

Budowa
i
użytkowanie
szybowców

CZEŚĆ PIERWSZA - BUDOWA SZYBOWCÓW

KLASYFIKACJA SZYBOWCÓW

Szybowce konstruowane są odpowiednio do przeznaczenia. Konsekwencją różnic konstrukcyjnych są odrębne własności lotne i pilotażowe. Własności te odpowiadają wymaganiom stawianym przez przepisy budowy sprzętu lotniczego i są charakterystyczne dla poszczególnych klas szybowców. Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się następujące klasy szybowców:

- 1) szybowce szkolne,
- 2) szybowce treningowe,
- 3) szybowce wyczynowe,
- 4) szybowce akrobacyjne,
- 5) szybowce specjalne.

Od szybowców szkolnych wymaga się szczególnie prawidłowych i bezpiecznych własności lotnych oraz łatwego i prawidłowego pilotażu, zapewniającego odpowiednią tolerancję na charakterystyczne błędy popełniane przez pilota podczas szkolenia. Jednocześnie wymagana jest prostota konstrukcji i niskie koszty budowy, w celu obniżenia kosztów szkolenia i napraw.

Wymienione tu wymagania powodują, że szybowce szkolne mają dość niskie osiągi, to znaczy dość duże opadanie i niezbyt dużą doskonałość aerodynamiczną. Wartości opadania i doskonałości nie stanowią w tej grupie szybowców zagadnienia podstawowego. Przykładowymi szybowcami szkolnymi są SZD-9 „Bocian” i SZD-50 „Puchacz”.

Szybowce treningowe charakteryzować powinny się również łatwym pilotażem i tolerancją na błędy pilota. W dzisiejszych czasach są to szybowce jednomiejscowe o doskonałości rzędu 30 - 35. Przykładami mogą tu być SZD-51-1 „Junior” czy SZD-30 „Pirat”.

Najważniejszym parametrem charakteryzującym szybowce wyczynowe jest doskonałość aerodynamiczna oraz płaska biegunowa prędkości. Oznacza to że przy konstruowaniu tych szybowców maksymalizuje się zasięg szybowca oraz minimalizuje się prędkości opadania w całym zakresie prędkości. Standardem jest wykorzystywanie balastu wodnego i klap (o ile ograniczenia danej klasy tego nie zabraniają). W dzisiejszych czasach maksymalne doskonałości szybowców w klasie standard¹ i klasie 15 metrowej² wynoszą ok. 44 a w klasie otwartej³ nawet 60.

Szybowce akrobacyjne charakteryzują się wysoką odpornością konstrukcji mierzoną maksymalnym dopuszczalnym współczynnikiem przeciążeń, który dla tego rodzaju szybowców wynosi nawet +10/-10 g (wielokrotności przyspieszenia ziemskiego), podczas gdy dla innych kategorii szybowców nie przekracza on +6/-3. Przykładami mogą być drewniany „Kobuz” czy nowoczesne laminatowe szybowce „Swift” i „Fox”.

Do szybowców specjalnych należą pozostałe szybowce nie dające się zaliczyć do powyższych kategorii np. szybowce desantowe.

Należy pamiętać, że istnieje wiele innych podziałów i klasyfikacji szybowców (np. ze względu na układ konstrukcyjny, wznios i skos skrzydeł), które są m.in. omawiane w niniejszym skrypcie.

MATERIAŁY UŻYWANE DO BUDOWY SZYBOWCÓW

Wszystkie materiały używane do budowy szybowców muszą spełniać określone normy. Do budowy szybowców używa się drewna, laminatów szklano-epoksydowych, stali (kratownice, sworznie, czopy, czy inne szczególnie obciążone elementy konstrukcyjne), szkła organicznego (owiewki kabin),

Podstawowym materiałem konstrukcyjnym aż do lat siedemdziesiątych XX wieku było drewno. W naszych warunkach stosowane było głównie drewno sosnowe, brzozone i jesionowe. Do pokrywania powierzchni skrzydeł czy kadłubów najczęściej w szybowcach drewnianych używano sklejki (na skrzydłach tworzącej część kesonu, o którym będzie szerzej powiedziane przy okazji omówienia budowy skrzydła) oraz płótna.

Obecnie szybowce budowane są z laminatów szklano-epoksydowych, kompozytów włókien węglowych i aramidowych itd.

Szerzej omówimy tu proces budowy szybowca z laminatów szklano-epoksydowych ze względu na obecną powszechność tej metody.

LAMINATY

Laminaty są to powłoki warstwowe z żywic poliestrowych i epoksydowych wzmocnionych włóknem szklanym. Włókno szklane stosowane jest w nich w postaci tkanin oraz pasm, zwanych rowingami. O zastosowaniu laminatów w konstrukcjach szybowcowych zdecydowały następujące właściwości laminatów:

- wysoka wytrzymałość,
- odporność na działanie czynników zewnętrznych,
- zdolność zachowania uformowanego przy wytwarzaniu kształtu,
- możliwość wiernego odwzorowania kształtów z foremnika,
- uzyskiwanie idealnie gładkich powierzchni zewnętrznych powłok,
- mniejsza pracochłonność w porównaniu z innymi metodami wytwarzania,
- stosunkowo prosta konstrukcja i technologia szybowców z laminatów.

Do wytwarzania zespołów szybowców laminatowych stosowane są specjalne, najczęściej wklęsłe, foremniki, w których układa się i kolejno przesyca żywicą warstwy tkanin z włókna szklanego, nadając im przy tym wymagany kształt. Z chwilą stwardnienia żywicy sztywne już elementy wyjmowane są z foremników i kierowane do dalszej obróbki. Strona licowa elementów, która podczas wytwarzania przylegała do foremników, odznacza się dużą gładkością. Do wytwarzania laminatów niezbędne są następujące składniki:

- tkaniny z włókna szklanego o różnych rodzajach splotów i różnych gramaturach (ciężarach jednostkowych),
- rowing szklany w postaci podłużnych pasm, składających się z bardzo cienkich nitek,
- żywice epoksydowe, rzadziej poliestrowe, do przesykania tkanin i rowingu oraz do łączenia oddzielnie wykonanych części,
- utwardzacze do tych żywic, mieszane z żywicami bezpośrednio przed procesem laminowania,
- tworzywa przekładkowe, stosowane do usztywniania powłok, które w laminowuje się między warstwy tkanin (są to spienione tworzywa sztuczne lub tzw. wypełniacze ulowe),
- wypełniacze do żywic stosowanych do klejenia, zwłaszcza przy niezbyt dokładnym spasowaniu powierzchni lub przy połączeniu z pogrubioną spoiną (drobno cięty rowing,

płatki bawełniane, mikrobalon lub krzemionka koloidalna zapobiegająca wyciekaniu żywicy ze spoin).

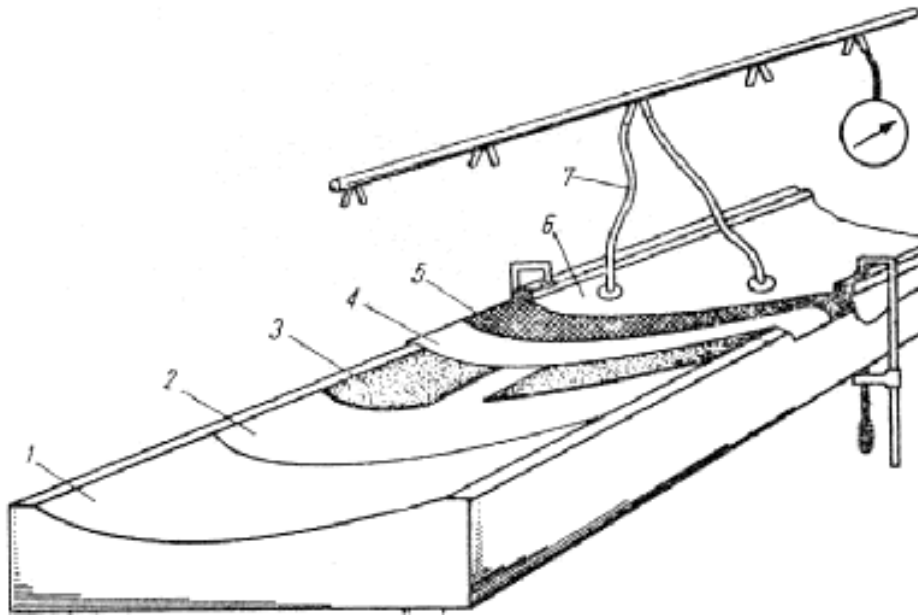
Dostępne są tkaniny o różnych, odpowiednio ukierunkowanych splotach, mające właściwość formowania się na skomplikowanych pod względem kształtu foremnikach. Grubość i wytrzymałość laminatu zależy przede wszystkim od rodzaju i liczby nałożonych tkanin. Do budowy szybowców stosowane są tkaniny pochodzenia krajowego i zagranicznego oraz rowing produkcji krajowej. Pasma rowingu stosuje się w miejscach wymagających pogrubienia przekroju (np. krawędzie elementów, wykrojów), a głównie do przenoszenia większych obciążeń liniowych (pasy dźwigarów, podłużnice).

Początkowo w budowie szybowców stosowano laminaty niewytrzymałościowe, z których wykonywane były kołpaki przodu kadłuba, różne osłony, przejścia aerodynamiczne itp. Stosowano do tego celu żywice poliestrowe (Polimal 109) oraz epoksydowe (Epidian 5). Obecnie wytwarzane są z laminatów całe konstrukcje, przy czym stosuje się głównie żywice epoksydowe produkcji krajowej i zagranicznej.

Żywica epoksydowa Epidian 52. Jest to żywica pochodzenia krajowego powstała na bazie żywicy Epidian 5. Stosowana jest ona wraz z utwardzaczem Z-1. Oba składniki dostarczane są w stanie ciekłym, a łączy się je bezpośrednio przed użyciem. Przygotowana kompozycja zdatna jest do użycia zwykle przez kilkadziesiąt minut. Z każdej przyrządzonej porcji sporządzane są jakościowe próbki kontrolne, na podstawie których sprawdza się prawidłowość przebiegu procesu żelowania żywicy.

Kleje do łączenia laminatów. Do łączenia ze sobą oddzielnych części laminatowych stosowane są kleje przyrządzane z omawianych tu podstawowych żywic epoksydowych. Zależnie od potrzeby dodawane są do tych żywic odpowiednie wypełniacze, zwłaszcza zaś gdy występują tzw. pogrubione spoiny lub gdy istnieje trudność z dokładnym dopasowaniem łączonych powierzchni. Drobnno cięty rowing i płatki bawełniane zwiększają wytrzymałość połączenia, mikrobalon natomiast (lekki drobny proszek) stosowany jest do dobrego wypełnienia grubej spoiny. Krzemionka koloidalna dodawana jest do masy kleju w celu zapobieżenia wyciekaniu ze spoin świeżo naniesionego kleju. Często stosuje się jednocześnie kilka z wymienionych tu dodatków.

Przed klejeniem powierzchnie laminatów powinny być oczyszczone, dokładnie odtłuszczone i lekko przetrarte papierem ściernym. Klej nakłada się na obie łączone powierzchnie. Klejenie nie wymaga stosowania kontrolowanych docisków, jak jest to z reguły praktykowane podczas klejenia elementów drewnianych.



Rys. 1. Wykonywanie laminatowego pokrycia skrzydła na foremniku

1 - warstwa rozdzielcza, 2 - warstwy laminowanych tkanin, 3 - przekładka piankowa, 4 - warstwa rozdzielcza z folii, 5 - siatka nylonowa, 6 - przepona poliwinylowa, 7 - przewody od pompy podciśnieniowej

Przebieg laminowania. Dla większości elementów, a głównie dla tych, od których wymagana jest duża gładkość i dokładność odwzorowania, stosowane są foremniki wklęsłe. Oznacza to, że zewnętrzne powierzchnie wykonywanych elementów przylegają bezpośrednio do foremnika. Aby zapobiec przylaminowaniu tkaniny do foremnika, powierzchnię jego oczyszcza się i pokrywa odpowiednią warstwą rozdzielczą (np. wosk polietylenowy z rozcieńczalnikiem „tri”). Na warstwę rozdzielczą może być teraz naniesiona emalia kryjąca, która łączy się z licem wykonywanego laminatu. Dzięki temu staje się zbędne późniejsze lakierowanie całego zespołu szybowca.

Po wyschnięciu warstwy emalii przystępuje się do właściwego laminowania. W tym celu konieczne jest wcześniejsze przygotowanie odcinków tkanin z włókna szklanego. Rodzaj tkaniny, jej gramatura i sposób złożenia podczas formowania elementu podane są na rysunkach wykonawczych. Odcinki tkanin układa się na zakładkę, której szerokość wynosi kilka centymetrów. Wytwarzanie laminatu odbywa się w sposób ciągły (bez przerw w pracy) przy przestrzeganiu zachowania czasu przydatności dostarczanych porcji żywicy z utwardzaczem. Nakładanie żywicy na foremnik, a następnie przesycającą ją układanych warstw tkanin odbywa się ręcznie przy użyciu krótkiego, twardego pędzla.

Jeżeli pomiędzy warstwy tkanin ma być właminowana warstwa przekładkowa w postaci spienionego tworzywa, to ze względu na jego porowatość do żywicy może zostać dodany mikrobalon, który zakryje otwarte pory na powierzchniach przekładki piankowej. Bezpośrednio po właminowaniu przekładki piankowej (tzn. po zakryciu jej warstwą tkaniny) konieczne jest wywarcie lekkiego nacisku, zapewniającego dobre ułożenie się przekładki i przyjęcie przez nią wymaganego kształtu. Nacisk taki wywiera się metodą podciśnieniową. Polega ona na tym, że na świeżą warstwę przesyconej żywicą tkaniny nakłada się cienką warstwę rozdzielczą z folii. Na warstwie rozdzielczej układa się drobną siatkę nylonową (lub tkaninę przepuszczającą powietrze), a następnie całość przykrywa się szczelnie dopasowaną przeponą (z grubszej folii), do której podłączone są giętkie przewody od pompy podciśnieniowej.

Do zapewnienia dobrego uformowania pokrycia wystarcza podciśnienie około 0,5-0,7 kG/cm². Sposób układania poszczególnych warstw podczas laminowania przedstawiony jest na rysunku 1. Podczas procesu laminowania wymagane jest przestrzeganie w pomieszczeniu odpowiedniej klimatyzacji. Minimalna temperatura powietrza powinna wynosić 20°C, a wilgotność względna nie może być większa niż 85%.

W omówiony tu sposób wytwarzane są głównie pokrycia skrzydeł i usterzeń szybowców oraz ścianki dźwigarów. Przy laminowaniu kadłubów metody docisku podciśnieniowego nie stosuje się. Odmienne przebieg ma proces budowy dźwigara. Dźwigar wykonywany jest z dwóch połówek, górnej i dolnej. Obie połówki wykonywane są w korytkowych foremnikach przy zastosowaniu docisku metodą podciśnieniową. Dalsza operacja polega na wlaminowywaniu do obu połówek pasm rowingowych spełniających rolę pasów dźwigara. Pasma rowingu odwijane są ze szpulek, a następnie poddawane są dokładnemu przesycaaniu żywicą w specjalnym urządzeniu i jednocześnie łączone w jedno pasmo o odpowiednio większym przekroju. Podczas wyciągania pasm z urządzenia przesycającego, pasma są układane wewnątrz połówek dźwigara i dociskane wałkiem. Każdy z pasów dźwigara składa się więc z określonej liczby pasm rowingu, przy czym im bliżej części nasadowej dźwigara, tym więcej pasm rowingu zawiera pas. Następną czynnością jest wklejanie do pionowych ścianek dźwigara lekkiego wypełniacza piankowego i zalaminowanie wnętrza połówek jedną warstwą tkaniny. Wykonane w ten sposób obie połówki mogą być teraz sklezione ze sobą kołnierzami. Proces utwardzania laminatów i ich połączeń klejowych składa się z około dziesięciogodzinnego procesu żelowania żywicy i z około jednodobowego procesu utwardzania wstępnego. Po upływie tego okresu możliwe jest wyjecie elementu z foremnika.

BUDOWA ZESPOŁÓW SZYBOWCA

UKŁADY KONSTRUKCYJNE SZYBOWCÓW

Typ lecącego szybowca określa się na podstawie charakterystycznych cech jego sylwetki. Znaczny wpływ na sylwetkę szybowca ma jego układ konstrukcyjny. Przez pojęcie układu rozumie się tu usytuowanie skrzydeł względem kadłuba oraz usytuowanie usterzeń. We wczesnym okresie rozwoju szybownictwa do najbardziej rozpowszechnionych należał układ górnopłata, odznaczający się tym, że skrzydła, najczęściej wsparte zastrzałami, umieszczone były nad kadłubem. Początkowo budowano w takim układzie prawie wszystkie odmiany szybowców, o później układ ten charakterystyczny był dla szybowców szkolnych i treningowych. Obecnie tego rodzaju szybowce spotykane są coraz rzadziej.

Korzystną pod względem aerodynamicznym i konstrukcyjnym odmianą górnopłata jest tzw. grzbietopłat, którego przykładem jest SZD-30 „Pirat”. Różni się on od górnopłata tym, że skrzydła ma zabudowane bezpośrednio do górnej części kadłuba, a nie do tzw. wieżyczki, którą tworzy wyniesiona do góry i zwężająca się część kadłuba.

Najbardziej pokąźną grupę stanowią szybowce zbudowane w układzie średniopłata. W szybowcach tych skrzydła mocowane są mniej więcej w połowie wysokości kadłuba. Przykłady takich rozwiązań pokazane są na rysunkach od 4 do 7. W sporadycznie spotykanych konstrukcjach przyjęty jest układ dolnopłata. Poważną niedogodnością takiego układu jest w przypadku szybowca możliwość uszkodzeń szybowca na ziemi ze względu na nieznaczną odległość skrzydeł od powierzchni ziemi.

