



AEROKLUB PRL

WYCZYNOWE
SZKOLENIE SZYBOWCOWE

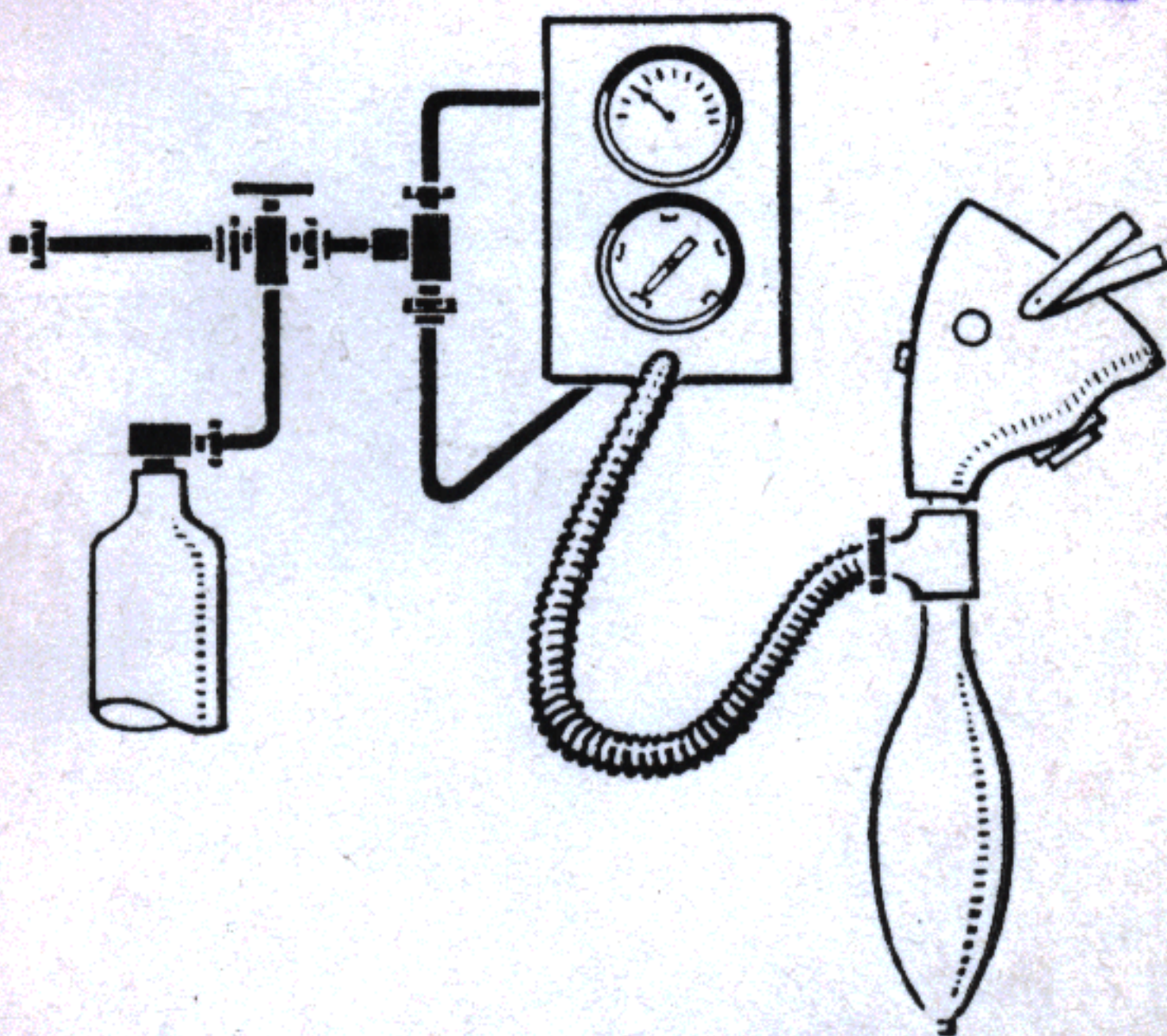
WYPOSAŻENIE SZYBOWCÓW

Aeroklub Grudziądzki
Wyczynowy Ośrodek Szkol. Szybowcowy
w Lisich Kątach k/Grudziądz
Tel. Grudziądz 204-37

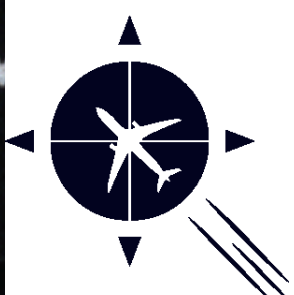
86-325

—

MOKRE



WYDAW



znajdź więcej na

nakolannik.pl

baza wiedzy pilota

ości

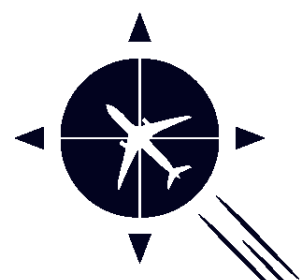
795,55

*Książka zawiera opis budowy, zasad działania oraz eksploatacji szybowcowych przyrządów pokładowych jak również szybowcowej aparatury tlenowej.
Książka jest przeznaczona dla pilotów posiadających licencję pilota szybowcowego, przygotowujących się do wyczynowych lotów szybowcowych.*

Redaktor: TERESA DRZAL
Redaktor techniczny: JADWIGA RACZKOWSKA
Korektor: ALICJA KALINOWSKA

SPIS TREŚCI

Rozdział 1. Błędy wskazań szybowcowych przyrządów pokładowych	5
Błędy instrumentalne	6
Usterki instalacji przyrządów pokładowych	8
Rozdział 2. Eksploatacja przyrządów pokładowych szybowca	11
Wysokościomierz barometryczny	11
Wariometr	13
Prędkościomierz	15
Przyrząd kontrolny WSW	18
Zakrętomierz elektryczny	21
Busola pilota	24
Sztuczny horyzont	28
Wiatrometr energii całkowitej (WEC)	35
Kontrola przyrządów pokładowych przed lotem	40
Dokumentacja przyrządów pokładowych	41
Rozdział 3. Montaż przyrządów pokładowych na szybowcu	42
Rozdział 4. Aparaty tlenowe	49
Aparat tlenowy KP-18 (UT-12)	51
Aparat tlenowy SAT-5	58
Rozdział 5. Instalowanie aparatów tlenowych w szybowcach	62
Rozdział 6. Eksploatacja aparatów tlenowych	68
Utrzymanie aparatów tlenowych	68
Korzystanie z instalacji tlenowej podczas lotu	71
Usterki w pracy instalacji tlenowych	73
Przechowywanie części instalacji tlenowych	74
Rozdział 7. Instrukcje eksploatacji i użytkowania szybowców w powietrzu	76
Rozdział 8. Biuletyn zmian	81
Literatura	93



**BIBLIOTEKA AEROKLUBU
POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ**

„Wyczynowe Szkolenie Szybowcowe” to druga seria cyklu wydawniczego Biblioteki Aeroklubu PRL, opracowanej przez Wydział Szkolenia Zarządu Głównego APRL.

Pierwsza seria, pt. „Szkolenie Szybowcowe” (wydana w latach 1966—1968), obejmowała wiadomości niezbędne do zdobycia srebrnej odznaki szybowcowej i licencji pilota szybowcowego. Dalsze rozwinięcie tych wiadomości będą zawierały podręczniki, które ukaza się w ramach niniejszej — drugiej serii. Omówią one następujące zagadnienia: mechanika lotu, meteorologia, łączność radiowa, taktyka przelotowa, eksploatacja szybowców i zasady pilotażu — w zakresie obowiązującym pilota szybowcowego I klasy. Seria, opracowana według Programu Szkolenia Szybowcowego, ma za zadanie przygotowanie pilotów szybowcowych do lotów wyczynowych.

Seria „Wyczynowe Szkolenie Szybowcowe”, podobnie jak pierwsza seria Biblioteki APRL, przeznaczona jest przede wszystkim dla pilotów i instruktorów szybowcowych. Czytelnicy, którzy nie uprawiają sportu szybowcowego, lecz interesują się zagadnieniami lotniczymi, znajdą w tej serii interesującą lekturę, pogłębiającą i rozszerzającą wiadomości z zakresu lotnictwa.

Wydział Szkolenia APRL

Rozdział 1

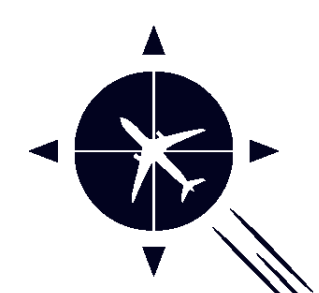
**BŁĘDY WSKAZAŃ
SZYBOWCOWYCH PRZYRZĄDÓW POKŁADOWYCH**

Do umiejętnego i pełnego wykorzystania wskazań przyrządów pokładowych szybowca konieczna jest nie tylko znajomość zasad ich budowy i działania, ale również znajomość tych właściwości przyrządów, które ujawniają się podczas ich użytkowania i mają wpływ na dokładność i pewność wskazań.

Dokładność wskazań przyrządów zależy od wielu czynników, a występujące błędy są z reguły sumą pewnej ilości tych czynników. Absolutnie bezbłędnie pracujących przyrządów pokładowych nie spotyka się, choć konstruktorzy dążą tak w kierunku zmniejszenia wielkości błędów, jak i zapewnienia pewności pracy przyrządów. W związku z tym określone zostały pewne optymalne wymagania techniczne, o których spełnienie stara się zarówno konstruktor przyrządów, jak i ich wytwórca. Pewna część wymagań skierowana jest też pod adresem użytkownika przyrządów, od którego żąda się przestrzegania zalecanych warunków ich eksploatacji.

Błędem wskazań przyrządu można nazwać różnicę między wartością rzeczywistą (mierzoną) a wskazywaną w chwili pomiaru przez przyrząd. Jeżeli błąd ten jest w swej wartości bezwzględnej nieznaczny i dla mierzonej wielkości nieistotny, może być potraktowany jako odchyłka dopuszczalna. Oznacza to, że przyrząd wykazujący tego rodzaju odchyłki może być zakwalifikowany jako zdolny do pracy w powietrzu.

Wartości odchyłek podawane są zwykle w warunkach technicznych budowy i odbioru przyrządów. Mogą mieć one znak dodatni lub ujemny, to znaczy, że wielkości wskazywane mogą być większe lub mniejsze od wielkości rzeczywistych. Na podstawie szeregu odchyłek stwierdzonych dla kolejnych wartości, sporządzane są tabelki lub



wykresy poprawek przyrządowych. Podawane w nich poprawki są wartościami, które dodane algebraicznie do wartości wskazywanej określają wartość rzeczywistą. Na przykład:

— prędkość rzeczywista	100 km/h
— prędkość wskazywana	97 km/h
— odchyłka	— 3 km/h
— wartość poprawki	+ 3 km/h

Błędy wskazań przyrządów można podzielić na dwie grupy, a mianowicie na:

- błędy metodyczne, wynikające z przyjętej przy konstruowaniu przyrządu metody pomiaru,
- błędy instrumentalne, które z kolei dzielą się na podgrupy.

Błędy instrumentalne pochodzą z niedoskonałości konstrukcji i technologii wytwarzania przyrządu oraz jego regulacji. O ile błędów metodycznych nie można w danym typie przyrządu wyeliminować, o tyle wiele błędów instrumentalnych może być zmniejszonych lub nawet usuniętych poprzez polepszenie jakości wykonania przyrządu. Nie jest to jednak w każdym przypadku konieczne, a często staje się wprost nieopłacalne.

Błędy instrumentalne

Na błędy instrumentalne składają się: błąd tarcia, luzy, histereza, błąd termiczny, błąd skalowania i błąd położenia.

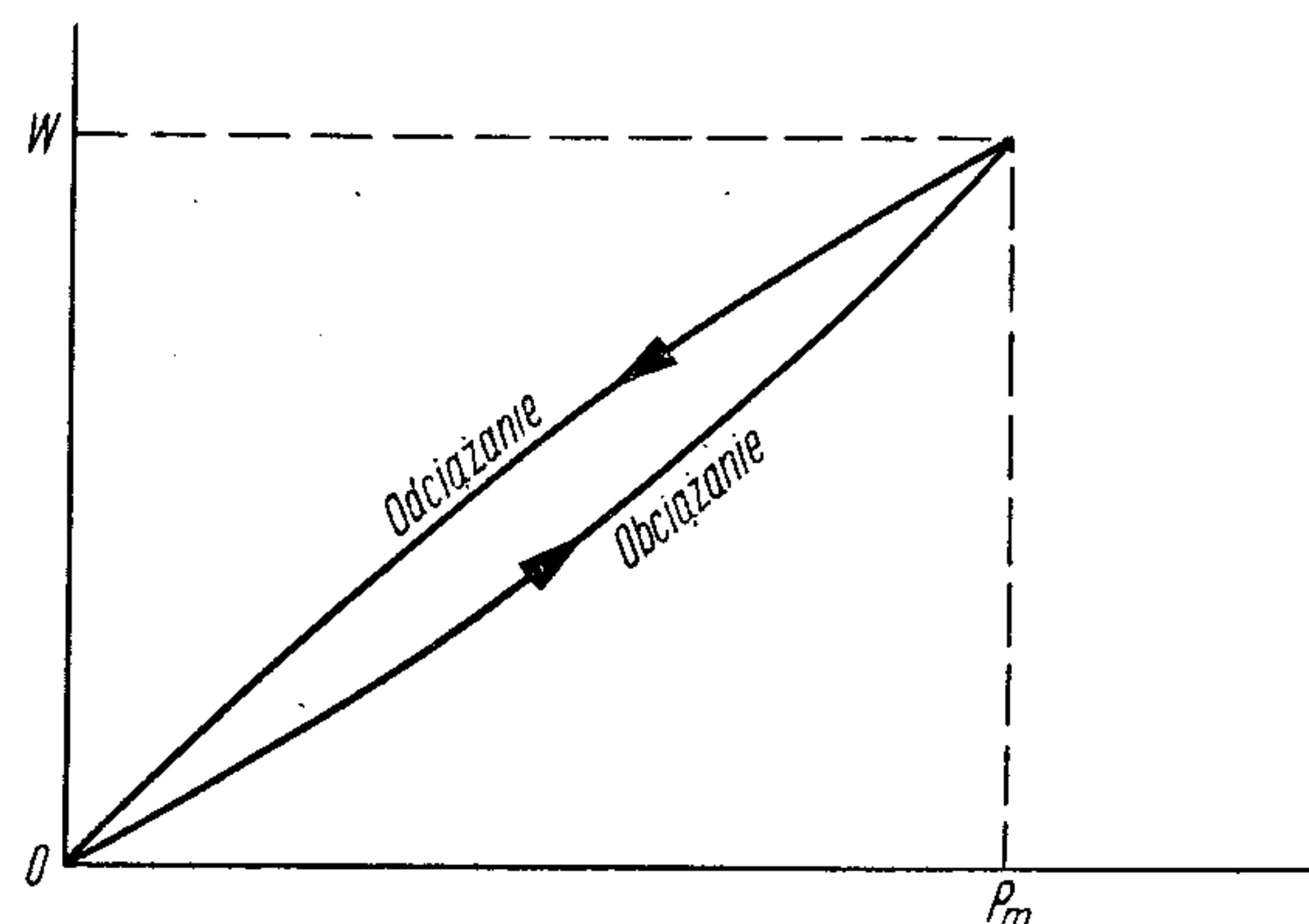
Błąd tarcia jest niemożliwy do wyeliminowania z mechanizmów ruchowych. Może on powiększać się przy zmianach temperatury otoczenia, przy czym szczególnie duży wpływ na jego występowanie ma silny spadek temperatury. Najmniejszą wartość przyjmują błędy w temperaturze nominalnej, która wynosi zazwyczaj $+20^{\circ}\text{C}$.

Szczególnie wyraźnie daje się zaobserwować błąd tarcia w przyrządach składających się z dużej liczby części, jak na przykład wysokościomierz barometryczny, którego wskazówka wskutek tarcia porusza się z opóźnieniem.

Luzy. Zjawisko występowania luzów związane jest bardzo ściśle ze zjawiskiem tarcia, gdyż właśnie w celu zmniejszenia błędu tarcia przewiduje się odpowiednie luzy między współpracującymi częściami przyrządu. Luzy dają wyraźny błąd wskazań, zwłaszcza w pracy przyrządów żyroskopowych.

Histereza jest zjawiskiem występującym w urządzeniach z odkształcalnymi elementami sprężystymi, jak

sprężyny czy membrany. Zjawisko histerezy polega na tym, że przebieg odkształceń elementu sprężystego podczas odciążania jest odmienny od przebiegu odkształceń występujących przy obciążeniu. Obrazuje to charakterystyczny wykres przedstawiony na rysunku 1. Histereza przyrządu powiększa się zazwyczaj wtedy, gdy przyrząd jest przez dłuższy okres czasu nie używany.



Rys. 1. Przebieg histerezy elementu sprężystego

Błąd termiczny wywołany jest wpływem zmian temperatury otoczenia na wymiary części przyrządu, na ich właściwości sprężyste, a także na oporność cewek i przewodów elektrycznych. W niektórych przyrządach błąd ten jest kompensowany za pomocą specjalnych urządzeń, które jednak nie eliminują go całkowicie.

Błąd skalowania. Skłonność do tego błędu może powstać w zakładzie wytwórczym podczas budowy przyrządu, częściej jednak pojawia się już w trakcie jego użytkowania, na przykład na skutek zmian własności sprężystych jego elementów. Zmiany takie pojawić się mogą w wyniku starzenia się materiału lub pod wpływem nadmiernych przeciążeń, jakim bywa poddawany przyrząd w locie (pomiar wartości znacznie większych, niż na to pozwala zakres wskazań danego przyrządu).

Błąd położenia wywołany jest nieodpowiednimi warunkami zabudowy samego przyrządu lub jego dajnika. Charakterystycznym przykładem może tu być nieodpowiednie ustawienie rurki spiętrzeniowej w strudze powietrza lub niestaranny montaż zakrętomierza lub chyłomierza.

Obok omówionych błędów instrumentalnych i montażowych istnieje jeszcze, pomijany często, błąd odczytu, na który składają się następujące czynniki:

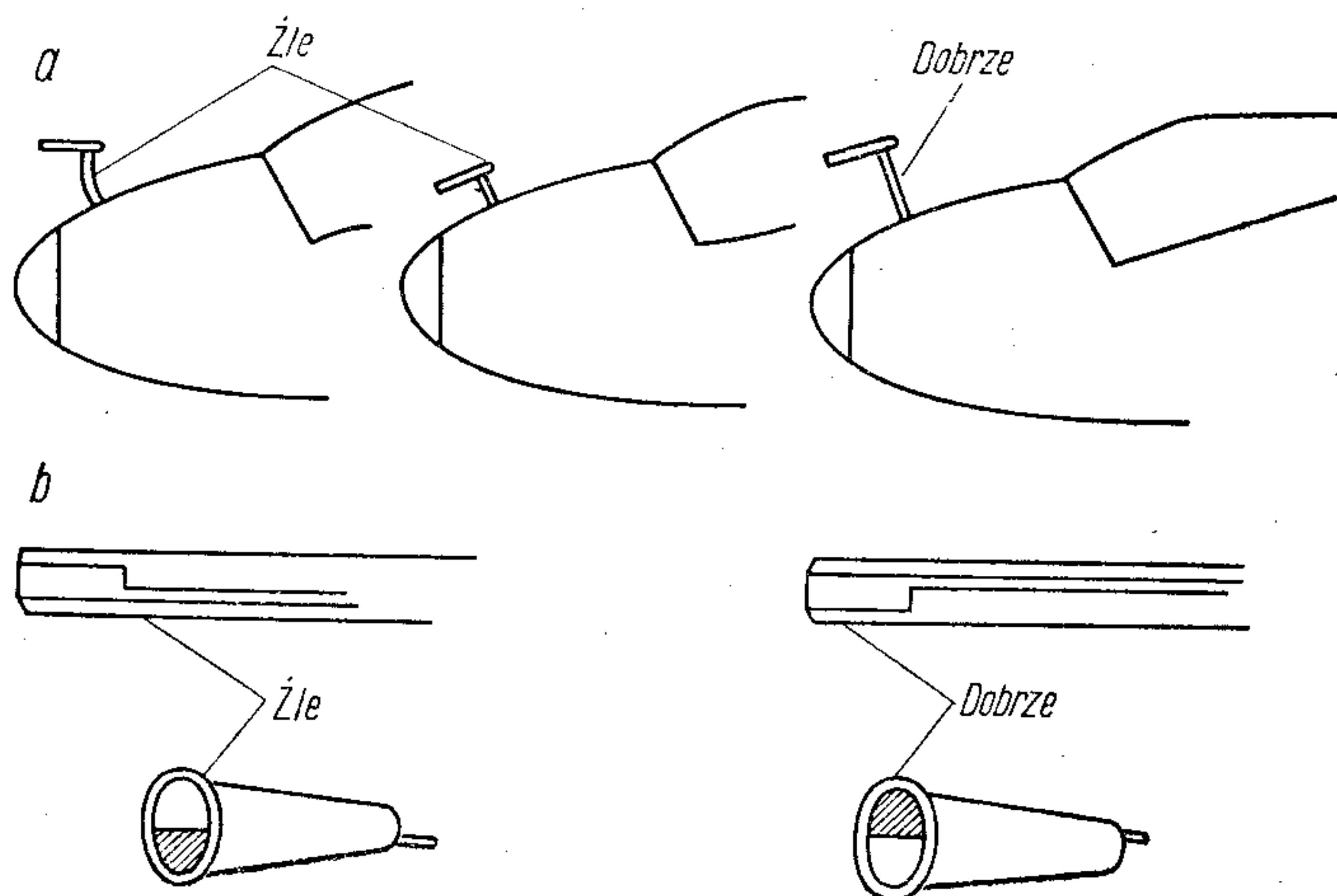
- miejsce zabudowy przyrządu w kabinie (błąd paralaksy),
- dokładność podziałki i kształt wskaźnika,
- intensywność oświetlenia przyrządu.

W odniesieniu do szybowców seryjnych wymaga się na ogół, aby sumaryczny błąd wskazań przyrządów już zainstalowanych na szybowcu nie przekraczał 10% wartości rzeczywistych.

Usterki instalacji przyrządów pokładowych

W instalacjach szybowcowych przyrządów pokładowych są dwa rodzaje dajników ciśnienia, a mianowicie pomiarowe dysze Venturi oraz rurki spiętrzeniowe. Obecnie coraz szerzej stosowane są rurki spiętrzeniowe, które są wytwarzane w kilku odmianach. Typowymi usterkami instalacji przyrządów pokładowych są: wadliwe ustawienie dajnika, zawilgocenie instalacji pomiarowej, dławienie wyrównywania ciśnień, nieszczelności i oblodzenie dajników.

Wadliwe ustawienie dajnika w stosunku do kierunku strug powietrza. Powstały wskutek tego błąd wskazań może osiągnąć wartości kilkunastu procent, przy czym z reguły, w odniesieniu do prędkościomierza, mamy do czynienia ze spadkiem wartości wskazań. Nieodpowiednie ustawienie dajnika może być spowodowane niewłaściwym kształtem oprawki przytrzymującej dajnik, zgięciem nóżki dajnika lub jej skróceniem (rys. 2a).



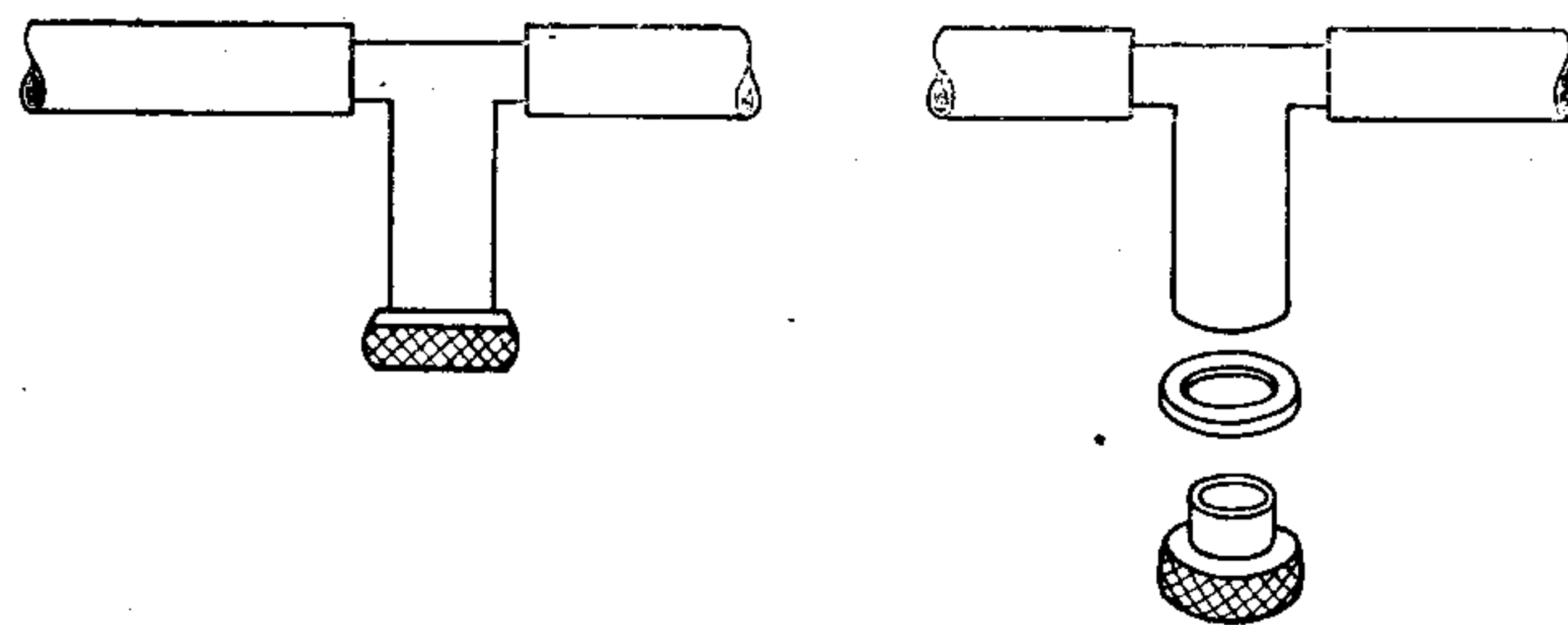
Rys. 2. Niewłaściwe ustawienie dajników ciśnienia

Poważny błąd wskazań może być wywołany pobieraniem ciśnień z nieodpowiedniego miejsca (samowolne przeniesienie dajników w inne miejsce). Wszystkich tych wad pozbawiony jest dajnik wykonany w kształcie lekko stożkowej puszeki, wbudowywany bezpośrednio w kołpaku z przodu kadłuba. Dajnik taki pokazany jest na rysunku 2b.

Zawilgocenie instalacji pomiarowej. Zjawisko gromadzenia się wody wewnątrz instalacji może być wywołane nieodpowiednim usytuowaniem rurki spiętrzeniowej lub brakiem odstoju wody w przewodach instalacji.

Zawilgocenie instalacji pomiarowej powoduje zniekształcenie wskazań, zwiększa ich bezwładność, a niekiedy powoduje, że wskazówki przyrządów wskazują skokami lub nie powracają do położenia wyjściowych.

W celu zabezpieczenia instalacji przyrządów przed zawodnieniem należy przestrzegać odpowiedniego ustawienia rurek spiętrzeniowych oraz zaopatrzyć instalację



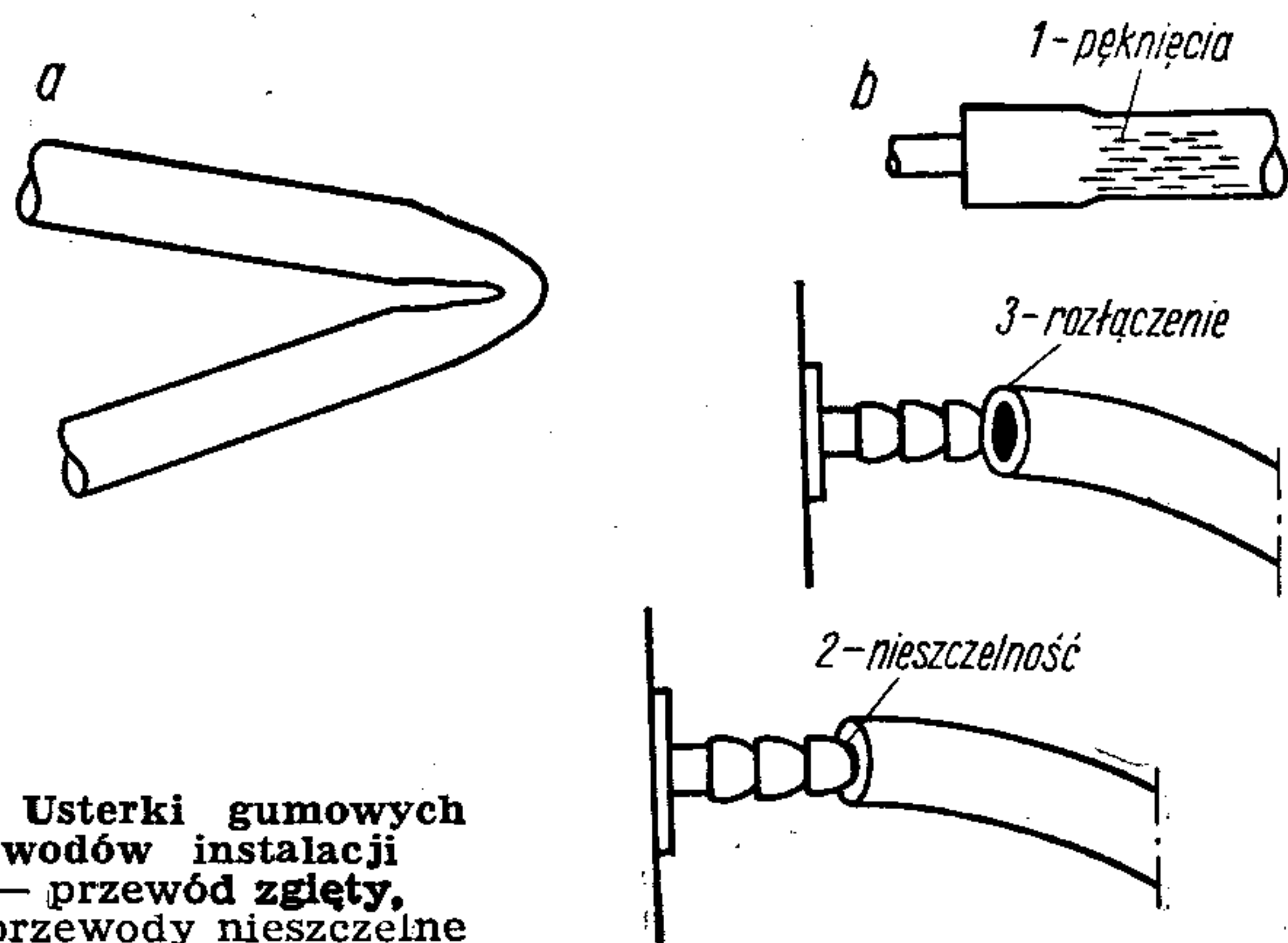
Rys. 3. Odwadniacz instalacji przyrządów pokładowych

w odpowiednie odstojniki wody pokazane na rysunku 3. Woda powinna być usuwana z odstojników po każdym locie, jeżeli odbywał się on w warunkach sprzyjających zawodnieniu instalacji. Jeżeli konieczne jest przedmuchanie instalacji powietrzem, to należy odłączyć od niej wszystkie przyrządy.

Dławienie wyrównywania ciśnień wywołane jest zmniejszeniem lub zupełnym zanikiem drożności przewodów. Przyczyną spadku drożności może być zarówno woda, jak i zanieczyszczenia stałe, częściej jednak przyczyny usterki należy szukać w zagnieceniach przewodów gumowych (rys. 4).

Dławienie przepływu można rozpoznać po widocznym opóźnieniu wskazań przyrządów i leniwym ruchu wskaźników. Przy całkowitym zagnieceniu przewodów przyrzą-

dy mogą nie dawać wskazań. W celu zapobieżenia zjawisku zagniatania przewodów należy stosować na przewody odpowiednio twarde przewody gumowe i przestrzegać, aby nie miały one nadmiernej długości. Po zabudowaniu tablicy przyrządów każdorazowo należy sprawdzić, czy przewody nie zostały zagniecione.



Rys. 4. Usterki gumowych przewodów instalacji
a — przewód zgłębiony,
b) — przewody nieszczelne

Nieszczelności (rys. 4b) powstają w wyniku starzenia się i pęknięcia gumowych przewodów rurkowych 1, niestarannego połączenia przewodu z końcówką przyrządu 2 lub zgoła odłączenia się rurki przewodu od końcówki przyrządu 3. Bardzo często źródłem nieszczelności jest nie dokręcony lub źle uszczelniony korek (nakrętka) odstoju wody (patrz rys. 3) albo też nieszczelny pierścień dociskający szybkę do korpusu przyrządu.

Wymiana uszczelki przy korku odstoju wody nie sprawia żadnych trudności. Natomiast jeśli chodzi o przyrząd pokładowy, to powinien on być wstrzymany w użytkowaniu do czasu usunięcia usterki przez upoważnionego mechanika (przy ustalaniu miejsca nieszczelnego można posługiwać się plasteliną, za pomocą której uszczelnia się wokół pierścieni, a gdy to nie odnosi skutku, to także inne miejsca, które mogą budzić zastrzeżenia).

Oblodzenie dajników. Zjawisko to można zaobserwować podczas wysokościowych lotów chmurowych; występuje ono stosunkowo rzadko, przy czym prawie wyłącznie podczas lotów na większych wysokościach. Prowadzi początkowo do zniekształcenia, a następnie zaniku wskazań lub unieruchomienia przyrządów przy pewnych wskazaniach.

Istnieje wprowadzić możliwość elektrycznego podgrzewania niektórych odmian rurek spiętrzeniowych, lecz wymaga to ciężkiej i nieco skomplikowanej instalacji, toteż w szybowcach seryjnych tego rodzaju rozwiązań nie spotyka się. Spośród stosowanych rurek spiętrzeniowych najbardziej odporna na oblodzenie okazała się rurka spiętrzeniowa pokazana na rysunku 2b, którą zabudowuje się do kołpaka w przodzie kadłuba.

Ponieważ oblodzenie dajników pozbawia załogę szybowca możliwości kontrolowania warunków lotu, praktykowane bywa odłączanie w tego rodzaju lotach wysokościomierza i jednego z wariometrów (tego o większym zakresie wskazań) od instalacji ciśnienia statycznego. Umożliwia to, wprowadzić w sposób nieco zniekształcony, kontrolowanie wysokości lotu.

Rozdział 2

EKSPLOATACJA PRZYRZĄDÓW POKŁADOWYCH SZYBOWCA

Wysokościomierz barometryczny

W celu zapewnienia prawidłowego wskazywania wysokości lotu wysokościomierz powinien być przyłączony do obwodu ciśnienia statycznego instalacji pomiarowej szybowca. W uzasadnionych przypadkach istnieje możliwość pobierania ciśnienia statycznego z obszaru kabiny, jak na przykład w locie wysokościowym, w którym występuje oblodzenie.

Wielkości tolerancji wskazań wysokościomierzy określone są w zależności od wysokości lotu. Dla małych wysokości zakres dopuszczalnych błędów wskazań jest odpowiednio zwięźzony w celu zwiększenia bezpieczeństwa lotu na tych wysokościach.

Wielkości tolerancji określone są w odpowiednich warunkach technicznych, które służą za podstawę do dopuszczania przyrządów do użytkowania i pozwalają na okresową kontrolę przyrządów podczas ich użytkowania. Tablica 1 określa wartości dopuszczalnych błędów dla powszechnie użytkowanego w naszym szybownictwie wy-

sokościomierza dwuwskazówkowego typu W 12 S o zakresie wskazań do 12 000 m.

W praktyce największy nacisk kładzie się na prawidłowość wskazań w zakresie od 0 do 1000 m i dla tego zakresu przeprowadza się też okresowe sprawdzanie pra-

Tablica 1

Dopuszczalne odchyłki wskazań wysokościomierza W 12 (temp. + 20° C)

Wysokość H w km	0,5	1	2	3÷4	5÷6	7÷8	9÷10	11÷12
Odchyłki wskazań w m	+30 -40	+30 -50	±50	±60	±90	±120	±150	±200

widłowości wskazań. Tego rodzaju czynności wykonywane są co 6 miesięcy. Odchyłki wskazań wysokościomierza podawane są w metryczce przyrządu dla każdego 100 m wysokości sprawdzanego zakresu, przy czym wartość błędu maleje ze spadkiem wysokości i dla poziomu zerowego nie przekracza zwykle wartości 10÷20 m.

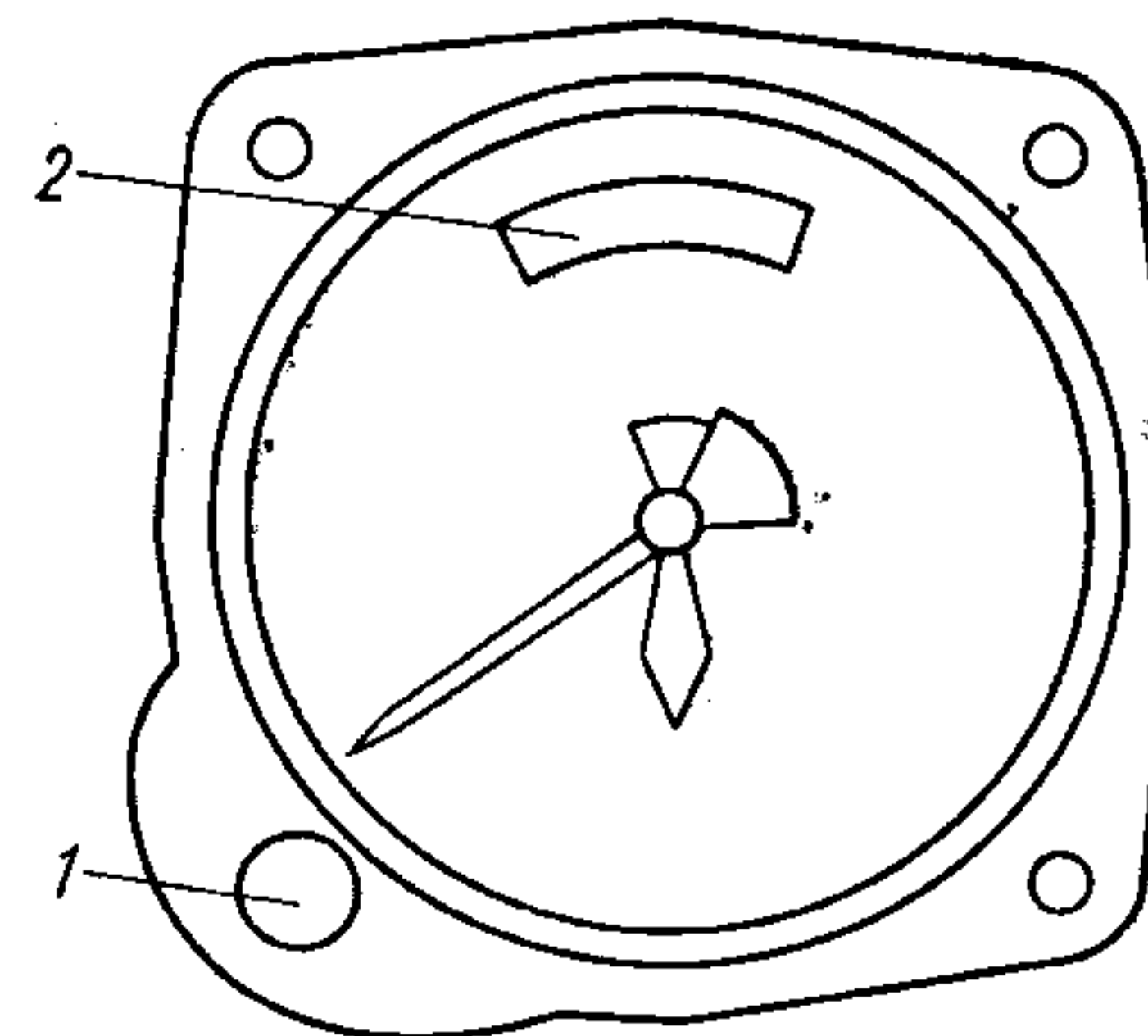
W celu zapewnienia prawidłowości wskazań, a tym samym i odczytów, podczas okresowych prób kontrolnych badany przyrząd powinien być poddawany drganiom, których amplituda powinna wynosić 0,3 mm, a częstotliwość 30 Hz.

Najpoważniejszą wadą, jaka ujawnia się podczas użytkowania wysokościomierza, jest błąd tarcia mechanizmów, dający pewne opóźnienie wskazań. Ponieważ opóźnienie to dla niektórych warunków lotu może być istotne, zalecane jest, w celu uzyskania dokładnych wskazań, opukiwanie przyrządu palcem w jego szybkę. Błędy wynikające z opóźnienia osiągają wartości do około 30 m.

