



Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Ćwiczenie 11

BADANIE WARIOMETRU BAROMETRYCZNEGO

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową i zasadą pracy wariometru barometrycznego oraz sprawdzenie poprawności wskazań wariometru w trakcie realizacji ćwiczenia.

2. Wstęp teoretyczny

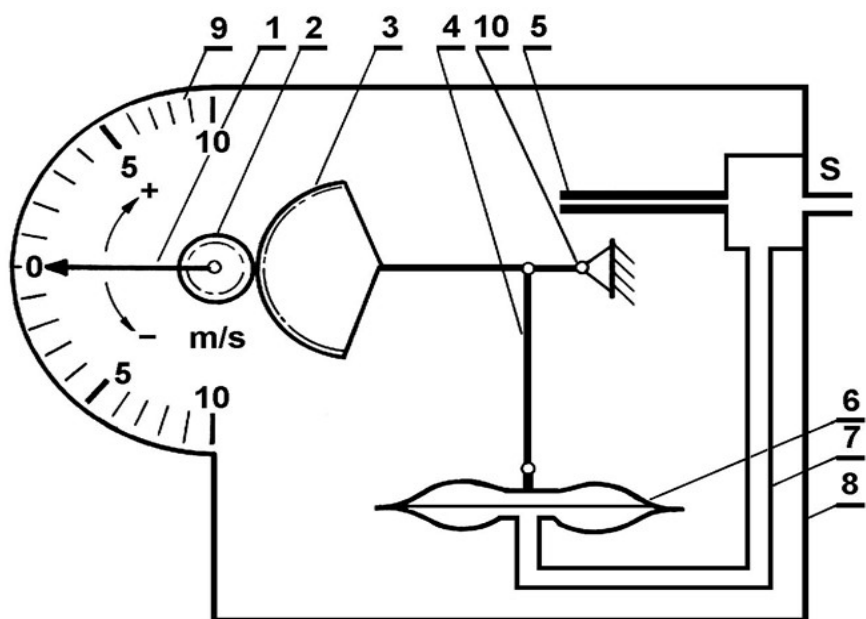
Wariometr (wskaźnik prędkości pionowej – Vertical Speed Indicator VSI) należy do grupy najważniejszych przyrządów pilotażowych każdego statku powietrznego. Człowiek, w przeciwieństwie do ptaków, nie jest w stanie odczuwać drobnych zmian ciśnienia atmosferycznego, dzięki którym mógłby ocenić czy wznosi się, czy opada. O ile gwałtowny ruch w górę lub w dół (kolejka górską, komin termiczny przy locie szybowcem) jest wyczuwalny, to nieznaczne zmiany prędkości pionowej ($< 5\text{m/s}$) są praktycznie nierozróżnialne dla ludzkich zmysłów. Wariometr jest tym przyrządem, który pozwala wykrywać i obrazować załodze bardzo małe zmiany prędkości pionowych podczas lotu ($< 1 \div 2 \text{ m/s}$), mając znaczący wpływ na bezpieczeństwo lotu szybowca jak i samej załogi.

Wariometr wskazuje prędkość pionową statku powietrznego, tj. prędkość wznoszenia lub opadania, szczególnie, gdy lot odbywa się w warunkach ograniczonej widoczności. Zasadnicze zastosowanie wariometru w statku powietrznym jest jako wskaźnik lotu poziomego. Podczas takiego lotu wskazówka wariometru jest ustawiona na zerowej podziałce, co oznacza, że lot odbywa się na stałej wysokości. Podczas zakłóceń lotu poziomego wskazówka wariometru wychyla się w górę lub w dół sygnalizując pilotowi konieczność wyrównania lotu statku powietrznego.

Zasada działania wariometru polega na pomiarze nadciśnienia (lub podciśnienia) powstającego przy zmianie wysokości lotu statku powietrznego wewnątrz zamkniętej objętości połączonej z atmosferą rurką włosowatą.

WARIOMETR MEMBRANOWY

Wnętrze szczelnej obudowy przyrządu połączone jest za pomocą szklanej rurki włosowatej 5 z otaczającą statek powietrzny atmosferą. Aby wariometr odbierał niezakłóconą wartość ciśnienia statycznego panującego na zewnątrz statku powietrznego, końcówka rurki włosowatej 5 wariometru połączona jest z dajnikiem ciśnienia statycznego. Wewnątrz szczelnej obudowy 8 umieszczony jest sprężysty element reagujący na różnicę ciśnienia wewnątrz obudowy i ciśnienia statycznego na danej wysokości. Na zewnętrzną powierzchnię puszki manometrycznej 6 działa ciśnienie panujące wewnątrz obudowy przyrządu 8. Do wnętrza puszki manometrycznej 6 doprowadzone jest przewodem rurowym 7 atmosferyczne ciśnienie statyczne. Przemieszczenie środka puszki przekazywane jest na wskazówkę 1 za pośrednictwem mechanizmu przekazującego (ciągło 4, korba 10, sektor zębaty 3, zębnik 2).