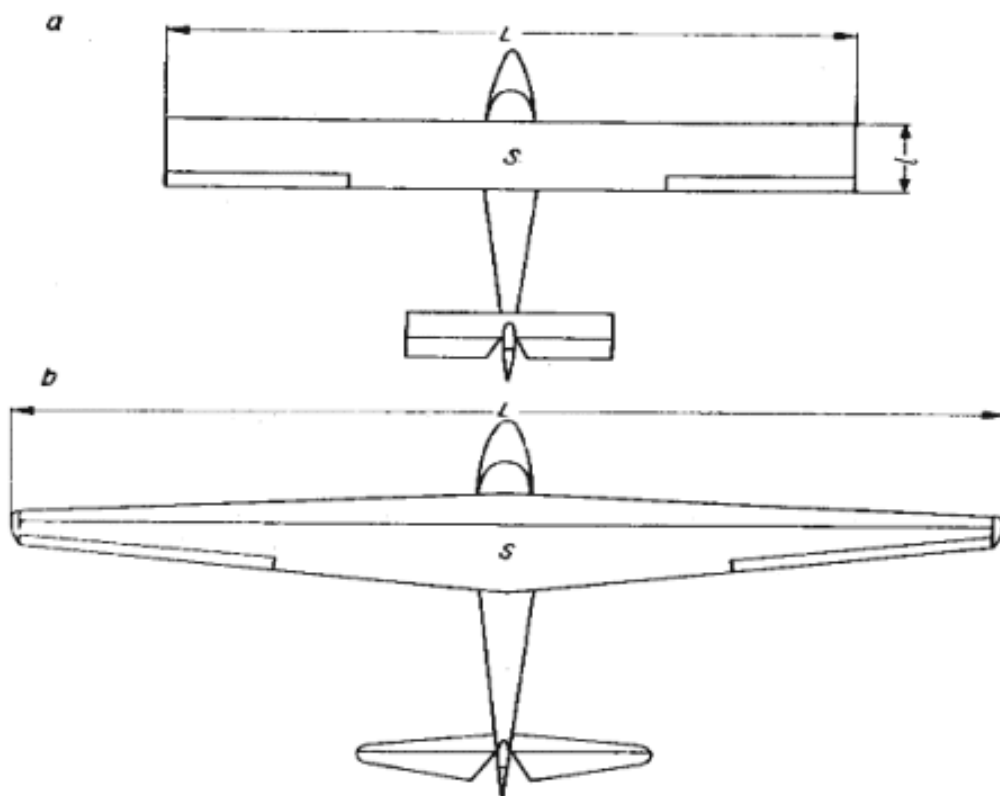
Niebezpieczeństwo niezamierzonego kontaktu z ziemią usuwa częściowo zastosowanie „łamanego” skrzydła o kształcie spłaszczonej litery „M”. Rozwiązania takie stosuje się w celu poprawienia stateczności szybowca, a jednocześnie przez oddalenie końców skrzydeł od ziemi zapobiega się zaczepianiu ich o wysoką roślinność, co jest szczególnie ważne podczas lądowania szybowca w terenie przygodnym. Dalszą charakterystyczną cechą skrzydła jest jego obrys.

Obrys prostokątny spotykany był wyłącznie przy prostych w konstrukcji szybowcach szkolnych. Obrys taki nie był korzystny aerodynamicznie, ale znakomicie upraszczał budowę. Pozostałe obrysy, takie jak trapezowy, prostokątno-trapezowy oraz eliptyczny stosowane są w szybowcach treningowych, wyczynowych i akrobacyjnych, gdyż zapewniają znaczne korzyści aerodynamiczne, zwłaszcza przy odpowiednim wydłużeniu skrzydła.

Wydłużenie skrzydła to jedna z cech konstrukcji skrzydła. Wydłużenie jest to stosunek rozpiętości skrzydeł do ich szerokości (w przypadku skrzydeł prostokątnych). Większe wydłużenia zapewniają lepszą doskonałość aerodynamiczną, ale o nastroczają dodatkowe trudności konstrukcyjne ze względu na spadek sztywności giętnej i skrętnej smukłego skrzydła. Ogólnie, dla dowolnego obrysu skrzydła wydłużenie λ (lambda) wyznacza wzór:

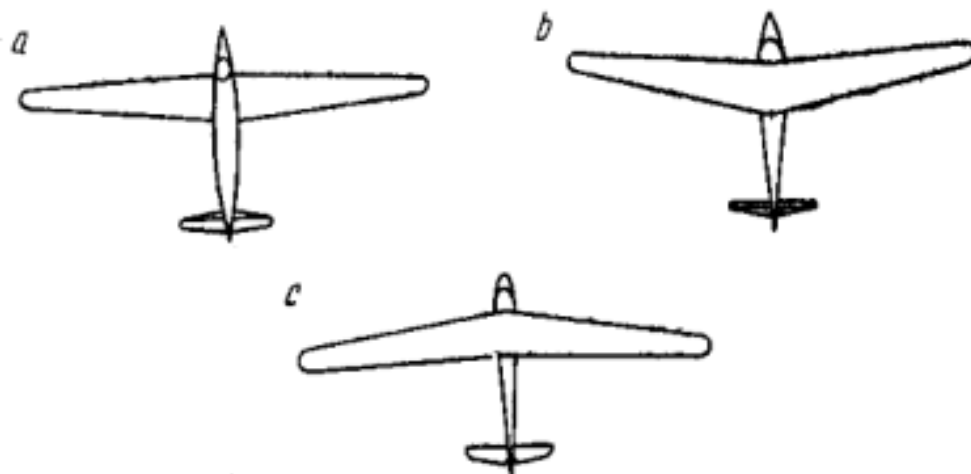
$$\lambda = l^2 / S$$

gdzie: l - rozpiętość skrzydeł, S - powierzchnia nośna skrzydeł.



Rys. 2. Wydłużenie skrzydła

Pojęcie wydłużenia wyjaśnia rysunek 2 na przykładzie skrzydła prostokątnego i trapezowego. Następną dostrzegalną dla obserwatora cechą zewnętrzną szybowca jest tzw. skos skrzydeł. Układ ze skosem do przodu stosowany jest często w szybowcach dwumiejscowych, gdyż umożliwia umieszczenie drugiego członka załogi o w środku ciężkości szybowca, tak, aby jego ciężar miał minimalny wpływ na zmianę położenia środka ciężkości szybowca.



Rys. 3. Skosy skrzydeł: a - skrzydło bez skosu, b - skos ujemny (do przodu), c - skos dodatni (do tyłu).

Takie rozwiązanie zastosowane jest w szybowcu dwumiejscowym „Bocian” oraz w szybowcu szkolnym „Czapla”. Skos skrzydeł do tyłu charakterystyczny jest dla szybowców bezogonowych, czyli do tzw. latających skrzydeł, gdyż zapewnia potrzebną stateczność podłużną i sterowność. Rozwiązania takie występują jednak sporadycznie i to w konstrukcjach raczej eksperymentalnych.

W konstrukcjach kadłubów występuje także znaczna różnorodność. Najbardziej prymitywnym rodzajem kadłuba jest kadłub wykonany z kratownicy płaskiej; znajdował on szerokie zastosowanie w konstrukcjach dawnych szybowców do szkolenia wstępnego. Obecnie wszystkie szybowce mają kadłuby stanowiące konstrukcje przestrzenne o przekroju wielobocznym lub owalnym. Spotyka się też kadłuby o przekroju kołowym, w niektórych konstrukcjach kratownicowych z rur stalowych w tylnych częściach kadłubów występują przekroje trójkątne.

Charakterystyczny dla niektórych konstrukcji jest kadłub belkowy, w którym przekroje tuż za kabiną zdecydowanie zmniejszają się przechodząc w belkę (w rzeczywistości lekko stożkową rurę, często duralową).

KONSTRUKCJE SKRZYDEŁ

Oba skrzydła (lewe i prawe) szybowca tworzą jeden płat. Stąd spotykane w literaturze określenia, takie jak górnopłat, średniopłat lub grzbietopłat. Płat może być budowany jako jedna całość, to znaczy niedzielony, może być dwudzielny, to znaczy składać się z lewego i prawego skrzydła, a może też składać się z trzech lub nawet czterech części. Przykładem trójdzielnego płata są skrzydła Pirata złożone z wielopodłużnicowego centropłatu i trapezowych końcówek. Najczęściej spotyka się płat dwudzielny, który zapewnia najkorzystniejsze warunki obsługi i transportu kołowego. Płat niedzielony, dający znaczne oszczędności ciężaru dzięki brakowi ciężkich okuć nośnych, może być stosowany jedynie w szybowcach o małej rozpiętości. Pozostałe rozwiązania, w postaci płata trójdzielnego oraz składającego się z czterech części, są najbardziej kłopotliwe podczas użytkowania szybowców (montaż, demontaż, transport).

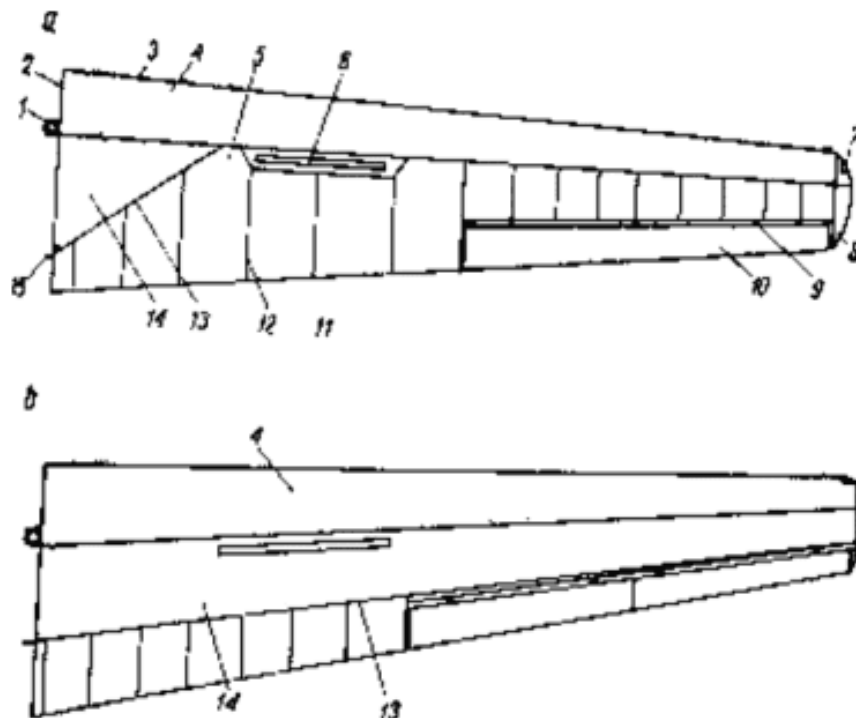
Choć pod względem wyglądu zewnętrznego skrzydła mogą być do siebie podobne, to jednak często występują duże różnice w ich konstrukcji i w stopniu zmechanizowania. Do tradycyjnych zalicza się skrzydła z jednym lub dwoma dźwigarami konstrukcji drewnianej.

Po dość krótkim okresie prób ze skrzydłami wielopodłużnicowymi, pozbawionymi dźwigarów, obserwuje się powrót do koncepcji dźwigara w konstrukcjach laminatowych.

Na mechanizację skrzydeł szybowcowych składają się lotki i hamulce aerodynamiczne; rzadziej występują klapy wyporowo-przeskokowe i zbiorniki na balast wodny. Na przestrzeni lat można było obserwować wiele modyfikacji, jakim poddawane były te urządzenia w dążeniu do uzyskania jak największych efektów. Na przykład lotki, początkowo bezszczelinowe, ewoluowały w kierunku lotek szczelinowych o dużej skuteczności, aby wreszcie wrócić do rozwiązań początkowych, tyle że o zmienionym wydłużeniu, wyważeniu i sposobie zawieszenia. Hamulce aerodynamiczne, usuwane o ze skrzydeł w celu zachowania idealnie gładkich powierzchni laminarnych, po kilku latach eksperymentów z różnego rodzaju hamulcami spadochronikowymi w tyle kadłuba, powróciły na skrzydła, tyle, że nieco cofnięte do tyłu, w strefę turbulentnego opływu płata.

Skrzydła dźwigarowe. Charakterystyczne dla konstrukcji szybowców skrzydła dźwigarowe wykonane z drewna pokazano na rysunku 4.

Na rysunku 4a przedstawiono skrzydła jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomocniczym (inaczej skośnym, skrętnym), pokryte kesonem wykonanym ze sklejk, a biegnącym wzdłuż całej rozpiętości oraz trójkątnym kesonem wypełniającym miejsce pomiędzy dźwigarem głównym a dźwigarkiem skośnym. W opisanym układzie obciążenia zginające przejmowane są przez dźwigar główny, skręcanie natomiast przez obydwie kesony. Dźwigarek pomocniczy nazywany jest też skrętnym z tej przyczyny, że przenosi na kadłub moment skręcający od skrzydła. Pozostałe powierzchnie skrzydła kryte są płótnem.



Rys. 4. Typowe skrzydła dźwigarowe szybowców: 1 - okucie główne, 2 - żebro nasadowe, 3 - krawędź natarcia, 4 - keson (przedni), 5 - dźwigar główny, 6 - hamulec aerodynamiczny, 7 - światło pozycyjne, 8 - końcówka skrzydła, 9 - dźwigarek przylotkowy, 10 - lotka, 11 - krawędź splywu, 12 - żebro, 13 - dźwigar pomocniczy, 14 - keson tylny, 15 - okucie pomocnicze

Skrzydło wyposażone jest w lotkę i hamulec aerodynamiczny, składający się z dwóch pionowo wysuwanych płyt, górnej i dolnej. Zginanie przenoszone jest z dźwigara na parę okuć głównych (okucie górne i okucie dolne), skręcanie natomiast przez pojedyncze okucie dźwigarka skośnego.

Na rysunku 4b pokazane jest skrzydło dwudźwigarowe z dźwigarem głównym i równoległym lub lekko zbieżnym prowadzonym dźwigarem pomocniczym. Skrzydło ma keson zwany dwuobwodowym. Jeden obwód kesonu stanowi odcinek od dźwigara głównego do przodu, drugi natomiast - odcinek między dźwigarami. Pozostałe powierzchnie skrzydła kryte są płótnem. Zginanie przenoszone jest w tym skrzydle przez dźwigar przedni, skręcanie zaś przez obydwie obwody kesonów i dźwigar pomocniczy, który umocowany jest do kadłuba pojedynczym okuciem. Przy dźwigarze głównym znajdują się dwa okucia główne, to znaczy okucie górne i okucie dolne, obciążane momentem gnącym skrzydła.

Skrzydło wyposażone jest w dzieloną lotkę (ze względu na jej znaczną długość) i hamulec aerodynamiczny.

Dźwigar skrzydła, pod względem wytrzymałościowym, jest belką biegnącą wzdłuż całej rozpiętości skrzydła i przystosowaną do pracy na zginanie. Belka ta umocowana jest jednostronnie do kadłuba szybowca.

Z uwagi na charakter pracy, dźwigar odznacza się szczególną konstrukcją, w której główną rolę odgrywa pas górny oraz pas dolny. Są to elementy, które zależnie od kierunku obciążania dźwigara poddawane są na przemian rozciąganiu i ścisaniu. Na rysunku 42 pokazano charakterystyczne szczegóły budowy dźwigarów drewnianych. Rysunek 42a przedstawia przekroje dźwigarów uszeregowane od najbardziej prostych do konstrukcyjnie skomplikowanych (dźwigar ceowy, skrzynkowy, dwuteowy, dwuskrzynkowy, wieloskrzynkowy). Pasy dźwigara klejone są z warstw drewna sosnowego. Układ słoików drewna, widoczny na przekrojach poprzecznych, tak jest dobierany, aby słoje tworzyły charakterystyczny wzór „jodełki”, przez co uzyskuje się dobrą sztywność i wytrzymałość dźwigara. Zazwyczaj przekrój pasa górnego jest większy niż pasa dolnego, co spowodowane jest tym, że podczas zginania skrzydła w locie normalnym jest on ścisany, a jak wiadomo, drewno ma znacznie mniejszą wytrzymałość na ściskanie niż na rozciąganie.

Ścianki dźwigara wykonane są ze sklejki w ten sposób, że jej zewnętrzne słoje przyjmują kierunek ukośny lub pionowy. Ścianki zapobiegają wzajemnemu zbliżaniu się pasów dźwigara i przesuwaniu się jednego pasa względem drugiego.

W miejscach, w których mają być przymocowane okucia, wklejane są do dźwigarów odpowiednie klocki. Klocki charakteryzują się specjalnymi kształtami, zapewniającymi łagodne przejścia przy zmianach przekrojów elementu pracującego, co jest konieczne do uniknięcia tzw. zjawiska działania karbu. Zjawisko to określa gwałtowny spadek wytrzymałości konstrukcji w miejscach o nagłych zmianach przekrojów.

Podczas zabudowy okuć szczególnej uwagi wymaga dokładność wykonania otworów w drewnie. Drewno musi mieć odpowiednią wilgotność, aby nie nastąpiło luzowanie się połączeń w późniejszym okresie (kurczenie się drewna - zanik docisku okuć do dźwigara).

Dźwigarki pomocnicze odznaczają się prostszą konstrukcją. Mają one najczęściej przekrój ceowy lub zwykły, skrzynkowy.

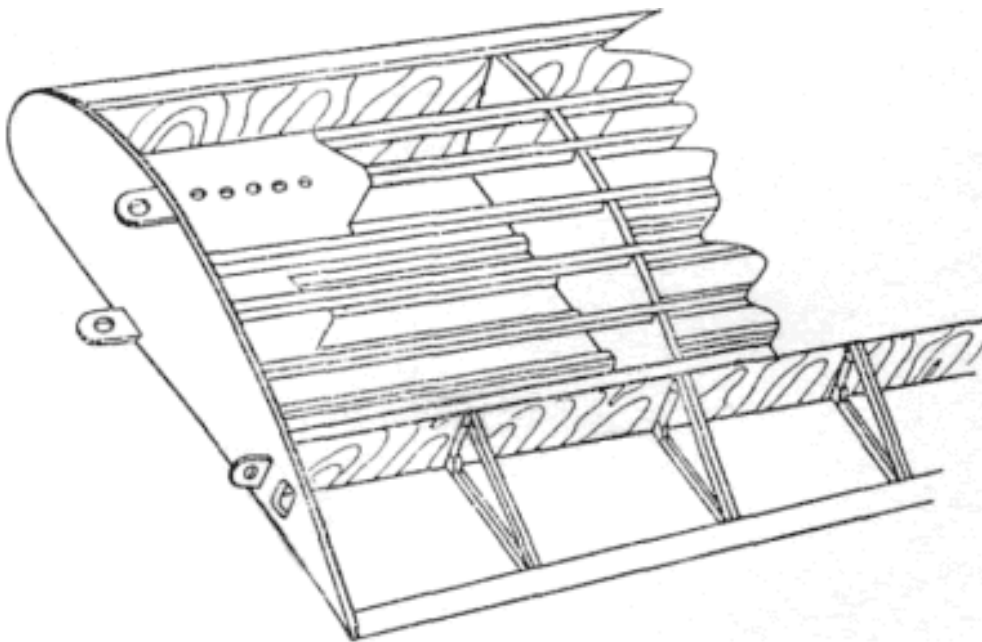
Żebra nadają skrzydłu i usterzeniom odpowiedni profil, a od dokładności ich wykonania zależą, zwłaszcza w przypadku skrzydeł, własności aerodynamiczne szybowca. Żebra przenoszą na dźwigary siły aerodynamiczne wytwarzane na powierzchniach skrzydeł i usterzeń.

W celu lepszego wyzyskania wysokości profilu do zabudowy dźwigara (wyższy dźwigar na większą wytrzymałość), buduje się najczęściej żebra jako dzielone, to znaczy składające się z części przedniej i z części zadźwigarowej (inaczej noskowe i spływowe).