Wszystkie inne niedokładności i usterki wymagają wybudowania przyrządu z szybowca i przekazania go do kontroli i naprawy warsztatowej. Ponieważ wysokościomierz szybowcowy działa na zasadzie barometrycznej, przed rozpoczęciem lotu konieczne jest często sprowadzenie jego wskazówki do położenia zerowego. Zjawisko samoczynnej zmiany położenia zerowego związane jest ze zmianami ciśnienia atmosferycznego na lotnisku lub też występuje ono wtedy, gdy lądowanie szybowca nastąpiło w terenie położonym na innej wysokości niż miejsce startu.

Sprowadzanie wskazówki przyrządu do położenia zerowego odbywa się za pomocą pokrętła umieszczonego w dolnej części przyrządu, co pokazane jest na rysunku 5 (1).

W przypadku gdy wysokościomierz wykorzystywany jest w lotach bez widzialności ziemi (z łącznością radio-



Rys. 5. Układ wysokościomierza typu W 12 S

1 — pokrętło, 2 — skala ciśnień

wą), konieczne jest odpowiednie ustawienie jego podziałki ze skalą ciśnień. Podziałka ta widoczna jest w okienku zaznaczonym na rysunku 5 (2). Zależnie od typu przyrządu podziałka wyskalowana może być w mb (milibarach) lub w mm Hg (milimetrach słupa rtęci). Przez lekkie wyciągnięcie pokrętła uzyskiwana jest możliwość obracania skali z podziałką i ustawiania jej na ciśnienie barometryczne podane dla miejsca, z którego odbywa się lot lub też miejsca, w którym ma nastąpić lądowanie. Należy pamiętać, że ciśnieniu 760 mm Hg odpowiada wartość 1013 mb i że zamiennik wynosi odpowiednio $\frac{4}{3}$ oraz $\frac{3}{4}$ (przykład: $760 \times \frac{4}{3} = 1013$ oraz $1013 \times \frac{3}{4} = 760$).

Jeżeli podczas wykonywania lotu ciśnienie barometryczne na powierzchni ziemi ulegnie zmianie, wartość aktualnego ciśnienia na powierzchni ziemi można podawać pilotowi drogą radiową, co pozwoli mu na dokonanie korekty i ustawienie skali ciśnień na aktualną wartość. W ten sposób można zapewnić bezpieczne schodzenie szybowca z wysokości bez widzialności ziemi.

Wariometr

W szybownictwie stosowane są prawie wyłącznie wariometry skrzydełkowe o zakresach wskazań ± 5 m/s i ± 30 m/s. Rzadziej spotyka się wariometry z zakresem



± 15 m/s. Są to przyrządy znane z czułości wskazań i dużej odporności na przeciążenia wywoływane gwałtownymi zmianami ciśnień (dużymi prędkościami pionowymi). Tak na przykład najszerszej stosowany wariometr typu WR 5 S, o zakresie wskazań 5 m/s, odporny jest na prędkości pionowe do ± 30 m/s, jakie napotkać można w chmurach burzowych lub w rotorach halniakowych.

W celu zapewnienia dokładności wskazań wariometry powinny być przyłączane do obwodu ciśnienia statycznego szybowca. Jeżeli są to wariometry z oddzielnym naczyniem wyrównawczym (termosem), to konieczne jest stosowanie termosów o odpowiedniej objętości, przy czym każdy z przyrządów musi być wyposażony w oddzielny termos. Najczęściej stosowane są termosy o objętości 425 cm³.

Na dokładność wskazań wariometru ma także wpływ długość przewodu łączącego termos z puszką przyrządu. Długość ta nie powinna być większa niż 0,5 m.

W szczególnych przypadkach, na przykład w czasie wykonywania lotów wysokościowych, podczas których możliwe jest oblodzenie szybowca, praktykowane jest odłączanie wariometru o większym zakresie wskazań od obwodu ciśnienia statycznego, co stanowi pewne zabezpieczenie w przypadku oblodzenia dajników ciśnienia statycznego. Wskazania odłączonego wariometru są wtedy nieco zniekształcone, co jednak zawsze jest bardziej korzystne niż zupełny brak informacji o locie szybowca. Przyrząd należy odłączać przed lotem, na ziemi, nie zominając o obowiązku zaślepienia zwolnionej końcówki przewodu obwodu ciśnienia statycznego.

Tolerancja wskazań wariometrów jest zmienna i rośnie wraz z zakresem wskazań przyrządów. W danym rodzaju przyrządu tolerancja wzrasta zawsze wraz ze wzrostem wskazań. Zależności te obrazuje tablica 2 stanowiąca porównanie dwóch typowych krajowych wariometrów szybowcowych.

Tablica 2

Porównanie dopuszczalnych odchyłek wskazań wariometrów

Typ wariometru	Zakres wskazań [m/s]	Dopuszczalne odchyłki wskazań $\pm$ m/s dla niżej podanych prędkości pionowych [m/s]			
		1 ÷ 3	3 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 30
WR 5 S	5	0,2	0,3	—	—
WR 30 S	30	0,5	0,5	0,6	1,0

Typową usterką eksploatacyjną wariometrów szybowcowych jest zmiana zerowego położenia wskazówki. Jeżeli, pomimo opukania przyrządu palcem, błąd ten nie ustępuje, to przyczyną jego pojawienia się jest zmiana własności sprężystych sprężyny włosowej służącej do utrzymywania wskazówki w położeniu zerowym. Nie jest to usterka poważna, niemniej wymaga usunięcia przez specjalistę osprzętowca.

Przyczyną oscylujących i błędnych wskazań może być odłączenie wariometru od obwodu ciśnienia statycznego. Występuje to szczególnie wyraźnie przy bardziej czułych przyrządach o zakresie do ± 5 m/s.

Błąd wskazań może być też spowodowany nieszczelnością przewodu łączącego przyrząd z naczyniem wyrównawczym lub nieszczelnością naczynia wyrównawczego. Także w przypadku zastosowania naczynia o nieodpowiedniej objętości wskazania przyrządu stają się błędne.

Trwałe uszkodzenie wariometru, zwłaszcza membranowego, może być spowodowane omyłkowym przyłączeniem go do instalacji ciśnienia całkowitego, pod wpływem którego elementy wariometru mogą ulec trwałym odkształceniom.

Przed lotem należy sprawdzić pobieżnie stan wariometru. Wskazówka przyrządu powinna znajdować się w położeniu zerowym, a ewentualne odchylenia od tego położenia nie mogą być większe od grubości wskazówki.

Jeżeli szybowiec stoi przed hangarem i oddziałują na niego podmuchy wiatru, to wskazówka wariometru będzie oscylowała wokół zerowego znacznika skali, a kontrola prawidłowości jej położenia „zerowego” możliwa będzie dopiero po zakryciu przy dajniku otworków ciśnienia statycznego. Zanik oscylowania wskazówki będzie świadczyć o połączeniu przyrządu z obwodem ciśnienia statycznego.

Prędkościomierz

Prędkościomierz jest przyrządem, którego wskazania zależą w sposób szczególny od stanu technicznego dajników i od ich usytuowania. Różnorodność spotykanych jeszcze obecnie przyrządów sprawia, że podczas zabudowy prędkościomierza do szybowca konieczne jest dokładne sprawdzenie rodzaju przyrządu i ustalenie rodzaju dajnika, jaki ma z tym przyrządem współpracować (dysza Venturi lub rurka spiętrzeniowa).

Prędkościomierze podciśnieniowe przystosowane są zawsze do dysz pomiarowych Venturi o współczynniku $K = -3,5$. Wielkość ta jest zwykle zaznaczana na tylnej ściance przyrządu obok końcówki obwodu podciśnienia. Zależnie od typu przyrządu końcówka ta może być umieszczona pośrodku tylnej ścianki lub przy jej krawędzi. W stosowanych coraz liczniej prędkościomierzach typu PR 150 S końcówka podciśnieniowa umieszczona jest w górnej części puszk przyrządu i oznaczona literą C.

Na jakość wskazań przyrządu ma wpływ stan dajnika, a więc jego deformacje, nieszczelności czy zanieczyszczenia. Dajnik powinien być ustawiony na kadłubie w sposób ustalony przez wytwórcę szybowca, do czego służy zwykle charakterystyczny dla danego typu szybowca uchwyt mocujący. Charakterystyczne przypadki niewłaściwego ustawienia dajników pokazano na rysunku 2.

Wszystkie typy prędkościomierzy pracujących na zasadzie rurki spiętrzeniowej mogą być łączone z dowolnym rodzajem rurki spiętrzeniowej przyjętym dla danego typu szybowca. Przy prędkościomierzach krajowych końcówki obwodu ciśnienia całkowitego oznaczone są literą C, natomiast końcówki obwodu ciśnienia statycznego — literą S.

Stosowane obecnie rurki spiętrzeniowe różnią się pomiędzy sobą wrażliwością na częściowo boczny opływ strug, jaki ma miejsce np. podczas wykonywania ślizgu czy korkociągu, a także wrażliwością na oblodzenie czy zawodnienie. Najbardziej praktyczna okazała się puszka spiętrzeniowa zabudowywana wprost do kołpaka w przodzie kadłuba. W porównaniu z innymi odznacza się ona względnie dużym błędem położenia, ale jest odporna na oblodzenie, zalewanie wodą i uszkodzenia mechaniczne. Te właściwości zadecydowały o jej rozpowszechnieniu.

Wskazania prędkościomierzy są obarczone błędem wynikającym z ich pracy w różnych warunkach. Dopuszczalne maksymalne błędy (odchyłki) prędkościomierzy są zwykle zawarte w warunkach technicznych przyrządu, dostarczanych przez producenta. W tabelicy 3 pokazano przykładowo dopuszczalne odchyłki wskazań podstawowych typów prędkościomierzy szybowcowych w temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$.

Typowe błędy wskazań prędkościomierzy zabudowanych do szybowców pochodzą od złego stanu technicznego dajników, od ich nieodpowiedniego ustawienia na ka-

dłubie szybowca lub też spowodowane są nieszczelnościami instalacji, odstożników wody czy samej puszk przyrządu. Poważne błędy wskazań występują w przypadku przyłączania przyrządów do nieodpowiednich dajników ciśnień.

Tablica 3

Porównanie dopuszczalnych odchyłek wskazań prędkościomierzy szybowcowych (w temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$)

Typ przyrządu	Zasada pracy	Zakres wskazań [km/h]	Zakresy prędkości, dla których obowiązują niżej podane dopuszczalne odchyłki wskazań [km/h]	
			± 3 km/h	± 5 km/h
PR 150 S	podciśnieniowy	$30 \div 150$	$30 \div 120$	$120 \div 150$
PR 250 S	rurka spiętrzeniowa	$20 \div 250$	$20 \div 150$	$150 \div 250$
PR 400 S	rurka spiętrzeniowa	$60 \div 400$	± 4 km/h	± 6 km/h
			$60 \div 200$	$250 \div 400$

Prędkościomierz jest przyrządem sygnalizującym w najbardziej dostrzegalny sposób obecność wody w instalacji czy też dławienie ciśnienia. Przejawia się to poprzez zatrzymywanie się wskazówki przyrządu lub uderzająco powolną zmianę wskazań przy zmianach prędkości lotu, a także przy zmianach ciśnienia wywoływanych na ziemi podczas sprawdzania przyrządu i instalacji przed lotem.

Przed rozpoczęciem lotu konieczne jest pobieżne sprawdzenie stanu instalacji i prędkościomierza. Polega ono na oględzinach stanu dajników ciśnień i oględzinach przedniej ścianki przyrządu. Wskazówka przyrządu powinna spoczywać w położeniu wyjściowym, szybka przyrządu nie może mieć pęknięć ani śladów osiadania pary wodnej na jej wewnętrznej stronie. Przez ściśnięcie przewodu ciśnienia całkowitego przy prędkościomierzach spiętrzeniowych lub ściśnięcie przewodu ciśnienia statycznego przy przyrządach podciśnieniowych można spowodować na ziemi nieznaczne wychylenie wskazówki przyrządu. Świadczy ono o tym, że przyrząd jest podłączony do instalacji w sposób prawidłowy. Z chwilą zwolnienia ucisku wska-

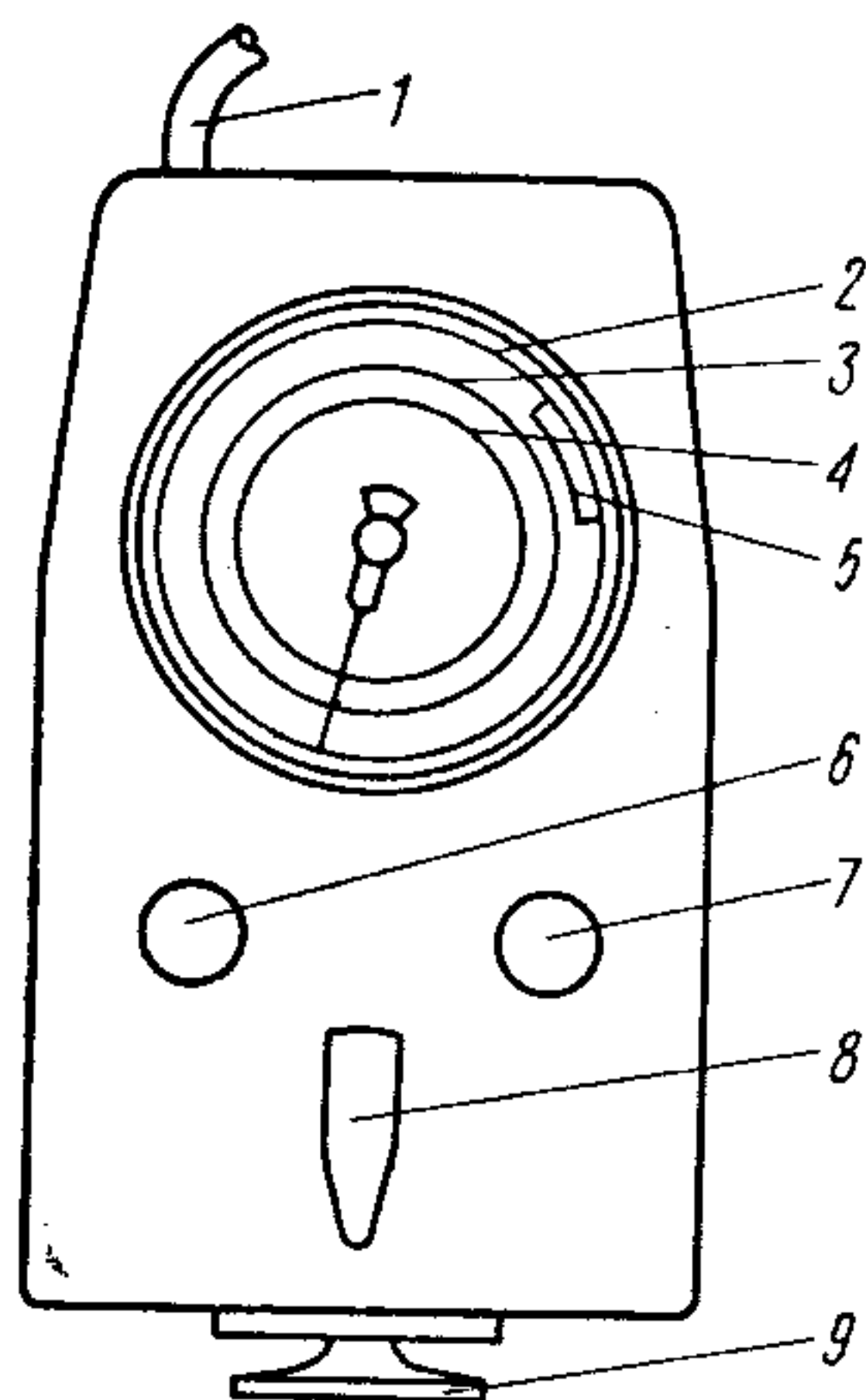
zówka powinna płynnym ruchem powrócić do położenia wyjściowego.

W celu sprawdzenia szczelności instalacji należy za-gnieciony przewód przytrzymywać przez kilkanaście se-kund. Przy szczelnej instalacji położenie wskazówki po-zostanie przez czas próby niezmiennie.

Przyrząd kontrolny WSW

Do doraźnego polowego sprawdzania wskazań ciśnienio-wych przyrządów pokładowych oraz do sprawdzania szczelności ich instalacji przeznaczone jest przenośne urzą-dzenie, znane pod określeniem WSW (W — wysokość, S — szybkość, W — wariometr).

Urządzenie to składa się z uniwersalnego przyrządu kontrolnego wyposażonego w skalę do sprawdzania wska-zań wysokościomierza, prędkościomierza oraz wariome-tru, pompy służącej do wytwarzania podciśnienia, zbior-niczka podciśnieniowego, zaworu rozdzielczego oraz dła-wic wzrostu podciśnienia i spadku podciśnienia. Ogólny wygląd urządzenia WSW pokazany jest na rysunku 6.



Rys. 6. Aparat kontrolny WSW

1 — przewód giętki, 2 — skala wysokości, 3 i 4 — skale prędkości, 5 — baza kontroli wariometru, 6 i 7 — dławice, 8 — zawór rozdzielczy, 9 — pompa

Dodatkowe wyposażenie WSW stanowi szereg uchwytów, trójkątów oraz zawór pomiarów.

Za pomocą WSW przyrządy mogą być sprawdzane w stanie zabudowanym do szybowca, w czym bierze

udział pokładowa instalacja przyrządów i specjalny za-wór pomiarów, lub przyrządy w stanie wybudowanym. Pierwszy ze sposobów pozwalający na jednoczesne spraw-dzenie szczelności i prawidłowości instalacji, jest jednak bardziej skomplikowany i wymaga doświadczenia, toteż wykonywany jest wyłącznie przez przeszkolonych mecha-ników osprzętu. Drugi sposób dotyczy indywidualnego sprawdzania poszczególnych przyrządów i pozwala począt-kującym na zapoznanie się z działaniem i obsługą urzą-dzenia WSW.

W celu sprawdzenia wskazań wysokościomierza przy-łącza się przewód gumowy WSW do końcówki badanego przyrządu. Wskazówka wysokościomierza powinna być przed rozpoczęciem próby sprowadzona do położenia ze-rowego. Próbę można wykonywać zarówno przy wzro-ście podciśnienia, co odpowiada wzrostowi wysokości lo-tu, jak też przy spadku podciśnienia, co odpowiada zmniejszaniu wysokości lotu. W celu uzyskania dokładnych od-czytów, przy każdym odczycie konieczne jest opukanie palcem szybki przyrządu wzorcowego WSW, jak i przy-rządu badanego.

Próbie rozpoczyna się od wytworzenia za pomocą pomp-ki podciśnienia wewnątrz zbiorniczka WSW. Następnie, za pomocą dławicy wzrostu podciśnienia przekazuje się podciśnienie do wnętrza badanego przyrządu, który w związku z tym zaczyna wskazywać przyrost wysokości. Zakres podziałki WSW umożliwia sprawdzenie wskazań do wysokości 900 m z odstopniowaniem co 100 m. Przy każdej działce stumetrowej przez zamknięcie dławicy za-trzymuje się kolejno wskazówkę wysokościomierza i po opukaniu przyrządów i ewentualnym skorygowaniu wska-zówki WSW (ustawieniu dokładnie na kresce działki) od-czytuje się wskazania badanego przyrządu. W ten sposób otrzymuje się różnicę między wskazaniami WSW i ba-danego przyrządu.

Po osiągnięciu wskazań wysokości 900 m można przy-rząd WSW przełączyć na spadek podciśnienia i ponownie poddać sprawdzaniu wskazań odpowiadających schodze-niu z wysokości. Obliczanie wartości odchyłek badane-go przyrządu jest o tyle skomplikowane, że wymaga uwzględnienia odchyłek samego przyrządu wzorcowego, które podawane są w metryczce WSW.

Jako ogólną zasadę przyjmuje się, że wartość ustalo-nej odchyłki przyrządu badanego dodana algebraicznie do wartości wskazywanej przez ten przyrząd daje war-tość rzeczywistą.

W podobny sposób sprawdza się prędkościomierze. W przypadku prędkościomierza podciśnieniowego przewód od WSW przyłączany jest do końcówki podciśnieniowej badanego przyrządu. Jeżeli natomiast poddawany jest sprawdzeniu prędkościomierz przystosowany do rurki spiętrzeniowej, to konieczne jest przyłączenie przewodu WSW do końcówki obwodu ciśnienia statycznego badanego przyrządu. Podyktowane jest to tym, że przyrząd WSW nie wytwarza nadciśnienia, lecz jedynie podciśnienie, a więc zamiast oddziaływania zwiększonym ciśnieniem na wnętrze puszki membranowej badanego przyrządu oddziałuje się podciśnieniem na zewnętrzną powierzchnię puszki membranowej, co prowadzi do rozprężania się puszki. Do sprawdzania prędkościomierzy spiętrzeniowych przeznaczona jest w przyrządzie WSW oddzielna podziałka.

Podobnie jak w omawianym poprzednio przypadku wysokościomierza, tak i w przypadku prędkościomierzy sprawdzania wskazań dokonywać można zarówno przy wskazaniach odpowiadających wzrostowi, jak i spadkowi prędkości lotu.

Nieco odmienne jest sprawdzanie wskazań wariometru. Polega ono na uzyskaniu w urządzeniu WSW spadku ciśnienia odpowiadającego wysokości około 800 m. Badany wariometr przyłączany jest do WSW końcówką obwodu ciśnienia statycznego.

Do pomiaru wskazań wariometru wykorzystywana jest zaznaczona czerwoną farbą część podziałki wysokości, co uwidocznione jest na rysunku 6 (5). Sprawdzenie wskazań polega na zmierzeniu za pomocą sekundomierza czasu przejścia wskazówki WSW przez graniczne działki bazy pomiarowej przy utrzymywaniu wskazań badanego przyrządu przy wartości 5 m/s. Jeżeli czas pomiaru zamyka się w granicach od 18,2 do 21,8 sekundy, to przyjmuje się wskazania badanego przyrządu za poprawne. Odpowiednie wskazania prędkości pionowej (opadanie) uzyskuje się przez umiejętne operowanie dławicą spadku podciśnienia, co wymaga znacznej wprawy w obsługiwaniu WSW.

Szczegółowe czynności związane z posługiwaniem się urządzeniem WSW omówione są dokładnie w instrukcji użytkownika załączonej do każdego urządzenia tego typu.

Urządzenie WSW wykazuje wiele wad analogicznych do wad badanych nim przyrządów pokładowych. Z tej racji urządzenie to musi być poddawane częstym próbom

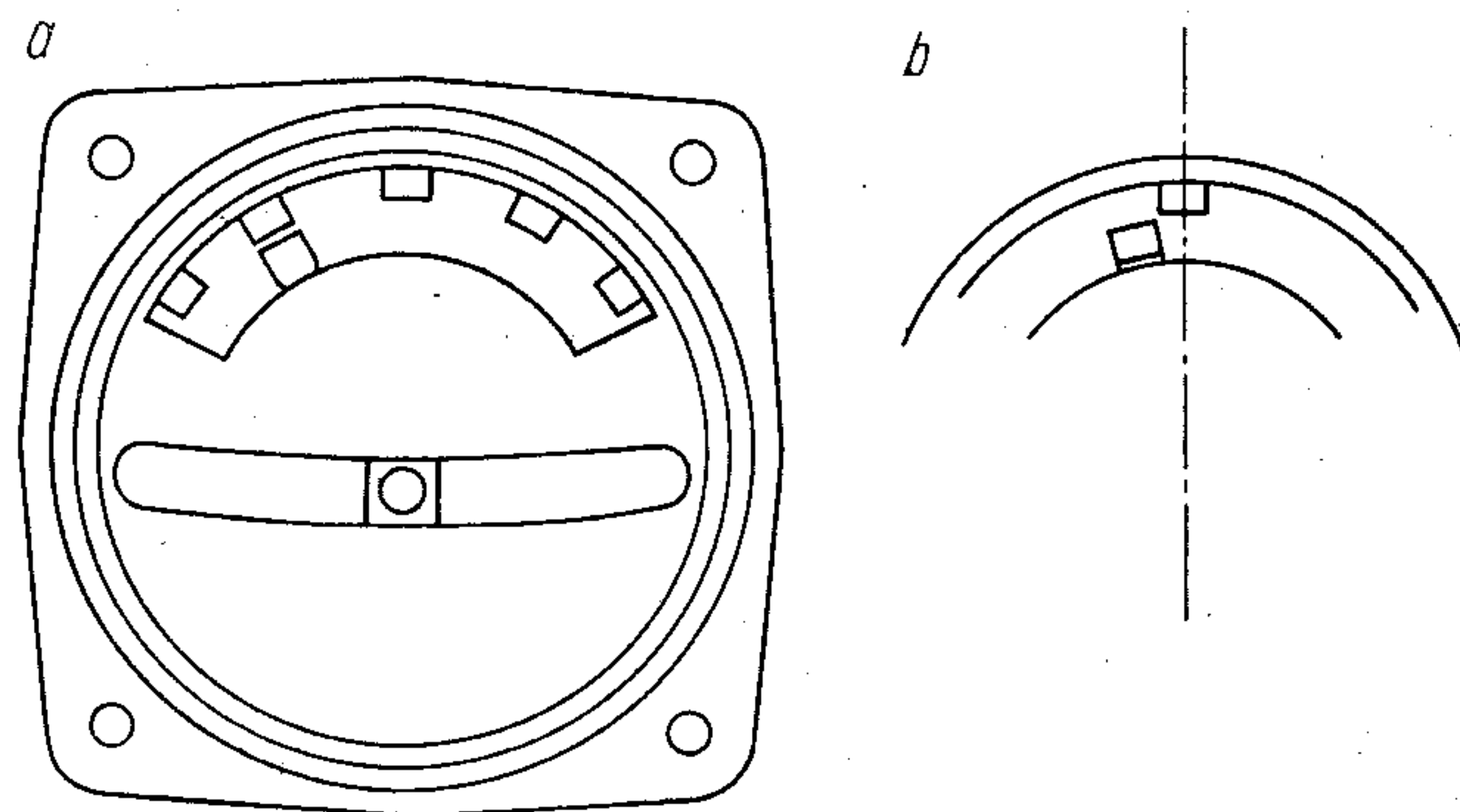
kontrolnym w warunkach laboratoryjnych i przy użyciu bardziej doskonałych aparatów kontrolnych.

Małe wymiary i nieznaczny ciężar WSW, a więc łatwość przenoszenia go i nieskomplikowana obsługa, czynią z tego urządzenia pożyteczny podręczny przyrząd kontrolny, spełniający z powodzeniem swoją rolę w warunkach eksploatacyjnych sprzętu szybowcowego.

Zakrętomierz elektryczny

Zakrętomierze szybowcowe są z reguły napędzane prądem stałym pobieranym z płaskiej baterijki kieszonkowej o napięciu 4 V. Wprawdzie wskazania tego przyrządu traktowane są w praktyce jako wskazania jakościowe (tzn. zakręt w lewo, zakręt w prawo), to jednak poddawane są one fabrycznej regulacji, pozwalającej na dokonywanie odczytów o charakterze ilościowym. Ilościowy charakter wskazań zakrętomierza polega na wskazywaniu prędkości kątowej zakrętu w stopniach na sekundę.

W użytkowanym powszechnie w kraju zakrętomierzu szybowcowym EZS-1, którego tarcza przedstawiona jest na rysunku 7, rozmieszczone są na tarczy stałe znacz-



Rys. 7. Zakrętomierz elektryczny EZS-1
a — zakręt 10°, b — zakręt 4°

ki w miejscach, w których wychylenie wskaźnika zakrętu odpowiada prędkościom kątowym 0°/s, 10°/s oraz 24°/s. W sytuacji pokazanej na rysunku 7a wychylenie wskaźnika odpowiada prędkości kątowej 10°/s. Na rysunku 7b przedstawiono natomiast położenie wskaźnika przy prędkości kątowej 4°/s (wskaźnik i znacznik ustawione są względem siebie stycznie).

Wielkość wychyleń wskaźnika zależy nie tylko od prędkości katowej zakrętu szybowca, ale także od położenia osi pionowej przyrządu. Wiadomo bowiem, że wraz z pogłębianiem zakrętu obrót przyrządu względem jego własnej osi pionowej maleje, co może prowadzić do stopniowego zmniejszania wskazań przyrządu (zależy to od konstrukcji układu dźwigniowego).

Dopuszczalne błędy wskazań zakrętomierza określone są w odpowiednich warunkach technicznych (tabl. 4).

Tablica 4

Dopuszczalne błędy wskazań zakrętomierza EZ

Prędkość katowa [°/s]	4	10	24
Dopuszczalna odchyłka wskazań w mm	±0,5	±1,0	±1,0

Do charakterystycznych usterek eksploatacyjnych zakrętomierzy, szybowcowych zalicza się odwrotne wskazania przyrządu i niestaranny montaż.

Odwrotne wskazania przyrządu spowodowane są odwrotnym przyłączeniem baterijki do instalacji przyrządu w związku z czym wirnik zakrętomierza obraca się w odwrotnym kierunku.

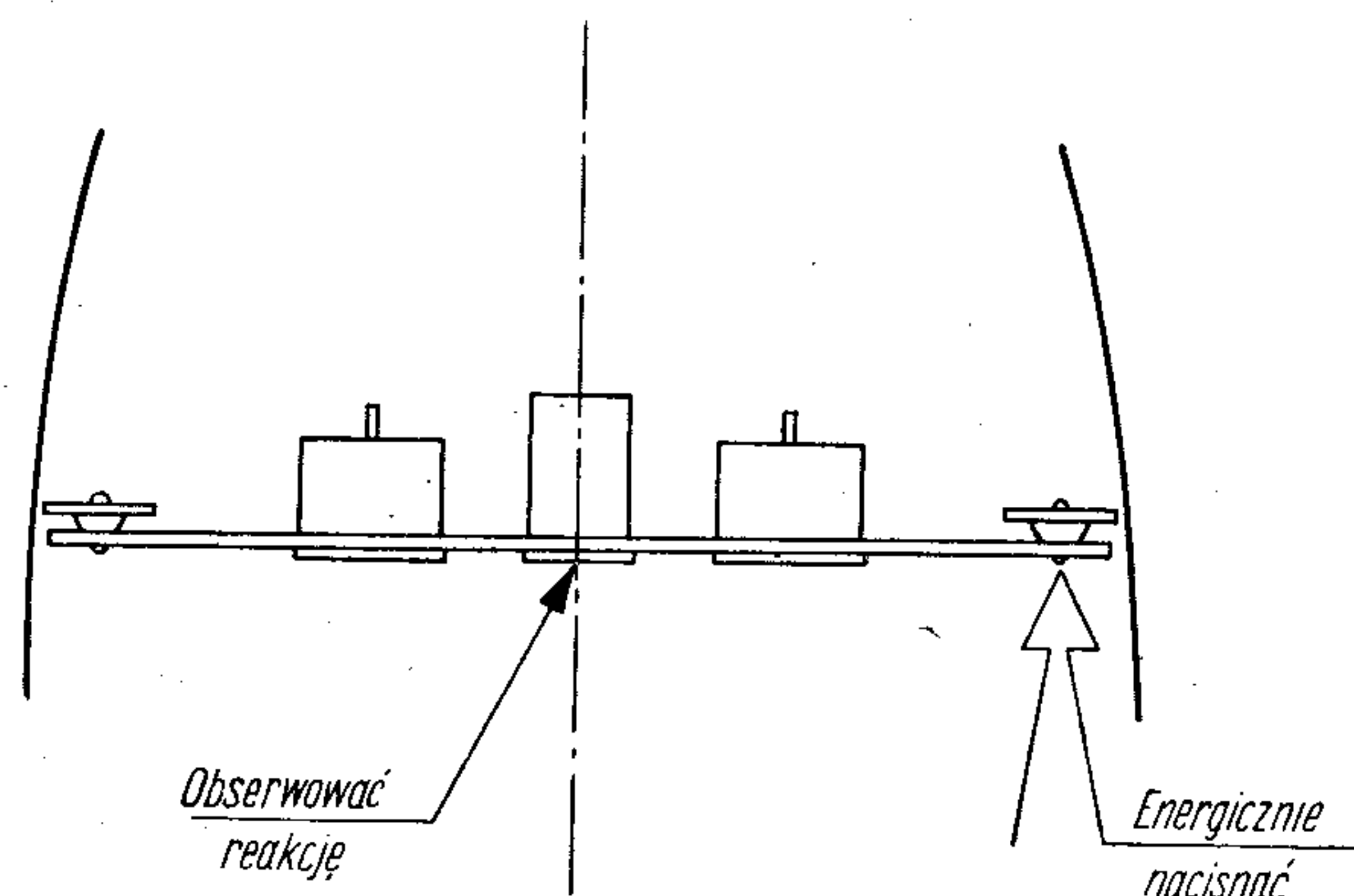
W celu niedopuszczenia do tego rodzaju przypadków należy do zabudowy baterijek należy stosować specjalne oprawia do wystąpienia tego zjawiska celowe jest izolowanie baterijek wyposażone w układ styków wykluczający możliwość powstania pomyłki i pozwalający tylko na jednoznaczne zabudowanie baterii. Niezależnie od tego zalecane jest aby końcówki przewodów przyrządu znakowane były znakami „+” (plus) i „-” (minus) lub odpowiednio korycny. Ilorem czerwonym (+) i zielonym (-).

W celu sprawdzenia prawidłowości wskazań zakrętomierza należy uruchomić przyrząd (czas rozruchu nie trwa dłużej niż 90 sekund), a następnie wywrzeć energiczny nacisk po jednej stronie tablicy przyrządów. Pod wpływem tego nacisku tablica ugnie się nieco na amortyzatorach zawieszenia, a wskaźnik zakrętomierza wychyli się w odpowiednią stronę, co pozwoli na sprawdzenie prawidłowości kierunku reakcji przyrządu. Sposób wykonania tej prostej próby przedlotowej przedstawiono na rysunku 8.

Spadek wydajności baterijki zasilającej może być wywołany:

wyczerpaniem baterijki (rozładowaniem),
wpływem niskiej temperatury otoczenia.

Pierwszy przypadek wymaga sprawdzenia pracy przyrządu po zastosowaniu drugiej baterijki. W niektórych typach szybowców wymaga to przełączenia zasilania na drugą baterijkę, w innych konieczna jest wymiana baterijki, co jest podczas lotu dość kłopotliwe. W drugim



rys. 8. Doraźne sprawdzanie prawidłowości wskazań zakrętomierza

w przypadku obserwowany spadek napięcia jest przejściowy, a wywołuje go wpływ niskiej temperatury na prze-

bieganie chemiczne wewnątrz ogniwa. W celu niedopuszczenia do wystąpienia tego zjawiska celowe jest izolowanie baterijki od wpływu temperatur zewnętrznych, a nawet ogrzewanie jej przez schowanie oprawki z baterijką pod białym ochronnym pilota. Wymaga to oczywiście wyposażenia zakrętomierza w odpowiednio długi przewód elek-

Zakrętomierz szybowcowy EZS-1 pracuje prawidłowo przy napięciu od 3,8 do 4,5 V.

Niestaranny montaż przyrządu polega na tym, że przy ustawianiu w linii lotu szybowcu (skrzydła w poziomie) kulka chyłomierza poprzecznego, zwanego także wskaźnikiem ślizgu, nie przyjmuje położenia środkowego. W wątpliwych przypadkach, przy ustawianiu szybowca skrzydłami do poziomu posłużyć się można odpowiednim wysunięciem stabilizacyjnym, jaki podawany jest zawsze w instrukcji użytkowania w locie lub obsługi technicznej szybowca.

Bezpośrednio przed lotem należy zawsze sprawdzać: czy w oprawce znajduje się sprawna baterijka (baterijki),

- 2) jeżeli przyrząd wyposażony jest w jedną baterijkę, to czy w dostępnym dla pilota miejscu znajduje się baterijka zapasowa,
- 3) czy włącznik przyrządu i przełącznik na poszczególne baterijki działa prawidłowo,
- 4) czy rozruch przyrządu przebiega prawidłowo,
- 5) czy kierunki wskazań przyrządu są prawidłowe,
- 6) czy wskaźnik przyjmuje właściwe położenie środkowe (to samo dotyczy kulki wskaźnika ślizgu).

Busola pilota

Przed wbudowaniem busoli do szybowca należy przekonać się, czy nie wykazuje ona usterek w postaci ubytków cieczy tłumiącej (ligroiny) i czy róża wiatrów nie jest zablokowana. Stosowane obecnie busole szybowcowe typu BS-1 umożliwiają swobodę ruchu róży wiatrów przy przechylaniu korpusu przyrządu o kąt 22° od pionu.

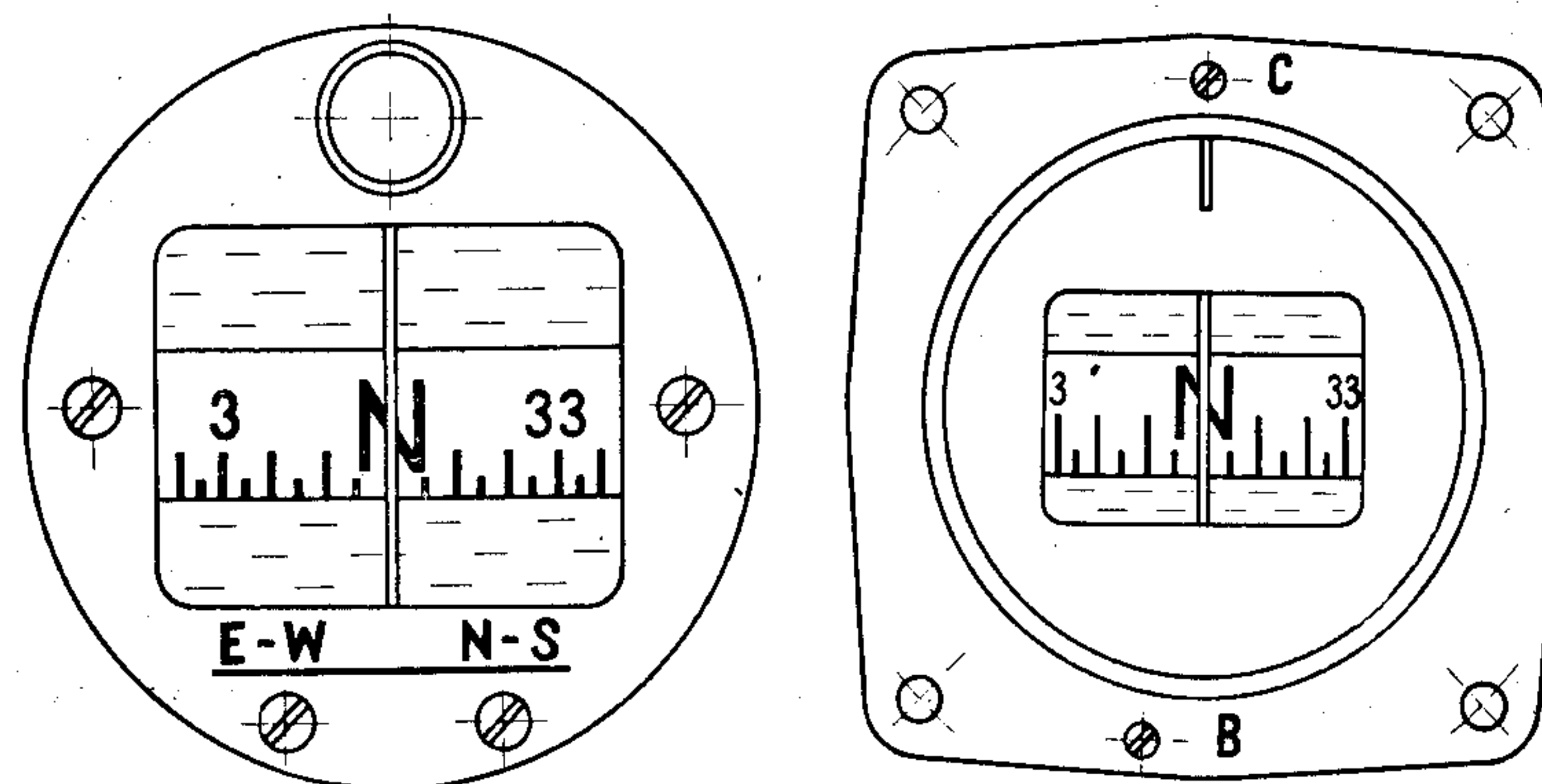
Po zdjęciu pierścienia kursowego, który umocowany jest na sprężynie zatrzaskowej, należy sprawdzić skuteczność kompensatorów magnetycznych B oraz C obracając je od położenia zerowego do krańcowego. Maksymalny wpływ kompensatorów magnetycznych na różę wiatrów wynosi na kursach NESW od 15° do 50° . Podczas zabudowy busoli należy zwracać uwagę na dokładność jej ustawienia zważając, aby oś podłużna przyrządu była równoległa do osi podłużnej szybowca. Zaleca się umocowywać busolę za pomocą śrub duralowych.

