

Wiesław Schier ABC miniaturowego lotnictwa



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa 1977

629. 735: 379. 826

Praktyczne podstawy większości zastosowań modelarstwa lotniczego. Najprostsze modele, ogólne zasady lotu, konstruowania, napędu i sterowania modeli. Opisy budowy prostych modeli rekreacyjno-sportowych w wersjach swobodnych oraz sterowanych, lądowych, wodnych i zimowych. Informacje o materiałach i narzędziach potrzebnych do budowy modeli.

Odbiorcy: kluby modelarskie przy aeroklubach, klubach LOK, drużyny ZHP, szkolne koła lotnicze, modelarze indywidualni.

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa 1977

Opiniodawcy:
Ireneusz Schnitter
Paweł Włodarczyk
Redaktor: Zofia Dobosiewicz
Redaktor techniczny: Mieczysław Wodyk
Korektor: Hanna Klimczukowa
Makiętę techniczną wykonał: Henryk Wieczorek

Spis treści

Do Czytelników/7

CZĘŚĆ I

Miniaturowe lotnictwo/9

1. Podstawy miniaturowego lotnictwa/9
2. Tajemnice lotu/20
3. Budujemy najprostszy minisamolot/29
4. Miniaturowe konstrukcje lotnicze/39
5. Napęd miniaturowych samolotów/46
6. Technika lotów na uwięzi/61
7. Urządzenia i technika zdalnego kierowania/78

CZĘŚĆ II

Wicherek/93

8. Budujemy Wicherka/93
9. Wicherek w różnych wersjach/115
10. Wicherek na uwięzi/134
11. Wicherek zdalnie sterowany/139
12. Modernizacja i rozwój Wicherka/151

CZĘŚĆ III

Wiadomości uzupełniające/159

13. Materiały/159
14. Narzędzia/169
15. Zaopatrzenie/172
16. Literatura/174

3 załączniki: 4 plany modeli na 2 arkuszach A1 oraz model kartonowy do wycinania

Do Czytelników

Modelarstwo lotnicze jest pasją wielu ludzi na całym świecie. Ocenia się, że jest ich około 30...40 milionów. Dla nich wydaje się czasopisma, książki, produkuje się silniki, urządzenia elektryczne, elektroniczne i mechaniczne, prefabrykaty, materiały, chemikalia, narzędzia i przyrządy. Z modelarstwem światłe i rozwinięte kraje wiążą ideę szerokiej politechnizacji, upatrując w nim ważny czynnik wychowawczy, kształtujący zamiłowania i zaangażowanie zawodowe.

W naszym kraju modelarstwo jest popierane przez władze państwowe i organizacje społeczne, a niektóre dyscypliny włączone zostały do ogólnej klasyfikacji sportowej na równi z innymi sportami technicznymi. Centralna Składnica Harcerska coraz lepiej rozwija sieć zaopatrzenia, wzrasta też liczba pracowni i ośrodków modelarskich.

Prawdziwe miniaturowe lotnictwo to budowa w pełni funkcjonalnych modeli samolotów i szybowców. Łączą one elementy zabawy i rekreacji ze sportem, odzwierciedlają technikę i postęp całego lotnictwa, dają pełnię satysfakcji, niezapomniane emocje.

Książka niniejsza ma za zadanie zapoznać Czytelników, nawet najmłodszych i najmniej zaawansowanych, z możliwościami, jakie w tym zakresie istnieją. Jest ona wielopoziomowa i wielofunkcyjna, pisana z myślą, aby każdy znalazł dla siebie coś interesującego. Została dostosowana do stanu techniki i zaopatrzenia zarówno obecnego, jak i spodziewanego w najbliższej przyszłości. Pracę podzieliłem na trzy odrębne części.

● Część pierwsza zawiera wiadomości podstawowe o modelarstwie, zasadach lotu, budowie i konstrukcji modeli latających, o silnikach, o lotach na uwięzi i nowoczesnej technice zdalnego kierowania. Do części tej należy również wycinanka la-

tającego modelu o sylwetce nowoczesnego samolotu odrzutowego (zamieszczona na końcu książki). W ciągu kilkunastu minut możemy wykonać samolocik, który nie tylko ładnie i realistycznie lata, ale pozwala poznać zasady pilotażu i akrobacji. Te rozdziały może przeczytać każdy, dziecko lub dorosły i można też na tym poprzestać.

● Część druga książki umożliwia praktyczne poznanie wszystkich możliwości, jakie stwarza modelarstwo lotnicze. Wystarczy zbudować tylko jeden model (zaproponowany i opisany dokładnie w tej części książki). Model ten — o nazwie WICHEREK — może być następnie przekształcony w coraz to inne wersje i odmiany, dostosowane do dowolnych możliwości technicznych i eksploatacji w dowolnych warunkach, jakie istnieją w naszym kraju. Rodzina „WICHERKÓW” powstała już dawno, modele są pewne i wielokrotnie sprawdzone — opisywane były w poprzednich wydaniach „Miniaturowego Lotnictwa”.

Koncepcja zaprojektowania i zbudowania WICHERKA — popularnego modelu dla wszystkich była wówczas zupełnie unikalna. Dziś WICHEREK jest nie tylko aktualny, ale reprezentuje bardzo popularną i szeroko już rozpowszechnioną grupę modeli zabawowo-rekreacyjnych i treningowych. Zastanawiałem się, czy nie zmodernizować WICHERKA. Odpowiednie projekty zostały nawet wykonane. Doszedłem jednak do wniosku, że przy obecnej popularności modelarstwa nie wystarczy opublikować rysunki, zdjęcia i wskazówki wykonawcze, potrzebne jest bowiem nowe zaplecze materiałowe, a najlepiej prefabrykaty. Ten warunek nie może być jeszcze w pełni spełniony i dlatego WICHEREK pozostał w książce w swojej tradycyjnej postaci, wyposażony za to w nowoczesną technikę dnia dzisiejszego.

● Trzecia część książki przeznaczona jest dla tych Czytelników, którzy zechcą rozszerzyć lub uzupełnić swoje wiadomości.

Z przyczyn wyłącznie technicznych w tym wydaniu musi ona mieć skromniejszą objętość i skromniejszy zakres tematyczny, niż było to pierwotnie planowane. Zawiera ona niezbędne wiadomości z zakresu materiałoznawstwa i wyposażenia narzędziowego. Staralem się opisać wszystkie materiały nowoczesne, nie pomijając tradycyjnych, najprostszych i najłatwiej dostępnych. Dotyczy to zwłaszcza materiałów krajowych, z których początkujący modelarze muszą korzystać: drewna, klejów, lakierów itp. Jeżeli chodzi o narzędzia, to podano najprostsze i najtańsze możliwości wyposażenia swojej indywidualnej mikropracowni.

* * *

W dużym skrócie opisano również możliwości zaopatrzenia się w najpotrzebniejsze materiały i narzędzia.

Dla wszystkich, którzy zechcą rozszerzyć swoje wiadomości podałem spis literatury, nie pomijając

Warszawa, w październiku 1977 r.

niektórych wcześniejszych pozycji, dziś już wyczerpanych, ale wartych przejrzenia.

Jak już wspomniałem, celem tej książki jest przygotowanie do prawdziwego miniaturowego lotnictwa oraz możliwie pełna informacja dająca Czytelnikowi swobodę wyboru: czy kontynuować działalność amatorską dla przyjemności i odprężania, czy zaangażować się poważnie w sport modelarski. Zdaję sobie sprawę, że zadanie to nie mogło być w pełni wykonane — choćby ze względu na szybki postęp w zakresie modelarstwa, toteż wszelkie rzeczowe listy i informacje od wszystkich zainteresowanych — a zwłaszcza od młodzieży — będą jak zawsze mile widziane i wnikliwie analizowane. Pisać można na adres: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności — 02-546 Warszawa, ul. Kazimierzowska 52.

Korzystając z okazji pragnę serdecznie podziękować wszystkim Czytelnikom „Miniaturowego Lotnictwa” za listy, opinie i życzenia. Były one bardzo pomocne przy opracowywaniu tej książki, będą na pewno potrzebne, aby literatura tego typu była jeszcze lepsza, lepiej związana z życiem naszego Kraju, potrzebami młodzieży i postępem.

Autor

Miniaturowe lotnictwo

CZĘŚĆ

1

Podstawy miniaturowego lotnictwa

Samolot jest bardzo skomplikowaną maszyną, zarówno ze względu na fizyczne zasady lotu, jak i konstrukcję oraz wyposażenie.

Samolot ma pełną swobodę poruszania się w przestrzeni powietrznej: może poruszać się w górę i w dół, naprzód, do tyłu i na boki, może ponadto dokonywać obrotów wokół swoich osi.

Czynność, którą nazywamy „lotem”, obejmuje: kołowanie, start, przelot, różne ewolucje lub figury akrobacji, lądowanie itp.

Samoloty mogą służyć do rozmaitych celów i w związku z tym mogą mieć krańcowo różne właściwości. Są samoloty (np. sportowe), które latają bardzo powoli, są też i takie, które kilkakrotnie przekraczają prędkość dźwięku. Niektóre zabierają na pokład tylko pilota, inne natomiast są zdolne przewieźć wielką liczbę pasażerów lub ładunku.

Zależnie od przeznaczenia samoloty mają mniej lub więcej mechanizmów i wyposażenia.

Możliwości miniaturowej techniki

Technika miniaturowa stoi dziś bardzo wysoko. Złożyły się na to podobnie jak w lotnictwie lata pracy, doświadczeń i naukowych eksperymentów. Nie będzie wcale przesadą jeśli powiemy, że wszystkie wymienione wyżej charakterystyczne właściwości samolotu można urzeczywistnić również i w formie zminiaturyzowanej. Dysponujemy dziś doskonałymi materiałami, bardzo mocnymi i sprawnymi silnikami oraz precyzyjnymi mechanizmami, które w połączeniu z bardzo nowoczesnymi metodami projektowania i nowoczesną technologią pozwalają na zbudowanie modeli zastępujących w pełni

na określenie miniaturowych samolotów.

Model latający, podobnie jak samolot, ma pełną swobodę lotu (rys. 1-1).

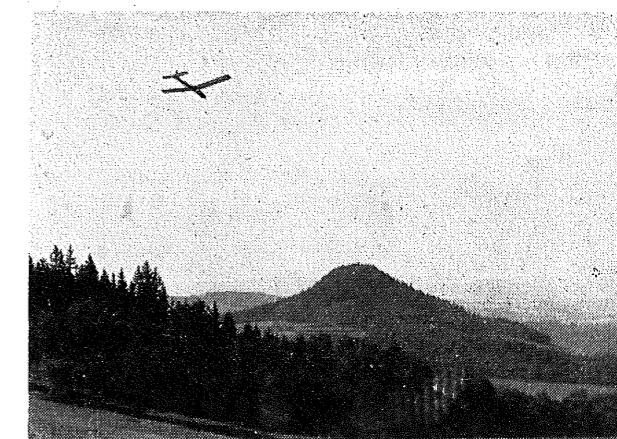
Przez zastosowanie odległościowego lub zdalnego sterowania model może wykonywać wszystkie czynności prawdziwego samolotu. Jest to możliwe do osiągnięcia nawet za pomocą bardzo prostych środków, na przykład w modelu na uwięzi przez zastosowanie sterowania linkami (rys. 1-2).

Możemy budować modele o różnym przeznaczeniu (rys. 1-3), możemy je mechanizować i bogato wyposażać (rys. 1-4).

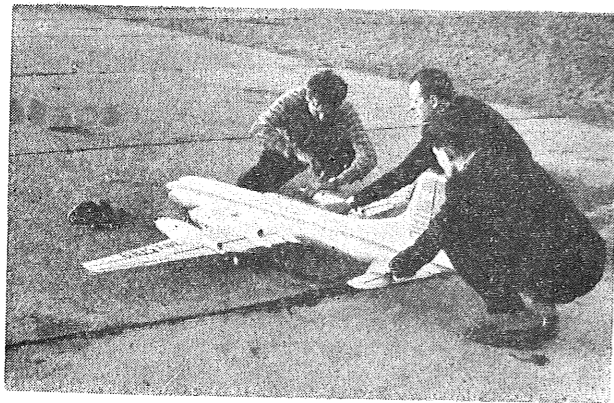
Podobieństwo pomiędzy modelem a samolotem może być doprowadzone do absolutnej perfekcji.

Na przykład na rysunku 1-5 widzimy wierną miniaturową kopię wielozadaniowego samolotu gospodarczego AN-2, zwanego popularnie „Antkiem”.

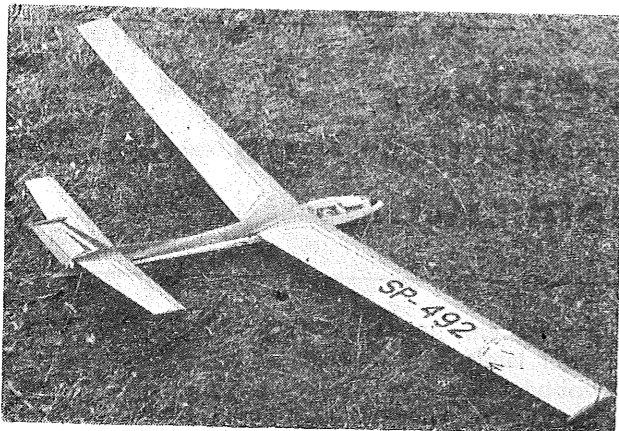
Można mieć wątpliwość, czy to model, czy też samolot prawdziwy. Jeżeli do podobieństwa kształtów dodamy jeszcze realistyczny lot modelu,



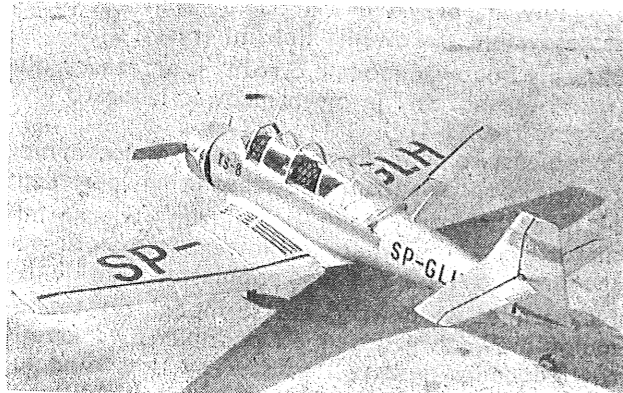
1-1. Zdalnie kierowany model szybowca ponad górami (foto autora)



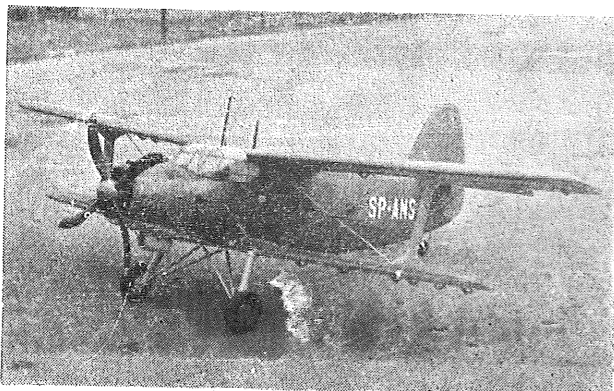
1-2. Wielosilnikowy model samolotu pasażerskiego przystosowany do lotów na uwięzi (foto autora)



1-3. Model szybowca (foto autora)



1-4. Zmechanizowany i bogato wyposażony model samolotu sportowego (foto autora)



1-5. Model samolotu AN-2 (foto autora)

to zadowolenie konstruktora musi być naprawdę ogromne.

Pozostaje nam jeszcze odpowiedzieć na pytanie, po co ludzie budują modele latające, wkładając w te miniaturowe, nie nadające się do przewozu osób samolociki tyle energii, pracy, czasu i poświęcenia?

● Modele buduje się po pierwsze dlatego, że to piękny „konik” — hobby, po drugie — że to doskonała i pasjonująca zabawa, po trzecie — dla sportu, nauki postępu technicznego i wreszcie dla historii.

● Modelarstwo lotnicze to jedno z najbardziej rozpowszechnionych zainteresowań. Wielu ludzi na całym świecie buduje i kolekcjonuje rozmaite modele samolotów nie tylko po to, aby latały, ale dla samej przyjemności gromadzenia coraz bogatszych zbiorów.

● Słońce, piękna pogoda plus wielkie pole, plus dobrze latający model to mnóstwo radości dla młodzieży i starszych, dla chłopców, a nawet i dla dziewcząt (rys. 1-6).

● Sport modelarski ma licznych zwolenników i zagorzałych kibiców. Niektórzy sądzą, że zawody modeli latających to zorganizowana zabawa fanatyków modelarstwa. Tymczasem modelarstwo jest normalną dyscypliną sportową, tak jak szybownictwo lub spadochroniarstwo, popieraną przez międzynarodowe i krajowe organizacje^{*)}. Organizowane są różne imprezy od wstępnych, przeznaczonych dla dzieci i młodzieży począwszy, a na poważnych mistrzostwach skończywszy. Budowa wyczynowych modeli, uczestnictwo w zawodach i walka sportowa dają wiele zadowolenia i emocji (rys. 1-7).

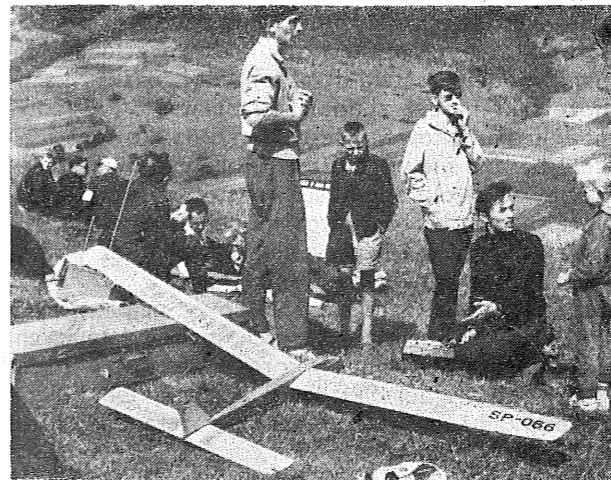
● Modele zasłużyły się dobrze również sprawie nauki. Większość badań z zakresu aerodynamiki, małych i wielkich prędkości, mechaniki lotu i z innych pokrewnych dziedzin przeprowadzono za pomocą modeli. W specjalnych tunelach aerodynamicznych, w których wytworzony sztucznie przepływ powietrza imituje normalne warunki lotu, umieszcza się modele lub ich części, na przykład płaszczyzny nośne, i określa się współczynniki oporu i siły nośnej, bada się stateczność i zachowanie modeli w różnych okolicznościach. Dzięki niedużym rozmiarom modeli możliwe jest masowe przeprowadzenie tego rodzaju eksperymentów. Podobne badania na normalnych samolotach byłyby po pierwsze zbyt kosztowne, a po drugie często w ogóle niewykonalne. Wszystkie prace naukowe, podręczniki i książki zawierają tablice i wykresy będące efektem badań modeli w tunelach aerodynamicznych.

● Postęp techniczny również byłby niemożliwy, gdyby nie małe i niepozorne modele. Zanim powstanie samolot buduje się i poddaje różnorodnym próbom setki, a nawet tysiące modeli. Dzięki temu można wybrać najlepsze rozwiązanie bez potrzeby narażania ludzi na niebezpieczeństwo. Przeprowadza się także próby w locie modeli swobodnie latających, modeli na uwięzi lub zdalnie sterowanych, co pozwala na zebranie wielu cennych doświadczeń niedużym stosunkowo kosztem. Modele tego typu są wiernymi kopiami (makietami) samolotów, są zbudowane w odpowiedniej skali i napędzane mi-

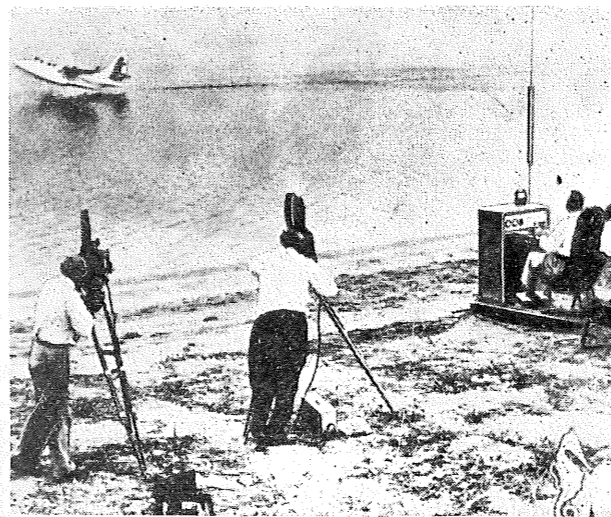
^{*)} Sportowi modelarskiemu patronuje Międzynarodowa Organizacja Lotnicza (FAI — Fédération Aéronautique Internationale), a w kraju — Aeroklub PRL i Liga Obrony Kraju.



1-6. Modelarstwo to nie tylko hobby dla chłopców (foto autora)



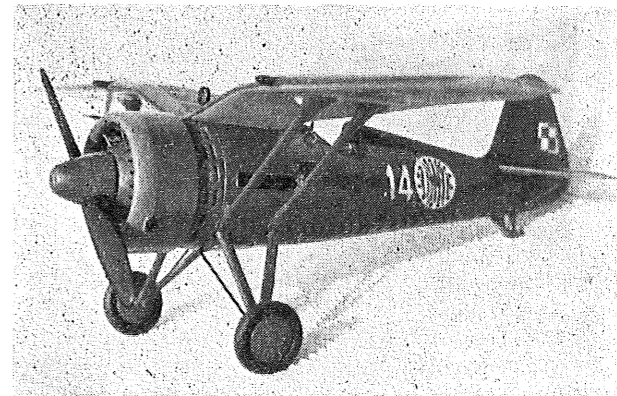
1-7. Charakterystyczna scena z zawodów modelarskich (foto autora)



1-8. Badawczy, zdalnie kierowany model wodnosamolotu podczas filmowania próby startu

niaturowymi silnikami. Na świecie istnieje wiele placówek badawczych zajmujących się tego rodzaju pracą (rys. 1-8).

● I wreszcie historia. Przeszło siedemdziesiąt już lat liczy sobie historia samolotu. Modele histo-



1-9. Niezwykle precyzyjnie wykonany model polskiego samolotu myśliwskiego PZL-P11C (foto autora)

rycznych samolotów są gromadzone przez muzea techniki i wojska oraz wielu indywidualnych zapalonych zbieraczy. Modele te muszą być wykonywane z drobiazgową precyzją. Są ludzie, którzy na zbudowanie tylko jednego modelu poświęcają lata studiów historycznych i tysiące roboczogodzin. W efekcie powstaje miniatura, o której trudno powiedzieć, czy jest to dzieło techniki, czy dzieło sztuki. Taki niewielki (rozpiętość około 250 mm) modelik polskiego myśliwca P11C, który pochłonął około trzech lat pracy, przedstawia rysunek 1-9). Przy jego budowie uwzględniono każdy najmniejszy nawet szczegół konstrukcji zewnętrznej i wewnętrznej, silnika itp. Wykonał go pilot i zapalony modelarz Benedykt Dąbrowski.

Jak wynika z pobieżnego opisu, modele znajdują szerokie zastosowanie. Ich największą zaletą jest to, że pozwalają na bezpośredni kontakt i poznanie techniki za pomocą środków, które dla każdego człowieka mogą być dostępne.

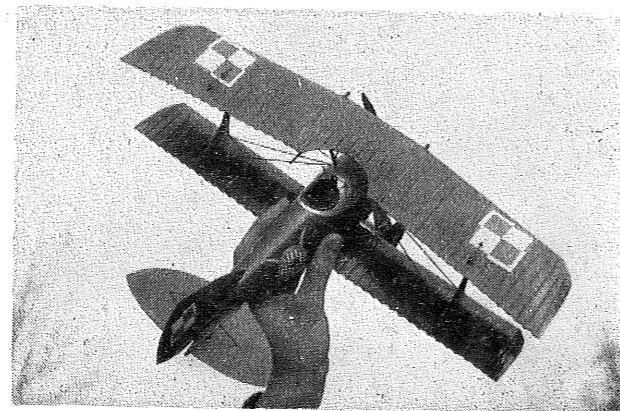
Od czego zacząć?

Zacząć należy od budowy modeli najprostszych, odpowiednich do własnych możliwości. Najmłodszym Czytelnikom, zwłaszcza tym, którzy nie należą do modelarni, radzę, aby na początek zbudowali sobie latawiec. Budowa jest nieskomplikowana, materiały proste i tanie, pracy bardzo niewiele. Zabawa za to jest potem doskonała. Wśród wielkiej różnorodności płaskich, skrzynekowych i innych latawców każdy znajdzie coś dla siebie^{*)}. Kto ma więcej fantazji i zamiłowania do konstrukcji, może sobie opracować latawiec własnego pomysłu, może wymyślić inne ciekawe z nim zabawy. Warto wspomnieć, że Związek Spółdzielni Spożywców „Społem”, aerokluby i Związek Harcerstwa Polskiego urządzają co roku liczne zawody latawcowe, które cieszą się ogromnym powodzeniem wśród dzieci i młodzieży (rys. 1-10).

^{*)} Budowę latawców, ich rodzaje i liczne z nimi zabawy opisują Maria Schier i Wiesław Schier w książce „Wakacje z latawcem” WKŁ 1963. W książce tej znajdują Czytelnicy także opisy budowy ciekawych papierowych balonów i rakiet.



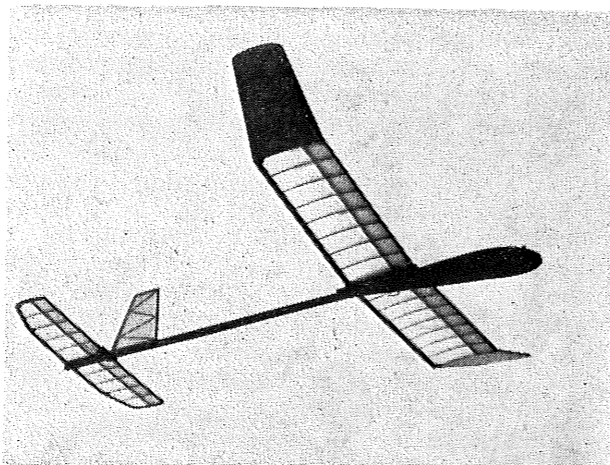
1-10. Zabawa z latawcami to znakomita rozrywka, a także pierwsze sportowe emocje
a — latawiec płaski, b — skrzynekowy (foto autora)



1-11. Kartonowy model samolotu historycznego (foto autora)

Następny etap wtajemniczenia to modele kartonowe. Mogą to być nielatające (redukcyjne) makiety prawdziwych samolotów (rys. 1-11), budowane przeważnie z dostępnych w handlu wycinanek^{*)}, lub też modele latające mniej lub bardziej podobne do prawdziwych samolotów. Prosta wycinanka takiego modelu została dołączona do książki i każdy może taki model zbudować i oblatywać^{**)}. Budowa modelu kartonowego jest nieskomplikowana, zajmuje bardzo niewiele czasu. Możemy również wypróbować swoje zdolności konstrukcyjne i za pomocą małych kartonowych modelików nauczyć się projektowania i oblatywania modeli oraz poznać podstawowe zasady mechaniki lotu.

Można również zacząć od budowy najprostszych drewnianych lub plastikowych modeli latających, które są sprzedawane w formie zestawów przez sklepy Centralnej Składnicy Harcerskiej, sklepy z zabawkami, a nawet kioski z gazetami. Istnieje dość duży wybór zestawów i coraz to nowe wprowadza się do sprzedaży. Dostępne u nas zestawy reprezentują przeważnie cztery rodzaje modeli.



1-12. Beleczkowy szkolny model szybowca wykonany z zestawu (foto autora)

- Modele rzutowe lub na procę. Są to nieduże, bardzo proste modeliki składające się zazwyczaj z kilku części przygotowanych do sklejenia.
- Beleczkowe modele szybowców (rys. 1-12). Konstrukcja modeli jest już bardziej skomplikowana, budowa wymaga pewnego doświadczenia.

^{*)} Kartonowe modele samolotów, okrętów i samochodów publikuje co miesiąc wydawnictwo „Mały Modelarz”, dostępne w ogólnej sprzedaży w kioskach „Ruchu”.
^{**)} Patrz rozdział 3.

Zestaw zawiera niezbędne materiały częściowo przycięte, klej i papier do oklejenia modelu.

- Proste modele silnikowe swobodnie latające i na uwięzi. Konstrukcja podobna jak w poprzednich. Zestaw przeważnie nie zawiera silnika, który trzeba nabyć oddzielnie.

- Modele z napędem gumowym, zawierające materiały konstrukcyjne, gumę i śmigło.

Każdy zestaw zawiera opis budowy i rysunek montażowy modelu. Budowa modeli wymienionych typów nie wymaga ani specjalnych warunków (wystarczy kawałek równej deski), ani też wielu narzędzi (wystarczy nóż, pilnik, piłeczka i nożyczki)



1-13. Uniwersalny model samolotu sportowego typu WICHEREK (foto autora)

Koszt zestawu z materiałów krajowych nie przekracza 10...30 zł, nie licząc oczywiście silnika, który jest znacznie droższy (około 250 zł).

Zestawy mają cenną zaletę: dostarczają przygotowanego materiału, co ułatwia i skraca tym samym pracę przy budowie modelu. Ich wadą jest jednak to, że opis budowy nie zawsze wystarcza początkującym. Zadaniem tej książki jest właśnie usunięcie tego rodzaju trudności.

Zwolennicy ciekawszych modeli będą mogli skorzystać z planów dołączonych do książki i wykonać wypróbowany model WICHERKA. Model ten (rys. 1-13) ma przestrzenny kadłub i sylwetkę zgrabnego sportowego samolociku. Cechuje go uniwersalność, dzięki czemu można go wielokrotnie przerabiać, tworząc coraz to nowe wersje. Można na przykład zbudować szybowiec, a potem dokupić do modelu silnik i będzie samolocik silnikowy. Ten z kolei zaopatrzyć w pływaki lub narty, przerobić na model sterowany i wiele innych kombinacji.

Co wybrać?

Skoro już przebrnęliśmy wstępny etap „szkolenia” (opisany wyżej), trzeba się dobrze zastanowić, jaką wybrać specjalizację. Istnieje bowiem bardzo wiele całkiem nieraz odrębnych dziedzin modelarstwa i podobnie jak w lotnictwie nie sposób opanować je wszystkie bez poświęcenia się temu bez reszty. A przecież modelarstwo ma być dla nas tylko rozrywką — możemy mu poświęcić tylko część wolnego czasu i dlatego musimy się dobrze orientować w możliwościach, aby wybrać właściwy model i cennych chwil nie zmarnować.

Wszystkie modele latające, niezależnie od typu i rodzaju, możemy podzielić na kilka grup:

- szkolne (wstępne),
- treningowe (zabawowe, rekreacyjne),
- wyczynowe (zawodnicze),
- specjalne (do konkretnych zastosowań),
- doświadczalne (badawcze).

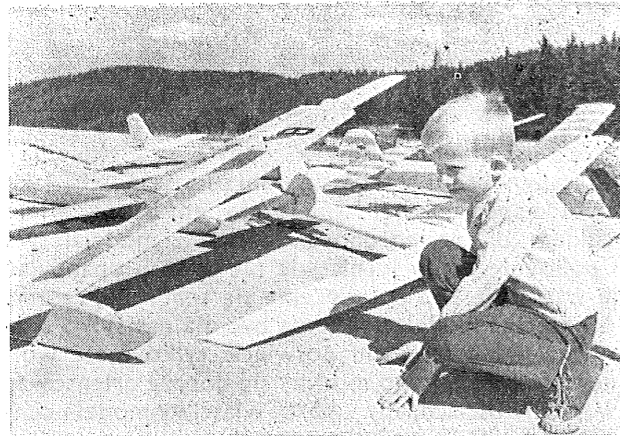
Pierwszą grupę — modele szkolne — już poznaliśmy. Są to najprostsze modele dla początkujących, budowane prawie wyłącznie z zestawów.

Druga grupa — modele treningowe, nazywane niekiedy sportowymi — będzie nas interesowała najbardziej. Są to z reguły modele niezbyt skomplikowane, lecz o znacznie lepszych właściwościach lotnych niż modele szkolne, o wytrzymałej konstrukcji, pozwalającej na długotrwałą eksploatację. Budowa tych modeli odznacza się dużą dowolnością, a konstruktorzy nadają im zazwyczaj kształty zbliżone do prawdziwych samolotów. Typowym przedstawicielem jest WICHEREK.

Trzecia grupa to modele wyczynowe. Służą one wyłącznie do startu na zawodach. Ich charakterystyka musi ściśle odpowiadać warunkom i regulaminom danej kategorii zawodniczej. Osiągi są bardzo wysrubowane przez zastosowanie specjalnych materiałów, konstrukcji, silników i wyposażenia. Spośród tych trzech grup (czwartą na tym etapie musimy bowiem pominąć) wybieramy model dla siebie: z napędem albo szybowiec, swobodnie latający lub sterowany. Możliwości jest bardzo wiele — postaram się je pokrótce przedstawić.

- Szybownictwo w miniaturze jest bardzo ciekawą i piękną dziedziną. Budowę modelu szybowca można polecić nawet tym, którzy zamierzają później specjalizować się tylko w budowie modeli silnikowych. Szybowiec jest bowiem tańszy, prostszy w budowie, łatwiejszy do oblatywania i mimo że mamy do dyspozycji tylko jeden rodzaj lotu — lot ślizgowy grupa modeli szybowców jest bardzo duża. Małe szybowce mogą się bowiem znacznie różnić kształtami, wymiarami, techniką startu i lotu. Rysunek 1-14 przedstawia najczęściej spotykane typy modeli zawodniczych.

W miniaturowym szybownictwie stosuje się zazwyczaj dwa rodzaje startów. W terenie płaskim (rys. 1-15) model startuje z tzw. holu — długiej linki (50, 100, 150 m, zależnie od rozmiaru modelu) zaczepionej jednym końcem o haczyk startowy przymocowany do modelu. Start taki jest odpowiednikiem stosowanego w lotnictwie startu za wyciągarką. Model wzbija się, a kiedy osiągnie maksy-



1-14. Miniaturowe szybowce zawodnicze (foto autora)



1-15. Start modelu szybowca na holu (foto autora)
a — chwila przed startem, b — model podczas holowania

malną wysokość, zwolnienie holu powoduje „wyczepienie” linki i zaczepu i rozpoczyna się lot samodzielny (rozd. 9). W przypadku natrafienia na ciepłe pionowe prądy wznoszące, tzw. prądy termiczne, lot może trwać bardzo długo, nawet kilka godzin. Stąd modele takie nazywa się często termicznymi. Model termiczny musi mieć lekką konstrukcję i niewielkie obciążenie powierzchni nośnej.

W terenie górzystym szybowiec może startować wprost ze zbocza w dolinę (rys. 1-16), pod wiatr. Ukośne nachylenie strug powietrza wiejących wzdłuż zbocza powoduje, że model nie traci wyso-

kości i może utrzymywać się w pobliżu zbocza przez dłuższy czas.

Loty szybowcowe na zboczu są bardzo piękne i niezwykle emocjonujące. Modele muszą mieć właściwość utrzymywania kierunku lotu (pod wiatr) oraz dostatecznie dużą prędkość własną, aby nie ulec spychającemu działaniu wiatru. W związku z tym obciążenie powierzchni nośnej powinno być większe niż przy modelach termicznych. Doskonałe rezultaty uzyskuje się modelami sterowanymi zdalnie lub automatycznie (rozd. 5).

● Budowa modeli silnikowych to już wyższy stopień wtajemniczenia i również niezmiernie rozległa dziedzina. Niezależnie od tego, że możemy budować modele o różnym przeznaczeniu, jak na przykład modele treningowe, zawodnicze, szybkościowe, akrobacyjne, wyścigowe, modele przeznaczone do długodystansowych lotów rekordowych, motoszybowce, modele jedno- i wielosilnikowe, mamy wielki wybór silników — od tłokowych silników spalinowych różnych rozmiarów aż do odrzutowych, elektrycznych i raketowych. Modele silnikowe są zazwyczaj trudniejsze do zaprojektowania i budowy niż szybowce. Kto decyduje się na budowę takiego modelu, musi mieć już wiele wiadomości o silnikach, ich budowie i obsłudze oraz doborze do modelu latającego (rozd. 6).

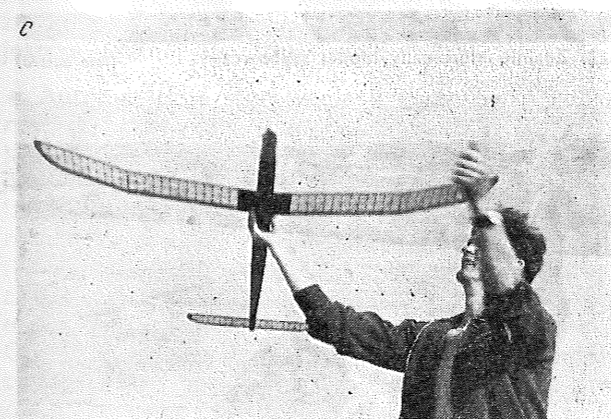
Podział modeli na szybowce i silnikowe jest jednak bardzo ogólny i niewystarczający. Zwłaszcza grupa modeli silnikowych jest bardzo obszerna. Ostatnio coraz wyraźniej zaznacza się podział modeli na swobodnie latające i sterowane, czyli modele na uwięzi, modele zdalnie sterowane i sterowane automatycznie.

● Modele swobodnie latające nie wymagają specjalnego omówienia. Są one pozbawione urządzeń sterujących, poruszają się w powietrzu swobodnie, zgodnie z założonym torem lotu. Przeważnie krążą, oddalając się z wiatrem. Modele swobodnie latające muszą mieć dobrą stateczność, tzn. odporność na zakłócenia lotu, spowodowaną na przykład podmuchami wiatru lub prądami termicznymi. Większość modeli szkolnych i treningowych, tzw. sportowych, jak również trzy tzw. „klasyczne” kategorie modeli klasy międzynarodowej, obejmujące szybowce, gumówki i silnikówki, to modele swobodnie latające (rys. 1-17).

● Modele na uwięzi pozwalają urzeczywistnić najprostsze i najbardziej chyba do lotniczego zbliżo-

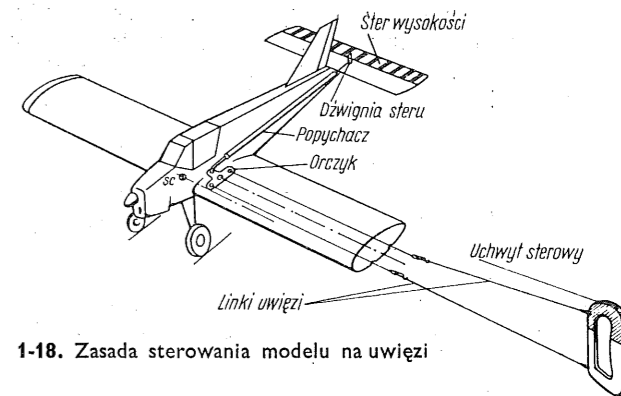


1-16. Start ze zbocza (foto autora)

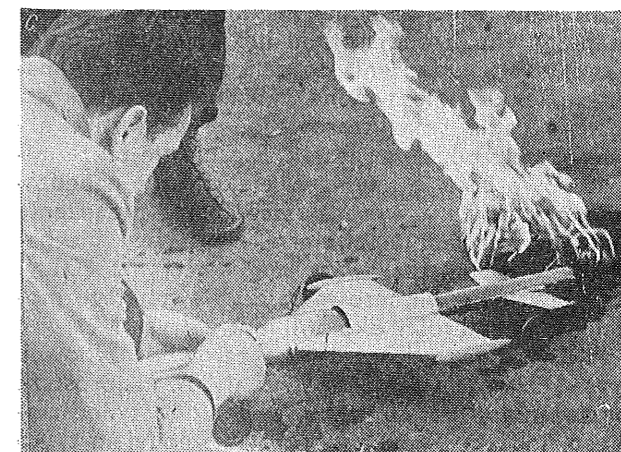
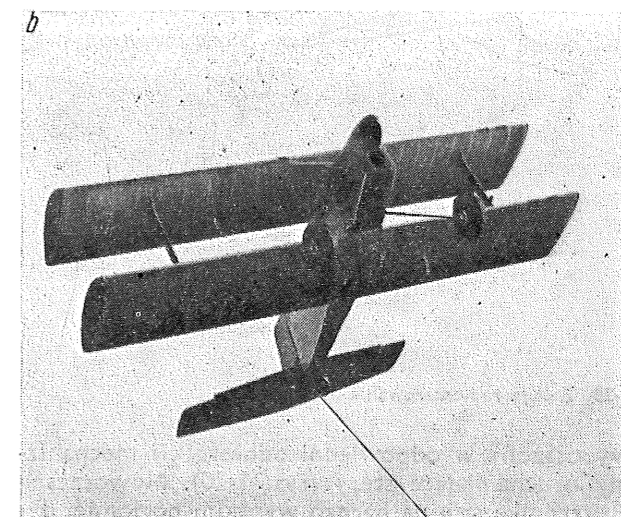
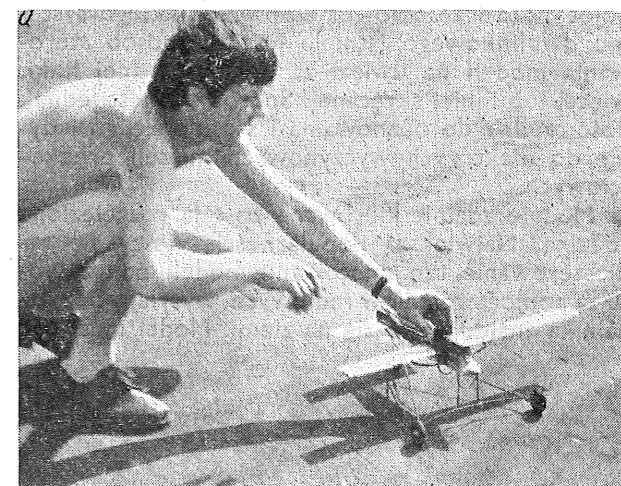


1-17. Podstawowe typy swobodnie latających modeli zawodniczych oraz różne rodzaje stosowanego napędu
a — modele szybowców, b — model silnikowy, c — model z napędem gumowym (foto autora)

ne sterowanie. Zasada tego typu sterowania pokazana jest na rysunku 1-18. Pilot trzyma w ręku uchwyt sterowy — odpowiednik drążka sterowego w samolocie. Uchwyt ten połączony jest dwiema linkami o długości 10÷20 m z dźwignią — orczykiem, która zamocowana jest w modelu. W czasie lotu model porusza się po kręgu i siła odśrodkowa napina linki. Wychylenie uchwyty sterowego z początkowego pionowego położenia powoduje podobne wychylenie orczyka w modelu, a ten za pośrednictwem popychacza lub układu linek i dźwigni uruchamia ster wysokości. Ponieważ wycucie sterowania jest bardzo duże, system taki pozwala na wykonywanie wielu skomplikowanych manewrów, włącznie z akrobacją.



1-18. Zasada sterowania modelu na uwięzi

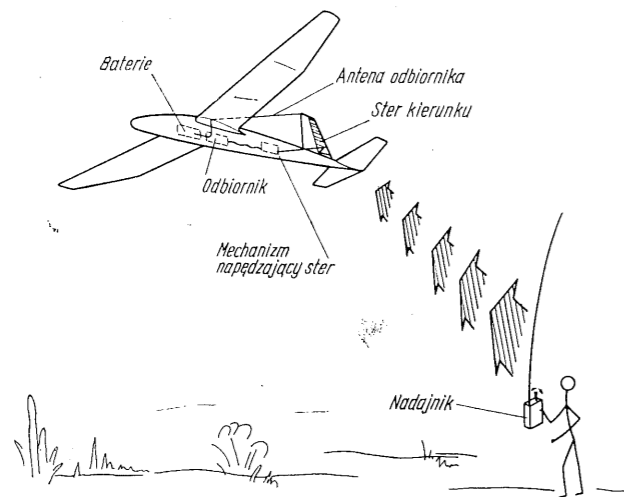


1-19. Zawodnicze modele na uwięzi (foto autora)
a — szybki model z silnikiem tłokowym, b — model akrobacyjny, c — szybki model z silnikiem odrzutowym

Pilotażu trzeba się nauczyć i w tym celu buduje się szkolne i treningowe modele na uwięzi. Jako szkolny model na uwięzi mogą doskonale służyć odpowiednie wersje WICHERKA^{*)}. System sterowania „na uwięzi” doskonale nadaje się do wszystkich modeli prawdziwych samolotów silnikowych. Ponadto buduje się wiele zawodniczych modeli na uwięzi do udziału w czterech podstawowych konkurencjach, jak prędkość, akrobacja, wyścig zespołowy i walka powietrzna. Zależnie od przeznaczenia modele te znacznie się różnią zarówno charakterystyką, jak i kształtami, co jest widoczne na fotografiach (rys. 1-19).

Loty modeli na uwięzi mogą być przeprowadzane pojedynczo i zespołowo. Oprócz opisanego systemu dwulinkowego istnieje jeszcze sposób sterowania modeli na uwięzi za pomocą jednej linki, więcej lub mniej skręcanej. Sposób ten jest jednak dość trudny do opanowania i stosuje się go jedynie do niektórych wyczynowych modeli prędkościowych.

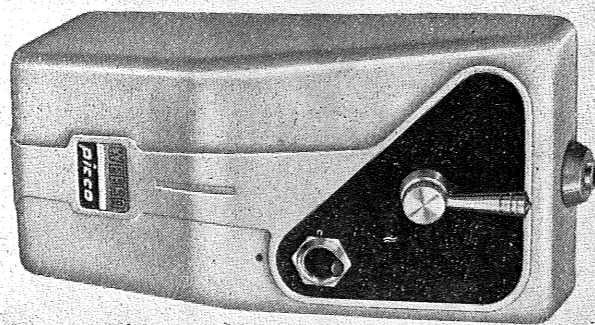
● Modele zdalnie kierowane to cała rozgałęziona rodzina. Największą popularnością cieszy się radiosterowanie, tzn. pilotowanie modelu podczas lotu za pomocą sygnałów radiowych, wysyłanych z nadajnika znajdującego się na ziemi. Model musi być



1-20. Zasada radiosterowania

wyposażony w odpowiedni odbiornik i mechanizmy uruchamiające stery (rys. 1-20). Nowoczesna elektronika stoi na bardzo wysokim poziomie, dysponujemy więc doskonałymi miniaturowymi elementami (np. tranzystorami lub obwodami scalonymi), tak że urządzenia do radiosterowania są małe, lekkie i niezawodne. Nadajnik jest wielkości małego radia tranzystorowego, a odbiornik nie większy niż pudełko zapalek. Stosuje się także miniaturowe baterie i silniczki elektryczne napędzające mechanizmy wykonawcze. Proste urządzenie do radiosterowania (odbiornik, baterie i mechanizmy wykonawcze) waży nie więcej niż 200 g, co pozwala na wmontowanie do niewielkiego modelu, o rozpiętości około 1 metra (rys. 1-21).

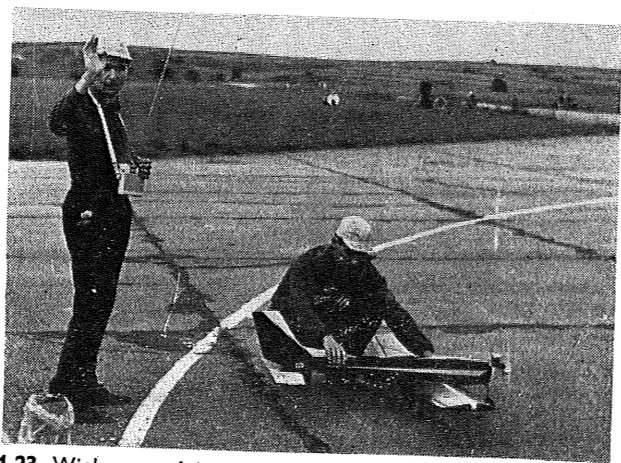
Radiem mogą być sterowane zarówno szybowce (rys. 1-22), jak i samoloty (rys. 1-23). Najprostsze urządzenia służą do sterowania jednoczynnościowego. Możemy wówczas sterować modelem tylko sterem kierunku lub sterem kierunku i silnikiem



1-21. Kompletna miniaturowa aparatura do zdalnego kierowania (nadajnik, odbiornik i mechanizm wykonawczy — porównanie z wielkością monety)



1-22. Zdalnie kierowany model szybowca (foto autora)



1-23. Wieloczynnościowy model akrobacyjny na starcie (foto autora)

jednocześnie. Przez zastosowanie odpowiednich sprzężonych mechanizmów można jednak za pomocą najprostszej i najtańszej aparatury sterować kilkoma urządzeniami. Jeżeli nadajnik wysyła większą ilość sygnałów, które odbiornik odbiera, selekcjonuje i kieruje do odpowiednich mechanizmów wykonawczych, można kontrolować zdalnie więcej czynności, sterować wszystkimi sterami, silnikiem, a nawet uruchamiać różne urządzenia dodatkowe. Takie wieloczynnościowe modele (rys. 1-24) latają zupełnie podobnie jak samoloty i mogą wykonywać pełną akrobację lotniczą.

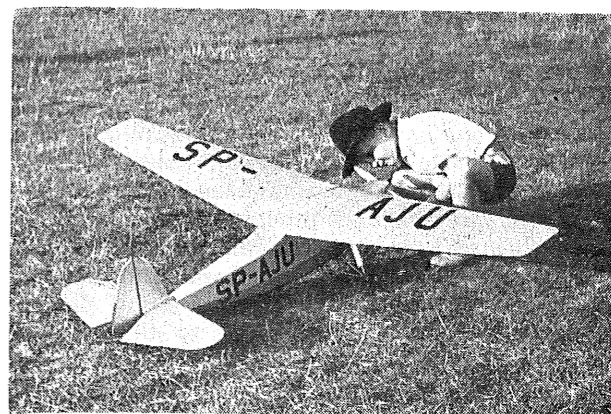
Stosowane są dwa systemy radiosterowania: albo tradycyjny, starszego typu — nieproporcjonalny, polegający na tym, że sygnał nadany z ziemi wychyla ster do oporu, albo nowoczesny — proporcjonalny, w którym wychylenia sterów odbywają się w sposób ciągły i ściśle odpowiadają wychyleniom odpowiednich urządzeń w nadajniku — są do nich proporcjonalne.

W jaki sposób modelarze dochodzą do radiosterowania? Są dwie drogi: pierwsza to zakupienie gotowego, fabrycznego wyposażenia i umieszczenie go w modelu, druga to wykonanie aparatury samemu, co nie jest zbyt trudnym przedsięwzięciem, pochłania tylko bardzo wiele czasu. Trzeba jednak pamiętać, że aparatura to jeszcze nie wszystko. Do radiosterowania potrzebny jest odpowiedni model. Na początek najlepiej wybrać sobie wypróbowany, prostej konstrukcji i łatwy do pilotowania model jednoczynnościowy, na przykład opisany w II części książki WICHEREK 25RC.

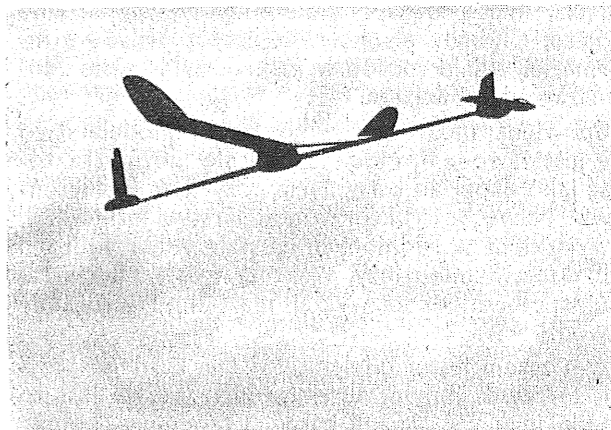
Na radiosterowaniu zdalne sterowanie się nie kończy. W podobny sposób można sterować modelem za pomocą innych sygnałów, na przykład świetlnych, dźwiękowych lub ultradźwiękowych. W przypadku sterowania światłem sygnały odbiera fotokomórka, zamienia je na impulsy elektryczne, które są wzmacniane i przekazywane do mechanizmów wykonawczych. Mimo że zbudowano wiele takich dobrze działających urządzeń, nie zdobyły sobie one popularności i spotyka się je rzadko. Wynika to między innymi z bardzo szybkiego rozwoju elektroniki i budowy miniaturowych urządzeń radiowych. Niemniej jednak pole do popisu jest tu bardzo duże, zwłaszcza dla tych modelarzy, którzy nie mają jeszcze własnej aparatury radiowej.

● Automatyczne sterowanie jest stosowane dość rzadko, przeważnie w modelach szybowców latających na zboczu górskim, i ma na celu utrzymanie określonego kierunku lotu. Najbardziej popularne są dwie metody: sterowanie za pomocą żyroskopu oraz sterowanie za pomocą magnesu (kompasu). W pierwszym przypadku wykorzystuje się właściwość wirującego żyroskopu (bąka) do utrzymywania tej samej płaszczyzny wirowania. Obudowa obracającego się z wielką ilością obrotów wirnika jest połączona ze sterem. Wychyla się ona, gdy zmienia się kierunek wirowania (lotu), co powoduje naprowadzenie modelu z powrotem na właściwy kurs. W drugim (rys. 1-25) przypadku do sterowania wykorzystuje się siłę pręta magnetycznego, który podobnie jak igła kompasu ustawia się zawsze w kierunku biegunów magnetycznych i obraca sprzężony z nim ster.

Na zakończenie tego bardzo ogólnego i krótkiego opisu trzeba wspomnieć, że wszystkie lądowe modele — sterowane i swobodnie latające — można przystosować również do startu z wody, zaopatrując je w odpowiednie pływak (rys. 1-26), oraz do eksploatacji zimowej po założeniu nart (rys. 1-27). Zarówno modele wodnopłatów, jak i modele na nartach są bardzo atrakcyjne, tym bardziej że do startu wystarczy byle skrawek powierzchni wody lub niewielka płaszczyzna śniegu, w przeciwieństwie do startu lądowego, który wymaga specjalnych gładkich bieżni, bardzo rzadko dostępnych dla modelarzy.



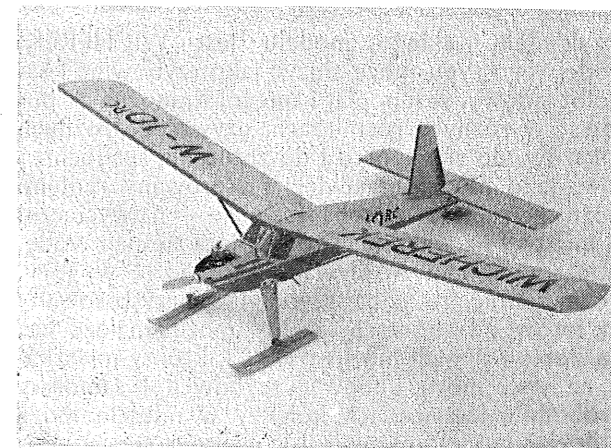
1-24. Zdalnie kierowany model samolotu RWD-5



1-25. Charakterystyczna sylwetka modelu sterowanego prętem magnetycznym (foto autora)



1-26. Model wodnosamolotu (foto autora)



1-27. Model na nartach (foto autora)

Do czego dążyć?

Budując modele latające rzadko kiedy zadajemy sobie pytanie: do czego zmierzamy? Jaki jest cel i jaką korzyść będziemy mieli z naszej pracy?

Warto się nad tym zastanowić, aby możliwie najlepiej wykorzystać nasze zamiłowanie i uniknąć niepotrzebnych rozczarowań.

Zazwyczaj bywa tak.

Modelarstwem interesują się młodzi ludzie w wieku 12÷14 lat, co odpowiada mniej więcej VI-VIII klasie szkoły podstawowej. W tym okresie życia cały świat do nas należy, pociąga nas atrakcyjność zajęcia, marzą się sportowe sukcesy, zagraniczne wojaże. Chłopcy piszą nawet listy z prośbą o informacje, w jaki sposób w najkrótszym czasie zdobyć zawód modelarza.

Odpowiedź może być tylko jedna. Modelarstwo nie jest zawodem. Modelarstwa nie można traktować jako drogi do osiągnięcia pozycji w społeczeństwie. Nawet instruktorzy modelarstwa lotniczego, z wyjątkiem zatrudnionych na stałe w aeroklubach lub domach młodzieży, traktują swoje zajęcia raczej społecznie i zazwyczaj mają inny wyuczony zawód.

Czym zatem jest modelarstwo? Dla każdego oczywiście czymś innym, ale w gruncie rzeczy jest to konik, mania, pasja lub bardziej modnie — hobby, któremu poświęcamy sporą część wolnego czasu po nauce w szkole, po pracy zawodowej i innych obowiązkach.

Można rozmaicie traktować swoje modelarskie hobby i nie jest ważne, jak je kto traktuje. Ważne jest natomiast, aby w ogóle mieć na nie jakiś pogląd. Można uważać je za dobrą zabawę, sport, a może nawet za coś więcej.

Traktowanie modelarstwa jako zabawy jest formą najbardziej swobodną i chyba najlepszą. Wielu ludzi na całym świecie — zarówno wśród młodzieży, jak i dorosłych — uważa, że budowa modeli latających i zabawa z nimi to doskonały odpoczynek po pracy lub nauce, świetny relaks w całym tego słowa znaczeniu. Dużo zależy od samego modelu. Model do zabawy powinien być niewielkich rozmiarów, prosty w budowie, łatwy do naprawy i w miarę możliwości uniwersalny, to znaczy taki, który można wykorzystać w różnych okolicznościach.

Przykładem takiego modelu jest WICHEREK. Model tego typu może służyć jako szybowiec i samolot lądowy, wodnopłat i śniegolot, można go budować w różnych rozmiarach, używać do różnych pokazów, do transportu i do zrzucania spadochronów, jako model na uwięzi i sterowany radiem. Można go zabierać ze sobą wszędzie — na wycieczki za miasto i na wakacje. Kto wybiera się nad wodę, zaopatrzy model w pływak, kto jedzie w góry, może zabrać ze sobą szybowiec przystosowany do lotów na zboczach. Każdy może znaleźć coś dla siebie i swoich możliwości. Ci, którzy mieszkają na wsi, mogą budować szybowce i samoloty swobodnie latające, ich koledzy w mieście mogą budować modele na uwięzi i oblatywać je na podwórkach i boiskach. Możliwości jest wiele.



1-28. Atmosfera zawodów jest niepowtarzalna — przyciąga dzieci i młodzież z całej okolicy

(foto autora)

Inaczej sprawa przedstawia się ze sportem. Sport modelarski^{*)} jest jedną z dyscyplin sportu lotniczego i aby go uprawiać, trzeba koniecznie robić to w formie zorganizowanej, to znaczy trzeba być członkiem aeroklubu lub LOK-u. Aeroklub PRL, należący do międzynarodowej organizacji lotniczej FAI, ma prawo organizowania mistrzostw Polski i wystawiania reprezentacji na zawody międzynarodowe.

W zawodach organizowanych przez aeroklub mogą brać udział nie tylko modelarze zorganizowani. Aerokluby organizują corocznie masowe, otwarte zawody dla młodzieży szkolnej — początkujących modelarzy. Największą popularnością cieszą się imprezy takie jak „Młodzi szybownicy na start” oraz „Święto latawca”.

Ci, którzy uprawiają wyczynowy sport modelarski w aeroklubie, muszą mieć odpowiednią licencję sportową. Zawodnicy dzielą się na młodzików (do lat 15), juniorów (do lat 18) i seniorów. Podstawą do wydania licencji są dobre wyniki sportowe i zdobycie odpowiednich odznak modelarskich. Najniższy stopień licencji modelarza-juniora, to odznaka sportowa z wieńcem brązowym. Aby mieć licencję seniora, trzeba być posiadaczem odznaki co najmniej z wieńcem srebrnym. Są jeszcze do zdobycia odznaki złota i złota z diamentami. Decydując się na czynny udział w sporcie modelarskim, trzeba pamiętać o tym, że obecnie nawet średnie wyniki są bardzo wysokie i osiągnięcie ich, a tym samym nawiązanie równorzędnej walki sportowej jest trudne, wymaga dużej wiedzy i wiele pracy. Przeciętny zawodnik zdobywa szczytowe wyniki dopiero po kilku latach startów w zawodach (rys. 1-28). Trzeba o tym pamiętać, planując swoją „karierę” sportową.

Nie bez znaczenia jest także wybór odpowiedniej specjalizacji^{**)}. Specjalizacja (w odpowiedniej kategorii lub grupie modeli) jest koniecznością, gdyż rzadko kto ma tyle czasu, aby budować modele wszystkich kategorii.

Ostatnio jako nowa dyscyplina sportowa pojawiło się raketnictwo amatorskie. Modele raket są coraz popularniejsze, a Polska była pierwszym

^{*)} Informacje o sporcie modelarskim podaje rozdział 14.

^{**)} Patrz część III, rozdz. 15



1-29. Miniaturowe rakiety

(foto autora)

krajem w Europie, który w 1962 r. zorganizował na dużą skalę ogólnokrajowe mistrzostwa w tej kategorii (rys. 1-29).

W jaki sposób dojść do dobrych wyników w sporcie modelarskim? Czy są na to jakieś recepty?

