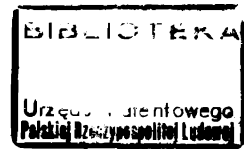




Fold 17/04



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ OPIS PATENTOWY

Nr 44619

Kl. 27 c, 12/02

VEB Entwicklungsbau Pirna

Pirna/Elbe, Niemiecka Republika Demokratyczna

Układ łopatek do powiększenia zakresu roboczej liczby obrotów sprężarek osiowych o dużym stopniu sprężania oraz urządzenie do przestawiania łopatek kierowniczych

Patent trwa od dnia 10 września 1958 r.

Wynalazek dotyczy układu łopatek do powiększenia zakresu roboczej liczby obrotów w sprężarkach osiowych o dużym stopniu sprężania albo do polepszenia zachowania się sprężarki w obszarze częściowego obciążenia.

Przy projektowaniu silników strumieniowych i turbin gazowych, w celu polepszenia sprawności termodynamicznej coraz chętniej stosuje się w sprężarkach większe stopnie sprężania. Takiemu zwiększeniu stopnia sprężania towarzyszą jednak nieprzyjemne zjawiska uboczne, jakie występują, podczas pracy sprężarki przy obciążeniu częściowym. Przy pracy z częściowym obciążeniem bardzo szybko obniża się sprawność, a nieustalony przepływ zostaje osiągnięty znacznie wcześniej, aniżeli przy niskich i średnich stopniach sprężania. Przyczyny tego należy szukać w przesuwaniu się punktów roboczych na poszczególnych charaktery-

stykach stopni, na skutek mniejszego sprężania przepływającego czynnika przy zbyt małej liczbie obrotów, albo większego sprężania przy nadmiernej liczbie obrotów.

Zależności te będą bliżej wyjaśnione na podstawie wykresów charakterystyk, przy czym fig. 1 przedstawia bezwymiarową charakterystykę jednego stopnia sprężarki, wyrażoną przez stosunek wyróżników ciśnienia w funkcji stosunku wyróżników wydajności $\psi/\psi_0 = f(\varphi/\varphi_0)$. W tym równaniu: φ oznacza znany bezwymiarowy wyróżnik wydajności

$$\varphi = \frac{C_{ax}}{u}$$
, a ψ — bezwymiarowy wyróżnik

$$\psi = \frac{2gH}{u^2}$$
. Indeks o oznacza wyjściowe wielkości stopnia, a zatem punkt wyj-

ściowy charakteryzuje stosunek $\varphi/\varphi_0 = 1$ oraz $\psi/\psi_0 = 1$. Normalny zakres liczby obrotów stopnia zostaje ograniczony stosunkiem wyróżników wydajności $(\varphi/\varphi_0)_{\max}$ przy którym stopień nie daje już żadnego ciśnienia, natomiast przy przekroczeniu go, pracuje jako zła turbina, oraz ponadto stosunkiem wyróżników wydajności $(\varphi/\varphi_0)_{\min}$, przy którym ruch staje się niestabilny, a uporządkowana praca nie jest już możliwa.

Fig. 2 przedstawia przebieg stosunku wyróżników wydajności φ/φ_0 w funkcji liczby stopni z wielostopniowej sprężarki osiowej dla róż-

n
nych stosunków liczb obrotów $\frac{n}{n_0}$, przy czym

podane są granice $(\varphi/\varphi_0)_{\min}$ oraz $(\varphi/\varphi_0)_{\max}$. Jak wskazuje wykres, już przy bardzo małych zmianach liczby obrotów wartość $(\varphi/\varphi_0)_{\min}$ zostaje przekroczona w dół, tak iż wtedy uporządkowana praca nie jest już możliwa. Jest rzeczą oczywistą, że dopuszczalne zmiany liczby obrotów będą tym mniejsze, im większy jest stopień sprężania, ponieważ przy dużym stopniu sprężania zmiana liczby obrotów również odpowiednio silniej oddziałuje na zmianę ciśnienia, a więc i na zmianę gęstości. Z tego względu przy dużych stopniach sprężania są wymagane specjalne zabiegi dla uzyskania dostatecznie dużego zakresu pracy sprężarki lub silnika. Takim zabiegiem jest na przykład użycie silnika o dwóch wałach, gdzie sprężarka jest podzielona na część niskoprężną i część wysokoprężną. Każda z tych dwóch sprężarek ma własną turbinę napędową i w ten sposób wzrost stosunku wyróżników wydajności w sprężarce niskoprężnej może być wyrównany przez wzrost liczby obrotów sprężarki wysokoprężnej. Wykres charakterystyki dla takiego rozwiązania konstrukcyjnego jest przedstawiony na fig. 3. Wykonanie silnika jest oczywiście trudniejsze, a jego obsługa bardziej skomplikowana.

Odpowiednim zabiegiem dla powiększenia zakresu roboczej liczby obrotów przy średnich stopniach sprężania jest wypuszczanie powietrza sprężarki za pomocą zaworów lub klap przedmuchowych. Fig. 4 przedstawia wykres charakterystyki sprężarki o dwóch miejscach wypuszczania powietrza. Przy każdym z tych miejsc wypuszcza się tyle powietrza, żeby na wejściu do następnego stopnia ustalił się wymagany stosunek wyróżników wydajności. Sposób ten wykazuje jednak tę wadę, że wraz z wypuszczonym powietrzem traci się pewną

ilość energii, którą to energię turbina napędowa musi wprawdzie dostarczyć, ale która nie zostanie odzyskana.