Następną czynnością jest kompensacja busoli, czyli usuwanie wpływu dewiacji. Dewiacja róży wiatrów busoli szybowcowej wywoływana jest wpływem pól magnetycznych wytwarzanych przez stalowe części szybowca, takie jak pedały, sterownica, rama osłony kabiny, butle tlenowe, a nawet części mechanizmów niektórych przyrządów (np. zakrętomierz, sztuczny horyzont). Do usuwania wpływów dewiacji służą dwa kompensatory oznaczone odpowiednio literami B i C, pokazane na rysunku 9. W busoli typu BS-1 dostęp do śrub poruszających kompensatory możliwy jest po zdjęciu pierścienia kursowego.

Kompensację wykonuje się przy neutralnym ustawieniu sterownic i przy zamkniętej osłonie kabiny (jeśli wykonana jest z części stalowych).

Do przeprowadzenia czynności kompensacyjnych wybiera się miejsce oddalone o około 100 m od zabudowań i zgrupowań metali żelaznych. Za pomocą kompasu mar-

szowego (z przeziernikiem) wytyczone zostają w terenie cztery podstawowe kierunki, a mianowicie północ N, wschód E, południe S oraz zachód W, a następnie cztery kierunki pośrednie, to znaczy północny wschód NE, południowy wschód SE, południowy zachód SW oraz północny zachód NW. Osoby przebywające w pobliżu kompasu nie powinny posiadać przy sobie przedmiotów wy-



Rys. 9. Położenie kompensatorów dewiacji w busolach

konanych z metali żelaznych (np. pęk kluczy). Kierunki wytycza się przez wbijanie w ziemię prostych tyczek. W celu uzyskania większej dokładności kompensacji tyczki należy wbijać możliwie jak najdalej od miejsca ustawienia kompasu.

Szybowiec powinien być ustawiony w ten sposób, aby miejsce, w którym znajduje się busola pilota, pokrywało się z miejscem, w którym podczas wytyczania kierunków znajdował się kompas z przeziernikiem. Czynności kompensacyjne rozpoczyna się od usuwania dewiacji. Najkorzystniej jest posługiwać się przy tym śrubokrętem aluminiowym lub mosiężnym, gdyż stalowe powodują wytrącanie róży wiatrów z ustalonych kursów. Pierwsza czynność to ustawienie szybowca osią podłużną dokładnie na kursie północnym N wskazywanym przez wetknięcie w ziemię tyczki. Ewentualną dewiację należy usunąć całkowicie przez przekręcanie śruby oznaczonej literą C, tak aby busola wskazywała kurs N.

Po obróceniu szybowca na kierunek magnetyczny 090° (czyli wschód E) ponownie należy skompensować dewiację tak, aby busola pilota wskazywała dokładnie kierunek 090° . W tym celu należy posłużyć się śrubą oznaczoną literą B.

Na pozostałych dwóch kierunkach magnetycznych, to znaczy na kursie 180° oraz na kursie 270° stwierdzoną dewiację kompensuje się jedynie do połowy jej wartości. Służy do tego celu na kursie 180° śrubka C, zaś na kursie 270° śrubka B. W ten sposób czynności związane z kompensacją zostają zakończone, a pozostaje jeszcze sporządzenie wykresu lub tablicy dewiacji.

Wymaga to kolejnego ustawiania szybowca na kursach magnetycznych, wskazywanych przez tyczki oraz odnotowywania występującej na każdym kursie dewiacji. Obracanie szybowca rozpoczyna się ponownie od kierunku północnego w prawo, a wartości dewiacji odczytuje się co 45°, a więc i dla kierunków pośrednich. Pozwala to na sporządzenie tabelki lub wykresu dewiacji, których przykłady przedstawione są w tablicy 5 i na rysunku 10.

Tablica 5

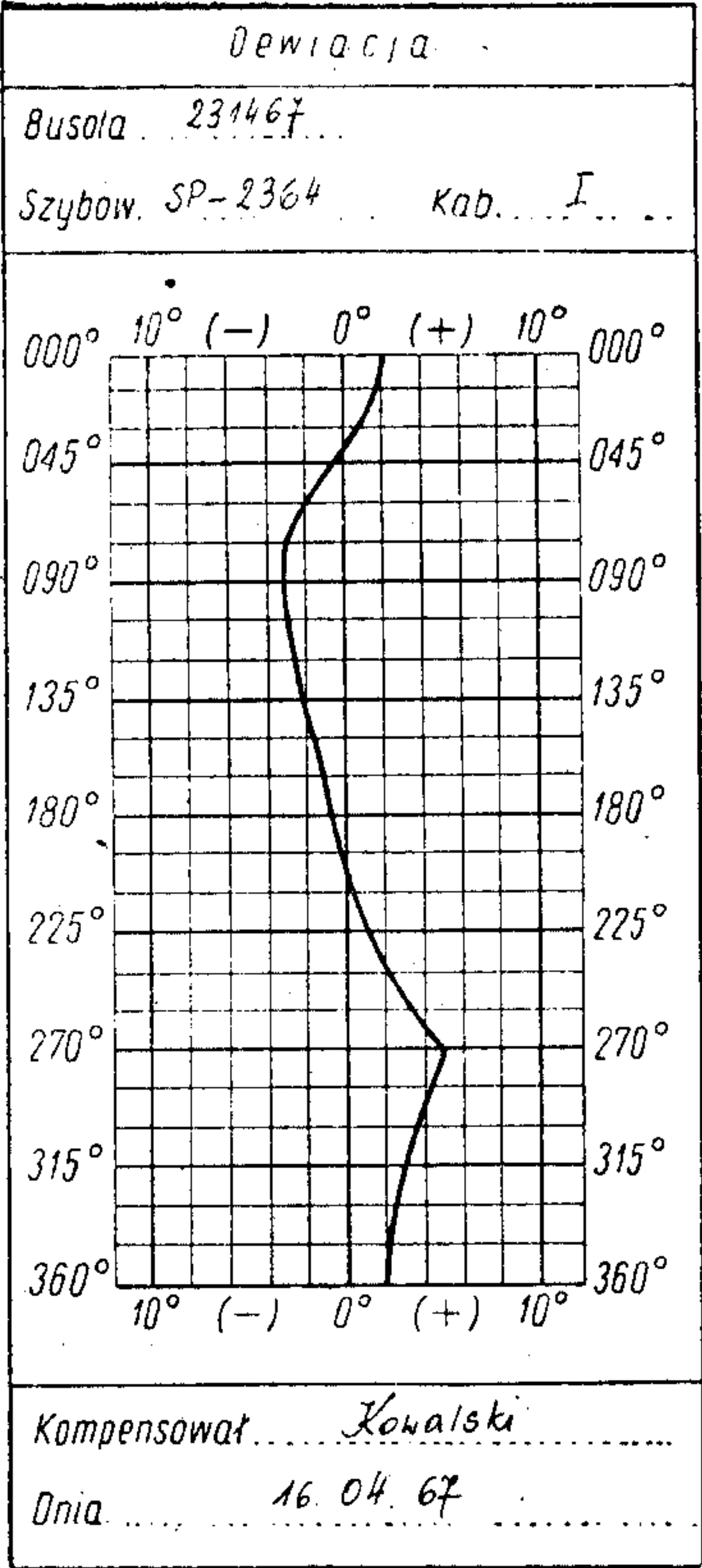
Tablica odchyłek dewiacyjnych busoli (do wykresu na rysunku 10)

Kurs magnetyczny K_m	Kurs busoli K_b	Odchyłka dewiacyjna Δb
000°	001°	-1°
045°	045°	0°
090°	089°	+1°
135°	133°	+2°
180°	177°	+3°
225°	222°	+3°
270°	268°	+2°
315°	315°	0°
360°	001°	-1°

Odchyłki sporządzone w sposób wyżej opisany stanowią dewiację ostateczną, która nie podlega dalszej kompensacji. Odchyłki oblicza się według wzoru:

$$\Delta b = K_m - K_b$$

Określenia przyjęte w tablicy i na wykresie powinny być zrozumiałe dla pilota. Na przykład, gdy szybowiec ma lecieć kursem magnetycznym 225°, to jak wynika z tablicy, pilot powinien utrzymywać kurs 222° (czyli pilot musi odjąć poprawkę 3°). W celu uniknięcia niejasności korzystne jest sporządzenie następującego zestawienia:

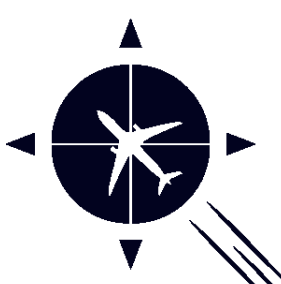


Rys. 10. Wykres dewiacji busoli

zamiast K_m	000°	030°	060°	090°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
sterować K_b	001°	030°	060°	089°	118°	148°	177°	207°	237°	268°	278°	330°

Kompensację busoli wykonuje się okresowo co 6 miesięcy, po wbudowaniu busoli do szybowca, po zmianie wyposażenia, w skład którego wchodzi metale żelazne, oraz po lotach w chmurach burzowych z wyładowaniami elektrycznymi. Zawsze przed rozpoczęciem lotu należy sprawdzić:

- 1) czy szkło busoli nie jest pęknięte, czy ciecz nie jest zmętniała, czy nie ma śladów przeciekania cieczy,
- 2) czy róża wiatrów reaguje na zbliżanie przedmiotów stalowych i czy wahnięcia jej po oddaleniu tych przedmiotów są tłumione,



- 3) czy w kabinie znajduje się aktualny wykres lub tablica dewiacji,
- 4) czy pierścień kursowy pozwala się dowolnie ustawić.

Sztuczny horyzont

Sztuczny horyzont jest przyrządem znajdującym zastosowanie w lotach bez widzialności ziemi. Jest to przyrząd szczególnie skomplikowany, wymagający dużej dokładności wykonania i indywidualnej regulacji, a co za tym idzie, starannej i umiejętnej obsługi.

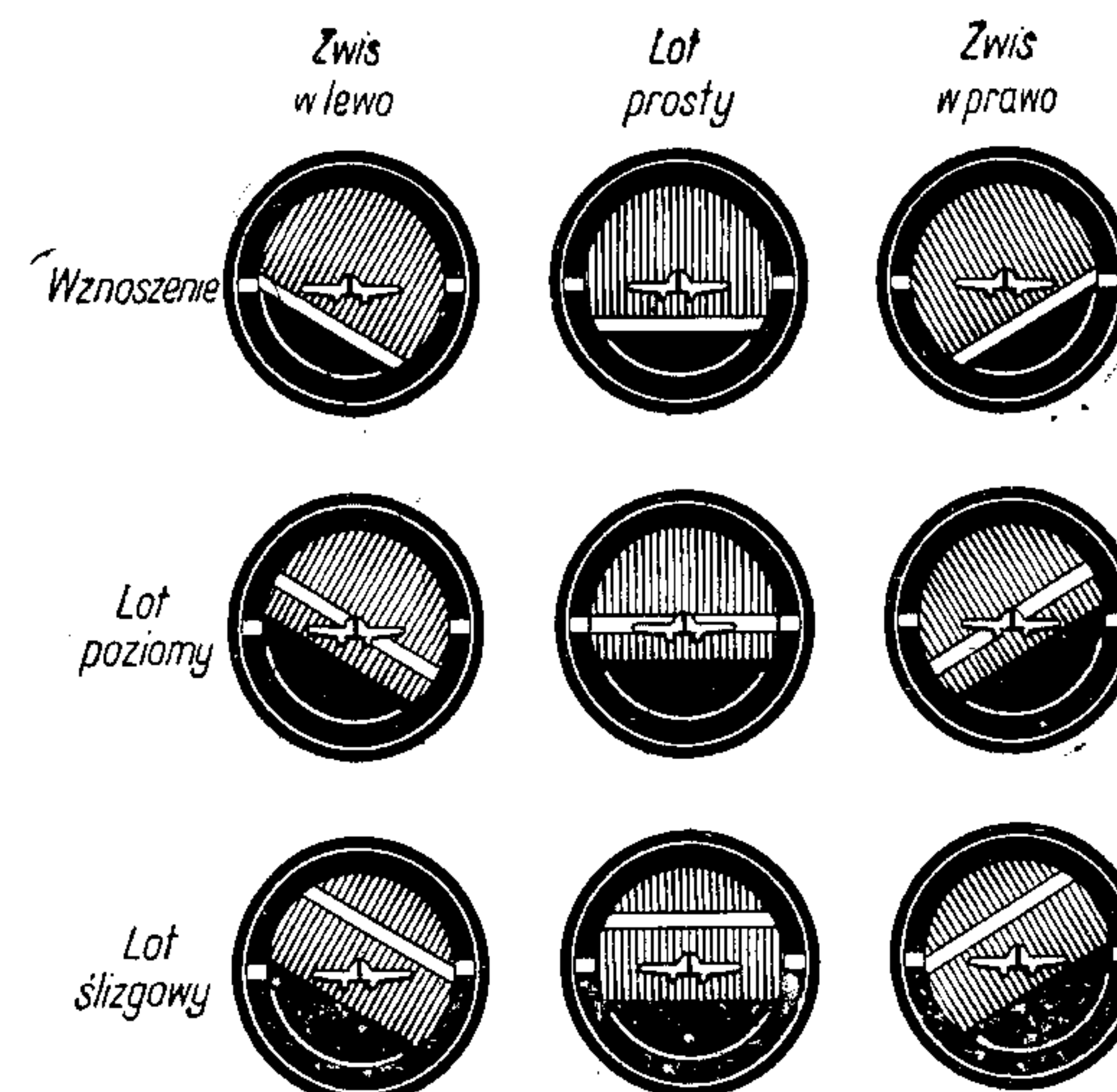
Sztuczny horyzont jest zaliczany do przyrządów dających wskazania jakościowe. Za pomocą tego przyrządu można określić położenie szybowca względem linii horyzontu, a więc takie stany lotu, jak lot ślizgowy, nurkowy, wznoszący oraz przechylenie na lewe czy prawe skrzydło. Ponieważ wskazania sztucznego horyzontu w przypadku zwisu na skrzydło (przechylenia) i zakrętu są jednakowe, konieczne jest uzupełnienie jego wskazań zaokrętami.

Wygląd tarczy sztucznego horyzontu przedstawiono na rysunku 11. Charakterystyczne dla tego przyrządu są dwa elementy wskaźnikowe, a mianowicie linia horyzontu i sylwetka szybowca. Do pilotowania szybowca według sztucznego horyzontu wykorzystywany jest ruch względny między linią horyzontu i sylwetką szybowca. Pilot szybowca obserwuje zachowanie się sylwetki względem linii horyzontu i za pomocą wychyleń sterów jak gdyby „pilotuje” tę sylwetkę utrzymując ją w odpowiednim położeniu względem linii horyzontu. Położenie sylwetki szybowca względem linii horyzontu odpowiada położeniu szybowca względem horyzontu rzeczywistego.

Stosowane są dwa sposoby konstruowania sztucznych horyzontów. W jednym z nich linia horyzontu umocowana jest nieruchomo w położeniu poziomym, a ruchy wykonywane są przez sylwetkę szybowca, w drugim — przy nieruchomej sylwetce szybowca — przemieszcza się linia horyzontu.

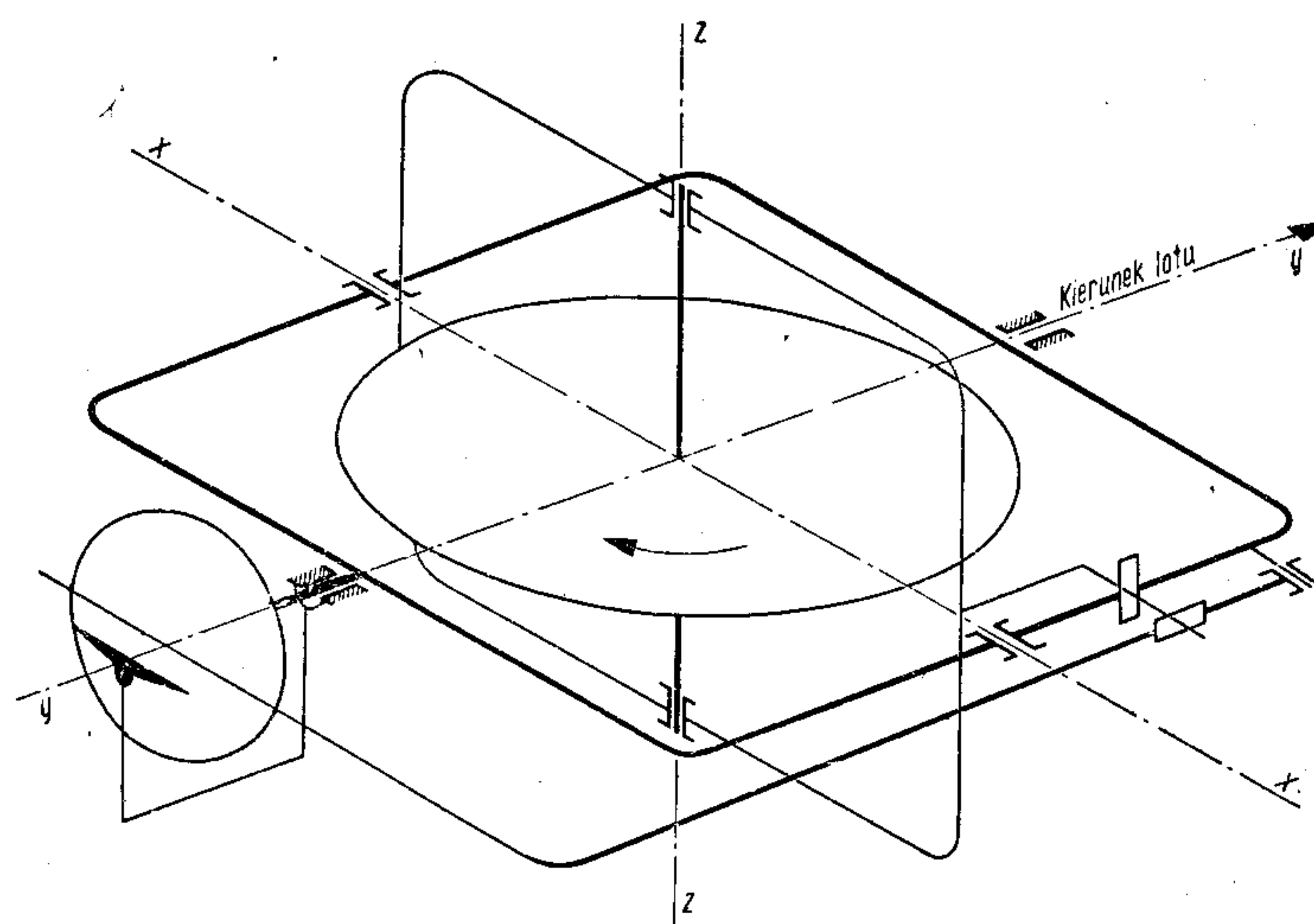
Charakterystyczne wskazania sztucznego horyzontu z ruchomą linią horyzontu przedstawiono na rysunku 11. Jak wynika z rysunku, linia horyzontu może unosić się lub opuszczać względem sylwetki szybowca, a także przechylać się, dając wrażenie przechylania się szybowca.

Obecnie wytwarzane są wyłącznie sztuczne horyzonty o napędzie elektrycznym. Konstrukcja sztucznego hory-

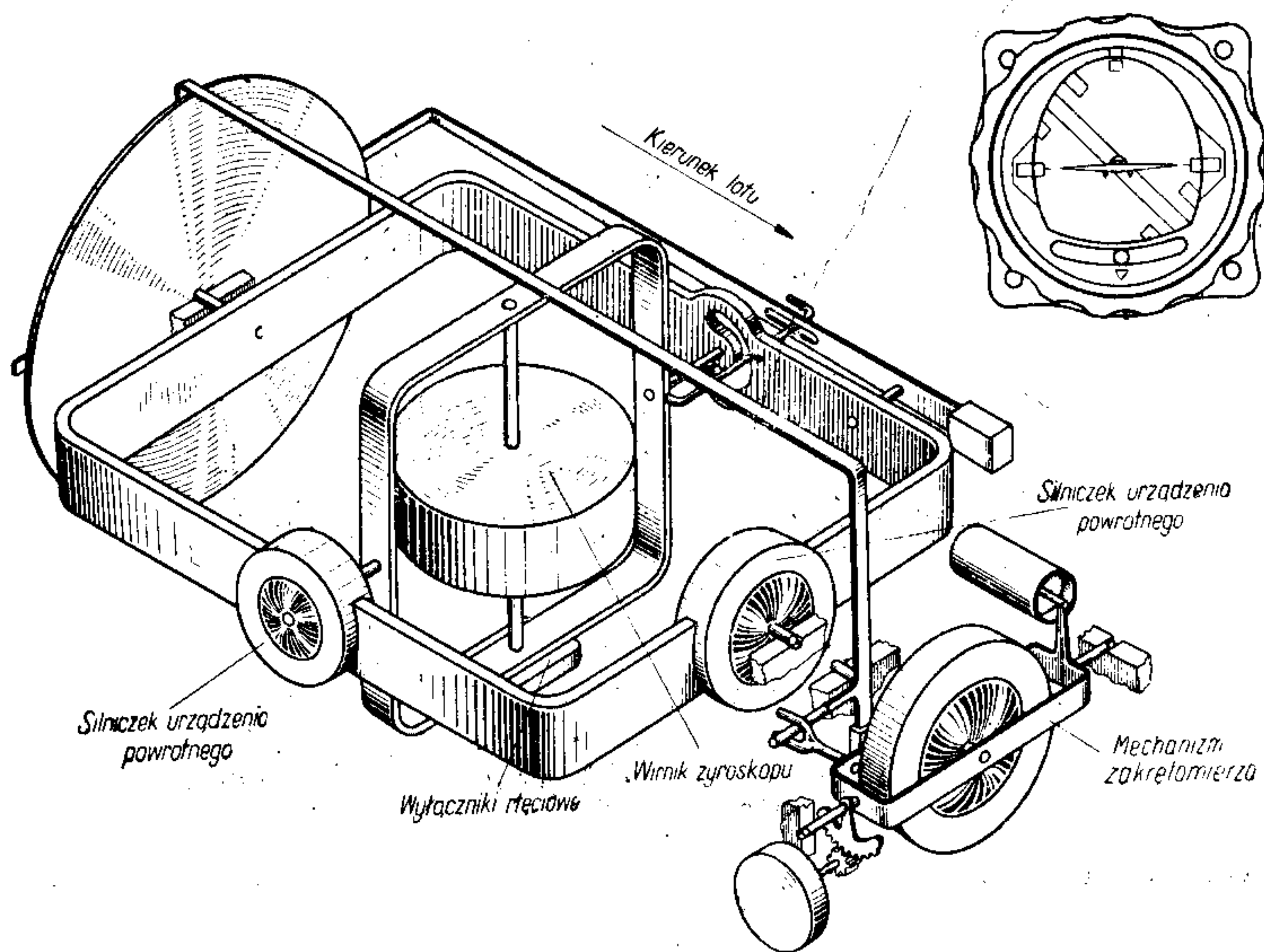


Rys. 11. Wskazania sztucznego horyzontu z ruchomą linią horyzontu

zontu i zasada jego działania wyjaśnione są na przykładzie przyrządu, w którym sylwetka szybowca jest nieruchoma. Jest to szeroko stosowany układ firmy Sperry. Na rysunku 12 przedstawiono schemat wyjaśniający fizyczne zasady działania przyrządu, natomiast rys. 13 wyjaśnia w sposób uproszczony jego konstrukcję.



Rys. 12. Schematyczny układ wirnika sztucznego horyzontu



Rys. 13. Uproszczona budowa sztucznego horyzontu

Charakterystyczny dla sztucznego horyzontu jest wirnik ustawiony w płaszczyźnie poziomej, zawieszony w układzie dwóch ramek. Wirnik obraca się z dużą prędkością (ponad 20 000 obr/min) dookoła tzw. osi głównej Z—Z (rys. 12). Oś ta wbudowana jest do ramy pionowej mającej swobodę wychyleń względem osi X—X. Pionowa ramka przyrządu umocowana jest na osi X—X do ramki poziomej, która z kolei ma swobodę obracania się względem podłużnej osi przyrządu Y—Y.

W ten sposób wirnik ma trzy stopnie swobody, umożliwiające mu zachowanie stałej płaszczyzny wirowania bez względu na położenie korpusu przyrządu, a tym samym i szybowca. Jeżeli np. szybowiec zostanie wprowadzony, w lot nurkowy, to pochyli się wraz z nim korpus przyrządu oraz pozioma ramka umocowana na osi Y—Y. Ponieważ jednak suma sił odśrodkowych występujących w płaszczyźnie wirowania wirnika dąży do utrzymania go w tej płaszczyźnie, wirnik, dzięki swobodnemu zawieszeniu pionowej ramki na osi X—X, pozostaje w płaszczyźnie wirowania. W układzie takim ramki pozioma i pionowa nie są do siebie prostopadłe i zabudowany z prawej strony ramki poziomej układ dźwigniowy uniesie linię sztucznego horyzontu ponad sylwetkę szybowca, dając wrażenie nurkowania. Odwrotne zjawisko nastąpi w przypadku zadarcia przodu szybowca do góry.

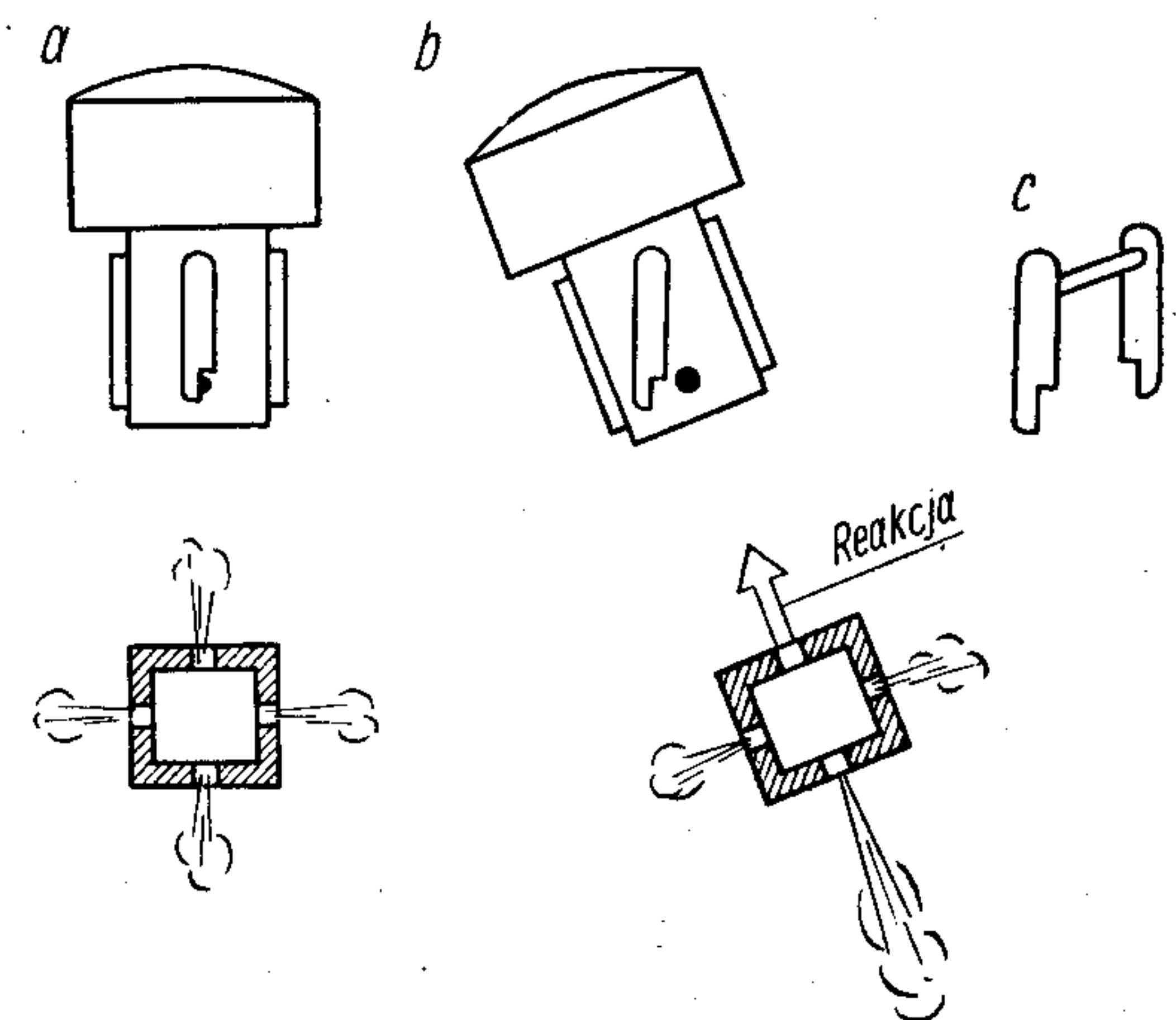
W przypadku przechylenia szybowca na skrzydło żadna z ramek sztucznego horyzontu nie wychyli się, a tym samym linia sztucznego horyzontu nie zmieni swojego położenia rzeczywistego. Efekt przechylenia szybowca jest sygnalizowany przechyleniem się sylwetki szybowca, umocowanej na stałe do korpusu przyrządu.

W niektórych typach horyzontu wychylenia ramek są ograniczone, toteż przy nadmiernych przechyleniach lub pochyleniach szybowca może nastąpić zetknięcie się ramki z ogranicznikiem wychyleń. W takiej sytuacji wirnik traci swoje właściwości fizyczne i „wybija się” z poziomej płaszczyzny wirowania, dając błędne wskazania, gdyż traci jeden stopień swobody.

Mamy wtedy do czynienia ze zjawiskiem precesji, które jest wykorzystywane w zakreślniczym. Zjawisko to jest tu niepożądane, toteż wirnik wyposażony jest w specjalne urządzenia korekcyjne, przywracające go do położenia normalnego.

Efekty precesji występują w sztucznych horyzontach również na skutek tarcia w łożyskach, przy niewyważeniu wirnika i przy długim krążeniu.

Urządzenia korekcyjne mogą być typu elektrycznego lub pneumatycznego. Zasadę działania korektora pneumatycznego wyjaśniono na rysunku 14. Urządzenie to składa



Rys. 14. Pneumatyczny korektor sztucznego horyzontu

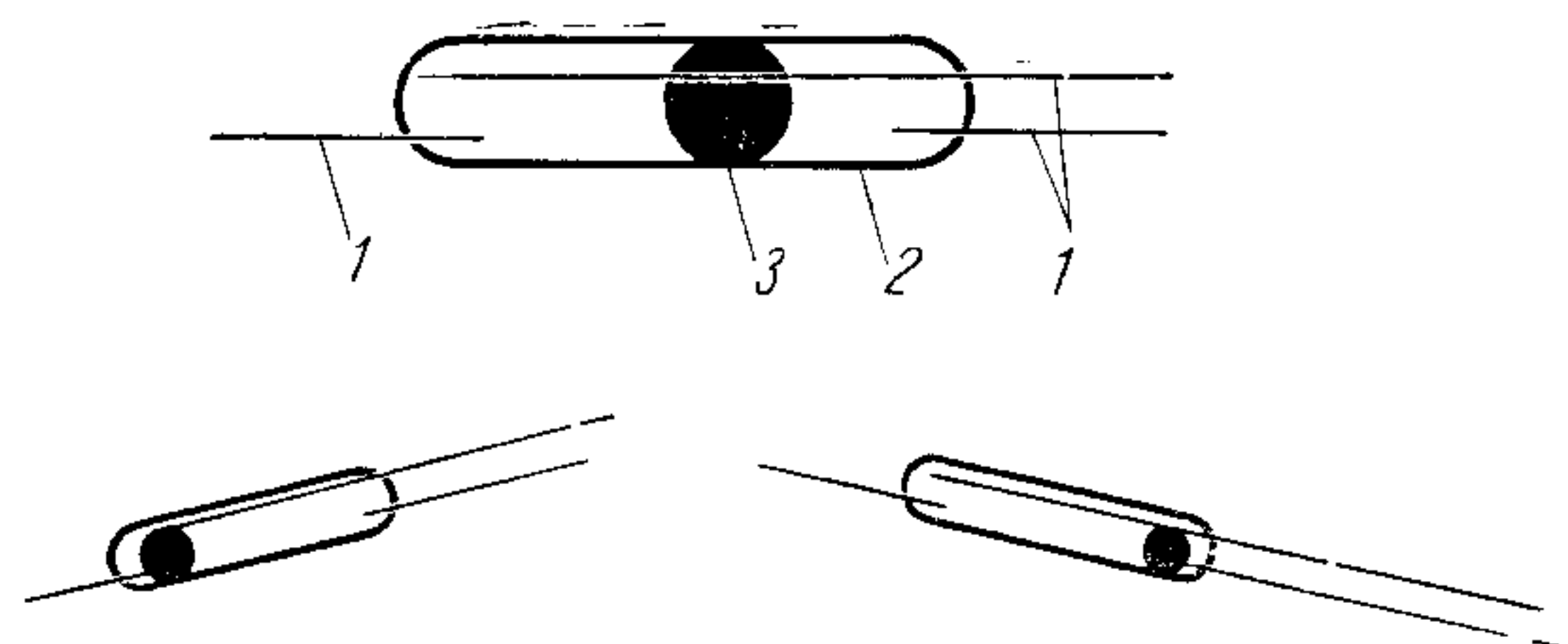
się z czworokątnego korpusu, w którym na każdej z czterech ścianek znajduje się otwór wylotowy powietrza tłoczonego przez turbinę. Otwory usytuowane są parami naprzeciw siebie, toteż przy symetrycznym wypływie

powietrza występujące reakcje znoszą się parami. Przy normalnym położeniu wirnika korpus korektora ustawiony jest w położeniu widocznym na rysunku 14a.

Widoczne na rysunku 14c wahadełka zwisają pionowo, zakrywając każdy z otworków do połowy. Z chwilą wytrącenia wirnika z płaszczyzny poziomej ulega przechyleniu korpus korektora, gdyż jest on umocowany od dołu do obudowy wirnika. Odpowiednia para wahadełek zachowa w dalszym ciągu położenie pionowe, wskutek czego jeden z otworków zostanie całkowicie zasłonięty, a drugi całkowicie otwarty.

W takiej sytuacji zostaje zachwiana równowaga działających tu reakcji, co wywołuje ruch korygujący, naprowadzający wirnik z ramką do poziomej płaszczyzny wirowania (rys. 14b).

W niektórych typach sztucznych horyzontów o napędzie elektrycznym znajdują zastosowanie korektory położenia wirnika, działające na zasadzie elektrycznej. Są to zwykle odpowiednio usytuowane poziomnice rtęciowe lub elektrolityczne, wykonane ze szklanych rurek, do wnętrza których zostały wtopione końcówki przewodów elektrycznych (rys. 15).



Rys. 15. Poziomnica rtęciowa sztucznego horyzontu z napędem elektrycznym

1 — przewody, 2 — rurka szklana, 3 — kulka rtęci

Pod wpływem przechyleń wirnika następuje przemieszczanie się kulki rtęci lub cieczy elektrolitycznej, które łączą odpowiednie przewody, uruchamiając w ten sposób specjalne silniczki korekcyjne. Silniczki te doprowadzają ramki wirnika do wymaganego położenia.

W najnowszych typach sztucznych horyzontów układ zawieszenia wirnika nie ma ograniczenia wychyleń, także przyrządy te działają prawidłowo nawet podczas wykonywania akrobacji. Do takich przyrządów należy polski sztuczny horyzont szybowcowy SHA-1. Horyzonty o ograniczonym zakresie wskazań mają urządzenie blokujące, za pomocą którego powinny być unieruchamiane,

jeśli szybowiec ma wykonywać gwałtowne ewolucje (np. akrobację). W konstrukcjach sztucznych horyzontów znajdują zastosowanie asynchroniczne silniki zasilane trójfazowym prądem zmiennym $3 \times 36 \text{ V } 500 \text{ Hz}$ lub $3 \times 24 \text{ V } 400 \text{ Hz}$. Zabudowa sztucznych horyzontów do szybowców jest dosyć skomplikowana, gdyż pociąga za sobą konieczność pomieszczenia odpowiedniego akumulatora i przetwornicy. Ostatnio, zamiast ciężkich i odznaczających się znacznymi rozmiarami przetwornic silnikowych, stosuje się nowoczesne, lekkie i niewrażliwe na położenie, przetwornice tranzystorowe.

Do błędów instrumentalnych sztucznego horyzontu należy zaliczyć tarcie w łożyskowaniu żyroskopu, niedostateczne wyważenie oraz ograniczenie ruchu obrotowego ramek (w przyrządach nie przystosowanych do akrobacji).

Wśród błędów metodycznych główną rolę odgrywa zjawisko odchyłania się głównej osi żyroskopu od pionu, co wywołane jest działaniem przyspieszeń w zakręcie i zmianami prędkości lotu.

Sztuczny horyzont powinien być zabudowywany do szybowca zgodnie ze wskazaniem odpowiedniej dokumentacji technicznej. Wymaganie to podyktowane jest tym, że instalacja tego przyrządu jest dość skomplikowana i ma znaczny ciężar, na który składają się akumulator, przetwornica i sam przyrząd (wskaznik). Sztuczny horyzont oraz jego przetwornicę należy ustawiać w znacznym oddaleniu od busoli magnetycznej.

Do chwili obecnej sztuczne horyzonty zabudowywane są do szybowców seryjnych raczej sporadycznie, przy czym w większości są to przyrządy przystosowane do użytkowania na samolotach, a więc odznaczające się pożądanymi wymiarami i znacznym ciężarem. Typowe szybowcowe sztuczne horyzonty wytwarzane są obecnie w małych seriach informacyjnych. Przyrządy te charakteryzują małe wymiary, nieograniczony zakres użytkowania (przystosowanie do pracy podczas wykonywania dowolnych ewolucji, także akrobacji) oraz wyraźnie zredukowany ciężar. Ta odmiana sztucznych horyzontów reprezentowana jest m. in. przez czechosłowacki przyrząd typu LUN oraz krajowy SHA-1.

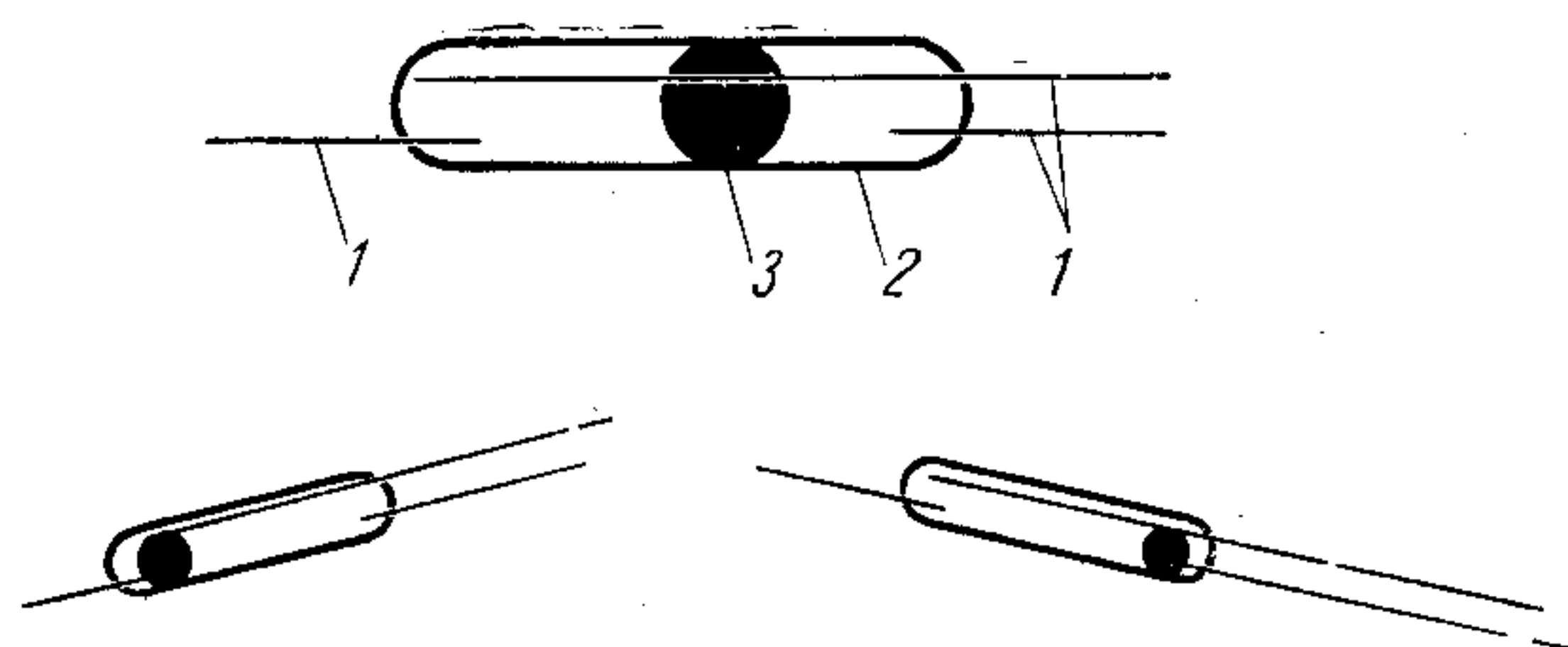
Szybowcowy horyzont akrobacyjny typu SHA-1 ma wskaznik o wymiarach $80 \times 190 \text{ mm}$ (razem z końcówką złącz) pozwalający na zabudowanie go do normalnej tablicy pokładowej szybowca. Ogólny wygląd tego przy-

powietrza występujące reakcje znoszą się parami. Przy normalnym położeniu wirnika korpus korektora ustawiony jest w położeniu widocznym na rysunku 14a.

