksymalne, osiągane zarówno przez makietę sterowaną zdalnie (radiem), jak i odległościowo (linkami), stworzone zostały warunki do pełnego wykorzystania całego zakresu pośrednich prędkości od minimalnych, charakterystycznych dla lotu ślizgowego, do maksymalnych.

Warto tu zaznaczyć, że w poprzednim okresie większość prostszych modeli zdalnie kierowanych, wyposażonych w nieproporcjonalnie działające aparatury, mogła latać tylko z prędkościami zbliżonymi do prędkości lotu ślizgowego, a większość modeli na uwięzi tylko z prędkością maksymalną. Postęp ten miał dalsze istotne konsekwencje zarówno w zakresie aerodynamiki i metod projektowania, jak konstrukcji, technologii, mechanizacji i automatyzacji oraz funkcjonalności miniaturowych samolotów.

Aerodynamiczne właściwości miniaturowych samolotów, w dużo większej mierze niż w lotnictwie, zależą od rozmiarów płatowca i prędkości lotu. Powszechnie stosowanym wskaźnikiem jest tzw. liczba Reynold'sa (liczba Re), która wiąże te dwa podstawowe czynniki w jeden prosty iloczyn:

$$Re = 70v \cdot l$$

gdzie:

v — prędkość lotu wyrażona w m/s,

l — wymiar liniowy, w mm np. długość cięciwy skrzydła, długość kadłuba itp.

Liczone w ten sposób liczby Re mogą się wahać w granicach od kilkudziesięciu tysięcy dla powolnych, niedużych modeli latających do kilku milionów dla przeciętnych samolotów sportowych i odpowiednio więcej dla znacznie szybszych maszyn. Ilustracją jest tablica 1-1.

Tablica 1-1

Aerodynamiczne właściwości miniaturowych samolotów na tle ich historycznego rozwoju

Miniaturowe samoloty ^{*)} (makiet latające)		Cięciwa skrzydła [mm]	Prędkość lotu v [m/s]	Liczba Re (zakres orientacyjny)	Aerodynamiczne podobieństwo do samolotu
Stopień nowoczesności	rodzaj				
Przestarzałe (do roku 1960)	Swobodnie latający	150	5 ÷ 6	52 000 ÷ 63 000	b. małe
	Na uwięzi	120	8 ÷ 16	67 000 ÷ 134 000	małe
	Zdalnie kierowany (jednoczynnościowo, nieproporcjonalnie)	200	6 ÷ 8	84 000 ÷ 98 000	zwiększone
Zakres niestabilności aerodynamicznej (krytyczny zakres liczb Re)				40 000 ÷ 80 000	trudne do ustalenia
Nowoczesne (po roku 1965)	Na uwięzi	200	12 ÷ 30	170 000 ÷ 420 000	pełne
	Zdalnie kierowany (proporcjonalnie w niepełnym zakresie)	250	8 ÷ 12	140 000 ÷ 210 000	pełne
	Zdalnie kierowany (proporcjonalnie w pełnym zakresie)	300	8 ÷ 25	170 000 ÷ 520 000	pełne
Samolot sportowy		1500	20 ÷ 80	2 000 000 8 000 000	—

^{*)} Porównanie przeprowadzono na przykładzie modeli przeciętnych samolotów sportowych, jak np. samoloty RWD lub PZL WILGA

Cały, istotny dla modelarzy problem polega na tym, że właśnie w zakresie liczb Re wynoszących kilkadziesiąt tysięcy ($Re = 40\,000 \div 80\,000$) zachodzi niestabilność zjawisk aerodynamicznych objawiająca się (przy obniżeniu liczby Re) wzrostem oporu i spadkiem siły nośnej, a więc obniżeniem sprawności całego płatowca. Zjawiska te utrudniają również porównywanie właściwości modeli i samolotów i odgradzają niejako obszar tradycyjnej aerodynamiki modelarskiej od aerodynamiki stosowanej w lotnictwie.

Jeżeli przyjrzymy się uważnie tablicy 1-1, to zauważymy, że wszystkie nowoczesne modele latające w zakresie dużych liczb Reynold'sa ($150\,000 \div 500\,000$) znacznie przekraczają obszar krytyczny, co stało się możliwe — podkreślę to raz jeszcze — dzięki postępowi w zakresie metod sterowania i miniaturyzacji mechanicznego i elektronicznego wyposażenia miniaturowych samolotów.

Fakty te mają kapitalne i wielorakie znaczenie:

- umożliwiają korzystanie z obecnego i przeszłego dorobku klasycznej aerodynamiki lotniczej,
- umożliwiają projektowanie właściwości modeli i dokładne przewidywanie ich osiągnięć,
- pozwalają na porównywanie modeli i samolotów, budość modele zachowujących pełne dynamiczne podobieństwo do pierwowzoru,
- wywołują nowy postęp w dziedzinie aerodynamiki przez wzrost zainteresowania naukowców i badaczy obszarem lotu modeli — dzięki temu powstały między innymi nowe profile,
- rozszerzają zakres użytkowania modeli i wzmagają zapotrzebowanie na innowacje techniczne.

Tak więc przekroczenie „bariery” krytycznych liczb Reynold'sa stało się motorem bardzo szybkiego postępu we wszystkich dziedzinach związanych z miniaturowym lotnictwem. Postęp ten trwa do dziś i w bardzo wielkim skrócie można go scharakteryzować w następujący sposób.

● Istnieją pełne możliwości odwzorowania aerodynamiki płaszczyzn nośnych oraz ich właściwości, łącznie z mechanizacją płata, a także istnieją warunki dla tworzenia nowych rozwiązań aerodynamicznych.

● Konstrukcje miniaturowych samolotów coraz bardziej upodabniają się do rozwiązań stosowanych w lotnictwie. Jeżeli chodzi o odwzorowanie rzeczywistych samolotów, to istnieją bardzo duże możliwości odtwarzania ich rzeczywistej konstrukcji. Warunki eksploatacji miniaturowych samolotów stwarzają ponadto potrzebę stosowania zupełnie nowych rozwiązań, na przykład łatwego demontażu modelu czy samoczynnego rozłączania się elementów w przypadku awarii. W wielu przypadkach (od strony koncepcyjnej) konstruktor modelu może być postawiony przed znacznie trudniejszym zadaniem niż konstruktor samolotu.

● Mechanizacja miniaturowych samolotów stosowana jest coraz powszechniej. Niezależnie od unikalnych mechanizmów, które muszą być budowane indywidualnie, wzrasta zakres zastosowań urządzeń mechanicznych, elektromechanicznych i elektronicznych produkowanych seryjnie przez wyspecjalizowane firmy na całym świecie. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim mechanizmy, sterowania modeli na uwięzi, elektromechaniczne

mechanizmy wykonawcze do napędu sterów i innych urządzeń zmechanizowanych, automaty elektromechaniczne pozwalające na sekwencyjne sterowanie (czynności kolejno po sobie następujące), mechanizmy nadające wyposażone w logiczne układy elektroniczne, coraz częściej oparte na obwodach scalonych, radiowe urządzenia odbiorcze wykorzystujące nowoczesne zasady sterowania numerycznego lub też logicznego.

● Miniaturowe lotnictwo coraz powszechniej sięga po nowe i nowoczesne technologie. Oprócz tradycyjnych już zastosowań drewna, głównie balsy, stosowane są tworzywa i żywice syntetyczne, a przede wszystkim laminaty uzyskane metodą kombinacji żywic, tkanin szklanych i tworzyw porowatych z polistyrenu, poliwinylu czy poliuretanu. Coraz częściej stosuje się nowoczesne metody prefabrykacji detali, a nawet całych elementów i zespołów modeli, oparte na wykorzystaniu współczesnych technologii formowania wtryskowego lub podciśnieniowego. Stosuje się metale, lekkie odlewki z duraluminium lub elektronu. Wielki postęp dokonał się w zakresie technologii klejenia. Nowoczesne kleje dostarczane przez przemysł chemiczny pozwalają na trwałe spajanie wszystkich znanych materiałów, w tym także metali — szczególnie blach. Miniaturowe lotnictwo przyswaja również bardzo szybko zastosowania najbardziej nowoczesnych materiałów, jak np. włókna węglowe, specjalne tworzywa sztuczne, np. teflon itp. Technologia trwałego zabezpieczania powierzchni, impregnacji, lakierowania nie ma obecnie nic wspólnego z tradycyjnymi pojęciami. Stosuje się między innymi termoprzylepne folie, które nie wymagają przyklejania ani malowania, stosuje się nowoczesne hemoutwardzalne lakiery i emalie specjalne, pozwalające uzyskać nie tylko właściwy kolor, ale i strukturę powierzchni.

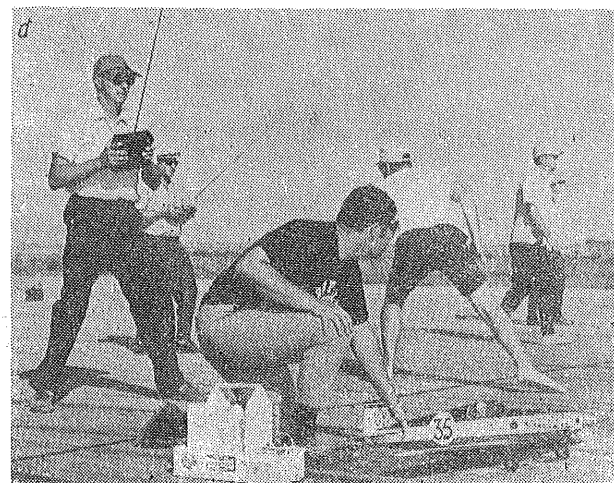
● Technika silnikowa została doprowadzona do pełnej doskonałości funkcjonalnej. Nowoczesne silniki odznaczają się dużą wydajnością, która nawet u wielkich jednostek, o pojemności 10 cm^3 , dochodzi do 200 km/l , co oznacza, że silniki te mogą osiągać moc rzędu 2 KM . Współczesne urządzenia gaźnikowe pozwalają na całkowicie płynną zmianę prędkości obrotowej — w granicach od obrotów biegu jałowego do maksymalnych — działają pewnie we wszystkich stanach lotu, a także podczas wykonania pełnego programu akrobacji.

Zastosowanie miniaturowych samolotów

Użyteczność miniaturowego lotnictwa jest zaskakująco duża. Nie będę się rozwodził nad podstawową politechniczną funkcją nowoczesnego miniaturowego lotnictwa, bo to jest oczywiste. Mogę wymienić co najmniej dziesięć znanych przypadków zastosowań (rys. 1.1).

● Jako pierwszą i zasadniczą funkcję miniaturowego lotnictwa wymienię możliwości odtwarzania istniejącej techniki lotniczej. Odnosi się to do całokształtu współczesnego lotnictwa i obejmuje także samoloty z napędem odrzutowym^{*)}. Róż-

^{*)} Problematyce tej poświęcony jest odrębny rozdział.



1-1. Najczęściej spotykane przypadki zastosowań miniatury w lotnictwie

a — wierna odwzorowanie istniejącej techniki lotniczej, b — odtwarzanie historii lotnictwa c — pilotaż, d — sport zawodniczy (foto autora)

norodność spotykanych w lotnictwie typów pozwala zawsze na dokonanie najkorzystniejszego wyboru, zależnie od konkretnych warunków i możliwości wykonawczych.

Modele mogą być oczywiście budowane jako swobodnie latające, na uwięzi i zdalnie kierowane o różnym stopniu komplikacji. Największe ograniczenie w swobodzie wyboru stwarza, oczywiście, lot swobodny — ograniczenia maleją w miarę wzrostu stopnia mechanizacji. Do zdalnego kierowania nadają się najbardziej wszystkie samoloty jednosilnikowe — sportowe, akrobacyjne i wojskowe. Ciężkie maszyny wielosilnikowe łatwiej odtworzyć jako modele na uwięzi. Napęd odrzutowy może być rzeczywisty, typu wentylatorowego lub też pozorowany, zależnie od możliwości i celowości zastosowania. Miniaturyzować można również zupełnie niekonwencjonalne samoloty, jak na przykład skróconego startu, wodno-samoloty lub też supersoniczne samoloty naddźwiękowe.

● Drugi, bardzo rozległy obszar zastosowań miniatury w lotnictwie to możliwości odtwarzania historii techniki lotniczej.

Jak wcześniej mówiliśmy, współczesne modele latające, zwłaszcza modele na uwięzi i zdalnie kierowane, latają w obszarze dość wysokich wartości liczb Reynolda ($150\,000 \div 500\,000$). Większość historycznej dokumentacji aerodynamicznej, szczególnie badań profili lotniczych, wykonano dla tego właśnie zakresu, ponieważ nie było wówczas innych możliwości technicznych. Możemy więc bezpośrednio korzystać z takich materiałów, o których można powiedzieć, że bardziej odpowiadają dzisiejszym potrzebom modelarskim aniżeli potrzebom lotnictwa tamtych czasów. Mamy więc pełne szanse powodzenia i gwarancję prawidłowości wykonanych projektów. Z rozwiązaniem konstrukcji nie ma na ogół żadnego problemu, gdyż stosowane w przeszłości metody konstruowania samolotów dobrze odpowiadają nawet tradycyjnym konstrukcjom modelarskim. Nowoczesne aparaty i silniki są w stanie ożywić model każdego historycznego samolotu, niezależnie od tego, czy będą to pierwsze maszyny okresu pionierskiego, samoloty z okresu I wojny światowej, czy bardziej już nowoczesne konstrukcje międzywojenne.

Budowa modeli samolotów historycznych ma wiele aspektów — jednym z najciekawszych to możliwość odtworzenia mało dziś znanych lub w ogóle nieznanymi problemami, z którymi borykało się lotnictwo w pierwszych latach swego rozwoju — dzisiejsza technika miniatury w pełni na to pozwala.

● Trzeci kierunek wykorzystania miniatury w lotnictwie zarezerwowalbym dla wszystkich potencjalnych inżynierów i techników lotnictwa oraz przyszłych konstruktorów samolotów amatorskich. Chodzi mi tu przede wszystkim o cały wielki zespół możliwości, jaki stwarza miniatury w zakresie doskonalenia metod projektowania i konstruowania rzeczywistych samolotów. Gdybym miał, na przykład, zbudować samolot amatorski, wykonałbym dokładny projekt i kopię maszyny w skali 1:3, wyposażylibym w odpowiedni napęd i w ciągu kilku miesięcy wiedziałbym już wszystko o swoim zamierzeniu, wiedziałbym, na ile pewne są obliczenia aerodynamiczne, stateczności, sterowności i wytrzymałości, wiedziałbym, cze-

go można się spodziewać podczas kołowania, startu, lądowania i w locie.

Zresztą nie trzeba od razu aż takich aspiracji — niejednokrotnie wystarczy satysfakcja, jaką dostarcza sam proces projektowania i konstruowania modelu. Oczywiście po to, aby otrzymać w rezultacie dobrze latający model, nie trzeba aż tak wyolbrzymiać problemów projektowania i konstrukcji — często jednak właśnie tu może tkwić źródło największego zadowolenia.

● Na czwartym miejscu postawiłbym samą przyjemność latania — pilotażu i eksploatacji miniatury samolotów. Nie chodzi tu o zastosowania sportowe, o których będziemy mówili nieco dalej, lecz o traktowanie lotów jako rozrywki, zabawy i odprężenia po trudach nauki czy pracy zawodowej.

Miniatury samolotów, dzięki swoim podobieństwom do rzeczywistych maszyn i różnorodności typów, jakie oferuje całe historyczne i współczesne lotnictwo, mają tu rzeczywiście niezaprzeczalne uroki. Możliwości jest bardzo wiele — można wybierać, zależnie od warunków, modele na uwięzi lub zdalnie kierowane, lądowe lub wodne, latać z nimi tylko dla własnej satysfakcji lub też organizować spotkania i zloty towarzyskie, odtwarzać nawet niektóre wydarzenia z historii lotnictwa. Można sobie na przykład wyobrazić odtworzenie w formie miniatury sławnego przelotu przez kanał La Manche z udziałem historycznych maszyn, odtwarzanie sławnych meetingów lotniczych, jak np. wyścig o puchar gazety Daily Mail czy też takich wspaniałych imprez, jak wyścig o puchar Schneidera, Challenge itp.^{*)} — wszystko w sposób nieobowiązujący, za pomocą nawet uproszczonych modeli, bez wkładania ogromnej pracy, jaka jest niezbędna przy przygotowywaniu modeli zawodniczych.

● I tak doszliśmy do jednego z głównych dziś zastosowań miniatury samolotów — do zastosowań sportowych. Umieściłem je rozmyślnie dopiero na piątym miejscu, gdyż chęć odtwarzania techniki lotniczej i wszystkiego, co się z nią wiąże, była zawsze pierwotna. Dzięki temu miniatury lotnictwa narodziło się na długo przed ostatecznym uformowaniem się i międzynarodowym uznaniem kategorii zawodniczych.

Obecnie zorganizowane modelarstwo lotnicze podniesione zostało do rangi sportów objętych ogólną państwową klasyfikacją sportową — miniatury lotnictwa zajmuje w tym układzie szczególne miejsce. Ma ono bowiem również cechy specjalne — czerpie z doświadczeń stale rozwijającej się techniki lotniczej, a zasoby techniki historycznej stale rosną. Rosną więc możliwości miniatury lotnictwa i nie ma mowy, aby mogło się ono zestarzeć lub zdegenerować, co się nieraz zdarzało w przypadku innych dziedzin modelarstwa, zwłaszcza gdy nie miały one bezpośredniego związku z rzeczywistą techniką lotniczą.

Modele zawodnicze mogą być budowane jako swobodnie latające, na uwięzi i zdalnie kierowane — największą popularnością cieszą się dwie ostatnie

grupy. Modele oceniane są za wierność i pomysłowość rozwiązań konstrukcyjnych, za lot i za wykonanie. Problemów z tym związanych jest bardzo dużo — omówimy więc je oddzielnie, a teraz przejdźmy do następnych możliwości zastosowań miniatury samolotów.

● Do szóstej z kolei grupy zastosowań zaliczyłbym możliwości, a przede wszystkim potrzebę prowadzenia prac badawczych. Jak w każdej dziedzinie techniki, tak i w miniatury w lotnictwie wyprzedzająca działalność badawcza jest niezbędnym warunkiem i gwarancją dalszego pomyślnego rozwoju; chroni tę dziedzinę przed stagnacją i zacołaniem technicznym, generuje nowe, czasem zupełnie nieoczekiwane kierunki zastosowań. Działalność badawcza potrzebna jest również po to, aby ściślej związać rozwój danej dziedziny z życiem kraju, możliwościami i potrzebami jego gospodarki. W miniatury w lotnictwie potencjalne pole działalności badawczej jest niezwykle szerokie — można wymienić przykładowo:

- prace o charakterze teoretycznym, mające na celu określenie właściwych kierunków rozwoju, optymalnych rozwiązań i metod projektowania,
- badania i analizy statystyczne, których celem jest określenie prawidłowych wskaźników wynikających z praktyki eksploatacyjnej, które pozwalają na poprawne projektowanie i ocenę porównawczą,
- badania eksploatacyjnych właściwości miniatury samolotów, w tym badania i pomiary podstawowych parametrów lotu,
- specjalne badania aerodynamiczne — laboratoryjne i w locie, których celem jest rozwój aerodynamiki płaszczyzn nośnych, oraz badania przydatności różnych urządzeń aerodynamicznych,
- badania zjawisk pilotażowych: sterowności i zwrotności oraz stateczności miniatury samolotów,
- badania konstrukcji płatowców dla określenia stopnia jej funkcjonalności i wytrzymałości,
- badania konstrukcji i pewności działania urządzeń mechanicznych — urządzeń sterujących, napędów, mechanizacji itp.,
- badania zespołów napędowych — stanowiskowe i podczas lotu,
- badania paliw i smarów do silników spalinywych,
- badania aparaty elektronicznej i wyposażenia specjalnego,
- projektowanie i badania modeli przeznaczonych do lotów w warunkach ekstremalnych, jak na przykład rekordy prędkości, długotrwałości lub wysokości lotu,
- badania specjalnych warunków eksploatacji, np. badania wodno-samolotów i inne.

Jak wynika z wyliczenia, podanie 12 obszernych tematów badawczych nie jest rzeczą trudną — trudne natomiast jest zorganizowanie takich badań, jeśli się zważy, że do ich poprawnego przeprowadzenia potrzebna jest co najmniej taka sama wiedza i podobne wyposażenie badawcze (tyle, że unikalne, bo miniatury), jak przy badaniach rzeczywistych samolotów. Jest to specjalnie trudne w sytuacji, gdy gospodarcze i ekonomiczne znacze-

^{*)} Możliwości takie zostały bardzo dokładnie opisane w książce autora „Samoloty w historii i w miniaturze”.

nie modelarstwa jest jeszcze nikłe. Niemniej przykłady krajów wysokorozwiniętych wskazują wyraźnie, że tej drogi pominąć nie można. W miarę jak wzrastać będą rozmiary działalności politechnicznej, masowość zjawiska zacznie wymuszać konieczność zaangażowania coraz to większych mocy produkcyjnych. Zaistnieje wówczas potrzeba unowocześniania i rozwoju produkcji, a to wymusza konieczność zorganizowania odpowiedniego zaplecza badawczo-rozwojowego.

● Wreszcie, skoro mowa o rozwoju, dochodzimy do siódmego już zastosowania miniaturowego lotnictwa. Nasze miniaturowe samoloty nie muszą wcale stanowić wiernego naśladownictwa tego, co już zostało zrobione w lotnictwie. Można projektować i budować zupełnie niezależnie, tworząc zupełnie nowe konstrukcje o jeszcze lepszych właściwościach niż gdyby to były prawdziwe makietki latające. Brak jest w tej chwili wyraźnych ram organizacyjno-regulaminowych, gdybyśmy chcieli sportowo traktować tę działalność, nie wykluczone jednak, że zostaną one stworzone, gdyż miniaturowe lotnictwo jest jeszcze młodą dziedziną, „nie obrosła” w biurokratyczne przyległości. Projektowanie i budowa „nowych samolotów w miniaturowym” — jak nazwałbym omawianą działalność, ma dobre perspektywy przede wszystkim dlatego, że wszystkie elementy — projekt, konstrukcja i technologia — mogą być podporządkowane aktualnym możliwościom. Staje się to szczególnie ważne, gdy modele mają być masowo produkowane w formie prefabrykowanej. Tak się też dzieje, a katalogi wyspecjalizowanych firm aż się roją od reklam takich właśnie modeli (modele typu semi-scale). W przypadkach indywidualnych jest to znakomita szkoła dla konstruktorów.

● Od miniaturowych samolotów własnej konstrukcji, projektowanych i budowanych przez modelarzy, już tylko krok do poważnych modelowych badań lotniczych. Skoro, jak powiedzieliśmy, dzisiejsza technika, a szczególnie możliwości w dziedzinie zdalnego kierowania i przekazywania danych pozwalają na budowanie modeli całkowicie podobnych pod względem swych właściwości aerodynamicznych i dynamicznych do ich rzeczywistych pierwowzorów, to można całą sprawę odwrócić — budować najpierw modele, badać je i na podstawie wyników tych badań podejmować decyzje o budowie prototypów w wielkości naturalnej. Badania takie były i są prowadzone przez wszystkie najpoważniejsze lotnicze wytwórnie i placówki badawczo-rozwojowe, teraz jednak (w związku z postępami w miniaturyzacji) znacznie wzrosły techniczne możliwości ich realizacji, a co dla nas najważniejsze — spotkały się tu drogi rozwojowe lotnictwa i modelarstwa.

Na podstawie badań modelowych można ocenić wszystkie zasadnicze właściwości przyszłego samolotu, można to zrobić szybciej, taniej, bez potrzeby narażania ludzi na utratę życia czy zdrowia, a drogocennego prototypu na zniszczenie. Za pomocą badań modelowych można również sprawdzić już gotowe konstrukcje, prowadzić badania dla wytyczenia kierunków ich rozwoju, ulepszeń i modernizacji. Wydaje się, że zapotrzebowanie na ten rodzaj pracy będzie w lotnictwie stale wzrastało, a różnice pomiędzy modelarzami a pracownikami badawczy-

mi lotnictwa, poczynając od pewnego poziomu, będą się zacierać.

● Na zakończenie pozostaje wspomnieć jeszcze o dwóch dziedzinach, w których główne role grają miniaturowe samoloty. Chodzi tu oczywiście o role aktorskie w odtwarzaniu zdarzeń lotniczych dla potrzeb informacji, a szczególnie dla filmu. Warto zaznaczyć, że w takich znanych filmach, jak „Bitwa o Anglię”, „Ci wspaniali mężczyźni na swoich latających maszynach” i w innych wiele istotnych epizodów lotniczych odegrały modele — wierne makietki latające. Te zastosowania będą chyba coraz powszechniejsze w związku z rozwojem telewizji i zapotrzebowaniem społecznym na różnego rodzaju filmy, gdzie technika współczesna i technika w stylu retro grają główną rolę. Jest to już dziewiąta dziedzina zastosowań miniaturowego lotnictwa.

● Dziesiąta dziedzina to wielkie możliwości widowiskowe i reklamowe, jakie stwarzają miniaturowe samoloty.

Najbardziej widowiskowe są wielkie imprezy sportowe, na których skoncentrowana jest duża ilość sprzętu latającego. Szczególnie atrakcyjne są loty zespołowe, na przykład wyścigi modeli zdalnie kierowanych, które mogą być rozgrywane nawet na ograniczonej przestrzeni, na przykład na stadionach, i przyciągają wielkie rzesze widzów. Bardzo widowiskowe są loty starych samolotów i akrobacja lotnicza.

Oficjalne imprezy miniaturowego lotnictwa przemieniają się często w wielkie lotnicze festyny z wieloma pokazami, wystawami i imprezami towarzyszącymi; społeczeństwo, zwłaszcza młodzież, chętnie odwiedza lotniska przy takich okazjach. Miniaturowe samoloty mogą być również wykorzystywane w poważnych celach reklamowych przez przemysł lotniczy i placówki lotnictwa usługowego. Samolot jest skomplikowaną i kosztowną maszyną, potrzebuje licznej i odpowiednio zorganizowanej obsługi i nie zawsze są możliwości, aby zaprezentować potencjalnym nabywcom lub kontrahentom rzeczywistą maszynę. Rolę tę mogłyby pełnić odpowiednio przygotowane miniaturowe modele. Przygotowanie takiego pokazu na pewno byłoby wielokrotnie tańsze, same pokazy mogłyby być bardzo atrakcyjne i na pewno spełniłyby doskonale swą propagandową rolę, budząc zainteresowanie możliwościami przemysłu.

Opisałem dziesięć dużych i wyraźnie zarysowanych kierunków wykorzystania miniaturowego lotnictwa, jest ich na pewno o wiele więcej.

Trudności budowy miniaturowych samolotów

Trudności budowy ilustruje tablica 1-2. Jest ona bardzo charakterystyczna. Wynika z niej bowiem, że największe trudności będzie nam sprawiało zarówno odtworzenie pierwszych prymitywnych maszyn latających, jak i ostatnich superszybkich odrzutowców lub też skomplikowanych mechanicznie samolotów pionowego startu. Łatwo nam będzie natomiast odtworzyć samoloty okresu pośredniego — zwłaszcza jednosilnikowe samoloty

Okres historyczny	Rodzaj samolotu	Model samolotu	Trudności odtworzenia oryginału w zakresie:					Orientacyjny średni stopień trudności
			ogólnej zasady i napędu	konstrukcji i budowy	nabycia materiałów	aparatury sterującej i pilotażu		
						RC	NU	
1890-1909	Pierwsze maszyny latające	WRIGHT	4	3	5	3-2	4	3
1909-1914	Samoloty pionierskie	BLÉRIOT	5	4	5	5-3	4	4
1912-1925	Samoloty I wojny światowej — jednosilnikowe — wielosilnikowe	SPAD S XIII, VICKERS „VIMY”	5	4	5	5-3	5	4
			4	3	5	4-3	4	4
1920-1935	Turystyczno-sportowe Jednosilnikowe myśliwskie Wielosilnikowe wojskowe i cywilne	RWD-5	5	5	5	5-3	5	5
		PWS	5	4	5	5-3	5	4
		FOKKER	4	4	5	5-3	4	4
1930-1950	Samoloty II wojny światowej — jednosilnikowe — wielosilnikowe	SPITFIRE	5	4	4	4-3	5	4
		PZL ŁOŚ	4	3	3	4-2	4	3
1945-1970	Śmigłowe jednosilnikowe (sportowe trenigowe, gospodarcze)	PZL WILGA	5	4	4	5-3	5	5
	Śmigłowe wielosilnikowe (sportowe, komunikacyjne, wojskowe)	IŁ-18	3	3	3	4-2	3	3
	Odrzutowe jednosilnikowe (wojskowe — myśliwskie)	MiG-15	2	3	3	5-3	5	2 lub 4*)
	Odrzutowe wielosilnikowe (komunikacyjne, wojskowe-bombowe)	BOEING 727	1	3	3	5-3	5	2 lub 4*)
1930-1970	Samoloty specjalne							
	— akrobacyjne	ZLIN AKROBAT	5	4	4	3-2	3	4
	— wyścigowe	MIDGET MUSTANG	5	4	4	3-2	5	4
	— długodystansowe (rekordowe)	RYAN NYP	5	4	5	5-3	—	4
	— skróconego i pionowego startu	BREGUET	3	2	3	2-1	3	2
	— o nienormalnym układzie (delta, kaczka)							
	— szybowce	VALKYRIE	5	4	4	5-3	4	4
		FOKA	5	4	4	5-3	—	4

Stopniowanie trudności: 5 — łatwy, 4 — dość trudny (przeciętne trudności i możliwości), 3 — trudny (konieczne doświadczenie i kosztowne wyposażenie — aparatura), 2 — bardzo trudny, 1 — wyjątkowo trudny. Pozostałe oznaczenia: RC — zdalne kierowanie, NU — lot na uwięzi. *) Przy zastosowaniu zastępczych rozwiązań

sportowe. Tablica może też stanowić pewną pomoc przy wstępnej orientacji i podejmowaniu decyzji o wyborze samolotu do miniaturyzacji. Modele samolotów, dla których średni stopień trudności oceniamy na „5”, może budować każdy, kto przeszedł wstępną szkołę w miniaturowym lotnictwie (kto zbudował i oblatał pomyślnie modele opisane w pierwszej części książki*). Samoloty, które otrzymały ocenę „4”, mogą być budowane w następnej kolejności i dla większości modelarzy powinny stanowić zasadniczą grupę ewentualnych kandydatów do wyboru.

Budowa miniaturowych samolotów ocenianych na „3” wymaga już wielkiego doświadczenia, zaplecza technicznego i środków materialnych. Natomiast do urzeczywistnienia projektów tych samolotów, dla których stopień trudności oceniony został na „2” lub „1”, trzeba „zaangażować” sztukę inżynierską i możliwości techniczne na najwyższym aktualnie poziomie. Warto jednak zwrócić uwagę, że w tych szczególnie trudnych przypadkach istnieją możliwości zastosowania zastępczych, znacznie łatwiejszych rozwiązań. Tak więc zamiast

*) W. Schier: „ABC miniaturowego lotnictwa”. WKŁ 1977

budować niezwykle trudne do zrealizowania miniaturowe silniki turboodrzutowe można zastosować napęd śmigłowy lub wentylatorowy. Ogólnie mówiąc, prawie wszystkie typy samolotów czy szybowców można zbudować w miniaturowym lub większymi uproszczeniami, przy trudnościach w granicach „4” według naszej skali porównań.

Techniczna charakterystyka samolotu

Przeglądając książki i czasopisma lotnicze mamy okazję zapoznać się z opisem i techniczną charakterystyką niejednego samolotu lub szybowca. Te niewiele mówiące cyfry, zwłaszcza dla niefachowca, nabierają wymowy dopiero wówczas, gdy się je odpowiednio zestawia. Zestawienie takie dla szybowca FOKA 4, motoszybowca PEGAZ, samolotu sportowego WILGA 2 oraz wojskowego samolotu odrzutowego ISKRA podano w tablicy 1-3. Zawarte w niej dane można łatwo podzielić na 4 grupy dotyczące napędu (pozycje 1-3), wymiarów i geometrii płatowca (pozycje 4-8), ciężarów i obciążeń (pozycje 9-13) oraz osiągnięć (pozostałe). Aby mieć korzyść z lektury tych danych, trzeba się

Lp.	Wielkości charakterystyczne		Jednostki	SZD-24-4 FOKA 4	PEGAZ	PZL-104 WILGA 2	TS-11 ISKRA
1	Napęd	Silnik		—	XL-GAD	WN-6RB	turboodrzutowy
2		Pojemność silnika	cm ³	—	980	6900	—
3		Moc silnika (max) ew. ciąg (odrzutowe)	KM kG	— —	31 —	180 —	3000 ^{*)} 1000
4	Wymiary	Rozpiętość	m	14,98	11,70	11,14	10,06
5		Długość samolotu	m	7,00	6,85	8,29	11,15
6		Wysokość	m	1,40	1,60	2,85	3,37
7		Powierzchnia nośna (skrzydła)	m ²	12,16	14,8	15,5	17,5
8		Wydłużenie (skrzydła)	—	18,5	9,2	8,0	5,8
9	Ciężary	Ciężar własny	kG	228	290	670	2450
10		Ciężar użyteczny	kG	85	102	480	1150
11		Ciężar całkowity (samolotu)	kG	313	392	1150	3600
12		Obciążenie powierzchni (skrzydła)	kG/m ²	25,8	26,5	74,0	200
13		Obciążenie mocy (silnika) ew. obciążenie ciągu	kG/KM kG/KM	— —	12,6 —	6,4 —	1,2 ^{*)} 3,6
14	Osiągi	Doskonałość aerodynamiczna	—	34	15,5	brak danych	
15		Minimalna prędkość opadania w locie ślizgowym	m/s	0,66	1,25	brak danych	
16		Prędkość maksymalna	km/h	—	129	190	800
17		Dopuszczalna prędkość w locie nurkowym	km/h	260	210	308	Ma = 0,9 ^{**)}
18		Prędkość przelotowa	km/h	—	110	165	600
19		Prędkość minimalna (lądowania)	km/h	64	59	55	170
20		Prędkość wznoszenia	m/s	—	1,95	4,3	23
21		Pułap	m	—	3000	3600	13500
22		Zasięg	km	—	275	600	1000
23		Rozbieg przy starcie	m	—	100	120	500
24		Dobieg przy lądowaniu	m	—	110	100	650

^{*)} Moc przeliczeniowa dla ciągu 1000 kG i prędkości 800 km/h.
^{**)} 0,9 (90%) prędkości dźwięku.

odpowiednio do nich ustosunkować i znać zależności, jakie zachodzą między nimi. Postaramy się wyjaśnić te sprawy chociaż pobieżnie, ponieważ mają one zasadnicze znaczenie zarówno dla dużych samolotów, jak i dla miniaturowych.

Zrobmy kilka porównań. Jest to o tyle możliwe, że rozmiary (rozpiętość, powierzchnia) zestawionych w tablicy maszyn są mniej więcej podobne. Z tablicy wynika, że szybowce, które są opracowane pod względem aerodynamicznym i wyposażone w skrzydła o dużej smukłości (wydłużeniu), odznaczają się najwyższą doskonałością aerodynamiczną, co z kolei oznacza, że tor lotu ślizgowego (bez silnika) jest dla tego typu maszyn bardzo płaski. Jednocześnie większej doskonałości aerodynamicznej towarzyszy mniejsza prędkość opadania w locie ślizgowym. Widać to wyraźnie przy porównaniu danych z pozycji 14 i 15 dla szybowca FOKA i motoszybowca PEGAZ.

Zwróćmy teraz uwagę na to, że wzrostowi mocy silnika (poz. 3) towarzyszy wzrost maksymalnej prędkości samolotu (poz. 16). Przyrost prędkości jest jednak zupełnie nieproporcjonalny do przyrostu mocy. Turboodrzutowy silnik samolotu ISKRA rozwija przy prędkości 800 km/h moc równą 3000 KM; jest to moc prawie sto razy większa niż moc silnika zastosowanego do napędu motoszybowca PEGAZ. Tymczasem na tej 100-krotnie

większej mocy ISKRA zyskuje zaledwie 6-krotnie większą prędkość. Moc bowiem, jaką samolot potrzebuje do lotu, jest proporcjonalna aż do trzeciej potęgi prędkości. Trzeba więc pamiętać o tym, że do osiągnięcia 2-krotnie większej prędkości moc silnika musi być zwiększona co najmniej 8-krotnie.

Zastanówmy się teraz nad danymi dotyczącymi ciężarów i obciążeń. Najmniejszy ciężar mają szybowiec i motoszybowiec, ciężar samolotu sportowego jest już 3-krotnie większy, a samolot odrzutowy waży już 10 razy tyle co motoszybowiec. Ten wzrost ciężaru przy podobnych rozmiarach powoduje, że obciążenie powierzchni nośnej znacznie wzrasta. Objawia się to wzrostem prędkości minimalnej. Wyjątek w tej zależności stanowi jedynie samolot WILGA 2, który mimo nie najmniejszego obciążenia powierzchni ma najmniejszą prędkość minimalną. Wyjątek ten jest jednak tylko potwierdzeniem reguły, gdyż tak mała prędkość osiągnięta została w sposób niejako sztuczny — przez zastosowanie daleko idącej mechanizacji skrzydła.

Dążenie konstruktorów do osiągnięcia jak najmniejszej prędkości lądowania przy jednoczesnym zapewnieniu możliwie największej prędkości maksymalnej ma wiele uzasadnień, a najważniejsze z nich to bezpieczeństwo. Uzyskanie dużej rozpiętości między tymi dwiema skrajnymi prędko-

ściami zależy od nadmiaru mocy silnika i od jego obciążenia. Nadmiar mocy silnika umożliwia samolotowi lot wznoszący. Im mniejsze obciążenie mocy silnika, tym większy jest jej nadmiar i samolot może wznosić się prędzej. Widać to wyraźnie przy porównaniu danych z rubryk 13 i 20. Najmniejszy nadmiar mocy i największe jej obciążenie mają spośród wszystkich samolotów motoszybowce — one też mają najmniejszą prędkość wznoszenia. Wszystko to jest słuszne również i w miniaturze.

Charakterystyczne cechy modeli latających

Konstruktor musi dobrze orientować się, jaką charakterystykę powinien mieć przyszły model. Zestawienie przykładowych danych charakterystycznych dla modeli latających różnego typu i przeznaczenia podane jest w tablicy 1-4. Porównanie ich z danymi i właściwościami samolotów może być bardzo interesujące.

Jest oczywiste, że rozmiary miniaturowych samolotów są mniejsze. Stopień zmniejszenia liniowego nie jest jednak wielki — waha się w granicach od około 5 do 12. Mimo to rzuca się w oczy fakt, że silniki stosowane do napędu modeli mają kilkakrotnie mniejszą pojemność niż silniki na przykład samolotów sportowych. Są one jednak bardziej wydajne. Przeciętny dobry silnik modelarski o pojemności 10 cm³ daje moc około 1 KM. Na 1 cm³ przypada więc 0,1 KM, podczas gdy na przykład na 1 cm³ pojemności silnika lotniczego WN-6RB przypada zaledwie 0,026 KM, a więc prawie cztery razy mniej. Silniki miniaturowe są więc bardzo mocnym źródłem napędu i o tym trzeba zawsze pamiętać.

Wymiary modeli podaje się również nieco odmiennie niż wymiary samolotów, chociaż podobnie jak przy samolotach powierzchnia skrzydła jest zasadniczą powierzchnią nośną modelu. Wprowadzone jest dodatkowe pojęcie tak zwanej całkowitej powierzchni nośnej (rys. 1-2), będącej sumą powierzchni skrzydła i powierzchni statecznika poziomego. Jest to wpływ regulaminów międzynarodowych, ułożonych dla modeli zawodniczych, przy których stateczniki poziome bardzo często wytwarzają siłę nośną podobnie jak skrzydła.

O ile wszystkie „prawdziwe” samoloty i szybowce można zaliczyć do jednej grupy swobodnie latających — kierowanych przez pilota, o tyle samoloty miniaturowe można podzielić na co najmniej trzy zasadnicze rodzaje:

- swobodnie latające, niczym nie kierowane i pozostawione w locie samemu sobie,
- kierowane zdalnie za pomocą radia w ograniczonym (modele jednoczynnościowe kierowane sterem kierunku) lub pełnym zakresie (modele wieloczynnościowe kierowane wszystkimi organami),
- na uwięzi, sterowane jedynie sterem wysokości za pomocą linek.

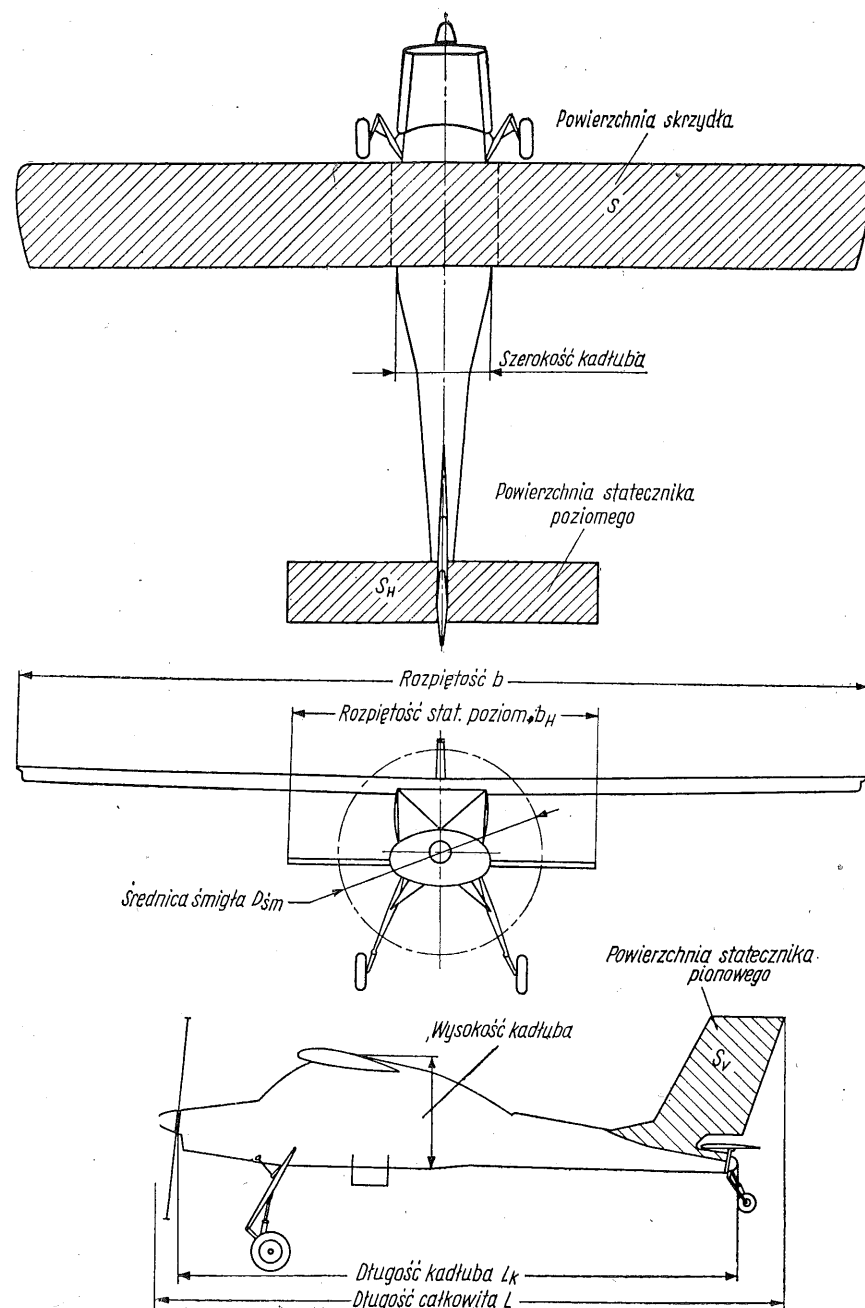
Charakterystyczną cechą modeli swobodnie latających jest to, że muszą latać powoli, aby swobodnie lądowanie było względnie bezpieczne. W związku z tym obciążenie powierzchni skrzydła rzadko przekracza 25 G/dm² (2,5 kG/m²) i to niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z modelem szybowca, czy samolotu sportowego lub bojowego. Wszystkie te modele latają ze stałą prędkością, zbliżoną do najmniejszej, jaką można osiągnąć — nie przekraczając na ogół 7 m/s, czyli 25 km/h. Niebezpieczeństwo nieudanego przypadkowego lądowania przy modelach zdalnie kierowanych jest

Dane techniczne miniaturowych samolotów (modeli latających)

Tablica 1-4

Wielkości charakterystyczne		Jednostki	Wersja modelu				
			swobodnie latający		zdalnie kierowany		na uwięzi
			szybowiec wyczynowy	samolot	jednoczynnościowy	wieloczynnościowy	model samolotu myśliwskiego
Napęd	Pojemność silnika (przeciętnie stosowana)	cm ³	—	1,0	3,5	10,0	5,0
	Moc silnika (przeciętna)	KM	—	0,06	0,3	1,0	0,5
Wymiary	Rozpiętość	mm	3600	1200	1700	1800	900
	Zmniejszenie w stosunku do oryginału	—	1:5	1:10	1:7	1:7	1:12
	Powierzchnia statecznika poziomego	dm ²	16	6	8	10	3
	Powierzchnia skrzydła	dm ²	70	24	40	50	12
	Powierzchnia całkowita (regulaminowa)	dm ²	86	30	48	60	15
Ciężary	Ciężar własny	G	1750	600	1800	3000	1200
	Ciężar użyteczny	G	0	0	600	1000	0
	Ciężar całkowity maks.	G	1750	600	2400	4000	1200
	Obciążenie powierzchni skrzydła	G/cm ²	25	25	60	80	100
	Obciążenie powierzchni całkowitej (regulaminowe)	G/dm ²	20	20	50	66	80
	Obciążenie mocy silnika	kG/KM	—	10	8	4	2,4
Osiągi	Doskonałość aerodynamiczna	m/s	~20	~6	~10	~10	~8
	Prędkość opadania w locie ślizgowym	km/h	0,4	1,0	1,2	1,5	2,0
	Prędkość maksymalna	km/h	—	—	60	100	120
	Prędkość w locie (przeciętna)	km/h	22	22	35	60	75
	Prędkość minimalna (lądowania)	km/h	22	22	35	40	50

Uwaga: tablica podaje dane orientacyjne



1-2. Podstawowe wymiary płatowca

znacznie zmniejszone, gdyż pilot zawsze lub prawie zawsze może wybrać dogodny teren do startu i lądowania. W celu zapewnienia możliwości manewrowania modelem w locie pod wiatr prędkości lotu tych modeli muszą być większe. Modele jednoczynnościowe mają wiele cech wspólnych z modelami swobodnie latającymi przede wszystkim dlatego, że podobnie jak modele swobodnie latające latają ze stałą prędkością, zbliżoną do minimalnej prędkości lotu ślizgowego. Pilot operuje tu sterem kierunku oraz ewentualnie silnikiem, może wpływać wyłącznie na kierunek lotu i wysokość. Na prędkość lotu ma natomiast ograniczony wpływ. Modele jednoczynnościowe mają poza tym podobne obciążenie mocy jak modele swobodnie latające — rzędu 8 kG/KM. Jest to raczej obciążenie mocy zbliżone do stosowanych w lotnictwie dla samolotów słabosilnikowych.

Najwięcej cech wspólnych z samolotami mają modele wieloczynnościowe. Obciążenie mocy silnika

jest tego samego rzędu co w samolotach, dysponują one pełnym zakresem prędkości, która może być dowolnie regulowana sterem wysokości, i osiągają znaczne prędkości maksymalne, zbliżone do prędkości osiąganych przez samoloty sportowe.

Obciążenie powierzchni skrzydła jest na ogół większe niż w modelach jednoczynnościowych i nie ma tak wielkiego wpływu na wzrost prędkości lądowania, która może być zmniejszona przez użycie steru lub innej mechanizacji.

Osobną grupę stanowią modele na uwięzi. Istnieje wiele odmian modeli tego typu, różniących się dość znacznie charakterystyką i osiągnięciami. Jako przykład wybraliśmy szybki model samolotu myśliwskiego. Charakterystyczną cechą tego typu modelu jest największe obciążenie powierzchni nośnej oraz bardzo małe obciążenie mocy, dające w rezultacie możliwość osiągnięcia dużych prędkości maksymalnych w granicach 100÷120 km/h.

Właściwości miniaturowych samolotów w dużym stopniu zależą od ich przeznaczenia. Inaczej bowiem

Przeznaczenie	Wersja modelu								
	swobodnie latające			zdalnie kierowane			na uwięzi		
	Wielkości charakterystyczne								
	silnik [cm³]	ciężar [G]	prędkość [km/h]	silnik [cm³]	ciężar [G]	prędkość [km/h]	silnik [cm³]	ciężar [G]	prędkość [km/h]
Do zabawy (zestawy dla dzieci)	gumowy	100	20	—	—	—	0,5÷0,8	200	50
Popularne, dla początkujących	0,5÷0,8	300	20	0,8÷1,5	500	27	1,5÷2,5	500	60
Popularne typu treningowego	0,8÷1,5	600	23	1,5÷3,5	1500	30	2,5÷6	2000	80
Przeciętne zawodnicze (bez mechanizacji)	1,5÷2,5	1000	26	3,5÷6	2500	80	6÷10	do 5000	100
Wyczynowe zawodnicze (pełne podobieństwo, mechanizacja, ewent. zdolność do akrobacji)	—	—	—	6÷10	do 5000	100	10÷20	do 7000	100
Specjalne, np. wyścigowe	—	—	—	6÷10	3000	do 160	odrzutowy	do 7000	200÷300

projektuje się modele przeznaczone do zabawy, inaczej treningowe, a jeszcze inaczej wyczynowe. Pewną orientację w tej dziedzinie umożliwia tablica 1-5. Jak widzimy, modele przeznaczone do zabawy i innych popularnych zastosowań mają niewielkie, słabe silniki, są lekkie, a co za tym idzie — małe, oraz latają z najmniejszymi prędkościami. W miarę wzrostu wymagań wzrasta zapotrzebowanie na moc, rośnie ciężar, wzrastają rozmiary oraz prędkości. Wzrastają również trudności związane z zaprojektowaniem modelu; wyposażenie staje się coraz bardziej skomplikowane i kosztowniejsze, a pilotaż (dla modeli kierowanych) trudniejszy. Więcej wiadomości na ten temat znajdzie Czytelnik w rozdziale 2 oraz w rozdziałach poświęconych konkretnym typom modeli (rozdziały 5, 6 i 7).

Przepisy i ogólne ograniczenia regulaminowe

Rozmiary modeli nie mogą być dowolne. Musi istnieć rozsądnie pojęta granica pomiędzy modelarstwem a lotnictwem. Granicę tę wyznaczają przepisy międzynarodowe, które stale są uzupełniane, poprawiane i dostosowywane do wymogów nowoczesnej techniki. Przepisy te ograniczają:

- dla wszystkich miniaturowych modeli całkowitą powierzchnię nośną (suma powierzchni skrzydła i statecznika poziomego) do 150 dm²
- dla modeli swobodnie latających całkowity ciężar modelu do 5 KG
maksymalne obciążenie powierzchni całkowitej do 50 G/dm²
minimalne obciążenie powierzchni nośnej do 12 G/dm²
maksymalną pojemność silnika(ów) do 10 cm³
- dla modeli na uwięzi całkowity ciężar modelu do 5 kG
jednosilnikowego do 5 kG
wielosilnikowego do 7 kG

maksymalną pojemność silnika(ów):
— modelu jednosilnikowego do 10 cm³
— modelu wielosilnikowego do 20 cm³
maksymalny ciężar silnika odrzutowego (nie raketowego) do 0,5 kG
długość linek uwięzi w granicach:
— dla modeli z silnikami do 2,5 cm³ 12÷20 m
— dla modeli z silnikami ponad 2,5 cm³ 15÷20 cm
wytrzymałość linek (10×ciężar modelu) maks. 35 kG
— dla modeli zdalnie kierowanych całkowity ciężar modelu do 5 kG
maksymalne obciążenie powierzchni nośnej do 100 G/dm²
maksymalną pojemność silnika(ów) do 10 cm³
silniki odrzutowe i raketowe zabronione
wyposażenie radiowe bez ograniczeń
Ponadto Międzynarodowa Federacja Lotnicza FAI zabrania (ze względu na bezpieczeństwo) stosowania silników raketowych do modeli wszystkich typów, a silniki odrzutowe (pulsacyjne, turbodrzutowe itp.) zezwala stosować jedynie do modeli na uwięzi. Przytoczone przepisy odnoszą się do redukcyjno-latających modeli zawodniczych (modeli makiet). Do startu w innej kategorii (np. do akrobacji) model musi spełniać dodatkowe warunki.

Warunki i ograniczenia wyboru

Od czego zacząć, który spośród tak wielu ciekawych historycznych czy współczesnych samolotów odtworzyć w formie miniaturowej? Czy będzie on latał poprawnie? Jakże są szanse takiego przedsięwzięcia? Oto pytania nurtujące każdego, kto poważnie zainteresował się miniaturowym lotnictwem.

Odpowiedź na nie jest prosta: szanse zbudowania udanego miniaturowego samolotu są bardzo duże pod warunkiem, że pierwsze decyzje będą rozsądne, czyli, że cel będzie na miarę naszych możliwości.

Prawidłowy wybór trzeba uzależnić od następujących, bardzo ważnych warunków:

- umiejętności samodzielnego projektowania i wiadomości teoretycznych,
- dotychczasowego doświadczenia w budowie innych modeli latających,
- możliwości zaopatrzenia się w odpowiednie silniki,
- możliwości wyposażenia modelu w odpowiednią aparaturę do zdalnego kierowania, mechanizmy i inne akcesoria,
- zaplecza materiałowego i technicznego (możliwości zdobycia odpowiednich materiałów, wykonania trudniejszych elementów itp.),
- możliwości skompletowania odpowiedniej dokumentacji (rysunki samolotu, opisy i fotografie),
- możliwości oblatywania wykonanego modelu (bliskości odpowiedniego terenu, lotniska itp.),
- przeznaczenia naszego miniaturowego samolotu (do zabawy, treningu, na zawody lub też innych celów, np. naukowych, historycznych, dydaktycznych itp.).

Są to bardzo istotne względy — warto więc omówić je nieco dokładniej.

● Umiejętność samodzielnego projektowania może być rozumiana bardzo szeroko. W najszerszym pojęciu można bowiem wykonać pełny projekt aerodynamiczny i techniczny. Wchodzą doń, podobnie jak przy projektowaniu normalnych samolotów, następujące elementy:

- opracowanie warunków technicznych,
- wstępna analiza w celu określenia najkorzystniejszych rozmiarów, ciężarów itp.,
- obliczenia aerodynamiczne,
- obliczenia stateczności i sterowności,
- obliczenia warunków wyważenia i regulacji,
- opracowanie koncepcji konstrukcyjnej, sprawdzające obliczenia wyważenia,
- obliczenia wytrzymałościowe,
- obliczenia przewidywanych osiągnięć (prędkość maksymalna i minimalna, doskonałość, opadanie, wznoszenie, udźwig, zasięg, parametry startu i lądowania i inne),
- ogólny projekt konstrukcyjny i technologiczny — opracowanie konstrukcji i wykonanie szczegółowych rysunków zestawieniowych całego płatowca, rysunków wszystkich jego zasadniczych zespołów, wszystkich ważniejszych elementów oraz rysunków montażowych, a także pomocy technologicznych, jak szablony, formy, sprawdziany itp.