Kesony są to przestrzenne elementy konstrukcji skrzydła o tworzące rodzaj zamkniętej rury, odpornej na skręcanie. Powstają one przez obustronne oklejenie szkieletu utworzonego przez dźwigar i żebra za pomocą sklejki. Rozróżnia się kesony jedno- i dwuobwodowe, zależnie od liczby dźwigarów w skrzydle. Odporność na skręcanie można w kesonie zwiększyć przez skośne ułożenie słoików sklejki. Szczególnie trudne jest wykonanie kesonu przedniego, jeżeli jest on wytwarzany z jednego kawałka sklejki. Trudność polega na konieczności wstępnego formowania sklejki w celu nadania jej odpowiedniego kształtu. Pociąga to za sobą konieczność wstępnego moczenia na gorąco sklejki, a następnie ułożenia jej na foremniku o kształcie kesonu skrzydła. Przymocowana do foremnika sklejka pozostaje na nim aż do zupełnego wyschnięcia, po czym może być klejona do szkieletu skrzydła.

Ze względu na ważność roli, jaką odgrywiają kesony, wymagana jest duża staranność tak podczas budowy, jak i w późniejszym okresie, podczas napraw skrzydła.

Skrzydła wielopodłużnicowe. Drewniane skrzydła wielopodłużnicowe charakteryzują się tym, że nie mają klasycznego dźwigara. Są to skrzydła o pokryciu pracującym, uformowanym w szeroki jednoobwodowy keson sięgający przednią ścianką do listwy natarcia, a tylną ścianką aż do części lotkowej (ewentualnie klapowej). Dźwigar skrzydłowy zastąpiony jest tu szeregiem drobnych podłużniczek, podpartych żebrami. W części wymagającej umocowania okuc nośnych podłużniczki łączą się w płaski klocek, do którego mocowane jest okucie. Rozwiązanie takie występuje tak w górnym, jak i w dolnym pokryciu skrzydła.



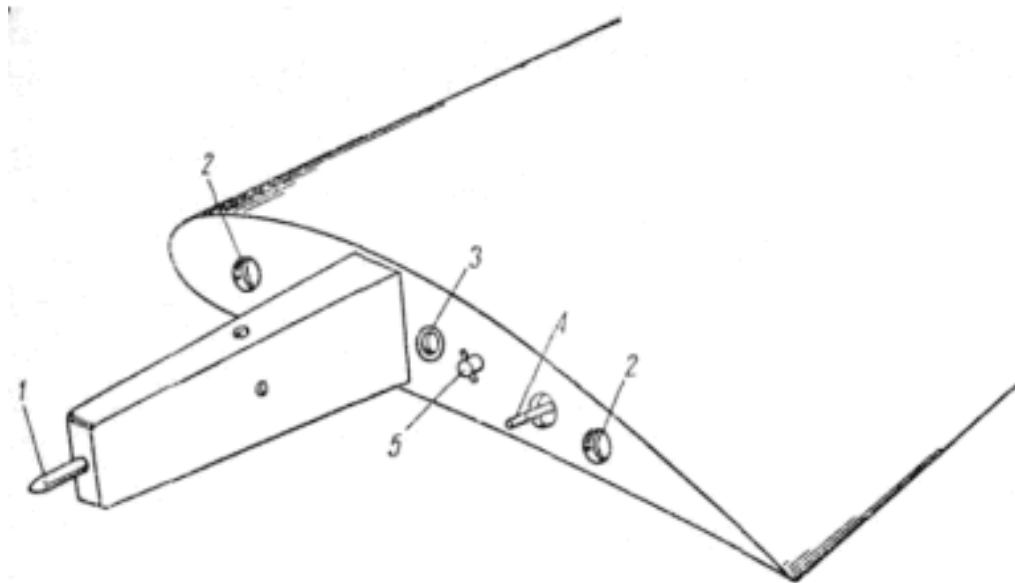
Rys. 5. Konstrukcja części nasadowej skrzydła wielopodłużnicowego

Budowa takiego skrzydła jest odmienna i wymaga odpowiedniego oprzyrządowania, na które składają się oddzielne foremniki na pokrycia górne (lewe i prawe skrzydło) oraz na pokrycia dolne (lewe i prawe skrzydło). W foremnikach tych powstają przekładkowe pokrycia skrzydła, składające się z kilku warstw sklejek lub z kombinacji sklejk z lekkim tworzywem wypełniającym. Jednocześnie w tych foremnikach wklejane są do pokrycia listwy podłużniczek z umocowanym do nich okuciem nośnym. Jeden z foremników służy za przyrząd montażowy skrzydła przy dalszych czynnościach, polegających na ustawieniu żeber i skrzynki hamulcowej, zainstalowaniu napędów sterowych i naklejeniu drugiego pokrycia.

Momenty gnące przenoszone są przy współpracy podłużniczek i pokrycia, skręcanie natomiast przez obydwa pokrycia (górne i dolne) oraz przez ścianki przednią i tylną. Skrzydła wielopodłużnicowe spotykane są stosunkowo rzadko. W konstrukcjach krajowych występują m. in. w szybowcach „Foka” 24-4A oraz „Pirat” SZD 30 (tylko w środkowej części skrzydła).

Skrzydła laminatowe.

Skrzydła laminatowe budowane są w układzie dźwigarowym z dźwigarem dzielącym na dwie części szeroki keson, utworzony przez pokrycia górne i dolne i przez tylną ściankę, sięgającą do części przylotkowej. Dzięki właściwości zachowania kształtu przez usztywnione przekładkami pokrycia skrzydła zbyteczne jest w nich stosowanie wewnętrznych żeber. Skrzydło laminatowe ma jedynie odpowiednio mocne żebro nasadowe, do którego wlaminiowane są gniazda ze stalowymi łożyskami przegubowymi o dużej średnicy. Otwory w skrajnych przegubach 2 służą do połączenia skrzydła z kadłubem, środkowy przegub 3 natomiast -- do wprowadzenia czopa drugiego skrzydła (rys. 6).

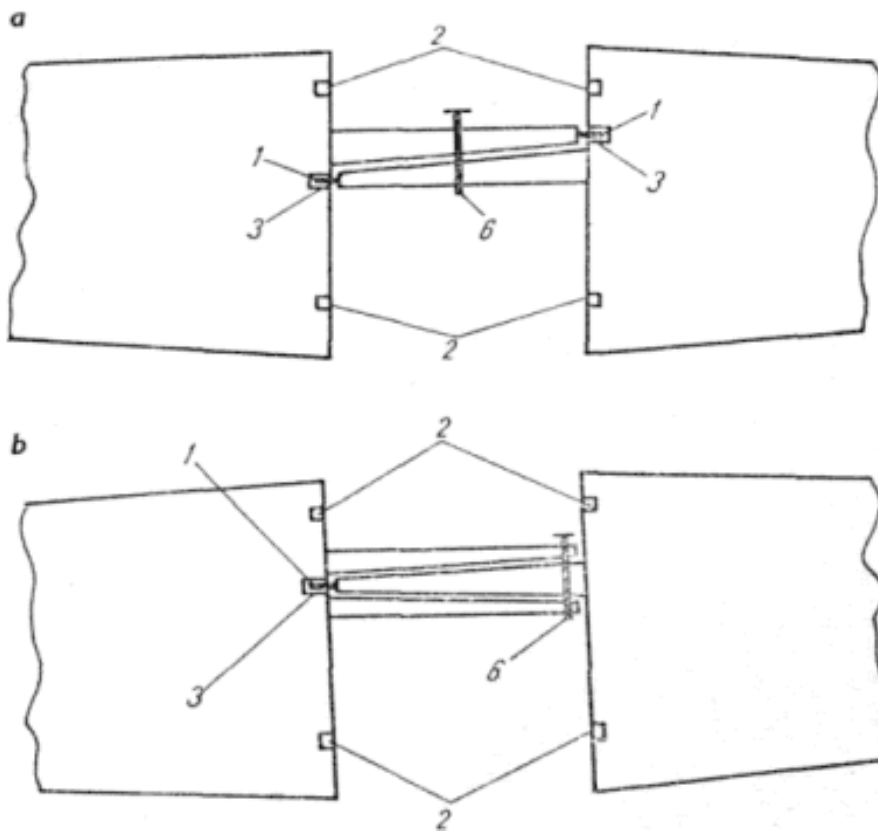


Rys. 6. Część nasadowa skrzydła wykonanego z laminatów

1 - czop dźwigara, 2 - gniazda przegubowe do zawieszenia kadłuba, 3 - gniazdo przegubowe czopa dźwigara drugiego skrzydła, 4 - popychacz napędu lotki, 5 - sprzęgło napędu hamulca aerodynamicznego

Wystający z żebra nasadowego króciec dźwigara zakończony jest czopem stalowym 1, który podczas montażu szybowca wprowadzany jest do otworu w przegubie 3 lewego skrzydła. Przed wysunięciem się skrzydeł układ jest zabezpieczony sworzniem przetykanym przez otwory tulei 6. Sposób montażu obu skrzydeł wyjaśniony jest na rysunku 7a, w którym w celu lepszej przejrzystości pominięte zostało zaznaczenie obrysu kadłuba.

W nieco odmienny sposób rozwiązane jest połączenie przedstawione na rysunku 7b. Sworzeń 6 spinający oba dźwigary jest znacznie silniej obciążony, gdyż przenosi siły od momentów gnących skrzydeł.



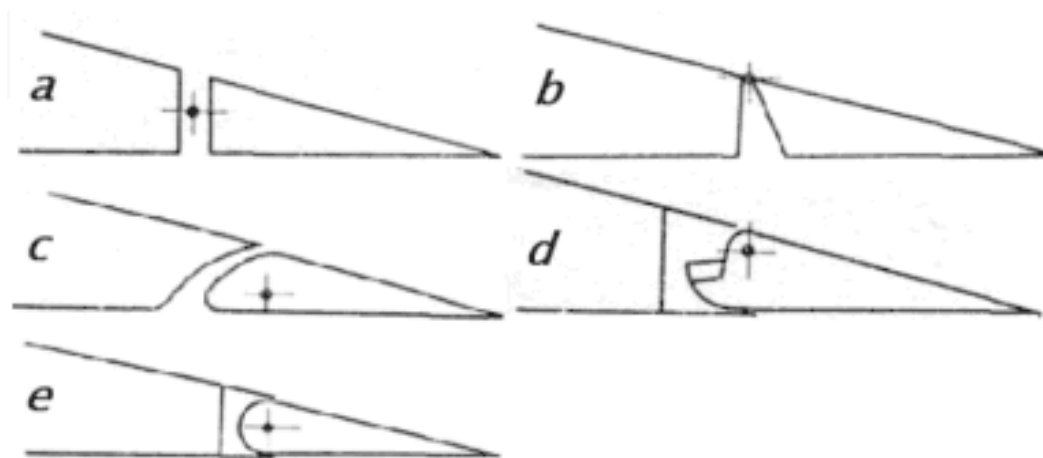
Rys. 7. Sposoby łączenia ze sobą skrzydeł laminatowych. a - układ dźwigarów na zakładkę, b - układ z dźwigarem rozwidlonym. 1 - czop dźwigara, 2 - gniazda przegubowe do zawieszenia kadłuba, 3 - gniazda przegubowe czopów dźwigarów drugich skrzydeł, 6 - sworzeń ścinający oba skrzydła

W obu rozwiązaniach przedstawionych na rysunku 7 dźwigary skrzydeł spięte są ze sobą z pominięciem udziału kadłuba, który dzięki temu nie jest obciążony siłami zginającymi skrzydła. Kadłub podwieszany jest do płata za pomocą czterech czopów wchodzących w otwory przegubów 2 widoczne na rysunkach 6, 7. Montaż skrzydeł z kadłubem wymaga jednoczesnego wprowadzenia wszystkich czopów w odpowiadające im otwory w przegubach. W ten sposób następuje jednoczesne sprężenie obu skrzydeł i połączenie ich z kadłubem. W niektórych konstrukcjach odbywa się jednoczesne sprężenie napędu sterującego hamulce aerodynamiczne.

Lotki. Lotki różnią się między sobą konstrukcją i własnościami aerodynamicznymi. Najbardziej charakterystyczne odmiany lotek pokazane są na rysunku 8. Jedna z pokazanych na rysunku lotek oddzielona jest od skrzydła szczeliną o szerokości zapewniającej uzyskanie odpowiednich kątów wychyleń. Druga lotka ma zawiasy umocowane w górnej części dźwigarka, wskutek czego, przy odpowiednim nachyleniu płaszczyzny tego dźwigarka, uzyskano możliwości jej wychylania, a szczelina została praktycznie zlikwidowana.

Na rysunku 8c przedstawiono typową lotkę szczelinową z ukształtowaną pod względem aerodynamicznym szczeliną, mającą na celu poprawienie skuteczności sterowania. Ten rodzaj lotki stosowany był przez wiele lat w szybowcach wyczynowych i akrobacyjnych. Na rysunku 8d, e przedstawiono rodzaje lotek bezszczelinowych, stosowane w nowoczesnych

konstrukcjach szybowców wyczynowych. W szybowcach tych zrezygnowano ze skutecznych lotek szczelinowych na korzyść rozwiązań zapewniających uzyskanie jak największej doskonałości aerodynamicznej szybowca (jak wiadomo poprzez szczeliny następuje wyrównywanie się ciśnień, będące źródłem tzw. oporów szczelinowych).



Rys. 8. Charakterystyczne odmiany lotek

Najczęściej konstrukcja lotki jest pochodną konstrukcji skrzydła. Oznacza to, że w skrzydłach konstrukcji drewnianej także i lotki wykonane są z drewna i najczęściej kryte tkaniną (rzadziej sklejką), podczas gdy w szybowcach laminatowych lotki mają konstrukcję przekładkową (laminat i wypełniacz z tworzywa piankowego).

Lotka przypomina swoją budową pomniejszone skrzydło, a więc przy konstrukcji drewnianej składa się z dźwigarka, żeberka, kesonu i listwy spływu. Część od dźwigarka do listwy spływu jest najczęściej pokryta tkaniną.

W szybowcach dopuszczonych do rozwijania prędkości większych niż 200 km/h stosowane jest tzw. masowe wyważanie lotek. Polega ono na tym, że przed osią zawieszenia lotki umieszczany jest metalowy ciężarek, którego masa sprowadza środek ciężkości układu do pokrycia się z osią zawieszenia lotki. Takie wyważenie lotki zapobiega występowaniu drgań samowzbudnych (flutter) lotki w zakresie dopuszczalnych prędkości. Sposoby umieszczania ciężarków wyważających są różne. Najczęściej i najbardziej korzystnie rozwiązuje się problem wyważenia lotki przez zamocowanie wzdłuż krawędzi natarcia stalowego pręta lub paska z ołowiu. Mniej korzystny jest sposób polegający na umocowaniu na wystającym pod skrzydłem wysięgniku. Rozwiązanie takie jest też źródłem dodatkowych oporów, może być narażone na oblodzenie, a przede wszystkim na zaczepianie o wysoką roślinność podczas lądowania w przygodnym terenie.

Zależnie od rozpiętości szybowca, lotki różnią się długością i wydłużeniem. Lotki o mniejszej długości zawieszane są zwykle na trzech zawiasach, podczas gdy przy lotkach długich stosuje się cztery zawiasy lub dzieli się lotkę na dwie krótsze lotki. W ten sposób tworzy się lepsze warunki pracy lotek przy znacznych nieraz ugięciach skrzydeł w locie.

Lotki pracują z reguły na zasadzie różnicowości, polegającej na tym, że lotka wychylana do góry obraca się o większy kąt w stosunku do lotki opuszczanej. Zagadnienie to omówione jest obszernie w punkcie 6.

W niektórych szybowcach wyczynowych (głównie klasy otwartej) wyposażonych w kłapy spotykane jest rozwiązanie polegające na tym, że z chwilą opuszczania kłap następuje jednocześnie opuszczenie do dołu obu lotek, co oczywiście nie ogranicza ich normalnego funkcjonowania.

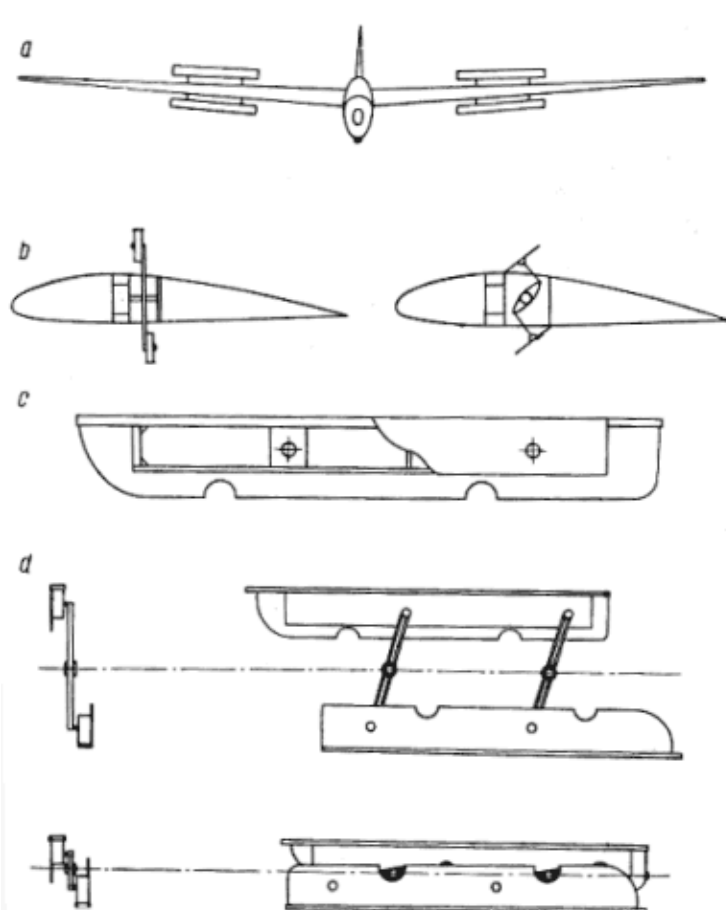
Kłapy. Kłapy stanowią w zasadzie urządzenie służące do zwiększania współczynnika siły nośnej skrzydła. Są one umieszczane wzdłuż spływowej części skrzydła na odcinku od lotek do kadłuba. Przez odpowiednie wychylenie kłap do dołu uzyskuje się wysklepienie profilu, umożliwiające zmniejszenie prędkości i promienia krążenia lub też zmniejszenie prędkości i długości startu i lądowania. Przy dużym kącie n wychylenia kłap przyrasta zdecydowanie współczynnik oporu, umożliwiając strome podejście do lądowania.

Istnieje kilka odmian kłap, różniących się między sobą i konstrukcją, i efektywnością. Szczelinowa kłapa woporowa pod względem konstrukcji, jak i zawieszenia nie różni się od lotki. Przy kłapie nie wychylonej szczelina między kłapą i skrzydłem jest zakryta i odsłania się dopiero w trakcie opuszczania kłapy.