Widoczne na rysunku 14c wahadełka zwisają pionowo, zakrywając każdy z otworków do połowy. Z chwilą wytrącenia wirnika z płaszczyzny poziomej ulega przechyleniu korpus korektora, gdyż jest on umocowany od dołu do obudowy wirnika. Odpowiednia para wahadełek zachowa w dalszym ciągu położenie pionowe, wskutek czego jeden z otworków zostanie całkowicie zasłonięty, a drugi całkowicie otwarty.

W takiej sytuacji zostaje zachwiana równowaga działających tu reakcji, co wywołuje ruch korygujący, naprowadzający wirnik z ramką do poziomej płaszczyzny wirowania (rys. 14b).

W niektórych typach sztucznych horyzontów o napędzie elektrycznym znajdują zastosowanie korektory położenia wirnika, działające na zasadzie elektrycznej. Są to zwykle odpowiednio usytuowane poziomnice rtęciowe lub elektrolityczne, wykonane ze szklanych rurek, do wnętrza których zostały wtopione końcówki przewodów elektrycznych (rys. 15).



Rys. 15. Poziomnica rtęciowa sztucznego horyzontu z napędem elektrycznym

1 — przewody, 2 — rurka szklana, 3 — kulka rtęci

Pod wpływem przechyleń wirnika następuje przemieszczanie się kulki rtęci lub cieczy elektrolitycznej, które łączą odpowiednie przewody, uruchamiając w ten sposób specjalne silniczki korekcyjne. Silniczki te doprowadzają ramki wirnika do wymaganego położenia.

W najnowszych typach sztucznych horyzontów układ zawieszenia wirnika nie ma ograniczenia wychyleń, tak że przyrządy te działają prawidłowo nawet podczas wykonywania akrobacji. Do takich przyrządów należy polski sztuczny horyzont szybowcowy SHA-1. Horyzonty o ograniczonym zakresie wskazań mają urządzenie blokujące, za pomocą którego powinny być unieruchamiane,

jeśli szybowiec ma wykonywać gwałtowne ewolucje (np. akrobację). W konstrukcjach sztucznych horyzontów znajdują zastosowanie asynchroniczne silniki zasilane trójfazowym prądem zmiennym $3 \times 36 \text{ V } 500 \text{ Hz}$ lub $3 \times 24 \text{ V } 400 \text{ Hz}$. Zabudowa sztucznych horyzontów do szybowców jest dosyć skomplikowana, gdyż pociąga za sobą konieczność pomieszczenia odpowiedniego akumulatora i przetwornicy. Ostatnio, zamiast ciężkich i odznaczających się znacznymi rozmiarami przetwornic silnikowych, stosuje się nowoczesne, lekkie i niewrażliwe na położenie, przetwornice tranzystorowe.

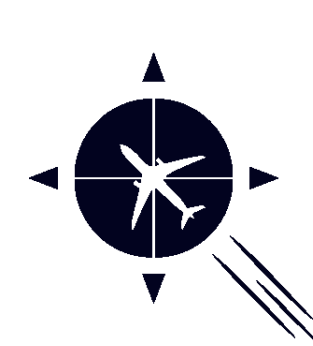
Do błędów instrumentalnych sztucznego horyzontu należy zaliczyć tarcie w łożyskowaniu żyroskopu, niedostateczne wyważenie oraz ograniczenie ruchu obrotowego ramek (w przyrządach nie przystosowanych do akrobacji).

Wśród błędów metodycznych główną rolę odgrywa zjawisko odchylania się głównej osi żyroskopu od pionu, co wywołane jest działaniem przyspieszeń w zakręcie i zmianami prędkości lotu.

Sztuczny horyzont powinien być zabudowywany do szybowca zgodnie ze wskazaniem odpowiedniej dokumentacji technicznej. Wymaganie to podyktowane jest tym, że instalacja tego przyrządu jest dość skomplikowana i ma znaczny ciężar, na który składają się akumulator, przetwornica i sam przyrząd (wskaźnik). Sztuczny horyzont oraz jego przetwornicę należy ustawiać w znacznym oddaleniu od busoli magnetycznej.

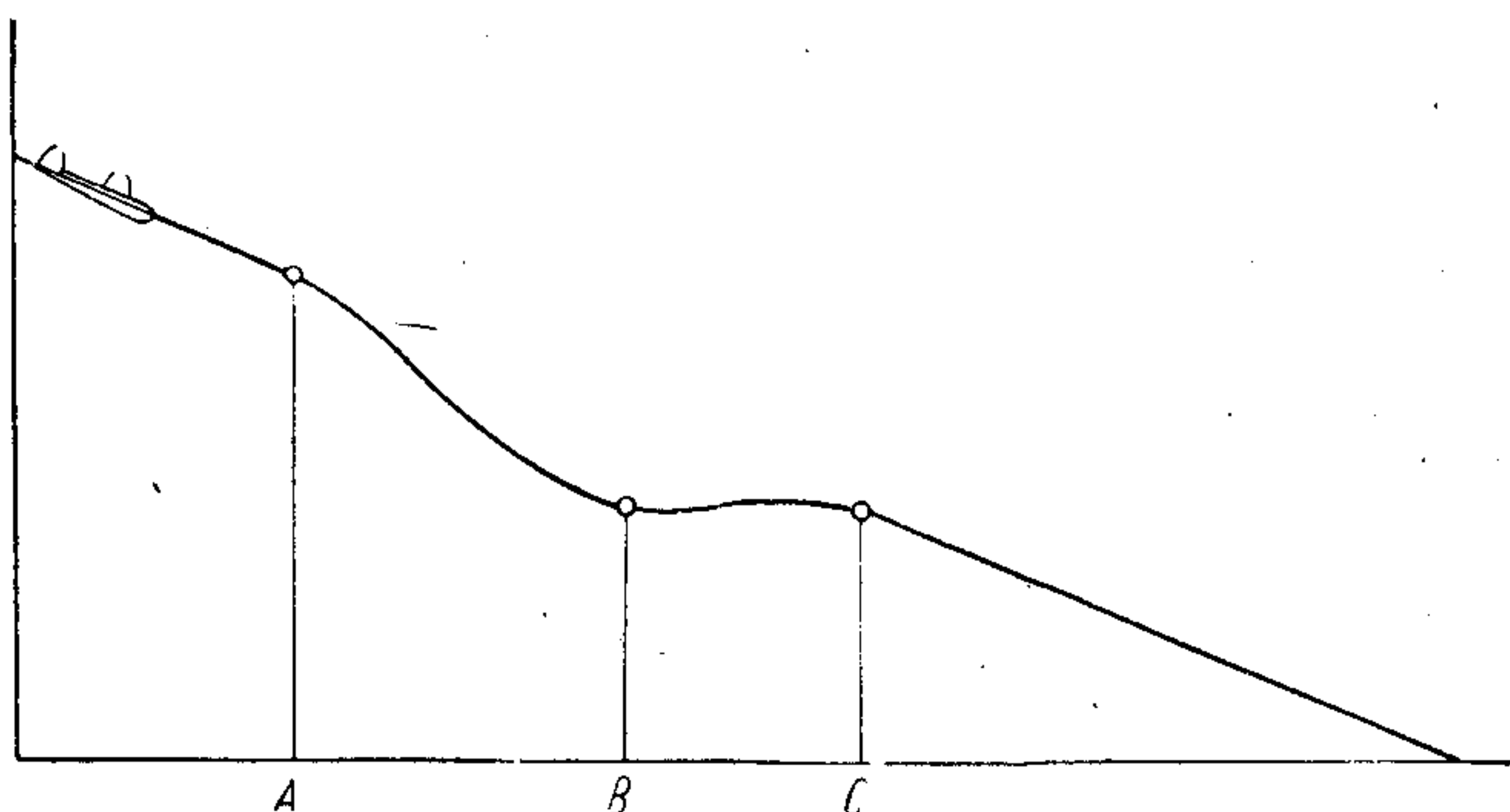
Do chwili obecnej sztuczne horyzonty zabudowywane są do szybowców seryjnych raczej sporadycznie, przy czym w większości są to przyrządy przystosowane do użytkowania na samolotach, a więc odznaczające się pokaznymi wymiarami i znacznym ciężarem. Typowe szybowcowe sztuczne horyzonty wytwarzane są obecnie w małych seriach informacyjnych. Przyrządy te charakteryzują małe wymiary, nieograniczony zakres użytkowania (przystosowanie do pracy podczas wykonywania dowolnych ewolucji, także akrobacji) oraz wyraźnie zredukowany ciężar. Ta odmiana sztucznych horyzontów reprezentowana jest m. in. przez czechosłowacki przyrząd typu LUN oraz krajowy SHA-1.

Szybowcowy horyzont akrobacyjny typu SHA-1 ma wskaźnik o wymiarach $80 \times 190 \text{ mm}$ (razem z końcówką złącz) pozwalający na zabudowanie go do normalnej tablicy pokładowej szybowca. Ogólny wygląd tego przy-



tego przyrządu, w stosunku do wariometru zwykłego, jest niewrażliwość na takie ewolucje pilotażowe, jak „górkę”, pętle itp., podczas których następują kolejne przemiany prędkości w wysokość i odwrotnie (inaczej: przemiany energii kinetycznej w potencjalną i odwrotnie).

Podczas lotu szybowiec ma pewną sumę energii, na którą składa się jego energia potencjalna, tzn. wysokość, oraz energia kinetyczna, czyli energia ruchu. Suma tych energii nazwana jest energią całkowitą. Podczas lotu szybowca mogą zachodzić zamiany jednego rodzaju energii w drugi, co pokazano przykładowo na rysunku 17. Wyjaśnienie tego rysunku jest następujące.



Rys. 17. Tor lotu ślizgowego przy zmianie energii potencjalnej w kinetyczną (odcinek A-B) i kinetycznej w potencjalną (odcinek B-C)

Szybowiec leci ustalonym lotem ślizgowym w spokojnym powietrzu. W punkcie A pilot rozpoczyna rozpędzanie szybowca, które trwa aż do osiągnięcia przez szybowiec punktu B. Podczas tego rozpędzania przyrasta prędkość lotu i prędkość opadania, którą wskazuje zwykły wariometr. W punkcie B pilot rozpoczyna zmniejszenie prędkości lotu, które trwa aż do osiągnięcia przez szybowiec punktu C. Wskutek tego prędkość lotu maleje, a zwykły wariometr wskazuje chwilowe wznoszenie. W punkcie C warunki lotu ustalają się jak poprzednio przed osiągnięciem punktu A. Na odcinku A-C obserwowaliśmy przemianę energii potencjalnej w kinetyczną i odwrotnie. Pilot mógł obserwować na zwykłym wariometrze wzmożone opadanie, a następnie wznoszenie, podczas gdy szybowiec znajdował się cały czas w obszarze powietrza pozbawionego prądów pionowych.

W opisanym przypadku wariometr energii całkowitej nie zarejestruje chwilowych zmian prędkości pionowych.

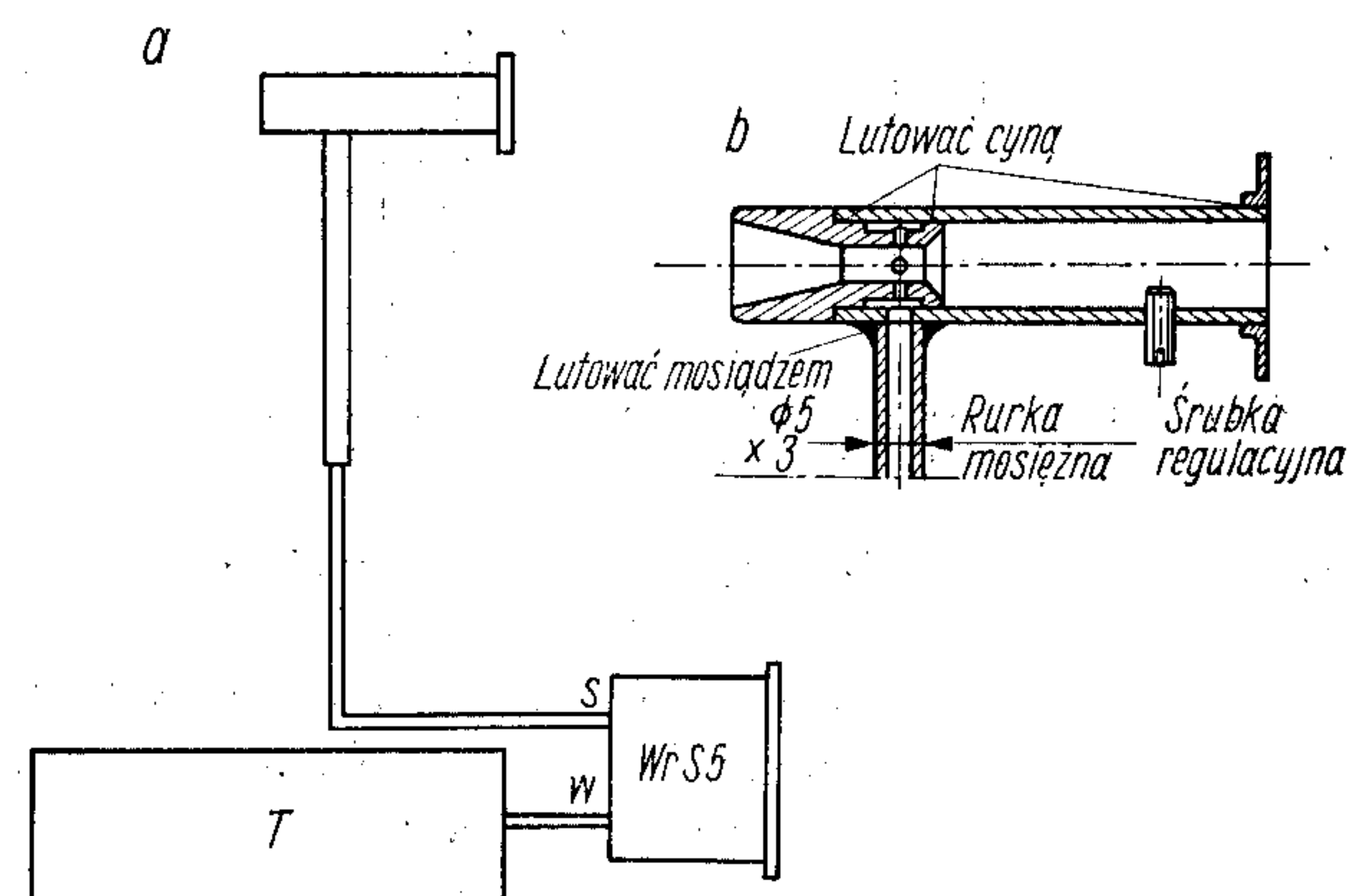
WEC (tak w dalszym ciągu nazywany będzie wariometr energii całkowitej) wskazuje tylko te prędkości pionowe, podczas których zmienia się energia całkowita szybowca, a więc na przykład wznoszenie, któremu nie towarzyszy spadek prędkości lotu szybowca (wznoszenie nie osiągnięte kosztem energii kinetycznej). W sytuacji takiej wzrasta energia całkowita szybowca.

Przy konstruowaniu wariometru WEC wykorzystane zostało zjawisko polegające na tym, że w chwili rozpędzania szybowca, gdy wzrasta ciśnienie statyczne, jednocześnie rośnie ciśnienie prędkości (lub podciśnienie w dyszy pomiarowej Venturi).

W celu wyeliminowania wpływu na wskazania przyrządu wzrostu ciśnienia statycznego, wywołanego rozpędzaniem szybowca, wzrastające ciśnienie prędkości lub podciśnienie (o wartości bezwzględnej równej ciśnieniu prędkości) doprowadzane jest do wariometru jako ciśnienie korekcyjne, przeciwstawiające się wzrostowi ciśnienia statycznego. Odwrotne zjawisko zachodzi podczas zmniejszania prędkości lotu.

Wskaźnik wariometru energii całkowitej nie różni się w niczym od zwykłego wariometru. Różnice istnieją jedynie w instalacji wariometru. W przypadku WEC przyrząd zespolony jest ze specjalnym urządzeniem korekcyjnym, wykonanym w postaci specjalnej dyszki Venturi lub puszki korekcyjnej. Odmiany tych obu rozwiązań przedstawione są na rysunkach 18 i 20.

Na rysunku 18 przedstawiono układ WEC z korekcyjną dyszą Venturi, zwaną od nazwiska jej wynalazcy dyszą

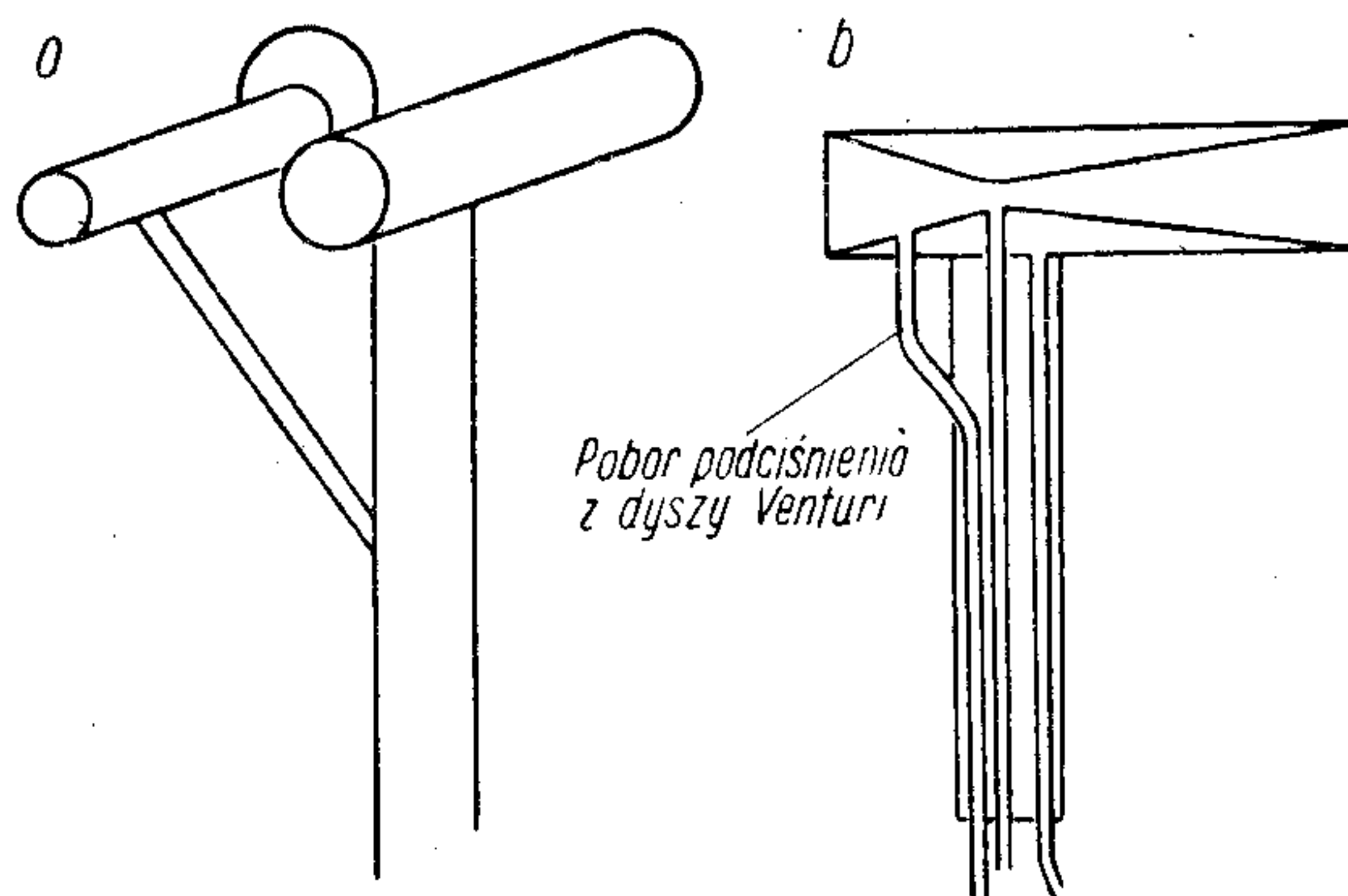


Rys. 18. Schemat WEC-a z dyszą Kendalla

Kendalla. Jest to specjalna dyszka pomiarowa o współczynniku $K = -1$. Za pośrednictwem tej dyszki oddziałuje na wariometr ciśnienie statyczne oraz zmiany podciśnienia wywołane zmianami prędkości lotu.

Gdy lot odbywa się ze stałą prędkością, jak na przykład ustalony lot ślizgowy, to WEC wskazuje tylko zmiany ciśnienia statycznego związane ze stałym opadaniem szybowca, czyli stałą utratą energii potencjalnej, a tym samym i całkowitej. Ciśnienie korekcyjne jest wtedy stałe, a więc równe w całej instalacji wariometru i w jego wnętrzu. Podczas rozpędzania szybowca powinno wewnątrz instalacji wyraźnie wzrosnąć ciśnienie statyczne, ale korygujące działanie dyszki zapobiega temu, gdyż przy rozpędzaniu wzrasta jednocześnie w dyszy podciśnienie (patrz schemat na rysunku 18). W tych warunkach WEC będzie wskazywał tylko to opadanie, które wynika z samej zmiany ciśnienia statycznego, a nie z rozpędzania.

Dysza Kendalla odznacza się specjalną konstrukcją i zaopatrzona jest w śrubkę regulacyjną, widoczną na rysunku 18b, a przeznaczoną do regulacji wielkości współczynnika dyszy. Dysza taka zabudowywana jest zazwyczaj do pomiarowej dyszy Venturi w sposób pokazany



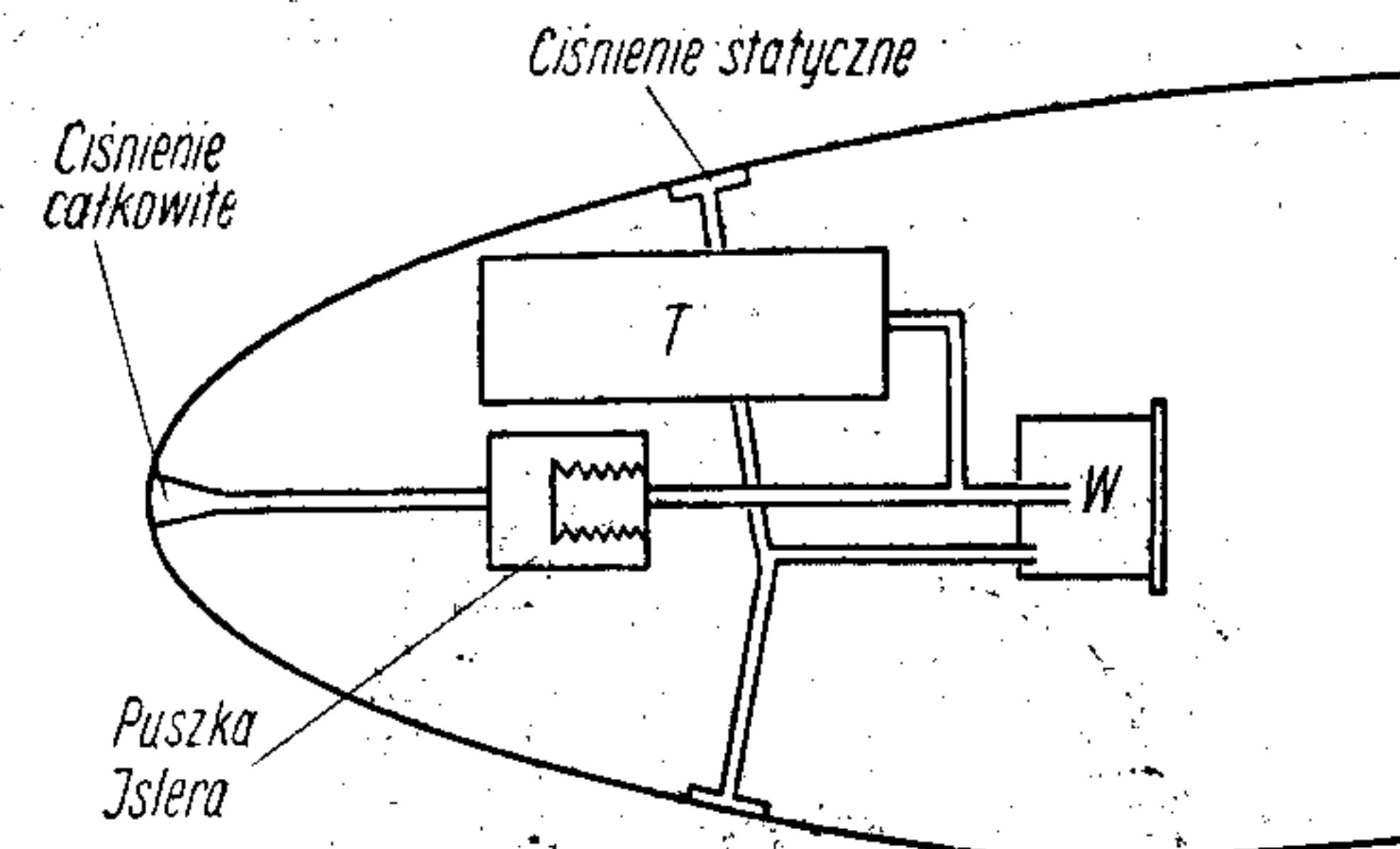
Rys. 19. Mocowanie dyszy Kendalla (a) oraz pobieranie ciśnienia korekcyjnego z dyszy Venturi (b)

na rysunku 19a. Rzadziej spotyka się rozwiązanie przedstawione na rysunku 19b, w którym podciśnienie pobierane jest w odpowiednim miejscu z pomiarowej dyszy Venturi. W tym miejscu podciśnienie równe jest co do wartości bezwzględnej ciśnieniu prędkości.

Na rysunku 20 przedstawiono WEC zespolony z puszką korekcyjną Islera wbudowaną w obwód ciśnienia cał-

kowitego. Tutaj zasada działania jest nieco odmienna, i znajduje zastosowanie w szybowcach, w których brak jest wystających z kadłuba dysz i rurek pomiarowych.

Podczas ustalonego lotu ślizgowego w spokojnym powietrzu WEC wskazuje opadanie związane z utratą ener-



Rys. 20. Schemat WEC z puszką wyrównawczą Islera

gii potencjalnej szybowca. Na WEC działa wtedy wzrastające ciśnienie statyczne. Ciśnienie korekcyjne, przekazywane za pośrednictwem odpowiednio odkształconej puszki korekcyjnej, która sprężyla się, jest stałe w całej instalacji wariometru i wewnątrz samego przyrządu, a więc przyrząd zachowuje się tak, jak gdyby oddziaływania ciśnienia korekcyjnego nie było.

Z chwilą rozpędzania szybowca wyraźnie wzrasta ciśnienie statyczne, ale jednocześnie wzrasta też ciśnienie prędkości, wskutek czego puszka korekcyjna kurczy się, oddziałując na wariometr i zapobiegając odkształcaniu się mechanizmu wariometru pod wpływem przyrastającego ciśnienia statycznego. W sytuacji takiej WEC będzie wskazywał tylko opadanie związane ze spadkiem ciśnienia statycznego.

Jeżeli szybowiec wyposażony w WEC dostanie się w obszar prądów wznoszących przy niezmienionej prędkości lotu, to wariometr WEC zareaguje tak samo, jak wariometr zwykły. Jeżeli natomiast pilot, wlatując w ten obszar, ściągnie nieco drążek sterowy, zwykły wariometr wskaże pokaźne wznoszenie, WEC natomiast ograniczy swoje wskazania jedynie do wznoszenia wynikającego z ruchu pionowego powietrza, a więc wznoszenia powiększającego energię całkowitą szybowca.

Wariometry WEC zostały w ostatnich latach szeroko rozpowszechnione i znajdują się na większości szybowców wyczynowych. Jeżeli szybowiec wyposażony jest w dwa wariometry, na przykład w wariometr o zakre-

sie 5 m/s i 30 m/s, to zwykle ten pierwszy zainstalowany jest jako wariometr energii całkowitej (rys. 21).

Przedlotową kontrolę wariometru WEC przeprowadza się analogicznie jak wariometru zwykłego. Jeżeli na szybowiec oddziałuje wiatr, to jego podmuchy mogą powodować oscylowanie wskazówki przyrządu, wywoływane zmianami ciśnień w dyszce Kendalla lub w dajniku ciśnienia całkowitego i statycznego, jeśli instalacja wyposażona jest w puszkę kompensacyjną Islera.



Rys. 21. Wariometr skrzydełkowy użyty jako WEC z obrotowym pierścieniem kalkulatoryjnym

Kontrola przyrządów pokładowych przed lotem

Każdego dnia przed rozpoczęciem lotów wymagane jest wykonanie następujących czynności mających na celu sprawdzenie gotowości przyrządów pokładowych szybowca:

- zdjęcie pokrowców z dajników ciśnienia całkowitego i statycznego oraz ewentualnie z dyszy WEC,
- pobieżne sprawdzenie stanu dajników (prawidłowość i sztywność umocowania, czystość, uszkodzenia mechaniczne, prześwit otworków ciśnienia statycznego),
- usunięcie wody z odstożników przez wykręcenie korków (należy pamiętać o dokładnym uszczelnieniu odstożnika podczas wkręcania korka),
- sprawdzenie umocowania tablicy pokładowej oraz przyrządów,
- sprawdzenie stanu amortyzacji tablicy pokładowej,
- sprawdzenie, czy przyrządy nie wykazują uszkodzeń zewnętrznych (pęknięte szybki, korpusy, poluzowane wskazówki, spadanie wskazówek z ostrzy osi),

- sprawdzenie położenia wskazówek i innych wskaźników (czy przyjmują położenia zerowe, wyjściowe itp. zależnie od rodzaju przyrządu),
- ustawienie wskazówki wysokościomierza w położeniu zerowym oraz ewentualne ustawienie podziałki ciśnienia na aktualne ciśnienie,
- sprawdzenie rozruchu i pracy zakrętomierza oraz prawidłowości jego wskazań (sprawdzenie pracy na poszczególnych baterijkach),
- sprawdzenie rozruchu i pracy sztucznego horyzontu,
- sprawdzenie zabudowy, połączeń i unieruchomienia (umocowania) akumulatora,
- sprawdzenie działania wyłącznika energii elektrycznej,
- uruchomienie zegara czasowego i ustawienie go na dokładny czas,
- sprawdzenie drożności, prawidłowości połączeń i szczelności układu ciśnienia całkowitego (lub podciśnienia, gdy zastosowana jest dysza Venturi).

Dokumentacja przyrządów pokładowych

Na dokumentację przyrządów pokładowych szybowca składają się fabryczne metryczki przyrządów i karty kontrolne wystawiane zwykle dopiero w chwili przekazywania przyrządu do eksploatacji. Spotykane są też dokumenty będące połączeniem metryczki fabrycznej i karty kontrolnej.

W metryczce przyrządu określony jest typ przyrządu, zakres jego wskazań, numer fabryczny, data produkcji i okres gwarancji. Spotykane też są metryczki zawierające dodatkowo skróconą instrukcję składowania, zabudowy i eksploatacji przyrządu oraz podające dopuszczalne odchyłki wskazań.

W kartach kontrolnych znajdują się rubryki przeznaczone do odnotowywania okresów pracy przyrządu na poszczególnych szybowcach, napraw oraz wyników kontroli okresowej przyrządu. Wpisy związane z eksploatacją przyrządu dokonywane są w kartach kontrolnych przez upoważnione do tego osoby, a mianowicie przez wytwórcę, zakład wykonujący naprawę, jednostki kontrolne osprzętu lub przez kierowników technicznych jednostek użytkujących przyrządy.

Jeżeli w okresie gwarancji określonym przez wytwórcę lub zakład naprawczy nastąpi usterka w działaniu przy-



rzędu, to przyrząd powinien być wybudowany z szybowca i zabezpieczony do czasu poddania go komisijnym oględzinom w obecności przedstawiciela wytwórcy (lub zakładu naprawczego) i użytkownika. Samowolne rozbieranie lub naprawianie takich przyrządów powoduje najczęściej nieuznanie reklamacji przez instytucje, które wystawiły gwarancję:

Użytkownik przyrządów pokładowych powinien interesować się tym, czy dany przyrząd jest dopuszczony do użytkowania. Informuje go o tym wpis umieszczony zwykle w odpowiedniej rubryce karty kontroli przyrządu. Wpisy takie wykonywane są przez pracowników jednostek kontroli osprzętu w wyniku kontroli, jakiej poddawane są przyrządy w odstępach półrocznych. Spotykane są dwojaki rodzaje wpisów, a mianowicie w formie stwierdzenia ogólnego, że „przyrząd odpowiada warunkom technicznym” (lub że nie odpowiada warunkom technicznym), jak też w postaci tabelki podającej wartości odchyłek wskazań stwierdzonych podczas kontroli. Sposób dokonania wpisu zależy zwykle od rodzaju przyrządu.

Niekiedy praktykowane jest, że odchyłki nanoszone są na specjalne tabelki i umieszczane w kabinie pilota na widocznym miejscu. Dotyczy to najczęściej prędkościomierza. Określanie wartości odchyłek busoli, czyli dewiacja, nie leży w zakresie prac jednostek kontroli osprzętu i jest wykonywane przez instruktorów i pilotów.

Rozdział 3

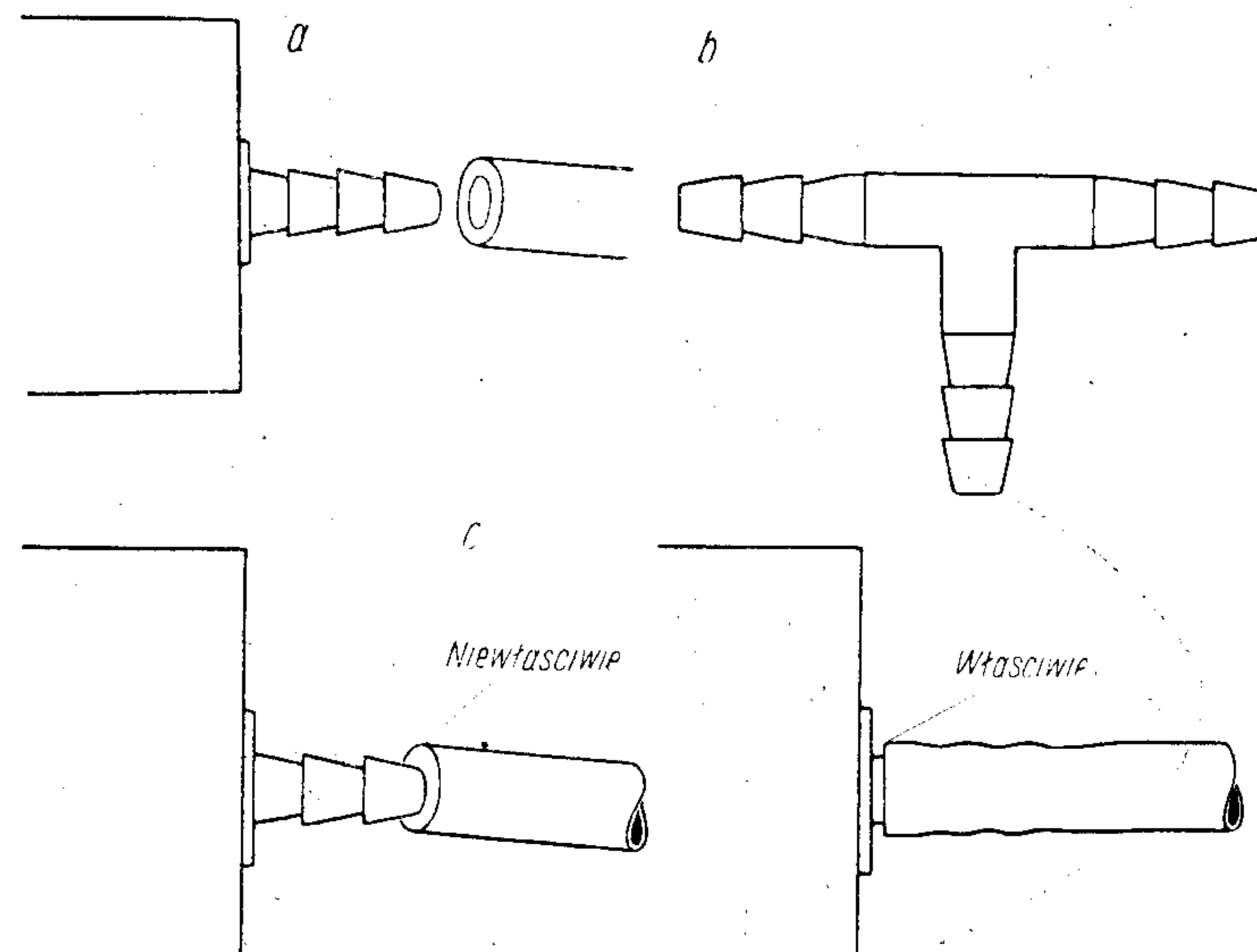
MONTAŻ PRZYRZĄDÓW POKŁADOWYCH NA SZYBOWCU

Przyrządy pokładowe szybowca zabudowywane są z zasady do zawieszanej na zespole amortyzatorów specjalnej tablicy pokładowej. Do montażu przyrządów na tablicy stosuje się zwykle śruby M4, po cztery sztuki na każdy przyrząd. Ze względu na bliskość busoli pożądane jest stosowanie śrub duralowych.

Do montażu instalacji przyrządów potrzebne są przewody gumowe, zwykle o wymiarach 12×4 mm (grubość ścianki 4 mm), wykonane ze wzmacniającą przekładką płócienną, ponadto rozgałęźniki zwane trójnikami i czwór-

nikami oraz odwadniacze instalacji. Elementy te pokazane są na rysunkach 3 oraz 22a i b.

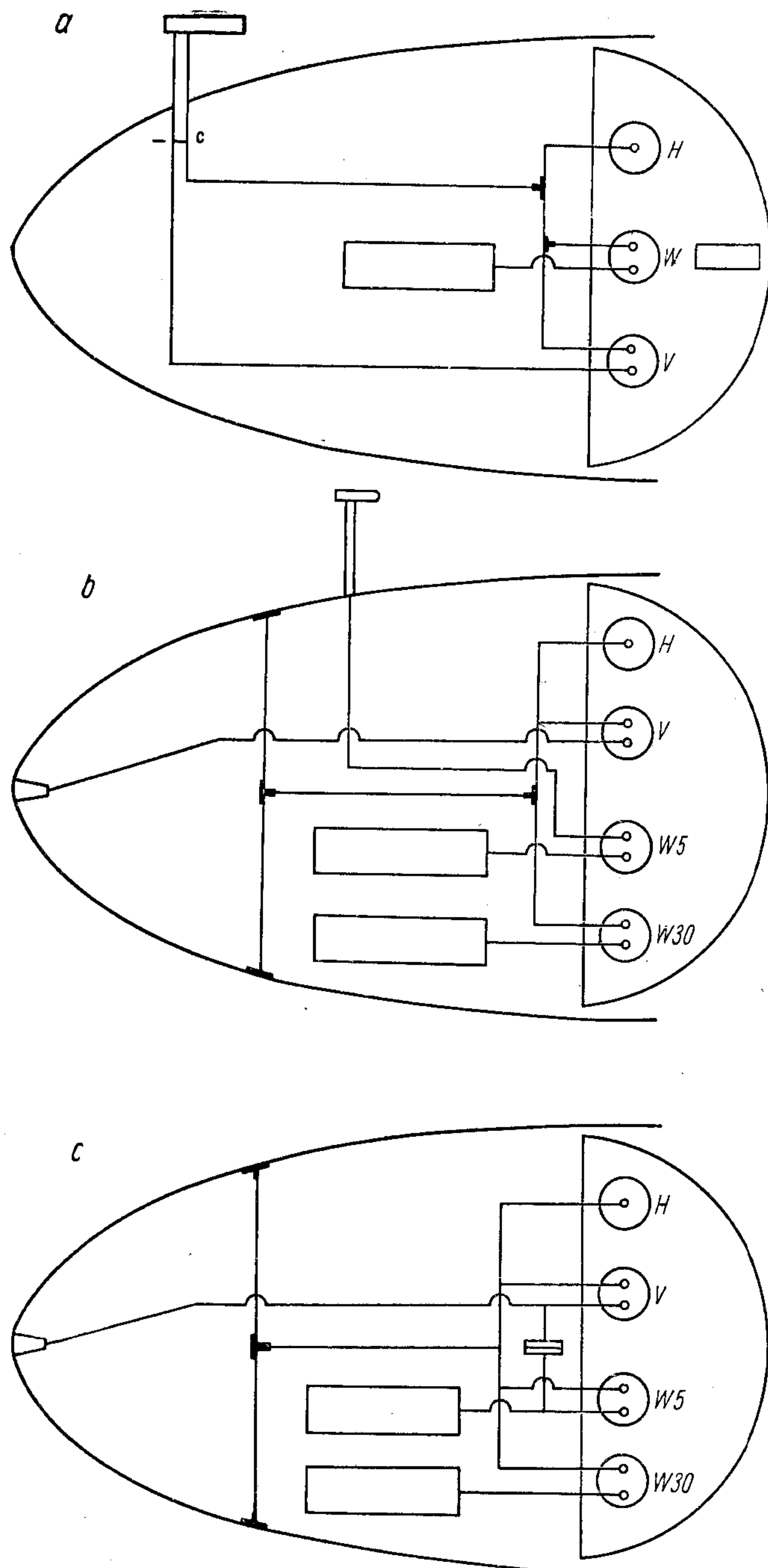
Znajdująca się wewnątrz ścianek przewodów przekładka z tkaniny wzmacnia przewód i chroni go przed nadmiernym przegięciem i załamaniem. Średnice przewodów powinny być tak dobierane, aby możliwe było nasuwanie rurki gumowej w sposób szczelny na sfalowane końcówki przyrządów pokładowych i rozgałęźników. Przewo-



Rys. 22. Elementy instalacji przyrządów pokładowych
a — typowa końcówka przyrządu, b — rozgałęźnik (trójnik), c — łączenie przewodów gumowych

dy należy nasuwać na końcówki w sposób pokazany na rysunku 22c. Przewody trzeba stosować niezbyt długie, gdyż zwisające przewody łatwo załamują się i zagniatają. Zbyt krótkie przewody nie zapewniają poprawnego nasunięcia gumy na końcówki, utrudniają demontaż tablicy, mogą załamywać się przy końcówkach przyrządów, a także zmniejszają elastyczność amortyzacji tablicy.