Wreszcie dla wyjaśnienia zależności, jakie zachodzą przy przedstawianiu łopatek kierowniczych, na fig. 5 jest przedstawiony trójkąt prędkości jednego stopnia sprężarki osiowej, za pomocą bezwymiarowych wyróżników φ i ψ , przy czym prędkość obwodowa $u = 1$. Trójkąt wyjściowy jest wykreślony grubszymi liniami. Jak widać na rysunku, kąt wlotu na wirnik wzrasta wielkość Δi_s , a ten sam kąt następnego wieńca kierowniczego zwiększa się o wielkość Δi_R , skoro tylko przy zmianie liczby obrotów wyróżnik wydajności zmniejszy się z φ_0 na φ . Jeżeli przy tym dopuszczalna zmiana kąta wlotowego, uzależniona od stosunku wyróżników wydajności $(\varphi/\varphi_0)_{\min}$, przekroczy wielkość Δi_{dop} , to przepływ strumienia staje się niestabilny. Wiadomo, że dla wirującego wirnika można przy tym dopuścić większy kąt niewłaściwego dopływu Δi_s , aniżeli dla nieruchomego wieńca kierowniczego, a to na skutek odrzucania na zewnątrz warstwy przyściennej.

Według wynalazku prawidłowa pod względem aerodynamicznym i termodynamicznym zmiana zakresu liczby obrotów albo prawidłowe zachowanie się sprężarki przy częściowym obciążeniu jest jednak możliwe bez omówionych wyżej wad, a to dzięki możliwości dostosowania układu łopatek odpowiednio do danych wyróżników wydajności, w zakresie częściowego obciążenia, przez obrócenie łopatek w ten sposób, że zmienia się ustawienie katowe bądź łopatek wirnikowych, bądź łopatek kierowniczych, bądź też łopatek wirnikowych i łopatek kierowniczych różnych, w danym przypadku następujących kolejno po sobie stopni lub łopatek tylko wejściowego wieńca kierowniczego.

W silnikach samolotowych, ze względu na niezawodność pracy i zmniejszenie ciężaru, rezygnuje się jednakże z szerszego dostosowywania aerodynamicznego i stosuje się konstrukcyjnie proste przedstawianie łopatek kierowniczych. Według fig. 2 nie jest wcale konieczne przedstawianie wszystkich stopni, lecz przy zmniejszonej liczbie obrotów wystarcza tylko przedstawienie łopatek kierowniczych pierwszych stopni.

Istota wynalazku polega na tym, że łopatki kierownicze pierwszych stopni sprężarki o dużym stopniu sprężania w obszarze częściowego obciążenia nie przedstawia się jednakowo, lecz posuwając się od stopnia do stopnia przedstawia

się je o wartość $\Delta\beta_s$ w taki sposób, że dopływ do łopatek odbywa się przy maksymalnym lub prawie maksymalnym kącie Δi_{depR} .

Za pomocą tego zabiegu na pierwszych stopniach uzyskuje się znaczny wzrost ciśnienia, a tym samym znaczne opóźnienie wzrostu wydajnika wydajności przy obniżonych liczbach obrotów. Wymagane kąty przestawiania uzyskują przy tym w pierwszej kierownicy wartość największą i maleją wraz z liczbą stopni. We wszystkich niemal przypadkach nie należy obawiać się oderwania strumienia w kierownicy, ponieważ kąt niewłaściwego dopływu Δi_q do kierownicy jest zawsze mniejszy niż kąt niewłaściwego dopływu Δi_s do wirnika. Przy małych stosunkach ciśnień wystarcza nieraz nastawianie tylko pierwszej kierownicy. Proponowany sposób przestawiania wieńca kierowniczego daje więc w maszynie o jednym wale, a zatem przy stosunkowo prostej konstrukcji, znaczne powiększenie zakresu roboczej liczby obrotów albo zmniejszenie zużycia paliwa w zakresie częściowego obciążenia, przy polepszeniu sprawności w obszarze takiego obciążenia. Dalsze zalety wynikają ze zmniejszenia mocy potrzebnej do uruchomienia silnika za pomocą doprowadzanej z zewnątrz energii i z polepszenia zachowania się przy przyspieszaniu silnika.

Wykonanie konstrukcyjne urządzeń, zaproponowanych według wynalazku do zmiany zakresu roboczej liczby obrotów, albo zachowania się sprężarki przy częściowym obciążeniu, opiera się na zastosowaniu związanego z kadłubem pierścienia obrotowego, który ruch obrotowy, nadawany mu przez człon sterujący, przenosi na łopatki za pośrednictwem umocowanego na każdej łopacie elementu przestawiającego. Urządzenia tego rodzaju do przestawiania wieńców kierowniczych na sprężarkach dla turbin gazowych spełniają zawsze stawiane im wymagania w zakresie ściśle zadanych warunków pracy. Ponadto znane urządzenia nie mają jednak między innymi możliwości nawet częściowego lub całkowitego zamknięcia otworu wlotowego powietrza przed sprężarką za pomocą łopatek kierowniczych. Takie wymaganie jest szczególnie ważne w przypadku zdarzających się podczas lotu uszkodzeń awaryjnych, na przykład łożysk silnika, podczas których chodzi o to, aby dopływ powietrza do sprężarki zdławić na tyle, aby na skutek przepływu powietrza wirnik nie mógł obracać się jak wiatrak z dość dużą liczbą obrotów i aby zapobiec rozszerzeniu się powstałego

uszkodzenia. Poza tym konieczność zamykania otworu wlotowego powietrza przy zatrzymywaniu silnika podczas lotu oraz w samolocie nielatającym jest wymagana w celu zabezpieczenia wnętrza silnika przed przedostawaniem się tam większych ciał obcych.

Wobec tego ze względów konstrukcyjnych zadanie wynalazku polega na tym, żeby w napędach samolotów za pomocą turbin gazowych stworzyć urządzenie do przestawiania łopatek kierowniczych, które w silnikach o wyższym stopniu sprężania zapewniałyby wyraźnie łatwiejsze uruchamianie, które byłoby proste konstrukcyjnie w danych warunkach i które pracowałoby niezawodnie i bez zaburzeń we wszystkich spotykanych warunkach pracy.