Recept oczywiście może być wiele, jak w każdym sporcie. Praktycznie dają się zauważyć wyraźnie dwa kierunki.

Pierwszy polega na budowaniu dużej liczby modeli i na ich oblatywaniu, co pozwala na opracowanie najkorzystniejszego modelu oraz zdobycie koniecznej rutyny i doświadczenia. Modelarze tej grupy, a jest ich większość, nie poświęcają zbyt wiele czasu na teorię, opierają się raczej na swoich i obcych doświadczeniach, stosując wypróbowane metody i niezawodne, choć oklepane sposoby.

Druga grupa modelarzy opracowuje swoje konstrukcje w oparciu o mocną podbudowę teoretyczną. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu dojścia do własnej dobrej konstrukcji, wyeliminowanie pomyłek, ułatwia próby w locie i znacznie

przedłuża żywot modeli, które eksploatowane są bardziej racjonalnie. Końcowe wyniki obie grupy mogą mieć podobne, jednak ten drugi sposób jest lepszy i rozsądniejszy.

Tyle o sporcie modelarskim. Na zakończenie kilka słów o innych, mniej typowych, ale bardzo pożytecznych zastosowaniach modelarstwa.

Każdy z nas ma jakieś plany na przyszłość. Jeden chce zostać inżynierem lotniczym, drugiego interesują silniki, trzeciego znów elektronika. Nie trzeba być wcale sportowcem, można wykorzystać swoje hobby w taki sposób, że przyda się ono potem w nauce i w pracy zawodowej.

Zasady rządzące lotem samolotów i modeli są takie same. Każdy, kto planuje studia lotnicze, może się wiele nauczyć studiując mechanikę lotu i znajdując jej zastosowanie w zbudowanych przez siebie modelach. Entuzjaści techniki silnikowej mogą robić doświadczenia z miniaturowymi silnikami spalinyowymi. Dziedzina ta jest niezmiernie ciekawa i rozległa, a co najważniejsze dostępna. Uczniowie szkół mechanicznych, mający dostęp do obrabiarek, mogą częściowo przerabiać i udoskonalać silniki miniaturowe, a nawet projektować i budować własne konstrukcje. Ci, którzy zamierzają specjalizować się w chemii, mają do dyspozycji rozległe dziedziny chemii paliw, zupełnie możliwe do praktycznego opanowania właśnie w miniaturowym wydaniu. Modelarstwo to wielkie pole wyżycia się w samodzielnym konstruowaniu, możliwość poznania wielu nowych materiałów i ich właściwości.

Wreszcie elektronika i zdalne sterowanie, hobby, które pozwala na całkowite wciągnięcie się w dziedzinę telekomunikacji, automatyki, cybernetyki, bez których nie może się obejść nowoczesny przemysł i życie codzienne. Nawet przyszli kosmonauci mają do dyspozycji miniaturowe raketnictwo. Jak więc widzimy, można się doskonale bawić, a przy tym można również wiele skorzystać.

2

Tajemnice lotu

Modele latające zachowują się w locie tak samo jak prawdziwe samoloty. Są co prawda różnice w rozmiarach i prędkościach lotu, ale zasada pozostaje ta sama. Stąd płynie bardzo ważny wniosek dla wszystkich, którzy mają ochotę zbudować sobie miniaturowy samolot. Jeżeli poznacie zasady lotu na przykładzie prymitywnego małego samolociku, będziecie mogli w przyszłości wykorzystać je przy budowie większego modelu, będziecie wiedzieli prawie wszystko o prawdziwym lotnictwie.

Zanim jednak przystąpimy do wykonania pierwszego miniaturowego samolotu, musimy koniecznie przyswoić sobie nieco elementarnych wiadomości z tak mądrych dziedzin, jak budowa samolotów, aerodynamika i mechanika lotu.

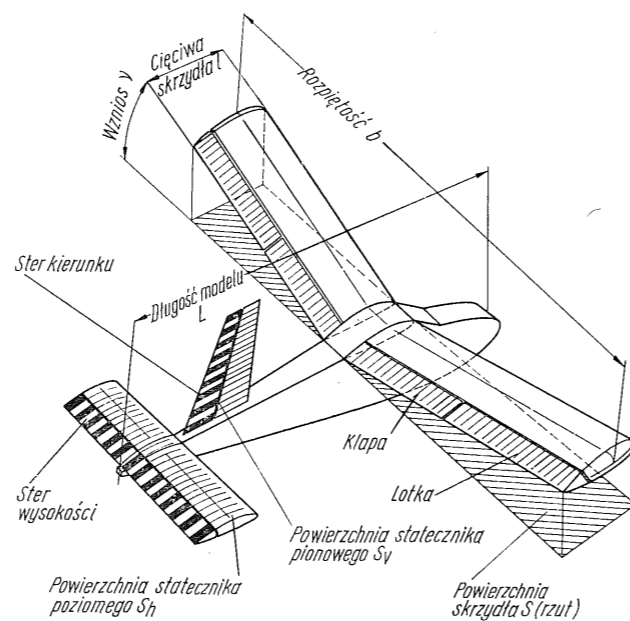
* * *

Samolot, w swej klasycznej już dziś postaci, do której przyzwyczailiśmy się od lat, składa się z kilku podstawowych elementów, a więc: kadłub, podwozie, skrzydła, usterzenie, silnik i ewentualnie śmigło oraz wyposażenie. Pierwsze cztery składają się na płatowiec — aerodynamiczną bryłę, która swoim odpowiednio uformowanym kształtom zapewnia zdolność latania.

Wszystkie wymienione elementy występują oczywiście również i w miniaturowych samolotach, jakimi są modele latające.

W przypadku szybowca lata sam płatowiec, samolotom niezbędny jest albo napęd śmigłowy, albo odrzutowy.

Samoloty mogą mieć różne kształty i w związku z tym rozmaite właściwości aerodynamiczne i lotne, o których będziemy mówili nieco dalej. Właściwości samolotów i ich modeli zależą również od podstawowych rozmiarów płatowca. Znajomość tych zasadniczych rozmiarów jest bardzo ważna



2-1. Zasadnicze wymiary modelu samolotu

dla zrozumienia wszystkich dalszych problemów miniaturowego lotnictwa. Przedstawiamy je więc na rysunku 2-1.

Siły aerodynamiczne i płaszczyzny nośne

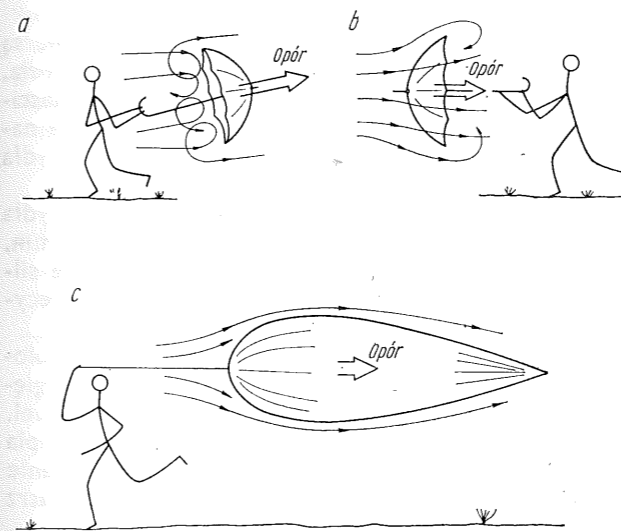
Siły aerodynamiczne rządzą lotem modeli i samolotów. Siły te powstają na wszystkich elementach płatowca: na skrzydle, usterzeniu, kadłubie i podwoziu. Bez ogólnej choćby orientacji w podstawach aerodynamiki trudno by nam było bezpiecznie obla-

tywać modele, poznawać i usuwać nieprawidłowości lotu, opracowywać własne konstrukcje. Prawa, jakie rządzą powstawaniem i działaniem sił aerodynamicznych, są bardzo proste — warto je bliżej poznać.

Opór powietrza i siła ciągu

Siła oporu stara się zahamować ruch jakiegokolwiek przedmiotu w powietrzu. Siła ta zależy od kształtów przedmiotu, od jego wielkości i prędkości, z jaką przedmiot porusza się w powietrzu. Łatwo się o tym przekonać za pomocą bardzo prostego doświadczenia z parasolem.

Spróbujcie przy silnym wietrze ciągnąć parasol wklęsłą stroną pod wiatr, jak to robi wasz kolega na rysunku 2-2. Przychodzi mu to z dużym wysiłkiem. Do zrównoważenia oporu, a więc do wywołania zjawiska ruchu w powietrzu, potrzebna jest siła, która byłaby w stanie zrównoważyć siłę oporu. W lotnictwie nazywamy ją siłą ciągu. W opisywanym przypadku siłę tę wywołuje człowiek ciągnący parasol (rys. 2.2a). Jeżeli odwróci parasol, przekonana się, że teraz jest znacznie łatwiej (rys. 2-2b). Gdyby natomiast holował na sznurku balon o takim kształcie jak na rysunku 2-2c, okazałoby się, że siła oporu powietrza, mimo wielkich rozmiarów



2-2. Praktyczne przedstawienie działania oporu powietrza

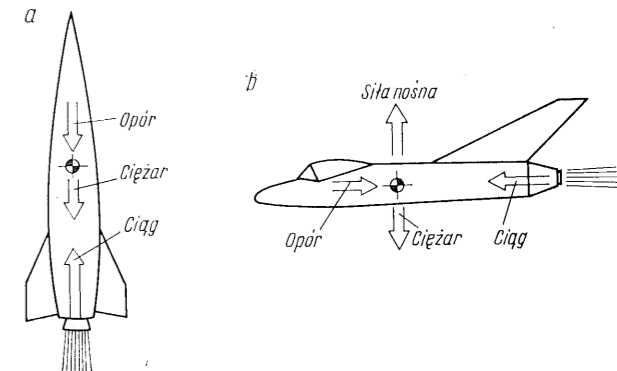
balonu, jest bardzo mała. Dzieje się tak dlatego, że balon ma kształt opływowy, który odznacza się małym oporem. Z tego powodu takie lub podobne kształty nadaje się samolotom, samochodom wyścigowym, okrętom. Dzięki temu do napędu może być zastosowany silnik o najmniejszym możliwie ciągu (mocy). Kształty takie spotyka się także w przyrodzie, na przykład u ryb i ptaków.

Siła nośna i ciężar

Znamy już szkodliwe działanie oporu powietrza, wiemy również, że aby je przezwyciężyć, potrzebna jest siła ciągu. Siłę oporu pokonuje w samolocie ciąg śmigła lub ciąg silników odrzutowych, a w rakiecie — ciąg silnika raketowego. Co zrobić jednak, aby samolot mógł unieść się do góry? Gdybyśmy mieli do czynienia z pojazdem o pionowym

starcie, na przykład z rakieta, wówczas sprawa byłaby prosta. Rakietę startuje pionowo do góry. Siła ciągu silników raketowych jest tak duża, że pokonuje nie tylko opór powietrza, lecz również ciężar pojazdu, a pozostały znaczny nadmiar ciągu zużyty zostaje na rozpędzenie rakiety i nadanie jej odpowiedniej prędkości. Widzimy to wyraźnie na rysunku 2-3a. Siły ciągu i ciężaru pokazują strzałki.

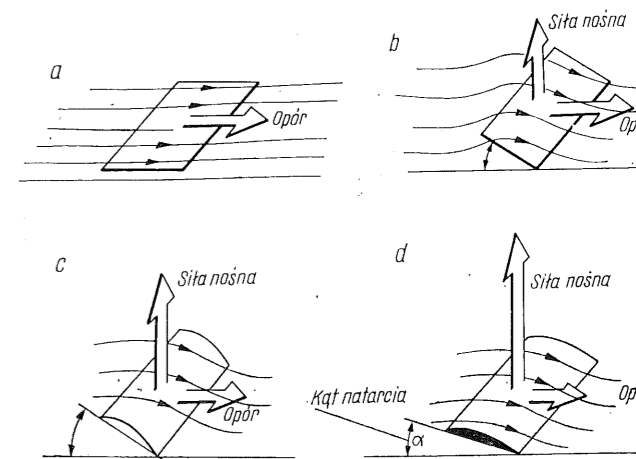
Samolot lata jednak prawie zawsze poziomo i sama siła ciągu do lotu mu nie wystarcza. Siła ciągu bowiem działa poziomo i równowagę również po-



2-3. Siły działające na raketę i na samolot podczas lotu

ziomo działającą siłą oporu. Ciężar natomiast działa do dołu i gdyby nie było nośnej siły skrzydeł, lot byłby niemożliwy. Musimy więc koniecznie wywołać taką siłę nośną (strzałka skierowana ku górze, rys. 2-3b), aby zrównoważyła ciężar całego samolotu.

Płaszczyzna (na przykład arkusz kartonu, sklejki itp.) ustawiona równoległe do strug powietrza (wiatru) daje tylko opór (rys. 2-4a). Gdy jednak płaszczyznę tę nieco wychylimy i ustawimy pod pewnym kątem, wówczas poczujemy wyraźnie istnienie siły, która stara się unieść płaszczyznę do góry (rys. 2-4b). Doświadczenie jest bardzo proste i każdy może je sam przeprowadzić. Jeżeli teraz równą płaszczyznę zastąpimy płaszczyzną specjalnie wygiętą (rys. 2-4c), to zauważymy znaczny wzrost siły nośnej. Płaszczyzny, które w przekroju mają specjalnie dobrany kształt profilu lotniczego (rys. 2-4d), mają tę właściwość, że ich siła nośna znacznie przewyższa siłę oporu i dzięki temu wykorzystywane są w lotnictwie jako skrzydła. A bez skrzydeł, jak wiadomo, samolot obejść się nie może.

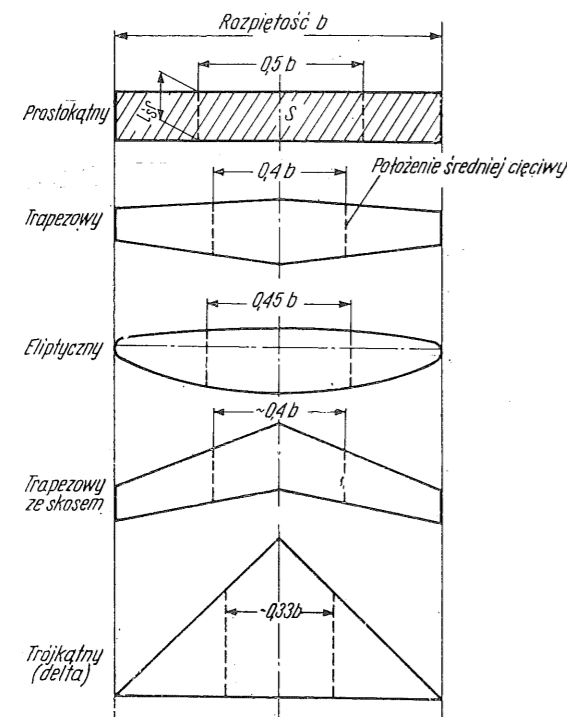


2-4. Siły aerodynamiczne działające na płaszczyzny

Skrzydło daje największą siłę nośną, gdy porusza się pod niewielkim kątem w stosunku do strug powietrza. Kąt ten, wynoszący zazwyczaj kilka stopni, nazywa się kątem natarcia.

Płaszczyzny nośne

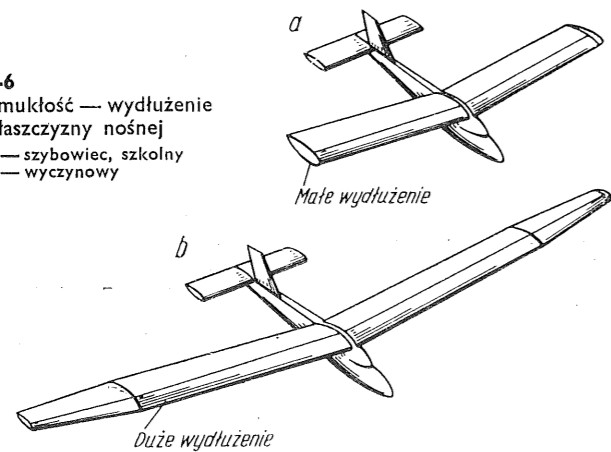
Płaszczyzny nośne (skrzydła) mogą mieć różne kształty, zależnie od charakteru i przeznaczenia samolotu, rysunek 2-5. Najprostsze są oczywiście płaszczyzny prostokątne, powszechnie dziś spotykane w większości samolotów sportowych. Dla po-



2-5. Najczęściej spotykane kształty płaszczyzn nośnych

lepszenia właściwości aerodynamicznych i użytkowych w lotnictwie i szybownictwie stosuje się najczęściej zbieżne skrzydła trapezowe lub kombinacje płaszczyzn prostokątnych ze zbieżnymi. Przy bardzo dużej zbieżności dochodzimy do skrzydła trójkątnego, czyli tzw. delty.

2-6
Smukłość — wydłużenie płaszczyzny nośnej
a — szybowiec, szkolny
b — wyczynowy



Właściwości skrzydeł zależą nie tylko od kształtu, ale również od ich smukłości, czyli tzw. wydłużenia (rys. 2-6). Skrzydła krótkie, ale szerokie mają gorsze właściwości aerodynamiczne niż skrzydła długie i wąskie. Te ostatnie są za to grube i odzna-

czają się znacznie większą wytrzymałością. Teraz nietrudno nam będzie zrozumieć, dlaczego krótkie skrzydła stosuje się w samolotach, a długie, o dużym wydłużeniu, w szybowcach. Im bardziej doskonały pod względem aerodynamicznym jest szybowiec, tym smuklejsze ma skrzydła.

Płaszczyzny nośne bardzo rzadko są idealnie płaskie. Najczęściej są one załamane (w widoku z przodu) w ten sposób, że końcówki skrzydła są uniesione do góry bądź opuszczone w dół. Mówi się wówczas, że skrzydła mają wznios. Dodatni wznios (końcówki skrzydła uniesione do góry) umożliwia zachowanie samoczynnej równowagi (stateczności) poprzecznej w locie i można go wyraźnie zaobserwować w samolotach sportowych, szybowcach i oczywiście w modelach, zwłaszcza swobodnie latających. Wznios ujemny (końcówki skrzydła opuszczone) stosowany jest rzadziej i najczęściej w połączeniu z dużym skosem skrzydła do tyłu, na przykład w skrzydłach typu delta. Widoczny jest w samolotach odrzutowych. Wznios i skos mogą być więc stosowane jednocześnie.

Znaczenie cięciwy skrzydła

Właściwości skrzydła w ogromnym stopniu zależą od jego szerokości, czyli od rozmiaru cięciwy skrzydła. Bardzo ogólnie można to scharakteryzować w taki sposób:

- modele, w przeciwieństwie do samolotów, są bardzo wrażliwe na wielkość cięciwy skrzydła,
- wraz ze wzrostem szerokości skrzydła właściwości modeli polepszają się, pogarszają się natomiast i to gwałtownie, gdy cięciwa skrzydła maleje,
- dobrze zaprojektowane modele mają skrzydła o szerokości nie mniejszej niż 120÷150 mm,
- skrzydła o dużej zbieżności (związujące się silnie ku końcom) są dla modeli również zdecydowanie niekorzystne.

Wielkie znaczenie praktyczne ma znajomość położenia tzw. średniej cięciwy skrzydła, gdyż względem niej powinno się zawsze wyważać model. Przyjmuje się bowiem, że na tej cięciwie skupia się oddziaływanie sił aerodynamicznych. Położenie średniej cięciwy zależy od obrysu skrzydła (patrz rys. 2-5).

Powierzchnia nośna

Obecność wzniosu (zwłaszcza dużego) sprawia, że rzeczywistość wykorzystywana w locie powierzchnia skrzydła zmniejsza się. W krańcowym przypadku, gdyby skrzydła zostały złożone (jak u motyla lub ptaka), ich rzeczywista nośna powierzchnia zmalałaby do zera, nie byłoby siły nośnej, pozostałoby tylko opór. Aby więc nie było nieporozumień przy określaniu powierzchni nośnej, umówiono się, że jest nią nie powierzchnia płaszczyzny nośnej, a jej rzut na płaszczyznę poziomą (patrz rys. 2-1).

Stateczniki

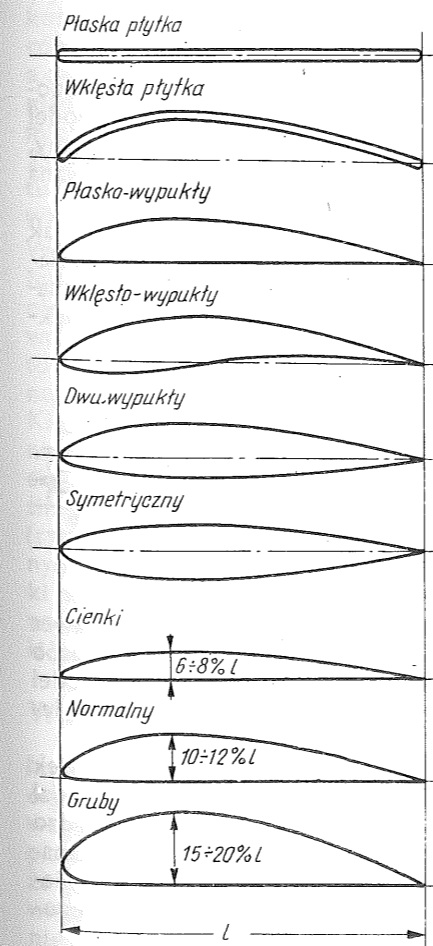
Skrzydła są podstawowymi płaszczyznami, które wytwarzają niezbędną dla lotu siłę nośną. Większość powszechnie spotykanych samolotów i modeli latających oprócz skrzydeł ma również dodat-

kowe płaszczyzny umieszczone zazwyczaj z tyłu samolotu (za skrzydłami). Płaszczyzny te to tzw. stateczniki. Są to podobnie jak skrzydła płaszczyzny nośne, ale ich rola polega przede wszystkim na zapewnieniu samolotowi lub modelowi bezpiecznej równowagi i stateczności podczas lotu.

Nie jest to jednak ich jedyna rola. Ruchome części stateczników, zwane sterami, służą do sterowania. Przeważnie spotyka się dwa rodzaje stateczników: poziomy, niezbędny do zapewnienia stateczności podłużnej, i pionowy związany ze statecznością kierunkową, a także poprzeczną. W modelach latających zdarza się często, że statecznik poziomy wykorzystywany jest również do wytwarzania dodatkowej siły nośnej, wspomagającej nośne działania skrzydła. Taki właśnie statecznik, zwany też nośnym statecznikiem, zastosowany jest w popularnym WICHERKU (omawianym w dalszej części książki). Zaletą stosowania stateczników nośnych jest możliwość uzyskania małej prędkości lotu, a więc i dużego bezpieczeństwa, zwłaszcza w locie swobodnym. Niezależnie od tego nośne stateczniki spełniają swoją normalną rolę ustateczniającą.

Profile

Płaszczyzna nośna, jak wiemy, musi mieć odpowiedni przekrój, czyli profil. Od zastosowania właściwego profilu zależą w wielkim stopniu właściwości samego skrzydła i charakterystyka użytkowa całego samolotu lub modelu latającego. Charakterystyczne typy kilku profili przedstawione są na rysunku 2-7.



2-7. Najczęściej spotykane profile płaszczyzn nośnych

● Najprostszy profil to zwykła płaska płytką. Profile takie stosuje się do modeli z kartonu, modeli na procę oraz bardzo często jako profile do stateczników wielu dużych, lecz prostych w budowie modeli latających; odznaczają się one małą siłą nośną.

● Dużą siłę nośną dają natomiast płytki wygięte. Skrzydła o takim profilu mają bardzo dobre właściwości przy małych prędkościach lotu. Trudno jednak wykonać taki profil przy większych, nie kartonowych skrzydłach.

● Profile płasko-wypukłe mają uniwersalny charakter. Stosuje się je zarówno do szybowców, jak i do modeli z napędem, swobodnych i sterowanych o umiarkowanych prędkościach lotu; płaski spód profilu ułatwia konstrukcję i wykonanie płata.

● Profile wklęsłe od spodu (wklęsło-wypukłe) dają dużą siłę nośną przy małym oporze i małej prędkości lotu; są stosowane głównie do modeli szybowców.

● Profile dwuwypukłe mają mały opór przy dużych prędkościach lotu; stosuje się je do szybko latających modeli na uwięzi i modeli zdalnie sterowanych.

● Profile symetryczne stosowane są do skrzydeł modeli akrobacyjnych, gdyż mają takie same właściwości zarówno w locie normalnym, jak i odwróconym (plecowym); stosowane są też powszechnie jako profile stateczników.

A oto kilka uwag na temat najważniejszych właściwości profili:

- grubsze profile umożliwiają osiągnięcie większej siły nośnej i mniejszej prędkości, pozwalają zbudować mocne skrzydła, mają jednak duży opór,
- cienkie profile mają mniejszą siłę nośną, ale za to mały opór pozwala osiągnąć dużą prędkość,
- im bardziej wygięty (wysklepiony) jest profil, tym większa jest siła nośna, ale i większa niestateczność skrzydła,
- dużą stateczność mają skrzydła z profilami o małym wygięciu (profile dwuwypukłe),
- największą stateczność mają profile symetryczne lub profile o odgiętej ku górze krawędzi spływu.

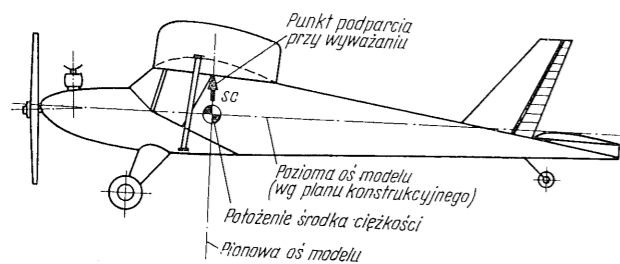
Środek ciężkości i wyważenie

Punkt, w którym koncentruje się działanie ciężaru samolotu (modelu), nazywamy środkiem ciężkości. Jest to niezmiernie ważny punkt, jego położenie w stosunku do skrzydła decyduje o użytkowych własnościach modelu.

Można w przybliżeniu wyznaczyć położenie środka ciężkości, podpierając model pod skrzydłami (patrz rys. 8-39), tak aby kadłub ustawił się poziomo — środek ciężkości znajduje się pod punktem podparcia — w osi modelu. Znajdujemy w ten sposób tzw. wyważenie modelu.

Wyważenie ma wielki wpływ na stateczność podłużną, prędkość i ogólny charakter lotu. Niewielkie na przykład zmiany położenia środka ciężkości — ujęcie lub dodanie ciężaru z przodu lub z tyłu

modelu, przesunięcie skrzydła względem kadłuba itp. — mogą znacznie zakłócić lub nawet uniemożliwić poprawny lot. Położenia środka ciężkości (wyważenie) podane są zwykle bardzo dokładnie na wykonawczych planach modeli (rys. 2-8).



2-8 Sposób oznaczenia położenia środka ciężkości na planie modelu

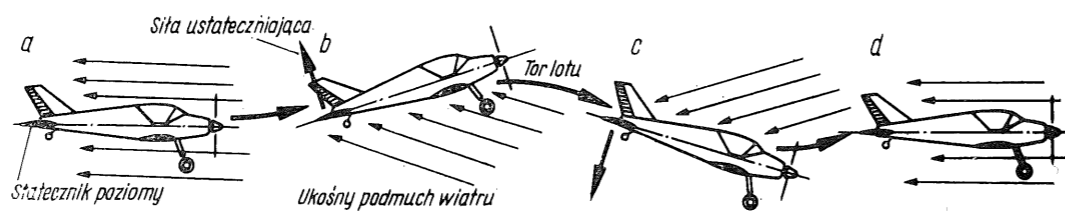
Przygotowując model do lotu trzeba ściśle się trzymać planów i zaleceń

Modele swobodnie latające i zdalnie kierowane wyważa się przeważnie w 1/3 długości cięciwy skrzydła (gdy model ma zwykły statecznik z profilem płytkowym lub symetrycznym) i w okolicy 1/2 cięciwy przy profilu nośnym. Wyważenie modeli na uwięzi powinno natomiast znajdować się bliżej przedniej krawędzi skrzydła (średnio w okolicy 1/10 cięciwy).

Stateczność podłużna

Była już mowa o statecznikach i położeniu środka ciężkości warto też wyjaśnić istotę stateczności podłużnej. Spójrzmy na rysunek 2-9. Przedstawia on model samolotu w różnych sytuacjach. W pierwszym przypadku nasz model znajduje się w równowadze i leci poziomym lotem (rys. 2-9a). Wszystkie siły działające nań w tej sytuacji znajdują się w równowadze, nic nie zakłóca spokojnego lotu. Załóżmy jednak, że na skutek nagłego podmuchu wiatru lub też innego zakłócenia model nasz znalazł się nagle w pozycji nosem do góry (rys. 2-9b).

2-9 Ustataczniające działanie statecznika poziomego

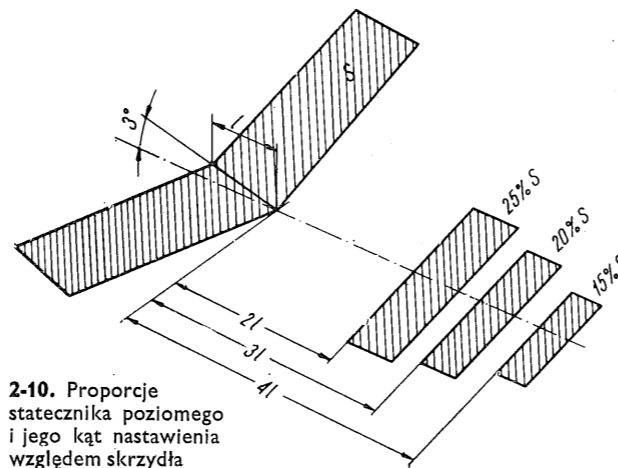


Zwiększa się wówczas wyraźnie kąt natarcia statecznika poziomego i pojawia się na nim dodatkowa siła nośna skierowana do góry, która stara się podnieść tył modelu i przywrócić poprzednie poziome położenie. Analogicznie przedstawiać się będzie sytuacja, gdy nasz model nagle opadnie (rys. 2-9c). Wówczas na stateczniku poziomym pojawi się siła skierowana do dołu, która powinna przywrócić równowagę (rys. 2-9d).

Celowo napisałem „powinna”, ponieważ stateczność podłużna zależy nie tylko od obecności samego statecznika, ale również od jego wymiarów

powierzchni, odległości i ustawienia względem skrzydła, a także od położenia środka ciężkości i wyważenia modelu.

Modele latające wykazują dobrą stateczność podłużną, jeżeli powierzchnia statecznika poziomego wynosi około 1/4 powierzchni skrzydła, a odległość między skrzydłem a statecznikiem równa się co najmniej 2 szerokościom skrzydła. Ponadto dla zachowania poprzecznej stateczności niezbędne jest, aby umieszczony z tyłu skrzydła statecznik poziomy miał mniejszy kąt nastawienia niż skrzydło. Różnica ta powinna wynosić około 3°. Są to uwagi bardzo ogólne, podsumowuje je rysunek 2-10. Trzeba pamiętać, że w miarę powiększania odległości pomiędzy statecznikiem a skrzydłem można, a nawet trzeba proporcjonalnie zmniejszać powierzchnię statecznika i odwrotnie, w miarę zmniejszania odległości — zwiększać powierzchnię.

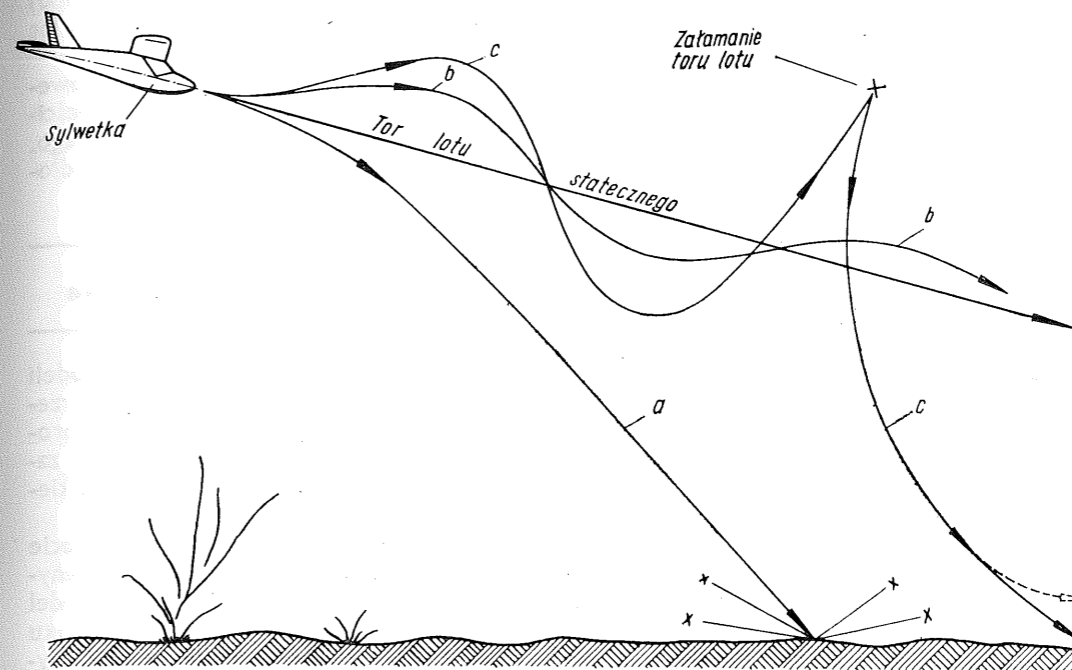


2-10. Proporcje statecznika poziomego i jego kąt nastawienia względem skrzydła

Brak stateczności podłużnej może być spowodowany wieloma przyczynami. Zakładając, że model został prawidłowo skonstruowany i wykonany, niestateczność podłużna może być spowodowana niewłaściwym położeniem środka ciężkości. Stateczność podłużna maleje bowiem w miarę, jak środek ciężkości przesuwany jest do tyłu od właściwego położenia. Maleje wówczas zdolność do samodzielnego powrotu do równowagi, przy więk-

szym przesunięciu środka ciężkości do tyłu nawet zanika całkowicie. Objawia się to w taki sposób (rys. 2-11a), że wytrącony z równowagi model wchodzi na ogół w stromy lot nurkowy i tak leci aż do ziemi.

Przy nadmiarze stateczności podłużnej (środek ciężkości zbyt w przodzie) model będzie miał tendencję do powtarzających się wahań bardzo trudno zanikających (rys. 2-11b) lub wręcz wzmagających się (rys. 2-11c). Nie należy mylić tej nieprawidłowości z lotem spowodowanym złą regulacją, o czym będziemy mówili nieco dalej.



2-11. Rodzaje niestateczności podłużnej

Samolot w locie

Spośród bardzo wielu możliwych rodzajów (stanów) lotu trzy są najbardziej charakterystyczne (rys. 2-12). Są to: lot poziomy, lot wznoszący oraz opadający lot ślizgowy (szybowanie).

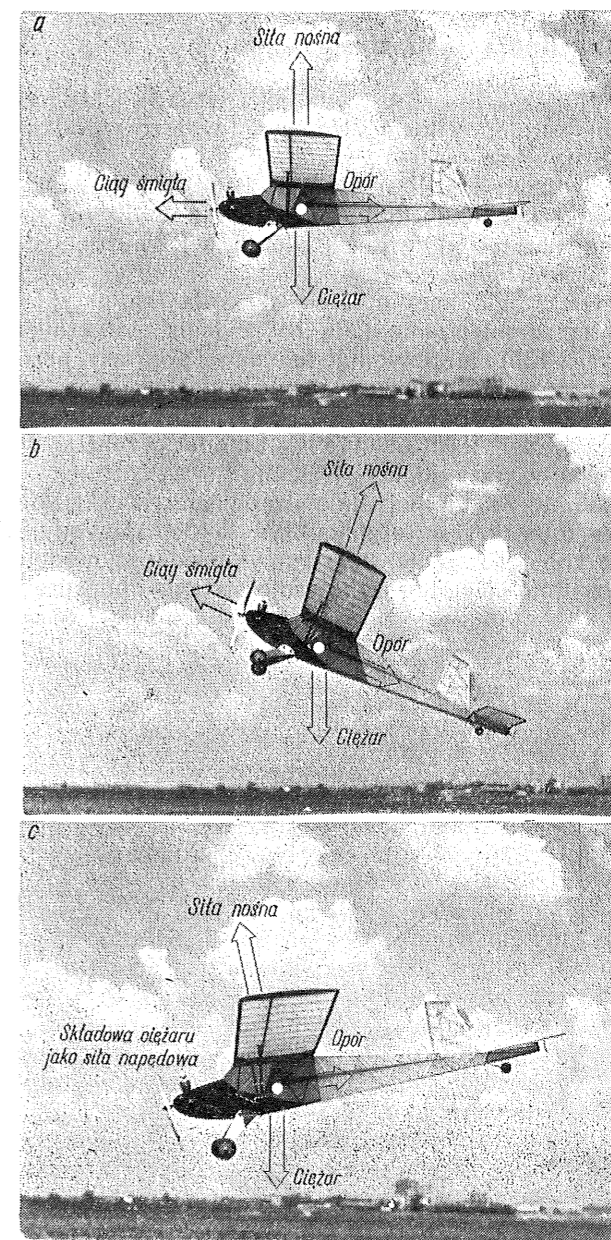
Najprostsze zjawiska zachodzą w locie poziomym (rys. 2-12a). Lot odbywa się na niezmienniej wysokości i ze stałą prędkością. Siła nośna skrzydła równoważy dokładnie ciężar modelu (samolotu), a opór jest równoważony przez ciąg śmigła. Utrzymanie stałego lotu poziomego zależy od równowagi pracy silnika i stałości ciągu śmigła. Zmniejszenie ciągu spowoduje nachylenie toru lotu ku dołowi i opadanie; zwiększenie ciągu sprawi, że model będzie się wznosił.

We wznoszeniu (rys. 2-12b) rozkład sił jest nieco inny. Zwiększony ciąg śmigła musi teraz pokonać nie tylko opór, ale również część ciężaru, ponieważ działanie ciężaru nie jest teraz prostopadłe do toru lotu, jak było przy locie poziomym, lecz skośne, przeciwnie ruchowi.

Kiedy silnik zatrzyma się i ciąg śmigła zniknie, nic już nie równoważy oporu i przeciwdziałania ciężaru. Samolot (model) musi przejść do lotu ślizgowego. Lot ślizgowy w spokojnym powietrzu (rys. 2-12c) odbywa się zawsze po torze nachylnym do dołu, a kąt szybowania ustala się sam w taki sposób, aby opór płatuwca mógł być zrównoważony przez składową ciężaru, która teraz działa do przodu i stanowi jedyną siłę napędową.

Właściwości lotu ślizgowego

Im mniejszy jest opór płatuwca, tym mniejsza część ciężaru jest potrzebna do wywołania lotu ślizgowego, tym mniejszy jest kąt szybowania i bardziej płaski tor lotu. O płatuwcu mówi się wówczas, że jest bardziej doskonały aerodynamicznie — ma większą „doskonałość”; mierzy się ją najczęściej nie kątem (gdyż kąty te są niewielkie), ale odleg-



2-12. Siły działające na model w locie

(foto autora)

łością, jaką można przelecieć tracąc jednostkę wysokości. Jeżeli płatowiec ma doskonałość równą 10, to z wysokości 1 km przeleci odległość 10 km. Duża doskonałość aerodynamiczna to bardzo ważna i pożądana cecha dla szybowców. Szybowiec o dużej doskonałości lata bardziej płasko i wolniej opada niż samolot, którego doskonałość jest zazwyczaj znacznie mniejsza.

Wielki postęp techniczny w szybownictwie sprawił, że doskonałości wyczynowych, zawodniczych szybowców dochodzą do 50, co oznacza, że z wysokości 1000 m szybowiec przelatuje ogromną odległość 50 km, a tor lotu jest prawie poziomy. W technice miniaturowej również uzyskuje się doskonałe rezultaty. Doskonałość dobrego modelu wyczynowego (zdalnie kierowanego) może wynosić 20, a nawet 25. Modele opadają za to przeciętnie dwa razy wolniej niż prawdziwe szybowce, gdyż ich prędkość lotu jest znacznie mniejsza. Znajomość zjawisk zachodzących w locie ślizgowym jest dla modelarzy bardzo ważna — w locie ślizgowym oblatuje się bowiem i reguluje wielkość modeli.

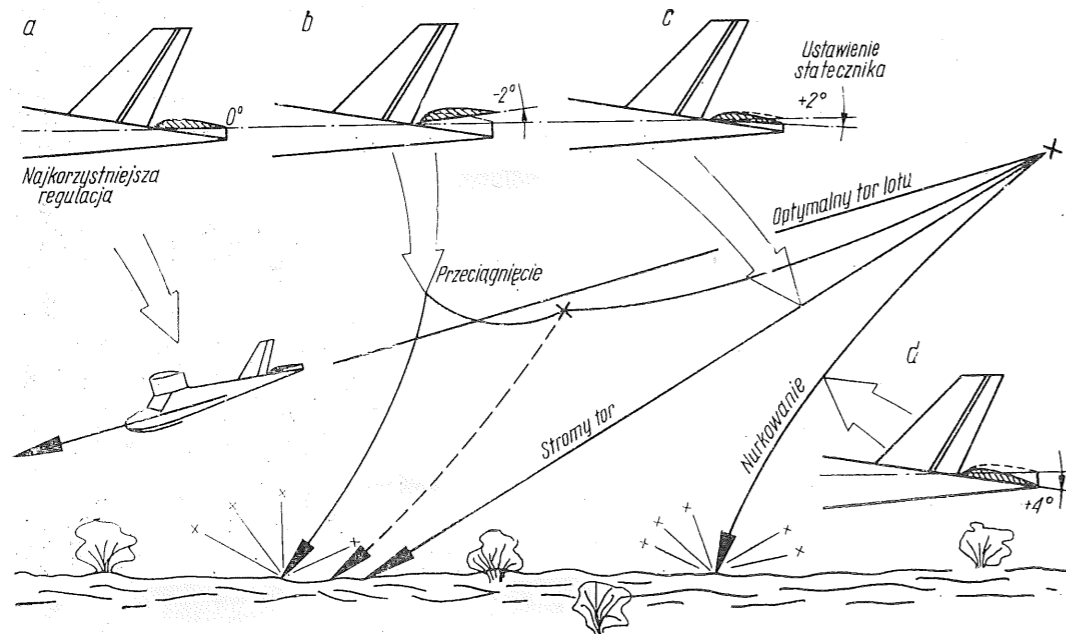
Regulacja lotu ślizgowego

Rysunek 2-13 przedstawia kilka sytuacji, jakie mogą zaistnieć w locie ślizgowym, zwłaszcza podczas oblatywania.

Prawdziwy lot ślizgowy (rys. 2-13a) jest powolny, płaski i daleki, skrzydło pracuje pod dużym kątem natarcia przy dużej sile nośnej, zbliżonej do maksymalnej.

Zwiększanie kąta natarcia skrzydła (na przykład przez zmniejszenie kąta nastawienia statecznika, rys. 2-13b) nie spowoduje już żadnej poprawy, przekroczony zostanie bowiem maksymalny, bezpieczny kąt natarcia skrzydła, utraci ono swoją siłę nośną, tor lotu załamie się, model przejdzie do nurkowania i uderzy w ziemię.

Nadmierne zmniejszenie kąta natarcia skrzydła (za duży kąt statecznika, rys. 2-13c) spowoduje, że tor lotu stanie się stromy, prędkość modelu wzrośnie i łagodne szybowanie zostanie „popsute”.



2-13. Regulacja lotu ślizgowego

Dalsze zmniejszanie kąta natarcia (rys. 2-13d) skrzydła sprawi, że model wejdzie w stromy lot nurkowy, grożąc uszkodzeniem płatowca. Jak widzimy, prawidłową regulację lotu ślizgowego uzyskuje się praktycznie przez dobór właściwego kąta nastawienia statecznika poziomego, oczywiście przy założeniu, że model jest prawidłowo wyważony.

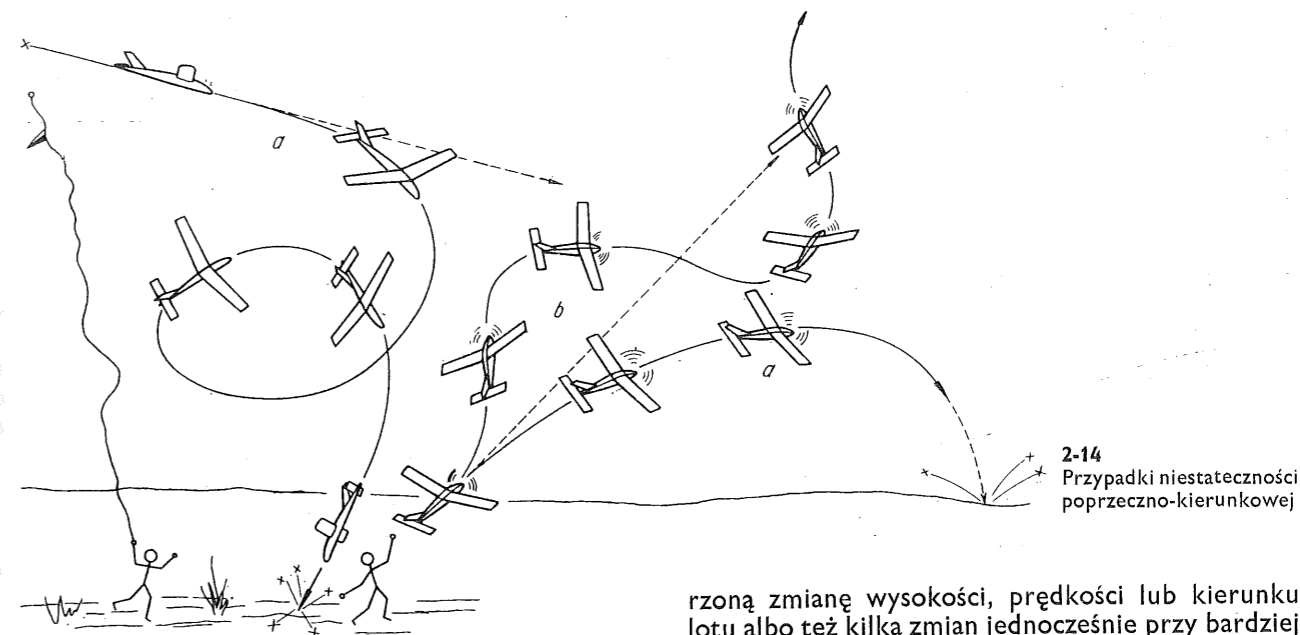
Stateczność poprzeczna i kierunkowa

Wszystko, co dotąd powiedzieliśmy o locie modeli i samolotów, odnosiło się do lotu prostego. W rzeczywistości modele rzadko kiedy latają lotem prostym. Przeważnie krążą lub wykonują różne zakręty. Zajmijmy się na razie wyłącznie zmianą kierunku lotu — zakrętami i krążeniem.

Aby model mógł zakręcić, musi zaistnieć w locie siła skierowana w bok. Siłą tą może być przechyłające oddziaływanie pracującego silnika (model przechyla się w stronę przeciwną do kierunku obrotów śmigła), odchylenie osi silnika w bok, wychylenie steru kierunku lub jakkolwiek asymetria albo zwichrzenie elementów modelu, zwłaszcza płaszczyzn. Ponieważ modele nigdy nie są idealnie proste i symetryczne, a działanie silnika na ogół nie jest zrównoważone, więc przeważnie zakręcają one zarówno w locie silnikowym, jak i w locie ślizgowym.

Dla modeli swobodnie latających jest to nawet cecha korzystna, gdyż model, który krąży, daleko nie odlatuje i nie ucieka. Ważne jest natomiast, aby model krążył statecznie, pewnie i równomiernie. Tę pewność krążenia nazywamy statecznością poprzeczną lub kierunkową, a właściwie poprzeczno-kierunkową; przechyły i zakręty są ze sobą bowiem ściśle związane.

Prawidłową stateczność poprzeczną uzyskuje się przez właściwy, wzajemny dobór powierzchni statecznika pionowego i wzniosu skrzydła. Stateczny model zatacza jednakowe kręgi, nie przechyla się zbyt na zakrętach i nie rozpędza, nie jest zbyt wrażliwy na wychylenia steru kierunku i toleruje

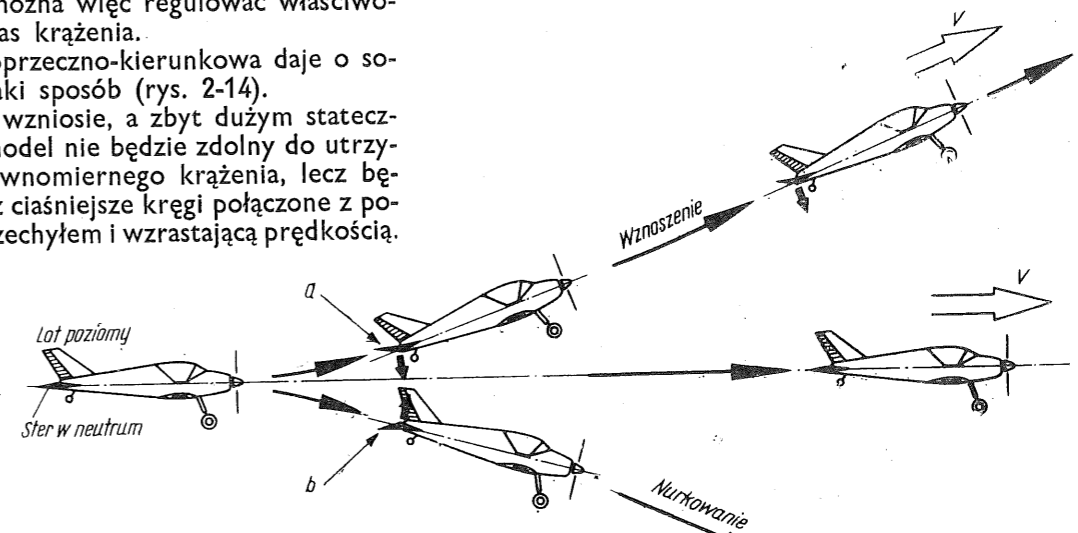


2-14. Przykłady niestateczności poprzeczno-kierunkowej

niewielkie deformacje statecznika. Stateczność poprzeczna rośnie wraz ze zwiększeniem wzniosu skrzydła, a maleje przy jego zmniejszaniu. Przez zmianę wzniosu można więc regulować właściwości modelu podczas krążenia.

Niestateczność poprzeczno-kierunkowa daje o sobie znać w dwojaki sposób (rys. 2-14).

Przy zbyt małym wzniosie, a zbyt dużym stateczniku pionowym model nie będzie zdolny do utrzymania w locie równomiernego krążenia, lecz będzie zataczał coraz ciasniejsze kręgi połączone z pogłębiającym się przechylem i wzrastającą prędkością.



2-15. Działanie steru wysokości

Lot taki ma kształt zacieśniającej się coraz bardziej stromej spirali (rys. 2-14a). Jest to bardzo niebezpieczna właściwość, zwłaszcza dla modeli swobodnych. Nazywamy ją niestatecznością spiralną i likwidujemy przez zwiększenie wzniosu skrzydła.

Przy zbyt dużym wzniosie model będzie przestateczniony. Objawi się to tendencją do wężykowania (rys. 2-14b), co jest spowodowane zbyt silnym wyrównywaniem zakłóceń. Niestateczność ta — nazywana wahadłową — nie jest tak groźna, jak spiralna. Aby ją zlikwidować, trzeba albo zmniejszyć wznios, albo powiększyć powierzchnię statecznika pionowego.

Sterowanie modeli latających

Sterowanie samolotem polega na wywoływaniu dodatkowych sił aerodynamicznych tak skierowanych, aby uzyskać w rezultacie ich oddziaływanie zamie-

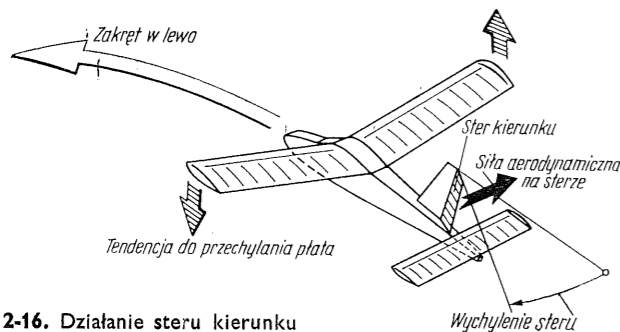
rzoną zmianę wysokości, prędkości lub kierunku lotu albo też kilka zmian jednocześnie przy bardziej skomplikowanych ewolucjach.

Do tego celu wystarczają na ogół trzy podstawowe urządzenia: stery wysokości i kierunku i lotki (patrz rys. 2-1). Ich działanie jest następujące.

Ster wysokości służy przede wszystkim do pochylania samolotu i wywoływania zmian prędkości lotu. Wychylenie steru do góry (rys. 2-15a) powoduje, że tor lotu zmienia się na wznoszący, a prędkość lotu zmniejsza się. Kontynuowanie lotu we wznoszeniu, jak wiemy, zależy od tego, czy silnik może dostarczyć odpowiedniego ciągu. Samoloty i modele z mocnymi silnikami wznoszą się po stromym torze i z dużą prędkością, samoloty słabosilnikowe tego wykonać nie mogą. Odwrotne zjawiska występują przy wychyleniu steru wysokości do dołu (rys. 2-15b). Na stateczniku poziomym pojawia się (w wyniku zwiększenia kąta natarcia steru) dodatkowa siła skierowana ku górze, która obraca samolot nosem do dołu. Tor lotu staje się wówczas bardziej stromy, a prędkość lotu rośnie.

Sterowanie jedynie za pomocą steru wysokości w bardzo prosty sposób zostało zrealizowane w modelach na uwięzi. Jest to jedyny system, gdzie więź pilota z modelem jest prawie tak ścisła, jak w samolocie, a właściwości płatowca bezpośrednio wyczuwalne.

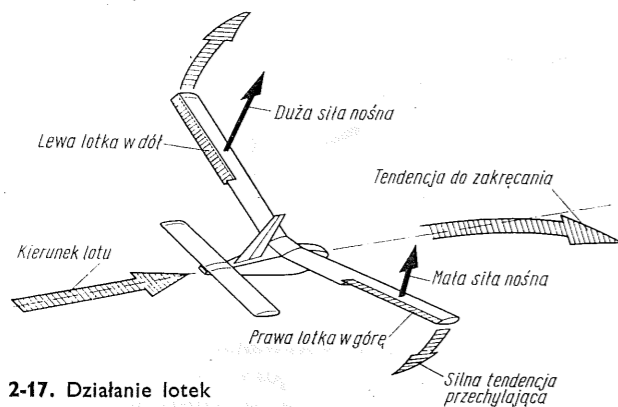
Ster kierunku (rys. 2-16) służy w zasadzie tylko do wywoływania płaskich, niezbyt ciasnych zakrętów. Sterowanie za pomocą steru kierunku stosuje się w prostych jednoczynnościowych



2-16. Działanie steru kierunku

modelach zdalnie sterowanych. Zbyt duże wychylenie steru lub zbyt długie przetrzymanie wychylnego steru wywołuje przy takim sterowaniu wejście modelu w stromą, opadającą spiralę i połączone jest ze wzrostem prędkości — jak przy niestateczności spiralnej.

Lotki służą do poprzecznego przechylenia samolotu. Lotki wychylają się zawsze różnicowo (na przemian) tak, że gdy prawa lotka wychylona jest do góry, to lewa jest opuszczona w dół i odwrotnie (rys. 2-17). W rezultacie otrzymuje się wzrost siły nośnej po stronie lotki opuszczonej, a spadek na skrzydle z lotką uniesioną do góry. Różnica sił na obu skrzydłach wywołuje przechylenie samolotu. Samo przechylenie samolotu, jeżeli nie służy wykonywaniu akrobacji, nie jest na ogół do niczego potrzebne. Każde jednak przechylenie wywołuje skłonność do zakręcenia w kierunku przechylnego skrzydła.

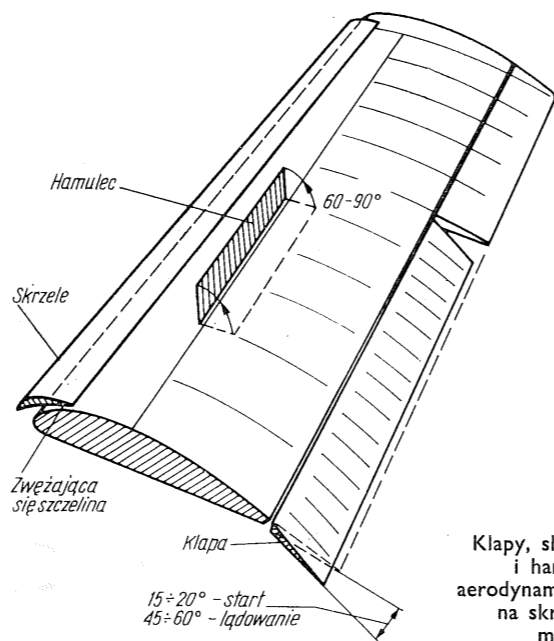


2-17. Działanie lotek

Zakręt wykonany przez przechylenie samolotu, a następnie kontrolowany za pomocą steru wysokości jest bowiem najbardziej prawidłowy i odbywa się na stałej wysokości, w odróżnieniu od zakrętu wykonanego tylko za pomocą steru kierunku. W ten sposób używając lotek i steru wysokości można wykonywać bardzo głębokie zakręty z przechyleniem aż do 90° włącznie (skrzydła są wówczas pionowo ustawione w stosunku do ziemi). Oczywiście lotki, podobnie jak i inne organy sterowania, służą także do wykonywania akrobacji — ale o tym będzie mowa później.

Dodatkowe urządzenia aerodynamiczne

Oprócz sterów i lotek samolot może mieć wiele innych urządzeń, które choć bezpośrednio do sterowania nie służą, znacznie ułatwiają pilotaż i rozszerzają zakres użytkowania płatowca. Należą do nich przede wszystkim dodatkowe urządzenia nośne lub oporowe na skrzydle, jak klapy, skrzela lub też hamulce aerodynamiczne (rys. 2-18). Klapy są zbudowane podobnie jak lotki, z tym że są wychylane jednocześnie, przeważnie do dołu. Wychylenie klap zwiększa siłę nośną i zmniejsza prędkość lotu. Z tego powodu klapy są stosowane przeważnie do startu i lądowania. Skrzela tworzą zazwyczaj specjalnie uformowaną szczelinę w profilu skrzydła w pobliżu krawędzi natarcia. Przepływająca przez tę szczelinę struga



2-18 Klapy, skrzela i hamulce aerodynamiczne na skrzydle modelu

powietrza zabezpiecza przed niebezpiecznymi zjawiskami i utratą siły nośnej podczas lotu na maksymalnym kącie natarcia. Skrzela przedłużają więc niejako nośne działanie skrzydła i pozwalają na uzyskanie większej siły nośnej przy większych kątach natarcia niż normalnie. Używa się ich przeważnie przy lądowaniu, łącznie z klapami. W modelach latających w swej klasycznej postaci są stosowane bardzo rzadko.

Hamulce aerodynamiczne mają przeważnie formę płytek umieszczonych na skrzydle i podnoszonych bądź wysuwanych płaszczyzną prostopadle do kierunku lotu. Psują one aerodynamiczne właściwości skrzydła, zmniejszają siłę nośną, zwiększają opór. Pozwalają na szybką utratę wysokości, na przykład przy podejściu do lądowania. Są stosowane powszechnie w szybowcach (także w modelach szybowców). Duża doskonałość szybowców stanowi poważne utrudnienie przy lądowaniu. O działaniu niektórych dodatkowych urządzeń aerodynamicznych będziemy mogli się również przekonać budując miniaturowy, zmechanizowany samolot kartonowy, o którym już wspomniano poprzednio.

3

Budujemy najprostszymi minisamolot

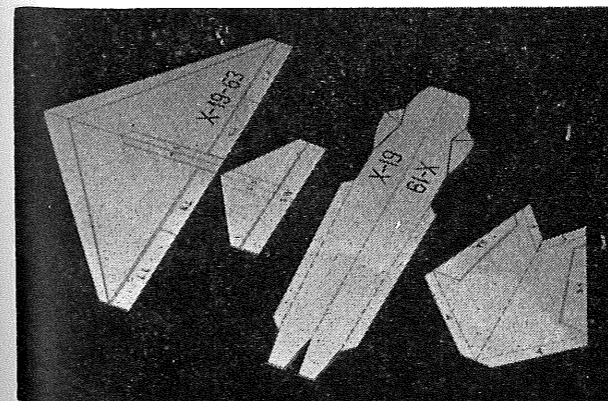
Zbudujemy nowoczesny samolot odrzutowy X-19-63. Budowa jest bardzo prosta, tym bardziej że na końcu książki pod opaską znajduje się kartonowa wkładka z narysowanym modelem. Wystarczy tylko wyciąć, skleić i oblatywać. Cała produkcja trwa nie dłużej niż 15 minut, a samolot jest naprawdę nowoczesny. Potrzebne nam będą nożyczki i klej, najlepiej roślinny.