Tak złożony projekt wykonywany jest bardzo rzadko — przeważnie tylko dla specjalnych, prototypowych modeli doświadczalnych. W przeciętnej praktyce ta forma projektowania nie jest stosowana. Polecenia godne są natomiast uproszczone sposoby projektowania, które omówimy poniżej.

Możliwe są co najmniej trzy warianty. Możemy: — obliczyć w uproszczony sposób kilka wskaźników decydujących o podłużnej stateczności modelu, określić właściwe położenie środka ciężkości oraz sprawdzić możliwość wyważenia modelu; pozostałe elementy projektu (określenie rozmiarów modelu, dobór profili, danych montażowych i regulacyjnych) dobiera się z zestawień statystycznych; konstrukcję modelu opiera się na sprawdzonych wzorach, rezygnując na ogół z obliczenia jej wytrzymałości;

- zaprojektować cały model na podstawie tablic i materiałów statystycznych, wzorując konstrukcję na konkretnym istniejącym rozwiązaniu lub
- skorzystać z gotowego projektu.

Wszystkie materiały potrzebne do wykonania najprostszych projektów (wg wariantów pierwszego i drugiego) znajdzie Czytelnik w rozdziale 2 oraz w dalszych rozdziałach tej książki. Rozdział 2 zawiera zbiór niezbędnych materiałów i wskazówek potrzebnych do sporządzenia uproszczonych obliczeń (wg wariantu pierwszego) natomiast w każdym z rozdziałów poświęconych konkretnym rodzajom modeli zamieszczono komplet materiałów (informacje, tablice, opisy konstrukcji) pozwalających na bezpośrednie sporządzenie projektu.

Zbiory gotowych projektów nie są na ogół publikowane ze względu na wielką pracowitość i trudność wykonania takich prac na większą skalę. Opracowania takie zostały wykonane eksperymentalnie przez autora i zamieszczone w książce „Samoloty w historii i w miniaturze”^{*)}. Znajdą tam Czytelnicy kilkadziesiąt kompletnych projektów rozmaitych modeli (od najprostszych do najbardziej skomplikowanych) kilkunastu interesujących samolotów historycznych, a ponadto opisy kilkudziesięciu innych samolotów oraz wiele przykładów rozwiązań konstrukcyjnych.

Tyle o możliwościach samodzielnego projektowania. Jeszcze kilka słów na temat ogólnych wiadomości teoretycznych. Wiadomości takie — zwłaszcza z dziedziny praktycznych zastosowań mechaniki lotu — są bardzo pożyteczne na przykład przy oblatywaniu i regulacji wykonanego modelu. Pozwalają bowiem na właściwe zrozumienie istoty zjawisk zachodzących podczas lotu i przyczyniają się do zaoszczędzenia czasu i do uniknięcia niepowodzeń. Nie bójmy się teorii — jest bardzo ciekawa.

● Doświadczenie jest to pojęcie ogólne, trudne do dokładniejszego określenia. Nie można rozpocząć budowy modelu nie mając żadnego doświadczenia. Jakiego rodzaju doświadczenie jest więc potrzebne? Przede wszystkim potrzebna jest umiejętność dokładnego, precyzyjnego wykonywania i montowania elementów modeli oraz umiejętność starannego wykańczania modelu (oklejania, malowania itp.), a oprócz tego praktyka w samodzielnym oblatywaniu modeli, regulacji i pilotażu (w przypadku modeli sterowanych). Do rozpoczęcia pracy powinno wystarczyć doświadczenie nabyte przy budowie kilku modeli opisanych w książce autora pt. „ABC miniaturowego lotnictwa.” Mając takie doświadczenie lub podobne decydujemy się na model prostego samolotu sportowego — koniecznie o układzie górnopłata, bez względu na to, czy model ma być swobodnie latający, czy na uwięzi, czy też zdalnie kierowany. Jeżeli budowaliśmy przedtem tylko modele swobodnie latające, zbudujemy teraz też model swobodnie latający, starając się wykorzystać dotychczasowe doświadczenie. Podobnie z modelami na uwięzi.

^{*)} W. Schier: „Samoloty w historii i w miniaturze”. WKŁ, 1973. W książce zamieszczono projekty modeli następujących samolotów: WRIGHT FLYER, BLERIOT IX, RYAN N.Y.P., FOKKER TRIMOTOR, BREGUET XIX TR, RWD-5, SOPWITH TABLOID, CURTISS CR2 i 3, SUPERMARINE S-5, GEE-BEE R1, RWD-9.

Gdy chcemy zrobić pierwszy krok w zdalnym kierowaniu, zbudujemy najpierw dobrze latający model swobodny, a następnie wyposażymy go w aparaturę do sterowania tylko sterem kierunku. Dolnopłaty, modele wielosilnikowe, akrobacyjne, wieloczynnościowe, szybkie szybownice wyczynowe itp. są dla początkujących zakazane — trzeba o tym pamiętać.

● Każdy, kto nosi się z zamiarem zbudowania miniaturowego samolotu, powinien najpierw postarać się o silnik. Zdobycie odpowiedniego silnika, wobec niezbyt wysokich wymagań, jakie stawiamy (na początek) silnikom do napędu miniaturowych samolotów i wobec względnie umiarkowanych cen, nie jest obecnie zbyt trudne. Wybór modelu zależy również od rodzaju posiadanego silnika. Można przyjąć zasadę, że silniki o pojemności do 2,5 cm³ będziemy stosować do modeli swobodnie latających, a silniki większe — do modeli na uwięzi i zdalnie kierowanych. Na początku wygodniejszy będzie również silnik samozapłonowy niż silnik z zapłonem żarowym (konieczność stosowania źródła prądu do rozruchu, posiadania zapasowych świec i ochrony pokrycia modelu przed żrącym wpływem paliwa).

Tablica 1-6 umożliwi dokładniejsze zorientowanie się, jaki silnik dla danego modelu będzie najodpowiedniejszy. Podzielono w niej stosowane w miniaturowym lotnictwie silniki na trzy grupy: popularne, zawodnicze i specjalne. We wszystkich tych grupach możemy mieć do czynienia z silnikami wyposażonymi w gaźniki wielozakresowe pozwalające na płynną regulację obrotów mocy (silniki typu RC) lub z silnikami bez tych urządzeń.

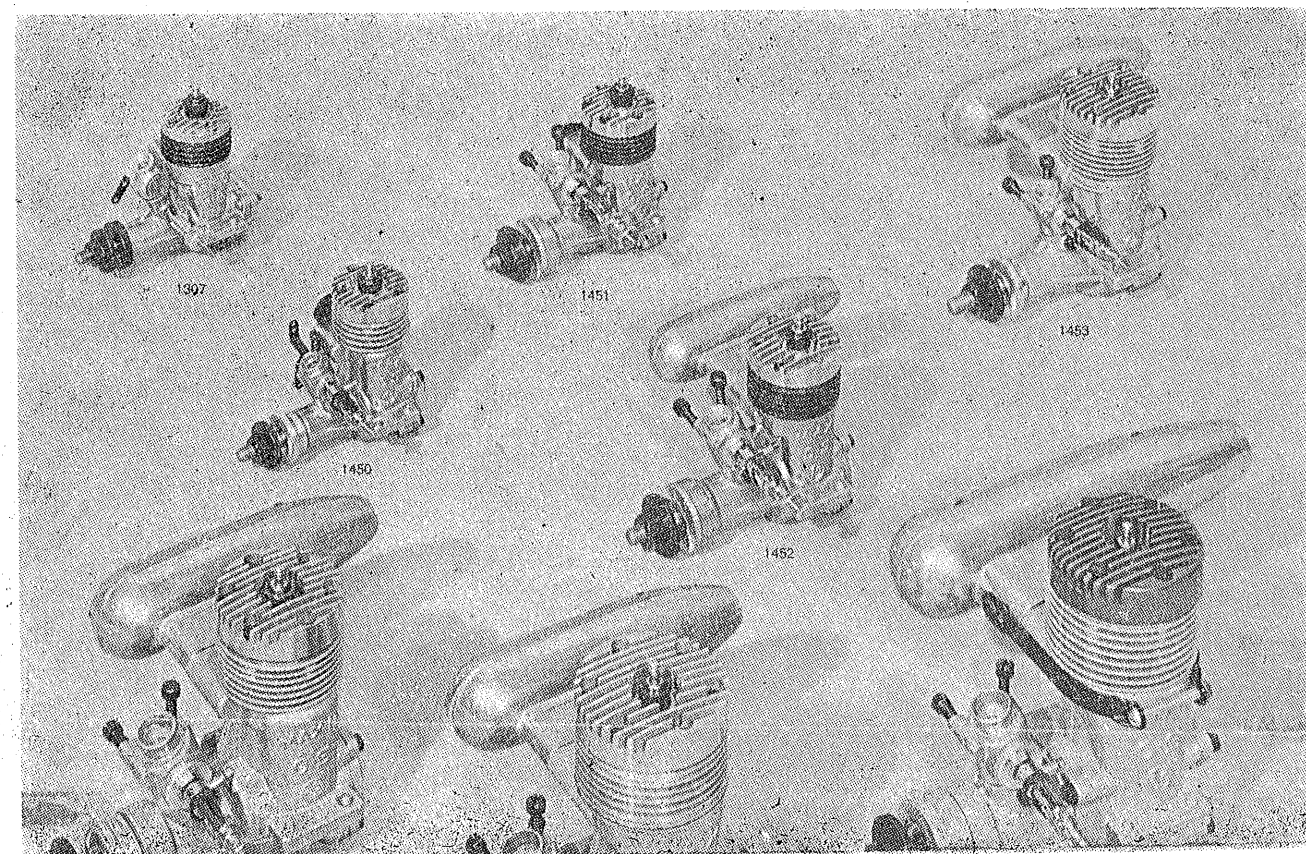
Silniki popularne to przede wszystkim tanie silniki na ogół niedużej pojemności (do 5 cm³), przeznaczone do masowego użytku. Odznaczają się one prostotą konstrukcji, łatwością obsługi i niezawodnością działania. Do grupy tej należy większość rozpowszechnionych w Polsce silników, które są lub były dostępne w sprzedaży w sklepach CSH.

Osiągi tych silników są zwykle umiarkowane, ich wydajność nie przekracza na ogół 0,08 KM/cm³, a eksploatacyjne prędkości obrotowe przeważnie nie przekraczają 12 000 obr/min.

Silniki zawodnicze odznaczają się przeważnie większą mocą, większymi prędkościami obrotowymi i mocniejszą konstrukcją. Ich pojemności, na ogół duże, i indywidualne osiągi dostosowane są do konkretnych wymagań w określonych kategoriach zawodniczych. Światowa produkcja silników miniaturowych jest bardzo obszerna — jako przykład niech służy rysunek 1-3, na którym widzimy silniki produkowane przez japońską firmę OS-MAX. Produkuje ona zarówno silniki popularne, jak i zawodnicze — ich cechą charakterystyczną jest to, że wszystkie typy dostępne są w wersji wielozakresowej.

Silniki specjalne to przeważnie silniki o znacznych mocach i dużych prędkościach obrotowych, stosowane do modeli prędkich (wysięgowych), zarówno na uwięzi, jak i zdalnie kierowanych. Poza tym do tej grupy można zaliczyć silniki przystosowane do pracy długotrwałej, odznaczające się specjalnie małym zużyciem paliwa.

Zupełnie oddzielną grupę, nie uwzględnioną w tablicy, stanowią różnego rodzaju silniki niekonwencjonalne, na przykład wielocylindrowe lub z wiru-

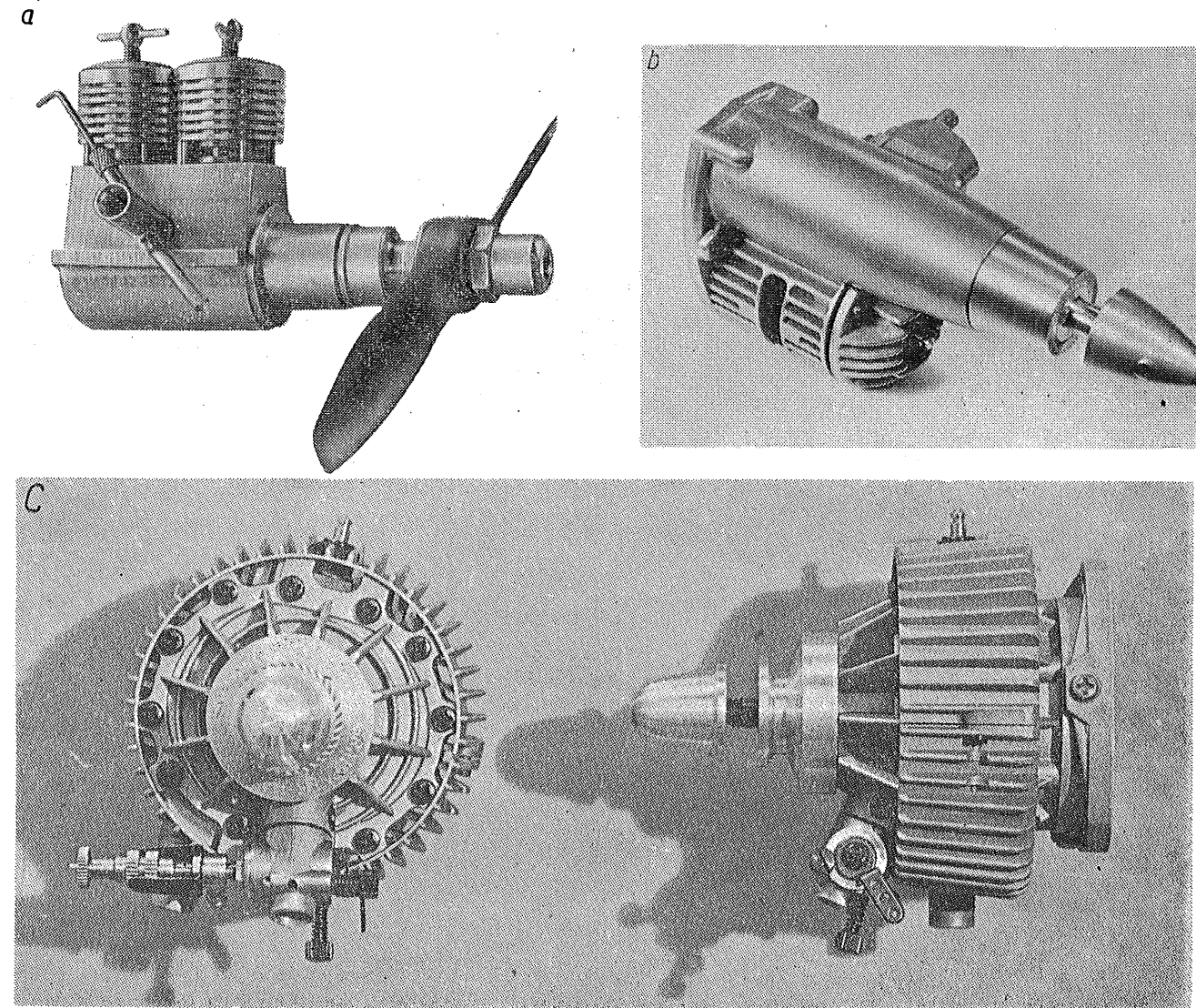


1-3. Niektóre silniki japońskiej firmy OS MAX

W górnym i środkowym rzędzie popularne silniki o pojemności od 1,6 do 5,0 cm³, w dolnym — silniki zawodnicze o pojemności od 6,5 do 10 cm³

Rodzaj miniaturowego samolotu	Wersja modelu — rodzaj lotu									
	swobodnie latający			zdalnie kierowany				na uwięzi		
	Pojemność silnika [cm³]									
	0,5÷0,8	0,8÷1,5	1,5÷2,5	0,8÷1,5	1,5÷3,5	3,5÷6	6÷10	2,5÷5	5÷8	8÷10
Szybowiec z pomocniczym silnikiem	P	P	P (ew.)	P	P/RC (ew.)	—	—	—	—	—
Prosty samolot sportowy	P	P	P (ew.)	P (ew.)	P/RC	P/RC Z/RC	Z/RC (ew.)	P P/RC	P/RC Z/RC	Z/RC (ew.)
Historyczny, pionierski	P	P	P (ew.)	P (ew.)	P/RC	P/RC Z/RC	Z/RC (ew.)	P P/RC	P/RC Z/RC	Z/RC (ew.)
Akrobacyjny (zawodniczy)	—	—	—	—	—	Z/RC (ew.)	Z/RC	—	Z Z/RC	Z (ew.)
Wyścigowy (zawodniczy)	—	—	—	—	Z/RC (ew.)	Z/RC	—	S	—	—
Wielosilnikowy	—	—	—	Z/RC (ew.)	Z/RC	Z/RC	—	Z/RC	Z/RC	Z/RC
Odrzutowiec (tunelowy)	Z	Z	Z (ew.)	—	S	S	S (ew.)	S	S	S

Oznaczenia: P — popularne, Z — zawodnicze, S — specjalne, RC — z regulacją obrotów, ew. — ewentualnie; w ramkach — zastosowania napopularniejsze



1-4. Silniki niekonwencjonalne

— silnik dwucylindrowy, b — silnik o nietypowym układzie korbowym — osie wału i cylindra równoległe, c — silnik z wirującym tłokiem (foto autora),

jącym tłokiem (systemu WANKEL). Silniki takie (rys. 1-4), ze względu na ich duże podobieństwo do oryginalnych silników lotniczych, są dla miniaturowego lotnictwa szczególnie atrakcyjne.

Do zdalnego kierowania miniaturowych samolotów może być zastosowana nawet prosta jednokanałowa aparatura. Jej działanie powinno być jednak całkowicie pewne, a model musi być wyposażony w dobry, sprawny działający mechanizm. Nie ma bardziej błędnego mniemania od tego, że aparatura jest najważniejsza, a mechanizm można skleić byle jak. Mechanizmy zrobione z elektromagnesów, z silniczków zaopatrzonych w rolkę, na którą nawija się nić uruchamiającą ster, są absolutnie nie do przyjęcia w modelu silnikowym. Mechanizm musi zapewnić samoczynny powrót steru do neutrum w razie braku sygnału. Powinien to być więc albo mechanizm programowy z elektrycznym powrotem do neutrum, albo sterownik gwiazdowy. Kłopot w tym, że są to urządzenia produkowane na ogół za granicą, a wykonywanie ich amatorskimi sposobami prawie zawsze prowadzi do niepowodzeń. Można zaryzykować twierdzenie, że łatwiej jest wykonać samemu aparaturę niż niezawodny mechanizm. Zresztą mechanizmy programowe nawet renomowanych firm stwarzają pewne ryzyko w użyciu, wynikające zresztą z samej zasady ich budowy, nie mówiąc już o tym, że są skomplikowane mechanicznie i elektrycznie (mają wiele styków).

Wynika stąd, potwierdzony zresztą praktycznie wniosek, że do kierowania modeli z napędem powinna być stosowana aparatura co najmniej dwukanałowa, która umożliwi pełną kontrolę i swobodny wybór zamierzonych ewolucji oraz stosowanie prostszych bezstykowych mechanizmów wy-

konawczych, na przykład dostępna u nas radziecka aparatura typu PILOT lub inna podobna.

W miarę jak wzrastają możliwości pilotażowe miniaturowych samolotów, najprostszy pilotaż za pomocą tylko steru kierunku staje się coraz bardziej niewystarczający. Konieczne jest wówczas użycie steru wysokości i lotek, a bardzo często również chowanie podwozia i napędu klap. Pociąga to za sobą wzrost zapotrzebowania na liczbę „kanałów” w aparaturze kierującej. Tylko proste górnopłatowe modele samolotów sportowych mogą być sterowane wyłącznie sterem kierunku. Pozostałe typy miniaturowych samolotów wymagają coraz większego zmechanizowania. Na tej podstawie można łatwo określić zarówno minimalne wymagania odnośnie aparatury kierującej, jak i maksymalne możliwości w tej dziedzinie. Podsumowano to w tablicy 1-7. Oczywiście, możliwe są pewne odstępstwa w kierunku zmniejszenia wymaganej liczby kanałów — są jednak rzadko stosowane, a jeśli tak, to kosztem znacznych odstępstw od oryginalnej sylwetki samolotu i kosztem bardzo wielkiego ograniczenia możliwości lotnych miniaturowego samolotu.

Z tablicy 1-7 wynika też, że spośród tanich, popularnych aparatów nieproporcjonalnych najbardziej użyteczne są aparaty czterokanałowe dające możliwość pilotowania pięciu spośród ośmiu wymienionych w tablicy typów modeli. Wśród aparatów wyczynowych najpopularniejszy jest typ czterokanałowej aparatury proporcjonalnej (patrz rozdz. 7). Oczywiście, używając określenia aparatura, mamy na myśli kompletne urządzenie składające się z nadajnika, odbiornika, mechanizmów wykonawczych i źródeł zasilania.

Aparatury kierujące w modelach zdalnie kierowanych — wymagania minimalne i możliwości

Tablica 1-7

Rodzaj miniaturowego samolotu	Model samolotu	Stopień trudności wg tabl. 1-1	Zdolność do lotu swobodnego	Wymagana aparatura	
				minimum	maksimum
Jednosilnikowe górnopłatowe (typu sportowego)	RWD-5	5	tak	(N1) N2 (P1)	P5
Historyczne z okresu pionierskiego	BLÉRIOT IX	4	tak	N2 N4 (P2)	P4
Jednosilnikowe z okresu I wojny światowej (dwupłatowe)	SPAD S XIII	4	tak	N2 N4 (P2)	P4
Jednosilnikowe dolnopłatowe (typu sportowego)	JODEL D40	4	częściowa	(N2) N4 (P2)	P6
Sportowe akrobacyjne i myśliwskie II wojny światowej	ZLIN AKROBAT, SPITFIRE	4	b. ograniczona	N8 (P4)	P6
Szybkie wyścigowe zawodnicze	MIDGET MUSTANG	4	nie	P4	P4
Wielosilnikowe	IŁ-18	3	nie	P5	P7
Szybowce	FOKA	4	tak	(N1) N2 (P1)	P4

Oznaczenia: N — aparatura typu nieproporcjonalnego, P — aparatura typu proporcjonalnego, N2, P5 itd. — aparatura 2-5-kanałowa itd., (N1) — aparatura ewentualna

Prostą dwukanałową aparaturę nieproporcjonalną opartą na obwodach tranzystorowych można, przy pewnej znajomości zagadnień radiotechnicznych i dużej wprawie w montowaniu i strojeniu tych urządzeń, zbudować systemem amatorskim. Znane są przypadki budowania w kraju, na przykład przez uczniów szkół radiotechnicznych, zupełnie udanych aparatów czterokanałowych. Odnosi się to jednak tylko do nadajnika i odbiornika. Mechanizmy natomiast muszą być fabryczne — małe są bowiem szanse, aby wykonać je poprawnie systemem amatorskim. Bardziej skomplikowane aparaty wielokanałowe są już dla amatorów niedostępne, nie mówiąc o aparaturach proporcjonalnych, które oparte są na najnowszych osiągnięciach elektroniki. Na koniec praktyczna uwaga. Jeśli nie chcemy zniszczyć modelu i aparatury, zbudujmy na początek taki model, który lata pewnie i bez radia, a więc górnopłat. Budowę modeli wieloczynnościowych, a szczególnie akrobacyjnych, należy traktować jako dalszy etap, który musi być poprzedzony budową modeli prostszych. Pierwszy model wieloczynnościowy powinien być również górnopłatem, a poszczególne kanały w tak cennej aparaturze wykorzystać należy z umiarem i poczuciem rzeczywistości. Godny polecenia jest model samolotu RWD-5 bis, którego szczegółowe plany załączone są do książki. Model zdał egzamin użyteczności praktycznej — jest w miarę prosty w budowie i bardzo pięknie lata. Można go wykonać z krajowych materiałów.

● Wybór modelu zależy również od rodzaju posiadanych materiałów. Jeżeli nie mamy balsy, nie możemy budować modeli, zwłaszcza swobodnie latających takich samolotów, które w oryginale mają metalowe, twarde pokrycie; raczej należy wybrać samolot sportowy kryty całkowicie płótnem. Model takiego samolotu może być wykonany z materia-

łów krajowych bez obawy, że ciężar konstrukcji będzie zbyt wielki. Podobnie nie należy budować zbyt dużych modeli ze styropianu, bo będą kłopoty i z ciężarem, i z wyglądem powierzchni, jeśli nie zostanie pokryta balsą. Minimum potrzebnych materiałów to: sklejka lotnicza na wręgi i żebra, dobre listwy sosnowe o różnych przekrojach, listwy i deski lipowe na wzmocnienia, styropian na oprofilowanie i wypełnienia konstrukcji, papier japoński na pokrycie, cellon i dobre lakiery; także balsa jest bardzo przydatna, czasami trudna do zastąpienia.

Tablica 1-8 pozwala na zorientowanie się, jakie materiały stosowane są w różnych typach miniaturowych samolotów. Wniosek z niej jest oczywisty — tylko proste samoloty i proste szybowce nadają się do wykonania w formie miniaturowej ze zwykłych materiałów krajowych.

Te najprostsze samoloty, reprezentujące przede wszystkim lotnictwo sportowe, dają największą szansę odtworzenia ich w miniaturze, ponieważ:

- nie wymagają zbyt kłopotliwych obliczeń,
- duże doświadczenie nie jest potrzebne,
- wystarczy najprostszy silnik i najprostsza aparatura,
- mają dużą stateczność i pewnie latają.

● Dokumentacja, z której zamierzamy korzystać przy budowie, powinna być możliwie pewna (wiarogodna co do zgodności z oryginałem) i wyczerpująca. Jest to bardzo istotne, jeśli zamierzamy wiernie odtworzyć sylwetkę samolotu. Na razie ograniczymy się do stwierdzenia, że nie warto decydować się na budowę modelu samolotu, do którego nie ma dobrej dokumentacji. Wszelkie subtelności związane z doбором i korzystaniem z dokumentacji będą jeszcze omówione w rozdziale 3. Kto nie ma wielkiego doświadczenia, powinien raczej zrezygnować z samodzielnego opracowywa-

nia dokumentacji i skorzystać z gotowych planów modelarskich.

● Projektując model trzeba również poważnie brać pod uwagę możliwość jego eksploatacji oraz przeznaczenie, jakemu ma służyć. Jeżeli w pobliżu znajduje się lotnisko lub chociażby duże, równe pole, nic nie stoi na przeszkodzie, aby zbudować model swobodnie latający; natomiast jeśli do dyspozycji mamy tylko szkolne boisko, musimy decydować się na model na uwięzi. Planując budowę modelu zdalnie kierowanego trzeba pamiętać, że model taki, chociaż sterowany, wymaga do oblatywania takiej samej otwartej przestrzeni, jak model swobodnie latający.

● Licząc się z tym, że nasz model będzie brał udział w zawodach, trzeba pamiętać, że stopień podobieństwa modelu, odtworzenia szczegółów i wyposażenia samolotu, mechanizacja itp. mają zasadnicze znaczenie dla wyniku oceny przez komisję sędziowską. Do latania natomiast niewiele pomagają i w przypadku gdy model ma służyć wyłącznie do zabawy lub treningu, są po prostu niepotrzebne, komplikują konstrukcję, obciążają ją i utrudniają naprawę uszkodzeń. W pierwszej fazie podejmowania decyzji ustalenie właściwego stopnia podobieństwa modelu do samolotu oryginalnego ma zasadnicze znaczenie.

Dokładność odwzorowania

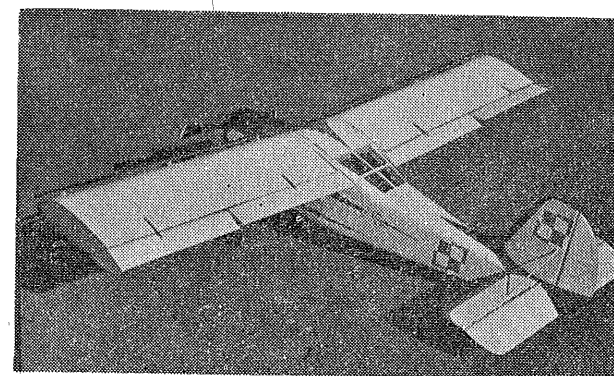
Obserwując uważnie dotychczas budowane modele nietrudno zauważyć zróżnicowanie na trzy dość wyraźnie zarysowujące się grupy, które różnią się między sobą stopniem podobieństwa do oryginału oraz wiernością oddania szczegółów.

● Pierwszą grupę tworzą modele, przeważnie zawodnicze, wykonane w pierwszym stopniu podobieństwa. Są one najbardziej zbliżone do pierwotnego i powinny być możliwie wierną kopią samolotu zarówno pod względem zewnętrznego wyglądu, proporcji geometrycznych, jak i wyposażenia wnętrza. Widoczne na zewnątrz samolotu i odznaczające się na pokryciu takie szczegóły, jak rozstawienie i liczba żeber, wręg, podłużnic, łączenia blach i inne drobne szczegóły zewnętrzne powinny być na modelu takie same, jak w samolocie. Model powinien mieć ruchome wszystkie organy sterowania i mechanizacji płatów, jak stery, lotki, klapy, skrzela, hamulce itp. (rys. 1-5). Zawieszenie tych elementów i ich zewnętrzne napędy — jak w samolocie. To samo dotyczy podwozia.

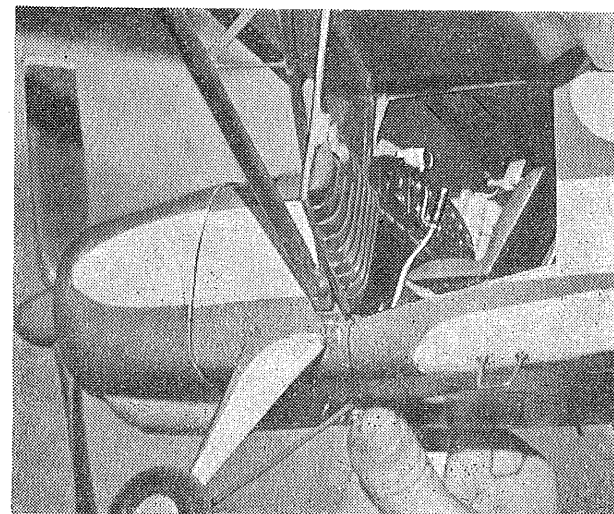
Wyposażenie kabiny powinno zawierać wszystkie elementy normalnego wyposażenia — fotele, ruchome dźwignie i przyrządy pokładowe. Kabina powinna być otwierana i oszklona jak w samolocie prawdziwym (rys. 1-6). Jeżeli silnik samolotu jest widoczny, model powinien mieć makietę silnika, oprócz własnego silniczka napędowego. Silnik napędowy modelu nie może naruszać sylwetki samolotu i nigdy nie powinien wystawać na zewnątrz.

Jak wynika z tego krótkiego opisu, warunki, jakie muszą być spełnione, aby model mógł być zaliczony do grupy wykonanych w pierwszym stopniu podobieństwa, są bardzo ostre i trudne do spełnienia. Szczególnie dużo kłopotów będzie nastroczać konstruktorowi modelu konieczność wiernego zacho-

wania oryginalnego wzniosu i proporcji pomiędzy powierzchniami skrzydła i stateczników, podobieństwa kształtu i grubości względnej profili. Spełnienie tego wymagania przy jednoczesnym zachowaniu pełnej podłużnej i poprzecznej stateczności modelu może nie być łatwe.



1-5. Model samolotu Jak 12 wykonany w pierwszym stopniu podobieństwa — widoczne ruchome lotki, klapy i stery (foto autora)



1-6. Jak 12R — przez otwarte drzwi widać wnętrze całkowicie wyposażonej kabiny (foto autora)



1-7. Niezwykle dokładnie wykonany i realistycznie wykończony model samolotu IL-2 (foto autora)

Materiały stosowane w budowie miniaturowych samolotów

Tablica 1-8

Rodzaj samolotu	Stosowane materiały na:									
	kadłub	skrzydła	usterzenie	podwozie	zamocowania, wzmocnienia	mechanizację	osłony, owiewki itp.	oszklenie kabin	pokrycie	maloowanie
Proste sportowe	D	D	D	S	D	—	K	C	P, J	I/N
Historyczne, pionierskie	D/B	D/B	B, D	S	D/S	—	K, D	—	J	I/N
Proste szybowce	D	D	D	—	D/S	—	—	—	P, J	I/N
Wyczynowe szybowce	B, L, P/L, P/B	B, P/B	B	—	T, S	T	—	O	J, T, B	I/N H
Myśliwskie, akrobacyjne i szybkie zawodnicze	B, L	B, P/B	B	S	T, E	T, E	L, A	O	B, F	H
Odrzutowe	B, D, A	B	B	T, S	T, E	T, E	B, L	O	B, A	H
Wielosilnikowe	B, D, T/E, L, P	B, D, T/E	B	T/E, S	T, E	T, E	B, L	O	B	H

Oznaczenia:

Materiały konstrukcyjne:
D — drewno krajowe, sklejka lotnicza,
B — balsa,
L — laminaty szklano-epoksydowe,
P — tworzywa piankowe (styropian),
C — celulozoid,
O — szkło organiczne (pleksiglas),
K — karton, preszpan.

Metale:
S — stal (druć stalowy),
T — dural (twardy),
A — aluminium (miękkie),
E — elektron.

Materiały pokryciowe:
P — papier zwykły,
J — papier japoński,
T — tkaniny (jedwab),
F — folie specjalne (monokote).

Lakiery:
I — impregnaty (Cellon itp.),
N — emalie zwykłe (nitro),
H — emalie specjalne (hiemoutwardzalne).

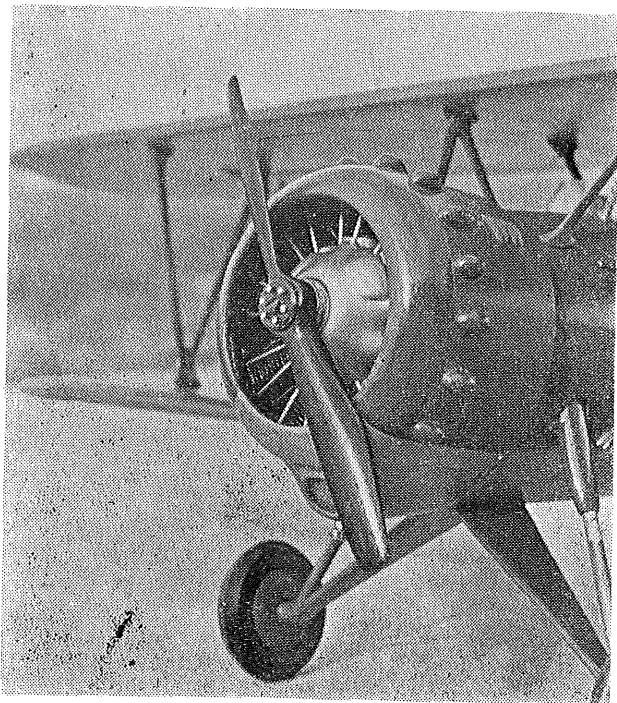
D/B, P/B itp. — jednoczesne zastosowanie różnych materiałów.

Jednocześnie spełnienie wymagania, aby model był bardzo starannie wykończony zewnątrz i zaopatrzone we wszystkie elementy wyposażenia, spowoduje poważny wzrost ciężaru. W rezultacie tylko niektóre rodzaje modeli mogą być wykonywane w pierwszym stopniu podobieństwa. Do tych nielicznych należą modele na uwięzi (rys. 1-7), pod warunkiem stosowania odpowiednich silników, oraz wieloczynnościowe modele zdalnie kierowane, pod warunkiem opanowania pilotażu przy słabej stateczności własnej modelu. Budowa modeli swobodnie latających w tym stopniu podobieństwa jest co najmniej ryzykowna. Niebezpieczeństwo rozbicia modelu i zniszczenia wielkiego wkładu pracy jest bowiem bardzo duże.

● Drugi stopień podobieństwa jest najczęściej i najchętniej stosowany przez modelarzy. W drugim stopniu rezygnujemy z odtworzenia w sposób wierny konstrukcji samolotu i dostosowujemy ją do naszych modelarskich możliwości, jednak w ten sposób, aby podobieństwo wyglądu zewnętrznego zostało zachowane. Stery i lotki wykonujemy zazwyczaj oddzielnie, ale montujemy na modelu nieruchomo. Wyposażenie kabiny ograniczamy do minimum (fotele, przyrządy), a kabinę zaklejamy bez możliwości otwierania. Makieta silnika wymagana jest, jeżeli elementy silnika wystają na zewnątrz, np. cylindry silnika gwiazdowego (rys. 1-8).

Budując model w drugim stopniu podobieństwa można sobie pozwolić na niewielkie odstępstwa od proporcji samolotu — na przykład na pewne zwiększenie wzniosu skrzydła, przesunięcie podwozia, zastosowanie bardziej modelarskich śmigieł itp.

Autor jest zdania, że większość tzw. zawodniczych modeli redukcijno-latających powinno się wykonywać właśnie w tym stopniu podobieństwa, kładąc zasadniczy nacisk na osiągnięcie prawidłowych własności lotnych miniaturowych samolotu, a nie na syzyfowe (bo skazane na zniszczenie) rzemieślnicze prace odtworzenia obciążających model szczegółów.



1-8. Model samolotu PWS-26
Pod maską makieta silnika gwiazdowego

(foto autora)



1-9. Model samolotu RWD-5bis wykonany w trzecim stopniu podobieństwa

(foto autora)

● Trzeci stopień podobieństwa to największe dopuszczalne uproszczenie oryginału. Model wykonany w ten sposób powinien zachować tylko ogólne proporcje kształtów samolotu. Wiernie powinny być odtworzone obrys i kształt kadłuba ze statecznikiem pionowym, obrys skrzydła i statecznika poziomego oraz zewnętrzne malowanie płatowca. Można natomiast pozwolić sobie na takie odstępstwa, jak znaczne zwiększenie wzniosu skrzydła (o kilka stopni), niewielkie zwiększenie końcowej cięciwy skrzydła (np. przez zastosowanie zbieżności skrzydła w stosunku 2:1, zamiast 3:1 — przy szybowcach), powiększenie powierzchni statecznika poziomego (nawet znaczne), powiększenie lub przesunięcie podwozia (w modelach z napędem gumowym), zastosowanie zwykłego modelarskiego śmigła itp.

Modele zaliczające się do tej grupy nie mają (z wyjątkiem zasadniczego steru) oddzielnie zbudowanych organów sterowania, a linie podziału płaszczyzn na stery, lotki, klapy itp. zaznacza się malując je wprost na pokryciu. Nie stosuje się wyposażenia kabiny, a zewnętrzne szczegóły ogranicza się do niezbędnego minimum. Trzeci stopień podobieństwa powinien być stosowany do wszystkich modeli nie przeznaczonych do startów zawodniczych. Przez zastosowanie wielu rozsądnych uproszczeń i poprawek, nie tracąc nic z atrakcyjnej sylwetki prawdziwego samolotu, zyskujemy możliwość bezpiecznej, racjonalnej i długotrwałej eksploatacji. Według tych zasad został zaprojektowany model RWD-5 bis, którego plan dołączony jest do książki (rys. 1-9).

Zawody miniaturowych samolotów

Makieta latająca — bo taka jest oficjalna nazwa miniaturowego samolotu zawodniczego — niezależnie od tego, że musi spełniać warunki ogólnych przepisów^{*)}, powinna być, oczywiście, tak zaprojektowana i wykonana, aby start zawodniczy rokował możliwie duże szanse. Musi więc w maksymalnym stopniu spełniać wszystkie warunki konkursowe, które sformułowane są dokładnie w spor-

^{*)} Omówiono na str. 19, a więc: ciężar, obciążenia, powierzchnia nośna, silniki napędowe itp.

towych przepisach szczegółowych, oddzielnie dla każdej kategorii zawodniczej.

Miniaturowe lotnictwo, jak wiemy, jest względnie młodą dziedziną modelarstwa lotniczego, stąd przepisy i regulaminy dotyczące jego sportowych zastosowań nie osiągnęły jeszcze pełni swojej doskonałości — wciąż są modyfikowane i dostosowywane do szybkiego tempa postępu technicznego.

Przepisy rozgrywania zawodów

Zgodnie z kodeksem sportowym FAI makiety latające startują w jednej klasie zawodniczej oznaczonej jako klasa F4^{*)}. Już samo zgrupowanie tak wielu, różnorodnych modeli w jednej klasie sportowej świadczy wyraźnie o tym, że dziedzina ta jest jeszcze w bardzo wczesnym stadium rozwoju. W ramach tej klasy wszystkie miniaturowe samoloty, bez względu na charakterystykę techniczną i okres historyczny, z którego wywodzi się oryginał, podzielone są na trzy kategorie:

- makiety na uwięzi (F4A),
- makiety swobodnie latające (F4B),
- makiety zdalnie kierowane (F4C).

W zawodach sportowych mogą startować modele wszystkich samolotów, jakie zostały zbudowane w całym historycznym okresie rozwojowym lotnictwa, od zarania aż do współczesności. Jedyny warunek to wymaganie, aby model przedstawiał statek powietrzny, który w oryginale zdolny był do transportu ludzi, to znaczy że samoloty bezpilotowe, bomby latające itp. są wykluczone.

Warunkiem dopuszczenia do startu na oficjalnych zawodach jest udokumentowanie podobieństwa modelu do oryginału. W związku z tym zawodnik jest obowiązany dostarczyć sędziom następującą dokumentację:

- dokładny rysunek pierwowzoru (samolotu) w trzech rzutach i w podziałce nie mniejszej niż 1:72,
- deklarację wymieniającą źródła, z których dokumentacja została zaczerpnięta (czasopisma, podręczniki, książki, rysunki fabryczne); rysunki wykonane samodzielnie przez zawodnika wymagają zatwierdzenia przez odpowiednią komisję Aeroklubu PRL lub konstruktora pierwowzoru,
- 3 fotografie pierwowzoru; jedna fotografia musi przedstawiać egzemplarz, który startuje w zawodach,
- wykaz części modelu, które są pochodzenia fabrycznego,
- przymiar — linię wyskalowaną zgodnie z podziałką, w jakiej został wykonany model — umożliwiając bezpośrednie porównanie wymiarów samolotu i modelu.

Ocena ogólna składa się z punktów uzyskanych za „wykonanie” oraz punktów za najlepszy lot konkursowy.

^{*)} Regulamin FAI dzieli modele lotnicze na 5 klas:

- F1 — modele swobodnie latające,
- F2 — modele na uwięzi,
- F3 — modele zdalnie kierowane,
- F4 — makiety latające,
- F5 — rakiety i rakietoplany.

Ocena „wykonania” jest trójczłonowa i składa się z ocen: wierności odwzorowania, jakości wykonania oraz stopnia technicznej komplikacji modelu. Komisja sędziowska ocenia oddzielnie poszczególne elementy i zespoły modelu: kadłub, skrzydło, usterzenie, podwozie, zespół napędowy, wnętrze kabiny, wykończenie i oznakowanie. Za każdy szczegół może przydzielić od 1 do 10 punktów, które są następnie mnożone przez specjalnie dobrane współczynniki korekcyjne K.

Współczynniki te pozwalają uwzględnić stopień ważności danego szczegółu dla ostatecznej punktacji wykonania. Charakteryzują one więc ogólne tendencje regulaminów i aktualnie obowiązujące przepisy — tablica 1-9.

Współczynniki korekcyjne K

Tablica 1-9

Szczegół oceniany	Współczynniki korekcyjne K do szczegółowej oceny wykonania modelu zawodniczego		
	za zgodność (geometryczną) odwzorowania oryginału	za jakość wykonania	za stopień komplikacji technicznej
Kadłub	4	3	2
Skrzydła	4	3	3
Usterzenie	5	3	1
Podwozie	3	3	3
Zespół napędowy	3	3	2
Wyposażenie kabiny	2	2	1
Wykończenie powierzchni: malowanie, oznakowanie	4	4	3
Specjalna pomysłowość	—	4	—
Suma	25	25	15

Jak wynika z tablicy, najwyższą punktowana jest zgodność odwzorowania modelu, przy czym największy współczynnik $K = 5$ otrzymuje się za usterzenie, a konkretnie za utrzymanie oryginalnych proporcji statecznika poziomego, co jest rzeczywiście trudne do osiągnięcia. Najniższe natomiast punktowane jest wyposażenie kabiny, co oznacza, że regulamin wyżej stawia osiągnięcia techniczne niż rzemieślniczy kunszt odwzorowania niefunkcjonalnych na ogół szczegółów wnętrza kabiny. Wysoko oceniane jest zewnętrzne podobieństwo modelu do oryginału, co jest zrozumiałe, gdyż model ma w pełni przypominać samolot oryginalny.

Dotyczy to nie tylko stanu i faktury powierzchni modelu, ale także oznaczeń, które nie mogą być fikcyjne, lecz muszą dotyczyć konkretnego egzemplarza lub serii produkcyjnej. Na tym tle uwypukla się znaczenie dobrej i szczegółowej dokumentacji, która pozwoliłaby nie tylko odtworzyć wygląd powierzchni, ale również udokumentować jej historyczną autentyczność.

Ogólnie biorąc, przy maksymalnej punktacji sędziowskiej model może uzyskać:

$25 \times 10 = 250$ punktów za wierność odtworzenia,
 $25 \times 10 = 250$ punktów za jakość wykonania,
 $15 \times 10 = 150$ punktów za stopień komplikacji, czyli w sumie 650 punktów.

Ocena lotów zależy od wykonania przez model odpowiednio zestawionych, przewidzianych regulaminem punktów programu lotu, na który składają się tzw. lot obowiązkowy oraz kilka wybranych z listy pokazów.

Programy lotów konkursowych są dla poszczególnych kategorii zawodniczych następujące:

I. Kategoria makiet na uwięzi (klasa F4A) Modele mogą wykonywać po trzy oficjalne loty. Każdy zawodnik ma 7 minut na wykonanie przepisowego programu, który obejmuje:

	współczynnik K
— start	8
— realizm lotu	10
— pięć (wybranych z oficjalnej listy) pokazów dowolnych	5×7
— lądowanie	7
— kołowanie na odcinku jednego okrążenia	5

Lista pokazów jednakowo punktowanych obejmuje 13 pozycji (K = 7):

- A — ocenę pracy silników (T*),
- B — chowanie i wypuszczanie podwozia (T),
- C — działanie klap (T),
- D — zrzuty — zbiorniki, makiet bomb (T),
- E — lot w stożku (P*),
- F — pętlę wewnętrzną (A*),
- G — lot plecowy — 3 okrążenia (A),
- H — przewrót (A),
- I — ósemkę poziomą (A),
- J — międzylądowanie (P),
- K — wyrzucanie spadochronu (T),
- L — lądowanie z pracującym silnikiem (P),
- N — czynność własnego pomysłu.

II. Kategoria makiet swobodnie latających (klasa F4B)

Modele są oceniane za wykonanie jednego z trzech lotów konkursowych. Obowiązuje wykonanie prostego programu, na który składają się:

	współczynnik K
— start	10
— realizm lotu	15
— dwa pokazy (wybrane z oficjalnej listy)	(wg. listy)
— szybowanie lub podejście do lądowania	8

Lista pokazów dowolnych obejmuje:

- A — pracę silników w modelu wielosilnikowym, przez co najmniej 20 s i stateczny lot bez jednego silnika
- B — chowanie i wypuszczanie podwozia
- C — zrzuty
- D — ósemkę
- E — pętlę
- F — pokaz własnego pomysłu

Na wykonanie tego programu przewidziany jest czas do 5 minut.

Dla modeli wielosilnikowych czas lotu może być przedłużony o 1 minutę na każdy silnik ponad jeden. Punktacja odbywa się podobnie jak przy makietach na uwięzi.

III. kategoria makiet zdalnie kierowanych (klasa F4C)

Każdy model może wykonać trzy 12-minutowe loty konkursowe, przy czym modele wielosilnikowe otrzymują dodatkowo po 1 minucie lotu na każdy silnik ponad jeden. W przewidzianym czasie model powinien wykonać następujący program:

	współczynnik K
— kołowanie (wyprowadzenie na start)	3
— start	10
— lot prostoliniowy	3
— zakręty płaskie 90° i 270°	3
— ósemkależąca nad nadajnikiem	4
— pięć (wybranych z oficjalnej listy) pokazów dowolnych	4(×5)
— realizm w locie	9
— podejście do lądowania rundą czterozakrętową	4
— elegancja i celność lądowania: przyziemienie w kole o $\varnothing$ 15 m	9
jw. w kole o $\varnothing$ 30 m	6
jw. poza kołem o $\varnothing$ 30 m	3

Długa lista pokazów dowolnych (18 pozycji) jest tak zbudowana, aby wyrównać szanse modeli o rozmaitych możliwościach. Dzięki temu możliwa staje się rywalizacja samolotu sportowego z myśliwskim, jednosilnikowego z wielosilnikowym, historycznego ze współczesnym itp. Stosowane są jednakowe współczynniki korekcyjne K = 4. Lista ta obejmuje:

- A — ocenę pracy silników w modelach wielosilnikowych (T*),
- B — chowanie i wypuszczanie podwozia (T),
- C — działanie klap (T),
- D — zrzuty zbiorników lub bomb (T),
- E — zawrót (P),
- F — Immelman (A),
- G — pętlę wewnętrzną (A),
- H — wywrót (A),
- I — ósemkę kubańską (A),
- J — korkociąg (A),
- K — beczkę (A),
- L — zrzut spadochronu (T)
- N — „odejście na drugi krąg” — model podchodzi do lądowania przy zdławionym silniku do wysokości 3 m, a następnie wznosi się i kontynuuje normalny lot (P),
- O — ślizgi w lewo i w prawo (P),
- P — czynność własnego pomysłu,
- Q — lot po obwodzie trójkątnym o boku minimum 100 m (P),
- R — lot po obwodzie prostokąta — minimum 50 × 100 m (P),
- S — lot prostoliniowy na stałej wysokości nie większej niż 6 m (P),
- T — lot modelu wielosilnikowego z jednym zdławionym silnikiem (P).

* Oznaczenia pokazów jak poprzednio

Problemy sportu zawodniczego

Każdy, kto zamierza poważnie zaangażować się w sport modelarski i budowę miniatury samolotów zawodniczych, musi rozwiązać wiele ważnych problemów:

- wybrać i uprawiać jedną konkretną kategorię,
- określić optymalny stopień odwzorowania oryginału,
- zdecydować się, na co stawiać — na wykonanie modelu czy na lot,
- określić wyraźnie charakter modelu, stopień jego mechanizacji i komplikacji technicznej,
- określić jak osiągnąć pożądany realizm lotu,
- rozwiązać korzystnie zagadnienie eksploatacji modelu.

Postaram się wskazać niektóre kierunki rozwiązania tych problemów.

Specjalizacja w konkretnej kategorii jest konieczna, aby osiągnąć dobre rezultaty w warunkach współczesnego, intensywnego postępu i przy silnej konkurencji. Ogólne problemy związane z wyborem samolotu już omawialiśmy — szczególnie pod względem własnych możliwości i umiejętności. Od strony sportowej dwie kategorie mogą być traktowane prawie równorzędnie — lot na uwięzi (F4A) i zdalne kierowanie (F4C). W pierwszej kategorii mieliśmy, jak dotąd, wielkie sukcesy. Polscy zawodnicy sięgali bowiem po tytuły mistrzów świata i można mówić o „polskiej szkole” budowania makiet na uwięzi.

Kategoria makiet zdalnie kierowanych jest młodą dziedziną; pierwsze Mistrzostwa Świata odbyły się zaledwie kilka lat temu. Jest to poza tym jedyna kategoria, w której można się pokusić o osiągnięcie pełnego podobieństwa dynamicznego i pełnego realizmu w locie. Nie ma w niej żadnych ograniczeń, które kępowałyby postęp.

Modele swobodne zostały jakby na uboczu — niebezpieczeństwo uszkodzenia modelu w locie swobodnym spowodowało bowiem, że kategoria ta, początkowo bardzo licznie obsadzana, dziś ma mało zwolenników tak, że zrezygnowano nawet z rozgrywania mistrzostw w tej dyscyplinie.

Stopień wierności odwzorowania oryginału powinien być zdecydowany od początku. W tej decyzji ukryty jest bowiem cały taktyczny sens rozgrywania zawodów. Można bowiem wszystko odwzorować bez jakichkolwiek odstępstw, a tak skutecznie popsuć właściwości lotne modelu, że spowoduje to stratę większości punktów za lot, nie mówiąc już o realizmie tego lotu. Jeżeli wyłączymy z analizy modele swobodne, to jedynie odwzorowanie usterzenia, a konkretnie zachowanie oryginalnych proporcji pomiędzy powierzchnią usterzenia poziomego a powierzchnią skrzydła, może istotnie stanowić poważny problem i dylemat dla decyzji — powiększyć czy też zachować proporcje oryginalne?

Radziłbym tu inne rozwiązanie — przede wszystkim sprawdzić, jak się będzie przedstawiać stateczność modeli różnych samolotów i wybrać ten, który gwarantuje najlepszą. Na ten temat znajdują Czytelnicy sporo informacji i materiału statystycznego w rozdziałach 2, 5, 6 i 7, a także dość ob-

szerne studia teoretyczne w rozdziale 14. Jeżeli chodzi o skrzydło, to jego geometria nie powinna być trudna do odtworzenia. Kłopoty mogą być z odtworzeniem oryginalnych profili — takie dane są bowiem trudno osiągalne.

Wierne odtworzenie pozostałych elementów samolotu również nie powinno sprawiać trudności, oprócz techniczno-wykonawczych. Aby się ustrzec przed nimi, trzeba się dobrze zastanowić nad wyborem i może nawet świadomie zrezygnować z części punktów za komplikację techniczną. Trzeba też pamiętać o tym, że model skomplikowany jest zwykle zbyt ciężki, a więc źle latający.

Stosunek nakładu pracy wykonawczej do przyszłych właściwości lotnych modelu to też niebłahy problem taktyczny. Wiąże się on również z wyborem samolotu.

Aby uściślić różne poglądy na ten temat, zrobimy krótką analizę możliwości punktowych w kategoriach F4A i F4C.

Teoretyczny, maksymalny przydział punktów może być następujący:

	F4A	F4C
— za wierność odwzorowania	250 p. (~19%)	250 p. (~19%)
— za dokładność wykonania	250 p. (~19%)	250 p. (~19%)
— za stopień komplikacji	150 p. (~12%)	150 p. (~12%)
— za lot obowiązkowy	300 p. (~23%)	450 p. (~35%)
— za pokaz	350 p. (~27%)	200 p. (~15%)
Maksymalna ilość punktów:	1300 p. (100%)	1300 p. (100%)
— w tym punkty za start, realizm w locie i lądowanie		250 p. (~19%) 350 p. (~27%)

Z zestawienia wynika, że połowę punktów otrzymuje się za lot, połowę za wykonanie, z tym że punkty za wykonanie otrzymuje się zawsze, a punkty za lot tylko wówczas, gdy lot się powiedzie, co jest oczywiste. W punktacji modeli na uwięzi przeważają punkty za pokaz, przy modelach zdalnie kierowanych zdecydowany nacisk kładzie się na lot obowiązkowy.

Analizując szczegółową punktację nietrudno zauważyć, jak bardzo wysoko punktuje się takie zdawałoby się proste elementy lotu, jak start, lądowanie czy zwykły realizm. Dzięki nim można zdobyć modelem na uwięzi 19% wszystkich punktów i aż 27% punktów modelem zdalnie kierowanym. W praktyce bowiem okazuje się, że te najprostsze elementy lotu są najtrudniejsze do wierne oddania za pomocą modelu latającego.