Do obwodów obu ciśnień, a przede wszystkim do obwodu ciśnienia pomiarowego, powinny być wbudowywane odwadniacze, wykonywane w postaci pokazanej na rysunku 3. Elementy te zabudowuje się między rurką (dyszą) pomiarową a pierwszym rozgałęźnikiem instalacji, i to zwykle w miejscach najniżej położonych, a więc sprzyjających gromadzeniu się kondensatu wodnego czy nawet wody deszczowej. Przed zabudowaniem odwadnia-

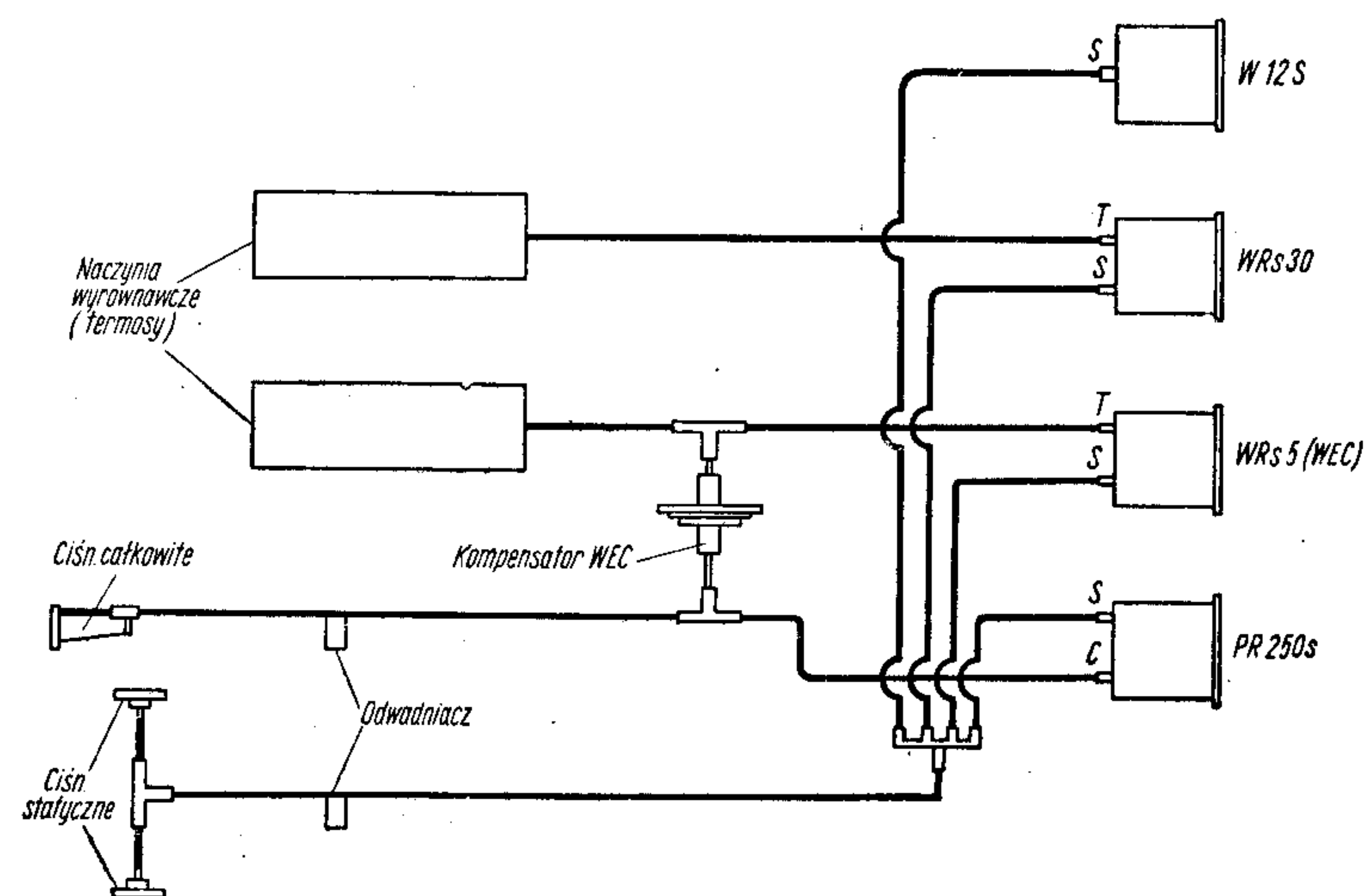


Rys. 23. Schematy instalacji ciśnieniowych przyrządów pokładowych
a — „Mucha 100 A” i b — „Mucha Standard” — z dyszą Kendalla,
c — „Mucha Standard” — z puszką Islera

czy należy upewnić się o ich szczelności, gdyż są one często przyczyną nieszczelności instalacji. Miejsca nieszczelne znajdują się przy wkręcanym na gwint korku służącym do spuszczenia wody (patrz rys. 3). Korek ten powinien być wyposażony w skutecznie działającą uszczelkę.

Instalacje przyrządów pokładowych wykonuje się według ustalonych schematów, z których kilka pokazano na rysunkach 23 i 24. Na rysunku 23a przedstawiono schemat instalacji przyrządów pokładowych szybowca „Mucha 100 A” wyposażonej w dyszę pomiarową Venturi o współczynniku $K = -3,5$. Jest to przykład podstawowej instalacji, składającej się z prędkościomierza (należy sprawdzić, do jakiej instalacji jest on przeznaczony) oznaczonego na rysunku literą V, wysokościomierza oznaczonego literą H, wariometru o zakresie ± 5 m/s, oznaczonego znakiem W₅, ewentualnie drugiego wariometru W₁₅ lub W₃₀. Pozostałe przyrządy pokładowe nie mają połączeń z instalacją ciśnieniową. Na rysunku 23b przedstawiono schemat instalacji z rurką spiętrzeniową, umieszczoną w przedniej części kołpaka kadłuba. Jest to instalacja spotykana m. in. na niektórych szybowcach „Mucha Standard”. Jest ona wyposażona dodatkowo w wariometr energii całkowitej z dyszą Kendalla. Pozostały wariometr pracuje na zwykłej zasadzie.

Na rysunku 23c pokazano instalację z wariometrem energii całkowitej zespolonym z puszką korekcyjną Islera

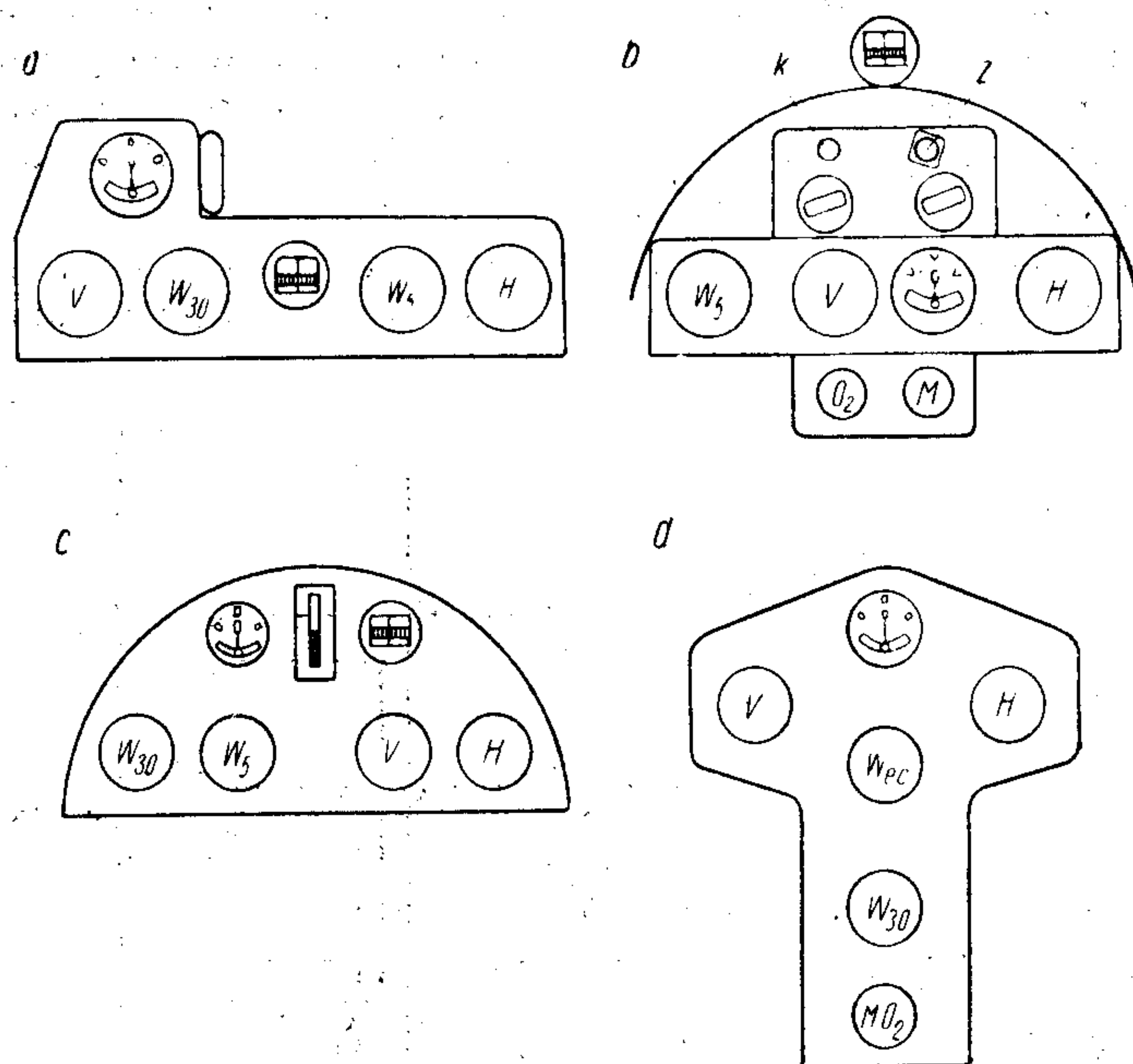


Rys. 24. Schemat instalacji ciśnieniowych przyrządów szybowcowych szybowca „Bocian”

ra. Obie z opisywanych instalacji szybowców „Mucha Standard” wyposażone są w odbiorniki ciśnienia statycznego umieszczone na bocznych ściankach kadłuba.

Na rysunku 24 przedstawiono schemat przyrządów pokładowych składający się z dwóch kompletów przyrządów, jaki może być wykorzystany w szybowcu dwumiejscowym „Bocian”. Instalacja wyposażona jest w rurkę spiętrzeniową umieszczoną w przedniej części kołpaka kadłuba. Należy zwrócić tu uwagę, że każdy z wariometrów ma oddzielny termos. Jeżeli jednak brak jest dostatecznej ilości miejsca na zainstalowanie dalszych termosów, zawsze jest możliwe zabudowanie wariometrów wyposażonych w wewnętrzne naczynia wyrównawcze. Odznaczają się one jednak nieco większą długością puszeki przyrządu.

Sposób zgrupowania przyrządów na tablicach pokładowych ustalany jest zwykle przez wytwórnictwo szybowca. Układu przyrządów nie należy zmieniać podczas użytkowania szybowca, gdyż utrudnia to pilotowanie szybowca



Rys. 25. Tablice przyrządów pokładowych

a — „Bocian”, b — „Jaskółka”, c — „Mucha Standard”, d — „Foka 4 A”
V — prędkościomierz, W — wariometr, H — wysokościomierz, M — manometr, O₂ — wskaźnik przepływu, Z — zawór butli (pokładowy), K — końcówka do ładowania

z uwagi na nawyki wyrobione u pilotów stale posługujących się jednakowym układem przyrządów. Na rysunku 25 przedstawiono kilka przykładów zgrupowania przyrządów na tablicach pokładowych szybowców seryjnych.

Przyrządy pokładowe mogą być amortyzowane przeciw wstrząsom indywidualnie lub wspólnie. Ten drugi sposób jest najczęściej stosowany. Polega on na odpowiednim zawieszeniu tablicy w kabinie pilota. Zwykle stosuje się zawieszenia na czterech amortyzatorach, które są tak rozmieszczone, aby zapewniały równomierne rozłożenie obciążeń. Użytkownik powinien zwracać uwagę, aby tablica miała wystarczającą amortyzację przy krańcowych ugięciach, nie uderzała twarzą o części konstrukcji szybowca, gdyż prowadzi do tzw. uderowych uszkodzeń przyrządów. Szczególną uwagę należy poświęcić położeniu przyrządów podczas ich zabudowy. Odnosi się to zwłaszcza do takich przyrządów, jak zakrętomierz, chyłomierz, busola i sztuczny horyzont. Pozostałe przyrządy, takie jak prędkościomierz, wysokościomierz i wariometr, nie są wrażliwe na niedokładności zabudowy, powinny być jednak zabudowane w położeniu zbliżonym do przyjętego za normalny (nie powinny np. leżeć tarczą do góry). Zasady montażu poszczególnych przyrządów omówiono już uprzednio.

Z chwilą gdy przyrządy zostaną skompletowane i zabudowane, celowe jest naniesienie na tarcze niektórych przyrządów odpowiednich znaczników, ułatwiających pilotowanie i ostrzegających przed przekraczaniem dopuszczalnego zakresu użytkowania szybowca. Dotyczy to przede wszystkim prędkościomierza, na którym można zaznaczyć czerwoną farbą obszar prędkości niedopuszczalnych, zarówno za małych, jak i zbyt dużych.

Po ukończeniu montażu pożądane jest wykonanie lotu próbnego w celu sprawdzania działania przyrządów. Konieczne jest jednak przedtem sprawdzenie prawidłowości wykonanej pracy. Polega ona na sprawdzeniu prawidłowości połączeń — czy są zgodnie ze schematem, drożności połączeń — czy nie ma zgniotów, zagięć itp., szczelności instalacji — czy przy ustalonym ciśnieniu daje się zaobserwować spadek ciśnienia (stosuje się do tego celu przyrząd WSW). Ponadto należy sprawdzić, czy przyrządy lub dajniki nie są zabudowane luźno, czy nie są zanieczyszczone przez brud, smar, pastę do polerowania itp. oraz czy tablica jest dobrze umocowana i zabezpieczona przed spadaniem z uchwytów.

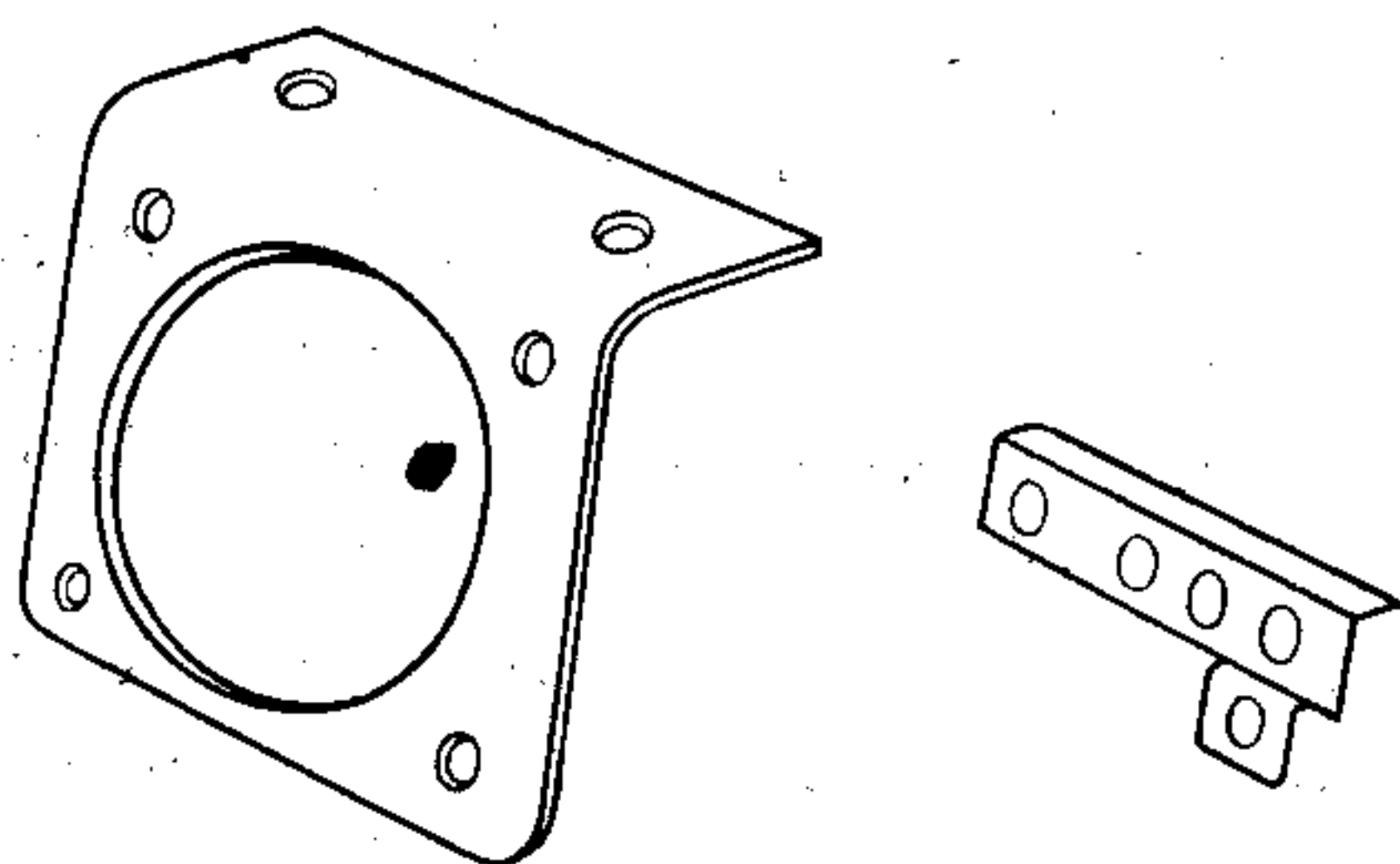


Do typowych usterek w zabudowie przyrządów zalicza się:

- zaginanie rurek przewodów,
- błędne łączenie przewodów,
- dobór nieodpowiednich dajników i termosów,
- nieodpowiednie ustawianie niektórych przyrządów pilotażowych,
- spadanie z uchwytów termosów lub całych tablic (blokowanie sterów),
- pozostawianie otwartych końcówek przewodów, np. po wybudowaniu przyrządu,
- pozostawianie nieszczelności.

Montaż dodatkowych przyrządów powinien odbywać się w sposób zapewniający prawidłowe pilotowanie szybowca i nie zmieniający położenia tablicy pokładowej. Należy pamiętać, że pod wpływem dodatkowego obciążenia zmieniają się warunki amortyzacji tablicy, a także zmienia się jej położenie (zwis), co pociąga za sobą zmianę w regulacji takich przyrządów, jak chyłomierz, horyzont, zakrętomierz lub nawet busola.

Przy montażu dodatkowych przyrządów stosowane są często uchwyty pokazane na rysunku 26. W przypadku takim należy przestrzegać, aby wykonane były one z metalu amagnetycznego (tak jak i śruby mocujące wszystkie



Rys. 26. Uchwyt montażowy do dodatkowego przyrządu pokładowego

przyrządy). Niedopuszczalne jest zabudowywanie dodatkowych przyrządów na uchwytach wymagających np. wiercenia otworów w elementach konstrukcyjnych szybowca.

W niektórych przypadkach może być wymagane, aby zabudowa dodatkowych przyrządów pokładowych wykonywana była na podstawie zatwierdzonej dokumentacji.

APARATY TLENOWE

W sporcie szybowcowym stosowane są wyłącznie indywidualne aparaty tlenowe, oddzielne dla każdego członka załogi szybowca. Do niedawna szybownictwo korzystało wyłącznie z aparatów tlenowych przeznaczonych dla lotnictwa silnikowego, a dokładniej wojskowego. Aparaty takie, budowane z pewnymi odmianami w wielu krajach, nie zaspokajały w pełni potrzeb szybownictwa, a to głównie z powodu swej skomplikowanej konstrukcji, dużej liczby części i znacznego ciężaru. Ostatnie lata przyniosły wiele nowych konstrukcji pomyślanych specjalnie dla potrzeb szybownictwa, a odznaczających się większą prostotą, mniejszym ciężarem i łatwością obsługi.

Zadaniem aparatu tlenowego pilota jest wzbogacenie wdychanego powietrza atmosferycznego w tlen lub dostarczanie czystego tlenu — w przypadku lotu na dużych wysokościach oraz w warunkach awaryjnych. Stosowane są również aparaty tlenowe mogące zwiększać nieznacznie ciśnienie mieszanki podawanej pilotowi w stosunku do ciśnienia atmosfery. Pomimo tego udogodnienia pułap przydatności aparatów tlenowych nie przekracza 12 000 m nad poziom morza i od tej wysokości konieczne jest stosowanie szczelnych skafandrów lub kabin ciśnieniowych.

Aparaty tlenowe dzielą się na aparaty o ciągłym przepływie tlenu oraz na aparaty o przepływie przerywanym, co ma zapewnić bardziej oszczędną gospodarkę zawsze zbyt skąpym zapasem tlenu. Zarówno w jednych, jak i w drugich odmianach aparatów skład mieszanki powietrza atmosferycznego z tlenem jest zmienny wraz z wysokością lotu, przy czym zawartość tlenu w mieszance wzrasta wraz z wysokością. W niektórych przypadkach, w przedziale między 8000 a 12 000 m podawany jest przez aparaty czysty tlen bez powietrza atmosferycznego.

W aparatach bardziej zmechanizowanych regulacja składu mieszanki odbywa się zwykle samoczynnie i jest sterowana zespołem aneroidów, które wraz ze wzrostem wysokości rozprężają się i zamykają stopniowo dopływ powietrza atmosferycznego. Aparaty mniej skomplikowane wymagają ręcznego przełączania urządzenia dawkującego, co wymaga od pilota czujności i absorbuje jego uwagę, gdyż musi on obserwować wskazania wysokościomier-



rza i odpowiednio ustawiać przełącznik regulatora składu mieszanki w odniesieniu do wysokości standard *).

We wszystkich z omawianych tu aparatów obieg tlenu jest otwarty, to znaczy, że zużyty tlen wydychany jest przez specjalny zawór maski do atmosfery. Wydatek tlenu, określany w litrach na minutę, wzrasta wraz z wysokością, a średnio wynosi około 4÷5 litrów na minutę. Do aparatów tlenowych może być stosowany wyłącznie tlen lotniczy, różniący się od tlenu medycznego brakiem pary wodnej, która przy rozprężaniu się tlenu mogłaby powodować obmarzanie zaworów zarówno butli, jak i zaworu redukcyjnego. Zarówno tlen medyczny, jak i lotniczy nie zawierają tlenku węgla, kwasów i zasad.

Tlen lotniczy przechowywany jest w butlach stalowych pod ciśnieniem do 150 kG/cm². W niektórych krajach stosowane są także butle duralowe. Ponieważ ciśnienie tlenu w butli zależy od temperatury otoczenia i wzrasta wraz ze wzrostem temperatury, konieczne jest poznanie tych zależności. Jeżeli na przykład w warunkach przyjętych za normalne, to znaczy w temperaturze +20°C, zostanie naładowana butla do ciśnienia 150 kG/cm², to przy wzroście temperatury ciśnienie tlenu w butli wzrośnie, i odwrotnie przy spadku temperatury zmaleje. Zmiany te zachodzą w sposób przedstawiony w tablicy 6.

Do szybowców zabudowywane są najczęściej jedna lub dwie butle o pojemności dwóch litrów. W szybowcach

Tablica 6

Zależność między temperaturą a ciśnieniem tlenu w butli

Temperatura [°C]	Ciśnienie [kG/cm ²]	Temperatura [°C]	Ciśnienie [kG/cm ²]
+35	158	—10	135
+30	155	—15	132
+25	153	—20	130
+20	150	—25	127
+15	147	—30	124
+10	145	—35	122
+5	142	—40	120
+0	140	—45	117
—5	137	—50	114

*) Wysokość standard — STD — liczona od poziomu morza; ciśnienie 760 mm Hg.

dwumiejscowych lub innych przystosowanych do lotów specjalnych istnieje możliwość zabudowania większej liczby butli. Dwulitrowy zapas tlenu pozwala przeciętnie na jedną godzinę korzystania z aparatu tlenowego. Zależność między objętością butli tlenowych a czasem korzystania z instalacji podana jest w tablicy 7.

Tablica 7

Zależność między objętością butli tlenowych a czasem korzystania z instalacji tlenowej w temperaturze +20°C i średnim zużyciu 4 l/min

Objętość [l]	Ciśnienie tlenu w butli [kG/cm ²]	Obliczeniowe ciśnienie tlenu w butli [kG/cm ²]	Liczba litrów zredukowana do ciśnienia nor- malnego [l]	Bezpieczny czas oddychania przy zużyciu 4 l/min [min]
1	150	120	123	30
2	150	120	246	60
3	150	120	370	90
4	150	120	493	120

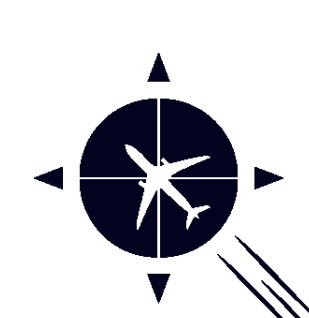
Podane w tablicy 7 ciśnienie obliczeniowe tlenu ustalane jest przez odliczenie, jako zapasu bezpieczeństwa, 30 kG/cm² od pełnego ciśnienia, które wynosi tutaj 150 kG/cm². Za ciśnienie normalne przyjmuje się ciśnienie atmosferyczne 760 mm Hg w temperaturze +20°C.

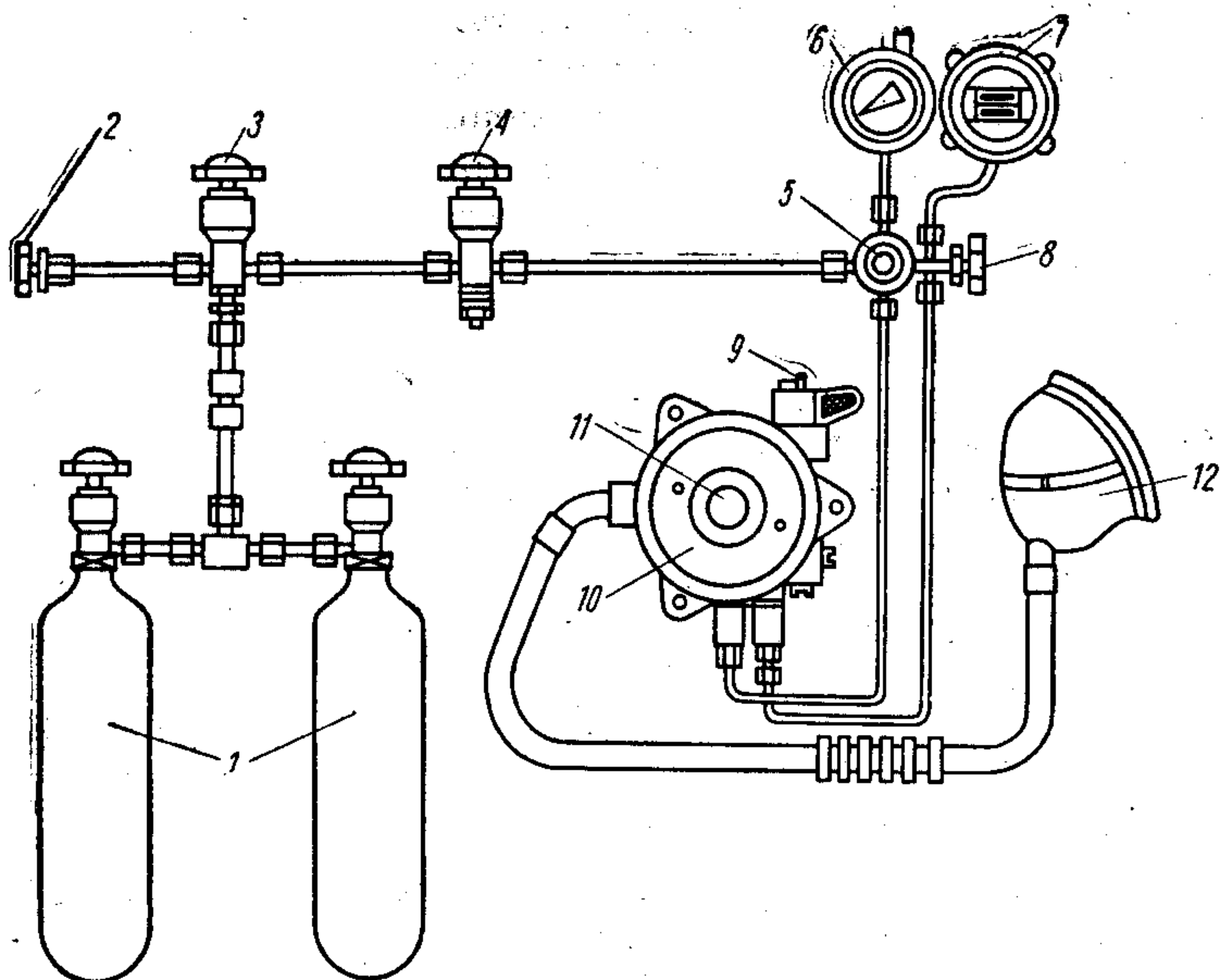
Aparat tlenowy KP-18 (UT-12)

Aparaty o przerywanym przepływie tlenu reprezentowane są w naszym szybownictwie przez aparat typu KP-18 (UT-12). Ogólny układ instalacji tego aparatu pokazany jest na rysunku 27.

Charakterystyka aparatu tlenowego KP-18:

- pułap użytkowania — 12 000 m,
- średnie zużycie tlenu przy +15°C i 760 mm Hg — 4 l/min,
- zużycie tlenu przy przepływie ciągłym — 8÷10 l/min,
- regulacja składu powietrze-tlen samoczynna,
- zasilanie czystym tlenem włączane samoczynnie od 8000 m,
- ciągły przepływ tlenu — włączany ręcznie zaworem awaryjnym,
- reduktor tlenu — jednostopniowy 150/10 kG/cm².





Rys. 27. Schemat montażu instalacji aparatu tlenowego typu KP-18
 1 — butle, 2 — końcówka do ładowania, 3 — zawór do ładowania, 4 — zawór pokładowy (odcinający), 5 — reduktor ciśnienia, 6 — manometr, 7 — wskaźnik przepływu, 8 — zawór bezpieczeństwa, 9 — zawór odcinający powietrze atmosferyczne, 10 — aparat tlenowy, 11 — aneroidy sterowania składu mieszanki, 12 — maska

Instalacja aparatu tlenowego KP-18, pokazana na rysunku 27, składa się z następujących części składowych:

- 1 — stalowe butle do tlenu 2 × 2 litry,
- 2 — końcówka do ładowania tlenu do butli,
- 3 — zawór do ładowania tlenu do butli,
- 4 — zawór pokładowy do uruchamiania aparatu,
- 5 — reduktor ciśnienia typu KR-14 A,
- 6 — manometr tlenu — wskazuje ciśnienie panujące w butli,
- 7 — wskaźnik przepływu tlenu,
- 8 — zawór bezpieczeństwa,
- 9 — zawór do odcinania powietrza atmosferycznego,
- 10 — aparat tlenowy, tzw. mieszalnik lub inhalator,
- 11 — aneroidy samoczynnego sterowania składu mieszanki powietrze-tlen,
- 12 — maska pilota.

Butle tlenowe wykonywane są z wysokogatunkowej stali i mają kształt cylindryczny; pojemność 2 lub 4 litry. Z zewnątrz pomalowane są na kolor niebieski (tlen). W górnej części każdej butli umieszczony jest zawór butli,

a na szyjce wybite są znaki podające numer fabryczny butli, datę produkcji, ciśnienie robocze, ciśnienie kontrolne oraz daty bieżących kontroli okresowych, jakim poddawane są butle w ustalonych odstępach czasu.

W celu zabezpieczenia wnętrza butli przed szkodliwym działaniem korozji zabronione jest opróżnianie butli poniżej ciśnienia 10 kG/cm² i to zarówno podczas składowania, jak i w okresie użytkowania butli.

Podczas użytkowania butli tlenowych obowiązują następujące zasady:

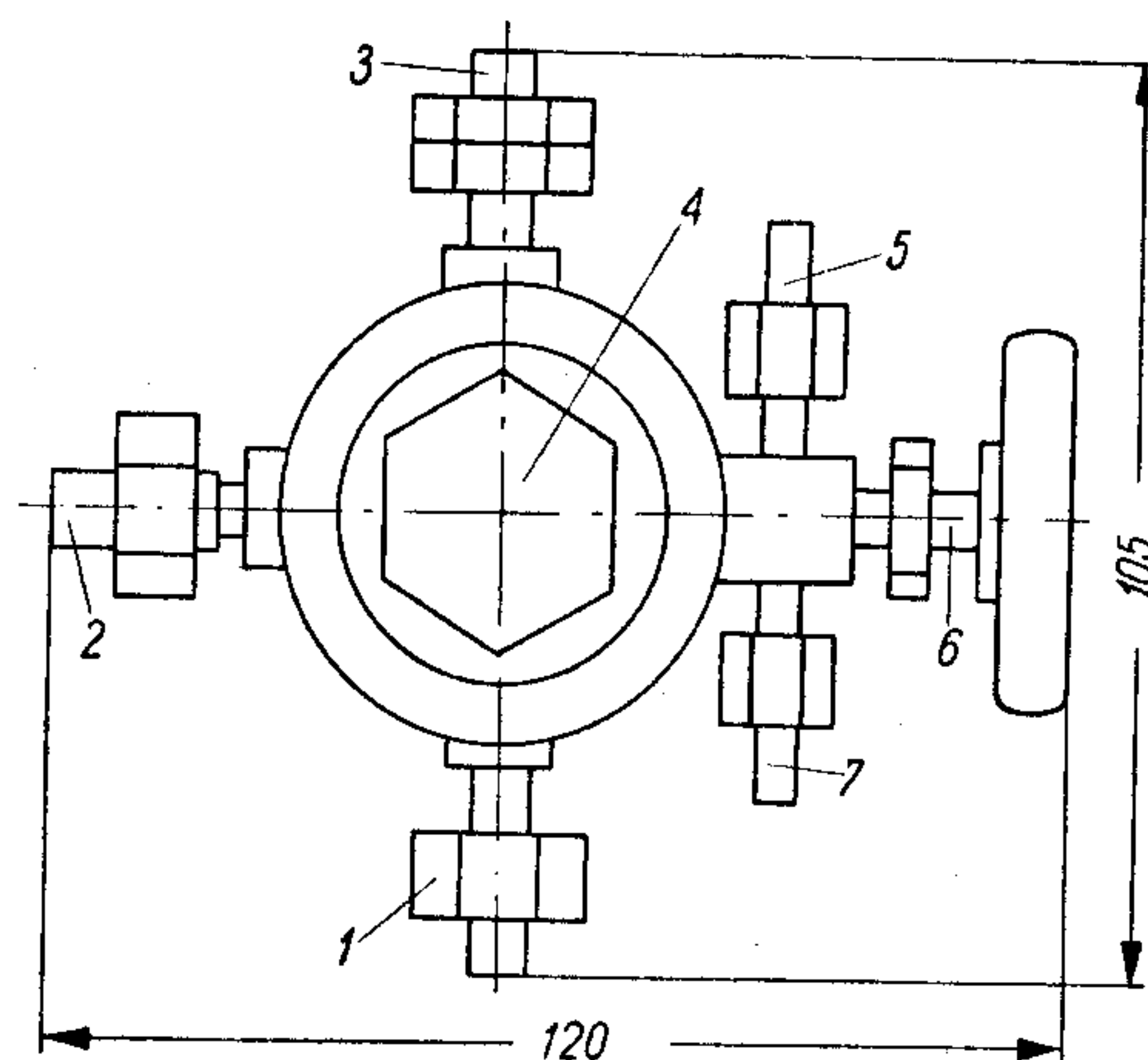
- nie wolno butli rzucać — zwłaszcza na mrozie,
- nie wolno uderzać butli i ich zaworów twardymi przedmiotami,
- nie wolno rozładowywać butli poniżej ciśnienia 10 kG/cm²,
- nie wolno zatłuszczać butli i ich zaworów, gdyż grozi to wybuchem,
- do sprawdzania szczelności butli i zaworów należy stosować wodę mydlaną (woda z rozpuszczonym mydłem tworzącym bańki),
- do przemywania części instalacji, także zaworu butli, należy stosować spirytus rektyfikowany.

Zarówno końcówka do ładowania, jak i zawór do ładowania oraz zawór odcinający, zwany też zaworem pokładowym, powinny być utrzymywane w stanie czystym; niedopuszczalne jest smarowanie ich tłuszczem, a nawet dotykanie zatłuszczonymi szmatami czy narzędziami. Urządzenia te wykorzystywane są do ładowania butli tlenem z przenośnych agregatów lub butli lotniskowych bez potrzeby wybudowywania butli z szybownia.

Reduktor ciśnienia typu KR-14 A przeznaczony jest do zmniejszania ciśnienia tlenu bezpośrednio przed doprowadzeniem tlenu do mieszalnika, w którym tlen łączy się z powietrzem atmosferycznym. W tym celu reduktor wyposażony jest w jednostopniowy zawór redukujący ciśnienie tlenu do około 10 kG/cm². Ogólny wygląd tego reduktora pokazany jest na rysunku 28. Z boku reduktora zabudowany jest zawór bezpieczeństwa, za pomocą którego można spowodować ciągły przepływ tlenu z reduktora do maski z pominięciem zaworu dawującego, znajdującego się wewnątrz mieszalnika.

Manometr tlenu wskazuje pełne ciśnienie tlenu, jakie panuje w butlach i instalacji przed zaworem redukcyjnym. Manometr zaczyna wskazywać po otwarciu zaworu pokładowego. Podstawowym elementem manometru jest

sprężysta rurka metalowa zwinięta półokręźnie (rurka Bourdona), która ma właściwość odkształcania się pod wpływem wzrostu ciśnienia. Jeden z końców rurki ma swobodę poruszania się, toteż podczas odkształcania się elementu porusza on poprzez układ przekładni wskazówkę manometru.