Budowa

Myśliwiec odrzutowy składa się z czterech części (rys. 3-1); trójkątnych skrzydeł o kształcie tzw. delty (część A), podobnego statecznika poziomego (część B), kadłuba (część C) i statecznika pionowego (część D). Wszystkie części wycinamy dokładnie wzdłuż linii zewnętrznej (rys. 3-2). Po wycięciu

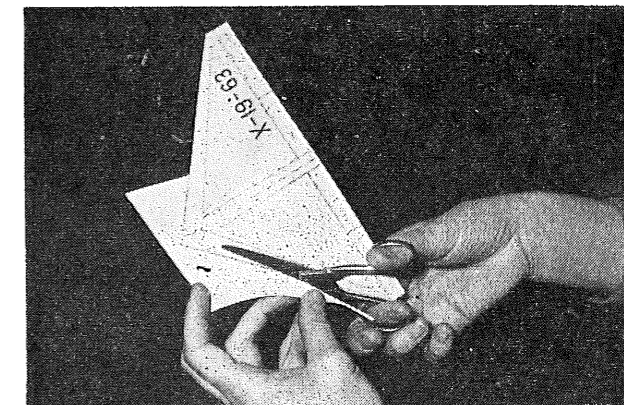
skrzydło i statecznik poziomy są już prawie gotowe. Kadłub trzeba zmontować.

Montaż kadłuba rozpoczynamy od sklejenia części wzmacniającej (część E). Wycinamy ją, zginamy wzdłuż linii kreskowanej i skleamy. Aby zagięcia były równe i nie pękały, najlepiej zarysować je przed wycięciem grzbietem linijki, nożem lub nożyczkami (rys. 3-3). Podobnie należy zarysować zawiasy sterów na statecznikach (SK i SW) oraz zawiasy lotek i klap (LL, LP, KL) na skrzydle. Linie te zaznaczone są podwójnie. Dotyczy to również linii zaznaczonej w przedniej części skrzydła. Następnie przygotowujemy kadłub (część C). Smarujemy klejem od wewnątrz (strona nie zadrukowana), zginamy na pół, wkładamy do środka sklejoną uprzednio część E i skleamy całość (rys. 3-4) tak, aby powierzchnia oznaczona numerem 1 po jednej stronie kadłuba pokrywała się z taką samą powierzchnią po drugiej stronie. Aby skleione części nie odstawały, można je ściśnąć spinaczami lub uchwytami do bielizny (rys.



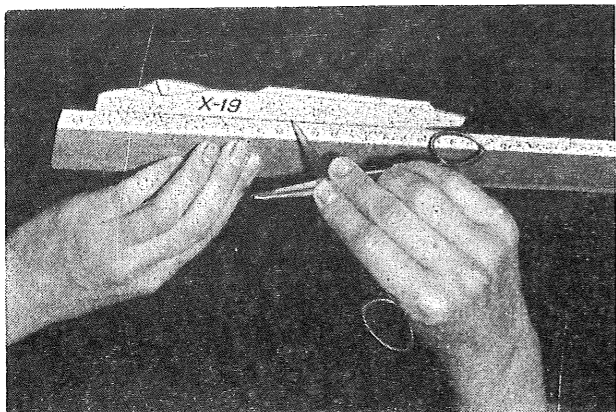
3-1. Części modelu

(foto autora)



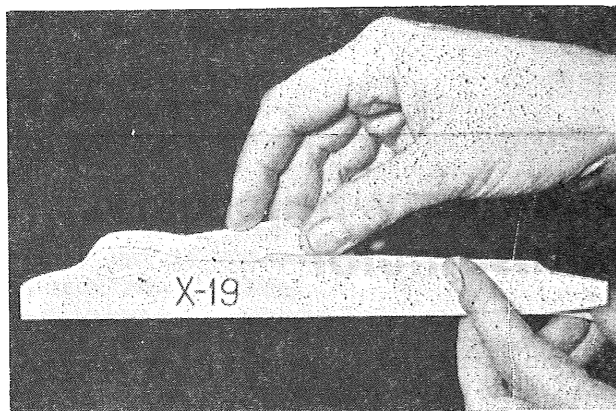
3-2. Wycięcie elementów

(foto autora)



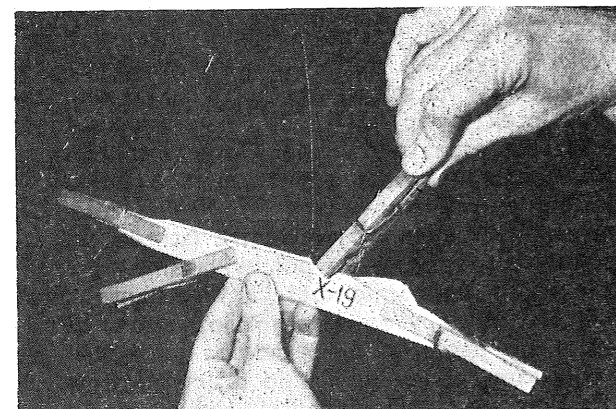
3-3. Nadcięcie linii załamania

(foto autora)



3-4. Montaż kadłuba

(foto autora)



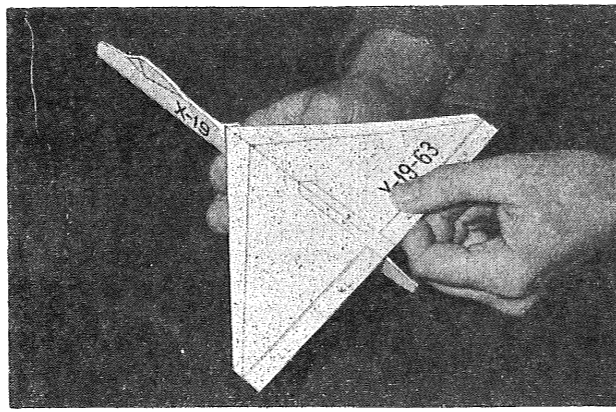
3-5. Sklejenie kadłuba

(foto autora)



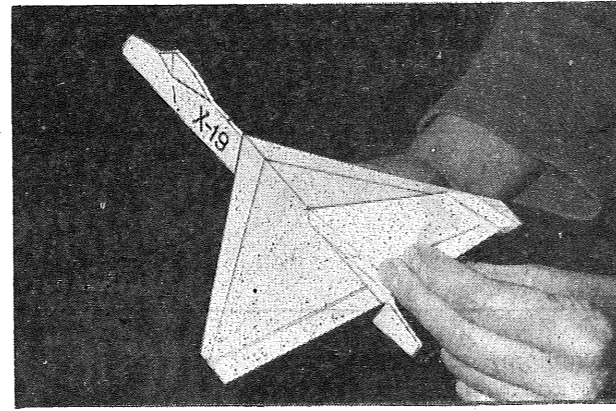
3-6. Sklejenie statecznika pionowego

(foto autora)



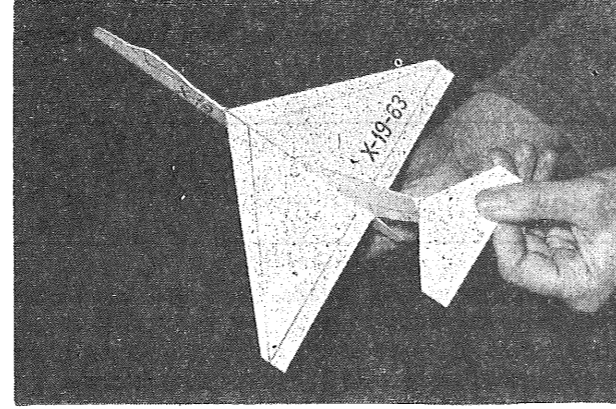
3-7. Przyklejenie skrzydła do kadłuba

(foto autora)



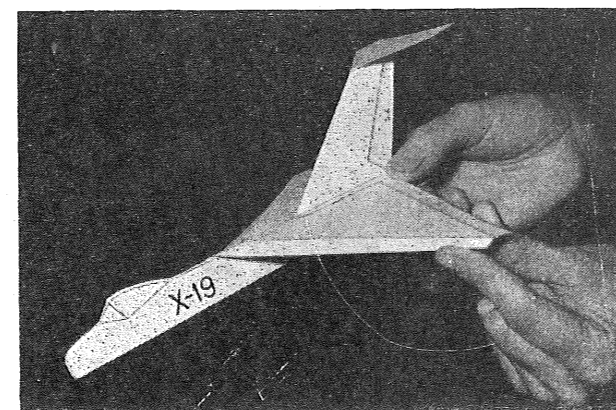
3-8. Wklejenie statecznika pionowego

(foto autora)



3-9. Przyklejenie statecznika poziomego

(foto autora)



3-10. Uformowanie profilu skrzydła

(foto autora)

3-5). Przed sklejeniem należy odgiąć łapki 2, które będą służyły do przyklejania skrzydeł. Statecznik pionowy (część D) montujemy podobnie jak kadłub. Zaginamy go wzdłuż linii środkowej, odginamy łapki 4 i 5 i skleamy podwójnie (rys. 3-6). Sklejając kadłub i statecznik trzeba uważać, aby sklezione części były proste. Gdyby klej powodował paczenie się papieru, należy użyć książki jako przycisku i pozostawić ściśnięte części modelu aż do wyschnięcia.

Montaż samolociku jest błyskawiczny. Odgięte łapki 2 kadłuba smarujemy klejem i przyklejamy do nich skrzydło tak, aby jego linia środkowa zgađzała się z linią kadłuba (rys. 3-7). Kiedy klej podeschnie, a skrzydło trzyma się już mocno, można przykleić statecznik pionowy łapkami do odpowiadającego mu miejsca oznaczonego tym samym numerem na górnej powierzchni skrzydła z tyłu kadłuba (rys. 3-8). Na koniec przyklejamy statecznik poziomy do łapek 5 na szczycie statecznika pionowego i model jest prawie gotowy (rys. 3-9). Pozostaje nam jeszcze uformować profil skrzydła, odginając jego przednią krawędź, zwaną fachowo krawędzią natarcia. Krawędź natarcia odginamy w dół, wzdłuż linii narysowanej na górnej powierzchni skrzydła (rys. 3-10).

Przygotowanie do lotu

Budowa już skończona. Miniaturowy samolot o kształtach ponaddzwiękowych myśliwca czeka na oblatywanie.

Co zapewni mu poprawny lot?

Są trzy zasadnicze warunki, które muszą być spełnione nie tylko przy budowie modeli, ale również samolotów prawdziwych:

- Wszystkie płaszczyzny (skrzydeł, stateczników, kadłuba itp.) muszą być proste, symetryczne, nieskręcone, a także prawidłowo względem siebie ustawione.

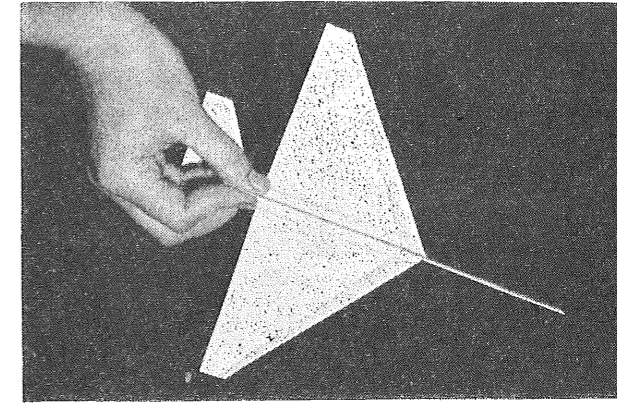
- Model (samolot) musi być prawidłowo wyważony.

- Kąt ustawienia statecznika poziomego lub steru wysokości musi być dobrze dobrany.

Teraz nauczymy się stosować te wymagania w praktyce.

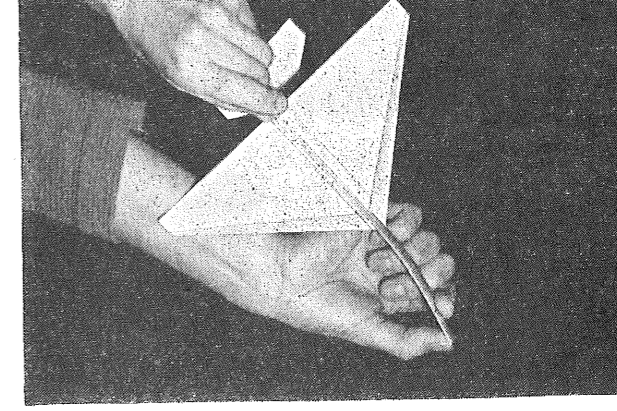
Bierzemy naszego myśliwca do ręki i patrząc nań od spodu sprawdzamy, czy kadłub jest prosty (rys. 3-11). Powinien on wyglądać jak równa kreseczka. Jeżeli jest skrzywiony (rys. 3-12), należy go wyprostować, wyginając karton delikatnie palcami. Następnie spoglądamy na model z przodu. Skrzydła i statecznik poziomy powinny również tworzyć dwie równe i równoległe kreseczki. Statecznik kierunku to kreseczka do nich prostopadła (rys. 3-13). Możliwe niedokładności i skrzywienia są pokazane na rysunku 3-14. Trzeba je bardzo starannie poprawić i wyprostować, od tego bowiem zależy prawidłowy lot modelu.

Po sprawdzeniu wykonania modelu przystępujemy do jego wyważenia. W tym celu podpieramy model ołówkiem tak, jak na rysunku 3-15 i staramy się uchwycić równowagę. Punkt równowagi, czyli



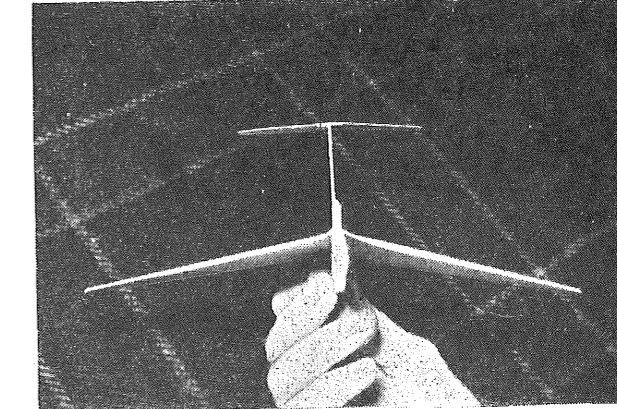
3-11. Sprawdzenie dokładności wykonania kadłuba

(foto autora)



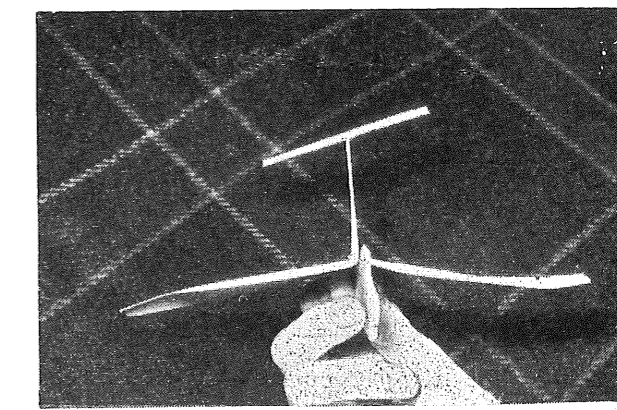
3-12. Prostowanie kadłuba

(foto autora)



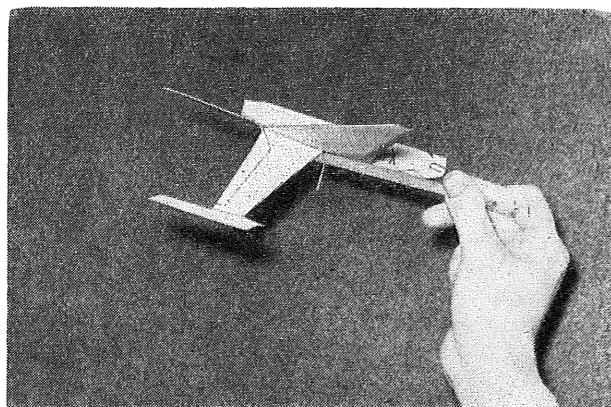
3-13. Sprawdzenie symetrii płaszczyzn

(foto autora)

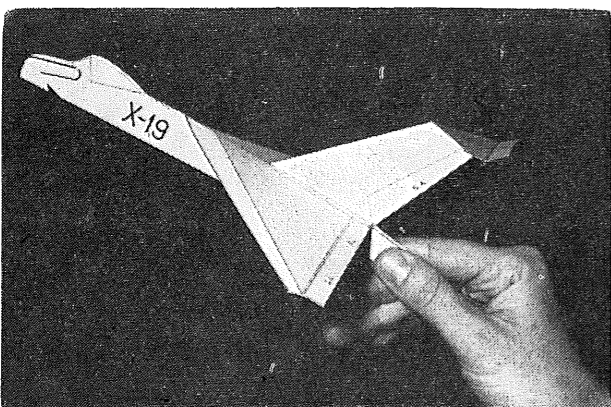


3-14. Prostowanie płaszczyzn

(foto autora)



3-15. Wyważenie modelu (foto autora)



3-16. Ustawienie steru wysokości na gotowym modelu (foto autora)

środek ciężkości, powinien wypaść akurat tam, gdzie na skrzydle narysowane jest kółeczko z krzyżykiem oznaczone literami SCN (środek ciężkości modelu normalnego). Jeżeli model przechyla się do tyłu, trzeba go wyważyć, przyczepiając mu jakiś ciężarek z przodu. Najlepiej do tego celu nadają się spinacze biurowe, te same, którymi posługiwaliśmy się przy klejeniu. Zakładamy na przód modelu tyle spinaczy, ile potrzeba, aby osiągnąć równowagę i aby środek ciężkości znalazł się w przewidzianym miejscu. Do wyważenia wystarczy zazwyczaj jeden spinacz.

Na zakończenie trzeci etap przygotowań — ustawienie steru wysokości. Statecznika poziomego nie trzeba ustawiać, bo zostało to już uwzględnione w projekcie modelu i statecznik ma prawidłowy, mniejszy niż skrzydło kąt nastawienia. Widać to wyraźnie, gdy spojrzymy na model z boku (rys. 3-16). Ustawiamy tylko ster wysokości, odginając jego krawędź do góry na około 5 mm. W lotnictwie nazywa się to ściąganiem steru i każdy pilot robi to przed startem.

Teraz można już przystąpić do pierwszych prób w locie i właściwego oblatywania.

Pierwszy lot

Oblatywanie możemy rozpocząć bądź z ręki, bądź przy użyciu gumowej wyrzutni. Na razie zajmijmy się tylko pierwszym rodzajem startu. Nabyte

umiejętności przydadzą się później przy oblatywaniu dużych modeli.

Model bierzemy do ręki, ujmujemy kadłub nieco z tyłu za środkiem ciężkości, tak jak na rysunku 3-17, kierujemy czub samolociku lekko w dół i wypuszczamy go dość silnym prostym wyrzutem ręki. Bardzo ważne jest, aby model w momencie wypuszczania był równo ustawiony do kierunku lotu. Lot powinien być prosty, szybki i płynny, naśladujący do złudzenia styl lotu prawdziwego odrzutowca. Zakłócenia w locie są wynikiem albo krzywego sklejenia, albo złej regulacji. Nauczmy się je usuwać.

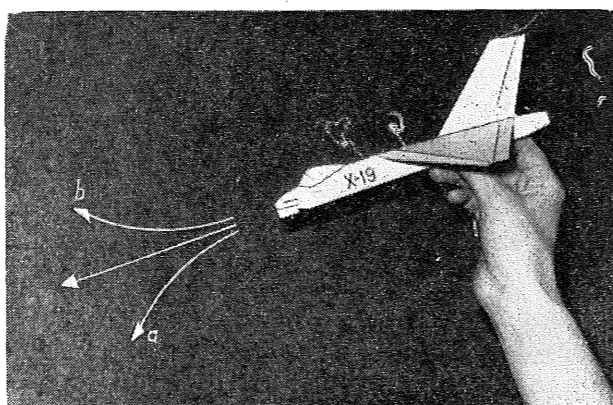
Jeżeli model nurkuje i uderza czubem o ziemię (tor a), należy go wypuścić z większą siłą (prędkością), a gdy to nie pomaga, odgiąć bardziej do góry ster wysokości. Jeżeli natomiast model podlatuje do góry (tor b) i zwała się na skrzydło, ster należy odgiąć w dół lub dodać z przodu jeden spinacz.

Zakręt połączony z przechylem może być wynikiem krzywego statecznika poziomego lub, co się najczęściej zdarza, krzywego skrzydła. Należy również sprawdzić, czy odgięcie krawędzi natarcia jest jednakowe na obu skrzydłach. Model bowiem będzie zakręcał w stronę bardziej przygiętej krawędzi. Również odchylenie krawędzi spływu powoduje silne zakręty. Model skręca w stronę podniesionej krawędzi lub w stronę przeciwną do krawędzi opuszczonej. Krawędzie spływu trzeba wyrównać, a gdy to nie pomaga, odgiąć nieco w dół krawędź od strony zakrętu.

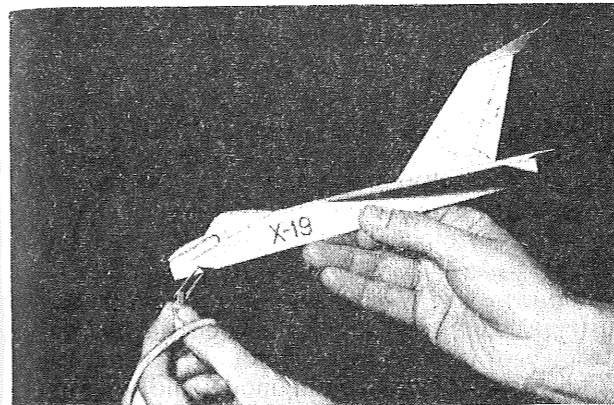
Pamiętajcie, model lata bardzo pięknie — co sam wielokrotnie sprawdzałem — musi być tylko dobrze zrobiony!

Pamiętajcie także, że model obijając się o sprzęty, których pełno w każdym mieszkaniu, może się pogiąć i rozregulować, trzeba go więc często sprawdzać i poprawiać.

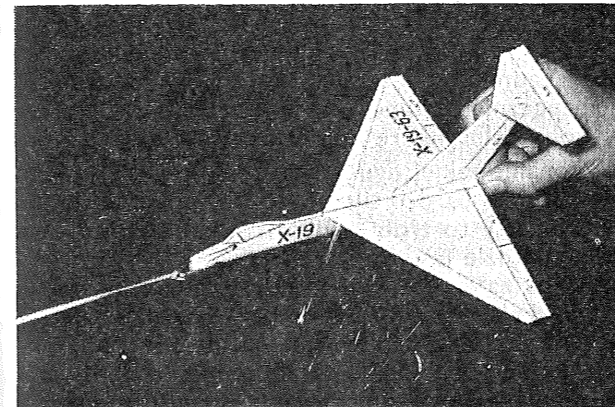
Po oblataniu modelu z ręki możemy spróbować startu z wyrzutni gumowej. Używamy do tego celu cienkiej gumki o przekroju 1×1 mm i długości około 10 cm. Jeden koniec gumki przyczepiony szpileczką lub pineską do stołu lub podłogi, a do drugiego przywiązujemy oczko z drutu (na przykład spinacz), które zaczepiamy o haczyk nacięty na dziobie modelu od dołu (rys. 3-18). Naciągamy gumkę, trzymając model z tyłu za koniec kadłuba (rys. 3-19). Puszczamy i... model startuje (rys. 3-20). Im silniejsze będzie naciągnięcie gumki, tym szybszy będzie start i większa wysokość lotu. Start z gumowej wyrzutni można również stosować na dwo-



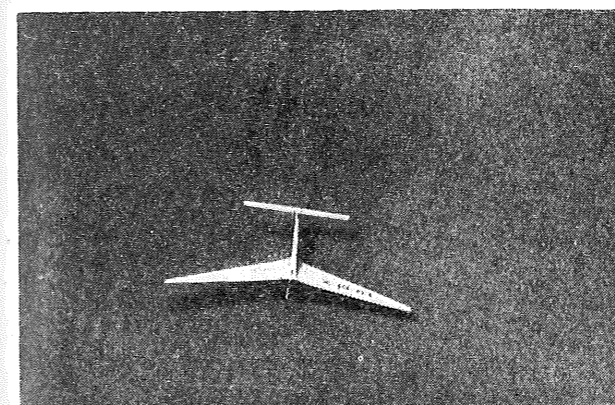
3-17. Tak należy wypuścić model z ręki (foto autora)



3-18. Zaczeplenie gumki startowej (foto autora)



3-19. Chwila przed startem z wyrzutni (foto autora)



3-20. Samodzielny lot (foto autora)

rze, przyczepiając gumkę do patyka wbitego w ziemię. Warunkiem dobrego lotu jest jednak bezwietrzna pogoda.

Dopiero kiedy nauczmy się prawidłowo regulować model i bezbłędnie wypuszczać go, możemy przystąpić do dalszego etapu, w którym poznamy zasady pilotażu i akrobacji.

Pilotaż i akrobacja

Pilot prowadzi samolot za pomocą dwóch zasadniczych przyrządów — drążka sterowego (sterownicy) oraz orczyka (pedałów). Za pomocą drążka obsługuje ster wysokości i lotki, za pomocą pedałów — ster kierunku. Drążek sterowy i orczyk

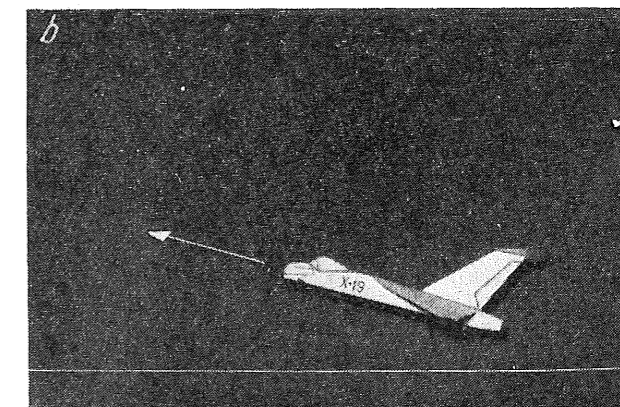
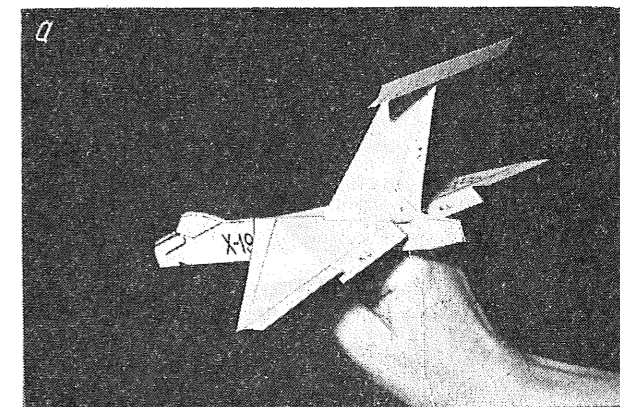
sprzęgnięte są za pośrednictwem całego systemu dźwigni, linek lub bardziej skomplikowanych urządzeń hydraulicznych z odpowiednimi sterami. Nasz samolocik nie ma oczywiście wszystkich tych urządzeń, ma jednak odpowiednie płaszczyzny sterowe, które możemy dowolnie ustawiać, wyginając karton.

Przećwiczymy więc „wyższy kurs pilotażu” za pomocą naszego miniaturowego myśliwca.

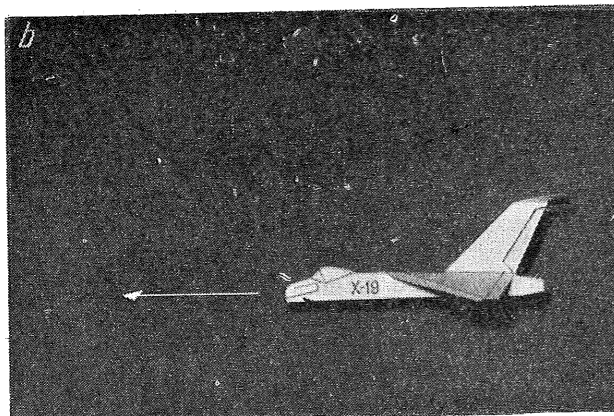
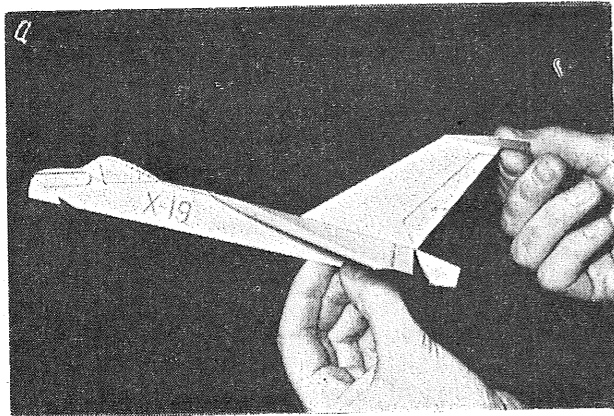
Start. Pilot chciałby wystartować jak najszybciej i przy jak najkrótszym rozbiegu. Skrzydła muszą więc wytwarzać dużą siłę nośną. Aby ją zwiększyć, pilot ściąga (na siebie) drążek sterowy i powoduje przez to wychylenie steru wysokości do góry (rys. 3-21a). Na sterze pojawia się siła, która powoduje opuszczenie tyłu samolotu i ustawienie skrzydeł pod dużym kątem (rys. 3-21b). Przećwiczymy to praktycznie.

Po odgięciu steru wysokości SW do góry (na krawędzi około 5 mm) wypuszczamy model z kaptuły. Samolocik odrywa się zaraz i szybko się wznosi. Gdybyśmy próbowali startować przy małym wychyleniu steru, okaże się, że start się przedłuża i wznoszenie słabnie. Może się nawet zdarzyć, że naciągnięcie gumy będzie za słabe i model nie oderwie się od ziemi.

Aby zmniejszyć prędkość startu i skrócić rozbieg, stosuje się klapy — ruchome płaszczyzny na krawędzi spływu pomiędzy kadłubem a lotkami (oznaczone na modelu literami KL). Należy je wychylić do dołu pod kątem około 30° (5 mm na krawędzi), koniecznie jednakowo. Takie wychylenie spowoduje zwiększenie siły nośnej i przyspieszenie startu, co łatwo sprawdzić.



3-21. Start a — ustawienie steru, b — działanie steru w chwili startu (foto autora)



3-22. Lot z prędkością maksymalną
a — wyrównanie steru, zamknięcie klap, b — lot

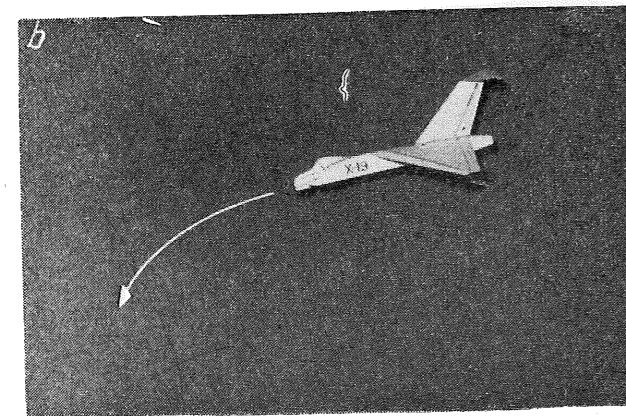
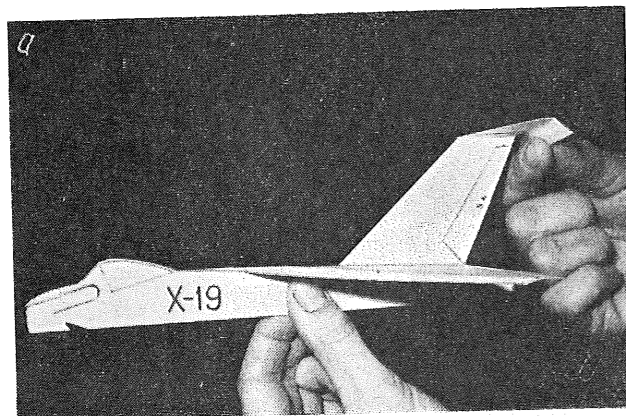
Prędkość maksymalna. Po starcie pilot doprowadza maszynę do lotu poziomego, zamyka kłapy, zmniejsza wychylenie steru, co już potrafimy zrobić (rys. 3-22a), a następnie stara się osiągnąć prędkość maksymalną. Do tego potrzebny jest duży ciąg silników (w naszym przypadku silny wyrzut ręki lub katapulty) oraz dalsze zmniejszenie wychylenia, a nawet wyrównanie steru wysokości. Tak wypuszczony model leci bardzo szybko prostym lotem (rys. 3-22b).

Lot nurkowy. Wychylenie steru wysokości do dołu (rys. 3-23a), czyli „oddanie” drążka sterowego wprowadza samolot w lot nurkowy. Z tak ustawionym sterem model nie wystartuje z wyrzutni, nawet przy dużym naciągu, a wypuszczony z ręki uderzy w podłogę (rys. 3-23b).

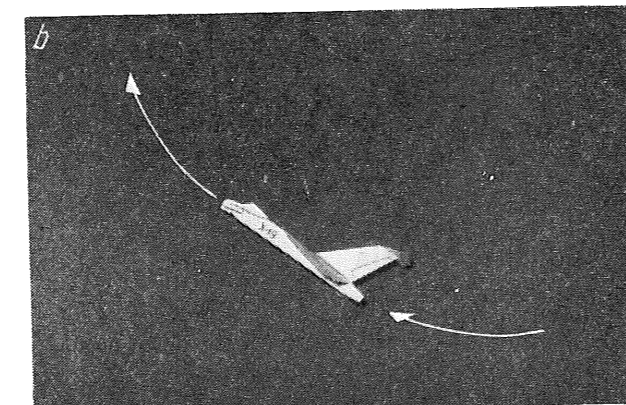
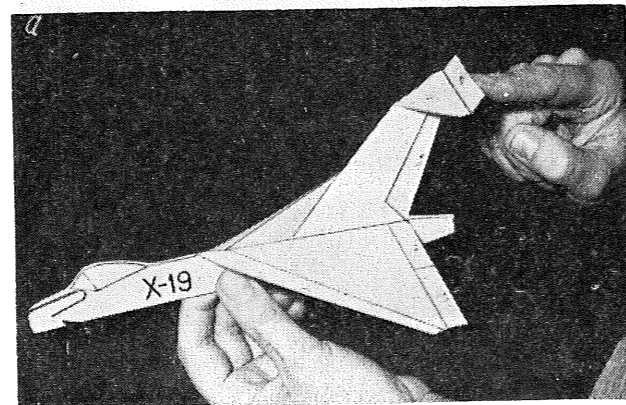
Strome wznoszenie, pętla. Jeżeli w czasie lotu z dużą prędkością ster wysokości zostanie mocno wychylony do góry (rys. 3-24a), spowoduje to tak duży nadmiar siły nośnej, że samolot zatoczy łuk i rozpocznie strome wznoszenie (rys. 3-24b) lub wykona pełną figurę kołową, zwaną pętlą.

Wykonanie takiej figury jest możliwe, gdy wyrzut modelu jest bardzo silny, a ster wychylony do góry. Możemy to zrobić tylko na dworze lub w dużej sali, gdzie jest więcej miejsca.

Płaskie zakręty. Przy naciśnięciu pedału orczyka wychyla się ster kierunku, na sterze pojawia się siła, która obraca tył samolotu i powoduje płaski zakręt. Wykonamy to naszym modelem (uregulowanym poprzednio na lot prosty), jeżeli odgnieśmy nieco ster kierunku SK (rys. 3-25a), około 2 mm na krawędzi, i wypuścimy model z normalną prędkością (rys. 3-25b).



3-23. Nurkowanie
a — „oddanie steru”, b — lot nurkowy



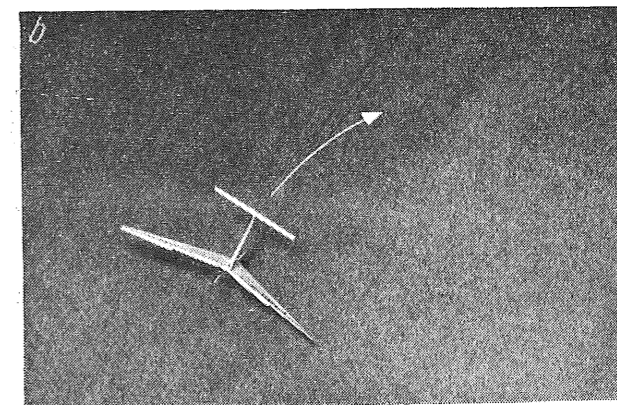
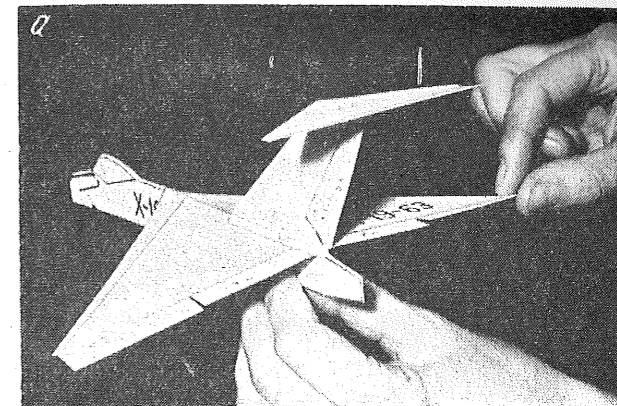
3-24. Wykonanie pętli
a — „ściągnięcie steru”, b — zakrzywienie lotu, wznoszenie się, pętla

Zakręty z przechylem. Opisany przed chwilą zakręt płaski nie jest ewolucją zbyt prawidłową. Poprawne wykonanie zakrętu wymaga przechylenia samolotu, do czego używa się lotek. Lotki umieszczone na końcach obu skrzydeł wychylają się zawsze jednocześnie i różnicowo: jedna w górę, druga w dół. Lotka wychylona w górę powoduje powstanie dodatkowej siły na końcu płata skierowanej do dołu, a lotka wychylona w dół daje dodatkową siłę skierowaną w górę. W rezultacie samolot (model) przechyla się w stronę podniesionej lotki. W samolocie lotki uruchamiane są drążkiem sterowym przez jego wychylenie w bok. Samolot przechyla się w stronę wychylonego drążka. Działanie lotek w zakręcie sprawdzimy na naszym modelu w następujący sposób.

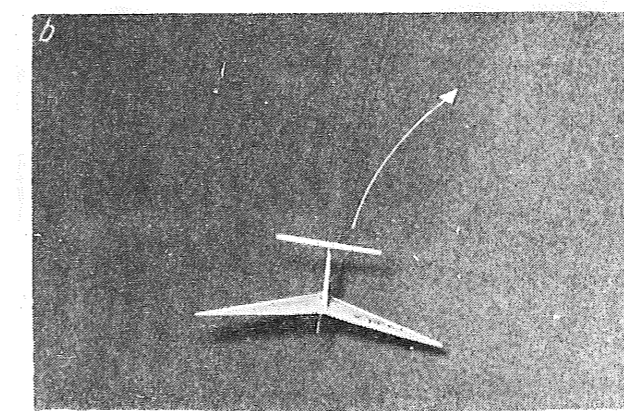
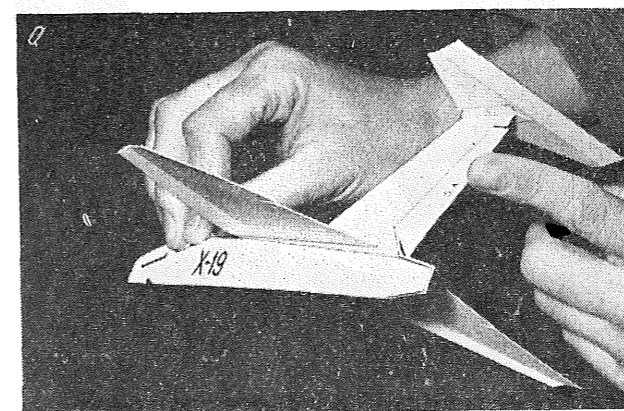
Jeżeli ster kierunku był poprzednio wychylony w prawo i model wykonywał płaski zakręt w prawo, to chcąc spowodować większe pochylenie wychylamy prawą lotkę LP troszeczkę (1 mm na krawędzi) do góry, lewą LL — tyle samo w dół (rys. 3-26a). W efekcie otrzymamy energiczny zakręt z przechylem (rys. 3-26b).

Beczka. Jest to figura polegająca na wykonaniu przez model pełnego obrotu wokół osi podłużnej. Model (poprzednio uregulowany na lot prosty) wykona beczkę, jeżeli wychylimy lotki około 2 mm na krawędzi (rys. 3-27a) i wyrzucimy go dość energicznie.

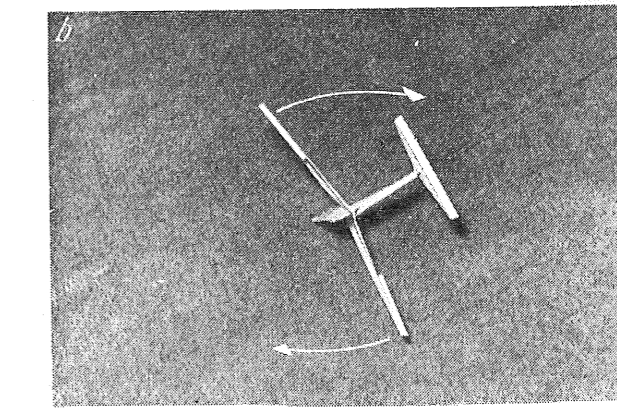
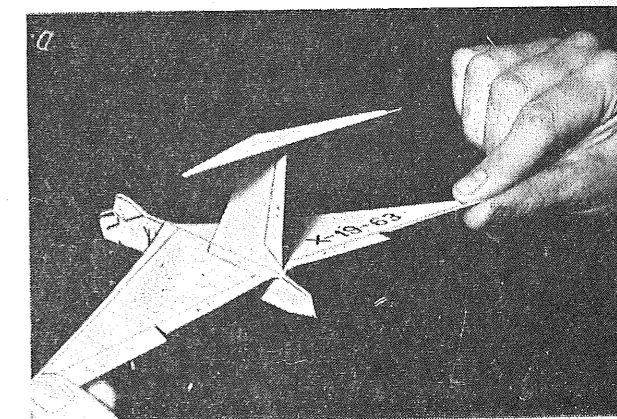
Im większe wychylenie lotek, tym gwałtowniejsze wykonanie figury. Nie będzie to oczywiście beczka zbyt prawidłowa, dla celów poglądowych jednak zupełnie wystarczy (rys. 3-27b).



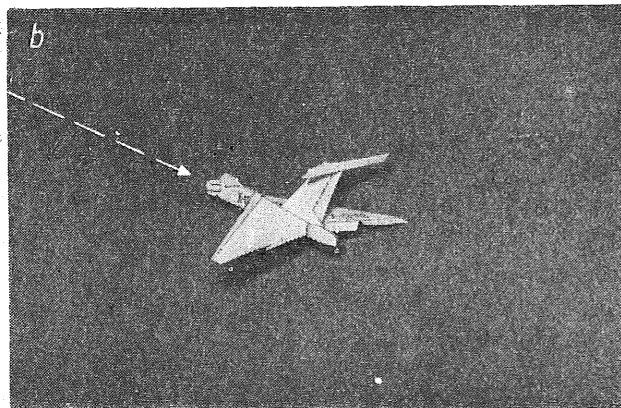
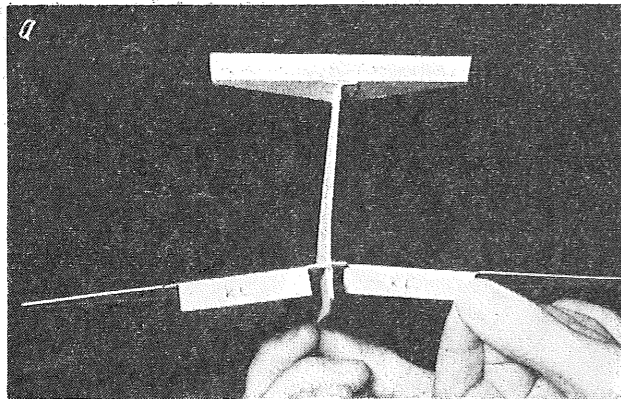
3-26. Zakręt przechylony
a — niewielkie wychylenie lotek, b — zakręt z przechylem



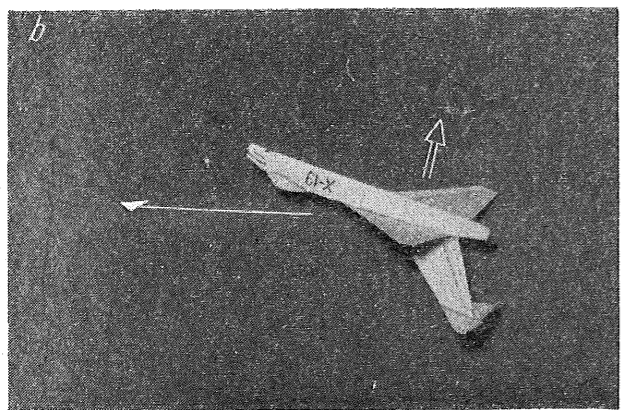
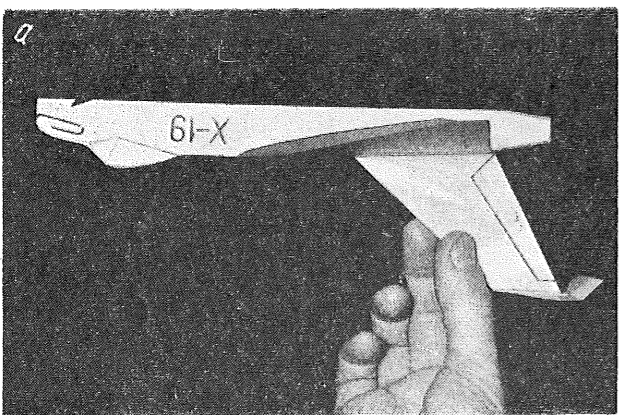
3-25. Płaski zakręt
a — wychylenie steru, b — model zakręca



3-27. Wykonanie beczki
a — silne wychylenie lotek, b — obrót modelu osi podłużnej, beczka



3-28. Użycie hamulców aerodynamicznych (foto autora)
a — prostopadle wychylenie płyt hamulcowych, b — hamowanie lotu



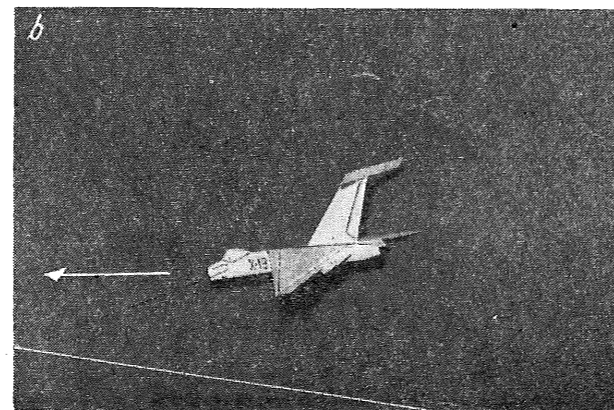
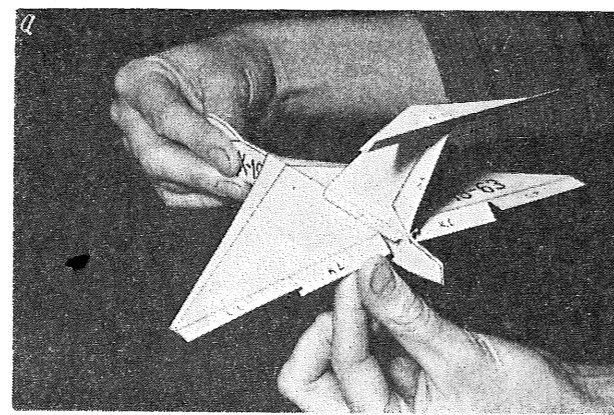
3-29. Lot na plecach (foto autora)
a — odwrócenie modelu i energiczne wychylenie steru, b — lot w pozycji odwróconej

Hamowanie. Na pozór wydaje się niemożliwe, jednak przy bardzo szybkich współczesnych samolotach problem zmniejszenia prędkości lotu ma duże znaczenie. Używa się do tego celu hamulców aerodynamicznych w postaci płaszczyzn płytowych na skrzydłach lub kadłubie, wysuwanych prostopadle do kierunku lotu. Jak wiemy, płaszczyzny takie są źródłem znacznego oporu, a więc skutecznie hamują ruch samolotu.

W naszym samolociku rolę hamulców mogą spełniać klapy, jeżeli wychylimy je do dołu prostopadle do skrzydeł (rys. 3-28a). Puszczając model stwierdzimy, że lot jest teraz wolniejszy. Przy starcie z wyrzutni zauważymy, że przy takim samym naciągu gumy lot z hamulcami jest krótszy, a wysokość lotu mniejsza niż bez hamulców (rys. 3-28b).

Lot na plecach. Pilot przechodzi do lotu na plecach wykonując pół beczki lub pół pętli. Co należy zrobić, aby utrzymać samolot w locie odwróconym? Trzeba spowodować, by skrzydła dały siłę nośną skierowaną w odwrotnym kierunku, to znaczy trzeba nadać im odwrotny kąt natarcia. Uzyskujemy to wychylając ster wysokości do góry. Ster musi być wychylony przeciwnie niż w locie normalnym (rys. 3-29a). Wychylenie musi być duże, około 45° (10 mm na krawędzi). Wypuszczamy model również inaczej niż normalnie, ujmując go za nasadę statecznika pionowego.

W locie odwróconym także można wykonywać różne ewolucje, jak zakręty, beczki, pętle itp. Trzeba jednak pamiętać, że działanie sterów jest teraz odwrotne (rys. 3-29b).



3-30. Lądowanie (foto autora)
a — wychylenie klap o 60° do lotu, b — lądowanie z małą prędkością

Lądowanie. Pilot wypuszcza klapy, wychylając je więcej niż przy starcie, bo o około 60° . Ściąga mocno ster wysokości, wychylając go do góry (rys. 3-30a) i model ląduje powoli z małą prędkością (rys. 3-30b).

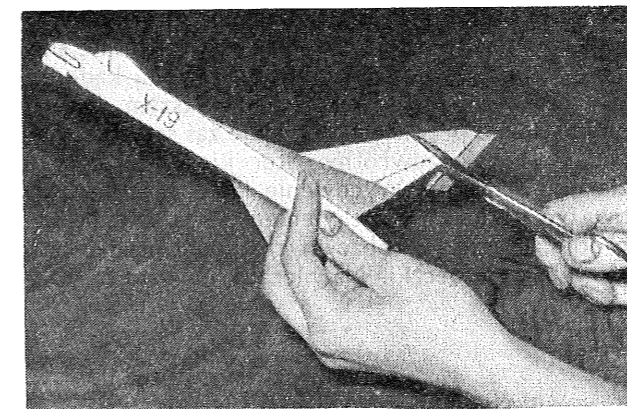
Na tym kończy się kurs pilotażu. Nabyte umiejętności przydadzą się nam nie tylko przy wykonywaniu akrobacji, ale również pomogą w regulacji modelu i usuwaniu błędów lotu.

Model bezogonowca

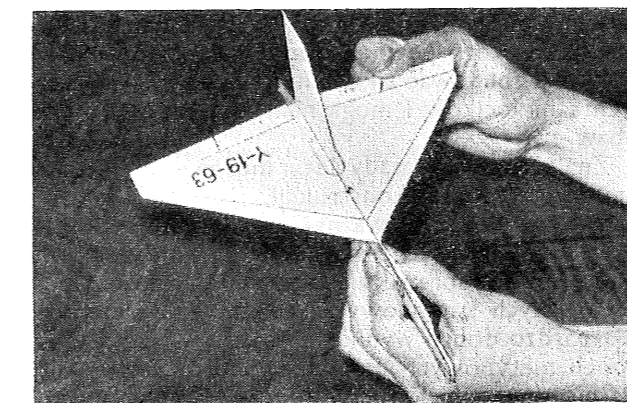
Bezogonowiec, zwany też latającym skrzydłem, jest to, jak wiemy, samolot pozbawiony statecznika poziomego. Jak więc lata?

Przekonamy się o tym zaraz, obcinając statecznik poziomy od naszego myśliwca (rys. 3-31). Otrzymamy zupełnie nowy samolot o układzie klasycznej bezogonowej delty. Możemy nawet zmienić mu oznaczenia na Y-19-63.

Gdybyśmy go jednak teraz wypuścili, okazałoby się, że nurkuje on gwałtownie i uderza nosem o podłogę. Dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze — obcinając statecznik ujeliśmy sporo ciężaru z tyłu i model jest teraz zbyt ciężki z przodu. Wyrównamy to, zdejmując jeden spinacz, tak aby środek ciężkości znalazł się w punkcie oznaczonym SCB. Po drugie — nie ma teraz żadnej siły, która mogłaby obrócić skrzydło i ustawić je pod niezbędnym dla lotu kątem dodatnim. Taka siła powstanie, gdy



3-31. Odcięcie statecznika poziomego (foto autora)



3-32. Odgięcie tylnej krawędzi skrzydła do góry (foto autora)

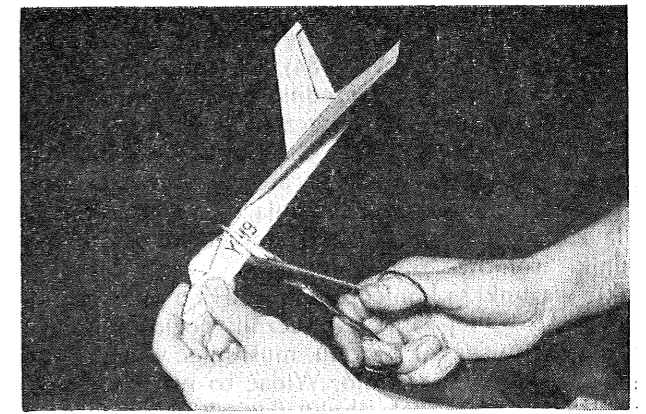
odegniemy do góry wszystkie płaszczyzny sterowe znajdujące się na krawędzi spływu skrzydła. Odginamy więc obie lotki i klapy o około 30° (5 mm na krawędzi) do góry (rys. 3-32) i wypuszczamy model. Okazuje się, że samolot szybuje lotem prostym, chociaż nie ma statecznika.

A jak sterować takim samolotem, skoro nie ma on steru? Zupełnie zwyczajnie, klapy spełniają rolę steru wysokości, a lotki rolę lotek. Jeżeli zwiększymy wychylenie klap do góry, model będzie się wznosił, przy zmniejszeniu — będzie nurkował. Zwiększenie wychylenia jednej lotki i zmniejszenie wychylenia drugiej spowoduje przechył i zakręt. Ster kierunku działa normalnie. Można również spróbować akrobacji, jak to robiliśmy poprzednio.

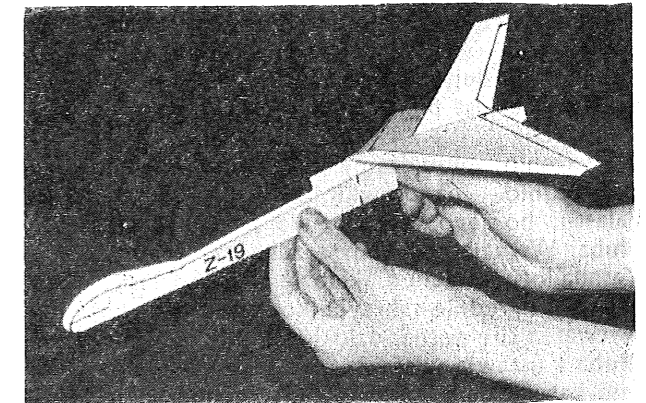
Możecie się teraz pochwalić, że znacie już tajemnicę lotu nowoczesnej maszyny o układzie bezogonowej delty i przerobić nasz samolot jeszcze raz, nadając mu układ „kaczki”.

Model o układzie „kaczki”

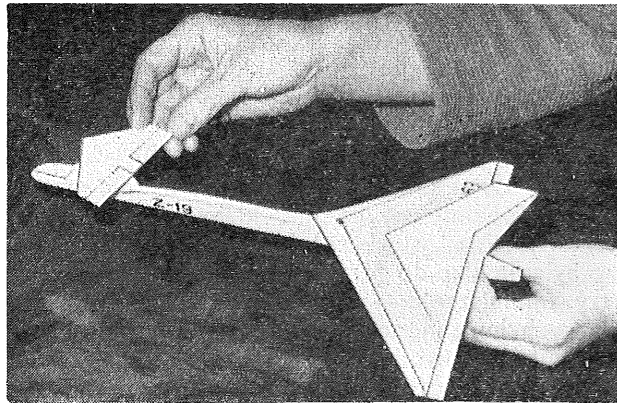
Układ „kaczki” odznacza się tym, że statecznik poziomy jest umieszczony z przodu kadłuba, przed skrzydłem. Przeróbka modelu jest prosta i nieskomplikowana. Nasz bezogonowiec jest już mocno sfatygowany i możemy go przeznaczyć na dalsze doświadczenia. Obcinamy przód modelu tuż za kabiną (rys. 3-33), następnie wycinamy z kartonu nie wycięty dotychczas nowy przód kadłuba (część



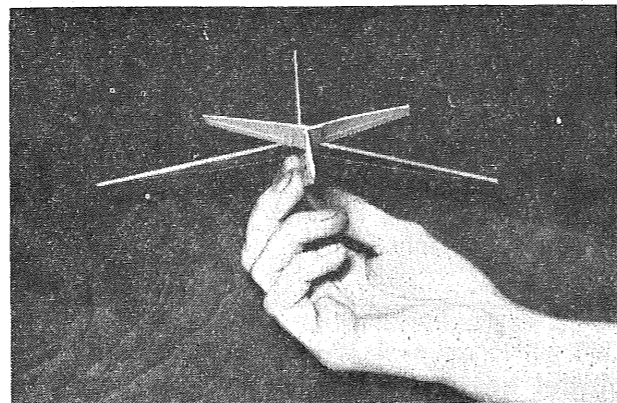
3-33. Przygotowanie do wykonania modelu o układzie „kaczki” — obcięcie przodu kadłuba (foto autora)



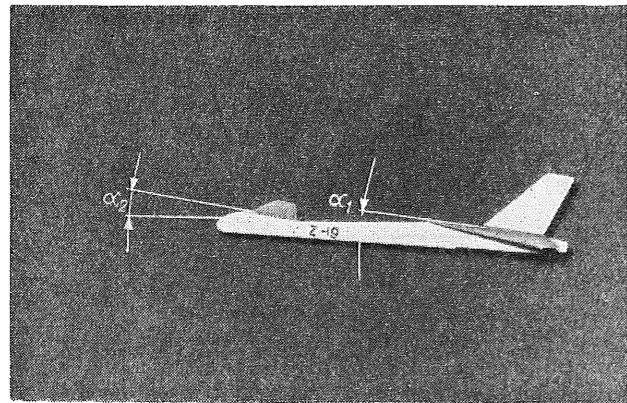
3-34. Doklejenie przedłużonego kadłuba (foto autora)



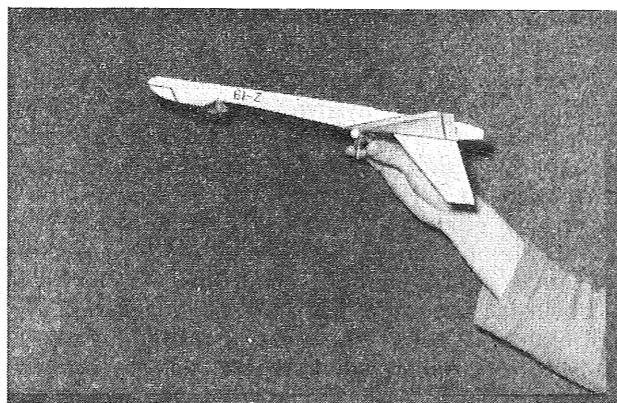
3-35. Montaż statecznika poziomego na przodzie kadłuba
(foto autora)



3-37. Ustawienie właściwego wzniosu skrzydła i statecznika
(foto autora)



3-36. Kąty nastawienia płaszczyzn nośnych w modelu o układzie „kaczki”
(foto autora)



3-38. Wyważenie modelu „kaczki”
(foto autora)

F), zginamy wzdłuż linii przerywanych i doklejamy do obciążonego kadłuba tak, aby kreska poprzeczna oznaczona 6-6 znalazła się w miejscu, gdzie zaczyna się skrzydło (rys. 3-34). Do łapek 5-5 przyklejamy oderwany poprzednio statecznik poziomy (rys. 3-35), a jeśli uległ zniszczeniu, wycinamy z kartonu zapasowy (część G). Otrzymaliśmy teraz maszynę Z-19-63 o sylwetce atomowego samolotu przyszłości. Z przodu znajdują się pomieszczenia dla załogi, a z tyłu oddzielone długim kadłubem silniki atomowe.

Jakie warunki są konieczne do lotu? Po pierwsze — w myśl ogólnej zasady statecznik poziomy, który znajduje się teraz z przodu, musi mieć większy kąt nastawienia niż skrzydło. Widać to wyraźnie, gdy spojrzymy na model z boku (rys. 3-36). Po drugie — końce statecznika powinny być nieco uniesione do góry, powinny mieć dodatni wznios (rys. 3-37), a końce skrzydła odgięte w dół (wznios ujemny). Po trzecie — środek ciężkości musi się teraz znajdować bardziej z przodu, tam gdzie na skrzydle zaznaczone jest pierwsze kółeczko z napisem SCK (rys. 3-38).

