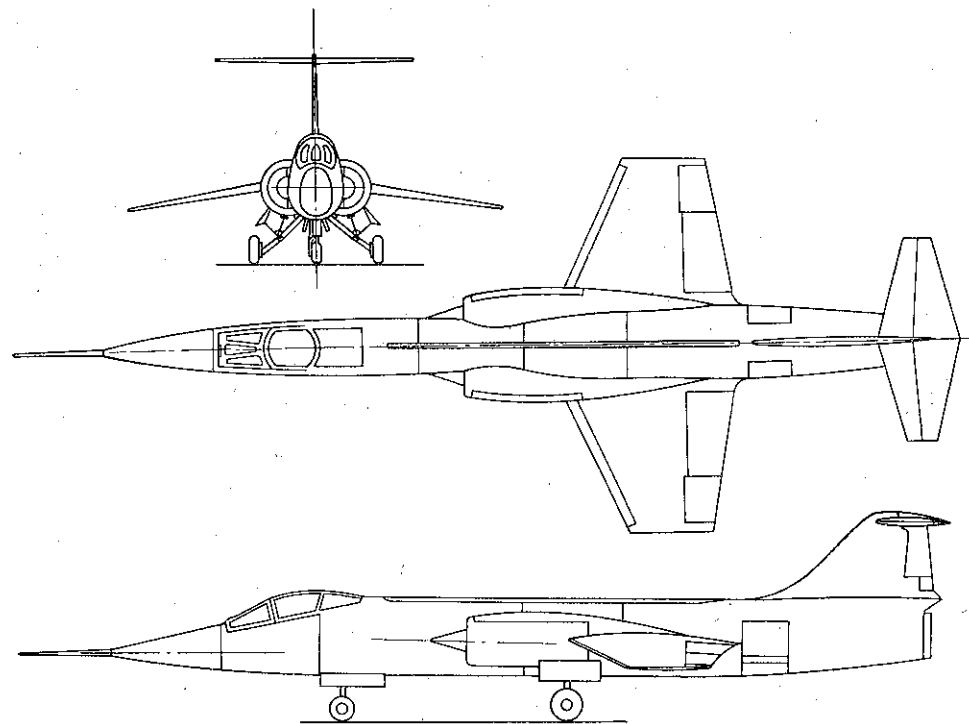


Wszystkie pozostałe zasady projektowania, dotyczące stateczności i sterowności modeli na uwięzi, pozostają takie same, jak dla modeli zwyczajnych.

Projektowanie wersji swobodnie latającej wymaga o wiele większego doświadczenia. Dochodzi problem uzyskania odpowiedniej stateczności w locie swobodnym, co nie jest łatwe, ponieważ odrzutowce mają kształty raczej niekorzystne pod tym względem.

Dużo zależy od wyboru odpowiedniego samolotu. Kierujemy się następującymi względami:

- 1) skrzydła powinny mieć możliwie dużą rozpiętość w stosunku do rozmiarów kadłuba, pożądane jest również, aby skrzydła miały jak największe wydłużenie; przykładem samolotu o niekorzystnych proporcjach może być amerykański myśliwiec F-104 STARFIGHTER, którego sylwetka pokazana jest na rysunku 10-18; wystarczy porównać tę sylwetkę z rysunkiem FIATA G-91, aby zrozumieć różnice;



Rys. 10-18. Sylwetka samolotu F-104 STARFIGHTER

- 2) kadłub nie powinien być zbyt pękaty (duży opór i trudności z ciężarem); należy również unikać zbyt wielkich stateczników pionowych, natomiast bardzo pożądanym jest duży statecznik poziomy.

Właściwy dobór rozmiarów i ciężaru ma wielkie znaczenie. Ogólna zasada mówi, że model powinien być możliwie jak największy. Jest to narzucone tym, że modele samolotów odrzutowych mają niedużą stateczność własną i silna reakcja od silnika może tę stateczność zakłócić. Ciąg silnika powinien wystarczyć tylko na płaski lot wznoszący. Zbyt wielki nadmiar mocy jest szkodliwy.

Proporcje swobodnie latających modeli odrzutowców napędzanych śmigłem

Pojemność silnika (cm ³)	Powierzchnia skrzydła (dm ²)	Przeciętna rozpiętość (mm)*)	Orientacyjny ciężar (G)
0,5	16	900	300
1,0	24	1100	500
1,5	36	1350	800
2,5	60	1700	1500

*) Podana w tablicy rozpiętość dotyczy normalnego skrzydła trapezowego (jak u FIATA G-91).

Tablica 10-2 umożliwi dobór właściwych proporcji zależnie od pojemności silnika. Sporządzona została dla silników o średniej wydajności.

Do skrzydeł stosuje się cienkie profile płaskowypukłe typu CLARK-Y o grubości rzędu 8‰. Skrzydła montujemy pod kątem (dodatnim) około 2° względem osi kadłuba. Statecznik poziomy o profilu symetrycznym powinien mieć kąt ujemny rzędu -3°. Powinna istnieć możliwość regulacji tego kąta.

Wyważenie modelu należy umieścić w ok. 25‰ średniej ciężkości skrzydła.

Zwicherung końców skrzydła skośnego jest konieczne (ok. -3°).

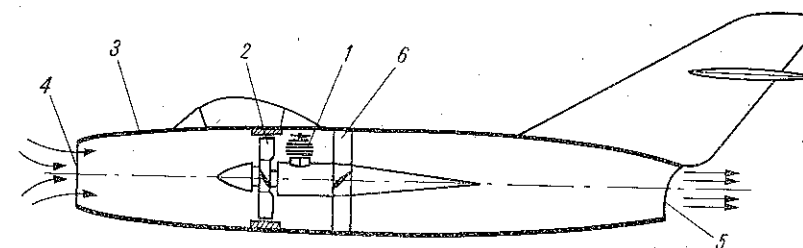
Przy skrzydłach skośnych wznios może być bardzo niewielki (2÷3°). Dla skrzydeł prostych wznios musi być większy (do 6°).

Modele samolotów odrzutowych o napędzie „tunelowym”

Najbardziej „odrzutowy” spośród wszystkich rodzajów napędu, stosowanych w modelarstwie, jest niewątpliwie tzw. napęd „tunelowy”. Pozwala on na zbudowanie modelu o niczym nie skażonej sylwetce i uzyskanie szybkiego, statecznego lotu.

Prosta zasada oraz możliwość wykonania pracy we własnym zakresie, to najważniejsze zalety tego napędu.

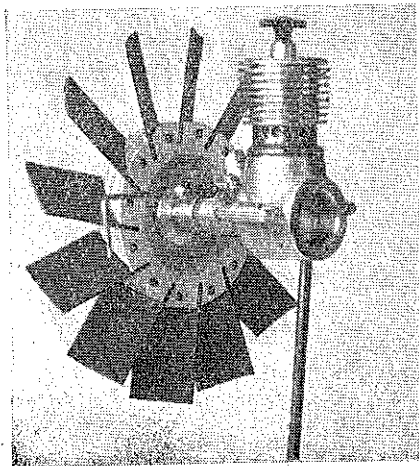
Schemat podany na rysunku 10-19 wyjaśnia istotę urządzenia wkomponowanego w sylwetkę MIG-a 15.



Rys. 10-19. Schemat modelu o napędzie tunelowym

Jest to jakby odmiana napędu śmigłowego. Źródłem mocy jest normalny silnik modelarski 1. Różnica polega na tym, że zamiast normalnego śmigła o dużej średnicy zastosowano wentylator 2, o znacznie mniejszej średnicy i wielkiej liczbie łopatek. Na fotografii (rys. 10-20) widzimy sil-

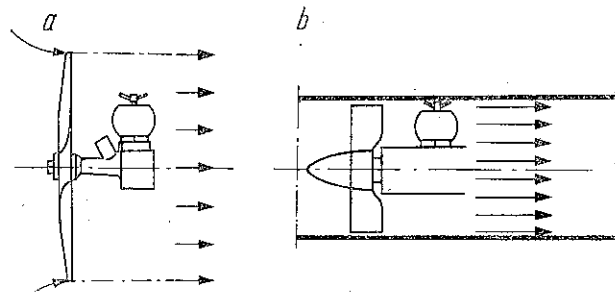
nik z wentylatorem, który ma 12 łopatek na obwodzie. Zastosowanie dużej liczby małych, szerokich łopatek zamiast dwu lub trzech smukłych łopatek zwyczajnego śmigła pozwoliło na zastosowanie wentylatora o bardzo małej średnicy. Na przykład dla silnika o pojemności 2,5 cm³ średnica zwyczajnego śmigła wynosi około 220 mm, zaś średnica wentylatora tylko 100÷115 mm. Dzięki temu wentylator niewiele wystaje ponad cylinder silnika i razem z nim może być umieszczony wewnątrz kadłuba, który spełnia rolę tunelu 3. Obracając się wewnątrz kadłuba zasysa on powietrze poprzez wlot 4, nadaje mu znaczną prędkość i poprzez otwór dyszy wylotowej 5 wypycha je na zewnątrz.



Rys. 10-20. Porównanie turbinki tunelowej i silnika modelarskiego

Różnicę pomiędzy napędem śmigłowym a tunelem ilustruje rysunek 10-21. Tam duża średnica i mała prędkość powietrza za śmigłem (rys. 10-21a), tu mała średnica i duża prędkość powietrza tłoczonego przez wentylator (rys. 10-21b). W obu przypadkach rezultatem jest ciąg. Ciąg wytworzony przez wentylator jest jednak mniejszy, ponieważ wentylator jest urządzeniem

mniej doskonałym, jeżeli pracuje z tą samą prędkością obrotową co śmigło, a poza tym dochodzą straty na tarcie w tunelu, opory aerodynamiczne itp. Mamy więc źródło napędu, chociaż mniej doskonałe od śmigła, jednak świetnie nadające się do redukcyjno-latających modeli odrzutowców, szczególnie w wersji swobodnie latającej, którą tak trudno było nam zrealizować za pomocą innych sposobów napędu.



Rys. 10-21. Porównanie napędu śmigłowego i tunelowego

Napęd tunelowy, mimo że stosunkowo niedawno został zastosowany po raz pierwszy, zdążył już sobie uzyskać wielką popularność. Złożyło się na to wiele zalet napędu tunelowego. Oto one — w skrócie:

- małe rozmiary umożliwiające budowę niedużych modeli,
- wystarczający ciąg,
- małe siły pochylające model na skrzydło (reakcja od silnika) w przeciwieństwie do zwyczajnego napędu śmigłowego,
- zastosowanie typowego silnika modelarskiego.

Przy napędzie śmigłowym cały moment niezbędny do obracania śmigła, przenosi się poprzez obudowę silnika w postaci reakcji na model, zakłócając znacznie stateczność. Z tego powodu modele o napędzie śmigłowym muszą być bardzo duże. Przy napędzie tunelowym reakcja silnika oczywiście istnieje, jest ona jednak kasowana przez działanie strumienia powietrza poza wentylatorem na nieruchome łopatki kierujące. Strumień powietrza początkowo skrecony w kierunku obrotów zostaje przez łopatki kierujące wyprostowany, dając siłę skierowaną przeciwnie do działania reakcji silnika. Resztę dopełnia tarcie powietrza o ściany tunelu, tak że w momencie opuszczania dyszy wylotowej strumień powietrza biegnie prosto i w rezultacie nie ma sił przechylających model na skrzydło lub są one bardzo małe.

Ta niezwykle korzystna cecha napędu tunelowego pozwala budować małe modele, nawet o układzie delty, które zdolne są latać z dużą prędkością i to w locie swobodnym. Dzięki temu zwiększa się znacznie efekt lotu i złudzenie podobieństwa. Modele o napędzie tunelowym (rys. 10-22) potrafią wzbijać się szybko i osiągać znaczne wysokości.



Rys. 10-22. Model o napędzie tunelowym zbudowany przez angielskiego modelarza P. E. Normana — specjalistę w tej dziedzinie

Ukryty we wnętrzu kadłuba silnik nie czyni wielkiego hałasu; model nadlatuje prawie bezszelestnie. Z rozruchem także nie ma wielkiego kłopotu, ponieważ można to zrobić za pomocą sznurka nawiniętego na rolkę, która znajduje się przed wentylatorem. W tym celu w kadłubie znajduje się odchylana kłapa umożliwiająca dostęp do wentylatora silnika. Oczywiście, są i wady tego napędu, jak: trudności wykonania odpowiednio lekkiego i mocnego kadłuba, turbinki, kłopoty z doborem odpowiednio sprawnego wentylatora itp.

Trzeba wyjaśnić jeszcze jedną możliwą wątpliwość. Niektórzy modelarze sądzą, że w napędzie tunelowym ukryta jest jakaś wielka tajemnica, że wewnątrz modelu znajdują się specjalne dysze, które powodują odrzut i sprawiają, że model dobrze lata.

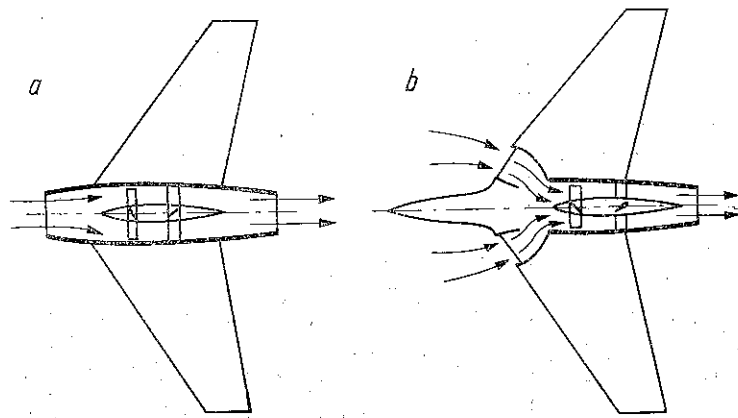
Otóż nie — model tunelowy to taki latający odkurzacz: z przodu ssie, z tyłu dmucha. Żadne przemysłne dysze nie pomogą mu w locie, a wręcz przeciwnie, spowodują dodatkowy opór w przepływie powietrza i ciąg będzie mniejszy. Przy napędzie tunelowym obowiązuje więc tylko taka zasada: jak najmniej oporów w tunelu, jak największe otwory wlotowe i wylotowe — tunel jak najkrótszy.

Wybór odpowiedniego samolotu

Zwracamy uwagę na dwa zasadnicze względy: przydatność samolotu odrzutowego do zastosowania „tunelowego” napędu oraz stateczność przyszytego modelu w locie.

Wiemy, że gwarancją uzyskania dużego ciągu jest możliwie niewielki opór przepływu powietrza wewnątrz tunelu. Dlatego samolot dobrze nadający się na model „tunelowy” powinien mieć następujące cechy:

- 1) prosty przepływ powietrza — wlot umieszczony na wprost wylotu, jak w odrzutowcach MIG-15, SABRE, MYSTERE itp. (rys. 10-23a). Wszelkie zmiany w kierunku przepływu, na przykład przy wlotach u nasady skrzydeł, powodują straty (rys. 10-23b);



Rys. 10-23. Korzystne (a) i niekorzystne (b) ukształtowanie przelotów powietrza w modelu tunelowym

- 2) jak największą powierzchnię wlotu i wylotu w stosunku do maksymalnego przekroju kadłuba, który również powinien być możliwie duży ze względu na średnicę wentylatora. Pożądane jest, aby średnice wlotu i wylotu były równe co najmniej 0,7 maksymalnej średnicy kadłuba. Średnica wylotu może być nieco mniejsza. Zbyt małe przekroje otworów wlotowych i wylotowych są zazwyczaj powodem znacznych strat i małej sprawności wentylatora;
- 3) możliwie jak najmniejszą odległość pomiędzy wlotem a wylotem. Im krótsza droga przepływu powietrza wewnątrz modelu, tym mniejsze opory przepływu, tym większy ciąg. Pod tym względem układ pokazany na rysunku 10-24 wydaje się korzystniejszy od układu takiego, jak u MIG-a.

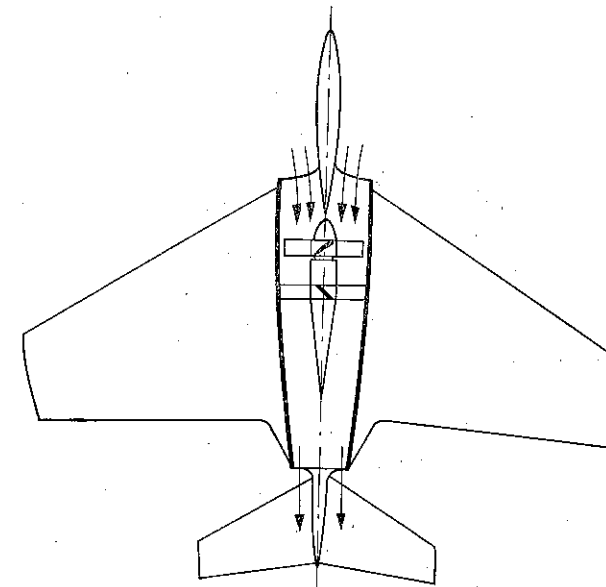
Jeśli samolot ma względnie duży wylot powietrza, a mały i niekorzystnie umieszczony wlot, można sobie poradzić wykorzystując wszystkie możliwe otwory (nawet stworzone sztucznie) w celu ułatwienia przepływu powietrza. Rysunek 10-25 ilustruje, jak wybrnięto z podobnego kłopotu w modelu samolotu COGUAR. Samolot ten ma niewielkie wloty u nasady skrzydeł. Do dodatkowego zassania wykorzystano otwór w osłonie kabiny (brak szyby czołowej) oraz cały szereg małych otworów u spodu nosa kadłuba, imitujących niejako otwory broni pokładowej.