Według wynalazku osiąga się to w ten sposób, że przy elemencie przestawiającym, znajdującym się poza wieńcem łopatek kierowniczych, pierścień nastawczy jest umieszczony bądź z zewnątrz, bądź też wewnątrz wieńca łopatkowego, przy czym w tym drugim przypadku elementy mechanizmu, napędzające pierścień nastawczy odpowiednio do wielkości ruchu elementu przestawiającego są umieszczone powyżej lub poniżej wieńca łopatek kierowniczych.

W celu zastosowania wynalazku są możliwe jego różne wykonania konstrukcyjne odpowiednio do każdorazowej konstrukcji silnika. Korzystne wykonanie konstrukcyjne urządzenia przestawiającego z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym wewnątrz wieńca łopatek kierowniczych, polega według wynalazku na przekazywaniu wielkości przestawienia, najkorzystniej za pomocą wału ułożyskowanego obrotowo na kadłubie poniżej łopatek i który to wał jest połączony bezpośrednio w sposób umożliwiający przekazywanie napędu z elementem przestawiającym, poprzez prostoliniowe lub przenoszące ruchy obrotowe elementy konstrukcyjne, a z pierścieniem przestawiającym, poprzez osadzoną na wale dźwignię współdziałającą z widełkami, znajdującymi się na pierścieniu. W tej postaci wykonania wielkość przestawiania może być przekazywana na ułożyskowany obrotowo na kadłubie wał, za pomocą różnego rodzaju elementów konstrukcyjnych, odpowiednio do wymagań konstrukcyjnych stawianych dla każdorazowej konstrukcji silnika.

Przy zastosowaniu elementów konstrukcyjnych wykonujących ruchy prostoliniowe wał przekazujący wielkość przestawienia jest połączony w sposób umożliwiający przekazywanie napędu

z elementem przestawiającym poprzez dźwignię osadzoną na wale i połączoną z członem przestawiającym za pomocą pręta sterującego.

W przypadku zastosowania wykonujących ruchy obrotowe elementów konstrukcyjnych, wał przekazujący wielkość przestawienia jest połączony w sposób umożliwiający przekazywanie napędu z elementem przestawiającym, wykonanym w postaci wrzeciona, bądź za pośrednictwem przekładni kół stożkowych, bądź też za pomocą przekładni ślimakowej, najkorzystniej samohamownej.

Inne korzystne rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia do przestawiania, wyposażonego w pierścień przestawiający, umieszczony również wewnątrz wieńca łopatkowego, polega według wynalazku na tym, że przeniesienie wielkości nastawczej odbywa się poprzez same łopatki w taki sposób, że człon przestawiający jest połączony bezpośrednio w sposób umożliwiający przekazywanie napędu z jedną lub kilkoma łopatkami na górnym ich czopie łożyskowym, najkorzystniej za pomocą sprzęgła zębatego.

W przypadku konstrukcji silnika z urządzeniem do przestawiania, wyposażonym w pierścień przestawiający, umieszczony na zewnątrz lub wewnątrz wieńca łopatek kierowniczych, korzystne wykonanie konstrukcyjne według wynalazku polega na tym, że wieńiec łopatek kierowniczych jest umieszczony wewnątrz kadłuba sprężarki, a łopatki są w nim ułożyskowane obrotowo z jednostronnym zamocowaniem. Odpowiednio do takiej postaci konstrukcyjnego wykonania urządzenia do przestawiania łopatek kierowniczych, każdy z członów mechanizmu, uruchamianych przez pierścień przestawiający i nastawiających łopatki, jest zamocowany według wynalazku na wydłużonym, osadzonym obrotowo czopie łopatek. Przy takim osadzeniu łopatek kierowniczych są możliwe różne postacie wykonania, odpowiednio do działających sił i danych warunków konstrukcyjnych. Łopatki kierownicze mogą być ułożyskowane obrotowo w wieńcu łopatek kierowniczych, bądź za pomocą łożysk poprzecznych, bądź za pomocą łożysk poprzecznych i wzdłużnych, bądź też za pomocą łożysk poprzecznych i wałeczkowo-stożkowych, bądź wreszcie tylko za pomocą łożysk wałeczkowych, stożkowych.

Z tych samych względów konstrukcyjnych, dla których przy niekorzystnych warunkach przestrzennych pierścień przestawiający musi być umieszczony na zewnątrz wieńca łopatek

kierowniczych, również przestawiane łopatki wieńców łopatek kierowniczych, znajdujących się między pierwszymi stopniami wirnika sprężarki, w celu przenoszenia sił osiowych, działających na łopatki w kierunku lotu, mogą nie być ułożyskowane na pierścieniu wewnętrznym, umocowanym w kadłubie sprężarki. Aby jednak również i w tej postaci konstrukcyjnej można było uzyskać powierzchnię kanałów południkowych o wyjątkowo małych stratach przepływowych i znacznie zmniejszyć odchylenie się łopatek kierowniczych od ich kierunku wzdłużnego, pod działaniem sił występujących na skutek przepływu czynnika, łopatki według wynalazku są zaopatrzone na dolnym końcu w czopy oporowe, które jako całość w danych warunkach zapewniają niezawodne przytrzymanie i umocowanie wewnętrznego pierścienia wieńca kierowniczego i jednocześnie ustalają łopatki w tym pierścieniu.

Wielkość przestawienia może być według wynalazku przenoszona bądź ręcznie, bądź w zależności od liczby obrotów, elektromechanicznie lub elektrohydraulicznie na pierścień przestawiający wejściowego wieńca kierowniczego, bądź też za pomocą wspólnego elementu napędowego na pierścień przestawiający jednocześnie kilka wieńców łopatek kierowniczych, znajdujących się między pierwszymi stopniami wirnika sprężarki, ze sterowaniem w znany sposób za pośrednictwem aparatury sterującej.