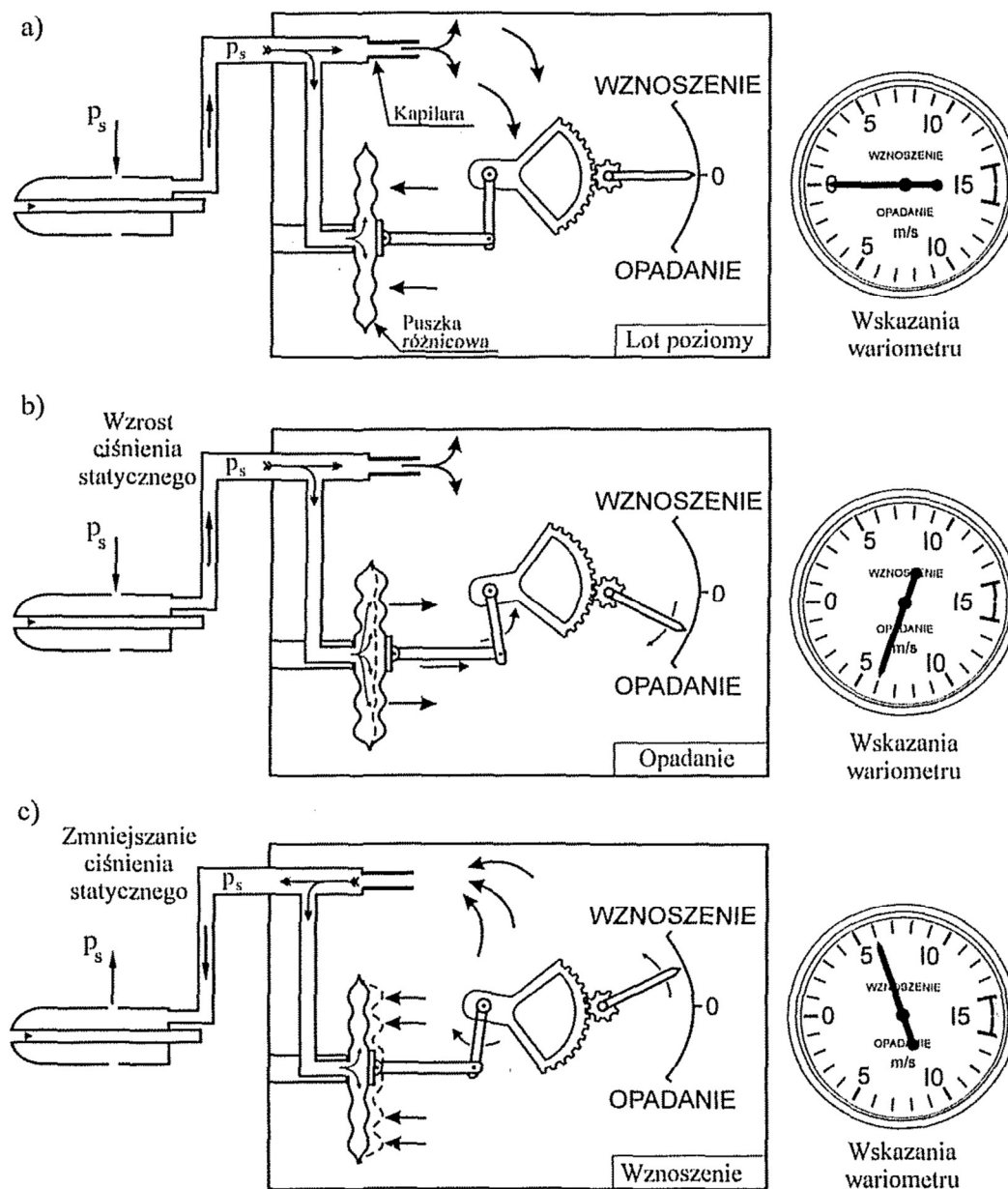
Rys. 1 Schemat ideowy wariometru: 1 – wskazówka; 2 – zębnik; 3 – sektor zębaty; 4 – cięgło przekładni korbowej; 5 – rurka włosowata (kapilara); 6 – membranowa puszką różnicowa; 7 – przewód rurowy; 8 – hermetyczna obudowa; 9 – skala; 10 – oś obrotu sektora zębatego.