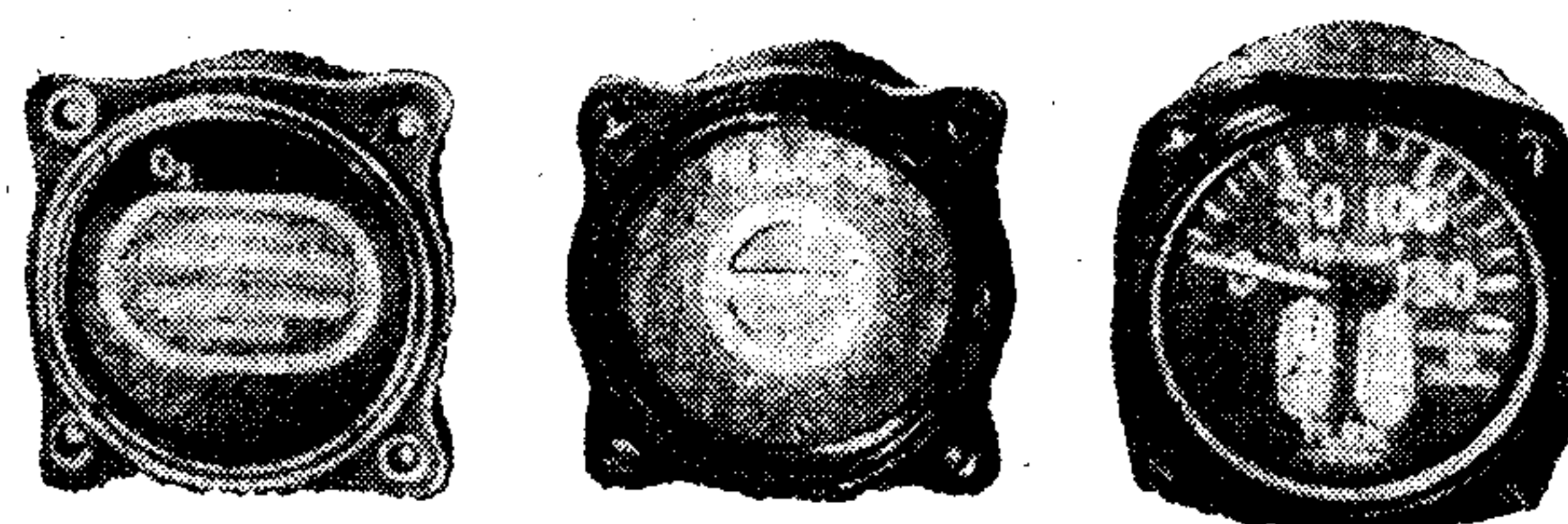
Rys. 28. Reduktor tlenu z zaworem awaryjnym

1 — końcówka wyjściowa tlenu o ciśnieniu 9 kG/cm² łącząca reduktor z aparatem tlenowym, 2 — końcówka doprowadzająca tlen z butli pod ciśnieniem 150 kG/cm², 3 — końcówka do przyłączania manometru tlenu, 4 — śruba regulacyjna sprężyny reduktora, 5 — końcówka do przyłączania wskaźnika przepływu tlenu, 6 — zawór bezpieczeństwa, 7 — końcówka łącząca zawór bezpieczeństwa z aparatem tlenowym

Wskaźnik przepływu tlenu służy do sygnalizowania pilotowi przepływu tlenu przez mieszalnik do maski. Pracuje on pod zredukowanym ciśnieniem z częstotliwością oddechu pilota. Na tarczy tego przyrządu widoczne są podłużne okienka. Okienka te zamykają się przy wdechu i odsłaniają przy wydechu, sygnalizując o prawidłowym przepływie dawek mieszanki przez mieszalnik do maski pilota. Przy włączeniu ciągłego przepływu tlenu okienka wskaźnika tlenu pozostają w pozycji zamkniętej.

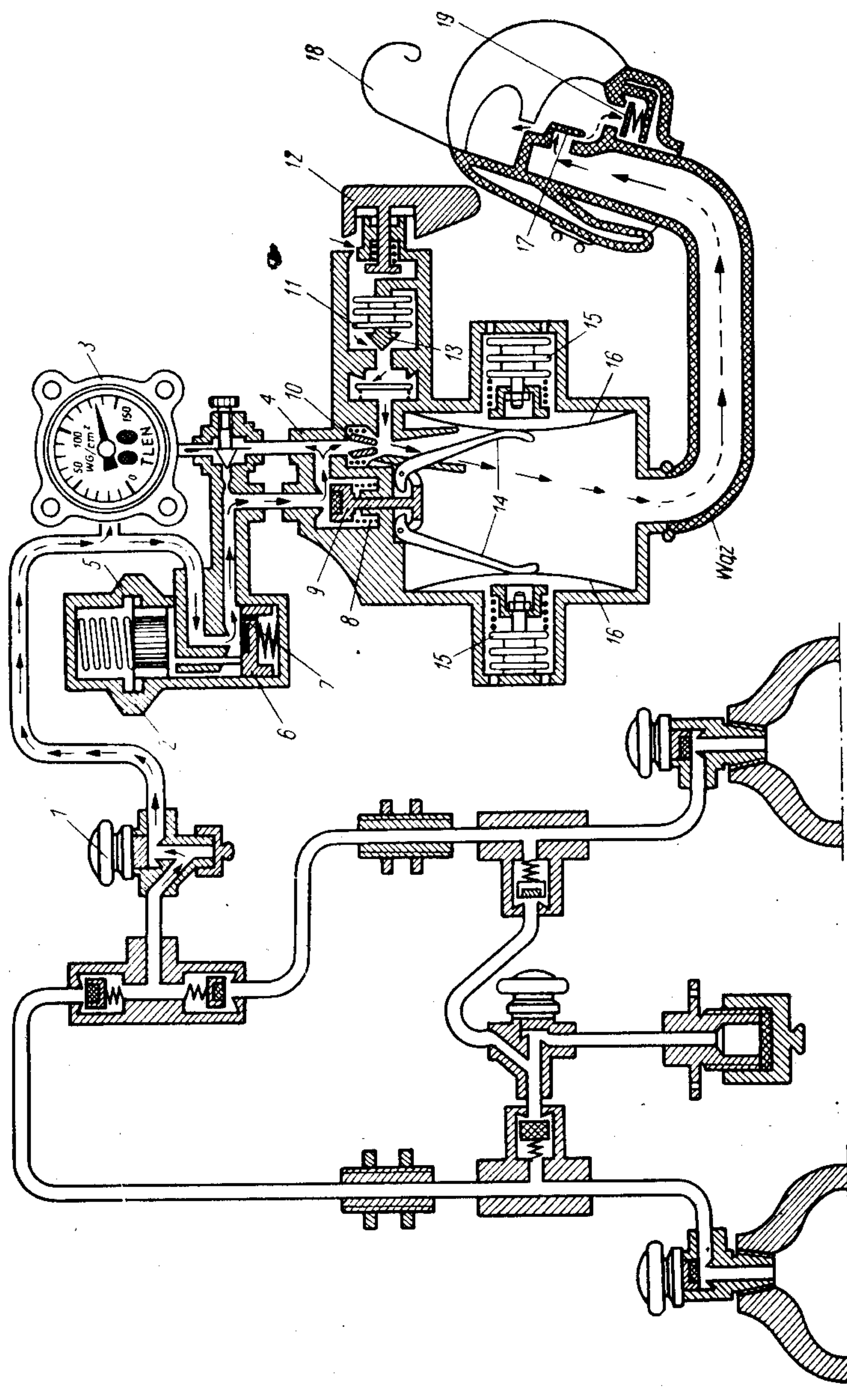
Zarówno manometr tlenu, jak i wskaźnik przepływu wykonane są w kształcie znormalizowanych puszek przyrządowych o średnicy 57 mm, co pozwala na zabudowywanie ich na tablicach przyrządów pokładowych. W celu zaoszczędzenia ciężaru wyposażenia i miejsca oba te przyrządy budowane są także w postaci zespolonej, w jednej obudowie (typ IK-18). Tego rodzaju wskaźniki przepływu tlenu pokazane są na rysunku 29.

Zasadę pracy aparatu KP-18 wyjaśnia schemat instalacji przedstawiony na rysunku 30. Z chwilą otwarcia zaworu pokładowego 1 tlen dostaje się z butli do komory wysokiego ciśnienia reduktora 2 oraz do manometru 3. Wskazówka manometru wskazuje wtedy ciśnienie tlenu na wlocie do reduktora. W komorze niskiego ciśnienia reduktora i na wlocie do mieszalnika 4, przed zaworem automatu dawkującego, wytworzone jest ciśnienie 10 kG/cm², na które wyregulowany jest reduktor.



Rys. 29. Wskaźniki przepływu tlenu oraz wskaźnik z manometrem

Pod wpływem zredukowanego ciśnienia przepona 5 reduktora odkształca się do góry, a zawór 6 pod działaniem sprężyny 7 zamknie gniazdo przerywając wzrost ciśnienia i dalszy dopływ tlenu do mieszalnika 4. Podczas wdechu wytwarza się w masce podciśnienie, w związku z czym zawór wlotowy 7 otwiera się, co właśnie przedstawione jest na rysunku 30. Wytworzone w ten sposób podciśnienie rozprzestrzenia się aż do obudowy mieszalnika, gdzie obie przepony 16 odkształcają się do wewnątrz naciskając na dźwignie 14 i powodując przez to otwarcie automatu dawkującego (zawór 9). Przez wytworzoną w ten sposób szczelinę między zaworkiem i jego gniazdkiem przepływa tlen do wnętrza mieszalnika. Gdy tlen wypełni wnętrze mieszalnika, zmniejsza się ciśnienie pod przeponą reduktora i sprężyna odgina przeponę 5 do dołu i przez popychacz otwiera zawór reduktora 6. Tlen z reduktora przepływa do mieszalnika przez zawór automatu dawkującego. Wypływający z zaworu automatu dawkującego tlen dostaje się kanałami w dwóch kierunkach, a mianowicie do wskaźnika przepływu 3 oraz do dyszy 10. Ten impuls tlenu powoduje ruch w okienkach wskaźnika. Wypływający z dyszy 10 strumień tlenu ma znaczną prędkość, toteż powoduje on powstanie podciśnienia, pod wpływem którego ciśnienie atmosferyczne otwiera zawór zwrotny automatu dopływu powietrza i powietrze z automatu miesza się z tlenem. Powstała w ten



Rys. 30. Schemat pracy instalacji KP-18 (w chwili wykonywania wdechu)

1 — zawór pokładowy, 2 — reduktor KR-14 A, 3 — manometr — wskaźnik przepływu, 4 — aparat KP 18, 5 — przepona reduktora, 6 — zawór reduktora, 7 — sprężyna zaworu, 8 — sprężyna, 9 — zawór automatu dawkującego, 10 — dysza tlenowa, 11 — aneroid automatu dopływu powietrza, 12 — wyłącznik dopływu powietrza, 13 — grzybek zaworu dopływu powietrza, 14 — dźwignie, 15 — aneroidy mechanizmu nadciśnienia, 16 — elastyczne przepony mieszalnika, 17 — zawór ssący maski, 18 — maska, 19 — zawór wydechowy maski

sposób mieszanka powietrze-tlen wędruje do maski pilota.

Podczas wydechu wzrasta ciśnienie wewnątrz maski, wskutek czego grzybek zaworu wlotowego 17 zamyka się, otwiera się natomiast odwrotnie ustawiony zaworek wydechowy 19 wypuszczając powietrze do atmosfery. Podczas wydechu następuje wyrównanie ciśnienia mieszalnika z ciśnieniem atmosferycznym, wskutek czego przepony 16 i umocowane do nich dźwignie 14 rozchodzą się pod działaniem sprężyny 8, a zawór automatu dawkującego zamyka gniazdo. Dopływ tlenu do mieszalnika zostaje przerwany, a ciśnienie w reduktorze wyrównuje się do wartości 10 kG/cm², zaś zawór reduktora 6 zamyka gniazdo.

Opisany tu cykl pracy powtarza się przy każdym wdechu i wydechu. Z chwilą umyślnego otwarcia zaworu awaryjnego (rysunek 27, 8) tlen przedostaje się do dyszy 10 przez końcówkę wskaźnika z pominięciem zaworu 9 automatu dawkującego. Tlen płynie teraz ciągłym strumieniem, stąd też zawór 6 jest cały czas otwarty, a wskaźnik przepływu wskazuje nieprzerwanie przepływ tlenu.

Jeżeli zostanie zamknięty przez pilota wyłącznik powietrza 12, to maska pilota zasilana jest wtedy tylko czystym tlenem. Z urządzenia tego przy szybowcowym zastosowaniu aparatu nie korzysta się.

Mieszalnik KP-18 wyposażony jest w dwa samoczynne urządzenia sterowane puszkami aneroidowymi. Pierwsze z nich to automat dopływu powietrza 11 służący do regulacji składu mieszanki tlen-powietrze zależnie od wysokości lotu. Poprzez automat ten dopływa powietrze atmosferyczne, a jego przepływ wywołany jest podciśnieniem powstałym wewnątrz mieszalnika podczas wdechu. W miarę nabierania wysokości aneroid rozszerza się przysłaniając stopniowo prześwit gniazda zaworu 13. Poczynając od wysokości około 8000 m grzybek zaworu zamyka gniazdo odcinając w ten sposób dopływ powietrza z atmosfery. W układzie takim aparat pracuje dalej z przerwami, lecz dostarcza do maski jedynie czysty tlen.

Podczas schodzenia z wysokości aneroidy stopniowo kurczą się i poniżej wysokości 8000 m odsłaniają prześwit gniazda, przez które powietrze może z powrotem dostawać się do mieszalnika. Drugie z samoczynnych urządzeń to mechanizm nadciśnienia 15 służący do wytwarzania nadciśnienia tlenu w mieszalniku. Urządzenie to może być ustawiane na różne wysokości, zależnie od

charakteru pracy aparatu na statku powietrznym. Ze wzrostem wysokości lotu aneroidy 15 rozprężają się oddziałując na elastyczne przepony mieszalnika 16 wykonane z nagumowanej tkaniny. Pod wpływem odkształcania się przepon następuje ruch dźwigni 14, identycznie jak podczas wykonywania wdechu. Ruch ten powoduje częściowe otwarcie zaworu 8, wskutek czego tlen dopływa do mieszalnika, a tym samym i do maski w sposób ciągły, stwarzając w układzie pewne nadciśnienie. Nadciśnienie to wzrasta wraz z wysokością lotu aż do wartości 30÷40 mm słupa wody.

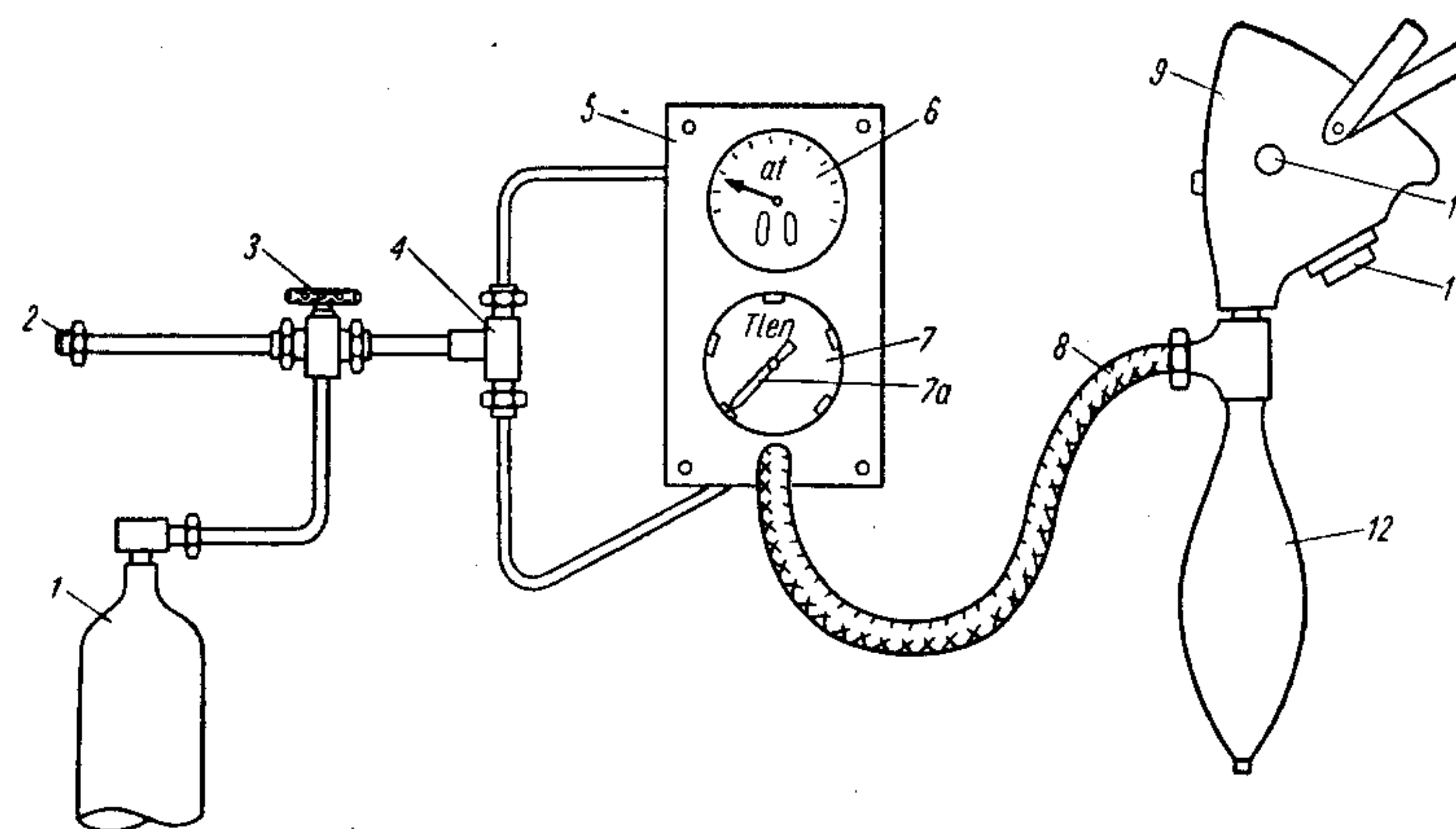
Ponieważ pod wpływem tego nadciśnienia mogłoby nastąpić wydzielanie się mieszanki poprzez zawór wydechowy maski pilota, w zaworze tym jest wbudowana odpowiednio wzmocniona sprężynka, zapewniająca ścisłe przyleganie zaworka do gniazda. W tego rodzaju sprężynki wyposażone są maski KM-14 A lub KM-16 A.

Posługując się nieznany egzemplarzem aparatu KM-18 należy mieć na uwadze możliwość włączenia się mechanizmu nadciśnienia już od wysokości 4500 m. Dlatego też zawór pokładowy należy otwierać bezpośrednio przed uruchomieniem instalacji, a nie na ziemi przed rozpoczęciem lotu, gdyż w przeciwnym razie może nastąpić duża strata zapasu tlenu wskutek uchodzenia przez maskę do atmosfery.

Aparat tlenowy SAT-5

Aparat tlenowy SAT-5 należy do aparatów o ciągłym przepływie tlenu. Jest to aparat przystosowany specjalnie do potrzeb szybownictwa z możliwością użytkowania do wysokości 12 000 m. Ogólny układ instalacji tego aparatu przedstawiony jest na rysunku 31.

Dzięki zastosowaniu przy masce pilota elastycznego woreczka gumowego, aparat SAT-5, pomimo ciągłego przepływu tlenu, odznacza się ekonomicznym zużyciem zapasu tlenu. Aparat podaje mieszaninę tlenu z powietrzem atmosferycznym, przy czym procentowy skład tej mieszanki jest sterowany ręcznie prostym urządzeniem mechanicznym za pomocą regulacji skokowej. Wymaga to jednak od pilota stałej czujności i obserwowania wskazań wysokościomierza, gdyż wraz ze zmianami wysokości konieczne jest odpowiednie przestawienie pokrętła regulatora. Niedogodność ta obniża jednak stopień zmechanizowania i skomplikowania samego urządzenia, a tym sa-



Rys. 31. Instalacja aparatu tlenowego typu SAT 5

mym powinna wpłynąć na zwiększenie pewności jego działania.

Charakterystyka aparatu SAT-5:

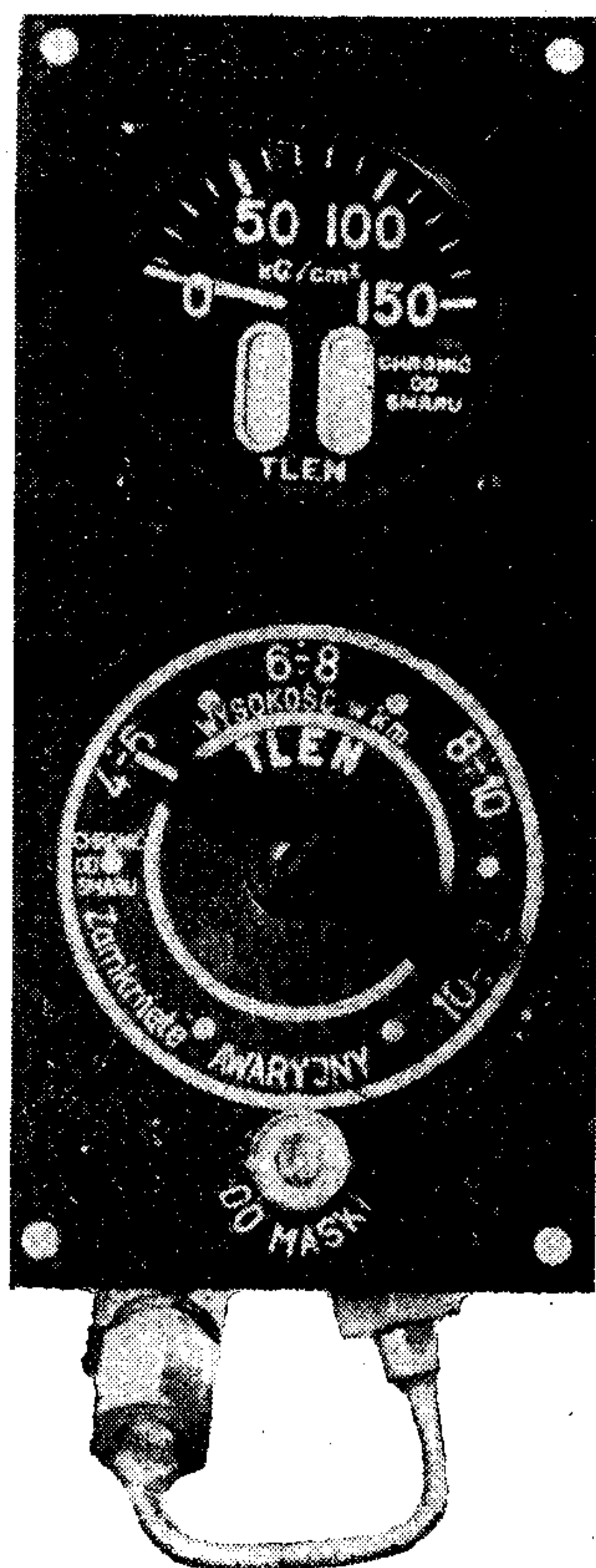
- pułap użytkowania — 12 000 m,
- zużycie tlenu od 1,4 l/min zależnie od wysokości lotu,
- zużycie tlenu przy zasilaniu awaryjnym — od 9 do 14 l/min,
- regulacja składu mieszanki mechaniczna — skokowa,
- zasilanie czystym tlenem od wysokości 10 000 m,
- czas rozładowania czterolitrowego zapasu tlenu na wysokości 6000 m — 4 godziny.

Pokazana na rysunku 31 instalacja składa się z następujących części:

- 1 — butla (butle) stalowa do tlenu,
- 2 — końcówka do ładowania tlenu,
- 3 — zawór pokładowy KW-2M do uruchamiania aparatu,
- 4 — rozgałęźnik (trójnik),
- 5 — urządzenie dawkujące typu UD-1,
- 6 — manometr i wskaźnik przepływu tlenu,
- 7 — tarcza nastawna regulatora tlenu RT-1 z zakresami wysokości,
- 7a — pokrętło przełącznika składu mieszanki,
- 8 — giętki wąż gumowy do maski,
- 9 — maska pilota,
- 10 — zawór wdechowy maski,
- 11 — zawór wydechowy maski,
- 12 — woreczek gumowy.



Urządzenie dawkujące aparatu SAT-5 (rys. 32) składa się z dwóch oddzielnych części, a mianowicie manometru i wskaźnika przepływu tlenu oraz z zasadniczego urządzenia dawkującego RT-1.

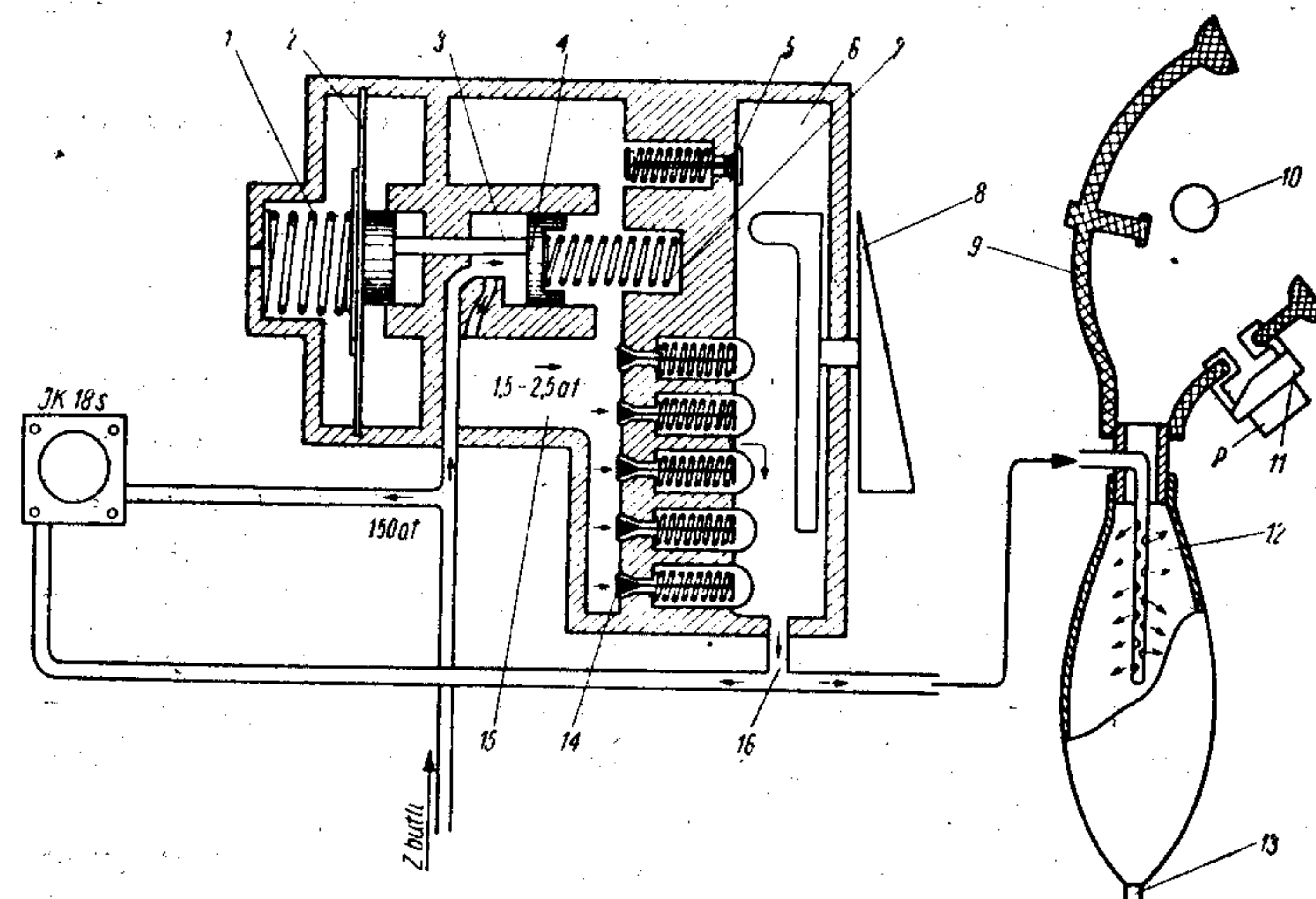


Rys. 32. Urządzenie dawkujące aparatu tlenowego

Regulator RT-1 służy do redukcji ciśnienia tlenu do wartości $1,5 \text{ kG/cm}^2$, jak też do regulacji wydatku tlenu. Na uwagę zasługuje nieznaczny ciężar tego urządzenia nie przekraczający $1,5 \text{ kG}$.

Działanie aparatu SAT-5 jest następujące (rys. 33). Dopływający z butli tlen doprowadzany jest do suwaka 4, który w tym czasie odsunięty jest od gniazda korpusu sprężyną regulacyjną 1 i popychaczami 3. Dopływający tlen powoduje w komorze korpusu 15 wzrost ciśnienia i działając na przeponę gumową 2 ściska sprężynę 1.

Gdy ciśnienie wzrośnie do wartości około $1,5 \text{ kG/cm}^2$, suwak 4 zostaje dociśnięty do gniazda sprężyną 7 i dal-



Rys. 33. Schemat działania aparatu tlenowego typu SAT 5

szy dopływ tlenu zostaje przerywany. Skoro ciśnienie tlenu obniży się poniżej wartości $1,5 \text{ kG/cm}^2$ z powodu otwarcia dyszki 14, to siła ściskająca sprężynę zmaleje i ta rozprężając się przesunie suwak 4 otwierając w ten sposób dopływ tlenu do komory reduktora i powodując ponowne zredukowanie jego ciśnienia.

Z komory reduktora dostaje się tlen, już pod zredukowanym ciśnieniem, do komory dozującej 6. Tlen przepływa do tej komory przez odpowiednią dyszę 14, której dobór zależy od wysokości lotu. Odpowiednią dyszkę włącza się za pomocą pokrętła 8. Skoro pokrętło ustawione jest w położeniu „zamknięte”, to przepływ tlenu jest wtedy odcięty. Każda z dyszek dozujących 14 składa się z kalibrowanego gniazda i zaworu dozującego. Wielkość przekroju każdej dyszki związana jest z określoną wysokością lotu oznaczoną w odpowiednim miejscu na tarczy RT-1. Łączna liczba dyszek dozujących wynosi pięć, co odpowiada oznaczeniom tarczy regulatora.

Zgromadzony w komorze dozującej 6 tlen wypływa końcówką 16 do rozgałęźnika, a z niego do maski tlenowej i wskaźnika przepływu tlenu.

Urządzenie dawkujące UD-1 wyposażone jest w zawór bezpieczeństwa 5 chroniący instalację przed nadmiernym wzrostem ciśnienia w komorze reduktora, co może mieć miejsce, gdy przy otwartym zaworze pokładowym (a więc uruchomionym aparacie) zostanie ustawione pokrętło regulatora w położenie „zamknięte” lub też gdy ma miej-

sce złe przyleganie grzybka zaworu do gniazda, np. „zawieszenie” grzybka przez zanieczyszczenia.

Maska pilota 9 jest maską szczelną, toteż wymaga dokładnego dopasowania do twarzy pilota jeszcze przed rozpoczęciem lotu. Od strony wewnętrznej maska jest wyklejona skórą zamszową, która zapobiega przymarzaniu jej do twarzy i chroni twarz przed bezpośrednim kontaktem z gumą. Maska wyposażona jest w dwa zawory, a mianowicie zawór wdechowy 10 oraz zawór wydechowy 11 umieszczony w dolnej części maski. Dopływający z komory dozowania tlenu dostaje się przewodem giętkim do zawieszono pod maską worka gumowego 12 i wypełnia go. Podczas procesu wdechu zawarty w worku tlen dostaje się do płuc pilota. Jednocześnie zasysane zostaje powietrze atmosferyczne, które miesza się w masce z tlenem.

Podczas procesu wydechu zużyte powietrze wydalone zostaje do atmosfery przez zawór wydechowy 11, a część jego wtłoczona jest z powrotem do worka, gdzie miesza się z czystym tlenem. W ten sposób podczas wdychania pilot zasysa mieszanek tlenu z powietrzem świeżym i częściowo zużytym. Ilość powietrza zasysanego z atmosfery reguluje się pokrętkiem przy zaworze wdechowym, za pomocą którego odcina się też całkowicie dopływ powietrza podczas lotu na wysokościach powyżej 8000 m (pokrętko dokręcone do oporu w prawo).

Umieszczony w dolnej części worka korek 13 służy do usuwania skroplonej pary wodnej, którą to czynność wykonuje się po każdym locie wysokościowym.

Rozdział 5

INSTALOWANIE APARATÓW TLENOWYCH W SZYBOWCACH

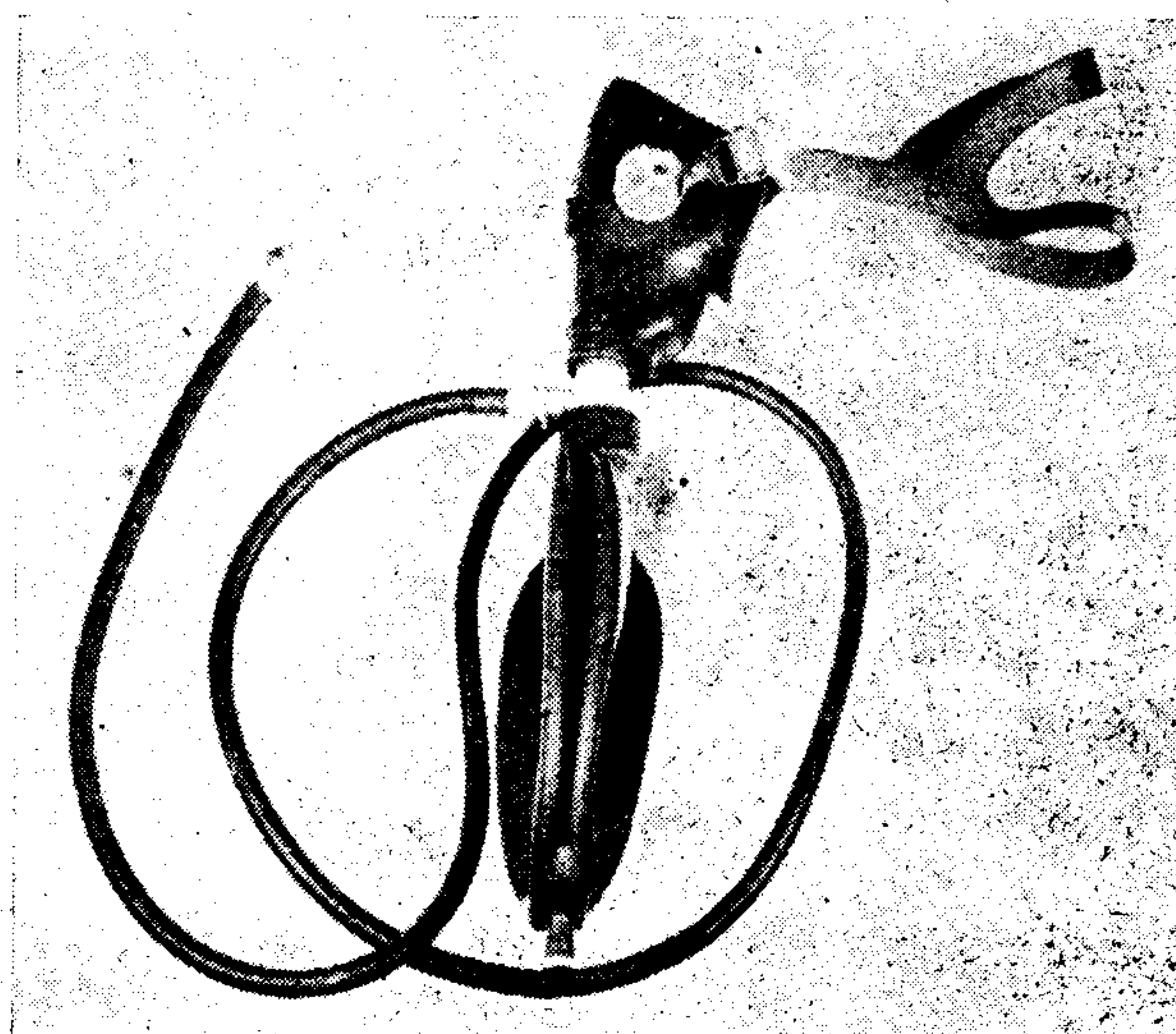
Aparaty tlenowe mogą być instalowane tylko w tych szybowcach, które są dopuszczone do wykonywania lotów wysokościowych. Najczęściej wiąże się to z dopuszczeniem szybowców do lotów chmurowych. Aparat tlenowy powinien być instalowany w oparciu o zatwierdzoną dla danego typu szybowca i danego aparatu dokumen-

tację techniczną (od niedawna dokładne schematy zabudowy aparatów tlenowych podawane są w instrukcjach obsługi technicznej szybowca).

Sposoby zabudowywania aparatów są różne dla poszczególnych typów szybowców, co spowodowane jest najczęściej różnym rozmieszczeniem elementów wyposażenia i wynikającą stąd kwestią wolnego miejsca oraz koniecznością zachowania odpowiedniego położenia środka ciężkości szybowca. W każdym przypadku jednak instalacje aparatów tlenowych są tak pomyślane, aby pilot miał podczas lotu dostęp do zaworu pokładowego, wyłączników, pokręteł itp. oraz aby mógł obserwować wskazania przyrządów kontrolnych. Butle wbudowuje się zawsze zaworem do góry, gdyż takie położenie zapewnia sprawną pracę zaworu i zapobiega jego ewentualnemu zamarzaniu w przypadku gdyby wewnątrz butli znajdowała się para wodna.

Maski do oddychania, które powinny się odznaczać idealną czystością, należy przechowywać w odpowiednich umocowaniach w postaci bocznych kieszeni umieszczonych na burtach kabiny.

Sztywne przewody instalacji, pracujące zwykle pod dużym ciśnieniem, powinny być chronione przed możliwością zagniecenia lub uderzenia, np. butem podczas wsiadania i wysiadania pilota z kabiny. Podczas dokręcania złączy należy zwracać uwagę, aby nie ukrećić mało od-



Rys. 34. Maska tlenowa aparatu SAT-5

Zespół butli zaopatrzony jest w końcówkę do ładowania wyprowadzoną w prawym bagażniku w sposób zapewniający ładowanie tlenu bez konieczności wybudowywania butli. Pomiedzy końcówką a butlami umieszczony jest zawór zwrotny (jednokierunkowy). Przed rozpoczęciem ładowania konieczne jest otwarcie zaworu każdej ładowanej butli (w praktyce wszystkich razem).

Jeżeli lot ma się odbyć bez pasażera, to otwarcie zaworów butli powinno nastąpić przed lotem, gdyż są one niedostępne z miejsca pilota. Jeżeli w drugiej kabinie leci pasażer, to zawory może otworzyć pasażer podczas lotu, gdyż ma do nich dostęp. W zasadzie podczas korzystania z tlenu powinny być otwarte zawory wszystkich naładowanych butli.

Rozdział 6

EKSPLOATACJA APARATÓW TLENOWYCH

Utrzymanie aparatów tlenowych

Instalacje aparatów tlenowych, a zwłaszcza złącza, zawory i butle, powinny być utrzymywane w idealnej czystości. Szczególnie należy je chronić przed zetknięciem z tłuszczami, gdyż te w połączeniu z tlenem grożą wybuchem i pożarem. Z tych też względów wymagane jest w zasadzie wybudowywanie butli na okres składowania szybowców. Prace związane z obsługą instalacji tlenowej, a zwłaszcza ładowanie butli, powinny być wykonywane na wolnym powietrzu.

Do przemywania części instalacji, w celu zapewnienia całkowitego usunięcia tłuszczów, stosuje się czysty spiryтус rektyfikowany.

Giętki przewód łączący aparat z maską oraz maskę należy chronić przed deformacją i zagnieceniami. W celu ochrony przed zanieczyszczeniem zalecane jest przechowywanie maski w ochronnym woreczku, np. foliowym, wraz z którym można włożyć maskę do bocznej kieszeni na burcie kabiny.

Uzupełnianie instalacji tlenem. Obliczanie zapasu tlenu wymaga ustalenia liczby litrów tlenu przy ciśnieniu

Tablica 8

Porównawcze zestawienie wyposażenia tlenowego szybowców

Typ szybowca	Typ aparatu tlenowego	Liczba butli	Całkowita pojemność butli w l	Uwagi
„Mucha Standard”	KP-18	1	2	
	SAT-5	1+1	4+4	
„Foka 4 — C”	KP-18	1	2	inna nazwa UT-12
„Foka 4 — A”	KP-18	2	4	
„Bocian ID”	KP-18	4	8	
„Bocian ID, E”	SAT-5	4	12	2+4 1 2×2 1
„Kobuz 3”	SAT-5	1	2	tylko w wersji wyczynowej

zredukowanym do ciśnienia normalnego. W myśl prawa Boyle-Mariotta objętość gazów jest odwrotnie proporcjonalna do ich ciśnienia. Jeżeli więc w dwulitrowej butli zostanie sprężony tlen do ciśnienia wynoszącego 150 kG/cm², to po zredukowaniu do warunków normalnych otrzymujemy $2 \times 150 = 300$ litrów tlenu. Po odliczeniu rezerwy 10 kG/cm² do dyspozycji pilota pozostaje $2 \times 140 = 280$ litrów tlenu, co przy średnim zużyciu np. 4 l/min pozwoli na $(280 : 4 = 70)$ minut korzystanie z instalacji tlenowej przez 70 minut. Przy zapasie tlenu poniżej 80 kG/cm² uważa się instalację za nie przygotowaną do wykonania lotu wysokościowego.