Kłapy-poszerzacze są to kłapy o złożonym ruchu, podczas którego wysuwają się one do tyłu i stopniowo opuszczają krawędź spływu do dołu. Wraz z szybowcami laminatowymi rozpowszechniły się wąskie kłapy bezszczelinowe. W rozwiązaniach takich wykorzystywane są własności sprężyste górnego pokrycia laminatowego na skrzydle, które w ten sposób spełnia rolę zawiasu kłapy. Są to najczęściej kłapy o dwojakim działaniu. Opuszczane w dół poprawiają nieco własności w krążeniu przez zmniejszenie prędkości i promienia krążenia, podnoszone o kilka stopni do góry poprawiają własności przeskokowe szybowca podczas wykonywania przelotu. Stąd też nazywa się je kłapami do szybkiego przeskoku. Pod względem konstrukcyjnym kłapy nie różnią się prawie wcale od lotek, to znaczy mogą mieć dźwigarek, keson, żeberka i listwę spływu. Kłapy wykonywane z laminatów są ze względu na dużą sztywność pokrycia pozbawione żeber, a nawet dźwigarków, a wewnątrz ich wypełniane jest całkowicie wypełniaczem piankowym.

Instalacja kłap skrzydłowych komplikuje konstrukcję szybowca, zwiększa jej ciężar i podnosi koszty budowy. Umiejętne wykorzystanie efektów, jakie mogą dać kłapy, uwarunkowane jest dużym doświadczeniem pilota, toteż kłapy stosowane są głównie w szybowcach wysokowyczynowych.

Hamulce aerodynamiczne. Hamulce aerodynamiczne wytwarzają dodatkowe opory, wpływając w ten sposób na ograniczanie prędkości nurkowania lub zmniejszanie doskonałości szybowca podczas wykonywania manewrów przed lądowaniem.



Rys. 9 Konstrukcja hamulców aerodynamicznych

Spośród hamulców umieszczanych na skrzydłach najszerokie zastosowanie znalazły hamulce płytowe (rys. 9). Rozróżnia się hamulce płytowe wysuwane (typ Schemp-Hirth) oraz hamulce wychylane obrotowo (typ DFS). Rozmieszczenie płyt hamulcowych na skrzydłach pokazane jest na rysunku 9a. Rysunek 9b wyjaśnia różnice w sposobie wysuwania hamulców, dalsze natomiast dotyczą konstrukcji drewnianych płyt hamulcowych i ich położenia w stanie zamkniętym i otwartym (rys. 9d). Zastosowanie płyt metalowych umożliwia lepsze wykorzystanie przestrzeni w skrzynce hamulcowej, co z kolei pozwala na konstruowanie hamulców „piętrowych”, składających się z dwóch płyt górnych i dwóch płyt dolnych.

Szczególnie dużo uwagi poświęca się hamulcom zabudowanym w skrzydłach o profilu laminarnym, ze względu na konieczność zachowania dużej gładkości powierzchni. W miarę możliwości zabudowuje się więc hamulce na odcinku skrzydła, w którym przepływ utracił już charakter laminarny. Niezależnie od tego nakładki na płytach hamulcowych są starannie dopasowywane do wykrojów w pokryciu skrzydła. W celu zapewnienia dobrego przylegania, nakładki mocowane są do płyt poprzez podkładki sprężynowe, a zawieszenia nakładek jest częściowo przegubowe. Chowane płyty dociągają przez sprężyny nakładki, które dzięki temu dobrze przylegają i dopasowują się do powierzchni skrzydła. W rozwiązaniu takim wymagana jest dokładna regulacja napięcia sprężyn, uwzględniająca skłonność do wysysania nakładek podczas lotu ze zwiększoną prędkością.

KONSTRUKCJE KADŁUBÓW

Z punktu widzenia aerodynamiki kadłub stanowi „szkodliwy” zespół szybowca, gdyż nie wytwarzając siły nośnej sam jest źródłem bardzo istotnych oporów. Jest to jednak zespół

niezbędny, jako połączenie płata z usterzeniami, mieszczący załogę z wyposażeniem i tworzący „pojazdową” część szybowca poruszającego się po ziemi. Nawet sporadycznie budowane szybowce tzw. bezkadłubowe z konieczności wyposażone są w krótki kadłub zaopatrzone w podwozie, mieszczący załogę.

Konstrukcja kadłuba musi zapewniać jak największe bezpieczeństwo załogi. Największe zagrożenie załogi występuje podczas lądowania przy czołowym zderzeniu z przeszkodą (także podczas przewrócenia się szybowca na plecy, tzw. kapotażu, który to jednak przypadek jest dla szybowca mało prawdopodobny). W odróżnieniu od układów przyjętych w samolotach sportowych, układ szybowca przewiduje miejsce dla pilota w przedniej części kadłuba, co dyktuje konieczność zachowania odpowiedniego położenia środka ciężkości szybowca. Pilot znajduje się, więc w najbardziej zagrożonej części kadłuba, podczas gdy prawie cała masa szybowca znajduje się poza jego plecami. Łagodzenie skutków czołowego zderzenia może być osiągnięte przez odpowiednią konstrukcję kadłuba oraz przez zastosowanie najbardziej korzystnego materiału konstrukcyjnego. Praktyka potwierdziła wielokrotnie dodatnie właściwości kadłuba laminatowego, którego skorupa wraz z laminatowym fotelem zapewniają najwyższy z osiągalnych dotychczas stopień bezpieczeństwa. Na drugim miejscu można sklasyfikować kadłuby kratownicowe z rur stalowych, a dopiero na trzecim miejscu kadłuby konstrukcji drewnianej. Pomińmy tutaj kadłuby kratownicowe, które praktycznie nie są stosowane we współczesnych szybowcach.

Kadłub o pokryciu współpracującym składa się ze szkieletu (rodzaj kratownicy przestrzennej) i umocowanego do niego sztywnego pokrycia, zdolnego do przeniesienia pewnych obciążeń, a więc współpracującego ze szkieletem. W konstrukcjach szybowcowych jest to prawie wyłącznie kadłub drewniany z pokryciem sklejkowym.

Szkielet kadłuba stanowią wręgi i podłużnice. Przyjmuje się, że siły rozciągające i zginające kadłub przenoszone są przez podłużnice, natomiast siły skręcające kadłub przenoszone są przez pokrycie sklejkowe. Tego rodzaju konstrukcja zwana jest także półskorupową. W konstrukcjach szybowców stosowane są dwa rodzaje przekrojów kadłubów, sześciokątny i owalny (szczególny przypadek to kadłub o przekroju okrągłym). W kadłubie sześciokątnym występuje sześć podłużnic, a w pozostałych cztery.

Wręgi sześciokątne znajdują zastosowanie w kadłubach szybowców nie wymagających starannego opracowania aerodynamicznego. Wręgi owalne i okrągłe mają pasy klejone w przrządzie z kilku cienkich listewek sosnowych (łatwość gięcia). Dla usztywnienia łuki wręg oklejane są jednostronnie fartuchami ze sklejki, a przez krótszą średnicę wręgi poprowadzona jest zwykle sosnowa rozpórka.

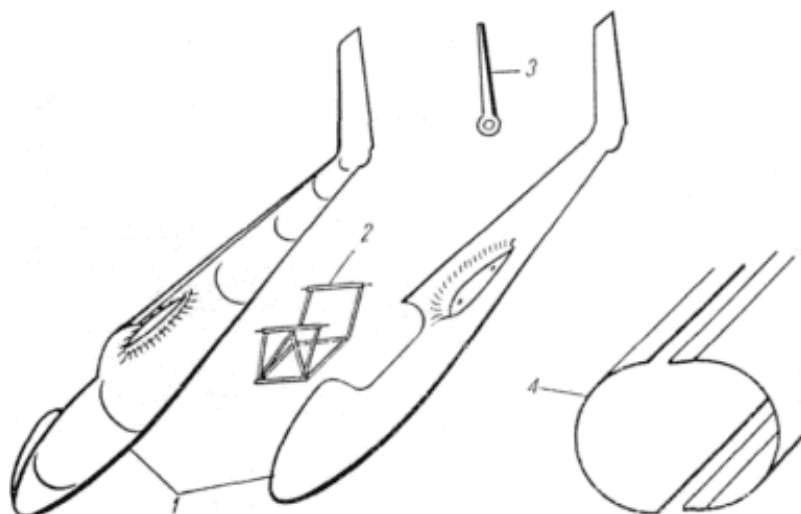
Wręgi tzw. nośne, do których mocowane są okucia skrzydłowe, są odpowiednio wzmocnione. Wewnątrz wręg wklejane są klocki; z zewnątrz wręgi są obustronnie pokryte sklejką. Obok wręg nośnych odpowiednie wzmocnienia mają wręgi, do których mocowane są zaczepy startowe, elementy podwozia lub okucia usterzeń. Zwykle ostatnia wręga jest jednocześnie dźwigarkiem statecznika pionowego wyposażonym w okucia do zawieszenia steru kierunku.

Podłużnice kadłuba, w liczbie od 4 do 6, mają zwykle jednakowy przekrój. Wyjątek stanowi podłużnica dolna, która w części podskrzydłowej i przedniej przechodzi w rozszerzoną odpowiednio deskę kilową. Utworzone w ten sposób spłaszczenie kadłuba umożliwia wygodną zabudowę haka startowego do lin gumowych, dolnego zaczepu do startów za wyciągarką, a także elementów łączących podwozie z kadłubem.

Kadłub budowany jest na specjalnych przyrządach montażowych. Budowę rozpoczyna się od ustawienia kompletu wręg wyposażonych już w niezbędne okucia. Drugą czynnością jest zabudowa podłużnie oraz szeregu dodatkowych listew i klocków wzmacniających lub uzupełniających konstrukcję (np. burty kabiny, dźwigarki do mocowania podłogi i podwozia). Dalszą czynnością jest częściowe pokrycie szkieletu sklejką. Pokrywanie sklejką kadłubów płaskościennych nie nastręcza żadnych trudności. W kadłubach o przekrojach owalnych i kołowych promienie gięcia są w stosunku do grubości stosowanych sklejek na tyle duże, że poza nielicznymi wyjątkami sklejka może być formowana na sucho, to znaczy bez potrzeby moczenia jej i wstępnego gięcia na foremnikach. Podczas wykonywania pracy musi być zwracana uwaga na gatunek sklejki, jej grubość i kierunek słoików na zewnętrznych okładzinach arkuszy. Łączenie odcinków sklejek może być wykonywane tylko wzdłuż wręg i podłużnie.

Najczęściej kadłub jest budowany w pozycji odwróconej, toteż istnieje możliwość zakrycia sklejką tylko dolnej połowy szkieletu. Po ukończeniu tej czynności kadłub zdejmuje się z przyrządu i ustawia w normalnej pozycji w drugim przyrządzie. Następne czynności to wykonanie statecznika kierunku, montaż urządzeń sterowniczych wewnątrz kadłuba oraz wykonanie wszystkich prac, które nie mogłyby być wykonane po całkowitym pokryciu kadłuba sklejką.

Kadłuby laminatowe nie mają na ogół konstrukcji przekładkowej, charakterystycznej na przykład dla skrzydeł, w których pokrycia usztywnione są wypełniaczami piankowymi, właminowanymi między warstwy tkanin. Jedynie miejsca narażone na działanie siły zewnętrznej są odpowiednio wzmocnione przez miejscowe zwiększenie liczby warstw tkaniny lub właminowanie pasm rowingu. W części centralnej, w której łączy się kadłub ze skrzydłami i gdzie zabudowane jest podwozie, konieczne jest wbudowanie fragmentu kratownicy rurowej, która przenosi siły ze skrzydeł i kadłuba na podwozie. Do tej kratownicy zabudowane są cztery stalowe czopy, za pomocą których łączy się kadłub ze skrzydłami (porównaj rys. 7 oraz rys. 10). Technologia wykonywania elementów kadłuba jest zbliżona do technologii stosowanej przy budowie skrzydeł i usterzeń laminatowych. Gotowy na surowo kadłub, jeszcze bez wyposażenia, poddawany jest wygrzewaniu w temperaturze kilkudziesięciu stopni.



Rys. 10. Podzespoły kadłuba laminatowego przed złożeniem: 1 - połówki kadłuba, 2 - kratownica z rur, 3 - dźwigarek statecznika kierunku, 4 - sposób łączenia połówek kadłuba

Oslony kabin. Oslony kabin są w nowoczesnych szybowcach wykonywane z jednego arkusza szkła organicznego. Spotykane są osłony całkowicie odejmowane (otwierane, odsuwane) oraz osłony składające się z dwóch części, to znaczy ze stałego wiatrochronu i z części ruchomej. Zaletą tych drugich jest to, że np. w przypadku samowolnego odpadnięcia w locie osłony ruchomej pilot jest chroniony przed działaniem silnego strumienia powietrza.

Każda osłona składa się ze sztywnej ramy i z oszklenia. Ramy wykonywane są ze spawanych rurek stalowych, rzadziej z drewna. W szybowcach laminatowych ramy wykonuje się z pasm rowingu zbrojonych wewnątrz rurkami. Na obwodzie ramy znajdują się w odpowiednich miejscach zawiasy lub zaczepy służące do mocowania osłony na kadłubie. Najwięcej trudności sprawia mocowanie oszklenia do ramy. Szkło organiczne odznacza się znacznymi skurczami cieplnymi, dającymi w efekcie, zwłaszcza w dużych osłonach, deformacje, a nawet pęknięcia. Zjawisku temu sprzyja mocowanie oszklenia do ram przez klejenie lub przykręcanie wkrętami bez uwzględnienia odpowiedniego luzu. Zabudowywanie oszklenia z luzem stosowane w budowie samolotów zwiększa ciężar szybowca i pogarsza jego własności aerodynamiczne wskutek odstawania od powierzchni oszklenia ramek przytrzymujących oszklenie.

Niezależnie od instalowania w przedzie kadłuba nawiewnika, kierującego do kabiny strumień świeżego powietrza, każda osłona wyposażona jest z lewej strony w małe odsuwane okienko. Stosowanie takiego okienka ma tę zaletę, że w przypadku oblodzenia kabiny okienko (np. w locie wysokościowym), umożliwi ograniczoną obserwację terenu. W niektórych typach szybowców nawiewniki umieszczane są bezpośrednio na osłonie kabiny.

W przypadku konieczności szybkiego opuszczenia kabiny (skok ze spadochronem) każda osłona może być odrzucona w locie. Osłonę odejmowaną odrzuca się przez otwarcie zamków blokujących, natomiast odrzucenie osłony umocowanej na zawiasach wymaga sprawnego zwolnienia osłony z zawiasów za pomocą specjalnej dźwigni awaryjnej, uruchamianej przez pilota. Dźwignia połączona jest ciąglem ze sworzniami zawiasów, tak, że jednym jej ruchem zwalnia się jednocześnie wszystkie zawiasy.

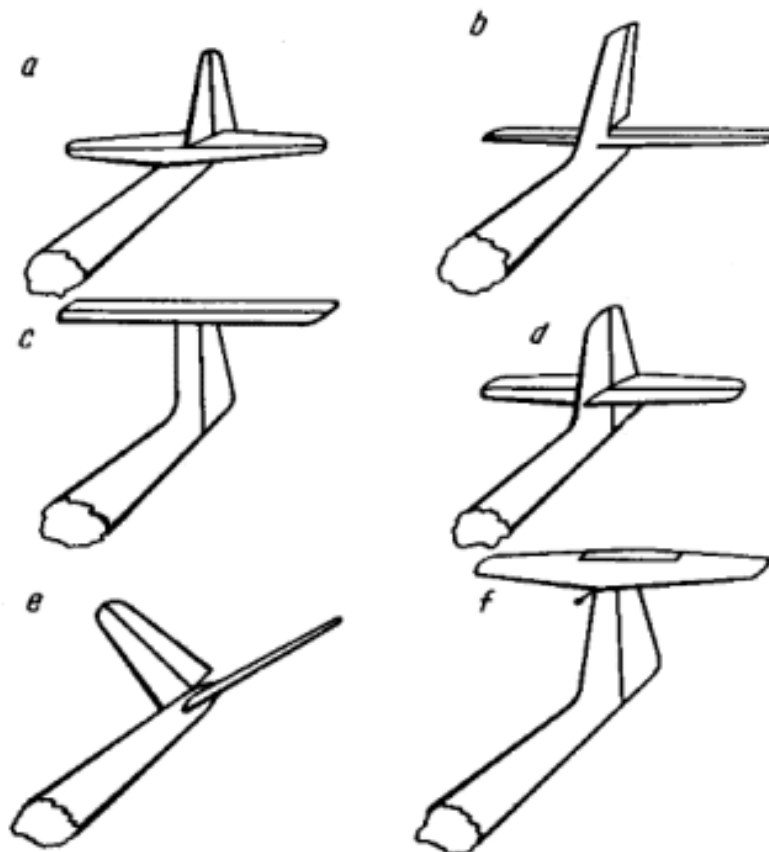
Połączenia skrzydło-kadłub. Rozwiązania konstrukcyjne połączenia skrzydeł z kadłubem zależą przede wszystkim od przyjętego układu konstrukcyjnego szybowca. W konstrukcjach, w których każde ze skrzydeł jest oddzielnie łączone z kadłubem, stosuje się trzypunktowe zawieszenia skrzydła (tzn. za pomocą trzech sworzni). W przypadku szybowca wolnonośnego jest to sworzeń przy górnym okuciu dźwigara głównego, sworzeń przy dolnym okuciu dźwigara głównego i trzeci sworzeń przy dźwigarku skośnym (pomocniczym). W konstrukcjach, w których dźwigary skrzydłowe łączą się ze sobą bezpośrednio (rys. 7) połączenie z kadłubem rozwiązane jest w sposób odmienny, gdyż konstrukcja kadłuba nie przenosi sił powodujących zginanie skrzydeł. Tego rodzaju rozwiązania występują w szybowcach „Foka”, „Cobra” i „Jantar”.

Dokładniejsze zilustrowanie rozwiązań konstrukcyjnych połączeń skrzydeł z kadłubami, wraz z informacjami dotyczącymi prac montażowych, omówiono w rozdziale traktującym o montażu szybowców.

USTERZENIA SZYBOWCA

Usterzenia szybowca zabudowane są zwykle w tylnej części kadłuba i dzielą się na usterzenia wysokości i usterzenia kierunku. Przez usterzenie rozumie się jego całość, a więc część nieruchomą, zwaną statecznikiem, oraz część ruchomą, zwaną sterem.

Usterzenia szybowców budowane są w różnych układach charakteryzujących się odmiennymi własnościami aerodynamicznymi, zaletami użytkowymi oraz konstrukcją i kształtem. Przykłady najczęściej występujących układów przedstawione są na rysunku 11. Należy rozróżnić układ konwencjonalny, składający się z oddzielnego usterzenia wysokości i oddzielnego usterzenia kierunku, oraz układ motylkowy, pokazany na rysunku 11e. Układ motylkowy, składający się z dwóch połówek usterzeń, ustawionych ze znacznym wzniosem, spełnia zarazem rolę usterzenia wysokości i usterzenia kierunku. Symetryczne dla obu sterów wychylenia dają efekty właściwe usterzeniu wysokości, niesymetryczne natomiast powodują powstawanie bocznej siły składowej, właściwej dla działania steru kierunku. Usterzenie motylkowe, mimo pewnych zalet (jak np. zmniejszenie ciężaru i oporów usterzeń), jest dość rzadko stosowane. Układ konwencjonalny stosowany jest w różnych odmianach dotyczących usytuowania usterzenia wysokości.