Podczas lotu poziomego ciśnienie w obudowie przyrządu 8 równa się ciśnieniu atmosferycznemu. Różnica ciśnień wewnątrz i na zewnątrz puszką manometrycznej 6 równa jest zeru i wskazówka 1 wariometru jest ustawiona na podziałkę zerowej 9. Podczas wznoszenia ciśnienie atmosferyczne stale maleje i powietrze z obudowy przyrządu 8 wypływa przez rurkę włosowatą 5 na zewnątrz, w wyniku czego ciśnienie wewnątrz obudowy wariometru spada. Jednak na skutek oporów przepływu przez rurkę włosowatą ciśnienie wewnątrz obudowy nie zdąży wyrównać się z ciśnieniem atmosferycznym – powstaje nadciśnienie, którego wartość jest tym większa im szybciej wznosi się statek powietrzny. Pod działaniem powstałej różnicy ciśnień puszką manometryczna odkształca się i poprzez mechanizm przekazujący powoduje obrót wskazówki ku górze. Gdy wznoszenie statku powietrznego ustanie, ciśnienie wewnątrz obudowy przyrządu staje się równe ciśnieniu atmosferycznemu na danej wysokości i wskazówka przyrządu powraca na podziałkę zerową.

Podstawowym znaczeniem w konstrukcji wariometru jest wybór materiału, z którego zostanie wykonana obudowa. Nie można stosować obudowy wykonanej z metalu, ponieważ metale są dobrymi przewodnikami ciepła, w związku z czym zmiany temperatury otoczenia będą szybko przekazywane powietrzu znajdującemu się wewnątrz obudowy wariometru. Powietrze to dąży do zmiany swojej objętości i w obudowie przyrządu powstaje nadciśnienie (przy ogrzaniu przyrządu) lub podciśnienie (przy oziębianiu przyrządu). W celu zmniejszenia błędów wskazań wywołanych ogrzaniem lub oziębianiem powietrza zawartego w obudowie, wykonuje się ją z materiału źle przewodzącego ciepło, np. z masy plastycznej.

Konstrukcja wariometru z równomierną podziałką przedstawiona jest na rysunku 3. Ciśnienie statyczne jest dostarczone do wnętrza szczelnej obudowy 2 przez końcówkę 15 i szklaną rurkę włosowatą 1.

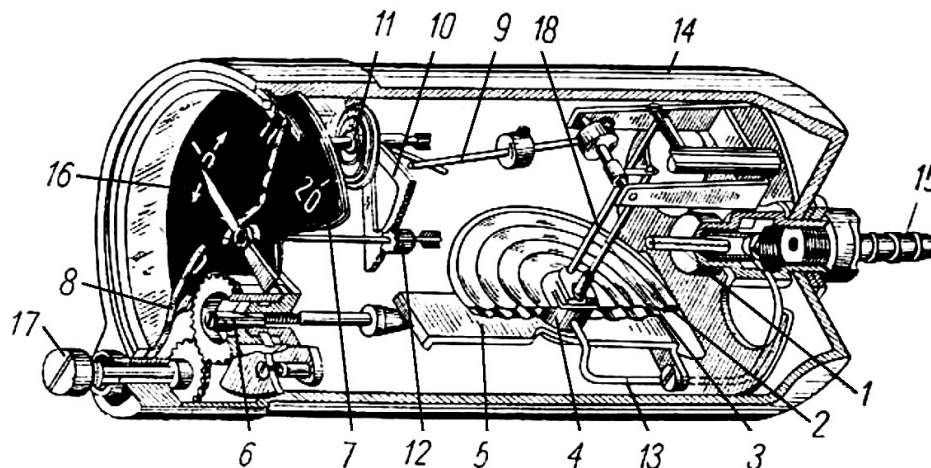
Wnętrze puszeki manometrycznej 2 połączone jest z końcówką ciśnienia statycznego 15 za pomocą przewodu rurowego 13 umieszczonego wewnątrz szczelnej obudowy 14. Podczas wznoszenia statku powietrznego spadek ciśnienia wewnątrz puszeki manometrycznej wyprzedza spadek ciśnienia w obudowie przyrządu 14 i puszka jest „ściskana”.



Rys. 2. Podstawowy schemat oraz zasada działania wariometru: a) brak zmiany wysokości; b) opadanie; c) wznoszenie.

Podczas opadania statku powietrznego ciśnienie wewnątrz puszeki wzrasta z pewnym wyprzedzeniem w stosunku do wzrostu ciśnienia wewnątrz obudowy przyrządu i puszka jest „rozciągana”. Przemieszczenie środka puszeki manometrycznej 2 w jedną lub w drugą stronę przekazywane jest przez cięgło 3 i drążek 9 na sektor zębaty 10 zazębiony z zębniakiem 12.

Na osi zębniaka zamocowana jest wskazówka 1. Luzy usuwane są sprężyną włosową 11. Na ziemi przed lotem wskazówka powinna znajdować się w położeniu zerowym. Jeżeli tak nie jest, to ustawia się ją w położenie zerowe za pomocą mechanizmu regulującego. W tym celu należy wykręcić wkręt 17 i odciągnąć go ku sobie.



