

SZANSE DALSZEGO ROZWOJU SPRĘŻAREK WIRNIKOWYCH

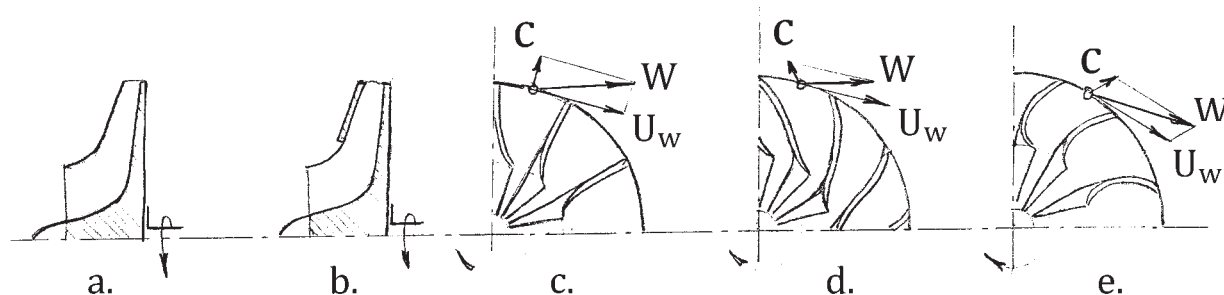
Krzysztof Kawalec
Instytut Lotnictwa

Streszczenie

Na tle obecnego stopnia rozwoju sprężarek wirnikowych w lotniczych silnikach turbinowych i tłokowych przedstawiono możliwości radykalnego wzrostu ich osiąggów przez zastosowanie nowatorskiego pomysłu birotacyjności wirników tych maszyn i ich dyfuzorów. W Instytucie Lotnictwa powstał pomysł, którego efekty potwierdzono badaniami przepływowymi, a nowatorstwo patentami uzyskanymi w Polsce, ZSRR, USA i Kanadzie. Realizacja pomysłu dotyczy w równym stopniu sprężarek promieniowych, diagonalnych oraz osiowych.

Słowa kluczowe: wirnik, dyfuzor, birotacyjność, trójkąty prędkości.

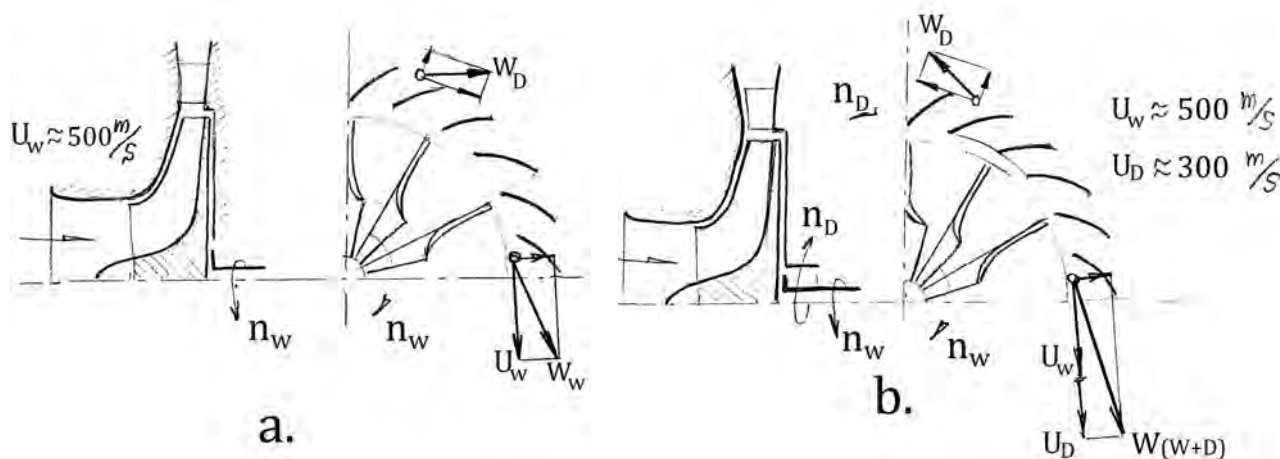
Spalinowe silniki tłokowe wykorzystywane do napędu śmigieł do samolotów powstającego lotnictwa przed I Wojną Światową charakteryzowało zastosowanie doładowania. Od początkowych prób wykorzystania sprężarek pojemnościowych, szybko wprowadzono znacznie efektywniejsze i prostsze wirnikowe sprężarki promieniowe, które do dziś są permanentnie doskonałe. Na rys. 1 przedstawiono charakterystyczne etapy rozwoju konstrukcji ich wirników pozwalające na poprawę sprawności sprężarek oraz ich sprężu. Spiralne ukształtowanie łopatek wirnikowych wpływa na sprawność sprężarek i uzyskiwany spręż, co wynika z uzyskiwanych wartości wektorów W prędkości wypływu powietrza z przestrzeni międzyłopatkowych wirników przy niezmiennej ich prędkości obwodowej U_w .