Ze względu na stateczność przyszłego modelu wybrany samolot powinien mieć:

- możliwie dużą powierzchnię i rozpiętość skrzydeł w stosunku do rozmiarów kadłuba. Jest to również konieczne do uzyskania umiarkowanego obciążenia powierzchni nośnej, a co za tym idzie — nie za wielkiej prędkości lotu. Przy dużych kadłubach i małych skrzydłach prze-

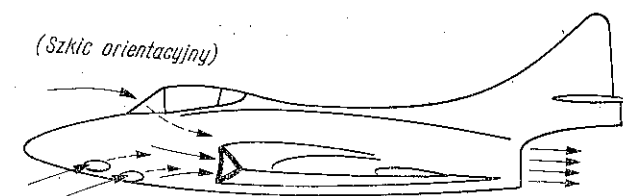
waża ciężar kadłuba i wskutek tego uzyskanie właściwego obciążenia powierzchni jest bardzo trudne;

- niezbyt ostre zakończenia skrzydeł i stateczników — wąskie końce płatów źle pracują w modelarskich warunkach;



Rys. 10-24. Korzystne dla napędu tunelowego ukształtowanie przelotów

- układ średniopłata lub górnopłata, możliwie bez ujemnego wzniosu, który w modelu swobodnie latającym nie zawsze może być stosowany. Układ średniopłata jest dodatkowo korzystny ze względów kon-



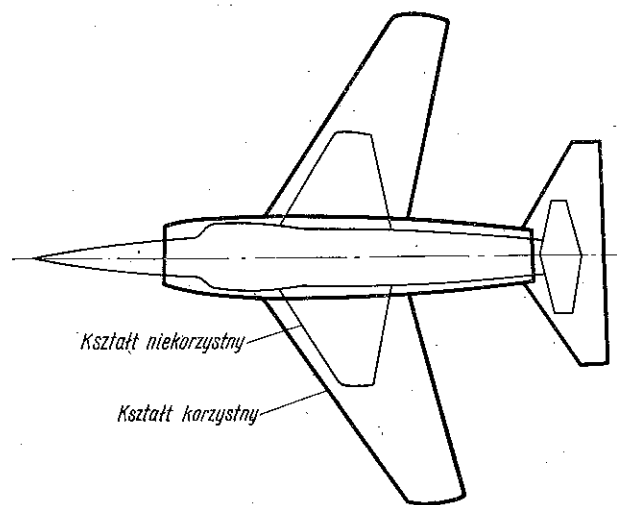
Rys. 10-25. Wykorzystanie dodatkowych otworów wlotowych do polepszenia sprawności napędu

- strukcyjnych (możliwość wspólnego zamocowania silnika i skrzydła);
- w modelach o układzie normalnym jest oczywiście pożądane, aby statecznik poziomy był jak największy. Odnosi się to szczególnie do samolotów, które nie mają dużego skosu skrzydła.

Na rysunku 10-26 naniesiono dwie sylwetki samolotów: korzystną ze względu na stateczność — linia gruba, oraz niekorzystną — linia cienka.

Poza tym decydując się na ten czy inny typ samolotu, trzeba się zastanowić, czy można rozwiązać konstrukcję modelu w sposób możliwie prosty stosując dostępne nam materiały (konstrukcję modeli samolotów

odrzutowych omówimy nieco dalej w tekście rozdziału). Decydujący wpływ ma kształt kadłuba. Skrzydła i stateczniki będziemy przeważnie konstruować według uprzednio poznanych metod. Kadłuby o skompliko-



Rys. 10-26. Porównanie korzystnej i niekorzystnej sylwetki samolotu do ewentualnej przeróbki na model „tunelowy”

wanych kształtach, zmiennym kształcie przekroju i licznych przejściach, są bardzo kłopotliwe zarówno do opracowywania konstrukcji, jak i do budowy. Najkorzystniejszy będzie kadłub o przekroju kołowym — jak u MIG-15, ŁA-17 itp.

Projektowanie wentylatora do napędu tunelowego

Do modeli tunelowych stosuje się przeważnie wentylatory osiowe, ponieważ dają one małe straty przepływu, są łatwe do wykonania, zamontowania i obsługi. Wentylatory promieniowe (odśrodkowe) stosuje się rzadko, choć możliwości takie istnieją.

Właściwe zaprojektowanie wentylatora jest bardzo ważne dla całej konstrukcji, ponieważ od jej rozmiarów zależy wielkość modelu.

Rozmiary wentylatora dobiera się zależnie od maksymalnej mocy silnika i od obrotów, przy których silnik tę moc rozwija. Dlatego, przed przystąpieniem do projektowania turbiny, konieczne trzeba wiedzieć, jakiej mocy i jakich obrotów można się spodziewać od silnika.

Tablica 10-3 umożliwia dobór właściwego wentylatora do najpopularniejszych silników spotykanych w Polsce i za granicą. Rubryki w ramach odnoszą się do silników najczęściej spotykanych w naszych krajowych warunkach.

Do napędu modeli tunelowych najlepsze są silniki o pojemności od 1,0 do 2,5 cm³. Przy mniejszych silnikach są trudności z uzyskaniem odpowiedniego ciągu, przy większych natomiast kłopoty z uruchomieniem silnika (szczególnie samozapłonowego) i z regulacją modelu. Większe silniki nadają się lepiej do modeli na uwięzi.

Z tablicy wynika, że średnica wentylatora maleje w miarę wzrostu obrotów pomimo zwiększonej mocy. Ponadto przy wysokich obrotach

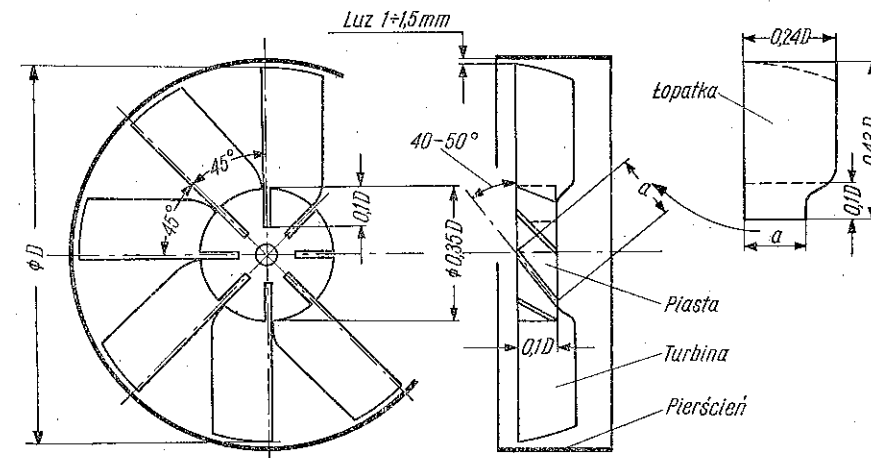
Dobór rozmiarów wentylatora do silnika modelarskiego

Klasa silnika (cm ³)	Moc (KM)	Liczba obrotów (tys. obr/min)	Średnica wentylatora (mm)	Przykład silnika
0,32	0,05	18÷20	65	COX TEE DEE. 02 (USA), Ż*)
0,5	0,03	10÷12	85	BAMBINO 0,5 (niem.), D**)
0,8	0,14	18÷20	80	COX TEE DEE. 049, 051 (USA), Ż*)
1,0	0,08	10÷12	100	Zeiss Jena 1 (niem.), D**)
1,5	0,12	10÷12	110	Willo 1,5 (niem), D**)
2,5	0,18	10÷12	115	Jaskółka 2 (pol.), D**)
2,5	0,25	12÷14	110	JENA 2,5 (niem.), D
2,5	0,35	14÷16	105	MVVS-2,5, D, TR (czech.), D, OLIVER TIGER V (ang.), D V ETA. 15 (ang.)
2,5	0,45	16÷18	105	COX TEE DEE. 15 (USA), Ż*) SUPER TIGRE G 15 (wł.) Ż
5,0	0,5	13÷15	120	MVVS-5,6 (czech.), Ż*
5,0	0,7	15÷17	120	K-B TORPEDO 35/64 (USA), Ż OS-MAX III-29 R (jap.), Ż

D — silnik samozapłonowy, Ż — silnik żarowy
 *) — wysokowyczynowe, nowoczesne silniki żarowe o bardzo wielkiej mocy
 **) — silniki dostępne na polskim rynku

wzrasta sprawność napędu. Stąd zasadniczy wniosek, że do modeli o napędzie tunelowym nadają się najlepiej silniki wysokoobrotowe o dużej mocy, to znaczy silniki jak najbardziej nowoczesne.

Dane z tablicy 10-3 odnoszą się do 8-łopatkowego wentylatora, którego szkic z podaniem wszystkich proporcji umieszczony jest na rysunku 10-27. Proporcje podane na tym rysunku umożliwiają wyznaczenie wszyst-



Rys. 10-27. Proporcje wentylatora napędowego

kich wymiarów drogą nieskomplikowanego przeliczenia, zależnie od średnicy D . Wentylator tego typu jest wynikiem wieloletnich prób przeprowadzonych przez modelarzy angielskich. Odznacza się on dużą sprawnością i nieskomplikowaną konstrukcją (konstrukcja i wykonanie wentylatora są omówione na dalszych stronach książki).

Rozmiary modelu o napędzie tunelowym

Jak wspomnieliśmy, napęd tunelowy nie odznacza się zbyt wielką sprawnością. W związku z tym model nie może być ani zbyt duży, ani zbyt ciężki. Najkorzystniejsze proporcje dla modeli swobodnie latających podaje tablica 10-4.

Tablica 10-4

Proporcje modeli o napędzie tunelowym

Pojemność silnika (cm ³)	Moc (KM)	Maksymalny ciężar (G)	Maksymalne obciążenie pow. skrzydła (G/dcm ²)	Orientacyjne rozmiary modelu		
				powierzchnia skrzydła (dcm ²)	rozpiętość (mm)	
					układ normalny	delta
0,5	0,03 ÷ 0,04	200 ÷ 250	30 ÷ 36	7	600	500
1,0	0,07 ÷ 0,10	350 ÷ 420	34 ÷ 45	10	700	600
1,5	0,12 ÷ 0,15	480 ÷ 600	38 ÷ 52	12,5	800	660
2,5	0,17 ÷ 0,26	600 ÷ 750	42 ÷ 58	15,0	880	720
5,0	0,30 ÷ 0,60	900 ÷ 1100	48 ÷ 62	20,0	1000	840

Z tablicy tej wynika, że obciążenie powierzchni skrzydła dla modeli tunelowych jest znacznie większe niż dla modeli normalnych. Tak duże obciążenie powierzchni w połączeniu z wymaganym niezbyt dużym ciężarem powoduje, że rozmiary modeli tunelowych są niewielkie.

Ogólna zasada projektowania jest następująca.

Jeżeli dysponujemy słabym silnikiem, staramy się, aby model miał możliwie małe obciążenie powierzchni skrzydła przy jak najmniejszym ciężarze własnym. Jest to konieczne z tego względu, że zbyt duże obciążenie pociąga za sobą dużą prędkość lotu, a więc duży opór i może się zdarzyć, że moc silnika będzie niewystarczająca. Ponieważ ciężaru modelu na ogół nie udaje się znacznie obniżyć, stosowanie małych obciążeń odbywa się głównie poprzez wzrost powierzchni. Powstaje więc sprzeczność — musimy zbudować model lżejszy, lecz większy. Budowa modeli tunelowych do słabych silników nie jest więc łatwa.

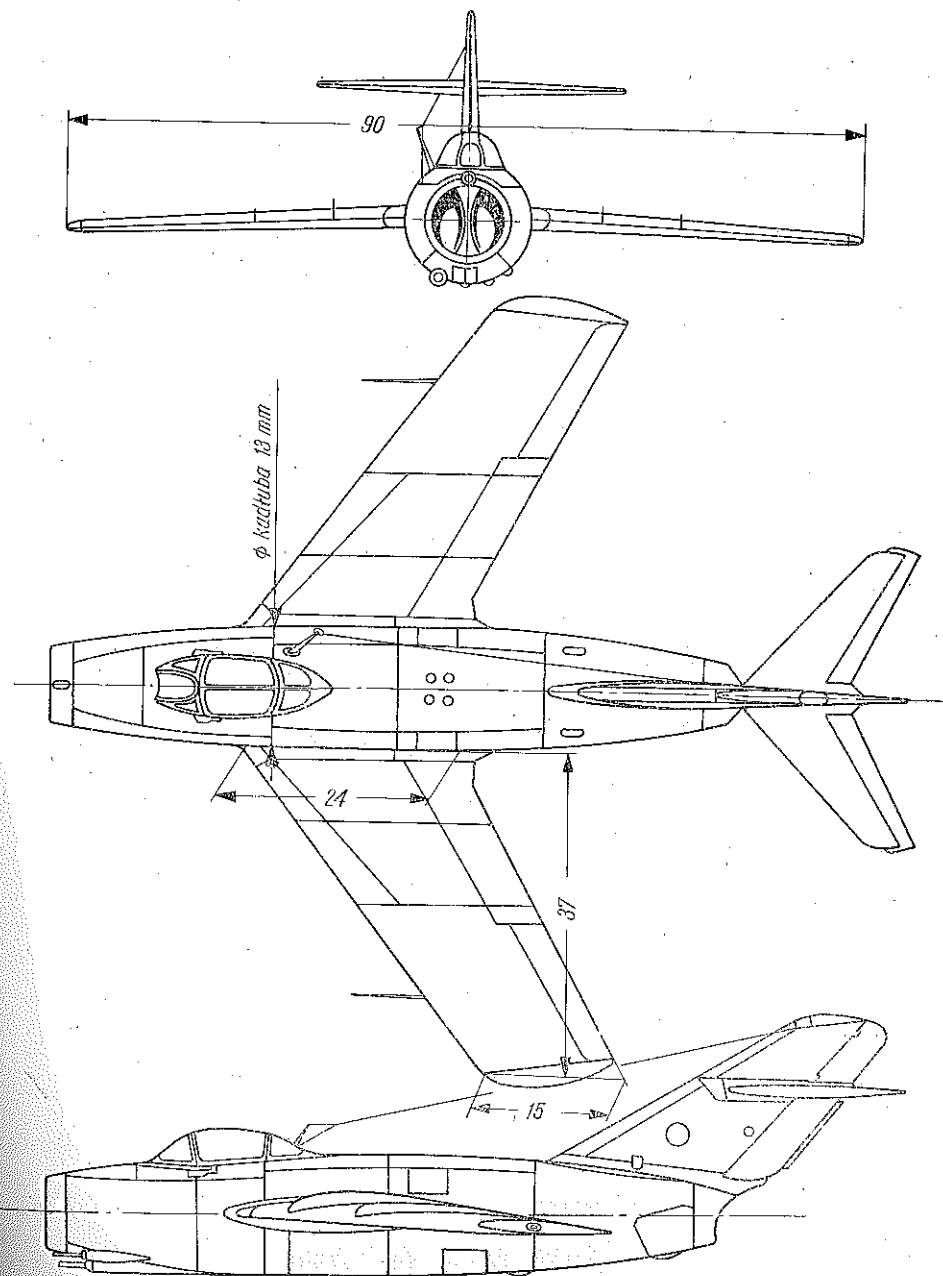
O wiele prościej budować model do mocnego, wysokoobrotowego silnika. Można wówczas stosować większe obciążenia skrzydła i pozwolić sobie na większy ciężar, który łatwo osiągnąć przy mniejszym modelu.

Poprzednio powiedzieliśmy, że od wielkości (średnicy) wentylatora zależy wielkość modelu. Niełatwo nam będzie pogodzić ten warunek z proporcjami zawartymi w tablicy 10-4. Wyjaśnimy to praktycznie — na przykładzie.

Załóżmy, że chcemy zaprojektować tunelowy model samolotu MIG-15. Dysponujemy silnikiem JASKÓLKA 2. Z tablicy 10-3 znajdujemy, że dla tego silnika średnica turbiny powinna wynosić 115 mm. Zakładając, że luz pomiędzy łopatkami wentylatora a wewnętrzną powierzchnią skorupowej

konstrukcji kadłuba wyniesie 1,5 mm na stronę, a grubość skorupy w tym miejscu 2 mm, zewnętrzna średnica kadłuba wyniesie: $115 + (2 \times 1,5) + (2 \times 2) = 115 + 7 = 122$ mm.

Na rysunku 10-28 pokazany jest szkic samolotu MIG-15. Zmierzona na szkicu średnica kadłuba w miejscu przypuszczalnego zamocowania turbiny wynosi 13 mm.