Biorąc to wszystko pod uwagę polecałbym zastosowanie następującej taktyki:

- zdecydowanie stawiać na lot,
- dokładnie opracować projekt modelu, przeanalizować co najmniej kilka wariantów i wybrać

* Oznaczenia w nawiasach odnoszą się do charakteru pokazów: T — techniczny, P — pilotażowy, A — akrobacyjny.

ten, który zapewnia najlepszą stateczność i pewność lotu,

- bardzo dokładnie odtworzyć proporcje geometryczne, dopuszczając jedynie ewentualne powiększenie rozmiarów statecznika poziomego,
- sprawy wykończenia zostawić „na potem” i stopniowo, z konkursu na konkurs poprawiać standard w tym zakresie.

● Charakter modelu powinien być bardzo wyraźnie zdecydowany — to także sprawa wyboru i taktyki. Przeglądając się punktacji przydzielanej za pokazy nietrudno zauważyć, że co najmniej połowa regulaminowych pokazów może być wykonana zwykłym, nie akrobacyjnym modelem o mniejszym lub większym stopniu komplikacji technicznej. Można tu wyodrębnić co najmniej kilka charakterystycznych typów modeli:

- typ 1 — model prostego samolotu sportowego, bez mechanizacji, np. RWD-5,
- typ 2 — model samolotu o wyeksponowanym charakterze pilotażowym, z mechanizacją skrzydła, np. RWD-9,
- typ 3 — zmechanizowany model wybitnie techniczny, wielosilnikowy, z mechanizacją skrzydła, chowanym podwoziem itp., np. LANCASTER,
- typ 4 — średnio zmechanizowany model, częściowo akrobacyjny, np. SPITFIRE,
- typ 5 — w pełni akrobacyjny model samolotu akrobacyjnego, bez mechanizacji, np. PITTS SPECIAL.

Biorąc pod uwagę trudności uzyskania maksymalnej punktacji za wykonanie modelu oraz przeciętne warunki i niespodzianki podczas rozgrywania zawodów, modele te mogą mieć następujące prawdopodobne szanse na maksymalny „przydział” punktów w konkursach:

— za odwzorowanie				
typ 1 maks. (~100%)	typ 2 maks. (~100%)	typ 3 śr. (~80%)	typ 4 maks. (~100%)	typ 5 śr. (~80%)
— za wykonanie				
typ 1 maks. (~100%)	typ 2 maks. (~100%)	typ 3 śr. (~60%)	typ 4 śr. (~80%)	typ 5 maks. (~100%)
— za stopień komplikacji				
typ 1 min. (~20%)	typ 2 śr. (~60%)	typ 3 maks. (~100%)	typ 4 śr. (~80%)	typ 5 śr. (~40%)
— za lot obowiązkowy				
typ 1 maks. (~100%)	typ 2 maks. (~100%)	typ 3 śr. (~80%)	typ 4 maks. (~100%)	typ 5 maks. (~100%)
— za pokaz				
typ 1 maks. (~100%)	typ 2 maks. (~100%)	typ 3 śr. (~60%)	typ 4 śr. (~80%)	typ 5 śr. (~80%)
przeciętnie				
~84%	~92%	~76%	~88%	~80%

Wniosek z tego prosty: szanse zawodnicze nie zależą od maksymalnej komplikacji technicznej czy pilotażowej, ale od rozsądnego wyboru. Im bowiem więcej komplikacji, tym większe możliwości awarii i mniejsza pewność powodzenia. Postawić wyłącznie na akrobację, to uzależnić się od warunków

atmosferycznych i od subiektywnych ocen sędziowskich, nie mówiąc o potrzebie ciągłego trenowania, co niszczy model i stwarza poważne niebezpieczeństwo.

Jak się okazuje, a praktyka zdaje się to potwierdzać, zwykłym modelem, bez żadnej mechanizacji, niezdolnym do wykonania jakiegokolwiek figury wyższego pilotażu, można uzyskać takie same, a nawet lepsze rezultaty. Najlepszych osiągnąć można się spodziewać przy zastosowaniu najrozsądniejszego kompromisu, który można w skrócie scharakteryzować następująco:

- doskonałe właściwości lotne,
- mechanizacja służąca wyłącznie rozszerzeniu właściwości lotnych,
- doskonałe proporcje gwarantujące możliwość pełnego lub prawie pełnego odwzorowania geometrycznego,
- prostota kształtów, dająca szanse na łatwe osiągnięcie podobieństwa zewnętrznego,
- nieskomplikowane wnętrza kabiny.

Takim kompromisem, zdaniem autora, byłby między innymi model samolotu RWD-9, którego dokumentacja jest zamieszczona w książce.

● Osiągnięcie pełnego realizmu w locie, czyli całkowitego dynamicznego podobieństwa modelu do oryginału jest możliwe, lecz bardzo trudne. Trzeba bowiem jednocześnie spełnić kilka warunków — zapewnić pełną wzajemną proporcjonalność zmniejszenia wymiarów i zmniejszenia masy, proporcjonalność efektywności napędu w pełnym zakresie prędkości użytkowych oraz proporcjonalność właściwości aerodynamicznych i mechanicznych płatowca, nie mówiąc już o takich szczegółach jak proporcjonalność w poruszaniu się modelu na ziemi, co wiąże się ze sztywnością i tłumieniem drgań podwozia, proporcjonalnością efektów hamowania itp.

Trzeba pamiętać, że konkretnemu zespołowi napędowemu o określonej mocy i sprawności odpowiada tylko jeden konkretny wymiar zmniejszenia i jedna ściśle wyznaczalna masa modelu. Wystarczy zmienić silnik czy śmigło i podobieństwo zanika. Większość przeciętnych modeli zawodniczych daleka jest od zachowania choćby tylko częściowego podobieństwa dynamicznego.

Aby utrzymać model w zakresie zbliżonym do pełnego podobieństwa, trzeba — niezależnie od umiejętności teoretycznego wyznaczania warunków podobieństwa — znać rzeczywistą charakterystykę zespołu napędowego oraz rzeczywistą charakterystykę aerodynamiczną modelu.

Poznanie tych parametrów wymaga przeprowadzenia dość żmudnych pomiarów i odpowiedniego oprzyrządowania badawczego oraz umiejętności organizowania takich badań. Nie jest to wcale łatwe i na ogół nie stosowane. Niemniej wymagania te wyraźnie wskazują kierunki postępu w tej dziedzinie sportu. Bez podstaw naukowych będzie wkrótce trudno się obejść.

● Zagadnienie eksploatacji wiąże się z rodzajem, rozmiarem oraz stopniem zmechanizowania miniaturowego samolotu, a także z jego konstrukcją. Niezbyt duże prostych samolotów sprawiają mało kłopotów eksploatacyjnych, wielkie i zmechanizowane mogą tych kłopotów przyspo-

żyć bardzo wiele. Trzeba jednak otwarcie powiedzieć, że im model jest większy, tym łatwiej można uzyskać właściwy realizm lotu i dlatego współczesne tendencje idą raczej w kierunku budowy dużych i ciężkich modeli, o wielkiej bezwładności, która pozwala lepiej tolerować podmuchy wiatru i nierówności terenu wzlotów. Stąd też tendencja do stosowania maksymalnych pojemności silników napędowych. Trzeba sobie jednak zdać sprawę, że takie podejście jest niejako „obchodzeniem problemu”, można bowiem, i to z powodzeniem, zbudować model z mniejszym silnikiem i też zachować pożądany realizm lotu. Chciałbym tu przypomnieć znany fakt, że problemy narastają o wiele szybciej niż rozmiary modeli. Jeżeli na przykład uda się nam zbudować dobrze i realistycznie latający model o rozpiętości 1 m, powierzchnii 15 dm² i ciężarze 0,5 kG, napędzany silnikiem o pojemności 1 cm³ i mocy około 0,1 kM, to przy dwukrotnym powiększeniu liniowego rozmiaru (do 2 m) trzeba się liczyć z następującymi prawidłowościami i problemami:

- powierzchnia wzrośnie proporcjonalnie do kwadratu stopnia powiększenia liniowego, czyli 4 razy, tj. z 15 do 60 dm²,
- ciężar wzrośnie proporcjonalnie do trzeciej potęgi powiększenia liniowego, czyli 8 razy, tj. z 0,5 do 4,0 kG,
- nastąpi proporcjonalny wzrost obciążenia powierzchni skrzydła — w omawianym przypadku dwukrotny — z ok. 33 G/dm² do 66 G/dm²,
- spowoduje to wzrost prędkości minimalnej (lotu ślizgowego) w stosunku jak $\sqrt{2}$, czyli ok. 1,4 raza; z ok. 7 m/s do 10 m/s,
- moc silnika powinna wzrosnąć co najmniej w takim stopniu jak ciężar (zachowane musi być bowiem podobne obciążenie mocy silnika Q/N), czyli do trzeciej potęgi powiększenia liniowego, a więc 8 razy, tj. z 0,1 kM do około 0,8 kM; oznacza to, że do napędu będzie musiał być użyty silnik o największej pojemności regulaminowej, tj. 10 cm³.

Nie ma bardziej błędnego podejścia niż mniemanie, że wystarczy dwa razy powiększyć moc silnika przy dwukrotnym powiększeniu rozmiaru, aby sprawa była załatwiona. Widziałem niejed-

model, który nie mógł oderwać się od ziemi na skutek takiego właśnie podejścia. Przy projektowaniu trzeba więc pamiętać, że jeżeli powiększymy (zmniejszymy) model k_1 razy, to zmienią się również inne parametry modelu:

- współczynnik powiększenia powierzchni $k_s = k_1^2$
 - współczynnik powiększenia ciężaru i w przybliżeniu mocy silnika $k_{Q,N} = k_1^3$
 - współczynnik wzrostu prędkości minimalnej (lotu ślizgowego) $k_{v_{min}} = \sqrt{k_1}$
- Wielkości te bardzo łatwo można obliczyć za pomocą suwaka logarytmicznego lub tablic matematycznych.

Z eksploatacją wiąże się jeszcze problem demontażu modelu. Co prawda jest to sprawa konstrukcji modelu, niemniej trzeba sobie zdawać sprawę, że wielkie nierozbieralne modele to ogromny kłopot przy transporcie i ewentualnych naprawach. Trzeba też pamiętać, że trudności wykonania rozłącznych zamocowań ogromnie rosną wraz ze wzrostem rozmiaru, a także wzrasta dodatkowy ciężar modelu.

Również fakt, że model jest rozbieralny, nie przydaje punktów na zawodach, chyba że demontaż odbywa się w modelu w ten sam sposób, jak w samolocie. Są jednak takie samoloty, gdzie demontaż lub składanie elementów samolotu (głównie skrzydeł) jest integralnie związane z funkcją samolotu, jak na przykład w RWD-9 czy też w samolotach morskich hangarowych na lotniskowcach. Wówczas można połączyć piękne z pożytecznym — mieć demontowany model oraz punkty za komplikację i za pomysłowość.

Omówiliśmy — w wielkim skrócie — niektóre problemy wiążące się z budową miniaturowych samolotów i ich możliwymi zastosowaniami. Wniosek z tego jest jeden.

Powodzenie w budowie i eksploatacji miniaturowych samolotów, niezależnie od ich przeznaczenia, zależy przede wszystkim od zrozumienia podstawowych praw, które rządzą lotem, i od rozsądnego, wnikliwego podejścia już w pierwszych momentach podejmowania decyzji i opracowywania projektu.

2

Podstawy projektowania

Jak już wspomnieliśmy, projektowanie to bardzo szeroka dziedzina wiedzy i umiejętności. Jest to niewątpliwie wyższy szczebel „wtajemniczenia technicznego”, nie przez wszystkich jednakowo stosowany i nie wszystkim w jednakowym stopniu potrzebny. Cały materiał zawarty w tej książce dostosowany został do najprostszych, elementarnych form projektowania. Opiera się on przede wszystkim na zestawieniach możliwie najkorzystniejszych danych, które zebrano podsumowując wiele doświadczeń praktycznych i teoretycznych. Niniejszy rozdział może być rozmaicie odbierany i autor nie będzie miał o to do Czytelników żadnych pretensji. Rozdział ten bowiem:

- może być całkowicie pominięty, gdyż dane zawarte w dalszych rozdziałach wystarczą do sporządzenia najprostszego projektu,
- może służyć jako pierwszy, szkolny materiał dla orientacji w podstawowych problemach teoretycznych i dla zdobycia ogólnych umiejętności samodzielnego projektowania,
- może wreszcie stać się zachętą do dalszych, twórczych i samodzielných poszukiwań.

Projektowanie — jego cele i korzyści

Wydaje się, że celowość projektowania, podobnie jak każda umiejętność może mieć wielostopniowy charakter. Wyróżniłbym co najmniej trzy podstawowe stopnie:

●Pierwszy stopień — najprostszy; jego celem jest przede wszystkim uzyskanie dużego prawdopodobieństwa, że model, który zamierzamy zbudować, będzie latał poprawnie, to znaczy że unikniemy zasadniczych nieporozumień i niepowodzeń. Na tym poziomie wystarczą ogólne wiadomości z podstawowych rozdziałów, choć głębsza znajomość

praw, które rządzą lotem samolotów i modeli, byłaby bardzo pomocna.

●Drugi stopień — średni; jego celem jest uzyskanie założonych właściwości budowanego modelu, np. stateczności, sterowności, zdolności do wykonywania akrobacji, prędkości, uniwersalności itp. Materiały zawarte w tym rozdziale powinny w znacznej mierze pomóc w realizacji takich zamierzeń. Uzupełnienie stanowi rozdział 14.

●Trzeci stopień — najwyższy; jego celem jest uzyskanie pełnego aerodynamicznego i dynamicznego podobieństwa modelu do oryginału, to znaczy osiągnięcie całkowitego realizmu w locie i wszystkich okolicznościach, jakie się wiążą z eksploatacją miniaturowego samolotu.

Geometria płatowca

Podstawą udanego projektu jest dobre rozpoznanie i właściwe określenie geometrii płatowca, którego miniaturową wersję chcemy zbudować. Aby wykonać to zadanie, niezbędna jest odpowiednia dokumentacja. Na ogół wystarczające są rysunki samolotu w trzech rzutach, pochodzące z wiarygodnego źródła (patrz rozdział 3). Na podstawie posiadanej charakterystyki i opisów technicznych samolotu ustalamy główne wymiary samolotu (patrz rys. 1-2). Będą to:

- rozpiętość samolotu b_o^{**} ,
- długość całkowita L_o ,
- długość kadłuba L_{ko} ,
- średnica śmigła D_{smo} ,
- oraz inne wymiary charakterystyczne, jak:
- szerokość i wysokość kadłuba (przekrój),
- średnice obudowy silników (szczególnie przy grubszych osłonach silników gwiazdowych),
- średnice kół podwozia itp.

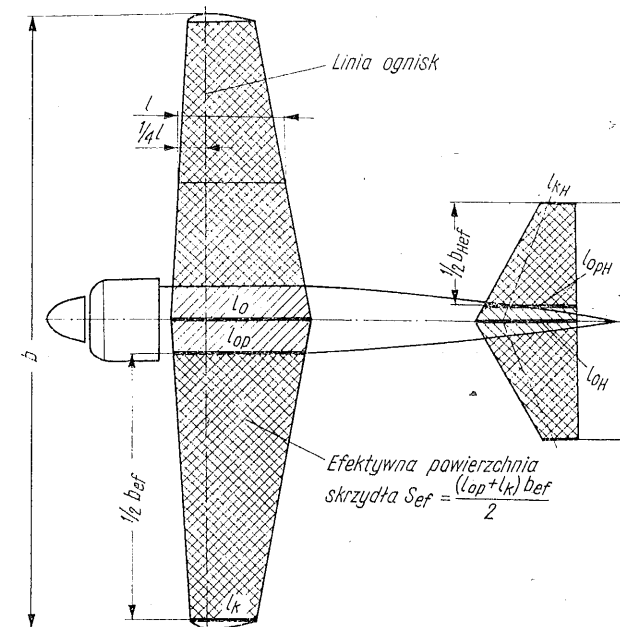
** Litera o w indeksie oznacza rzeczywisty samolot — oryginał

Charakterystyka techniczna samolotu zazwyczaj nie jest tak szczegółowa — interesujące nas wymiary można zmierzyć bezpośrednio na posiadanych rysunkach. W tej fazie pracy należy ustalić również stopień (współczynnik) zmniejszenia naszej dokumentacji w stosunku do oryginału:

$$k_p = \frac{b_o(\text{oryginału})}{b(\text{z rysunku})}$$

Wymiary i proporcje płaszczyzn nośnych

Płaszczyzny nośne — skrzydła i stateczniki — mają następujące cechy charakterystyczne (rys. 2-1). Obrys, czyli kształt geometryczny. Stosuje się rozmaite formy płaszczyzn nośnych — od prostokątnej, poprzez eliptyczną do trójkątnej „delta”.



2-1. Ogólne oraz efektywne wymiary płaszczyzn nośnych

Niektóre, bardziej rozpowszechnione kształty pokazane są na rysunku 2-2a. W historii lotnictwa należało można całą gamę nieraz bardzo skomplikowanych obrysów (np. formy ptasie); obecnie dominują obrysy trapezowe, o mniejszej lub większej zbieżności.

Wznios, czyli wygięcie skrzydła (rys. 2-2b). Wznios jest niezbędny dla nadania płatowcowi odpowiedniej stateczności poprzecznej. Może być pojedynczy, podwójny, a nawet eliptyczny; najczęściej dodatni, rzadziej ujemny. Niektóre skrzydła, a szczególnie stateczniki mogą wzniosu nie posiadać. Wznios oznaczany jest grecką literą ν (ni). Cięciwy, czyli charakterystyczne szerokości płaszczyzny (patrz rys. 2-1). Każde skrzydło czy statecznik posiada co najmniej jedną geometrycznie wyznaczalną cięciwę. Jest nią cięciwa środkowa (w osi symetrii l_o). Jeżeli skrzydło przechodzi przez kadłub, to można wyraźnie wyznaczyć cięciwę przykadłubową, którą oznaczamy przez l_{op} . Płaty trapezowe mają ponadto cięciwę końcową l_k . Rozpiętość b — wymiar podstawowy, który już poznaliśmy. Jeżeli samolot jest średniopłatem bądź dolnopłatem, można jeszcze wyróżnić efektywną

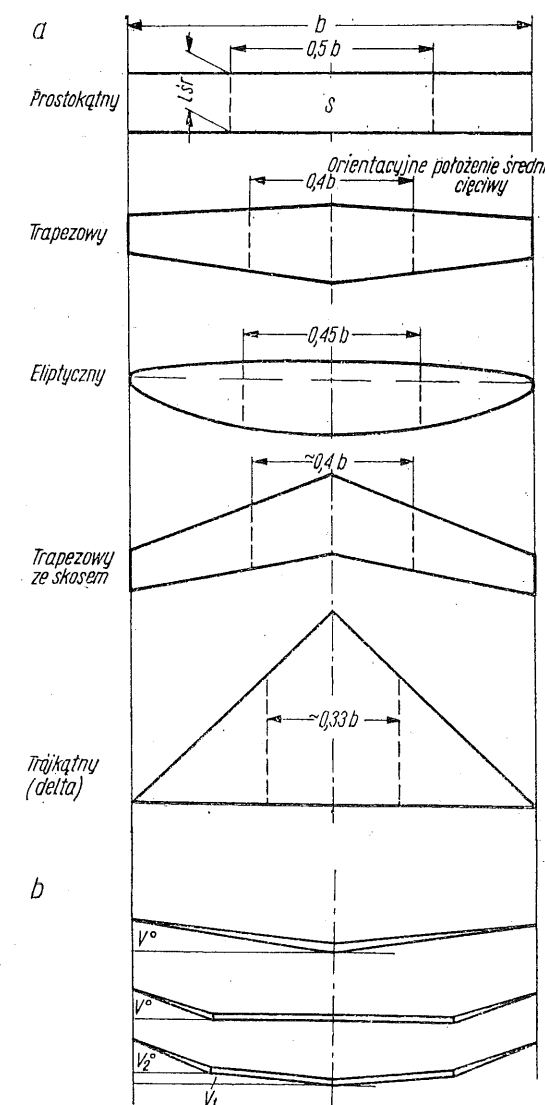
część rozpiętości nie objętą kadłubem przez pomiar „pracującej” długości jednej połówki skrzydła ($b_{ef}/2$).

Powierzchnia S — podstawowy czynnik wytwarzania siły nośnej. Za właściwą uważa się rzut rzeczywistej powierzchni na płaszczyznę poziomą (dla skrzydeł i stateczników poziomych) lub pionową (dla stateczników pionowych). Do wstępnych obliczeń projektowych należy obliczyć powierzchnię ze znanej dokumentacji w takich samych jednostkach jak wymiar b i ewentualnie porównać ją z danymi, jakie podaje charakterystyka samolotu. W związku z tym trzeba obliczyć:

$$S_{\text{samolotu}} = S_{\text{wg rysunku}} \cdot k_p^2$$

Obliczenie to pozwoli nam przekonać się, jaką powierzchnię podano w charakterystyce — ogólną S , łącznie z częścią przechodzącą przez kadłub, czy też efektywną S_{ef} , po odrzuceniu części objętej kadłubem. Dla samolotów górnopłatowych nie uwzględnia się strat spowodowanej kadłubem i przyjmuje się, że $S_{ef} = S$.

Wydłużenie, czyli smukłość płaszczyzny nośnej. Jest to bardzo istotna wielkość, gdyż od niej zależy większość współczynników aerodynamicznych. Wydłużenie oznacza się grecką literą λ (lambda).



2-2. Stosowane formy płaszczyzn nośnych i ich cechy charakterystyczne

Dla skrzydła prostokątnego wydłużenie jest prostym stosunkiem rozpiętości do cięciwy:

$$\lambda_{prost} = \frac{b}{l}$$

Dla skrzydeł o innym obrysie przyjmuje się, że:

$$\lambda_{dow} = \frac{b^2}{S}$$

Przeciętne samoloty mają wydłużenie utrzymane w granicach 5÷7 dla skrzydeł i 3÷4 dla stateczników.

Linia „ognisk” — linia (patrz rys. 2-1) poprowadzona w 1/4 szerokości cięciwy. Przyjmuje się, że wzdłuż tej linii koncentrują się siły i momenty działające na skrzydło lub statecznik.

Skos, czyli poziome odchylenie płaszczyzny. Najczęściej spotyka się skrzydła odchylone do tyłu — ze skosem dodatnim — taki skos poprawia bowiem stateczność skrzydła i jego właściwości przy dużych prędkościach lotu. Są jednak nie tak rzadkie przypadki, kiedy stosuje się skos ujemny. Skos mierzony jest od linii ognisk. Linia skosu nie musi być linią prostą, co jest wyraźnie widoczne w szybkich samolotach współczesnych (np. naddźwiękowy samolot CONCORDE).

Geometria profilu lotniczego

Właściwości profili lotniczych zależą od wielu elementów.

Pod względem geometrycznym profil określają wstępnie następujące wielkości (rys. 2-3a):

- cięciwa geometryczna l , jej długość i położenie,
- punkty ograniczające cięciwę — krawędzie natarcia i spływu,
- największa grubość profilu d ,
- grubość względną $\frac{d}{l}$ charakteryzującą smukłość

profilu, od której zależą aerodynamiczne, oraz wytrzymałościowe właściwości płata; przeciętne profile mają grubość względną utrzymaną w granicach 9÷15%, od tej zasady zdarzają się liczne odstępstwa; maksymalna grubość zwyczajnych profili przypada zwykle w 30% długości cięciwy — jeżeli punkt maksymalnej grubości jest bardziej przesunięty do tyłu (40% l lub więcej), to profil taki określa się jako laminarny (por. rys. 2-3a i 2-3b),

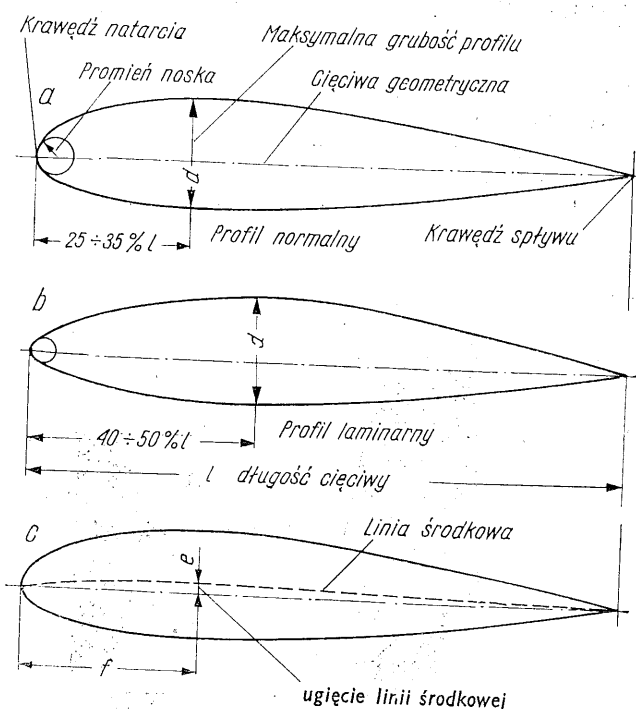
- przebieg i ugięcie e tzw. linii środkowej (rys. 2-3c), która jest symetryczną obu obrysów profilu — górnego i dolnego.

Od ugięcia symetrycznej zależy kształt profilu. W związku z tym rozróżniamy kilka podstawowych grup profili, które pokazane są przykładowo na rysunku 2-4.

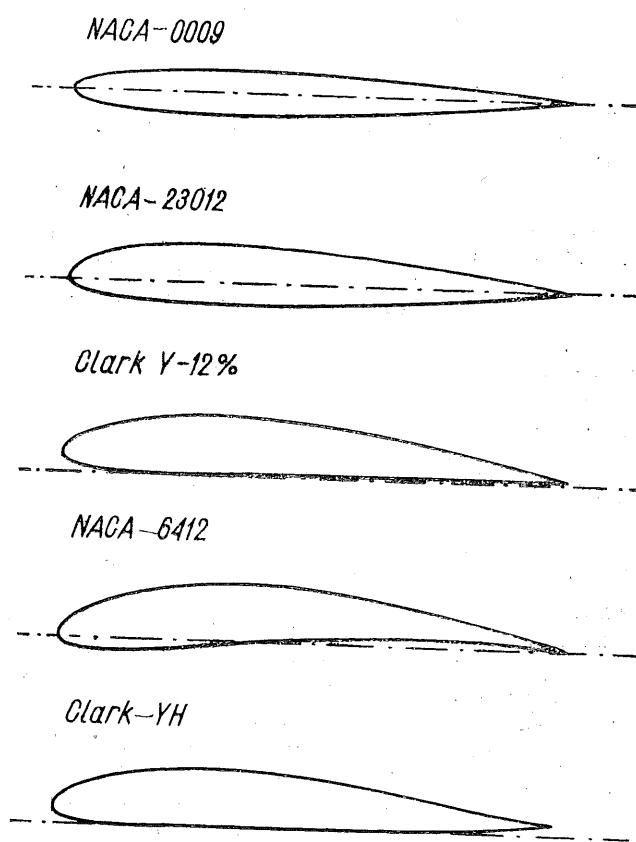
Profile oznaczane są różnymi symbolami i numerami, zależnie od tego, jakie laboratorium profil opracowało. W niektórych oznaczeniach zaszyfrowane są dane o geometrii profilu — na przykład przy profilu NACA-2412 symbol 2(4)12 oznacza, że maksymalne ugięcie linii szkieletowej tego profilu wynosi 2%, przypada w 40% cięciwy (4), a całkowita grubość profilu wynosi 12%.

$$*) \lambda = \frac{b}{l}; \quad l = \frac{S}{b} \quad \text{więc} \quad \lambda = \frac{b}{S/b} = \frac{b^2}{S}$$

Dla celów projektowych dobrze byłoby ustalić dokładnie, w jakie profile wyposażony był oryginalny samolot. Nie zawsze jest to możliwe, ponieważ charakterystyki i opisy techniczne zazwyczaj pomijają takie szczegóły — trzeba wówczas w przybliżony sposób określić rodzaj profilu (dwuwypukły, płaski, wklęsły, normalny, laminarny itp.), zmierzyć jego grubość i obliczyć grubość względną. Pomoże to nam później zachować pewne podobieństwo.



2-3. Geometria profilu lotniczego

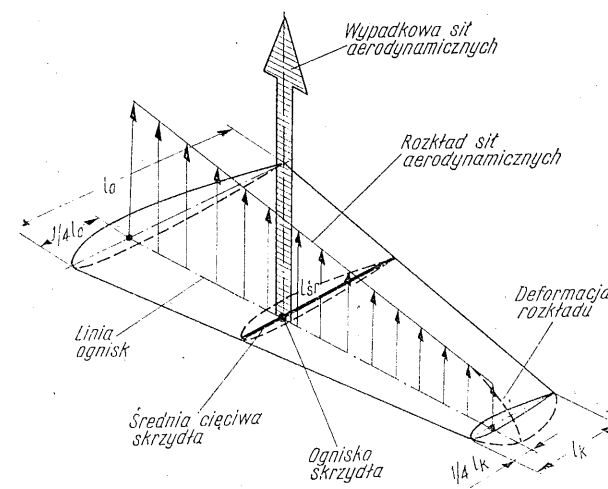


2-4. Podstawowe rodzaje profili lotniczych

Średnia cięciwa aerodynamiczna

Jest to cięciwa umowna, przyjmuje się, że na niej koncentruje się całe aerodynamiczne działanie skrzydła. Wyjaśnia to rysunek 2-5.

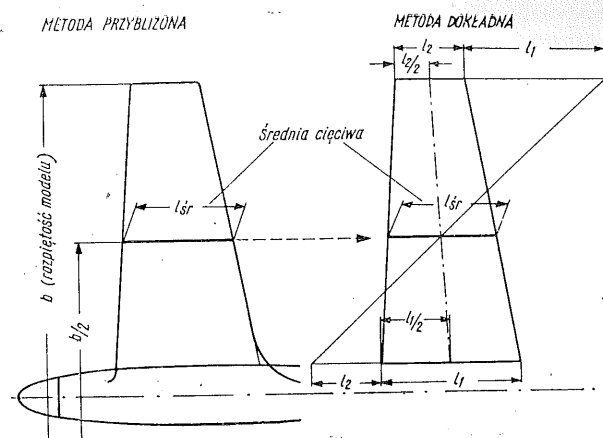
Znajomość położenia i rozmiaru średniej cięciwy aerodynamicznej (SCA) ma bardzo duże znaczenie — stanowi ona bowiem podstawę do wszelkich obliczeń, do wyważenia i regulacji modelu.



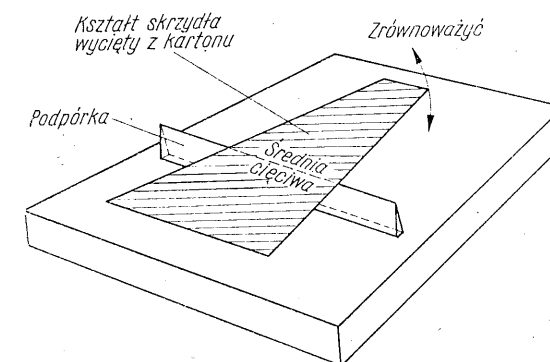
2-5. Graficzne przedstawienie średniej cięciwy aerodynamicznej

Średnią cięciwę wyznacza się dla połówki płata (dotyczy to skrzydeł i statecznika poziomego), a następnie przenosi w płaszczyznę symetrii płatu. Istnieje wiele metod wyznaczania położenia średniej cięciwy; najdokładniejsze są, oczywiście, metody analityczne, uwzględniające rzeczywisty rozkład siły nośnej wzdłuż rozpiętości. Dla celów praktycznych wystarcza na ogół prosta metoda graficzna wyjaśniona na rysunku 2-6 na przykładzie skrzydła trapezowego. Metoda ta zakłada, że siły nośne są proporcjonalne do odcinków powierzchni skrzydła i koncentrują się na cięciwie przechodzącej przez środek ciężkości tej powierzchni. Znajomość tej zasady ułatwia znalezienie położenia średniej cięciwy dla dowolnego obrysu skrzydła — wystarczy narysować (w dowolnej skali) połówkę skrzydła na kartonie, wyciąć i wyważyć — tak jak to pokazuje rysunek 2-7.

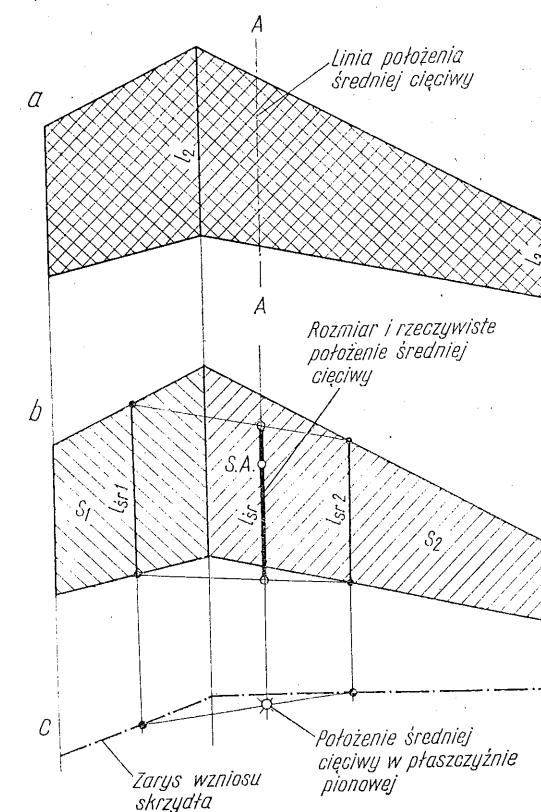
Długość średniej cięciwy wyznaczają zazwyczaj krawędzie skrzydła, jednak przy bardziej złożonych kształtach mogą być odstępstwa od tej zasady. Przykładem skrzydła dwutrapezowe — jak na rysunku 2-8a. Rysunek ten wyjaśnia, jak znaleźć rzeczywiste położenie i rzeczywisty wymiar cięciwy takiego skrzydła. Sposób postępowania jest następujący: przede wszystkim należy znaleźć (np. metodą ważenia) oś A-A, w której powinna leżeć wypadkowa cięciwa dla całego skrzydła. Następnie (rys. 2-8b) znajdujemy odpowiednie średnie cięciwy dla powierzchni S_1 i S_2 i łączymy ich końce liniami prostymi. Linie te przecinając się z osią A-A wyznaczają położenie średniej cięciwy. Widzimy, że nie leży ona w granicach obrysu skrzydła, a jeśli oprócz tego skrzydło ma łamany wznios, może nie leżeć nawet w jego płaszczyźnie (przypadek c).



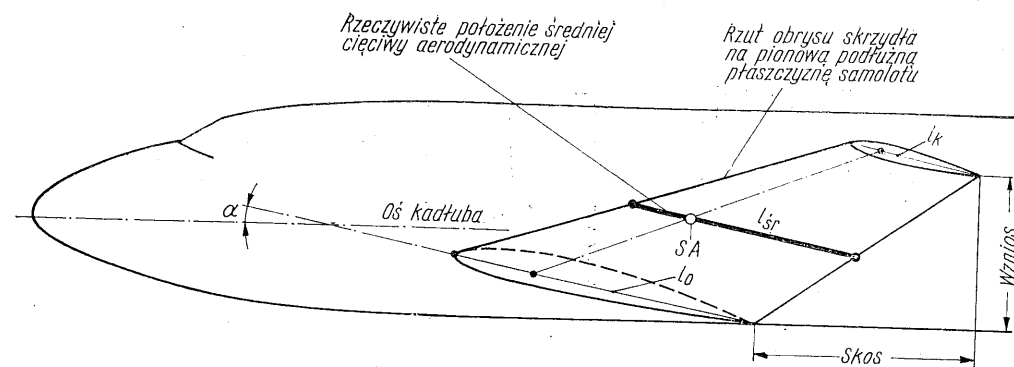
2-6. Graficzna metoda wyznaczania średniej cięciwy



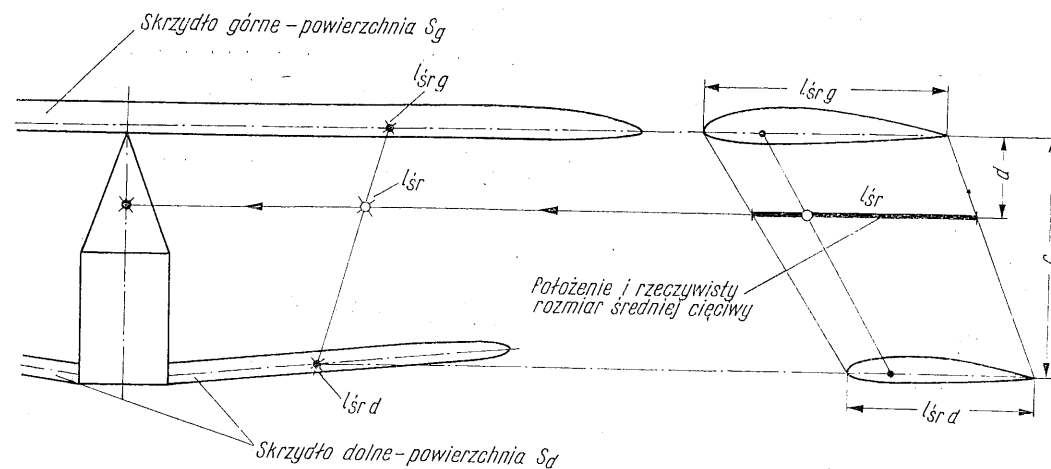
2-7. Praktyczny sposób wyznaczania położenia średniej cięciwy



2-8. Sposób wyznaczania umownego położenia średniej cięciwy dla płata o złożonym obrysie i łamanym wzniosie



2-9. Wpływ wzniosu, skosu i kąta nastawienia skrzydła na usytuowanie średniej cięciwy

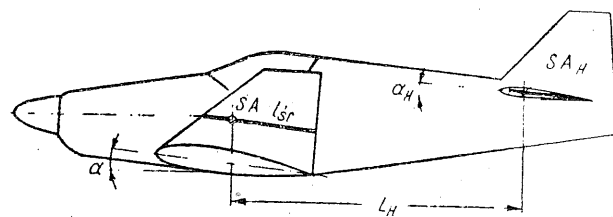


2-10. Określanie średniej cięciwy dla samolotu dwupłatowego

Usytuowanie średniej cięciwy w podłużnej płaszczyźnie samolotu zależy, oczywiście, od sposobu umieszczenia, a także od wzniosu i skosu skrzydła. Pamiętać również trzeba, że kąt nastawienia skrzydła także odgrywa tu dużą rolę — szczególnie gdy wznios jest duży. Widać to wyraźnie na rysunku 2-9. Odmienną sytuację będziemy mieli przy samolotach dwupłatowych. Średnia cięciwa aerodynamiczna ma tutaj zupełnie umowny wymiar i znajduje się w fikcyjnej płaszczyźnie pomiędzy oboma płatami. Znalazienie jej położenia i rozmiaru nie jest trudne — rysunek 2-10 wyjaśnia to całkowicie. Oczywiście, jeżeli samolot miał wyraźny skos i wznios jednego lub obu płatów, trzeba to uwzględnić.

Geometria układu skrzydła — usterzenie

Poprawne sporządzenie projektu, a następnie wszelkie zabiegi regulacyjne na modelu wymagają prawidłowego rozpoznania układu skrzydło-usterzenie. Układ ten przedstawiono na rysunku 2-11, przy czym (dla uproszczenia) założono, że środek ciężkości samolotu znajduje się na osi pionowej



2-11. Uproszczony schemat układu skrzydło-usterzenie

Geometria płatowca Tablica 2-1
Podstawowe wskaźniki wyjściowe i dane do projektu

Wskaźniki i dane	Sposób wyznaczenia
Ogólne	
Wskaźnik powierzchni	S_{ef}/b^2
Wskaźnik długości kadłuba	L_k/b
Wskaźnik średnicy śmigła	D_{sm}/b
Skrzydło	
Wskaźnik wymiaru S.C.A.	l_{sr}/b
Wskaźnik wymiaru cięciw skrajnych	$L_o/b, l_k/b$
Efektywne wydłużenie	$\lambda_{ef} = \frac{b^2}{S_{ef}}$
Profil (e) — nazwa, typ — grubość względna — kąt nastawienia	d/l dla l_{sr}, l_o, l_k względem osi kadłuba dla l_o
Statecznik poziomy	
Efektywne wydłużenie	$\lambda_{Hef} = \frac{b_{Hef}^2}{S_{Hef}}$
Względna powierzchnia	$\frac{S_{Hef}}{S_{ef}}$
Ramię względne	$\frac{L_H}{l_{sr}}$
Profil — nazwa, typ — grubość względna — kąt nastawienia	d/l dla l_o względem osi kadłuba dla l_o

*) w dalszych obliczeniach pomija się indeks ef

przechodzącej przez ognisko średniej cięciwy skrzydła. W układzie tym interesują nas następujące wielkości:

- wzajemna odległość L_H między średnimi cięciwami skrzydła i statecznika poziomego, mierzona (schemat na rysunku 2-11) między ogniskami,
- stosunek efektywnych powierzchni statecznika i skrzydła S_{Hef}/S_{ef} ,
- kąty nastawienia skrzydła i statecznika, jeśli dokumentacja pozwala na ich określenie.

Przeanalizowaliśmy ogólnie geometrię, podstawowe wymiary i proporcje samolotu. Powinno to pozwolić nam na określenie dziesięciu prostych, lecz ważnych wskaźników, które będą stanowiły wyjściowy materiał do sporządzenia projektu modelarskiego. Wskaźniki te zebrane są w tablicy 2-1.

Techniczne warunki projektowania miniaturowych samolotów

Każdy projekt, jeżeli ma być poprawny, wymaga opracowania specjalnych „warunków technicznych”, czyli wykazu mniej lub bardziej szczegółowych wymagań, które muszą być dotrzymane, aby konstrukcja spełniała związane z nią nadzieje użytkowników. Podane niżej warunki techniczne dla miniaturowych samolotów zostały oparte na aktualnie stosowanych regulaminach oraz uogólnieniach teorii i praktyki. Są to minimalne i bardzo krótko potraktowane wymagania. Ich spełnienie daje gwarancję poprawności lotu i bezpieczeństwa eksploatacji, a zarazem jest podstawą (przy spełnieniu warunków wierności i dokładności wykonania) do przyjęcia modelu przez komisję sędziowską w przypadku zgłoszenia go do startu w oficjalnych imprezach sportowych w kraju i za granicą.

• Warunki techniczne dla modeli swobodnie latających (SL).

1. Jakakolwiek więź modelu z ziemią jest niedopuszczalna. Dopuszcza się sterowanie automatyczne — bezwładnościowe lub programowane.
2. Pożądana mała moc silników napędowych — maksymalna pojemność silnika $0,5 \div 1,0 \text{ cm}^3$, wyjątkowo $2,5 \text{ cm}^3$.
3. Całkowita stateczność w locie silnikowym.
4. Całkowita stateczność w locie ślizgowym.
5. Wznoszenie w granicach min. 5° , max. 15° .
6. Prędkość lotu ślizgowego $\sim 6 \text{ m/s}$ (max. 7 m/s).

• Warunki techniczne dla modeli zdalnie kierowanych jednoczynnościowych (RCJ).

Kierowanie jednokanałowe nieproporcjonalne:

1. Model otrzymuje tylko jeden sygnał, który wyzwała tylko jedną czynność lub kilka następujących po sobie czynności programowych.
- 2, 3, 4 i 5 — jak dla modeli swobodnie latających.
6. Prędkość lotu ślizgowego w granicach $8 \div 9 \text{ m/s}$.
7. Udźwig (aparatura) — minimum 500 G .

Kierowanie jednokanałowe proporcjonalne lub jednoczynnościowe wielokanałowe.

1. Model jest kierowany głównie sterem kierunku, pilot może dowolnie wybierać kierunek wychylenia steru. Dopuszcza się sterowanie trymera

steru wysokości (regulacja neutralnego położenia steru w locie) oraz sterowanie czynności pomocniczych.

2. Moc silników napędowych umiarkowana — pojemność silnika(ów) w granicach $2,5 \div 5 \text{ cm}^3$.
- 3 i 4 — jak dla modeli swobodnie latających (pełna stateczność) dopuszczalne niewielkie zmniejszenia stateczności kierunkowo-poprzecznej.
5. Wznoszenie w granicach $10 \div 15^\circ$ dla przeciętnych samolotów, max. 25° dla samolotów o charakterze wyczynowym.
6. Prędkość lotu ślizgowego min. 8 m/s , max. 10 m/s .
7. Udźwig (aparatura, paliwo) min. 500 G , pożądanie 1000 G . Dla modeli dalekodystansowych do $0,5 Q_c$ (ciężaru całkowitego.)

• Warunki techniczne dla modeli zdalnie kierowanych, wieloczynnościowych (RCW).

1. Model może być kierowany:
 - a — wszystkimi organami,
 - b — sterem kierunku i sterem wysokości,
 - c — sterem kierunku i lotkami.
2. Duża moc silnika(ów) napędowych: pojemność silnika(ów) $5 \div 10 \text{ cm}^3$.
3. Całkowita stateczność w kontrolowanym locie silnikowym. Dopuszcza się:
 - dla przypadku „a” zmniejszenie stateczności podłużnej i poprzecznej (mniejszy statecznik poziomy, oryginalny wznios skrzydła),
 - dla przypadku „b” tylko zmniejszenie stateczności podłużnej,
 - dla przypadku „c” tylko zmniejszenie stateczności poprzecznej.
4. Całkowita stateczność w locie ślizgowym z dopuszczaniami jak wyżej.
5. Możliwość kontynuowania lotu z wznoszeniem min. 5° przy połowie mocy napędowej. Dla samolotów wielosilnikowych z jednym silnikiem unieruchomionym.
6. Prędkość minimalna nie większa niż 12 m/s .
7. Prędkość maksymalna:
 - dla samolotów myśliwskich i wyścigowych co najmniej $100 \div 120 \text{ km/h}$,
 - dla innych nie limitowana, wynikająca z warunku podobieństwa.
8. Udźwig min. $700 \div 1000 \text{ G}$.
9. Pełna sterowność w zakresie eksploatacyjnych prędkości.
10. Zdolność do wykonania akrobacji:
 - dla modeli samolotów akrobacyjnych — pełny zakres akrobacji wg programu FAI,
 - dla modeli samolotów myśliwskich — zdolność do wykonania podstawowych figur akrobacji (pętla wewnętrzna, beczka, lot na plecach, Imelmann),
 - dla innych modeli zdolność do zejścia strumą spiralą (bez dodatkowego obciążenia).

• Warunki techniczne dla modeli na uwięzi (NU).

1. Model musi być sterowany 2 linkami o długości w granicach:
 - $12 \div 20 \text{ m}$ dla modeli z silnikami do $2,5 \text{ cm}^3$,
 - $15 \div 20 \text{ m}$ dla modeli z silnikami powyżej $2,5 \text{ cm}^3$.
2. Pożądana pojemność silników $2,5 \div 10 \text{ cm}^3$, dla modeli wielosilnikowych dopuszczalna do 20 cm^3 .

3. Prawidłowa stateczność i sterowność podłużna w pełnym zakresie prędkości.
4. Prawidłowa równowaga poprzeczno-kierunkowa.
5. Możliwość startu i kontynuowania lotu na poziomie ręki pilotującego przy połowie mocy napędowej (dla modeli wielosilnikowych przy połowie silników niepracujących). Dla tego warunku prędkość lotu poziomego powinna być co najmniej o 25% wyższa od prędkości minimalnej wg zależności:

$$\frac{V_{0,5N}}{V_{min}} \geq 1,25$$

6. Prędkość minimalna nie limitowana.
 7. Prędkość maksymalna w granicach:
 - samoloty okresu pionierskiego (do 1914 r.) max. 60 km/h
 - samoloty okresu I wojny świat. i sportowe 70÷80 km/h
 - samoloty komunikacyjne (1930÷39) 80÷90 km/h
 - samoloty myśliwskie i wyscigowe 90÷120 km/h
 8. Modele samolotów akrobacyjnych — zdolność do wykonania programu akrobacji wg FAI.
- Tak, w wielkim uproszczeniu, przedstawiają się warunki techniczne dla samolotów w miniaturze. Już pobieżna lektura tych suchych formułek uświadamia nam, jak duże — z punktu widzenia technicznego — i jak różnorodne są to wymagania.

Uproszczona metoda projektowania (zakres przydatności)

Typ samolotu	Samolot	Wersja modelu			
		SL	RCJ	RCW	NU
Pionierskie	WRIGHT FLYER	—	—	—	ew
Sportowe	BLERIOT LA MANCHE	ew	ew	ew	ew
Turystyczne górnopłatowe	PIPER CUB	●	●	●	●
Turystyczne dolnopłatowe	ZLIN TRENER	ew	ew	x	●
Szkolne dwupłatowe	CSS-13	—	ew	x	x
Akrobacyjne	ZLIN AKROBAT	—	—	x	x
Wyscigowe	MIDGET MUSTANG	—	—	—	●
Wojskowe					
Dwupłatowe I wojny światowej	SPAD S XIII	—	—	ew	x
Myśliwskie II wojny światowej	SPITFIRE	—	—	ew	●
Dwusilnikowe II wojny światowej	PZL ŁOŚ	—	—	—	x
Pierwsze odrzutowe	MIG 15	x	—	—	x
Komunikacyjne					
Dwusilnikowe, śmigłowe	DOUGLAS	—	—	—	x
Odrzutowe z nap. śmigłowym	JAK-40	—	—	ew	x
Gospodarcze					
Wodno-samoloty	GAWRON	ew	●	●	●
Na pływakach sportowe	PIPER CUB	x	●	●	x
Łodzie latające dwusilnikowe	CATALINA	—	—	—	x

Oznaczenia: SL — swobodnie latający, NU — na uwięzi, RCJ — zdalnie kierowany, jednoczynnościowy, RCW — zdalnie kierowany, wieloczynnościowy
 ● — szczególnie zalecane dla początkuących, x — zalecane dla średnio zaawansowanych, ew — ewentualnie zalecane, — nie zalecane (duże ryzyko)

Główne elementy projektu

Można zbudować dobrze latający model samolotu nawet bez wykonywania skomplikowanych obliczeń. Większość materiałów zawartych w tej książce została przystosowana do takiej właśnie metody pracy, gdyż celem książki jest zachęcenie do podjęcia samodzielnej budowy i dalszego rozwijania tej pięknej dziedziny modelarstwa. Warunki powodzenia przy takim podejściu są następujące:

- właściwa ocena własnych możliwości w zakresie trudności budowy, wyposażenia i oblatania modelu,
- dobór właściwego samolotu do zminiaturyzowania, który zapewniłby minimum ryzyka i możliwie najlepsze właściwości w późniejszej eksploatacji,
- dotrzymanie podstawowych zaleceń podanych w odpowiednich rozdziałach książki — dotyczy to szczególnie odwzorowania i ustawienia płaszczyzn nośnych, utrzymania ciężaru w przepisowych granicach itp.,
- wymagana jest bezwzględnie konieczność orientowania się w geometrii płatu, a szczególnie umiejętność ustalenia położenia średniej cięciwy skrzydła i właściwego wyważenia modelu.

Uproszczoną metodą można projektować i następnie budować bardzo wiele rodzajów miniaturowych samolotów zarówno współczesnych, jak i historycznych. Możliwości, jakie mamy w tym zakresie, ilustruje tablica 2-2. Jej zalecenia pokrywają się,

Tablica 2-2

Tablica 2-3
Sportowe samoloty górnopłatów o idealnej przydatności dla miniaturyzacji

Samolot	Kraj	Materiały w książce
RWD-2, 4	POLSKA 1930	—
RWD-5, 5 bis	POLSKA 1931-39	plan wykonawczy i opis modelu
RWD-6	POLSKA 1932	rysunek samolotu
RWD-9	POLSKA 1934	plan wykonawczy i opis modelu
RWD-13	POLSKA 1935-39	—
RYAN NYP	USA 1927	rysunek samolotu

PIPER CUB	USA 1940-44	rysunek samolotu
JAK 12, 12R	ZSRR 1955	—
PZL 101 GAWRON	POLSKA	—
PZL 104 WILGA 1, 2, 3	POLSKA	rysunek samolotu
PIPER TRI-PACER	USA	rysunek samolotu
CESSNA 185, 172, 182	USA	rysunek samolotu

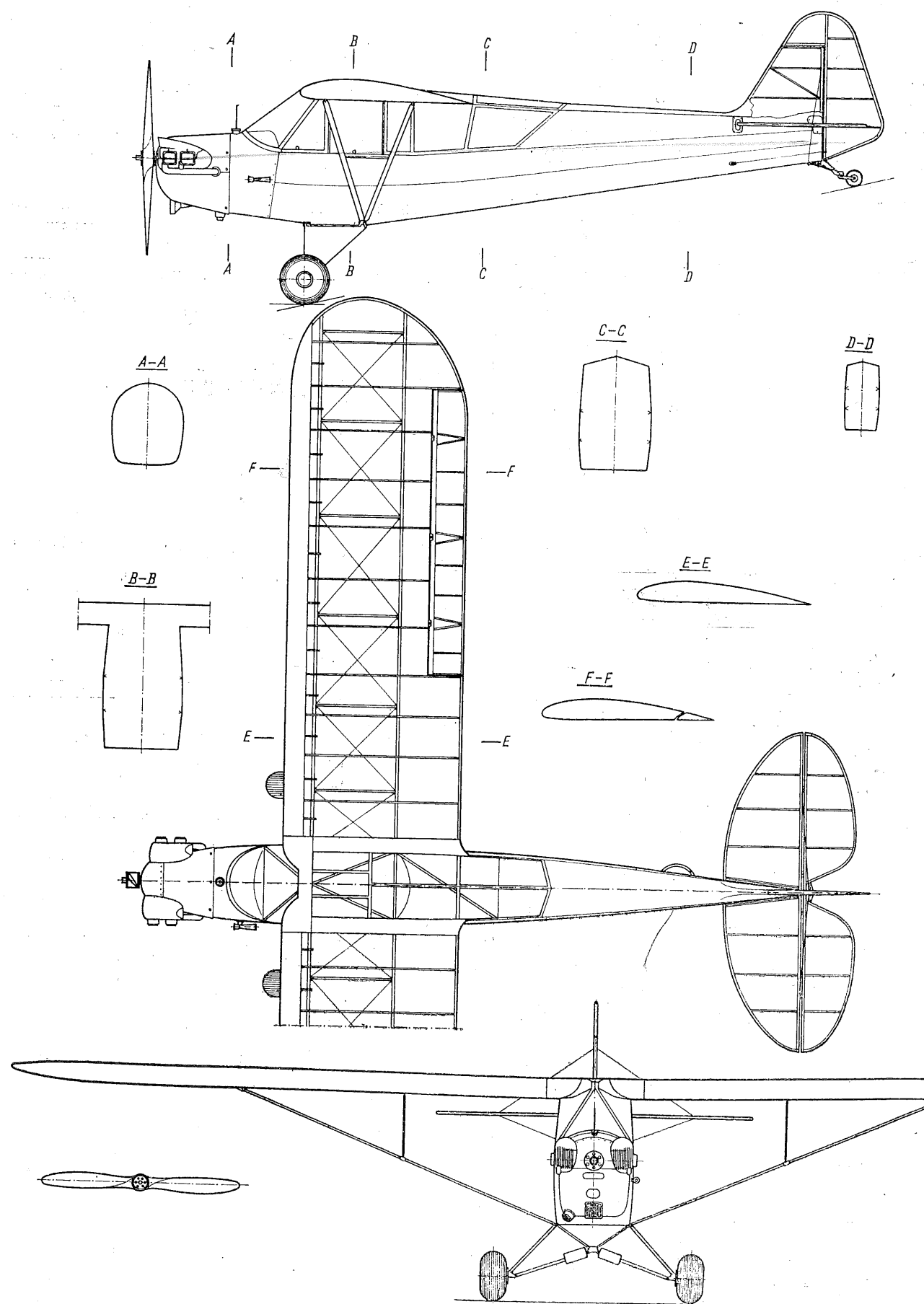
Wykaz literatury:
 1. W. Schier: „Samoloty w historii i w miniaturze”
 2. A. Glass i in.: „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej”
 3. A. Glass: „Polskie konstrukcje lotnicze 1893-1939”
 4. Plany modelarskie
 5. „Modelarz”
 x — szczególnie polecane przez autora

c.d. tabl. 2-3

Projektowanie modeli metodą uproszczoną

Tablica 2-4

Element projektu	Materiały dla modeli		
	SL	RC	NU
1. Wybór obiektu — określenie przydatności samolotu na model — określenie możliwych zastosowań	tabl. 5-1 —	— —	— —
2. Dobór napędu, rozmiarów i ciężarów — wybór silnika napędowego — określenie powierzchni skrzydła — określenie ciężaru całkowitego — określenie ciężarów składowych	tabl. 5-2 jw. tabl. 5-4 jw.	tabl. 7-3 jw. jw. —	tabl. 6-1 jw. jw. —
3. Projekt skrzydła — dobór profilu — dobór kątów nastawienia	rys. 5-14 rys. 5-16	tabl. 7-4 jw.	— —
4. Sprawdzenie stateczności podłużnej — dobór wyważenia — sprawdzenie i korekta rozmiarów usterzenia — dobór kąta nastawienia statecznika	tabl. 5-3 jw. rys. 5-16	tabl. 7-5 jw. tabl. 7-4	tabl. 6-3 —
5. Sprawdzenie równowagi poprzecznej — dobór wzniosu skrzydła — wpływ linek uwięzi	str. 222 —	tabl. 7-4 —	— rys. 6-14
6. Automatyczne ustępczenie	rys. 5-36	—	—
7. Sterowność — kąty wychylenia sterów — lotek	— —	rys. 7-20	— —
8. Systemy sterowania	—	tabl. 7-1 tabl. 7-2	— —
9. Dobór śmigieł	tabl. 5-5	—	—
10. Orientacyjne osiagi	—	tabl. 7-3	tabl. 6-2



na ogół, z możliwościami mało zaawansowanych adeptów miniaturowego lotnictwa. Warto przy okazji zwrócić uwagę na szczególną przydatność wszystkich sportowych i im podobnych samolotów górnopłatowych. Modele tych samolotów są najwzajemniejsze, świetnie zdają egzamin w najtrudniejszych okolicznościach, mogą być budowane jako swobodnie latające, zdalnie kierowane i na uwięzi, lądowe oraz w wersjach wodnej (z pływakami) i zimowej (na nartach). Możliwości w dziedzinie wyboru jest bardzo wiele — przytoczę krótką listę najpopularniejszych samolotów historycznych i współczesnych (tablica 2-3). Serdecznie doradzam wykorzystanie tego zestawienia przy pierwszych decyzjach.