Rys. 1. Ukształtowanie wirników sprężarek promieniowych. (a) jednostronnie zamknięty, (b) obustronnie zamknięty, (c) z łopatkami promieniowymi, (d), (e) z łopatkami spiralnymi

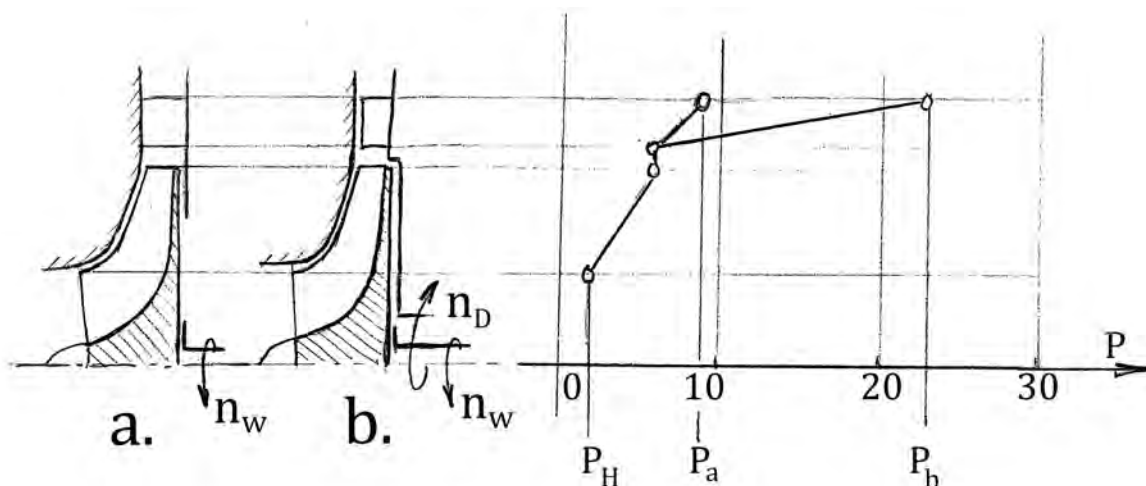
Zarówno spręż π jak i natężenie przepływu \dot{m} powietrza przez sprężarkę zależą od tej prędkości. Okazuje się jednak, że prędkości te są ograniczone wytrzymałością materiałów z których są wykonane wirniki (a ściślej: od stosunku ich wytrzymałości σ_{dop} do gęstości ρ). W przypadku metali ta prędkość osiąga wartość 500 – 550 m/s. Dopiero materiały kompozytowe

(tworzywa sztuczne z supercienkimi nićmi węglowymi) pozwalają osiągać nawet 700 m/s. Jednak w każdym przypadku tak duże (naddźwiękowe!) prędkości wypływu powietrza z wirnika wymagają specjalnego ukształtowania wlotowej części dyfuzora tak, aby powstały 2...3 fale skośne hamujące strumień naddźwiękowy. Na naddźwiękowy dyfuzor generujący skośne fale wyhamowujące przepływ naddźwiękowy ILOT uzyskał ochronę patentową, nie tylko w Polsce, ale także w ZSRR, USA i Kanadzie.



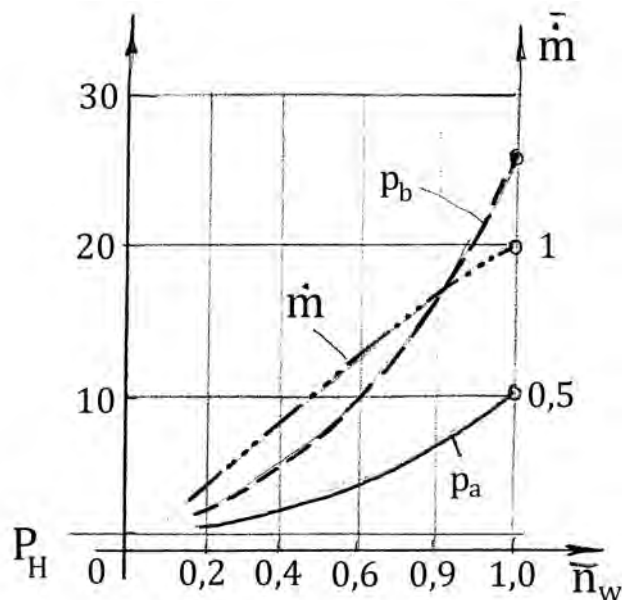
Rys. 2. Schematy przepływowe promieniowych sprężarek z zaznaczeniem rozkładu wektorów prędkości przepływu przed i za dyfuzorami. (a) sprężarki klasycznej, (b) sprężarki birotacyjnej