Rys. 11. Układy usterzeń stosowane w budowie szybowców

Najbardziej znany jest układ pokazany na rysunku 11a, w którym usterzenie wysokości umieszczone jest na kadłubie z wyprzedzeniem w stosunku do usterzenia kierunku. Rzadziej występuje rozwiązanie pokazane na rysunku 11b (np. szybowiec Foka 4), w którym usterzenie wysokości umieszczone jest za sterem kierunku. Przy takim rozwiązaniu możliwe jest zastosowanie niedzielnego steru wysokości, co upraszcza konstrukcję, ale też nastęrcza pewne niedogodności użytkowe, wynikające z małej odległości usterzenia od powierzchni

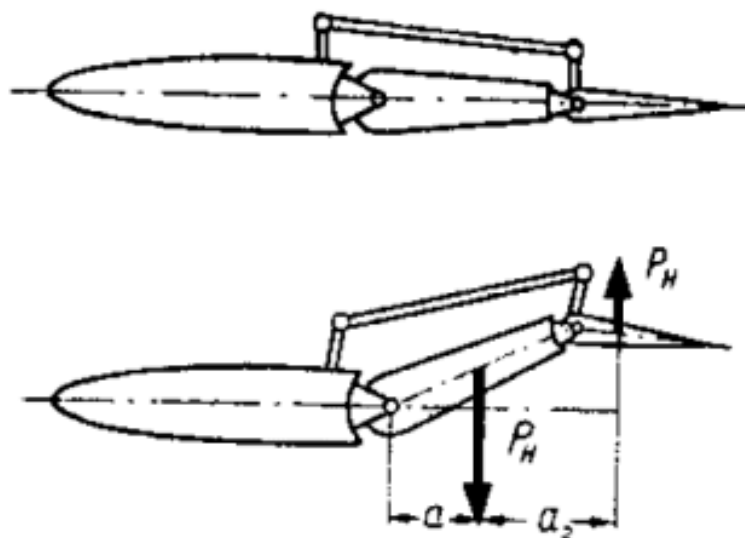
ziemi. Jest to szczególnie kłopotliwe podczas lądowania w terenie przygodnym, gdyż grozi urwaniem usterzenia wskutek zaczepienia o wysoką roślinność.

Tych ujemnych cech pozbawione są usterzenia wysokości zabudowywane nad usterzeniem kierunku - tzw. usterzenie typu „T” (rys. 11e), które obecnie jest najczęściej stosowanym rozwiązaniem. Takie usterzenia mają też na ogół korzystniejsze pod względem aerodynamiki warunki pracy. Znaczne oddalenie masy usterzenia wysokości od osi podłużnej kadłuba daje jednak względem tej osi duży moment bezwładności, wskutek czego o podczas nieprawidłowego lądowania z trawersem lub zarzucaniem ogona możliwe jest uszkodzenie zawieszon usterzeń lub ukręcenie się kadłuba.

Kompromisowym rozwiązaniem, mającym eliminować omawiane tu niedogodności eksploatacyjne usterzeń wysokości, jest układ pokazany na rysunku 11d, w którym usterzenie wysokości umieszczone zostało nieco ponad kadłubem w bezpiecznej odległości od ziemi.

W niektórych szybowcach spotykane są usterzenia wysokości tzw. płytowe, to znaczy pozbawione statecznika odznaczające się bardzo dobrą skutecznością, ale też nie zapewniające dobrej stateczności podłużnej szybowca.

Zależnie od ciężaru załogi, położenia klap skrzydłowych i prędkości lotu na usterzeniu wysokości występują zmienne siły, dające się odczuć na drążku sterowym. Dlatego konieczne jest „wyważenie” szybowca dla poszczególnych konfiguracji i stanów lotu. Do tego celu służą najczęściej klapki wyważające (trymery) umieszczone przy krawędziach spływu steru wysokości. Klapki te sterowane są z kabiny pilota i mogą wychylać się (ustawiać się) w górę i do dołu w określonym zakresie. Zasadę działania klapki wyważającej wyjaśnia rysunek 12.



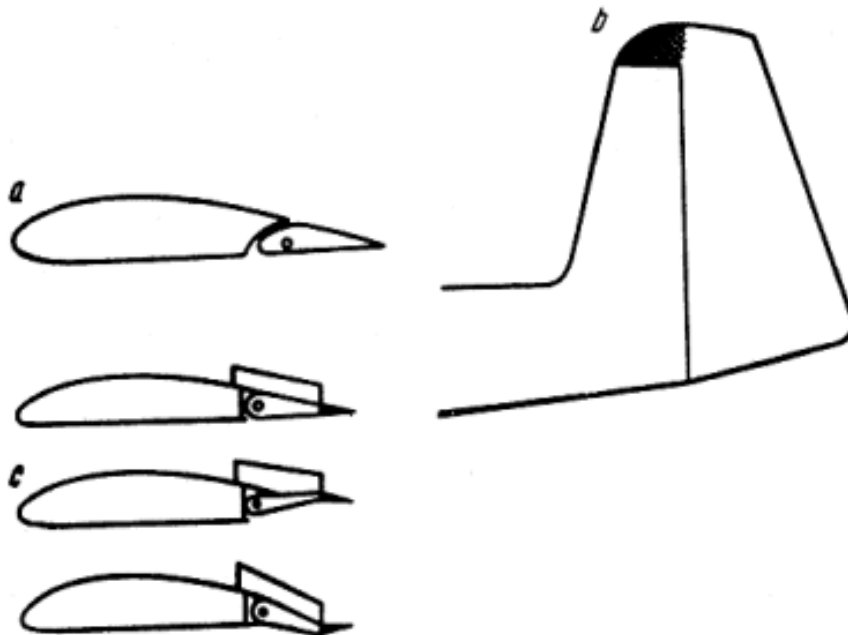
Rys. 12. Zasada działania klapki wyważającej

Klapka ustawiona do góry tworzy moment dążący do opuszczenia steru wysokości i odwrotnie klapka ustawiona do dołu dąży do umiesienia steru wysokości. Działanie klapki odbywa się kosztem pewnych strat aerodynamicznych, toteż w niektórych szybowcach wyczynowych spotyka się zamiast klapki specjalne wyważenie sprężynowe zabudowane przy sterownicy ręcznej. Aby wyważyć szybowiec na odpowiednią prędkość, pilot napina za

pomocą specjalnej dźwigienki urządzenie sprężynowe, które oddziałuje w odpowiednim kierunku na drążek sterowy i odciąża w ten sposób pilota.

Klapki wyważające, przy posiadaniu przez pilota pewnej wprawy, umożliwiają podłużne sterowanie szybowca z puszczonego drążkiem sterowym (lub w przypadku urwania się napędu steru wysokości). Jeszcze innym sposobem uzyskania wyważenia podłużnego może być przestawiany w locie statecznik steru wysokości. Urządzenie to umożliwia zmianę kąta natarcia statecznika i może być sprzęgnięte z napędem klap, jeśli wychylanie ich powoduje istotne zmiany w wyważeniu podłużnym szybowca. Ten rodzaj wyważenia podłużnego jest jednak bardzo rzadko stosowany.

Ponieważ z wychylaniem sterów związane jest występowanie na sterownicach pewnych sił, w niektórych przypadkach istnieje konieczność stosowania aerodynamicznego odciążenia sterów. Odnosi się to zarówno do usterzenia wysokości, jak i do lotek i steru kierunku. Problem ten rozwiązany jest głównie przez utworzenie przed osią obrotu steru wysuniętej do przodu powierzchni kompensacyjnej, którą stanowi zwykle kesonowa część steru (rys. 13a), rzadziej część powierzchni steru (rys. 13b).



Rys. 13. Aerodynamiczne sposoby odciążania sterów

Możliwe jest także zastosowanie urządzenia w postaci klapki odciążającej (flettner), pokazanej na rysunku 13c. Klapka odciążająca różni się od klapki wyważającej tym, że wychylana jest samoczynnie zawsze przeciwnie do wychyleń steru. W związku z tym ma ona sztywny napęd umocowany do nieruchomej części konstrukcji szybowca.

Budowa usterzenia kierunku. Usterzenie kierunku składa się zawsze ze statecznika kierunku (pionowego) oraz steru kierunku. Statecznik związany jest integralnie z kadłubem, a jego dźwigarek, na którym znajdują się okucia zawiasowe steru, stanowi zakończenie konstrukcji kadłuba. W konstrukcjach drewnianych tak statecznik, jak i ster mają drewniany szkielet składający się z dźwigarka i żeberk listwy natarcia lub spływu. Stateczniki kryte są sklejką, stery natomiast w przedniej części kesonowej sklejką, a dalej tkaniną.

Budowa usterzenia wysokości. Usterzenie wysokości składa się najczęściej ze statecznika wysokości i steru wysokości. Statecznik ma najczęściej konstrukcję wolnonośną, to znaczy pozbawiony jest zastrzałów; jest przy tym niedzielony. Przez długi czas dużą popularnością cieszyły się usterzenia składające się z jednoczęściowego statecznika i dzielonych połówek steru wysokości. W ostatnich latach zaczęły pojawiać się konstrukcje z niedzielonym statecznikiem i niedzielonym sterem. Takie usterzenia wysokości mogą być zabudowane nad usterzeniem kierunku lub poza nim w tylnej części kadłuba. W podobny sposób może być też usytuowane usterzenie płytowe, pozbawione statecznika. W tego rodzaju usterzenie wysokości wyposażony jest szybowiec „Cobra”, przy czym usterzenie to zaopatrzone jest w okazałej wielkości klapkę dociążającą. Klapka ta wychyla się przymusowo, podobnie jak klapka odciążająca, ale w kierunku zgodnym z wychyleniem steru, przez co w miarę wychylania steru daje pilotowi odczuć przyrost sił na drążku sterowym.

Statecznik wysokości składa się z dźwigarka, żeberka, listwy natarcia i sztywnego pokrycia. W konstrukcji steru wysokości występuje dźwigarek, żeberka, listwa spływu, często kesonik kryty sklejką oraz płócienne pokrycie. Często też na sterze zabudowana jest klapka wyważająca.

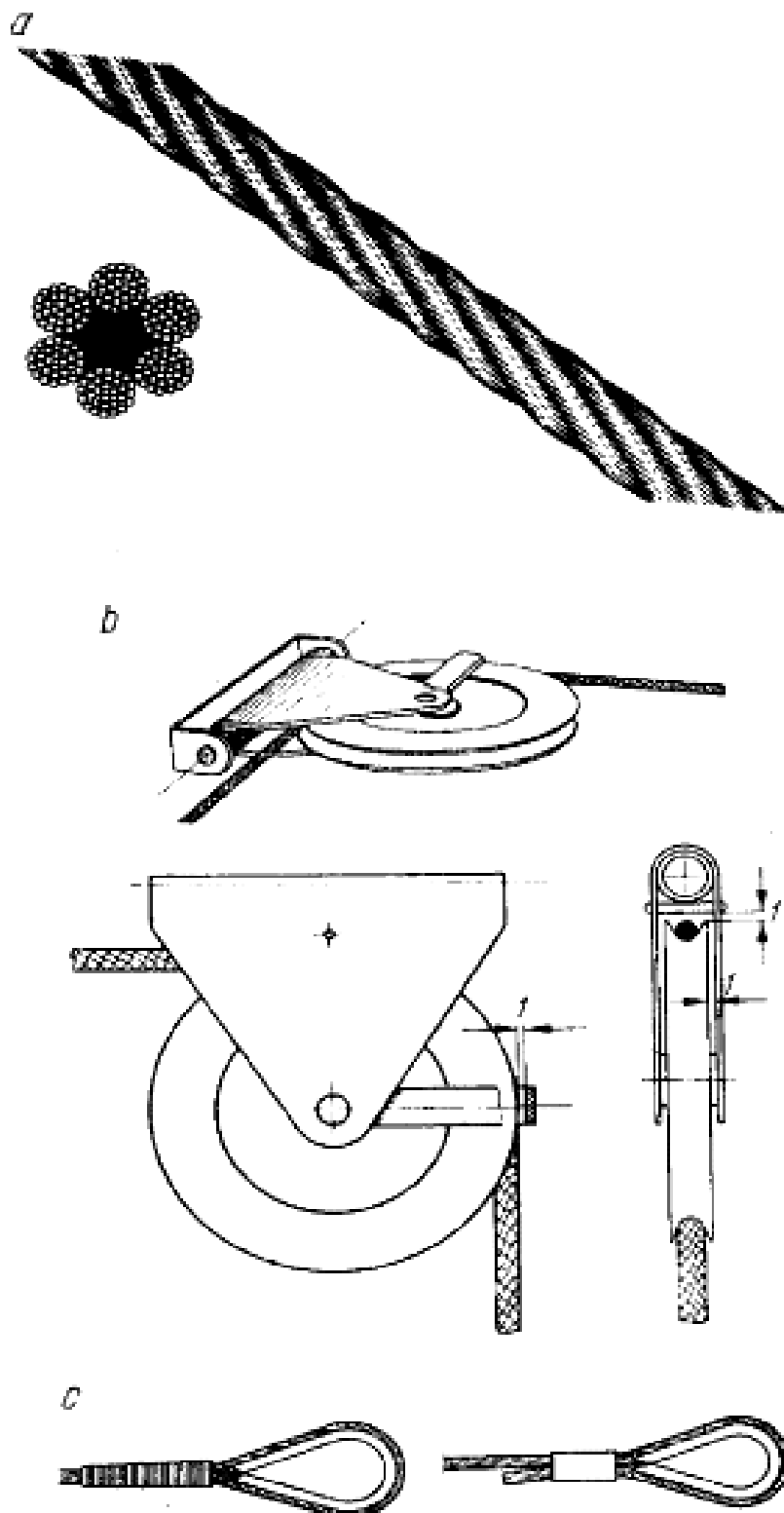
Stateczniki wysokości budowane z laminatów mają konstrukcję przekładkową, składającą się z kilku warstw tkanin, warstwy wypełniacza piankowego i warstwy tkaniny przykrywającej wypełniacz piankowy. Tego rodzaju skorupy przekładkowe powstają na wklęsłych foremnikach, przy zastosowaniu docisku podciśnieniowego, dzięki czemu uzyskuje się dobre odwzorowanie kształtu i dużą sztywność pozwalającą na zaniechanie stosowania żeberka. Wewnętrzne elementy konstrukcji ograniczają się jedynie do dźwigarków, do których w laminowane są duralowe okucia służące do zabudowania statecznika na szybowcu.

MECHANIZMY STEROWNICZE

Do przenoszenia ruchu w mechanizmach sterowniczych służą stalowe linki sterowe lub popychacze rurkowe. Układy, w których występują linki stalowe nazywa się układami miękkimi, natomiast układy z popychaczami - układami sztywnymi. Często występują też układy mieszane, w których zastosowane są zarówno linki, jak i popychacze.

Podstawowym elementem układu miękkiego jest stalowa linka sterowa wykonana przez odpowiednie skręcenie określonej liczby cienkich drucików. Druciki wykonywane są ze stali, której wytrzymałość osiąga wartość około 200 kG/mm². W celu ochrony przed działaniem korozji druciki są najczęściej cynkowane. W konstrukcjach szybowcowych stosowane są głównie linki o średnicy 2,5-3,0 mm, zbudowane przez spiralne skręcenie sześciu splotów. Wewnątrz linki przebiega miękki rdzeń tekstylny, nadający lince dużą giętkość, nie-zbędną ze względu na konieczność prowadzenia linek przez liczne krążki.

Każdy z sześciu splotów wykonany jest przez skręcenie siedmiu cienkich drucików. Budowę linki sześciosplotowej wyjaśniono na rysunku 14a.



Rys. 14. Elementy miękkich napędów sterowych

Przy większych średnicach stosowane są linki, których sploty składają się z większej liczby drucików. Dzięki odpowiedniej elastyczności możliwe jest prowadzenie linek przez krążki, których średnica odpowiada dwudziestokrotnej grubości linki. Krążki wykonywane są z tworzyw sztucznych lub z przesyconych żywicą sprasowanych warstw tekstylnych. Na obwodzie krążka znajduje się głęboki rowek, w którym pracuje linka. Ponieważ istnieje możliwość poluzowania się linki, czy to pod wpływem znacznego wzrostu temperatury, czy

też na skutek wyciągnięcia, konieczne jest zabezpieczenie linki przed spadnięciem z krążka. W tym celu przy oprawkach krążków znajdują się odpowiednio rozmieszczone obejmy (rys. 14b). Rozmieszczenie tych obejm zależy od kąta opasania linki. W przypadku przedstawionym na rysunku 14b kąt opasania linki wynosi 90° . Z obu stron w miejscach wejścia linki na krążek znajdują się zabezpieczenia (z jednej strony nit wewnątrz oprawki, z drugiej strony obejma). Obejmy powinny być wykonywane szczególnie starannie, aby prześwity między nimi a krążkiem nie były większe niż 1 mm. W ten sposób zapobiega się spadaniu linki i zakleszczaniu się jej między krążkiem i obejmą.

Przed przystąpieniem do wykonywania cięgieł linkowych linki powinny być poddawane naciągowi wstępnemu, którego wielkość odpowiada w przybliżeniu połowie siły niszczącej linkę. Cięgło linkowe powstaje przez wykonanie końcówek na obu stronach odpowiednio przyciętego odcinka linki. Końcówka składa się ze stalowego chomątka lub krążka zaopatrzonego na obwodzie w rowek, w którym układa się linkę, oraz zaplotu lub tulejki zaciskowej. Obie odmiany końcówek pokazane są na rysunku 14c. Zaplot wykonywany jest ręcznie według ustalonego schematu, a następnie zabezpieczony przez ściśle owinięcie miękkim drucikiem mosiężnym. Przy metodzie zaciskowej stosuje się natomiast dokładnie dopasowane spłaszczony tulejki metalowe, które po wprowadzeniu linek poddawane są zaciskaniu w specjalnych szczękach.

Gotowe cięgła, zwłaszcza zaplatane, poddawane są ponownemu naciągowi pod obciążeniem. W ten sposób zapobiega się wydłużaniu cięgła i rozkręcaniu się linki podczas użytkowania szybowca.

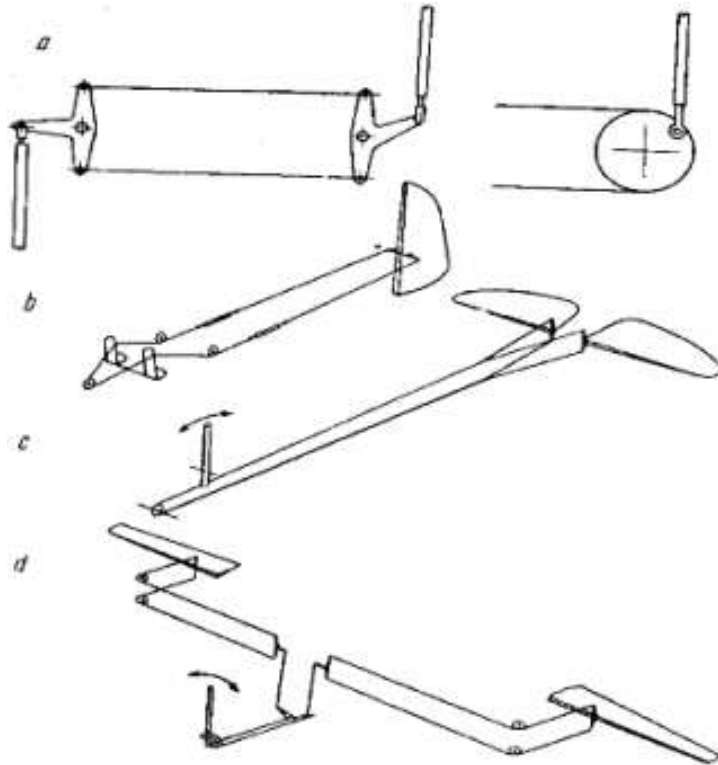
Do regulacji siły naciągu linek, które wynoszą od 10 do 40 kG, są wstawiane w układy linkowe ściągacze regulacyjne. Ściągacz regulacyjny składa się z metalowego (najczęściej mosiężnego) korpusu i dwóch wkręcanych na gwint regulowanych końcówek oczkowych lub widelkowych. Z jednej strony wykonany jest gwint prawo zwojowy, a z drugiej lewo zwojowy.

