



Patent dodatkowy
do patentu _____

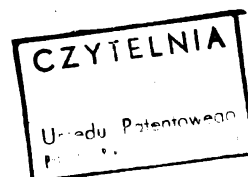
Zgłoszono: 16.03.77 (P. 196707)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 09.10.78

Opis patentowy opublikowano: 15.01.1982

Int. Cl.² G01M 9/00



Twórcy wynalazku: Gennady Alexeevich Bulychev, Anatoly Vladimirovich Bykovsky, Stanislav Pavlovich Machigin, Konstantin Sergeevich Strelkov

Uprawniony z patentu: Gennady Alexeevich Bulychev, Anatoly Vladimirovich Bykovsky, Stanislav Pavlovich Machigin, Konstantin Sergeevich Strelkov, Zhukovsky (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Urządzenie do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym, stosowane przy eksperymentalnych badaniach podatności aerodynamicznej i stateczności, przeprowadzanych w tunelach aerodynamicznych małych prędkości na dynamicznych modelach maszyn latających w warunkach maksymalnie zbliżonych do warunków swobodnego lotu.

Urządzenie może być stosowane do wyznaczania wytrzymałości dynamicznej i parametrów flaterowych.

Problem badania przedstawionych zagadnień na modelach dynamicznych ma wyjątkowo duże znaczenie dla bezpieczeństwa lotów maszyn latających.

Konstrukcja urządzeń pozwalających na przeprowadzenie takich badań stanowi bardzo złożone zagadnienie techniczne. Z jednej strony, zawieszenie nie powinno w sposób zauważalny przeszkadzać w przemieszczaniu się modeli stwarzając warunki badań w tunelu zbliżone do warunków lotu swobodnego, a z drugiej strony powinno ono utrzymywać model w środku roboczej części tunelu aerodynamicznego nie pozwalając na duże przemieszczenia modelu i zapobiegając jego wyrzuceniu ze strumienia w przypadku stosowania tuneli aerodynamicznych z otwartą częścią roboczą. Ta ostatnia właściwość ważna jest szczególnie przy badaniu modeli nie wyposażonych w specjalny

2

układ pilotażowy, co w sposób istotny upraszcza eksperymenty i zwiększa ich efektywność.

Umocowanie modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego zapewniające przy badaniach sześć stopni swobody przemieszczeń modelu, może powodować niestabilność modelu jako ciała sztywnego na zawieszeniu, zwaną flater zawieszenia, jak również w sposób istotny wpływać na badane parametry rzeczywiste, otrzymywane na podstawie wyników badania modelu, przez przeliczenie z uwzględnieniem współczynników skalujących wynikających z teorii mechanicznego podobieństwa. Dlatego przy konstruowaniu urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej w roboczej części tunelu aerodynamicznego dokonuje się starannych badań laboratoryjnych oraz opracowań środków zapewniających stabilność modelu na zawieszeniu przy wszystkich prędkościach strumienia w tunelu i zapewniających możliwie mały wpływ konstrukcji zawieszenia na wyniki badań. Takie zadania z powodu złożoności zjawisk, obecnie rozwiązywane są głównie doświadczalnie.

Znane jest z opisu patentowego USA nr 3.276.251, klasa 73-147 urządzenie do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym, które stosowane jest przy badaniach na flater dynamicznego modelu samolotu na przydźwiękowych prędkościach strumienia w tunelu NASA. Urządzenie składa się z dwóch lin, przedniej i tylnej, umieszczonych w pionowej i poziomej płaszczyźnie

maszyny latającej, przepuszczonych w postaci pętli przez rolki modelu i przymocowanych do ścianek tunelu aerodynamicznego za pośrednictwem sprężyn zapewniających określone naprężenie lin. Rolki są umocowane wewnątrz kadłuba przed środkiem ciężkości modelu i za nim.

Urządzenie do zawieszania modelu odtwarza warunki lotu swobodnego i zapewnia sześć stopni swobody przy przemieszczaniu modelu jako ciała sztywnego, ma masę małą w porównaniu z masą modelu i pozwala prowadzić badania na prędkościach i naddźwiękowych prędkościach strumienia.

Jako konkretny rodzaj mocowania modelu dobiera się na podstawie konstrukcji modelu pojedyncze lub podwójne rolki zainstalowane w kadłubie modelu. Przednia lina przebiega poziomo lub pionowo, tylna zaś w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny przedniej liny.