Rys. 10-28. Wymiary niezbędne do określenia powierzchni skrzydła na szkicu samolotu MIG-15

Szkic trzeba więc powiększyć $\frac{122}{13} = 9,4$ razy, aby otrzymać wymaganą średnicę kadłuba modelu. Rozpiętość modelu wyniesie odpowiednio: $90 \times 9,4 = 850$ mm. Jak widzimy, nie odbiega ona zbyt od wartości średniej, podanej w tabelicy 10-4.

Teraz możemy obliczyć powierzchnię skrzydła modelu. Możemy to zrobić w dwojaki sposób:

— obliczyć powierzchnię skrzydła na szkicu $\left(\frac{(24 + 15) \times 37}{2} = 1440 \text{ mm}^2 \right)$

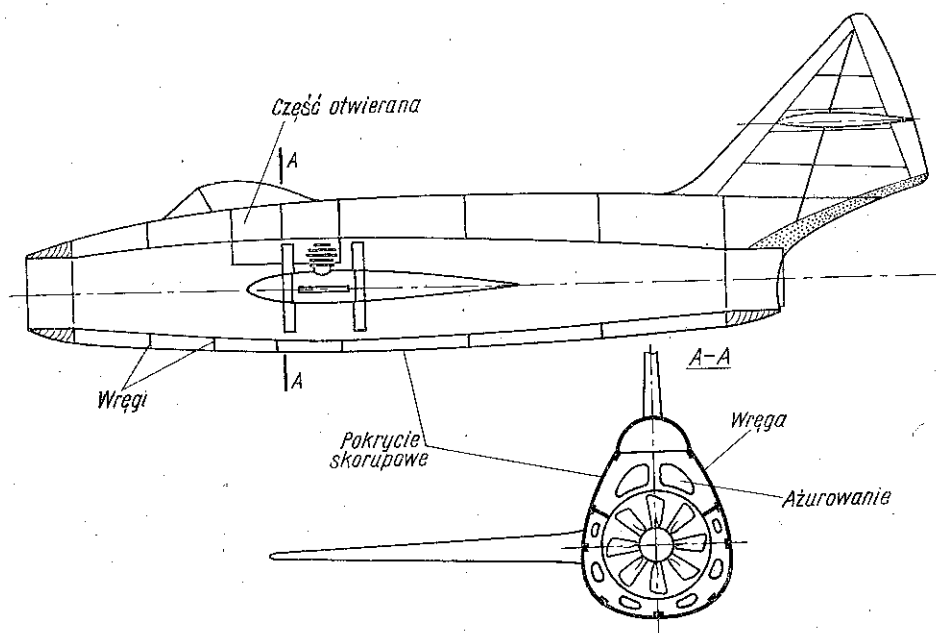
i pomnożyć ją przez współczynnik powiększenia powierzchniowego. Współczynnik ten wyznaczymy łatwo (mając współczynnik liniowy) za pomocą skali na rysunku 3-17 lub po prostu podnosząc współczynnik liniowy do kwadratu. Współczynnik powierzchniowy wyniesie $9,4 \times 9,4 = 88$, a powierzchnia skrzydła modelu: $1440 \times 88 = 127\,000 \text{ mm}^2 = 12,7 \text{ dcm}^2$;

— pomnożyć wymiary skrzydła na szkicu przez 9,4 i obliczyć powierzchnię z wymiarów powiększonych.

Następnie bierzemy z tabelicy 10-4 minimalny ciężar dla danej kategorii silnika (silnik jest raczej słaby, zakładamy więc $G = 600$ G i dzieląc go przez powierzchnię skrzydła wyznaczamy obciążenie: $\frac{600}{12,7} = 47 \text{ G/dcm}^2$.

Sprawdzamy w tabelicy i widzimy, że wyznaczone obciążenie znajduje się w przepisowych granicach i nie jest zbyt wielkie dla tego typu modeli.

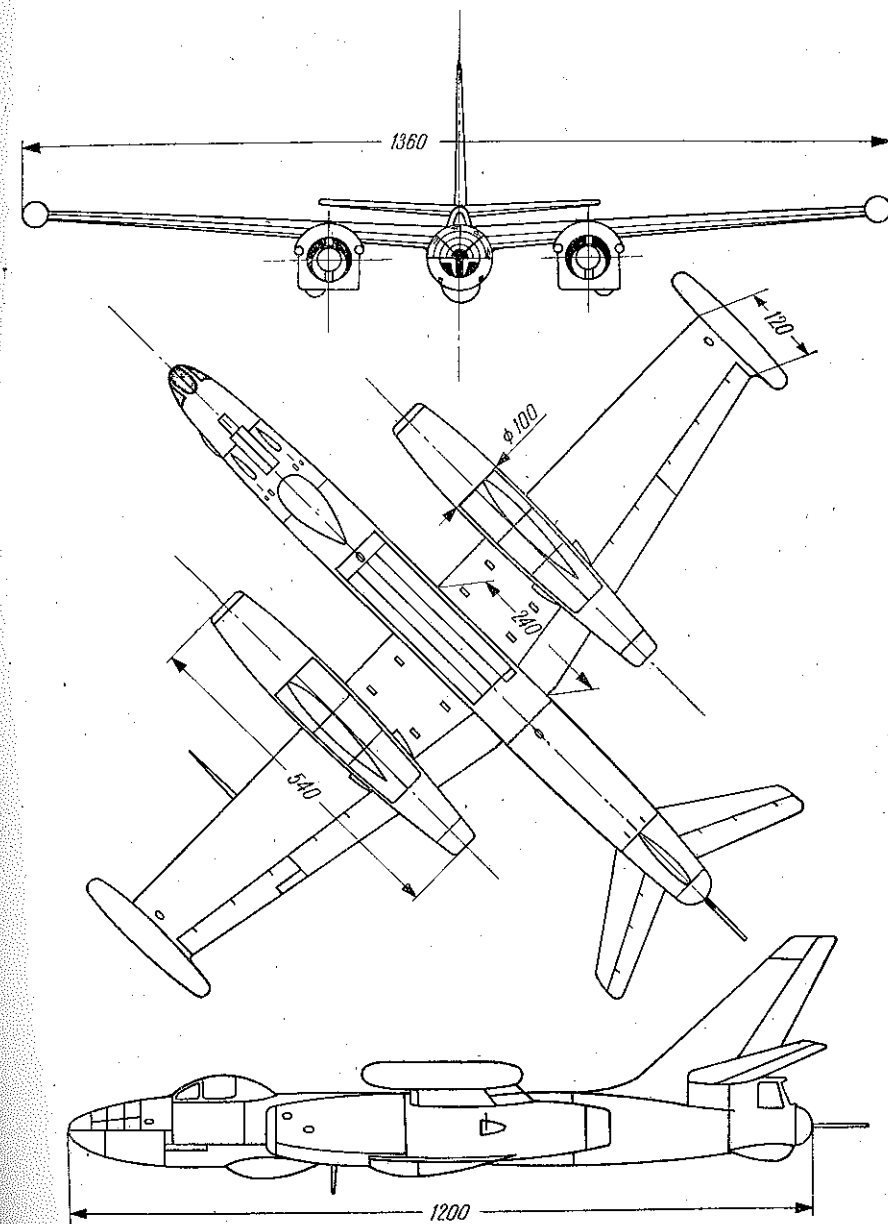
Tym razem wszystko się zgodziło i zgadza się na ogół w wielu przypadkach. Może się jednak zdarzyć, że powierzchnia, jaką otrzymamy z powiększenia szkicu, proporcjonalnie do rozmiarów wentylatora, będzie zbyt



Rys. 10-29. Konstrukcja kadłuba przy zastosowaniu małej turbiny

mała, co z kolei spowoduje wzrost obciążenia ponad normę. W tym przypadku będziemy musieli zastosować większą powierzchnię, co z kolei spowoduje wzrost rozmiarów kadłuba, wzrost ciężaru, oporu i zapotrzebowania na moc.

Jeżeli średnica kadłuba proporcjonalna do odpowiedniej powierzchni skrzydła jest niewiele większa od średnicy wentylatora wynikającej z tabelicy 10-3, można średnicę wentylatora powiększyć, wykonując węższe łopatki niż to wynika z proporcji na rysunku 10-27. Zabieg ten stosujemy,



Rys. 10-30. Szkic modelu samolotu dwusilnikowego IL-28

jeżeli różnice pomiędzy średnicami nie przekraczają 15%. W skrajnym przypadku można zwięzić łopatki nawet o $\frac{1}{3}$ i wówczas szerokość będzie wynosiła nie $0,24 D$, lecz $0,16 D$ licząc oczywiście od nowej, zwiększonej średnicy.

Jeżeli średnica kadłuba jest znacznie większa od średnicy wentylatora wynikającej z tablicy 10-3, to należy zastosować konstrukcję taką, jak na rysunku 10-29.

W odwrotnym przypadku, kiedy z proporcji modelu wynika, że wentylator powinien być mniejszy od wyznaczonego z tablicy 10-3, można wówczas dla zachowania tego samego poboru mocy zwiększyć liczbę łopatek do 9, 10 lub nawet 12. Po zastosowaniu tego zabiegu, obroty silnika nie powinny wzrosnąć powyżej wartości nominalnej, co należy sprawdzić obrotomierzem, chociażby rezonansowym.

Modele o napędzie tunelowym w wersji na uwięzi są raczej rzadko budowane, a to głównie z powodu małej sprawności napędu. Pamiętajmy, że model na uwięzi lata z większą prędkością i musi pokonać dodatkowo opór uwięzi.

Z tej przyczyny tunelowy model na uwięzi wymaga zastosowania szybkobieżnego silnika o jak największej mocy. Nadają się tutaj tylko wyczynowe silniki o pojemności nie mniejszej jak $2,5 \text{ cm}^3$, przede wszystkim z zapłonem żarowym.

Tablica 10-5 orientuje w zasadniczych proporcjach modeli tego typu.

Rozmiary modeli wielosilnikowych określamy podobnie, jak modeli z jednym silnikiem. Staramy się utrzymać przepisowy (wg tablicy 10-5) ciężar i obciążenie dążąc jednocześnie do tego, aby średnica wentylatora odpowiadała wymiarom gondoli, tak aby było można zastosować lekką skorupową konstrukcję tunelu. Z tego względu należy wybierać taki typ samolotu, który ma dużą średnicę gondoli silnikowych w stosunku do rozmiarów skrzydła i średnicy kadłuba.

Tablica 10-5

Proporcje tunelowych modeli na uwięzi

Klasa silnika (cm^3)	Moc ogólna (KM)	Liczba obrotów (tys. obr/min)	Obciążenie pow. skrzydła (G/dm^2)	Ciężar maks. (G)	Powierzchnia skrzydła (dm^2)
2,5(2×1,5)	0,25÷0,4	14÷18	60÷70	700	8÷10
5,0(2×2,5)	0,5÷0,8	14÷18	60÷80	1000	12,5÷17
10,0(2×5,0)	1,0÷1,6	14÷18	60÷90	1600	18÷27

Uwaga: większe obciążenie i mniejszą powierzchnię skrzydła stosujemy do modeli jednosilnikowych. Do modeli wielosilnikowych stosuje się mniejsze obciążenie powierzchni nośnej, a więc większą powierzchnię skrzydła, ze względu na mniejszą wydajność rozdrobionego napędu i większy opór modelu wielosilnikowego.

Spośród znanych dwusilnikowych samolotów odrzutowych następujące typy najbardziej odpowiadają tym warunkom: radziecki Il-28, JAK-25 i Tu-35, angielski GLOSTER-METEOR, francuski SO-4050 VAUTOUR itp.

Weźmy jako przykład samolot Il-28 popularny w naszym lotnictwie. Szkic samolotu pokazany na rysunku 10-30 zwymiarowany jest w naturalnych rozmiarach modelu napędzanego dwoma silnikami $2,5 \text{ cm}^3$.

Przy założeniu, że średnica 10-łopatkowego wentylatora będzie wynosiła 95 mm, przy zewnętrznej średnicy gondoli 100 mm, rozpiętość całego modelu wyniesie 1360 mm, a powierzchnia skrzydła około 18 dm^2 , co jest w granicach normy. Przy dostatecznie lekkim wykonaniu model będzie latał.

Stateczność podłużna modeli tunelowych

Srodek ciężkości i wyważenie. Swobodnie latające modele samolotów odrzutowych o napędzie tunelowym są bardzo wrażliwe na położenie środka ciężkości, które zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od układu samolotu.

Przeciętnie dla swobodnie latających modeli o układzie typowym srodek ciężkości powinien znajdować się w granicach od 15÷25% średniej cięciwy licząc od krawędzi natarcia. Najkorzystniejsze położenie środka ciężkości trzeba dobrać doświadczalnie w czasie próbnych lotów. W tym celu trzeba przewidzieć możliwość umieszczenia niewielkiego balastu wyważającego z przodu i z tyłu modelu.

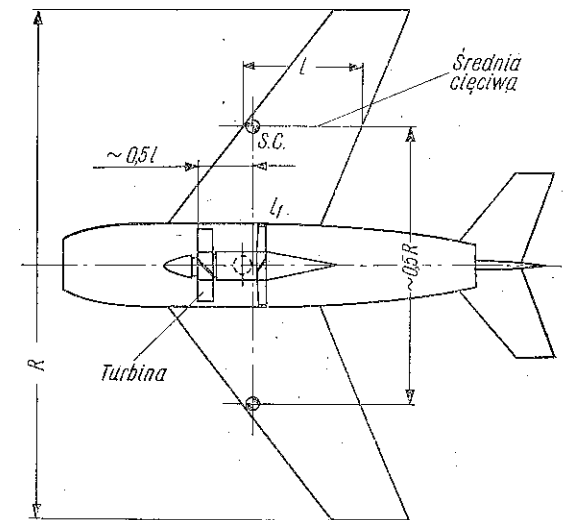
W stosunku do modeli o układzie latającego skrzydła, a szczególnie dla modeli typu delta wymagania są jeszcze ostrzejsze i dobór położenia środka ciężkości musi być bardziej precyzyjny. Srodek ciężkości dla klasycznej delty (skrzydła trójkątnego) powinien znajdować się w okolicach krawędzi natarcia średniej cięciwy lub nieco poza nią.

Dla modeli na uwięzi obowiązują ogólne zalecenia podane w rozdziale 6.

Właściwe wyważenie modelu uzyskuje się przez odpowiednie umieszczenie zespołu napędowego wewnątrz tunelu. Ponieważ model bez napędu zawsze jest „ciężki na ogon”, zespół napędowy musi być umieszczony przed środkiem ciężkości, tak jak pokazano na rysunku 10-31. Trzeba dążyć do tego, aby utrzymać przepisowe wyważenie bez potrzeby stosowania balastu. Balast może służyć jedynie do niewielkich poprawek w ramach regulacji*).

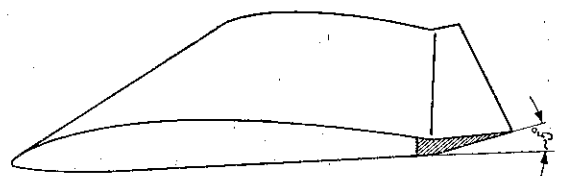
Profile. Do skrzydeł tunelowych odrzutowców stosuje się profile płaskowypukłe o grubości zależnej od wymagań zachowania proporcji, jednak nie mniejszej niż 8÷9%. Nadają się tu profile typu CLARK-Y. Przy smukłych skośnych skrzydłach w celu polepszenia stateczności podłużnej można stosować niewielkie ujemne zwichrzenie końców skrzydła

* Znając ciężary poszczególnych elementów modelu można obliczyć najkorzystniejsze położenie zespołu napędowego niezbędne do uzyskania potrzebnego wyważenia. Obliczenie takie przytoczone jest w rozdziale 16.

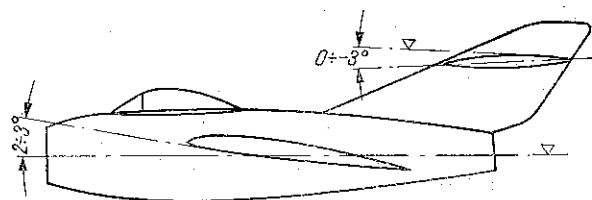


Rys. 10-31. Umieszczenie zespołu napędowego gwarantujące prawidłowe wyważenie modelu tunelowego

rzędu $2\div 3^\circ$ (patrz str. 24). Przy skrzydłach o niedużym wydłużeniu lub trójkątnych wystarczy podgięcie krawędzi spływu do góry, takie jak na rysunku 10-32. Podgięcie to trzeba wykonać w czasie montażu skrzydła.



Rys. 10-32. Podgięcie krawędzi spływu do góry w celu poprawy stateczności



Rys. 10-33. Ustawienie kątów zaklinowania skrzydła i statecznika w modelu tunelowym

W modelach o układzie latającego skrzydła trzeba przewidzieć możliwość regulacji tego podgięcia poprzez zastosowanie ruchomych sterów (lotek) na końcach skrzydła. Do modeli na uwięzi stosuje się profile dwuwypukłe typu NACA-23009 i -2409 lub NACA-23012 i -2412. Stateczniki zaopatrujemy jak zwykle w profil symetryczny lub płaski.