Rozwiązanie takie powoduje, że zależnie od kierunku obracania korpusu obie końcówki chowają się do korpusu lub też wysuwają się z niego, co pozwala na regulację długości i siły naciągu cięgieł. Obie końcówki chronione są przed samoczynnym wykręcaniem się za pomocą wyżarzonego drutu mosiężnego lub specjalnych okładzin z cienkiej blachy. Każdy napęd linkowy wymaga zastosowania pary linek, które rozpięte są na dwuramiennych dźwigniach lub obracają na przykład bęben. Przykłady takich rozwiązań pokazane są na rysunku 15. Prawidłowa praca układu linkowo-dźwigniowego zapewniona jest jedynie wtedy, gdy linki pracują w równoległoboku.

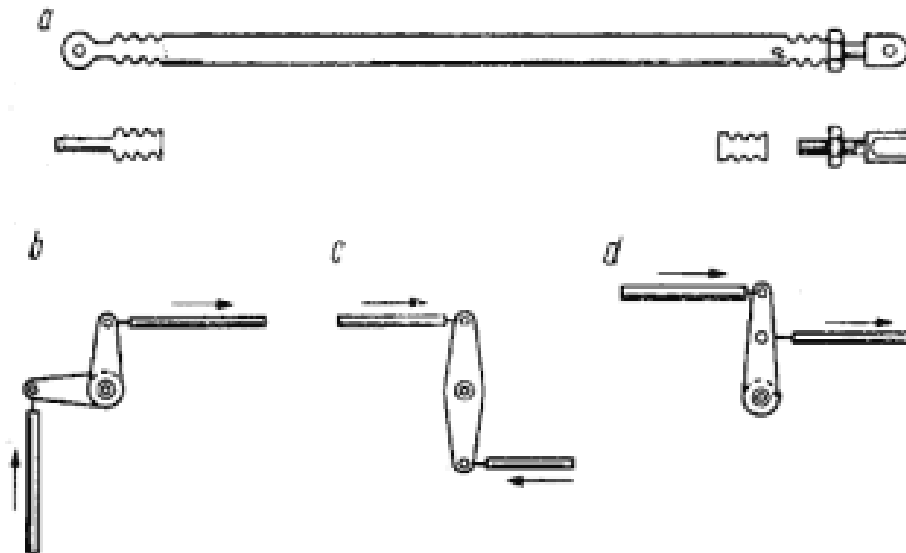
Do zalet układu linkowego zaliczyć należy lekkość konstrukcji, prostotę, jak też łatwość uzyskiwania zmian kierunku napędu. Do wad zalicza się przecieranie się linek i pękanie drucików, zwłaszcza w miejscach częstych przegięć, oraz skłonność do wydłużania się czy to pod wpływem wyższych temperatur, czy też obciążeń. Równie poważną wadą jest skłonność do znacznych skurczów w niskich temperaturach, w następstwie których występują w układzie nadmierne na-prężenia. Poluzowane linki mogą być przyczyną drgań usterzeń podczas lotu.

Wymienionych wad pozbawione są napędy sztywne z popychaczami rurkowymi. Popychacze wykonywane są z rurek duralowych, rzadziej stalowych, które przy odpowiednio dobranej długości i średnicy odznaczają się odpornością na wyboczenia i mogą pracować na

rozciąganie i na ściskanie. Każdy popychacz wyposażony jest w dwie końcówki, z których jedna jest stała, druga natomiast z możliwością regulacji długości. Budowa popychacza pokazana jest na rysunku 16a. Końcówki oczkowe lub widelkowe wykonane są odpowiednio ze stali lub z duralu i mogą mieć, w przypadku oczkowych, zawalcowane łożyska toczne lub kulowo-przegubowe.



Rys. 15. Układy miękkich i mieszanych napędów sterowych



Rys. 16. Elementy sztywnych napędów sterowych

Korpusy końcówek popychaczy mają obwodowe wytoczone rowki (zafalowania), dzięki czemu po osadzeniu ich wewnątrz rurek możliwe jest zawalcowanie ich wraz ze ściankami rurek. Przed ewentualnym obracaniem się korpusu wewnątrz rurki (w wyniku obluźnienia połączenia) korpus jest chroniony przez specjalne zapunktowanie lub za pomocą kołka śrubowego. Korpus końcówki regulowanej jest wewnątrz nagwintowany, co umożliwia

wkręcenie do niego końcówki. Po ustaleniu długości popychacza zabezpiecza się końcówkę przed wykręcaniem za pomocą przeciwnakrętki. W ustalonym miejscu od strony końcówki regulowanej nawiercony jest w ścianie popychacza otworek kontrolny, przez który za pomocą sondowania kawałkiem drutu można sprawdzać głębokość wkręcenia końcówki regulacyjnej (otwór y powinien być zawsze zakryty śrubową częścią końcówki). Na rysunku 16b pokazany jest fragment napędu, dający zmianę kierunku ruchu, natomiast na rysunku 16c połączenie dające odwrócenie kierunku ruchu. Rysunek 16d przedstawia szczegół dający przełożenie sił, a także zmianę ilości ruchu napędu.

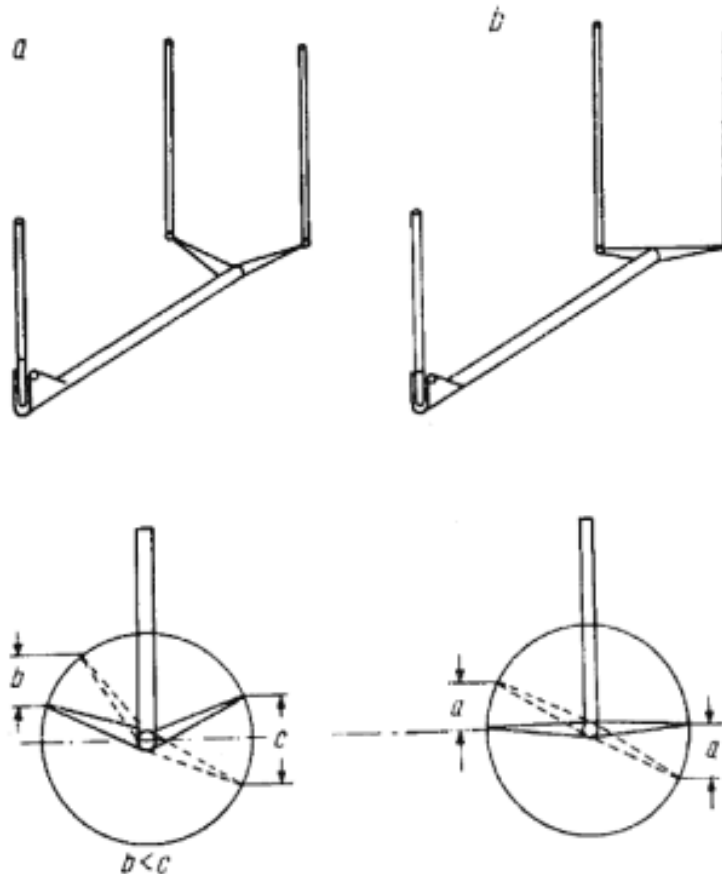
Najczęściej stosowana sterownica ręczna składa się ze stalowej rury skrętnej, na której ułożyskowany jest z przodu drążek sterowy, z tyłu natomiast, poza pilotem, umocowane są dwie dźwignie napędowe lotek. Wewnątrz rury przemieszcza się popychacz napędu steru wysokości lub linka sterująca sterem wysokości. Rura skrętna sterownicy umocowana jest do konstrukcji kadłuba na współośiowych łożyskach umożliwiających obracanie jej w lewo i w prawo za pomocą wychyleń drążka sterowego. Wraz z rurą wychylają się odpowiednio ramiona dźwigni napędu lotek. Sterownice z przechodzącą pod podłogą kabiny rurą skrętną znajdują zastosowanie w szybowcach, których kadłuby odznaczają się większą wysokością. W wielu nowoczesnych szybowcach wyczynowych to proste rozwiązanie konstrukcyjne nie może być stosowane ze względu na brak dostatecznej ilości miejsca pod podłogą kabiny. Wymaga to konstruowania bardziej skomplikowanych układów kinematycznych, przekazujących ruch sterujący do lotek i steru wysokości za pomocą popychaczy prowadzonych wzdłuż burt kabiny. Odpowiednio ukształtowane boczne ścianki kabiny, zakrywające te popychacze, stanowią jednocześnie podpórki pod łokcie pilota.

Sterownica nożna składa się z dwóch pedałów, do których są bezpośrednio przyłączone linki poruszające ster kierunku. Szytywnego napędu steru kierunku w szybowcach nie stosuje się. Pedały mogą mieć położenie stałe lub zmienne - mogą być przesuwane w pewnym zakresie, zależnie od wzrostu pilota. Przy pedałach stałych konieczne jest zastosowanie przestawianego oparcia fotela pilota. Bardzo często możliwe jest regulowanie zarówno pedałów, jak i oparcia.

W konstrukcjach szybowcowych osie pedałów umieszczane są najczęściej w ich dolnej części, tak że sterowanie odbywa się przez poruszanie przedniej części stopy. Najprostszy przykład sterownicy nożnej pokazany jest na rysunku 15b. Linki sterujące prowadzone są od pedałów w kierunku steru przez krążki lub - gdy zmiana kierunku jest nieznaczna - przez przepusty ślizgowe wykonane w formie podkładek z tarnamidu lub innego miękkiego tworzywa. W konstrukcjach laminatowych przyjęło się prowadzenie linek wewnątrz giętkich rurek z tworzyw sztucznych, które są przy-laminowane wzdłuż bocznych ścian kadłuba.

Na rysunku 15d pokazana jest sterownica dająca różnicowe sterowanie lotek. Efekt sterowania różnicowego uzyskiwany jest w nich przez zastosowanie lekkiego wzniosu ramion obu dźwigni znajdujących się w tylnej części rury skrętnej sterownicy. Zasada działania tego rozwiązania wyjaśniona jest na rysunku 17, przedstawiającym dwa rodzaje sterownic, a mianowicie sterownicę ze sterowaniem różnicowym (rys. 17a) oraz sterownicę bez efektu różnicowego (rys. 17b). Łatwo zauważyć, że w rozwiązaniu pokazanym na rysunku 17b przy wychyleniu drążka sterowego na boki obydwie pionowe popychacze układu lotkowego wykonują jednakowo duże ruchy pionowe (jeden do góry, drugi do dołu). W drugim przypadku, przedstawionym na rysunku 17a, podczas wychylenia drążka sterowego ruchy pionowych popychaczy są różne. Popychacz unoszący się do góry wykonuje ruch pionowy mniejszy niż popychacz opuszczający się w dół (ruchy dolnych punktów popychaczy należy rozpatrywać jako złożony ruch punktów po łuku koła). Wracając do rysunku 15d można

spostrzec, że popychacz przemieszczający się do dołu powoduje wychylenie się lotki do góry, natomiast drugi popychacz, przemieszczający się do góry, wychyla lotkę do dołu. W pierwszym przypadku lotka (idąca do góry) wychyli się o większy kąt niż lotka opuszczana. Efekt różnicowości może być także uzyskiwany przy dźwigniach zabudowanych w skrzydłach w bezpośredniej bliskości lotek.



Rys. 17. Zasada uzyskiwania różnicowego sterowania lotek

W jednym przypadku efekt ten uzyskuje się na niesymetrycznej dźwigni trójramiennej, w drugim - na bębnie z odpowiednio umocowanym popychaczem lotki.

CZĘŚĆ DRUGA - UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

MONTAŻ I DEMONTAŻ SZYBOWCA

Prace montażowe wykonywane są przy szybowcach często, głównie zaś po transporcie kołowym szybowca z przelotu, a także podczas przeglądów okresowych, napraw bieżących oraz składowania szybowca w okresie nielotnym.

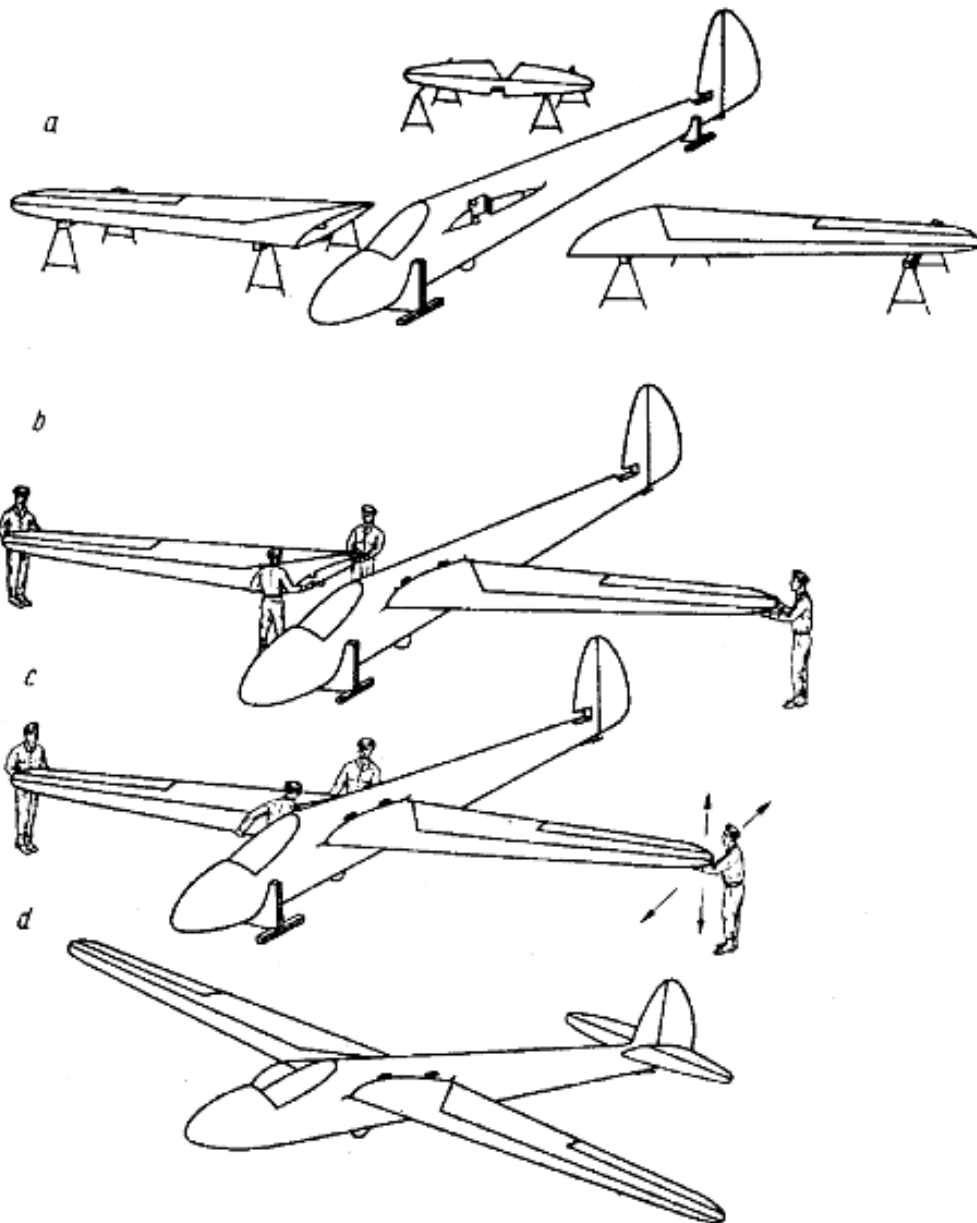
Montaż szybowca poprzedzany jest pewnymi niezbędnymi przygotowaniem, na które składają się następujące czynności:

- wybór odpowiedniego miejsca,
- wyznaczenie osób biorących udział w pracy,
- przygotowanie odpowiednich przyrządów warsztatowych,
- przygotowanie odpowiednich narzędzi montażowych,
- przygotowanie zespołów szybowca do złożenia.

Szybowiec może być montowany wewnątrz hangaru lub na powietrzu przed hangarem, przy czym należy tu brać pod uwagę takie okoliczności, jak temperatura powietrza, oświetlenie, wiatr i kurz. Miejsce, na którym ma być składany szybowiec, powinno mieć wymiary zbliżone do prostokąta, o długości większej od rozpiętości szybowca i odpowiednio dużej szerokości, co przeciętnie daje wymiar 18 na 8 m. Zwykle do sprawnego przeprowadzenia montażu konieczny jest udział 4, 5 osób znających, choćby ogólnie, budowę szybowca. Angażowanie większej liczby osób nie jest wskazane, gdyż wprowadza zamieszanie. Od pomocników wymagana jest dyscyplina i ściśle wykonywanie poleceń osoby kierującej montażem. W pracy niezbędne są pomoce warsztatowe w postaci różnej wielkości podstawek, kozłów warsztatowych i profilowanych stojaków. Niezbędny jest komplet narzędzi uniwersalnych, składający się z kluczy płaskich, szczypiec (kombinerek), wkrętaaków, średniej wielkości młotka oraz specjalnego młotka z miękkiego metalu lub twardej gumy (do podbijania sworzni). W skrzynce narzędziowej powinien się też znajdować zestaw różnych podkładek i zawleczek oraz wyżarzony drut mosiężny do wykonywania zabezpieczeń połączeń. Obok narzędzi uniwersalnych niezbędne są zwykle narzędzia specjalne, przystosowane do montażu danego typu szybowca.

Należy do nich na przykład duralowy kołek montażowy służący do naprowadzania otworów okuć (szybowce „Foka”, „Cobra”), czworokątny klucz do wprowadzania sworzni głównych oraz specjalna dźwignia do dociągania skrzydeł (szybowiec „Jantar”). Poszczególne zespoły główne szybowca, a więc kadłub i skrzydła, należy ustawić w taki sposób, aby ograniczyć do minimum manewrowanie nimi podczas składania szybowca. Sposób przygotowania tych zespołów pokazany jest na rysunku 18a. Skrzydła i usterzenie wysokości spoczywają na miętko wyściełanych kozłach, kadłub natomiast wstawiony jest do odpowiednio profilowanego stojaka. Takie ustawienie zespołów umożliwia przeprowadzenie dokładnego oczyszczenia, przeglądu i konserwacji okuć, sworzni i złączy końcówek napędów. Korzystając z odciążenia kadłuba (brak skrzydeł), należy ustawić pod płożą ogonową odpowiednio wysoką podstawkę, która pozwoli na sprawdzenie stanu luku podwozia i zawieszenia koła, a także na sprawdzenie procesu chowania i wypuszczania podwozia. Montaż szybowca rozpoczyna się od zabudowy skrzydeł.