Przy umieszczeniu przedniej liny w płaszczyźnie pionowej lina ta przymocowana jest jednym końcem na stałe do górnej ścianki tunelu przed modelem, przerzucona jest przez rolkę umieszczoną w dziobowej części kadłuba modelu przed środkiem ciężkości modelu, a drugim końcem za pośrednictwem sprężyny przymocowana jest do dolnej ścianki tunelu.

Tylna lina w tym przypadku przebiega w płaszczyźnie poziomej i przymocowana jest do bocznych ścianek tunelu analogicznie do mocowania przedniej liny. W ten sposób model umocowany na tym zawieszeniu ma sześć stopni swobody, w których przemieszczenie pionowe i obrót względem poprzecznej osi modelu odbywa się przy

przemieszczaniu modelu na rolkach po półpętli przedniej liny i przy wahadłowych przemieszczeniach modelu względem osi przechodzącej przez punkty mocowania tylnej liny, boczne przemieszczenie i obrót względem pionowej osi odbywa się wskutek wahadłowych przemieszczeń modelu względem osi przechodzącej przez punkty mocowania przedniej liny i jego przemieszczeń na rolkach po półpętli tylnej liny, wzdłużne przemieszczenie modelu odbywa się dzięki sprężystemu mocowaniu liny przedniej i tylnej, obrót względem osi podłużnej odbywa się przy nieznanym przemieszczeniu modelu na rolkach po półpętlach, przedniej i tylnej.

Charakterystyki częstotliwościowe i stateczności modelu ustala się przez naprężanie tylnej liny za pomocą mechanizmu naprężającego. Wielkość naprężenia określona jest za pomocą czujnika. Wielkość naprężania zależy oczywiście od parametrów modelu przy badaniach, jednakowoż naprężenie powinno być wystarczające do zapewnienia lotu modelu oraz stabilności dynamicznej układu model-zawieszenie, lecz również odpowiednio małe, aby zapewnić utrzymanie częstotliwości własnych układu model-zawieszenie poniżej częstotliwości modelu jako ciała sztywnego w locie swobodnym.

Model badany na takim zawieszeniu zaopatrzony jest w układ pilotowania w strumieniu tunelu aerodynamicznego.

Jednak znane zawieszenie nie pozwala na prowadzenie badań stosunkowo ciężkich modeli przy małych, poddźwiękowych prędkościach strumienia, gdyż w tym przypadku trzeba wywierać nadmiernie duże siły przy naprężeniu lin mogące doprowadzić do istotnej zmiany widma częstotliwościowego układu model-zawieszenie. Poza tym istnieje konieczność sterowania modelem podczas badań.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej zapewniającego przeprowadzenie badań modeli dynamicznych najróżniejszych rodzajów w warunkach zbliżonych do warunków lotu swobodnego i niewymagającego układu sterowania modelem podczas przeprowadzania eksperymentów w tunelach aerodynamicznych małych prędkości.

Cel ten osiągnięto dzięki urządzeniu do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym wykonanym w postaci układu lin ze środkiem do ich naprężania, przy czym jedno końce tych lin przymocowane są do korpusu tunelu za pośrednictwem elementów sprężystych, a drugie końce połączone są z samym modelem, w wyniku czego podczas badań odbywa się lot swobodny modelu w ten sposób, że układ lin składa się przynajmniej z jednej liny umieszczonej w płaszczyźnie poziomej i przynajmniej dwóch lin umieszczonych w płaszczyźnie pionowej, stanowiących płaszczyzny symetrii modelu i połączonych z nim w punktach znajdujących się odpowiednio przed i za jego środkiem ciężkości.

Układ lin może składać się z dwóch lin umieszczonych w płaszczyźnie poziomej i przechodzących po obu stronach kadłuba modelu równolegle do jego osi podłużnej. W tym przypadku celowe jest mocowanie wspomnianych lin do modelu przed jego środkiem ciężkości za pośrednictwem dwustronnej dźwigni równoramiennej przechodzącej na wylot przez poprzeczną wykonaną w modelu szczelinę i osadzonej wewnątrz niej na przegubie. Wspomniane liny mocowane są do modelu za pośrednictwem prowadnic umocowanych na wspornikach przy kadłubie modelu.

Celowe jest mocowanie wspomnianych lin do korpusu tunelu w jednym punkcie przed modelem i w jednym punkcie za nim. W punkcie mocowania lin do korpusu tunelu znajdującym się przed modelem można umieścić blok, przez który przerzucone są końce połączonych ze sobą lin.