Wyważenie sprawdzamy taką samą metodą, jak poprzednio — na ołówku. Na ogół nie potrzeba balastu, bo jego rolę spełnia przednia część kadłuba. W razie potrzeby trzeba użyć spinaczy.

Zasada lotu modelu o układzie „kaczki” jest bardzo prosta. Przednie skrzydełko-statecznik poziomy wytwarza siłę nośną, dzięki czemu unosi przód kadłuba i ustawia właściwe skrzydło pod odpowiednim kątem. Samolot taki ma tę cenną właściwość, że w razie utraty prędkości nie grozi mu korkociąg.

Model oblatuje się bez kłopotów. Regulując lot sterem wysokości należy pamiętać, że działa on teraz odwrotnie niż przy układzie normalnym. Odgięcie steru do dołu powoduje zwiększenie siły nośnej na stateczniku i uniesienie przodu kadłuba oraz ustawienie skrzydła pod większym kątem i zmniejszenie prędkości. Odgięcie zaś steru do góry daje skutek odwrotny. Ster kierunku i lotki działają normalnie. Wychylenie klap trzeba zrównoważyć większym wychyleniem steru wysokości do dołu. Z figur akrobacyjnych model bardzo łatwo wykonuje bezcki. Na plecach nie lata.

*
*
*

Na tym kończymy praktyczny kurs mechaniki lotu. Wynikają z tego pewne korzyści, a mianowicie:

- Można zbudować z kartonu całe eskadry podobnych samolocików i mogą nam służyć do różnych zabaw.

- Znając ogólne zasady lotu można projektować samolociki własnej konstrukcji.

- Przed powzięciem ważnej decyzji o budowie dużego modelu latającego można się upewnić w swoich zamierzeniach, sprawdzając nową konstrukcję za pomocą małych kartonowych modeli. Takie metody dają bardzo dobre wyniki, zwłaszcza w przypadku modeli nietypowych. Podobne metody stosuje się właśnie w dużym lotnictwie, oczywiście przy użyciu innych, nie kartonowych modeli.

4

Miniaturowe konstrukcje lotnicze

Konstrukcja spełnia bardzo odpowiedzialną rolę, zwłaszcza konstrukcja samolotów, nawet miniaturowych. Nadaje ona samolotom pożądany kształt aerodynamiczny, zapewniający małe opory i dobre właściwości lotne, umożliwia zamontowanie silnika i rozmieszczenie wyposażenia oraz spełnienie wymagań dotyczących trwałości, bezpieczeństwa i możliwości wykorzystania samolotu lub modelu we wszystkich przewidzianych w projekcie warunkach.

Rodzaje konstrukcji miniaturowych

Rodzaj konstrukcji zależy od wymiarów modelu, jego zastosowania i materiałów, jakimi dysponujemy. Dla orientacji zamieszczamy zestawienie (tablica 4.1), które pozwala na wstępne zorientowa-

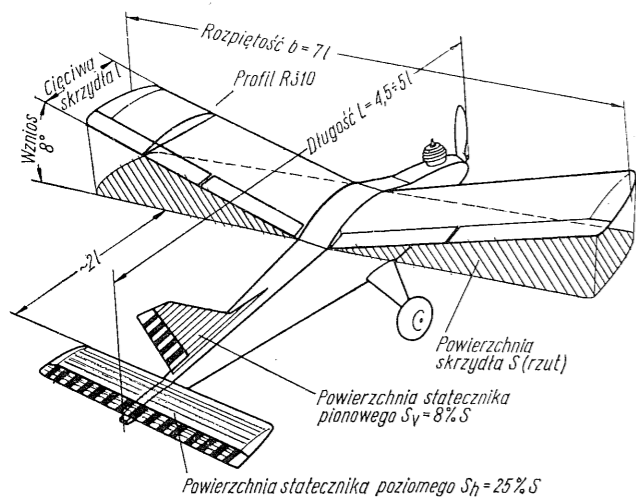
Podstawowe rozmiary oraz dane konstrukcyjne modeli latających

Tablica 4.1

Rozmiar umowny	Rodzaj modelu zastosowanie	Silnik [cm ³]	Ciężkość skrzydła l [mm]	Ogólne dane techniczne			Podstawowe materiały konstrukcyjne
				b [mm]	L [mm]	S [dm ²]	
0	Kartonowy model pokojowy	—	30	210	150	0,6	szywny karton, brystol
1	Model na procę	—	50	350	250	1,0	deseczki lipowe, balsa
2	Rzutowy model szybowca	—	80	560	400	4,5	styropian, balsa
3	Model sylwetkowy SL Mały model na uwięzi	0,2 ÷ 0,3 0,8 ÷ 1,0	100	700	500	7,0	kadłub — deseczka płaty — styropian, balsa
5	Mały model kadłubowy SL Miniaturowy model RCJ Średni model na uwięzi	0,3 ÷ 0,5 0,5 ÷ 0,8 1,0 ÷ 1,5	120	840	600	10,0	listewki, sklejka listewki, balsa styropian, balsa
10	Wstępny model kadłubowy SL Wstępny model RCJ Treningowy model na uwięzi	0,5 ÷ 0,8 0,8 ÷ 1,0 2,0 ÷ 2,5	150	1050	750	16,5	j.w.
15	Treningowy model SL Treningowy model RCJ	1,0 ÷ 1,5 1,5 ÷ 2,5	200	1400	1000	28,0	j.w.
25	Duży model RCJ Duży model RCW	2,5 ÷ 3,5 3,5 ÷ 5,0	240	1680	1200	40,0	j.w.
50	Bardzo duży model treningowy RCJ Bardzo duży model RCW	5,5 ÷ 7,5 7,5 ÷ 10,5	300	2100	1500	63,0	j.w.

Skróty: SL — model swobodnie latający, RCJ — zdalnie kierowany, jednoczynnościowy, RCW — zdalnie kierowany, wieloczynnościowy

nie się w stosowanych wymiarach, zastosowaniach i materiałach. Uzupełnienie stanowi rysunek 4-1, który podaje podstawowe proporcje przeciętnego modelu. Możliwości w tej dziedzinie są bardzo du-

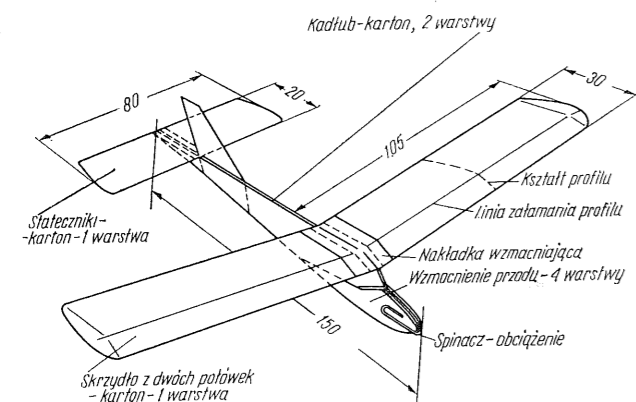


4-1. Proporcje popularnego modelu samolotu

że. Można sobie wyobrazić tysiące rozwiązań konstrukcyjnych tego samego modelu — każde inne i każde dobre. Dlatego podamy tylko ogólne, podstawowe zasady konstruowania. Dla lepszej przejrzystości omówimy konstrukcje różnego rodzaju modeli w takiej kolejności, w jakiej zostały podane w tablicy.

Modele kartonowe

Z modelami tego typu już zapoznaliśmy się. Zasady konstruowania i budowy są bardzo proste. Poszczególne części modelu wycina się z kawałków pojedynczego lub podwójnie sklejonego kartonu. Łączy się je ze sobą za pomocą odginanych łapek. Ogólną zasadą jest uzyskanie konstrukcji jak najbardziej sztywnej i zwartej. Tym wymaganiom odpowiada właśnie zbudowany przez nas minisamolot X, Y, Z. Nie oznacza to oczywiście, że tylko



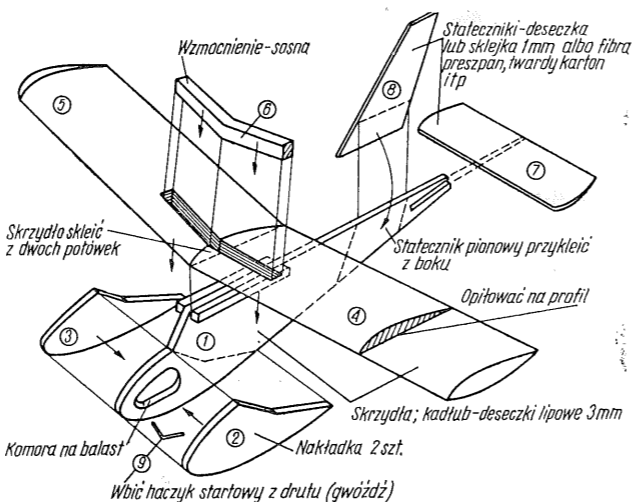
4-2. Miniaturowy model kartonowy

takie modele można budować z kartonu. Na przykład rysunek 4-2 przedstawia miniaturowy modelik o kształtach popularnego WICHERKA, który został zbudowany ściśle według podanych proporcji. Pięknymi lotami potwierdza on, że proporcje te są prawidłowe. Budowa modeli kartonowych jest jedyną dziedziną w modelarstwie, która pozwala na natychmiastowe

ureczywistnienie i sprawdzenie najbardziej wymyślnych i fantastycznych konstrukcji bez ryzyka i obawy, że zmarnujemy dużo czasu i materiału. Idealnym materiałem do budowy modeli kartonowych jest brystol w arkuszach lub bloki techniczne (10 kart formatu 225 x 325 mm). Do klejenia używać należy kleju roślinnego lub lepiej kleju Wikol, który nie skręca papieru i szybko skleja.

Modele na procę

Startują z wyrzutni gumowej; są znacznie większe, ich rozpiętość wynosi około 350 mm. Buduje się je z drewnianych najlepiej lipowych lub olchowych deseczek grubości 2-3 mm. Do budowy modeli na procę można również stosować sklejkę lotniczą lub zwykłą, tzw. dyktę, no i oczywiście balsę. Zasadę konstrukcji i montażu wyjaśnia rysunek 4-3. Tą metodą można budować prawie wszystkie modele tego rodzaju. Równomiernie i dopasowane części modelu skleja się klejem stolarskim lub acetonowym, szybko schnącym. Budując model nie należy zapominać



4-3. Zasadnicze elementy konstrukcyjne modelu na procę, wykonanego z pełnego drewna

o tym, że środek ciężkości modelu na procę powinien znajdować się bardziej z przodu, blisko krawędzi natarcia. Rolę wyważającego balastu spełniają w pewnej mierze boczne nakładki kadłuba, warto jednak przewidzieć również komorę na balast. Jeżeli dysponujemy gotowym zestawem, wysiłek jest minimalny i ogranicza się do sklejenia przygotowanych części.

Modelem na procę startuje się w taki sam sposób, jak modelem kartonowym. Guma musi być jednak dłuższa i mocniejsza. Wystarczy jedno pasmo zwykłej gumy modelarskiej o przekroju 4 x 1 mm i długości około 500 mm.

Regulację modelu przeprowadza się tylko za pomocą balastu — ujmuje się, gdy model nie nabiera wysokości, a dodaje — gdy kręci pętlę. Oczywiście dotyczy to tylko tych modeli, które są równo sklezione. Modele krzywe nie będą latać wcale.

Wielu modelarzy specjalizuje się w budowie modeli na procę, a rezultaty, do jakich dochodzą, są naprawdę imponujące. Modele tego typu potrafią wzbijać się na znaczne wysokości i wykonywać bar-

dzo piękne ewolucje. Przy oblatywaniu trzeba jednak pamiętać o zachowaniu ostrożności — źle wypuszczony model może wybić szybę, a nawet pokaleczyć nieostrożnego lub przypadkowego kibica.

Modele z tworzyw piankowych

Modele buduje się taką samą metodą, jak opisane poprzednio modele na procę. Oczywiście modele te do startu z procy nie nadają się, bo są zbyt lekkie.

Tworzywo piankowe, tzw. styropian*) sprzedawany jest w sklepach CSH i Centrali Chemicznej w formie bloków lub płyt o rozmaitej grubości. Styropian tną się na deseczki, z których wykonuje się poszczególne części modelu. Na skrzydło i kadłub stosuje się deseczki grubości 10-15 mm, a na stateczniki grubości około 8 mm. Deseczki przeznaczone na skrzydło obrabia się na kształt płaskiego u dołu i wypukłego u góry profilu. Deseczki przeznaczone na statecznik pionowy trzeba nadać profil symetryczny lub po prostu zaokrąglić jej brzegi z przodu i z tyłu.

Najprościej można to wykonać, obrabiając deseczkę najpierw zgrubnie, za pomocą ostrego noża, a następnie dogładając powierzchnię papierem ściernym. Tak można budować tylko małe, proste modele. Do dokładnej obróbki styropianu potrzebne jest specjalne, elektryczne urządzenie, które działa podobnie jak włośnica, tnąc deski i bloki materiału za pomocą rozżarzonego drutu. Części wykonane ze styropianu najwygodniej sklejać klejem Wikol. Można też używać Certus lub klejów specjalnych (żywic syntetycznych).

Styropianu nie wolno sklejać klejami szybko schnącymi (nitrocelulozowymi), malować lakierami nitro, gdyż powodują one rozpuszczenie się tworzywa. Można co najwyżej użyć farb wodnych, tuszu, tempery lub okleić powierzchnię kolorową bibułką, używając jako kleju białka.

Modele takie można również nabyć w zestawach, które sprzedają sklepy CSH. Zestawy zawierają przygotowane materiały lub gotowe do sklejenia elementy.

Wszystkie omówione dotychczas modele mają typowy charakter „przedszkolny”. Służą do zabawy i poznania zasad lotu.

Lotnicze konstrukcje miniaturowe

Wzorowane są na konstrukcji prawdziwych samolotów. Przeważnie są to modele większe, o rozpiętości co najmniej 700 mm. Jest ich ogromna różnorodność. Aby choć trochę zorientować się w tym, musimy poznać najbardziej typowe rozwiązania konstrukcyjne.

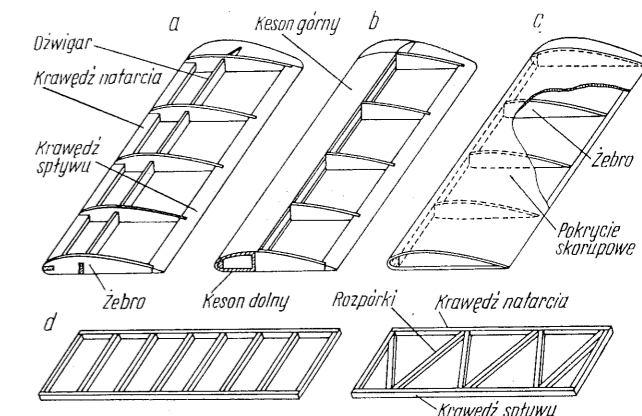
Płaszczyzny nośne, jak skrzydła i stateczniki, budowane są za pomocą kilku podstawowych metod wyjaśnionych na rysunku 4-4.

Najprostsze skrzydło (rys. 4-4a) o tzw. klasycznej konstrukcji żeberkowej składa się z szeregu

*) Technologia obróbki styropianu jest szczegółowo omówiona w książce autora „Miniaturowe lotnictwo”, WKŁ 1976.

równomiernie rozstawionych żeber o kształcie żądanego profilu, nasadzonych na dość mocną listwę podłużną, która nazywa się dźwigarem (dźwiga konstrukcję), oraz dwóch listew krawędziowych; przedniej — krawędzi natarcia i tylnej — krawędzi spływu. Konstrukcję taką okleja się elastycznym pokryciem z papieru albo płótna.

Jeżeli część skrzydła (zazwyczaj przednia) zostanie pokryta sztywnym, mocnym pokryciem, tzw. kesonem (rys. 4-4b), to otrzymamy konstrukcję



4-4. Zasadnicze rodzaje konstrukcji stosowane w budowie płaszczyzn nośnych — skrzydeł i stateczników

połskorupową lub kesonową. Keson, wykonany z balsy (najlepiej), cienkiej sklejki lub forniuru, usztywnia i wzmacnia konstrukcję, tak że dźwigary mogą być słabsze.

Trzecie rozwiązanie to konstrukcja skorupowa (rys. 4-4c). Charakteryzuje się ona tym, że pokrycie przenosi większość obciążeń, dźwigary zaś, krawędzie i żebra mają charakter szczytkowy i wyłącznie pomocniczy.

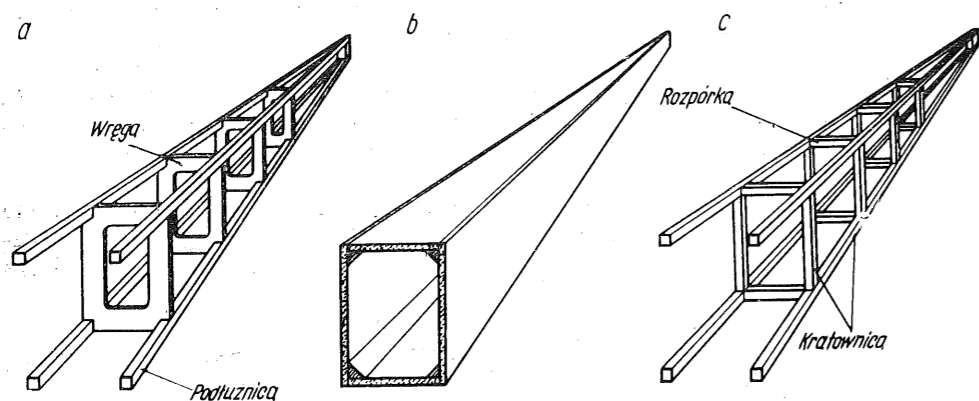
W przypadku niedużych płaszczyzn, jak stateczniki, które nie wymagają zastosowania wypukłego nośnego profilu, można stosować uproszczoną płaską konstrukcję kratownicową (rys. 4-4d), składającą się wyłącznie z listew podłużnych i poprzecznych rozporów.

Podobne rozwiązania można również zastosować w konstrukcji kadłubów, gondol, pływaków itp. Na rysunku 4-5a przedstawiona jest konstrukcja kadłuba podobna do żeberkowej, klasycznej konstrukcji skrzydła. Składa się ona z podłużnych listew nośnych (tzw. podłużnic) oraz z poprzecznych żeber, które tutaj nazywa się wręgami. Rozmieszczenie podłużne i kształt wręg mogą być rozmaite, zależnie od formy kadłuba.

Jeżeli kadłub będzie skleiony z pełnych deseczek (rys. 4-5b) lub połówek powstałych przez wydrążenie, uformowanie z masy plastycznej lub przez oklejenie sztywnym pokryciem, otrzymamy podobnie jak przy skrzydle konstrukcję skorupową. Konstrukcja taka, oczywiście, nie musi obejmować całego kadłuba, ale tylko jego część.

Przy prostych kadłubach stosowane są również konstrukcje rozpórkowe (rys. 4-5c), składające się z listewkowych kratownic połączonych poprzecznymi krótkimi listewkami — rozpórkami.

Wszystkie opisane konstrukcje znajdują swoje odpowiedniki w prawdziwym lotnictwie, rzadko kiedy jednak występują w czystej formie. Najczęściej (i w lotnictwie, i w modelarstwie) stosuje się kon-

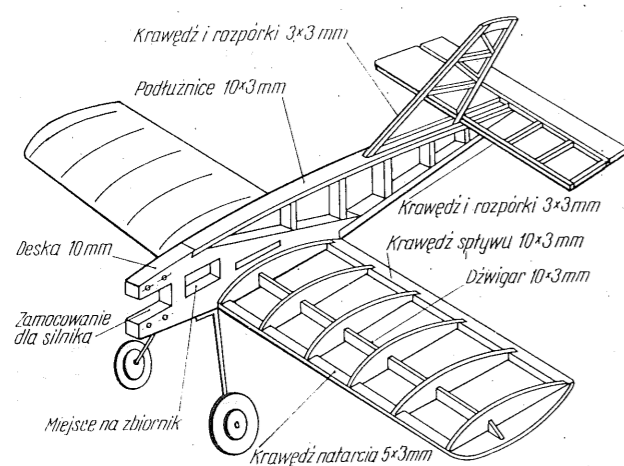


4-5. Podstawowe typy kadłubów

strukcje będące połączeniem omówionych rozwiązań podstawowych. Postaramy się chociaż po części omówić je na przykładach modeli wytypowanych w tablicy 4.1.

Modele sylwetkowe

Po raz pierwszy spotykamy się z uproszczoną, co prawda, ale już prawdziwą konstrukcją lotniczą w miniaturze. Typowy model przedstawiony jest na rysunku 4-6. Jest to prosty, nieduży model na uwięzi, wyposażony w płaski, sylwetkowy kadłub



4-6. Konstrukcja sylwetkowego modelu na uwięzi

konstrukcji rozpórkowej, do którego są przymocowane równie proste żeberkowe, jednodźwigarowe skrzydła oraz rozpórkowe stateczniki poziomy i pionowy. Ster wysokości zaprojektowany został w formie deseczki. Prosta, płaska konstrukcja kadłuba, wzmocniona z przodu drewnianą deseczką, daje możliwość łatwego zamocowania silnika, który jest przykręcony w pozycji bocznej wprost do deseczki, łatwego przytwierdzenia zbiornika i podwozia. Po sklejeniu model jest nierozbieralny i stanowi jedną całość. Jest jednak nieduży i nie przysparza trudności ani przy transporcie, ani w przypadku naprawy.

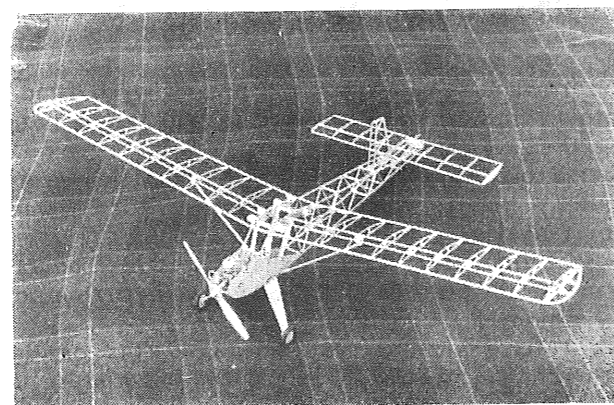
Modele kadłubowe

Naczelnym przykazaniem przy opracowywaniu modeli kadłubowych jest zastosowanie takiej konstrukcji, która byłaby możliwie najłatwiejsza do wykonania. Modele tego typu budują bowiem modela-

rze jeszcze niezbyt zaawansowani. Warunki te spełnia model, który widzimy na rysunku 4-7. Jego budowa jest naprawdę prosta. Konstrukcja kadłuba jest mieszana, boki kadłuba tworzą dwie płaskie kratownice wzmocnione z przodu sklejkowymi ściankami, które są zarazem czubem modelu. Pomiędzy przednie ścianki są wklejone trzy węgi wzmocniające zamocowania silnika, podwozia i skrzydeł. Pozostałe części konstrukcji to już tylko same rozpórki. Dla ułatwienia budowy szerokość kadłuba jest jednakowa na całej jego długości.

Skrzydła modelu mają konstrukcję żeberkową z jednym dźwigarem, który składa się z dwóch pasów — dolnego i górnego. Statecznik poziomy również żeberkowej konstrukcji — jednodźwigarowy. Konstrukcja statecznika pionowego jest rozpórkowa. Warto zwrócić uwagę, że rozpórkowe kratownice kadłuba i statecznika pionowego składają się z trójkątów, dzięki czemu otrzymuje się konstrukcję sztywną i odporną na skręcenie, na wzór stosowanych w „dużej technice” i to nie tylko przy budowie samolotów, ale i mostów, dźwigów itp.

Duże modele kadłubowe o rozpiętości powyżej 1 500 mm mogą mieć taką konstrukcję, jak już przedstawiona na rysunku 4-7. W nie zmienionej formie można ją jednak stosować tylko do bardzo uproszczonych modeli, gdy z góry zakładamy, że prostota konstrukcji ma odgrywać rolę decydującą. W większości przypadków z dużym modelem wiążemy nadzieje na poprawienie osiągniętych rezultatów od niego dużej wytrzymałości i wówczas przeanalizowanie konstrukcji pod względem aerodynamicznym i wytrzymałościowym staje się koniecznością.



4-7. Konstrukcja niedużego modelu kadłubowego — popularny model WICHEREK 10 o rozpiętości $R = 1100$ mm (foto autora)

Większe modele na ogół odznaczają się bardziej wymyślnymi kształtami i dlatego ich konstrukcja musi być bardziej skomplikowana. Buduje się modele o smukłych, zwężających się skrzydłach, wyposażone w owalne, wielopodłużnicowe lub skorupowe kadłuby, wykonane na przykład z tworzyw sztucznych.

Makiety, latające modele wyczynowe

Latające makiety (modele redukcijno-latające) to w pełnym tego słowa znaczeniu miniaturowe samoloty. Opracowanie konstrukcji takiego modelu nie może ograniczać się do zastosowania jednego lub kilku standardowych wzorów, jak na przykład ten, który omówiliśmy poprzednio. Stosuje się tutaj wszystkie możliwe, typowe i nietypowe, proste i bardzo skomplikowane rozwiązania konstrukcyjne na wzór stosowanych w samolotach. Trudno je wszystkie choćby fragmentarycznie pokazać, ograniczymy się więc jedynie do wymienienia zasadniczych metod i pokazania kilku przykładów.

W budownictwie miniaturowych samolotów stosuje się następujące rozwiązania konstrukcyjne:

- konstrukcje kombinowane, czyli połączenie kilku prostych metod klasycznych (konstrukcje żeberkowo-skorupowe, węgowo-rozpórkowe itp.); mają one zastosowanie zwłaszcza wtedy, gdy do budowy używamy materiałów krajowych,
- skorupowe z przewagą balsy,
- całkowicie skorupowe z masy papierowej lub żywicy syntetycznych,
- metalowe.

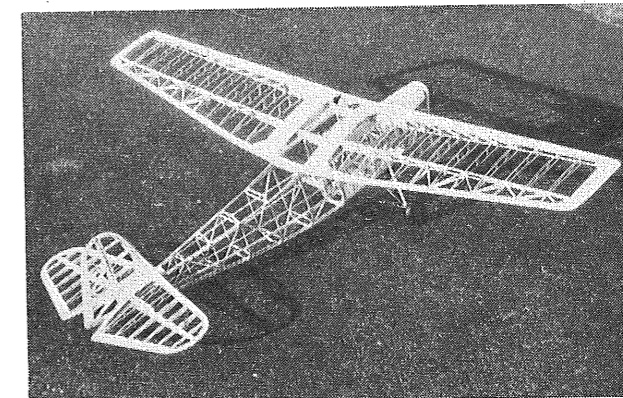
Jak wynika z zestawienia, o zastosowaniu danego rodzaju konstrukcji decyduje materiał. Postaramy się to pokrótce wyjaśnić.

Konstrukcje kombinowane. Rysunek 4-8 przedstawia model samolotu RWD-5 bis. Model nie jest oklejony, więc konstrukcja jest doskonale widoczna. Stanowi ona dobry przykład konstrukcji kombinowanej i jest najłatwiejsza do zrealizowania w naszych warunkach materiałowych. Rozpiętość modelu wynosi 1730 mm, powierzchnia jego skrzydła 44 dm², a ciężar w locie 2000 G.

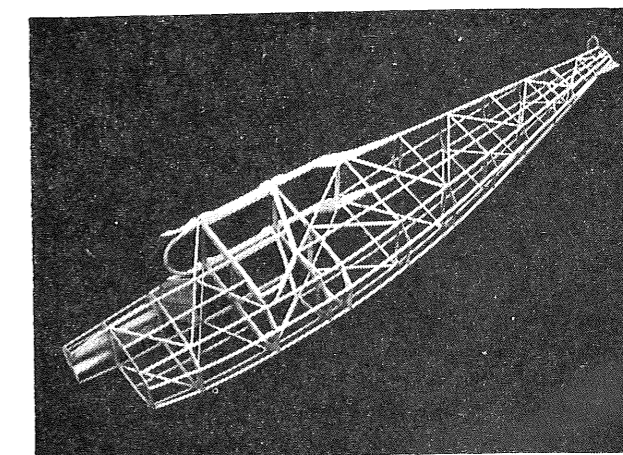
Kadłub modelu konstrukcji sosnowo-sklejkowej składa się z dwóch bocznych płaskich kratownic połączonych w części przedniej za pomocą czterech węg, w części zaś tylnej za pomocą węg półówkowych dostawianych z góry i z dołu. Na załamaniach węg i półwęg biegną dodatkowe podłużnice, dzięki czemu uzyskano — mimo prostej konstrukcji — właściwy wielokątny przekrój kadłuba (rys. 4-9). Skrzydła składają się z cienkich dźwigarów sosnowych i sklejkowych ażurowych żeberk. Rozpórki między dźwigarami, wzmocnienia oraz górny keson w części nosowej są wykonane z balsy.

Stateczniki ze względu na pożądaną małą ciężar są zrobione całkowicie z balsy. Charakteryzują się grubymi deseczkowymi krawędziami, które umożliwiają zachowanie właściwej krzywizny noska profilu (rys. 4-10).

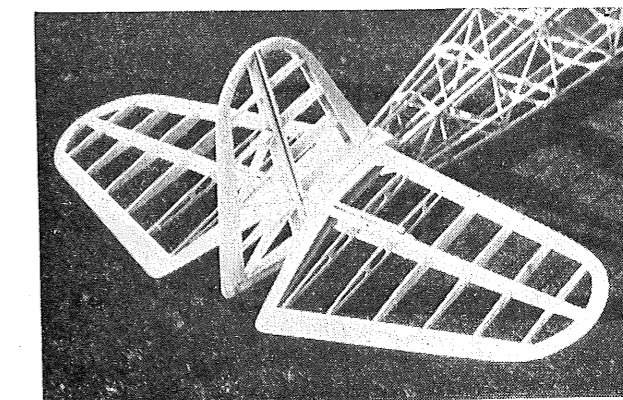
Konstrukcje takie można stosować do wszystkich modeli o niezbyt skomplikowanych kształtach.



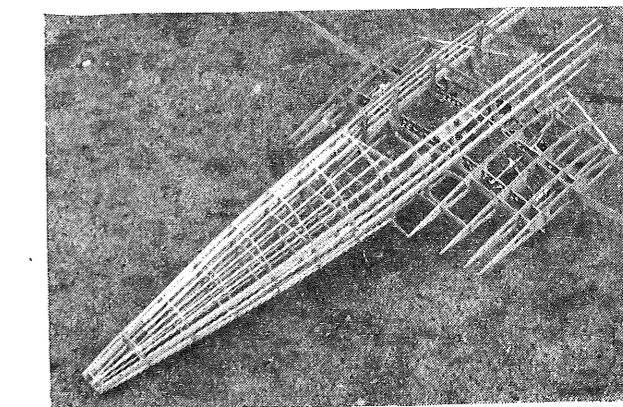
4-8. Kombinowana konstrukcja zdalnie kierowanego modelu samolotu RWD-5 bis (foto autora)



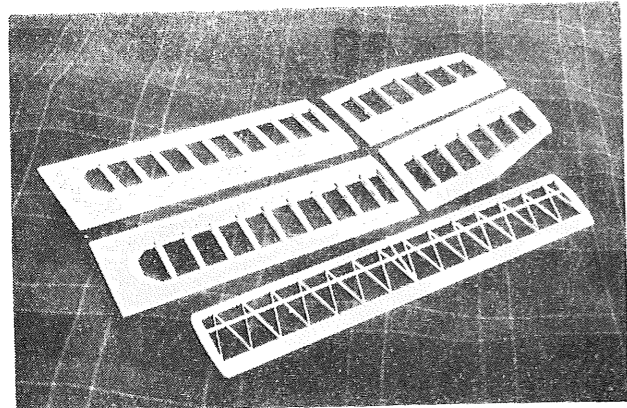
4-9. Kadłub modelu RWD-5 bis konstrukcji węgowo-rozpórkowej (foto autora)



4-10. Fragment usterzenia modelu RWD-5 bis wykonanego z balsy (foto autora)



4-11. Klasyczny przykład konstrukcji wielopodłużnicowej (foto autora)



4-12. Konstrukcja i technologiczny podział podstawowych elementów wyczynowego modelu silnikowego o przewodzie konstrukcji skorupowych (foto autora)
U dołu statecznik konstrukcji geodezyjnej

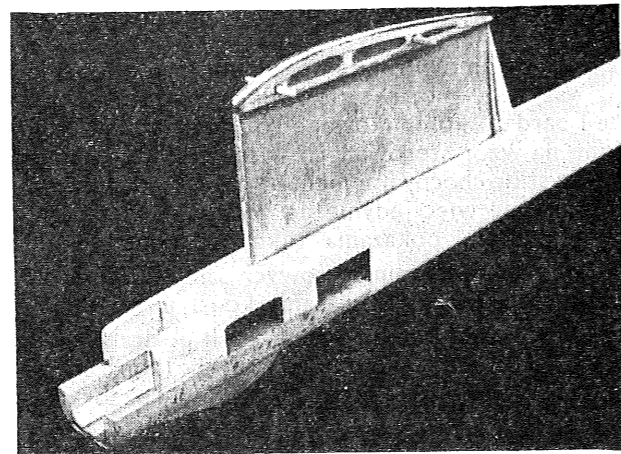
Co zrobić natomiast, jeżeli kadłub modelu ma przekrój owalny, jak na przykład w samolocie TS-8 BIES? Stosujemy wówczas konstrukcję wręgową wielopodłużnicową (rys. 4-11).

Konstrukcje skorupowe. Modele wykonane całkowicie z balsy stosuje się u nas przeważnie do zawodniczych modeli wyczynowych. Wynika to między innymi, z tego, że właściwie tylko wyczynowcy mają dostęp do balsy i mogą ją używać bez ograniczeń. Typową taką konstrukcję ilustruje fotografia przedstawiająca elementy wyczynowego modelu silnikowego (rys. 4-12).

Skrzydła wykonane jako skorupa z balsy, składają się z dwóch kesonów — przedniego i tylnego, połączonych za pomocą żeber o przekroju dwuteowym. Skrzydła pozbawione są całkowicie dźwigarów, a każda połówka składa się z dwóch części sklejonych na styk. W miejscu sklejenia skrzydło

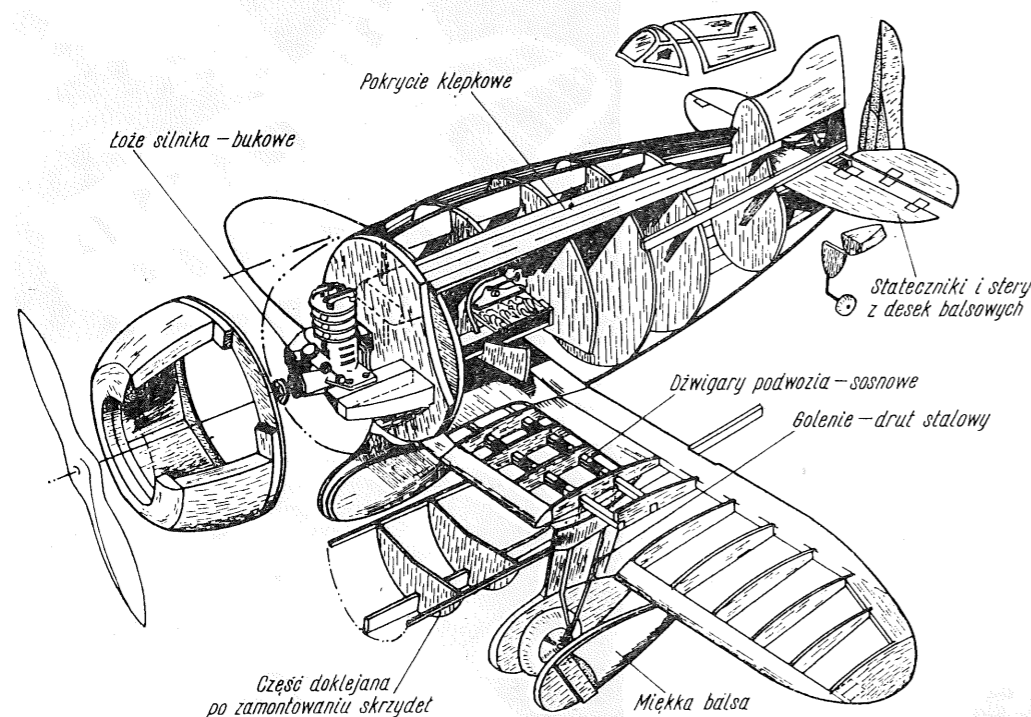
połączonych ukośnymi żeberkami, które tworzą siatkę trójkątów. Takie trójkątne krzyżujące się ustawienie żeber nazywa się konstrukcją geodezyjną. Jest ona lekka i odporna na skręcenie, co przy modelach wyczynowych ma duże znaczenie.

Kadłub modelu (rys. 4-13) tworzy skrzynkowa, pusta w środku belka z deseczek balsowych, w którą wklejona jest z przodu sklejkowa wieżyczka do zamocowania skrzydeł, a z tyłu statecznik pionowy wykonany z deseczek balsowych. Przód modelu to klocki z twardego drewna, stanowią one łożo do zamocowania silnika.



4-13. Skorupowa konstrukcja belkowego kadłuba z wieżyczką (foto autora)

Przy skomplikowanych modelach redukcyjno-latających stosuje się skorupowe pokrycie zmontowane na specjalnie przygotowanym szkielecie.



4-14. Całobalsowa konstrukcja modelu samolotu GEE-BEE R1 o charakterystycznej „klepkowej” budowie skorupowego kadłuba

jest celowo osłabione i pęka w razie kraksy. Zabezpiecza to pozostałą część konstrukcji przed zniszczeniem. Odłamana część można łatwo dokleić. Statecznik poziomy, widoczny na fotografii u dołu, składa się z pełnych deseczkowych krawędzi

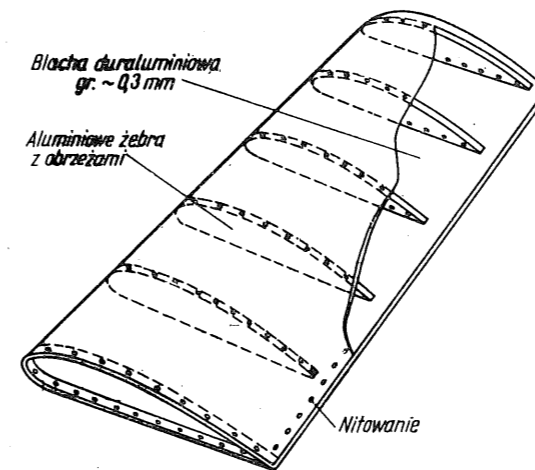
Zasadę podobnych konstrukcji wyjaśnia doskonale rysunek 4-17. Jest to montażowy szkic interesującego modelu na uwięzi o bardzo pękających kształtach. Model jest wykonany całkowicie z balsy przy użyciu listew i klocków.

Konstrukcje metalowe. W dążeniu do uzyskania jak najbardziej realistycznych efektów modelarzy nie cofają się przed użyciem do budowy modelu metalu, stosując jedną z dwóch odrębnych metod.

Pierwsza metoda polega na oklejeniu gotowych i pokrytych całkowicie balsą konstrukcji cienką folią metalową lub folią naklejoną na papier. Jest to metoda pracochłonna, wymaga bardzo dokładnego klejenia, za to efekty są bardzo piękne. Wykonane w ten sposób pokrycie jest jednak delikatne i mało odporne na obtarcie.

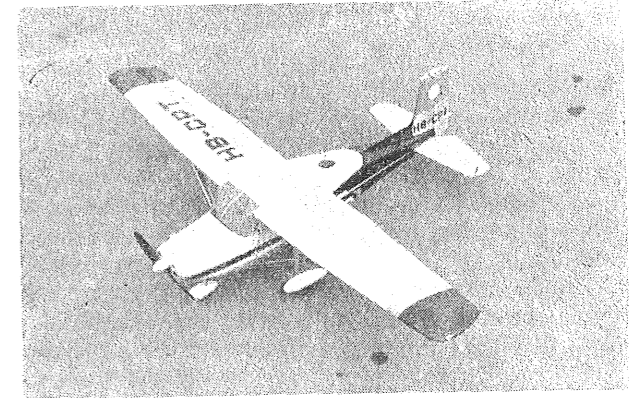
Druga metoda polega na stosowaniu zarówno konstrukcji, jak i pokrycia całkowicie metalowego. Wymaga ona dużego doświadczenia i specjalnych narzędzi. Najprostsza metalowa konstrukcja skrzydła składa się z blaszanego pokrycia i metalowych lub drewnianych żeber. Pokrycie może być wykonane z jednego kawałka blachy duraluminiowej grubości około 0,3÷0,5 mm, połączone na krawędzi spływu nitami. Włożone do wewnątrz żeberka przynitowuje się kolejno do pokrycia.

Metalowe żeberka z obrzeżami, takie jak na rysunku 4-15, najłatwiej jest wykonać przez wyklepanie z niezbyt twardej blachy pomiędzy dwoma stalowymi szablonami. Z metalu można wykonać najbardziej nawet skomplikowane konstrukcje wzmocnione dźwigarami i podłużnicami, na wzór metalowych konstrukcji prawdziwych samolotów. Jako przykład mogą służyć zamieszczone fotografie.

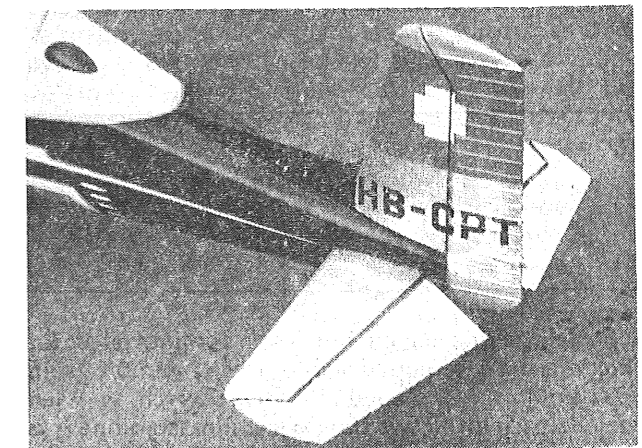


4-15. Najprostsza konstrukcja skrzydła wykonanego całkowicie z metalu

Rysunek 4-16 przedstawia redukcyjno-latający model samolotu CESSNA 170 o konstrukcji metalowej, a rysunek 4-17 pokazuje szczegóły metalowego usterzenia.



4-16. Pięknie wykonany całkowicie metalowy model samolotu CESSNA-170 (foto autora)



4-17. Szczegół metalowego usterzenia (foto autora)

Zastosowanie konstrukcji metalowych jest również uzasadnione przy budowie modeli z napędem odrzutowym, gdzie części modelu stykają się bezpośrednio z gorącymi gazami, a i zapalenie się paliwa wyciekającego z dyszy silnika zdarza się dość często.

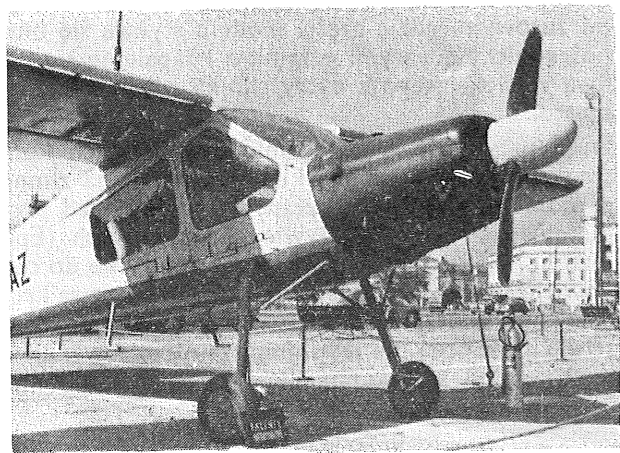
Dużą przyszłość w dziedzinie modelarskich konstrukcji metalowych ma klejenie metali na zimno za pomocą żywic syntetycznych, na przykład produkowanych w kraju żywic epoksydowych (Epidian 5). Klejenie może być stosowane tylko do całkowicie sztywnych konstrukcji, gdyż żywice są kruche i nie znoszą odkształceń. Wytrzymałość konstrukcji klejonej nie jest mniejsza niż nitowanej.

Warto wiedzieć, że klejenie metali jest powszechne w przemyśle lotniczym.

5

Napęd miniaturowych samolotów

Nie tak dawno napęd śmigłowy dominował w lotnictwie prawie niepodzielnie. I dziś, mimo ogromnej konkurencji napędów odrzutowych w wielu dziedzinach lotnictwa śmigło jest niezastąpione (rys. 5-1). W modelarstwie lotniczym sytuacja jest zupełnie inna. Miniaturowe silniki odrzutowe są jeszcze bardzo niedoskonałe i dlatego przewaga napędu śmigłowego jest jak dotąd ogromna.



5-1. Samolot i śmigło lotnicze

(foto autora)

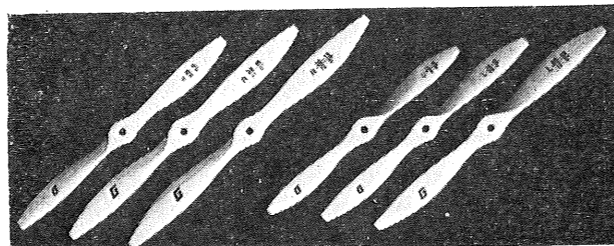
Zasada napędu śmigłowego

Rodzaje śmigieł. Nasze pojęcie o śmigle bywa zazwyczaj bardzo skąpe. W naszej wyobraźni, samolot ma zawsze dwu-, rzadziej trzypłatowe zwyczajne śmigło. Tymczasem śmigło może mieć jedną (!), dwie, a nawet sześć łopatek, które mogą się obracać w jednym kierunku; są jednak takie śmigła,

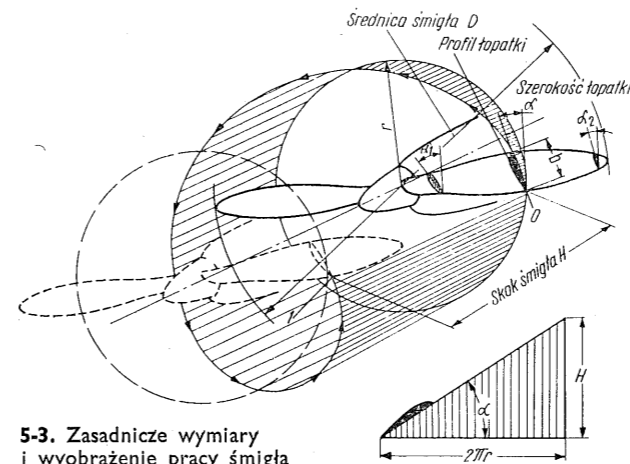
które na jednej osi mają łopatki obracające się przeciwnie. Wirnik śmigłowca o bardzo długich, smukłych łopatkach to także śmigło — podobnie jak wirniki wentylatora lub turbiny — posiadające wielką liczbę krótkich, grubych łopatek. Na rysunku 5-2 widzimy „rodzinę” miniaturowych śmigieł modelarskich. Wielka różnorodność wymiarów pozwala dobrać odpowiednie śmigło do każdego silnika.

Geometria śmigła. Od geometrycznych kształtów śmigła zależna jest ściśle jego praca. Zasadniczym wymiarem śmigła (rys. 5-3) jest średnica D . Jest to średnica okręgu zataczanego końcami łopatek; wymiar zupełnie oczywisty, łatwo go zmierzyć i nie budzi on żadnych wątpliwości. Drugim, niemniej ważnym wymiarem jest tzw. skok śmigła H ; ten wymiar musimy sobie już wyobrazić. Jest to odległość, którą przebyłoby śmigło w czasie jednego obrotu (od punktu O do punktu 1), gdyby mogło się wkręcić w powietrze jak śruba w nakrętkę. Teoretycznie więc łopatka śmigła ślizga się po płaszczyźnie spiralnej — zatacza krąg i przesuwa się jednocześnie o wielkość H — podobnie jak śruba w nakrętkę.

Gdybyśmy tę płaszczyznę (zakreskowaną na rysunku) rozprostowali, okazałoby się, że jest ona zwykłym prostokątnym trójkątem. Podstawa tego trójkąta

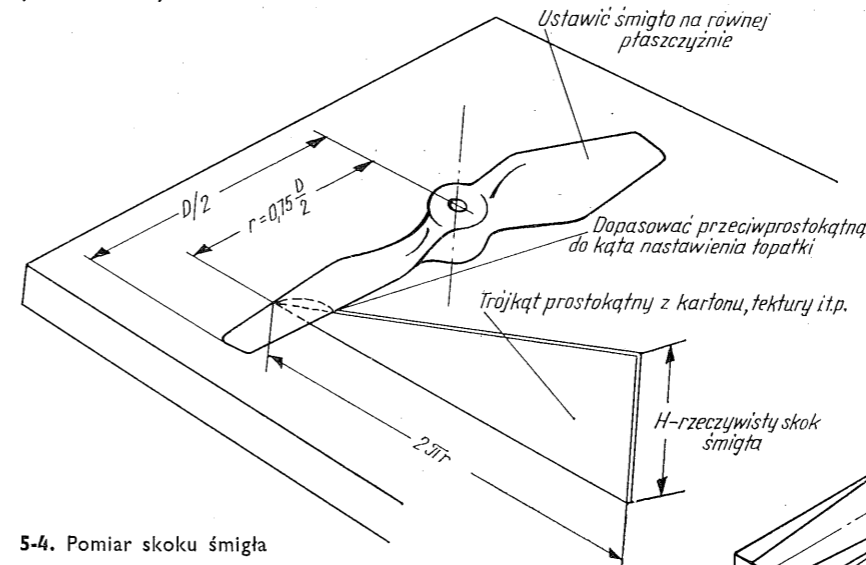


5-2. Miniaturowe śmigła modelarskie



5-3. Zasadnicze wymiary i wyobrażenie pracy śmigła

kąta równa się obwodowi koła zataczanego przez wybrany wycinek łopatki, wysokość zaś równa się skokowi śmigła H . Kąt α między przeciwprostokątną a podstawą trójkąta odpowiada ściśle kątowi nastawienia łopatki. Aby utrzymać stały skok, kąt ten zmienia się wzdłuż łopatki śmigła — największy α_1 jest przy pięcie, zmniejsza się ku końcowi łopatki α_2 — stąd charakterystyczny skręcony kształt śmigła. Gdyby tego skręcenia nie było, poszczególne wycinki łopatki poruszałyby się po różnych drogach i w rezultacie zamiast dawać efektywną pracę, hamowałyby się nawzajem, a śmigło pracowałoby bardzo źle.



5-4. Pomiar skoku śmigła

„Cecha” śmigła. Średnica i skok śmigła wspólnie tworzą tzw. cechę śmigła. Na śmigłach produkcji fabrycznej cecha ta jest uwidoczniiona przez wytłoczenie lub ostemplowanie. Jeżeli śmigło nosi na przykład cechę 23×10 , oznacza to, że jego średnica wynosi 23 cm (230 mm), a skok 10 cm (100 mm). Śmigła produkcji zagranicznej oznaczane są często w calach — 1 cal (1") — 25,4 mm — na przykład: cecha 8×4 oznacza, że śmigło ma średnicę 8 cali (około 200 mm) i skok 4 cale (około 100 mm). Jeżeli śmigło nie ma cechy lub jest ona zatarta, to — aby się przekonać, z jakim śmigłem mamy do czynienia — należy cechę odtworzyć; średnicę zmierzyć, a skok wyznaczyć, posługując się metodą pokazaną na rysunku 5-4.

Skok mierzy się w odległości około $3/4$ promienia łopatki, licząc od piasty, ponieważ ten odcinek ło-

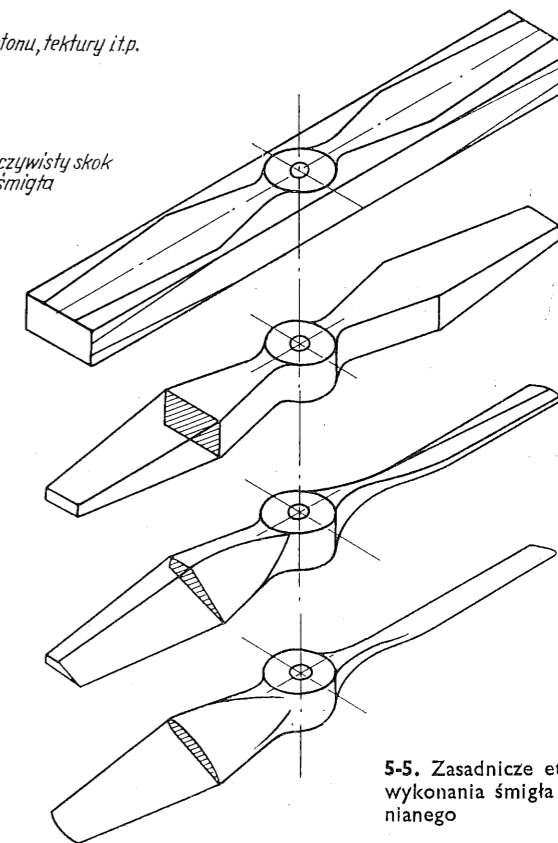
patki jest z punktu widzenia pracy śmigła najistotniejszy.

Praca śmigła. Śmigło pracuje podobnie jak skrzydło. Łopatki śmigła wytwarzają siłę nośną, a suma tych sił składa się na ciąg śmigła. Ciąg zależy od geometrii (kształtów) śmigła, jego obrotów i warunków prędkości lotu modelu.

Dobór śmigła. Śmigło dobiera się odpowiednio do mocy i obrotów silnika oraz do warunków lotu. Tylko część mocy dostarczonej przez silnik może być przekształcona na efektywną pracę ciągu śmigła. Część ulega utracie. Właściwie dobrane śmigło odznacza się niewielkimi stratami mocy. W przypadku złego doboru straty są bardzo duże i może się zdarzyć, że nawet przy zastosowaniu bardzo mocnego silnika efekt pracy śmigła będzie niewystarczający. Od właściwego doboru śmigła zależą więc w dużej mierze osiągi modelu.

Właściwy dobór śmigła uzależniony od rodzaju napędu jest zagadnieniem trudnym i bardzo obszernym. Ogólne zasady doboru są następujące:

- śmigła o małej średnicy i wąskich łopatkach, aby mogły wytworzyć odpowiedni ciąg, wymagają bardzo dużych obrotów, rzędu kilkunastu tysięcy na minutę,
- śmigła o wielkiej średnicy i szerokich łopatkach dają duży ciąg już przy obrotach rzędu kilkuset na minutę;
- aby obracać się z taką samą liczbą obrotów, śmigło małe wymaga znacznie mniejszej mocy niż śmigła duże,
- modele latające powoli wymagają śmigła o małym skoku,
- duży skok śmigła jest niezbędny przy modelach szybkich,
- wirnik turbinki musi się obracać bardzo szybko, aby jego praca była efektywna,



5-5. Zasadnicze etapy wykonania śmigła drewnianego

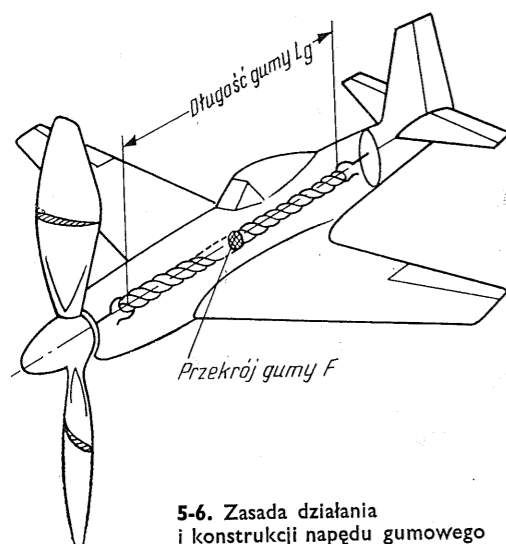
- rotor śmigłowca musi się obracać powoli,
- profile płaskie stosuje się w łopatkach śmigieł szybkoobrotowych,
- profile wklęsłe nadają się bardziej do śmigieł obracających się z małą liczbą obrotów,
- śmigło jednołopatkowe jest sprawniejsze niż wielołopatkowe.

Gdzie nabyć potrzebne śmigła. Wiele firm na całym świecie zajmuje się produkcją miniaturowych śmigieł. Śmigła produkuje się bądź z niełamiwych, elastycznych tworzyw sztucznych, jak nylon lub stylon, żywice wzmocnione szklanym włóknem, bądź też z drewna.

W Polsce sprzedają fabryczne śmigła zajmują się sklepy CSH. Nie zawsze jednak można dobrać sobie odpowiednie śmigło w sklepie. Wtedy zachodzi konieczność wykonania śmigła samemu. Jak to zrobić, ilustruje rysunek 5-5.

Napęd gumowy

Napęd gumowy (rys. 5-6) jest najstarszą formą napędu modeli latających. Źródłem energii jest skręcony, składający się z wielu pasm gumy sznur ukryty zazwyczaj w kadłubie. Jeden koniec sznura przymocowany jest do haczyka przytwierdzonego do konstrukcji modelu, drugi zaś napędza śmigło.



5-6. Zasada działania i konstrukcji napędu gumowego

Prostota napędu gumowego, jak również jego taniość spowodowały, że mimo silnej konkurencji wielu nowoczesnych silników ten rodzaj napędu wciąż jeszcze znajduje zastosowanie w modelarstwie lotniczym. Napęd gumowy jest szczególnie korzystny dla prostych modeli szkolnych o niewielkich rozmiarach.

Zależność przekroju gumy napędowej od średnicy śmigła

Tablica 5.1

Średnica śmigła D [mm]	200	220	240	260	280	300	340	380	420	460	500
Przekrój gumy napędowej F [cm ²]	0,24	0,31	0,38	0,46	0,53	0,61	0,78	0,99	1,22	1,45	1,7

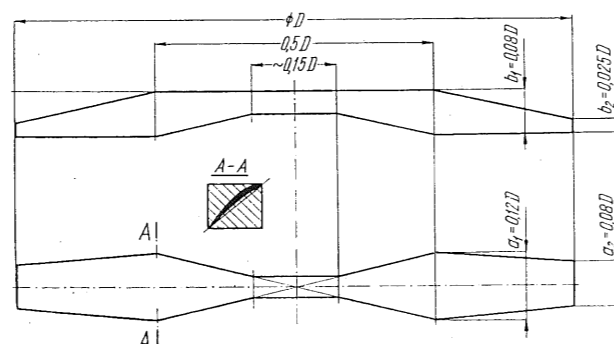
Cechy napędu gumowego. Moc „silnika” gumowego zależy przede wszystkim od przekroju sznura gumowego. Przekrój ten, oznaczony na rysunku 5-6 literą F, jest sumą przekrojów poszczególnych pasemek gumowych wchodzących w skład sznura. Im większy przekrój sznura napędowego, tym większa moc „silnika”, a więc tym większe śmigło można zastosować.

Nakręt — liczba obrotów, jaką można wkręcić w sznur — uzależniony jest natomiast od długości gumy L_g . Im dłuższe są pasma gumy, tym więcej obrotów można wkręcić w sznur bez obawy jego zerwania. Ponieważ nakręt, jak wspomnieliśmy, jest ograniczony wytrzymałością gumy i zależnie od przekroju, długości i gatunku gumy może wynosić od stu do kilkuset obrotów, śmigło musi obracać się bardzo wolno, aby praca silnika gumowego (a więc i lot modelu) trwała dostatecznie długo. Z tego powodu śmigła modeli z napędem gumowym mają dużą średnicę, szerokie łopatki i cienki, lekko wklęsły profil.

Zależność przekroju sznura od jego średnicy podaje tablica 5.1.

Dobór zespołu napędowego. Teoretycznie jest to zagadnienie bardzo obszerne i wymaga dużego doświadczenia, można je jednak uprościć w przypadku korzystania z gotowych tablic i wykresów^{*)}. Na początek mogą wystarczyć podane niżej krótkie wskazówki:

- model przeznaczony do napędu gumowego powinien być możliwie lekki, a konstrukcja kadłuba musi być odporna na skręcające działanie gumy,
- średnica śmigła powinna wynosić około 0,3 rozpiętości skrzydeł modelu (nie mniej jednak niż 0,25 rozpiętości),
- skok śmigła powinien być mniej więcej równy jego średnicy.



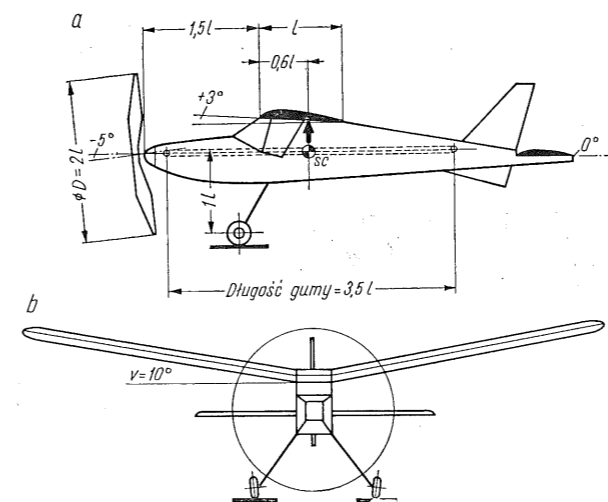
5-7. Proporcje śmigła przeznaczonego do napędu gumowego

Proporcje śmigła są pokazane na rysunku 5-7, a sposób jego wykonania przedstawiony był na rysunku 5-5. Najlepsze materiały to balsa i lipina.