Uproszczona metoda projektowania stanowi uogólnienie doświadczeń teoretycznych i praktycznych, wskazuje przeciętne, optymalne możliwości rozwiązania problemu. Dane zawarte w tablicach oparto na sprawdzonym materiale statystycznym i na analizie wielu dobrze latających modeli, z uwzględnieniem pewnego dodatkowego marginesu bezpieczeństwa. Dotyczy to szczególnie mocy silników (podano najmniejsze) i powierzchni (podano możliwie duże), tak aby przy przeciętnych możliwościach oblatywania, przeciętnych systemach sterowania i zwyczajnym wyposażeniu uzyskać pewnie latający, dobry model, dający ponadto możliwości dalszego rozwoju przez zastosowanie mocniejszego silnika, bardziej złożonych systemów sterowania itp. Sam proces projektowania jest przejrzysty, łatwy do zrozumienia, dający się szybko i sprawnie przeprowadzić. Jego przebieg podzielony na 10 etapów wyjaśnia tablica 2-4, która podaje również informacje o materiałach (opisach, tablicach, rysunkach), jakie znajdują się w treści odpowiednich rozdziałów książki. Spróbujmy, dla przykładu, wykonać tą metodą projekt modelu samolotu PIPER CUB, którego rysunek w trzech rzutach zamieszczamy obok (rys. 2-12).

Projekt modelu PIPER CUB

Wstępne założenia:

- charakter modelu — uniwersalny,
- napęd — popularny silnik o pojemności 2,5 cm³ (dostępny na rynku) w wersji normalnej lub RC; możliwość zastosowania silnika RC o pojemności 5,0 cm³,
- przeznaczenie modelu — początkowo swobodnie latający, następnie zdalnie kierowany jednozłotowy (ster kierunku i ew. silnik) z możliwością przekształcenia w przyszłości na model wielozłotowy,
- urządzenia dodatkowe — narty i pływaki.

Podstawowe dane o samolocie — z charakterystyki technicznej samolotu:

b_o — rozpiętość samolotu	10,73 m
L_o — długość	6,81 m
S_o — powierzchnia nośna	16,55 m ²
$\frac{S_o}{b_o^2}$ — wskaźnik powierzchni	$\frac{16,55}{(10,73)^2} = 0,143$

• Geometria płatowca (wg tablicy 2-1); wskaźniki wyjściowe i dane do projektu (wg pomiarów na rysunku 12-12):

- wskaźnik powierzchni $S_{ef}^{**}/b^2 = 0,14^{**}$
- wskaźnik długości kadłuba $L_k/b = 0,62$
- wskaźnik średnicy śmigła $D_{sm}/b = 0,173$
- wskaźnik wymiaru SCA $l_{sr}/b = 0,15$
- wskaźnik wymiaru cięciw skrajnych j.w.
- efektywne wydłużenie $\lambda_{ef} = \frac{b_{ef}^2}{S_{ef}} = 7$
- profil — płasko wypukły (USA-35 B podobny do CLARK Y)
 - grubość względna d/l_i 12%
 - kąt nastawienia 0°
- wydłużenie statecznika $\lambda_{Hef} = \frac{b_H^2}{S_H} \approx 3,5$
- powierzchnia względna $\frac{S_{Hef}}{S_{ef}} \approx 0,16$
- ramię względne $\frac{L_H}{l_{sr}} = \frac{L_H}{l} = 2,5$
- profil — płytowy, płaski
 - d/l_i — b. małe, trudne do ustalenia
 - kąt nastawienia 0°

Projekt modelu.

Projektować będziemy równocześnie dwie wersje modelu:

- swobodnie latającą (SL), dane z rozdziału 5,
 - zdalnie kierowaną (RC), dane z rozdziału 7.
- Proces projektowania będziemy prowadzić dokładnie według wskazań tablicy 2-4, zachowując podaną tam kolejność.

1. Wybór obiektu:

- Określenie przydatności samolotu na model swobodnie latający, wg rozdziału 5 (punktujemy samolot wg tabl. 5-1)

	liczba punktów
— za układ górnopłata	0
— za małą powierzchnię statecznika	—2
$\left(\frac{S_H}{S} = 0,15\right)$	—2
— za średnie ramię statecznika	0
$\left(\frac{L_H}{l} = 2,5\right)$	0
— za przeciętny kształt statecznika	0
— za prostokątny obrys skrzydła	+1
— za brak skosu	0
— za mały wznios skrzydła ($\nu = 1^\circ 20'$)	0
— za smukły kadłub	+2
Suma punktów za cały samolot	+1 punkt
Przydatność samolotu na model	dobra

*) Samolot jest górnopłatem — S_{ef} liczymy łącznie z powierzchnią objętą przez kadłub

**) Zgodność z obliczonym wskaźnikiem wg charakterystyki technicznej wskazuje na prawidłowe założenie S_{ef} .

b. Wg danych rozdziału 7. Przydatność samolotu PIPER CUB na pierwszy model zdalnie kierowany, szczególnie jednoczynnościowy, powinna być bardzo dobra. Jak widzimy, wybrany przez nas samolot może mieć uniwersalny charakter.

2. Dobór napędu, rozmiarów i ciężarów:

a. Wg rozdziału 5 (tabl. 5-2 i 5-4)
— silnik o pojemności 2,5 cm³
— moc dla lotu swobodnego 0,2 KM
— przeciętna rozpiętość modelu

$b = 1000 \div 1900 \text{ mm}$
— powierzchnia skrzydła $S = 36 \div 50 \text{ dm}^2$

— ciężar całkowity modelu swobodnego $Q_c = 1000 \div 1300 \text{ G}$

b. Wg rozdziału 7 (tabl. 7-3)

— powierzchnia skrzydła modelu zdalnie kierowanego (silniki 2,5 ÷ 8,0 cm³) $S = 35 \div 45 \text{ dm}^2$

— powierzchnia zalecana 40 dm²

— ciężar maksymalny (z wyposażeniem RC):

— dla wersji popularnych (RCJ) $Q_c = 2000 \text{ G}$

— dla wersji zawodniczych (RCW) $Q_c = 3000 \text{ G}$

Jak z tego wynika, nie ma rozbieżności pomiędzy swobodną wersją modelu a możliwością zastosowania zdalnego kierowania. Powierzchnie w granicach 35 ÷ 45 dm² są możliwe do przyjęcia dla obu zastosowań. Stopień zmniejszenia tych powierzchni w stosunku do oryginału, dla którego $S_o = 16,5 \text{ m}^2 = 1650 \text{ dm}^2$ wyniesie:

$$k_s = \frac{1650}{35} \div \frac{1650}{45} = 47 \div 37$$

Odpowiada to zmniejszeniu liniowemu k_l^{**} w granicach 6,9 ÷ 6,1. Ze względów praktycznych należy wybrać konkretną wielkość zmniejszenia. Ponieważ dla $k_l = 6$ powierzchnia byłaby zbyt duża, a dla $k_l = 7$ zbyt mała, decydujemy się ostatecznie na model w podziałce 1:6,5 ($k_l = 6,5$, $k_s^2 = k_l^2 = 42,2$).

Jego dane podstawowe:

— rozpiętość

$$b = \frac{b_o}{k_l} = \frac{10,73}{6,5} = 1,65 \text{ m} = 1650 \text{ mm}$$

— powierzchnia skrzydła

$$S = \frac{S_o}{k_s} = \frac{16,55}{42,2} = 0,39 \text{ m}^2 = 39 \text{ dm}^2$$

— długość

$$L = \frac{L_o}{k_l} = \frac{6,81}{6,5} = 1,025 \text{ m} = 1025 \text{ mm}$$

3. Projekt skrzydła. Dobór profili i kąta nastawienia skrzydła:

a. Wg rozdziału 5 — profil ClarkY/0°

b. Wg rozdziału 7 (tabl. 7-4) — profil ClarkY/0° czyli jednakowo dla wersji SL i RC.

^{**} Pomiędzy zmniejszeniem liniowym k_l a zmniejszeniem powierzchni k_s istnieje pewna zależność: $k_s = k_l^2$. Przy ustalaniu wzajemnej zależności tych wskaźników można posłużyć się prostą skalą graficzną podaną.

4. Sprawdzenie stateczności podłużnej. Dobór wyważenia (położenie środka ciężkości):

a. Wg rozdziału 5 (tabl. 5-3)

— za małą powierzchnię statecznika $\left(\frac{S_H}{S} = 0,15\right)$ —1

— za wielkość ramienia statecznika $\left(\frac{L_H}{l} = 2,5\right)$ —1

— za układ górnopłata 0

— za smukły kadłub 0

Suma punktów za cały samolot —2

Odległość środka ciężkości od krawędzi natarcia średniej

cięciwy skrzydła 25% SCA

b. Wg rozdziału 7 (tabl. 7-5)

— wyważenie dla modeli popularnych (RCJ) 25 ÷ 30% SCA

— wyważenie dla modeli zawodniczych (RCW) 30 ÷ 35% SCA

Korekta wymiarów statecznika

— wg rozdziału 5:

Z tablicy 5-3 wynika, że wyważenie modelu w 25% cięciwy nie należy do najkorzystniejszych („wyjątkowo dopuszczalne”) i korzystniej byłoby umieścić środek ciężkości w 30% cięciwy. Dla takiego wyważenia model musiałby otrzymać punktację —1 pkt. Można to osiągnąć tylko w jednym przypadku: jeśli powiększymy powierzchnię statecznika

poziomego do 20%, czyli $\frac{20}{15} = 1,33$ raza, tak

aby za tę cechę model otrzymał nie —1, a 0 punktów. Aby to uzyskać, wszystkie wymiary liniowe statecznika (cięciwa, rozpiętość) należałoby zwiększyć 1,15 raza, co nie będzie zbyt rażące, a znacznie poprawi stateczność modelu, szczególnie w jego pierwszej szkolno-treningowej roli.

— wg rozdziału 7:

Z wyznaczonych danych (wg tabl. 7-5) wynika, że wyważenie modeli RC powinno się zawierać w granicach 25 ÷ 35% SCA, czyli średnio w 30%. W związku z tym korekta przeprowadzona jak dla modelu swobodnego byłaby również korzystna dla modeli RC.

Przyjmujemy więc:

— wyważenie modelu w 30% cięciwy skrzydła,

— powierzchnię statecznika poziomego $S_H = 20\%$ powierzchni skrzydła,

— wymiary liniowe statecznika powiększone 1,15 raza.

Kąt nastawienia statecznika

— wg rozdziału 5 do —3°,

— wg rozdziału 7 (tabl. 7-4) —0°.

Należy więc zapewnić możliwość regulowania kąta nastawienia statecznika w granicach 0 ÷ 3° lub nieco większych, np. +1 ÷ —4°.

5. Sprawdzenie równowagi poprzecznej:

— wg rozdziału 5 wznios skrzydła powinien wynosić 5 ÷ 7°,

— wg rozdziału 7 (tabl. 7-4) wznios wynosi 5 ÷ 7° dla modeli jednoczynnościowych i 2 ÷ 4° dla wieloczynnościowych; należy zatem zapewnić możliwość regulowania wzniosu (przez zmianę długości zastrzałów) w granicach 2° ÷ 6°.

6. Automatyczne ustalenie — nie będziemy stosowali — model jest dużym górnopłatem, będzie miał dostateczną stateczność własną.

7. Sterowność — tylko dla modeli RC (wg rozdziału 7):

— dla modelu RCJ (rozdział 7 wychylenia steru kierunkowego ±15°,

— dla modelu RCW wychylenia steru wysokości ±10°, wychylenia lotek ±15°.

8. Systemy sterowania — tylko dla modeli RC. Dobieramy w zależności od rodzaju i liczby kanałów posiadanej aparatury, wg tablic 7-1 i 7-2.

9. Dobór śmigła:

a. Wg rozdziału 5 (tabl. 5-5)

silnik 2,5 cm³ $D = 220 \div 275 \text{ mm}$
 $H = 100 \text{ mm}$

b. Wg rozdziału 7

— silnik 2 ÷ 5 cm³ $D = 220 \div 275 \text{ mm}$
 $H = 100 \text{ mm}$

— silnik 5,0 cm³

$D = 250 \div 300 \text{ mm}$
 $H = 150 \text{ mm}$

Sprawność pracy śmigła będzie zależała od jego proporcji w stosunku do samolotu D_{sm}/b_o . Jeżeli proporcje śmigła w modelu będą mniejsze niż w samolocie, warunki pracy śmigła będą gorsze. Oryginalny samolot miał wskaźnik średnicy śmigła

$$\frac{D_{sm}}{b_o} = 0,173. \text{ Proporcjonalne śmigło modelu po-}$$

winno mieć średnicę:

$$D = 0,173b = 0,173 \cdot 1650 = 285 \text{ mm}$$

Z tego wynika, że należy wybierać raczej większe średnice śmigieł modelarskich, w granicach ok. 250 mm dla modelu swobodnego i RCJ oraz 275 mm dla modelu RCW. Są to wielkości praktycznie potwierdzone.

10. Orientacyjne osiągi:

a. Wg rozdziału 5 (tabl. 5-5):

— prędkość lotu ślizgowego modelu swobodnego o ciężarze $Q = 1000 \div 1300 \text{ G}$, powierzchni 39 dm² i obciążeniu powierzchni skrzydła $p = Q/s$ w granicach 25 ÷ 33 G/dm² wynosi około 6,3 ÷ 7,5 m/s; z tego wynika, że model swobodny powinien mieć obciążenia nie wyższe niż 30 G/dm², czyli ciężar utrzymany w granicach do około 1200 G (30 · 39), aby wymagana w warunkach technicznych prędkość lotu ślizgowego, wynosząca 7 m/s, nie została przekroczona, — prędkość lotu ślizgowego jednoczynnościowego modelu zdalnie kierowanego. Dla obciążenia $p = 2000/39 \approx 50 \text{ G/dm}^2$ otrzymamy prędkość 9 m/s, a więc znajdującą się pośrodku wymagań warunków technicznych dla tego typu modeli, które określają ją na 8 ÷ 10 m/s.

b. Wg rozdziału 7 (tabl. 7-4). Orientacyjna prędkość maksymalna 80 ÷ 85 km/h.

Prześledziliśmy cały proces projektowania, jaki można wykonać na podstawie materiałów zawartych w problemowych rozdziałach książki. Wyznaczone wymiary i dane należałoby teraz podsumować przez zebranie ich na jednym arkuszu w formie tzw. karty projektowej^{*)}, wg następującego wzoru.

^{*)} Takie karty projektowe, czyli gotowe projekty opracowane zostały dla modeli 12 samolotów historycznych i opublikowane w książce autora „Samoloty w historii i w miniaturze”.

Wzór karty projektowej

Model samolotu — PIPER CUB

Rodzaj modelu — uniwersalny

Wersje — swobodnie latająca (SL), zdalnie kierowana, jednoczynnościowa (RCJ), wieloczynnościowa (RCW)

Napęd — silnik spalinowy

— wersja SL 2,5 cm³

— wersja RCJ 2,5 cm³

— wersja RCW 5,0 cm³

Podziałka 1:6,5

Rozpiętość 1650 mm

Długość 1025 mm

Skrzydło

— powierzchnia 39 dm²

— cięciwa 250 mm

— profil i kąt nastawienia

CLARKY/0°

— wznios

— wersje SL i RCJ 6°

— wersja RCW 2°

Statecznik poziomy

— powierzchnia (powiększona o 33%) 9,75 dm²

— powiększenie wymiarów oryginalnych 1,15 x

— profil i kąt nastawienia

— wersje SL i RCJ płytowy/—3°

— wersja RCW płytowy/0°

Zakres regulacji kątów nastawienia

— ±3°

Wychylenia sterów i lotek (tylko

wersje RCJ i RCW)

— ster kierunku ±15°

— ster wysokości ±10°

— lotki (tylko wersja RCW) ±15°

Ciężary maksymalne w locie

— wersja SL 1200 G

— wersja RCJ 2000 G

— wersja RCW 3000 G

Położenie środka ciężkości 30% SCA

od krawędzi natarcia skrzydła 75 mm

Prędkość lotu

— wersja SL (v_{min}) 7 m/s

— wersja RCJ (v_{min}) 9 m/s

— wersja RCW (v_{max}) 80 ÷ 85 km/h

Przygotowanie do opracowania konstrukcji

Zanim przystąpimy do szczegółowych prac konstrukcyjnych i rysunkowych, trzeba się zastanowić, by odpowiedzieć na kilka wstępnych pytań. Oto one:

1. Czy łatwo będzie nam wykonać konstrukcję modelu, jaka to będzie w przybliżeniu konstrukcja (jaki rodzaj) i jaka technologia (sposób wykonania) byłaby najodpowiedniejsza?
2. Jakie mogą być ciężary poszczególnych elementów konstrukcji i czy nie ma obaw, że ogólny ciężar modelu nie przekroczy wymaganych granic?
3. Czy, przy przyjętych rozwiązaniach i założonych ciężarach łatwo da się wyważyć model, czy trzeba będzie stosować dodatkowy balast

wyważający, a jeśli tak, to z jak dużym przyrostem ciężaru trzeba się będzie liczyć i czy wpływ to na pogorszenie właściwości modelu?

4. Czy warunki wyważenia pozwolą na łatwe rozlokowanie wyposażenia? Jest to szczególnie ważne dla modeli zdalnie kierowanych i zmechanizowanych modeli na uwięzi.

Postaramy się dać odpowiedź na te pytania na przykładzie zaprojektowanego modelu samolotu PIPER CUB.

Wstępne określenie rodzaju konstrukcji

Szczegółowe informacje na temat konstrukcji miniaturowych samolotów znajdują się w rozdziale 4. Tutaj chciałbym tylko ogólnie powiedzieć, że ogólna orientacja w tym zakresie jest niezbędna już w momencie podejmowania decyzji o wyborze określonego samolotu do miniaturyzacji.

Przyjmuje się ogólną zasadę, że konstrukcja modelu powinna być zbliżona do konstrukcji oryginału oraz powinna pozwolić na odtworzenie wyglądu rzeczywistego samolotu, przynajmniej od strony zewnętrznej. Jeżeli kształty samolotu są proste, jeśli posiadają prostokątne obrysy i prostokątne przekroje (kadłuba), to jest wielka szansa, że model da się zbudować równie prostymi metodami, że będzie łatwy do budowy i lekki. Jeśli natomiast samolot był skomplikowaną maszyną o trudnej geometrii i owalnych przekrojach kadłuba lub gondol silnikowych, nie obejdzie się bez trudności i przy modelu. Podobnie sprawa ma się z pokryciem. Płócienne pokrycie samolotu łatwo odwzorować, kryjąc model papierem lub tkaniną. Sztywne, metalowe pokrycie oryginału będzie wymagało zastosowania skorupowej, zamkniętej konstrukcji o różnym stopniu komplikacji technologicznych i na ogół sporym ciężarze. Są to oczywiście uwagi bardzo ogólne.

W konkretnym przypadku, nasz przykładowy samolot PIPER CUB był bardzo prostą, jeśli nie prymitywną maszyną. Na tym zresztą polegały wszystkie jego zalety, jak prosta konstrukcja prostokątnego kadłuba, skrzydła o płaskim profilu z niewielką liczbą żebier i dźwigarów, bez żadnej mechanizacji, podparte zastrzałami, płytowe stateczniki i stery wykonane z giętych rur i rozpórek. Wszystko to pokryte płótnem, z wyjątkiem nosowej części kadłuba. W związku z tym model będzie mógł mieć najprostszą i najlżejszą konstrukcję: proste jednodźwigarowe skrzydło, rozpórkowy kadłub i płaskie kratownicowe stateczniki. Pokrycie może być również bardzo lekkie — z papieru japońskiego. Opisy i schematy takich konstrukcji znaleźć można w rozdziałach 4 i 5.

Określenie mas składowych

Wszystkie elementy modelu można, z punktu widzenia ich masy (ciężaru), podzielić na dwie wyraźnie zarysowane grupy.

1. Elementy, których ciężar nie zależy od konstrukcji płatowca:
 - silnik ze śmigłem i zamocowaniem,
 - zbiornik paliwowy i instalacja,

- elementy wyposażenia RC (baterie, odbiornik, mechanizmy wykonawcze i napędy sterów wraz z niezbędnymi zamocowaniami),
- elementy wyposażenia mechanicznego modelu na uwięzi (mechanizmy sterowania, dodatkowe mechanizmy wykonawcze, automaty, napędy oraz ewentualne własne źródła zasilania),
- wyposażenie specjalne (przrządy badawczo-pomiarowe itp.),
- ładunek (np. zapas paliwa przy modelu dalekodystansowym).
- 2. Elementy, których ciężar jest ściśle uzależniony od konstrukcji i rozmiaru modelu:
 - kadłub z oprofilowaniem silnika i statecznikiem pionowym,
 - podwozie z kołami i ew. oprofilowaniem,
 - skrzydła z elementami zamocowania, np. z zastrzałami, bagnetami itp., oraz mechanizacją (lotki, kłapy itp.),
 - usterzenie poziome z zamocowaniem i urządzeniem sterowym.

Wielkość ciężarów „zależnych” i „niezależnych” można określić na podstawie odpowiednio opracowanych zestawień statystycznych. Materiały takie znajdują się w rozdziale 15. Na ich podstawie będziemy mogli określić ciężary składowe projektowanego modelu.

W modelu samolotu PIPER CUB będziemy stosować następujące typy konstrukcji (p. rozdz. 15-VII):

- skrzydła typ 1,
- kadłub typ 1,
- usterzenie typ 1.

Według tego założenia ustalamy ciężary poszczególnych elementów modelu i sporządzamy odpowiednie zestawienie (tablica 2-5), które wyjaśni nam również, czym się kierowano dobierając różne ciężary dla różnych wersji modelu.

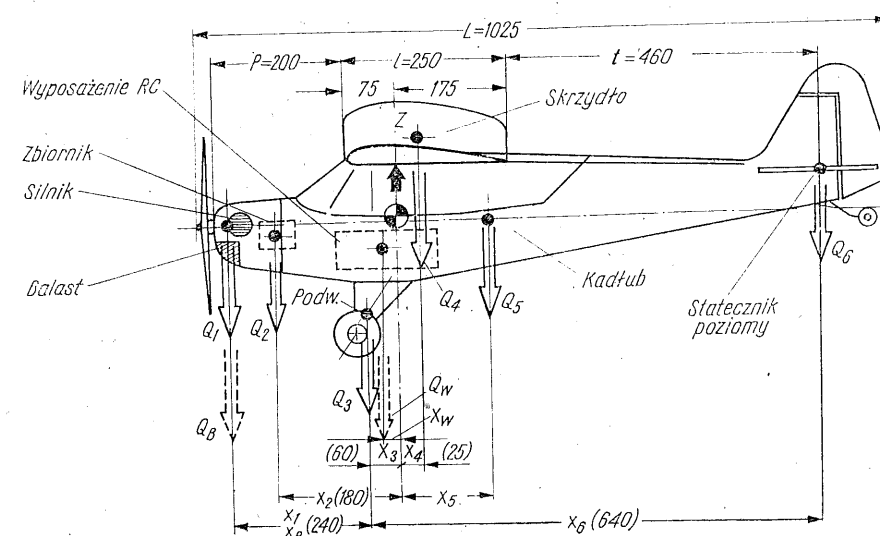
Tablica 2-5
Ciężary zasadniczych elementów modelu samolotu PIPER CUB [G]

Elementy	Wersja modelu		
	SL	RCJ	RCW
Ciężary „niezależne”			
Silnik ze śmigłem			
— wersja normalna	160	—	—
— wersja RC	—	180	280
Zbiornik paliwa	20	30	60
Wyposażenie RC	—	do 300	do 500
Ciężary „zależne”			
Podwozie	120	120	160
Skrzydła kompletne			
— bez lotek	340	340	—
— z lotkami	—	—	400
(w tym zastrzały)	(40)	(40)	(50)
Kadłub kompletny			
— bez wzmocnień	400	—	—
— z wzmocnieniami	—	440	500
Usterzenie poziome			
— bez steru	40	40	—
— ze sterem wysokości	—	—	50
Ciężar kompletnego modelu bez balastu	1080	1450	1950

Sprawdzenie możliwości wyważenia modelu swobodnego

Rozpoczynamy od narysowania szkicu modelu (rysunek 2-13) z wyraźnym zaznaczeniem zasadniczych elementów i głównych wymiarów orientacyjnych, jak:

- długość kadłuba L_k ,
- długość średniej cięciwy skrzydła l ,
- odległość przodu modelu od krawędzi natarcia skrzydła p ,
- odległość krawędzi spływu skrzydła od geometrycznego środka usterzenia poziomego t .



2-13. Rysunek pomocniczy do obliczeń wyważenia modelu samolotu PIPER CUB, $b = 1650$ mm

Na rysunku nanosimy pionową oś Z-Z przechodzącą przez wymagany punkt wyważenia na średniej cięciwie skrzydła (wskazuje go ciemna strzałka). W naszym przypadku model ma być wyważony w 30% średniej cięciwy, a więc w odległości $0,3 \cdot 250 = 75$ mm od krawędzi natarcia. Następnie wrysowujemy położenia środków ciężkości poszczególnych elementów modelu oraz ich poziome współrzędne $x_1, x_2, x_3 \dots$ względem osi Z-Z.

Wyznaczając położenia środków ciężkości różnych elementów należy kierować się następującymi wskazówkami:

- środek ciężkości silnika łącznie ze śmigłem leży, w przybliżeniu, na przecięciu się rzutu skrajnego obrysu cylindra (głowicy) z osią wału,
- środek ciężkości zbiornika leży w jego środku geometrycznym,
- środek ciężkości podwozia — na przecięciu się obrysu opony z osią goleni,
- środek ciężkości dla zwykłych skrzydeł nie zmechanizowanych leży w granicach $40 \div 44\%$ średniej cięciwy; przy skorupowych skrzydłach z lotkami i kłapami może leżeć w 50% cięciwy,
- środek ciężkości kompletnego kadłuba bez silnika, łącznie z osłonami przodu, wszystkimi zamocowaniami (silnika, podwozia, skrzydła, usterzenia itp.) oraz kompletnym usterzeniem pionowym, może leżeć (w zależności od typu konstrukcji) w granicach $35 \div 40\%$ długości kadłuba, licząc od przodu — jest to dość

istotna wielkość, ma bowiem znaczny wpływ na wyważenie modelu*).

— środek ciężkości usterzenia poziomego leży w jego środku geometrycznym.

Po ustaleniu danych dokonujemy prostego obliczenia równowagi. Liczymy momenty mas ($Q_1 \cdot x_1, Q_2 \cdot x_2 \dots$) poszczególnych elementów modelu względem założonego położenia środka ciężkości całego modelu.

Oddzielnie liczymy momenty przechylające model na przód (dodatnie), a oddzielnie ujemne — od mas znajdujących się z tyłu środka ciężkości.

Dla swobodnej wersji naszego modelu otrzymamy:

Momenta dodatnie:

	$Q \text{ (kG)} \cdot x \text{ (mm)} = Q \cdot x \text{ (kGmm)}$
— silnik	$0,16 \cdot 240 = 38,4$
— zbiornik	$0,02 \cdot 180 = 3,6$
— podwozie	$0,12 \cdot 60 = 7,2$
Razem:	$\Sigma + Q \cdot x = 49,2 \text{ kGmm}$

Momenta ujemne:

	$Q \text{ (kG)} \cdot x \text{ (mm)} = Q \cdot x \text{ (kGmm)}$
— skrzydło	$0,34 \cdot -25 = -8,5$
— kadłub	$0,40 \cdot -100 = -40,0$
— usterzenie	$0,04 \cdot -640 = -25,6$
Razem	$\Sigma - Q \cdot x = -74,1 \text{ kGmm}$

Jak wynika z tego obliczenia, suma momentów ujemnych jest większa, i to znacznie, od sumy momentów dodatnich. Różnica ta wynosi:

$$\Delta Q \cdot x = \Sigma + Q \cdot x - \Sigma - Q \cdot x = 49,2 - 74,1 = -24,9 \text{ kGmm}.$$

W takiej sytuacji model będzie „ciężki na tył”, a rzeczywisty środek ciężkości przesunięty do

* Dokładniejsze dane znajdują Czytelnicy w rozdziale 15. Do wstępnych obliczeń lepiej nie zakładać zbyt optymistycznych danych i przyjąć dla projektowanego kadłuba średnie lub nawet bardziej tylne położenie środka ciężkości.

tyłu, w stosunku do założonego położenia, o wielkość:

$$\Delta x = \frac{\Delta Q \cdot x}{Q} = \frac{-24,9}{1,08} = -23 \text{ mm}$$

Z tego wynika, że bez zastosowania balastu model byłby wyważony w odległości $75 + 23 = 98 \text{ mm}$ od krawędzi natarcia, a więc w 40% cięższy, co przy założonych proporcjach usterzenia jest nie do przyjęcia. Trzeba więc zastosować balast i umieścić go jak najbliżej przodu modelu, np. pod silnikiem.

Dodatni moment tego balastu $Q_B \cdot x_B$ musi zrównoważyć niekorzystnie działający sumaryczny moment ujemny $Q_B \cdot x_B = -\Delta Q \cdot x$.

W naszym przypadku: $Q_B \cdot 240 = 24,9$
stąd ciężar balastu:

$$Q_B = \frac{\Delta Q \cdot x}{x_B} = \frac{24,9}{240} = 0,104 \text{ kG} \approx 100 \text{ G}$$

Kompletny model będzie więc ważył $1080 + 100 = 1180 \text{ G}$, a więc około 1200 G , co jest jeszcze dopuszczalne.

Gdyby z obliczenia wynikała konieczność zastosowania zbyt dużego balastu, wówczas trzeba by się poważnie zastanowić, czy są szanse na lepsze wykonanie usterzenia oraz tylnej części kadłuba. Należy wykonać raz jeszcze obliczenia i w razie negatywnego wyniku raczej zrezygnować z takiego samolotu.

Wyważenie i rozlokowanie elementów w modelu RC

Model zdalnie kierowany stwarza odmienne sytuacje; ciężary „niezależne” są znacznie większe niż przy modelu swobodnym, a ponadto dysponujemy ciężkim wyposażeniem (baterie, odbiornik, mechanizmy), które trzeba ułożyć we wnętrzu kadłuba.

Dla przykładu przeprowadzimy analizę dla modelu wieloczynnościowego (RCW):

Momenty dodatnie:

	$Q \text{ (kG)} \cdot x \text{ (mm)} = Q \cdot x \text{ (kGmm)}$
— silnik	$0,28 \cdot 240 = 67,2$
— zbiornik	$0,06 \cdot 180 = 10,4$
— podwozie	$0,16 \cdot 60 = 9,6$
— wyposażenie RC	$0,50 \cdot 0,25 = 12,5$
Razem	$\Sigma + Q \cdot x = 99,7 \text{ kGmm}$

Momenty ujemne:

	$Q \text{ (kG)} \cdot x \text{ (mm)} = Q \cdot x \text{ (kGmm)}$
— skrzydło	$0,40 \cdot -30 = -12,0$
— kadłub	$0,50 \cdot -100 = -50,0$
— usterzenie	$0,05 \cdot -640 = -32,0$
Razem	$\Sigma - Q \cdot x = -94,0 \text{ kGmm}$

Niewyrównoważenie tym razem dodatnie wynosi $\Delta Q \cdot x = 99,7 - 94,0 = +5,7 \text{ kGmm}$ i jest znacznie mniejsze niż przy modelu swobodnym. Takie niewyrównoważenie daje przesunięcie środka ciężkości do przodu o:

$$\Delta x = \frac{\Delta Q \cdot x}{Q} = \frac{+5,7}{1,95} = 2,92 \text{ mm}$$

a więc nieduże ($\sim 1\%$ l_s) i w granicach tolerancji. Z tego wynika, że aby wyrównoważyć model, trzeba umieścić wyposażenie RC prawie pod środkiem ciężkości (w miejscu pilota).

Obliczenia nasze wskazują na duże podobieństwo pomiędzy modelem zdalnie kierowanym a rzeczywistym samolotem. Zgodne są nawet proporcje ciężarowe, gdyż stosunek ciężaru pilota ($\sim 75 \text{ kG}$) jest taki sam, jak dla modelu RC stosunek ciężaru aparatury ($0,5 \text{ kG}$) do ciężaru płatowca ($\sim 2 \text{ kG}$). Na zakończenie trzeba jednak powiedzieć, że idealne wyważenie modelu zawdzięczamy przede wszystkim doskonałym proporcjom samolotu.

Są samoloty, które pod tym względem mogą stwarzać wiele trudności. Gdybyśmy na przykład próbowali tym samym sposobem wyważyć model samolotu PZL-P11c (patrz rys. 3-4), przekonalibyśmy się, że w kadłubie brakuje miejsca na takie umieszczenie wyposażenia, aby środek ciężkości znalazł się w pożądanym miejscu. W takim przypadku silnik musi być zamocowany w bocznym położeniu, zbiornik paliwa umieszczony we wnętrzu osłony silnika — tuż przy nim, a całe wyposażenie RC tuż za ścianą silnika „piętrową metodą” — jeden element pod drugim. Bardzo często i to nie pomaga, a wówczas trzeba stosować balast, który — aby był skuteczny — musi tkwić w kołpaku śmigła (ciężki kołpak wykonany np. ze stali).

Problemy tego rodzaju bardzo często występują w modelach na uwięzi, które są mniejsze, a ich wyposażenie zajmuje dużo miejsca i nie może być zgrupowane tylko w przodzie modelu. Bardzo często widuje się na zawodach pięknie wykonane modele, ale źle wyważone, z wyraźnymi objawami niestateczności podłużnej (niespokojny lot, wrażliwość na podmuchy, „zawieszanie” się na śmigle itp.). Dotyczy to również niektórych samolotów wielosilnikowych o krótkim kadłubie, np. DH. MOSQUITO.

Niezmiernie natomiast rzadko się zdarza aby model był za ciężki „na nos” i aby nie było możliwości sprowadzenia środka ciężkości na właściwe miejsce. Na marginesie tych rozważań trzeba powiedzieć, że przesunięcie środka ciężkości do przodu nie jest tak groźne, jak wyważenie zbyt tylne — jednak przy zbyt przednim wyważeniu (np. $10 \div 15\%$ cięższy w przód od optymalnego) można się spotkać z utrudnioną sterownością podłużną, trudnościami zrównoważenia stałej tendencji do nurkowania, przedłużonym startem, a także niemożnością uzyskania dostatecznie małej prędkości lotu ślizgowego przy lądowaniu. Zjawiska te tłumaczą się tym, że działanie steru jest po prostu niewystarczające dla zrównoważenia nurkującego działania ciężaru, co daje się zauważyć zwłaszcza przy małych prędkościach lotu.

Jak z tego wynika, sprawa wyważenia modelu ma dla jego późniejszych właściwości lotnych zasadnicze znaczenie — trzeba to bezwzględnie sprawdzić i dostatecznie wcześniej korygować.

3

Dokumentacja samolotu, rysunki modelu

Gromadzimy dokumentację

Przed rozpoczęciem pracy nad projektem miniaturowego samolotu powinniśmy zgromadzić odpowiednią dokumentację, czyli wszystkie niezbędne materiały konieczne do prawidłowego wykonania modelu.

Zbieramy więc szkice, rysunki, plany, opisy i fotografie interesującej nas maszyny, a dodatkowo staramy się zebrać dostępne modelarskie opracowania na ten temat.

Zależnie od tego, w jakim stopniu podobieństwa postanowiliśmy wykonać model, będą nam potrzebne mniej lub bardziej szczegółowe dokumentacje. Jej zakres i jakość ograniczać będą możliwość wykonania modelu.

Istnieje wielka różnorodność materiałów zawartych w czasopiśmie, książkach, albumach, katalogach itp., z których modelarz może w swej pracy korzystać. Zapoznamy się z nimi pokrótce.

Ogólnolotnicze wydawnictwa informacyjne w formie książek lub książeczek niewielkiego formatu zawierają, oprócz treści ogólnej, zazwyczaj zbiory krótkich opisów i danych technicznych samolotów (szybowców, śmigłowców itp.), usystematyzowane grupowo według ich przynależności państwowej lub przeznaczenia, oraz fotografie i niewielkie szkice omawianych maszyn.

Do polskich wydawnictw tego typu należą: B. Arct „Samoloty świata”, K. Dąbrowski „Przegląd samolotów sportowych”, P. Elshtein „Przegląd samolotów bombowych”, A. Glass „Rozpoznawanie samolotów, szybowców i śmigłowców”, Z. Gorzucki, R. Misztalewicz „Najnowsze samoloty wojskowe”, Z. Szajewski „Od RWD do MiG-a”, Praca zbiorowa „Śmigłowce”, K. Albin „Szybownictwo na

świecie”, J. Wojciechowski „Przegląd samolotów myśliwskich” i inne.

Istnieje również cały szereg podobnych wydawnictw zagranicznych, jak na przykład dostępne w Polsce (1966) wydawnictwa NRD pt. „Flugzeuge aus aller Welt” czy „Historische Flugzeuge”.

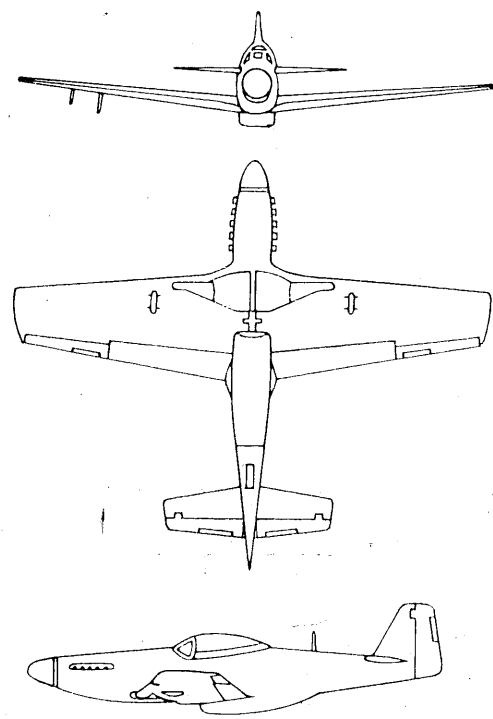
Wydawnictwa te możemy wykorzystać tylko w ograniczonym zakresie, ponieważ rysunki, jakie zawierają, są zbyt małe i niedokładne. Łatwo się o tym przekonać porównując na przykład szkic samolotu P-51 MUSTANG zaczerpnięty z książki „Przegląd samolotów myśliwskich” z podobnym rysunkiem (w formie negatywowej) z angielskiego wydawnictwa „Aircraft of the United States” (rys. 3-1a i rys. 3-1b). Z tego powodu książki służą nam mogą jedynie przy wstępnym wyborze obiektu do porównań i oceny przydatności na model latający. Można natomiast wykorzystać fotografie samolotów, jeśli nie są retuszowane (retusz deformuje kształty i likwiduje wiele zewnętrznych szczegółów).

Dokładniejsze materiały można znaleźć w różnego rodzaju okolicznościowych wydawnictwach albumowych, takich jak na przykład „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej” oraz „Polskie konstrukcje lotnicze 1893-1939”^{*)}. Książki te zawierają wyczerpujące opisy samolotów, szybowców i śmigłowców skonstruowanych w Polsce, liczne fotografie, ilustrujące szczegóły techniczne i wyposażenie maszyn, oraz rysunki w trzech rzutach.

Rysunki te, znacznie dokładniejsze niż w książkach poprzednio omawianych, mogą już stanowić pewną podstawę do opracowywania projektu modelarskiego. Dla przykładu (rys. 3-2) reprodukowujemy z tego wydawnictwa rysunek samolotu PZL-104

^{*)} Praca zbiorowa: „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej”, WKŁ 1965; A. Glass „Polskie konstrukcje lotnicze 1893-1939” WKŁ 1976

a



3-1. Dwa podstawowe typy rysunków szkicowych
a — pozytywowo, b — negatywowo

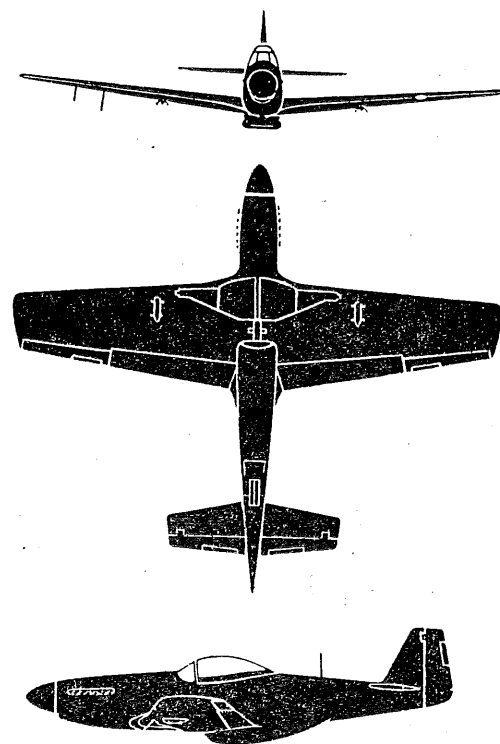
WILGA 1. Pewnym niedużym — z punktu widzenia wydawniczego — ale istotnym dla celów miniaturyzacji mankamentem tej dokumentacji jest brak dostatecznie licznych i dokładnych przekrojów kadłuba oraz szczegółów wyposażenia wnętrza.

Wydawnictwa tego rodzaju są również bardzo popularne za granicą. Do najbardziej rozpowszechnionych, spotykanych w polskich bibliotekach, należą książki Wiliama Greena, a szczególnie seria pt. „Samoloty drugiej wojny światowej” składająca się z sześciu tomów oraz wydawnictwa albumowe: „Famous Fighters of the Second World War”, „Famous bombers of the Second World War” („Myśliwce drugiej wojny światowej” i „Bombowce drugiej wojny światowej”) i inne.

Wiele książek tego rodzaju ukazuje się corocznie na rynkach księgarskich całego świata. W roku 1971 ukazała się na przykład dość niezwykła, bo napisana po angielsku i wydana w Wielkiej Brytanii książka polskiego autora J.B. Cynka pt. „Polish Aircraft 1893-1939” (Lotnictwo polskie 1893-1939). Książka ta — wynik 25-letniej pracy autora — stanowi wyczerpujące i staranne opracowanie dziejów polskiej techniki lotniczej w omawianym okresie, zawiera wiele nieznanego materiału techniczno-historycznego, odtworzonego na podstawie dokumentów, które po klęsce wrześniowej wraz z personelem lotnictwa i polskimi konstruktorami znalazły się na Zachodzie. Stanowić ona może również doskonały materiał do porównań.

Bardzo często, szczególnie w wydawnictwach zagranicznych, można spotkać dokumentację w po-

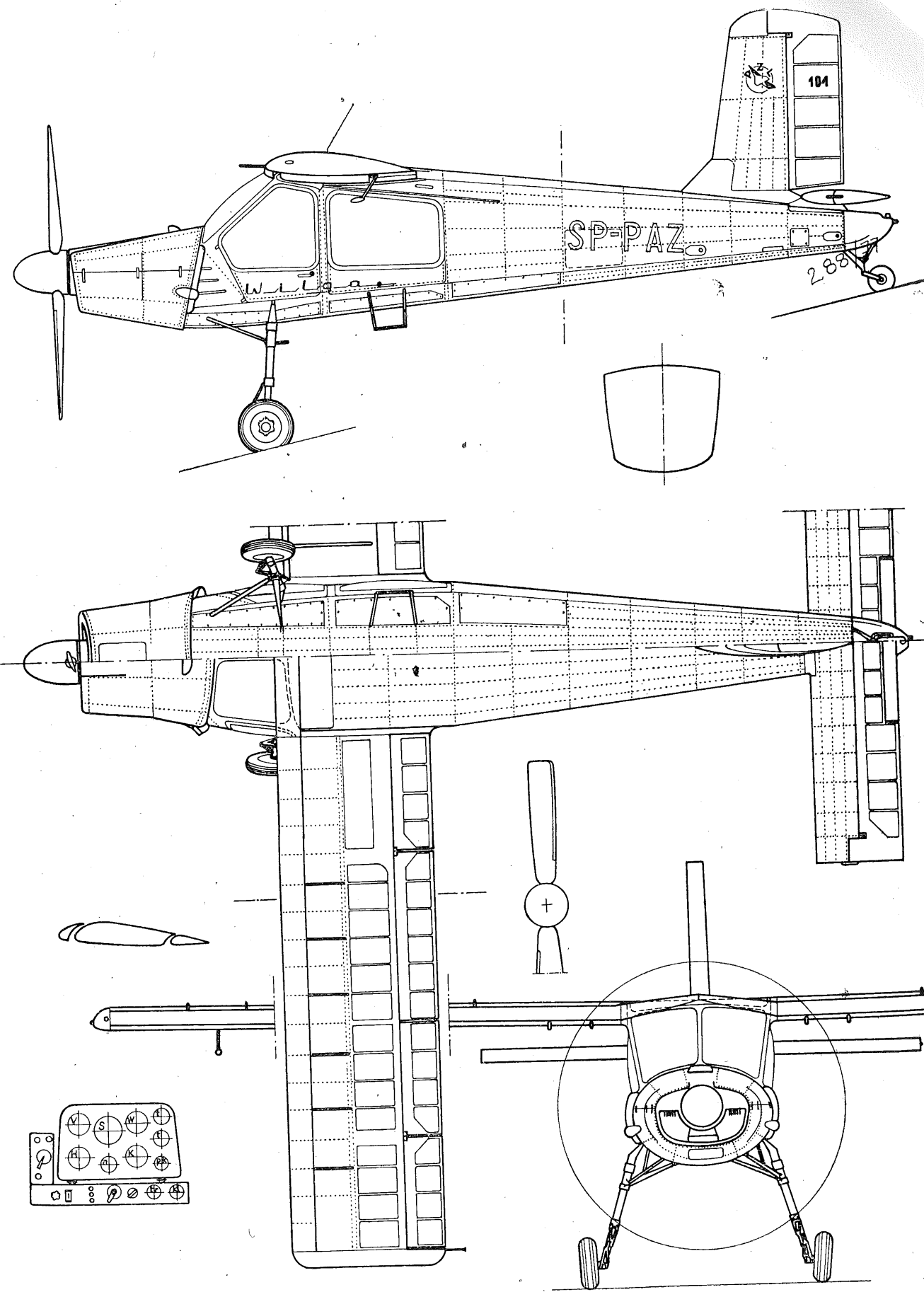
b



staci płaskich fotografii samolotu w kilku rzutach (fotografie takie, jeśli są dostatecznie wyraźne i uzupełnione odpowiednimi przekrojami, mogą być bardzo pożyteczne, ponieważ dokładnie oddają zewnętrzny wygląd samolotu, a jeżeli dotyczą dawnych, nie istniejących już dziś maszyn, stanowią ponadto cenny dokument historyczny). Na rysunku 3-3 przedstawiona jest taka dokumentacja francuskiego samolotu SPAD SVII, jednego z najlepszych myśliwców okresu międzywojennego (używanego również i w Polsce). Korzystając z tych fotografii można nie tylko określić wygląd zewnętrzny powierzchni samolotu i jego wyposażenia, ale również na podstawie odznaczających się poprzez pokrycie żeberka i podłużnic można odtworzyć liczbę i rozmieszczenie elementów, niezbędne do opracowania rysunku konstrukcyjnego.

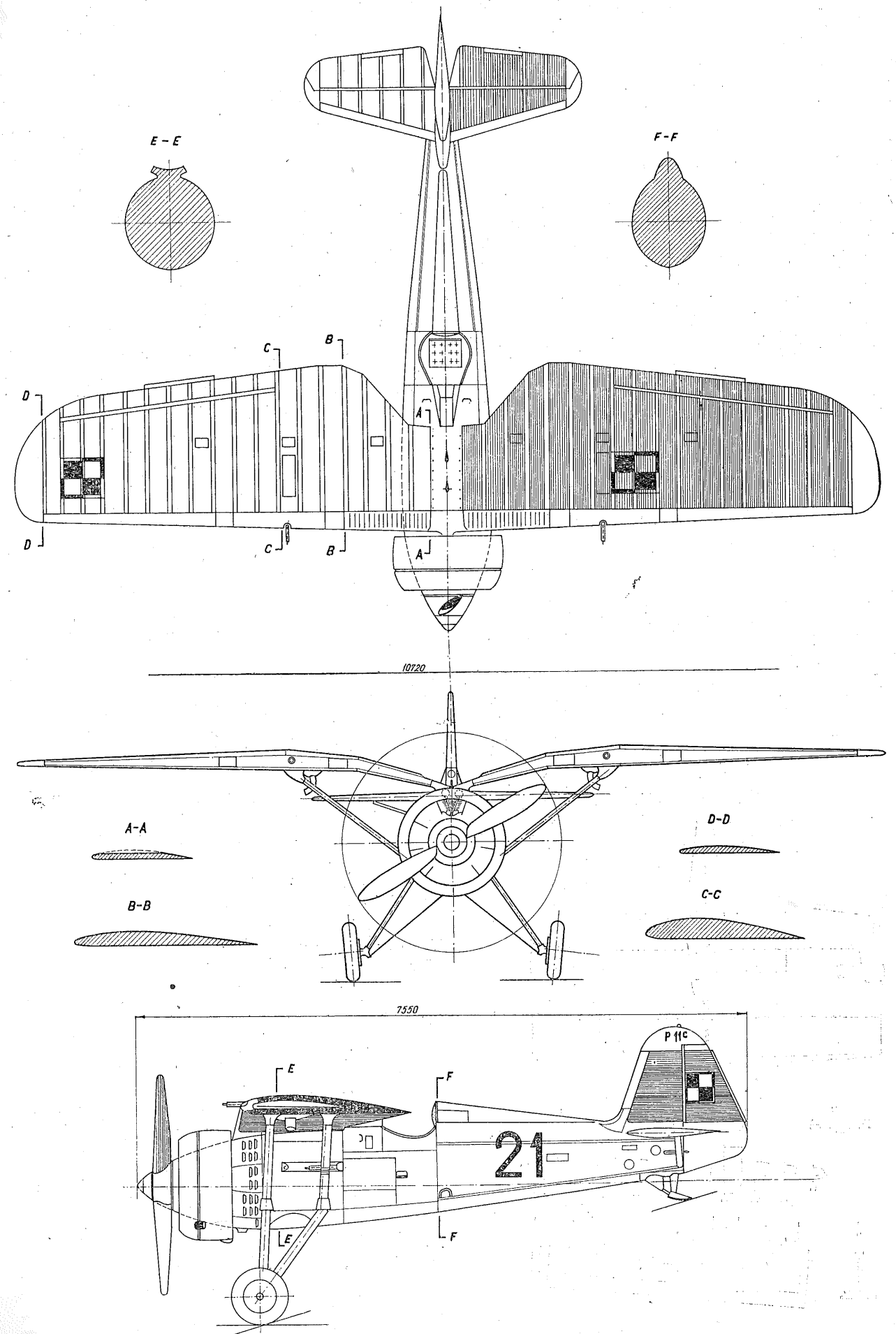
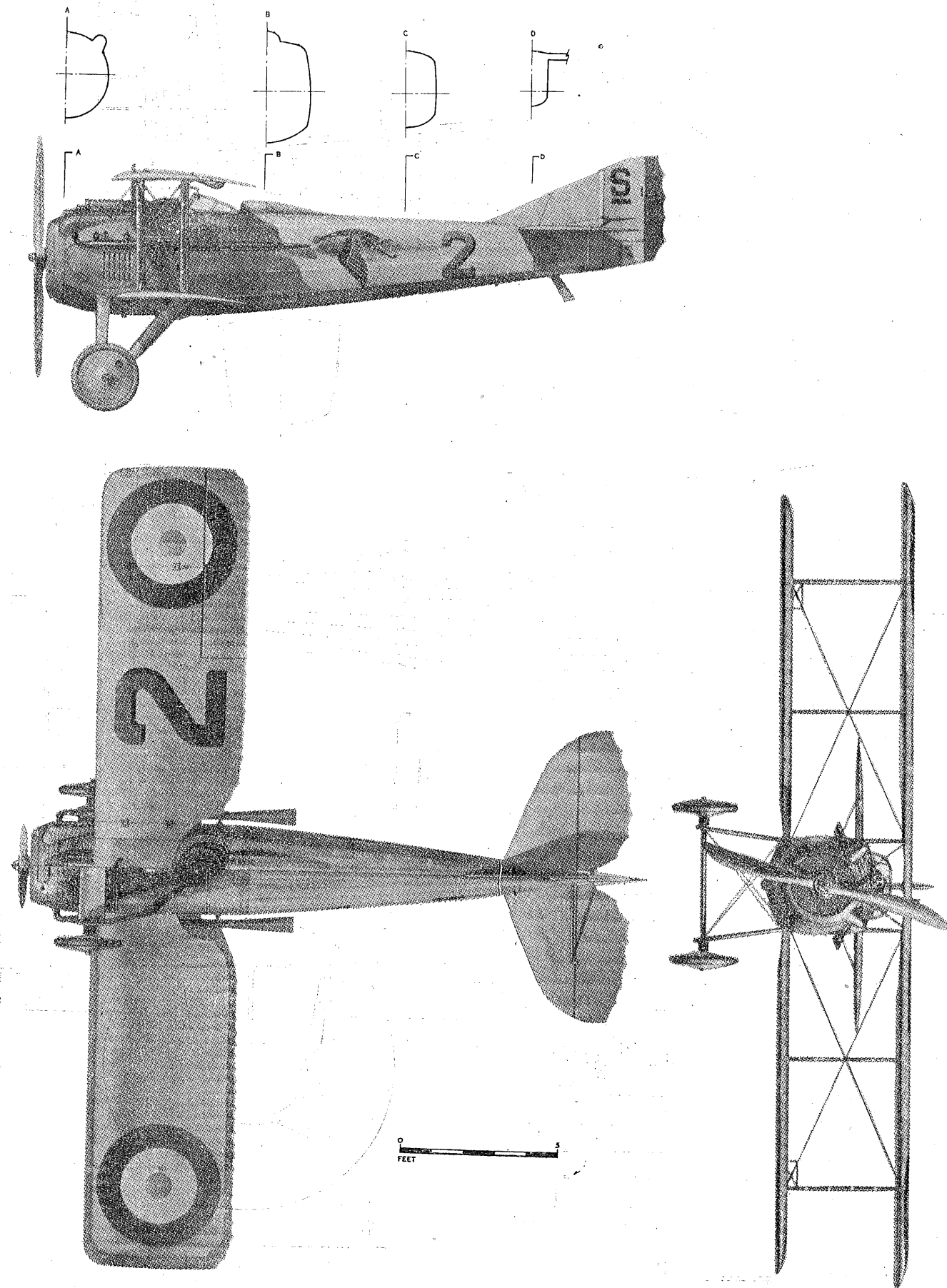
Wiele interesujących materiałów można znaleźć we wszelkiego rodzaju katalogach i instrukcjach. Są to wydawnictwa najbardziej wiarygodne, choć nie zawsze dostatecznie wystarczające. Przedstawiony na rysunku 3-4 plan samolotu PZL-P11c zaczerpnięty został właśnie z przedwojennej instrukcji obsługi tego płatowca. Można wierzyć, że proporcje, jakie podaje, są rzetelne. Niektóre wydawnictwa publikują rysunki ofertowe (rys. 3-5), które również mogą stanowić punkt wyjścia przy opracowywaniu projektu modelu.