Kąty nastawienia skrzydeł i stateczników w modelu swobodnym ilustruje rysunek 10-33. Skrzydła montuje się zawsze pod niewielkim kątem dodatnim, statecznik natomiast pod ujemnym względem osi kadłuba. Ujemne nastawienie statecznika zwiększa się przy bardziej przednim wyważeniu. Możliwość regulacji kąta nastawienia statecznika musi być przewidziana konstrukcyjnie.

W modelach na uwięzi zarówno skrzydło, jak i statecznik montuje się pod kątem zerowym w stosunku do osi kadłuba.

Stateczność poprzeczna i kierunkowa

Dzięki korzystnym właściwościom napędu tunelowego poprzeczna stateczność modelu może być zachowana bez specjalnych i rażących zabiegów. Jeżeli model ma silnie skośne skrzydła i wysoko umieszczony statecznik poziomy, jak np. MIG-15, to można uzyskać pozytywną stateczność poprzeczną nawet bez stosowania wzniosu skrzydeł.

Jeżeli statecznik poziomy umieszczony jest nisko, a statecznik pionowy jest również niezbyt wielki, jak np. w samolocie HAWKER-HUNTER, wówczas trzeba zastosować niewielki wznios $1\div 3^\circ$. Przy skrzydłach prostych, jak u Ił-28, wznios musi być większy — w granicach $3\div 6^\circ$.

Najkorzystniej będzie, jeżeli możliwość zmiany wzniosu zostanie przewidziana konstrukcyjnie, co pozwoli na poprawienie stateczności modelu podczas oblatywania.

Konstrukcja i budowa miniaturowych odrzutowców

Konstrukcje modeli napędzanych śmigłem

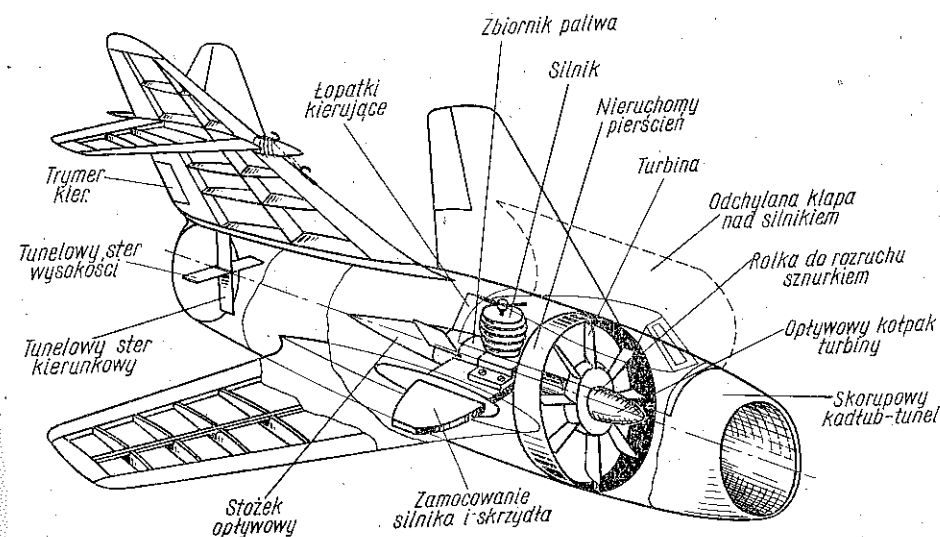
Pod względem konstrukcyjnym „śmigłowe” odrzutowce niewiele różnią się od zwyczajnych modeli. Te same metody, które poprzednio pozna-

liśmy przy omawianiu konstrukcji modeli swobodnie latających i na uwięzi, można stosować do budowy redukcyjno-latających odrzutowców napędzanych śmigłem.

Może nam się wydawać, że będziemy mieli dużo kłopotu z konstrukcją i budową kadłuba. Trudności te są jednak pozorne, ponieważ konstrukcję można rozwiązać jako skorupową, pokrywając balsowymi listewkami prosty szkielet, którego zadaniem będzie tylko nadanie kształtu. Zamocowanie, oprofilowanie i zasilanie silnika również rozwiązuje się tak, jak to już opisywaliśmy. Podobnie z konstrukcją płaszczyzn nośnych. W modelach na uwięzi można sobie pozwolić na cięższe rozwiązanie i skorupowe pokrycie nie tylko kadłuba, ale również skrzydeł i stateczników. Trzeba na to jednak mieć dużo balsy bardzo dobrego gatunku. Doskonałym materiałem na modele tego typu jest styropian (patrz rozdz. 4).

Konstrukcja modeli tunelowych

Pokazany na rysunku 10-34 perspektywiczny przekrój modelu tunelowego orientuje ogólnie, jak przedstawia się konstrukcja modelu jako całość. Widać wyraźnie rozmieszczenie poszczególnych elementów.



Rys. 10-34. Ogólna zasada konstrukcji modelu tunelowego

Kadłub wykonany jest jako cienkościenna, skorupowa rura o zmiennym przekroju. Jest on całkowicie pozbawiony wręg i ma dużą odchylaną kłapę umieszczoną ponad silnikiem i wentylatorem umożliwiającą rozruch i obsługę silnika. Widzimy 8-łopatkowy wentylator obracający się wewnątrz nieruchomego pierścienia, który stanowi osłonę i dodatkowo wzmocnienie delikatnego kadłuba w tym miejscu. Na osi wentylatora jest z przodu zamocowana rolka służąca do nawinięcia rozruchowego sznurka oraz optywowy kołpak zmniejszający straty przepływu.

Silnik zamocowany jest na sklejkowej płycie, która przechodzi w poprzek kadłuba i wystaje z obu stron na zewnątrz w formie języków umożliwiających zamocowanie skrzydła. Języki te wchodzą w odpowiednie skrzyneczki — szufladki zamocowane w skrzydłach. Za silnikiem umiesz-

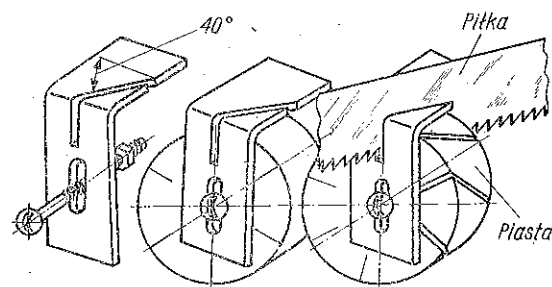
czony jest zbiornik paliwa, a dalej lekki pierścień, do którego klejone są nieruchome łopatki kierujące, tworzące tzw. stator, oraz stożkowe oprofilowanie zmniejszające opór sypływu powietrza poza silnikiem. Z tyłu kadłuba u wylotu dyszy umieszczone są stery służące do regulacji lotu silnikowego. Mimo niewielkiej powierzchni stery te są bardzo skuteczne ze względu na dużą prędkość opływającego je powietrza.

Konstrukcja płaszczyzn nośnych normalna. Statecznik pionowy jest przyklejony na styk do kadłuba. Statecznik poziomy jest zamocowany do statecznika pionowego gumkami i ma regulowany kąt nastawienia. Model nie ma podwozia, aby nie przysparzać ciężaru i oporu. Startuje z ręki i ląduje na kadłubie, który jest w tym celu specjalnie wzmocniony, w swej dolnej części.

Opisana tutaj koncepcja konstrukcyjna jest najbardziej typowa dla modeli tunelowych.

Przejdźmy teraz do poszczególnych elementów modelu.

Budowa wentylatora. Pracę rozpoczynamy od wyznaczenia wymiarów piasty i pojedynczej łopatki. Piastę wykonujemy ze sklejki. Jeśli nie mamy sklejki o żądanej grubości, należy ją skleić z kilku krążków cieńszej sklejki. Następnie należy wywiercić odpowiedni otwór, który musi znajdować się dokładnie w środku krążka. Najlepiej założyć śrubę w wywiercony otwór i zewnętrzną powierzchnię piasty obtoczyć. Teraz trzeba wykonać w piaście odpowiednią liczbę równo rozłożonych skośnych nacięć do zamocowania łopatek. Aby operację tę wykonać możliwie jak najdokładniej, musimy sporządzić z blachy (żelaznej, mosiężnej) przyrząd, który będzie prowadził pilkę i umożliwi prawidłowe wykonanie nacięć dokładnie pod takim kątem, jaki ma nasz przyrząd. Szczegóły wykonania takiego przyrządu pokazane są na rysunku 10-35.

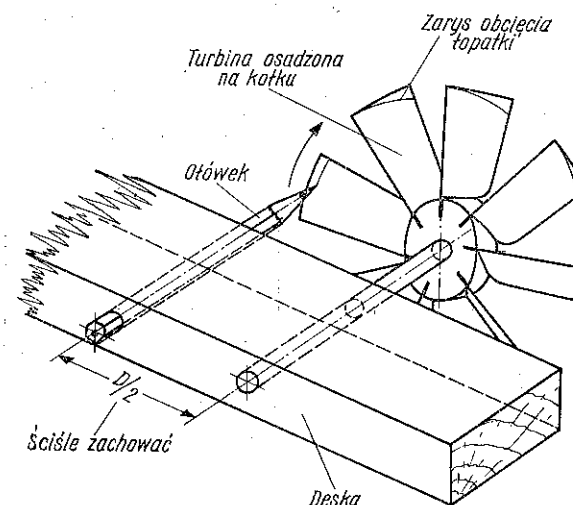


Rys. 10-35. Przyrząd do wykonywania nacięć w piaście na łopatki turbiny

W modelach swobodnych stosuje się kąt nachylenia łopatek równy 40° , w modelach na uwięzi — 50° . Nacięcia należy wykonać cienką płaską pilką (może być do metalu) dokładnie na żadaną głębokość ($0,1 D$) oraz w ten sposób, aby szerokość powstałej szpary nie była większa od grubości łopatki. Najlepszym materiałem na łopatki jest fibra. Z braku fibry można ją zastąpić sklejką. Nie należy stosować łopatek metalowych, gdy nie znamy dobrze wytrzymałościowych i tzw. zmęczeniowych właściwości materiału. Dotyczy to szczególnie łopatek z duralu. Pod wpływem drgań metalowe łopatki łatwo pękają niszcząc kadłub, nie mówiąc już o niebezpieczeństwie pokaleczenia osób znajdujących się w pobliżu modelu. Łopatki małych wentylatorów (średnica do 100 mm) wykonuje

się z fibry lub sklejki o grubości 1 mm, przy większych średnicach należy zastosować materiał o grubości 1,2 lub 1,5 mm.

Po wykonaniu odpowiedniej liczby łopatek, zaklejamy je w piaście używając dobrego kleju lub żywicy epoksydowej. Zaklejając łopatki trzeba uważać, aby ich przednie krawędzie leżały dokładnie w jednej płaszczyźnie. Po wyschnięciu kleju wzmocniamy zamocowanie przez wbicie cienkich gwoździków.



Rys. 10-36. Przyrząd ułatwiający zaznaczenie prawidłowej linii obcięcia łopatek turbiny

Teraz trzeba przyciąć końce łopatek, aby miały wszędzie tę samą odległość od osi. W tym celu znowu musimy posłużyć się prostym przyrządem (rys. 10-36), za pomocą którego narysujemy na każdej łopatce właściwą linię odcięcia. Z tej przyczyny średnica turbiny nie obciętej musi być nieco większa, co zostało uwzględnione w proporcjach podanych na rys. 10-37.

Po obcięciu trzeba nadać łopatom odpowiednie wygięcie na kształt profilu. Wygięcie to wykonujemy palcami — „na oko”, tak aby kąt nastawienia łopatki na końcu był nieco mniejszy od kąta osadzenia w piaście. Gotową turbinę należy uodpornić przed działaniem paliwa przez kilkakrotne pomalowanie lakierem bezbarwnym lub cellonem. Za granicą napęd tunelowy cieszy się wielką popularnością i gotowe, fabrycznie wykonane turbinki moż-

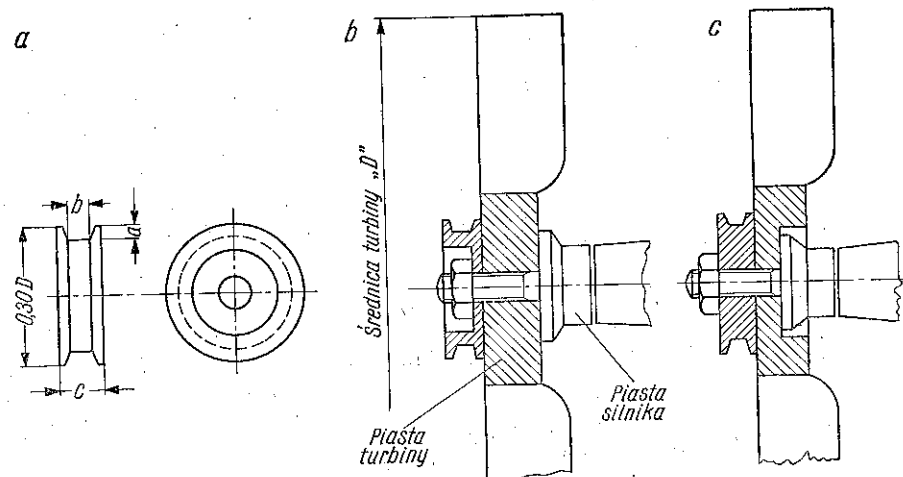


Rys. 10-37. Fabrycznie produkowane turbinki do napędu tunelowego

na kupić w sklepach. Fotografia na rysunku 10-37 przedstawia takie właśnie turbinki.

Do części obracających się oprócz turbinki należą: rolka rozruchowa oraz ewentualnie kołpak.

Rolkę rozruchową, której zasadnicze proporcje podane są na rysunku 10-38a można wykonać rozmaitymi metodami. Najlepiej wytoczyć ją z drutu. Może się zdarzyć, że grubość rolki wraz z turbiną jest większa od wystającej końcówki wału silnika, co uniemożliwi zamocowanie. Wówczas należy wykonać w rolce podtoczenie, które umożliwi dokręcenie nakrętki (rys. 10-38b). Można również wykonać podobne podtoczenie w piście wentylatora (rys. 10-38c) lub zastosować oba zabiegi równocześnie. Jednak lepiej nie osłabiać wentylatora. W celu zwiększenia tarcia pomiędzy rolką a sznurkiem wewnętrzny dysk rolki może mieć nacięcia.

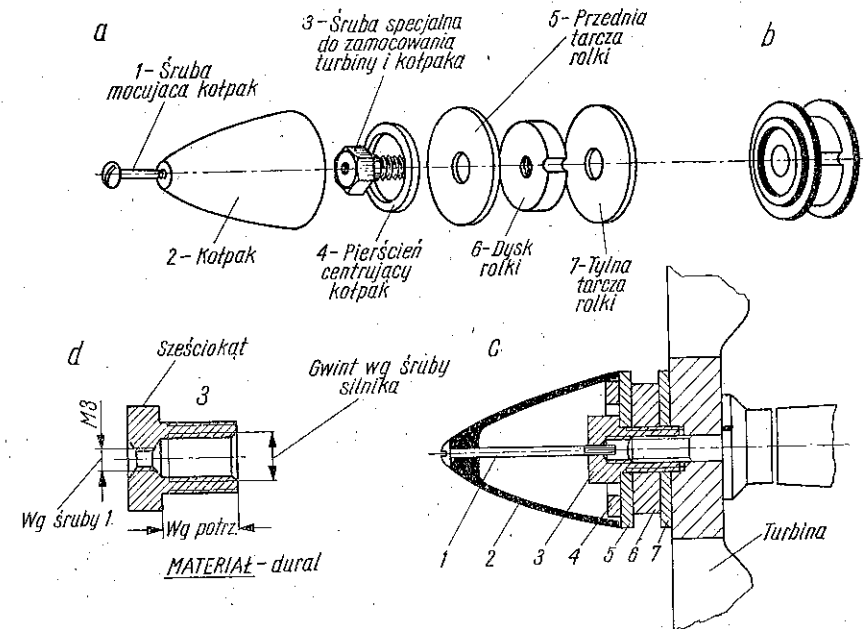


Rys. 10-38. Wykonanie rolki rozruchowej z metalu

Pojemność silnika (mm)	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0	
Wymiary rolką (mm)	a	1,5	2	3	4	5
	b	3	4	5	6	7
Szerokość (mm)	c	5	7	8	9	10

Aby uniknąć toczenia, podano na rysunku 10-39a sposób zmontowania drewnianej rolki z krążków sklejkowych. Środkowy krążek 6 ma wygięcie, w które wchodzi supełek na końcu sznurka. Zabezpiecza to przed ślizganiem się sznurka po rolce. Rysunek 10-39b pokazuje gotową, sklejoną już rolkę, a rysunek 10-39c sposób zamontowania na wale silnika. Ponieważ w drewnianej rolce nie można robić podtoczeń, aby jej nie osłabić, wał silnika będzie na pewno za krótki i do zamocowania trzeba będzie użyć specjalnie przedłużonej koinierzowej nakrętki 3 pokazanej w przekroju na rysunku 10-39d. W nakrętce tej jest wykonany dodatkowo gwint służący do wkręcenia śruby mocującej kołpak. Takie zamocowanie

kołpaka jest stosunkowo proste i lekkie. Kołpak musi być centrowany na przedniej powierzchni rolki i do tego celu służy pierścień 4, dopasowany do wewnętrznej średnicy kołpaka. Jeśli rolka jest metalowa, musi mieć odpowiednie podtoczenie. Kołpak powinien być możliwie lekki, aby nie obciążał modelu i nie powodował drgań. Może to być cienkościenny kołpak aluminiowy, można go wykonać z drewna (metodą wyjaśnioną poprzednio na rys. 4-24) i wreszcie można zastosować kołpak z plastyku wykorzystując do tego celu np. obcięty kieliszek do jajek.