^{*)} Tablice ułatwiające dobór śmigła są podane w książce autora „Miniature lotnictwo”, rozdz. 10.

Najkorzystniejsze proporcje modelu przeznaczonego do napędu gumowego przedstawia rysunek 5-8. Ze względu na wyważenie przód modelu powinien być możliwie długi, a środek gumy napędowej nie powinien przypadać zbyt daleko poza środkiem ciężkości. Inne podstawowe proporcje pozostają bez zmian.

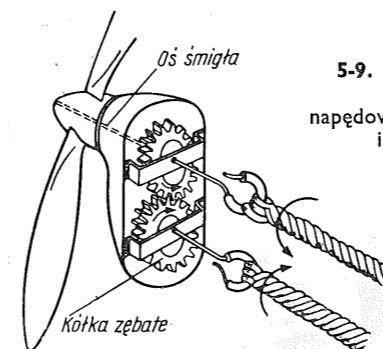
Osiągi modeli z napędem gumowym. Jeżeli pominiemy właściwości samego płatowca, to przy prawidłowo dobranym śmigle osiągi modelu zależą głównie od ciężaru gumy, którą użyto do napędu. Dla przykładu podamy, że jeżeli ciężar gumy



5-8. Ważniejsze proporcje modelu z napędem gumowym (pozostałe proporcje wg rysunku 12-1)
a — widok z boku, b — widok przodu

napędowej wynosi około 10% całkowitego (łącznie z gumą) ciężaru to przeciętny czas lotu wynosi około 25 s, a model pokonuje (w bezwietrznych warunkach) odległość około 150 m.

Wzrost ciężaru gumy do 50% (wtedy guma waży tyle, co model) powoduje przedłużenie czasu lotu do około 125 s, a odległość powiększa się do około 750 m. Dowolnie jednak nie możemy zwiększać ciężaru napędu, gdyż jest on ograniczony zarówno przekrojem gumy, jak i jej długością. Aby zwiększyć ciężar gumy, stosuje się różne skomplikowane



5-9. Przekładnica pozwalająca na zwiększenie liczby napędowych sznurów gumowych i ogólnego ciężaru gumy

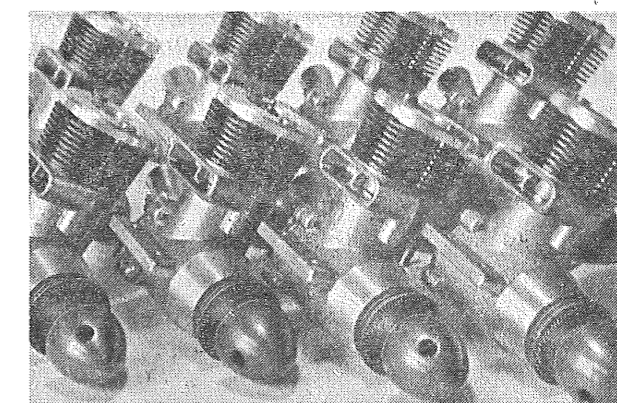
konstrukcyjnie urządzenia, przede wszystkim przekładnie (rys. 5-9), pozwalające na zastosowanie kilku sznurów napędowych, oraz reduktory zwiększające obroty śmigła itp. Szczegóły konstrukcyjnych rozwiązań znajdują Czytelnicy w literaturze^{*)}.

^{*)} Obszerniejsze omówienie silników miniaturowych znajdują Czytelnicy w pracy autora pt. „Miniature silniki spalinowe”, WKŁ 1976.

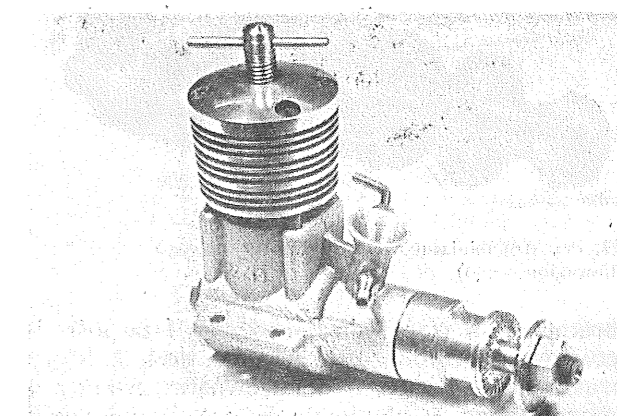
Guma modelarska produkowana jest w wielu krajach w formie pasm o przekroju prostokątnym, okrągłym lub kwadratowym. Najlepszą gumę produkują firmy włoskie (PIRELLI) i angielskie (DUNLOP). W Polsce guma modelarska produkowana jest w formie pasm o przekroju 4×1 lub 2×2 mm i można ją nabyć w sklepach CSH.

Spalinowe silniki tłokowe

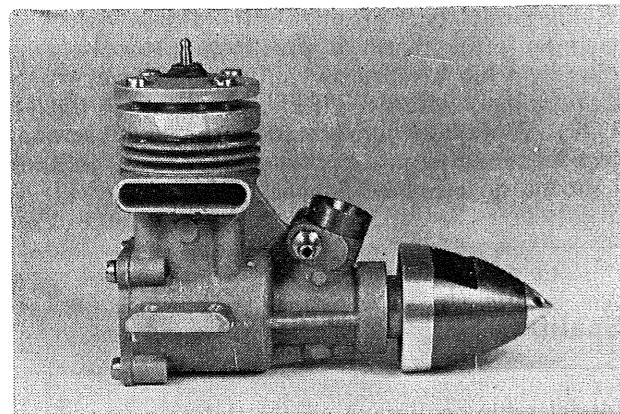
Modelarskie spalinowe silniki tłokowe (rys. 5-10) są miniaturą „dorosłych” silników stosowanych dzisiaj powszechnie do napędu samochodów, samolotów i motocykli. W „dużej” technice stosuje się silniki czterosuwowe i dwusuwowe różniące się z grubsza tym, że w silnikach czterosuwowych na dwa obroty wału korbowego przypada jeden wybuch w cylindrze, a do regulowania wlotu mieszanki i wylotu gazów spalinowych stosowany jest dość skomplikowany system zaworów; w silnikach zaś dwusuwowych wybuchy powtarzają się przy każdym obrocie wału, zaworów nie ma, a regulowanie wlotu i wylotu jest znacznie prostsze. Technika miniaturowa eliminuje wszystkie bardziej skomplikowane rozwiązania i w związku z tym w modelarstwie przyjęły się głównie silniki dwusuwowe. Z tego samego powodu zarzucono stosowanie silników z zapłonem iskrowym, wyposażonych w elektryczną instalację zapłonową (świece, cewki, baterie itp.).



5-10. Miniaturowe silniki spalinowe przeznaczone do napędu modeli latających (foto autora)



5-11. Silnik samozapłonowy (foto autora)



5-12. Silnik z zapłonem żarowym

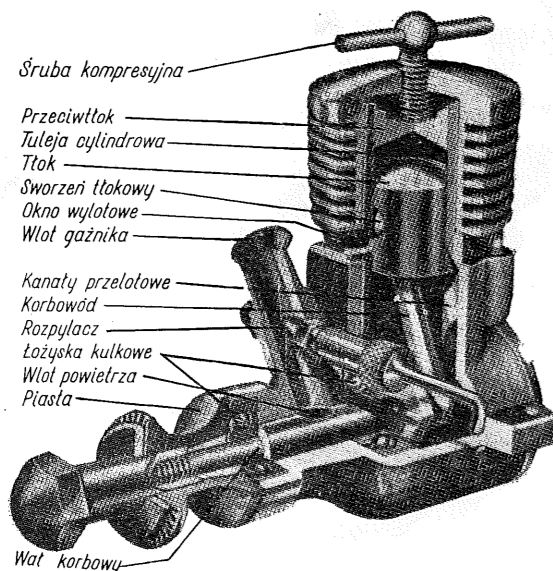
(foto autora)

Obecnie do napędu modeli używa się prawie wyłącznie silników samozapłonowych (rys. 5-11), w których zapłon następuje samoczynnie na skutek rozgrzania się silnie sprężonej w cylindrze mieszanki, oraz silników z zapłonem żarowym (rys. 5-12), wyposażonych w tzw. świecę żarową, która wymaga zasilania prądem jedynie w czasie rozruchu.

Budowa miniaturowego silnika tłokowego

Budowę silnika ilustruje przekrój przedstawiony na rysunku 5-13.

Jak widać, liczba części w silniku miniaturowym została ograniczona do minimum. Silnik składa się z obudowy, czyli korpusu, w którym ułożyszona jest jedna z najważniejszych części — wał korbowy. Na jednym końcu wału korbowego znajduje się piasta, do której jest zamocowane śmigło, z drugiej zaś strony wał posiada tarczę z czopem.



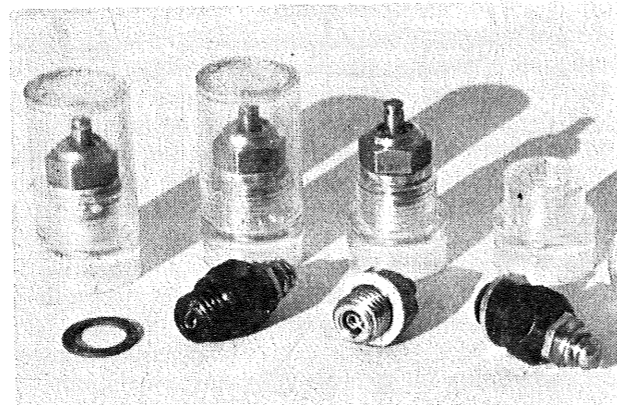
5-13. Przekrój miniaturowego silnika spalinowego (samozapłonowego)

Obracający się czop wału korbowego 1 za pośrednictwem korbowodu 2 uruchamia tłok 3, który porusza się w górę i w dół wewnątrz cylindra 4 zamocowanego w obudowie 5 za pośrednictwem głowicy 6.

Silnik samozapłonowy (patrz rys. 5-11) charakteryzuje się tym, że w głowicę wkręcona jest śruba 7 służąca do regulowania sprężenia mieszanki w cylindrze. Regulacja ta odbywa się przez wciskanie w głąb cylindra od góry szczelnie dopasowanego denka, tzw. przeciwtłoka 8.

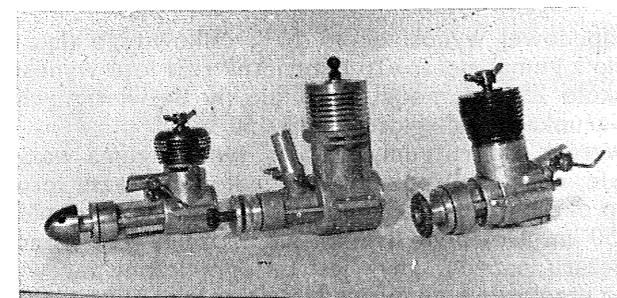
Silnik z zapłonem żarowym (patrz rys. 5-12) nie ma przeciwtłoka, ma natomiast świecę żarową (rys. 5-14).

Silniki modelarskie mogą się także znacznie różnić między sobą rozwiązaniami konstrukcyjnymi. Dotyczy to zwłaszcza sposobu zasysania mieszanki (rys. 5-15). Najbardziej skomplikowane są silniki do modeli sterowanych radiem, wyposażone w urządzenia do płynnej regulacji obrotów (rys. 5-16).



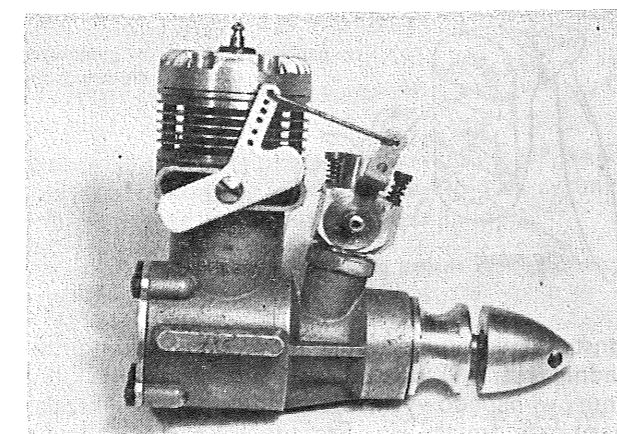
5-14. Świece żarowe

(foto autora)



5-15. Różne sposoby zasysania mieszanki (sterowania wlotu mieszanki do silnika) od lewej: za pomocą tłoka, wody i tarczy

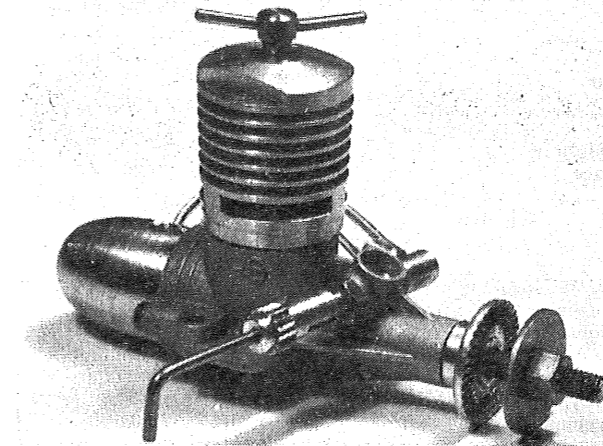
(foto autora)



5-16. Wielozakresowy silnik z urządzeniami pozwalającymi na płynną regulację prędkości obrotowej i mocy silnika w locie

Cechy charakterystyczne: gaźnik z obrotową przepustnicą sprzęgnięty z przesłoną otworu wylotowego

(foto autora)

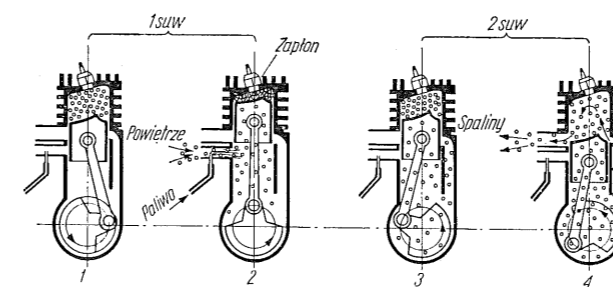


5-17. Popularny silnik szkolny o małej pojemności

(foto autora)

Najprostszą konstrukcją mają silniki szkolne, przeznaczone dla najmłodszych użytkowników — rysunek 5-17.

Jak pracuje miniaturowy silnik spalinowy? Dla lepszej przejrzystości pracę silnika dwusuwowego podzielono na cztery części, rysunek 5-18.



5-18. Zasada pracy miniaturowego silnika dwusuwowego (z zapłonem żarowym)

- Wał korbowy obraca się w kierunku strzałki, tłok porusza się ku górze, mieszanka znajdująca się nad tłokiem ulega sprężeniu, przestrzeń zaś pod tłokiem powiększa się i ciśnienie we wnętrzu obudowy (w skrzyni korbowej) maleje.

- Poruszający się w dalszym ciągu ku górze tłok odsłania swoją dolną krawędzią szczelinę wlotową i świeża mieszanka powietrza z paliwem, tworząca się w gaźniku, zostaje zassana do przestrzeni pod tłokiem. Kiedy tłok osiągnie swoje szczytowe położenie, w cylindrze następuje wybuch spowodowany dużym sprężeniem mieszanki. (W silniku z zapłonem żarowym mieszanka jest dodatkowo podgrzewana przez świecę żarową.)

- Ciśnienie gazów popycha tłok do dołu, szczelina wlotowa zamyka się i rozpoczyna się sprężanie mieszanki, która przed chwilą została zassana do wnętrza skrzyni korbowej.

- Dalszy ruch tłoka do dołu odsłania szczelinę wylotową, a w chwilę potem krawędź kanału przelotowego. Spaliny opuszczają cylinder, a sprężona wewnątrz skrzyni korbowej mieszanka napływa do cylindra, zajmując miejsce spalin.

Opisany cykl pracy powtarza się wielokrotnie. Jeden wybuch w cylindrze przypada na dwa suwy tłoka — w górę i w dół; stąd nazwa silnika — dwusuwowy. Dzieje się to wszystko, oczywiście, w czasie jednego obrotu wału korbowego.

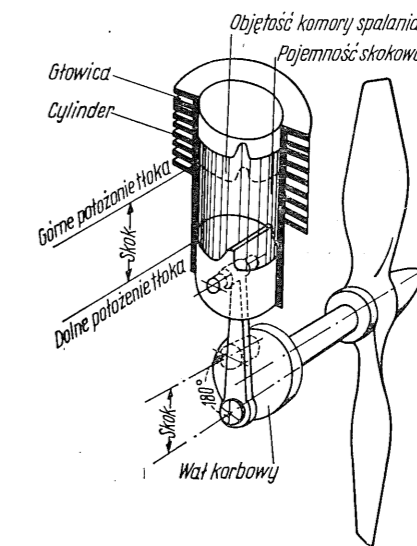
Rozmiary i zastosowanie silników tłokowych. Rozmiary miniaturowych silników mode-

larskich — podobnie jak w „dużej” technice silnikowej — określane są na podstawie ich pojemności. Pojemność silnika jest to teoretyczna objętość, którą może zassać silnik w czasie jednego suwu (skoku) tłoka (rys. 5-19). Jeżeli pomnożymy powierzchnię przekroju cylindra (denka tłoka) przez skok tłoka, otrzymamy pojemność (tzw. skokową pojemność) silnika. Dla celów użytkowych produkuje się silniki liliputy, o pojemności około 0,15 cm³, i silniki „olbrzymy” o pojemności 15 cm³ i więcej. Rozpiętość rozmiarów jest ogromna, bo przeszło stokrotna. Najbardziej popularne są trzy, tzw. zawodnicze, klasy silników o pojemnościach: do 2,5 cm³, do 5 cm³ i do 10 cm³. W Polsce rozpowszechnione są silniki o pojemnościach: 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 i 5,0 cm³*)

Zależnie od pojemności i konstrukcji silniki modelarskie mają lepsze lub gorsze osiągi, odznaczają się mniejszą lub większą mocą. Nie zawsze silnik mocniejszy jest lepszy i dlatego umiejętność dokonania właściwego doboru silnika do modelu lub zaprojektowania odpowiedniego modelu do posiadanego silniczka ma ogromne znaczenie dla osiągnięć przyszłego miniaturowego samolotu. Dokonanie prawidłowego wyboru umożliwia tablica 5.3.

Jak wynika z tablicy, dla modelarzy początkujących nadają się przede wszystkim silniki o pojemności około 1 cm³ i to zarówno do modeli swobodnie latających, jak i na uwięzi. Silniki o tej pojemności umożliwiają zbudowanie niedużych, lekkich i odpornych na uderzenia modeli. Z tablicy wynika również, że największą popularnością cieszą się silniki o pojemności 2,5 cm³, ponieważ można je stosować prawie do wszystkich rodzajów i kategorii modeli. Silniki o tej pojemności należą do klasy międzynarodowej.

Śród silników dostępnych na naszym rynku można polecić silniki samozapłonowe, przede wszystkim radzieckie silniki MK-17 o pojemności 1,5 cm³ (dla początkujących) oraz SOKÓŁ i RYTM o pojemności 2,5 cm³ (dla bardziej zaawansowanych).



5-19. Wyobrażenie skokowej pojemności tłokowego silnika spalinowego

Silniki z zapłonem żarowym są bardziej kłopotliwe w obsłudze i dla amatorów mniej przydatne, chyba że są to silniki bardzo wysokiej klasy, jak na przykład amerykańskie silniki COX MEDALLION.

*) Silniki te są sprzedawane w sklepach CSH.

Pojemność silnika [cm ³]	Zastosowanie	Powierzchnia całkowita modelu " [dm ²]
0,5 ÷ 1,0	Swobodnie latające modele dla początkujących modelarzy Modele do zabawy oraz makiety swobodnie latające	10 ÷ 15 20 ÷ 25
1,0 ÷ 1,5	Małe modele na uwięzi do nauki pilotażu Modele sylwetkowe, małe makiety na uwięzi	6 ÷ 8 8 ÷ 10
2,5	Treningowe modele na uwięzi, małe makiety na uwięzi Małe akrobacyjne modele na uwięzi do nauki akrobacji Wścigowe modele na uwięzi Szybkie modele na uwięzi Zawodnicze modele swobodnie latające klasy międzynarodowej Swobodnie latające i zdalnie kierowane modele treningowe	15 ÷ 20 25 ÷ 30 minimum 12 minimum 5 37,5 40 ÷ 50
5,0	Duże treningowe modele na uwięzi i makiety na uwięzi Zawodnicze akrobacyjne modele na uwięzi Modele zdalnie kierowane, makiety	20 ÷ 25 40 ÷ 50 60 ÷ 80
8,0 ÷ 10,0	Akrobacyjne modele zdalnie kierowane, makiety Wielosilnikowe makiety na uwięzi	60 ÷ 80 30 ÷ 40

" Suma powierzchni skrzydła i statecznika poziomego

Śmigła

Dobór śmigła do silnika tłokowego ma bardzo duże znaczenie. Dobrze dobrane śmigło jest gwarancją dobrych osiągnięć. Istnieje wiele teoretycznych i praktycznych metod doboru śmigieł. Precyzyjny dobór śmigła o największej sprawności jest możliwy wówczas, gdy dokładnie znamy osiągi i tzw. charakterystykę silnika. Na ten temat istnieje dość obszerna literatura*).

Dobór śmigła do silnika modelu

Tablica 5.3

Pojemność silnika [cm ³]	Cecha śmigła			
	Modele swobodnie latające i zdalnie kierowane		Modele na uwięzi	
	amatorskie	wyczynowe	amatorskie	wyczynowe
0,5	16 × 10	—	—	—
1,0	20 × 10	16 × 10	18 × 15	16 × 16
1,5	22 × 12	20 × 10	18 × 15	16 × 16
2,5	25 × 12	22 × 12	22 × 15	18 × 18
5,0	28 × 15	25 × 12	25 × 20	20 × 20
10,0	30 × 15	28 × 15	28 × 20	22 × 20

Dla potrzeb przeciętnego modelarza z powodzeniem wystarczą dane zamieszczone w tablicy 5.3. Umożliwią one dobrane śmigła z dokładnością gwarantującą zupełnie dobre wyniki.

Paliwa

Nawet najlepszy silnik bez paliwa jest bezużyteczny. Najprostszym rozwiązaniem jest oczywiście zakupienie odpowiedniego fabrycznego paliwa w sklepie**). Nie zawsze jednak można dostać odpowiednie paliwo. Często trzeba je przygotować samemu w domu.

* „Miniaturowe silniki spalinowe” WKŁ 1978
** Gotowe paliwo sprzedają sklepy CSH.

Podstawowym składnikiem paliwa do silników samozapłonowych jest eter etylowy, zwany potocznie tylko eterem*). Dalsze składniki to nafta lub olej napędowy (stosowany jako paliwo do silników wysokoprężnych, zwany potocznie ropą) oraz olej silnikowy do smarowania silnika.

Do silników wyczynowych, jeśli zależy nam na wyjątkowo dużej mocy, dodaje się do paliwa niewielkie ilości azotynu amylu**), przeciętnie 1 ÷ 2%, maksimum 3%.

Do paliwa silników z zapłonem żarowym używa się jako głównego składnika alkoholu metylowego***). Do smarowania stosuje się tylko rycynę, gdyż oleje mineralne nie łączą się z alkoholem (roztwór rozwarstwa się). Jako dodatek w celu podniesienia mocy silnika służy nitrometan****).

Przygotowanie paliwa jest bardzo proste i polega na zmieszaniu składników w odpowiednim stosunku. Najprostsze recepty zawiera tablica 5.4. Składniki mieszać należy objętościowo. 1 cz. oznacza jedną część, np. 50, 100, 150 cm³ itp.; 2 cz. — podwójną objętość jednej części. Na przykład: 100 cm³ (1 cz.) eteru i 100 cm³ oleju (1 cz.) daje 200 cm³ paliwa (poz. 1 w tabl. 5.4); 200 cm³ eteru (2 cz.) + 100 cm³ nafty (1 cz.) + 100 cm³ oleju silnikowego (1 cz.) daje w sumie 400 cm³ paliwa (poz. 3 w tablicy).

* Eter etylowy (C₂H₅)₂O, eter dwuetylowy, eter lekarski do narkozy, eter techniczny, tzw. eter „siarkowy” — to wszystko określenia tego samego związku chemicznego. Eter jest narkotykiem i kupić go można jedynie na receptę albo za pośrednictwem instytucji lub związku sportowego.

** Trudno dostępny związek chemiczny o wzorze C₅H₁₁ONO, barwy słomkowej, o przyjemnym, duszącym zapachu. Stosowany czasem jako lek w ampułkach pod nazwą Amylium Nitrosum, Amyl Nitrite. Uwaga: ampułki eksplodują przy otwieraniu, trzeba je tłuc wewnątrz butelki.

*** Alkohol metylowy CH₃OH, zwany także metanolem lub spirytusem drzewnym, jest trucizną. Nabyć go można w sklepach centrali chemicznej za pośrednictwem instytucji lub związku sportowego.

**** Nitrometan CH₃NO₂ — bezbarwna, oleista żrąca ciecz, trudno dostępny i bardzo drogi. Nabyć można w sklepach centrali chemicznej podobnie jak eter i alkohol metylowy.

Nr paliwa	Rodzaj silnika	Paliwa					
		eter	nafta lub ropa	olej silnikowy lub rycyna	azotyn amylu	alkohol metylowy	rycyna
1	Silniki samozapłonowe	1 cz.	1 cz.	1 cz.			
2		1 cz.	1 cz.	1 cz.			
3		2 cz.	1 cz.	1 cz.			
4		1 cz.	2 cz.	1 cz.	1 ÷ 3%		
5		3 cz.	1 cz.	1 cz.	2 ÷ 3%		
1	Silniki żarowe					2 cz.	1 cz.
2						2 cz.	1 cz.
3						2 cz.	1 cz.

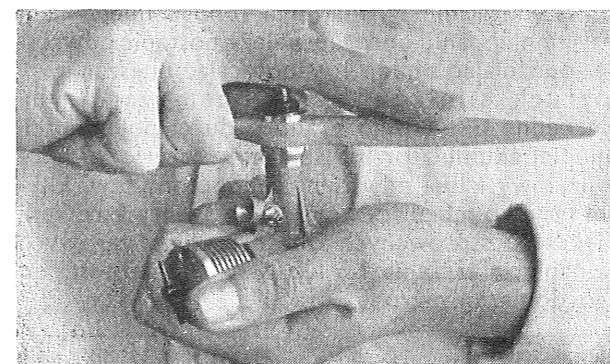
W tablicy podano najprostsze składniki i najprostsze recepty. W rzeczywistości składników jest około 100, a chemia paliw miniaturowych silników spalinowych jest bardzo rozbudowana. Kto chce ją poznać bliżej, musi sięgnąć do literatury.

Kupujemy silnik

Pierwszy silnik to wielkie przeżycie, ponieważ zazwyczaj jest zdobyty z wielkim trudem. Szkoda by było go popsuć i dlatego należy się zapoznać chociażby z podstawowymi zasadami użytkowania silników modelarskich, które chcę tutaj wyjaśnić. Silnik przychodzi do nas bądź jako nowy — wprost ze sklepu — bądź jako używany — z „drugiej ręki”. Zakup silnika to duży wydatek dla kieszeni modelarza i dlatego trzeba dobrze sprawdzić, aby nie kupić złego silnika. Dotyczy to zwłaszcza silników używanych, choć i nowe bywają różne. Sprawdzenie silnika nie oznacza, że trzeba go koniecznie uruchomić, tak by było najlepiej, ale na to zazwyczaj nie ma warunków.

Aby określić stan silnika bez uruchamiania, postępujemy w następujący sposób. Przemycamy silnik w benzynie lub nafcie, aby usunąć olej, który może maskować zużycie i luzy. Zakładamy śmigło na wał i po nalaniu kilku kropeł normalnego paliwa na tłok sprawdzamy, przekręcając wałem, czy silnik ma dobre sprężanie, czyli właściwą „kompresję”.

Dobre sprężanie można poznać po tym, że śmigło elastycznie „oddaje”, kiedy obracamy nim tak, aby tłok po zamknięciu okien wylotowych zaczął sprężać zamknięte w cylindrze powietrze. Mogą być



5-20. Sprawdzenie bocznego luzu na wale silnika (foto autora)

pewne drobne nieszczelności, ale nie takie, aby całe powietrze uszło między tłokiem a cylindrem, co łatwo poznać, gdyż nieszczelny tłok nie cofa się pod naporem sprężonego powietrza i trzeba go wyciągać przez obracanie wałem.

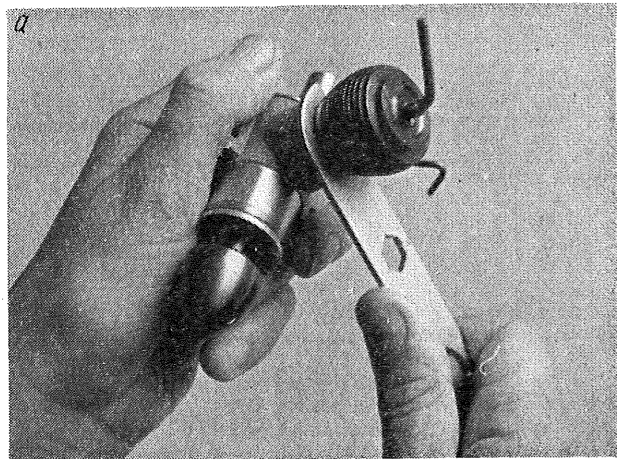
Ujmując silnik za cylinder i naciskając śmigło na boki (rys. 5-20) sprawdzamy w kilku położeniach czy nie ma luzu między wałem i łożyskami. Wał nie powinien mieć żadnych wyczuwalnych bocznych luzów — nie należy tego mylić z luzem osiowym (wzdłuż wału), który w każdym silniku istnieje i jest zjawiskiem normalnym.

Ustawiamy tłok w punkcie maksymalnego sprężania (gdzie są największe opory i tłok się sam nie porusza). Następnie poruszamy bardzo delikatnie śmigłem w obie strony uważając, aby tłok nie drgnął. Jeżeli tłok stoi w miejscu, a śmigło mimo to porusza się i jednocześnie delikatnie stuka, oznacza to, że panewki korbowodu są wyrobione. Mały luz — rzędu 2 ÷ 3 mm, mierzony na końcu śmigła — jest dopuszczalny.

Jeżeli jest to możliwe, silnik można rozebrać (przynajmniej odkręcić cylinder) i obejrzeć powierzchnię tłoka i gładzi cylindrowej (rys. 5-21). Obecność głębokich zarysowań, zmatowiałej powierzchni, plam, rdzy itp. dyskwalifikuje silnik. Powierzchnie powinny być gładkie i czyste, jedynie denko tłoka i powierzchnia tuż przy denku może być zasmolona pozostałościami spalania. Oprócz tego należy zwrócić uwagę na ogólny stan silnika, który świadczy o tym, jak się z nim obchodzono, jak przechowywano i jak go szanowano.

W wątpliwych przypadkach silnik należy rozebrać. Trzeba jednak pamiętać, że rozbieranie silników miniaturowych bez dobrej znajomości ich budowy i sposobu montażu oraz bez właściwych narzędzi jest bardzo ryzykowne i może doprowadzić nawet do całkowitego zniszczenia silnika. W związku z tym trzeba się dobrze zastanowić, zanim zdecydujemy się zrobić to samodzielnie. Niedoświadczonym bezwzględnie odradzam rozbierania pierwszych w życiu silników. Najlepiej poradzić się bardziej doświadczonych kolegów, zwrócić do instruktora modelarni lub ośrodka modelarskiego.

Jeżeli kupujemy silnik „z drugiej ręki”, a zwłaszcza już używany, należy bezwzględnie zażądać jego uruchomienia. Po łatwości uruchomienia, równomierności i pewności pracy, stanie silnika po pracy możemy wnioskować z dużym prawdopodobieństwem o stopniu jego zużycia. Silniki, które z tru-



5-21. Najprostszy demontaż silnika (foto autora)
a — odkręcenie cylindra za pomocą specjalnego klucza, b — wyjęcie cylindra

dem dają się uruchomić, pracują nierównomiernie, nie są w stanie wyczerpać całej porcji paliwa, a po pracy wykazują brak sprężania, nieszczelności, luzy, przecieki itp., są bardzo mocno zużyte i takich silników kupować nie należy.

Silnikowe akcesoria

Do obsługi silników będziemy potrzebowali nieco przyborów i narzędzi. Do najważniejszych i najpraktyczniejszych należą:

- strzykawka lekarska (10 cm³) z długą grubą igłą do napełniania zbiorników i rozruchu; może być również specjalna elastyczna butelka;
- mały śrubokręt i płaskie szypce;
- specjalne klucze i narzędzia, jak klucz do odkręcania cylindra, klucz do świec, klucz lub przecyzka do przykręcania śmigła itp.;
- płaska metalowa zakręcana puszką lub mocny pojemnik plastikowy o pojemności 0,5 l na gotowe paliwo; składniki paliwa, jak eter, naftę i olej można również przechowywać w podobnych puszkach lub pojemnikach;
- menzurka (200 cm³) lub butelka z podziałką do sporządzania paliw (może być butelka dziecienna do mleka);
- przewód (rurka) z plastiku o wewnętrznej średnicy około 2 mm do połączenia silnika ze zbiornikiem,

— przewód i klips kontaktowy do świecy żarowej (tylko do silników z zapłonem żarowym).

Obsługa silników spalinowych

Najwięcej kłopotów i zmartwień sprawia modelarzom (zwłaszcza młodym) uruchomienie silnika.

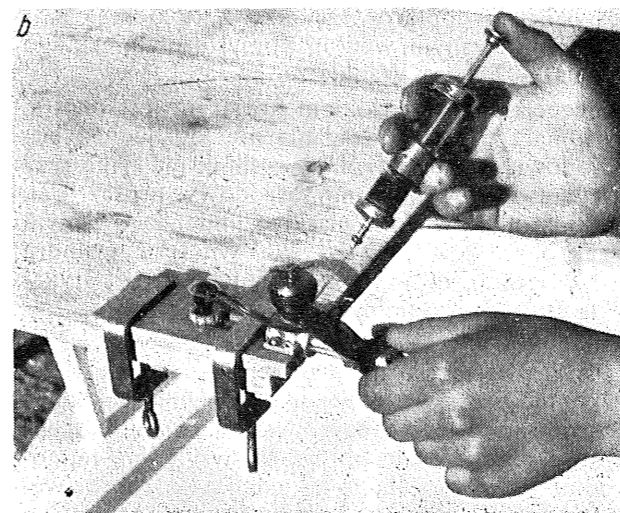
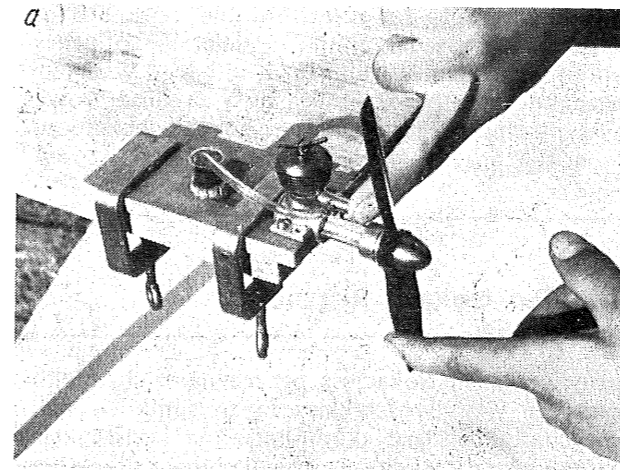
Silniki nowe w okresie docierania wymagają około 1/2 godziny pracy na małych obrotach i zastosowania bogatej mieszanki (paliwa nr 1 lub nr 2 tabl. 5.4.). Azotyn amylu i nitrometan można stosować tylko do silników całkowicie dotartych. Ogólne zasady rozruchu są następujące.

Rozruch silników samozapłonowych. Przykręcić silnik do deseczki, w jego pobliżu umieścić zbiorniczek (może być buteleczka) na paliwo tak, aby poziom paliwa znajdował się na wysokości igły gaźnika. Połączyć gaźnik ze zbiorniczkiem za pomocą rurki plastikowej.

Założyć śmigło (duże i ciężkie), dokręcić igłę gaźnika do oporu, a następnie odkręcić o dwa obroty. Zassać paliwo zatykając palcem wlot gaźnika w momencie, gdy tłok porusza się ku górze (rys. 5-22a). Ustawić tłok w położeniu zamykającym okna wylotowe i nalać kilka kropel paliwa z boku na powierzchnię tłoka. Najlepiej użyć do tego celu strzykawki (rys. 5-22b). Przez energiczne szarpnięcie palcem za śmigło spowodować wybuch w cylindrze (rys. 5-22c). Jeżeli po kilkunastu próbach wybuch nie następuje, dokręcić śrubę kompresyjną o około 1/8 obrotu i ponowić czynności opisane w trzech ostatnich punktach. Jeżeli w dalszym ciągu to nie skutkuje, ponowić zabieg, dokręcając śrubę kompresyjną o dalsze 1/8 obrotu, aż do skutku. Trzeba to robić ostrożnie, bo przy zbyt dużym wkręceniu śruby tłok może uderzyć w przeciwtłok i korbowód może się zgiąć lub złamać. W razie wyjątkowych trudności zastosować paliwo nr 5 (tabl. 5.4.).

Jeżeli po uruchomieniu silnik gwałtownie zwiększa obroty i zaraz się zatrzymuje, należy dokręcić śrubę kompresyjną (o 1/8 obrotu) i odkręcić igłę gaźnika (o 1/4 obrotu). Jeśli natomiast silnik obraca się bardzo wolno, odbija w drugą stronę i klekocze, należy zwolnić śrubę kompresyjną i dokręcić igłę gaźnika. W razie trudności odwrócić silnik z cylindrem w dół i przedmuchać, aby usunąć nadmiar paliwa i oleju, jaki zebrał się we wnętrzu silnika. Jeżeli praca silnika jest nierówna, połączona z trzaskami i przerwami, należy zwiększyć dopływ paliwa, odkręcając igłę gaźnika. Gdy to nie pomaga, dokręcić nieco śrubę kompresyjną (rys. 5-22d). Wysokie obroty uzyskuje się przez stopniowe dokręcanie śruby kompresyjnej (przyspieszony zapłon), wkręcanie igły gaźnika (uboga mieszanka). Przy zmniejszaniu obrotów należy postąpić odwrotnie, opóźniając zapłon i wzbogacając mieszankę. Rozruch silników z zapłonem żarowym. Niezbędne jest źródło prądu o dużej pojemności, najlepiej akumulator lub specjalne baterie, a także dwużyłowy kabel miedziany zakończony tzw. klipsem (szybko mocujący kontakt do świecy żarowej). Większość stosowanych obecnie świec żarowych ma napięcie żarzenia 1,5 lub 2 V. W zależności od tego dobieramy źródło prądu*).

* Do żarzenia świec 1,5 V wystarczy zestaw sporządzony z 4÷6 równolegle połączonych baterii okrągłych typu R 20 (dostępne w handlu).

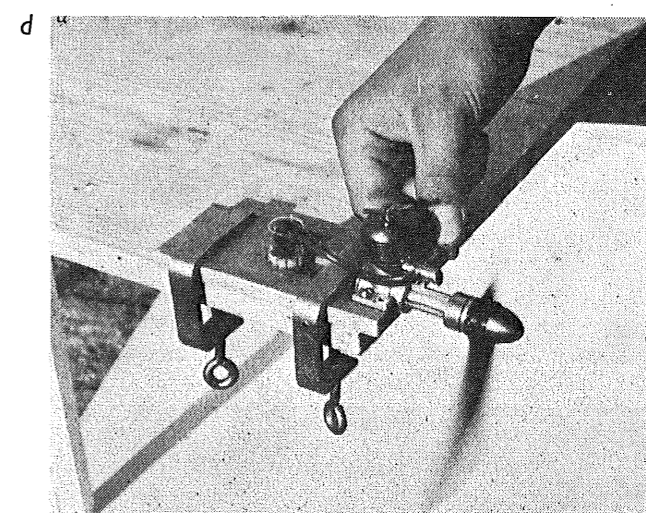
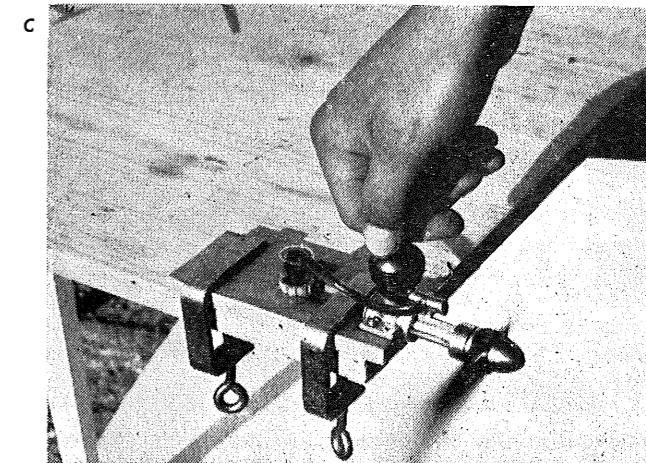


5-22. Rozruch silnika samozapłonowego (foto autora)
a — zassanie, b — „zalewanie” paliwem c — regulacja sprężania (zapłonu), d — regulacja dopływu paliwa

Po zassaniu silnika podłączamy źródło prądu do świecy żarowej. Świeca powinna żarzyć się jasnopomarańczowym światłem. Jeżeli żarzy się zbyt silnie (światło bardzo jasnopomarańczowe lub żółte), należy zmniejszyć napięcie, włączając w obwód prądu kawałek oporowego drutu (ze spiralki do maszyny elektrycznej). Po kilkusekundowym rozgrzaniu świecy żarowej należy nalać kilka kropli paliwa na tłok i rozpocząć rozruch. Jeżeli silnik zaskakuje gwałtownym zrywem i zatrzymuje się, zwiększyć podanie paliwa. Jeżeli obraca się wolno i zatrzymuje się, dokręcić igłę gaźnika. Jeżeli silnik „kopie” przy rozruchu, zmniejszyć napięcie na świecy.

Jeżeli wybuch w cylindrze nie następuje, zwiększyć napięcie na świecy lub wymienić zużyte źródło prądu. W przypadku dużych trudności nalać kropelkę paliwa wprost na świecę, co spowoduje lepsze odparowanie.

Po uruchomieniu silnika rozgrzać go przez kilkanaście sekund, a następnie zdjąć kabel ze świecy. Wysokie obroty uzyskuje się przez stopniowe dokręcanie igły gaźnika, małe — przez odkręcanie igły. Po pracy należy sprawdzić, czy świeca żarowa nie uległa przepaleniu. Dla uzyskania prawidłowej pracy silnika niezbędne jest stosowanie właściwych świec żarowych o odpowiedniej ciepłocie dla danego silnika oraz odpowiedniego paliwa.



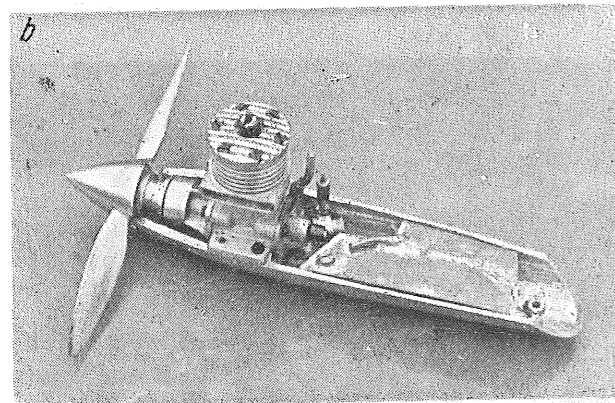
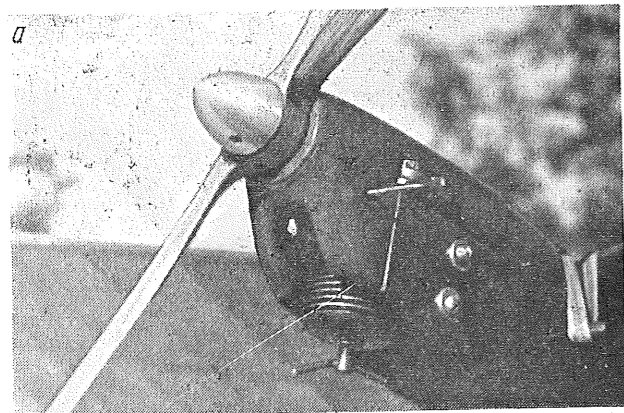
Zamocowanie i zasilanie silnika w modelu

Zamocowanie silnika powinno być możliwie proste, odporne na uderzenia i pozwalające na niewielkie regulacje kątów ustawienia silnika. Kilka możliwych rozwiązań ilustrują zamieszczone fotografie (rys. 5-23).

Zamocowanie na dwóch mocnych drewnianych beleczkach lub do płytki (kaśluba), jak na rysunku 5-23a. Silnik przykręcamy wprost do beleczek za pomocą zwykłych wkrętów do drewna. Jest to idealne rozwiązanie dla wszystkich modeli szkolnych, sylwetkowych na uwięzi, a nawet wyczynowych; pozwala na łatwą regulację odchylenia silnika w bok lub do dołu, zależnie od tego, czy silnik został zamocowany w pozycji bocznej, czy pionowej. Zbiornik paliwa umieszczony jest między beleczkami, za silnikiem.

Zamocowanie silnika między dwiema sklejkowymi ściankami kaśluba za pomocą odgiętych blaszek, jak w popularnym modelu WICHEREK. Podobne zamocowanie w modelu wyczynowym może być częściowo oprofilowane (rys. 5-23b).

W modelach szybkościowych silnik jest przykręcony zazwyczaj wprost do metalowego spodu kaśluba, zbiornik (ciśnieniowy) — z tyłu silnika (rys. 5-23c). W modelach makiet latających silniki są na ogół całkowicie oprofilowane, tak że wystaje tylko głowica (rys. 5-23d).



5-23. Różne sposoby zamocowania i oprofilowania silnika (foto autora)

Docieranie silnika

Silnik nowy wymaga docierania. Polega ono na uruchamianiu silnika (przy zastosowaniu paliwa nr 1) na krótkie okresy (1-3 minut) przy możliwie małych obrotach (duże śmigło), przestrzegając przy tym, aby silnik nie zagrzał się zbyt i nie zatął. Okresy uruchomienia należy stopniowo zwiększać, kontrolując nagrzewanie się silnika. Po 15-20 minutach pracy można silnik uważać za wstępnie dotarty i zastosować paliwo nr 2. Całkowite dotarcie zależy od silnika i następuje po co najmniej 1 godzinie pracy. Dopiero w pełni dotarty silnik można całkowicie obciążyć, stosując lepsze paliwo i wysokie obroty (mniejsze śmigła). Od właściwego dotarcia zależy cała późniejsza praca i żywotność silnika. Są silniki tak precyzyjnie wykonane, że nie trzeba ich docierać, na przykład dostępne u nas silniki f-my COX.

Pamiętać trzeba, że przestrzeganie czystości jest podstawową zasadą. Silnik modelarski to precyzyjny mechanizm, wszelki brud jest jego wrogiem. Po zakończeniu pracy silnik należy zakonserwować czystym olejem i tylko w ten sposób zabezpieczony można przechowywać.

Silniki o tłokach krążących

Posuwisty ruch tłoka jest przyczyną wielu niekorzystnych właściwości klasycznych silników spalinyowych, takich jak: skomplikowana konstrukcja, znaczne rozmiary i ciężar, drgania i duże siły w mechanizmach. Wyeliminowano je po wielu latach doświadczeń dopiero w silniku z tłokiem krążącym, zbudowanym według pomysłu niemieckiego wynalazcy Feliksa Wankla^{*)}.

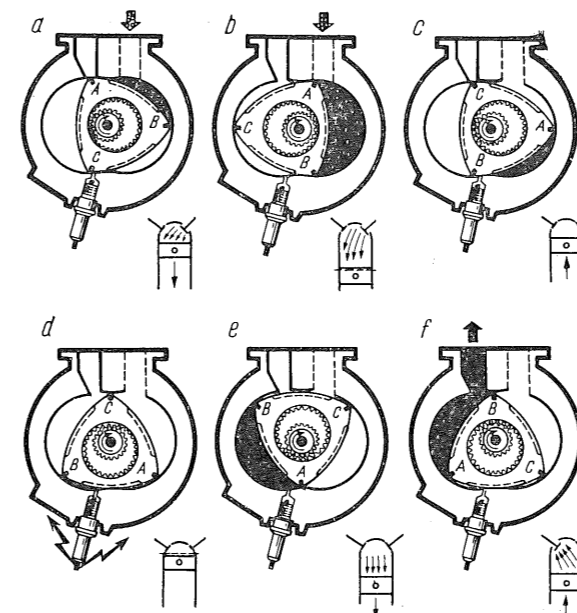
Koncepcja silnika z tłokiem krążącym jest prosta, wytłumaczyć zasadę działania nie jest jednak łatwo. Mówiąc bardzo ogólnie — silnik ma tylko trzy zasadnicze elementy: mimośrodowy prosty wał, płaski trójkątny tłok, płaski cylinder o owalnym przekroju. Tłok „krąży” we wnętrzu cylindra w taki sposób, że wszystkie trzy jego naroża stykają się stale z zarysem cylindra, tworząc trzy szczelne komory.

Ruch tłoka jest ruchem złożonym. Środek tłoka wykonuje prosty ruch obrotowy, wynikający z mimośrodowego jego ułożyskowania na wale korbowym, a jednocześnie obraca się względem mimośrodka w ten sposób, że na jeden pełny obrót wału (mimośrodu) przypada tylko 1/3 obrotu tłoka. Ten dodatkowy obrót tłoka zapewnia prosta przekładnia złożona z dwóch kół zębatach o zazębieniu wewnętrznym (większe koło o uzębieniu wewnętrznym związane jest z tłokiem, mniejsze z obudową). Podczas jednego obrotu tłoka w cylindrze (trzy obroty wału) objętości komór między tłokiem a cylindrem zmieniają się cyklicznie od najmniejszej do największej i jak w zwykłym silniku tłokowym następują cztery wyraźnie rozgraniczone procesy (suwy): napełnianie (ssanie), sprężanie, praca i wydech — tak jak w silniku czterosurowym. Widać wyraźnie to na schemacie, który przedstawia rysunek 5-24. Podczas jednego obrotu tłoka pełny cykl pracy zachodzi trzykrotnie we wszystkich trzech komorach między tłokiem a cylindrem. Jeden wybuch w cylindrze przypada tu więc dwa razy częściej niż w klasycznym czterosurowym silniku tłokowym.

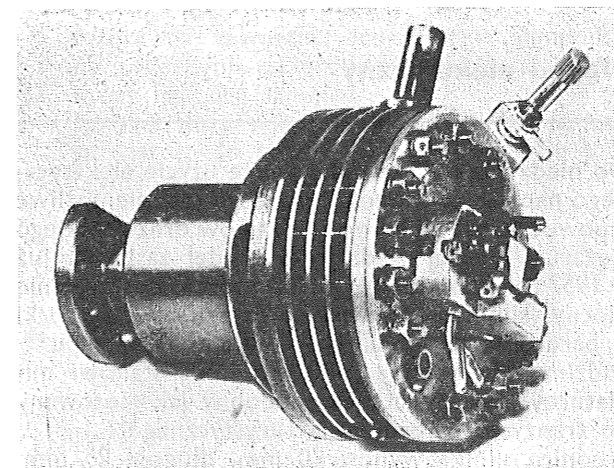
Silnik z tłokiem krążącym ma wiele zalet:

- realizuje bardzo korzystny z punktu widzenia ekonomii pracy cykl czterosurowy,
- nie wymaga charakterystycznych dla silnika czterosurowego urządzeń zaworowych; rząd sterowany jest krawędziami tłoka,
- praca jest spokojna i całkowicie wyrównowana,
- jest lżejszy i mniejszy niż porównywalne silniki konwencjonalne.

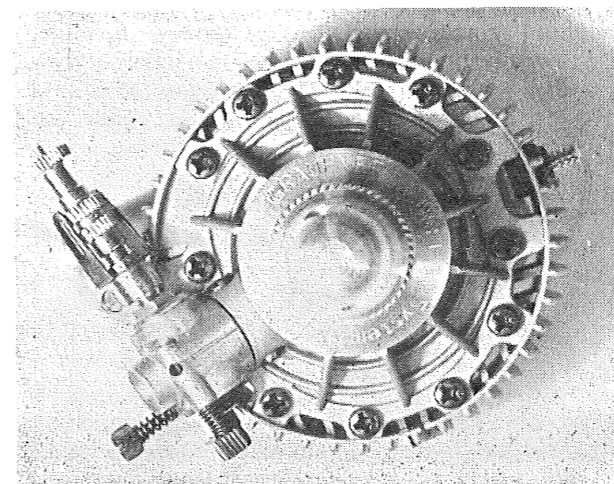
^{*)} Niemiecki konstruktor — samouk, koncepcję silnika z krążącym tłokiem trójkątnym opublikował po raz pierwszy w 1960 r.



5-24. Zasada działania silnika z krążącym tłokiem w porównaniu z działaniem silnika czterosurowego
a — zasysanie, b — koniec ssania, początek sprężania, c — sprężanie, d — zapłon, e — praca, f — wydech



5-25. Pionierska konstrukcja — silnik SWT-1 skonstruowany i zbudowany w Polsce przez Juliana Fałęckiego już w 1960 r.



5-26. Pierwszy seryjnie produkowany miniaturowy silnik z tłokiem krążącym OS-GRAUPNER WANKEL (foto autora)

Silniki z tłokiem krążącym mają jednak na ogół krótszą żywotność niż silniki klasyczne, co jest spowodowane trudnościami w opracowaniu dostatecznie trwałych uszczelnień pracujących naroży i płaszczyzn tłoka. Są także, jak dotąd, znacznie droższe ze względu na niekonwencjonalną technologię obróbki.

Z silnikami Wankla wiązane są duże nadzieje, przewiduje się ich większe zastosowanie w komunikacji (samochody, łodzie, samoloty) i wielu innych dziedzinach. Doczekały się one już udanych rozwiązań miniaturowych. Na tym polu pionierską rolę odegrali polscy konstruktorzy, bowiem pierwsze udane konstrukcje miniaturowe były właśnie u nas opracowane (rys. 5-25).

Jednak, jak dotąd, tylko jeden typ miniaturowego silnika Wankla doczekał się produkcji seryjnej. Jest to (rys. 5-26) silnik o pojemności 5 cm³ i mocy około 0,6 KM. Opracowany w RFN, a produkowany w Japonii. Jest znakomitą, nowoczesną jednostką napędową stosowaną dla zdalnie kierowanych modeli latających. Silniki te są jeszcze dość kosztowne — jednak w miarę rozwoju produkcji staną się na pewno powszechniejsze i bardziej dostępne dla przeciętnego modelarza.

Napęd tunelowy

Zasadniczym elementem napędu tunelowego jest wentylator napędzany przez szybkoobrotowy silniczek spalinyowy (rys. 5-27). Ponieważ wentylator ma dużą liczbę łopatek, jego średnica może być o połowę mniejsza niż średnica śmigła przeznaczanego do tego samego silnika. Do silnika o pojemności 2,5 cm³ śmigło dwułopatowe powinno mieć średnicę 200 mm, średnica wentylatora natomiast wynosi około 100 mm. Dzięki małym rozmiarom cały zespół napędowy może być umieszczony wewnątrz modelu, co rozwiązuje trudny problem napędu latających modeli samolotów odrzutowych. Perspektywiczny przekrój takiego „fałszywego” odrzutowca pokazany jest na rysunku 5-28.

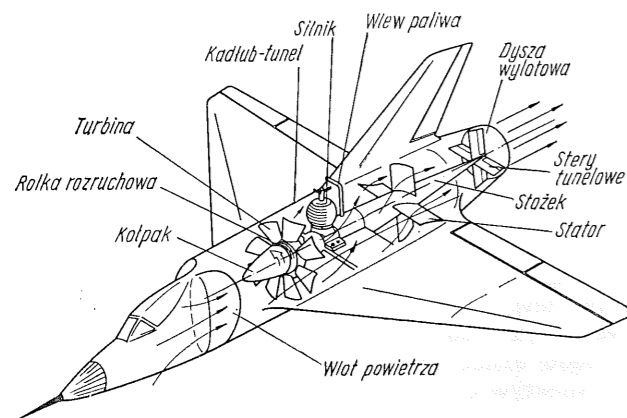


5-27. Typowy, wielołopatowy wentylator stosowany w systemach napędu tunelowego (foto autora)

Zasada działania napędu tunelowego jest następująca:

- silniczek umieszczony w wewnętrznym przewodzie (tunelu) kadłuba napędza osadzony na swoim wale wentylator,
- wentylator obracając się zasysa powietrze przez przednie wloty i kieruje je do dyszy wylotowej,
- nieruchome łopatki statora osadzone poza wentylatorem mają za zadanie wyprostować skręcony strumień powietrza i dlatego ich kąt nastawienia jest przeciwny niż przy łopatkach wentylatora,
- rozruch dokonuje się zazwyczaj za pomocą sznura lub rozrusznika mechanicznego,
- regulację lotu modelu silnikowego przeprowadza się za pomocą specjalnych sterów tunelowych umieszczonych w dyszy wylotowej.

Napęd tunelowy jest na ogół mniej sprawny niż napęd śmigłowy. Im krótszy tunel, większa powierzchnia wlotu i wylotu, lepiej opracowane wnętrze tunelu, tym lepsze rezultaty napędu. Z tego powodu zespół napędowy powinien być oprofilowany, zaopatrzone z przodu w kołpak, a z tyłu w stożek spływowy. Konstrukcja modeli tunelowych zawiera wiele nieszablonych rozwiązań. Najwięcej kłopotu sprawia kadłub. Model powinien być bardzo lekki i mocny. Dostęp do silnika umożliwia zdejmowana kłapa u góry kadłuba. Śruba kompresyjna, igła gaźnika i przewód do napełniania zbiornika muszą być dostępne z zewnątrz modelu.



5-28. Zasada napędu tunelowego

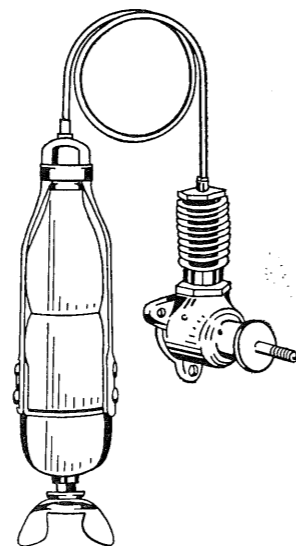
Modele tego typu mogą być budowane jako swobodnie latające i na uwięzi. Jest to bardzo nowoczesny, ale i trudny rodzaj modeli*).

Silniki na gaz sprężony

Już w latach trzydziestych budowano liczne silniki na sprężone powietrze, a nawet parę wodną. Potem jednak całkowicie je zarzucono, dziś znowu pojawiają się, ale już w nowoczesnej formie (rys. 5-29). Silnik o konstrukcji podobnej do zwykłych silników tłokowych jest zasilany sprężonym dwutlenkiem węgla z naboju, w którym gaz znajduje się w stanie ciekłym, podobnie jak w nabojach do syfonów.

* Dotyczy amerykańskiego silnika OK-CO₂. U nas silniczki tego typu nie są produkowane.

Dzięki temu agregat jest lekki i niezwykle prosty w użyciu. Wystarczy obrócić śmigło zamocowane na wale silniczka, a rozpoczyna on pracę, która trwa przeszło minutę; odpadają wszystkie kłopoty z paliwem i innymi akcesoriami. Tego typu napędu używa się do niewielkich i lekkich modeli.

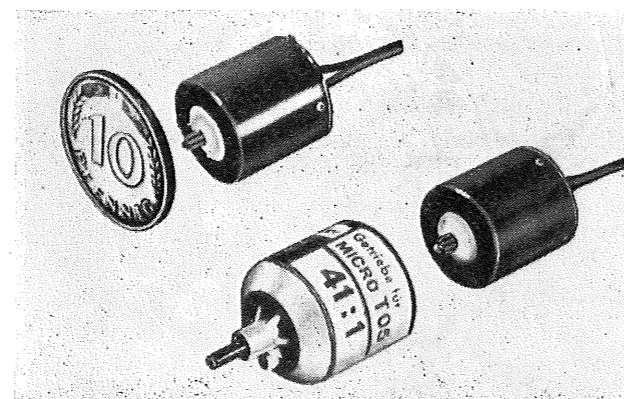


5-29. Silnik na gaz sprężony

Napęd elektryczny

Do niedawna jeszcze sądzono, że użycie elektrycznego napędu do modelu latającego jest niemożliwe z powodu zbyt małej mocy silników oraz wielkiego ciężaru i niskiej wydajności źródeł zasilania. Już w 1957 roku zbudowany został mały dostatecznie mocny silnik i niewielkie baterie-akumulatorki o bardzo dużej pojemności. Silniki tego typu***) widzimy na rysunku 5-30. Zasilanie stanowi miniaturowy akumulator, podobny jak stosowany do tranzystorowego radia turystycznego. Średnica silnika wynosi 20 mm, długość 25 mm, waga zaledwie około 28 g. Wmontowana wewnątrz przekładnia zmniejsza obroty wału do 700 obr/min i za pomocą śmigła o średnicy 350 mm napędza może model o rozpiętości około 800 mm.