Rys. 3 Konstrukcja wariometru membranowego: 1 – rurka włosowata (kapilara), 2 – puszka manometryczna, 3 – cięgło, 4 – podstawa puszki manometrycznej, 5 – płytkę sprężynującą, 6 – wkręt regulacyjny, 7 – tarcza, 8 – szyba, 9 – drążek, 10 – sektor zębaty, 11 – sprężyna włosowata, 12 – zębniak, 13 – przewód rurowy, 14 – puszka przyrządu, 15 – końcówka ciśnienia statycznego, 16 – wskazówka, 17 – wkręt, 18 – ogranicznik.

Kółko zębate zamocowane na wkręcie zazębia się z kółkiem zębatym zamocowanym na wkręcie regulacyjnym 6. Przy obrocie wkrętu 17 wkręt 6 przemieszcza się osiowo w nakrętce i swoim stożkowym zakończeniem zgina płytkę sprężynującą 5, na której zamocowana jest puszka manometryczna 2. Podczas zginania płytki 5 puszka manometryczna 2 przemieszcza się powodując odpowiednie przemieszczenie wskazówki 16. Po ustawieniu wskazówki 16 w położeniu zerowym wkręt 17 wciska się i zakręca do oporu. Podczas lotu nurkowego statku powietrznego prędkość pionowa może przewyższyć zakres pomiarowy przyrządu. W celu uniknięcia zniekształcenia puszki manometrycznej 2 przewidziany jest w przyrządzie ogranicznik 18 ograniczający ugięcia puszki manometrycznej przy dużej różnicy ciśnień.

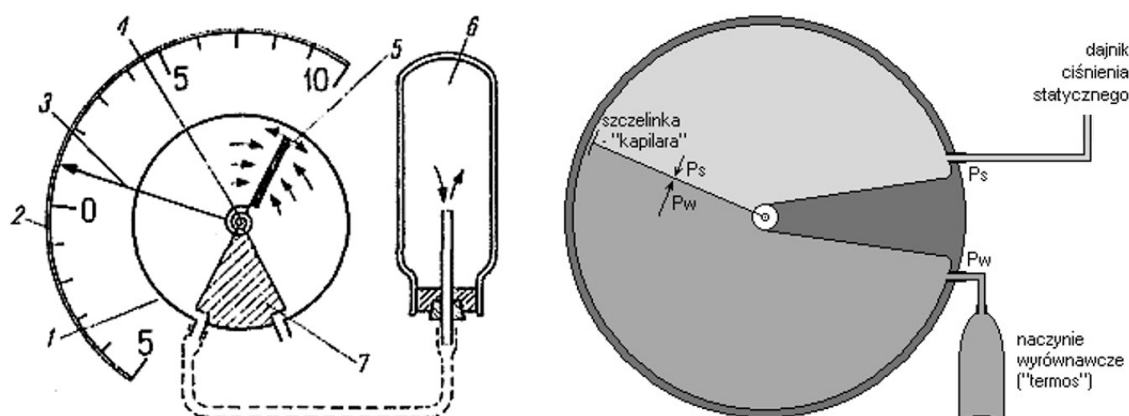
Postęp w dziedzinie budowy statków powietrznych o napędzie turbinowym, wymusił budowę wariometrów o zwiększonym zakresie pomiarowym, ze względu na prędkości pionowe znacznie przekraczające 30 m/s. W tym celu powstały wariometry o zagęszczającej się podziałce, co jednak doprowadziło do obniżenia czułości przyrządu, objawiające się zmniejszaniem kąta wychylenia wskazówki przy zmianie prędkości pionowej o 1 m/s.

Wyróżnia się dwa typy konstrukcji wariometrów membranowych:

- wariometr małych prędkości pionowych – odznaczający się równomierną podziałką, o zakresie pomiarowym od 0 do 30 m/s, stosowany głównie na pokładach szybowców, śmigłowców.
- wariometr dużych prędkości pionowych – odznaczający się nierównomierną podziałką, o zakresie pomiarowym powyżej 30 – do 300 m/s.

WARIOMETR SKRZYDEŁKOWY

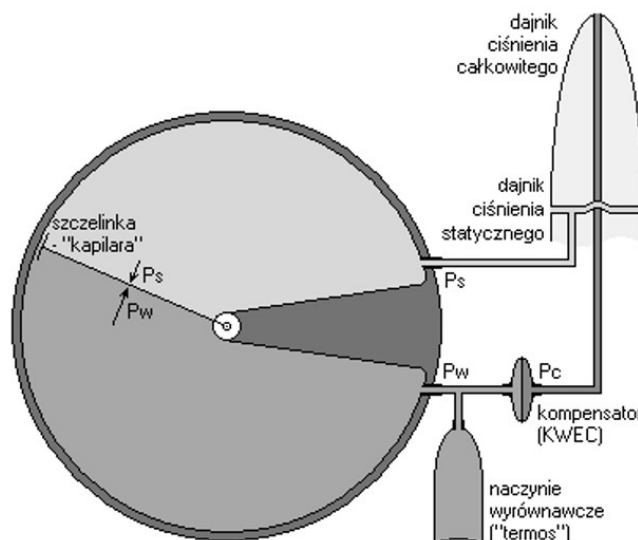
Istnieje również inny typ wariometru mechanicznego – wariometr skrzydełkowy, który nie posiada puszek aneroidowej, natomiast, którego komora podzielona jest na dwie części – między którymi umieszczone jest ruchome skrzydełko, w którym znajduje się szczelina. Do jednej z tych części doprowadzony jest nadajnik ciśnienia statycznego. Wariometry te są bardziej czułe, a w związku z tym, rzadziej stosowane w samolotach silnikowych, a częściej w szybowcach. Jako że szczelinka ma większy przekrój niż kapilara w wariometrze membranowym, dla spowolnienia wyrównywania ciśnienia między oboma częściami potrzebna jest większa objętość powietrza w obudowie. Dlatego też, do części wyrównawczej wariometru, dołączone jest naczynie wyrównawcze zwane potocznie termosem.