Na dalszych rysunkach wynalazek jest wyjaśniony na podstawie różnych, schematycznie przedstawionych przykładów wykonania urządzeń przestawiających łopatki kierownicze sprężarek osiowych silników samolotów, przy czym fig. 6 przedstawia w rzucie aksonometrycznym urządzenie przestawiające dla wejściowego wieńca łopatek kierowniczych wraz z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym wewnątrz wieńca łopatek kierowniczych i pośrednim przekazywaniem wielkości przestawienia, na pierścień przestawiający za pośrednictwem wału, przy zastosowaniu wahacza, wykonującego ruchy prostoliniowe między elementem przestawiającym i wałem, i stanowiącego element napędowy pierścienia przestawiającego, fig. 7 przedstawia w rzucie aksonometrycznym urządzenie przestawiające, z umieszczeniem pierścienia przestawiającego według fig. 6, jednak z bezpośrednim przekazywaniem wielkości przestawienia na pierścień przestawiający za pośrednictwem jednej z łopatek kierowniczych, fig. 8 przedstawia w rzucie aksonometrycznym urządzenie przestawiające z pierścieniem prze-

stawiającym, umieszczonym poza wieńcem łopatek kierowniczych i bezpośrednim przekazywaniem wielkości przestawiania na pierścien przestawiający poprzez jedną z łopatek kierowniczych na wieńiec łopatek kierowniczych, znajdujący się za jednym z pierwszych stopni wirnika, wyposażony w łopatki kierownicze, jednostronnie zamocowane i osadzone obrotowo w łożyskach poprzecznych, fig. 9 przedstawia w rzucie aksonometrycznym urządzenie przestawiające z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym wewnątrz wieńca koła kierowniczego i bezpośrednim przekazywaniem wielkości przestawiania, jak w urządzeniu według fig. 8, również z łopatkami zamocowanymi jednostronnie, jednak w łożyskach poprzecznych i wzdłużnych, fig. 10 przedstawia w rzucie aksonometrycznym urządzenie do przekazywania wielkości przestawiania na trzy urządzenia przestawiające, znajdujące się za pierwszymi trzema stopniami wirnika wieńców kierowniczych o różnych zakresach przestawiania, obliczonych odpowiednio do ich zależnej od liczby obrotów aerodynamicznej kinematyki, wyposażonych w pierścienie przestawiające, umieszczone poza wieńcem łopatek kierowniczych, tak jak na fig. 8.

Przedstawiony na fig. 6 wieńiec łopatek kierowniczych jest umieszczony w czołowej części 1 kadłuba wraz z elementami konstrukcyjnymi, służącymi do przestawiania łopatek kierowniczych. Łopatki kierownicze 4 są osadzone w znany sposób, umożliwiające obrót dokoła osi wzdłużnej, najkorzystniej w łożyskach igiełkowych, w czołowej części 1 kadłuba, za pośrednictwem czopa górnego 5 w zewnętrznym pierścieniu 2 łopatek kierowniczych i za pomocą czopa dolnego 6 w wewnętrznym pierścieniu 3 łopatek kierowniczych. Osadzony na wałeczkach pierścień przestawiający 7 jest umieszczony współśrodkowo z wieńcem łopatek kierowniczych w ten sposób, że znajduje się przed czopami dolnymi 6 łopatek 4. Napęd pierścienia przestawiającego 7, zabezpieczonego w kierunku osiowym za pomocą zamknięcia bagietowego, odbywa się za pośrednictwem wału 10, umieszczonego w czołowej części 1 kadłuba, równoległe do nie przedstawionej na rysunku osi wirnika, i osadzonego obrotowo w łożyskach 8, 9. Do nadawania wielkości nastawczej, potrzebnej do przestawiania łopatek kierowniczych 4, służy wykonany jako nakrętka element przestawiający 14, osadzony obrotowo w kadłubie 11, w łożyskach 12 i 13, i współdziałający ze śrubą pociągową 15, przesuwana

wzdłuż nakrętki 14. Wielkość ruchu przestawiającego może być odczytana w znany sposób na odpowiedniej podziałce mikrometrycznej 16. Wał 10 jest połączony z elementem przestawiającym 14 za pomocą pręta 21, a mianowicie od strony elementu przestawiającego — za pomocą widełek zawiasowych 17 poprzez sworzeń 18, a od strony wału — za pomocą na swobodnym końcu również rozwidłonej dźwigni jednoramiennej 19, osadzonej sztywno z jednej strony wału 10 (strona napędowa) i to poprzez sworzeń 20. Na drugim końcu wału 10 jest osadzona sztywno dźwignia jednoramienna 22, na której swobodnym końcu sworzeń 23 zazębia się z widełkowato przedłużonym wgłębieniem 24 pierścienia przedstawiającego 7. Na sworzniu 23 może być umieszczony w znany sposób krążek, a to w celu zmniejszenia tarcia. Do przestawiania każdej łopatki 4 służy dźwignia nastawcza 25, umocowana za pomocą kołka 26 na odpowiednio przedłużonym dobrym czopie 6 łopatki. Swobodny, najkorzystniej ukształtowany kulisto koniec każdej dźwigni 25, zazębia się z wgłębieniem 27 pierścienia przedstawiającego 7. Działanie urządzenia przestawiającego wynika jasno z rysunku. Wielkość przestawiania nadana elementowi przestawiającemu 14, co do wielkości i kierunku (strzałka 29), za pomocą tworzących łańcuch przekładniowy elementów prętowych, zostaje przekazana na pierścień przestawiający 7, a poprzez niego jednocześnie na wszystkie łopatki kierownicze 4. Element napędowy, nie przedstawiony na rysunku, jest przy tym połączony sztywno z elementem przestawiającym 14 za pomocą zazębienia sprzęgającego 28.