Największym źródłem materiałów dokumentacyjnych są czasopisma lotnicze, a szczególnie modelarskie, krajowe i zagraniczne. Oto lista bieżących najpopularniejszych czasopism modelarskich, które



EŻ

3-2. Rysunek samolotu PZL-104 WILGA 1 zaczerpnięty z książki „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej”

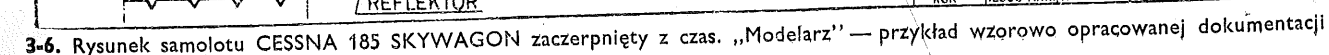


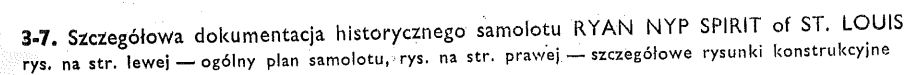
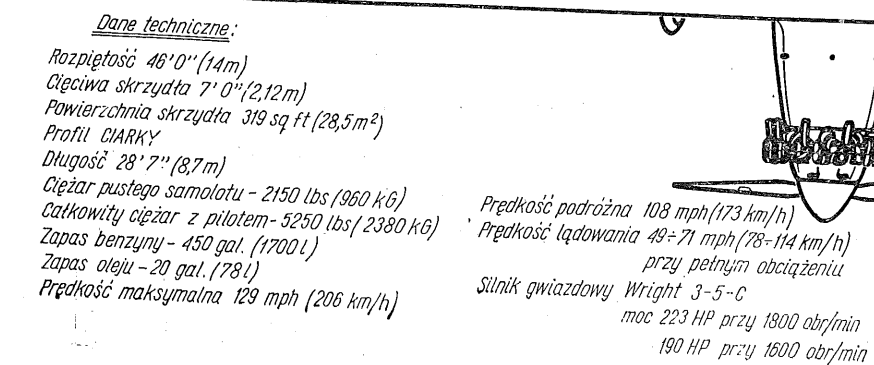
- Modelarz, Polska,
- Modelar, Czechosłowacja,
- Modelbau und Basteln, NRD,
- Modelist konstruktor, ZSRR,
- Aeromodeller, Anglia,
- Scale models, Anglia,
- Model airplane news, USA,
- American aircraft modeller, USA.

[illegible]

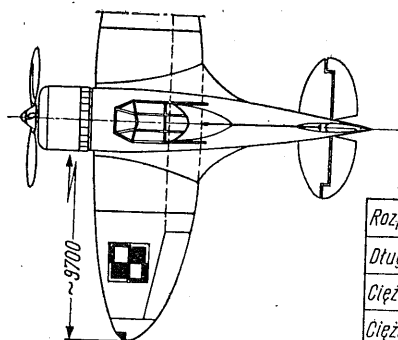
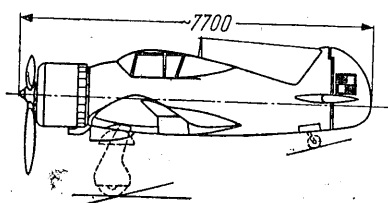
52

Niezbędnym elementem wyposażenia, który staramy się umieścić w każdym, wykonanym nawet w największym uproszczeniu, modelu jest tablica przyrządów pokładowych. Do jej prawidłowego odtworzenia wystarczy zazwyczaj odpowiednia fotografia (rys. 3-10), z której można odtworzyć kształt tablicy i rozmieszczenie przyrządów. Zazwyczaj w każdym samolocie znajduje się zestaw podstawowych przyrządów służących do kontroli lotu (prędkościomierz, wysokościomierz, wariometr, zakrętomierz, busola, sztuczny horyzont, zegar czasowy itp.), do kontroli pracy silnika (obrotomierze, termometry, paliwomierze, manometry



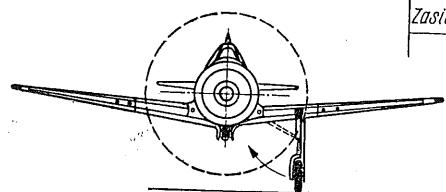


itp.) oraz wiele dodatkowych przyrządów do kontroli urządzeń i mechanizmów samolotu. Ponieważ zamieszczane w prasie zdjęcia nie zawsze są dostatecznie wyraźne, aby można było z nich odtworzyć wygląd wszystkich przyrządów, warto wiedzieć, jak wyglądają przyrządy podstawowe. Można w tym celu zrobić samemu odpowiednie rysunki, zaglądając do kabiny któregoś samolotu na



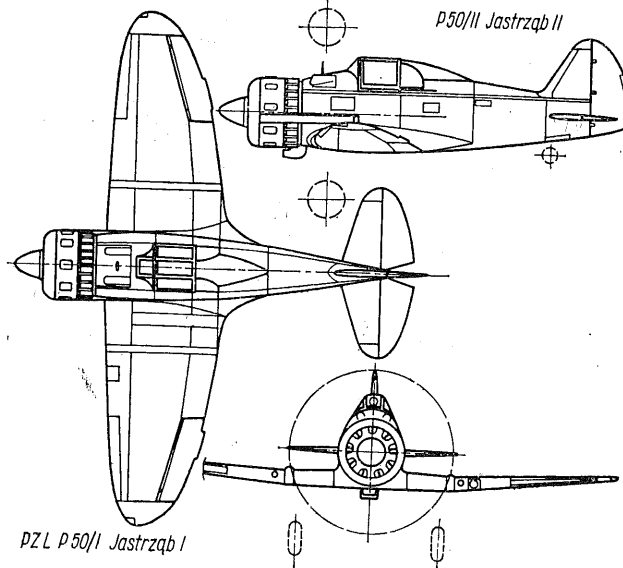
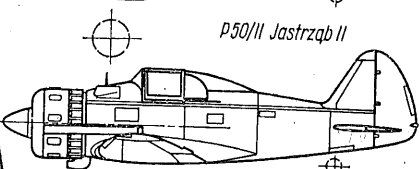
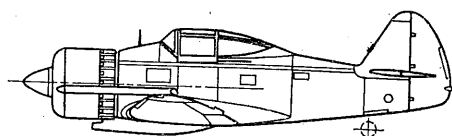
DANE TECHNICZNE

Rozpiętość	ok. 9,70m
Długość	ok. 7,70m
Ciężar własny	ok. 1900kg
Ciężar max.	ok. 2400kg
Prędkość max.	ok. 450km/h
Zasięg	ok. 750 km



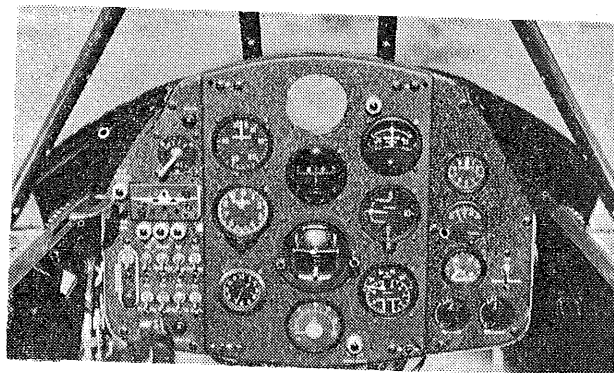
PZL-50A
Jastrząb

3-8. Szkic samolotu PZL-50A JASTRZĄB odtworzony na podstawie nielicznych materiałów historycznych, opublikowany w tygodniku „Skrzydła Polska”

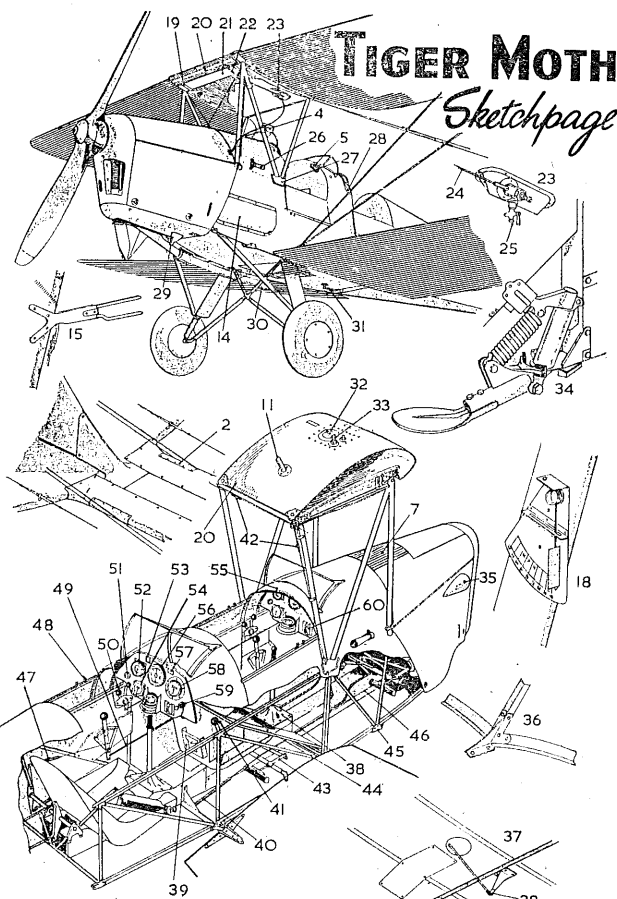


PZL P50/I Jastrząb I

3-9. Szkic samolotu PZL P-50 JASTRZĄB wg książki J.B. Cynka „Polish Aircraft 1893-1939”



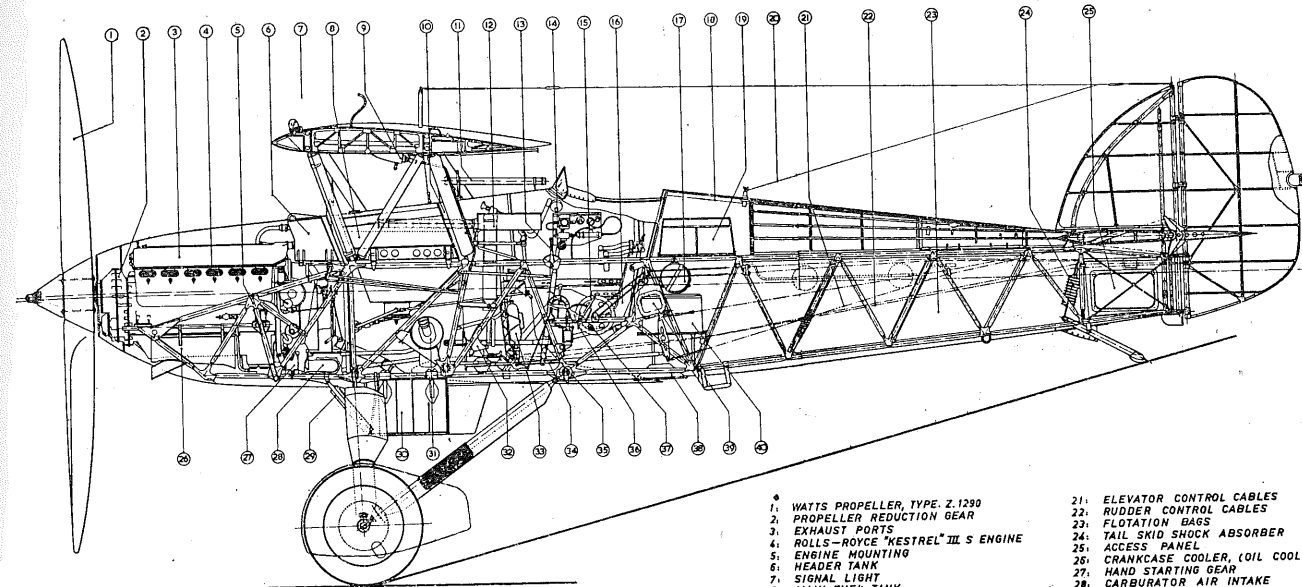
3-10. Fotografia tablicy przyrządów w przedniej kabine samolotu TS-8 BIES



3-11. Poglądowe rysunki konstrukcji i wyposażenia samolotu TIGER MOTH, zaczerpnięte z miesięcznika „Aeromodeller”

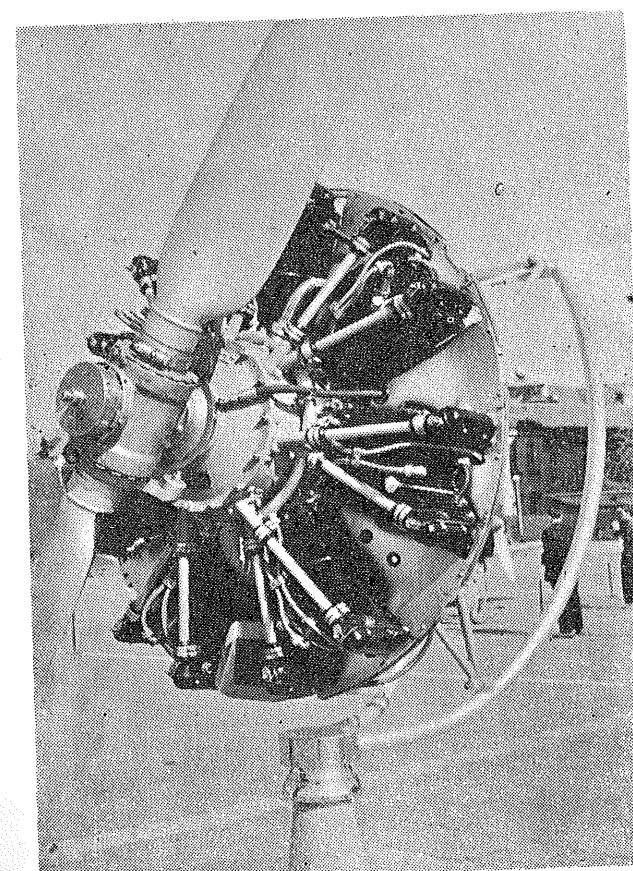
klubowym lotnisku. Można również skorzystać z gotowych opracowań, które trafiają się często w książkach i w prasie lotniczej. Bardzo jest pożądane, aby zawierały one również szkice pozostałych elementów wewnątrz kabiny, jak organy sterowania itp. (rys. 3-11). Również spotykane często ilustracyjne przekroje samolotów, płaskie (rys. 3-12) lub perspektywiczne, pomagają nam w rozplanowaniu wyposażenia wewnątrz modelu, a dodatkowo pozwalają zorientować się w szczegółach budowy innych elementów, takich jak podwozie, opłotowanie silnika, piasta śmigła itp.

Bardzo wiele trudności może nastręczyć odtworzenie makiety silnika samolotu, na przykład gwiazdowego, szczególnie w tym przypadku, gdy nie



3-12. Perspektywny przekrój konstrukcyjny modelu HAWKER NIMROD (wg Model Airplane News)

jest on ukryty pod osłoną, jak w samolocie KANIA 3 i w wielu podobnych. Podręczny zbiór fotografii (rys. 3-13) rozmaitych silników będzie w naszej pracy bardzo pomocny i zawsze pozwoli zorientować się, jak powinien wyglądać ten czy inny szczegół silnika.



3-13. Fotografia silnika lotniczego

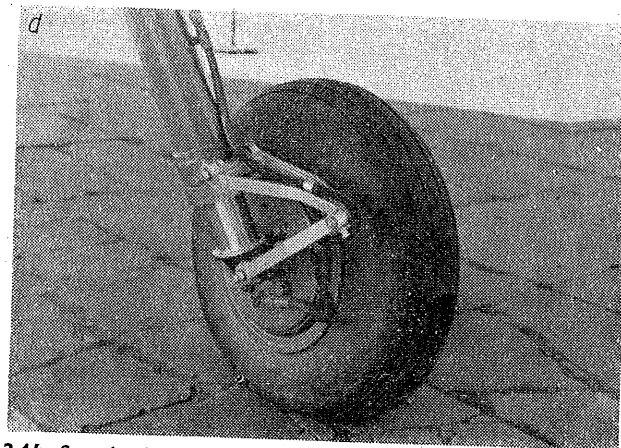
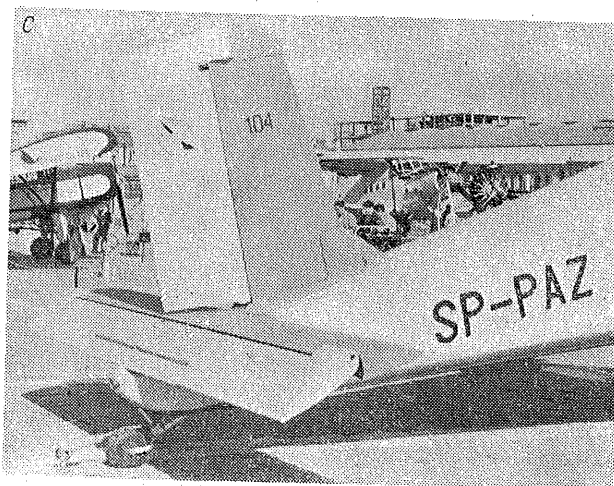
- 1. WATTS PROPELLER, TYPE Z. 1290
- 2. PROPELLER REDUCTION GEAR
- 3. EXHAUST PORTS
- 4. ROLLS-ROYCE "KESTREL" III S ENGINE
- 5. ENGINE MOUNTING
- 6. HEADER TANK
- 7. SIGNAL LIGHT
- 8. MAIN FUEL TANK
- 9. WING TANK COCK AND DRAIN
- 10. FIREPROOF BULKHEAD
- 11. GUN SIGHTS, OPTICAL AND RING & BEAD
- 12. 8 MM DANISH DRS (MADSEN) MACHINE GUN
- 13. THROTTLE AND MIXTURE CONTROLS
- 14. OXYGEN EQUIPMENT
- 15. TAIL INCIDENT CONTROL
- 16. PILOT'S SEAT
- 17. OXYGEN BOTTLE
- 18. SUTTON HARNESS
- 19. RADIO COMPARTMENT
- 20. RADIO AERIALS
- 21. ELEVATOR CONTROL CABLES
- 22. RUDDER CONTROL CABLES
- 23. FLUTATION BAGS
- 24. TAIL SKID SHOCK ABSORBER
- 25. ACCESS PANEL
- 26. CRANKCASE COOLER (OIL COOLER)
- 27. HAND STARTING GEAR
- 28. CARBURETOR AIR INTAKE
- 29. RADIATOR SHUTTERS
- 30. RADIATOR
- 31. OIL TANK
- 32. RUDDER PEDALS
- 33. PYRENE FIRE EXTINGUISHER
- 34. FUEL COCK, MAIN TANK
- 35. CONTROL COLUMN
- 36. BOMB RELEASE HANDLE
- 37. RADIATOR SHUTTER CONTROL
- 38. SIGNAL LIGHT
- 39. FOOT STEP
- 40. BATTERY

Wielką pomocą w pracy modelarza budującego miniaturowe samoloty jest umiejętność fotografowania. Okazją ku temu są wszelkiego rodzaju wystawy i pokazy lotnicze. Jak przydatne są takie materiały, świadczy komplet zdjęć WILGI 1 wykonany przez autora w 1960 r. podczas trwania wystawy lotniczej w Warszawie. Zdjęcia te (rys. 3-14) już teraz nabierają wartości historycznej, gdyż WILGA 1 była samolotem prototypowym, nie produkowanym później seryjnie. Do produkcji weszła natomiast WILGA 2, która jest niepodobna do swojej poprzedniczki.

Fotografować możemy nie tylko sylwetkę i zewnętrzne szczegóły samolotu, ale również wyposażenie wnętrza (rys. 3-15). Fotografie takie są nieraz bezcenne przy odtwarzaniu wnętrza kabiny w formie miniaturowej.

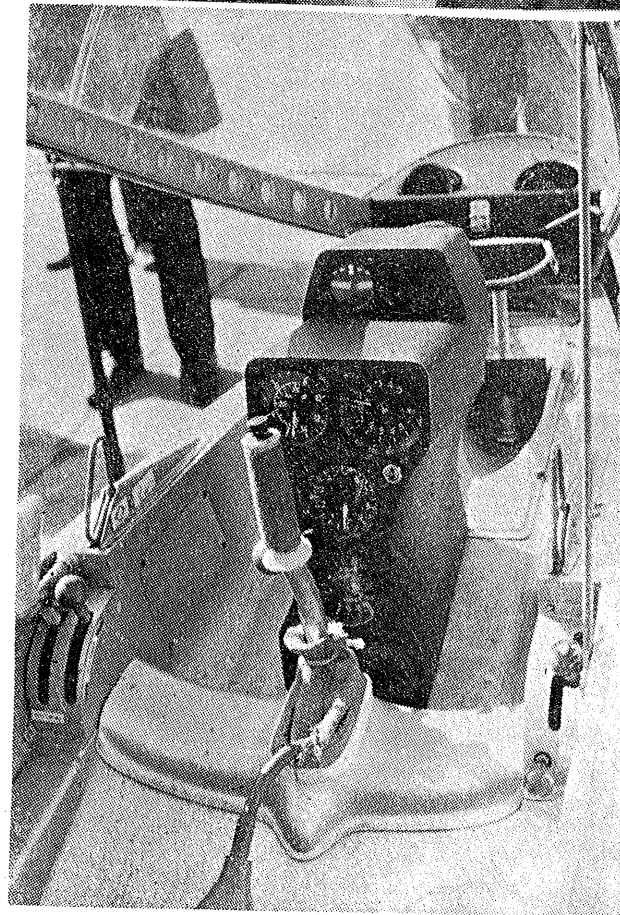
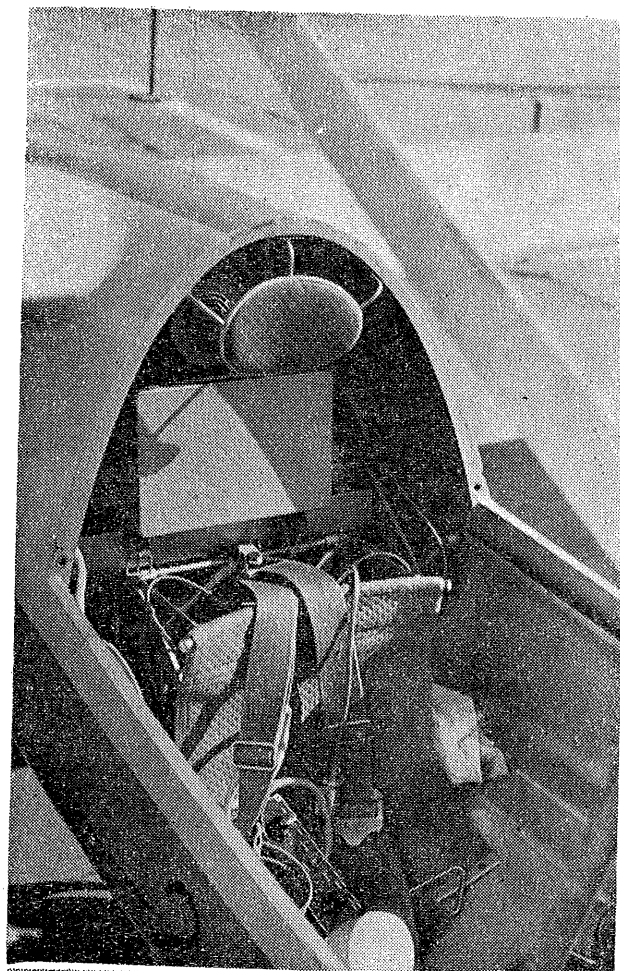
Decyzja, jak wykończyć zewnętrznie i jak pomalować miniaturowy samolot, również nie jest łatwa, ponieważ niektóre samoloty mają wiele wersji rozwojowych (rys. 3-16), a egzemplarze zazwyczaj różnią się rozmaitymi szczegółami zewnętrznymi, a także sposobem malowania. Podobnie, zależnie od tego, gdzie i przez kogo były eksploatowane poszczególne egzemplarze czy grupy maszyn, mogły one mieć odmienne malowanie, oznakowanie, a już na pewno odmienne znaki rejestracyjne czy rozpoznawcze. Niektóre samoloty rekordowe, prototypy i samoloty budowane sposobem amatorskim miały unikalny, nigdzie nie spotykany kamuflaż. Wiadomo na przykład, że jeden był tylko egzemplarz RWD-5 bis, na którym Stanisław Skarżyński przeleciał w 1933 r. przez Atlantyk, że samolot ten — w odróżnieniu od egzemplarzy seryjnych — był cały srebrny, miał napis Aeroklubu RP na kadłubie i rejestrację SP-AJU. Często błędem jest odmienne znakowanie bądź malowanie modeli takich unikalnych maszyn.

Możemy się spotkać z wielką różnorodnością odmian kamuflażu i oznakowania — na przykład w przy-



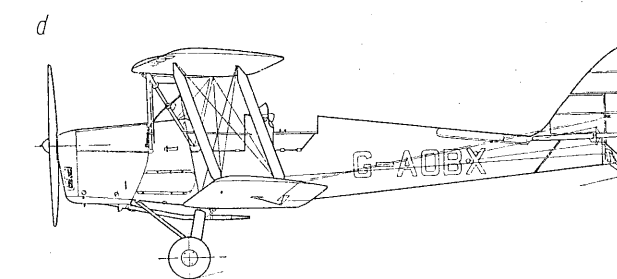
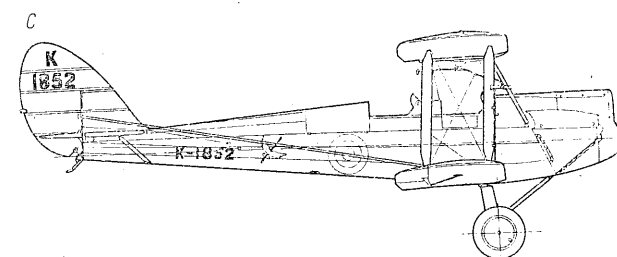
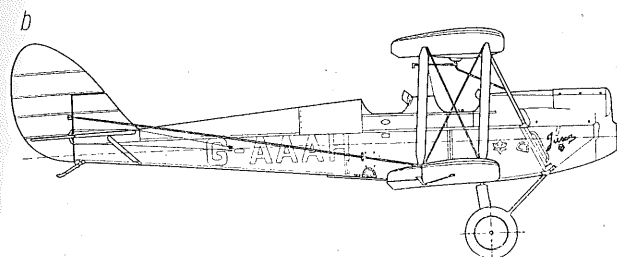
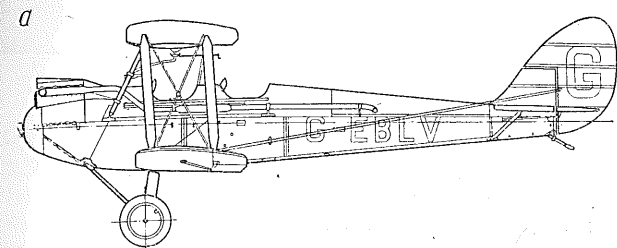
3-14. Samolot WILGA 1

a — przód samolotu, b — kabina, c — usterzenie, d — goleń podwozia
(foto autora)



3-15. Fotografie wyposażenia kabiny szybowca ZEFIR

u góry — oparcie pilota, u dołu — przyrządy pokładowe
(foto autora)

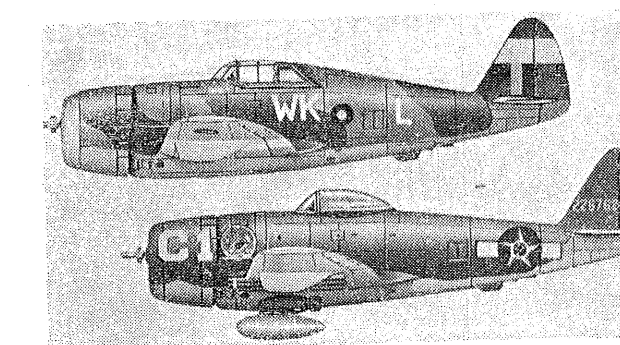
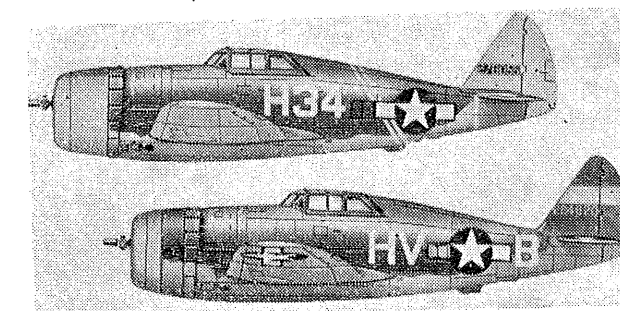
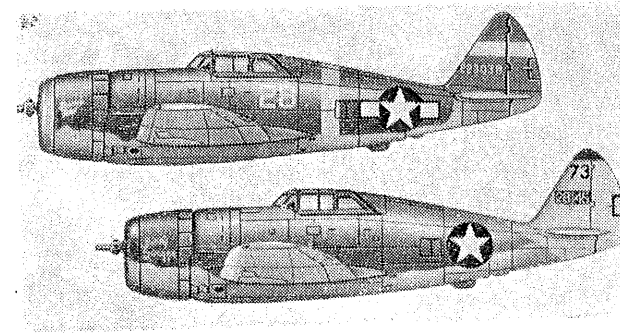


3-16. Szkice rozwojowe wersji i odmian samolotu De HAVILLAND Moth (wg książki autora pt. „Samoloty w historii i w miniaturze”)
a — Cirrus Moth, b — Gipsy Moth, c — Metal Moth, d — Tiger Moth

padku samolotów wojskowych służących w różnych eskadrach, używanych do rozmaitych celów przez różne formacje i różne państwa w różnych szerokościach geograficznych. Inaczej maluje się samoloty używane w okolicach podbiegunowych, inaczej eksploatowane w tropikalnych dżunglach, inaczej samoloty morskie, a jeszcze inaczej samoloty przeznaczone do nocnych operacji. Aby nie popełnić błędu, należy się zdecydować bądź na wykonanie kamuflażu i oznakowanie według posiadanych fotografii jednego samolotu, bądź korzystać ze specjalnych wydawnictw podających w naturalnych kolorach wzory kamuflażu rozmaitych samolotów.

Materiały takie można znaleźć w niektórych czasopismach, np. w czechosłowackim Letectvi lub angielskim Flying Review (w każdym prawie numerze publikowane są kolorowe tablice ilustrujące kamuflaż rozmaitych samolotów). Podobne materiały publikowane są również w czasopismach modelarskich (rys. 3-17) oraz w książkowych opracowaniach specjalnych.

Są również książki poświęcone w całości jednej tylko maszynie. Dotyczą one zazwyczaj bardziej znanych, historycznych samolotów, na przykład

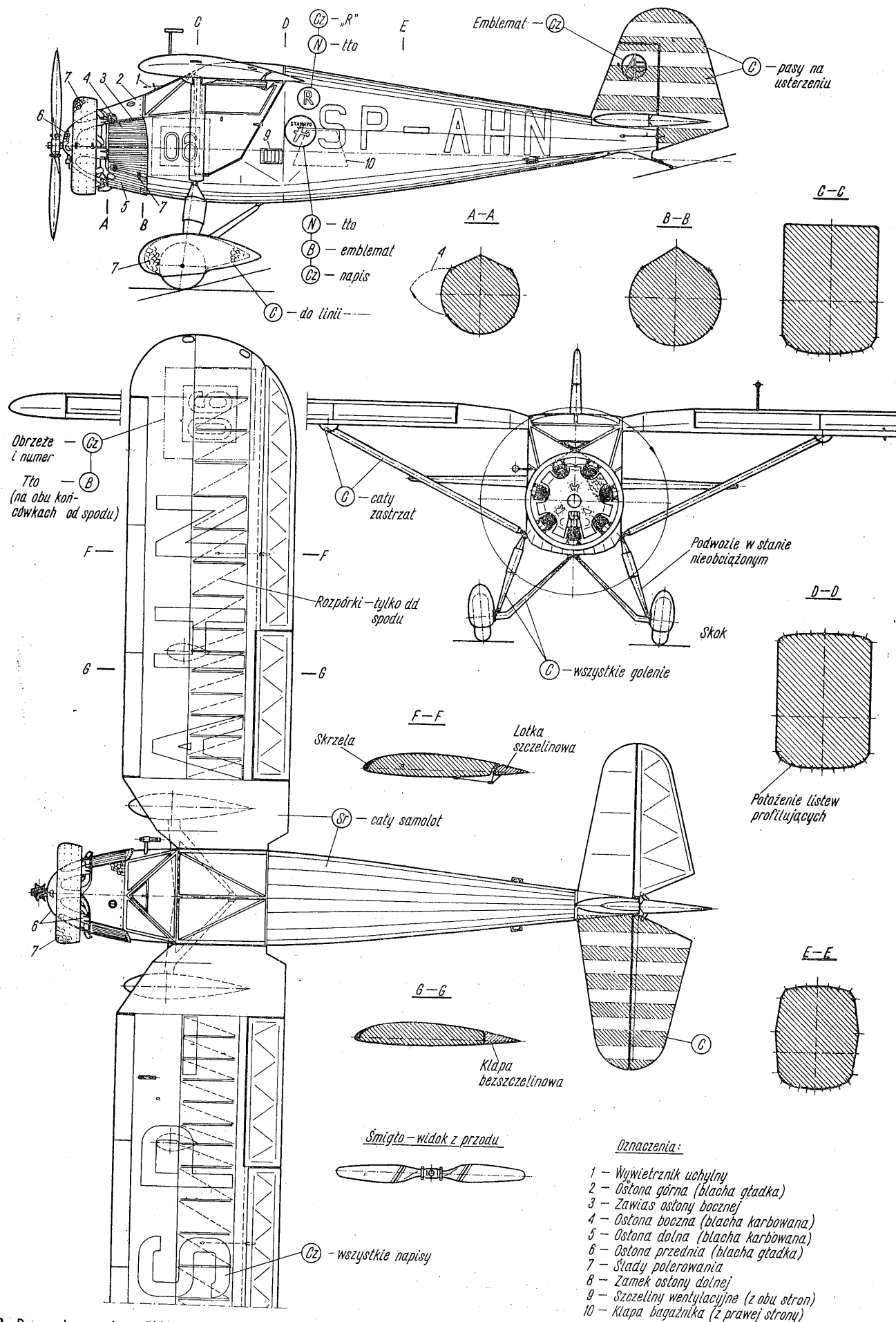


3-17. Fotografie (w oryginale kolorowe) przedstawiające kamuflaż samolotu P-47 THUNDERBOLT, zaczerpnięte z miesięcznika „Aeromodeller”

myśliwca Spitfire (SPITFIRE — the Story of a Famous Fighter), bombowca Lancaster (LANCASTER — the Story of a Famous Bomber) i wielu innych. Zawierają one całą skarbnicę wiadomości historycznych i technicznych, zdjęcia, rysunki, tablice itp., słowem wszystko, co konstruktorowi modelu może być potrzebne. Znane są również periodyczne wydawnictwa monograficzne, jak na przykład zeszytowe wydawnictwo angielskie Profile Publications. Każdy zeszyt zawiera komplet materiałów dokumentacyjnych dotyczących jednego wybranego samolotu.

Oczywiście, ideałem byłoby, aby wszystkie potrzebne nam materiały — dokładne rysunki samolotu, jego szczegółów i wyposażenia, fotografie, opisy, a nawet sugestie dotyczące możliwości zaprojektowania, opracowania konstrukcji i wykonania modelu — zebrane były w jednym wydawnictwie. Pracy takiej podjął się autor w odniesieniu do niektórych wybranych samolotów historycznych w książce pt. „Samoloty w historii i w miniaturze”.^{*} Z książki tej reprodukowujemy odtworzoną dokumentację samolotu RWD-6 (rys. 3-18).

^{*} W. Schier: „Samoloty w historii i w miniaturze.” WKŁ 1973.



Wykonujemy reprodukcje

Omówiliśmy zasadnicze rodzaje dokumentacji, z której można korzystać budując miniaturową kopię samolotu. Ponieważ nie wszystkie materiały muszą stanowić naszą własność, powstaje problem, jak wykonać odpowiednie reprodukcje.

Najlepiej powierzyć tę pracę zakładowi, który trudni się kopiowaniem dokumentów. Kopie wykonuje się tam przy użyciu przyrządu, tzw. fotokopiarki, która pozwala na uzyskanie negatywowych (rys. 3-19) odbitek na papierze fotograficznym, a następnie przez ponowne skopiowanie otrzymanych negatywów otrzymuje się rysunki pozytywowe na białym tle. Jeśli kopiowane są wyłącznie rysunki techniczne, wystarczy zamówić tylko odbitki negatywowe, co nie utrudni nam pracy, gdyż białe linie na czarnym tle są doskonale widoczne, a napisy prawidłowo czytelne (nie odwrócone). Koszt wykonania negatywów jest za to mniejszy. Metodą tą można również reprodukcować fotografie, choć nie otrzymuje się w ten sposób najlepszych odbitek. Oczywiście, fotografie muszą być reprodukowane w pozytywie.

Można również pokusić się o samodzielne wykonanie reprodukcji aparatem fotograficznym. Nie jest to jednak takie łatwe i wymaga umiejętności posługiwania się sprzętem fotograficznym. Nie każdy aparat nadaje się również do tego celu. Najwygodniejsze są aparaty lustrzane z pryzmatem pentagonalnym lub z matówką (PRACTICA, PRACTINA, PENTACON, EXACTA itp.), umożliwiające bez-

pośrednie nastawienie ostrości obrazu oraz stosowanie dystansowych pierścieni pomiędzy obiektywem a aparatem w celu uzyskania dużych zbliżeń przy fotografowaniu małych formatów.

Fotografować należy przy dobrym oświetleniu (co najmniej dwie lampy o mocy 100 W), stosując niskoczuły film do reprodukcji (10 lub 14 DIN). Aparat powinien być sztywno zamocowany i umieszczony pionowo ponad środkiem fotografowanego rysunku.

Dobre reprodukcje fotografii można uzyskać jedynie fotografując specjalnymi aparatami przy zastosowaniu specjalnych klisz o dużym formacie. Nie jest to zakres prac amatorskich.

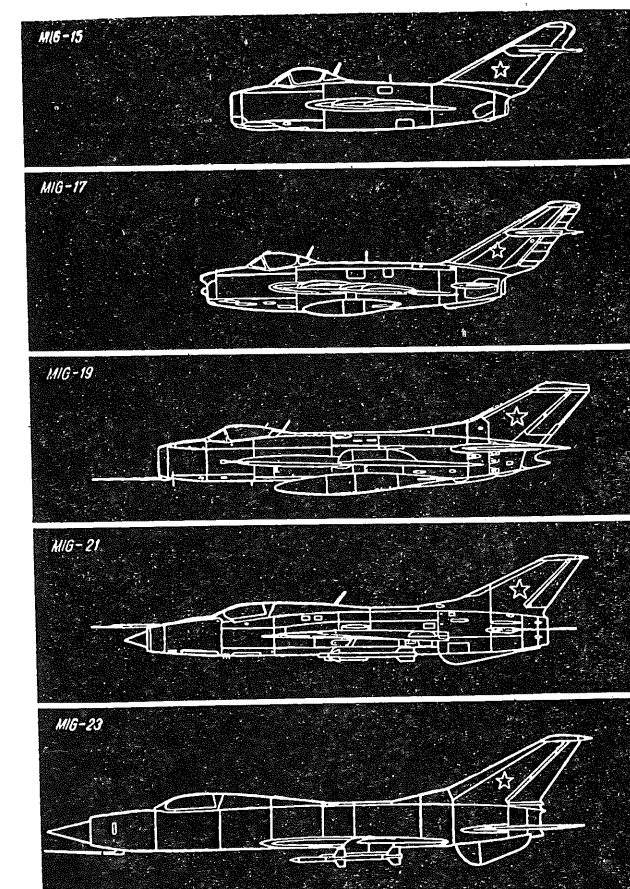
Rysunki wykonane tuszem bądź wyraźnie ołówkiem na kalce technicznej można kopiować fotograficznie lub lepiej, zwłaszcza przy dużych formatach, wykonując z nich odbitki metodą światłokopii. Zajmują się tym specjalne zakłady, tzw. wyświetlarnie. Istnieje również elektromagnetyczna metoda kopiowania wszelkiego rodzaju dokumentacji, tzw. metoda kserograficzna. Metoda ta polega (w wielkim skrócie) na elektrostatycznym uczuleniu powierzchni papieru i formowaniu na nim czarno-białego, nie kolorowego, obrazu złożonego z drobiny specjalnego proszku, który następnie jest utrwalany. Metodą tą można wykonywać wielokrotnie dowolne odbitki, w tym również z fotografii, na zwykłym papierze dowolnego gatunku. Jest to bezsprzecznie najnowocześniejsza metoda. Jej rozpowszechnienie jest na razie niewielkie. Posługują się nią duże instytucje naukowe, politechniki itp. Ze względu na trudny dostęp do kserografu metoda ta nie ma na razie dla nas wielkiego znaczenia, chyba że się wkrótce rozpowszechni, jak wiele innych pożytecznych wynalazków.

Sporządzamy rysunek modelu

Po ustaleniu właściwego rozmiaru modelu (patrz rozdz. 5, 6, 7) przystępujemy do wykonania rysunku w wielkości naturalnej. Praca nasza będzie polegała na odpowiednim powiększeniu zasadniczych konturów samolotu i jego elementów przy zachowaniu takich samych proporcji, jak w posiadanej dokumentacji wyjściowej. Możemy ją wykonać różnymi sposobami.

Optyczne i fotooptyczne metody powiększania rysunków. Najpoważniejsze i gwarantujące największą dokładność są metody optyczne. Najprościej byłoby wykorzystać do tego celu epidiaskop, popularny przyrząd służący do wyświetlania obrazów, który powinien znajdować się w każdej szkole. Samo wykonanie zadania nie jest skomplikowane. Wystarczy przypiąć do tablicy lub ściany odpowiedni arkusz białego papieru, zaznaczyć na nim jeden z zasadniczych rozmiarów modelu (np. długość kadłuba, rozpiętość skrzydeł itp.), a następnie ustawić epidiaskop w takiej odległości od papieru — ekranu, aby otrzymać żądany wymiar rzutowanego obrazu. Teraz za pomocą linijki i krzywków obrysowujemy ołówkiem wszystkie potrzebne nam kontury samolotu.

Jeżeli wykonaliśmy poprzednio fotograficzne zdjęcia rysunków samolotu i dysponujemy filmem ne-



3-19. Przykład negatywowej odbitki rysunku

gatywowym, możemy rzutować obraz w podobny sposób przy użyciu powiększalnika. Niektóre epidiaskopy również mają urządzenie do rzutowania z filmów (można również do tego celu wykorzystać najprostszy dziecinny rzutnik do przezroczcy, np. typu BAJKA). Oczywiście, najwygodniej byłoby obejść się bez potrzeby rysowania i wykonać odpowiednią wielkość powiększenia fotograficznego. Jednak ze względu na rozmiar rysunku jest to i trudne, i kosztowne.

Powiększając rysunki przy użyciu epidiaskopu lub rzutnika trzeba pamiętać, że powiększeniu (pogrubieniu) ulegają również linie rysunku oryginalnego i to dość znacznie. Jeżeli na przykład rysunek, z którego dokonujemy powiększenia, wykreślony był liniami grubości 0,5 mm, to przy przeciętnym powiększeniu 10-krotnym otrzymamy linie grubości 5 mm. Trzeba wówczas przyjąć jednolitą metodę obrysowania tych linii, aby nie popełniać przypadkowych błędów. Zasada powinna być taka: linie konturowe obrysowujemy po zewnętrznej krawędzi, zaś przebieg linii wewnątrz konturów staramy się oddać prowadząc ołówek pośrodku linii rzutowanych.

Graficzne metody powiększania rysunków.

Nie zawsze mamy możliwość skorzystania z epidiaskopu czy wykonania fotograficznych powiększeń rysunku. Musimy wówczas graficznie powiększyć rysunek, czyli innymi słowami przerysować go w większym rozmiarze. Do wykonania tej pracy niezbędne są niezbyt skomplikowane, ale odpowiednio dokładne przyrządy kreślarskie, a przede wszystkim dobra deska kreślarska formatu co najmniej B1 (1000×700 mm) o gładkich, niewyszczerbionych krawędziach, przykładnica duża i solidna, ekierki, bardzo dokładna linijka pomiarowa (pożądana podziałka co 0,5 mm), cyrkiel zwykły i przenośnik, krzywki (można wykonać samemu) oraz długa elastyczna listwa o wymiarach 5×20×1200 mm bardzo pożyteczna przy rysowaniu długich łagodnych krzywizn, na przykład obrysów kadłuba. Rysować możemy ołówkami HB i H na białym brystolu lub ołówkami 2H i 4H na kalce technicznej. Ten ostatni sposób jest o tyle lepszy, że daje możliwość wielokrotnego wycierania lub wydrapywania rysunku, czego na papierze zbyt często nie można robić.

Przed przystąpieniem do rysowania powinniśmy wiedzieć, ile razy rysunek wyjściowy (z dokumentacji) musi być powiększony, aby otrzymać model o właściwych rozmiarach. (Właściwy rozmiar, rozpiętość, powierzchnię skrzydła, dobieramy w zależności od przeznaczenia modelu i silnika napędowego, według wskazówek dalszych rozdziałów.)

Jeśli znana jest rozpiętość, jaką ma mieć przyszły model, współczynnik powiększenia (liniowego) ustalamy bezpośrednio, dzieląc ustaloną rozpiętość modelu przez analogiczny wymiar na planie samolotu.

Gdy wiemy, jaką powierzchnię (skrzydła) powinien mieć nasz model, ustalamy najpierw, ile razy powierzchnia skrzydła modelu jest większa od powierzchni skrzydła samolotu, obliczonej z posiadanej dokumentacji (ustalamy współczynnik powiększenia powierzchni, a następnie obliczamy

współczynnik powiększenia liniowego, wyciągając pierwiastek z wyznaczonego poprzednio stosunku powierzchni (powierzchnia jest proporcjonalna do kwadratu wymiarów liniowych lub odwrotnie, wymiar liniowy jest proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z powierzchni). Na przykład jeżeli obliczyliśmy, że powierzchnia obliczona z dokumentacji musi być powiększona 100 razy, oznacza to, że każdy wymiar liniowy na tym rysunku powinien być powiększony 10-krotnie. Bezpośrednie przejście z współczynnika „powierzchniowego” na „liniowy”, bez potrzeby wyciągania pierwiastków, umożliwi nam skala przeliczeniowa, (rysunek 3-20).



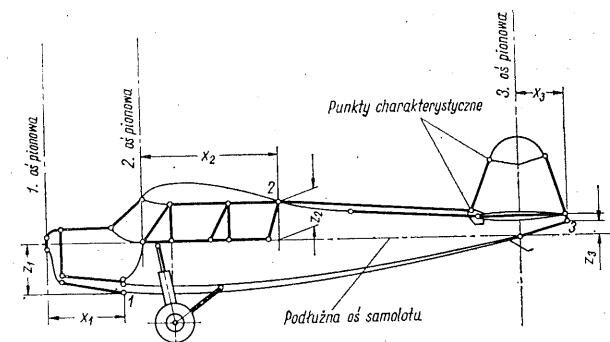
3-20. Przeliczeniowa skala współczynników liniowych i powierzchniowych

Ustalając współczynnik powiększenia liniowego należy dążyć do tego, aby była to w miarę możliwa liczba całkowita. Ułatwi to nam później pracę przy powiększaniu rysunku. Istnieje wiele metod graficznego powiększania rysunków — najwłaściwsza dla naszych celów jest metoda współrzędnych. Polega ona na określeniu charakterystycznych punktów obrys samolotu na planie, którym dysponujemy, wyznaczeniu współrzędnych (odległości) tych punktów od odpowiednich osi samolotu, powiększeniu tych wymiarów i przeniesieniu na rysunek modelu. Praca musi być wykonana systematycznie i bardzo dokładnie. Najlepiej podzielić ją na kilka etapów. Rozpoczynamy od wyznaczenia charakterystycznych osi samolotu. Najbardziej charakterystycznymi osiami samolotu są jego osie symetrii. Wyznaczenie tych osi dla rzutu poziomego oraz dla widoku z przodu lub z tyłu nie nastręcza żadnych trudności, są to bowiem linie symetralne dzielące obrys na dwie jednakowe połowki. Więcej kłopotu może sprawić wyznaczenie osi dla bocznej rzutu kadłuba, jeśli nie została ona wyraźnie zaznaczona na planie samolotu. Oś ta powinna przebiegać poprzez kadłub, poczynając od punktu przecięcia się osi śmigła z przednią krawędzią kadłuba, mniej więcej równoległe do planowanego położenia samolotu w locie, przeważnie równoległe do cięciwy statecznika poziomego. Dla kadłubów bez silnika lub z silnikiem ukrytym wewnątrz (odrzutowce) oś kadłuba należy wyprowadzić z początkowego punktu czołowej krzywizny kadłuba lub jako symetralną czołowego chwytu powietrza. Przystępujemy teraz do określenia charakterystycznych punktów obrys samolotu. Ten etap pracy wyjaśnimy za pomocą rysunków 3-21. Pokazano na nim charakterystyczne punkty obrys kadłuba RWD-5. Nietrudno zauważyć, że punkty te wyznaczają również odcinki linii prostych (grubiej zaznaczone), które w przeważającej części tworzą szkielec obrys kadłuba. Na rysunku pokazano również, dla trzech punktów przykładowych, w jaki sposób odmierza się współrzędne. Współrzędne poziome x_1 , x_2 , x_3 itp. odmierzamy wzdłuż podłużnej osi

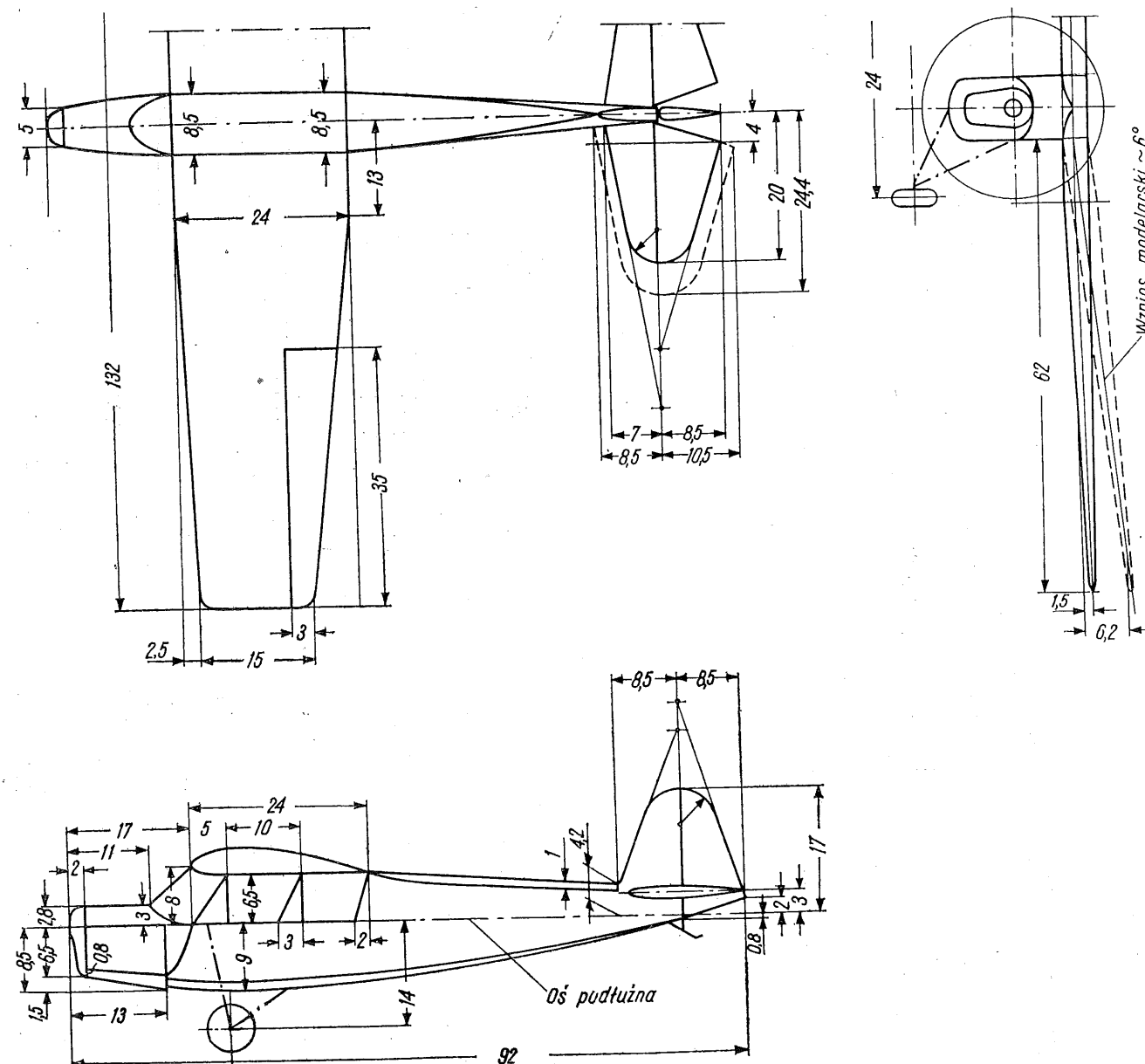
kadłuba, poczynając od pomocniczych osi pionowych. Współrzędne pionowe z_1 , z_2 , z_3 itp. odmierzamy w górę i w dół od osi podłużnej.