Rys. 10-39. Wykonanie rolki rozruchowej z drewna

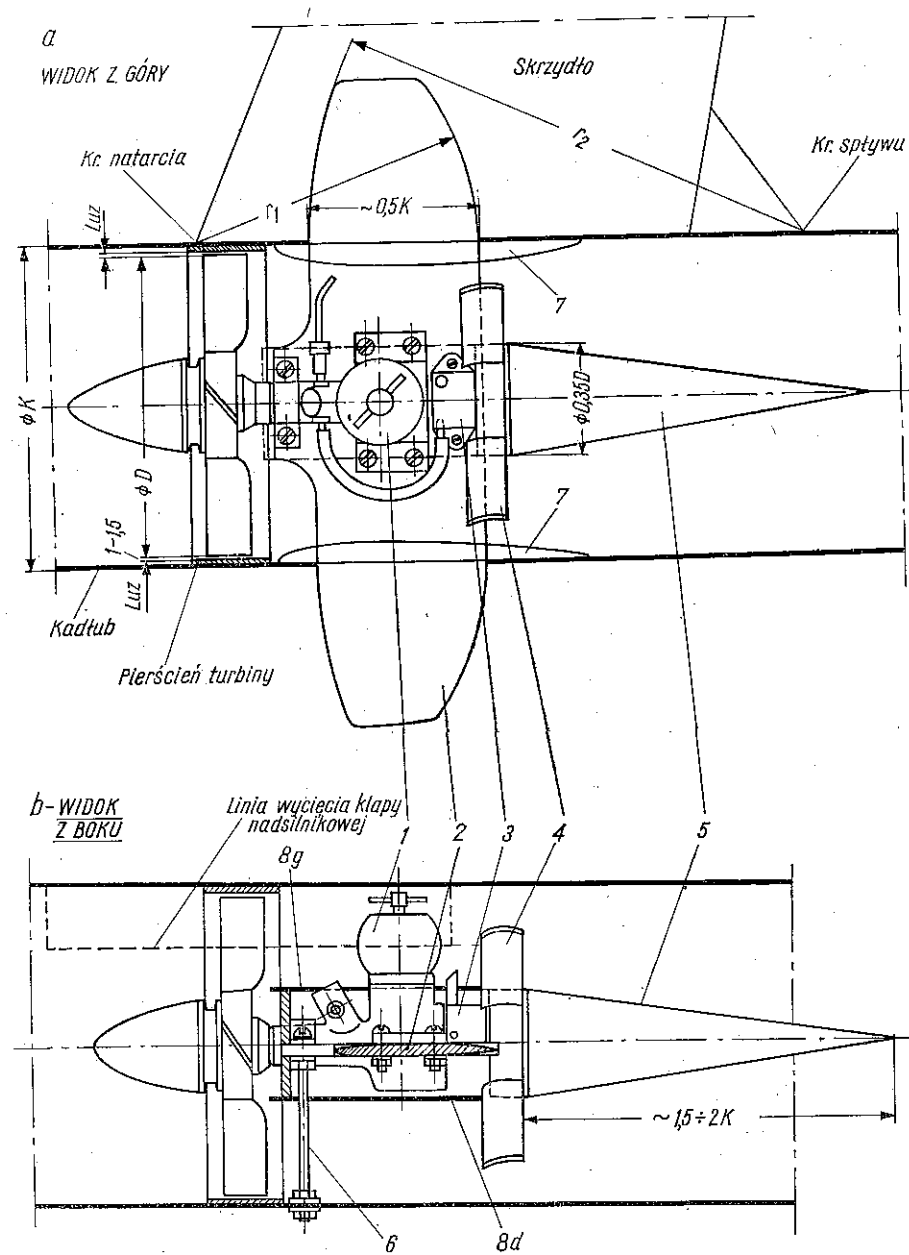
Uwaga: wszystkie obracające się części powinny być dokładnie wyważone, aby zapobiec wibracjom w czasie pracy.

Konstrukcja i montaż zespołu napędowego. Silnik wraz z zamocowaniem, zasilaniem, oprofilowaniem i statorem tworzy zwarty zespół napędowy.

Zapoznajmy się z opisem standardowego rozwiązania konstrukcyjnego, które może być z powodzeniem stosowane do wszystkich typów modeli tunelowych.

Na rysunku 10-40 przedstawiony jest zespół napędowy modelu tunelowego oraz jego ułożenie i zamocowanie w kadłubie. Rysunek 10-40a przedstawia widok z góry, zaś rysunek 10-40b — z boku. Perspektywiczny szkic na rysunku 10-39 wyjaśnia poglądowo szczegóły konstrukcji poszczególnych elementów zespołu napędowego oraz ilustruje sposób montażu.

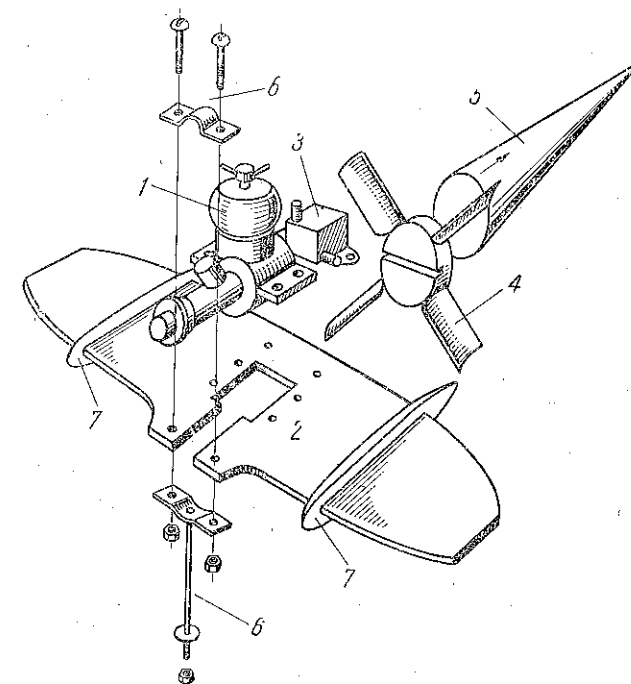
Zamocowanie silnika (rys. 10-41) z reguły wykonuje się w formie płaskiej płytki sklejkowej, umieszczonej wewnątrz kadłuba równolegle do osi. Jeżeli model jest średniopłatem, można wówczas zamocowanie przedłużyć i wykorzystać wystające po obu stronach kadłuba „języki” jako tzw. „szufladkowe” zamocowanie skrzydła.



Rys. 10-40. Konstrukcja i zamocowanie zespołu napędowego w modelu „tunelowym”
 1 — silnik, 2 — łożo silnika, 3 — zbiornik paliwa, 4 — łopatki kierujące, 5 — stożek splywowy,
 6 — obejma, 7 — wzmocnienie z balsy, 8 — oprofilowanie silnika

Kształt „języków” ustalamy tak, jak to jest pokazane na rysunku 10-40 u góry, przez zatoczenie łuków z punktów styku krawędzi splywu i natarcia skrzydła z kadłubem. Szerokość sklejk na zamocowanie ustalamy na około 0,5 średnicy kadłuba. Grubość jest zależna od wielkości silnika i może być ustalona tak, jak to podaje tablica 10-6.

W sklejkę tej należy wykonać wycięcia oraz otwory umożliwiające założenie i zamocowanie silnika. Zamocowanie silnika musi być bardzo sztywne i nieodkształcalne — dlatego oprócz normalnego przykręcenia



Rys. 10-41. Montaż zespołu napędowego
 1 — silnik, 2 — łożo silnika, 3 — zbiornik paliwa, 4 — łopatki kierujące,
 5, 6, 7 i 8 — jak na rys. 10-40

Tablica 10-6

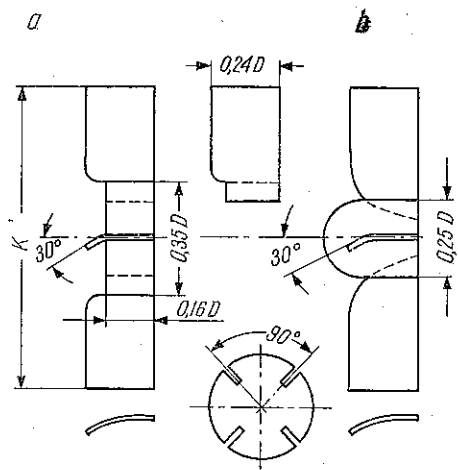
Dobór sklejk na zamocowanie silnika

Pojemność silnika (cm ³)	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0
Grubość sklejk na zamocowanie silnika (mm)	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0

silnika za pośrednictwem konsolek, wzmacniamy zamocowanie przez zastosowanie obejm blaszanych 6 mocujących koniec osłony wału do sklejk stanowiącej łożo silnikowe. Aby zapobiec uginaniu się zamocowania w górę i w dół, do dolnej obejm zamocowany jest (przykręcony lub przylutowany) drut, u dołu nagwintowany (np. szprycha rowerowa), który pozwala połączyć zamocowanie na sztywno ze spodem kadłuba i wyregulować luz wentylatora wewnątrz pierścienia. Zamocowanie łoża silnikowego do ścianek kadłuba odbywa się przez przyklejenie za pośrednictwem balsowych wzmocnień 7, które muszą być tak rozstawione, aby została zachowana odpowiednia szerokość kadłuba oraz właściwy luz turbiny również i w tej płaszczyźnie.

Zbiornik paliwa 3 lokujemy tuż za silnikiem, przymocowując go do sklejki 2 łoża silnikowego. Pojemność zbiornika powinna zapewniać powolne wytracenie obrotów silnika z chwilą wyczerpania paliwa.

Lopatki kierujące 4 tworzące „stator” umieszcza się tuż za łożem silnika. Są one rozmieszczone co 90° i osadzone w okrągłej piaście w kształcie krążka lub pierścienia. Szerokość łopatek statora jest identyczna jak łopatek wentylatora. Można wykonać je z balsy, cienkiej fibry i sklejki.



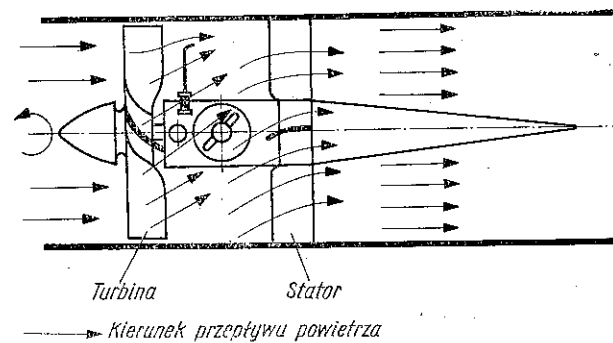
Rys. 10-42. Proporcje i ukształtowanie statora

Piastrę, w której są osadzone, wykonujemy z miękkiej i lekkiej balsy lub z korka. Piastra ma poprzeczne nacięcie umożliwiające zamocowanie jej do łoża silnikowego.

Obsadzenie łopatek w piaście oraz ich ukształtowanie wyjaśnia rys. 10-42. Trzeba pamiętać, że łopatki statora muszą być podgięte w kierunku przeciwnym do obrotów turbiny — tak jak to pokazuje szkic na rysunku 10-43.

Oprofilowanie zespołu napędowego ma duży wpływ na podniesienie jego wydajności. Można zastosować oprofilowanie całkowite oraz częściowe. Rysunek 10-40 przedstawia pełne oprofilowanie składające się z kołpaka, oprofilowania silnika 8 oraz stożka sływowego 5.

Zastosowanie stożka sływowego jest konieczne. Jego wykonanie jest proste — skleja się go z kawałka sztywnego papieru kreślarskiego niezbyt grubego i przykleja do piasty statora od tyłu. Oprofilowanie silnika następuje już więcej trudności i musi być wykonane z dwóch części — dolnej 8d i górnej 8g. Część dolna może być przyklejona na stałe, zaś część



Rys. 10-43. Opiływ statora

górna musi być odejmowana, aby umożliwić dostęp do zamocowania silnika i do zbiornika. Trzeba w niej wykonać otwory na cylinder, gaźnik itp. Część dolną można wykonać z papieru, część górną musi być sztywniejsza i wykonana z balsy lub cienkiej blachki aluminiowej. Zamocowanie — sprężynką lub gumką do łoża silnikowego. Można oczywiście zre-

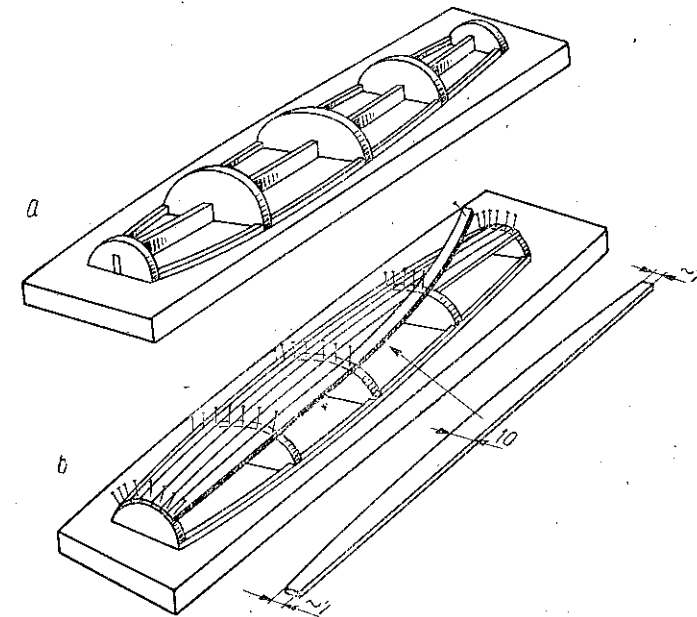
zygnować z osłaniania silnika godząc się ze stratami. Należy wówczas nieco inaczej ukształtować piastę statora — tak jak na rysunku 10-42b. Średnica jej może być wtedy nieco mniejsza. Odcinek łoża silnikowego znajdujący się wewnątrz tunelu także powinien być oprofilowany przez zaokrąglenie sklejki od przodu i zaostrenie jej z tyłu.

Konstrukcja i budowa kadłuba tunelowego. Kadłuby modeli tunelowych mają bardzo specjalną konstrukcję, odbiegającą od standardowych wzorców. Z reguły konstrukcja jest rozwiązana jako cienkościenna, sztywna skorupa, całkowicie pozbawiona wręg. Wnętrze skorupy to przewód (tunel) powietrza. W wyjątkowych przypadkach, kiedy mamy do czynienia z bardzo wielkim modelem, można zastosować konstrukcję wzmocnioną wręgami i wewnętrzny niezależny tunel — tak jak to pokazuje rysunek 10-29. Taką konstrukcję wykonuje się znanymi i poprzednio opisanymi już metodami. Tunel wewnętrzny może być wykonany z cienkiego brystolu.

Przejdźmy jednak do zasadniczej cienkościennej skorupy, jako konstrukcji podstawowej.

Do tego celu można dojść wieloma metodami: budując kadłuby z masy papierowej, dłubiąc z pełnego klocka lub stosując nowoczesne żywice i masy plastyczne. Najlżejszy i stosunkowo najmocniejszy kadłub można jednak wykonać tylko z listewek balsowych, klejąc je metodą „klepkową” na uprzednio przygotowanym specjalnym szablonie. Pomocniczą konstrukcję trzeba będzie po sklejeniu usunąć i dlatego musimy wykonać skorupę w dwóch częściach. Linia podziału przebiega najczęściej w płaszczyźnie poziomej i w osi kadłuba.

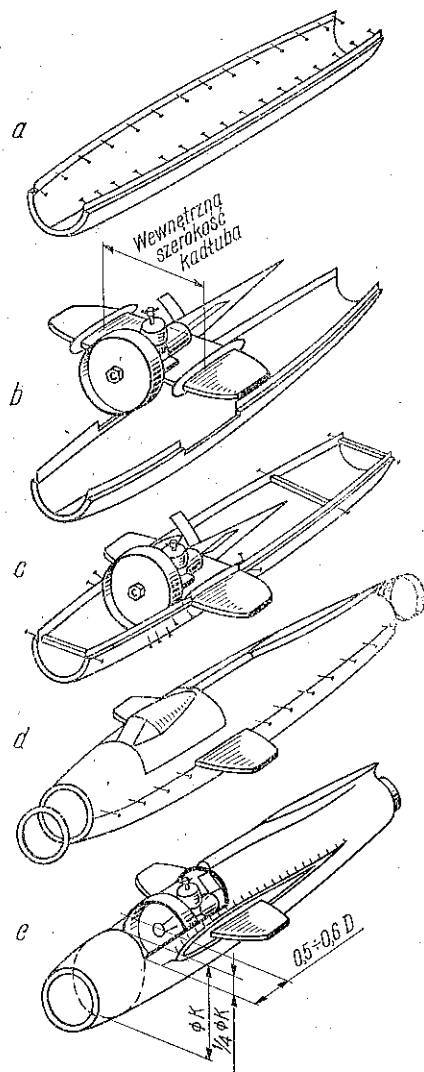
Przystępując do pracy przygotowujemy szablon dla górnej i dolnej części kadłuba. Jeżeli kadłub jest symetryczny i obie połowki kadłuba są jednakowe, wówczas wystarczy oczywiście wykonanie tylko jednego szablonu.