Rys. 4 Konstrukcja wariometru skrzydełkowego: 1 – cylindryczna komora, 2 – tarcza, 3 – wskazówka, 4 – sprężyna spiralna, 5 – ruchome skrzydełko, 6 – naczynie wyrównawcze (termos), 7 – przegroda klinowa.

WARIOMETR ENERGII CAŁKOWITEJ – WEC

Energia całkowita poruszającego się w powietrzu szybowca jest sumą energii potencjalnej, proporcjonalnej do wysokości i energii kinetycznej, proporcjonalnej do kwadratu prędkości. Ściągając drążek możemy część energii kinetycznej zamienić w potencjalną, zyskując nieco wysokości kosztem prędkości i odwrotnie, przechodząc w nurkowanie zamieniamy energię potencjalną na kinetyczną. Jeśli pominiemy opadanie własne szybowca, energia całkowita pozostaje stała. Wariometr energii całkowitej skonstruowano właśnie z myślą o pomiarze zmian energii całkowitej, czyli zysku (lub straty) wysokości wynikającego z działania prądów powietrza, nie zaś ze zmian wysokości kosztem prędkości.



Rys. 4a Konstrukcja wariometru energii całkowitej.

WARIOMETR BARO – INERCYJNY (INSTANTANEOUS VERTICAL SPEED INDICATOR)

Wariometr może wyświetlać dwa różne typy informacji:

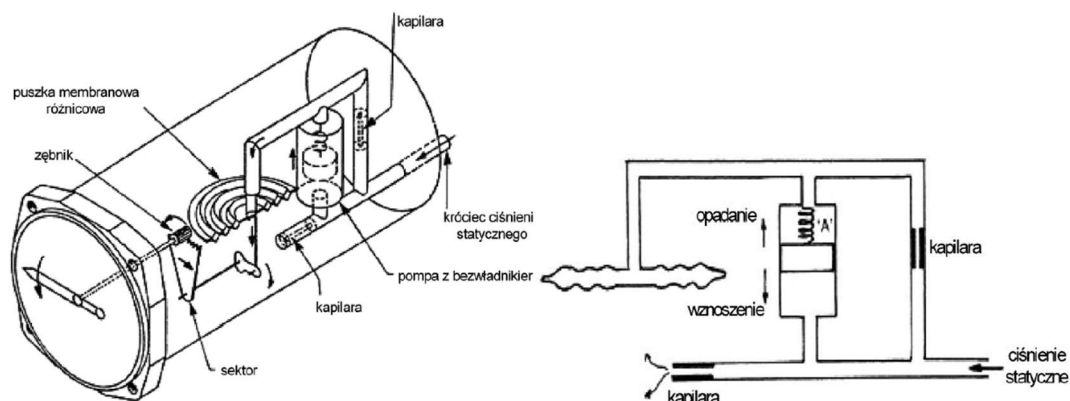
- Informacje o tendencjach pokazują natychmiastowe wskazanie wzrostu lub spadku prędkości wznoszenia lub opadania statku powietrznego.
- Informacje o szybkości zmian prędkości pionowej pokazują ustabilizowane tempo zmian wysokości.

Na przykład, jeśli utrzymujesz stałą prędkość wznoszenia 150 metrów na minutę, a przód statku powietrznego jest lekko obniżony, wariometr natychmiast „wyczuwa” tę zmianę i wskazuje spadek prędkości pionowej (wznoszenia). To pierwsze wskazanie nazywa się trendem. Po krótkim czasie wskazówka wariometru „stabilizuje się” na nowej prędkości wznoszenia, która w tym przykładzie wynosi mniej niż 150 metrów na minutę.

Czas od początkowej zmiany prędkości wznoszenia, aż wskazówka wariometru zobrazuje dokładne wskazanie nowej prędkości pionowej, nazywa się opóźnieniem wskazań. Nieostrożna technika sterowania i turbulencje mogą wydłużyć okres opóźnienia i spowodować błędne i niestabilne wskazania prędkości pionowej. Pomiar prędkości pionowej obarczony jest zakłóceniami wysoko częstotliwościowymi spowodowanymi z jednej strony szumami samego wariometru, a z drugiej strony szumami wynikającymi z nadajnika ciśnienia statycznego i instalacji OCP.