Układ lin pionowych może być wykonany w postaci czterech lin, z których dwie umieszczone są w pionowej płaszczyźnie symetrii modelu, odpowiednio przed i za jego środkiem ciężkości, a dwie inne dodatkowe liny umieszczone są w płaszczyźnie pionowej przechodzącej za środkiem ciężkości modelu prostopadle do pionowej płaszczyzny symetrii modelu. Celowe jest połączenie końców lin umieszczonych w płaszczyźnie pionowej za pośrednictwem elementów sprężystych z odpowiednimi mechanizmami dźwignikowymi umożliwiającymi regulację położenia modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego zarówno przy instalacji, jak i podczas badań.

Wspomniane wyżej rozwiązanie zapewnia przeprowadzenie badań modeli dynamicznych różnych rodzajów w warunkach zbliżonych do warunków lotu swobodnego.

Poza tym taka konstrukcja urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym przy przeprowadzaniu eksperymentów pozwala na uniknięcie konieczności stosowania układu sterowania modelem.

Wynalazek jest opisany w przykładach wykonania przedstawionych na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia schemat urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym w widoku z boku, fig. 2 — schemat urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym w widoku z góry, fig. 3 — schemat mocowania lin umieszczonych w płaszczyźnie poziomej do modelu przed jego środkiem ciężkości G , fig. 4 — schemat jednego z przykładów rozmieszczenia lin poziomych, fig. 5 — schemat innego przykładu rozmieszczenia lin poziomych, fig. 6 — przedstawia jeden z optymalnych przykładów wykonania urządzenia do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym.

Będąc przedmiotem wynalazku urządzenie do zawieszania modelu 1 (fig. 1) maszyny latającej w roboczej części 2 tunelu aerodynamicznego 3 małych prędkości wykonane jest w postaci układu lin i zawiera przynajmniej jedną umieszczoną w płaszczyźnie poziomej, linę 4, której jeden koniec za pośrednictwem elementu sprężystego 5 przymocowany jest do korpusu tunelu aerodynamicznego 3, a drugi koniec przymocowany jest do modelu 1 w punkcie 6 znajdującym się przed środkiem ciężkości G modelu 1, oraz przynajmniej dwie liny 7 umieszczone w pionowej płaszczyźnie symetrii modelu. Jedne końce lin 7 przymocowane są za pośrednictwem elementów sprężystych 8 do korpusu tunelu aerodynamicznego, a drugie połączone są z modelem 1 w punktach 9 i 10 umieszczonych przed i za jego środkiem ciężkości G , w określonej od siebie odległości. Odległość tę dobiera się na podstawie warunku zapewnienia stabilności układu model-zawieszenie w strumieniu V tunelu aerodynamicznego. Kierunek prędkości strumienia w tunelu aerodynamicznym oznaczony jest na wszystkich rysunkach strzałką.

Układ lin może zawierać dwie liny 11 (fig. 2) umieszczone w płaszczyźnie poziomej i przechodzące po obu stronach kadłuba modelu 1. Mocowanie lin 11 przed i za modelem do korpusu tunelu aerodynamicznego 3 odbywa się za pośrednictwem elementów sprężystych 12 i 13 (fig. 2), a do modelu 1 liny 11 mocowane są w dwóch punktach 14 i 15 przed i za jego środkiem ciężkości G , przy czym w punktach 14 znajdujących się przed środkiem ciężkości G modeli, liny 11 przymocowane są sztywno do modelu 1 za pośrednictwem dwustronnej dźwigni równoramiennej 16, a za środkiem ciężkości G modelu, przepuszczone są luźno przez prowadnice 17 umieszczone za pośrednictwem wsporników na kadłubie modelu 1.

Na fig. 3 bardziej szczegółowo przedstawiono mocowanie lin 11 do modelu 1 za pośrednictwem

dwustronnej dźwigni równoramiennej 16. Dźwignia 16 przechodzi przez przelotową szczelinę poprzeczną 18 wykonaną w modelu 1 i umocowana jest przegubowo w kadłubie modelu w punkcie 19.

Takie mocowanie lin 11 zapewnia równoważenie sił oporu czołowego modelu przez siły zawieszenia działające przed środkiem ciężkości G , co poprawia stabilność modelu na zawieszeniu w strumieniu V tunelu aerodynamicznego. Położenie punktów 14 i 15 mocowania lin 11 do modelu 1 względem jego środka ciężkości G również dobiera się na podstawie warunku zapewnienia stabilności układu model-zawieszenie w strumieniu V tunelu aerodynamicznego z uwzględnieniem modelowania warunków lotu swobodnego modelu.