Podobnie postępujemy przy określaniu charakterystycznych punktów i wymiarów innych elementów samolotu, posługując się jego pozostałymi rzutami. Większość najważniejszych wymiarów (współrzędnych), które należy zmierzyć na planie samolotu, aby odtworzyć jego sylwetkę, w powiększeniu zaznaczono na rysunku 3-22, który przedstawia szkic wymiarowy samolotu RWD-5 w trzech rzutach.

Współrzędne trzeba odmierzać ze szczególną dokładnością, rysunki bowiem, którymi zazwyczaj można dysponować, są na ogół niewielkie i o pomyłkę nietrudno. Do zdejmowania wymiarów z rysunków najlepiej posługiwać się przenośnikiem o dwóch ostrzach, a następnie odmierzać wymiar przy użyciu suwmiarki lub bardzo dokładnej linijki. Trzeba pamiętać, że po powiększeniu wymiarów pomyłki również wzrosną.



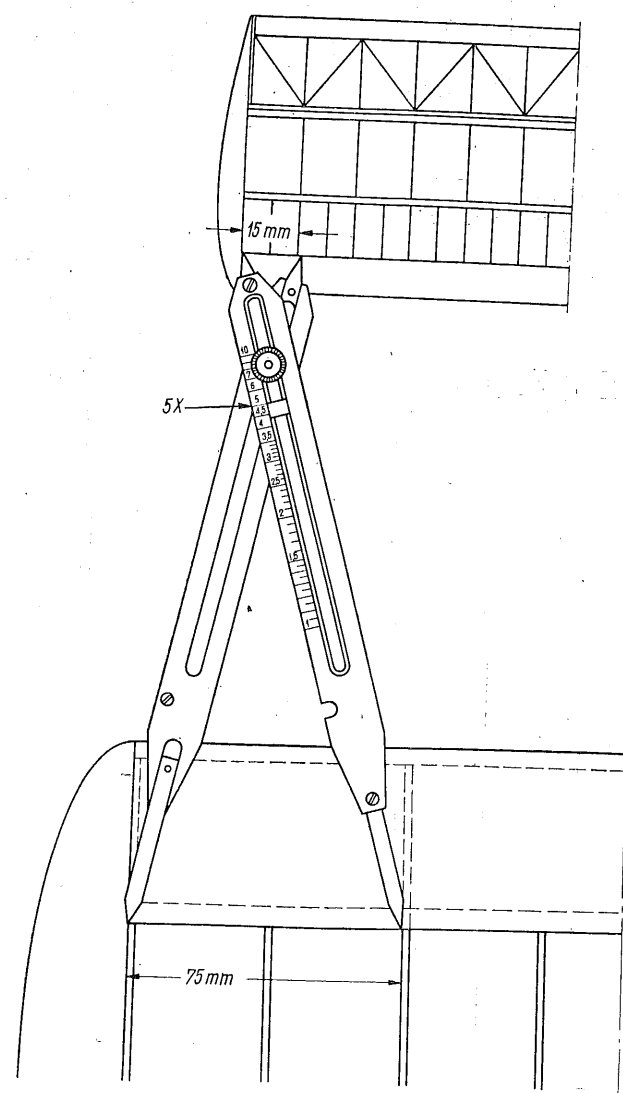
3-21. Charakterystyczne punkty obrys samolotu i ich współrzędne



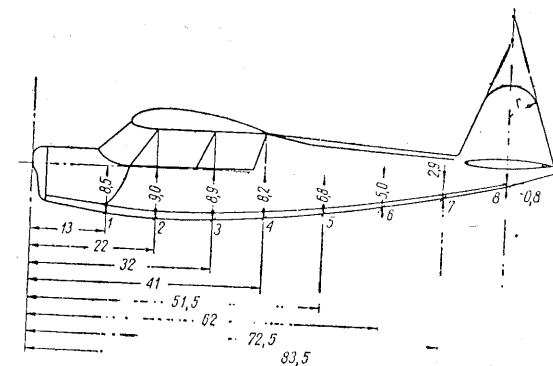
3-22. Najważniejsze wymiary samolotu, niezbędne do rysowania planu

Pomierzone na planie samolotu współrzędne należy odpowiednio powiększyć, mnożąc je przez uprzednio wyznaczony współczynnik, a następnie przenieść na rysunek modelu. Możemy sobie zaoszczędzić mnożenia przez użycie specjalnego przenośnika, tzw. cyrkla redukcyjnego (rys. 3-23). Zasada użycia tego przyrządu jest bardzo prosta. Polega ona na zmierzeniu żądanego wymiaru na planie samolotu rozwartością jednej strony cyrkla i odtworzeniu automatycznie powiększonego wymiaru drugą stroną cyrkla. Przełożenie, czyli stopień powiększenia, może być regulowane, w sposób ciągły od 1 do 10. Jedyne ograniczenie tkwi w tym, że przy powiększeniu 10-krotnym największy wymiar, jaki może być zmierzony z wystarczającą dokładnością, nie może przekraczać 25 mm. Przyrząd ten nadaje się więc przede wszystkim do powiększenia niewielkich wymiarów. Wyznaczone punkty łączymy liniami ciągłymi, odtwarzając w ten sposób te partie obrysu, które składały się z prostych odcinków.

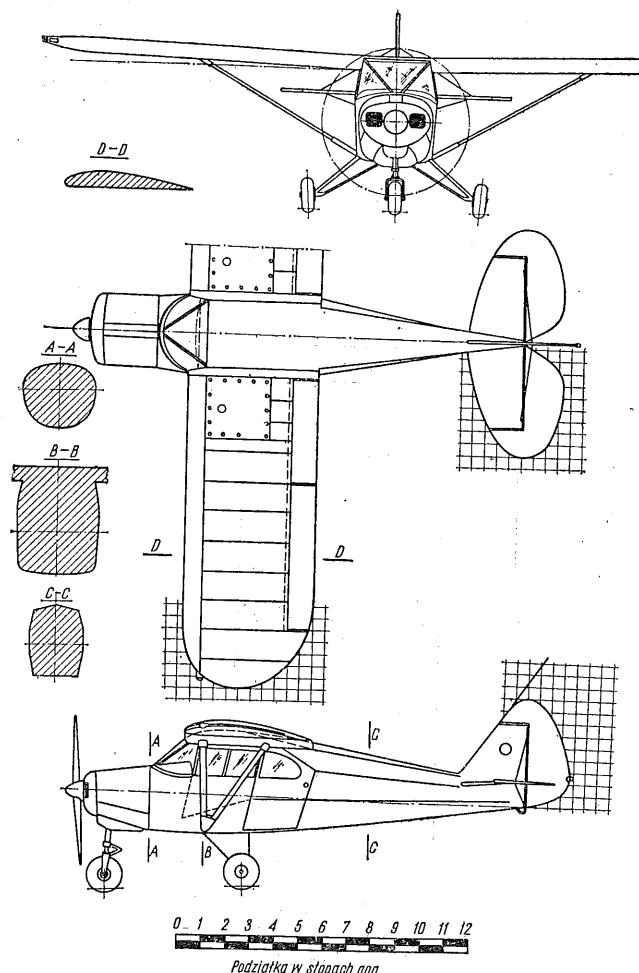
Teraz należy odtworzyć krzywizny. Krzywizny będące odcinkami linii kołowych odtwarzamy za pomocą cyrkla, powiększając odpowiednio ich promień lub wpisując odpowiednie łuki pomiędzy narysowane linie proste (rys. 3-24).



3-23. Zasada użycia tzw. cyrkla redukcyjnego



3-24. Sposób przeniesienia kształtu linii krzywej przy pomocy współrzędnych



3-25. Sposób przeniesienia kształtu linii krzywych za pomocą siatki kwadratowej

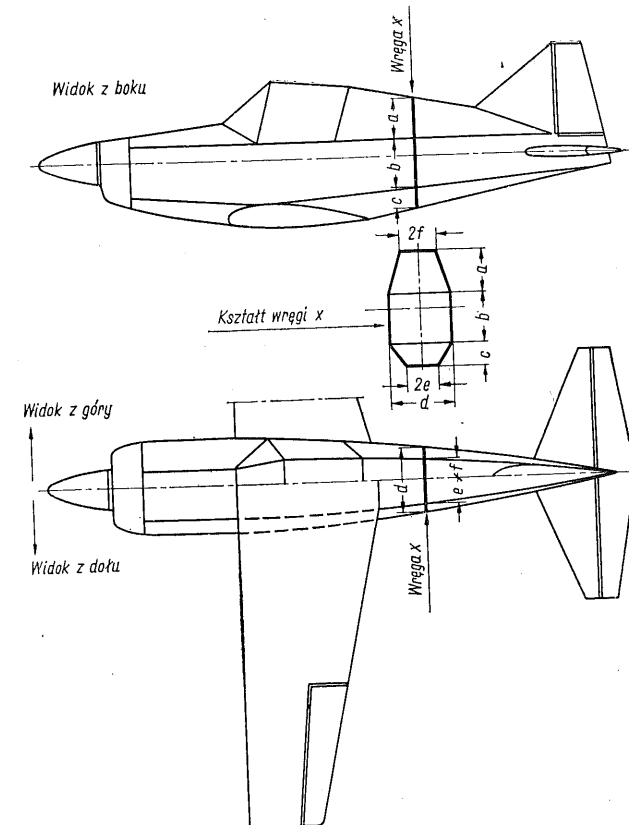
Niewielkie nieregularne krzywizny (przejścia linii, zaokrąglenia itp.) odwzorowujemy przy użyciu krzywków lub „od ręki”, kontrolując wzrokowo, czy kształt krzywizny jest prawidłowy.

Dłuższe krzywizny możemy odtworzyć, przenosząc na rysunek modelarski kilka punktów składających się na tę krzywiznę, za pomocą metody współrzędnych. Zasada wyjaśniona jest na rysunku 3-24. Pokazany jest na nim również prawidłowy sposób odmierzania współrzędnych. Do prawidłowego przeniesienia kształtu linii krzywej potrzebne są najmniej cztery punkty na niej leżące. Im więcej tych punktów przeniesiemy, tym dokładniej odtworzymy krzywiznę. Wyznaczone punkty łączymy

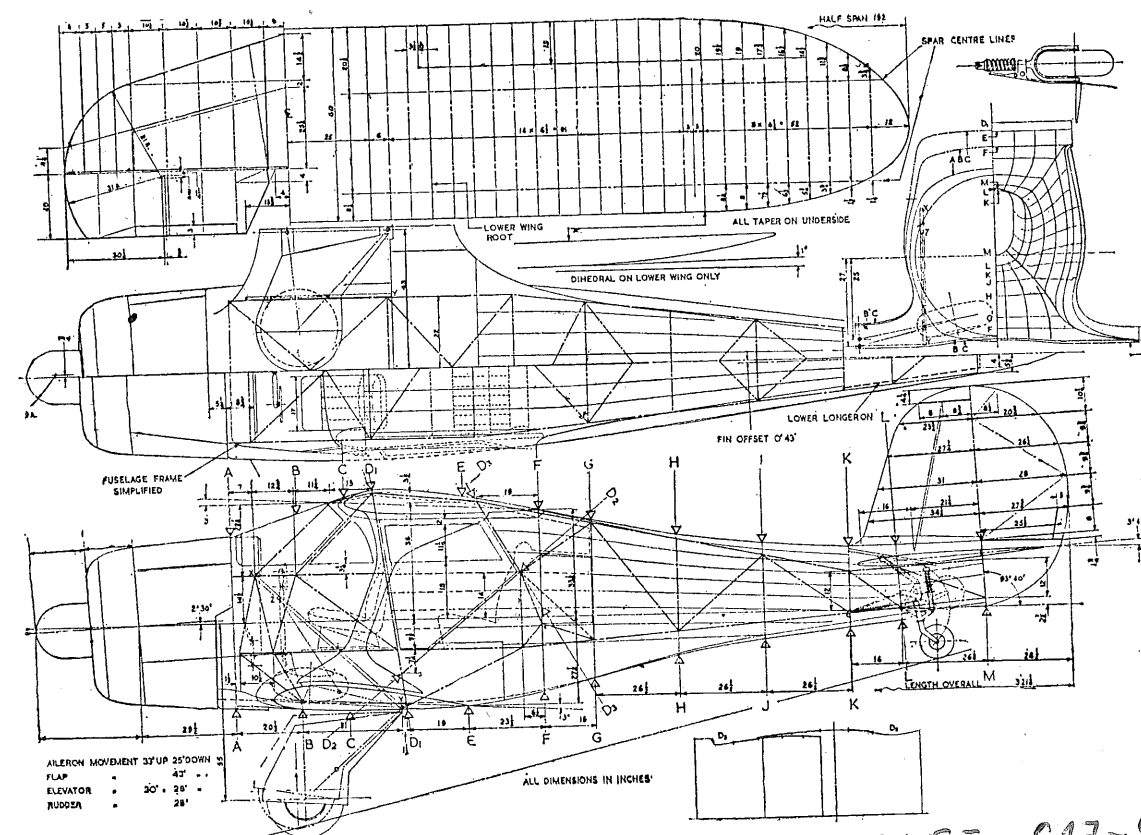
my ciągłą linią, używając elastycznej listwy zamiast krzywika.

Niezbyt rozwlekłe, zdecydowane krzywizny, takie jak na przykład obrysy stateczników, obrysy zakończenia skrzydeł itp., wygodnie można powiększyć przy zastosowaniu siatki kwadratowej. Zasadę tej prostej i znanej prawie wszystkim modelarzom metody wyjaśnia rysunek 3-25 na przykładzie samolotu PIPER TRI-PACER. Polega ona na tym, że na obrys, który chcemy powiększyć, nanosimy siatkę kwadratową o odpowiednio gęstych oczkach. Możemy również użyć do tego celu milimetrowej siatki na kalce. Następnie na rysunku modelarskim rysujemy siatkę o odpowiednio powiększonych oczkach i nanosimy na nią przebieg krzywizny. Wiele trudności wiąże się również z ustalaniem przekrojów kadłuba. Bardzo często zdarza się bowiem, że na planie samolotu podane są tylko dwa lub trzy zasadnicze przekroje, a brak jest pośrednich. Jeżeli przekrój kadłuba ma określony kształt geometryczny (prostokąt, koło, elipsa), narysowanie pośrednich przekrojów nie nastręcza żadnych kłopotów.

W przypadku gdy kadłub ma przekrój wielokątny, a przebieg podłużnic zaznaczony jest na planie samolotu, można łatwo wyznaczyć dowolny przekrój posługując się współrzędnymi naroży wielokąta, tak jak to jest pokazane na rysunku 3-26. Jeżeli przekroje kadłuba mają kształt bardziej skomplikowany i znacznie różnią się między sobą, można pośrednie przekroje wyznaczyć metodą interpolacji, rysując szereg krzywych pomiędzy dwoma skrajnymi, które stanowią zarys znanych przekrojów zasadniczych. Metoda ta daje dobre rezultaty jedynie wówczas, gdy obrys kadłuba



3-26. Zasada wykreślania węg wielokątnych



3-27. Konstrukcyjny rysunek geometrycznej struktury samolotu

zarówno w widoku z góry, jak i rzucie bocznym utworzony jest z linii prostych.

Najdokładniejszy i najwierniejszy rysunek modelu można wykonać na podstawie fabrycznej dokumentacji. Oryginalne rysunki geometrii niektórych samolotów są niekiedy udostępniane szerszemu ogółowi za pośrednictwem fachowych czasopism. Akcję taką podjął swego czasu amerykański miesięcznik Model Airplane News, publikując arcydokładne plany wielu historycznych maszyn. Dla przykładu reprodukuje (rys. 3-27) podobny rysunek dotyczący dwupłatowego samolotu sportowego BEECHCRAFT G17-S, na którym uwidocznione są w formie linii strukturalnych wszystkie zasadnicze elementy konstrukcyjne samolotu. Przy okazji możemy zapoznać się z charakterystycznym dla krajów anglosaskich sposobem wymiarowania. Wymiary podane są w calach angielskich, należy je przeliczyć na metryczne. Przeliczyć należy również podane na rysunku ułamkowe części cala.

Korzystając z dokumentacji pochodzenia anglosaskiego należy pamiętać, że:

- wymiary liniowe podawane są zazwyczaj w calach angielskich lub stopach, przy czym:
1 cal (1 inch, 1 in., 1^{''}) = 25,4 mm;
1 stopa (1 foot, 1 ft., 1[']) = 12 cali = 304,8 mm;
- wymiary powierzchni w calach kwadratowych lub stopach kwadratowych:
1 cal kwadratowy (1 square inch, 1 sq.in.) = 6,45 cm²;
1 stopa kwadratowa (1 square foot, 1 sq.ft.) = 9,29 dm²;
- ciężary natomiast podawane są w funtach angielskich lub w uncjach:
1 funt (1 pound, 1 lb.) = 16 uncji = 453,6 G;
1 uncja (1 ounce, 1 oz.) = 28,34 G;
- obciążenie powierzchni nośnej dla modelu podawane jest najczęściej w uncjach na stopę kwadratową „Ounce per square foot” — jednostka ta odpowiada 3,05 G/dm².

4

Zasadnicze rozwiązania konstrukcyjne

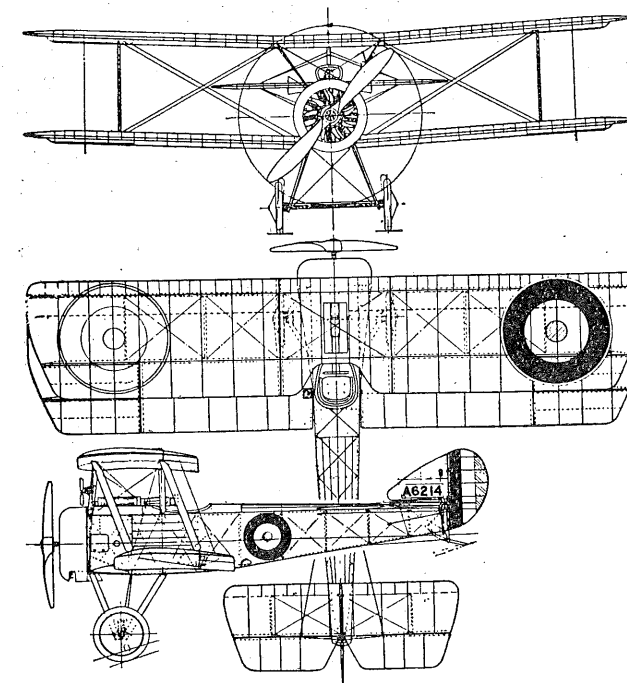
Rodzaje konstrukcji miniaturowych

Głównym zadaniem konstrukcji miniaturowego samolotu jest nadanie mu takiego wyglądu, aby podobieństwo do oryginału było jak największe. Oprócz tego konstrukcja musi być odpowiednio wytrzymała i lekka oraz musi umożliwiać pomieszczenie i zamocowanie mechanizmów (aparatury) sterujących czynnościami pilotażowymi i ewentualnie pomocniczymi.

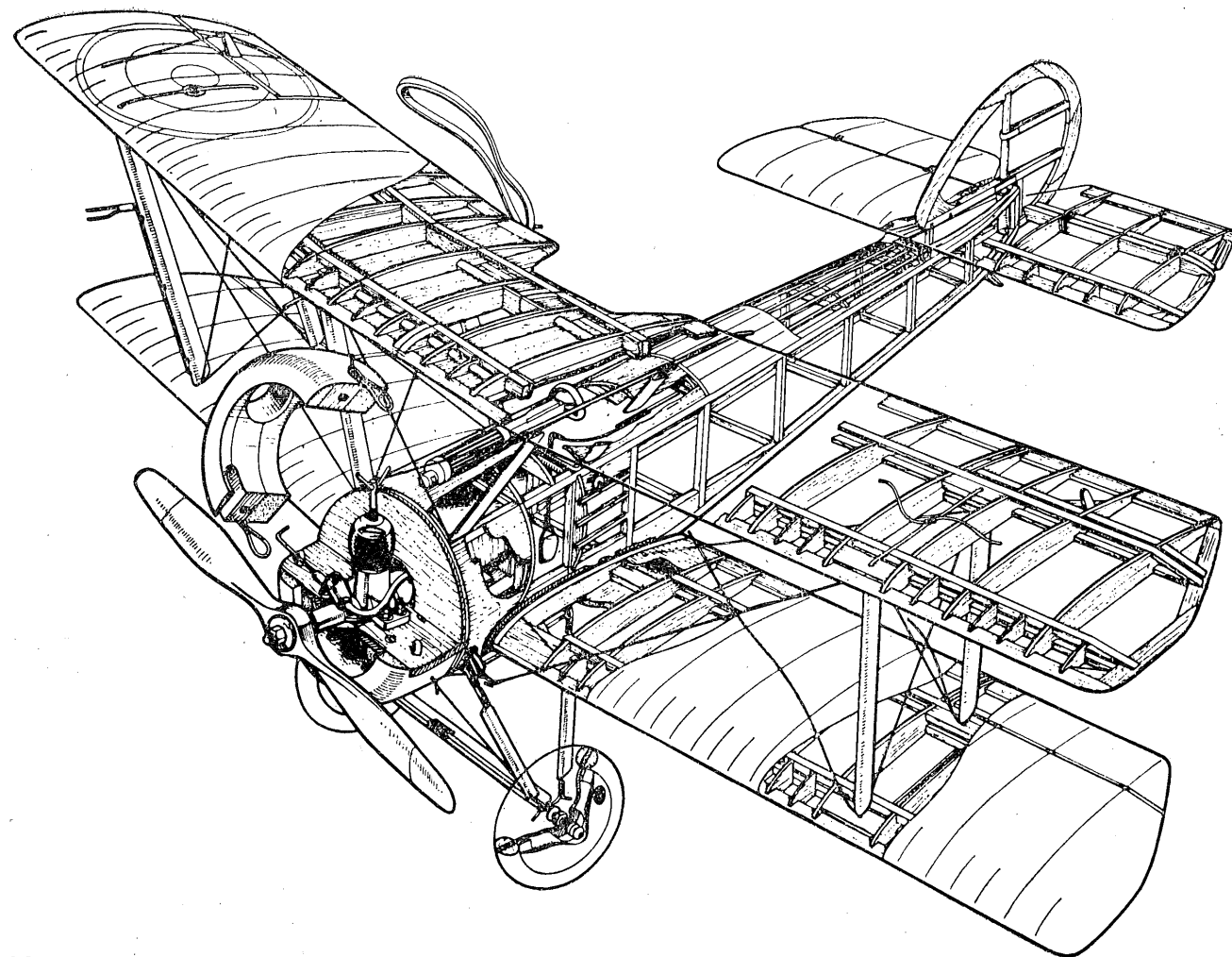
Cele te mogłyby być na pewno osiągnięte przez zastosowanie konstrukcji takiej samej jak w samolocie. Niestety, jest to przedsięwzięcie zbyt trudne i takie wierne miniatury konstrukcyjne spotyka się bardzo rzadko — głównie jako modele tych samolotów, których konstrukcja była widoczna z zewnątrz (stare samoloty historyczne). Zresztą ani z praktycznego, ani z technicznego punktu widzenia wierne naśladownictwo nie jest potrzebne. Konstrukcja miniaturowa może i powinna być, oczywiście, wzorowana na konstrukcji samolotu, jednak stopień tego podobieństwa powinien być rozsądnie dobrany do możliwości materiałowych i wykonawczych. Usiłowania takie zauważymy porównując plan samolotu SOPWITH PUP z perspektywnym rysunkiem konstrukcji modelu swobodnie latającego napędzanego silnikiem o pojemności 0,5 cm³ (rys. 4-1 i 4-2). Wszystkie widoczne na planie samolotu elementy konstrukcyjne (liczba i ustawienie żeber, dźwigarów, podłużnic i rozpórek) zostały odtworzone w miniaturze znacznie prostszymi metodami. W rezultacie zasadniczy efekt w postaci maksymalnego podobieństwa pomiędzy modelem i samolotem został osiągnięty. O wyglądzie samolotu decyduje bowiem przede wszystkim wygląd zewnętrznego pokrycia oraz sposób jego wykończenia. Miniaturowe konstrukcje również można rozpatrywać pod tym kątem.

Podzielimy je na trzy zasadnicze grupy: o elastycznym pokryciu, o pokryciu sztywnym i konstrukcje mieszane.

●Konstrukcja o elastycznym pokryciu (papier, tkanina). Konstrukcję tego rodzaju będziemy stosowali do miniatur wszystkich samolotów lub ich części o pokryciu płóciennym. W opisie samolotu czytamy: „Kadłub spawany z rur stalowych — kryty płótnem, skrzydła i usterzenie konstrukcji metalowej również kryte płótnem”. W modelarskim brzmieniu będzie to wyglądało w ten sposób: „Kadłub rozpórkowo-wręgowy, skrzydła i uster-



4-1. Plan samolotu SOPWITH PUP



4-2. Konstrukcja modelu latającego samolotu SOPWITH PUP

zenie drewniane konstrukcji klasycznej. Pokrycie papierem japońskim". Konstrukcje o elastycznym pokryciu, składające się z wręg, żeber, podłużnic i rozpórek, będziemy nazywali klasycznymi. Nadają się one doskonale do wykonania z krajowych materiałów, takich jak sosna i sklejka.

●Konstrukcję o pokryciu sztywnym (balsa, fornir, karton itp.) będziemy stosowali do miniatur tych samolotów lub ich elementów, które mają pokrycie metalowe lub sklejkowe. Konstrukcje tego typu o całkowicie sztywnym pokryciu, których charakterystyczną cechą jest to, że pokrycie jest elementem nośnym i odgrywa dużą rolę w wytrzymałości konstrukcji, będziemy nazywali skorupowymi. Konstrukcje skorupowe szczególnie dobrze nadają się do wykonania z balsy. Trudniej jest natomiast uzyskać odpowiednio lekką konstrukcję skorupową przy zastosowaniu materiałów krajowych. Czasami jest to wręcz niemożliwe.

●Konstrukcja mieszana, mająca pokrycie sztywne i elastyczne, jest bardzo często stosowana w rozwiązaniach modeli samolotów. Większość samolotów (zwłaszcza sportowych) ma taką konstrukcję. Konstrukcja mieszana przeważnie opiera się na konstrukcji klasycznej, która ma twarde wypełnienie lub częściowo twarde pokrycie.

Poniżej omówimy najczęściej stosowane rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych zespołów i elementów modeli samolotów.

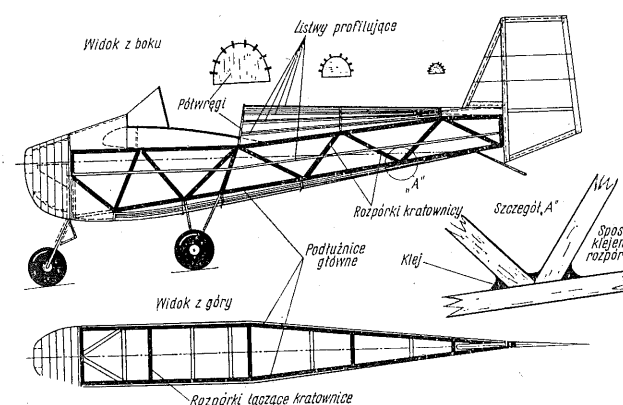
Konstrukcja kadłuba

Prawidłowe odwzorowanie kadłuba w miniaturowym samolocie zależy przede wszystkim od tego, jaką zastosujemy konstrukcję. Mamy tu do dyspozycji cały wachlarz rozwiązań konstrukcyjnych w mniejszym lub większym stopniu podobnych do tych, jakie stosuje się przy budowie prawdziwych samolotów. Opiszemy kilka podstawowych, sprawdzonych konstrukcji, różniących się stopniem trudności wykonania, rodzajem materiałów oraz sposobem (technologią) budowy. Przy zastosowaniu tych rozwiązań — bądź w czystej formie, bądź łączonych ze sobą — można wykonać odpowiedni kadłub każdego miniaturowego samolotu.

Najprostszą konstrukcję mają kadłuby o przekroju prostokątnym lub podobnym. Kadłuby takie stosowane były przeważnie w samolotach z czasów I wojny światowej lub w niektórych dawnych samolotach sportowych. Odtworzyć taki kadłub w miniaturze można najłatwiej przez zastosowanie konstrukcji kratownicowo-rozpórkowej. Konstrukcja kratownicowo-rozpórkowa składa się z dwóch płaskich kratownic, nadających kadłubowi właściwy obrys boczny, połączonych u góry i dołu za pomocą odpowiednio przyciętych listewek, tak zwanych rozpórek. W małych i lekkich modelach

wystarczy zastosowanie prostokątnego układu rozpórek (rys. 4-3), klejonych do podłużnic kratownicy bezpośrednio — na styk. Większe kadłuby wymagają stosowania trójkątnego układu rozpórek oraz wzmocnienia połączeń za pomocą sklejkowych nakładek, podobnie jak to się stosuje w konstrukcjach lotniczych.

Bardzo często zdarza się, że kadłuby samolotów mają przekrój prostokątny zaokrąglony u góry i u dołu. Na rysunku 4-3 pokazano, jak uzyskuje się tego rodzaju zaokrąglenia przez zastosowanie półwręg oprofilowanych listwami pomocniczymi.



4-3. Drewniany, kratownicowy kadłub samolotu sportowego

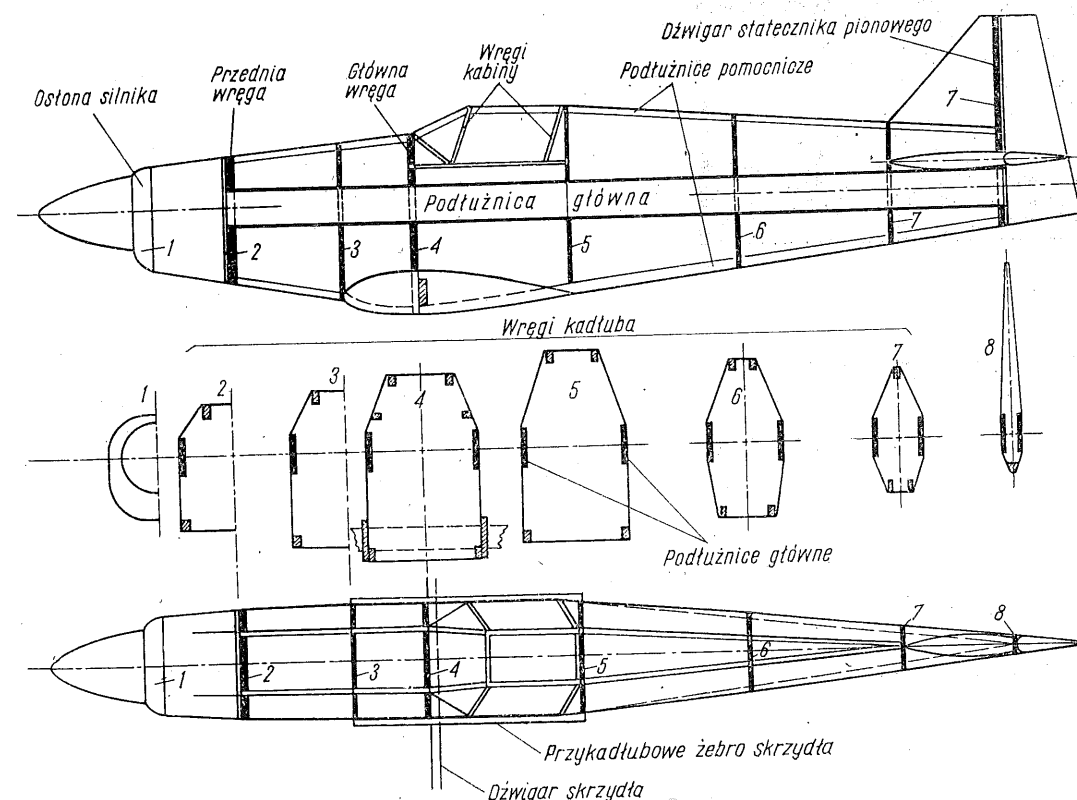
Zastosowanie półwręg jest bardzo ekonomiczne w konstrukcji kratownicowej. Warto zwrócić uwagę na sposób umieszczenia podłużnic; powinny one nieco wystawać, aby po oklejeniu pokrycie nie opierało się o wręgi i nie zapadało się.

Wręgową konstrukcję stosujemy do kadłubów o bardziej skomplikowanym przekroju. Na rysunku 4-4 przedstawiono całkowicie wręgowy ka-

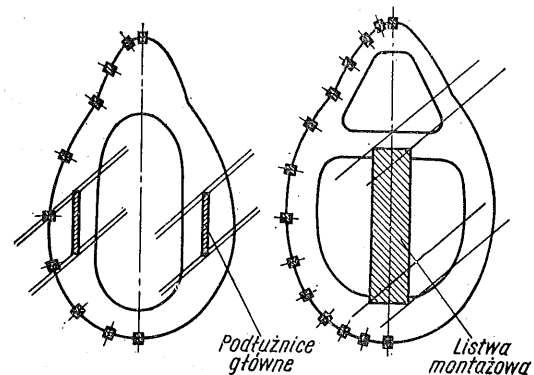
dłub miniaturowego samolotu. Nowym elementem są tutaj dwie proste szerokie listwy biegnące wzdłuż całego kadłuba, tzw. podłużnice główne. Umożliwiają one prawidłowe zmontowanie kadłuba i zapobiegają zniekształceniom obrysu bocznego. Pozostałe podłużnice mają charakter pomocniczy. Projektując kadłub wręgowy należy pamiętać, żeby główne podłużnice przebiegały jako linia prosta, płaską stroną równoległą do pionowej płaszczyzny kadłuba.

Czasami zdarza się, że chcemy zbudować kadłub eliptyczny, a nie mamy balsy na wykonanie sztywnego pokrycia. W takim przypadku wielopodłużnicowa konstrukcja wręgową będzie częściowym rozwiązaniem sytuacji. Podłużnice główne nie muszą być wtedy umieszczone w zewnętrznym obrysie; mogą być ukryte wewnątrz kadłuba — jak na rysunku 4-5. Można również zmontować kadłub na odpowiednim szablonie (desce, kołku) przetkniętym przez wszystkie wręgi. Po wklejeniu podłużnic i zmontowaniu całego kadłuba musi istnieć możliwość wyjęcia szablonu. Zastosowanie szablonu pozwala uniknąć ciężkich głównych podłużnic, które przy dużej liczbie listew profilujących nie są już potrzebne ze względów wytrzymałościowych. Fotografia na rysunku 4-6 przedstawia model samolotu P-24, którego kadłub został wykonany metodą wielopodłużnicową.

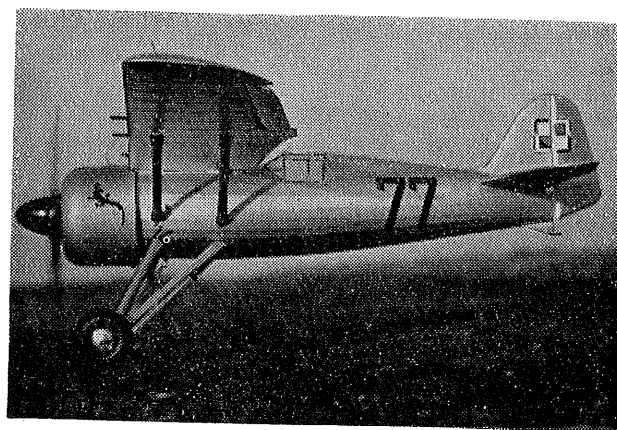
Samolotowe kadłuby pokryte płótnem mają główne linie załamań na podłużnicach. Projektując model należy pamiętać, aby liczba i ustawienie podłużnic, na których pokrycie się załamuje, były takie same jak w samolocie. Pokrycie płócienne rzadko kiedy opiera się na wręgach — dlatego wręgi powinny być nieco mniejsze, a podłużnice powinny lekko wystawać, aby wręgi nie odznaczały się przez pokrycie. Konstrukcja wręgową bardzo rzadko występuje w tak zwanej „czystej” formie. Naj-



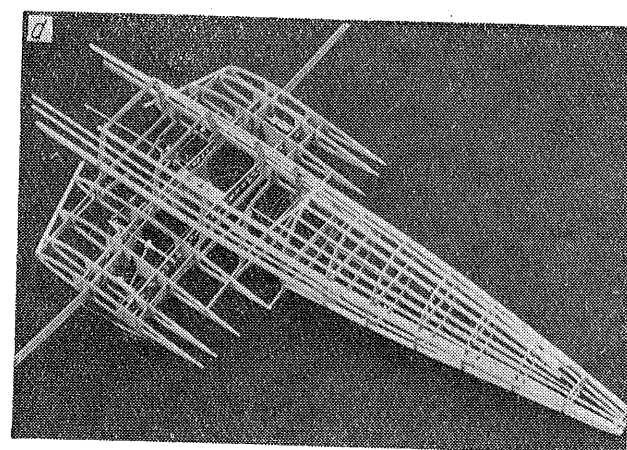
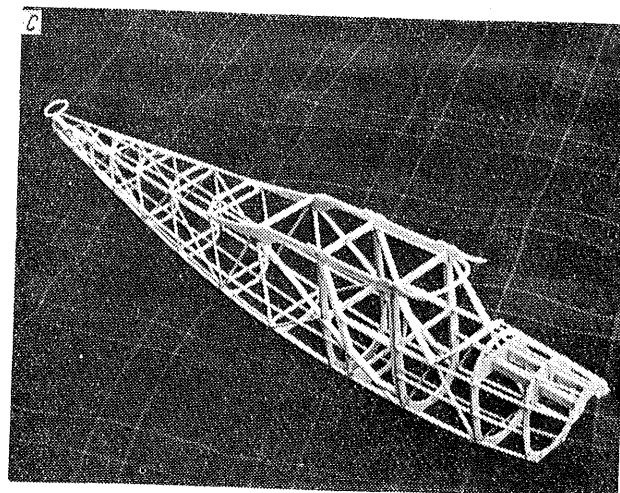
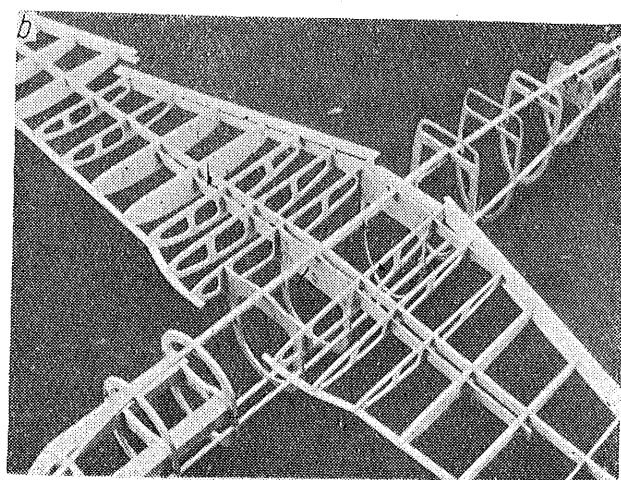
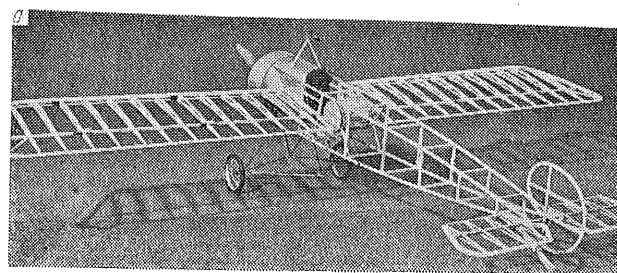
4-4. Kadłub konstrukcji całkowicie wręgowej



4-5. Konstrukcja wielopodłużnicowa

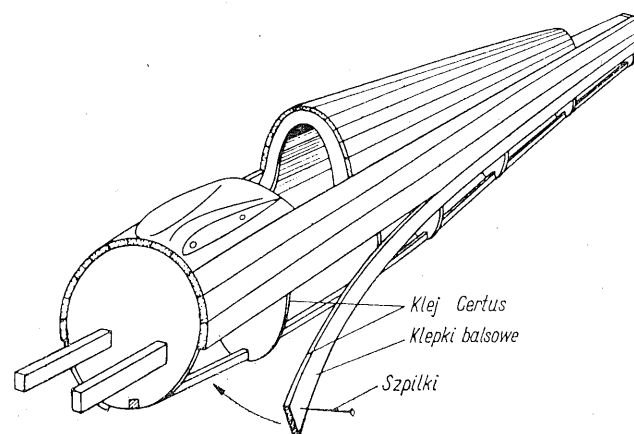


4-6. Model samolotu PZL-P24 wykonany metodą wielopodłużnicową (foto autora)



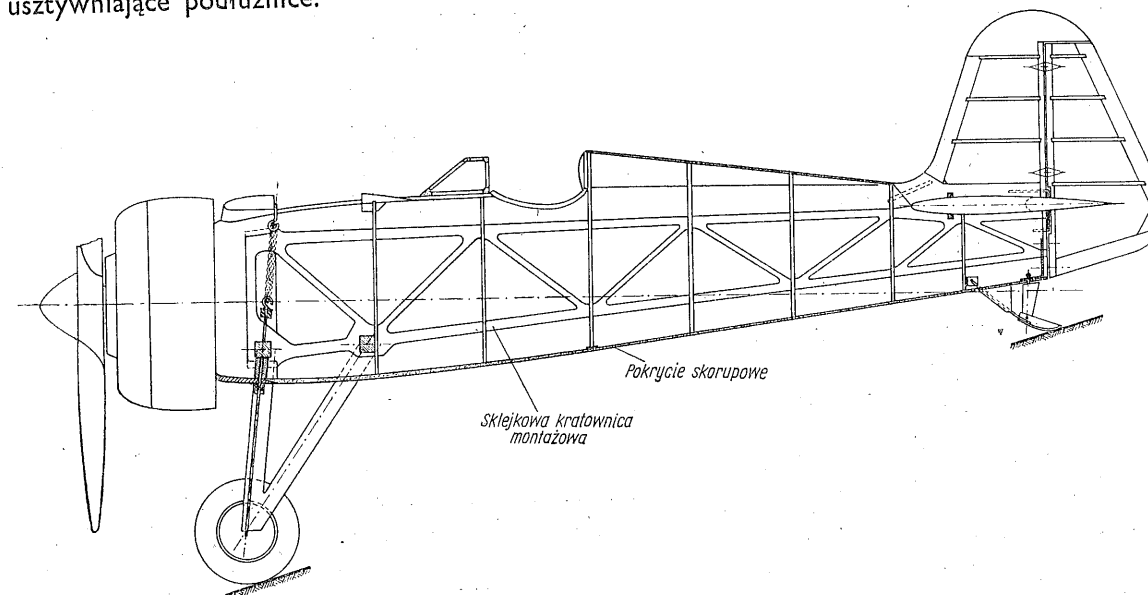
4-7. Przykłady rozmaitych metod konstrukcyjnych stosowanych w budowie kadłubów
a — konstrukcja rozpórkowa, b — wręgowa, c — wręgowa-rozpórkowa, d — wręgowa wielopodłużnicowa (b, c, d) (foto autora)

częściej spotyka się kadłuby o konstrukcji wręgowej w przedniej części, a kratownicowej (ewentualnie z dostawionymi półwręgami) w części tylnej (rys. 4-7). Dzięki temu uzyskuje się mniejszy ciężar tylnej części kadłuba, co wpływa korzystnie na stateczność i wyważenie modelu.



4-8. Skorupowa konstrukcja kadłuba

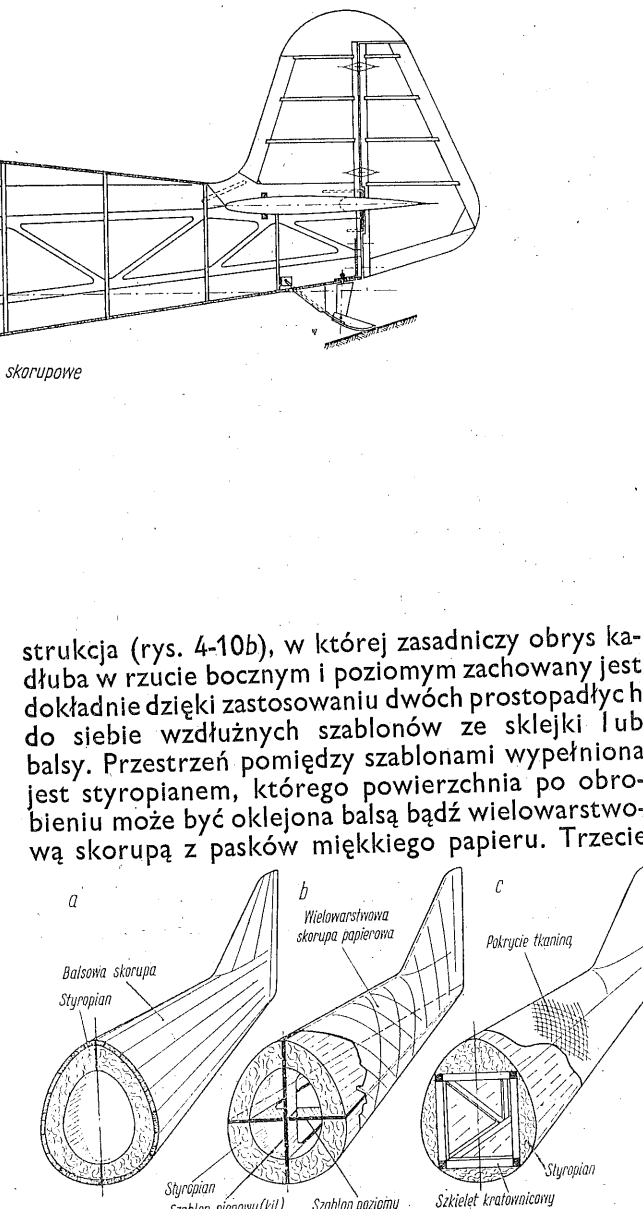
Skorupową konstrukcję kadłuba stosuje się tam, gdzie jest wymagana gładka i sztywna powierzchnia. Większość dzisiejszych samolotów, również sportowych, ma metalowe, gładkie pokrycie. Najprostszą metodą uzyskania podobnego efektu w rozwiązaniu miniaturowym jest pokrycie wręgowego kadłuba balsą. Najbardziej popularna jest metoda tzw. klepkowa. Zasadę wyjaśnia rysunek 4-8. Wręgowy prosty szkielet zaprojektowany przy użyciu jak najmniejszej liczby wręg i podłużnic pokrywa się listewkami balsowymi o grubości 1,5÷3 mm (zależnie od rozmiaru modelu), klejąc je do siebie na styk, jak klepki na beczce. Listewki klei się klejem kazeinowym i przytwierdza do wręg szpileczkami. Po wyschnięciu szpilki usuwa się, a całość wygładza się papierem ściernym, szpachluje i maluje. W ten sposób pokryty kadłub jest bardzo sztywny i lekki. Szkielet wręgowy może być wykonany ze sklejki lub z balsy. Jeśli da się wygospodarować na boku kadłuba odcinek płaskiej powierzchni, miejsce to pokrywa się szerokimi pasami balsy biegnącymi wzdłuż kadłuba, wykorzystując je jako główne usztywniające podłużnice.



4-9. Kadłub skorupowy z kratownicą wewnętrzną

Do usztywnienia wręgowego szkieletu pod pokryciem można również wykorzystać element kratownicowy biegnący wewnątrz kadłuba, tak jak to zostało zrobione w kadłubie modelu myśliwca P11, którego konstrukcja pokazana jest na rysunku 4-9. W rozwiązaniu tym kratownica została wykonana z cienkiej sklejki. Trzy pierwsze wręgi są sklejkowe, trzy następne balsowe, a ostatnie, wzmacniające zamocowanie stateczników, znów sklejkowe. Całość pokryta jest balsą o grubości 1,5 mm. Konstrukcja tego modelu była wzorowana na konstrukcji kadłuba samolotu oryginalnego. Gdy obrysem kadłuba zarówno z boku, jak i z góry są linie proste, można zastąpić balsę fornirem, kartonem lub cienką sklejką. Oklejanie kadłuba kawałkami od wręgi do wręgi, np. kartonem, nie wygląda dobrze. Ponadto cienkie pokrycie, mimo że jest sztywne, zawsze się nieco zapada i fałduje, a szpachlować grubo nie można, bo powstają rysy i pęknięcia. Chociaż balsa jest doskonałym materiałem na wszelkiego rodzaju „skorupę”, coraz częściej wypierają

ją inne, bardziej nowoczesne metody konstrukcyjne, uwzględniające użycie tworzyw sztucznych. Wiele ciekawych możliwości stwarzają tworzywa piankowe, a przede wszystkim powszechnie znany piankowy polistyren, tzw. styropian (lub styropor). Styropian, dostępny w handlu w postaci bloków i płyt o różnym ciężarze właściwym, jest materiałem o bardzo niewielkiej wytrzymałości. Z tego powodu jako bezpośredni materiał konstrukcyjny na ogół nie ma zastosowania. Stosuje się go natomiast bądź jako wypełniacz, bądź do oprofilowania zasadniczej konstrukcji kadłuba. Trzy najczęściej spotykane możliwości wykorzystania styropianu pokazane są na rysunku 4-10. W pierwszym rozwiązaniu (rys. 4-10a) styropianowy rdzeń kadłuba pokryty został klepkową skorupą z miękkiej balsy. Styropian pełni rolę wypełniacza i wobec dużej sztywności skorupy konstrukcja wewnętrzna jest niepotrzebna. Skorupa balsowa jest łatwa do obróbki, a jedyną trudność przy budowie kadłuba tego typu może nastręczyć konieczność dokładnego zachowania kształtów miękkiego rdzenia. Wady tej nie ma już druga kon-



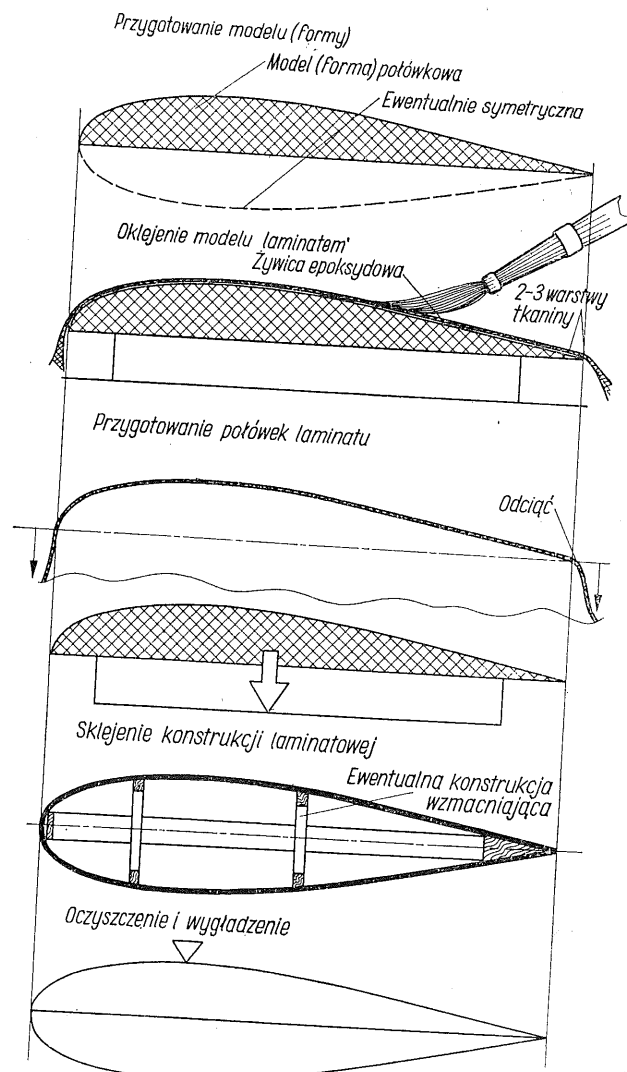
4-10. Różne metody wykonania kadłuba przy zastosowaniu styropianu

rozwiązanie (rys. 4-10c) pokazuje możliwość użycia styropianu do oprofilowania czworokątnego kadłuba kratownicowo-rozpórkowego.

Do sklejania styropianu ze styropianem, z balsa, sklejki lub papierem najwygodniej użyć zwykłego stolarskiego kleju kazeinowego. Można również stosować klej emulsyjny typu POW/fdb. Klej kazeinowy jest lepszy ze względu na łatwość obróbki skorup po sklejeniu, może natomiast powodować odkształcenie się zbyt cienkich skorup pod naprężającym działaniem wysychającego kleju. Oddzielne zagadnienie to malowanie i impregnacja styropianowych skorup. Styropian całkowicie rozpuszcza się pod wpływem wszelkiego rodzaju lakierów i farb nitro. Dlatego czysty styropian można malować tylko farbami, które nań nie działają. Do nich należą farby wodne, emulsyjne i tusze, następnie farby i emalie olejne (nie wszystkie) oraz lakiery chemoutwardzalne — na przykład emalie poliuretanowe oraz popularny bezbarwny lakier do drewna Chemolak. Ten ostatni daje się łatwo barwić artystycznymi farbami olejnymi. Używając Chemolaku można również oklejać styropianowe konstrukcje papierem japońskim, następnie malować. Ponadto trzeba zachować dużą ostrożność w malowaniu skorup na styropianie. Skorupy balsa, jeśli balsa nie jest cieńsza niż 1,5 mm, można malować cellonem i lakierami nitro, skorupy papierowe trzeba malować lakierami obojętnymi. To samo dotyczy szpachlówek. Nie można również używać lakierów nitro do malowania powierzchni uprzednio malowanych Chemlakiem, gdyż mogą powstać brzydkie pęcherze i spęczenia lakieru. Kłopotów tych można uniknąć, jeżeli do sklejania utwardzających skorup na zewnętrznej powierzchni styropianu zostaną użyte żywice syntetyczne. Do naszych celów nadaje się utwardzana na zimno żywica epoksydowa typu Epidian-5. Sama żywica ma postać żółtej lepkiej cieczy, która nie twardnieje ani nie wysycha. Proces twardnienia żywicy rozpoczyna się dopiero po dodaniu do niej specjalnej substancji, zwanej utwardzaczem. Do utwardzania żywicy Epidian-5 stosuje się utwardzacz typu Z1 w stosunku ciężarowym 1:10. Po zmieszaniu z utwardzaczem żywica zachowuje jeszcze stan ciekły przez okres ok. 30 min i w tym czasie musi być użyta. Następnie twardnieje w całej swej masie. Żywice epoksydowe doskonale nadają się do pokrywania styropianu tkaninami. Prześiąknięta żywica tkanina tworzy po utwardzeniu twardą powłokę, dającą się obrabiać i malować wszystkimi znanymi metodami.

Do oklejania żywicami można używać na ogół wszystkich rzadko tkanych materiałów, a najlepiej specjalnych tkanin z włókna szklanego, odznaczających się dużą wytrzymałością. Jeżeli kadłub zostanie oklejony kilkoma warstwami takiej tkaniny, powstanie skorupa tak mocna i sztywna, że może być stosowana bez jakichkolwiek wypełniaczy. W ten sposób doszliśmy do zasady wykonywania tak zwanych laminatów szklanych.