W wieńcu łopatek kierowniczych, przedstawionym na fig. 7, chodzi o stopień wirnika, umieszczony również w części czołowej 1 kadłuba, w którym pierścień przestawiający 7² jest umieszczony również współśrodkowo przed czopami dolnymi 6² łopatek kierowniczych 4². Pierścień przestawiający 7², wobec innych założeń konstrukcyjnych, przy uruchamianiu ręcznym jest napędzany bezpośrednio za pomocą jednej z łopatek kierowniczych 4², np. za pomocą łopatki kierowniczej 4², której ułożyskowanie oraz dźwignia przestawiająca 25² są w tym celu wzmocnione. Dla nadania wielkości nastawczej, do przestawiania łopatek kierowniczych 4² służy gładki element przestawiający 32, który jest osadzony obrotowo w kadłubie 30, w łożysku 31 i jest połączony sztywno z czopem górnym 5² łopatek 4², np. za pomocą sprzęgła zębatego. Nie przedstawiony na rysun-

ku element napędowy w czasie przedstawiania jest połączony za pomocą ząbienia sprzęgającego 33 z elementem przedstawiającym 32, który może być przedstawiany w obu kierunkach przez obracanie (strzałka 34). Przy mechanicznym napędzie pierścienia przedstawiającego wielkość przedstawiania może być nadana na kilka łopatek 4², najkorzystniej rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie.

W przedstawionym na fig. 8, 9 i 10 układzie przedstawianych wieńców łopatek kierowniczych chodzi o takie wieńce, które są umieszczone po pierwszych stopniach wirnika, a według fig. 10 — po pierwszych trzech stopniach wirnika. W wykonaniu według fig. 8 i 10, każdorazowo przynależny, umieszczony współśrodkowo pierścień przedstawiający, ze względu konstrukcyjnych jest umieszczony na zewnątrz wieńca łopatek kierowniczych, natomiast według fig. 9 jest on umieszczony wewnątrz wieńca łopatek kierowniczych.

Poza tym w przeciwieństwie do urządzenia według fig. 7 łopatki kierownicze 4³ lub 4⁴ nie są umieszczone w czołowej części 1 kadłuba, lecz w kadłubie 35 sprężarki. Inna osobliwość tej odmiany konstrukcyjnej wieńca łopatek kierowniczych polega na tym, że łopatki kierownicze są ułożyskowane tylko na górnym końcu, a mianowicie w umieszczonych bezpośrednio w kadłubie 35 sprężarki łożyskach poprzecznych 36 i 37 (fig. 8), albo w jednym łożysku poprzecznym 36' i łożysku wzdłużnym 38 (fig. 9). Czopy górne 5³ lub 5⁴ łopatek 4³ lub 4⁴ są odpowiednio wykonane pod względem kształtu i długości. W celu zwiększenia stateczności łożyskowania, poniżej ukształtowanego odpowiednio co do kształtu i długości czopa górnego 5³ lub 5⁴, jest umieszczony kołnierz 39 lub 39', na którym przy wykonaniu według fig. 9 opiera się łożysko wzdłużne 38. Aby jednak, wobec jednostronnego ułożyskowania łopatek kierowniczych, można było przejmować i jednocześnie równomiernie rozkładać siły, działające w kierunku przepływu na łopatki, a zwłaszcza na ich dolny swobodny koniec, łopatki 4³ lub 4⁴ są zaopatrzone na swym dolnym końcu w czopy oporowe 6³ lub 6⁴, które łącznie prowadzą niepołączony z kadłubem 35 pierścień wewnętrzny łopatek kierowniczych 3³ lub 3⁴ i jednocześnie ustalają łopatki kierownicze 4⁴ w tym pierścieniu. Do przedstawiania każdej z łopatek kierowniczych służy dźwignia przedstawiająca 25³ lub 25⁴, osadzona sztywno na czopie górnym 5³, lub na czopie dolnym 6⁴, za pomocą nie pokazanego na ry-

sunku kwadratu, kołka lub elementu podobnego i przeważnie dodatkowo zabezpieczona za pomocą nakrętki 40. Ukształtowanie swobodnego końca każdej dźwigni przedstawiającej 25³ lub 25⁴ jest zależne od konstrukcyjnego wykonania pierścienia przedstawiającego 7³ lub 7⁴. Gdy pierścień przedstawiający jest wykonany w kształcie litery U, to wówczas pierścień ten i wykonany w postaci oczka swobodny koniec każdej dźwigni przedstawiającej mają równoległy do osi wzdłużnej łopatek otwór, w którym jest prowadzony sworzeń 41 lub 41', który w obszarze współdziałania z dźwignią przedstawiającą wyposażony jest w nie pokazaną na rysunku kulę i który daje napędowe połączenie pierścienia przedstawiającego 7³ lub 7⁴ z każdą łopatką kierowniczą. W wykonaniu według fig. 9, z umieszczonym wewnątrz pierścieniem przedstawiającym 7⁴, pierścień ten, podobnie jak w wykonaniu według fig. 7, przy uruchamianiu ręcznym jest napędzany bezpośrednio poprzez jedną z łopatek kierowniczych 4⁴, na przykład przez łopatkę 4⁴ i w tym celu ułożyskowania łopatek i dźwigni przedstawiającej mają również wzmocnioną konstrukcję. Do nastawiania wielkości przedstawiania łopatek kierowniczych w obu kierunkach (strzałka 44) służy czop 42, zaopatrzony w ząbienie sprzęgające 43. Przy mechanicznym napędzie pierścienia przedstawiającego wielkość przedstawiania może być również nastawiana na kilku, najkorzystniej symetrycznie na obwodzie rozmieszczonych łopatkach 4⁴. W wykonaniu według fig. 8 i 10, z zewnątrz umieszczonym pierścieniem przedstawiającym, pierścienie 7³ lub 7^{3'} i 7^{3''} są napędzane mechanicznie, a mianowicie poprzez pręt dźwigniowy od nie pokazanego na rysunku jednego tylko urządzenia napędowego, za pomocą wspólnego pręta sprzęgającego 45, którego ułożyskowanie i prowadzenie również nie jest pokazane na rysunku. Do napędu pierścieni przedstawiających 7³, 7^{3'} i 7^{3''} służą osadzone obrotowo, na sztywno związanych z kadłubem czopach 46, 48 lub 50, obrotowe dźwignie kątowe 47, 49 lub 51, których jednakowej długości ramiona napędowe, na swym rozwidlonym końcu, prowadzą przegubowo pręt sprzęgający 45, za pomocą sworzni 52, 53 i 54 i których napędzane ramiona 47_{ab}, 49_{ab} lub 51_{ab} mają różne długości, odpowiednio do wymaganej wielkości obrotu łopatek. Wielkość przedstawiania zostaje przenoszona na pierścienie przedstawiające za pomocą płaskowników 55, 56 lub 57, które są prowadzone obrotowo w rozwidlonych końcach napędzających ramion i połączone przegubowo