Przeważnie obojętna jest kolejność zabudowy skrzydeł. Osoba kierująca montażem powinna znajdować się przy nasadzie skrzydła, aby mieć dostęp do łączonych okuć. Przed samym złożeniem zespołów wewnętrzne powierzchnie okuć i robocze powierzchnie sworzni powinny być lekko pokryte smarem. Dalszy przebieg montażu skrzydeł zależy od rodzaju konstrukcji szybowca. W przypadku szybowców o takim układzie konstrukcyjnym, jaki mają szybowce „Bocian”, każde skrzydło zabudowywane jest oddzielnie. Podczas wsuwania głównych okuć skrzydłowych pomiędzy ucha okuć kadłubowych należy zachować właściwy wznios, aby nie dopuścić do deformacji okuć. Do uzyskania współosiowości łączonych otworów konieczne jest zwykle posługiwanie się kołkiem montażowym. Czynność tę wykonuje kierujący montażem, który też wydaje polecenia osobom podtrzymującym koniec skrzydła. Podczas wykonywania tych prac niedopuszczalne jest sprawdzanie współosiowości przez wkładanie palca do łączonych otworów, gdyż w przypadku poruszenia jednym z zespołów grozi to poważnym okaleczeniem. Po ustaleniu współosiowości wprowadza się sworznie do otworów przez pokręcanie klucza montażowego wpuszczonego do otworu w śrubie.



Rys. 18. Kolejne fazy montażu szybowca

TUTAJ MIAŁEM DOŚĆ SKANOWANIA, głównie z jednej podstawowej przyczyny. Opis montażu i demontażu na przykładzie szybowca klasy „Mucha” jest dla Was co najwyżej ciekawostką historyczną ;-).

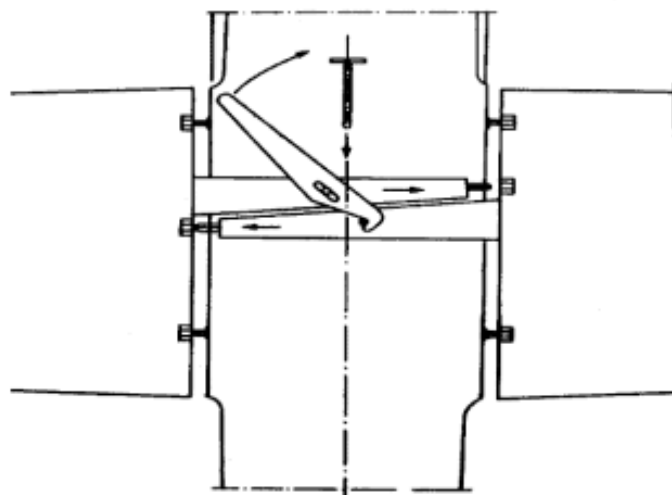
Powiniście oprócz tego co jest powyżej napisane wiedzieć parę podstawowych rzeczy:

Po pierwsze i najważniejsze: opis montażu i demontażu każdego typu szybowca znajduje się w instrukcji użytkownika danego szybowca.

Następna rzecz to kolejność czynności podczas montażu, która jest następująca:

- montaż skrzydeł z kadłubem
- zamontowanie statecznika steru wysokości
- podłączenie i zabezpieczenie napędów sterów.

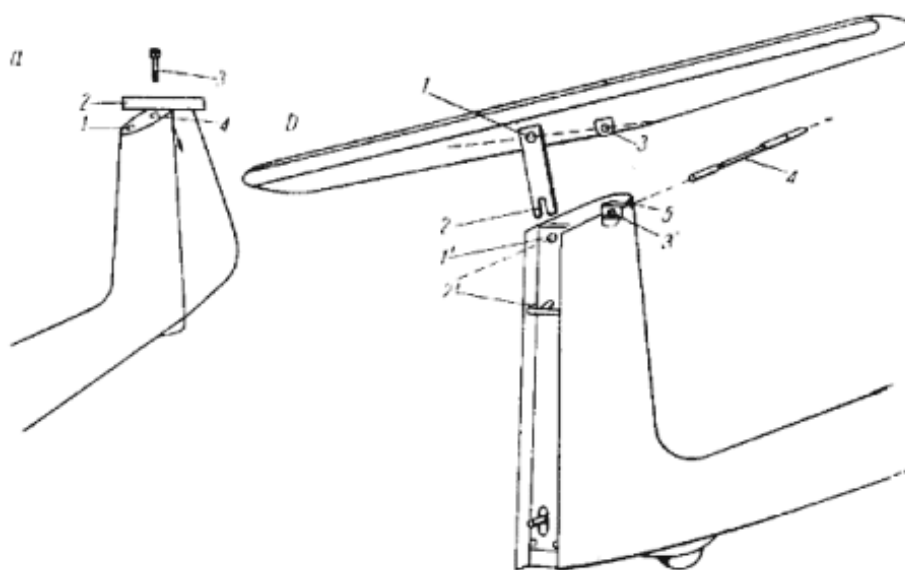
Montaż skrzydeł w typowym szybowcu laminatowym ilustruje rysunek 19.



Rys. 19. Montaż skrzydeł z użyciem klucza dociągającego.

Polega on na wprowadzeniu jednego ze skrzydeł do kadłuba (zazwyczaj jest to skrzydło prawe - tzn. to, w którym gniazdo, w które wprowadza się czop skrzydła przeciwnego, jest widoczne z kabiny). Należy przy tym uważać, aby dobrze zostały wprowadzone mocowania napędów, łączone automatycznie. Następnie wkładamy drugie skrzydło, po czym ściągamy skrzydła kluczem montażowym jak na rys. 19.

Montaż statecznika wysokości jest zilustrowany rysunkiem 20



Rys. 20. Montaż usterzenia wysokości w układzie „T”: a) szybowiec „Pirat” b) szybowiec „Jantar”.

DEMONTAŻ SZYBOWCA

O ile montaż szybowca odbywać się będzie prawie zawsze na lotnisku to demontaż jest słodką częścią czegoś takiego jak lądowanie szybowca w terenie przygodnym. Pilot w tak pięknych okolicznościach przyrody musi się często posiłkować pomocą ludności tubylczej. Należy zatem pouczyć naszych pomocników co do delikatności i bezcenneści naszego ptaka ;-). Należy przygotować miejsce, w którym będziemy dokonywać demontażu. Oczyszczyć je z kamieni tak byśmy kładąc zdemontowane skrzydła na ziemi nie uszkodzili ich. Przygotować sobie z wczasu torebkę na sworznie i agrafki zabezpieczające.

Kolejność czynności podczas demontażu jest oczywiście odwrotna niż przy montażu i przedstawia się następująco:

- odbezpieczenie i rozłączenie napędów sterów.
- demontaż statecznika steru wysokości
- demontaż skrzydeł z kadłubem

HANGAROWANIE I WYHANGAROWANIE SZYBOWCÓW

Największa ilość drobnych (i nie tylko drobnych) usterek szybowców zdarza się podczas hangarowania i wyhangarowywania szybowców. Śpiesząc się na loty lub po lotach do domu; próbując jak najbardziej upchnąć szybowce i samoloty piloci mogą uszkodzić szybowiec uderzając nim bądź o hangar bądź w inny szybowiec czy samolot. Niestety niekiedy bywają to uszkodzenia niebanalne, powodujące wyłączenie danego szybowca z lotów na jakiś czas. Podstawową zasadą obowiązującą podczas hangarowania jak i w ogóle podczas przemieszczania szybowca na ziemi jest to, iż szybowcem zawsze kieruje osoba znajdująca się przy jednej z końcówek. Pozostałe osoby pchają szybowiec naciskając na twarde i nieruchome części skrzydła w okolicy kadłuba lub unosząc/naciskając ogon szybowca. Kierować hangarowaniem lub wyhangarowywaniem powinien mechanik bądź pilot doświadczony w tej materii.

W miarę wzrostu liczby szybowców w hangarze zwiększają się trudności przy ich hangarowaniu i często staje się konieczne ustawianie ich „na zakładkę”, to znaczy w ten sposób, że część konstrukcji jednego szybowca znajduje się nad lub pod drugim szybowcem. Wymaga to unoszenia szybowców, podpierania kadłubów i przesuwania ich po skrzydle. Poruszanie szybowca powinno odbywać się tylko na wyraźne polecenie osoby kierującej pracami, która zajmuje miejsce przy końcu skrzydła szybowca. Konieczne jest zachowanie dużej dyscypliny i niedopuszczalne jest prowadzenie rozmów i pokrzykiwanie, nie mające bezpośredniego związku z wykonywaną pracą.

Komendy wydawane podczas hangarowania i wyhangarowywania szybowców ograniczają się zwykle do kilku zwięzłych haseł, takich jak:

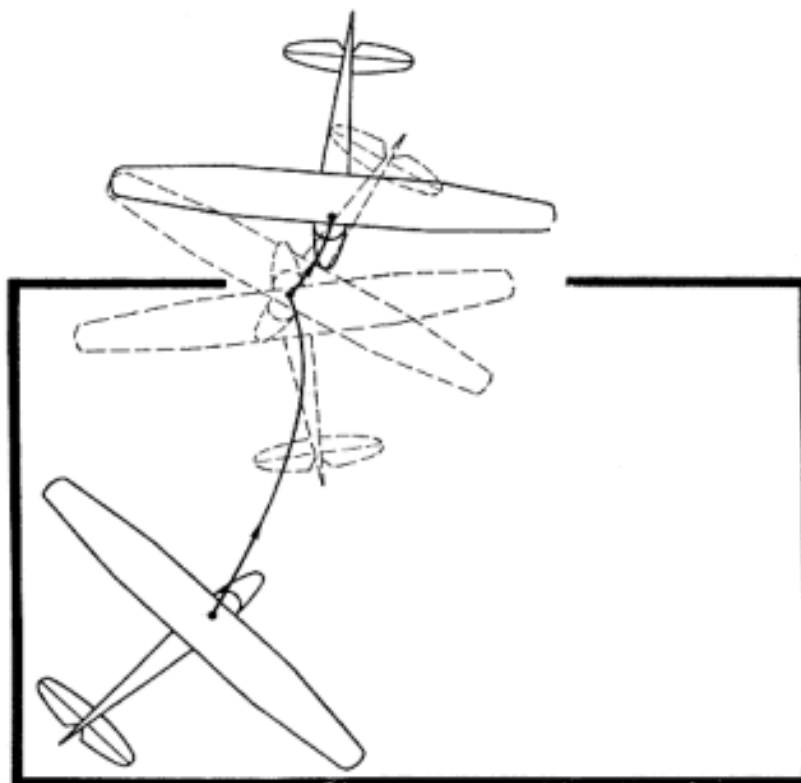
- „do przodu, do tyłu”,
- „po skrzydle, po skrzydle do mnie”,
- „skrzydło wyżej, skrzydło niżej”,
- „obrót w miejscu, ogon w miejscu”,
- „ogon prędej, ogon wolniej (lub skrzydło)”,
- „stop!”.

Za sprawny przebieg wykonywanych czynności powinna odpowiadać osoba kierująca pracą; znajdując się przy końcu skrzydła, osoba ta może ogarnąć wzrokiem cały szybowiec jego najbliższe otoczenie.

Przez szeroko otwarte drzwi szybowiec może być wtoczony po linii prostej na własnym kółku. Bardzo pomocne okazuje się oznaczanie na podłodze jaskrawą farbą linii środkowej hangaru (w naszym hangarze raczej nie ma tego problemu), co ułatwia manipulowanie sprzętem i zapobiega uderzeniu końcami skrzydeł o krawędzie drzwi hangarowych. Jeżeli jednak drzwi są zbyt wąskie, to konieczne jest skomplikowane manewrowanie szybowcem w celu przetoczenia go przez próg hangaru wymagające odpowiedniego doświadczenia kierującego pracą.

Wyhangarowywanie szybowców odbywa się na ogół w sposób odwrotny. Dotyczy to zarówno kolejności wyhangarowywanych szybowców, jak i wykonywanych przy tym czynności. Jeżeli hangar jest dość obszerny, to możliwe jest przetaczanie niepotrzebnych w danej chwili szybowców pod jedną ze ścian i wyprowadzanie z głębi hangaru upatrzonego szybowca. Jeżeli jednak obok wyznaczonych szybowców musiały być wyhangarowane także inne szybowce, to powinny one być z powrotem wstawione do hangaru. Przemawia za tym wiele względów, jak niepotrzebne wystawianie konstrukcji na operację promieni słonecznych, narażanie sprzętu na uszkodzenia wywołane wiatrem lub spowodowane przez osoby postronne, których w okresie letnim nie brak nigdy na lotnisku.

Po wstawieniu szybowców do hangaru drzwi hangaru powinny być zamknięte, chyba że w jego wnętrzu pozostają mechanicy sprawujący nadzór nad pozostawionym sprzętem. Pewna część uszkodzeń sprzętu powstaje z winy tych pilotów, którzy zjawiają się na lotnisku wtedy, gdy wcześniej wyhangarowane szybowce znajdują się już w powietrzu. Dopingowani dobrymi warunkami lotnymi i nagłeni pośpiechem, najczęściej bez wystarczającej liczby pomocników, wyhangarowują własnymi siłami szybowiec, powodując uszkodzenia kesonów, listew spływu i pokryć.

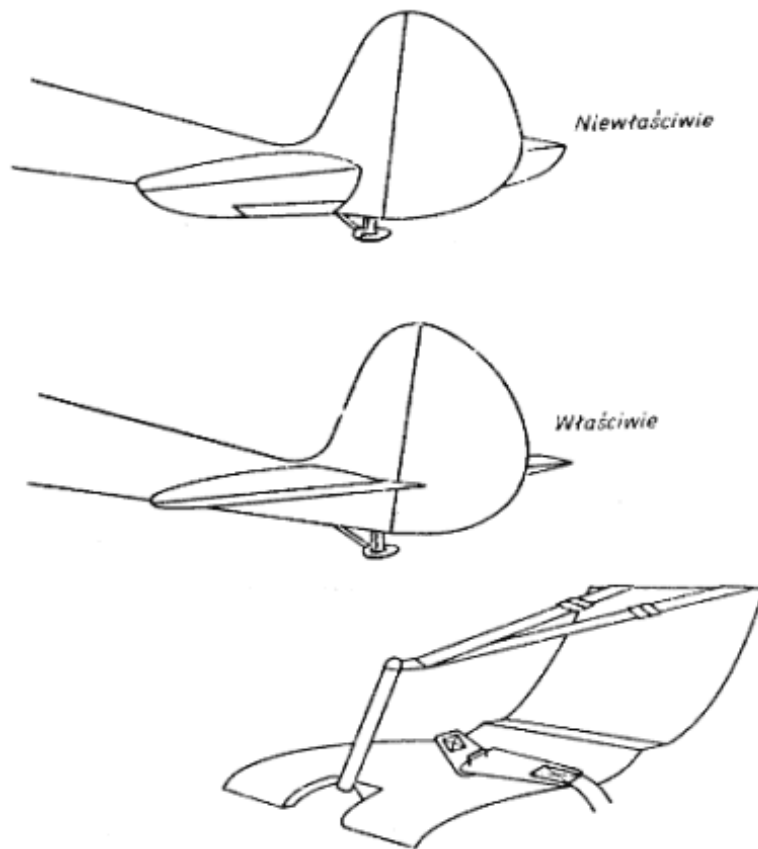


Rys. 21. Manewrowanie przy przetaczaniu szybowca przez wąskie drzwi - tzw. „cyrklowanie”.

TRANSPORT SZYBOWCÓW NA START

Współczesny szybowiec transportowany jest na start na własnym podwoziu kołowym. Przy większych odległościach siłę pociągową stanowi zwykle pojazd mechaniczny, przy mniejszych natomiast szybowiec jest ciągnięty przez pilotów. Przy zastosowaniu mechanicznego środka pociągowego praktykowane jest często jednoczesne transportowanie kilku szybowców.

Przygotowanie szybowca do transportu polega głównie na zabezpieczeniu usterzenia wysokości przed ujemnymi skutkami wstrząsów, jakie towarzyszą toczeniu się szybowca po ziemi. Swobodny ster wysokości, zwisający pod własnym ciężarem, podlega obciążeniom dynamicznym oddziałującym ujemnie na ograniczniki wychyleń, zawiasy i sterownicę. W celu zabezpieczenia układu steru wysokości przed uszkodzeniami stosuje się proste sposoby unieruchomienia napędu, czy to za pomocą pasów pilota, czy też spadochronu przytrzymującego drążek sterowy. Jeden ze sposobów pokazano na rysunku 22. Podczas transportu szybowca na start w kabinie jego składa się niekiedy płótna startowe, spadochrony i inne części wyposażenia startowego. Drobnie i twarde przedmioty, które mogą uszkodzić wnętrze kabiny lub pozostać pod fotelem lub podłogą, powinny być przewożone innym pojazdem lub wózkiem startowym. Niedopuszczalne jest zajmowanie miejsca w kabinie, gdyż w nieuzasadniony sposób obciąża się przez to podwozie szybowca.



Rys. 22. Zabezpieczenie usterzenia wysokości przed transportem na start

Do holowania po lotnisku nie należy stosować lin holowniczych. Mogą natomiast znaleźć zastosowanie odpowiednio oznakowane skasowane liny holownicze wyposażone w oryginalne ogniwa zaczepowe. Transport powinien odbywać się z prędkością odpowiadającą przeciętnej prędkości idącego człowieka, który jedną ręką przytrzymuje skrzydło szybowca. Człowiek ten powinien znajdować się przy skrzydle od strony wiatru. Jeżeli wiatr jest silny, to konieczne jest wtedy przytrzymywanie szybowca za końce obu skrzydeł. Skrzydło od strony wiatru powinno być nieco opuszczone, aby nie dopuścić do podwiania go od dołu.

Najbardziej przydatnym pojazdem do holowania szybowców po lotnisku jest ciągnik gospodarczy, ponieważ przystosowany jest do powolnej jazdy, ma dużą siłę ciągu, dzięki czemu może jednocześnie holować kilka szybowców, a przy tym zapewnia bezpośredni kontakt pomiędzy kierowcą i obsługą prowadzącą szybowce.

Podczas jednoczesnego transportu dwóch lub więcej szybowców na start szybowce powinny być prowadzone przez osoby trzymające zewnętrzne końcówki skrzydeł (względem osi pojazdu ciągnącego). Długości lin powinny być tak dobrane, aby odstępy pomiędzy kolejnymi szybowcami nie były mniejsze niż 10 m. Podczas poruszania się zespołu zawsze istnieje możliwość zerwania się jednej z lin lub wczepienia się któregoś z szybowców. Z tego względu przy kabinie drugiego i trzeciego szybowca powinien iść pomocnik, obserwujący cały czas poprzedzający go szybowiec. Z chwilą spostrzeżenia, że znajdujący się przed nim szybowiec zatrzymał się, pomocnik odczepia natychmiast konwojowany szybowiec i krzykiem ostrzega osoby znajdujące się przy pozostałych szybowcach. W razie potrzeby można wykorzystać hamulce kółka. Z tych względów powinno być odsunięte okienko z lewej strony osłony kabiny lub odbezpieczony zamek osłony.