Celem wyeliminowania tych zakłóceń (szumy) oraz zwiększenia czułości wariometru można przeprowadzić filtrację komplementarną z podwójnie całkowanym przyspieszeniem pionowym. Reasumując, jednym z problemów wynikających z użytkowania „prostego” wariometru jest to, że czas opóźnienia wskazań prędkości pionowej dochodzi do 10 sekund, aby różnica ciśnień ustabilizowała się i wytworzyły się dokładne wskazania na tarczy wskaźnika.

Rozwiązaniem jest zwykły wariometr membranowy z rurką włosowatą (kapilarą), uzupełniony elementem mierzącym przyspieszenie pionowe (element inercyjny w cylindrze). Wariometr baro – inercyjny (IVSI) składa się z tych samych podstawowych elementów, co konwencjonalny wariometr membranowy, ale dodatkowo wykorzystuje akcelerometr, który ma na celu wytworzenie szybszego efektu różnicy ciśnień, szczególnie w początkowej fazie wznoszenia lub zniżania.



Rys. 5 Konstrukcja wariometru baro – inercyjnego.

Taki zintegrowany wariometr cechuje większa czułość (działanie elementu inercyjnego) przy stabilności długookresowej takiej jak w typowym wariometrze membranowym. Akcelerometr składa się z małego cylindra zawierającego tłok utrzymywany w równowadze przez sprężyny i własną masę. Cylinder jest połączony w rurce kapilarnej prowadzącej do wnętrza puszki różnicowej i bezpośrednio do źródła ciśnienia statycznego. Kiedy inicjowana jest zmiana prędkości pionowej, tłok natychmiast przemieszcza się pod wpływem przyspieszenia (pionowego), co powoduje natychmiastową zmianę ciśnienia wewnątrz puszki różnicowej. Przemieszczenie tłoka powoduje natychmiastową zmianę wskazań wariometru. Na samym początku wznoszenia lub opadania, pojawia się pionowe przyspieszenie samolotu i na wskaźniku wariometru baro – inercyjnego jest sygnalizowane przez ruch masy inercyjnej (akcelerometr), która wymusza odpowiednią różnicę ciśnień. Kiedy prędkość pionowa maleje do zera, przyspieszenie pionowe także maleje do zera, ale do tego czasu osiągnięto odpowiednią różnicę ciśnień – zobrazowane na tarczy wariometru – ruch tłoka „przyśpiesza” proces wyrównania ciśnień. Podczas wznoszenia ciśnienie statyczne maleje, więc wewnętrzne ciśnienie w puszcze różnicowej jest niższe niż w obudowie wariometru baro – inercyjnego, powodując wskazania prędkości wznoszenia. Jednak ustalenie ciśnienia w stanie ustalonym wymaga czasu (do 10 sek.), podczas gdy pionowe przyspieszenie na początku wznoszenia wymusza ruch tłoka w dół, natychmiast zmniejszając ciśnienie w obudowie – szybszy ruch wskazówki wariometru. Reasumując, podczas wznoszenia pionowe przyspieszenie powoduje, że masa inercyjna z tłoczkiem przetłacza dodatkowe powietrze do puszki różnicowej, aby ustabilizować różnicę ciśnień skracając czas opóźnienia wskazań. Podczas lotu poziomego oraz wznoszenia i zniżania ze stałą prędkością przyrząd działa na tych samych zasadach, co wcześniejszy wariometr membranowy.

BŁĘDY WARIOMETRÓW

Odczyt prędkości pionowej przez pilota niewątpliwie obarczony jest szeregiem błędów, które można podzielić na dwie główne grupy:

- błędy metodyczne (pomiarowy, termiczny),
- błędy instrumentalne.

Pomiarowy błąd metodyczny polega na stosowanej metodzie pomiaru prędkości pionowej. Pomiar nie polega na różniczkowaniu zmian ciśnienia atmosferycznego (statycznego), którego wartości są proporcjonalne do wysokości (tzw. wysokość barometryczna) zgodnie z założeniami ISA.

Metodyczny błąd termiczny powstaje w wariometrze na skutek tego, że w warunkach rzeczywistych przepływ powietrza przez rurkę włosową nie jest izotermiczny przy zmianie wysokości lotu, w przeciwieństwie do warunków, w których wariometr jest skalowany (zgodnie z ISA). Podczas startu statku powietrznego temperatura powietrza w obudowie przyrządu jest taka sama jak temperatura powietrza przy ziemi i wskutek złej przewodności cieplnej materiału, z którego wykonana jest obudowa, zmienia się powoli. Temperatura otaczającego powietrza obniża się wraz ze wzrostem wysokości statku powietrznego. Powietrze przepływające przez kapilarę ochładza się do temperatury otoczenia. Następuje duża różnica pomiędzy temperaturą powietrza w obudowie wariometru i temperaturą powietrza otaczającego statek powietrzny (m.in. zmiany gęstości), przez co powstaje metodyczny błąd termiczny, ponieważ, gdy wariometr był skalowany, obie temperatury były takie same.