na czopach 58, 59 i 60, umocowanych na pierścieniach przestawiających. Pręt sprzęgający 45 może być przesuwany w obu kierunkach (strzałka 61), a zatem również pierścienie przestawiające 7^a, 7^b i 7^c mogą być obracane w obu kierunkach (strzałki 62, 63 lub 64). Podczas obrotu pierścienia przestawiającego w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegara, łopatki kierownicze 4 zajmują na przykład położenie pokazane liniami kreskowymi 4^a, 4^b lub 4^c. Pręt sprzęgający 45 może być uruchamiany elektromechanicznie lub hydromechanicznie, za pomocą nie pokazanego na rysunku urządzenia sterującego. Przenoszenie wielkości przestawiania, z nie pokazanego na rysunku elementu przestawiającego, na pręt sprzęgający 45, może przy tym odbywać się na przykład w podobny sposób, jak w układzie opisanym w związku z fig. 6, — przy przekazywaniu wielkości przestawiania na pierścień przestawiający 7, to znaczy jest przewidziany na stałe związany z kadłubem wał, na którym są zaklinowane dwie jednoramienne dźwignie. Ze swobodnym końcem jednej dźwigni jest połączony przegubowo pręt sprzęgający 45, a swobodny koniec drugiej dźwigni jest połączony również za pomocą sztywnej części konstrukcyjnej z właściwym elementem przestawiającym, napędzanym elektromechanicznie lub hydromechanicznie. Oczywiście są możliwe również i inne rozwiązania konstrukcyjne, które dawałyby pośrednie lub bezpośrednie połączenie napędowe pomiędzy elementem nastawiającym i prętem sprzęgającym 45.

Urządzenie przestawiające według wynalazku spełnia postawione wymagania co do prostoty i niezawodności pracy. Ponadto wynalazek spełnia wymaganie małego zapotrzebowania miejsca i małego ciężaru, jako niezbędnych warunków stawianych urządzeniom na turbinach gazowych napędzających samoloty. Dalszą zaletą urządzenia według wynalazku jest możliwość całkowitego nawet zamknięcia otworu wlotowego powietrza przed sprężarką, za pomocą łopatek kierowniczych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ łopatek do powiększenia zakresu roboczej liczby obrotów sprężarek osiowych o dużym stopniu sprężania lub do polepszenia zachowania się sprężarki w obszarze częściowego obciążenia, połączonego z polepszeniem sprawności w tym obszarze obciążenia, znamienne tym, że położenie katowe bądź łopatek wirnika, bądź łopatek

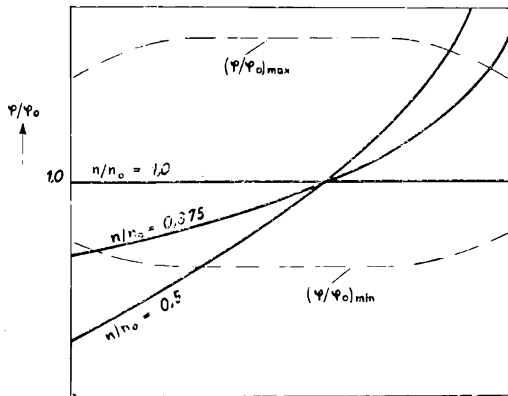
kierownicy bądź łopatek wirnika i łopatek kierownicy poszczególnych, w danym przypadku kolejno po sobie następujących stopni, bądź tylko łopatek wieńca kierownicy wlotowej, zostaje zmieniane w zależności od zadanego w obszarze częściowego obciążenia stosunku wyróżnika wydajności.

2. Układ według zastrz. 1, z przestawianiem łopatek kierowniczych pierwszych stopni, znamienne tym, że przestawianie tych łopatek jest niejednakowe, od stopnia do stopnia o coraz mniejszy kąt i że kąt przestawiania łopatek poszczególnych stopni odpowiada maksymalnej, albo prawie maksymalnej wartości dopuszczalnego kąta wlotowego przynależnego wirnika.
3. Urządzenie do przestawiania łopatek kierowniczych, zgodnie z układem według zastrz. 2, za pomocą związanego na stałe z kadłubem, obracającego się pierścienia, który nadany mu przez element nastawczy ruch obrotowy przekazuje na łopatki, za pośrednictwem umocowanego na każdej łopatkce elementu napędu łopatek, znamienne tym, że przy znajdującym się na zewnątrz wieńca łopatek kierowniczych elemencie nastawczym pierścień przestawiający jest umieszczony bądź na zewnątrz, bądź też wewnątrz wieńca łopatek, przy czym przy umieszczeniu go wewnątrz, elementy mechanizmu napędzającego pierścień przestawiający, odpowiednio do wielkości ruchu elementu nastawczego, są umieszczone powyżej lub poniżej wieńca łopatek kierowniczych.
4. Urządzenie do przestawiania, z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym wewnątrz wieńca łopatek kierowniczych, według zastrz. 3, znamienne tym, że wielkość przestawiania jest przekazywana najkorzystniej za pomocą ułożyskowanego obrotowo na kadłubie, poniżej łopatek (4), wału (10), który jest połączony bezpośrednio, w sposób umożliwiający przekazywanie napędu, z elementem przestawiającym (14), poprzez prostoliniowe lub przenoszące ruchy obrotowe elementy konstrukcyjne, a z pierścieniem przestawiającym (7), poprzez osadzoną na wale dźwignię (22), współdziałającą z widełkami znajdującymi się na pierścieniu.
5. Urządzenie do przestawiania według zastrz. 4, znamienne tym, że wał (10), przenoszący wielkość przestawiania, jest połączony, w sposób umożliwiający przekazywanie