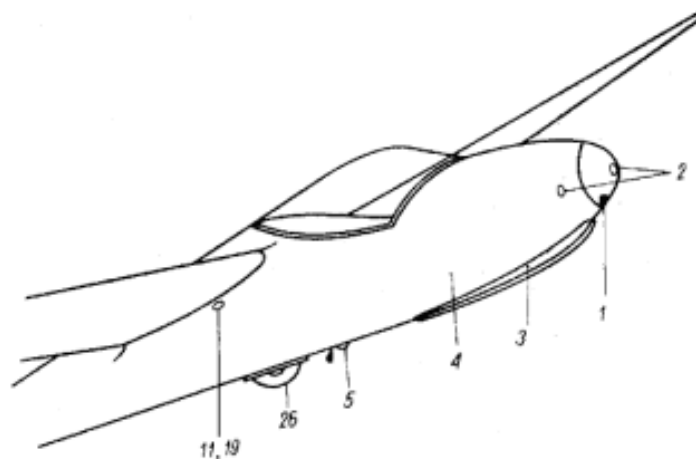
Szczególnie skłonne do samowyczepiania się są zaczepy startowe z samoczynnymi wyrzutnikami liny. Samowyczepienie może nastąpić w przypadku gdy holowany szybowiec wkołuje na poluzowaną linę. Z tego też względu nie zalecane ustawianie szybowców, wyposażonych w zaczepy z wyrzutnikami liny, na innych pozycjach niż ostatnie. Podczas transportu na start szybowce mają skłonność do ustawiania się wzdłuż osi podłużnej pojazdu holującego, toteż przy transportowaniu więcej niż jednego szybowca konieczne jest przeciwdziałanie tej skłonności przez lekkie przytrzymywanie końca skrzydła. Jeżeli konwojowany szybowiec zbliża się do liny ciągnącej następnego szybowca, należy zwolnić krok i w ten sposób spowodować oddalenie się szybowca od liny.

PRZEGLĄD PRZEDLOTOWY

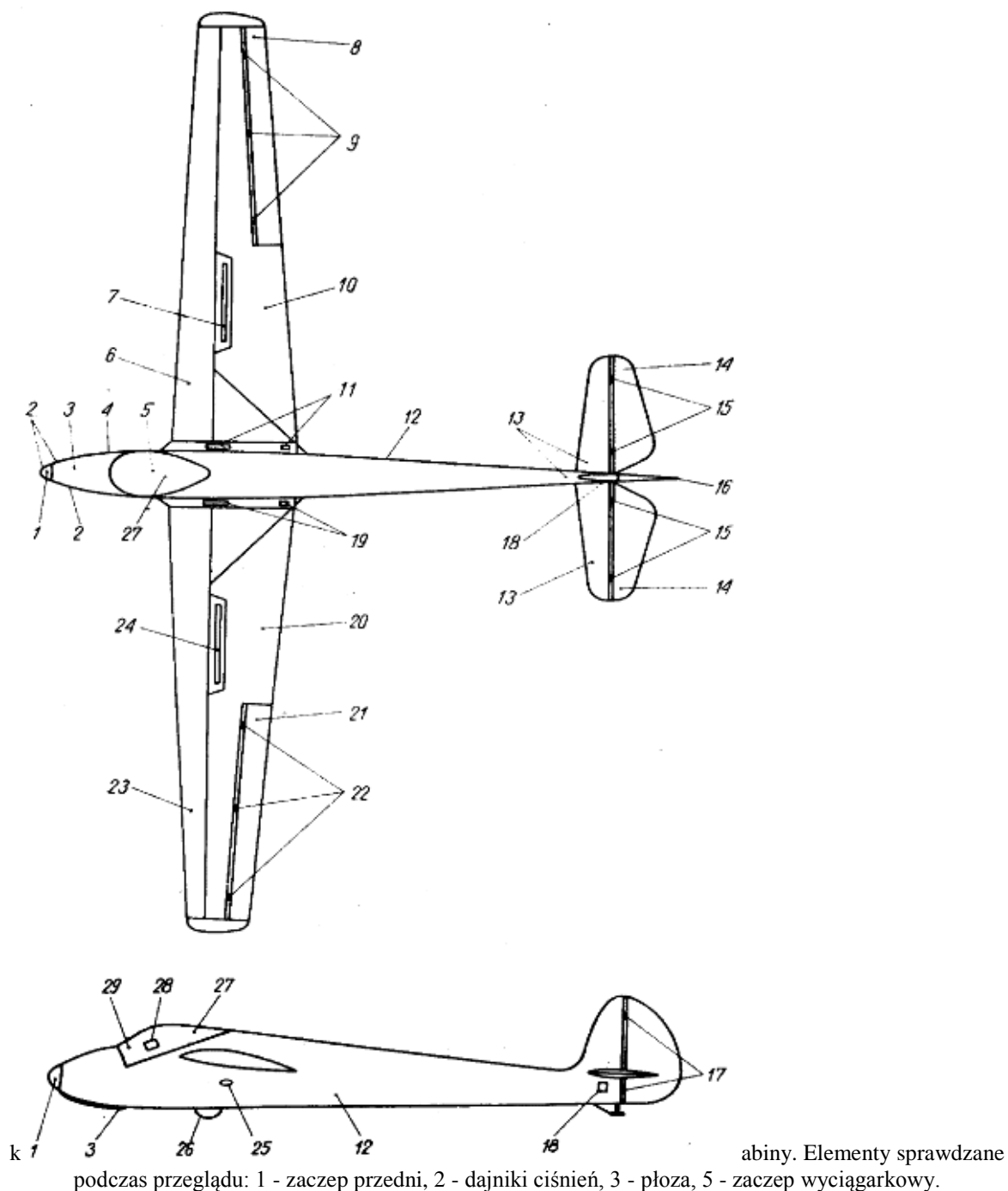
Uwagi ogólne.

Przeгляд przedlotowy ma na celu wykrycie ewentualnych usterek szybowca. Przeгляд ten wykonuje się wg określonego schematu rozpoczynając od przodu kadłuba z lewej strony kabiny, następnie przeglądając poszczególne elementy szybowca obchodząc go zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara wracając do punktu wyjścia. Ostatnim elementem przeglądu jest przegląd samej kabiny szybowca. Szczególną uwagę podczas przeglądu należy zwrócić na zabezpieczenie sworzni skrzydeł, statecznika stery wysokości, zabezpieczenie sterów.

Dobłą okazją do dokonania przeglądu powierzchni szybowca jest jego umycie. Myjemy szybowiec czystą wodą z dodatkiem płynu do mycia naczyń. Nie używamy żadnych ostrych środków czystości, aby nie rysować lakieru. Usuwanie zanieczyszczenia z powierzchni szybowca polepszamy jego własności aerodynamiczne.



Rys. 23. Przeгляд przedniej części



Rys. 24. Kolejność przeglądania elementów szybowca.

Opis przeglądu.

Jak już wyżej napisałem, przegląd rozpoczynamy od przodu kadłuba z lewej strony kabiny. Sprawdzamy poszycie kadłuba, czy nie występują pęknięcia lakieru świadczące o wewnętrznych uszkodzeniach kadłuba, płożę dziobową o ile taka występuje i przechodzimy do dziobu szybowca. Sprawdzamy stan dajników ciśnienia całkowitego i statycznego, czy nie są zabrudzone lub zatkane np. trawą. Przechodząc wzdłuż prawej strony kadłuba przy kabynie dochodzimy do złączenia prawego skrzydła z kadłubem. Sprawdzamy poprzez ewentualne wzierniki (występujące w szybowcach drewnianych - zaznaczone są one czerwonymi kropkami) stan kadłuba wewnątrz. Sprawdzamy połączenie skrzydło-kadłub. Sworznie główne i pomocnicze (o ile są dostępne z tego miejsca np. w szybowcu SZD-9 „Bocian”). Idziemy

teraz wzdłuż krawędzi natarcia prawego skrzydła sprawdzając stan poszycia. Zaglądamy w ewentualne luczki. Zatrzymujemy się na chwilę przy hamulcach i sprawdzamy czy nie ma tam jakiś dziwnych rzeczy jak trawa itp., czy sprężyny dociągające nakładki są OK i hamulce nie wystają z obrysu skrzydła. W przypadku szybowca „Pirat” należy koniecznie sprawdzić podłączenie napędów lotek na połączeniu centroplata z końcówką oraz zabezpieczenie sworznia łączącego te części skrzydła. Po obejściu całego skrzydła znajdujemy się przy kadłubie. W tym miejscu możemy sprawdzić podłączenie i zabezpieczenie napędów lotek, hamulców pomiędzy kadłubem a prawym skrzydłem (tak jak w „Bocianie”) lub ogólnie skrzydeł (tak jak w szybowcach, w których jest to dostępne przez luczek w kadłubie np: „Pirat”, „Jantar”). Poruszamy się teraz wzdłuż prawej burty szybowca do ogona, sprawdzając oczywiście stan poszycia. Jesteśmy przy ogonie. Sprawdzamy luz statecznika steru wysokości potrząsając lekko końcówką statecznika. Nie powinny występować żadne odgłosy, stuki. Statecznik może się poruszać ponieważ jest elastyczny ale nie powinno być luzów na złączeniu statecznika poziomego z pionowym. Sprawdzamy również zabezpieczenie sworznia statecznika poziomego. Sprawdzamy stery kierunku i wysokości poprzez ich maksymalne wychylenie i sprawdzenie czy nie występują żadne luzy na mocowaniach sterów. Nasza marszruta przekroczyła ogonek. dalsza część trasy aż do kabiny jest lustrzanym odbiciem prawej strony ;-). Nie będę się zatem powtarzał.

Znaleźliśmy się więc z powrotem przy kabynie. Możemy teraz sprawdzić ilość powietrza w kole podwozia. Należy to czynić na betonie. Ugięcie opony powinno wynosić ok 1 cm.

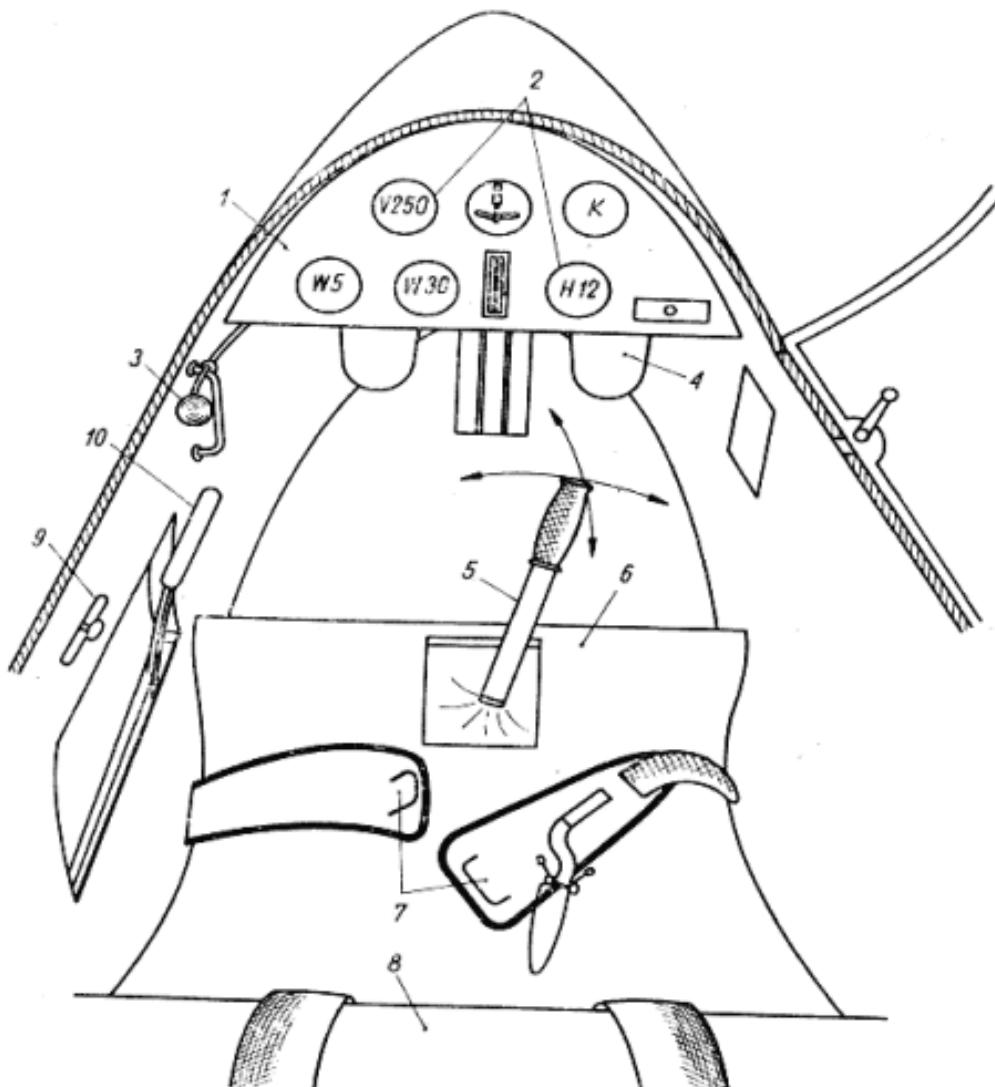
PRZEGLĄD KABINY

Przeglądu kabiny szybowca można dokonać z zewnątrz. Celowe jest jednak następnie zajęcie miejsca w kabynie w celu sprawdzenia sprawności działania znajdujących się w niej urządzeń. Z zewnątrz można sprawdzić stan oszklenia osłony (zanieczyszczenia, pęknięcia, brak odsuwanego okienka), przyleganie ramy osłony do obrzeża kabiny oraz jej szczelność. Podlegające przeglądowi elementy, znajdujące się wewnątrz kabiny, przedstawione są na rysunku 25. Przegląd można rozpocząć od tablicy przyrządów 2. Należy sprawdzić jej umocowanie (aby np. nie spadła podczas startu na nogi pilota) oraz położenie wskaźników na tarczach przyrządów 2. Wskaźniki powinny znajdować się w położeniach wyjściowych. Przez włączenie zasilania, a następnie zdecydowane naciśnięcie lewej lub prawej strony tablicy można sprawdzić pracę i odpowiednie wychylenie się wskaźnika zakrętomierza. Drożność instalacji prędkościomierza i wariometrów, a jednocześnie prawidłowość podłączenia przewodów można sprawdzić przez wytwarzanie (dłonią) różnicy ciśnień na dajnikach, co wymaga jednak pewnej wprawy. Wytwarzanie ciśnień przez dmuchanie w dajniki jest w zasadzie niedopuszczalne, gdyż grozi uszkodzeniem przyrządów. Dalszą czynnością jest sprawdzenie zawartości odwadniaczy. Po wykręceniu korków i wytrząśnięciu zawartości korki należy szczelnie dokręcić.

W dalszej kolejności należy sprawdzić stan uchwytu zwalnicza zaczepu 3 i działanie jego instalacji. Zwalnianie każdego z zaczepów powinno następować (charakterystyczny trzask) dopiero po wyraźnym wyciągnięciu uchwytu na długość kilkunastu milimetrów. Jeżeli zaczep zwalnia się jednocześnie z rozpoczęciem ruchu uchwytu, to konieczne jest wydłużenie linki zwalniającej.

Sprawdzenie sterownic rozpoczyna się od pedałów 4. Przy równoległym ustawieniu pedałów ster kierunku nie może być wychylony. Regulacja ustawienia pedałów (do przodu - do tyłu) powinna mieć skuteczne blokowanie. W przypadku szybowca dwumiejscowego „Bocian”

należy oddzielnie sprawdzić wychylenia steru uzyskiwane z pierwszej i z drugiej kabiny (w przypadku wadliwej regulacji wychylenia z drugiej kabiny mogą być mniejsze). Sprawdzając wychylenia należy przekonać się, czy kierunki wychyleń steru odpowiadają wychyleniom pedałów. Wychylając drążek sterowy w czterech podstawowych kierunkach należy obserwować kierunki wychyleń steru wysokości i lotek. Słuchowo należy sprawdzić, czy ruchom sterów nie towarzyszą odgłosy tarcia napędów. Korzystając z pomocy drugiej osoby, która kolejno podtrzymuje stery i lotki, należy sprawdzić przez wykonywanie krótkich ruchów drążkiem, czy w napędach nie występują luzy. Fotel pilota 6 oraz ułożona na nim poduszka powinny być pewnie umocowane, ponieważ ich przesunięcia się podczas lotu mogą spowodować zablokowanie drążka sterowego. Podobnie należy sprawdzić stan mieszka, przez który przechodzi drążek sterowy. Tkanina mieszka nie powinna tworzyć wklęsłości, gdyż mogą gromadzić się w nich luźne drobne przedmioty, ograniczając lub blokując wychylenia drążka sterowego. Należy następnie sprawdzić stan tkaniny i szwów pasów pilota oraz działanie zamka spinającego pasy. Oparcie pilota 8 powinno w sposób pewny ustawiać się w kolejnych położeniach.



Rys. 25. Przedlotowy przegląd kabiny szybowca

Przestawiając suwak sterujący klapki wyważającej 9 w oba skrajne położenia należy sprawdzić, czy uzyskiwane są odpowiednie wychylenia klapki i czy zostają one zachowane podczas wychylenia steru. Przy uruchamianiu i zamykaniu dźwigni napędowej hamulców

aerodynamicznych 10 należy zaobserwować występowanie charakterystycznego przeskoku, sygnalizującego przejście układu dźwigniowego przez „martwy punkt” w systemie blokującym. Siła potrzebna do odblokowania i zablokowania hamulców nie może być nadmierna i powinna odpowiadać wartościom podanym w instrukcji szybowca.

Niedopuszczalny jest zupełny zanik siły charakterystycznej dla blokowania hamulców. Zwykle do dźwigni hamulców aerodynamicznych podłączone jest cięgło hamulca kółka podwozia. Efekt działania hamulca kółka powinien być wyczuwalny mniej więcej w połowie wychylenia płyt hamulcowych. Przy zbyt ostro wyregulowanym hamulcu kółka następuje ograniczenie wychylenia płyt hamulców aerodynamicznych, co jest niedopuszczalne i może w skutkach okazać się groźniejsze niż brak skutecznego hamulca koła. Zamykając osłonę kabiny należy sprawdzić skuteczność zamków blokujących. Dające się poruszać bez oporów dźwignie blokujące nie zapewniają poprawności działania. Elementy blokujące, w postaci pręta lub zęba, powinny wsuwać się całkowicie do otworów znajdujących się w okuciach na burcie kabiny. Kończąc przegląd należy sprawdzić, czy w kabinie nie pozostawiono luźnych przedmiotów.