Zasada ta wyjaśniona jest na rysunku 4-11. Pierwszym etapem jest przygotowanie odpowiedniej formy, najlepiej drewnianej, odpowiadającej kształtowi przyszłego kadłuba zmniejszonemu o grubość przyszłej skorupy (1,5–2,5 mm). Formę malujemy, wygładzamy, a tuż przed użyciem smarujemy cienką warstwą tłuszczu, na przykład pasty do podłogi.



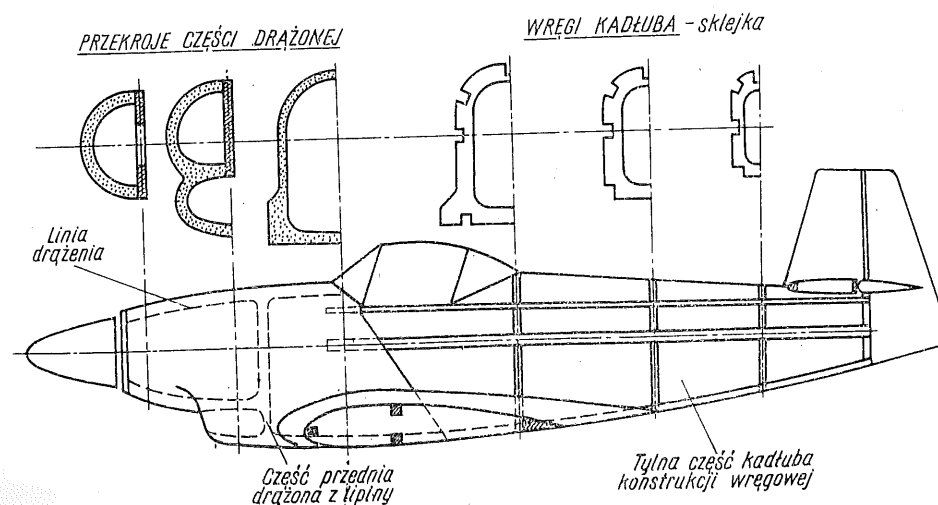
4-11. Zasada wykonywania skorupowego kadłuba z laminatu epoksydowo-szklanego na formie pozytywowej

Na tak natłuszczoną formę kładziemy kawałek tkaniny i przy użyciu pędzla przesączamy ją żywicą modelując starannie, aby jak najdokładniej przylegała do formy. Zabieg powtarzamy tyle razy, ile ma być warstw. Zazwyczaj wykonuje się skorupy złożone co najmniej z 2–3 warstw, przy czym można nałożyć większą liczbę warstw w tych miejscach kadłuba, które powinny być wzmocnione (przód, część w okolicy zamocowania skrzydła). Wykonany laminat pozostawiamy na formie co najmniej 24 godziny, a następnie zdejmujemy go. Zadanie to ułatwia posługiwanie się formą połówkową. Przy zastosowaniu formy całkowitej laminat trzeba rozciąć. W ten sposób otrzymamy dwie symetryczne połówki kadłuba, które po odpowiednim dopasowaniu krawędzi i umieszczeniu wewnątrz nich niezbędnych elementów konstrukcyjnych (np. wręgi zamocowania skrzydła i statecznika, łoża silnikowe, zamocowania podwozia, niektóre niedostępne napędy i urządzenia) możemy skleić na stałe. Wykonywanie drewnianych form do jednego kadłuba, a następnie sklejanie połówkowych skorup jest bardzo pracochłonne i męczące. Można tego w pewnym stopniu uniknąć przez wykonanie formy ze styropianu (co jest znacznie łatwiejsze), oklejenie jej laminatem, a następnie usunięcie styro-

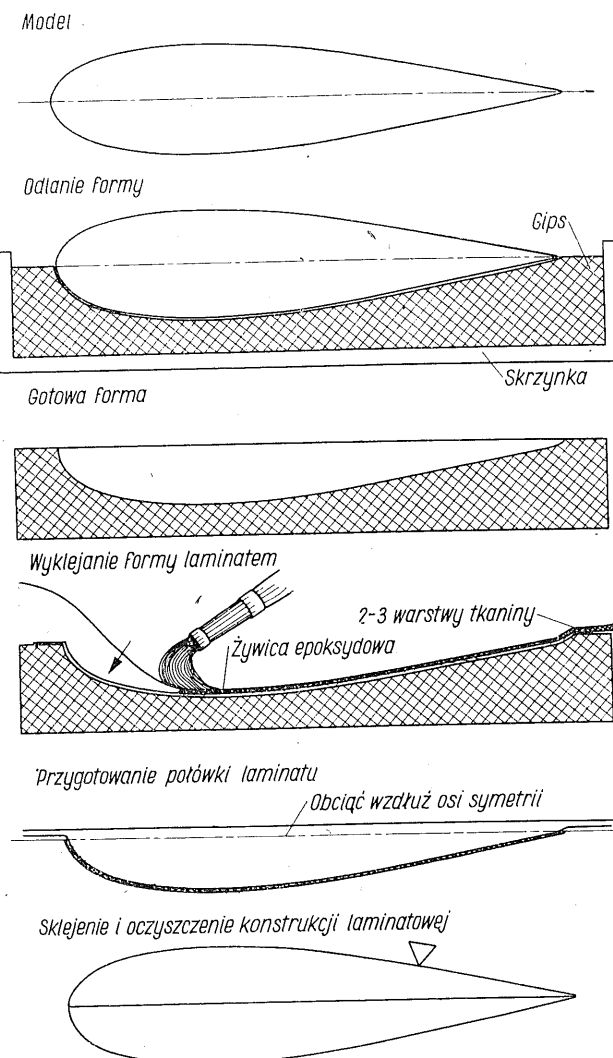
pianu przez rozpuszczenie styropianowego rdzenia rozpuszczalnikami (nitro). Jeżeli w rdzeniu wmontowane były inne elementy konstrukcyjne, na przykład ze sklejki, to po usunięciu styropianu pozostaną one wewnątrz kadłuba na stałe związane ze skorupą.

Omówiliśmy zasadę wykonywania laminatów na formach zewnętrznych, tak zwanych pozytywnych. Wadą tej metody jest duża chropowatość i nierówność zewnętrznej powierzchni wygładzania pilnikiem i papierem ściernym. Można tego uniknąć przez formowanie laminatu we wnętrzu formy — o kształcie odpowiadającym negatywowej odbitce przedmiotu (rys. 4-12). Taką negatywową formę można sporządzić albo przez wykonanie gipsowego odlewu połówki kadłuba, albo przez wykonanie dostatecznie grubej skorupy laminatowej na zwykłym pozytywowym modelu, a następnie formowanie właściwego laminatu wewnątrz zdjętej z tej formy skorupy. Zewnętrzna powierzchnia laminatu jest wtedy gładka i nie wymaga obróbki, oprócz malowania, jednak technologia znacznie się komplikuje, a koszty wykonania jednej sztuki wzrastają.

Projektując użycie laminatu trzeba się liczyć z poważnym wzrostem ciężaru gotowego kadłuba, co wiąże się z tym, że ciężar właściwy laminatu jest znacznie większy niż ciężar właściwy drewna (około 1,5 G/cm³). Z tego powodu kadłuby laminatowe należy stosować tylko tam, gdzie to jest uzasadnione, a więc do modeli na uwięzi i mocno obciążonych modeli zdalnie kierowanych o smukłych kadłubach (szybowce, modele akrobacyjne). Konstrukcja mieszana ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie to miało miejsce w samolocie. Często czytamy w opisach: „... do kabiny pilota pokrycie kadłuba blachą duralową, dalej płótnem”. Jeśli przednia część kadłuba ma proste kształty, możemy to zrealizować za pomocą pokrycia sklejkowego lub kartonowego. Przy bardziej skomplikowanych kształtach części przedniej stosujemy balsa. Najczęściej stosowanym sposobem jest wypełnienie przestrzeni pomiędzy wręgami i podłużnicami klasycznej konstrukcji kawałeczkami dostatecznie grubej miękkiej balsy. Można do tego celu użyć odpadków balsowych. Czasami stosuje się połączenie czystej konstrukcji skorupowej w przedniej części z konstrukcją klasyczną w części tylnej.



4-13. Połączenie konstrukcji skorupowej (drążonej) w przedniej części kadłuba z konstrukcją wręgową w części tylnej



4-12. Proces wykonania laminatu w formie wklęsłej — negatywowej

Na rysunku 4-13 przedstawiony jest schemat kadłuba samolotu myśliwskiego — część przednia o opływowych kształtach wydrążona jest z klocka balsowego i doklejona do części tylnej konstrukcji wręgowej. Część przednia stanowi jednocześnie zamocowanie i oprofilowanie silnika. Takie rozwiązanie zastosowane było również w kadłubie modelu samolotu P-11 (patrz rys. 4-9).

Zamocowanie i oprofilowanie silnika

Silnik powinien być umieszczony w specjalnej komorze oddzielonej od reszty kadłuba w celu uniknięcia szkodliwego wpływu spalin i paliwa.

Najprostsze, najczęściej stosowane i najłatwiejsze do zaprojektowania i wykonania jest zamocowanie silnika za pomocą dwóch drewnianych wysięgników — beleczek. Aby zamocowanie tego typu było pewne i mocne, muszą być spełnione dwa warunki: — beleczki muszą mieć odpowiedni przekrój, dostosowany do wielkości silnika i modelu,

Tablica 4-1

Rozmiary wysięgników zależnie od pojemności silnika

Zamocowanie silnika	Pojemność silnika [cm ³]					
	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0	10,0
	Rozmiary wysięgników					
Beleczka bukowa	7×6	8×7	10×8	12×10	15×12	18×12
Wspornik sklejkowy	1,5× ×20	2×25	2,5× ×25	3×30	4×40	6×50

— beleczki muszą być zamocowane przynajmniej w dwu, a lepiej w trzech pierwszych wręgach kadłuba.

Tablica 4-1 orientuje nas, jakie rozmiary beleczek stosuje się do różnych silników. Beleczki należy wykonać z twardego i elastycznego materiału, jak buk, grab, drewno ulepszone.

Na rysunku 4-14c podano przykład rozwiązania konstrukcyjnego. Beleczki można zamontować w kadłubie w rozmaity sposób, uzyskując rozmaite położenia silnika. Części wystające belek łoża silnikowego nie powinny być zbyt długie, ponieważ osłabiałyby wytrzymałość zamocowania. Długość belek należy ustalić w ten sposób, aby zmieścić w komorze silnik i ewentualnie zbiornik paliwa. Drugim, równie popularnym rozwiązaniem (rys. 4-14d) jest zamocowanie silnika do łoża silnikowego blaszanymi kątownikami. Wsporniki łoża silnikowego są w tym przypadku wykonane ze sklejki, mogą być częściowo wyżurowane i mają korzystniejszy wytrzymałościowo kształt. Zamocowanie tego typu ma tę przewagę nad zamocowaniem beleczkowym, że daje możliwość łatwego przysto-

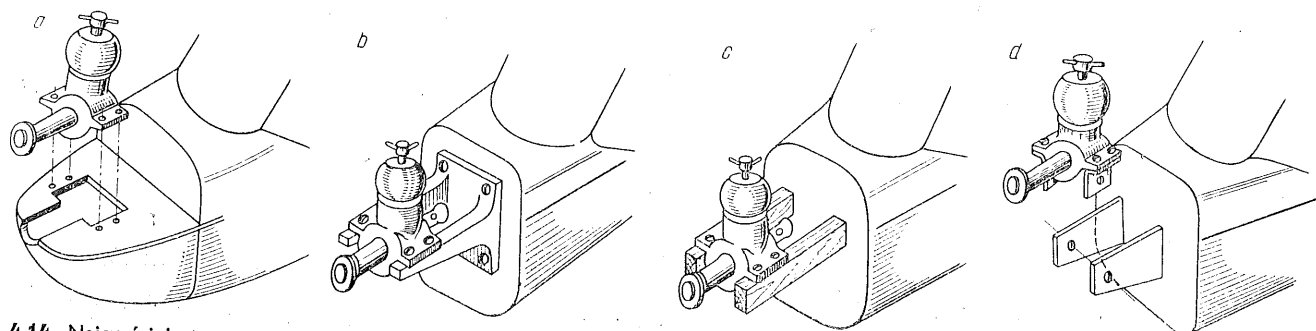
sowania łoża do innego typu silnika oraz umożliwia łatwą regulację kąta osi ciągu, co jest ważne dla modeli swobodnych. W tablicy 4-1 podano rozmiary wsporników sklejkowych dla zamocowania tego typu. Poza tym zasady projektowania są takie same jak poprzednio.

Bardzo popularne i praktyczne jest tzw. „promieniowe” zamocowanie silnika — wprost do czołowej ścianki kadłuba, pokazane na rysunku 4-14b. Umożliwia ono zaoszczędzenie miejsca we wnętrzu kadłuba, które normalnie zajęte jest przez wsporniki czy beleczki łoża silnikowego. Jest to ważne zwłaszcza dla modeli zdalnie kierowanych. W tym rozwiązaniu, które nadaje się szczególnie do wszelkich konstrukcji skorupowych, ścianka przednia musi być wykonana z dostatecznie mocnego materiału i dobrze związana z resztą konstrukcji, na przykład przez oklejenie laminatem szklano-epoksydowym.

Jeśli silnik nie jest przystosowany do promieniowego systemu zamocowania, trzeba użyć specjalnego łoża pośredniego (jak na rysunku), które można wykonać z jednego kawałka metalu (dural, elektron) lub uformować z blachy aluminiowej. Można też dla niektórych silników wykonać nową, odpowiednio ukształtowaną pokrywę skrzyni korbowej z kołnierzem umożliwiającym zamocowanie do ścianki pionowej. Podobne łoża pośrednie w wielu popularnych rozmiarach produkowane są również fabrycznie z mas plastycznych przez niektóre firmy zagraniczne.

W bardzo małych modelach, napędzanych silnikami o pojemności 0,5 lub 1,0 cm³, stosuje się często uproszczony sposób zamocowania silnika, wykorzystując do tego celu jego obudowę — oprofilowanie, jak na rysunku 4-14a.

Zamocowanie tego rodzaju doskonale nadaje się do modeli samolotów wyposażonych w silniki typu bokser, jak nasz PZL Kos, TARPAN itp. Można również zastosować je do układu gwiazdowego. Linia podziału odejmowanej części osłony może przebiegać poziomo lub pionowo, zależnie od tego, w jakiej pozycji silnik będzie zamocowany w kadłubie. Pozycja ta zależy przede wszystkim od możliwości dobrego zamaskowania cylindra i wiąże się ściśle z budową osłony silnika. W modelach swobodnie latających najczęściej umieszcza się silnik w pozycji cylindrem do góry, ze względu na łatwy dostęp do głowicy i najłatwiejszy rozruch.



4-14. Najczęściej stosowane sposoby zamocowania silnika

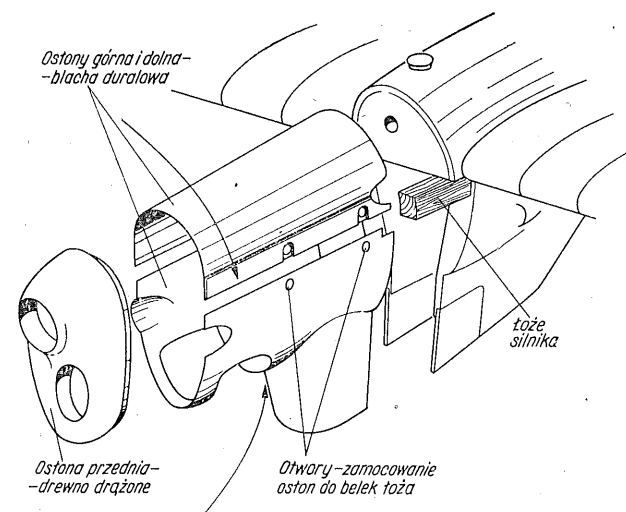
a — do skorupy oprofilowania, b — do ścianki przedniej, c — na drewnianych beleczkach, d — do wysięgników ze sklejki

W modelach samolotów o rzędomym układzie silnika, np. RWD-5, 8, 10, 13 itd., najłatwiej zamocować silnik w pozycji odwróconej. Czasami, gdy szerokość kadłuba na to pozwala lub gdy zależy na zachowaniu nieskażonej sylwetki kadłuba, chociaż z jednej strony montuje się silnik w pozycji leżącej — cylindrem w bok.

Oslony silnika są ważnym elementem w sylwetce każdego samolotu. Podzielimy je na trzy zasadnicze rodzaje:

- osłony silników rzędowych,
- osłony silników typu bokser,
- osłony silników gwiazdowych.

W samolotach sportowych często spotyka się osłony silnika rzędowego — odwróconego. Ponieważ obrys takiej osłony jest zazwyczaj prosty, można tutaj użyć cienkiej blachy, preszpanu lub ostatecznie sztywnego kartonu jako materiału na osłonę. Przykładową konstrukcję takiej osłony wyjaśnia rysunek 4-15.

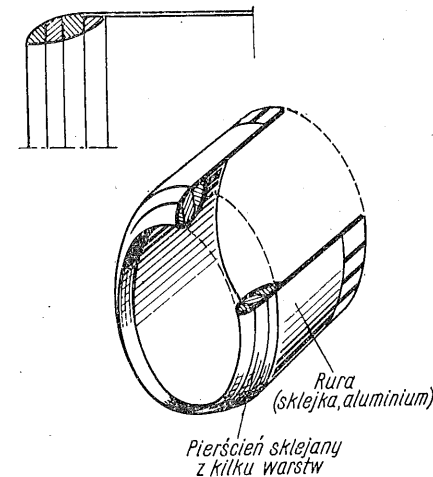


4-15. Typowa konstrukcja osłony silnika rzędowego (samolot De HAVILLAND DRAGON RAPIDE)

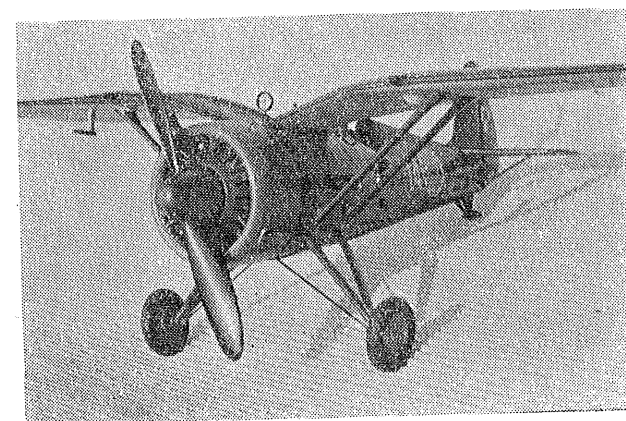
Osobną grupę stanowią osłony silników rzędowych o dużej mocy, ukształtowane na wzór tzw. „myśliwski”. Ze względu na opływowe kształty musimy zastosować konstrukcję skorupową, drążąc osłonę z klocka balsowego, jak na rysunku 4-13. Położenie silnika z reguły boczne — w ten sposób z jednej strony uzyskamy czystą sylwetkę samolotu nie skażoną wystającym cylindrem. W małych modelach można i należy stosować metodę pokazaną poprzednio na rysunku 4-14a. W modelach dużych należy zamocować silnik na oddzielnym łożu, niezależnie od osłony.

Identyczne metody stosujemy przy oprofilowaniu silnika o układzie bokser.

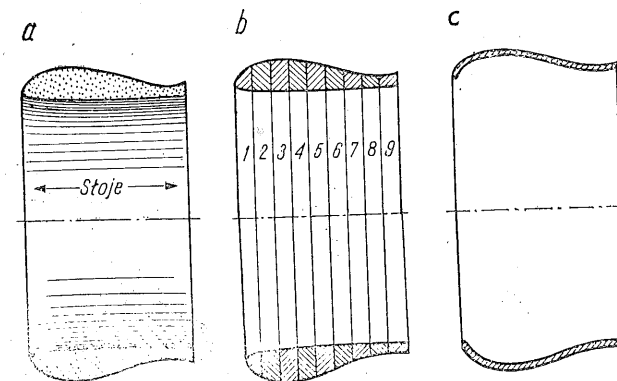
Inaczej wykonujemy osłony silnika gwiazdowego. Jeśli osłona ma prosty kształt cylindryczny (rys. 4-16), możemy skleić część cylindryczną z cienkiej sklejki. Można ją również wykonać z blachy aluminiowej nie grubszej niż 0,5 mm. Oprofilowanie przedniej części osłony wykonamy tak, jak na rysunku, z kilku sklejonych ze sobą pierścieni z balsu lub sklejki. Przedni pierścień należy dokładnie opłować lub lepiej obtoczyć na wiertarce lub tokarni, używając do tego celu papieru ściernego. Po sklejaniu pierścienia z częścią cylindryczną otrzymamy



4-16. Konstrukcja cylindrycznej osłony silnika gwiazdowego



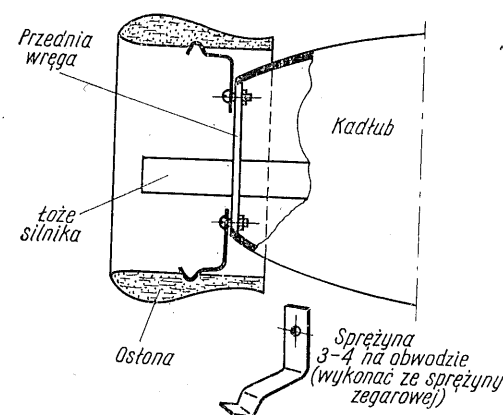
4-17. Cylindryczna osłona silnika wykonana z blachy — model samolotu PZL-P11c (foto autora)



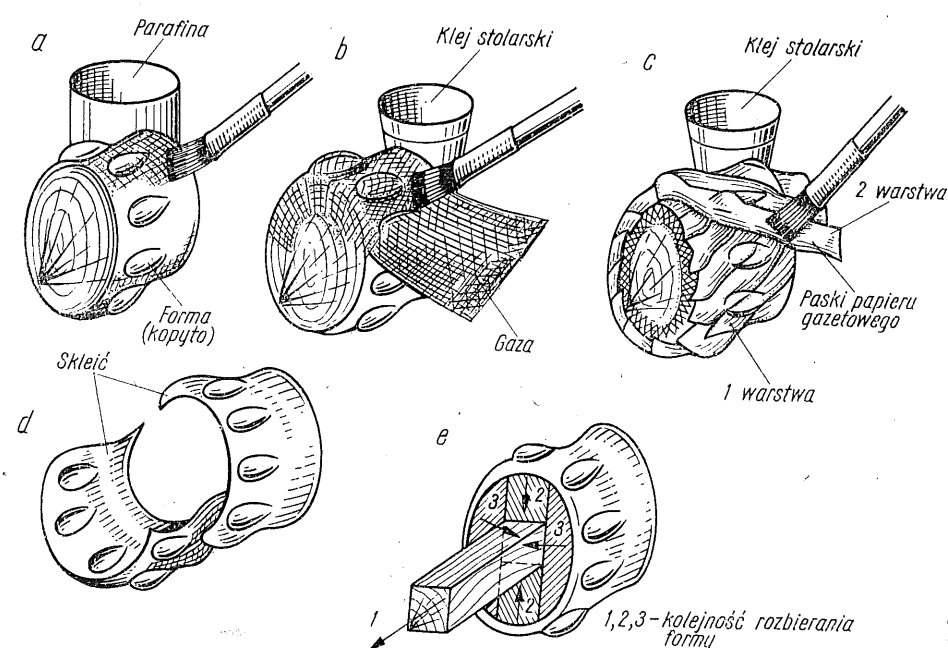
4-18. Różne możliwości wykonania osłony cylindrycznej o trudnym kształcie

gotową osłonę silnika gwiazdowego. Fotografia na rysunku 4-17 pokazuje taką osłonę, wykonaną z blachy, w zastosowaniu do modelu samolotu P11c. Gdy osłona ma kształt bardziej skomplikowany — odbiegający od cylindrycznego (np. jak na rys. 4-18), wykonanie jej jest bardziej kłopotliwe. Najprostszym sposobem załatwienia problemu jest konstrukcja drążona z balsowego klocka (rys. 4-18a). Jeżeli nie mamy balsowego klocka, lecz mamy deseczki, możemy skleić osłonę z pierścieni o odpowiednim kształcie (rys. 4-18b). Można wreszcie całą osłonę wykleić z blachy aluminiowej (rys. 4-18c). Rysunek 4-19 pokazuje elastyczne zamocowanie osłony pierścieniowej na modelu.

Na zakończenie omówimy bardzo praktyczną metodę wykonywania wszelkiego rodzaju skomplikowanych osłon z laminatu papierowego, podobnie jak do kadłubów skorupowych. Metoda ta jest szczególnie opłacalna, jeśli chcemy wykonać kilka osłon jednakowych, np. do kilku modeli lub do modelu wielosilnikowego. Na rysunku 4-20 pokazano kolejne fazy wykonania osłony pierścieniowej o skomplikowanym kształcie.



4-19. Elastyczne zamocowanie osłony pierścieniowej



4-20. Wykonanie osłony silnika z masy papierowej

Pracę rozpoczynamy od przygotowania formy (kopyta) dokładnie odwzorowującej żądany kształt o obrysie o około 1,5 mm mniejszym od obrysu osłony; formę najlepiej wykonać z lipiny.

Przygotowaną formę nasycamy z zewnątrz grubą warstwą parafiny, tak aby drewno zostało całkowicie pokryte (rys. 4-20a).

Teraz przygotowujemy kawałki gazy lub bandażu oraz dużo wilgotnych pasków papieru gazetowego. Do klejenia użyjemy kleju Certus lub kleju stolarskiego.

Owijamy formę bandażem, uważając, aby wypełnił on wszystkie załamania formy (rys. 4-20b). Smarujemy bandaż klejem i naklejamy nań pierwszą

warstwę papieru gazetowego. Po przyklejeniu pierwszej warstwy kładziemy następną, tak aby paski krzyżowały się (rys. 4-20c). Zabieg powtarzamy tak długo, aż powstanie warstwa o grubości około 1 mm. Całość musi dokładnie wyschnąć.

Po całkowitym wyschnięciu wszystkich warstw, co sprawdzamy przez nakłucie, możemy skorupę zdjąć z formy. Jeżeli osłona ma kształty zbieżne, to wyjęcie z formy nie nastręcza trudności. Z osłoną taką, jak na rysunku, będą kłopoty. Aby formę wyjąć, należy albo przeciąć osłonę na dwie części, które później połączymy (rys. 4-20d), albo wykonać rozbierną formę (rys. 4-20e). Po zdjęciu z formy gotowe elementy czyszcimy papierem ściernym, szpachlujemy i malujemy.

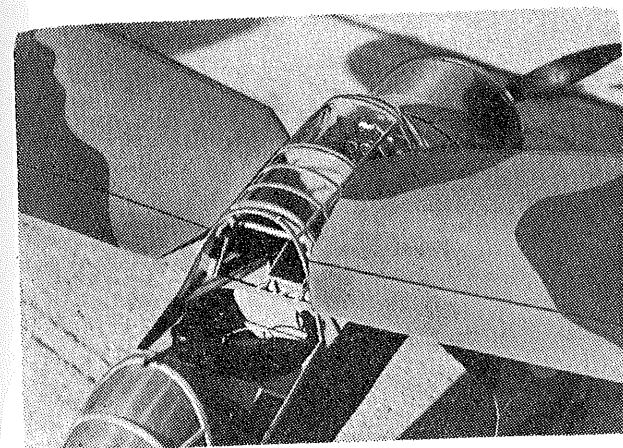
Opisaną metodą można wykonać wszelkiego rodzaju osłony, oprofilowania, owiewki, np. na koła, nawet całe kadłuby, a także osłony z laminatu szklanego, używając jako spoiwa żywic epoksydowych. Wykonane tak elementy odznaczają się wielką wytrzymałością.

Osłona kabiny

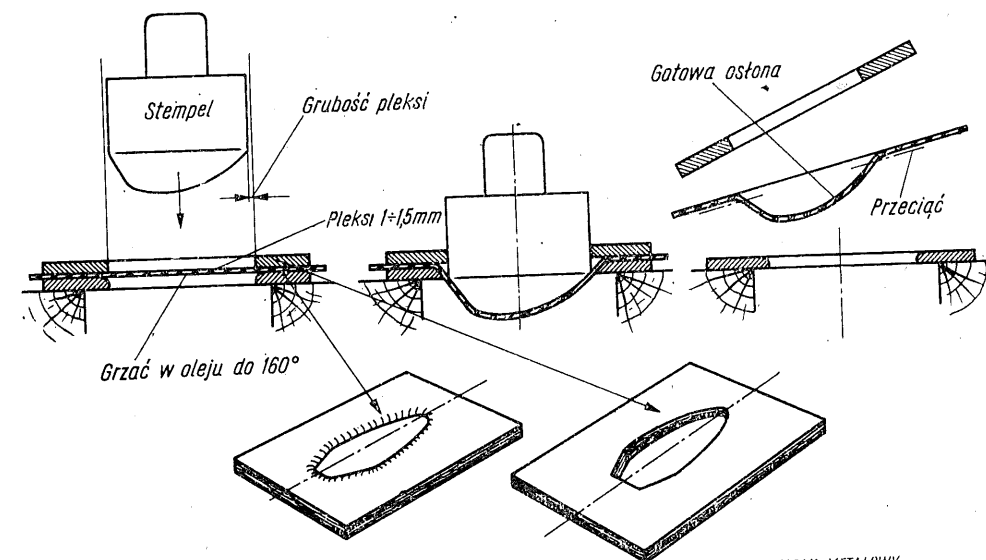
Dobrze wykonana osłona kabiny jest prawdziwą ozdobą modelu. Osłony będziemy wykonywali różnymi metodami, zależnie od ich konstrukcji. Rozróżniamy kilka typów osłon stosowanych w lotnictwie:

— osłony o powierzchniach rozwijalnych, czyli takie, które można uformować z jednego lub kilku płaskich arkuszy materiału przezroczystego; osłony takie, stosowane np. w samolotach RWD, najprościej można wykonać oklejając kabinę jednym arkuszem przezroczystego celulozoidu o odpowiedniej grubości i sztywności;

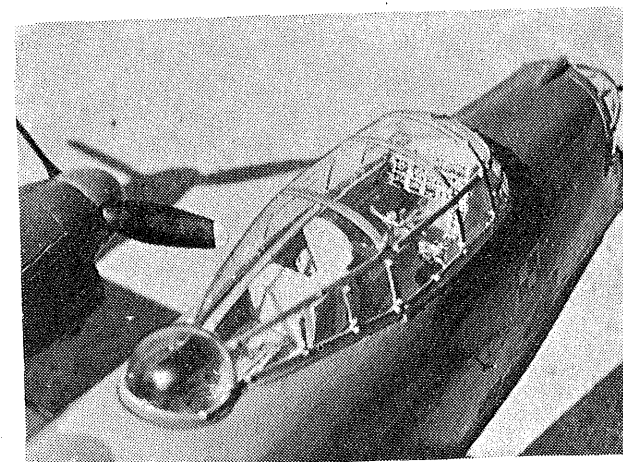
do klejenia należy użyć kleju acetonowego; — osłony o bardziej skomplikowanych kształtach, ale mające dużą liczbę wręgowych wzmocnień, jak np. osłona pokazana na rysunku 4-21, można wykonać szkląc przestrzenie pomiędzy wręgami i podłużnicami mniejszymi lub większymi kawałkami celulozoidu — zależnie od potrzeby;



4-21. Wręgowa osłona kabiny w modelu LYSANDER (foto autora)



4-22. Wykonanie osłony tłoczonej z pleksi



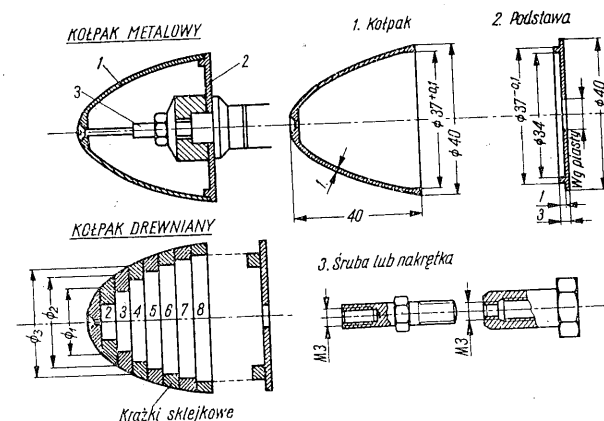
4-23. Kropłowa osłona kabiny w modelu LANCASTER (foto autora)

— osłony o powierzchniach nierozwijalnych (osłony kropłowe itp.), uformowane z jednego kawałka szkła organicznego, nie dadzą się już wykonać z tak prostego materiału i w tak prosty sposób; będziemy musieli wytłoczyć je na gorąco z cienkiego pleksi za pomocą prostego drewnianego stempla i zwykłej otworowej formy — przebieg operacji pokazany jest na rysunku 4-22.

Bardzo ważne jest właściwe nagrzanie pleksi przed wytłoczeniem. Należy to robić tylko w oleju, a temperaturę dobrze jest sprawdzić termometrem laboratoryjnym. Nagrzany w oleju arkusik pleksi szybko wyjmujemy szczypcami, kładziemy pomiędzy wycięcia formy i wciskamy w stempel. Po wystygnięciu wyjmujemy gotową owiewkę. Wykonane w ten sposób osłony pięknie się prezentują, o czym świadczy rysunek 4-23.

Kołpak śmigła

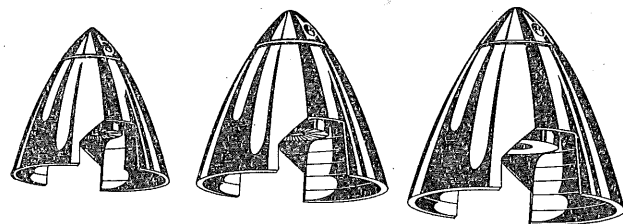
Kołpak śmigła jest ważnym elementem aerodynamicznego oprofilowania samolotu. Prawidłowo wykonany kołpak powinien być wytoczony z duralu lub wyoblony z blachy aluminiowej. Kon-



4-24. Konstrukcja kołpaka śmigłowego

strukcji może być bardzo wiele. Rysunek 4-24 ilustruje jedno z możliwych uniwersalnych rozwiązań. Podano również przykład zwymiarowania poszczególnych detali. Wykonanie duraluminiowego, dostatecznie lekkiego kołpaka wymaga dużych umie-

jętności tokarskich. Ci, którzy takich możliwości nie posiadają, mogą wykonać kołpak drewniany w następujący sposób. Kołpak sklejamy z szeregu warstw krążków drewnianych (sklejkowych, lipowych lub balsowych) o odpowiednich rozmiarach, wyznaczonych na rysunku. Po sklejeniu montujemy całość na wiertarce i opiłowujemy dożądanego kształtu. Następnie wykonujemy wycięcia na łopatki śmigła i centrujemy kołpak na sklejonej tarczy zamocowanej do

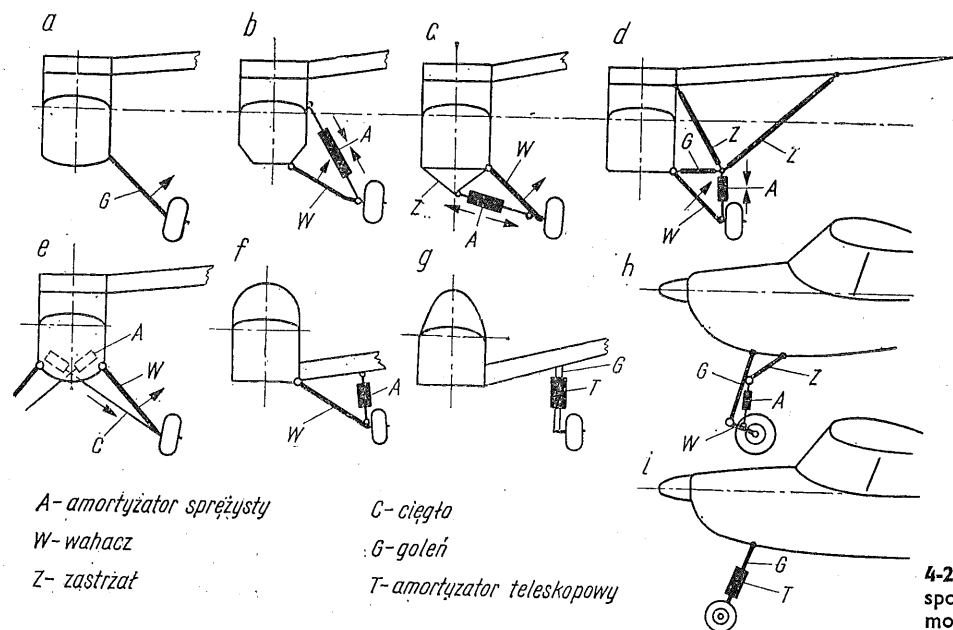


4-25. Fabrycznie produkowane kołpaki z mas plastycznych (firma Kavan)

piasty silnika. Pozostaje drobna przeróbka śruby mocującej śmigło i kołpak jest zamocowany. Obecnie kołpaki śmigłowe wykonuje się indywidualnie rzadziej; zastępują je seryjne wyroby fabryczne (rys. 4-25).

Podwozie

Podwozie jest bardzo ważnym elementem samolotu oraz modelu. Odpowiednio skonstruowane podwozie powinno zabezpieczać model przed skutkami lądowania w przypadkowym i nie zawsze korzystnym terenie. Podwozie podkreśla charakterystyczny wygląd samolotu i dlatego w wykonaniu miniaturowym powinno być podobne do wzoru. Ile jest samolotów, tyle najrozmaitszych konstrukcji podwozia, toteż omówimy tylko ogólne zasady. Przy samolotach sportowych, treningowych, łącznikowych itp. najczęściej spotyka się podwozia jedno- lub wielogoleniowe, o bardzo skomplikowanych nieraz kształtach i wymyślnej amortyzacji. Rysunek 4-26 podaje schematy spotykanych rozwiązań.



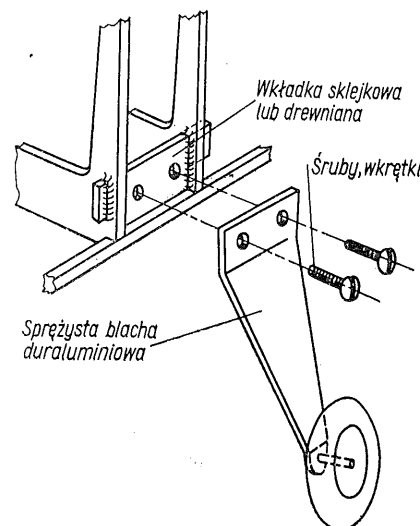
A - amortyzator sprężysty
W - wahacz
Z - zastrzał

C - cięgła
G - goleń
T - amortyzator teleskopowy

Najprostsze wolnonośne podwozie w miniaturowym wykonaniu może być wykonane z drutu stalowego lub blachy duraluminiowej (rys. 4-26a). Przy niedużych modelach podwozie wykonujemy z jednego kawałka drutu i przywiązujemy do jednej z głównych wręg kadłuba.

Do większych modeli lepiej zastosować podwozie odejmowane, zamocowane w drewnianych kołkach z twardego drewna, przyklejonych do wręg kadłuba. Można również wykonać podwozie z blachy duraluminiowej, a następnie przykręcić śrubami lub przywiązać gumą do kadłuba (rys. 4-27). Przy konstruowaniu podwozi wielogoleniowych, składających się z wahaczy i ściskanych bądź rozciąganych amortyzatorów (rys. 4-26b, c, d, e), są możliwe dwa rozwiązania:

— do amortyzacji wykorzystuje się sprężystość wahaczy wykonanych z drutu stalowego i sztywno zamocowanych w kadłubie; w tym rozwiązaniu amortyzator stanowi jedynie ozdobę i nie pracuje (rys. 4-28a); podwozie może być jako stałe lub rozbiegane i nadaje się do niedużych, lekkich modeli;

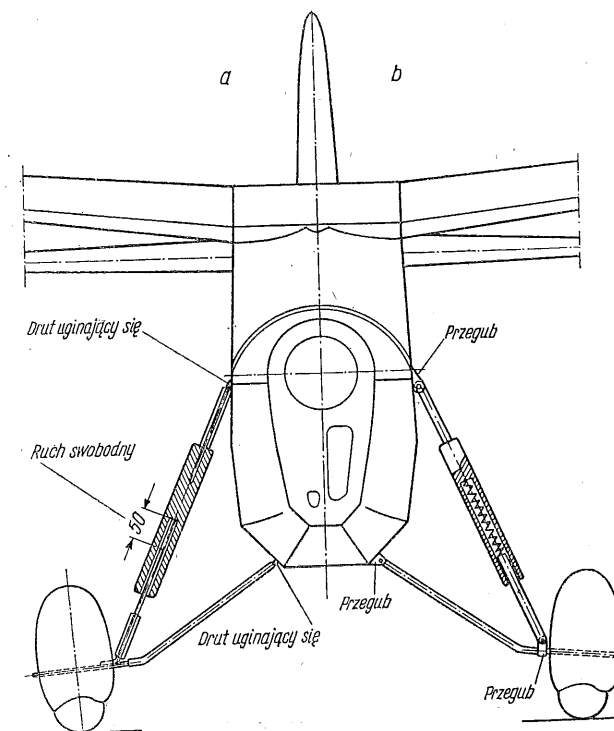


4-27. Najprostsze rozwiązanie podwozia wolnonośnego

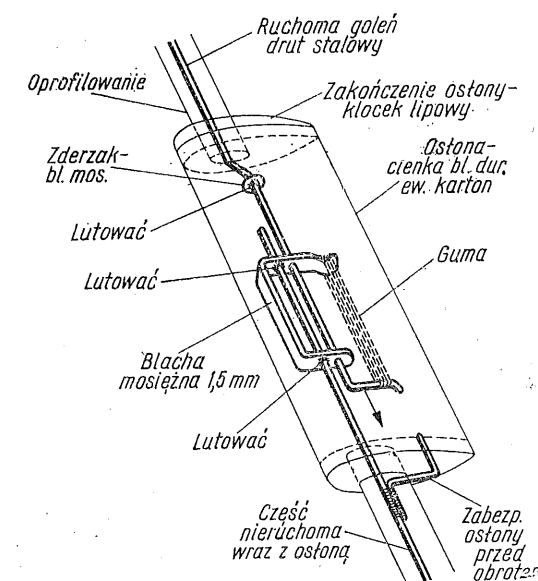
— amortyzator spełnia swoją właściwą rolę, a wahacz powinien mieć jak największą swobodę ruchu; jako przeguby można wykorzystać cienki drut stalowy lub też wykonać je tak, jak w samolocie (rys. 4-28b).

Konstrukcję prostego amortyzatora gumowego ilustruje rysunek 4-29.

Aby goleń wyglądała naturalnie, należy je opłoflować. Opłoflowanie wykonujemy z drewna (lipowego) lub balsy. W celu zabezpieczenia przed rozłupaniem goleń należy okleić taśmą płócienną lub owinać gęstą nićmi. W ten sposób zabezpieczoną goleń możemy zaszpachlować i pomalować. Ostony amortyzatorów wykonujemy z blachy, kartonu, balsy, płótna lub skóry, zależnie od tego, jak wyglądają one w samolocie (patrz rys. 4-2).



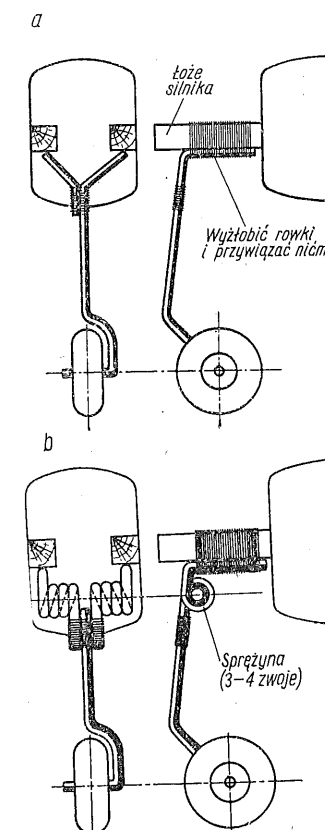
4-28. Podwozie typu RWD
a — z makietą amortyzatora, b — z amortyzatorem sprężynowym



4-29. Amortyzator gumowy

W przypadku podwozia z cięgnami amortyzację można ukryć wewnątrz kadłuba. W przypadku amortyzatora teleskopowego, trudnego do wykonania rezygnujemy zazwyczaj z amortyzacji, stosując sztywną drucianą goleń. Amortyzator imitujemy, np. wykonując go z kartonu.

W razie zastosowania kółka przedniego (jak na rys. 4-26h) montujemy goleń do wysięgników łoża silnikowego. Rysunek 4-30 ilustruje najprostsze rozwiązanie goleń sztywnej i amortyzowanej.



4-30. Zamocowanie i amortyzacja kółka przedniego
a — goleń sztywna, b — amortyzowana

Aby otrzymać odpowiednią wytrzymałość podwozia i amortyzację, trzeba wiedzieć, jaką należy zastosować średnicę drutu stalowego. W tablicy 4-2 podano wymiary drutu stalowego (zależnie od wielkości modelu i rodzaju podwozia) dla goleń sprężynujących i wahaczy.

Tablica 4-2

Druty stalowe stosowane na podwozia główne miniaturowych samolotów

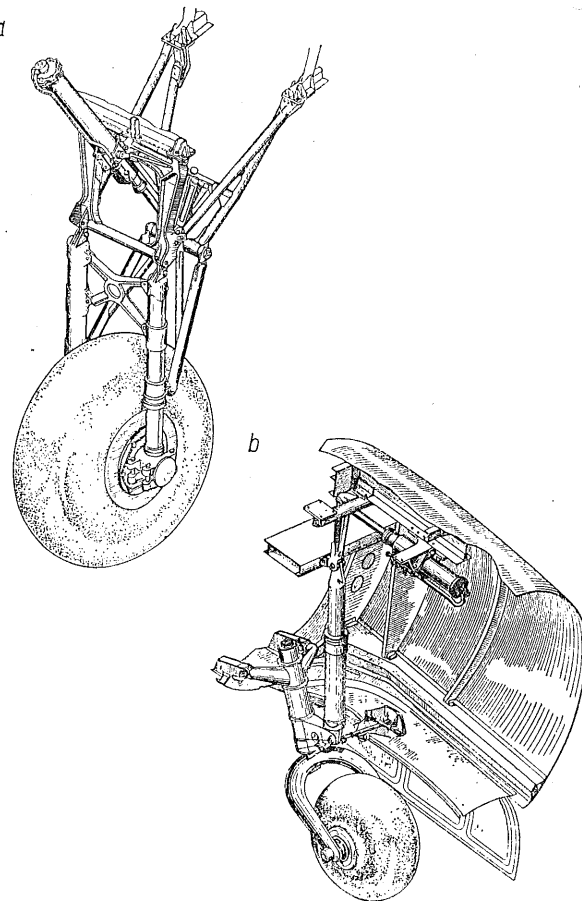
Pojem- ność silnika [cm ³]	Goleń pojed- yncza modelu		Goleń pod- wójna modelu		Waha- cze	Goleń przed- nia modelu	
	SL	RC, NU	SL	RC, NU		SL	RC, NU
	średnica drutu stalowego [mm]						
0,5	1,2	1,5	2×1,0	2×1,2	—	1,0	1,5
1,0	1,5	2,0	2×1,2	2×1,5	—	1,5	2,0
1,5	2,5	2,5	2×2,0	2×2,5	1	2,0	2,5
2,5	3,0	3,5	2×2,5	2×3	1,5	2,5	3,0
5,0	3,5	4,5	2×3,0	2×4	2,0	3,0	4,0

Oznaczenia: SL — swobodnie latający, RC — zdalnie kierowany, NU — na uwięzi

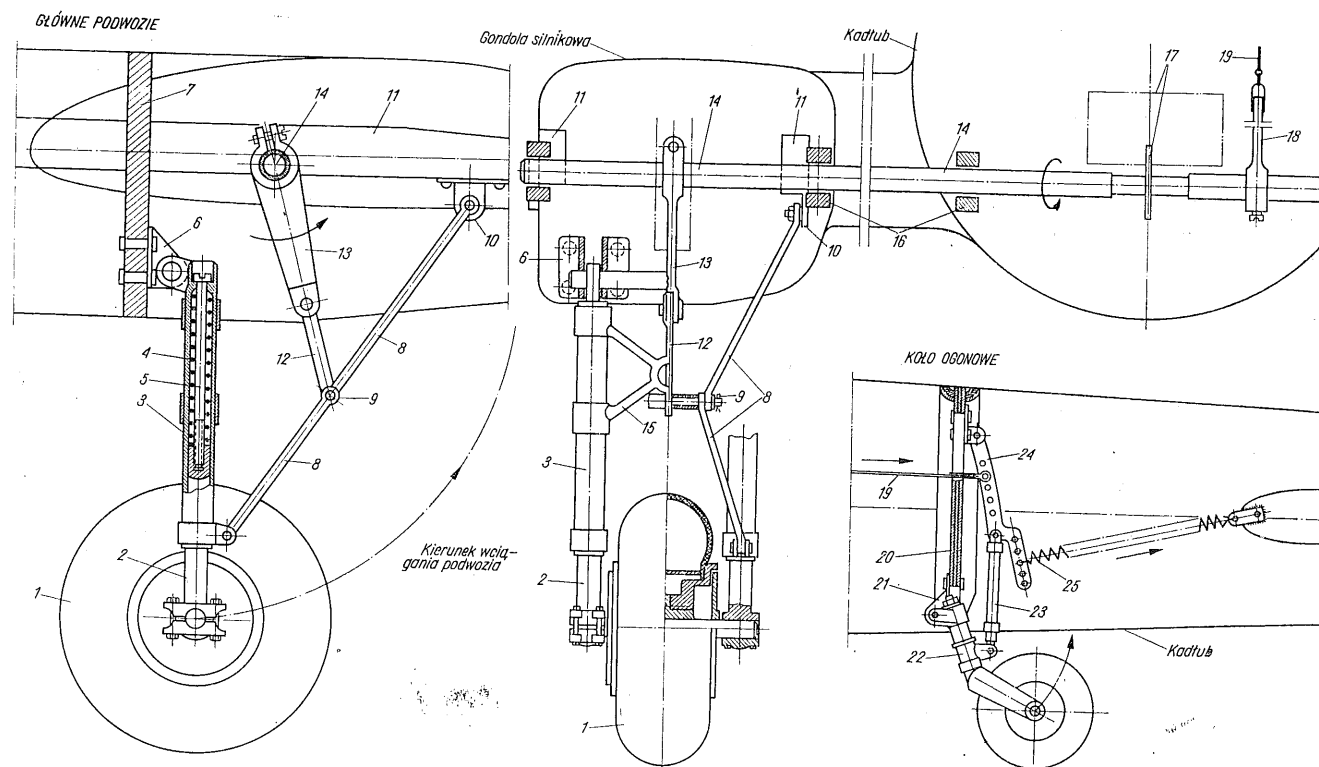
Jeżeli samolot ma golenie typu „płytkowego”, można je wykonać z blachy duraluminiowej o odpowiedniej grubości i sprężystości. Podwozia wykonane z drutu stalowego ze względu na swój uproszczony charakter i łatwość dokonywania doraźnych napraw (np. w przypadku pocięcia drutu) nadają się specjalnie do modeli swobodnie latających, przy których wierne odwzorowanie podwozia nie zawsze jest możliwe.

Przy modelach sterowanych (na uwięzi i sterowanych zdalnie), wykonywanych w pierwszym stopniu podobieństwa z dużym pietyzmem, niezbędne staje się wykonanie wszystkich szczegółów podwozia. Odtworzenie takiego (rys. 4-31), nierzadko bardzo skomplikowanego podwozia wymaga bardzo często dokładnego przestudiowania konstrukcji oryginalnego samolotu albo posiadania odpowiednio dokładnych rysunków. Dla przykładu reproduujemy rysunki podwozia samolotu Pe-2.

Do wykonania takiego podwozia drut stalowy jest już niewystarczający. Poszczególne elementy trzeba wykonać przez wytoczenie lub wypilowanie z metalu (duralu lub stali), a następnie połączyć je ze sobą przez nitowanie, lutowanie (mosiądz) lub spawanie. Jest to trudne zadanie, lecz zupełnie możliwe do zrealizowania — jako dowód reproduujemy rysunki konstrukcyjne chowanego w locie, w pełni amortyzowanego podwozia miniaturowego Pe-2, zbudowanego w ZSRR (rys. 4-32). Nie zapominajmy również, że wraz ze wzrostem wielkości i ciężaru modelu bardzo szybko wrażliwość na niebezpieczne obciążenia tych elementów modelu, do których podwozie jest przymocowane.



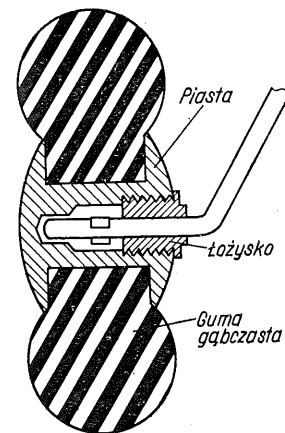
4-31. Podwozie samolotu bombowego Pe-2
a — podwozie główne, b — koło ogonowe



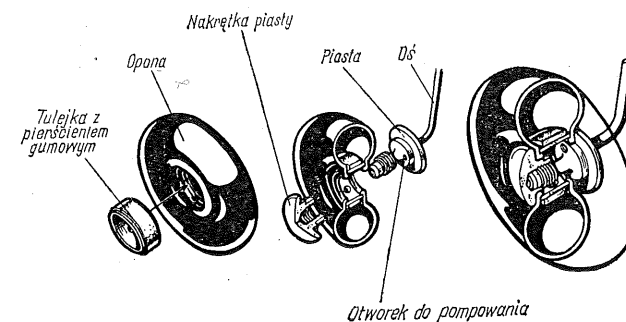
4-32. Podwozie samolotu Pe-2 odtworzone dokładnie w modelu na uwięzi

1 — koło (pompowane), 2 — ruchoma goleń amortyzatora teleskopowego, 3 — nieruchoma zewnętrzna obudowa amortyzatora, 4 — sprężyna, 5 — śruba ograniczająca skok w dół, 6 — główny wspornik (zawias) podwozia, 7 — główna wręga gondoli, 8 — łamany zastrzał ramowy, 9 — przegub zastrzału, 10 — wspornik (zawias) zastrzału, 11 — belki łoża silnikowego, 12 — łącznik wciągający, 13 — dźwignia wciągająca, 14 — wałek napędzający dźwignię 13, biegnący od kadłuba gondoli, 15 — rama kratowa łącząca golenie podwozia, 16 — łożysko wałka napędowego, 17 — elektryczny mechanizm wykonawczy i przeniesienie napędu na wałek 14, 18 — dźwignia napędzająca mechanizm składania koła ogonowego, 19 — linka biegnąca do podwozia tylnego, 20 — wręga oporowa, 21 — wspornik (zawias), 22 — goleń tylnego podwozia, 23 — makieta amortyzatora, 24 — dźwignia wciągająca, 25 — sprężyna wciągająca (stałe napięta)

Konstrukcja kadłuba w miejscu mocowania podwozia powinna być odpowiednio wzmocniona. Kółka miniaturowych samolotów powinny mieć także „redukcyjny” charakter, tzn. średnica i rozmiar oponki powinny być proporcjonalne do rozmiaru modelu. W modelach bardzo dokładnych wymaga się zastosowania kółek mających identyczne oponki i piasty, jak koła samolotu prawdziwego. W modelach mniej szczegółowych taka dokładność nie jest potrzebna. Kółka modelu powinny być lekkie i możliwie miękkie, aby dobrze tłumiły uderzenia. Konstrukcja pełnej oponki pokazana jest na rysunku 4-33. Rysunek 4-34 pokazuje bardziej skomplikowaną, bezdętkową oponkę pompowaną. Do bardzo małych modeli swobodnie latających, które powinny być jak najlżejsze, można zastosować kółka pełne, wykonane z balsy.