Liny 20 (fig. 4) umieszczone w płaszczyźnie poziomej mogą być mocowane do korpusu tunelu aerodynamicznego 3 w jednym punkcie 21 przed modelem 1 i w jednym punkcie 22 za modelem 1 za pośrednictwem elementów sprężystych 23 i 24.

Liny 25 (fig. 5) umieszczone w płaszczyźnie poziomej mogą być mocowane do korpusu tunelu aerodynamicznego 3 przed modelem 1 za pośrednictwem bloku 26 przez który przerzucone są końce połączonych ze sobą lin 25. Blok 26 (fig. 5) przymocowany jest do jednego końca elementu sprężystego 27, którego drugi koniec mocowany jest do korpusu tunelu aerodynamicznego 3.

Możliwe są różne warianty rozmieszczenia lin pionowych podtrzymujących model 1 w roboczej części 2 tunelu aerodynamicznego 3 (fig. 1 i 6).

Tak więc, poza dwiema liniami 7 umieszczonymi w pionowej płaszczyźnie symetrii modelu można zainstalować przynajmniej dwie dodatkowe liny 28 (fig. 6) umieszczone w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny symetrii modelu, bądź też zainstalować tylko te dwie liny 28 i zlikwidować linę 7 (fig. 6) znajdującą się za środkiem ciężkości G modelu 1.

Dodatkowe liny 28 mocowane są do modelu w punktach 29, znajdujących się w równych odległościach od płaszczyzny symetrii modelu. Drugie końce lin 7 i 28 za pośrednictwem elementów sprężystych 8 mocowane są do korpusu tunelu aerodynamicznego 3 zarówno przy instalowaniu modelu, jak i podczas badań. Tak więc optymalne wykonanie urządzenia do zawieszania modelu 1 maszyny latającej w roboczej części 2 tunelu aerodynamicznego 3 małych prędkości stanowi układ lin zawierający dwie liny 25 umieszczone w płaszczyźnie poziomej, jedną linę 7 umieszczoną w pionowej płaszczyźnie symetrii modelu 1 przed jego środkiem ciężkości G i dwie liny 28 umieszczone w płaszczyźnie pionowej prostopadłej do płaszczyzny symetrii modelu.

Liny 25 umieszczone w płaszczyźnie poziomej mocowane są do korpusu tunelu aerodynamicznego 3 za pośrednictwem elementów sprężystych 27. Siła naprężająca te liny powodowana jest przez mechanizm naprężający 31, którego wyjście siłowe poprzez układ bloków 32 połączone jest z linami 25.

Urządzenie do zawieszania modelu ściśle ustala pozycję modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego i zapewnia modelowi sześć stopni

swobody jego przemieszczeń jako ciała sztywnego. Swoboda przemieszczeń w płaszczyźnie pionowej określona jest głównie podatnością elementów sprężystych 8, przyjmujących ciężar modelu. Swoboda przemieszczeń bocznych modelu zależy od długości lin 7 i 28 i nieznacznie od napięcia lin 25, w kierunku strumienia określana jest wyłącznie przez podatność elementów sprężystych 27. Tym samym omawiana konstrukcja zawieszenia modelu umożliwia wpływanie na swobodę jego przemieszczeń w dowolnym kierunku praktycznie niezależnie od przemieszczeń w innych kierunkach.

Ruchome mocowanie górnych końców pionowych lin 7 i 28 (fig. 6) umożliwia przemieszczenia pionowe przez połączenie lin z mechanizmami dźwignikowymi pozwala na znaczne uproszczenie montażu modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego, jak również na sterowanie modelem bez pomocy organów sterowania samego modelu, które w wielu przypadkach są niemożliwe do wykonania z powodu trudności konstrukcyjnych.

Obserwacji modelu dokonuje się dowolnym znanym sposobem.

Badania na zawieszeniu o konstrukcji według wynalazku przeprowadza się w następujący sposób:

Określone są niezbędne podatnościowe parametry wszystkich elementów sprężystych 8, 27 urządzenia oraz liniowe wymiary lin 7, 25, 28 i ich punkty mocowania do modelu 1. Następnie model 1 jest mocowany do dolnych końców pionowych lin 7, 28, po czym dokonuje się montażu lin 25 umieszczonych w płaszczyźnie poziomej i ich połączenia z modelem 1.