Rys. 10-44. Szablony i montaż kadłuba klepkowego

Budowa szablonu (rys. 10-44) polega na wykonaniu szczałkowej konstrukcji składającej się z kilku półwęg przymocowanych do równej deski, rozstawionych ściśle według planu i połączonych podłużnicami. Oczywiście wymiary węg muszą uwzględniać grubość powłoki. W celu zabezpieczenia przed przyklejeniem się skorupy do szablonu oklejamy węgłi paskami papieru lub nasączamy je gorącą parafiną.

Teraz rozpoczynamy pokrywanie szablonu listewkami balsowymi o grubości około 2 mm. Szerokość listewek zależy od krzywizny kadłuba; im większe krzywizny, tym węższe muszą być listewki. Szablon pokry-



Rys. 10-45. Proces wykonania kadłuba „tunelowego”

wamy zaczynając od wierzchu — symetrycznie na boki, przyklejając listewki jedna do drugiej i przymocowując do szablonu szpileczkami, tak jak na rysunku 10-44b.

Używamy kleju kazeinowego — Certus. Listewki powinny się nieco zżęzać ku końcom i muszą być dobrze do siebie dopasowane, aby nie tworzyły się szpary. Linia kadłuba powinna przebiegać płynnie. Po całkowitym wyschnięciu pokrytego kadłuba oczyszczamy go dokładnie z zewnątrz papierem ściernym, nie zdejmując jednak jeszcze z szablonu, i nasączamy lakierem bezbarwnym w celu utwardzenia powierzchni. Trzeba się przedtem upewnić, czy lakier nie ma właściwości napęczających tak jak cellon, gdyż grozi to powichrowaniem skorupy po wyjęciu z szablonu. Kiedy lakier wyschnie, możemy zdjąć skorupę z szablonu. W podobny sposób wykonujemy drugą połowę kadłuba. Po zdjęciu z szablonu, w dolnej połowie przyklejamy w celu wzmocnienia spodu od wewnątrz, wąski pasek sklejkki 0,6 ÷ 0,8 mm. Obie połowy kadłuba należy następnie wewnątrz oczyścić i wykleić papierem japońskim. Następnie całe wnętrze kadłuba trzeba gruntownie wylakierować lakierem bezbarwnym tak, aby całkowicie uodpornić je przed przesiąkaniem paliwa i oleju. Można dodać do lakieru nieco szlifu aluminiowego lub pomalować wnętrze kadłuba na czarno. Wylakierowane połowy, gdy podeschną, umieszczamy znowu na szablonach i pozwalamy im całkowicie wyschnąć.

Montaż kadłuba przebiega tak, jak to jest pokazane na rys. 10-45. Zaczynamy od tego (rys. 10-45a), że do boków dolnej połowy przyklejamy od strony wewnętrznej dwa wąskie paski sklejkki 0,6 ÷ 0,8 mm, które ułat-

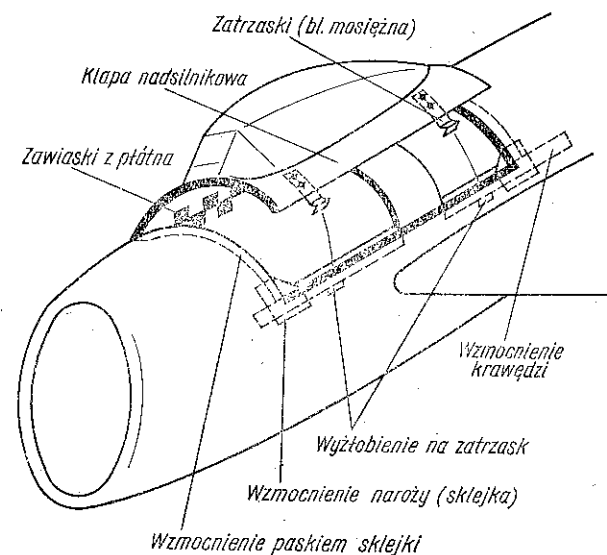
wiają nam potem sklejenie obu połówek. W międzyczasie przygotowujemy zespół napędowy oraz wykonujemy pierścień wentylatora sklejkając go na okrągłym dysku z dwóch warstw cienkiej sklejkki 0,6 mm, tak aby średnica zewnętrzna pierścienia była ściśle równa wewnętrznej średnicy kadłuba w tym miejscu. Pierścień w ten sposób wykonany jest bardzo sztywny i nie odkształca się.

Po sklejeniu i oczyszczeniu zakładamy pierścień wraz z dyskiem na wał silnika (rys. 10-45b). Dysk musi więc mieć otwór (najlepiej go zrobić wcześniej) idealnie położony w środku kręgu. W ten sposób założony pierścień jest całkowicie zabezpieczony przed odkształceniem. Teraz wykonujemy w odpowiednim miejscu dolnej połówki kadłuba wycięcie na łożo silnikowe i dopasowujemy zespół napędowy tak, aby oś wentylatora pokryła się z osią kadłuba, a łopatki statora przylegały do ścianek kadłuba. Sprawdzamy również, czy górna połówka kadłuba dobrze przylega. W celu zachowania właściwej szerokości kadłuba, można wstawić w kilku miejscach rozpórki przymocowane szpileczkami lub lekko przyklejone (rys. 10-45 c) które będzie można łatwo usunąć po zmontowaniu kadłuba.

Po dokładnym dopasowaniu zaklejamy zespół napędowy w dolnej połówce kadłuba przyklejając pierścień na całej powierzchni styku, łożo silnikowe za pomocą balsowych wzmocnień oraz dolne łopatki statora — na styk do skorupy. Mocujemy i zakręcamy również śrubę podpierającą wał silnika od przodu.

Po wyschnięciu kleju możemy odkręcić i wyjąć dysk z pierścienia, a następnie dopasować i skleić górną połówkę kadłuba (rys. 10-45 d). Przyklejamy również z przodu wzmocniający pierścień ze sklejkki, możemy przykleić osłonę kabiny wytłoczoną z kawałka pleksi oraz wkleić pierścień (sklejkka, brystol) imitujący dyszę wylotową (jeśli potrzeba).

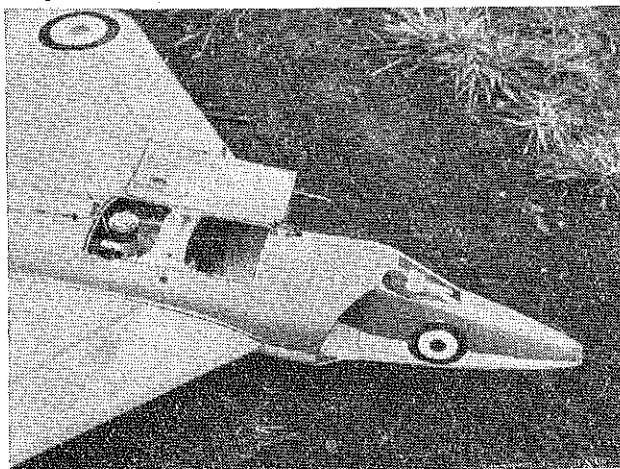
Następnie trzeba zaznaczyć wycięcie na klapę nadsilnikową. Wielkość klapy musi być tak dobrana, aby był dostęp do głowicy silnika i śrub mocujących oraz aby była możliwość założenia i wyjęcia wentylatora od przodu pomiędzy pierścieniem a ścianką kadłuba. Zasadnicze wymiary wycięcia podane są na rysunku 10-45e. Na rysunku tym widzimy już go-



Rys. 10-46. Wykonanie klapy nadsilnikowej

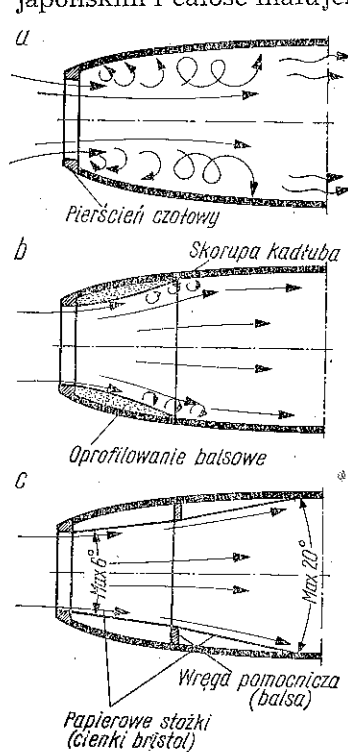
towy kadłub z odjętą klapą nadsilnikową, podstawą statecznika pionowego i przykładowym żebrzem skrzydła.

Pozostaje jeszcze zamocować klapę na zawiasach, zrobić do niej za-trzaski oraz wzmocnić nieco kadłub w miejscu wycięcia (rys. 10-46). Montaż kadłuba jest zakończony.



Rys. 10-47. Przód modelu tunelowego; widoczne wloty powietrza i klapa silnikowa

Po ostatecznym oczyszczeniu oklejamy kadłub z zewnątrz papierem japońskim i całość malujemy wykańczająco (rys. 10-47).



Rys. 10-48. Ukształtowanie wlotu powietrza

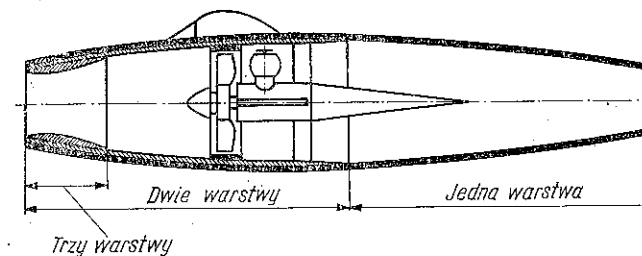
Jeszcze kilka uwag o ukształtowaniu wlotów i wylotów w modelach tunelowych.

Kadłuby niektórych samolotów mają znaczną krzywiznę w okolicach wlotu lub wylotu. W przypadku zastosowania cienkościenniej skorupowej konstrukcji wygląda to w modelarskim wykonaniu tak, jak na rysunku 10-48a. Z punktu widzenia przepływu powietrza jest to kształt bardzo niekorzystny — powstają zawirowania i znaczne straty. Aby poprawić sprawność napędu i podwyższyć ciąg, można zastosować wewnątrz wlotu oprofilowanie z miękkiej balsy (rys. 10-48b), które w formie klepek można przykleić nawet po zmontowaniu kadłuba. Jeszcze lepsze rozwiązanie podane jest na rysunku 10-48c. W tym przypadku straty są najmniejsze. Oprofilowanie to trzeba jednak zamontować przed sklejeniem połówek kadłuba.

W razie potrzeby te same zabiegi można wykonać przy wylocie.

Omówiliśmy typową konstrukcję kadłuba skorupowego. Można ją stosować do wszystkich małych i średnich modeli (do 2,5 cm³ poj. silnika). W dużych modelach oraz w modelach na uwięzi (z kółkiem nosowym) za-

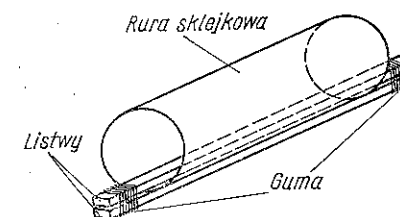
chodzi potrzeba wzmocnienia przedniej części kadłuba. Można to uzyskać przez wykonanie dwuwarstwowej skorupy na odcinku od nosa aż do zamocowania silnika, tak jak to pokazuje przekrój na rysunku 10-49. Pamiętajcie tylko trzeba, aby przyklejać wierzchnie klepki na łączenie klepek dolnych.



Rys. 10-49. Wzmocnienie przedniej części kadłuba

Opisane konstrukcje wykonuje się z balsy. W niektórych przypadkach, jeśli kształt samolotu na to pozwala, można zmniejszyć zużycie balsy przez zastosowanie skorup sklejkowych w kształcie rur (rys. 10-50). Jest to możliwe, jeżeli kadłub ma kształt bardzo zbliżony do prostego walca lub stożka.

Budowa oraz zamocowanie skrzydeł i stateczników. Konstrukcja skrzydeł i stateczników do modeli tunelowych niczym nie odbiega od standardowych wzorów. Trzeba się trzymać jedynie ogólnej zasady możliwie jak najłżejszego wykonania. Do stateczników stosuje się konstrukcje płytkowe lub takie, jak w skrzydle.



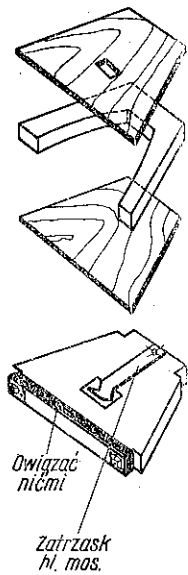
Rys. 10-50. Uproszczona (oszczędnościowa) metoda wykonania kadłuba

Skrzydła i stateczniki pokrywa się papierem japońskim. Całkowicie skorupową konstrukcję stosujemy rzadko, chyba że dysponujemy bardzo cienkim i lekkim fornirem balsowym w dobrym gatunku.

Zamocowanie skrzydła lub statecznika możemy rozwiązać jako stałe — niedzielone lub odejmowane — dzielone.

Stałe zamocowania stosujemy jedynie w małych modelach swobodnych oraz z reguły w modelach na uwięzi (mniejszy ciężar). W większych modelach swobodnych chcąc uchronić konstrukcję od zniszczenia w przypadku napotkania przez model przeszkody, stosujemy zamocowania dzielone. Najpopularniejsze jest zamocowanie szufladkowe, o którym już wspominaliśmy. Sposób wykonania szufladki ilustruje rysunek 10-51. Na rysunku 10-52 mamy szczegóły konstrukcyjne zamocowania szuflady w skrzydle.

Szuflada powinna przechodzić przez trzy, a co najmniej dwa przykadłubowe żebra skrzydła, które powinny być nieco mocniejsze od innych (wykonane z twardszej balsy lub ze sklejki). Zabezpieczenie skrzydła przed spadnięciem uzyskuje się dzięki zastosowaniu sprężynki, która działa podobnie jak zatrzask, wchodząc w odpowiednie wycięcie języka po założeniu skrzydeł. Pamiętajcie należy o zachowaniu odpowiedniego kąta nastawienia skrzydeł, jednakowego dla obu połówek, oraz odpowied-



Rys. 10-51. „Szufiadowe” zamocowanie skrzydła

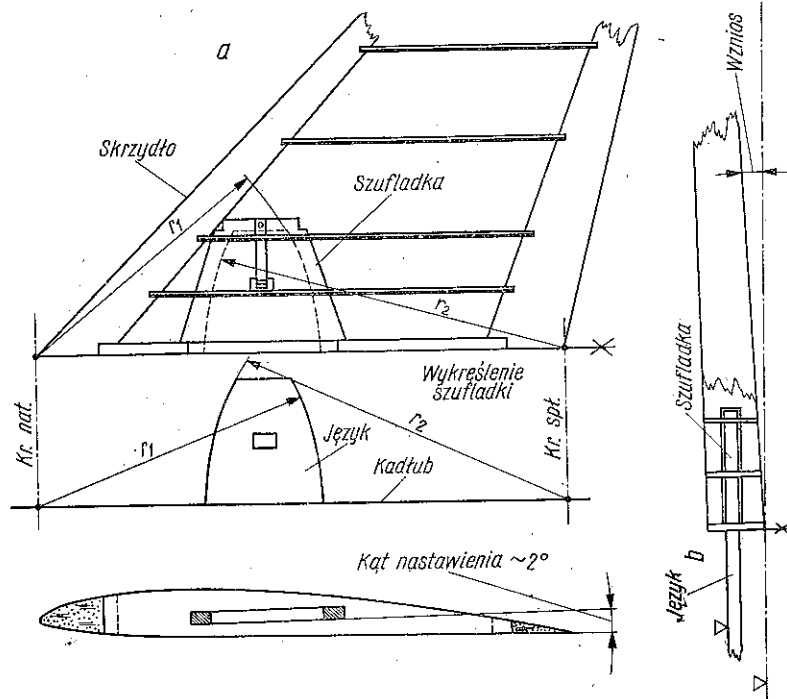
niego wzniosu (rys. 10-52b). Z tej przyczyny wycięcie na szufiadki trzeba wykonywać wspólnie w żeberkach obu skrzydeł. Zamocowanie szufiadowe można również stosować do stateczników — oczywiście w lepszym wydaniu.

Jeśli model nie jest średniopłatem, a odległość skrzydła od osi kadłuba nie jest zbyt wielka, można zastosować również szufiadowe zamocowanie, radząc sobie w sposób pokazany na rysunku 10-53.