- napędu, z elementem przestawiającym (14), poprzez dźwignię (19), osadzoną na wale i połączoną z członem przestawiającym za pomocą pręta sterującego (21).
6. Urządzenie do przestawiania według zastrz. 4, znamienne tym, że wał (10), przenoszący wielkość przestawiania, jest połączony poprzez przekładnię kół stożkowych, w sposób umożliwiający przekazywanie napędu, z elementem przestawiającym (14), ukształtowanym w postaci wrzeciona.
 7. Urządzenie do przestawiania według zastrz. 4, znamienne tym, że wał (10), przenoszący wielkość przestawiania, jest połączony poprzez przekładnię ślimakową, najlepiej samohamowną, w sposób umożliwiający przekazywanie napędu, z wykonanym w postaci wrzeciona elementem przestawiającym (14).
 8. Urządzenie do przestawiania, z umieszczonym wewnątrz wieńca łopatkowego pierścieniem przestawiającym, według zastrz. 3, znamienne tym, że przenoszenie wielkości przestawiania odbywa się poprzez same łopatki w taki sposób, że człon przestawiający (32) jest połączony bezpośrednio, w sposób umożliwiający przekazywanie napędu z jedną lub kilkoma łopatkami (4³) na ich górnym czopie łożyskowym (5²), najkorzystniej za pomocą sprzęgła zębatego.
 9. Urządzenie do przestawiania z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym na zewnątrz lub wewnątrz łopatek kierowniczych, według zastrz. 3, znamienne tym, że wieńiec łopatek kierowniczych jest umieszczony wewnątrz kadłuba (35) sprężarki, a łopatki (4³, 4⁴) są w nim łożyskowane obrotowo z jednostronnym zamocowaniem.
 10. Urządzenie do przestawiania z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym z zewnątrz lub wewnątrz wieńca łopatkowego, według zastrz. 9, znamienne tym, że każdy z członów mechanizmu, uruchomianych przez pierścień przestawiający (7³, 7⁴) i nastawiających łopatki (4³, 4⁴), jest zamocowany na wydłużonym, osadzonym obrotowo czopie (5³, 5⁴) łopatek.
 11. Urządzenie do przestawiania z łopatkami jednostronnie obrotowo osadzonymi w wieńcu łopatek kierowniczych, według zastrz. 9 i 10, znamienne tym, że łopatki (4³) są łożyskowane w łożyskach poprzecznych (36, 37).
 12. Urządzenie do przestawiania z łopatkami kierowniczymi, jednostronnie obrotowo osadzonymi w wieńcu łopatek kierowniczych, według zastrz. 9 i 10, znamienne tym, że łopatki (4⁴) są łożyskowane za pomocą łożysk poprzecznych i wzdlużnych (36', 38).
 13. Urządzenie do przestawiania z łopatkami kierowniczymi, jednostronnie obrotowo osadzonymi w wieńcu łopatek kierowniczych, według zastrz. 9 i 10, znamienne tym, że łopatki są łożyskowane za pomocą łożysk poprzecznych i łożysk wałeczkowych stożkowych lub tylko za pomocą łożysk wałeczkowych stożkowych.
 14. Urządzenie do przestawiania z pierścieniem przestawiającym, umieszczonym z zewnątrz wieńca łopatek kierowniczych, według zastrz. 9 — 13, znamienne tym, że pierścień wewnętrzny wieńca kierowniczego (3³, 3⁴) jest przytrzymywany za pomocą czopa oporowego (6³, 6⁴), umieszczonego na dolnym końcu łopatek kierowniczych (4³, 4⁴).
 15. Urządzenie do przestawiania według zastrz. 3 — 14, znamienne tym, że wielkość przestawiania może być przenoszona bądź ręcznie, bądź w zależności od liczby obrotów, elektromechanicznie albo elektrohydraulicznie, na pierścień przestawiający (7, 7²) wejściowego wieńca kierowniczego, bądź też za pomocą wspólnego elementu napędowego (45) — na pierścień przestawiający (7³, 7⁴) jednocześnie kilku wieńców łopatek kierowniczych, znajdujących się między pierwszymi stopniami wirnika sprężarki, ze sterowaniem w znany sposób, za pośrednictwem aparatury sterującej.

VEB Entwicklungsbau Pirna

Zastępca: inż. J. Felkner
rzecznik patentowy.