Konstrukcja urządzenia jest niezwykle prosta, a montaż modelu 1 w roboczej części 2 tunelu aerodynamicznego 3 jest bardzo szybki. Po dokonaniu montażu modelu 1 w urządzeniu przeprowadza się kontrolny zapis częstotliwości drgań własnych modelu jako ciała sztywnego zwracając uwagę na to, aby największa częstotliwość drgań modelu 1 jako ciała sztywnego na zawieszeniu była kilka razy mniejsza od najmniejszej częstotliwości własnych drgań sprężystych 30.

Po zakończeniu montażu w roboczej części tunelu aerodynamicznego i wstępnych kontrolnych pomiarów częstotliwości modelu zaczyna się zaplanowane badanie, których metody mogą się znacznie różnić jedno od drugich co nie pociąga za sobą jakiegokolwiek zmiany parametrów urządzenia.

W razie zaistnienia asymetrii modelu ujawniającej się w strumieniu V tunelu aerodynamicznego, jest ona kompensowana zmianą długości odpowiednich pionowych lin 7 i 28 dokonywaną przez włączenie mechanizmów dźwignikowych 30.

Ze zwiększeniem prędkości strumienia V, przy prawidłowo dobranych parametrach urządzenia takich jak podatność elementów sprężystych, liniowe wymiary lin, rozmieszczenie punktów mocowania układu lin do modelu, stabilność modelu zwiększa się.

Wykazano teoretycznie i praktycznie potwierdzono, że zastosowanie omawianego urządzenia

do badań aeroelastyczności na modelach w tunelach aerodynamicznych małych prędkości pozwala całkowicie uniknąć przy badaniach, takiego nie przyjemnego zjawiska jak niestabilność modelu na zawieszeniu, zwanego flater zawieszenia w zakresie prędkości strumienia V dowolnego poddzwiękowego tunelu aerodynamicznego.

Zastosowanie w omawianym urządzeniu układu lin 7, 28 umieszczonych w płaszczyznach pionowych znacznie rozszerza asortyment modeli, które mogą być badane przy modelowaniu lotu swobodnego w tunelach aerodynamicznych małych prędkości. Połączenie tych lin z odpowiednimi mechanizmami dźwignikowymi 30 pozwala na znaczne uproszczenie montażu modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego, jak również na sterowanie modelem bez pomocy organów sterowania samego modelu. Ta okoliczność w znacznej mierze obniża koszty eksperymentów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do zawieszania modelu maszyny latającej w tunelu aerodynamicznym wykonane w postaci układu lin ze środkiem ich naprężania, przy czym jedno końce tych lin przymocowane są do korpusu tunelu za pośrednictwem elementów sprężystych, a drugie końce połączone są z samym modelem, w wyniku czego podczas badań odbywa się jego lot swobodny, **znamiennie tym**, że układ lin składa się przynajmniej z jednej liny (4) umieszczonej w płaszczyźnie poziomej i przynajmniej dwóch lin (7) umieszczonych w płaszczyźnie pionowej stanowiących płaszczyzny symetrii modelu (1), które to liny połączone są z modelem (1) w punktach (9) i (10) znajdujących się odpowiednio przed i za jego środkiem ciężkości (G).

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w płaszczyźnie poziomej umieszczone są dwie liny (11) przechodzące po obu stronach kadłuba modelu (1) równoległe do jego osi podłużnej.

3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że liny (11) mocowane są do modelu (1) przed jego środkiem ciężkości (G).

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że liny (11) mocowane są do modelu za pośrednictwem dwustronnej dźwigni równoramiennej (16) przechodzącej na wylot przez wykonaną w modelu (1) szczelinę poprzeczną (18) i osadzonej na wewnątrz niej przegubowo.

5. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że liny (11) mocowane są do modelu (1) za jego środkiem ciężkości (G).

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że liny (11) mocowane są do modelu (1) za pośrednictwem prowadnic (17) umocowanych na wspornikach przy kadłubie modelu (1).

7. Urządzenie według zastrz. 2 lub 3 lub 4 lub 5 lub 6, **znamiennie tym**, że liny (20) mocowane są do korpusu tunelu aerodynamicznego (3) w jednym punkcie (21) przed modelem (1) i w jednym punkcie (22) za nim.