Błędy instrumentalne to głównie błędy wynikające głównie z błędów podczas samego pomiaru szybkości zmian ciśnienia, a także błędy odczytu wskazań przez załogę (błąd paralaksy, błąd od przyspieszeń oddziałujących na elementy mechaniczne wariometru,...), a także błędy montażu i skalowania wariometru.

3. Zakres ćwiczenia

W czasie ćwiczenia studenci powinni dokonać pomiarów wybranych parametrów wariometru membranowego:

1. Sprawdzanie wyglądu zewnętrznego,
2. Sprawdzenie dokładności „wskazań” wariometru membranowego.

3.1 Zasady sprawdzania lotniczych przyrządów barometrycznych

Do eksploatacji na statku powietrznym mogą być dopuszczone przyrządy, które przeszły z wynikiem pozytywnym sprawdzenia przewidziane warunkami technicznymi.

Ogólne warunki sprawdzania przyrządów pokładowych są następujące:

- temperatura otoczenia równa: $+20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- ciśnieniu otoczenia równym $1013,25 \text{ hPa} \pm 40 \text{ hPa}$ ($760 \text{ mmHg} \pm 30 \text{ mmHg}$);
- przyrząd powinien znajdować się w położeniu, które odpowiada jego normalnemu położeniu w czasie eksploatacji;
- wskazówki przyrządów powinny być ustawione na podziałce zerowej;

- wartość parametru wywołującego zmianę wskazań należy zmieniać płynnie w taki sposób, aby prędkości zmian tego parametru nie przekraczały maksymalnej prędkości jego zmiany w normalnych warunkach eksploatacyjnych;
- w czasie sprawdzania należy obserwować płynność ruchu wskazówek sprawdzanych przyrządów;
- podczas oględzin przyrządu należy sprawdzać działanie pokręteł, stan części montażowych, znakowanie, kompletność i stan plomb, występowanie uszkodzeń mechanicznych, śladów korozji i uszkodzeń pokryw ochronnych;
- podczas sprawdzania szczelności należy zwrócić uwagę na fakt, że na wskazania mają wpływ dodatkowe elementy pneumatyczne (np. przewody ciśnieniowe) oraz nie należy trzymać w rękach sprawdzanego przyrządu (wpływ temperatury).

3.2 Opis stanowiska laboratoryjnego

Do badania barometrycznego sygnalizatora prędkości przyrządowej podczas ćwiczenia laboratoryjnego wykorzystana zostanie:

- Pompa podciśnieniowa CIŚNIENIE STATYCZNE;
- Wariometr membranowy Cessna VS12FM-3 Vertical speed indicator 2000 ft/min;
- Wysokościomierz barometryczny Cessna A20 (0106) – 100 ÷ 20 000 ft;
- Stoper;
- Przewody połączeniowe ciśnieniowe;
- Przewody połączeniowe elektryczne.

Przed rozpoczęciem sprawdzenia dokładności wskazań wariometru należy sprawdzić stan techniczny (wygląd zewnętrzny) badanego wariometru i wysokościomierza. Należy dokonać sprawdzenia stanu technicznego obudowy, osłony szklanej tarczy przyrządów, stanu technicznego tarczy i położenia wskazówek. Przed dokonaniem pomiarów ustawić wskazówkę wariometru na pozycję 0 – płaski wkrętek.

3.4 Sprawdzenie dokładności wskazań wariometru membranowego

- Zmontować stanowisko laboratoryjne,
- Sprawdzić położenie wskazówek wariometru i wysokościomierza. W razie stwierdzenia nie pokrywania się wskazówki wariometru z cyfrą 0, delikatnie skorygować położenie wskazówki wkrętkiem płaskim,
- Uruchomić pompę podciśnieniową, pokręteł regulacji wartości podciśnienia ustawić wskazania wariometru na wartości prędkości pionowej 500 ft/min. ($8\frac{1}{3}$ ft/sek.) (WZNOSZENIE), obserwować wskazania wysokościomierza. Przy wskazaniu wysokości na tarczy wysokościomierza $H_1 = 1000$ ft uruchomić pomiar czasu n przez stoper. Zatrzymać pomiar czasu przy wskazaniach wysokościomierza $H_2 = 2000$ ft. Zanotować wartość czasu odczytaną na tarczy wysokościomierza w Tabeli 1.,
- Podczas regulacji zmian ciśnienia na wyjściu pompy podciśnieniowej zwracać i przestrzegać maksymalnej wartości prędkości pionowej,