4-33. Konstrukcja kółka miniaturowego



4-34. Konstrukcja i montaż miniaturowej opony pompowanej

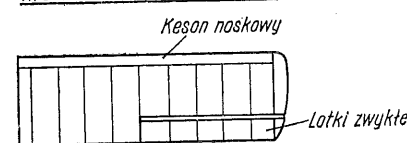
Skrzydła

Skrzydła miniaturowego samolotu powinny zapewnić mu dostateczną siłę nośną dzięki zastosowaniu odpowiedniego profilu i właściwej powierzchni. Skrzydła modelu powinny być wystarczająco wytrzymałe oraz mieć wygląd zewnętrzny podobny do oryginału. Zadanie to musi spełniać konstrukcja.

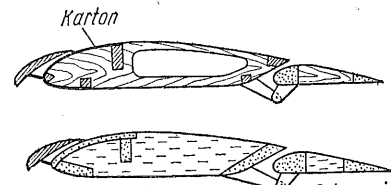
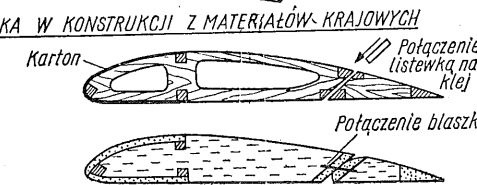
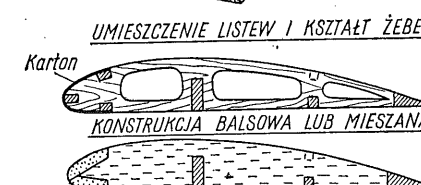
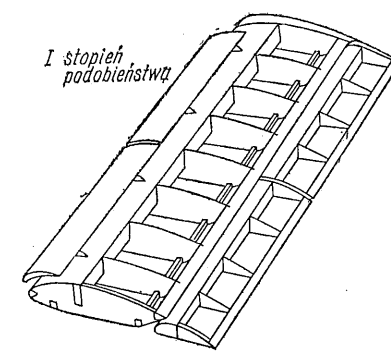
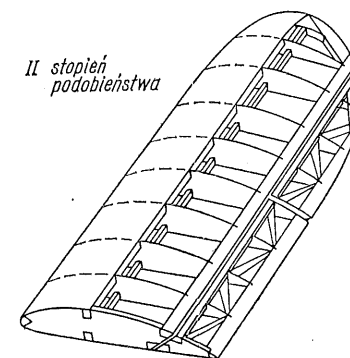
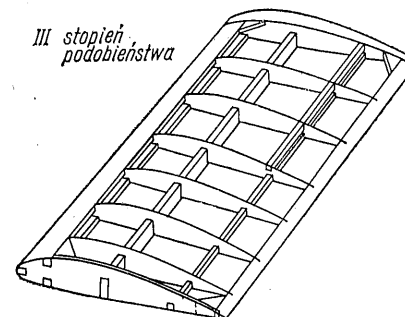
Zasadę konstrukcji skrzydła poznaliśmy już wcześniej, teraz omówimy tylko szczególne zagadnienia, istotne dla celów miniaturyzacji.

Podobnie jak kadłuby, skrzydła mogą mieć klasyczną konstrukcję o miękkim pokryciu, konstrukcję o pokryciu skorupowym oraz konstrukcję mieszaną. W samolotach, zwłaszcza sportowych, najczęściej spotyka się mieszaną konstrukcję skrzydła, mającą częściowo sztywne, a częściowo elastyczne pokrycie. Na rysunku 4-35 pokazano szkice

RYСУNEK SKRZYDŁA SAMOŁOTU



ROZWIĄZANIE KONSTRUKCJI MINIATUROWEJ

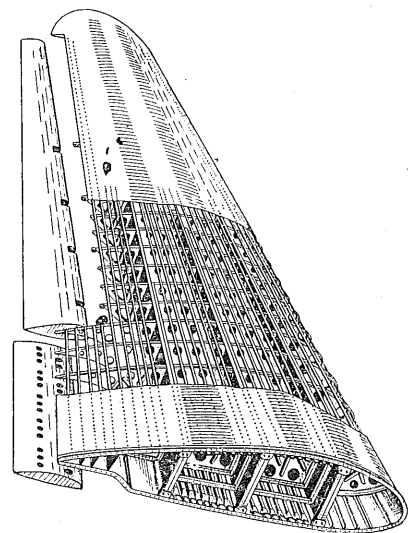


OZNACZENIA

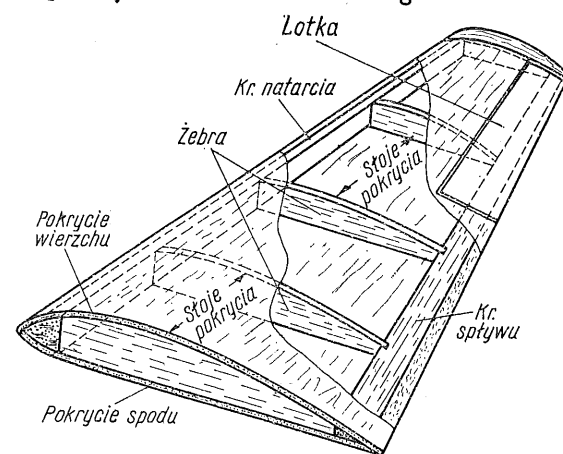


4-35. Różne konstrukcje „redukcyjnych” skrzydeł

różnych samolotowych skrzydeł, sposób zrealizowania ich w konstrukcji miniaturowej oraz jak należy rozmieścić listwy w profilu zależnie od rodzaju materiału użytego do konstrukcji. Jeżeli mamy tylko krajowe materiały (sosnowe listewki i sklejkę), to budując model swobodny rezygnujemy z wykonywania szczegółów, jak lotki i klapy i wykonujemy płyty w trzecim stopniu podobieństwa. Na takie „szykany” można sobie pozwolić jedynie w ciężkich i małych modelach na uwięzi oraz w modelach zdalnie kierowanych, stosując balsę jako materiał podstawowy. Jeśli skrzydło samolotu było kryte płótnem, rozstawienie i liczba żeberek zastosowanych w konstrukcji modelu powinna być taka sama, aby zgodność z oryginałem była w pełni zachowana. W skrzydłach skorupowych nie jest to potrzebne, choć konstrukcja „wewnętrzna” tego rodzaju skrzydeł samolotowych bywa często bardzo skomplikowana (rys. 4-36).



4-36. Konstrukcja skorupowego skrzydła samolotu Li-2 (Dc-3) Konstrukcję miniaturową stosunkowo najłatwiej jest wykonać z balsy. Zasada jest pokazana na rysunku 4-37. Szkielet skrzydła jest pozbawiony dźwigarów i składa się z krawędzi natarcia i spływu połączonych rzadko rozstawionymi żebkami. Całość, oklejona fornirem balsowym, tworzy mocną, lekką i bardzo sztywną strukturę. Rozwiązanie takie stosuje się do modeli o rozpiętości nie przekraczającej 1 m. W większych konstrukcjach niezbędne jest zastosowanie dźwigarów.



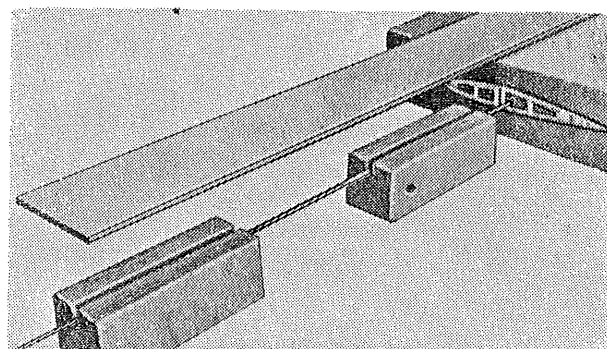
4-37. Konstrukcja miniaturowego skrzydła skorupowego wykonana całkowicie z balsy

W lotnictwie stosuje się jeszcze wiele innych metod budowy skorupowych skrzydeł, takich jak konstrukcje przekładkowe, integralne i z wypełniaczami ulowymi. Zastosowanie tych metod do modeli jest nieuzasadnione zarówno z technicznego, jak i technologicznego punktu widzenia.

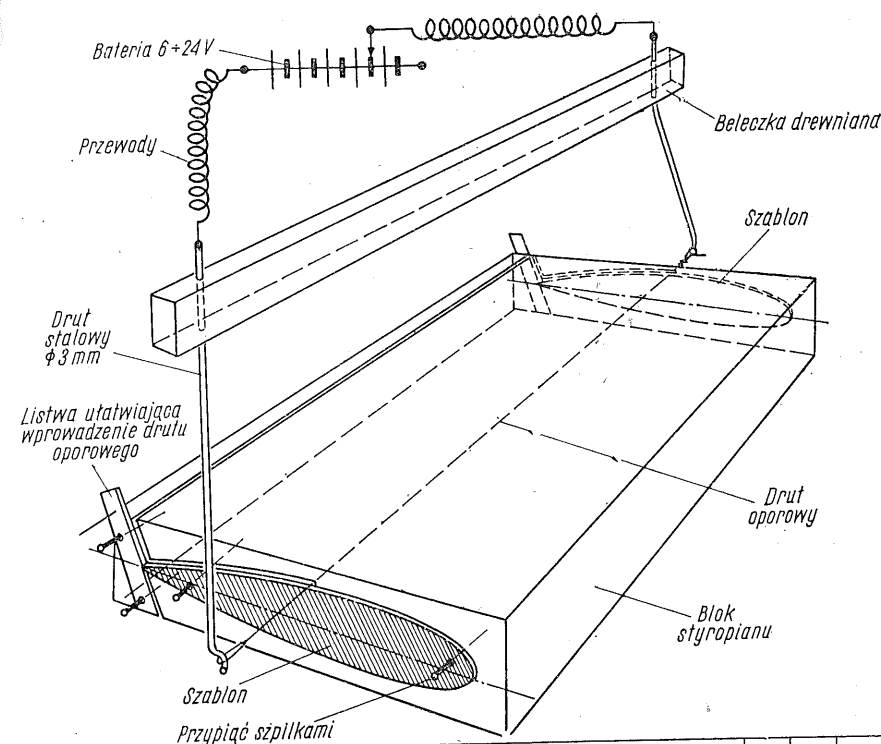
Duże perspektywy natomiast otwiera możliwość zastosowania tworzyw piankowych. Cała trudność polega na opanowaniu metody wiercenia otworów i wycinania płytów (rys. 4-38 i 4-39). Dobre rezultaty uzyskuje się przy użyciu gorącego drutu, którym całe bloki styropianu dają się przecinać jak kostki masła. Urządzenie służące do tego celu jest bardzo proste. Składa się ono z kawałka drutu oporowego, napiętego w odpowiedniej ramce, rozgrzewanego przepływającym prądem. Konstrukcja urządzenia, stosowanego z powodzeniem przez autora, wyjaśniona jest na rysunku 4-39. Druk powinien być zasilany prądem o niskim napięciu (najwyżej 24 V). Jako źródła prądu najlepiej użyć akumulatora samochodowego bądź transformatora warsztatowego. Pobór prądu, a więc i temperaturę drutu regulujemy tak, aby uzyskać możliwie dużą płynność cięcia i gładkość powierzchni wycinanego elementu. W pierwszym przypadku możemy to łatwo zrobić przez dołączenie przewodów do zacisków odpowiednich ogniw akumulatora. W drugim przypadku, gdy transformator nie ma wielu wyprowadzeń, trzeba zastosować opornik lub wstawić w obwód kawałki drutu (spirali) oporowego.

Posługiwanie się tą „włosnicą” jest również bardzo proste, choć wymaga współpracy dwóch osób, które prowadzą druk oporowy po szablonach (odpowiadających profilom: początkowemu i końcowemu), przymocowanych szpilkami do zewnętrznych krawędzi odpowiednio długiego bloku styropianowego. Długość bloku powinna odpowiadać długości elementu płyta.

W przypadku braku odpowiedniego materiału, można skleić skrzydło z kilku wykonanych w ten sposób elementów. Jakość i dokładność wyciętego elementu zależy od gatunku styropianu, zachowania odpowiedniej sztywności całego bloku podczas cięcia oraz od równomiernego prowadzenia drutu włosnicy. Metodą tą można wycinać skrzydła i stateczniki o różnym kształcie, a nawet robić w nich wewnętrzne wycięcia. Wykonanie wycięć bez naruszenia zewnętrznej warstwy jest możliwe, podobnie jak przy wycinaniu zwykłą włosnicą, po uprzednim wykonaniu otworu i przewleczeniu przezeń drutu. Otwór możemy wykonać wytapiając go prostym rozgrzanym drutem.



4-38. Sposób wykonywania otworów w blokach styropianu

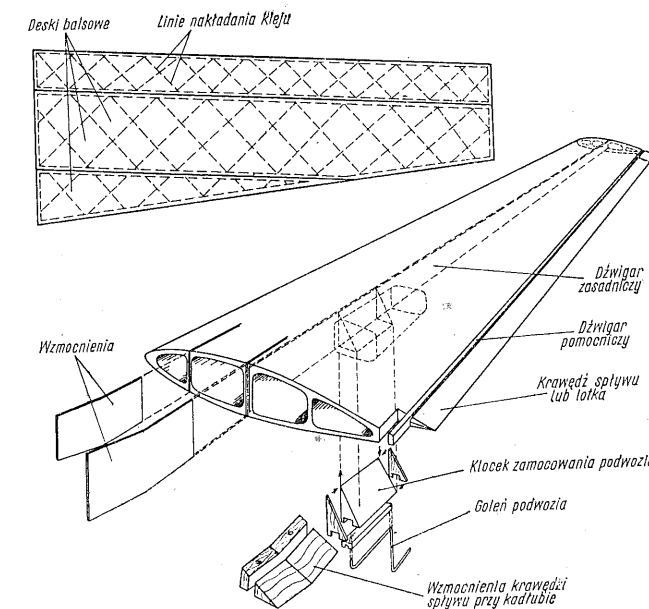


Długość drutu oporowego [mm]	200	300	400	600	1000
Napięcie baterii [V]	6	8	10	16	24

Druk musi być równo i pewnie prowadzony, aby kierunek otworu był prawidłowy (zasada pokazana jest na rys. 4-38).

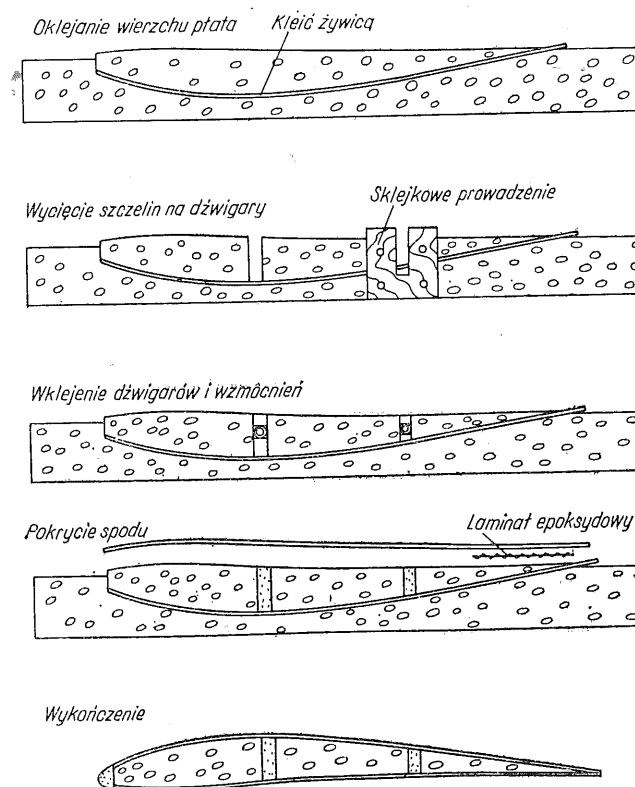
Uzyskane w ten sposób elementy, zanim będą mogły pełnić rolę skrzydeł i stateczników, muszą być odpowiednio wzmocnione przez wklejenie krawędzi, dźwigarów oraz ewentualne pokrycie cienką balsą. Jedną z wielu możliwości pokazano na rysunku 4-40.

Opisanymi metodami można wykonać nie tylko grube i sztywne skrzydła modeli samolotów, ale także smukłe skrzydła o cienkim profilu. Praktyczny sposób polegający na wykorzystaniu odciętego bloku styropianowego jako formy montażowej pokazany jest na rysunku 4-41.



4-40. Wykończenie skrzydła wykonanego ze styropianu

4-39. Urządzenie do cięcia bloków styropianu za pomocą drutu oporowego



4-41. Praktyczna metoda wykonania skorupowego, styropianowego skrzydła o cienkim wklęsłym profilu

Przy wykończaniu powierzchni należy stosować takie same metody, jak przy wykończaniu kadłuba. Trzeba zwrócić uwagę, że pełne skorupowe skrzydło z wypełniaczem piankowym jest jednak znacznie cięższe niż analogiczny płat, wykonany tradycyjnymi metodami. Wiele zależy od jakości styropianu, jego gęstości i elastyczności oraz od sposobu wykończenia powierzchni skorupy. Oprócz styropianu istnieją jeszcze inne tworzywa piankowe, np. poliwinylowe, poliuretanowe itp. Ich zastosowanie w miniaturowym lotnictwie jest na razie ograniczone.

Zamocowanie skrzydła. Zależnie od rozmiarów modelu, konstrukcji i potrzeby, będziemy mogli stosować różne sposoby zamocowania skrzydła do kadłuba.

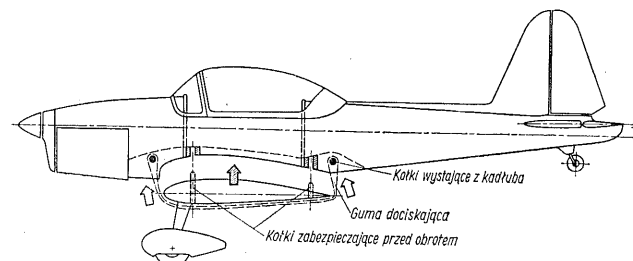
Omówimy kilka najbardziej typowych rozwiązań.

1. W bardzo małych modelach swobodnie latających, np. w klasie 0,5÷1,0 cm³, a również w niedużych modelach na uwięzi, możemy zastosować skrzydła nierozbieralne — na stałe sklejone z kadłubem. Zasada konstrukcji polega na tym, aby wszystkie zasadnicze listwy skrzydła, jak dźwigary, krawędzie natarcia i spływu, przykleić do odpowiednich wręg kadłuba, specjalnie zaprojektowanych.
2. W małych modelach górnopłatowych, grzbietopłatowych i dolnopłatowych można wykonać niedzielone skrzydło (jako jeden element) i montować je do kadłuba pasami gumy, zaczepionej o odpowiednie kołki wklejone w kadłub (rys. 4-42).

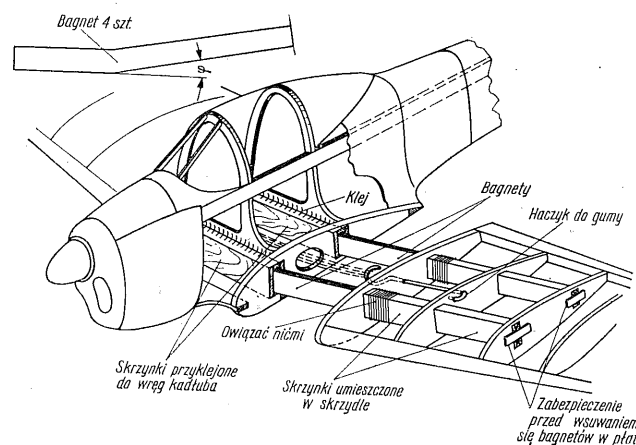
3. Skrzydła dużych modeli ze względu na swą dużą rozpiętość są bardzo kłopotliwe w transporcie, a ciężka konstrukcja w „jednym kawałku” jest bardziej narażona na uszkodzenia w przypadku zaczepienia skrzydłem o przeszkodę. Aby temu zapobiec, stosujemy skrzydła dzielone. Do skrzydeł wolnonośnych, nie podpartych żadnymi zastrzałami, będziemy stosowali zamocowanie „bagnetowe” (rys. 4-43). Polega ono na połączeniu obu połówek skrzydła dwoma płaskimi metalowymi sworzniami przetkniętymi przez kadłub i wchodzącymi w odpowiednie skrzyneczki zamocowane w skrzydłach. Skrzyneczki zamontowane w skrzydłach powinny przejść przynajmniej przez trzy żeberka na odcinku równym najmniej połowie szerokości płata w miejscu zamocowania. Skrzyneczki skleja klejem Certus z dwóch pasków cienkiej sklejki i listewek (rys. 4-44).

Jeśli model nie należy do największych (np. klasa 1,5 cm³) i nie jest zbyt ciężki, możemy bagnet po prostu przetknąć przez otwory w przykadłubowych żeberkach kadłuba, tak jak to pokazano na rysunku 4-45. Takie rozwiązanie ma tę zaletę, że umożliwia regulację wzniosu płata przez wymianę bagnetów na inne. W ciężkich modelach takie zamocowanie grozi wyłamaniem przykadłubowego żeberka, które musimy wzmocnić.

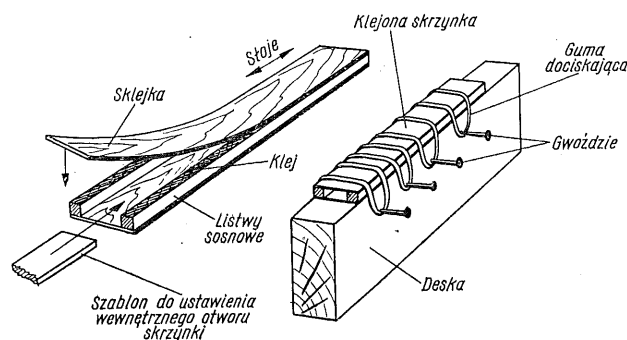
Na regulację wzniosu pozwala również zamocowanie takie, jak na rysunku 4-43, z tym że bagnet musi być wówczas również dzielony, ponieważ nie uda się nam przetknąć zagiętego bagnetu przez skrzyneczkę w kadłubie. Stosujemy je wówczas, gdy przykadłubowa część



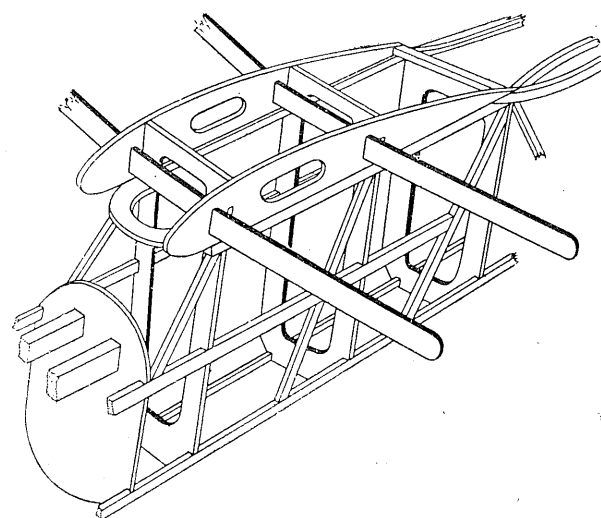
4-42. Zamocowanie niedzielonego płata za pomocą gumy



4-43. Bagnetowe zamocowanie skrzydeł w modelu wolnonośnego dolnopłata



4-44. Sposób wykonania sklejkowej skrzynki na bagnet

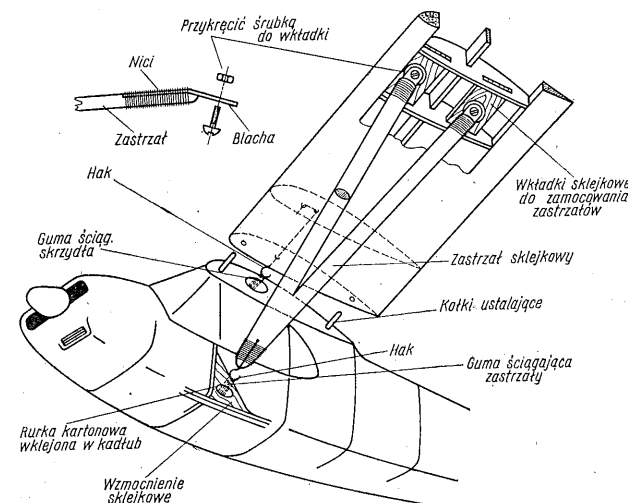


4-45. Zamocowanie skrzydła w modelu górnopłatowym

skrzydła, tzw. centropłat, jest dostatecznie szeroka, przynajmniej na jedną głębokość płata (przy kadłubie). Można stosować jeszcze inne rozwiązania, np. montując bagnet na stałe w kadłubie — przez przykręcenie do wręg. Wówczas bagnet będzie można wyjąć po dokręceniu śrub. Bagnet należy dopasować ciasno, aby skrzydła nie drgały. Mimo to należy koniecznie przewidzieć zastosowanie gumy wiążącej obie połówki skrzydła, ponieważ podczas pracy silnika nawet najlepiej dopasowane zamocowanie może się rozsunąć.

Tablica 4-3 orientuje, jakie bagnet należy stosować zależnie od klasy modelu. Sporządzono ją dla podwójnych bagnetów wykonanych z dobrej blachy duraluminiowej.

4. Zamocowanie skrzydła podpartego zastrzałem możemy rozwiązać w dwojaki sposób:



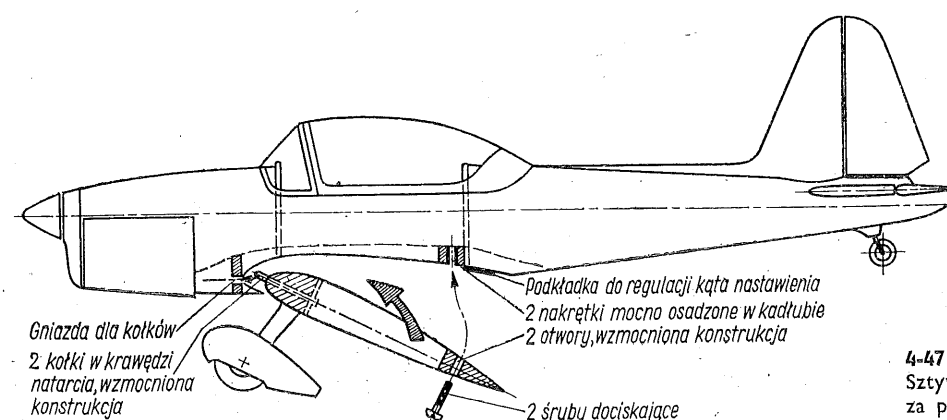
4-46. Zamocowanie skrzydła za pomocą zastrzału

Wymiary bagnetów skrzydłowych

Wersja modelu	Pojemność silnika [cm ³]			
	1,0	1,5	2,5	5,0
	Wymiary bagnetów (grubość blachy × wysokość bagnetu) [mm]			
Swobodnie latający	1 × 8 lub (1 × 6) 2	1 × 14 lub (1 × 10) 2	1,5 × 14 lub (1,5 × 10) 2	2 × 20 lub (2 × 15) 2
Zdalnie kierowany lub na uwięzi	1 × 12 lub (1 × 8) 2	1,5 × 16 lub (1,5 × 12) 2	2,5 × 25 lub (2 × 20) 2	3 × 25 lub (3 × 20) 2

- zamocować skrzydło jako wolnonośne, za pomocą bagnetów, a zastrzały przykleić dla dekoracji; aby zastrzały nie przeszkadzały w momencie gdy zamocowanie się rozsunie, np. podczas uderzenia, należy zamocować je tak, by mogły łatwo odpaść, używając do tego celu dużych krawieckich zatrzasków;
 - wykorzystać zastrzał w sposób zgodny z jego przeznaczeniem; zamocowanie takie jest z reguły lżejsze od bagnetowego i nie wymaga wzmocnienia nasady skrzydła; nadaje się szczególnie do skrzydeł, które zbiegają się u nasady, np. jak w samolocie LWS MEWA.
5. W małych modelach na uwięzi stosuje się na ogół sztywne zamocowanie zastrzałów z kadłubem i skrzydłem — podobnie jak w samolocie.

Modele swobodnie latające wymagają zastosowania połączeń elastycznych. Sprawdzone, elastyczne zamocowanie można wykonać według koncepcji pokazanej na rysunku 4-46. Zastrzał wykonany ze sklejki zaopatrzonej w blaszane końcówki przykręcamy na stałe do skrzydła, które ma w tym miejscu wzmocnienia w postaci sklejkowych wkładek lub drewnianych klocków. Pozostałe dwa końce zastrzałów mają haczyki, służące do związania ich gumą poprzez otwór w boku kadłuba. W tym miejscu kadłub powinien mieć wzmocnienie, a w celu ułatwienia w przewleczeniu gumy oba otworki należy połączyć rurką. Skrzydła ustala się bambusowymi kołeczkami przetkniętymi przez kadłub i wchodzącymi w odpowiednie



4-47. Sztywne zamocowanie niedzielonego płata za pomocą kołków i śrub

otworki nasadowych żeber skrzydła lub lepiej za pomocą dłuższych drutów wchodzących w rurę (ew. przewiercone kołki) zaklejone wewnątrz skrzydła, co zabezpiecza kadłub przed uszkodzeniami spowodowanymi uderzeniem nasadowej krawędzi skrzydła. Obie połowki skrzydła wiążemy gumą.

We wszystkich rozwiązaniach wznios płata może być regulowany przez zmianę długości zastrzałów.

6. Oddzielny problem to zamocowanie skrzydła w dużych modelach na uwięzi i zdalnie kierowanych — zwłaszcza akrobacyjnych. Wymaga się tu dużej sztywności zamocowania i na ogół rezygnuje z możliwości awaryjnego rozłączania. Powszechnie przyjęto się rozwiązanie pokazane na rysunku 4-47, polegające na zastosowaniu dwóch kołków ustalających i dwóch śrub.

Stateczniki

Podczas opracowywania konstrukcji stateczników obowiązują te same zasady, co przy konstrukcji skrzydeł, z tym tylko, że profil jest symetryczny. Podobnie jak w skrzydłach w odniesieniu do lotek i kłap, również w stateczniku możemy uwzględnić lub nie ich podział na stateczniki i stery.

Do małych modeli wykonuje się stateczniki w formie płaskiej płytki. W przypadku zastosowania sosny będzie to konstrukcja rozpórkowa (rys. 4-48). Jeżeli mamy deseczki balsowe, to najprostszy statecznik możemy wykonać wycinając go wprost z deski lub sklejąc z kilku deseczek.

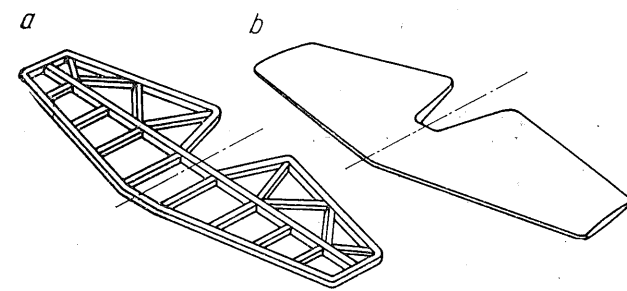
Przy większych statecznikach stosuje się konstrukcje żeberkowe albo skorupowe z wypełniaczem lub bez. Przykład najprostszej konstrukcji statecznika ze sterem wysokości (do modelu na uwięzi) pokazany jest na rysunku 4-49.

Zamocowanie stateczników podlega tym samym zasadom, co zamocowanie skrzydła. W małych modelach, przeważnie na uwięzi, w których rozmiary stateczników są niewielkie, a zależy nam, aby konstrukcja była możliwie lekka, stateczniki wykonujemy jako nierozbieralne — na stałe związane z konstrukcją kadłuba. Odejmovane stateczniki wykonujemy głównie po to, aby ułatwić transport modelu. Projektując zamocowanie należy jednak przewidzieć możliwość regulacji kąta nastawienia statecznika poziomego w niewielkich granicach — około 3°, głównie w kierunku kątów ujemnych, licząc od osi kadłuba.

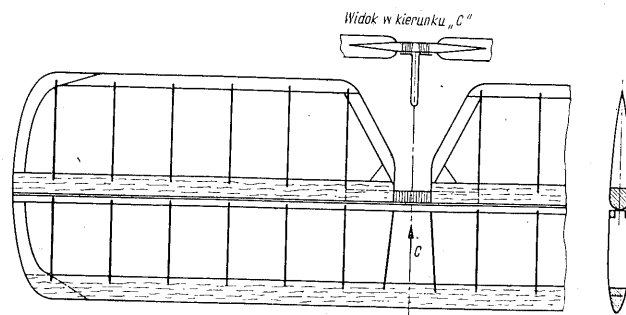
Ponieważ w samolotach statecznik poziomy jest zazwyczaj umieszczony w obszarze statecznika pionowego, często jesteśmy zmuszeni demontować oba stateczniki jednocześnie. Stosuje się dwa rodzaje rozwiązań:

- statecznik poziomy jest na stałe związany ze statecznikiem pionowym i razem z nim odejmuje się od kadłuba,
- stateczniki demontowane są oddzielnie (rys. 4-50).

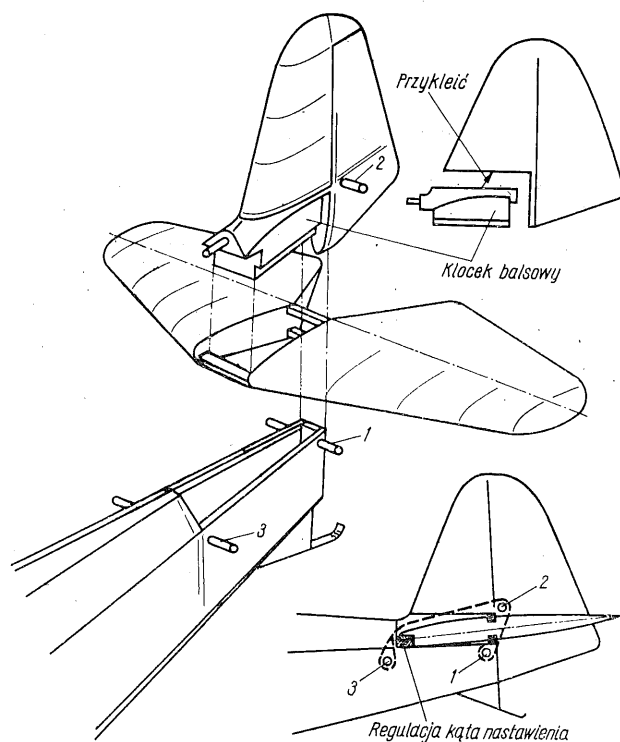
Można również podzielić statecznik poziomy na dwie połowki i montować je do kadłuba systemem bagietowym. Zazwyczaj wystarczy jeden bagiet i jeden kołek ustalający kąt nastawienia (patrz opis budowy RWD-5).



4-48. Najprostsza konstrukcja stateczników
a — konstrukcja rozpórkowa, b — statecznik wykonany z deseczek



4-49. Najprostsza żeberkowa konstrukcja statecznika i steru



4-50. Demontaż dzielonych stateczników, poziomego i pionowego

Konstrukcja rozbiernych stateczników musi być tak pomyślana, aby ich ustawienie względem kadłuba nie ulegało zmianom przy kolejnym rozbierniu i składaniu.

Krótkie omówienie miniaturowych konstrukcji lotniczych detali można na tym zakończyć. Oczywiście, rozwiązań konstrukcyjnych istnieje bardzo wiele — zwykle tyle, ilu jest konstruktorów.

Konstrukcje tu omówione są rozwiązaniami standardowymi — stosując je można zbudować w zasadzie każdy model. Nadają się one zarówno do modeli swobodnie latających, do modeli na uwięzi, jak i do modeli zdalnie kierowanych.

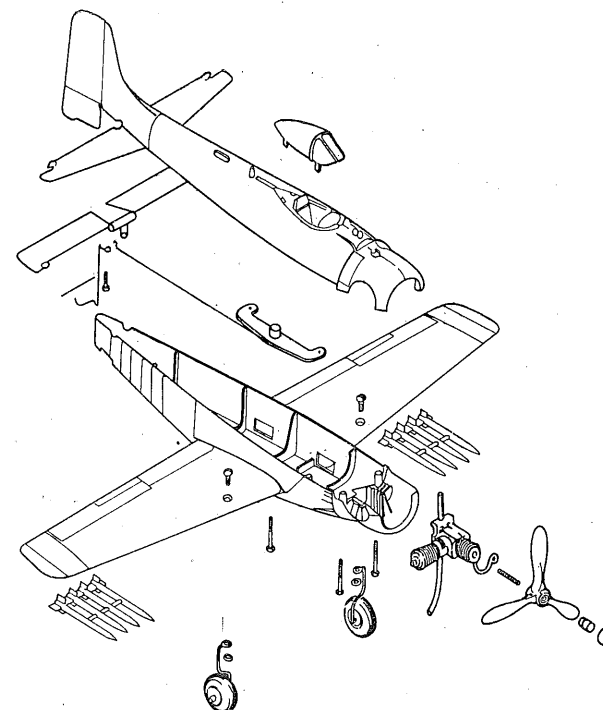
Projektując konstrukcję modelu na uwięzi oraz modelu zdalnie kierowanego (zwłaszcza akrobacyjnego) trzeba pamiętać o tym, że musi ona być znacznie mocniejsza i sztywniejsza niż modelu swobodnie latającego.

Konstrukcje prefabrykowane

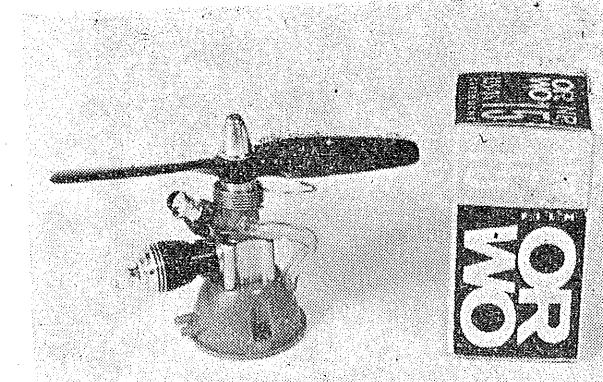
Jesteśmy świadkami wielkiego postępu technologicznego na całym świecie. I w miniaturowym lotnictwie nowoczesne fabryczne technologie masowego wytwarzania wypierają powoli tradycyjne, pracowite rzemieślnicze metody pracy. Ma to swój związek również z tym, że w wielu krajach od wielu już lat bardzo poważnie traktuje się to szczególne hobby będące bardzo poważnym źródłem dochodu dla nie mniej poważnego przemysłu. W związku z tym do prac rozwojowych wprężono nowoczesne, naukowe metody, a w wyniku ich stosowania utrwały się pewne optymalne wzorce dla modeli wielu typów. Od lat obserwuje się kształtowanie tych wzorcowych rozwiązań — zwłaszcza w dziedzinie modeli zdalnie kierowanych i na uwięzi. Jednocześnie rośnie liczba entuzjastów uprawiających miniaturowe lotnictwo nie tylko dla sportu, ale i dla zabawy, relaksu, odpoczynku. Wzrasta niezawodność silników, mechanizmów i urządzeń zdalnego kierowania, umożliwiających wykorzystanie nawet niewielkich skrawków wolnej przestrzeni. Stwarza to możliwość produkowania seryjnie całych modeli, ich podstawowych zespołów (kadłuby, skrzydła, elementy konstrukcyjne, części kadłubów, znormalizowane profilowe listwy skrzydłowe, żebra itp.) oraz innych części (owiewki, kołpaki, koła, podwozia, śmigła), które dotychczas były wykonywane ręcznie kosztem niemałego trudu i straty cennego czasu.

Widoczne są tu następujące tendencje. Bardzo małe modele na uwięzi produkuje się w zestawach przeznaczonych do składania — jako zabawki dla dzieci. Elementy tych modeli wykonywane są w formie ciśnieniowych, precyzyjnych odlewów z tworzyw sztucznych — najczęściej z wysokoudarowego polisterenu. Rysunek 4-51 wyjaśnia sposób zmontowania takiego modelu. Oprócz sklejenia kilku części model nie wymaga już żadnego wykończenia. Modele takie produkowane są również w formie zmontowanej wg zasady „wyjmij z pudełka i lataj”.

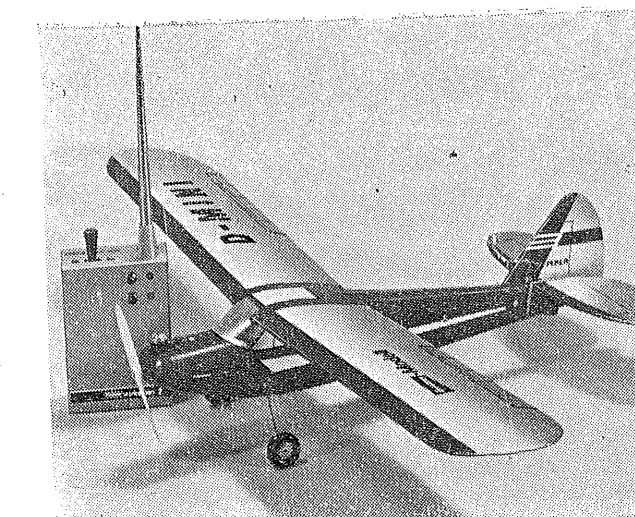
Możliwość rozpowszechnienia takich zestawów zależy w dużym stopniu od niezawodności i łatwości obsługi zastosowanego silnika. Prym w tej dziedzinie wiodą niewątpliwie firmy amerykańskie, zwłaszcza firma L.M. Cox produkująca między innymi bardzo małe silniczki o pojemności 0,16 i 0,32 cm³. Te mikroskopijne silniki (rys. 4-52) stanowią swego rodzaju ciekawostkę w produkcji dla celów miniaturowego lotnictwa. Obróbka dla celów miniatury części to szczytowe osiągnięcia przemysłu precyzyjnego. W wyniku tak dokładnej obróbki silniczki, mimo lilipucich rozmiarów, odznaczają się stuprocentową niezawodnością i nie



4-51. Elementy plastikowego modelu — zabawki (zestaw amerykański f-my COX)

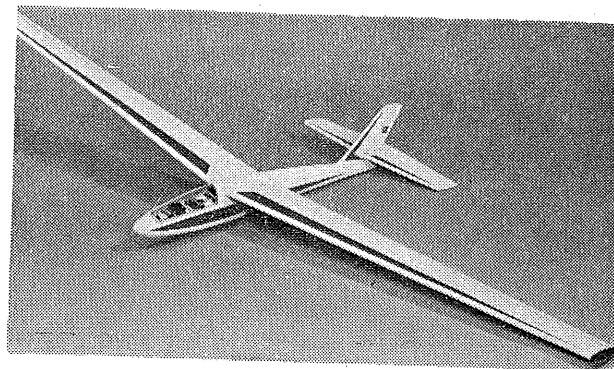


4-52. Mikroskopijny silniczek spaliny COX TEE-DEE.010 o pojemności 0,16 cm³
Dane silniczka: wysokość 30 mm, długość (ze zbiornikiem) 50 mm, ciężar (ze zbiornikiem i rozrusznikiem sprężynowym) 14 G, moc maksymalna 0,032 KM przy 32 000 obr/min (foto autora)



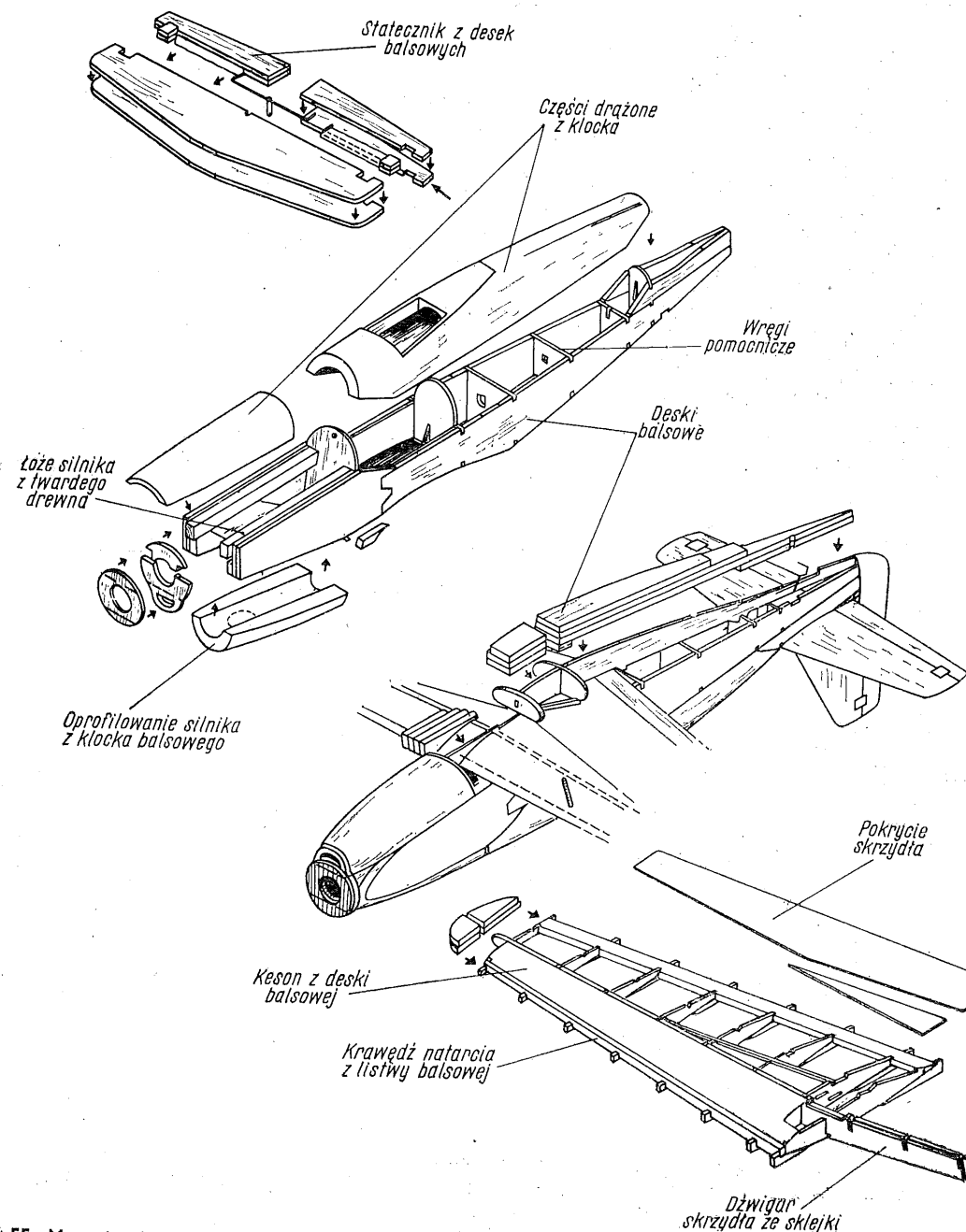
4-53. Plastikowy model samolotu PIPER wykonany z zestawu f-my GRAUPNER przystosowany do najprostszych form zdalnego kierowania
Dane modelu: rozpiętość 720 mm, długość 450, powierzchnia skrzydła 2,2 dcm², ciężar 250 G, silnik 0,3÷0,5 cm³

wymagają wcale docierania. Rozruch odbywa się za pomocą sprężynowego rozrusznika i jest natychmiastowy; nie sprawia kłopotu nawet dziecku. Nieco większe modele typu tzw. przyjemnościowego produkuje się przeważnie w formie zestawów do indywidualnego sklejenia i wykończenia. Zestaw taki zawiera skrzydła, plastikowy kadłub, elementy podwozia, kabiny, kółka, klej i materiały niezbędne do wykończenia całości. Do modeli tego typu stosowane są zazwyczaj popularne silniki o pojemności 0,5÷1,5 cm³. Silnik trzeba jednak (na ogół) nabyć oddzielnie — w skład zestawu bowiem nie wchodzi. Do grupy tej zaliczają się małe modele swobodnie latające z silnikami o pojemności 0,5 cm³, proste modele przeznaczone do najtańszych form zdalnego kierowania (rys. 4-53) oraz modele na uwięzi z silnikami do 1,5 cm³ pojemności. Są to przeważnie modele popularnych samolotów sportowych (CESSNA, PIPER) głównie górnopłatowe, odznaczające się dużą statecznością.



4-54. Zdalnie kierowany model polskiego szybowca wyczynowego SZD-24 FOKA wykonany z zestawu f-my GRAUPNER

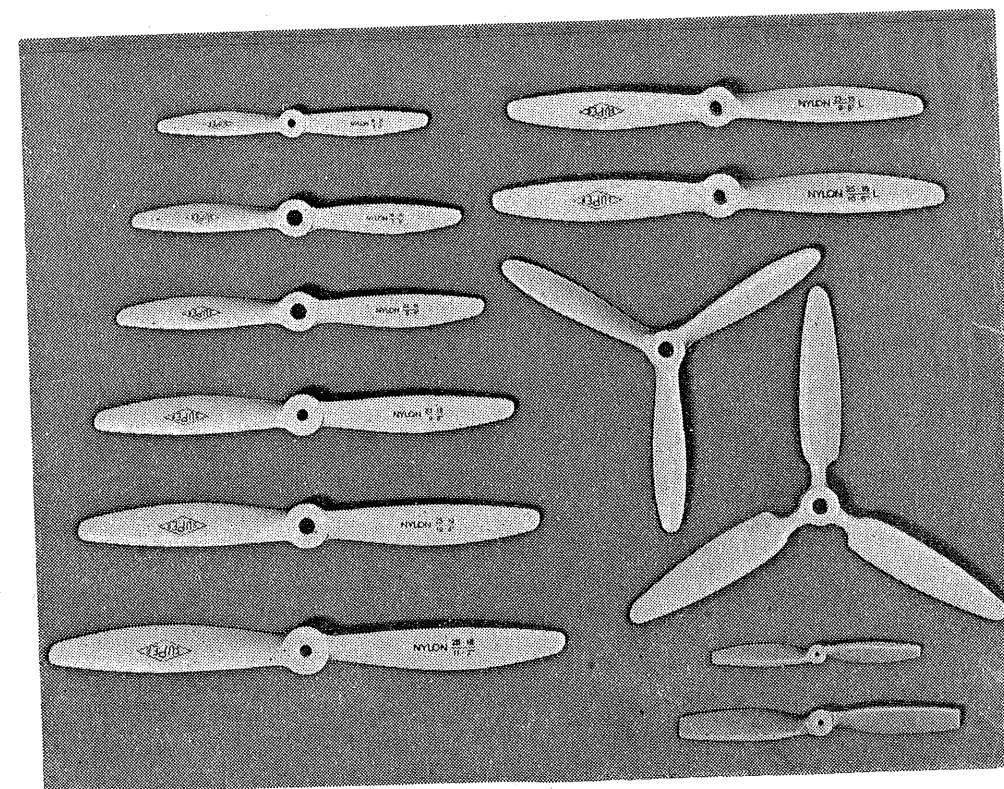
Zestawy takie produkowane są przez wiele firm europejskich, amerykańskich i japońskich (Keil Kraft — W. Brytania, Graupner — RFN, Top-Flite — USA, Futaba — Japonia).



4-55. Montaż całkowicie balsowego modelu P-51D MUSTANG z zestawu amerykańskiej f-my JETCO

Metody prefabrykacyjne stosowane są również przy produkcji zestawów bardziej skomplikowanych, dużych modeli sportowych (latanie przyjemnościowe, trening), a także specjalnych modeli zawodniczych. Rysunek 4-54 przedstawia model polskiego szybowca wyczynowego SZD-24 FOKA, wykonany z zestawu f-my Graupner. Kadłub tego modelu, o znacznej długości 800 mm, wykonany jest w całości z tworzywa sztucznego, skrzydła i usterzenie z prefabrykowanych części balsowych. W przypadkach gdy produkcja nie może być duża (trudne, skomplikowane modele zawodnicze) stosuje się zestawy z prefabrykowanych elementów balsowych. Jako przykład może służyć rysunek 4-55. Przedstawia on montaż całobalsowego modelu samolotu myśliwskiego P-51 MUSTANG. Zestaw zawiera obrobione wstępnie, wydrążone balsowe elementy kadłuba, prefabrykowane, profilowe elementy skrzydła, gotowe żebra oraz wszystkie inne części niezbędne do zmontowania, pokrycia i pomalowania modelu.

strzowskie itp.; zapewnia to przyszłym ich użytkownikom wysokie osiągi. W wielu krajach wytworzył się odmienny niż u nas proces dochodzenia do własnych udanych konstrukcji, a mianowicie: najpierw prosty wypróbowany model z zestawu, potem modele trudniejsze, następnie przeróbka lub modyfikacja modelu wykonanego z części wchodzących w skład zestawu, a potem dopiero własne konstrukcje. Doświadczeń z zakresu prac projektowych i metod projektowania na ogół się nie publikuje, gdyż stanowią one tajemnicę produkcji. Niezależnie od produkcji modeli i ich zestawów te same firmy produkują na ogół szeroki wachlarz typowych części i akcesoriów. Produkują nie tylko najprostsze części, ale również specjalne, przeznaczone wyłącznie do użytku zawodniczego. W produkcji tych ostatnich specjalizuje się na przykład f-ma Kavan, znana ze specjalnych akcesoriów silnikowych (wielozakresowe, wyczynowe gaźniki do różnych silników itp.).



4-56. Znormalizowane typowe śmigła miniaturowe

Zasadniczą cechą wszystkich zestawów — od najprostszych do najbardziej skomplikowanych — jest to, że modele zbudowane dokładnie według fabrycznych instrukcji są na ogół niezawodne w działaniu, nie mają wad statecznościowych czy pilotażowych i nie wymagają specjalnych zabiegów przy oblatywaniu. Zanim bowiem model wejdzie do seryjnej produkcji w formie zestawu, jego prototypy przechodzą dokładne, drobiazgowo badania, w rezultacie których (po wprowadzeniu niezbędnych poprawek) uzyskuje się możliwie najlepszy kompromis pomiędzy wymaganiami eksploatacyjnymi a właściwościami lotnymi. W formie zestawów produkuje się również takie modele, które wyróżniły się na zawodach — zwycięskie modele mi-

Niektórych elementów obecnie już prawie wcale nie wykonuje się indywidualnie. Dotyczy to zwłaszcza śmigieł, kołpaków, kółek, podwozi, zbiorników napędów (popychacze, dźwignie sterowe, zawiasy, orczyki itp.). Na przykład asortyment produkowanych w wielu krajach śmigieł (W. Brytania, RFN, USA) jest tak szeroki, że zawsze można dobrać odpowiednie śmigło do silnika i modelu. Produkuje się śmigła dwu- i wielołopatkowe (drewniane, nylonowe i z laminatów szklano-epoksydowych) o różnych kombinacjach średnicy i skoku i różnych kształtach dostosowanych do wymagań miniaturyzacji (rys. 4-56).