***) Produkowane w RFN i Japonii, w Polsce na razie niedostępne.



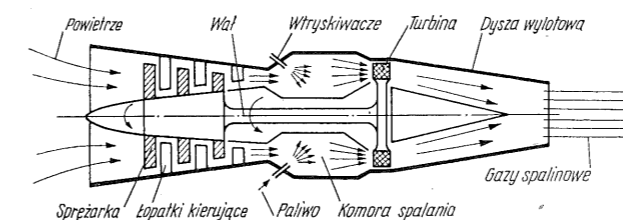
5-30. Silnik elektryczny z przekładnią stosowany do napędu modeli latających
Maksymalna moc silnika do 6W, sprawność 70÷80%

Silniczek jest wykonany z wielką precyzją, jego komutator zrobiono ze specjalnego srebrnego stopu, szczoteczki zaś w celu zmniejszenia strat ze złota. Silniczek jest więc dość drogi, choć jego cena nie przekracza ceny silniczka spalinowego. Zabawy jest za to co niemiara! Wystarczy nacisnąć przełącznik i już model startuje do lotu trwającego ponad 5 minut. Nierzadkie były wypadki, że modele z napędem elektrycznym osiągały znaczne odległości, niekiedy zniknęły nawet z pola widzenia. Ostatnio napęd elektryczny coraz powszechniej stosowany jest do modeli zdalnie kierowanych.

Silniki odrzutowe

Lotniczy silnik turbodrzutowy, w jaki wyposażone są współczesne samoloty odrzutowe, pracuje według następującej zasady (rys. 5-31):

- powietrze zasysane jest od przodu przez obracający się z wielką prędkością wirnik sprężarki, następnie jest sprężane i tłoczone pod ciśnieniem do komór spalania, gdzie następuje wtrysk paliwa,
- gorące gazy napędzające po drodze turbinę z wielką prędkością uchodzą poprzez dyszę dyfuzora na zewnątrz; ich energia zamieniona na przeciwnie skierowaną reakcję daje ciąg, który napędza samolot,
- turbina służy wyłącznie do dostarczania mocy sprężarce, do napędu samolotu się nie przyznacza.



5-31. Zasada pracy silnika turbodrzutowego

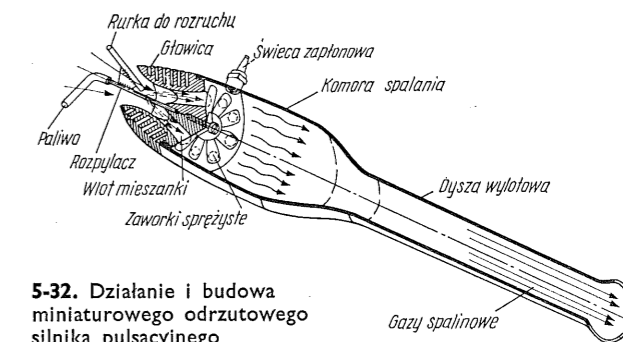
Zbudowanie silnika odrzutowego w miniaturze jest niezmiernie trudne i choć były czynione pomysłne próby, silniki tego typu nie rozpowszechniły się w miniaturowej technice ze względu na niezmiernie wysoki koszt ich wykonania. Modelarze wykorzystali natomiast inny typ odrzutowego silnika lotniczego, tzw. silnik pulsacyjny, który ma tę wielką zaletę, że jest całkowicie pozbawiony części wirujących.

Miniaturowy silnik pulsacyjny przedstawiony jest na rysunku 5-32. Perspektywiczny przekrój ułatwi zrozumienie budowy i działania silnika.

Silnik składa się z niewielkiej liczby zasadniczych części: aluminiowej głowicy, komory spalania i dyszy, wykonanych z blachy żaroodpornej, oraz sprężystych zaworków.

Rozruch silnika następuje przez nadmuch powietrza na rozpylacz. Wytworzona mieszanka palna (strzałki przerywane na rysunku) przepływa szeregiem kanałów, unosi sprężyste zaworki i napełnia komorę spalania. Zapłon może nastąpić bądź od świecy zapłonowej, bądź przez podłożenie ognia pod

dyszę. Wybuch w komorze spalania powoduje wzrost ciśnienia i zamknięcie zaworków, gorące gazy z wielką prędkością opuszczają silnik poprzez dyszę, w komorze spalania następuje spadek ciśnienia poniżej ciśnienia atmosferycznego. Nowa porcja mieszanki zostaje zasana już automatycznie i zapala się od resztek gorących spalin, jakie znajdują się we wnętrzu silnika. Wybuchy następują bardzo szybko jeden po drugim, co objawia się przeciągłym i donośnym rykiem — stąd popularne określenie „grzmiąca rura”. Silniki tego typu mają jednak wiele wad: częste przepalanie się zaworków, trudna obsługa, przenikliwy dźwięk. Jako paliwo stosuje się benzynę, dlatego na modelach często wybuchają pożary. Z tego powodu model musi mieć konstrukcję ognioodporną, najlepiej metalową. Silnik może być umieszczony na zewnątrz modelu lub też wewnątrz kadłuba. Ponieważ



5-32. Działanie i budowa miniaturowego odrzutowego silnika pulsacyjnego

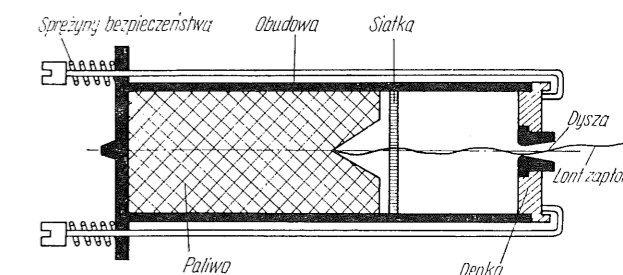
międzynarodowe władze lotnictwa sportowego zakazały używania silników pulsacyjnych w startach zawodniczych (ze względu na szkodliwy dla zdrowia dźwięk), produkcja ich została zahamowana*).

i obecnie używa się ich tylko do lotów rekordowych i pokazowych. Napędzane silnikami pulsacyjnymi modele na uwięzi osiągają prędkość rzędu 300 km/godzinę. Loty są bardzo efektowne.

Silniki raketowe

Rakietowy silnik do modelu latającego musi mieć następujące właściwości:

- zapewniać całkowite bezpieczeństwo,
- dawać dostateczny ciąg w możliwie długim czasie,
- nadawać się do wielokrotnego użycia.



5-33. Budowa silnika typu JETEX

*) Silniki pulsacyjne produkowane są obecnie tylko w USA i Japonii.

Warunki te spełniają jedynie silniczki o specjalnej, gwarantującej całkowite bezpieczeństwo konstrukcji, zaopatrzone w wymienne ładunki paliwa. Rysunek 5-33 pokazuje przekrój jednego z nich.

Silnik składa się z metalowej obudowy, denka z dyszą wylotową, zamocowanego za pomocą specjalnej kłamy, oraz pokrywy bezpieczeństwa docisniętej sprężynami. Wewnątrz znajduje się ładunek paliwa oddzielony od komory spalania siatką. Uruchomienie silnika następuje za pomocą lontu. Paliwo spala się powoli, powstają duże ilości gazów, które ulatując z wielką prędkością przez dyszę wylotową dają ciąg trwający 18÷20 sekund. Silniki takie produkowane są obecnie w USA pod ogólną nazwą JETEX. Od wielu lat firma JETEX produkuje kilka odmian silników tego typu — od zupełnie małych, o ciągu 20÷30 G, do bardzo dużych, którymi można napędzać nieduże rakiety lub modele uskrzydłonych rakiet. Stanowią one również doskonały napęd pomocniczy dla modeli szybowców.

Silniki przeznaczone do napędu modeli rakiet, oznaczające się dużym i krótkotrwałym ciągiem, do modeli latających zupełnie się nie nadają, toteż nie należy ich ani kupować, ani też budować sposobem amatorskim.

*
* *

Postęp w dziedzinie napędu modeli latających jest bardzo szybki i coraz wyraźniej zarysowują się jego przyszłe kierunki. Klasyczny spalinowy silnik tłokowy stabilizuje swoją pozycję. Najszybszy rozwój obserwuje się w grupie silników wielozakre-

sowych, przystosowanych do płynnej regulacji obrotów. Wielozakresowy gaźnik staje się coraz bardziej powszechny, nawet w popularnych silnikach szkolnych o pojemności 1 cm³ i mniejszej. Współczesne miniaturowe silniki tłokowe cechuje pełna niezawodność, duża żywotność i coraz mniejsza wybredność w zakresie paliw, tak że stosowanie trudno dostępnych i kosztownych dodatków w rodzaju azotynu amylu lub nitrometanu staje się na ogół niepotrzebne. Ogromny postęp dokonał się w zakresie silników wyczynowych — ich szybkobieżność dochodzi do 20 000÷30 000 obr/min, a moc uzyskiwana z jednostki pojemności skokowej dochodzi do 0,3 KM/1 cm³. Stosowane są specjalne, rezonansowe układy wydechowe zwiększające moc i pochłaniające nadmierną hałaśliwość. Rozmiary produkcji przemysłowej są imponujące, a rozległy asortyment umożliwia dobranie właściwego silnika do każdego modelu.

Drugi zdecydowanie rysujący się obecnie kierunek to napęd elektryczny. Dokonano wielkiego postępu w dziedzinie miniaturowych źródeł zasilania o dużej pojemności i wydajności energetycznej; coraz częściej stosuje się lekkie wysokoobrotowe silniki o dużej sprawności, dzięki czemu można stosować normalne śmigła, takie jak do silników spalinowych. Moc stosowanych obecnie (rok 1977) napędów elektrycznych dochodzi do 0,2 KM, co sprawia, że napęd tego typu zaczyna być konkurencyjny dla napędu spalinowego. Obecne jednostki napędowe są jednak 3÷5 raza cięższe niż analogiczne spalinowe, jednakże można się spodziewać i w tej dziedzinie dalszego postępu. Taki czysty, niekłopotliwy napęd w połączeniu ze zdalnym kierowaniem to idealne wprost rozwiązanie dla wszelkiego rodzaju modeli treningowych i rekreacyjnych — do zabawy i rozrywki, na każdą okazję.

6

Technika lotów na uwięzi

Modele na uwięzi są najprostszymi typami miniaturowych samolotów, które mogą być w naturalny i łatwy sposób sterowane. Pilotaż modeli na uwięzi opiera się na naturalnych odruchach i ma wiele cech wspólnych z pilotażem prawdziwych samolotów. Bezpośrednia więź pomiędzy pilotem a modelem sprawia, że pilotując model na uwięzi przeżywamy podobne emocje jak pilot w samolocie.

Uwagi zawarte w tym rozdziale mają ogólny charakter, dotyczą nie tylko opisanego w dalszej części książki popularnego WICHERKA, ale wszystkich modeli na uwięzi. Ich celem jest rozszerzenie wiadomości z tej najbardziej dostępnej i najłatwiejszej do opanowania, a bardzo wdzięcznej dziedziny miniaturowego lotnictwa.

Dobór modelu

Jeżeli zamierzamy nauczyć się pilotowania modeli na uwięzi, to niezależnie od tego, czy chcemy to robić indywidualnie, czy też w modelarni pod kierunkiem instruktora, niezmiernie ważnym problemem jest zagadnienie doboru odpowiedniego modelu. Nie może to być byle jaki, pierwszy lepszy model; od jego właściwości zależy bowiem pomysłowość pierwszych lotów. Jeżeli model będzie łatwy i prawidłowy w pilotażu, to początkujący pilot szybciej oswoi się z pilotażem i będzie mógł w niedługim czasie pilotować także inne modele. Jeżeli natomiast wybierzemy do nauki model bardzo nerwowy, zwrotny i szybki, to pierwsze próby na pewno zakończą się niepomyślnie, a niefortunny kandydat na „pilota” rozczaruje się i zniechęci do dalszych prób.

Zazwyczaj tak bywa, że młody modelarz rozpoczyna swą „karierę” od budowy zwykłych, swobodnie latających modeli i osiągnąwszy w tej dziedzinie pewne zaawansowanie próbuje swych sił z modelami na uwięzi. Budowa modelu szkolnego stanowi wtedy dla takiego zaawansowanego modelarza swego rodzaju „ujmę” i zazwyczaj rezygnuje on z tego, budując od razu model wyczynowy lub redukcyjno-latający. Tego rodzaju „ambicja” kończy się poważnie rozbiciem modelu i jeżeli adept jest uparty, połamie kilka modeli i zmarnuje czas. Nie wstydzmy się więc zbudować sobie do nauki pilotażu prosty, szkolny model, na pewno to się opłaci.

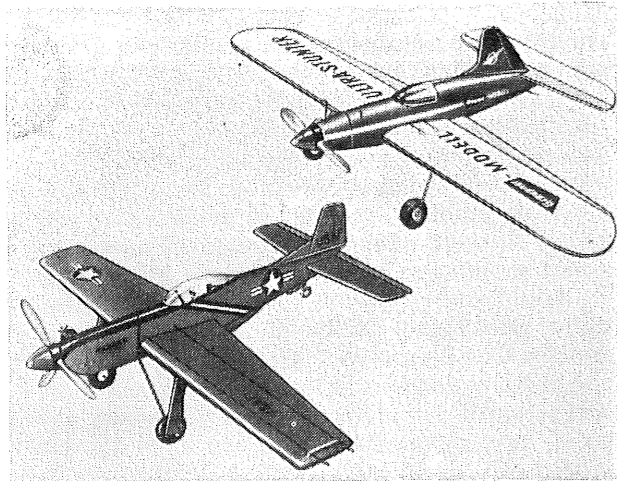
Model szkolny powinien mieć następujące właściwości pilotażowe:

- powinien odznaczać się dużą statecznością podłużną, która pozwoliłaby wybaczać niektóre błędy pilotażu,
- nie powinien być nerwowy i zbyt czuły na ruchy steru,
- sterowność modelu musi być pod każdym względem prawidłowa,
- model nie może być zbyt szybki, w związku z tym nie należy stosować zbyt mocnych silników — najlepiej do tego celu nadają się silniki samozapłonowe o pojemności 1,5÷2,5 cm³.

Wymagania te spełnia WICHEREK U, zwłaszcza wtedy, gdy jest wyposażony w dwuwypukły lub symetryczny profil skrzydła (patrz rozdziały 10 i 12).

Do szkolenia nadają się idealnie również szkolne lub zabawowe modele sprzedawane przez sklepy specjalistyczne na całym świecie — zarówno w formie gotowej, jak i w zestawach. Modele takie mogą nawet być użyte do nauki akrobacji (rys. 6-1).

W kraju poprzez sieć sklepów CSH są aktualnie dostępne zestawy modeli na uwięzi — szkolny ŻUK-2 i treningowy AKROBATEK.

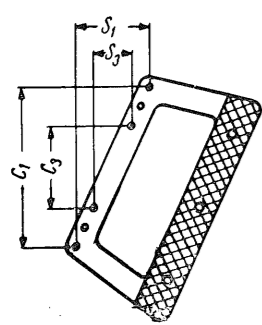


6-1. Szkolne treningowe modele na uwięzi wykonane z zestawów

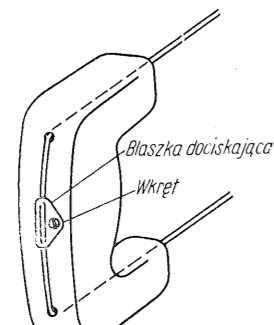
Akcesoria i sprzęt pomocniczy

Sprzęt, którym posługują się modelarze przy pilotowaniu modeli na uwięzi, mimo że jest skromny spełnia jednak rolę bardzo odpowiedzialną. Dlatego też należy poświęcić kilka słów na omówienie takich drobiazgów, jak uchwyty, linki i tym podobne akcesoria.

Typowy uchwyt sterowniczy przeznaczony do pilotowania modeli na uwięzi systemem U mamy pokazany na rysunku 6-2. Zasadniczą wielkością, która taki uchwyt charakteryzuje, jest rozstaw punktów zaczepienia linek oznaczony na rysunku symbolem C. W miarę jak rośnie rozstaw linek przy uchwycie, wzrasta czułość sterowania, ponieważ uzyskujemy większy przesuw (skok linki) przy danym wychyleniu uchwytu sterowego. Można przewidzieć na jednym uchwycie kilka par zaczepów dla linek o różnym rozstawie, a następnie praktycznie wypróbować, który z nich będzie najodpowiedniejszy do sterowania danym modelem.



6-2. Typowy uchwyt sterowy



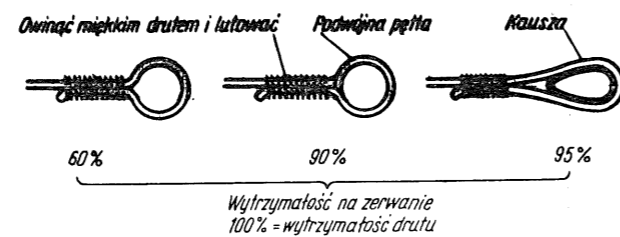
6-3. Uchwyt z możliwością regulacji położenia neutralnego

Największy rozstaw linek, dochodzący do 120 ÷ 150 mm, stosuje się przy uchwytach przeznaczonych do sterowania modeli akrobacyjnych. Do sterowania modeli szkolnych i redukcyjno-latających używa się uchwytów o najmniejszym rozstawie linek, rzędu 70 ÷ 90 mm. Jeżeli chodzi o moje spostrzeżenia, to jestem zwolennikiem stosowania uchwytów o większym rozstawie linek, chociażby

z tego powodu, że stateczności modelu nie da się poprawić przez zmniejszenie czułości uchwytu. Uchwyt sterowany powinien być zaprojektowany i wykonany w ten sposób, aby był wygodny w użyciu, to znaczy aby nie męczył dłoni pilota i dobrze był do niej dopasowany.

Bardzo ważną sprawą jest zamocowanie linek do uchwytu oraz ich regulacja. Regulacja ta polega na tym, że pionowemu ustawieniu uchwytu powinno odpowiadać zerowe położenie steru. Bardzo proste rozwiązanie uchwytu z możliwością regulacji jego położenia jest pokazane na rysunku 6-3. W tym rozwiązaniu linki są zablokowane w uchwycie przez docięnięcie blaszką; jeżeli odkręcimy wkręt i zluźnimy blaszkę, możemy linki dowolnie przesunąć i ustawić we właściwym położeniu. Uchwyt tego rodzaju jest szczególnie korzystny przy zastosowaniu stalowych linek, ponieważ można stosować wtedy linki sporządzone z jednego odcinka drutu, dzięki czemu unikamy ich osłabienia w miejscu przymocowania do uchwytu, a regulacja jest bardzo łatwa.

Zamocowanie linek do uchwytu powinno być bardzo solidne. Pamiętajmy, że w miejscu zamocowania (wiązania, lutowania itp.) linka jest osłabiona i wytrzymałość tego miejsca prawie zawsze jest mniejsza niż wytrzymałość samej linki. Dotyczy to zwłaszcza linek wykonanych z pojedynczego stalowego drutu, który jest bardzo wrażliwy na wszelkiego rodzaju zagięcia lub załamania.



6-4. Różne sposoby zakończenia linek

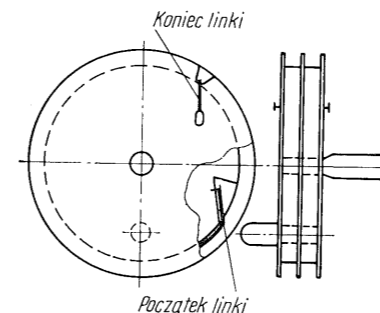
Wiążąc stalowe linki wprost do uchwytu należy unikać załamania linki. Uchwyt w miejscu zamocowania nie powinien być zbyt cienki, a brzegi otworu służącego do zawiązania linki należy łagodnie zaokrąglić, aby linka ułożyła się w nim bez załamania. Jeżeli chcemy stosować linki odejmovane od uchwytu (np. w celu zwinięcia ich później na osobnym bębnie), to należy zaopatrzyć uchwyt w zatrzaski przymocowane do niego wprost lub za pośrednictwem krótkich odcinków drutu. W takich przypadkach linki muszą mieć odpowiednie zakończenia, umożliwiające zamocowanie ich w zatrzaskach, od wykonania których w dużej mierze zależy wytrzymałość połączenia. Ilustruje to rysunek 6-4; pokazano na nim rozmaite rodzaje zakończeń linek, uwzględniając ich wytrzymałość. Takie same zakończenia powinny mieć linki od strony modelu. Do zwijania linek należy używać specjalnych bębnow wykonanych ze sklejki, tak jak na rysunku 6-5. W niektórych przypadkach bęben może zarazem spełniać rolę uchwytu sterowego (rys. 6-6). Uchwyt taki nie jest jednak najwygodniejszy. Pożądane jest zaopatrzyć się w kilka takich bębnow, na których będziemy trzymać rozmaite linki oraz linki zapasowe. Posiadanie zapasowych linek przygotowanych do natychmiastowego użycia jest bardzo ważne na zawodach.

Jeszcze jedna bardzo ważna uwaga: część uchwytu, która połączona jest z linką powodującą wychylenie steru do góry, powinna być wyraźnie zaznaczona przez pomalowanie kolorem odcinającym się wyraźnie od pozostałych części uchwytu (rys. 6-7). Tego rodzaju postępowanie ma na celu zabezpieczenie się przed ujęciem uchwytu odwrotnej strony, co mogłoby spowodować poważne komplikacje, a nawet kraknę, gdyby model wystartował w tych warunkach.

A teraz kilka uwag o rodzajach, eksploatacji i konserwacji linek używanych do sterowania modeli na uwięzi.

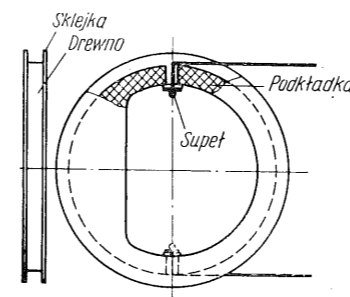
Na linki używamy dwóch zasadniczych materiałów — nici i drutu stalowego.

Linki niciane stosuje się tylko do pilotowania najprostszyc modeli szkolnych i treningowych. Najlepsze są linki jedwabne; są one bardzo mocne oraz gładkie, dzięki czemu stawiają nieduży opór.



6-5. Specjalny bęben do nawijania linek

Linki jedwabne trudno jednak nabyć, co zmusza nas do stosowania w zastępstwie linek z dratwy bawełnianej. Przy sporządzaniu linek z dratwy należy sprawdzić, czy nić nie jest przetarta, czy nie ma na niej podejrzanych zgrubień, węzłów itp. Wytrzymałość, a więc i grubość nici użytej na linki zależy od tego, jakim modelem mamy zamiar sterować. Wytrzymałość nici może być bardzo różna, zależnie od jej rodzaju i gatunku. Można ją określić doświadczalnie, obciążając nitkę aż do zerwania. Dla zachowania pełnego bezpieczeństwa do różna wytrzymałość jednej linki powinna być 10



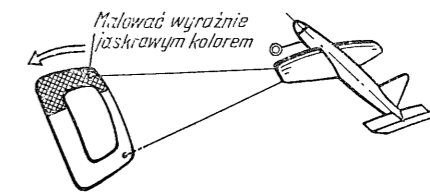
6-6. Uchwyt sterowy przystosowany do nawijania linek

razy większa niż ciężar modelu. Nitki powinny być gładkie — można je specjalnie wygładzić przez natarcie woskiem.

Linki niciane trzeba często kontrolować, zwłaszcza w miejscach zamocowania. Jeżeli spostrzeżemy choćby najdrobniejsze przetarcie, linki należy natychmiast wymienić. Lepiej wyrzucić kilkadziesiąt metrów nici niż rozbić model.

Linki stalowe wykonujemy z drutu stalowego, tzw. fortepianowego. Nazwa pochodzi stąd, że drut taki używany jest na struny do instrumentów muzycznych. Drut fortepianowy odznacza się bardzo

dużą wytrzymałością. Tego rodzaju linek będziemy używali przede wszystkim do pilotowania modeli szybkich oraz dużych modeli redukcyjno-latających i treningowych. Do pilotowania modeli akrobacyjnych linki wykonane z pojedynczego stalowego drutu nie nadają się, ponieważ mają skłonność do zaplątania się i mogą spowodować w pewnych warunkach zupełne zablokowanie układu sterowego.



6-7. Znakowanie uchwytu sterowego

rowego. Do modeli akrobacyjnych używa się linek plecionych z bardzo cienkich stalowych drucików.

Doraźnej wytrzymałości linek stalowych nie będziemy już określać, istnieją bowiem przepisy, które te sprawy regulują.

Do sporządzenia linek stalowych nadaje się drut, który jest gładki i nie ma żadnych zagięć, załamań ani żadnych śladów rdzy. Jest to bardzo ważne. Najmniejsze bowiem osłabienie może spowodować zerwanie się linki, jeżeli nie zaraz, to w niedalekiej przyszłości. Specjalnie należy uważać, aby na drutach nie tworzyły się pętle, które później łatwo „zaciągnąć”, jeżeli naprężymy linki. „Zaciągnięte” pętle pękają bardzo łatwo. Linek stalowych, jeżeli zostały np. zagięte, nie wolno prostować, jak również na nic się nie przyda odwijanie „zaciągniętych” pętli. Linki takie należy bezwzględnie wymienić. Ponieważ, jak to już wspomnieliśmy, linki stalowe łatwo mogą się splątać, powinniśmy zawsze dbać o to, aby były one rozdzielone i nie stykały się ze sobą. Przed każdym startem trzeba linki sprawdzić i ewentualnie rozdzielić.

Po lotach linki należy nawinąć na bęben i natłuścić olejem, aby zabezpieczyć je przed korozją.

Uwaga: Nie należy wykonywać linek z żyłki wędkarskiej. Żyłka taka wyciąga się w czasie lotu, co utrudnia, a nawet uniemożliwia pilotaż!

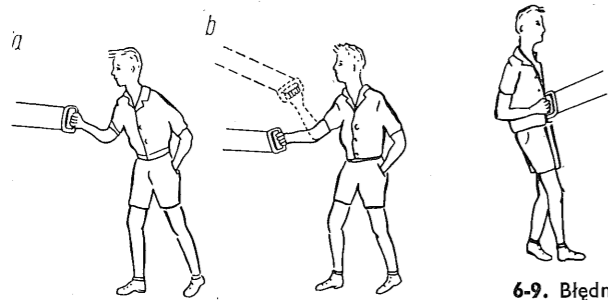
Pozycja pilota

Zajęcie właściwej pozycji i nabranie odpowiednich nawyków w pilotowaniu jest sprawą bardzo ważną. Zasadniczo nie ma sztywnej recepty na określenie najlepszej pozycji; każdy pilotuje swe modele w taki sposób, jak jest mu wygodnie. Chodzi głównie o to, aby pozycja nie krępowała ruchów, aby modelarz-pilot czuł się możliwie najbardziej swobodnie.

Pilotujemy model w pozycji stojącej, prawą ręką trzymamy uchwyt sterowy. Lewą ręką możemy włożyć np. do kieszeni, aby „nie zawadzała”. Kiedy model leci, pilot obraca się wraz z nim. Obracając się mamy dużą swobodę ruchów; niekoniecznie trzeba dreptać w tym samym miejscu, lecz wprost przeciwnie, powinniśmy poruszać się możliwie najswobodniej po całej przestrzeni dostępnej dla pilota. Przestrzeń ta powinna być możliwie wyraźnie zaznaczona.

Uchwyt sterowy trzymamy w dłoni pewnie, lecz nie kurczowo. Ręka powinna być lekko i swobodnie ugięta w łokciu, tak jak to jest pokazane na rysunku 6-8a. W tym położeniu dłoń powinna się znajdować nieco powyżej pasa.

Zmianę położenia uchwytu, pociągającą za sobą wychylenie steru do dołu lub w górę, dokonujemy uginając rękę w stawie nadgarstkowym i łokciowym, a ponadto uginamy lekko całe ramię (rys. 6-8b). Można również pilotować model wyprostowaną ręką — pozycja ta nie jest jednak zbyt wygodna. Pilotaż przy pomocy wyciągniętej ręki stosuje się w niektórych momentach lotu, a zwłaszcza przy starcie i przy lądowaniu. Unosząc dłoń wraz z uchwytem do góry, oprócz tego, że ściągamy ster, sprawiamy ponadto pewną ulgę modelowi, który w danej chwili znajduje się poniżej dłoni pilota.



6-8 Sposób trzymania uchwytu sterowego

6-9. Błędny sposób trzymania uchwytu sterowego

Podobnie jeżeli chcemy nieznacznie zmienić wysokość lotu — wystarczy, nie zmieniając położenia uchwytu, unieść go w górę lub opuścić w dół. Model podąży wtedy za uchwytem.

Zasadniczym błędem pilotażu wynikającym ze złej pozycji pilota jest kurczowe trzymanie uchwytu w „zesztywniałej” z wrażeń rękę. Niektórzy wyobrażają sobie, że ręka trzymająca swobodnie będzie podskakiwać w takt kroków i że spowoduje to zakłócenie lotu. Aby rękę unieruchomić, przyciskają ją zazwyczaj do boku (rys. 6-9) tak, że swoboda ruchu z wyjątkiem dłoni pozostaje ograniczona. Takie rozumowanie i postępowanie jest niesłuszne i może doprowadzić do rozbicia modelu. Aby wyjaśnić, na czym tutaj polega błąd, posłużę się przekonującym przykładem. Zastanówmy się, jak niesie się talerz po brzegi wypełniony zupą? Prawda, że ręka jest wtedy swobodna i lekko ugięta, tak aby mogła jak najlepiej amortyzować wstrząsy? Spróbujmy teraz dokonać tej sztuki trzymając rękę przyciśniętą do boku. Wstrząsy przeniosą się na rękę, a zupa zostanie niewątpliwie rozlana.

Start

Pierwszy start budzi zawsze najwięcej wątpliwości i obaw. Obawy te są jednak bezpodstawne. Trzeba się tylko do tego pierwszego startu dobrze przygotować. Oczywiście, nie nauczymy się od razu prawidłowego pilotażu, nawet po przeczytaniu książki na ten temat. Pilotaż w dużej mierze polega na wyrobieniu sobie całego szeregu odruchów; zmiany

w locie odbywają się bowiem tak szybko, że byłoby wprost niemożliwością przeprowadzać podczas lotu jakieś głębsze analizy i wcielać je później w czyn za pomocą steru.

Analizując przyczyny nieudanych startów modeli na uwięzi można dojść do następującego wniosku: w większości wypadków przyczyną kraksy podczas startu jest zaskoczenie. Model na uwięzi jako rzecz martwa podlega „ogólnym prawom natury” i odznacza się nie byle jaką złośliwością. Pilot spodziewał się spokojnego, prawidłowego startu — „tak jak na samolocie” — tymczasem model zaraz po oderwaniu się od ziemi „machnął” sobie pionową „świecę”. Lub inaczej: spodziewano się myśliwskiego startu, by zadziwić tłumnie zebraną, a nieproszoną zwykle w takich okolicznościach „publiczność” — znów kompromitacja! Model jak samochód wyścigowy pędzi po ziemi i ani do góry lecieć nie chce, ani się złapać nie daje.

W takich przypadkach — a przytoczyć można ich bardzo wiele — niefortunny pilot zazwyczaj „traci głowę”. Skutek jest prawie zawsze ten sam — model mniej lub bardziej uszkodzony.

Wniosek stąd może być tylko jeden: skoro zaskoczenie w przeważającej liczbie wypadków decyduje o „zwycięstwie” modelu nad pilotem, to musimy wyeliminować możliwość zaskoczenia — solidnie się przygotować, opracować plan startu i lotu. Wtedy wszystko okaże się dużo prostsze.

Technika startu

W swej klasycznej (samolotowej) postaci start przedstawia się tak, jak pokazano na rysunku 6-10. Możemy w przebiegu startu wyodrębnić trzy charakterystyczne etapy:

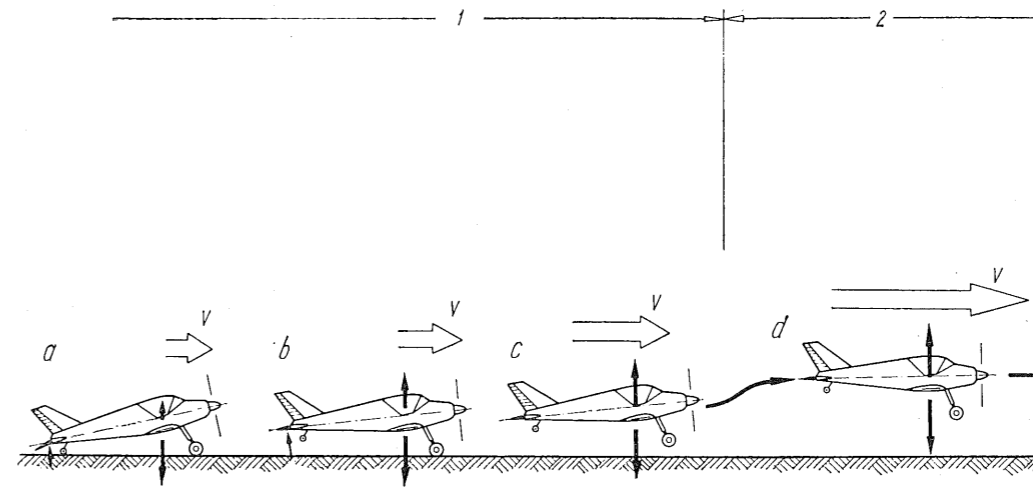
- rozbieg po ziemi do chwili oderwania i oderwanie,
- wytrzymanie modelu na niewielkiej wysokości dla nabrania prędkości i przejście do lotu wznoszącego,
- odcinek od lotu wznoszącego aż do osiągnięcia pewnej umownej wysokości;

będziemy przyjmowali, że start trwa aż do chwili, kiedy model osiągnie poziom ręki pilotującego, a więc wysokość ok. 1 m.

Takim klasycznym „samolotowym” startem mogą się pochwalić jedynie modele zaopatrzone w niezbyt mocne silniki, lecz o dużej powierzchni nośnej — tak jak WICHEREK.

Modele tego typu startują powoli, start jest długi i rozciągnięty, a poszczególne etapy wyraźnie zaznaczone. Powolny przebieg startu, jak również nieduża prędkość oderwania, będąca wynikiem umiarkowanego obciążenia powierzchni nośnej, sprawiają, że modele o takiej charakterystyce nadają się doskonale do szkolenia. Pilot ma bowiem czas na obserwację i ewentualne poprawki. Nieduża prędkość modeli szkolnych w połączeniu z powolną reakcją na wychylenia sterów i dużą statecznością stwarzają mniejsze możliwości rozbicia modelu przy starcie.

Jak będzie wyglądał pilotaż takiego modelu? Pilotaż jest bardzo prosty. Modelu się prawie wcale nie pilotuje, a dowcip cały tkwi w tym, aby modelowi nie przeszkadzać w samodzielnym starcie i w locie. Przed startem ustawiamy ster w poło-



6-10. Klasyczny (samolotowy) przebieg startu

zeniu zerowym i kiedy pomocnik wypuści model, naszym zadaniem jest czekać. Mechanizm startu jest następujący.

Wskutek działania siły ciągu, która pokonuje opór toczenia się kółek po ziemi, model rusza z miejsca i zaczyna powoli nabierać prędkości. Załóżmy, że model ma podwozie dwukołowe z kółkiem lub płożą ogonową. W miarę jak prędkość modelu rośnie, wzrasta również siła nośna na skrzydle i na usterzeniu poziomym, które jest nastawione pod pewnym kątem w stosunku do strug napływającego powietrza (rys. 6-10a). Z chwilą gdy siła nośna na usterzeniu przekroczy pewną wielkość, ogon modelu zacznie się unosić do góry (rys. 10b). Ponieważ uniesienie ogona spowoduje spadek oporów (zmniejszą się kąty natarcia wszystkich elementów modelu), model od tej chwili zacznie gwałtownie przyspieszać, siła nośna wzrasta, a nacisk wywierany na koła maleje. W końcu, gdy siła nośna zrównoważy ciężar modelu, nacisk kół zanika (rys. 6-10c) — model muska kołami ziemię, odrywa się od niej i następuje teraz wzrost prędkości w locie poziomym (rys. 6-10d).

Po osiągnięciu pewnej prędkości (rys. 6-10e) istniejący jeszcze nadmiar siły ciągu śmigła powoduje, że siła nośna przewyższa ciężar, tor lotu zakrzywia się w górę i w ten sposób ustala się wznoszenie pod takim kątem, jaki wynika z nadmiaru ciągu i mocy silnika (rys. 6-10f).

Rozważmy obecnie, co dzieje się ze sterem wysokości, (pamiętamy, że przed startem ustawiliśmy ster w położeniu neutralnym), jeżeli nie zmienimy położenia uchwytu sterowego.

Układ sterowania — linki-orczyk-uchwyt — nie stanowi idealnego równoległoboku. Jest to jak gdyby równoległobok skręcony o 90°; orczyk znajduje się bowiem w płaszczyźnie poziomej, a uchwyt trzymamy pionowo. Z chwilą gdy model rozpoczyna wznoszenie, linki przyłączone do końcówek na skrzydle modelu zataczają dwa niezależne łuki, co wynika z tego, że są one uwiązane do uchwytu w pewnej od siebie odległości. W związku z tym, kiedy model wzniesie się na pewną wysokość, końce linek nie pokrywają się już ze sobą (gdy patrzymy na nie z przodu), lecz ulegają przesunięciu w taki sposób, że powoduje to wychylenie steru w dół. Wznoszenie ustaje i w rezultacie na pewnej wysokości ustala się lot poziomy.

Gdy zjawisko przebiega odwrotnie, to opuszczeniu się modelu towarzyszy wychylenie steru do góry. Widzimy więc, że układ sterowania za pomocą poziomego orczyka i dwóch linek działa uszeregowano, co jest bardzo korzystne.

Wróćmy jednak do zjawiska w locie.

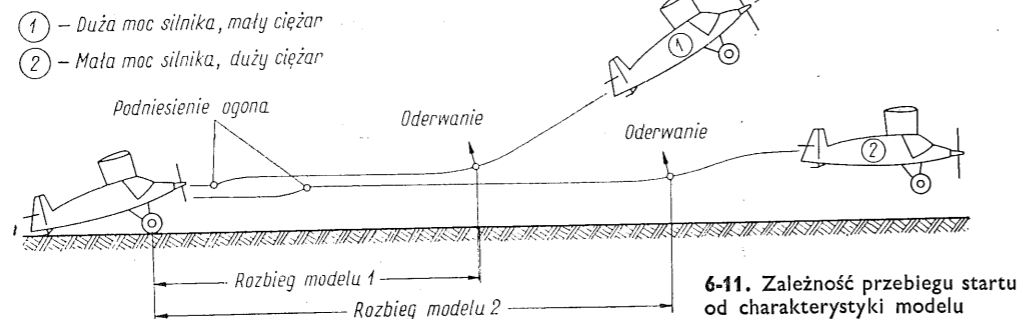
Nasz model, który właśnie wystartował, po osiągnięciu stałej wysokości (dla dobrze wyregulowanego modelu powinna to być wysokość ręki pilota) leci dalej lotem poziomym (patrz rys. 6-10f).

Siła ciągu została zrównoważona odpowiednio wielkim oporem i dalszy lot jest jednostajny. Tak przebiega start idealnego, niezbyt ciężkiego szkolnego modelu na uwięzi.

Wpływ charakterystyki modelu na przebieg startu

Zastanówmy się teraz, jak będą startowały modele o innej charakterystyce.

W miarę wzrostu mocy silnika (przy tym samym ciężarze i obciążeniu powierzchni nośnej) start staje się coraz bardziej dynamiczny. Siła ciągu jest



6-11. Zależność przebiegu startu od charakterystyki modelu

teraz większa, więc i przyspieszenie rośnie. Poszczególne „klasyczne” odcinki startu kurczą się, zanikają, aż w końcu przy bardzo dużej mocy silnika dochodzimy do tego, że profil startu jest już zupełnie niepodobny do przedstawionego poprzednio (rys. 6-10). Model podnosi ogon prawie momentalnie, rozpędza się w bardzo krótkim czasie i po oderwaniu od ziemi natychmiast przechodzi do lotu wznoszącego. Porównanie nowego profilu startu z klasycznym mamy na rysunku 6-11.

Pilotażowo nie będzie żadnej różnicy pomiędzy oboma startami oprócz tego, że nowy start, przebiegając bardziej błyskawicznie i przy większej prędkości, będzie wymagał znacznie większej uwagi i opanowania.

Jeżeli ciężar modelu i moc silnika decydują o tym, w jaki sposób model będzie nabierał prędkości, to obciążenie powierzchni nośnej bezpośrednio wpływa na to, czy model będzie wymagał dużej, czy małej prędkości, aby oderwać się od ziemi. Prędkość ta, zwana prędkością oderwania, jest charakterystyczną wielkością dla każdego modelu lub samolotu i rośnie wraz ze wzrostem obciążenia powierzchni nośnej (przy wzroście ciężaru i zmniejszeniu powierzchni skrzydła).

W miarę jak rośnie prędkość oderwania, przedłuża się, oczywiście, droga startu. I tak np. modele szybkie o dużej mocy, małej powierzchni i znacznym obciążeniu powierzchni nośnej mają start długi i rozciągnięty. Przyspieszenia i prędkości bardzo duże, a wznoszenie po starcie płaskie.

Krańcowym przeciwieństwem takiego startu jest start duży, lekkiego modelu akrobacyjnego o bardzo niewielkim obciążeniu powierzchni nośnej. Modele te dysponują również dużym nadmiarem mocy, a wobec tego, że prędkość, jakiej wymagają do oderwania się od ziemi, jest bardzo niewielka, start jest prawie momentalny, a model bezpośrednio po starcie może przejść do pionowego wznoszenia. Siła ciągu przewyższa bowiem ciężar modelu.

Istnieją jednak zasadnicze różnice w pilotowaniu modelu o małym i o dużym obciążeniu powierzchni nośnej.

Model akrobacyjny zachowuje sterowność już od pierwszych chwil po rozpoczęciu startu, a to dlatego, że wyposażony jest w duże i sprawne ustereżenie poziome, które zdolne jest oddziaływać na model już przy niewielkich prędkościach. Jeśli model taki zostanie podczas startu wytrącony z położenia równowagi, to nawet bez użycia steru powstaną na ustereżeniu wyraźne siły, które przywrócą mu równowagę.

Zupełne przeciwieństwo stanowi ciężki, a malutki model szybki. Jego szczałkowe organy sterowe są niewielkie, a rozpiętość prędkości od chwili rozpoczęcia startu do chwili oderwania jest tak duża, że siły, które na sterzeniu istnieją, nie są zdolne pokonać stosunkowo dużej bezwładności modelu. Model szybki jest bezwładny przez większą część drogi startowej, a pełnej sterowności nabiera dopiero po starcie przy dostatecznie dużej prędkości lotu.

Start modelu na uwięzi podczas wiatru

Wszystkie dotychczasowe rozważania na temat startu odnosiły się do idealnych bezwietrznych warunków. W rzeczywistości warunki takie nie zdarzają się często, a dobry pilot musi umieć startować ze swoim modelem przy każdej pogodzie.

Gdy wieje wiatr, musimy poświęcić nieco uwagi na wybór miejsca, z którego ma być rozpoczęty start. Wiatr niekorzystnie bowiem oddziałuje na startujący model, zwłaszcza w tym miejscach, w których wiejąc z boku spycha model do środka kręgu (rys. 6-12).

Startujący model ze względu na niedostateczną jeszcze prędkość i niewielkie stosunkowo oddziaływanie sił aerodynamicznych nie potrafi skutecznie przeciwstawić się szkodliwemu działaniu wiatru tak, jak to czyni model w locie, kiedy siły aerodynamiczne i siła odśrodkowa są dostatecznie duże. Szczególnie niekorzystny moment jest wtedy, kiedy model znajduje się w powietrzu tuż po oderwaniu się od ziemi. Znika wtedy ustajejące działanie siły tarcia kół o podłoże, a model, który nie zdążył się jeszcze rozpędzić, pozostawiony jest sam sobie na łaskę i niełaskę wiatru.

Z tego względu należy wybrać takie miejsce startu, aby model po oderwaniu się od ziemi nie znalazł się w strefie niekorzystnego działania wiatru (przeźreżenie zakreskowane na rysunku 6-12).

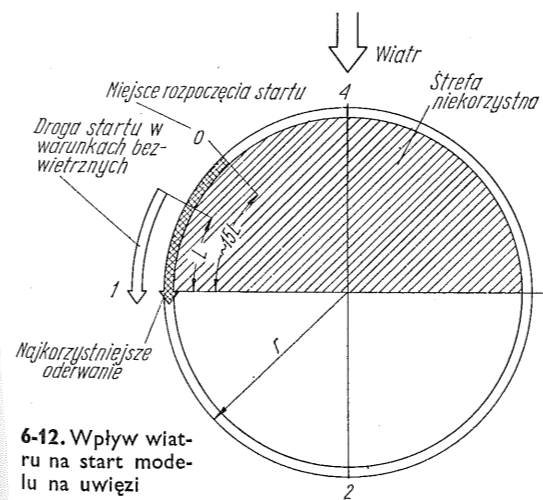
Najlepiej byłoby, gdyby model oderwał się mając wiatr z tyłu. Mógłby on wtedy wykorzystać tylny wiatr na odcinku od 1 do 2 na szybsze dojście do prędkości maksymalnej. Trzeba więc dążyć do tego, aby oderwanie nastąpiło właśnie w okolicach pkt. 1. Dokonać tego możemy odmierzając od pkt. 1 (w kierunku pod wiatr) długość startu zmierzoną w warunkach bezwietrznych, dodając jeszcze pewien zapas, ze względu na to, że start odbywa się teraz z tylnym wiatrem. Oczywiście, nie należy tutaj przeprowadzać jakichś aptekarskich obliczeń; zazwyczaj wystarczy przedłużyć drogę startu około półtora-krotnie. Otrzymujemy teraz punkt 0, z którego należy rozpocząć start.

Jak widzimy, w modelarstwie na uwięzi obowiązuje zupełnie inna zasada niż w lotnictwie prawdziwym — podczas gdy samolot zawsze startuje pod wiatr, dla modelu na uwięzi taki start może okazać się niebezpieczny.

Nie należy jednak wyciągać z tego zbyt pochopnych wniosków, są bowiem takie przypadki, kiedy możemy, a nawet musimy startować modelem na uwięzi pod wiatr.

Można startować pod wiatr, kiedy jego natężenie nie stanowi niebezpieczeństwa dla modelu. Zdarza się także nieraz, że wypadnie startować z trudnego wyboistego terenu, gdzie start z wiatrem jest niemożliwy choćby z tego względu, że model nie mógłby osiągnąć w takim terenie dostatecznie dużej prędkości, niezbędnej do oderwania się. Wówczas zmuszeni jesteśmy startować pod wiatr.

Również nie zawsze jest możliwe, aby model oderwał się w najkorzystniejszym punkcie. Są modele, które potrzebują do startu pół okrążenia lub nawet więcej. Taki model, aby mógł oderwać się w punkcie 1, musiałby rozpocząć start pod wiatr i przejść przez najbardziej niekorzystny obszar.



6-12. Wpływ wiatru na start modelu na uwięzi

Wtedy musimy się zdecydować na pewien kompromis i dopuścić do tego, aby oderwanie nastąpiło w pkt. 2 lub dalej.

Jeszcze jedna mała uwaga: startując z wiatrem nie należy dążyć do oderwania modelu za wszelką cenę przez przedwczesne ściąganie steru. Oderwanie na małej prędkości spowodowane ściąganiem steru jest groźniejsze niż dłuższy start, choćby miał on nastąpić nawet pod wiatr. Przedwczesne ściąganie steru na małej prędkości, kiedy model jeszcze kołuje, może ponadto spowodować, że wiatr

wywróci model, dmuchając z tyłu w uniesione płaszczyzny sterowe.

Oprócz umiejętności prawidłowego przeprowadzenia startu modelu na uwięzi podczas wiatru nie mniej ważna jest umiejętność poprowadzenia modelu w locie tuż po starcie.

Jeżeli oderwanie modelu ma nastąpić z tylnym wiatrem, to dokonujemy tego zazwyczaj przez lekkie, bardzo delikatne ściągnięcie steru. Gdybyśmy jednak pozostawili ster w tym położeniu, wówczas model wlatując pod wiatr zacząłby nabierać wysokości i tracić prędkość, a ponieważ w wysokim locie z przechyłem płaszczyzny nośnej stanowiłby doskonałe oparcie dla porywów wiatru, niewątpliwie doszłoby do zwolnienia linek i do krasky.

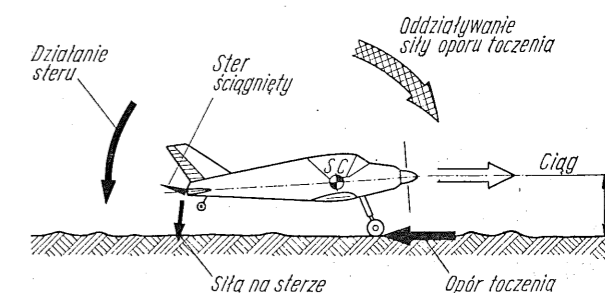
Aby uniknąć tej przykłej ewentualności, należy pamiętać o tym, że nie można w żadnym przypadku dopuścić do tego, aby model startując w czasie wiatru przechodził pod wiatr na dużej wysokości, wystawiając na jego działanie spodnią stronę swych płaszczyzn nośnych.

Należy bacznie obserwować model bezpośrednio po starcie i skoro tylko zauważymy u niego tendencję do nabierania wysokości, ster trzeba „odać”, a przy wejściu pod wiatr należy „podusić” model, ile tylko można, prowadząc go najniżej. Niejednokrotnie zdarza się, szczególnie wtedy gdy oderwanie przypada prawie pod wiatr (w okolicach pkt. 3), że zachodzi konieczność wykonania takiego oto manewru: ściągając lekko ster powodujemy oderwanie modelu od ziemi, a ponieważ nastąpiło to w chwili, kiedy model już wychodzi pod wiatr, takie ściągnięcie steru spowoduje natychmiastowy dość gwałtowny przystop wysokości. Wówczas natychmiast oddajemy ster i tracąc wysokość zamieniamy ją na tak niezbędną dla modelu prędkość. Czasami oba te ruchy są prawie jednocześnie, zwłaszcza przy silnym wietrze.

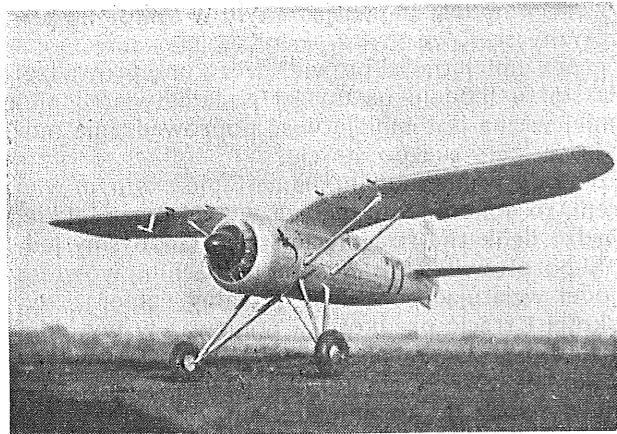
Oczywiście przy ocenie możliwości startowych podczas wiatru trzeba brać pod uwagę techniczną charakterystykę modelu. Ogólnie mówiąc, wiatr stanowi znacznie większe niebezpieczeństwo dla modeli zaopatrzonych w słabe silniki, a mających jednocześnie duże powierzchnie nośne, aniżeli dla małych modeli z mocnymi silnikami.

Start z przygodnego terenu

Zdarzy się nam zapewne nieraz, że zmuszeni będziemy do startu modelem na uwięzi w terenie przygodnym, o którym mówi się, że jest „ciężki” lub „trudny”. Czym różni się start z trudnego terenu od startu zwyczajnego? Zasadnicza różnica polega na tym, że model napotyka zwiększone opory kołowania. Spójrzmy na rysunek 6-13.



6-13. Siły działające na model podczas startu w ciężkim, nierównym terenie.

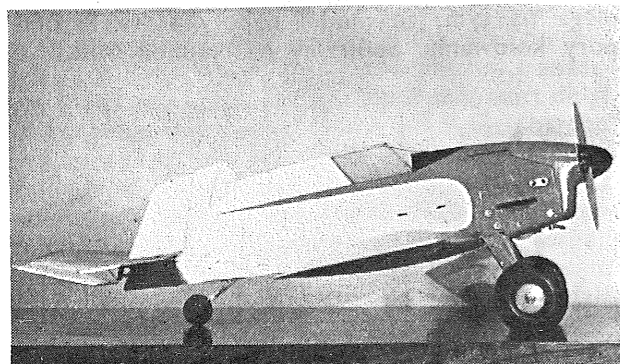


6-14. Duży model samolotu startuje z drogi gruntowej
(foto autora)

Siła oporu toczenia się kół po nierównościach terenu działając na pewnym ramieniu względem środka ciężkości usiłuje obrócić model na nos. Działanie to możemy wyrównać jedynie przeciwnym działaniem steru poziomego. Startując z ciężkiego terenu musimy zatem wychylić do góry ster wysokości, aby przeciwdziałał tendencji do kapotażu. Ponadto ściągnięcie steru podczas startu jest korzystne również z tego względu, że model przechodzi na większe kąty natarcia, w rezultacie czego siła nośna narasta intensywniej i szybciej zmniejsza się obciążenie kół.

Oczywiście nie każdy model potrafi wystartować z ciężkiego terenu. Trudno byłoby wymagać tej zdolności np. od modelu szybkiego, który mimo że posiada dostatecznie mocny silnik, to jednak z przygodnego terenu nie wystartuje, bo nie może rozwinąć dostatecznej prędkości. Również modele o zbyt małej mocy, czyli mające duże obciążenie mocy, nie potrafią startować w ciężkich warunkach z tego względu, że silnik nie jest w stanie pokonać zwiększonych oporów toczenia oraz oporów aerodynamicznych wynikających z dużego kąta natarcia.

W ciężkich warunkach najlepiej zdają egzamin modele, które mają charakterystykę zbliżoną do modeli akrobacyjnych. Nie oznacza to bynajmniej, że start innych modeli jest niemożliwy. Owszem, start taki jest możliwy, lecz wymaga większej umiejętności i uwagi. Z ciężkiego terenu, na przykład z drogi gruntowej, mogą startować nawet modele redukcyjno-latające, takie choćby jak ten P-24, którego widzimy na fotografii (rys. 6-14).



6-15. Model, który idealnie nadaje się do eksploatacji w ciężkich terenie
(foto autora)

Wielkość wychylenia steru niezbędna do prawidłowego przebiegu startu jest różna dla rozmaitych modeli i zależy oczywiście od terenu. Jeżeli chodzi o kąt natarcia, to w skrajnym przypadku nie może on być większy niż kąt powstały z ustawienia kół podwozia.

Niejednokrotnie zdarza się, że model startuje w ciężkich warunkach bez unoszenia ogona — od razu z „trzech punktów”. Start taki mogą wykonywać tylko modele o małym obciążeniu mocy i małym obciążeniu powierzchni.

Podwozie trójkołowe mimo swoich niewątpliwych zalet nie bardzo nadaje się do terenowych startów z tego względu, że postojowy kąt natarcia jest w tym układzie zazwyczaj nieduży.

Model „terenowy” powinien więc odznaczać się następującymi właściwościami:

- mieć nisko umieszczony środek ciężkości,
- wysokie podwozie, dobrze rozwiązane konstrukcyjnie (zapewniające dobrą amortyzację) i wysunięte przed środek ciężkości,
- koła podwozia możliwie miękkie i o dużej średnicy opon,
- mocny silnik, dość dużą powierzchnię nośną i mały ciężar, czyli małe obciążenie mocy i małe obciążenie powierzchni nośnej.

Przykład takiego terenowego modelu widzimy na rysunku 6-15.

Jak skrócić rozbieg modelu?

Zdarza się niekiedy, zwłaszcza w terenie przygodnym, że długość dobrej drogi startowej jest zbyt mała, aby model mógł z niej normalnie wystartować. Co należy wtedy uczynić? Czy istnieją możliwości skrócenia rozbiegu?

Przed wszystkim trzeba zrobić małe zastrzeżenie: możliwości takie, owszem, istnieją, lecz nie są one zbyt wielkie i są rozmaite dla różnych modeli. Niektóre modele należałoby w ogóle wyłączyć z dyskusji. Są to modele szybkie.

Rozpatrując możliwości skrócenia startu modelu na uwięzi, musimy podzielić modele na dwie zasadnicze grupy: modele akrobacyjne i podobne oraz modele o dużym obciążeniu mocy.

● Startując modelem o charakterystyce zbliżonej do modelu akrobacyjnego osiągniemy skrócenie rozbiegu stosując metodę podobną, jak przy starcie z ciężkiego terenu. Ściągamy ster i staramy się przeprowadzić start na dużym kącie natarcia. Model odrywa się z mniejszą prędkością przy jednoczesnym skróceniu rozbiegu. Tego rodzaju „metody” można stosować jedynie w tych przypadkach, kiedy duży nadmiar mocy gwarantuje, że silnik upora się ze zwiększonym oporem startu na dużym kącie natarcia i umożliwi modelowi przejście wprost do lotu wznoszącego.

● Zupełnie inaczej przedstawia się start modelu ze słabym silnikiem. Stosujemy wtedy podobną receptę jak dla samolotu. Naszym zadaniem będzie umożliwić modelowi jak najszybsze rozpędzenie się do prędkości, przy której możliwe jest bezpieczne oderwanie modelu od ziemi. Należy więc zmniejszyć opory do minimum. Duże kąty natarcia powodują powstawanie dużych oporów, z którymi słaby silnik nie umie sobie poradzić. Należy więc przez oddanie steru spowodować jak najszy-

bsze uniesienie ogona i prowadząc model na małych kątach natarcia rozpędzić go do prędkości oderwania, a następnie ściągając ster spowodować oderwanie od ziemi. Oczywiście przed tym (podczas normalnych startów) należy nabyć wprawy w ocenie prędkości.

Omówiliśmy dwa skrajne przypadki — będą więc i pośrednie, przy których musimy wypracować sobie najkorzystniejszą kompromisową metodę krótkiego startu.

Lot

Skoro model wystartował, nie należy się tym faktem zbytnio przejmować lub, co gorsze, denerwować. Pilotujemy spokojnie, tak jak gdyby nic nie zaszło, i obserwujemy model, trzymając uchwyt sterowy cały czas w tym samym położeniu, w jakim ustawiliśmy go przed startem, to znaczy w neutrum.

Po oderwaniu się od ziemi model rozpocznie wznoszenie, które będzie mniej lub więcej strome, zależnie od właściwości modelu i ustawienia steru wysokości. Początkujący modelarze popełniają w tym momencie przeważnie ten sam błąd, a mianowicie starają się przez oddanie steru przeciwdziałać naturalnej tendencji modelu do wznoszenia się. Taka reakcja spowodowana jest zazwyczaj obawą, że model wznosząc się spowoduje zwolnienie naciągu linek i utratę sterowności. Obawa tego rodzaju nie ma żadnego uzasadnienia — model nie będzie się wznosił w nieskończoność i nawet jeżeli nie zmienimy położenia steru, wznoszenie ustanie i na pewnej, zazwyczaj niewielkiej wysokości ustali się lot poziomy. Wynika to z właściwości samego układu sterowania, o czym już wspominaliśmy.

Zadanie nasze w pierwszej fazie lotu polega więc na tym, aby nie reagować sterem na wznoszenie się modelu i poczekać, aż model sam ustali sobie lot poziomy. Jeżeli nastąpiło to zbyt wysoko, można dokonać niewielkiej korekty lekko oddając ster. W dalszym locie należy tylko zachować spokój, oswoić się z lotem nie wykonując sterem żadnych większych ruchów. Nasze zadanie powinno polegać na kontynuowaniu lotu poziomego, aż do wyczerpania się paliwa.

Pilotując model, a właściwie nie przeszkadzając modelowi w locie, należy starać się o zachowanie możliwie największej swobody zarówno przy poruszaniu się, jak i przy obserwacji. Należy sobie wyrobić nie skrępowane ruchy, nie trzymać sztywno uchwytu sterowego i nie wpatrywać się zbyt mocno w model, bo można się potknąć i wywrócić. Trzeba tak podzielić uwagę, by widzieć nie tylko model, lecz również i to, co mamy pod stopami. Jeżeli po wykonaniu kilku takich zapoznawczych lotów stwierdzimy, że czujemy się już zupełnie swobodnie, możemy sobie pozwolić na wypróbowanie sterowności naszego modelu, obniżając lub zwiększając wysokość lotu za pomocą ruchów sterem. Wszystkie zmiany położenia uchwytu sterowego powinny być wykonywane płynnie i nie nerwowo. Niejednokrotnie wystarczy podnieść lub opuścić nieco rękę, aby model zmienił wysokość

lotu. W żadnym przypadku nie należy gwałtownie reagować sterem, jeżeli model doznał chwilowego zachwiania równowagi na skutek na przykład podmuchu wiatru.