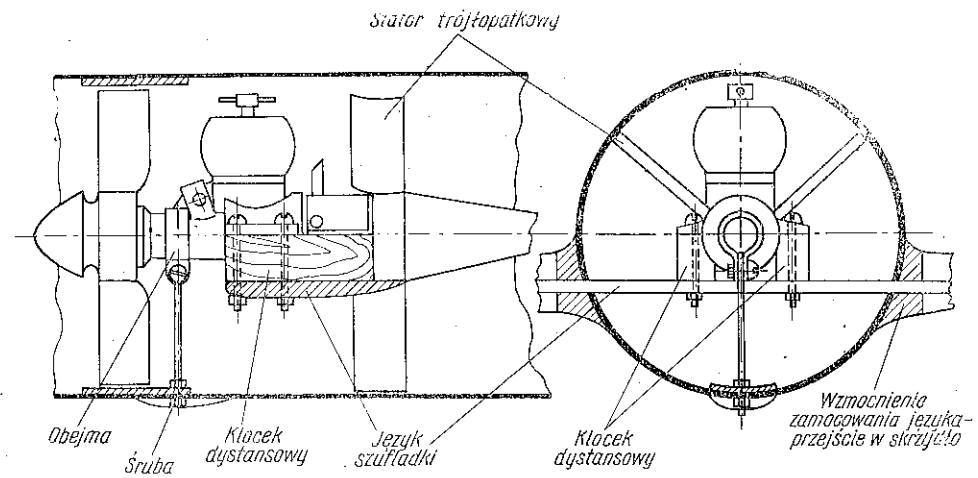
Zamocowanie statecznika poziomego powinno pozwalać na regulację kąta nastawienia w granicach kilku stopni.

Bardziej popularne rodzaje rozwiązań pokazane są na rysunku 10-54.

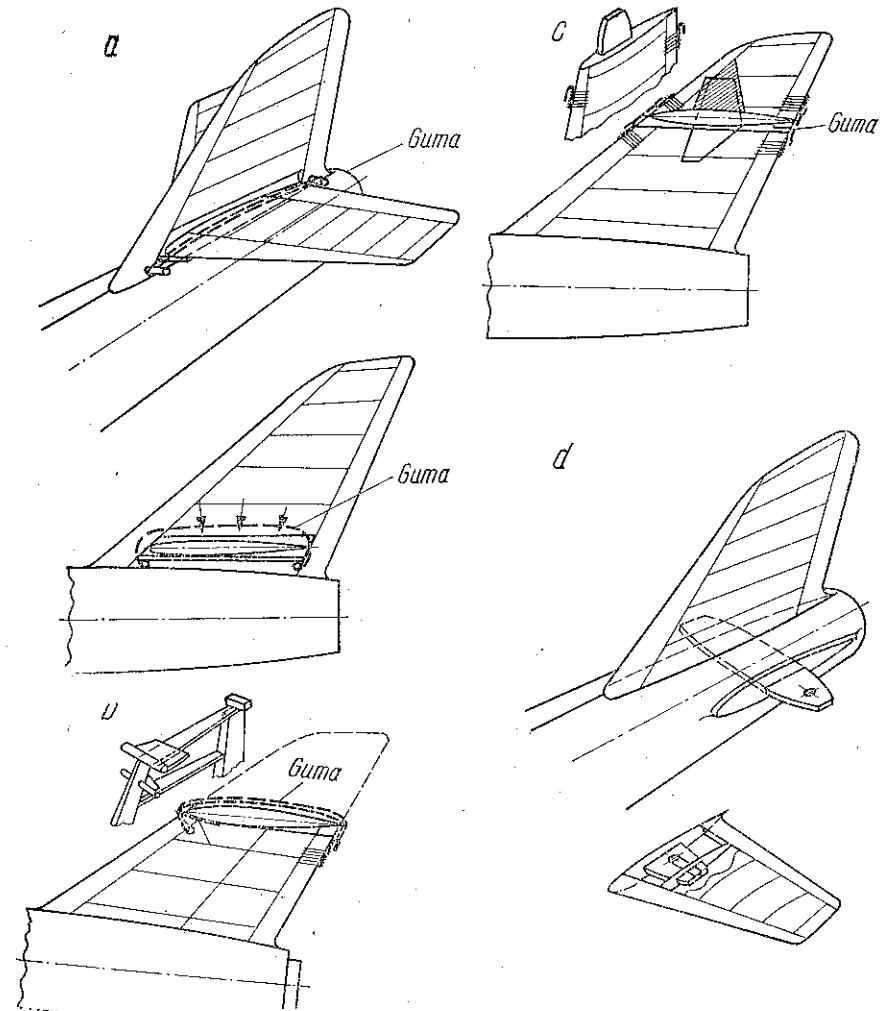
Napęd tunelowy można z powodzeniem wykorzystać przy projektowaniu modeli odrzutowców własnej konstrukcji. Można wówczas zaprojektować model w taki sposób, aby sprawność napędu była jak największa. Dwie propozycje tego rodzaju modeli o sylwetkach nawiązujących do obecnych projektów naddźwiękowych samolotów atomowych przedstawione są na rysunku 10-55.



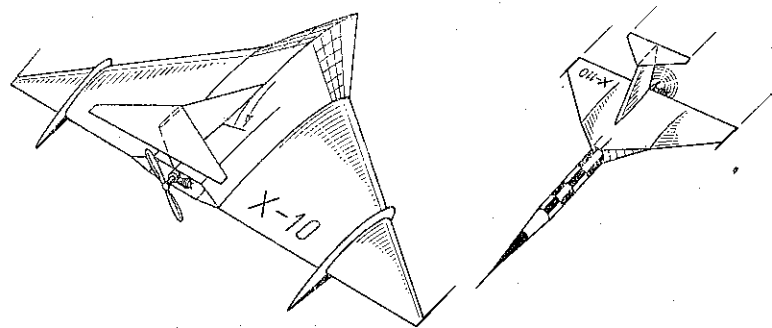
Rys. 10-52. Zamocowanie szufiady w skrzydle



Rys. 10-53. Zamocowanie silnika w przypadku, gdy skrzydła nie znajdują się w osi kadłuba



Rys. 10-54. Różne rozwiązania zamocowań statecznika poziomego



Rys. 10-55. Projekty modeli samolotów naddźwiękowych

Oblatywanie i eksploatacja modeli odrzutowców

Oblatywanie modeli napędzanych śmigłem

Zasady oblatywania „śmigłowych” odrzutowców podobne są do tych, jakie stosujemy przy modelach zwyczajnych samolotów. Zachowujemy jednak daleko idące środki ostrożności, bo modele odrzutowców są bardzo czułe i mają niedużą stateczność. Z tego względu omówimy cały proces raz jeszcze.

Przed lotem, jak zwykle, sprawdzamy dokładnie położenie środka ciężkości podpierając model pod średnią cięciwą. Gdyby były jakieś niedokładności, model trzeba koniecznie wyważyć dodaniem balastu na przód lub na tył modelu, zależnie od potrzeby. W dalszym ciągu tradycyjny ten przegląd obejmuje, jak wiemy, sprawdzenie kątów zaklinowania, wzniosu, zamocowań, instalacji silnika itp.

Obloty rozpoczynamy od sprawdzenia lotu ślizgowego. Pogoda musi być koniecznie bezwietrzna. Śmigło należy zdjąć, aby się nie złamało. Biegając z modelem w rękę, ustawionym w kierunku lotu, zluźniamy na chwilę chwyt ręki i staramy się wyczuć tendencję modelu. Jeżeli nos modelu będzie się gwałtownie obracał ku górze, trzeba powiększyć kąt nastawienia statecznika poziomego ujmując podkładkę spod krawędzi spływu lub podkładając je pod krawędź natarcia. Jeśli wyczuwamy tendencję do opuszczania nosa, trzeba postąpić odwrotnie. Zabieg ten będziemy powtarzali tak długo, aż model będzie się równo układał w rękę mimo bardzo lekkiego uchwytu. Po wstępnym wyregulowaniu modelu przechodzimy do właściwych prób w locie.

Biegając (z modelem) otwieramy teraz rękę i obserwujemy model. Prędkość biegu trzeba tak dobrać, aby model nie odrywał się gwałtownie od ręki, lecz uniósłszy się nieco rozpoczął samodzielny lot ślizgowy. Dla pewności łapiemy go do ręki z powrotem. Gdy się przekonamy, że model szybkuje spokojnie, można go pozostawić samemu sobie, aż wyląduje na ziemi. Pamiętać trzeba, aby modelu nie popychać zbyt silnie i nie wyrzucać do góry, lecz biegając z prędkością równą prędkości modelu nachylić go lekko ku ziemi i spokojnie wypuścić.

Dla bezpieczeństwa korzystnie będzie, jeżeli próby przeprowadzimy nad bujną trawą, która złagodzi ewentualne upadki. Lot ślizgowy powinien być prosty, ciągły i względnie szybki. W żadnym przypadku nie można dopuścić, aby model latał „przeciągnięty”, co łatwo poznać po tym, że

lot jest powolny i niezdecydowany. Aby temu zapobiec, trzeba model tak wyregulować, aby był nieco „przypikowany” — to znaczy, aby latał nieco szybciej i pod większym kątem.

W pierwszej fazie oblatywania całą uwagę skupiamy na opanowaniu stateczności podłużnej. Jeżeli już doprowadzimy do tego, że model łagodnie wypuszczony z rozbiegu szybkuje prosto i bez zakłóceń — możemy przeprowadzić próbę „przeciągnięcia”. W tym celu wypuszczamy model z większą prędkością skierowując jego nos bardziej do dołu. Model powinien szybkim lotem poszybować ku ziemi — łagodnie zakrzywiając tor lotu ku górze, tak aby w końcowej fazie wyskoczyć do góry tracąc prędkość. Jeżeli po wykonaniu „górkę” model stosunkowo łagodnie przechodzi do lądowania, jego stateczność podłużna jest w porządku. Natomiast gwałtowne zahamowanie się lotu i uderzenie nosem modelu w ziemię jest objawem niestateczności. Zwiększamy więc kąt nastawienia statecznika poziomego i próbujemy jeszcze raz. Jeżeli to nie pomaga i model w dalszym ciągu robi „pompy” przy silnym wyrzucie, a przy słabym nurkuje — jest to oznaka, że model ma zbyt przednie wyważenie i środek ciężkości trzeba przesunąć do tyłu przez dołożenie balastu w okolicy ogona. Jeżeli natomiast zwiększenie kąta w stateczniku powoduje, że model „wjeżdża” w ziemię niezależnie od siły wyrzutu i początkowej prędkości — to znak, że środek ciężkości znajduje się za bardzo z tyłu. Podobnie oznaką zbyt tylnego wyważenia (i to mocno tylnego) jest lot modelu pod takim kątem, jaki zostanie mu nadany w czasie wyrzutu.

Jeżeli wszystkie kombinacje ze środkiem ciężkości zawiodą i nie uda się uzyskać poprawnego lotu ślizgowego, wówczas można postąpić w dwojaki sposób:

- zwiększyć ujemne zwichrowanie skośnych skrzydeł lub zwiększyć wychylenie obu lotek do góry (jeżeli model ma lotki), a następnie dokładając ciężaru na przód badać zachowanie się modelu w locie;
 - powiększyć powierzchnię statecznika poziomego (stosuje się szczególnie przy skrzydłach prostych).
- Jeden z tych zabiegów powinien pomóc.

Jeśli osiągniemy poprawną stateczność podłużną modelu, staramy się ocenić jego stateczność poprzeczno-kierunkową. Zazwyczaj trudno ją właściwie rozpoznać na podstawie tylko lotków z ręki. Jedynie bardzo duża niestateczność wahadłowa daje znać o sobie gwałtownym skretem w końcowej fazie ślizgu połączonym z silnym zarzucaniem i przechyleniem skrzydeł. Trzeba wówczas zareagować zmniejszeniem wzniosu skrzydeł. Mniejsze przypadki niestateczności poprzeczno-kierunkowej ujawniają się dopiero w dłuższym locie z dużej wysokości. Można to sprawdzić wypuszczając model np. ze wzgórza. Szczególnie groźna jest niestateczność spiralna objawiająca się zacieśnieniem zakrętów i nurkowaniem. Trzeba ją koniecznie zlikwidować zwiększając wznios skrzydła.

Po osiągnięciu całkowicie statecznego i pewnego lotu ślizgowego приступujemy do pierwszych lotów na silniku. Wymagania są takie, jak w stosunku do modeli normalnych:

- model powinien wzbijać się w płaskim, szerokim zakręcie w stronę przeciwną do kierunku obrotów śmigła, zgodnie z działaniem od silnika,
- kąt wznoszenia możliwie płaski — nie większy niż 15° ,
- łagodne przejście do lotu ślizgowego.

Regulacja lotu silnikowego polega głównie na regulacji osi ciąża na boki. Przed lotem skręcamy silnik wstępnie o $1 \div 1,5^\circ$ w bok — w kierunku

ku zgodnym z obrotami śmigła. Musi więc istnieć możliwość regulacji tego skręcenia — np. przez wypiłowanie podłużnych otworków w łożu silnikowym.

Pierwszy lot przeprowadzamy na możliwie najniższych obrotach silnika (ustawiając go na najmniejszej „kompresji” i najbogatszej mieszance). Podbiegając wypuszczamy model poziomo (najlepiej nad łan zboża lub trawy) — dokładnie pod wiatr. Jeżeli model zakręca silnie w lewo (przy prawobieżnym silniku), należy zwiększyć wychylenie silnika w kierunku obrotów silnika, tj. na prawo, aż uzyskamy względnie prosty lot z lekką tendencją w lewo. Gdyby model zakręcał w prawo — oznacza to, że skręcanie osi silnika w bok jest zbyt duże i trzeba je zmniejszyć. Zakręt modelu powinien być ustalony i musi być wynikiem naturalnej tendencji modelu, a nie np. wynikiem popchnięcia lub wypuszczenia z bocznym wiatrem. Jeśli model przechyla się na skrzydło i tracąc wysokość schodzi w zakręcie do ziemi, nie należy zwiększać obrotów, lecz przedtem poprawić wychylenie silnika.

Dopiero po wyregulowaniu modelu na małych obrotach można je stopniowo zwiększać (przez dokręcenie śruby kompresyjnej). Pamiętać trzeba, że ze zwiększeniem obrotów rośnie reakcja od silnika przechylająca model w lewo (prawobieżny silnik) i wywołująca lewy zakręt. Jeżeli wychylenie silnika w prawo jest małe, należy się spodziewać, że zwiększenie obrotów spowoduje pogłębienie lewego zakrętu. Przy dużym wychyleniu silnika na prawo może się zdarzyć, że ciąg śmigła przewycięży pochylającą reakcję od silnika i spowoduje nie lewy, lecz prawy zakręt, który jest niebezpieczny ze względu na tendencję do nurkowania. Z tego powodu regulację trzeba przeprowadzić powoli i stopniowo.

Jeżeli wynikają duże trudności z ustatacznieniem modelu w locie silnikowym, trzeba raczej zastosować zdecydowany lewy zakręt, a jako zabezpieczenie przed spiralą w lewo wychylić lotki tak, aby kompensowały zbyt duże pochylenie. Jest to lepsze niż balansowanie na granicy lewego i prawego zakrętu, które zawsze grozi wejściem w prawą stromą spiralę. Jeśli model nie ma lotek, trzeba dokleić na krawędzi spływu klapki z cienkiej blachy aluminiowej. Przy takiej regulacji model w locie ślizgowym będzie krążył w prawo.

Kiedy model jest już całkowicie oblatany, trzeba go zabezpieczyć, aby regulacja nie uległa zmianie. W tym celu dokręcamy i zaklejamy klejem śruby silnika, zaklejamy ruchome klapki itp.

Obsługa modeli tunelowych

Modele tunelowe wymagają odmiennego obsługi niż modele normalne. Jest to wynikiem odmiennego napędu, odmiennego rozruchu i ukrycia całego zespołu napędowego wewnątrz kadłuba. Aby uniknąć trudności przy pierwszych lotach (a nawet uszkodzenia modelu), trzeba się dobrze zapoznać z zasadami obsługi nowego modelu. Omówię je pokrótce.

Pierwszą i zasadniczą sprawą jest opanowanie nowego sposobu rozruchu za pomocą sznurka. W tym celu trzeba koniecznie przerobić to praktycznie przed zamontowaniem — oczywiście przy zastosowaniu tej samej turbiny i tego samego paliwa, które użyjemy później do dalszej eksploatacji. Silnik trzeba precyzyjnie wyregulować na najwyższe obroty i zapisać sobie położenie śruby kompresyjnej, liczbę obrotów igły gaźnika oraz skład paliwa użytego do próby. Jest to bardzo ważne, ponieważ regulacja silnika wewnątrz modelu może być bardzo kłopotliwa. Po zamontowaniu sil-

nika do modelu silnik powinien być tak samo ustawiony i regulacji nie należy zmieniać.