Liczba stopni z $\longrightarrow$

Fig. 2

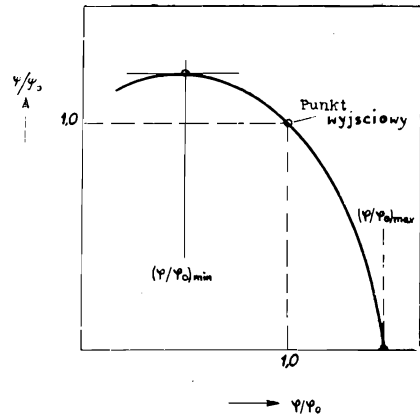


Fig. 1

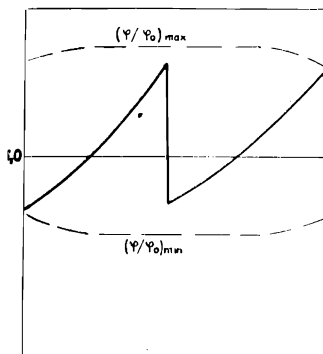


Fig. 2

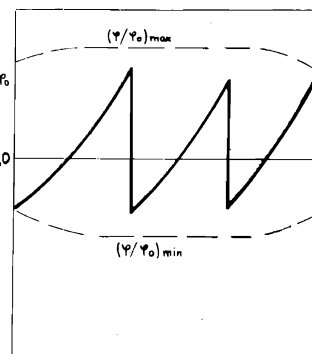


Fig.4

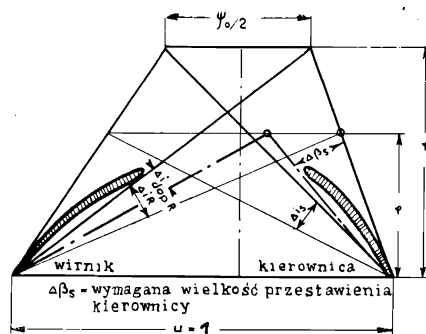


Fig. 5

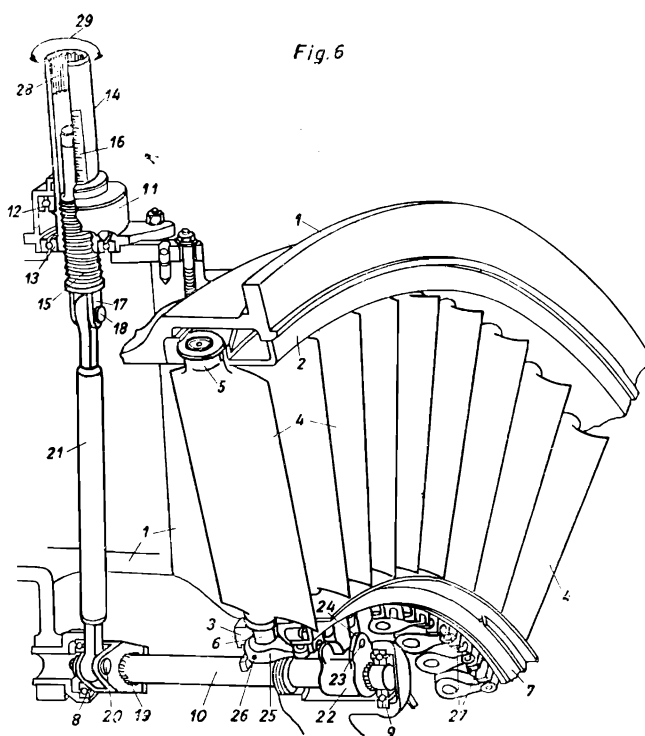


Fig. 7

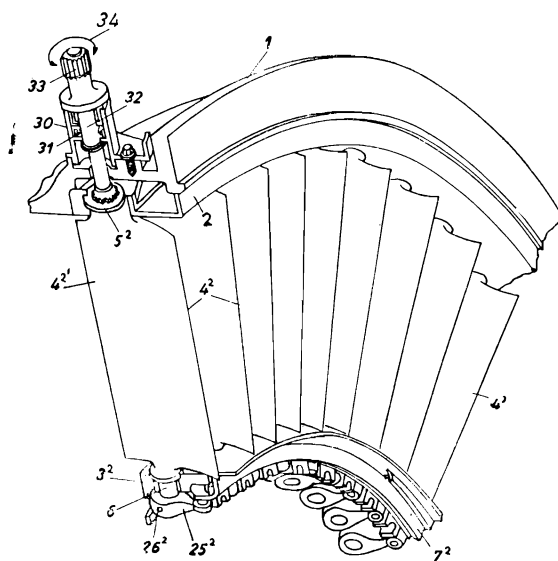


Fig. 8

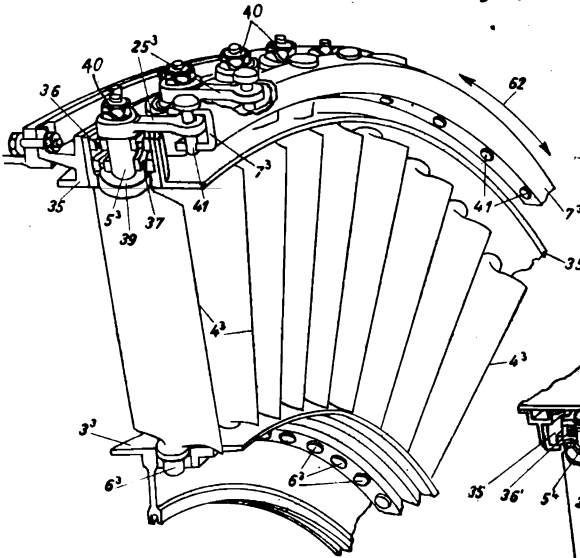


Fig. 9

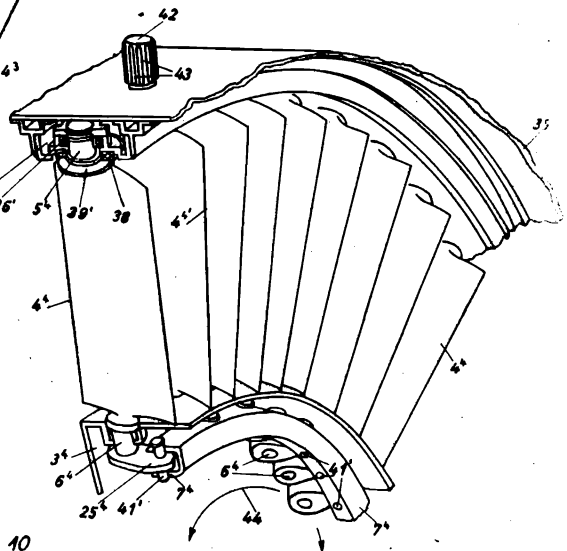


Fig. 10