W miarę nabywania coraz większej rutyny w pilotowaniu i prawidłowych odruchów będziemy mogli sobie pozwalać na coraz to śmielsze ewolucje. Dowcip opanowania techniki pilotażu modeli na uwięzi w jak najszerszym zakresie (łącznie z akrobacją) polega przede wszystkim na nieustannym treningu. Trzeba dużo latać i to z różnymi modelami i w każdych warunkach, aby nabyć pewności siebie i szybkości decyzji, tak niezbędnych dla doświadczonego pilota.

Stateczność i sterowność modelu na uwięzi

Stateczność jako zdolność samodzielnego utrzymania określonego stanu lotu oraz powrotu do tego stanu po zakłóceniu jest naturalną właściwością dobrze skonstruowanego modelu. Stateczność ta spotęgowana jest jeszcze dodatkowo korzystnymi właściwościami układu sterowania o systemie U.

Model na uwięzi, który ma dobrą stateczność podłużną, lata właściwie sam, nie trzeba mu tylko przeszkadzać. Latanie z modelem na uwięzi nie ogranicza się jednak tylko do lotu prostego; to dobre jest dla tych, którzy dopiero się uczą pilotować, ale i ci po odbyciu kilku zapoznawczych lotów zapragną czegoś więcej niż trzymanie uchwytu sterowego wciąż w tym samym położeniu. Do głosu dochodzi więc ster poziomy.

A zatem sterowność to druga pożądana cecha naszego modelu. Mówimy, że model jest prawidłowo sterowny, gdy reaguje na wychylenie steru natychmiast i płynnie oraz gdy przestaje reagować wtedy, gdy ster wycofamy. Im mniejsze wychylenie steru jest konieczne do wywołania określonej zmiany stanu lotu, tym model jest sterowniejszy. Powiedzieliśmy poprzednio, że model stateczny sam wraca do położenia równowagi, jeżeli z jakiejś przyczyny zostanie z tego położenia wytrącony. Tą przyczyną powodującą zachwianie rów-

Wpływ czynników konstrukcyjnych na stateczność i sterowność modelu

Tablica 6.1

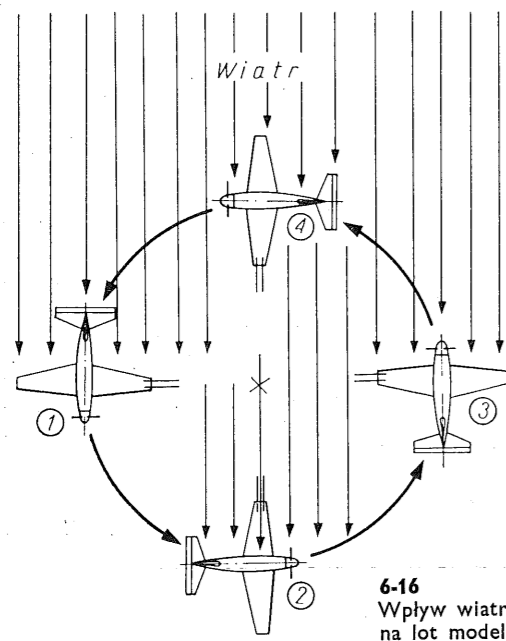
Czynnik		Wpływ na	
		stateczność	sterowność
Bazwładność (ciężar)	duża	—	—
	mała	+	+
Środek ciężkości	w przodzie	+	—
	w tyle	—	+
Profil skrzydła	płasko- wypukły	—	—
	dwuwypukły	+	+
Statecznik poziomy	mały	—	—
	duży	+	—
Odległość statecznika od skrzydła	mała	—	+
	duża	+	—

Znak „+” to wpływ dodatni, znak „—” ujemny

nowagi może być podmuch wiatru, może nią być również wychylenie steru, w naszym przypadku — steru wysokości. Naturalną tendencją statecznego modelu będzie więc dążenie do zmniejszenia reakcji, jaka powinna nastąpić pod wpływem wychylenia steru. Doszliśmy więc do zasadniczego wniosku: poprawa stateczności psuje sterowność — sterowne modele muszą mieć zmniejszoną stateczność. Jest to jednak zasada bardzo ogólna, gdyż są czynniki, które nie tylko psują stateczność, ale jednocześnie i sterowność modelu. Stateczność zależy bowiem nie tylko od sił aerodynamicznych, lecz także od wpływu tzw. sił bezwładności; od położenia środka ciężkości, od właściwości profilu skrzydła, wielkości statecznika poziomego, proporcji steru i mechanizmów sterowania oraz odległości statecznika od skrzydła. Działanie tych czynników obrazuje tablica 6.1.

Pilotaż modelu na uwięzi podczas wiatru

Wiatr niekorzystnie oddziałuje na pilotaż modeli na uwięzi, dlatego inaczej pilotuje się podczas wiatru, a inaczej w czasie pogody bezwietrznej. Spójrzmy na rysunek 6-16. Model na uwięzi zajmuje w ciągu jednego okrążenia wszystkie możli-



6-16
Wpływ wiatru na lot modelu

we położenia względem kierunku wiatru. Zmiany te następują bardzo szybko, bowiem czas trwania jednego okrążenia jest niewielki (2÷5 s, zależnie od prędkości lotu). Przeanalizujemy lot modelu podczas wiatru zakładając, że ster głębokości przez cały czas pozostaje nieruchomy. Rozpocznijmy nasze rozważania od położenia 2. Model znajduje się bokiem do wiatru, który działa w tym przypadku korzystnie, napinając dodatkowo linki. Założymy, że model w tym położeniu miał względem powietrza określoną prędkość, która jest dla niego prędkością maksymalną. Po upływie bardzo krótkiego czasu model przelatuje ćwierć okrążenia i zajmuje położenie 3 wprost pod wiatr. Ponieważ zmiana ta nastąpiła bardzo szybko, prędkość względem ziemi zmniejszyła się niewiele (bezwładność modelu).

W związku z tym rzeczywista prędkość modelu względem powietrza w tym punkcie wzrośnie o wartość prędkości wiatru, a ponieważ ster jest nieruchomy, siła nośna płata zwiększy się i model zacznie nabierać wysokości. Tymczasem model zajął położenie 4 i wiatr nie wpływa już na jego prędkość, wobec czego siła nośna maleje, a model zaczyna opadać. W położeniu tym działanie wiatru jest bardzo niekorzystne, zmniejsza bowiem naciąg linek. Gdy model znajdzie się w położeniu 1, wiatr wiejący od tyłu sprawi, że prędkość jego względem powietrza w dalszym ciągu zmaleje i opadanie jeszcze bardziej się zwiększy. Model zacznie przyspieszać, by wyrównać różnicę prędkości, i w rezultacie przeleci położenie 2 z większą prędkością niż poprzednio, wobec czego wpływ wiatru w punkcie 3 będzie już w drugim okrążeniu znacznie większy — model polecą po torze falistym z tendencją do zwiększania zakłóceń.

Aby zapobiec rozbiciu modelu, musimy interweniować sterem. Pilot początkujący popełnia zazwyczaj wiele błędów. Widząc, że model wznosi się wchodząc pod wiatr, oddaje ster. Zanim ręka modelarza zareaguje na spostrzeżenie wzroku, upływie pewien czas. Zanim model przezwycięży swoją bezwładność i zareaguje odpowiednio na wychylenie steru, też upływie pewien czas. W sumie reakcja modelu na oddany ster nastąpi akurat wtedy, gdy model wyleci już ze strefy „pod wiatr”, a działanie wiatru od tyłu jeszcze bardziej pogłębi nurkowanie modelu. Przerażony pilot gwałtownie ściągnie wtedy ster i model „wrywa” do góry, wchodząc akurat pod wiatr, co powoduje ostrą świecę. Dalsze podobne reagowanie sterem może już doprowadzić do rozbicia modelu.

Czy wobec tego nie można latać modelem na uwięzi w czasie silnego wiatru? Można, trzeba jednak zastosować nieco inną taktykę. Po prostu należy wyprzedzić opóźnienia powstałe w czasie pilotażu. Jeżeli lecąc z wiatrem zaczniemy oddawać ster, to reakcja nastąpi w prawidłowym momencie, mianowicie wówczas, gdy model zacznie wchodzić pod wiatr. Podobnie ściągamy ster, zanim model wleci w strefę „z wiatrem”, tj. w chwili, gdy znajduje się jeszcze w locie pod wiatr. Reakcja modelu na ściągnięty ster nastąpi więc z opóźnieniem, czyli wtedy gdy model leci już z wiatrem. Cała więc sztuka polega na umiejętnym doborze owego wyprzedzenia w zależności od siły wiatru i prędkości modelu.

Lądowanie

Kiedy paliwo w zbiorniku wyczerpuje się, a silnik zaczyna przerywać, jest to znak, że lot ma się ku końcowi i model wkrótce będzie lądował. Należy się przygotować do lądowania. Co więc należy robić? Trzeba przede wszystkim zmniejszyć wysokość lotu do 1÷2 m i czekać spokojnie. Kiedy silnik pracuje nierównomiernie, lot modelu staje się falisty; model nieco „przepada”, kiedy silnik przerywa, a odzyskuje wysokość, gdy silnik znów podejmie pracę. Nie należy reago-

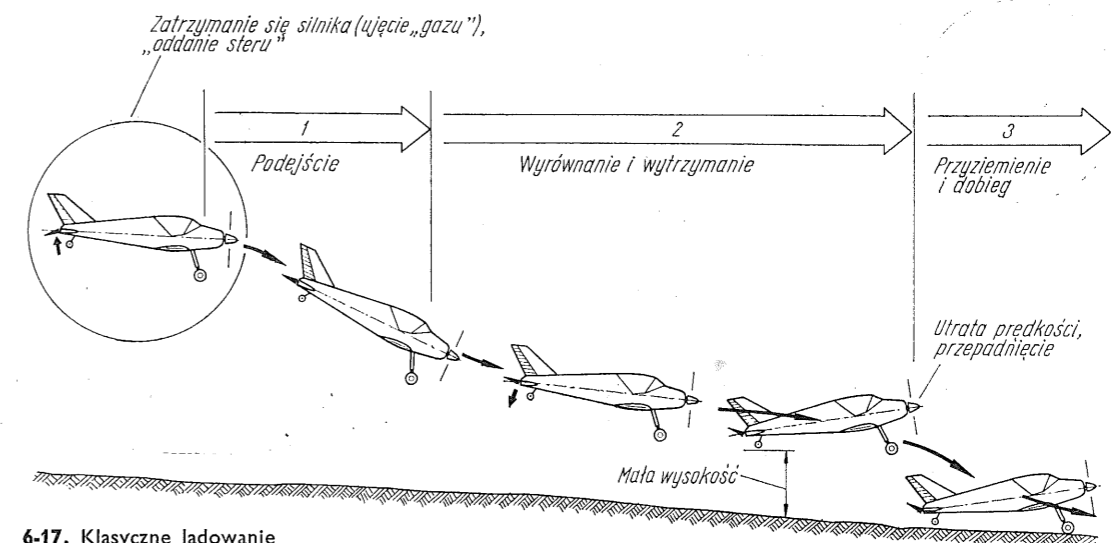
wać sterem na te zakłócenia lotu. Przepadanie modelu na skutek nierównomiernej pracy silnika nigdy nie jest zbyt wielkie i jeżeli tylko zachowamy przyzwoitą wysokość lotu, nie grozi wcale zetknięciem się modelu z ziemią. Odwrotnie, próby wyrównywania lotu w takich przypadkach mogłyby się zakończyć nieprzyjemnie.

Wyobraźmy sobie taką sytuację: silnik przerywał, a pilot ściągnął ster, aby nie dopuścić do przepadnięcia modelu; w tym momencie silnik rozpoczął pracę na nowo, a ponieważ ster był ściągnięty, model wykonał ostrą świecę. Jeżeli teraz silnik zatrzyma się na dobre, to lądowanie z takiej pozycji nie należy do najłatwiejszych.

Technika lądowania

Zasadnicze lądowanie rozpoczyna się w chwili, kiedy silnik zakończy swą pracę. Klasyczne lądowanie (rys. 6-17) odbywa się w kolejności odwrotnej niż start i podobnie jak start składa się również z kilku faz:

- podejście do lądowania, lot ślizgowy, 1,
 - wyrównanie do lotu poziomego i wytrzymanie w locie poziomym dla wytracenia prędkości, 2,
 - przyziemienie i dobieg, 3.
- Silnik już nie pracuje, nie wywiera on zatem żadnego wpływu na przebieg lądowania; o zachowaniu się modelu będą teraz decydowały następujące czynniki:
- obciążenie oraz rodzaj profilu skrzydła,
 - doskonałość aerodynamiczna modelu.



6-17. Klasyczne lądowanie

Obciążenie powierzchni (skrzydła) oraz rodzaj profilu decydować będą o tym, czy lądowanie (przyziemienie) modelu odbywać się będzie z dużą czy też małą prędkością. Mniejsze obciążenie powierzchni nośnej oraz bardziej nośny profil (np. płasko-wypukły) sprzycać będą zmniejszaniu prędkości lądowania.

Doskonałość aerodynamiczna modelu decyduje o tym, jak będzie się odbywało wytracanie prędkości przez model — będzie ono gwałtowne, w przypadku małej doskonałości, powolne, kiedy doskonałość modelu będzie duża.

Według klasycznej reguły, z zachowaniem i wyraźnym zaznaczeniem poszczególnych faz, lądują mo-

dele o małym obciążeniu powierzchni nośnej, odznaczające się ponadto bardzo dobrą aerodynamicznością.

Przeprowadzenie takiego lądowania od strony pilotażowej przedstawia się następująco.

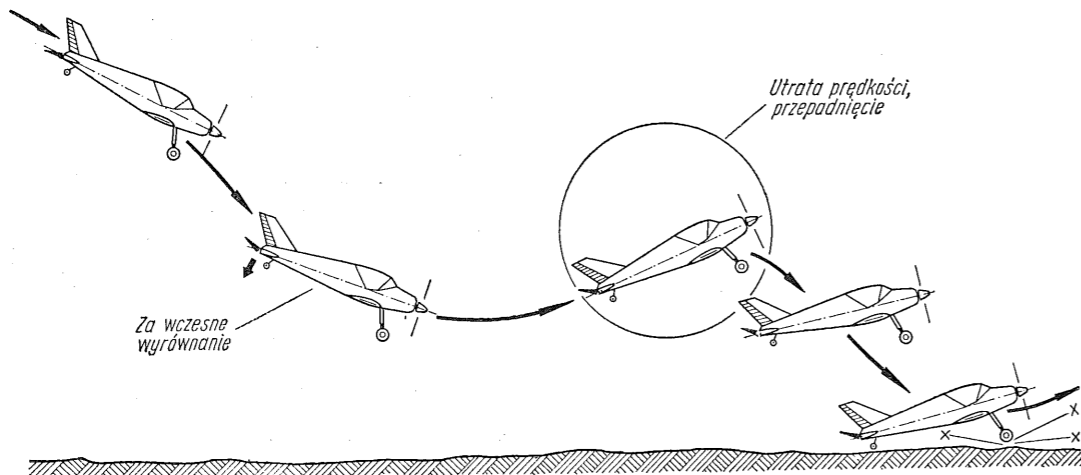
Do lądowania przygotowujemy się na nieco większej wysokości niż normalna, równej około 3 m. Kiedy silnik zatrzyma się, oddajemy lekko ster i wprowadzamy model w lot ślizgowy połączony z nieznacznym nurkowaniem pod kątem 10÷15°. Nachylenie toru lotu powinno być tak dobrane, aby prędkość modelu nie zmniejszała się. W chwili kiedy model znajdzie się na wysokości około 1 m, rozpoczynamy wyprowadzanie z lotu ślizgowego, które powinno nastąpić tuż nad ziemią na wysokości 20÷40 cm. Następny etap — wytrzymanie — jest najtrudniejszy i wymaga dużej precyzji i opamiętania. Pilotaż polega tutaj na tym, aby przez stopniowe wychylenie steru do góry zmniejszać prędkość modelu i przechodzić na coraz to większe kąty natarcia, nie tracąc wysokości ani jej nie zwiększając. W chwili gdy model osiągnie najmniejszą możliwą prędkość, przez dalsze ściągnięcie steru doprowadzamy do oderwania strug na płacie, w rezultacie model przepada lekko i dotyka kołami ziemi.

Przyziemienie powinno nastąpić na „trzy punkty”, to znaczy na koła przednie i koło ogonowe jednocześnie; model powinien potoczyć się dalej po ziemi płynnie, bez podskoków, czyli tzw. „kangurów”. Przed „kangurami” zabezpieczamy się zazwyczaj przez ściągnięcie steru do oporu w chwili, gdy model znajdzie się na ziemi.

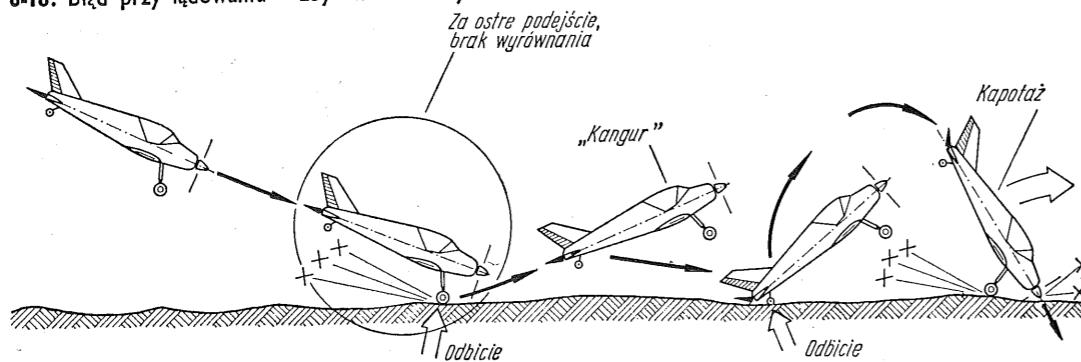
Najczęściej spotykane błędy to:

- Zbyt gwałtowne wyrwanie modelu z lotu ślizgowego; w rezultacie model nabiera ponownie wysokości, tracąc jednocześnie prędkość. Utrata prędkości na zbyt dużej wysokości jest o tyle niebezpieczna, że model jest już niesterowny, wysokość jest zbyt mała, aby go można było znowu rozpędzić, model przepada i brutalnie styka się z ziemią, co nie jest oczywiście dla niego zbyt zdrowe. Przebieg takiego błędnego lądowania jest przedstawiony na rysunku 6-18.

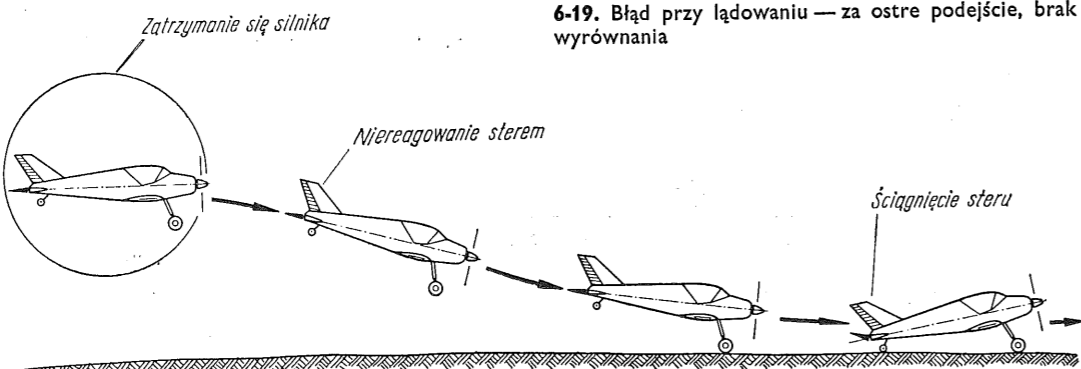
- Drugi równie popularny błąd polega na tym, że model styka się z ziemią na dużej prędkości na skutek zbyt krótkiego okresu wytrzymania.



6-18. Błąd przy lądowaniu — zbyt wczesne wyrównanie



6-19. Błąd przy lądowaniu — za ostre podejście, brak wyrównania



6-20. Tak zwane „niskie lądowanie”

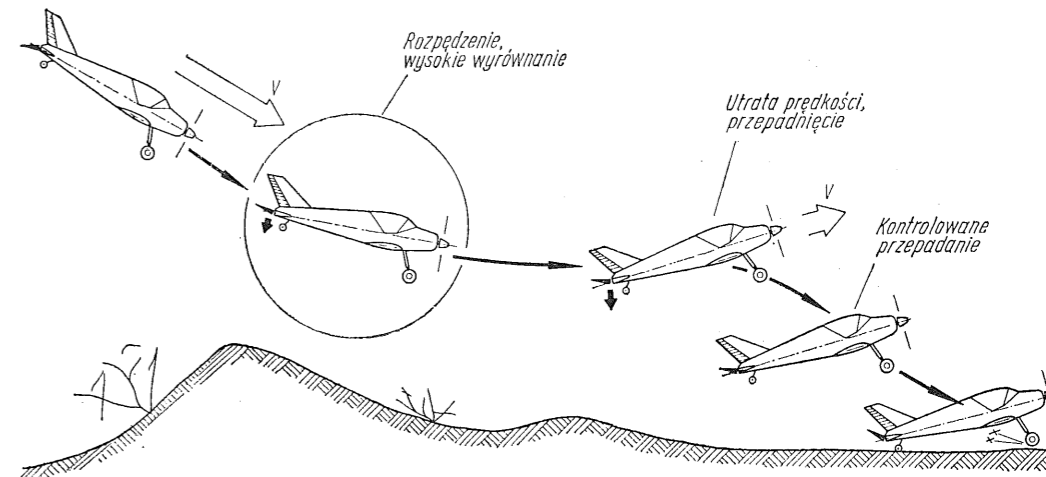
W tym przypadku model dotyka ziemi tylko przednimi kołami, a rezultatem takiego lądowania jest kapotaż lub cała seria podskoków — „kangurów” (rys. 6-19).

Nie zawsze jednak uda się nam przeprowadzić lądowanie modelu na uwięzi w klasyczny, samolotowy sposób. Modele na uwięzi odznaczają się na ogół małą doskonałością aerodynamiczną, a więc dużym oporem. Jest to przyczyną tego, że do oporu samego modelu dochodzi poważny opór linek, a po zatrzymaniu się silnika — opór nieruchomego śmigła. Wskutek hamującego działania dużych oporów model na uwięzi bardzo szybko wytraca prędkość i zazwyczaj nie wystarcza już wysokości, aby go rozpędzić ponownie. Zahamowanie modelu po zatrzymaniu się silnika jest nieraz tak gwałtowne, że przepadanie następuje zanim pilot zdąży wprowadzić model w lot ślizgowy.

Ta właściwość większości (zwłaszcza cięższych) modeli na uwięzi spowodowała, że lądują one w bar-

dzo charakterystyczny sposób. Lądowanie przeprowadza się więc z wysokości możliwie najmniejszej. Po zatrzymaniu się silnika pozostawiamy ster w tym samym położeniu, w jakim był w locie. Model traci wysokość, a jednocześnie wskutek działania oporów maleje jego prędkość. W chwili gdy model znajduje się tuż nad ziemią, płynnie, ale zdecydowanie ściągamy ster, doprowadzając do przyziemia. Ściągnięcie steru powinno nastąpić prawie w tym samym momencie, kiedy model ma dotknąć kołami ziemi, a to dlatego, aby uniknąć ponownego wzlotu. Oczywiście można rozpocząć ściąganie steru już wcześniej — w celu szybszego wytracenia prędkości — powinno ono być jednak delikatne i nie może doprowadzić do ponownego wznoszenia.

Ten drugi najpospolitszy sposób, tzw. niskiego lądowania, jest przedstawiony poglądowo na rysunku 6-20 — model ląduje „na wprost”, z lotu poziomego; poszczególne fazy klasycznego lądowania są niewidoczne.



6-21. Lądowanie w trudnym terenie

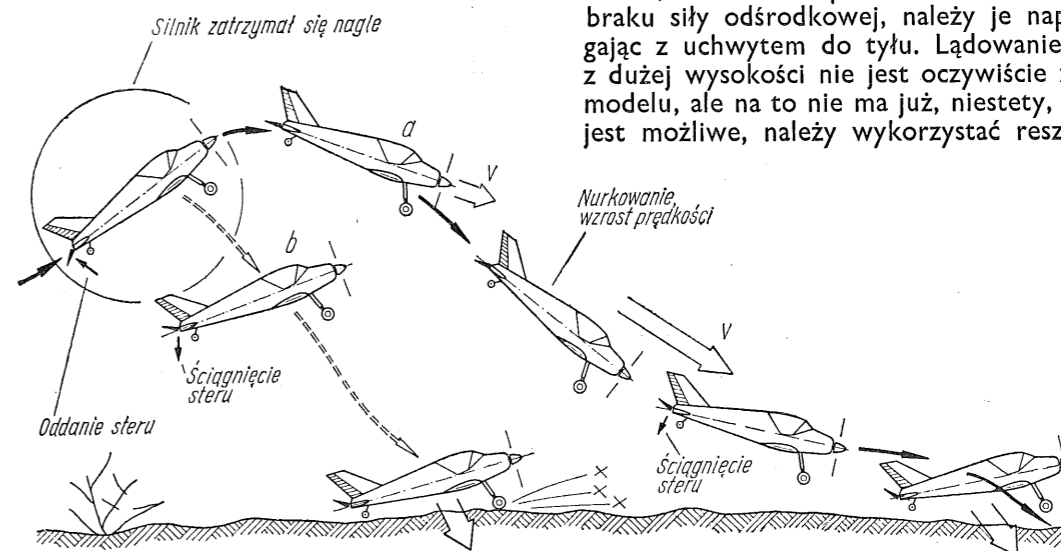
Lądowanie w trudnym terenie

Lądowanie w trudnym terenie jest naturalną konsekwencją trudnego startu. Skoro model wystartował z ciężkiego terenu, musi w nim wylądować. Podobnie jak nie każdy model potrafi z takiego terenu wystartować — nie każdy model prawidłowo w nim wylądować. Omawiając start modeli powiedzieliśmy poprzednio, że z ciężkiego terenu dobrze startują modele o małym obciążeniu powierzchni nośnej, a takie modele, jak wiemy, mogą lądować w sposób klasyczny. Lądowanie w trudnym terenie jest to po prostu klasyczne lądowanie prowadzone w ten sposób, że wytrzymanie odbywa się na większej niż normalnie wysokości (około 1 m). W końcowej fazie doprowadza się model prawie do całkowitej utraty prędkości, w następstwie czego model przepada, odpadając prawie pionowo, jak to się popularnie mówi, parasolem (rys. 6-21). Model powinien

Lądowanie przymusowe

Zdarza się nieraz, że silnik zatrzyma się w momencie, gdy model znajduje się w pozycji najmniej sprzyjającej wykonaniu prawidłowego lądowania. Najbardziej niekorzystny jest moment, kiedy model znajduje się w locie wznoszącym. Jeżeli model znajdował się wysoko w chwili zatrzymania się silnika, można go uratować przez natychmiastowe energiczne oddanie steru, nabranie prędkości w locie nurkowym i lądowanie (rys. 6-22a). Ta metoda jednak rzadko jest stosowana choćby z tego względu, że wymaga ona błyskawicznego refleksu od pilota.

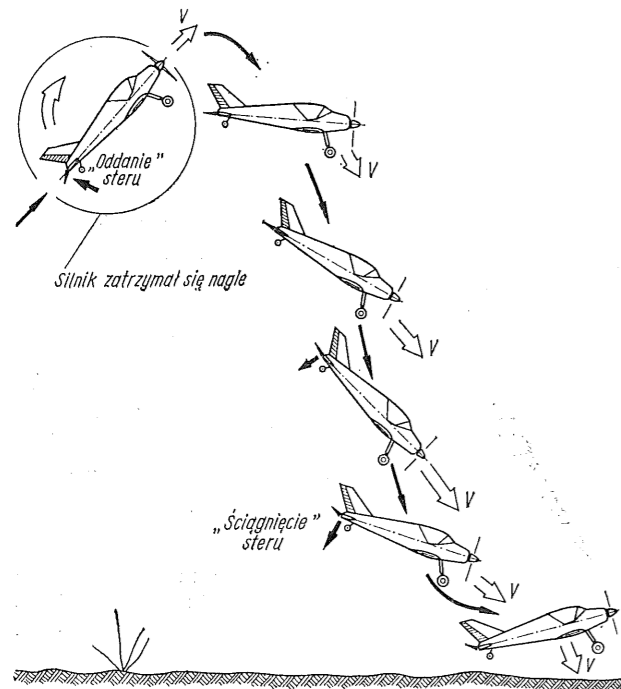
Możemy model ratować również w inny sposób — lądując „parasolem”, podobnie jak przy lądowaniu w ciężkim terenie. Zazwyczaj sprowadza się to do całkowitego ściągnięcia steru i czekania, aż model spadnie na ziemię (rys. 6-22b). Trzeba uważać, aby linki były napięte i w przypadku ich poluznienia, co może z powodzeniem nastąpić wobec braku siły odśrodkowej, należy je napiąć, odbiegając z uchwytem do tyłu. Lądowanie parasolem z dużej wysokości nie jest oczywiście zdrowe dla modelu, ale na to nie ma już, niestety, rady. Jeżeli jest możliwe, należy wykorzystać resztki energii



6-22. Sposoby lądowania przymusowego

dotknąć ziemi najpierw kołem ogonowym, a następnie opaść na koła przednie. Dobieg modelu w takim przypadku jest krótki i nawet gdyby model skapotował, nie jest to już groźne, gdyż prędkość jest nieduża. Oczywiście, podwozie modelu musi być dostatecznie wytrzymałe oraz powinno mieć dobrą amortyzację, aby uchronić model przed skutkami silnego uderzenia.

kinetycznej modelu w momencie zgaśnięcia silnika i szybkim ruchem steru przywrócić modelowi położenie mniej więcej poziome. Z takiego położenia model zacznie opadać, przechylając się nosem w dół. Wtedy wykorzystując niewielką prędkość postępową, jaką model nabierze w takim locie, przez stopniowe całkowite ściągnięcie steru przechodzimy do opadania parasolem (rys. 6-23). Naturalnie dzieje się to w bardzo krótkim czasie i dlatego reakcje muszą być bardzo szybkie.



6-23. Lądowanie „parasolem” z częściowym rozpędzaniem

Zasady podstawowej akrobacji

Prawie każdy kandydat na „pilota akrobacyjnego” spogląda z zazdrością na swoich kolegów, którzy już tę sztukę zdołali osiągnąć. W jego mniemaniu, aby nauczyć się akrobacji i popisywać się później kunsztownymi, precyzyjnymi i co do milimetra wyliszonymi wiązkami, trzeba mieć talent co najmniej wirtuozowski. Najrozmaitsze wywroty, przewroty, pętle, ósemki, wyjścia i przejścia, loty na plecach, wyprowadzenia i podprowadzenia — wszystko to wykonane w zawrotnym tempie 100 km/godzinę — budzi niemy podziw, oszałamia i utwierdza nas w przekonaniu, że nigdy na coś podobnego się nie zdobędziemy.

Najlepiej będzie, jeżeli nie dopuścimy do siebie natarczywych kompleksów niższości i zastanowimy się spokojnie, czy to jest rzeczywiście takie trudne jak się z pozoru wydaje.

Zastanówmy się przede wszystkim, co składa się na program podstawowej akrobacji (rys. 6-24). Zasadnicze figury to przewrót, pętla i lot na plecach. Wszystkie pozostałe figury stanowią tylko przekształcenia lub kombinacje tych trzech zasadniczych figur. Z jakich elementów składać się będą te figury?

Aby model mógł wykonać najprostszą figurę, jaką jest przewrót, musi przejść z lotu poziomego do lotu pionowego, a następnie z powrotem z lotu pionowego do poziomego. Przejście to, oczywiście, odbywa się po pewnej krzywiźnie, która powinna odznaczać się możliwie najmniejszym promieniem, aby akrobacja była bezpieczna i wyglądała efektownie.

A teraz zastanówmy się nad innymi figurami. Pętla to też lot po krzywej, lecz zamkniętej. Oczywiście, zależy nam bardzo na tym, aby pętle były jak naj-

mniejsze. Podobnie ma się rzecz z przejściem do lotu plecowego. Tu również mamy do czynienia z możliwie najmniejszym łukiem, który stanowi niejako połowę pętli.

Teraz możemy już przejść do uogólnień:

- wejście i wyjście z przewrotu — 1/4 pętli,
- wejście i wyjście z lotu plecowego — 1/2 pętli,
- ósemka — 2 pętle.

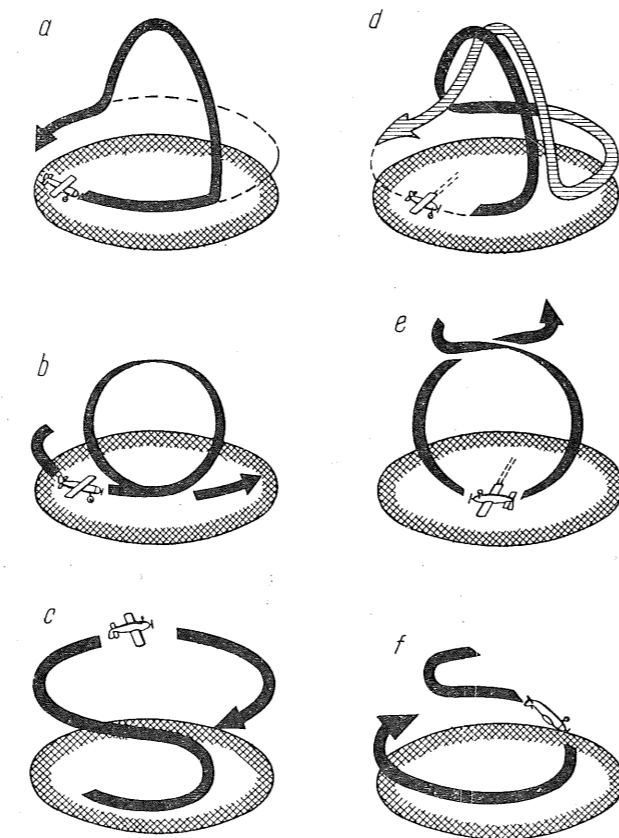
Cały więc program akrobacji składa się zasadniczo z jednej jedynej ewolucji w najrozmaitszych odmianach. Aby opanować pilotaż modeli akrobacyjnych, trzeba się więc nauczyć:

- prowadzenia modelu po krzywej o najmniejszym promieniu, a więc trzeba zdobyć umiejętność pilotażu modelu przy maksymalnej sile nośnej (maksymalnym kącie natarcia),
- wyprowadzenia modelu z lotu po krzywej,
- pilotażu w locie plecowym.

Dużo będzie zależało od właściwości naszego modelu. Jak wiemy, model przystosowany do wykonywania akrobacji powinien mieć dużą powierzchnię nośną, skrzydła o profilu symetrycznym (dla pełnej akrobacji) lub dwuwypukłym (tylko dla podstawowej). Obciążenie powierzchni skrzydła nie powinno być większe niż 20÷25 G/dm², co oznacza, że model musi być bardzo lekki.

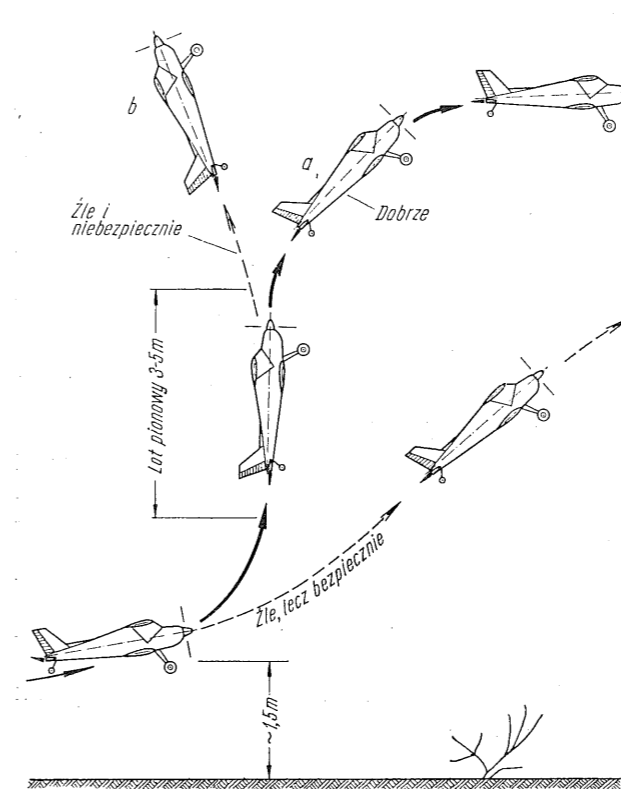
Warunki te spełnia dwupłatowa odmiana WICHERKA, opisana w rozdziale 10. Nadaje się ona szczególnie do nauki akrobacji, a to jest właśnie naszym celem obecnie.

Niezależnie od tego model, którym zamierzamy wykonać choćby podstawowe figury wyższego pilotażu, musi być wyposażony w dostatecznie moc-



6-24. Podstawowe figury akrobacji w wykonaniu modelu na uwięzi

a — przewrót, b — pętla wewnętrzna, c — lot na plecach, d — przewrót podwójny, e — pętla zewnętrzna, f — wyjście z lotu na plecach



6-25. Przejście do lotu pionowego

ny i pewny w działaniu silnik o pojemności co najmniej 2,5 cm³ — taki, który mimo dużych rozmiarów modelu pozwoliłby na osiągnięcie maksymalnej prędkości w locie poziomym, nie mniejszej niż 70 km/godzinę.

Duże znaczenie, zwłaszcza w okresie nauki, ma dobór właściwych wychyleń steru. Wokół tej sprawy jest zawsze sporo nieporozumień, które postaram się wyjaśnić. Modelarze rozumują zwykle w następujący sposób: im większe wychylenie steru, tym lepiej, szybciej model przejdzie na maksymalne kąty natarcia i tym większą osiągniemy zwrotność. Postępując w myśl tej zasady zaopatrują oni swoje modele w stery, które wychylają się nieomal o 90° w jedną i drugą stronę.

W rzeczywistości tak duże wychylenia steru nie tylko nie są potrzebne, ale wręcz szkodliwe.

Wychylenia steru niezbędne do uzyskania największej siły nośnej są zwykle nie większe niż 25÷30°. Zdarzają się modele, dla których wychylenia steru rzędu 15° są zupełnie wystarczające.

Konstrukcja modelu powinna być więc taka, aby przy wychyleniu uchwytu sterowego do oporu ster wysokości wychylił się tyle, ile trzeba, a nie więcej. To najkorzystniejsze wychylenie należy dobrać w czasie prób w pierwszej fazie nauki akrobacji. Należy po prostu przewidzieć regulowany ogranicznik dla wychyleń orczyka i ćwicząc np. przejście do lotu pionowego (rys. 6-25) stopniowo zwiększać maksymalne wychylenie steru, aż otrzymamy najmniejszy promień krzywizny. Oczywiście, lot po krzywej powinien być wykonany przy całkowitym ściągnięciu steru. Należy dobrać takie wychylenie, przy którym lot jest jeszcze zupełnie stateczny, a próbę przeprowadzić zarówno z wiatrem, jak i pod wiatr.

Przy okazji nauczymy się prawidłowego wprowadzenia modelu w lot pionowy. Wyprowadzenie

jest w danej chwili obojętne; może być zupełnie łagodne. Całkowitą uwagę skupimy na obserwacji pierwszej krzywizny.

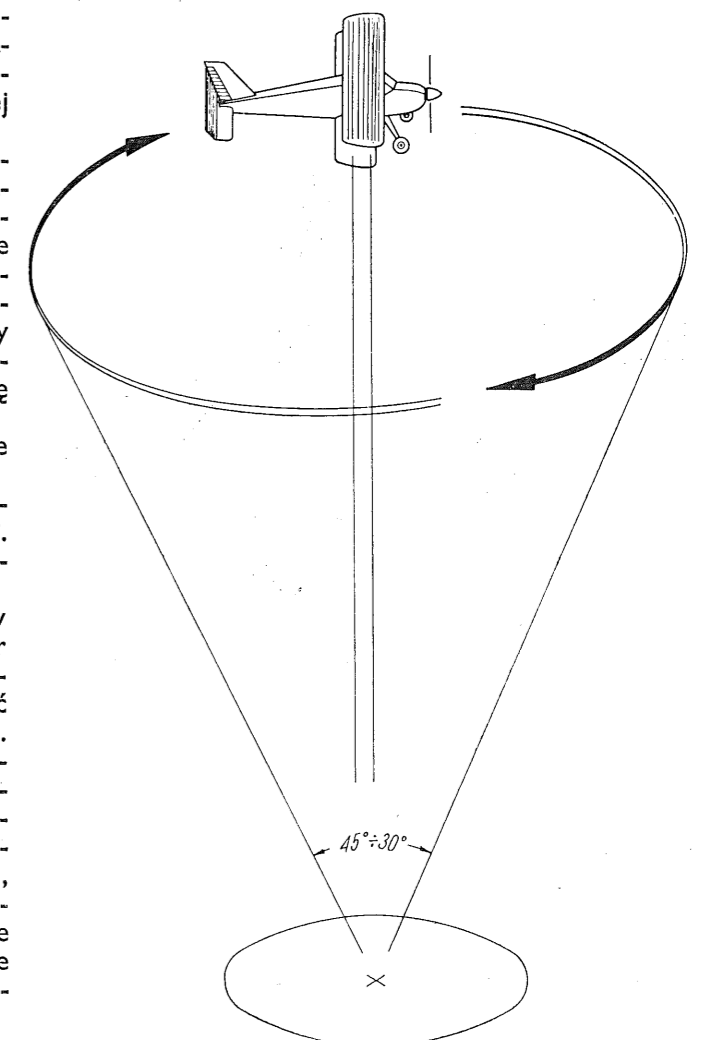
Po prawidłowym ograniczeniu wychyleń steru mamy więc pewność, że skoro ściągniemy ster do oporu, model wykona automatycznie prawidłową figurę o najmniejszym promieniu. Teraz już wszystko pójdzie o wiele łatwiej.

W pierwszej fazie nauki uczymy się wprowadzania i wyprowadzania modelu z określonego stanu lotu oraz wykonywania figur podstawowych.

● Wprowadzamy model w lot pionowy starając się, aby model wyszedł idealnie pionowo, następnie — po kilku metrach lotu pionowego — wyprowadzamy go do lotu poziomego (tor a); próbę powtarzamy tak długo, aż pozbędziemy się błędnych odchyleń od zasadniczych kierunków lotu (tor b).

● Opisaną wyżej próbę przeprowadzamy teraz w kierunku odwrotnym — należy stopniowo zwiększać kąt nurkowania, aż się przyzwyczaimy i będziemy mogli przeprowadzić je zupełnie pionowo na krótkim odcinku.

● Następnie należy sprawdzić zdolność modelu do lotu na wysokim pułapie, wykonując ciasny krąg na najwyższej, możliwej do utrzymania wysokości, czyli tak zwany stożek (rys. 6-26). Wykonanie tej figury należy ćwiczyć etapami, stopniowo podwyższając pułap lotu tak, aby nie dopuścić do utraty



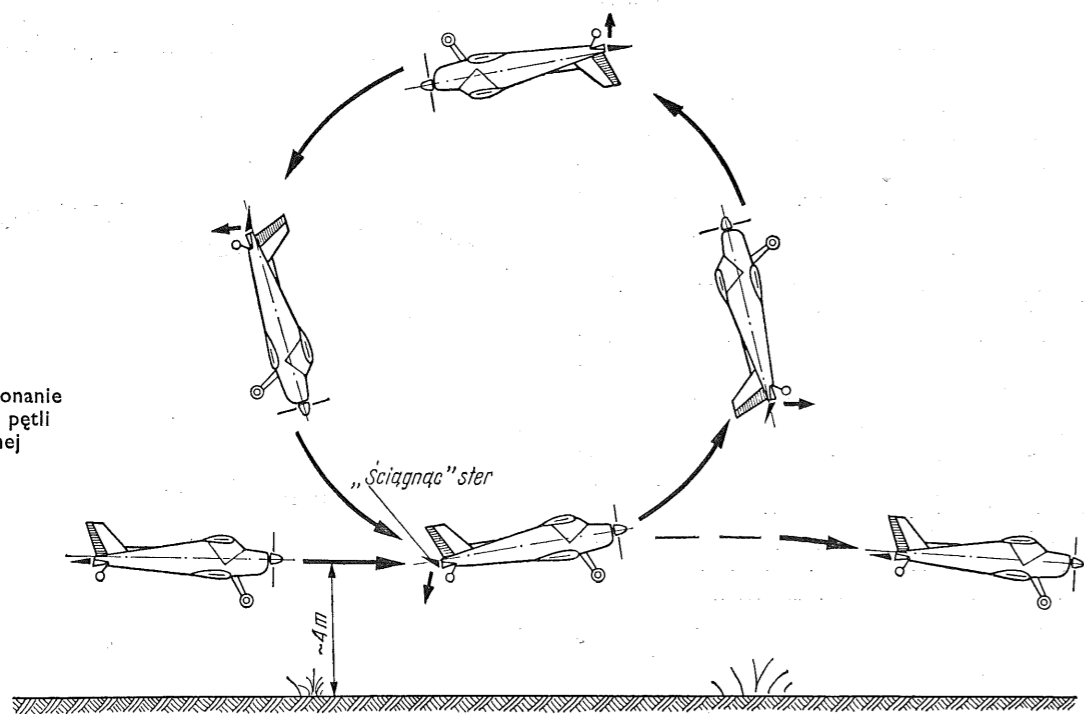
6-26. Stożek — sprawdzian, czy model zdolny jest do akrobacji

prędkości, zluźnienia linek i wpadnięcia modelu do wnętrza kręgu. Jeżeli model wykona dostatecznie ciasny stożek, tak aby linki utworzyły z poziomem kąt większy niż 60° , jest to doskonałym sprawdzianem, że właściwości modelu są dobre, a moc silnika pozwoli na wykonanie następujących podstawowych figur akrobacji.

● Teraz możemy wykonać przewrót (patrz rys. 6-24). Z wysokości około 2 m wprowadzamy model do lotu pionowego i starając się utrzymać kierunek pionowy przeprowadzamy go nad głową do pionowego nurkowania. Wyrównujemy na tej samej wysokości.

● Następnym etapem nauki będzie wykonanie pętli wewnętrznej (kabina do wewnątrz kręgu). Figurę rozpoczynamy z lotu poziomego na wysokości około 4 m. Jeżeli wieje wiatr, figurę należy rozpocząć z bocznym wiatrem na zawietrznej stronie kręgu. Ściągamy ster do oporu i czekamy. Model powinien wykonać zamknięty krąg, wracając do położenia wyjściowego (rys. 6-27). Wprowadzenie odbywa się normalnie. Przy prawidłowo pracującym silniku model nie powinien utracić wysokości podczas wykonywania pętli. Figurę tę należy ćwiczyć tak długo, aż nauczymy się wykonywać pętlę zupełnie odruchowo.

6-27. Wykonanie i przebieg pętli wewnętrznej



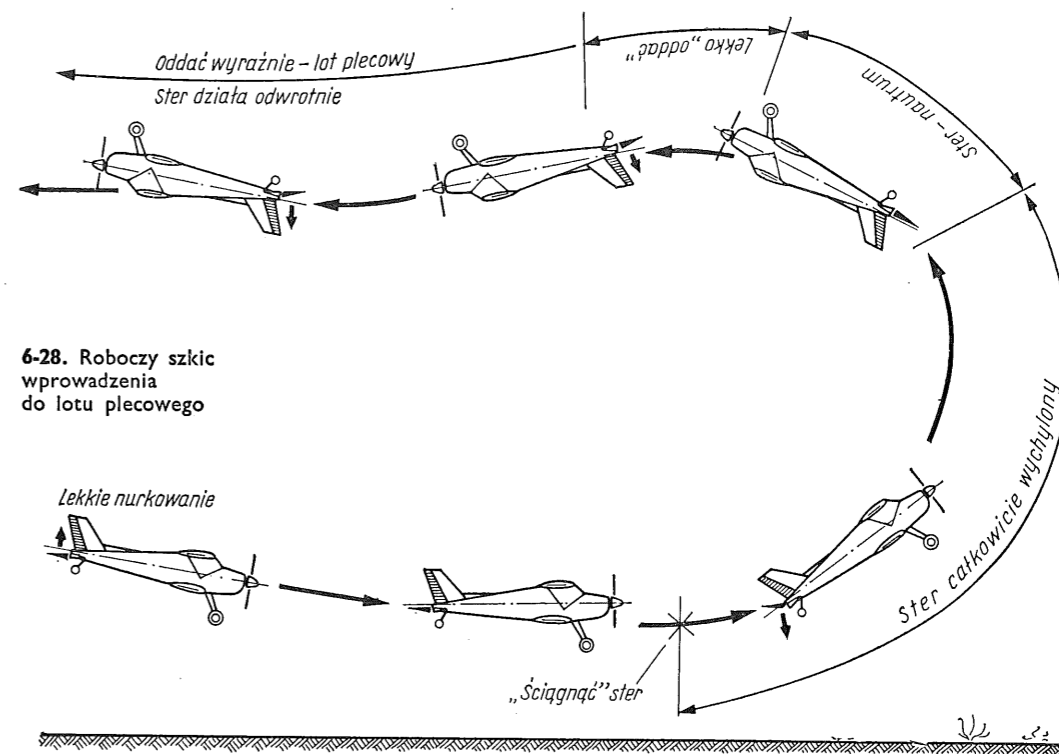
● Skoro opanowaliśmy już wykonanie pojedynczej pętli, bez większego trudu wykonamy całą wiązkę. Sztuka polega na tym, że steru nie należy wycofywać, lecz trzymając go w pozycji całkowicie wychylonej należy czekać, aż model „naskręci” odpowiednią ilość pętli.

W czasie jednego lotu nie należy wykonywać więcej niż pięć pojedynczych pętli ze względu na to, że linki skręcając się mogłyby uniemożliwić pilotaż. Oczywiście dochodzimy do tej liczby stopniowo. Wykonanie takiej wiązki jest na ogół proste, jeżeli tylko silnik pracuje równomiernie i nie traci obrotów. Może się zdarzyć, zwłaszcza przy słabych silnikach, że model będzie stopniowo obniżał lot podczas wiązki, kończąc niżej każdą na-

stępną pętlę. Aby temu zapobiec, należy wprowadzić odpowiednią poprawkę za pomocą steru. Poprawka ta polega na tym, że w momencie kiedy model rozpoczyna nową pętlę, należy nieco zmniejszyć wychylenie steru, a następnie ściągnąć ponownie, gdy model będzie dochodził do „szczytu”. Osiągniemy przez to wydłużenie figury w pionie oraz większe poziome przesunięcie poszczególnych pętli. Ten zabieg umożliwi nam lepszą kontrolę wykonywanej wiązki. Przy wykonywaniu pętli kąt linek w stosunku do powierzchni ziemi nie powinien przekroczyć 60° .

● Trzeci etap nauki obejmuje pilotaż w locie na plecach.

Zanim jednak zdecydujemy się na wykonanie lotu odwróconego, trzeba się dobrze zastanowić, w jaki sposób będziemy model pilotować w tym położeniu. W locie plecowym spotykają nas dwie niespodzianki. Po pierwsze — stery będą działały odwrotnie, a więc ściągnięcie steru będzie powodowało nurkowanie, a oddanie steru — wznoszenie. Oczywiście przy założeniu, że nie zmieniliśmy położenia uchwytu w dłoni. Po drugie — model poleci w kierunku przeciwnym, co również stanowi pewien czynnik dezorientujący.



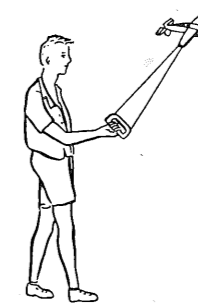
6-28. Roboczy szkic wprowadzenia do lotu plecowego

o tym pamiętać, że stery działają odwrotnie. Pierwszy lot będzie trochę falisty — starajmy się utrzymać model na dużej wysokości, tak aby linki tworzyły kąt około 30° względem poziomu. Wprowadzenie odbędzie się do dołu przez całkowite ściągnięcie steru (dokończenie pętli).

Drugi sposób opanowania odwrotnej reakcji sterów polega na tym, że w momencie kiedy model przechodzi na plecy przekręcamy uchwyt wraz z dłonią o niecały kąt 180° (rys. 6-29) i pilotujemy jakby normalnie. Sposób ten jest bardzo dobry i wielu modelarzy go stosuje. Zresztą przekonamy się, że po pewnym czasie ręka sama zacznie układać się w ten sposób. Przy przejściu do lotu normalnego ręka również powraca do poprzedniego położenia.

Oswojenie się z lotem na plecach i opanowanie odwrotnych odruchów nastąpi wtedy, gdy będziemy mogli dowolnie zmieniać wysokość lotu plecowego bez specjalnych emocji, tak jak w locie normalnym. Wprowadzać będziemy na razie tylko z dużej wysokości i „pod siebie”.

Opanowaliśmy trzy zasadnicze figury (przewrót, pętlę, lot plecowy), które dają niezbędne podstawy do opanowania pilotażu wszystkich pozostałych figur wchodzących w skład programu akrobacji. Potrzeba na to tylko dostatecznie długiego treningu, opanowania i cierpliwości.



6-29. Niewielkie obrócenie dłoni z uchwytom pomaga opanować odruchy w locie plecowym

Doświadczenie, jakiego nabędziemy pilotując modele na uwięzi, może się okazać bardzo pomocne przy nauce pilotowania znacznie kosztowniejszych modeli zdalnie sterowanych.

Jeżeli chodzi o odwrotne działanie steru, to radzimy sobie z tym w dwojaki sposób.

Pierwszy sposób polega na opanowaniu odwrotnego pilotażu przez stosowanie najpierw „suchej zaprawy”, a następnie prób w locie. Tak zwana sucha zaprawa polega na dokładnym przeanalizowaniu ruchów sterem i uchwytom podczas całego lotu, zapamiętaniu ich oraz nabyciu prawidłowych odruchów przez ćwiczenie odpowiednich ruchów ręki. Rysunek 6-28 przedstawia taki roboczy szkic lotu na plecach w formie rozwiniętej; wprowadzamy model tak, jak do pętli przez całkowite ściągnięcie steru. Kiedy model osiągnie szczyt, ster należy wycofać i lekko oddać. Teraz model leci na plecach; aby nie popełnić błędu, trzeba zawsze

7

Urządzenia i technika zdalnego kierowania

Zdalne kierowanie to jeszcze młoda dziedzina, ale zrobiła już błyskawiczną karierę. Jej tempo rozwoju przeszło najśmielsze nawet oczekiwania. W Polsce zaczyna się dopiero ugruntowywać.

Technika

Dziś trudno jeszcze ocenić, w jakim stopniu zdalne kierowanie rozpowszechni się u nas w przyszłości. W każdym razie jedno jest pewne — to jest właśnie „to”, czego potrzebujemy: wielka technika, elektronika i mechanika na najwyższym światowym poziomie oddana na nasze usługi. Pozwala nam ona w niewyobrażalnym dotąd stopniu na przybliżenie się do nowoczesnej techniki lotniczej, na budowanie modeli, które choć rozmiarami są mniejsze niż samoloty, dorównują im swoją charakterystyką techniczną i właściwościami lotnymi.

Nie tak dawno, bo kilkanaście lat temu stosowano jeszcze lampowe aparaty do kierowania modeli. Budowano je amatorskim sposobem, były bardzo ciężkie, miały wielkie rozmiary, a ich niezawodność pozostawiała wiele do życzenia. Wkrótce tranzystory wyparły kłopotliwe, wielkie i łatwo tłukące się lampy, a dziś stosuje się najnowsze osiągnięcia techniki — mikroobwody (obwody scalone), które umożliwiają wielokrotne zmniejszenie rozmiarów i tak niedużych obwodów tranzystorowych.

Dzisiejsze aparaty są małe, lekkie i całkowicie niezawodne. Produkowane są masowo (rysunek 7-1) przez największe elektroniczne wytwórnie świata. Można je również budować indywidualnie (rysunek 7-2).

Technika zdalnego kierowania stoi obecnie na takim poziomie, że każdy prawie samolot może być odtworzony w miniaturowej formie, i pilotowany w locie swobodnym. Zanim jednak do tego doj-

dziemy, co, zresztą nie dla wszystkich jest jeszcze osiągalne, choćby z racji wysokich kosztów, należy zacząć od modeli najprostszyc, a przede wszystkim dobrze rozważyć, które z wielu oferowanych możliwości zdalnego kierowania są dla nas osiągalne i do nich dopasować swoje pilotażowe ambicje.

Dla techniki zdalnego kierowania zarezerwowane jest w Polsce pasmo częstotliwości 27,12 MHz o szerokości $\pm 0,6\%$. Odpowiada ono długości fali nośnej w zakresie ok. 11 m. Pasma to jest podzielone na 32 znormalizowane węższe pasma robocze, zawierające się w granicach od 26,965 MHz do 27,275 MHz.

Pasma te wykorzystywane są praktycznie w urządzeniach nadawczo-odbiorczych i na ogół ściśle utrzymywane przez zastosowanie stabilizacji kwarcowej.

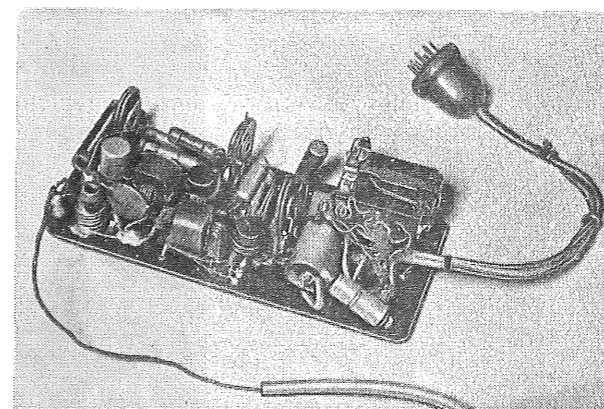
Maksymalna moc emitowana przez nadajnik nie może przekraczać 1 W. Oprócz tego aparatura nie może emitować dodatkowych zakłóceń w postaci szumów i częstotliwości harmonicznych.

Eksploatacja urządzeń do zdalnego kierowania dozwolona jest pod warunkiem posiadania ważnego zezwolenia, które wydawane są przez Okręgowe Inspektoraty Państwowej Inspekcji Radiowej (PIR). Procedura wydawania pozwoleń jest uproszczona:

- na wniosek zainteresowanego właściwy Inspektorat PIR przesyła odpowiednie formularze do wypełnienia,
- wypełnione formularze z naklejonym znaczkiem skarbowym za 50 zł odsyła się do Inspektoratu PIR,
- jeżeli aparatura wykonana jest sposobem amatorskim, należy ją przedstawić do kontroli, badanie jest bezpłatne,
- po 6-8 tygodniach oczekiwania PIR przesyła zezwolenie.



7-1. Masowa produkcja urządzeń do zdalnego kierowania modeli (foto autora)



7-2. Prosty, jednokanałowy odbiornik tranzystorowy wykonany metodą amatorską (foto autora)

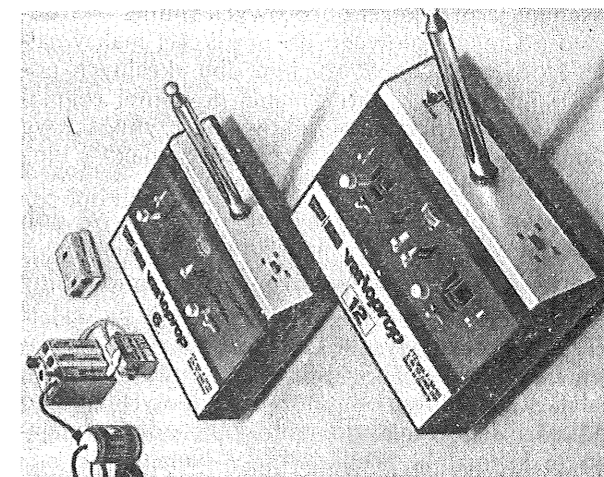
Zasada działania urządzeń zdalnego kierowania

Stosowane obecnie radiowe aparaty do zdalnego kierowania można podzielić ogólnie na dwie podstawowe grupy:

- jednokanałowe, pozwalające na wysyłanie do modelu tylko jednego sygnału, który może spowodować tylko jedną zamierzoną czynność lub kilka czynności programowanych następujących po sobie w określony sposób,
 - wielokanałowe, pozwalające na przesyłanie wielu sygnałów, umożliwiających kontrolowanie (nawet jednocześnie) wielu czynności modelu.
- Opisane aparaty mogą pracować w dwojaki sposób: jako nieproporcjonalne lub proporcjonalne. Aparatury nieproporcjonalne (patrz rys. 11-4) działają w ten sposób, że sygnał wywołuje pełne

wychylenie steru, a brak sygnału sprowadza ster do położenia neutralnego. Przy włączonym sygnale możemy więc mieć tylko maksymalną reakcję modelu. Jeżeli chcemy wywołać efekt pośredni, sygnały trzeba nadawać impulsami. Sygnał jednego kanału może wywołać zamierzone wychylenie steru tylko w jedną stronę — na przykład wychylenie steru kierunku w prawo. Wychylenie steru w stronę przeciwną może być wywołane sygnałem drugiego kanału. Dla zapewnienia prawidłowego działania jednego steru z możliwością natychmiastowego wyboru kierunku wychylenia potrzebne są więc dwa kanały.