Tlen można ładować z dużej butli lotniskowej lub za pomocą specjalnego agregatu do przepompowywania tlenu. Bez względu na to, czy tlen ładowany jest do butli wbudowanych do szybowca czy też wybudowanych, czynności z tym związane ze względów bezpieczeństwa powinny odbywać się poza hangarem.

Przed przystąpieniem do ładowania należy przekonać się, czy obie z łączonych części są czyste. Praktykowane jest np. chwilowe otwarcie zaworu butli lotniskowej w celu przedmuchania jej zaworu. Po połączeniu przewodu łączącego butlę lotniskową z instalacją pokładową szybowca konieczne jest otwarcie indywidualnych zaworów butli. Zawór pokładowy tak jest skonstruowany, że



zapewnia drożność na odcinku butla lotniskowa — butla pokładowa. W tym celu wmontowany jest w nim odpowiedni zawór zwrotny przepuszczający tlen w kierunku oznaczonym strzałką, która znajduje się na korpusie zaworu.

Podczas ładowania zawór pokładowy powinien być zamknięty. W zasadzie butla lotniskowa powinna być wyposażona we własny manometr, gdy jednak przyrządu tego brak, konieczne jest otwarcie zaworu pokładowego, który wskaże ciśnienie panujące w instalacji. Wyjątek stanowi tu aparat tlenowy SAT-5, w którym pod wpływem wzrastającego ciśnienia może nastąpić otwarcie zaworu bezpieczeństwa (rys. 33, 5).

Zawór butli lotniskowej należy otwierać ostrożnie i stopniowo. Tlen ładuje się do ciśnienia odpowiadającego aktualnie panującej temperaturze zewnętrznej (tabl. 6). Po ukończeniu ładowania i odłączeniu butli lotniskowej niezwłocznie należy zaślepić końcówkę instalacji szybowcowej odpowiednią nakrętką.

W przypadku instalacji tlenowej szybowca „Foka SZD 24-C”, która pozbawiona jest zaworu pokładowego, końcówka do ładowania wyposażona jest w jednokierunkowy zawór pozwalający na przepływ tlenu w kierunku od butli lotniskowej do instalacji pokładowej szybowca.

Przygotowanie instalacji tlenowej do lotu. Przed każdym lotem wysokościowym należy:

- ustalić ilość tlenu potrzebną do bezpiecznego wykonania zamierzonego lotu,
- sprawdzić zapas tlenu w butlach przy uwzględnieniu temperatury otoczenia (tzn. odczytać ciśnienie i policzyć butle w instalacji),
- przeprowadzić zewnętrzny przegląd instalacji usuwając z jej powierzchni czystą szmatką wszelkie zanieczyszczenia,
- sprawdzić, czy umocowania elementów instalacji nie wykazują uszkodzeń, wgnieceń, pęknięć itp.,
- sprawdzić szczelność instalacji zarówno wysokiego, jak i zredukowanego ciśnienia,
- sprawdzić pracę aparatu tlenowego, działanie wskaźnika przepływu przy wdechu i wydechu oraz przy przepływie awaryjnym,
- sprawdzić szczelność przylegania maski do twarzy i regulację taśm mocujących.

Jeżeli sprawdzeniu przedlotowemu podlega aparat tlenowy typu SAT-5, to konieczne jest sprawdzenie pracy

aparatu przy kolejnym przełączaniu pokrętła regulatora na poszczególne oznaczenia podziałki.

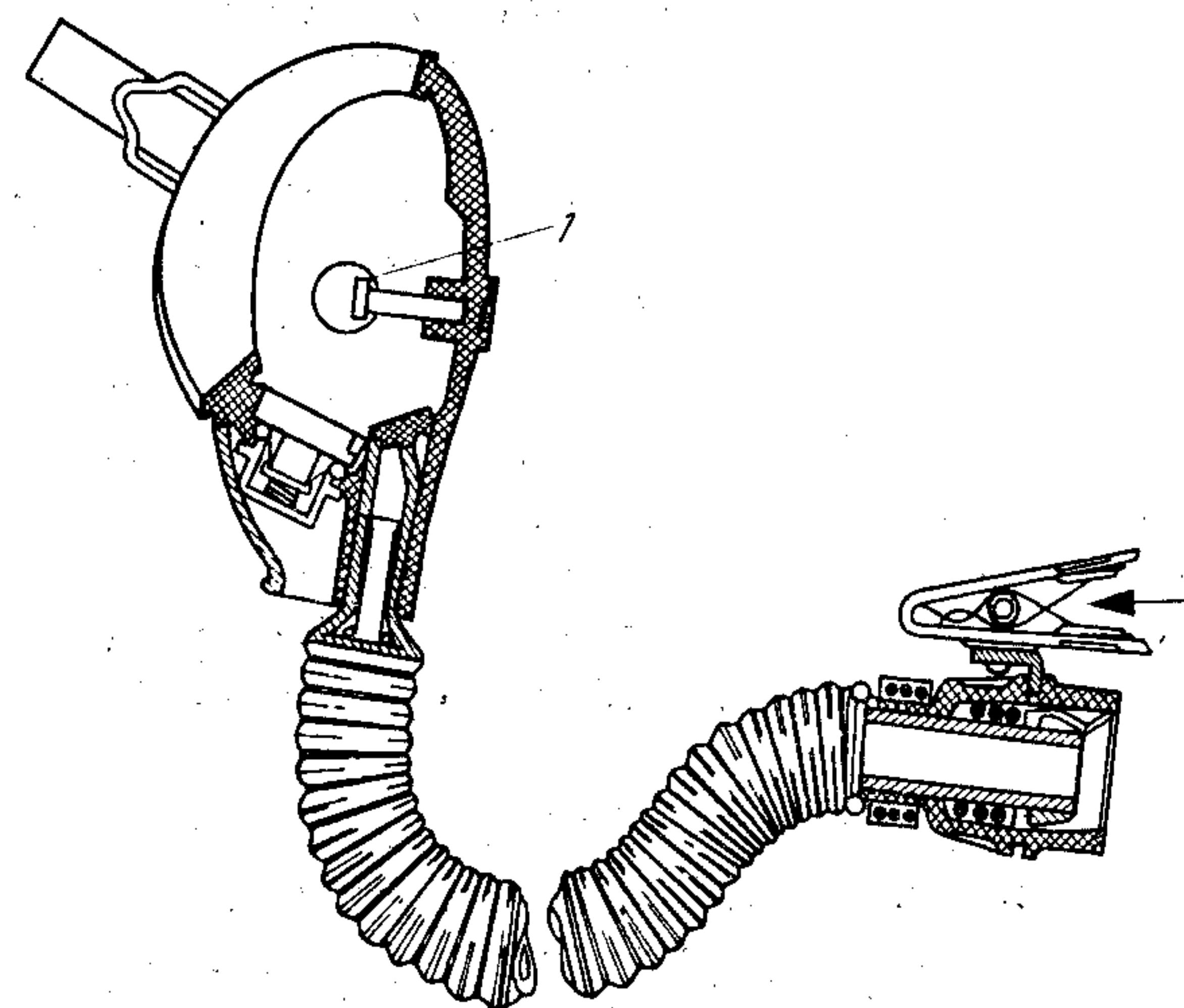
Bezpośrednio przed startem należy otworzyć te zawory, do których dostęp podczas lotu jest niemożliwy. Są to zwykle zawory butli tlenowych, a w niektórych przypadkach także zawory pokładowe (np. w szybowcu „Foka 4-A”).

Korzystanie z instalacji tlenowej podczas lotu

Według obowiązujących przepisów do lotów wysokościowych zalicza się loty statków powietrznych wykonywane powyżej wysokości 3000 m STD. W przedziale wysokości 3000÷4000 m STD (700÷620 mb), a więc wysokości liczonej od poziomu morza, można wykonywać loty bez używania aparatu tlenowego lub bez innego zabezpieczenia, jeżeli czas przebywania na tej wysokości nie przekracza pół godziny.

Powyżej wysokości 4000 m STD obowiązuje ciągłe korzystanie z aparatury tlenowej.

Po podjęciu decyzji o uruchomieniu instalacji tlenowej należy przygotować maskę tlenową, a następnie otworzyć zawór pokładowy doprowadzający tlen do mieszalnika. Skoro manometr wskaże ciśnienie tlenu, należy założyć maskę na twarz i odpowiednio przymocować ją. Bardzo pomocny przy wykonywaniu tej dość skomplikowanej czynności jest gumowy ustnik umieszczony wewnątrz ma-



Rys. 39. Maska tlenowa KMI 6A

ski na wprost ust pilota. Ustnik ten należy chwycić mocno zębami, co pozwala na swobodne posługiwanie się wolną ręką przy zapinaniu taśm maski. Ustnik ten widoczny jest na rysunku 39 szczegół 1 wraz z zaciskiem sprężynowym, służącym do podwieszania giętkiego węża gumowego na szelkach uprząży lub spadochronu. Wąż gumowy powinien być tak podwieszony, aby nie obciążał zbyt maski pilota oraz aby nie był narażony na gwałtowne załamywanie się lub wręcz zagniecenia.

Przez kilka pierwszych wdechów i wydechów należy obserwować zachowanie się wskaźnika przepływu tlenu. W czasie dalszego lotu trzeba też okresowo kontrolować jego wskazania. Podczas korzystania z aparatury tlenowej należy oddychać rytmicznie i unikać nawet chwilowych wysiłków, gdyż przyspieszają one oddech i zwiększają zapotrzebowanie na mieszaninę oddechową, co w niektórych przypadkach może spowodować pojawienie się uczucia braku powietrza.

Jeżeli instalacja wyposażona jest w aparat typu KP-18 (UT-12), to należy sprawdzić, czy skrzydełko przełącznika regulatora składu mieszaniny przestawione jest w lewo. Przy przestawieniu w prawo następuje bowiem całkowite odcięcie powietrza atmosferycznego.

Przy korzystaniu z aparatu typu SAT-5 pokrętko regulatora powinno być ustawione zawsze na odpowiedni przedział wysokości. Należy pamiętać, że podziałka wysokości tego aparatu odnosi się do wartości atmosfery wzorcowej (STD), a więc do wysokości mierzonej od poziomu morza (i ciśnienia 760 mm Hg). Ponieważ zaś wysokościomierze szybowcowe ustawiane są z reguły w odniesieniu do poziomu lotnisk, rzeczywiste warunki korzystania z aparatury zwykle różnią się od warunków przewidzianych przez konstruktorów urządzenia.

W celu zapewnienia poprawnego korzystania z aparatu SAT-5 konieczne jest więc uwzględnienie „wysokości zerowej” wysokościomierza, tak aby pokrętko regulatora przepływu ustawiane było w odniesieniu do wysokości nad poziom morza. Szczególnie ważne jest prawidłowe określenie wysokości, od której należy uruchomić aparat tlenowy.

Pokrętko należy ustawić dokładnie, aby wyczuwalne było działanie zatrzaśku ustalającego, gdyż przy ustawieniu pośrednim wydatek tlenu równy jest sumie wydatków dwóch sąsiednich położań (będą włączone dwa zaworki dawkujące).

W przypadku złego samopoczucia pilota możliwe jest chwilowe zasilanie płuc czystym tlenem. W tym celu konieczne jest chwilowe włączenie zaworu awaryjnego, dającego przy aparacie KP-18 ciągły przepływ tlenu. Należy w takiej sytuacji liczyć się ze znacznie wzmożonym wydatkiem tlenu, co wymaga bacznej obserwacji manometru i zachowania odpowiedniej rezerwy tlenu na schodzenie z wysokości (tabl. 9).

Tablica 9

Niezbędny zapas tlenu na szybkie zejście z pułapu do wysokości 3000 m (aparat tlenowy SAT-5, szybowiec „Kobuz-3”)

Wysokość zejścia [m STD]	Zejście na otwartych hamulcach z prędkością 160 km/h			Zejście korkociągiem		
	czas schodzenia [min]	niezbędny zapas tlenu		czas schodzenia [min]	niezbędny zapas tlenu	
		zasilania normalne [at]	zasilanie awaryjne [at]		zasilanie normalne [at]	zasilanie awaryjne [at]
12	ok. 10	32	80	ok. 5	21	45
10	ok. 8	24	66	ok. 4	17	38
8	ok. 6	20	52	ok. 3	14,5	31
6	ok. 4	16	38	ok. 2	12,5	24

Jeżeli szybowiec wyposażony jest w aparat tlenowy SAT-5, to przy złym samopoczuciu pilota należy zamknąć dopływ powietrza do maski przez przekręcenie pokrętła umieszczonego na zaworze wdechowym, do oporu w prawo. Skuteczniejsze jest jednak otwarcie zaworu awaryjnego (pokrętko ustawione na wprost napisu „awaryjny”), ale wówczas należy się liczyć z zużyciem przekraczającym wartość 10 l/min.

Usterki w pracy instalacji tlenowych

Podczas lotu mogą wystąpić usterki instalacji tlenowej, które można podzielić na usterki mechaniczne urządzenia oraz usterki wynikłe z nieumiejętnej obsługi aparatu przez pilota lub personel techniczny.

- Na usterki mechaniczne składają się:
- ciągły przepływ tlenu do maski — nieszczelność zaworu dawkującego, spowodowana wadą wykonawczą, zu-

- życiem zaworu lub osadzeniem się zanieczyszczeń pomiędzy gniazdem a grzybkiem zaworu,
- nieuszczelność zaworu redukcyjnego; komplet zaworu do wymiany,
- nieodpowiednie wydatki tlenu; cały mieszalnik do wymiany,
- pęknięty korpus mieszalnika lub szybka wskaźnika przepływu; mieszalnik do wymiany, szybka do wymiany,
- wskazówka ciśnienia w manometrze nie wraca do położenia zerowego; przyrząd do wymiany,
- przesłonki wskaźnika przepływu pracują wadliwie; wskaźnik do wymiany,
- nieuszczelny zawór wydechowy maski; maska do wymiany.

Usterki wynikłe z nieumiejętnej obsługi to:

- brak dopływu tlenu do maski; zamrożony zawór redukcyjny (stosowanie tlenu zawierającego parę wodną),
- brak dopływu tlenu do mieszalnika; manometr nie wskazuje ciśnienia; zamknięty zawór pokładowy lub zawór butli tlenowej,
- zbyt szybkie zużycie zapasu tlenu; nieuszczelny zawór awaryjny aparatu KP-18, nieodpowiednio ustawione pokrętko aparatu SAT-5, przedwczesne odkręcenie zaworu pokładowego (KP-18),
- zbyt duże opory wdechu lub wydechu; zamrożony jeden z zaworów maski lub zagnieciony przewód gumowy z mieszalnika do maski (wdech).

Usterki aparatów tlenowych, zaworów i masek powinny być usuwane przez upoważnionych do tego specjalistów. Uszkodzone zespoły powinny być wraz z ich dokumentacją odsyłane do naprawy warsztatowej (fabrycznej).

Przechowywanie części instalacji tlenowych

Przekazywane do składowania części instalacji tlenowych powinny być oczyszczone z brudu i kurzu za pomocą suchej czystej szmatki. Trudno schodzące zanieczyszczenia i plamy należy usuwać za pomocą czystej benzyny lub dwuchloroetanu.

Części metalowe instalacji powinny być owinięte w czysty suchy papier nieprzemakalny i ułożone w tekturowych pudełkach na suchych półkach. Części gumowe wymaga-

ją przedmuchania czystym powietrzem lub azotem. Wytarte na sucho części gumowe przesypuje się talkiem.

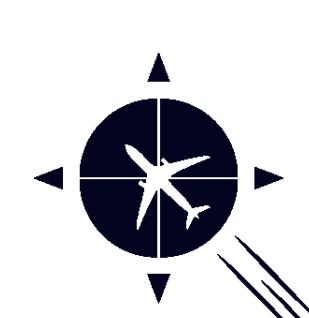
Wszystkie części instalacji tlenowych należy przechowywać w suchych, lekko przewiewnych pomieszczeniach w temperaturze od 5 do 20°C i wilgotności względnej powietrza 50 ÷ 60%. Okna pomieszczenia powinny mieć szyby zamalowane białą farbą lub zasłony z gęstej tkaniny. W tak przystosowanych pomieszczeniach nie wolno składować cieczy, a zwłaszcza nafty, paliw, lakierów, kwasów i ługów.

Butle tlenowe powinny być składowane w osobnym pomieszczeniu odpowiadającym tym samym warunkom. W butlach powinien znajdować się tlen pod ciśnieniem około 10 kG/cm². Zarówno podczas składowania, jak i eksploatacji butle są poddawane kontroli okresowej. W pierwszym przypadku kontrola obejmuje sprawdzenie warunków składowania i oględziny zewnętrzne butli. W drugim przypadku butle są poddawane próbom wytrzymałościowym pod ciśnieniem zwiększonym o 50% od ciśnienia roboczego (225 kG/cm²). Ponadto sprawdza się, czy na powierzchniach butli, zwłaszcza wewnętrznych, nie ma śladów korozji.

Szybowcowe instalacje tlenowe poddawane są okresowej kontroli co 50 i 100 godzin lotu. Czynności te wykonywane są przez mechaników osprzętu. Czynności polotowe polegają zwykle na oględzinach zewnętrznych instalacji (pęknięcia, nieuszczelności, zawilgocenie, umocowanie do konstrukcji szybowca, zanieczyszczenia itp.) oraz na próbie szczelności, którą wykonuje się w ten sam sposób, jak podczas czynności przedlotowych. Dodatkowo, po zamknięciu butli należy wypuścić tlen z instalacji, najlepiej zaworem awaryjnym.

W przypadku aparatu typu SAT-5 konieczne jest po lotach wyjęcie korka z woreczka gumowego maski i usunięcie wody gromadzącej się podczas procesu oddychania. Maskę może być przemyta spirytusem rektyfikowanym i wysuszona (np. za pomocą ruchów wahadłowych).

Czynności 50-godzinne obejmują zwykle sprawdzenie wydatku tlenu, oporu zaworów maski przy wykonywaniu wdechu i wydechu itp. W odstępach stugodzinnych powtarzane są czynności 50-godzinne, a ponadto poddaje się sprawdzeniu szczelność całej instalacji, ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa (SAT-5), ciśnienie potrzebne do pełnego uruchomienia przesłonek we wskaźniku przepływu tlenu oraz błędy wskazań manometru tlenu.



INSTRUKCJE EKSPLOATACJI I UŻYTKOWANIA SZYBOWCÓW W POWIETRZU

Z chwilą zarejestrowania szybowca w Państwowym Rejestrze Cywilnych Statków Powietrznych Ministerstwa Komunikacji każdy szybowiec otrzymuje świadectwo sprawności technicznej, określające podstawowe warunki jego użytkowania.

Świadectwo sprawności technicznej szybowca umieszczone jest w książce szybowcowej i stanowi, obok świadectwa rejestracji, urzędowy dokument szybowca. Ze względu na szupłość miejsca treść świadectwa sprawności technicznej ogranicza się do dwóch stron, na których podane są niezbędne informacje, jak np. dopuszczalne prędkości lotu swobodnego, za wyciągarką, samolotem, w powietrzu spokojnym i burzliwym, dopuszczalne ciężary szybowca w locie i współczynniki obciążeń.

Zbiór podstawowych warunków użytkowania szybowców podano w książce pt. „Eksploatacja szybowców” (wydanej w serii „Szkolenie Szybowcowe”, WKŁ, Warszawa, 1968 r.). Obejmuje on typowe szybowce szkolne i treningowe. Uzupełnieniem tego zbioru jest tablica 10 podająca warunki użytkowania szybowców wyczynowych.

Uzupełnieniem świadectwa sprawności technicznej, podającym w wyczerpującej formie wszystkie niezbędne informacje, jest instrukcja użytkowania szybowca w powietrzu oraz instrukcja obsługi technicznej szybowca. Te oddzielne instrukcje stanowią załączniki do świadectwa sprawności technicznej, które też w swej treści na nie się powołują. W ten sposób każdy nowo zarejestrowany szybowiec otrzymuje, obok książki szybowcowej, dodatkowo dwie instrukcje w formie książkowej. Ponadto, w celu uporządkowania zagadnień eksploatacyjnych, wprowadzane są obecnie dla każdego typu szybowca wyczerpujące instrukcje naprawcze.

Instrukcja użytkowania szybowca w powietrzu oraz instrukcja obsługi technicznej redagowane są w ten sposób, że umożliwiają w pełni zapoznanie się z danym typem szybowca, w tym poznanie jego właściwości pilotażowych, lotnych oraz technicznych. Tak na przykład instrukcja użytkowania szybowca w powietrzu obejmuje zazwyczaj następujące zagadnienia:

Tablica 10

Warunki użytkowania szybowców w powietrzu

Wyszczególnienie	Typ szybowca	SZD 22 „Mucha Standard”	SZD 8 bis „Jaskółka bis”	SZD i 9 bis „Bocian IC, ID”	SZD 24 C „Foka”	SZD 24-4 A „Foka 4”	SZD 21 „Kobuz 3”
Ciężar szybowca ze stałym wyposażeniem	kG	240	262	340/360	265	270	335/360
Ciężar ładunku	kG	110	90	200/180	110	110	110
Całkowity dopuszczalny ciężar szybowca w locie	kG	350	355	540	375	385	445/470
Współczynnik obciążenia dopuszczalnego	m	+6 -3	+6 -3	+6 -3	+6 -3	+6 -3	+7 +6 -4 -3
Dopuszczenie do startu z lin gumowych		tak	tak	tak	nie	nie	nie
Prędkości lotu za wyciągarką, powietrze spokojne/burzliwe	km/h	100/90	110/90	115/90	120/110	120/110	130
Prędkości lotu za samolotem, powietrze spokojne/burzliwe	km/h	150/130	150/120	140/100	160/140	170/130	180/175
Prędkości lotu nurkowego, powietrze spokojne/burzliwe	km/h	200/140	250/180	200/150	260/160	200/160	340*)
Prędkości lotu przy pomocy otwartych hamulców, powietrze spokojne/burzliwe	km/h	200/140	250/180	180/150	250/160	260/160	jak wyżej



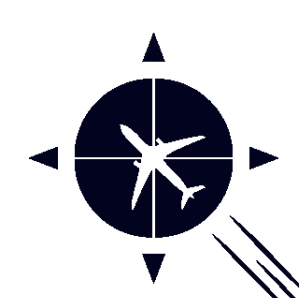
Typ szybowca	SZD 22 „Mucha Standard”	SZD 8 bis „Jaskółka bis”	SZD i 9 bis „Bocian IC, ID”	SZD 24 C „Foka”	SZD 24-4 A „Foka 4”	SZD 21 „Kobuz 3”
Prędkości lotu bez widzialności ziemni w chmurach bez wylądowań elektrycznych	128	130	130	130	145	160
Prędkości lotu przy lotach swobodnych	20	20	20	20	20	20
Prędkości wiatru w lotach za wyciągarką lub samolotem	18	10	10/18	wyciągarka 12 samolot 18	wyciągarka 12 samolot 18	wyciągarka 12 samolot 18
Dopuszczony do wykonywania następujących figur akrobacji	prześciowo nie dopuszczony	tylko do treningu bez figur odwróconych	pętla, przewrót, spirala, korkociąg ślizg kierunkowy	pętla, przewrót, wyrzut, korkociąg, spirala	pętla, przewrót, wyrzut, korkociąg, spirala	wyciągarka 12 samolot 18
Dopuszczony do wykonywania lotów nocnych	nie	nie	nie	nie	nie	nie
Siła niszcząca bezpiecznik zrywowy liny holującej	690	690	690	690	690	690
Zastrzeżenia i uwagi specjalne			nowe serie wersji ID są dopuszczone do lotów nocnych	loty w warunkach oblodzenia niewskazane	loty w warunkach oblodzenia niewskazane	

*) W powietrzu burzliwym wersja akrobacyjna $V = 220$ km/h wersja wyczynowa $V = 205$ km/h
 **) Wersja akrobacyjna/wyczynowa

- I) opis szybowca, a w nim:
 - przeznaczenie i zastosowanie,
 - opis ogólny szybowca i jego dane techniczne,
 - opis instalacji przyrządów pokładowych, tlenowych, radia i in.,
- II) warunki użytkowania, podające wyczerpująco zakres sprawności technicznej szybowca,
- III) osiągi szybowca,
- IV) użytkowanie szybowca, w tym przeglądy eksploatacyjne, obsługa startowa, wyposażenie pokładowe, obsługa urządzeń kabiny, wykonanie lotu zapoznawczego, pilotaż szybowca z wykonywaniem różnych figur akrobacji, wskazówki do kalkulacji przelotowej, wykonywanie lotu w deszczu oraz w warunkach oblodzenia, obsługa instalacji tlenowej, radia, transport szybowca,
- V) sytuacje awaryjne podczas użytkowania szybowca, w tym postępowanie w sytuacjach nienormalnych (zerwanie linki wyciągarkowej, wodowanie, lądowanie w zbożu i wysokiej trawie, ratowniczy skok ze spadochronem, usterki w układzie sterowania),
- VI) rysunki i wykresy, a wśród nich: rysunek z wymiarami szybowca, wykres krzywej biegunowej szybowca, poglądowe rysunki montażowe, schematy połączeń różnych instalacji szybowca, wykres poprawki aerodynamicznej prędkościomierza oraz rysunek kalkulatora krążkowego.

Podany w pierwszej części opis umożliwia ogólne zapoznanie się z danym typem szybowca i stanowi wprowadzenie do dalszych części. Część druga zawiera charakterystykę sprawności technicznej szybowca identyczną pod względem treści z danymi zawartymi w świadectwie sprawności technicznej szybowca. Główne informacje, stanowiące o bezpieczeństwie użytkowania szybowca, podawane są w formie skróconego wyciągu na tabliczce umieszczonej na widocznym miejscu w kabinie pilota.

Trzecia część instrukcji użytkowania szybowca w powietrzu podaje w formie tabelki zespół współrzędnych krzywej biegunowej szybowca z zaznaczeniem charakterystycznych wartości, takich jak prędkość minimalna szybowca, prędkość najmniejszego opadania i największej doskonałości. W celu lepszego zobrazowania zależności, w dalszej części instrukcji podany jest wykres krzywej biegunowej.



Największą objętość ma część IV dotycząca zagadnień związanych z użytkowaniem szybowca. Są one potraktowane zwykle w sposób wyczerpujący, a przykładem mogą być uwagi i zalecenia odnoszące się do wyposażenia szybowca udającego się na przelot oraz opis demontażu.

Posiadanie na przelocie dokładnego opisu szybowca jest bardzo istotne, gdyż pomiędzy poszczególnymi typami szybowców występują duże różnice w sposobie przeprowadzenia demontażu. Tego rodzaju informacje są szczególnie cenne dla mniej doświadczonych pilotów, którzy nie posiadają praktyki w polowym demontowaniu szybowca.

Informacje zawarte w części V są z małymi odchyłkami aktualne dla wszystkich typów szybowców, jak na przykład w punkcie dotyczącym postępowania pilota w przypadku zerwania linki wyciągarkowej czy wykonywania skoków ratowniczych.

Tego rodzaju skoki wykonywane są w różnych, mocno nieraz odbiegających od siebie, warunkach (np. skok ratowniczy z bardzo małej wysokości, skok z bardzo dużej wysokości, skok w chmurze burzowo-kłębiastej). Bez względu na rodzaj skoku ratowniczego obowiązuje pewien sposób postępowania pilota opuszczającegoabinę szybowca, który powinien być omówiony w instrukcji użytkownika w locie danego typu szybowca. Zazwyczaj kolejność czynności pilota opuszczającegoabinę szybowca jest następująca:

- odczepienie liny holowniczej (gdy lot się odbywał na holu),
- odrzucenie osłony kabiny, którą to czynność wykonuje się zwykle oburącz, a otwarcie zamków awaryjnych jest różne w zależności od typu szybowca,
- odpięcie pasów pilota; przy znormalizowanych pasach, stosowanych w kraju, pasy odpina się prawą ręką (pilot wyszarpuje zatyczkę pasów chwytając prawą ręką za pasek umocowany do zatyczki).

W celu ułatwienia obsługi i eksploatacji we wszystkich typach szybowców uchwyty awaryjne (w tym uchwyt zaczepu) pomalowane są na kolor czerwony, co umożliwia łatwe odróżnienie ich od innych urządzeń kabiny.

Zalecane jest, aby każdy pilot zapoznający się z nowym typem szybowca wykonał dla treningu kilkakrotnie opuszczanie kabiny szybowca na ziemi. Pilot powinien być ubrany tak jak do lotu i powinien mieć nałożony spadochron.

Czas trwania próby, mierzony od chwili podjęcia decyzji o skoku do chwili przemieszczenia się pilota przez burzę kabiny, nie powinien być dłuższy niż $6 \div 10$ sekund.

Instrukcja obsługi technicznej szybowca przeznaczona jest głównie dla personelu obsługi technicznej. Składa się ona z części informacyjnej, podającej ogólne wiadomości o konstrukcji szybowca oraz charakterystykę szybowca i szczegółowy opis techniczny konstrukcji. Opis ten dotyczy zespołów i elementów zarówno konstrukcji, jak i wyposażenia szybowca. Pozostała część instrukcji obsługi technicznej porusza następujące punkty:

- zasady obsługi technicznej,
- zakres obowiązków personelu technicznego użytkownika,
- prowadzenie dokumentacji obsługi technicznej,
- częstotliwość napraw szybowca,
- czynności okresowe na szybowcu, w tym smarowanie i regulacja szybowca,
- prace obsługowe i naprawy,
- magazynowanie szybowca,
- ważenie szybowca i wyznaczanie środka ciężkości,
- czynności okresowe na osprzęcie szybowca.

Instrukcja obsługi technicznej jest zwykle bogato ilustrowana (dużo rysunków poglądowych), co ułatwia jej przyswojenie i realizowanie.

Rozdział 8

BIULETYN ZMIAN

Podczas użytkowania sprzętu szybowcowego występują różnego rodzaju usterki. Niektóre z nich pojawiają się sporadycznie, inne natomiast występują systematycznie.

Usterki sporadyczne mają charakter przypadkowy i usuwane są w ramach prac obsługowych przez personel techniczny użytkownika. Przyczyny pojawiania się tych usterek są różne, jak np. ukryta wada materiału, niestandardne wykonanie warsztatowe.



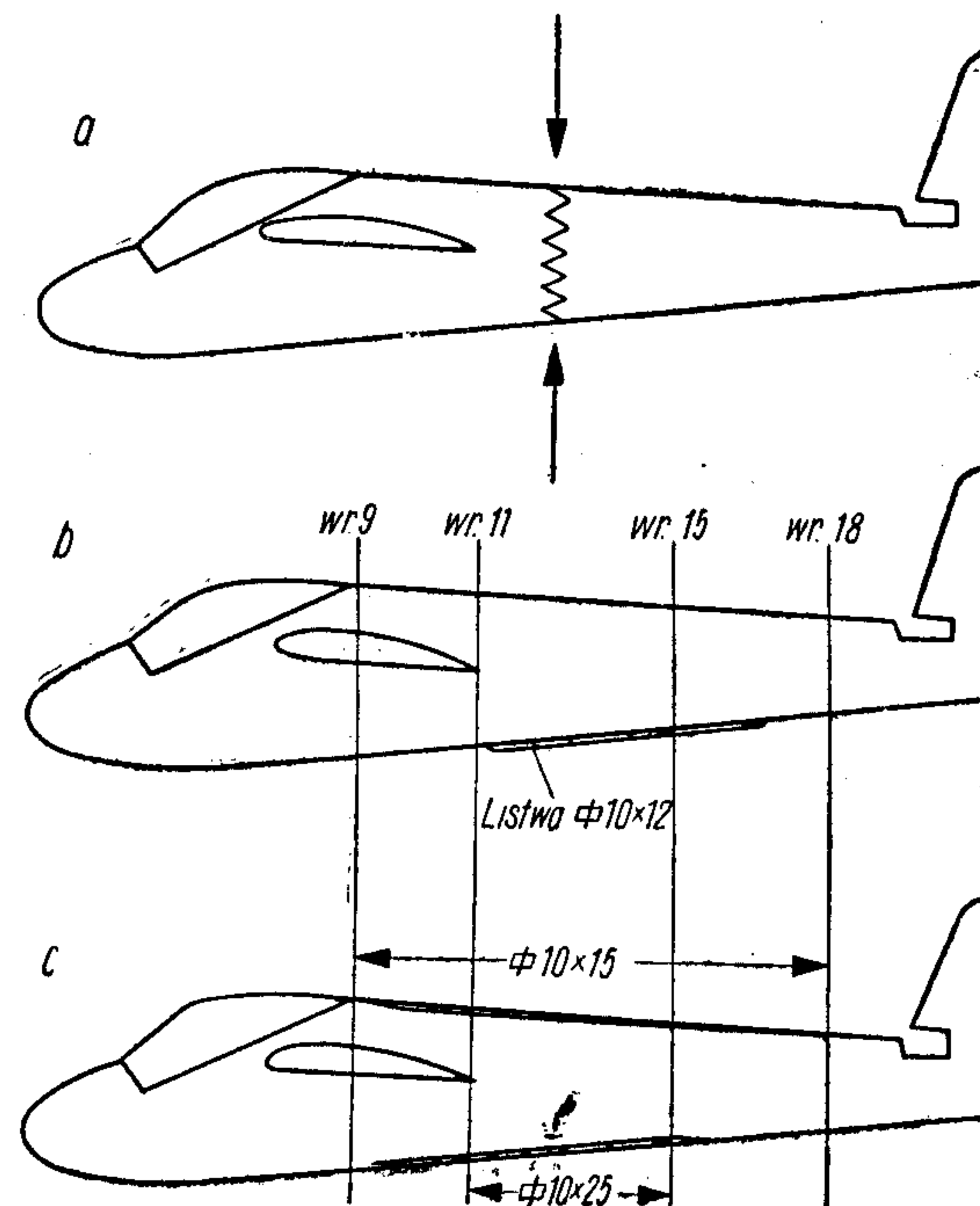
Usterki występujące systematycznie świadczą z reguły o ujawnieniu wady konstrukcyjnej, nieprzystosowaniu szybowca do ustalonych poprzednio warunków eksploatacji lub zastosowaniu nieodpowiedniego materiału. Z chwilą stwierdzenia systematycznego charakteru usterek przedsięwzięte zostają środki zaradcze, mające na celu wyeliminowanie usterki. W wyniku tej akcji wydawane są odpowiednie biuletyny zmian (BZ) podające sposób usunięcia usterki, a także sposób zapobieżenia ich występowaniu przez wykonanie odpowiedniej zmiany konstrukcyjnej.

Zależnie od ważności zagadnienia biuletyny zmian wprowadzane są natychmiast, w toku eksploatacji, lub przy najbliższej naprawie głównej szybowca. Jest zrozumiałe, że w pierwszym przypadku do chwili wprowadzenia zmiany dany typ szybowca zostaje zawieszony lub ograniczony w lotach. Dla przykładu można podać, że tak popularny w kraju szybowiec, jakim jest „Mucha 100 A”, przeszedł do roku 1965 włącznie 20 różnych zmian, podanych za pośrednictwem biuletynów zmian.

Szybowiec „Mucha 100 A” jest podstawowym szybowcem treningowo-wyczynowym skonstruowanym w 1958 r., różniącym się od poprzedniego typu „Mucha 100” zmianą wyważenia masowego lotek ze skupionego na ciągłe, biegnące wzdłuż kesonu wewnątrz lotki. Poza tym szybowiec wykazuje wiele drobnych zmian mających polepszyć jego własności eksploatacyjne. Zbudowany jest w postaci wolnonośnego średniopłata jednodźwigarowego z dźwigarkiem skośnym, krytego sklejką brzoową i płótnem. Kabina szybowca jest kryta i wyposażona w przyrządy umożliwiające wykonywanie lotów chmurowych. Szybowiec wyposażony jest w hamulce aerodynamiczne, hamowane kółko podwozia (stałe) oraz ma usprawnione sprzęganie napędów lotek i hamulców aerodynamicznych.

W trakcie eksploatacji szybowca zebrane zostały bogate doświadczenia, wykryto i usunięto 20 usterek, które zostały podane w biuletynach zmian. Jedną z pierwszych zauważonych usterek było nieskuteczne działanie zamka tablicy pokładowej, w wyniku czego tablica podczas lotu wysuwała się spadając na nogi pilota. W celu wyeliminowania tej usterki wprowadzono dodatkowo drugi zamek tablicy przyrządów. Niezależnie od tego przed rozpoczęciem lotu obowiązuje sprawdzenie stanu zamocowania tablicy.

Następną z poważniejszych usterek było urywanie się dolnych okuć steru kierunkowego i wrywanie ograniczników wychyleń tego steru. Usterki zostały usunięte i wyeliminowane przez wprowadzenie odpowiednich zmian. Za najbardziej poważną usterkę należy uznać skłonność konstrukcji do łamania się kadłuba w okolicy 13—15 wręgi, to znaczy poza skrzydłami. Ta groźna usterka występowała w wyniku obciążeń dynamicznych kadłuba podczas twardych lądowań (przypadnięcia, lądowania w terenie przygodnym). Charakterystyczne miejsc



Rys. 40. Sposoby wzmacniania kadłuba szybowca „Mucha 100A”
a — charakterystyczne złamanie kadłuba, b — wzmocnienie doraźne w toku eksploatacji, c — wzmocnienie naprawcze

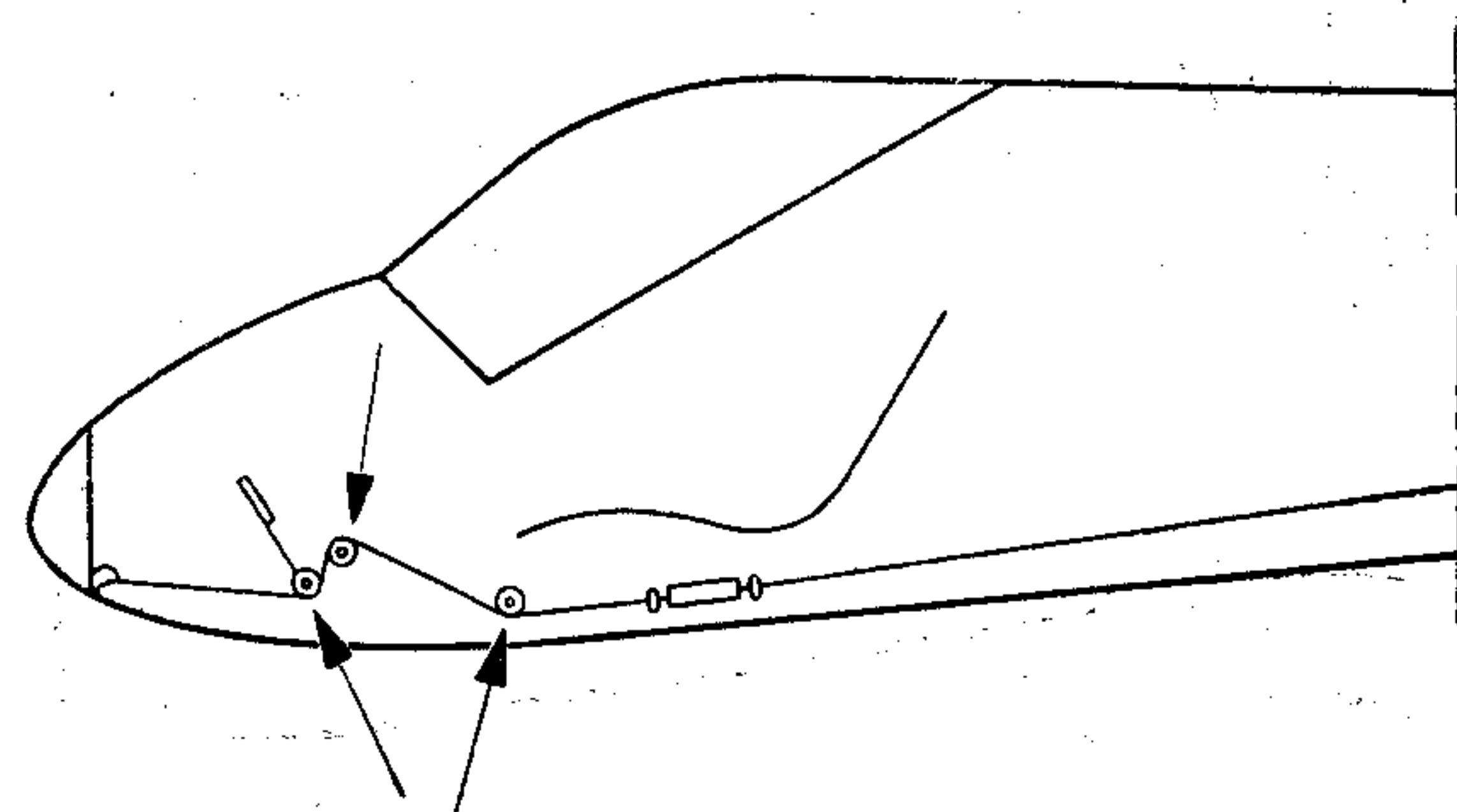
sca łamania się kadłuba pokazane są na rysunku 40a. Konstrukcję wzmocniono doraźnie przez naklejenie listew wzmacniających wzdłuż dolnej podłużnicy kadłuba (rys. 40b), a następnie wyeliminowano ją całkowicie przez zwiększenie przekrojów podłużnicy dolnej i górnej na odcinkach pokazanych na rysunku 40c. Doraźne naklejanie listew odbywało się w toku eksploatacji, zwiększanie przekrojów podłużnic natomiast wprowadzono na dalszych seriach nowo budowanych szybowców oraz na szybow-

cach serii poprzednich (wzmocnionych doraźnie), z chwi-
lą gdy te skierowywano do napraw głównych.