- NIE WOLNO PODCZAS POMIARÓW, PRZEKROCYĆ WARTOŚCI PRĘDKOŚCI PIONOWEJ 30 ft/sek.,
- Utrzymywać prędkość pionową wskazywaną przez wysokościomierz na wartości 500 ft/min. Powtórzyć pomiar dla wysokości (5000 – 6000 ft) i (9000 – 10 000 ft). Otrzymane wyniki odczytane z tarczy stopera zanotować w tabeli 1.,
- Powtórzyć powyższe pomiary dla trzech prędkości pionowych: 1000, 1500 i 2000 ft/min.,
- W oparciu o otrzymane wyniki pomiarów, opracować wykres błędu pomiarowego (różnica prędkości pionowej wskazywanej przez badany wariometr Cessna w funkcji prędkości pionowej obliczonej w oparciu o dane zawarte w Tabeli 1 (trzy zakresy pomiarowe zmiany wysokości –1000 ft (np. różnica wysokości 2000 i 1000 ft) i czasu pomiaru zmian wysokości w podanym przedziale – 1000 ft),
- Uzasadnić otrzymane wyniki pomiarów i wykresy.

3.5 Opracowanie wyników pomiarów

W sprawozdaniu z ćwiczenia laboratoryjnego należy zamieścić:

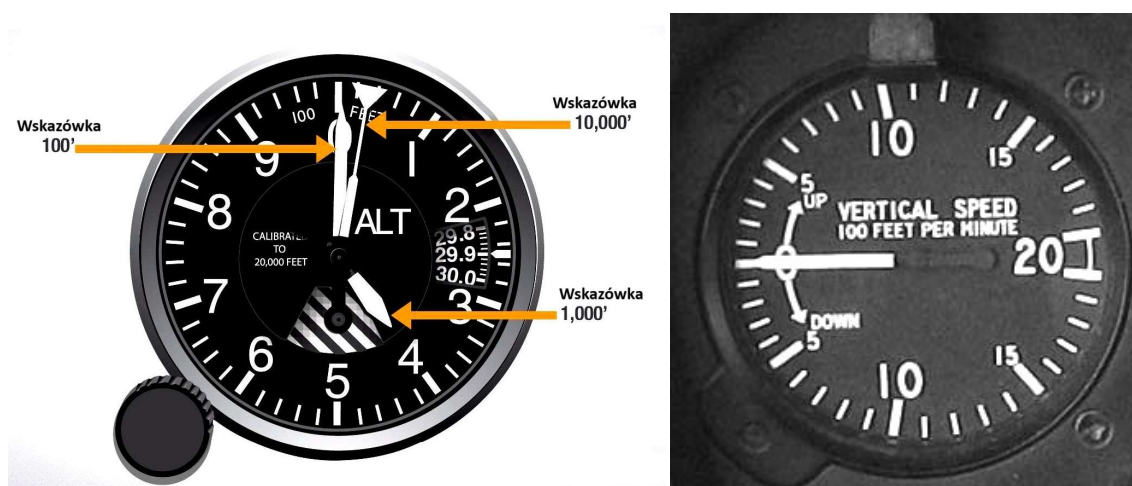
- Protokół z ćwiczenia laboratoryjnego,
- Tabele pomiarowe (Tabela 1) wraz z dokonanymi obliczeniami (Tabela 2),
- Wykreślone charakterystyki statyczne badanych przyrządów,
- Wnioski dotyczące otrzymanych wyników.

Tabela 1

Zakres zmian wysokości, [ft]	Prędkość pionowa (wariometr), [ft/min]			
	500	1000	1500	2000
	Czas pomiaru zmian wysokości, [sek.]			
1000 – 2000				
5000 – 6000				
9000 – 10 000				

Tabela 2

Zakres zmian wysokości, [ft]	Prędkość pionowa (wariometr), [ft/min]				
	500	1000	1500	2000	Błąd pomiarowy
	ft/sek.	ft/sek.	ft/sek.	ft/sek.	
	Prędkość pionowa obliczona, [ft/sek.]				
1000 – 2000					
5000 – 6000					
9000 – 10 000					



Odczyt standardowego wysokościomierza z trzema wskazówkami jest prosty. Długa cienka wskazówka wskazuje wysokość barometryczną w odstępach co 10 000 stóp (2 = 20 000 stóp). Krótka, szeroka wskazówka wskazuje wysokość barometryczną w odstępach co 1000 stóp (2 = 2000 stóp). Średnia, cienka wskazówka wskazuje wysokość barometryczną w odstępach co 100 stóp (2 = 200 stóp).

Wskazania wariometru odczytane na tarczy przyrządu należy pomnożyć x 100 ft/min (5 – 500 stóp/min.)

Grupa nr			
Lp	Nazwisko	Imię	Nr albumu
1			
2			
3			
4			
5			
6			
		Data i podpis prowadzącego	