Przy użyciu proporcjonalnej aparatury (rys. 7-3) ster może być dowolnie wychylany i zatrzymany w dowolnym położeniu tak długo, jak chce tego pilot. Powrót steru do neutrum zależy również



7-3. Najczęściej stosowana w Polsce aparatura typu proporcjonalnego — VARIOPROP firmy Grundig-Grampner (od góry modułowy, składany z elementów 6-kanałowy odbiornik, mechanizm wykonawczy, nadajnik 3-kanałowy oraz nadajnik 6-kanałowy)

od woli pilotującego. Wchylenia steru są więc proporcjonalne do wychyleń odpowiednich organów sterowania w nadajniku, przy czym sposób operowania tymi organami może być taki sam, jak w samolocie. Pilotujący postępuje się czymś w rodzaju drążka sterowego.

W odróżnieniu od sterowania nieproporcjonalnego jeden kanał proporcjonalny obsługuje pełny zakres wychyleń steru w obie strony, a ponadto każdy proporcjonalny nadajnik ma urządzenie pozwalające na przeprowadzenie regulacji neutralnego „punktu” każdego kanału. Wykorzystując je w locie możemy w pewnych granicach zmieniać regulację modelu, czyli — jak to się potocznie określa — trzymować ster, co jest niezwykle użyteczne i praktycznie bardzo przydatne. Tak więc jeden kanał proporcjonalny zastępuje najmniej dwa, a przy uwzględnieniu możliwości trzymywania czterech kanałów nieproporcjonalnych. Przyjmuje się jednak, że jeden kanał proporcjonalny odpowiada dwóm kanałom nieproporcjonalnym^{*)}.

Te dwa podstawowe rodzaje aparatów mają swoje wady i zalety. Aparatury proporcjonalne wiodą zdecydowany prym w sporcie wyczynowym, umożliwiając bowiem bardziej precyzyjny pilotaż współczesnych szybkich modeli wycieczkowych, akrobacyjnych i makiet. Aparatury nieproporcjonalne są znacznie tańsze, a opanowanie podstawowego pilotażu przy ich użyciu jest łatwiejsze. Stosowane są więc do celów szkolnych i treningowych.

Zakres zastosowania

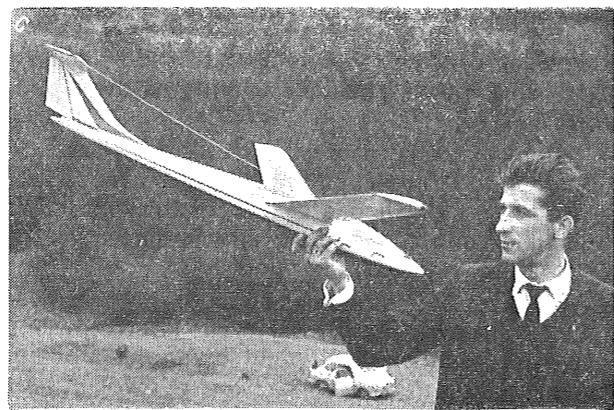
Jak wspominaliśmy wcześniej, zdalne kierowanie pozwala na odtworzenie w formie miniaturowej każdego prawie samolotu. Jako dowód zamieszczamy kilka fotografii (rys. 7-4).

W zależności od tego, iloma organami model ma być kierowany oraz jak wiele dodatkowych czynności ma wykonywać, pełne zapotrzebowanie na poszczególne „kanały”, jakie musi mieć aparatura nadawczo-odbiorcza, jest następujące.

1. Ster kierunku — wychylenia w lewo, w prawo, samoczynny powrót do neutrum — 2 kanały.
2. Regulacja prędkości obrotowych silnika — stopniowo od biegu jałowego do prędkości maksymalnych i odwrotnie z wyczuciem obu skrajnych położań i możliwością zatrzymania dowolnej regulacji — 2 kanały (przy programowaniu czynności wg schematu: bieg jałowy — prędkość max — bieg jałowy — prędkość max — 1 kanał).
3. Ster wysokości — wychylenia w górę, w dół, samoczynny powrót do neutrum — 2 kanały.
4. Lotki — wychylenia w górę, w dół, samoczynny powrót do neutrum — 2 kanały.
5. Trymer steru wysokości, niezbędny do wyważania i regulacji toru, prędkości i wysokości lotu, działający stopniowo od położenia odpowiadającego prędkości lądowania do położenia odpowiadającego maksymalnej prędkości — 2 kanały. Ponadto w celu zapewnienia modelowi możliwo-

ści prawidłowego manewrowania na ziemi, mogą okazać się potrzebne:

6. Przy modelach wielosilnikowych synchronizacja pracy silników — co najmniej 2 kanały.
7. Wchylenie klap skrzydłowych i ewentualnie sprzężonych z nimi skrzeli — stopniowo od położenia neutralnego do maksymalnego i z powrotem — 2 kanały.
8. Chowanie podwozia w locie — położenie „wypuszczone” i „schowane” — 1 kanał przy programowaniu czynności lub 2 kanały przy wybiórczym operowaniu mechanizmem.
9. Sterowane koło nosowe lub ogonowe — czynność uzyskuje się zazwyczaj przez sprzęgnięcie koła z mechanizmem wychylającym ster kierunku.
10. Hamulce kół — uruchamiane przeważnie za pośrednictwem napędu steru wysokości. Efekt całkowitego zahamowania — przy pełnym wychyleniu steru do góry.



7-4. Możliwości zdalnego kierowania (foto autora)
a — model historycznego samolotu ANTOINETTE, b — akrobacyjny model dwupłatowego samolotu sportowego PIT 5 SPECIAL, c — model wyczynowego szybowca

Może się okazać konieczne wykonanie dodatkowych czynności, jak:

11. Otwieranie i zamykanie hamulców aerodynamicznych — zwłaszcza przy szybowcach — 2 kanały.
 12. Inne czynności pomocnicze — na przykład zrzuty — 1 lub 2 kanały.
- Powyższe wyliczenie odnosi się do aparatury nieproporcjonalnej. Wynika stąd, że do zapewnienia możliwości pełnego pilotażu (czynności 1÷5 oraz sprzężone 6 i 7) potrzebna jest aparatura 10-kanałowa. Przy zastosowaniu aparatury proporcjonalnej liczba kanałów może być zredukowana do czterech.

W przypadku stosowania dodatkowych czynności, jak wymienione w punktach 8 i 9, zapotrzebowanie może wzrosnąć do 12 lub 14 kanałów, a przy wysoko zmechanizowanym modelu wielosilnikowym o dalsze 2 lub 4 kanały. Tak ogromnym wymaganiom aparatury nieproporcjonalnej nie mogą już sprostać, ponieważ buduje się je najwyżej jako 12-kanałowe. Natomiast zapotrzebowania takie pokrywają rozbudowane aparatury proporcjonalne, dające możliwość operowania bądź 4 kanałami proporcjonalnymi (czynności pilotażowe) i dodatkowymi kanałami nieproporcjonalnymi (czynności pomocnicze) lub 6-7 kanałami proporcjonalnymi jednocześnie.

Opisaliśmy maksymalne możliwości — na ogół nie zachodzi potrzeba pełnego ich wykorzystania. Aby dostatecznie pewnie panować nad modelem, niejednokrotnie wystarczy mieć ster kierunku i regulację silnika. Ster wysokości i lotki oraz trymer należy traktować jako pożądane, ale niekonieczne, natomiast pozostałe czynności jako zdecydowanie drugoplanowe.

Budowa aparatury

Każda aparatura do zdalnego kierowania modeli latających składa się z dwóch zasadniczych części: ziemnej i latającej.

Na ziemi pozostaje tylko nadajnik, pozostałe urządzenia, tj. odbiornik, źródła zasilania i mechanizmy wykonawcze, stanowią wyposażenie latające.

Współczesne aparatury przeważnie są typu superheterodynowego, co oznacza, że odbiornik ma dwustopniową przemianę częstotliwości. Prawie regułą jest stosowanie kwarcowej stabilizacji częstotliwości fali nośnej.

Wszystkie te urządzenia mają na celu zwiększenie odporności układu na zakłócenia przez przypadkowe sygnały zewnętrzne. Kwarcowa stabilizacja (kwarcie przeważnie są wymienne) pozwala ponadto na jednoczesną pracę kilku aparatów bez jakiegokolwiek obawy o wzajemną interferencję.

Najprostsze aparatury mogą nie mieć ani układu heterodynowego ani stabilizacji kwarcowej. Wykorzystują one wówczas zasadę najprostszego obrotu rezonansowego, dostrojonego do fali nośnej nadajnika. W ten sposób budowane są proste aparaty amatorskie i (coraz rzadziej) najtańsze aparaty fabryczne. Aparatury superreakcyjne są

wrażliwe na zakłócenia — mimo to przy odpowiedniej budowie mogą być bardzo użyteczne. Istnieją znacznie rozbudowane, wielokanałowe urządzenia tego typu.

O ile wszystkie bardziej rozwinięte aparaty nieproporcjonalne oparte są o zasadę amplitudowej modulacji fali nośnej, tzn. że na falę nośną nanoszone są sygnały akustyczne (słyszalne) w postaci jednolitego tonu o określonej dla każdego kanału oddzielnej częstotliwości, o tyle aparaty proporcjonalne wykorzystują przeważnie modulację impulsową i nadajnik emituje specjalnie zakodowaną serię impulsów. Proporcjonalność uzyskiwana jest zazwyczaj przez zróżnicowanie czasu trwania impulsów.

Nadajniki

Stosowane obecnie urządzenia, zależnie od stopnia rozbudowania i tradycji producenta mogą reprezentować rozmaite sposoby kierowania. Najbardziej zróżnicowane są nadajniki i od ich budowy zależy przede wszystkim sposób sterowania modelem. Rysunek 7-5 przedstawia kilka najczęściej stosowanych rozwiązań.

a. Najprostszy 2- lub 4-kanałowy nadajnik dla systemu nieproporcjonalnego. „Kieszonkowe” rozmiary pozwalają na trzymanie nadajnika w jednej dłoni i jednoczesne operowanie sterem kierunku za pomocą dźwigni umieszczonej na górnej płycie nadajnika. Dwa dodatkowe kanały mogą być uruchamiane przyciskami (przykład VARIOPHON 2 i 4^{*)} oraz wielkość urządzeń amatorskich).

b. Czterokanałowy nadajnik jak w a z tym, że obydwie czynności uruchamiane są dźwigniami umieszczonymi na jednej z płyt nadajnika. Zarówno w rozwiązaniu a, jak i b pary kanałów 1 i 2, 3 i 4 nie mogą być uruchamiane jednocześnie.

c. Rozbudowany dziesięciokanałowy nadajnik nieproporcjonalny. Dwie dźwignie pracujące w układzie krzyżowym i dwa przyciski. Urządzenie umożliwia jednoczesne uruchamianie dwóch kanałów z grup 1-4 i 5-10 (VARIOPHON 10 S).

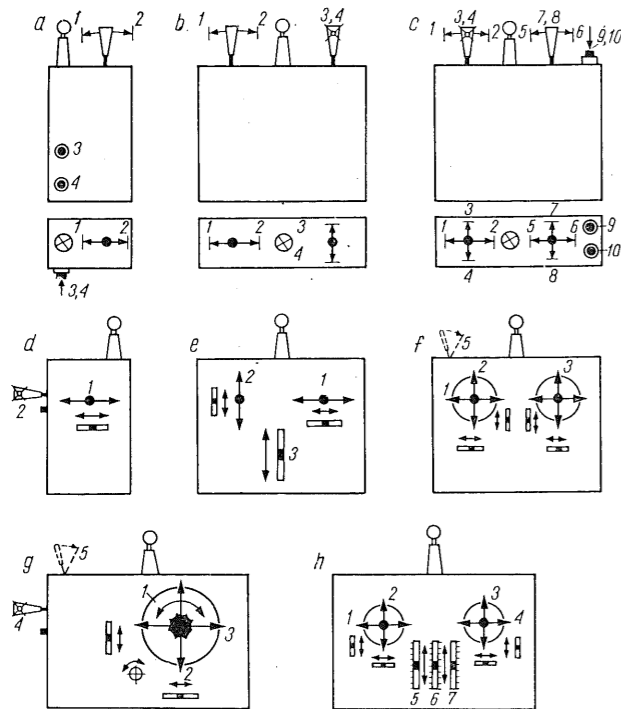
d. Prosty kieszonkowy jedno- lub dwukanałowy nadajnik przeznaczony do sterowania proporcjonalnego. Sterowanie sterem kierunku za pomocą dźwigni samoczynnie wracającej do neutrum. Przesuwany hebelek umieszczony poniżej umożliwi regulację zerowego położenia kanału (trzymowanie steru). Dźwignia drugiego kanału może być umieszczona z boku nadajnika lub na płycie czołowej, np. MINIPROP 4.

e. Typowy układ bardziej rozbudowanego nadajnika dwu- lub trójkanałowego. Wszystkie urządzenia na płycie czołowej. Trzeci kanał nie ma trymera. Nadajniki tego typu (VARIOPROP 6, SIMPROP 4 itp.) przeważnie stanowią początek większej rodziny i mogą być przerabiane na 4-, 5-, 6- i więcej kanałowe, aż do najbardziej rozbudowanych.

f. Najpopularniejszy układ tzw. sportowego nadajnika. 4 kanały proporcjonalne dla podstawowych funkcji sterowania oraz ewentualnie jeden nieproporcjonalny (dwupołożeniowy) kanał do czynności pomocniczych, np. podwozie, uruchamiany

^{*)} Obecnie już nie produkowane.

^{*)} Niektóre f-my, np. GRUNDIG, oznaczają swoje aparaty proporcjonalne w tradycyjny sposób — tak jak nieproporcjonalne. Przy takim oznaczeniu np. aparatura VARLOPROP 6 jest w rzeczywistości trójkanałowa.



Sposoby serowania

Element sterowany	Nadajniki							
	a	b	c	d	e	f	g	h
Ster kierunku	1-2	1-2	1-2	1	1	1	1	1
Silnik	(3-4)	3-4	3-4	2	3	2	4	2
Ster wysokości	(3-4)	(3-4)	5-6	(2)	2	3	2	3
Lotki	—	—	7-8	—	—	4	3	4
Czynność pomoc.	—	—	—	—	(3)	(5)	(5)	5
Czynność pomoc.	—	—	—	—	—	—	—	6
Czynność pomoc.	—	—	—	—	—	—	—	7
Trymer steru wys.	(3-4)	(3-4)	9-10	—	—	—	—	—

Ewentualne zastosowanie kanałów w nawiasach.

7-5. Najczęściej stosowane systemy nadajników
a÷c — nadajniki nieproporcjonalne, d÷h — nadajniki proporcjonalne

przełącznikiem u góry nadajnika (KRAFT KP 5S, FUTABA 5EN, VARIOPROP 8S). Podstawowe kanały są obsługiwane przez dwa drążki, które mogą być wychylane krzyżowo (wzdłuż osi 1 i 2 oraz 3 i 4) i wówczas jest uruchomiony jeden kanał lub po przekątnej między osiami i wówczas są uruchomione jednocześnie dwa kanały związane z danym drążkiem. W ten sposób można uruchomić wszystkie kanały jednocześnie. W układzie tym, który można uznać za klasyczny, ruchy drążków przeznaczonych do obsługi sterów są samoczynnie sprowadzane do neutrum. Jedynie ruch przeznaczony do obsługi silnika (przeważnie 2 kanał lewej dźwigni) może być zatrzymany w dowolnym położeniu.

g. Jednodrążkowa odmiana nadajnika według f. Wychylenia drążka (kanały 2 i 3) służą do obsługi steru wysokości i lotek — jak w samolocie — obrót gałki, która stanowi zakończenie drążka (kanał 1), służy do obsługi steru kierunku. Silnik jest ste-

rowany dodatkową dźwignią umieszczoną przeważnie z boku. Nadajnik może być wyposażony w dodatkowe kanały do czynności pomocniczych. h. Silnie rozbudowany klasyczny nadajnik siedmio-kanałowy. Dwa krążki i trzy dźwignie przesuwne dla trzech (sterowanych proporcjonalnie) czynności pomocniczych.

Dla początkujących modelarzy do nauki pilotażu i treningu wystarczające są najprostsze urządzenia, pracujące wg schematów a, b, d i e.

Wyposażenie latające

Wyposażenie latające (tabl. 7-1) składa się z następujących typowych zespołów:

- Zespół odbiorczy
 - pojedynczy odbiornik zespolony lub
 - odbiornik modułowy.

Mechanizmy wykonawcze

- indywidualne mechanizmy lub
- mechanizmy zespolone w jednym bloku.

Zasilanie (baterie lub akumulatory)

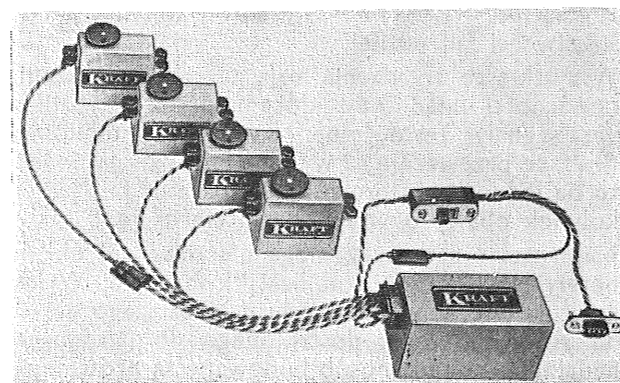
- zasilanie zespolone lub
- oddzielne zasilanie odbiornika i mechanizmów.

Okablowanie

- przewód zasilający z wyłącznikiem,
- przewody mechanizmów,
- ew. przewód ładowania.

Współczesne tendencje zmierzają do maksymalnego uproszczenia wyposażenia latającego, tak aby składało się ono z jednego zespolonego odbiornika, jednego prostego w obudwie źródła zasilania i mechanizmów połączonych bezpośrednio z odbiornikiem. Niektóre firmy (np. GRAUPNER — GRUNDIG) stosują układy modułowe, w których dysponowana liczba kanałów zależy od liczby dodatkowych elementów (filtrów, deszyfratorów kanałowych) dołączonych do zasadniczego odbiornika (odbiornik VARIOPROP). Obserwuje się również tendencję do umieszczania w jednym bloku kilku elementów, np. kilku serwomechanizmów lub odbiornika i baterii zasilających (rys. 7-6).

W zależności od liczby kanałów latające wyposażenie może zajmować różną objętość, a jego ciężar waha się od ok. 200 G dla najprostszych urządzeń 1-2-kanałowych* do ok. 500÷600 G dla rozbudowanych 5÷7-kanałowych. Podstawowe dane najczęściej stosowanych w kraju urządzeń znajdzie Czytelnik na str. 89.



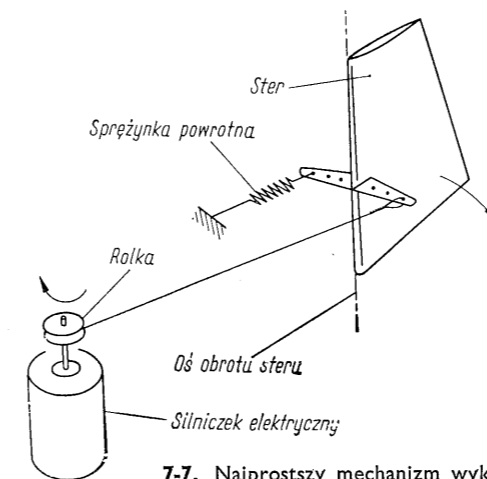
7-6. Typowe wyposażenie latające (4-kanałowa aparatura f-my KRAFT)

Mechanizmy wykonawcze

Możliwość wykorzystania posiadanej aparatury w dużej mierze zależy od mechanizmów wykonawczych. Są one więc tak samo ważne, jak nadajnik lub odbiornik. Spośród ogromnej ilości typów i odmian konstrukcyjnych tylko niektóre zdobyły sobie prawo obywatelstwa.

Najbardziej zróżnicowane, choć rzadko już obecnie stosowane są mechanizmy przeznaczone do współpracy z jednokanałowymi nadajnikami nieproporcjonalnymi. Do najbardziej rozpowszechnionych należą następujące mechanizmy:

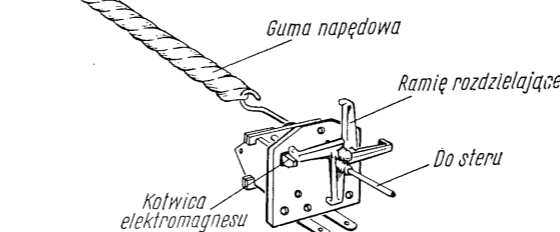
- Najprostszy mechanizm — silniczek elektryczny z niedużą zamocowaną na wale rolką, na którą bezpośrednio nawija się nić uruchamiającą ster (rys. 7-7). Ruch powrotny zapewnia sprężyna. Możliwość dwukierunkowego sterowania uzyskuje się przez to, że w położeniu spoczynkowym ster jest stale wychylony. Maksymalne wychylenia ustalają



7-7. Najprostszy mechanizm wykonawczy

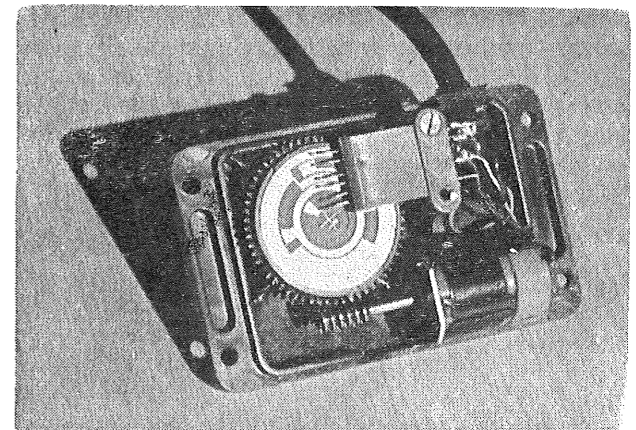
ograniczniki. To prymitywne urządzenie nie zapewnia powrotu steru do neutrum. W celu utrzymania lotu prostego ster musi być stale impulsowany; okoliczność ta sprawia, że zastosowanie mechanizmu ogranicza się wyłącznie do modeli szybowców. Stosowanie go do modeli silnikowych połączone jest z dużym ryzykiem. Gdy brak sygnału, model zakreca w kierunku stale wychylonego steru. Zbyt duże wychylenie grozi rozbiciem modelu.

7-8. Prosty sterownik elektromagnetyczny z napędem gumowym



- Sterowniki (rozdzielacze) z napędem gumowym. Są to lekkie proste mechanizmy sterowane elektromagnesem, napędzane skręconym sznurem gumowym; pozwalają na odpowiednie wyselekcjonowanie żądanej czynności w sposób mechaniczny. Obecnie już przestarzałe, na ogół nie stosowane (rysunek 7-8).

* Nowoczesnych, proporcjonalnych.



7-9. Elektryczny silnikowy mechanizm programowy. Widoczna programowana tarcza sterująca (foto autora)

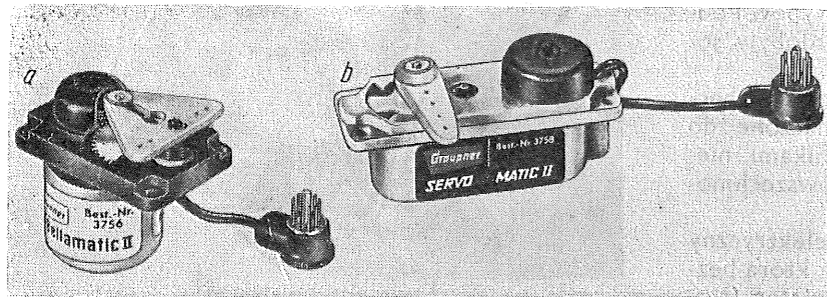
- Elektryczny, silnikowy mechanizm, programowy (rys. 7-9) działa podobnie jak sterownik z napędem gumowym. Cykl działania sterowany jest elektrycznie, za pomocą specjalnej tarczy z obwodami programowymi i szeregiem styków (szczotek). Powrót do neutrum również elektryczny. Może współpracować wyłącznie z odbiornikiem przekątnikowym. Odpada konieczność kłopotliwego nakreśniania gumy. Siła robocza jest większa niż przy sterownikach z napędem gumowym. Mechanizmy tego typu mogą być używane do większych modeli i większych płaszczyzn sterowych. Dają zazwyczaj możliwość połączenia dodatkowego mechanizmu podobnego typu.

Wszystkie mechanizmy wykonawcze stosowane do jednokanałowego sterowania mają wady, polegające na zmniejszonej pewności działania. Przy bardzo starannej produkcji wady te mogą być zmniejszone do minimum, jednak zawsze istnieją i są powodem, że zastosowanie aparatury jednokanałowej ogranicza się do modeli statecznych, latających względnie powoli.

Mechanizmy wykonawcze współpracujące z wielokanałowymi odbiornikami nieproporcjonalnymi mają jedną wspólną cechę konstrukcyjną. Są to specjalne silniczki elektryczne zaopatrzone w przekładnię o dużym przełożeniu (rys. 7-10), zmniejszającą prędkość obrotową, na wyjściu której umieszczona jest dźwignia sterująca. Każdy mechanizm musi mieć dwa nieproporcjonalne kanały do pełnego działania. Sygnał jednego kanału uruchamia silnik w jednym kierunku, a sygnał drugiego kanału nadaje mu obrót przeciwny. Do najczęściej spotykanych należą:

- Mechanizm samopowrotny z mechanicznym powrotem do położenia neutralnego (rys. 7-10a). Dźwignia sterująca napędzana jest przez silniczek elektryczny poprzez przekładnię o położeniu około 100:1. Dzięki tak dużemu przełożeniu uzyskuje się duży moment na dźwigni sterującej, który wynosi około 500 Gcm. Gdy dźwignia dojdzie do skrajnego położenia, co trwa około 0,4 s, silnik może być wyłączony elektrycznie. Wymaga to jednak stosowania styków, które eliminuje się często przez zastosowanie sprzęgła poślizgowego, jak np. w mechanizmie BELLAMATIC-2. Dźwignia sterująca powraca do neutrum samoczynnie pod działaniem sprężyny. Jakość silników stosowanych w mechanizmach tego typu musi być bardzo wy-

soka, a ich sprawność bardzo duża. Silniczek rozpoczyna pracę już przy napięciu rzędu ułamków wolta, dzięki czemu mechanizm działa jeszcze nawet przy bardzo dużym spadku napięcia.



7-10. Dwa podstawowe typy mechanizmów wykonawczych wielokanałowych układów nieproporcjonalnych

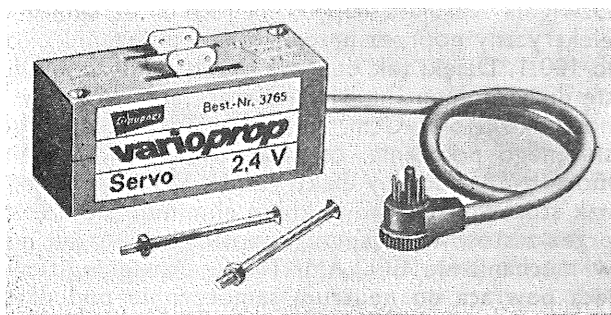
● Mechanizm samopowrotny z elektrycznym powrotem do położenia neutralnego. Konstrukcja podobna jak poprzednio. Zatrzymanie dźwigni w skrajnym położeniu oraz jej powrót przy braku sygnału są realizowane elektrycznie przez zastosowanie zespołu styków wodzonych po specjalnej płytce z obwodem programującym tę czynność. Mechanizm ten różni się od poprzedniego tym, że powrót do neutrum może być szybszy; 100% niezawodności uzyskuje się dzięki bardzo wysokiej jakości wykonania.

Omówione mechanizmy stosowane są do napędu podstawowych organów sterowania.

● Mechanizm progresywny rys. 7-10b nie wracający do położenia neutralnego. Stosuje się do regulacji prędkości obrotowej silnika i do obsługi czynności pomocniczych: napędu, kłap, trymerów itp. Dźwignia sterująca przesuwa się stopniowo (progresywnie) w miarę trwania sygnału i zatrzymuje się, gdy sygnału brak. Cofnięcie dźwigni następuje za pośrednictwem drugiego kanału. Całkowity przesuw dźwigni sterującej trwa tutaj 2-, 3-krotnie dłużej niż przy mechanizmach samopowrotnych, a moment, jakim dysponuje, jest również znacznie większy i dochodzi do 2000 Gcm. Mechanizmy takie zaopatrzone są w bardzo dużą przekładnię, o przełożeniu rzędu 2400:1.

Mechanizmy stosowane w wielokanałowych nieproporcjonalnych systemach odznaczają się dużą prostotą i całkowitą niezawodnością działania.

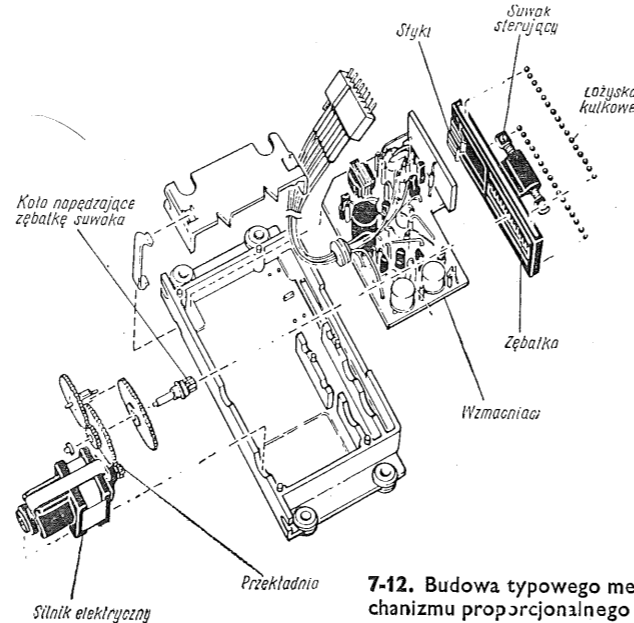
Mechanizmy przeznaczone do sterowania proporcjonalnego (rys. 7-11) są bardziej skomplikowane. Ich konstrukcja podobna jest do opisanych, z tym że są one wyposażone dodatkowo w dość złożone obwody elektryczne i wzmacniacze elektroniczne (rys. 7-12). Coraz powszechniej stosuje się tu obwody scalone.



7-11. Mechanizm wykonawczy do sterowania proporcjonalnego (współpracujący z aparaturą VARIOPROP)

Zasadnicza różnica polega na tym, że mechanizmy te są wyposażone w układy porównujące, które synchronizują skok mechanizmu z wychyleniem drążka sterującego w nadajniku. Układy te nazy-

wamy układami sprzężenia zwrotnego, a mechanizmy, które je posiadają, nazywają się serwomechanizmami, w przeciwieństwie do wszystkich pozostałych mechanizmów. Szybkość działania mechanizmów proporcjonalnych, możliwość zatrzymania, powrót do neutrum zależą wyłącznie od organów sterowania w nadajniku. Jeżeli drążek



7-12. Budowa typowego mechanizmu proporcjonalnego

nadajnika ma sprężynę sprowadzającą go do położenia neutralnego, to mechanizm działa jak samopowrotny, jeśli sprężyna zostanie zdjęta, mechanizm staje się progresywny. Cechy te sprawiają, że serwomechanizmy proporcjonalne są bardziej ujednoczone i kompletne urządzenie jest wyposażone zazwyczaj w kilka identycznych mechanizmów. Układy proporcjonalne mają jednak i wady — do najistotniejszych można zaliczyć: brak zdolności samoczynnego powrotu do neutrum w przypadku awarii, spadku napięcia lub utraty zasięgu radiowego. Wady tej nie ma w układzie nieproporcjonalnym, który działa jednoznacznie: gdy jest łączność, ster reaguje, gdy brak łączności, ster wraca samoczynnie do neutrum. W układzie proporcjonalnym, jeżeli nie ma on specjalnych zabezpieczeń, wszystkie serwomechanizmy mogą ustawić się w zupełnie przypadkowym położeniu. Z tego powodu źródła zasilania muszą być częściej i starannie sprawdzane.

Sposoby wykorzystania aparatury

Kompletne urządzenie do zdalnego kierowania zawsze stanowi pewien system. Odpowiedni nadajnik może współpracować tylko z odpowiednim odbiornikiem, a ten z kolei może uruchamiać tylko odpowiednie mechanizmy wykonawcze. Tych systemów w zdalnym kierowaniu jest bardzo wiele, a każdy może być w określony sposób wykorzystany i przydatny do sterowania tylko określonych modeli o odpowiednich właściwościach.

Zgodnie z ogólnymi tendencjami wszystkie modele zdalnie kierowane można podzielić z grubsza na jednoczynnościowe (tabl. 7.2), sterowane tylko jednym zasadniczym organem (ster kierunku plus ewentualnie czynności dodatkowe), oraz wieloczynnościowe, sterowane co najmniej dwoma lub trzema organami. W ramach tego podziału będziemy mieli wiele systemów.

Z tablicy wynika, że pełne kierowanie jednoczynnościowe zaczyna się dopiero po zastosowaniu aparatury 4-kanałowej. Na uwagę zasługuje system oznaczony numerem 7. Model normalnie sterowany sterem kierunku, wyregulowany jak model swobodny na najkorzystniejszy lot ślizgowy, ma progresywną regulację prędkości obrotowych silnika. Pewną część skoku mechanizmu sterowania

silnika w zakresie dużych prędkości obrotowych wykorzystuje się do zwiększenia kąta nastawienia statecznika lub steru, poziomego dzięki czemu można uzyskać poziomy lot przy znacznie zwiększonej prędkości. Niewielkie przymknięcie przepustnicy (na które silnik prawie nie reaguje) powoduje powrót do poprzedniej regulacji i wznowienie modelu. Przy takim ustawieniu mechanizmu odbywa się również start modelu.

Modele przeznaczone do kierowania jednoczynnościowego muszą odznaczać się wyjątkowo dobrą ogólną statecznością. W tym przypadku zastosowanie sterowania nie tylko nie stwarza żadnych dodatkowych możliwości, ale wręcz zaostża wymagania w stosunku do modelu, który musi mieć właściwości bardzo dobrego modelu swobodnie latającego. Musi to być bezwzględnie górnopłat, najlepiej szybowiec.

Przy użyciu aparatury wielokanałowej możliwości się nieco rozszerzają. Model musi mieć w dalszym ciągu dobrą stateczność — dopuszcza się jedynie większą prędkość lotu, czyli większe obciążenie powierzchni nośnej.

Możliwości wzrastają dopiero przy kierowaniu wieloczynnościowym, choć i tutaj są ograniczenia, które maleją w miarę, jak liczba kanałów wzrasta. „Prawdziwe” latanie zaczyna się dopiero przy 10 kanałach nieproporcjonalnych lub 4 kanałach proporcjonalnych — mamy wówczas możliwości operowania wszystkimi sterami i jedną czynność dodatkową.

Wyposażenie latające oraz podstawowe dane stosowanych w kraju aparatów zdalnego kierowania

Tablica 7.1

Nazwa — kraj	Rodzaj	Liczba kanałów	Odbiornik		Mechanizmy wykonawcze ciężar [G]	Zasilanie ciężar [G]	Całkowity ciężar w locie [G]
			wymiary [mm]	ciężar [G]			
PILOT 2M — ZSRR	N	2	73×70×36	135	85	240	460
PILOT 4M — ZSRR	N	2 4	77×74×45 j.w.	170	170	240	580
VARIOTON — RFN	N	2 4	58×42×32 58×42×48	70 110	40 80	90 j.w.	200 280
VARIOTON-S — RFN	N	2 4 6 8 10	58×42×54 j.w. ×70 j.w. ×86 j.w. ×102 j.w. ×118	126 167 208 249 290	140 80 120 160 200	140 j.w. j.w. j.w. j.w.	310 290 470 550 630
VARIOPROP — RFN	P	2(1)* 4(2) 6(3) 8(4) 10(5) 12(6)	58×42×39 j.w. 58×42×57 j.w. 58×42×75 j.w.	81 92 125 136 169 180	40 80 120 160 200 240	140 j.w. j.w. j.w. j.w. j.w.	260 310 390 440 510 560
MINIPROP — RFN	P	2(1) 4(2)	61×43×23 j.w.	70 j.w.	40 80	1002 100	210 250
SIMPROP — RFN	P	4(2) 8(4) 4(7)	44×76×22 j.w. j.w.	65 65 70	84 180 320	120 270 270	270 520 660
KRAFT KP-5S — USA	P	4(2) 6(3) 8(4)	60×56×20 j.w. j.w.	56 j.w. j.w.	102 153 204	144 j.w. j.w.	300 350 400

* w nawiasach podano liczbę kanałów proporcjonalnych

Tablica 7.2

Nr systemu	Liczba kanałów	Schemat kinematyczny i opis działania	Czynność (organ sterowany)
1	1	<p>A. Przy zastosowaniu aparatury jednokanałowej</p>	Ster kierunku
2	1	<p>Prosty mechanizm programowy</p>	Ster kierunku
3	1	<p>Mechanizm programowy w układzie kaskadowym</p> <p>S1 - min. obr. S2 - max. obr.</p> <p>Mechanizm programowy z układem kaskadowym</p> <p>S1 - pierwszy b. krótki sygnał S2 - drugi b. krótki sygnał</p>	Silnik (dodatkowy) Ster kierunku

Nr systemu	Liczba kanałów	System kinematyczny i opis działania	Czynność (organ sterowany)
4	2	<p>B. Przy zastosowaniu aparatury wielokanałowej</p> <p>Mechanizm samopowrotny</p>	Ster kierunku
5	3	<p>Prosty mechanizm programowy</p> <p>S1 - min. obr. S2 - max. obr.</p>	Silnik Ster kierunku
6	4	<p>K3 - min. obr. K4 - max. obr.</p>	Silnik Ster kierunku
7	4	<p>Obr. max. Obr. min. b, a</p> <p>Trymer steru wys.</p> <p>Vmin</p> <p>Obr. max. K3, K4</p> <p>Mw2</p> <p>K4 („a“)</p> <p>Obr. max. K4</p> <p>Vmax</p> <p>K4 („a“ + „b“)</p>	Trymer steru wysokości Silnik
8	6	<p>Obr. max. Obr. min.</p> <p>K3, K4</p> <p>Mw2</p> <p>K6, K5, K4, K3, K2, K1</p> <p>Odb.</p> <p>Mw3</p> <p>Mw1</p> <p>Vmin</p> <p>Vmax</p>	Silnik Trymer steru wysokości Ster kierunku

Instalacja w modelu

Współczesne aparaty nie nastroją żadnych kłopotów instalacyjnych, nie wymagają żadnej specjalnej obsługi lub regulacji (strojenia) i są sprzedawane w stanie gotowym do użytku.

Wystarczy włożyć baterie lub naładować akumulatory, wetknąć odpowiednie wtyki łączące zasilanie z odbiornikiem i odbiornik z mechanizmami, włączyć nadajnik oraz odbiornik i urządzenie gotowe jest do natychmiastowego użytku.

Wymagania instalacyjne są również niewielkie. Monitorując aparat w modelu trzeba pamiętać, że jest to urządzenie bardzo precyzyjne, wymaga czułej, kulturalnej i delikatnej opieki. Wtedy działa niezawodnie. Aby ustrzec się przed ewentualnymi niepowodzeniami, wystarczy przestrzegać kilku podstawowych zasad.

- Instalować aparaty zawsze w tym samym układzie — elementy najcięższe — baterie z przodu modelu, dalej odbiornik i mechanizmy.

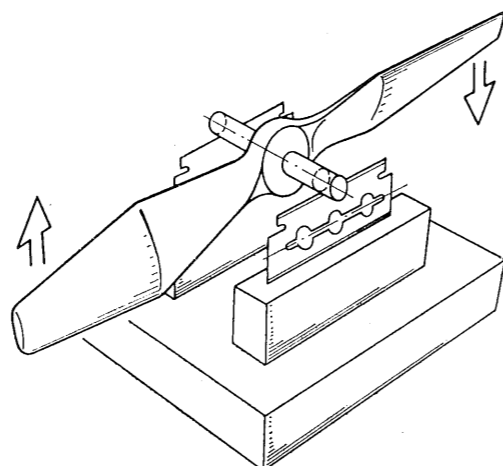
- Elementy aparatury, zwłaszcza baterie i odbiornik muszą ciasno tkwić w specjalnie dla nich przewidzianych przegrodach i nie powinny stykać się bezpośrednio ze ściankami (konstrukcją) modelu. Pojemnik na baterie powinien być wyłożony, zwłaszcza od przodu, elastycznym, tłumiącym uderzenia tworzywem, np. styropianem, odbiornik zaś szczelnie opakowany w gumę mikroporowatą lub gąbkę poliuretanową i razem z tym opakowaniem wciśnięty do komory w kadłubie. Z doświadczenia wynika, że grubość gąbki powinna wynosić co najmniej 20 mm.

- Mechanizmy wykonawcze powinny być zamocowane (w sposób przewidziany przez wytwórnę), najlepiej za pomocą specjalnych gumowych krążków amortyzujących, do płytek montażowych, a wraz z nimi do konstrukcji modelu. Amortyzatory i płytki montażowe bardzo często stanowią standardowe wyposażenie kompletu fabrycznego. Mechanizmy nie mogą dotykać ani do siebie, ani do ścianek lub elementów modelu, ich zamocowanie do pozostałej konstrukcji musi być mocne i pewne.

- Model powinien być tak zaprojektowany, aby dostęp do aparatury był łatwy, a jej montaż przejrzysty, dający łatwość kontroli działania i stanu technicznego wszystkich urządzeń.

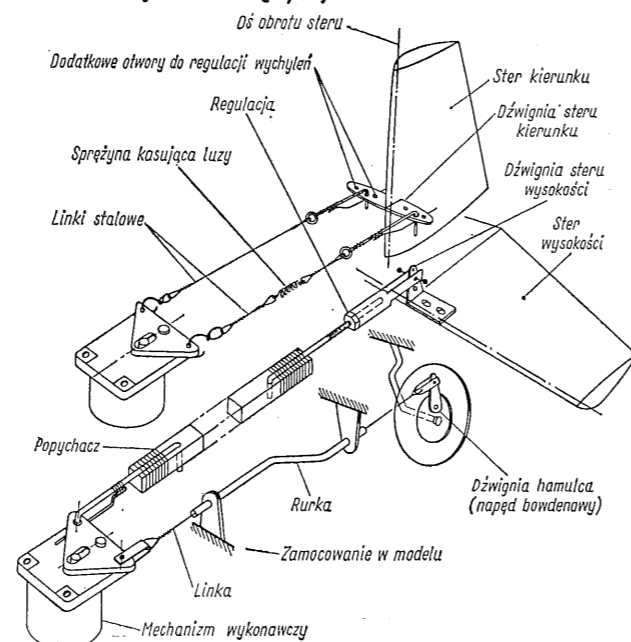
- Przy modelach silnikowych szczególna uwaga musi być zwrócona na to, aby silnik pracował spokojnie i aby nie wzbudzał drgań całego płatowca. Zależy to przede wszystkim od sposobu zamocowania silnika i od wyważenia śmigła. Każde śmigło, nawet fabryczne, musi być wyważone. Można to zrobić samemu, trzeba mieć jednak do tego najprostsze urządzenia — wałek metalowy dopasowany do średnicy otworu w śmigle oraz przyrząd wykonany z dwóch żyłek (rys. 7-13). Cięższą, opadającą do dołu łopatkę ściągamy równomiernie aż do osiągnięcia równowagi obojętnej. Jest to szczególnie ważne, gdy śmigło nie pochodzi z znanej firmy, gdy trzeba rozwiercać otwór pod piastę lub gdy wykonuje się drewniane śmigło systemem amatorskim.

- Konstrukcja modelu musi być tak rozwiązana, aby do pomieszczeń z aparaturą nie dostało się paliwo. Aby uchronić najdelikatniejszy odbiornik, zaleca się owijać go w folię.



7-13. Prosty przyrząd do wyważania śmigła

- Szczególnie ważne są napędy sterów i innych urządzeń, czyli ich połączenie z mechanizmami wykonawczymi. Urządzenia te, jeżeli nie są produkcji fabrycznej, muszą być wykonane bardzo starannie. Można stosować (rys. 7-14) napędy linkowe, drążkowe i bowdenowe (linka w pancerzu). Niedopuszczalne są takie błędy, jak:



7-14. Najczęściej stosowane napędy sterów i mechanizmów modelu

- luz w połączeniach groźne zwłaszcza wtedy, gdy model lata szybko,
- napięcia i przeciążenia napędów wynikające z niedokładności i nierównoległości dźwigni itp.,
- tendencja do drgań, ocierania lub zaczapiania o cokolwiek,
- ewentualność przypadkowego rozłączenia się napędu,
- zbyt duży ciężar napędów, który przy uderzeniu mógłby obciążać i uszkodzić mechanizm — dotyczy to zwłaszcza drążków, które, jeśli są długie, muszą być wykonane z lekkiego drewna,

- niektóre wytwórnie ostrzegają przed stosowaniem połączeń metal—metal, np. dźwigni i drążka; powstałe podczas pracy silnika wibracje połączenia mogą wywoływać impulsy elektryczne zakłócające pracę urządzeń elektronicznych, zwłaszcza proporcjonalnych; pożądane jest natomiast, aby napędy miały możliwość regulacji neutralnych połączeń sterów.

- Antena powinna być na całej długości wyprowadzona poza model i tak umieszczona, aby nie przylegała do powierzchni modelu. Koniec anteny musi być zamocowany elastycznie (gumką) do statecznika lub innego wysięgnika specjalnie w tym celu zainstalowanego na modelu.

Eksplatacja

Podstawowe zasady eksploatacji to zapewnienie najlepszych warunków dla niezakłóconej łączności radiowej i pewności działania urządzeń mechanicznych. Zasady te można podsumować w kilku punktach.

- Należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń i instrukcji fabrycznych.

- Źródła zasilania zawsze powinny mieć pełną pojemność — akumulatory powinny być ładowane przed każdym wyjściem na lotnisko, a suche baterie wymienione na nowe. Żywotność akumulatorów oblicza się zwykle na 2÷3 lat, po tym okresie należy je wymienić na nowe, bez względu na częstotliwość używania.

- Zasięg aparatury powinien być sprawdzany zawsze przed rozpoczęciem lotów. Jeżeli instrukcja fabryczna nie podaje specjalnego sposobu sprawdzenia zasięgu, można przyjąć, że zasięg jest wystarczający, jeżeli przy ziemi wynosi on co najmniej 500 m. W przypadku stwierdzenia, że zasięg jest mniejszy niż normalnie, lotów należy bezwzględnie zaniechać, a aparaty — przede wszystkim zasilanie — dokładnie sprawdzić.

- W razie stwierdzenia jakichkolwiek nieprawidłowości w działaniu aparatury nie należy, pod żadnym pozorem, manipulować przy elektronice — rozbierać odbiornika itp. Aparaturę należy sprawdzać w następującej kolejności:

- stan baterii w nadajniku i w modelu,
- kontakty oraz prawidłowość ułożenia baterii w pojemnikach,
- wtyki, wyłączniki i przewody,
- osadzenie kwarców,
- wyjście anteny z odbiornika (ew. możliwość przzerwania przewodu antenowego).

- Zakłócenia spowodowane sygnałami zewnętrznymi dają się odczuć, gdy nadajnik nie jest włączony. Drgania i nieskoordynowane samoczynne ruchy sterów świadczą o obecności zakłóceń. Prawdopodobieństwo ich wystąpienia wzrasta:

- gdy pracują inne aparaty,
- w pobliżu dużych miast,
- w pobliżu nadajników radiowych i telewizyjnych,
- dużych zakładów pracy,
- lotnisk, urządzeń radarowych itp.,

- w pobliżu linii wysokiego napięcia i miejsc ułożenia kabli energetycznych; należy zachować dystans co najmniej 200 m,
- nad silnie uzbrojonym terenem (pasami żelbetowymi),
- gdy pracują liczne radiotelefony.

- Uszkodzenia mechanizmów, zwłaszcza z obwodami elektronicznymi, nie nadają się do napraw polowych. Lotów trzeba zaniechać, a mechanizm wymienić na nowy.

- Wszelkie amatorskie naprawy fabrycznego sprzętu elektronicznego są obarczone wielkim ryzykiem — trzeba o tym pamiętać. Mechaniczne uszkodzenia mechanizmów są również (na ogół) nie do naprawienia.

Podczas lotów należy przestrzegać bezwzględnie następujących zasad:

- nie rozpoczynać budowy od trudnych modeli,
- startować tylko w przypadku, gdy zagwarantowana jest dostateczna wolna przestrzeń (co najmniej 1000 m dla początkujących),
- poradzić się doświadczonych kolegów,
- nie latać, gdy stwierdzimy brak zasięgu lub jakiegokolwiek zakłócenia,
- nie latać dalej niż 200÷300 m od nadajnika,
- nie latać wyżej niż 150 m,
- nie latać przy samej ziemi,
- uważać na ludzi i dzieci — kolizja modelu z człowiekiem może być dla człowieka fatalna.

Urządzenia RC stosowane w kraju

W rękach polskich modelarzy w całym kraju znajduje się kilka tysięcy fabrycznych urządzeń do zdalnego sterowania. Z tej liczby ogromna większość (ok. 90%) to radzieckie 2- i 4-kanalowe nieproporcjonalne aparaty PILOT-2M i 4M*, które (patrz rys. 11-4) zostały zakupione przez społeczne organizacje sportowe, a także bywają dostępne (w ograniczonej sprzedaży) w sklepach CSH. Aparatury te używane są przede wszystkim do szkolenia podstawowego i treningu.

Oprócz tego, zarówno Liga Obrony Kraju, jak i Aeroklub PRL sprowadzają z krajów zachodnich niewielkie ilości wyspecjalizowanych aparatów profesjonalnych, które przydzielane są wyróżniającym się zawodnikom. I tak w okresie do 1970 r. zarówno APRL, jak LOK importowały przez zachodniemiecką modelarską firmę GRAUPNER doskonałe wielokanałowe nieproporcjonalne aparaty znanej elektronicznej wytwórni GRUNDIG. W pierwszym okresie (do 1965 r.) były to 8-kanalowe aparaty VARIOPHCN-VARIOTON, a później 10-kanalowe aparaty VARIOPHONS.

Aparatury te o bardzo nowoczesnych wówczas rozwiązaniach (modułowy, składany z 2-kanalowych segmentów odbiornik mały, funkcjonalnie rozwiązany nadajnik z dwiema krzyżowymi dźwigniami oraz doskonałe mechanizmy), dostępne zarówno w superreakcyjnym, jak superheterodynowym rozwiązaniu, tworzyły dopracowany i pewny w działaniu system o bardzo uniwersalnych zasto-

* Sprowadzono ponad 2000 aparatów tego typu

sowaniach. W systemie tym mieściła się również aparatura VARIOPHON 2 i 4, wykorzystujące dwa lub cztery kanały dużego systemu przy zastosowaniu miniaturowego, kieszonkowego nadajnika. Ten typ aparatury jako znacznie tańszy był przeważnie przedmiotem prywatnych zakupów i w ten sposób pewna liczba małych VARIOPHONÓW znalazła się w kraju. System VARIOPHON-VARIOTON z mechanizmami BELLAMATIC i SERVO-AUTOMATIC odznaczał się dużą żywotnością i wiele egzemplarzy jest jeszcze w eksploatacji zarówno u osób prywatnych, jak i zawodników, którzy obecnie wykorzystują ten sprzęt głównie do modeli szybowców.

Aparatury proporcjonalne pojawiły się w Polsce od 1968 r. Były to pierwsze profesjonalne urządzenia f-my GRUNDIG — 7-kanałowe, bardzo rozbudowane pod względem elektronicznym i doskonale opracowane mechanicznie aparaty DIGITAL 14RC.

Era wyczynowego latania proporcjonalnego rozpoczęła się u nas jednak dopiero po 1970 r., kiedy zarówno APRIL, jak i LOK rozpoczęły dla potrzeb sportu wyczynowego systematyczny import urządzeń tego typu.

Aeroklub oparł swoje wyposażenie przeważnie na 6-kanałowych aparaturach VARIOPROP z RFN (patrz rys. 7-3), uzupełnionych pewną liczbą (również z RFN) 4-kanałowych aparatów SIMPROP.

Sprowadzono także niewielką ilość renomowanych amerykańskich aparatów f-my KRAFT w sportowej wersji 4- i 5-kanałowej (patrz rys. 7-6).

Liga Obrony Kraju opiera się podobnie jak Aeroklub na aparaturach VARIOPROP i SIMPROP w wersjach 2-, 3- i 4-kanałowych, ma także japońskie 2- i 4-kanałowe aparaty znanej f-my FUTABA oraz pewną liczbę miniaturowych 2-kanałowych aparatów MINIPROP 4 z RFN.

Tak więc nie licząc różnych odmian związanych z rokiem produkcji eksploatuje się obecnie w Polsce co najmniej 10 różnych (niezamiennych) systemów zdalnego kierowania.

Są to systemy:

- VARIOPHON-VARIOTON (RFN) — roczniki 1960÷70,
- PILOT 2M i 4M (ZSRR) — roczniki 1974÷77,
- RUM 2 (ZSRR) — rocznik 1974,
- DIGITAL 14 RX (RFN) — rocznik 1968,
- VARIOPROP (RFN) — roczniki 1971÷74,
- MINIPROP (RFN) — rocznik 1974,
- FUTABA (Japonia) — rocznik 1974,
- KRAFT KP 5S (USA/Europa) — rocznik 1975,
- SIMPROP (RFN) — roczniki 1974÷76,
- WEBRAPROP (Austria) — rocznik 1977.

Podstawowe dane wybranych urządzeń podane były w tabelicy 7.1 na str. 85.

Oprócz urządzeń fabrycznych silnie rozwinięta jest amatorska budowa urządzeń zdalnego kierowania. Budowane są przede wszystkim proste aparaty nieproporcjonalne, najczęściej dwukanałowe, pracujące w układach superreakcyjnych, rzadziej superheterodynowych. Ilość aparatów amatorskich trudno ocenić. Przypuszczać należy, że jest ich co najmniej tyle, ile fabrycznych.

Podstawowe zasady pilotażu

Istnieje tyle sposobów pilotowania modeli zdalnie kierowanych, ile rodzajów aparatów i typów modeli. Inaczej pilotuje się prosty model szkolny wyposażony tylko w ster kierunku i zwykłą nieproporcjonalną aparaturę superreakcyjną, a inaczej akrobacyjny model wyczynowy sterowany proporcjonalnie we wszystkich płaszczyznach. Z tego względu omówimy tylko podstawowe zasady odnoszące się do najprostszych modeli^{*)} (omówionych w tabelicy 7.2) i najprostszycy systemów sterowania. Na początek kilka uwag ogólnych.

● Skuteczność sterowania zależy od rozmiarów, proporcji i wychyleń steru.

Dla prostych modeli szkolno-treningowych i nieproporcjonalnych systemów sterowania wystarczy, jeśli powierzchnia steru kierunkowego będzie wynosiła 15÷25% powierzchni całego statecznika. Powierzchnia steru wysokości powinna być jeszcze mniejsza (10÷25%), ponieważ skuteczność steru wysokości jest przeważnie znacznie większa. Bardziej skuteczne są długie i wąskie płaszczyzny, biegnące wzdłuż całego statecznika.

Na początek nie należy stosować większych wychyleń steru kierunkowego niż $\pm 15^\circ$, a steru wysokości — $\pm 5^\circ$.

● Szybkość reakcji modelu na wychylenie steru zależy zarówno od bezwładności modelu, jak i prędkości lotu.

Modele duże i ciężkie reagują powoli i ze znacznym opóźnieniem, modele małe i lekkie reagują natychmiast.

Modele szybko latające reagują gwałtownie i głęboko. Reakcja jest wzmożona, gdy silnik pracuje, a ster znajduje się w strumieniu pozaśmigłowym.

Modele latające powoli (np. szybowce) reagują wolniej i spokojniej. W przypadku modelu silnikowego jego reakcja będzie znacznie szybsza w locie z napędem niż bez napędu.

● Jednostajne, stateczne i bezpieczne krążenie modelu można uzyskać tylko przy bardzo małym wychyleniu steru kierunkowego. Przy takiej regulacji model będzie powoli reagował na sygnały naszego nadajnika.

● Duże wychylenie steru daje natychmiastową reakcję modelu, ale przytrzymanie steru w tym położeniu powoduje coraz bardziej pogłębiający się i zacieśniający się zakręt, wzrost prędkości, przejście do stromej spirali i lotu nurkowego.

● Podobnie reaguje model na ster wysokości. Małe wychylenie daje tylko wzrost prędkości lotu, duże powoduje gwałtowne przejście do lotu nurkowego.

Naturalną tendencją w rozwoju metod pilotażu modeli zdalnie sterowanych jest dążenie do osiągnięcia płynnego, proporcjonalnego efektu sterowania. W zasadzie wszystkie znane nieproporcjo-

^{*)} Uzupełniające praktyczne wiadomości niezbędne przy oblatywaniu i regulacji WICHERKA RC — patrz rozdział 6.

nalne aparaty i systemy sterowania, z wyjątkiem systemów programowanych (system 2 i 3 w tabelicy 7.1), stwarzają takie możliwości. W dużym skrócie są one następujące.

● Efekt proporcjonalności osiąga się zawsze przez impulsowanie sygnałów wysyłanych z nadajnika — jest to ogólna i najważniejsza zasada pilotażu, odnosząca się do wszystkich rodzajów aparaty. Nigdy nie należy trzymać modelu „na sygnale”, zawsze nadawać sygnały przerywane.

● Najprostszym systemem, w którym ta zasada znajduje pełne zastosowanie, jest system nr 1 — zwykła jednokanałowa aparatura i najprostszycy mechanizm wykonawczy — silnik z rolką lub mechanizm samopowrotny wykorzystany tylko w połowie swych możliwości. Technika pilotażu jest bardzo prosta i łatwa do opanowania. Lot prosty uzyskujemy nadając w równych odstępach czasu sygnał przerywany, tak aby trwanie sygnału było mniej więcej tak długie, jak przerwa. Ster wychyla się wtedy raz w jedną, raz w drugą stronę. Na te wychylenia model nie reaguje ze względu na swoją bezwładność. Większe przerwy w nadawaniu sygnału dają skręt w tę stronę, w którą sprężynka ściąga ster. Brak sygnału wprowadza model w ostry zakręt w tę samą stronę. Krótkie przerwy sygnału, a dłuższe trwanie sygnału powoduje zakręt w stronę przeciwną.

Opisany system sterowania jest tak prosty, że aż się wierzyć nie chce w jego skuteczność. Można w ten sposób uzyskać całkowicie płynne sterowanie, a pomyłki są wykluczone ze względu na jednoznaczne wychylenie steru zarówno przy sygnale, jak i bez sygnału.

● Przy zastosowaniu nieproporcjonalnej aparatury wielokanałowej każda para kanałów obsługuje jedną czynność. Model może być wyregulowany na lot prosty i gdy brak sygnałów wszystkie stery pozostają w położeniu neutralnym. Wychylenie steru w żadaną stronę powodujemy, nadając krótkie impulsowe sygnały. Czas trwania impulsów do-

biera się zazwyczaj tak, aby reakcja modelu była zauważalna. Jeśli chcemy zacieśnić ewolucję (zakręt), zwiększamy częstotliwość impulsowania.

● Przy zastosowaniu aparatury proporcjonalnej, mimo że ster podąża ściśle za ruchem drążka w nadajniku, również nie zaleca się stosowania stałych, długo trzymany wychyleń. Model steruje się również jakby impulsami — tyle, że innymi. Zamierzoną ewolucję inicjuje się zdecydowanym, dość znacznym wychyleniem steru, a gdy model zareaguje, ster wycofujemy albo częściowo, albo całkowicie, zależnie od bezwładności modelu i długości (czasu trwania) zamierzonego manewru. Opisaną czynność przy długo trwającej ewolucji można powtórzyć kilkakrotnie.

Jeżeli model wyposażony jest również w proporcjonalnie sterowany ster wysokości, technika wykonywania zakrętu znacznie się zmienia. Zakręt inicjuje się zdecydowanym wychyleniem steru kierunkowego, które wycofujemy (całkowicie lub częściowo), gdy tylko model przechyli się, a zakręt kontrolujemy za pomocą steru wysokości. Wychylenia obu sterów podczas trwania zakrętu zależą od stopnia przechylenia modelu. Przy znacznym przechyleniu główną rolę odgrywa wyłącznie ster wysokości; przy bardziej płaskim zakręcie niezbędne jest pewne wychylenie steru kierunku oraz niewielkie wychylenie steru wysokości. Wychylenie steru wysokości wycofujemy przed zamierzonym wyjściem z zakrętu, likwidując jednocześnie przechylenie poprzeczne zdecydowanym impulsem steru kierunkowego w stronę przeciwną do kierunku zakrętu. Wszystkie opisane manewry pochłaniają jednak dużo energii i dlatego zarówno przed rozpoczęciem zakrętu, jak i po jego zakończeniu należy model nieco rozpędzić za pomocą odpowiedniego impulsu steru wysokości, który powinien być tym silniejszy, im głębszy i dłużej trwający ma być zakręt. Jeżeli model ma lotki, wejście i wyjście z zakrętu odbywa się przy ich pomocy, steru kierunkowego wówczas się nie używa.