Inną charakterystyczną usterkę typowo eksploatacyjną stwarzała konstrukcja głównych sworzni nośnych. Konstrukcja ta, w przypadku niewnikliwej kontroli monta-
żu, umożliwiała zawieszenie skrzydła na kadłubie tylko przy udziale jednego sworznia głównego. W celu unik-
nięcia tego rodzaju usterki wprowadzone zostały nastę-
pujące zmiany: wzmocniono kołki ustalające prowadze-
nie sworzni w tulejach, wykonano otwory kontrolne w
dolnym pokryciu kadłuba umożliwiające wzrokową kon-
trolę osadzenia dolnego sworznia, naniesiono przy oku-
ciach specjalne napisy ostrzegawcze (rysunek 41).

Jeszcze inną charakterystyczną usterką szybowca było
zrywanie się linek sterowych układu steru kierunkowego

w miejscach zaznaczonych na rysunku 42. W miejscu
tym obie linki sterowe przechodzą przez układ duralo-
wych krążków odznaczających się małą średnicą. Ciągłe
przeginanie linek na tych krążkach powoduje ich przy-
śpieszone zużycie. W celu niedopuszczenia do występowa-



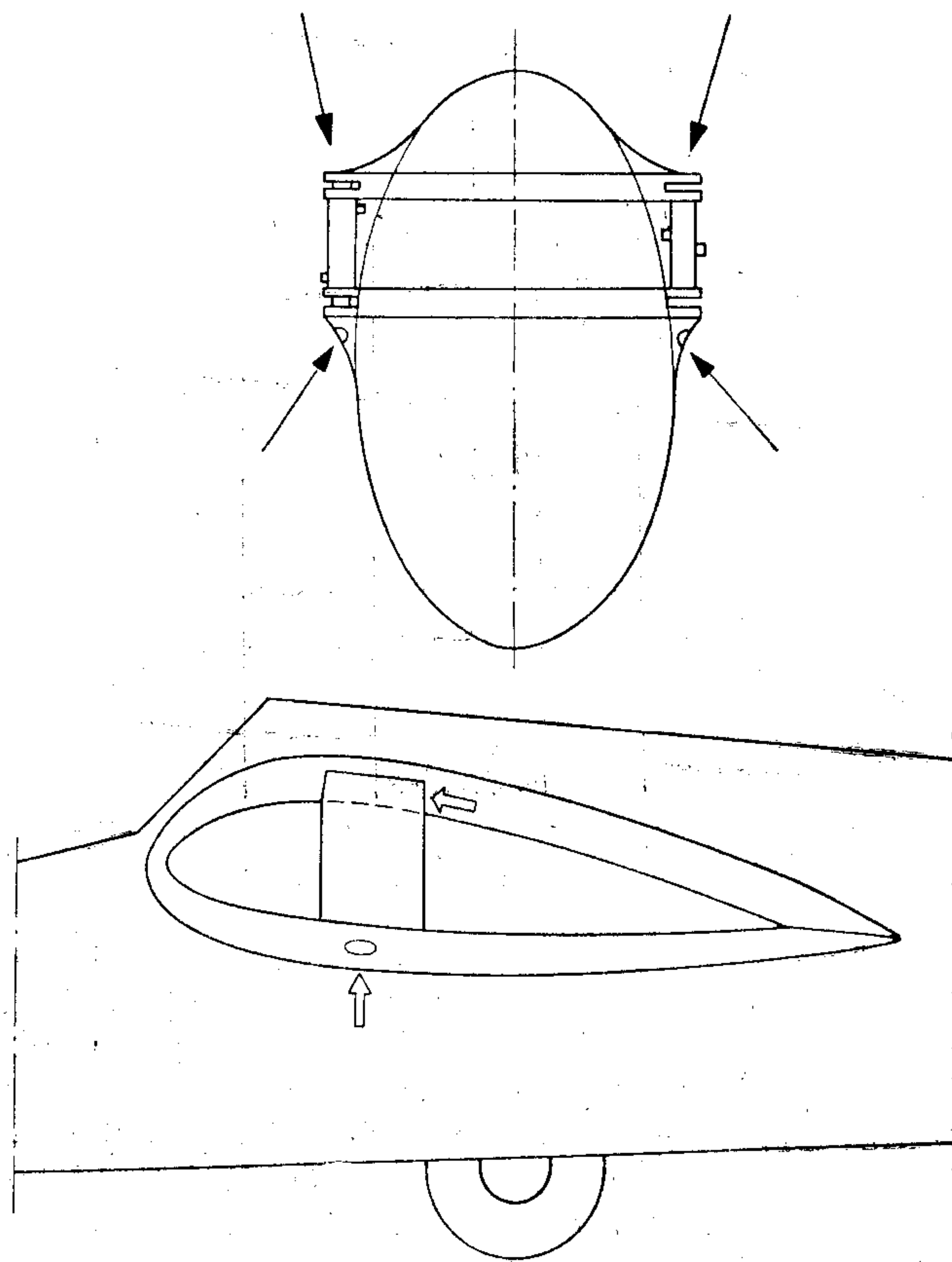
Rys. 42. Charakterystyczne miejsca zmęczeniowego zrywania się linek
usterzenia kierunki w szybowcu „Mucha 100 A”

nia tej usterki wprowadzona została zmiana, polegająca
na ograniczeniu czasu pracy linek tylko do 100 godzin
lotu. Po upływie określonego czasu linki te podlegają
wymianie na nowe.

Do mniej istotnych usterek eksploatacyjnych szybowca
„Mucha 100 A” zaliczyć można ścieranie się krawędzi le-
wej burty kabiny i wylupywanie włókien drewnianych
przez rygiel zamka osłony kabiny. Mało praktyczne oka-
zały się też w eksploatacji metalowe końcówki skrzydeł,
które łatwo wgniatają się i obłuzowują, jak też szczotki
rozładowywaczy elektrycznych, które szybko tracą swo-
je właściwości elektryczne.

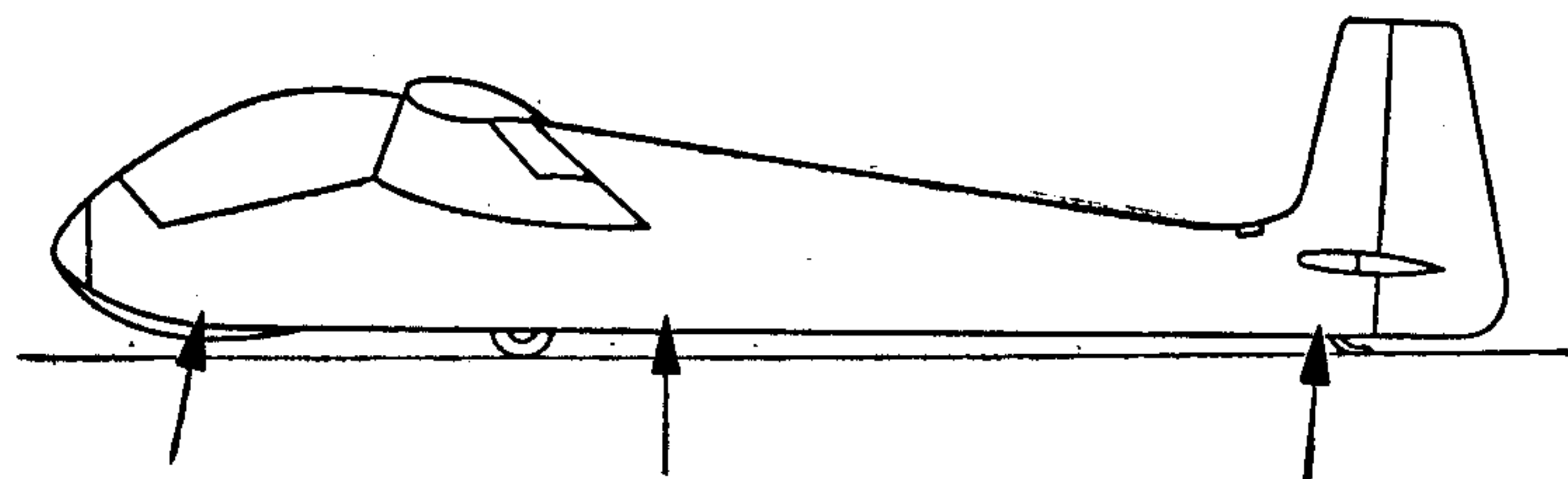
Pomimo tak licznych usterek (z których istotne zostały
wyeliminowane) szybowiec „Mucha 100 A” pod względem
obsługi uchodzi w oczach personelu technicznego za je-
den z najbardziej udanych typów krajowych szybowców.

Szybowiec „Mucha Standard” skonstruowany został
w 1958 r. jako szybowiec wyczynowy spełniający wyma-
gania OSTIV dotyczące klasy standard. Pod względem
konstrukcyjnym stanowi on pewne udoskonalenie szy-
bowca „Mucha 100 A”. Poza dwoma egzemplarzami pro-
totypowymi, zbudowanymi na Szybowcowe Mistrzostwa
Świata, powstały trzy wersje tego szybowca, a mianowi-
cie seria A, B oraz C. Skrzydła pierwszych serii były po-
czątkowo całkowicie kryte sklejką, z czego jednak na-
stępnie zrezygnowano usuwając sklejkę i oplótniając te
szybowce.



Rys. 41. Miejsca napisów ostrzegawczych oraz otwory kontrolne
do wyeliminowania błędów montażowych na szybowcu „Mucha”

Szybowce „Mucha Standard” dopuszczone były początkowo do prędkości maksymalnej 250 km/h, jednak w wyniku stwierdzenia częstych uszkodzeń spodu kadłuba prędkość ta została ograniczona do 200 km/h, a szybowca nie dopuszczono do wykonywania akrobacji. Przyczyną częstych uszkodzeń kadłuba było tu niskie podwozie i mały odstęp dolnej krawędzi kadłuba od powierzchni ziemi, co stwarzało możliwość wgniatania dolnej części konstrukcji nawet w warunkach lotniskowych. Charakterystyczne miejsca uszkodzeń kadłuba zaznaczone są na rysunku 43.



Rys. 43. Charakterystyczne miejsca uszkodzeń pokrycia kadłuba w szybowcu „Mucha Standard”

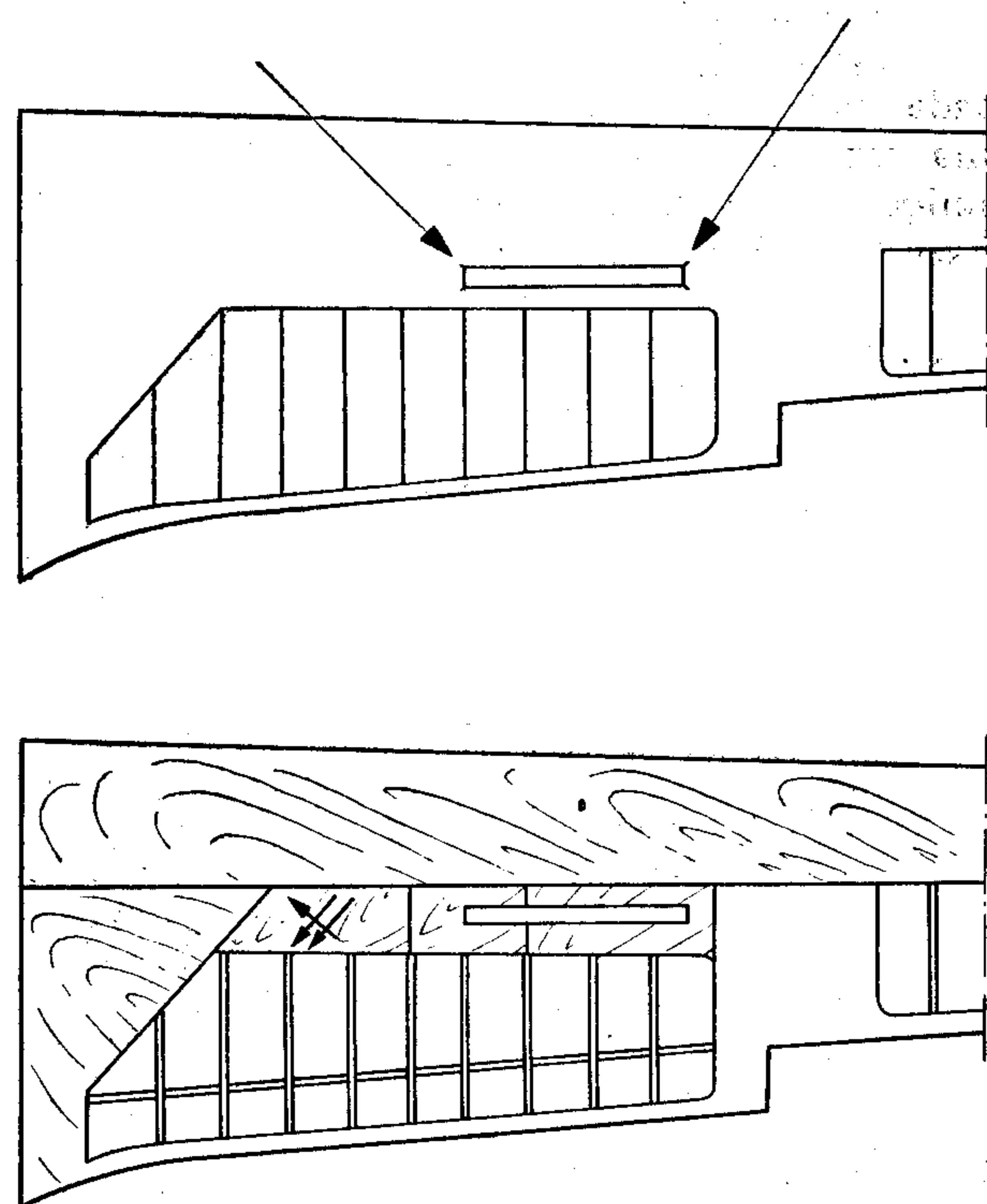
Podobnie jak w przypadku szybowca „Mucha 100 A” (rys. 43) istnieje tu możliwość zawieszenia skrzydła na kadłubie tylko za pomocą jednego sworznia, toteż w odniesieniu do tego szybowca obowiązują te same zmiany i czynności, jakie zostały omówione przy charakterystyce szybowca „Mucha 100 A” (rys. 42).

Szybowiec „Mucha Standard” może być użytkowany ze specjalnym balastem wodnym. W takim przypadku zmienia się jednak warunki użytkowania tego szybowca, gdyż nie może on wtedy wykonywać lotów chmurowych ani akrobacji, co jest przejściowo nieaktualne, gdyż z uwagi na usterki kadłuba wszystkie szybowce „Mucha Standard” są wstrzymane w wykonywaniu akrobacji.

Mniej ważną niedogodnością szybowca „Mucha Standard” jest nieco kłopotliwy transport pieszy szybowca po lotnisku. Wynika to stąd, że przy uniesieniu do góry tyłu kadłuba za pomocą uchwytu nosidła kadłub trze przednią płozą po ziemi, utrudniając toczenie szybowca na kółku. Zmusza to obsługę do podtrzymywania tyłu kadłuba szybowca w pozycji schylonej. Usterka ta zostanie wyeliminowana z chwilą wprowadzenia zmiany konstrukcyjnej podwozia (wyższe podwozie).

Szczególnie charakterystyczną usterką szybowców typu „Mucha Standard” było pękanie sklejkі pokrycia skrzy-

dła w narożach skrzynek hamulcowych. Usterka ta występowała w miejscach wskazanych na rysunku 44, a przy-

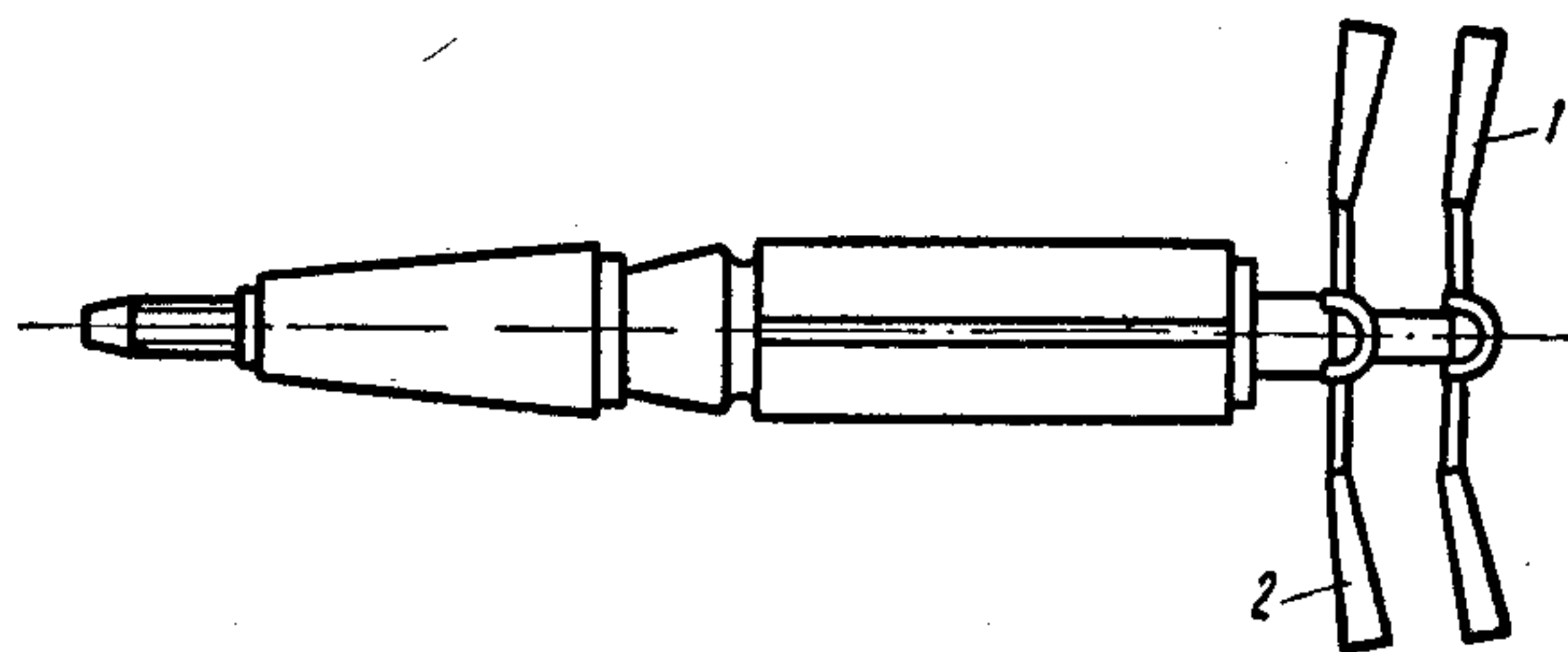


Rys. 44. Charakterystyczne pęknięcia sklejkі pokrycia szybowca „Mucha Standard” (a) oraz sposób ułożenia sklejkі w celu wyeliminowania tej usterki (b)

czyną jej pojawiania się było nieodpowiednie ułożenie włókien sklejkі. Usterkę wyeliminowano przez zmianę układu włókien sklejkі górnego i dolnego pokrycia na układ przedstawiony na rysunku 44b. Usterka wywoływana była otwieraniem hamulców na dużych prędkościach lotu (powyżej 200 km/h).

Szybowiec „Jaskółka SZD 8 bis” skonstruowany został w 1953 r. jako jednomiejscowy szybowiec wyczynowy konstrukcji drewnianej. Szybowiec ma układ średniopłata z dźwigarem głównym i pomocniczym i jest wyposażony w hamulce aerodynamiczne, kłapy wyporowe, składane usterzenie wysokości, częściowo wciągane jednokółowe podwozie oraz automatyczne sprzęganie napędów skrzydeł.

Jedną z pierwszych usterek, jakie pojawiły się w toku eksploatacji tego szybowca, było uszkodzenie gwintów śrub głównych sworznii skrzydłowych oraz sworznia statecznika wysokości. Uszkodzenia występowały podczas demontażu szybowca, zwłaszcza gdy usiłowano wykręcić z gniazda śrubę sworznia bez uprzedniego poluzowania sworznia rozprężnego (błąd obsługi). Omawianą tu usterkę usunięto przez zastosowanie przy sworzniach śrub o większych średnicach. Niezależnie od tego, podczas demontażu tego szybowca należy zwracać uwagę, aby jako pierwszą odkręcać śrubę sworznia rozprężnego, a dopiero następnie śrubę pociągową całego sworznia. Szczegóły dotyczące wykonywania tych czynności przedstawione są na rysunku 45.



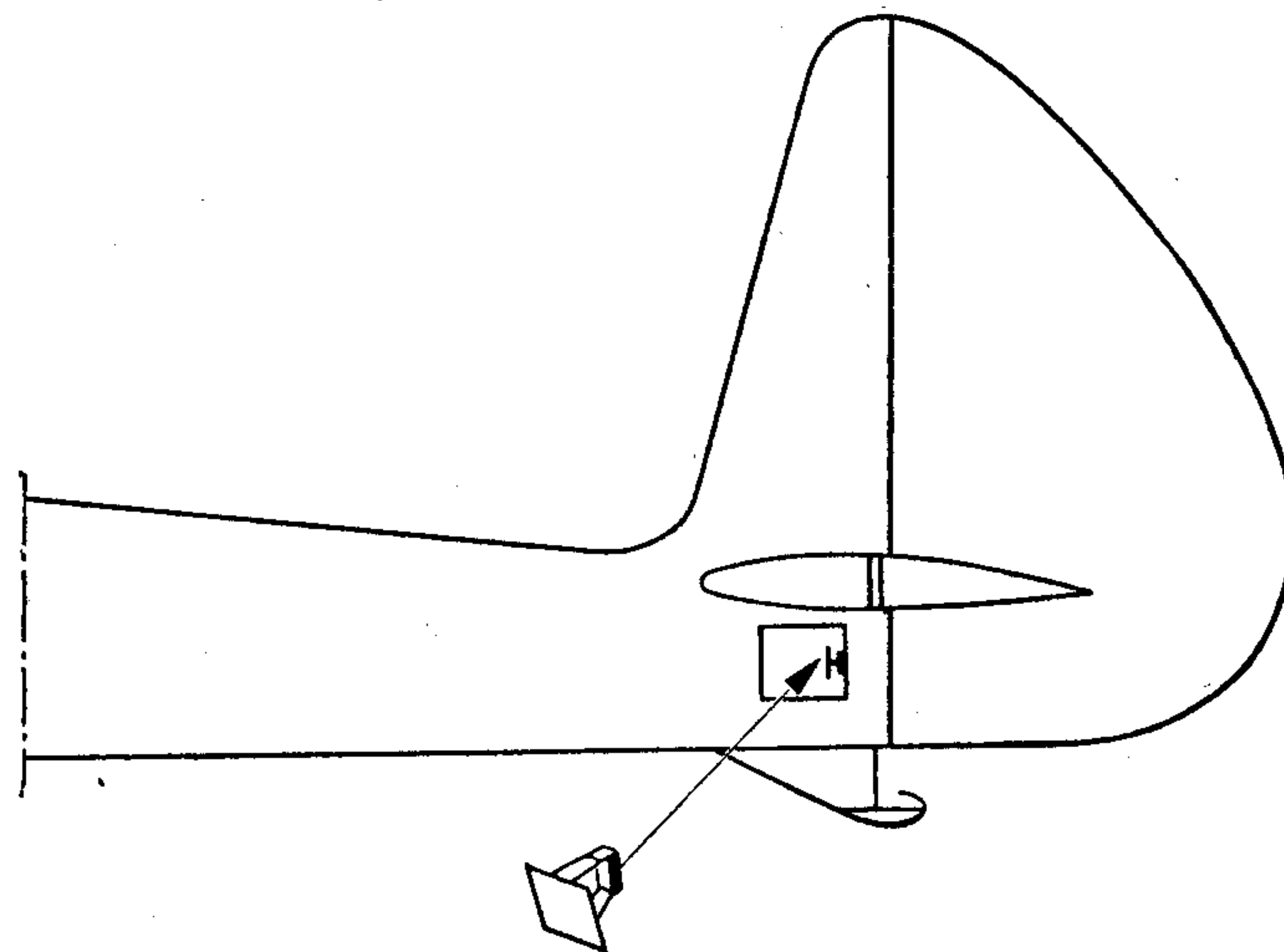
Rys. 45. Konstrukcja sworznia głównego szybowca „Jaskółka”
1 — pokrętło śruby pociągowej, 2 — pokrętło rozprężające

Drugą poważną usterką eksploatacyjną, wynikającą zresztą z niewnikliwej kontroli sprzętu przed lotami, była możliwość wystartowania szybowca z nie zablokowanym zawieszeniem stateczników wysokości. W związku z tym wprowadzono udoskonaleń polegające na zastosowaniu specjalnego zderzaka na wyjmowanym wzierniku montażowym oraz na umieszczeniu obok wziernika napisu ostrzegawczego. Zastosowany przy wzierniku zderzak uniemożliwia prawidłową zabudowę wziernika, gdy sworzeń stateczników nie jest odpowiednio wkręcony (rysunek 46).

Dalszą usterką szybowca „Jaskółka”, także wynikającą po części z winy użytkownika, jest uszkodzanie podwozia w przypadku lądowania na wysuniętym kółku na nierównym terenie. Instrukcja użytkowania szybowca zwraca uwagę na to, że w zasadzie lądowanie powinno być wykonywane z kółkiem wciągniętym. W pozycji tej oś koła wspiera się na konstrukcji skrzynki podwozia i jego golenie nie są narażone na uszkodzenia. Podobnie

ma się sprawa ze startem, który może być wykonywany na podwoziu wysuniętym, lecz tylko na równym terenie (lotnisku).

Charakterystyczną usterką eksploatacyjną szybowców „Jaskółka” są luzy w napędach lotek. Zjawisko to wy-



Rys. 46. Wziernik montażowy ze zderzakiem ostrzegającym o niewłaściwym położeniu sworznia usterzenie wysokości

wołane jest głównie faktem, że pomiędzy dźwignią sterowym a lotką wbudowanych jest aż 10 łożysk, co powoduje, że luzy tych łożysk sumują się.

Szybowce typu „Jaskółka bis” użytkowane są już od 13 lat (rok budowy serii noszącej znaki rejestracyjne SP-13... to rok 1953, zaś serii SP-15... — 1954), przy czym łącznie wprowadzono przy nich 17 różnych zmian, z czego większość to zmiany mniej istotne.

Szybowiec „Bocian IC, ID” jest dwumiejscowym szybowcem wyczynowym konstrukcji drewnianej z krytą kabiną, zbudowany w układzie średniopłata. Skrzydło jednodźwigarowe z dźwigarem pomocniczym kryte jest sklejką i częściowo płótnem. Szybowiec ma hamulce aerodynamiczne, hamowane kółko podwozia oraz automatycznie sprzęgane napędy lotek i hamulców. Poprzednio budowane szybowce „Bocian IA, IB” charakteryzowały się składanym usterzeniem wysokości, a także odznaczały się nietypowym przebiegiem korkociągu — patrz instrukcja użytkowania tych szybowców.

Szybowce wersji ID różnią się od szybowców wersji IC większą średnicą koła podwozia (350 mm).

Szybowce „Bocian” użytkowane są od 1954 roku. Na przestrzeni tak długiego okresu eksploatacji zebrano wiele spostrzeżeń, a także usunięto na tym typie szybowca pewną ilość usterek. A oto najczęściej występujące usterki tego typu:

- przecieranie się linek steru kierunkowego na wrędze nr 10 pod fotelem drugiej kabiny, wynikłe najczęściej w efekcie pęknięcia lub wyrabiania się fibrowych przewodnic tych linek wykonanych w kształcie tulejek,
- zginanie się ramion pedałów steru kierunkowego w drugiej kabini, które występuje szczególnie w egzemplarzach używanych do treningu w ślepych pilotażu (częste korzystanie z tych pedałów — duże siły wywierane przez instruktora poprawiającego błędy ucznia). W wyniku zginania pedałów powstaje ograniczenie wychyleń steru kierunkowego przy sterowaniu z drugiej kabiny,
- nadmierne wyrabianie się elementów przewodnic osłon kabin i ich zamków wywołane zbyt miękkim materiałem konstrukcji.

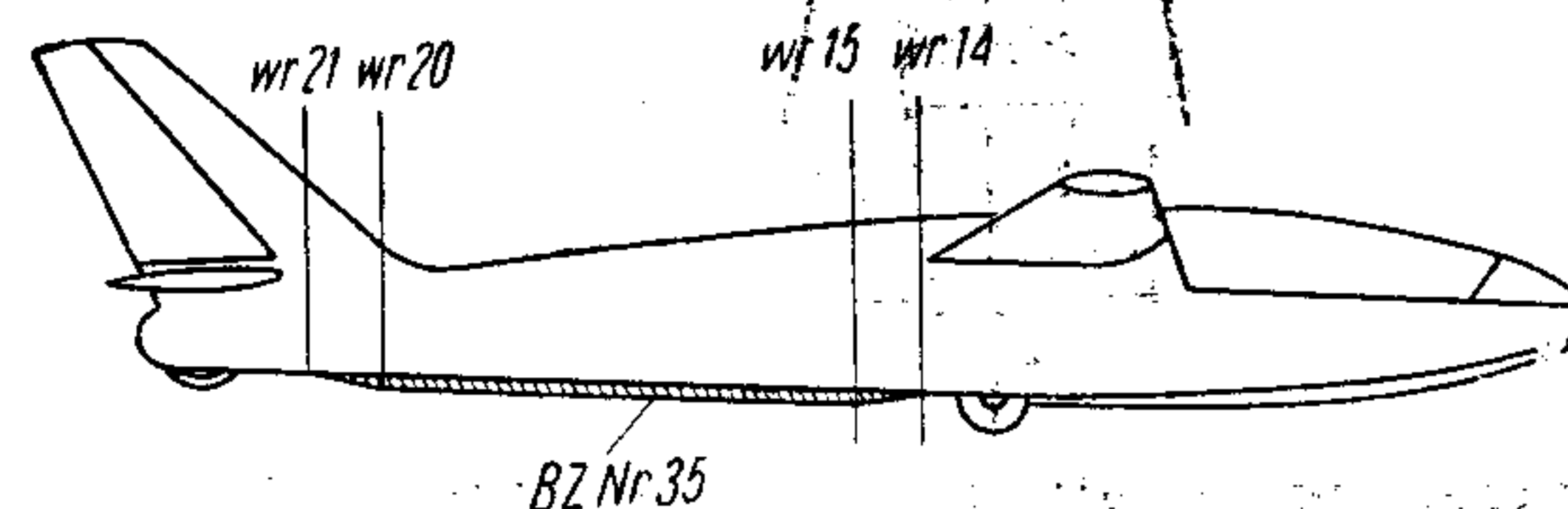
Szybowiec wykazuje ponadto skłonność do drgań usterzenia, zwłaszcza podczas wykonywania ślizgów, co jest dla tej konstrukcji zjawiskiem normalnym. Występuje także skłonność do otwierania się osłony tylnej kabiny podczas lotu szczególnie w ślizgach, co wywołane jest nieco niefortunną konstrukcją jej elementów.

Poważną przyczyną wypadku mogą być fotele pilota i pasażera, które są w ten sposób zbudowane, że w przypadku niezablokowania ich we właściwym położeniu mogą przesunąć się do przodu i ograniczyć lub zablokować drążek sterowy. Znaczna część wyszczególnionych tu usterek została już usunięta, tym niemniej obowiązkiem każdego pilota jest wnikliwe skontrolowanie szybowca przed rozpoczęciem lotów ze szczególnym uwzględnieniem poruszonych tu okoliczności.

Szybowiec Foka SZD 24-C jest jednomiejscowym szybowcem wyczynowym odpowiadającym wymaganiom OSTIV dla klasy standard. Ma on drewnianą konstrukcję, przy czym skrzydło jest konstrukcji warstwowej. Szybowiec wyposażony jest w skuteczne hamulce aerodynamiczne, stałe hamowane koło podwozia i klapkę wyważającą. Pokrycie płócienne występuje jedynie na ruchomych częściach usterzenia.

Kilkuletnia już eksploatacja tego typu szybowca wykazała pewne charakterystyczne usterki. Należy do nich przede wszystkim zjawisko falowania się pokrycia skrzydeł, wywołane zmianami objętości wypełniacza zastosowanego w warstwowym pokryciu skrzydeł. Tego rodzaju usterka jest bardzo trudna do usunięcia i kosztowna, toteż zaniechano budowania skrzydła warstwowego z wypełniaczem, przekonstruowując je na wersję SZD 24-4 A.

W toku eksploatacji szybowców „Foka 24-C” ujawniono małą odporność spodu kadłuba na uszkodzenia wywołane nierównościami terenu, w związku z czym wprowadzone zostało wzmocnienie kadłuba w postaci listwy zewnętrznej doklejonej w sposób pokazany na rysunku 47.

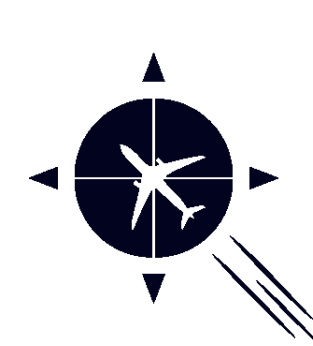


Rys. 47. Doraźny sposób wzmocnienia spodu kadłuba szybowca „Foka”

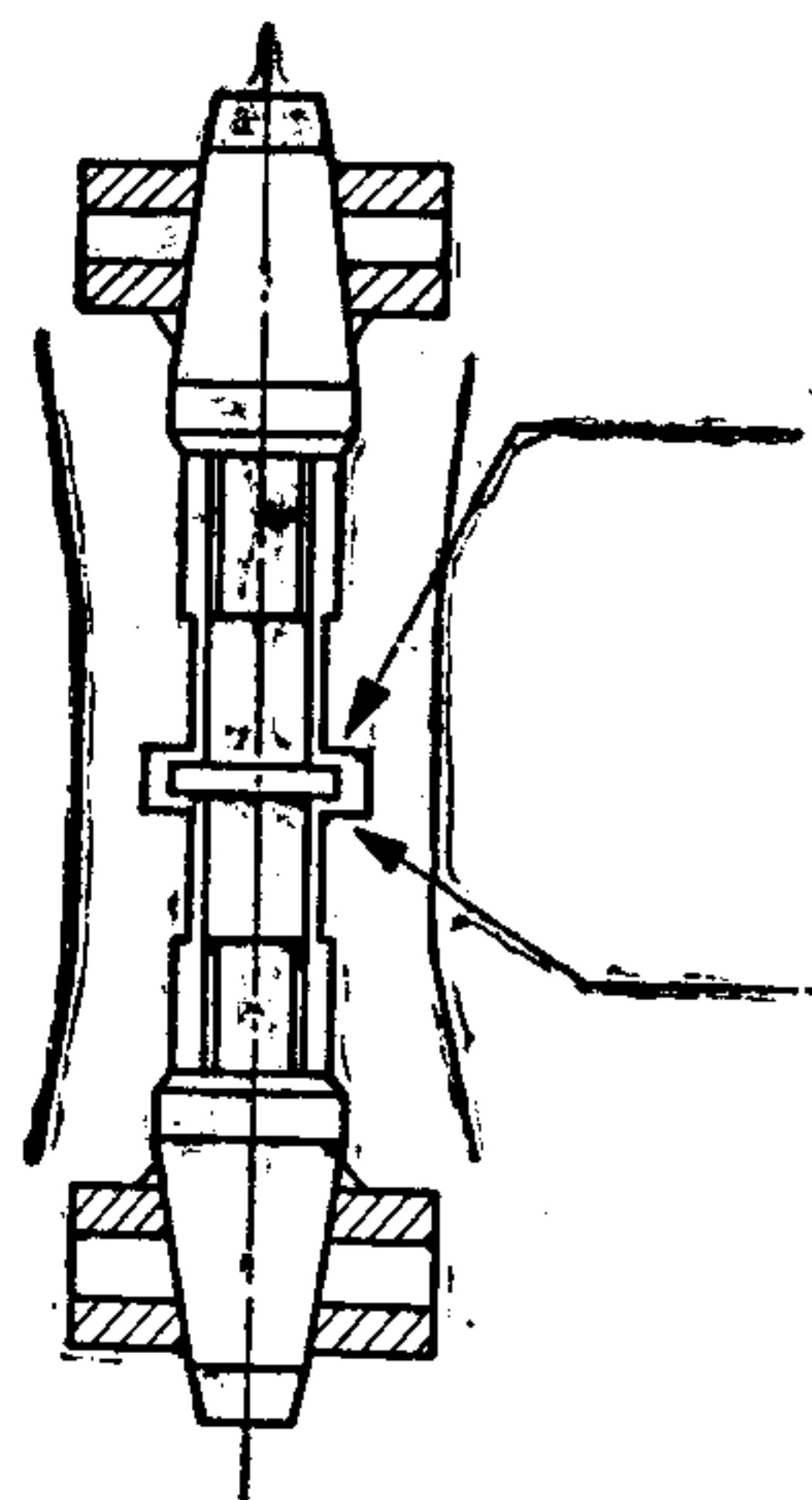
Stwierdzono także skłonność do wybudowywania się ostatniej wręgi kadłuba, na której umocowane są okucia zawieszenia statecznika wysokości. Wada ta została usunięta przez zwiększenie powierzchni klejenia tej wręgi do pokrycia kadłuba.

Prawidłowy montaż obu skrzydeł szybowca możliwy jest tylko pod warunkiem, że sworznie stożkowe, umocowane na stałe do prawego skrzydła, będą odpowiednio ustawione. Sposób ustawienia sworzni wyjaśniono na rysunku 48, na którym przedstawione jest czoło dźwigara prawego skrzydła wraz z zespołem sworzni. Prawidłowo ustawione sworznie poznaje się po tym, że umocowany na tulei sworzni kołnierz przyjmuje położenie symetryczne względem podłużnego otworu wyciętego w blasze. Opieranie się tulei o jedną z krawędzi otworu ogranicza możliwość dostatecznego wprowadzenia sworzni w otwory łączonych okuc. Na właściwość tę należy zwracać uwagę podczas przystępowania do montażu szybowca „Foka”.

Szybowiec „Foka 4, SZD-24-A”. Doświadczenia i obserwacje poczynione na egzemplarzach poprzednich serii skłoniły konstruktorów do opracowania nowej konstruk-



cji skrzydła, zapewniającej znacznie większą dokładność profilu laminarnego. W ten sposób powstało skrzydło szybowca „Foka 4” wykonane w układzie wielopodłużnicowym i kryte skorupą powstałą przez sklejenie na specjal-



Rys. 48. Sposób ustawienia sworzni głównych szybowców „Foka” (szybowiec zmontowany)

nym foremniku dwóch warstw sklejek. W stosunku do wersji SZD 24-C została skrócona lotka, laminarna część skrzydła została natomiast wydłużona o 60 cm.

W odniesieniu do szybowców typu „Foka 24-C”, jak i „Foka 4” należy pamiętać o ograniczeniu prędkości nurkowania do wartości 250 km/h, co podyktowane zostało zastosowaniem na tych szybowcach prędkościomierzy szybowcowych typu PR 250 S o zakresie wskazań do 250 km/h. Uzyskiwanie prędkości 260 km/h (do której szybowce te są dopuszczone urzędowo) możliwe jest tylko w przypadku dysponowania prędkościomierzem o odpowiednio większym zakresie wskazań.

Szybowce typu „Foka” są pierwszymi szybowcami użytkowymi wymagającymi specjalnych metod postępowania podczas wykonywania napraw skrzydeł, co związane jest z zastosowaniem nowych rodzajów pokryć.

LITERATURA

- Aeroklub PRL — Eksploatacja szybowców (oprac. J. Zieliński). Seria „Szkolenie Szybowcowe”. WKŁ, Warszawa 1967 r.
- Aeroklub PRL — Wyposażenie szybowców (oprac. S. Kostka, W. Tracz, K. Trzpił. Seria „Szkolenie Szybowcowe”. WKŁ, Warszawa 1967 r.
- J. Lipski — Lotnicza aparatura tlenowa. WKŁ, Warszawa 1958 r.
- J. Lipski — Eksploatacja lotniczych przyrządów pokładowych. WKŁ, Warszawa 1963 r.
- Praca zbiorowa — Podręcznik pilota szybowcowego. WKŁ, Warszawa 1966 r.