Zasady uruchamiania silnika w modelu tunelowym są następujące:

- 1) nawinąć sznurek startowy na rolkę rozruchową (3-4 zwoje), tak aby węzełek na końcu sznurka znalazł się we wgłębieniu rolki (jeśli takie istnieje),
- 2) napełnić zbiornik paliwa,
- 3) odkręcić igłę gaźnika o określoną liczbę obrotów,
- 4) zwolnić śrubę kompresyjną o około $\frac{1}{4}$ obrotu,
- 5) intensywnie pociągnąć za sznurek przytrzymując drugą ręką cylinder silnika (silnik powinien zaskoczyć po 3 próbach); jeżeli silnik nie daje się uruchomić należy:
- 6) odkręcić nieco więcej igłę gaźnika i lekko zwiększyć „kompresję”, powtórzyć rozruch, a jeżeli to nie pomaga
- 7) dokręcić nieco igłę gaźnika i obracając wentylatorem ustawić tłok w położeniu zamykającym otwory wlotowe. Wstrzyknąć kroplę paliwa poprzez otwór wylotowy na powierzchnię tłoka i powtórzyć rozruch. Powinno pomóc radykalnie (uwaga: wstrzyknięcie paliwa przy otwartym otworze wylotowym grozi zalaniem silnika, co z kolei może spowodować złamanie wału lub korbowodu podczas energicznego rozruchu),
- 8) po uruchomieniu silnika uregulować maksymalne obroty,
- 9) dopełnić zbiornik paliwa, zamknąć klapę nadsilnikową i natychmiast wypuścić model. Przetrzywanie modelu z zamkniętą klapką może spowodować przegrzanie silnika,
- 10) należy zapewnić sobie czyste przedpole startu; przypadkowi przechodnie i ciekawscy widzowie powinni być uprzedzeni, że model lata z dużą prędkością i może komuś wyrządzić krzywdę, nie mówiąc o tym, że sam ulegnie uszkodzeniu, np. wskutek zderzenia z głową natrętnego widza,
- 11) po lotach należy się przekonać, czy zbiornik jest pusty i usunąć wszelkie resztki paliwa z przewodu; resztki paliwa (oleju) mogą bowiem spowodować duże trudności w czasie następnego rozruchu.

Poza tym należy przestrzegać następujących zasad:

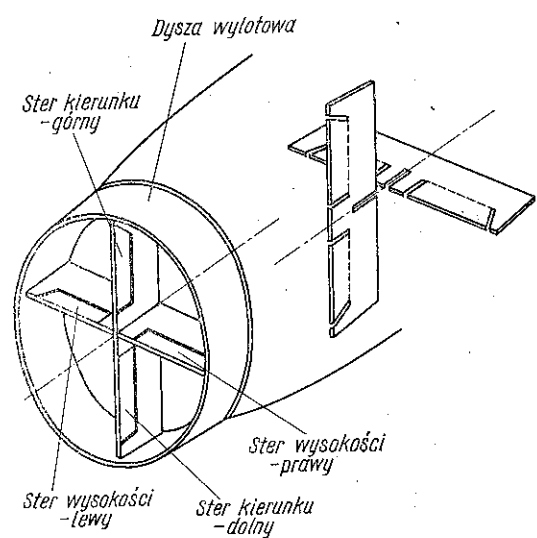
- bezwzględnie utrzymywać model w czystości i po każdym locie sprawdzać, czy podczas lądowania przez otwór wlotowy nie dostały się do modelu trawa i inne zanieczyszczenia,
 - sprawdzić po każdym locie, czy śruby przymocowujące silnik nie odkręciły się; obluźowane śruby dokręcić — nieprzestrzeganie tego grozi pocięciem kadłuba przez wentylator,
 - sprawdzać wszystkie zamocowania, szczególnie ustawienie statecznika, a po dłuższym nieużywaniu modelu kontrolować lot ślizgowy,
 - nie wolno wypuszczać modelu, choćby z najdrobniejszymi uszkodzeniami lub dziurami w pokryciu.
- Przestrzeganie tych zasad to tajemnica powodzenia — nie lekceważmy ich!

Oblatywanie modeli tunelowych

Po zapoznaniu się ze specyfiką obsługi modeli o napędzie tunelowym, opanowaniu rozruchu silnika i jego regulacji można przystąpić do próbnych lotów.

Pamiętać trzeba, że modele tunelowe mają znacznie większe obciążenie od „śmigłowych” odrzutowców, co powoduje, że prędkość lotu ślizgowego jest znacznie większa (podczas gdy „śmigłowy” odrzutowiec szybuje z prędkością około 6—7 m/sek, model tunelowy lata z prędkością 10÷12 m/sek). Tak dużej prędkości nie będziemy mogli nadać modelowi biegnąc z nim w warunkach ciszy. Trzeba go będzie wyrzucić z dość znaczną siłą lub oblatywać w czasie wiatru, który zmniejszy prędkość modelu względem ziemi. Wiatr powinien być niezbyt silny, równo wiejący, aby zaś uniknąć wpływu zawirowań, trzeba model oblatywać na otwartej przestrzeni. Poza tym regulację lotu ślizgowego i korektę stateczności przeprowadzamy według poznanych już zasad. Staramy się uzyskać szybki i prosty lot ślizgowy, bez tendencji do przeciągania (pompy), używając do tego celu statecznika wysokości i klapki na sterze kierunkowym (trymera).

Próby lotu silnikowego rozpoczynamy jak zwykle na niewielkich obrotach, stopniowo je zwiększając w miarę usuwania nieprawidłowości.



Rys. 10-56. Konstrukcja sterów „tunelowych”

Do regulacji lotu silnikowego będziemy używali przede wszystkim sterów „tunelowych”, które należy w tym celu umieścić w dyszy wylotowej modelu (rys. 10-56). Kształt krzyża jest najbardziej popularny — umożliwia on bowiem regulację we wszystkich kierunkach. Najprościej wykonać stery z materiału, który umożliwiłby ich odginanie, np. z cienkiej fibry, celulooidu lub blaszki o grubości około 0,3 mm. Można również wykonać powierzchnię sterowe z balsy i osadzać je za pośrednictwem blaszek.

Działanie sterów tunelowych jest podobne do działania normalnych powierzchni sterowych z tym tylko, że działają one znacznie silniej, ponieważ

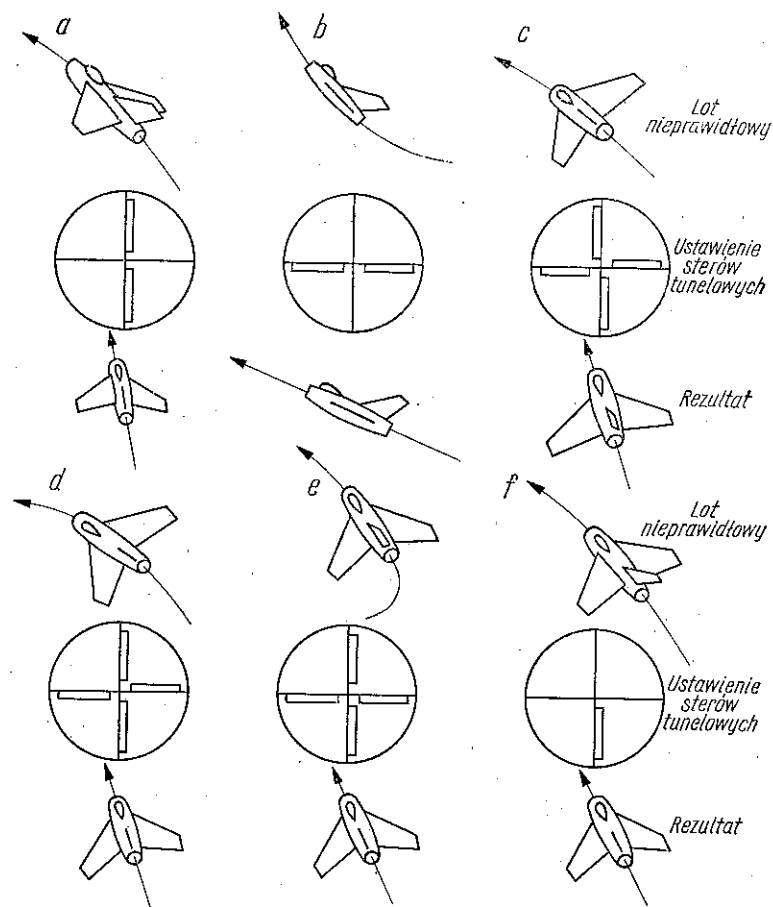
pracują w strumieniu o dużej prędkości oraz dodatkowo pozwalają na przeciwdziałanie przechyłom. Działają one tylko w locie silnikowym.

Są następujące możliwości użycia sterów tunelowych:

- 1) jeżeli chcemy uzyskać zakręt w prawo lub przeciwdziałać lewemu zakrętowi — należy wówczas odgiąć obie łopatki steru kierunkowego w prawo (rys. 10-57a),
- 2) jeżeli chcemy zmniejszyć nadmierne wznoszenie modelu, co wpływa usztywniająco i zapobiega przeciągnięciu w locie silnikowym, należy odgiąć klapki steru wysokości do dołu (rys. 10-57b), jest to zabieg prawie zawsze konieczny w modelu tunelowym,
- 3) w przypadku źle skomponowanej reakcji od silnika (wadliwie ustawione łopatki lub za mały stator), gdy model wykazuje tendencję do silnego przechyłu na lewe skrzydło (model z prawobieżnym silnikiem), należy wszystkie klapki na obu sterach wychylić w jednym kierunku — w tym przypadku w kierunku zgodnym z kierunkiem przechyłu,

który chcemy poprawić (rys. 10-57c). Możemy również wykorzystywać kombinowane działanie sterów tunelowych dające w rezultacie:

- 4) przechył i zakręt np. w prawo — ustawienie sterów jak na rysunku 10-57d. Zabieg ten jest korzystny, jeżeli sposób omówiony w p. 1) nie likwiduje całkowicie przechyłu na lewe skrzydło,

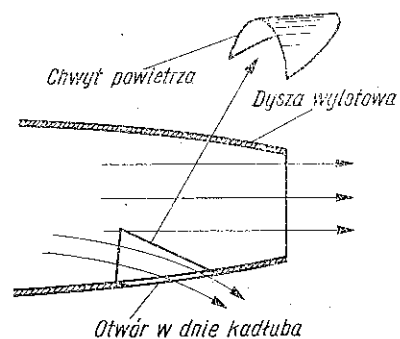


Rys. 10-57. Regulacja modeli „tunelowych” w locie silnikowym

- 5) nurkowanie i zakręt — połączone sposoby z p. 1) i p. 2), stosowane w przypadku korygowania zakrętu i zbyt ostrego wznoszenia (rys. 10-57e),
- 6) można również wykorzystać tylko jedną klapkę sterową wywołując mniejsze działanie odpowiedniego steru zawsze połączone z lekką tendencją do przechyłu — np. mały zakręt i przechył w prawo (rys. 10-57f). Wykorzystuje się ten zabieg do poprawy niewielkich niedokładności kierunku i przechyłu. Przeciwnie ustawienie sterów w stosunku do opisanego daje skutek odwrotny.

Bardzo popularną własnością modeli tunelowych jest ich tendencja do zadzierania w locie silnikowym. Czasami zdarza się, że opisane przed chwilą stery tunelowe nie wystarczają do zlikwidowania tego nieko-

rzystnego zjawiska. Radzimy sobie wówczas tak, jak pokazano na rysunku 10-58, wstawiając w dyszę wylotową dodatkowy chwyt, który przez wycięcie w spodzie kadłuba skierowuje część powietrza do dołu.



Rys. 10-58. Sposób przeciwdziałania zadzieraniu modelu w locie silnikowym

powodzący zadzieranie modelu w locie silnikowym. Powstaje wówczas siła obracająca model na nos i przeciwdziałająca zadzieraniu. Stosując opisane zabiegi staramy się tak wyregulować model, aby lot silnikowy był prosty z lekką tendencją w stronę przeciwną do obrotów silnika oraz szybki i niezbyt stromy. Przejście do lotu ślizgowego powinno być łagodne. Zakręt w locie ślizgowym nadajemy trymerem już po oblataniu modelu (początkowo regulujemy model na prosto). Gdyby wychylenie trymera zbyt mocno wpłynęło na lot silnikowy, trzeba ten wpływ skasować przeciwnym ustawieniem sterów tunelowych. Oblatywanie modeli bezogonowych, a szczególnie modeli typu delta przeprowadzamy podobnie, z tym że ostrożność powinna być jeszcze większa. Regulację lotu ślizgowego przeprowadzamy lotkami. Muszą one być stale wychylone do góry o około 15°. Zwiększenie wychylenia zmniejsza prędkość modelu i powoduje zadzieranie (pompe). Zmniejszenie wychylenia lotek daje odwrotne zjawisko. Dużo uwagi trzeba poświęcić na właściwy dobór położenia środka ciężkości. Jeżeli regulacja lotkami jest niewystarczająca, trzeba koniecznie zmienić położenie środka ciężkości: w przód, jeżeli model nurkuje (przy wychylonych lotkach). Regulacja lotu silnikowego pozostaje bez zmian.

Należy pamiętać, że modele bezogonowe są bardzo czułe na regulację w płaszczyźnie podłużnej z racji braku statecznika. Wszystkie zabiegi regulacyjne trzeba przeprowadzać stopniowo i spokojnie.

Powstaje wówczas siła obracająca model na nos i przeciwdziałająca zadzieraniu.

Stosując opisane zabiegi staramy się tak wyregulować model, aby lot silnikowy był prosty z lekką tendencją w stronę przeciwną do obrotów silnika oraz szybki i niezbyt stromy. Przejście do lotu ślizgowego powinno być łagodne. Zakręt w locie ślizgowym nadajemy trymerem już po oblataniu modelu (początkowo regulujemy model na prosto). Gdyby wychylenie trymera zbyt mocno wpłynęło na lot silnikowy, trzeba ten wpływ skasować przeciwnym ustawieniem sterów tunelowych.

Oblatywanie modeli bezogonowych, a szczególnie modeli typu delta

przeprowadzamy podobnie, z tym że ostrożność powinna być jeszcze większa. Regulację lotu ślizgowego przeprowadzamy lotkami. Muszą one być stale wychylone do góry o około 15°. Zwiększenie wychylenia zmniejsza prędkość modelu i powoduje zadzieranie (pompe). Zmniejszenie wychylenia lotek daje odwrotne zjawisko. Dużo uwagi trzeba poświęcić na właściwy dobór położenia środka ciężkości. Jeżeli regulacja lotkami jest niewystarczająca, trzeba koniecznie zmienić położenie środka ciężkości: w przód, jeżeli model nurkuje (przy wychylonych lotkach). Regulacja lotu silnikowego pozostaje bez zmian.

Należy pamiętać, że modele bezogonowe są bardzo czułe na regulację w płaszczyźnie podłużnej z racji braku statecznika. Wszystkie zabiegi regulacyjne trzeba przeprowadzać stopniowo i spokojnie.

Rozdział 11

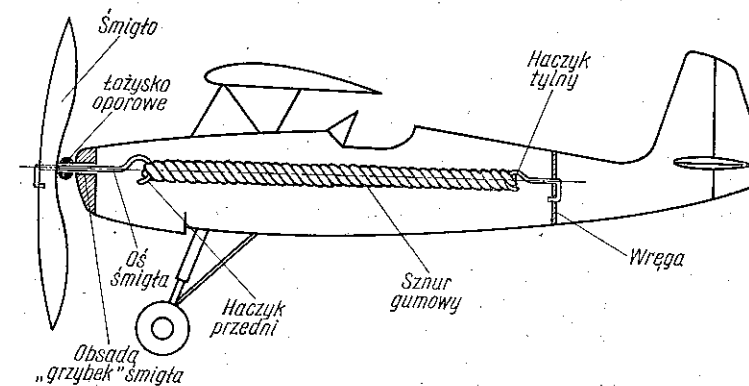
Modele z napędem gumowym

Wszystkie dotychczas omawiane rodzaje modeli wyposażone były w napęd spalinowy. Modelarski silnik spalinowy, choć oddający najbardziej realne podobieństwo do napędu prawdziwych samolotów, ma jedną zasadniczą wadę — jest drogi.

Znacznie tańszym źródłem napędu jest tradycyjny, od dawna stosowany w modelarstwie napęd gumowy. Napęd gumowy nie może co prawda dzisiaj zastąpić silnika spalinowego we wszystkich dziedzinach modelarstwa. Nie można go na przykład stosować do napędu na uwięzi, jednak w niektórych przypadkach lotu swobodnego wyniki osiągnięte przy zastosowaniu napędu gumowego mogą być zupełnie dobre.

Problemy napędu gumowego

Zasada gumowego napędu modeli latających jest bardzo prosta. Ilustruje ją rys. 11-1, który przedstawia przekrój podłużny typowego modelu. Zasadniczym źródłem energii jest tutaj skręcony sznur gumowy umieszczony w kadłubie, który bezpośrednio lub pośrednio napędza śmigło.



Rys. 11-1. Schematyczny przekrój typowego modelu o napędzie gumowym.

Od właściwego doboru rozmiarów śmigła, ilości gumy i nakrętu sznura gumowego zależą osiągi modeli. Patrząc na rysunek widzimy, że śmigło