8. Urządzenie według zastrz. 7, **znamiennie tym**, że w punkcie mocowania lin (25) do korpusu tunelu aerodynamicznego (3) znajdującym się przed modelem (1) umieszczony jest blok (26), przez który przerzucone są końce połączonych ze sobą lin (25).

9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że płaszczyzna pionowa, w której umieszczone są przynajmniej dwie liny (25) jest pionową płaszczyzną symetrii modelu (1).

10. Urządzenie według zastrz. 1 lub 9, **znamiennie tym**, że zawiera przynajmniej dwie dodatkowe liny (28) umieszczone w innej płaszczyźnie pionowej przechodzącej za środkiem ciężkości (G) modelu (1) prostopadle do jego pionowej płaszczyzny symetrii.

11. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że układ lin pionowych wykonany jest w postaci trzech lin, z których jedna połączona jest z modelem (1) w punkcie znajdującym się przed jego środkiem ciężkości (G), a dwie pozostałe w płaszczyźnie pionowej przechodzącej za jego środkiem ciężkości (G) prostopadle do pionowej płaszczyzny symetrii modelu (1).

12. Urządzenie według zastrz. 10, **znamiennie tym**, że końce lin umieszczonych w płaszczyźnie pionowej za pośrednictwem elementów sprężystych połączone są z odpowiednimi mechanizmami dźwignikowymi umożliwiającymi regulację położenia modelu w roboczej części tunelu aerodynamicznego (3) zarówno przy instalowaniu modelu (1) jak i podczas badań.

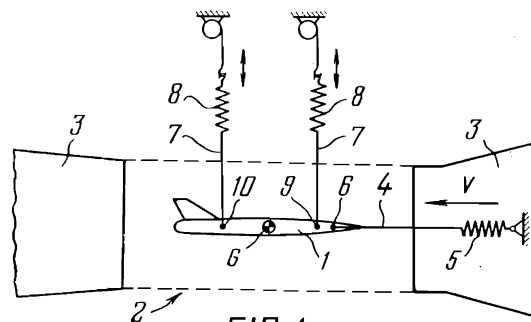


FIG. 1

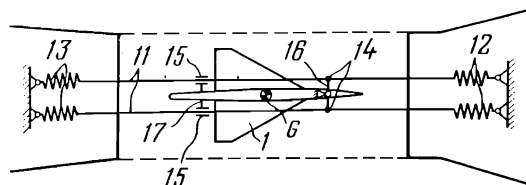


FIG. 2

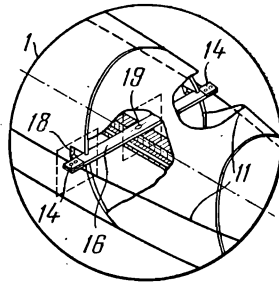


FIG. 3

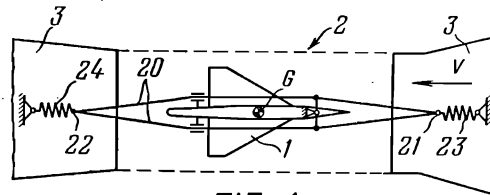


FIG. 4

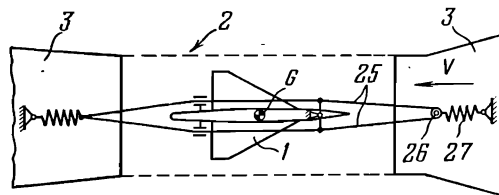


FIG. 5

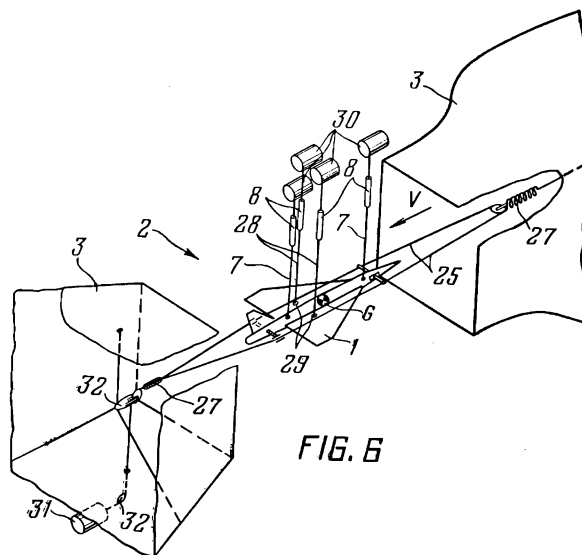


FIG. 6