Opracowane w Instytucie Lotnictwa naddźwiękowe dyfuzory sprężarek promieniowych pozwoliły osiągać spręż $\pi = 10 \dots 12$. Niejako przy okazji tych badań pracownicy Instytutu Lotnictwa wpadli na pomysł zbudowania sprężarki birotacyjnej (rys. 2), na który również uzyskali ochronę patentową. Prędkości względne wirnika sprężarki U_w i przeciwnie obracającego się dyfuzora U_D w strefie poprzedzającej dyfuzor sumują się co pozwala, po wyhamowaniu strumienia w naddźwiękowym dyfuzorze, uzyskać spręż sięgający $\pi \approx 25$ przy sprawności 0,8. Proces sprężania w wirującej palisadzie dyfuzora birotacyjnej sprężarki jest skutkiem hamowania prędkości naddźwiękowej w ruchu względnym w polu sił odśrodkowych, z jednoczesnym doprowadzaniem do strumienia powietrza dodatkowej energii. Hamowanie strumienia w naddźwiękowym ruchu względnym odbywa się w wymuszonych zgęszczeniowych falach skośnych i zamykającej fali prostopadłej w kanałach przepływowych wirującej palisady.



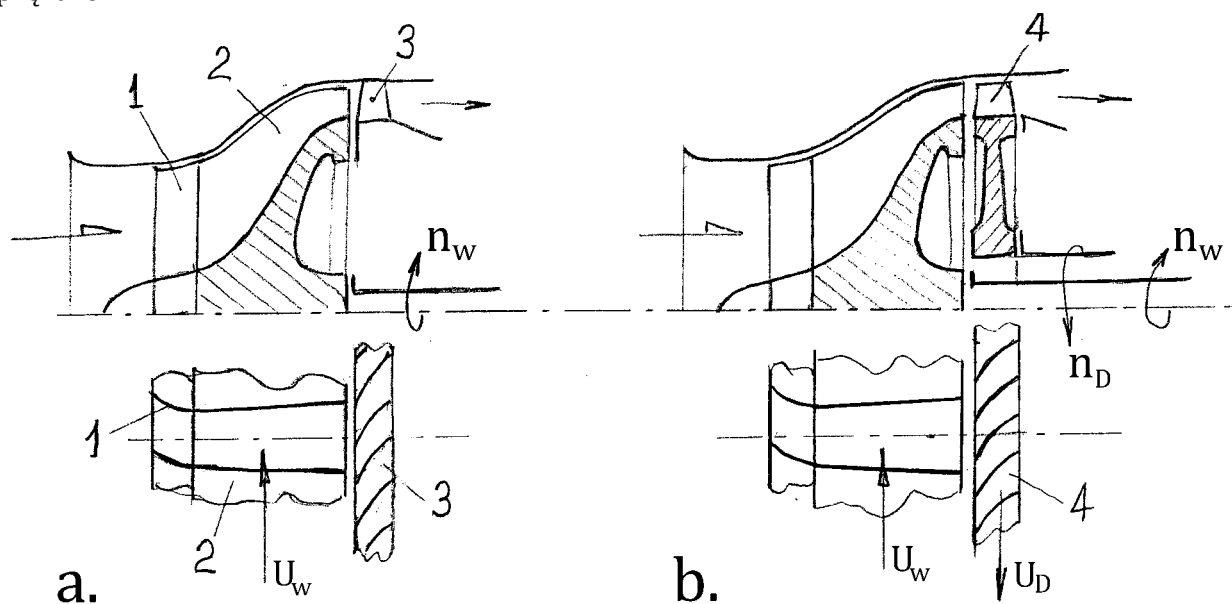
Rys. 3. Zestawienie porównawcze rozkładów ciśnienia w poszczególnych częściach składowych kanałów przepływowych wirnikowych sprężarek promieniowych. (a) klasycznej, (b) birotacyjnej

Na rys. 3 zestawiono porównawczo rozkład ciśnień w składowych elementach przepływowych promieniowej sprężarki „klasycznej” oraz birotacyjnej. Z przedstawionych opisów działania i przytoczonych danych liczbowych wynika, że przy jednakowych wymiarach geometrycznych obu typów sprężarek, sprężarka birotacyjna jest możliwa do realizacji ze względów wytrzymałościowych i jest znacznie bardziej korzystna pod względem osiągnięć od „klasycznej” sprężarki z nieruchomym dyfuzorem.



Rys. 4. Charakterystyki obrotowe promieniowych sprężarek (a) klasycznej, (b) birotacyjnej; p – ciśnienie ze sprężarki, \dot{m} – masowe natężenie przepływu

Na rys. 4 przedstawiono porównawczo przebiegi charakterystyk obrotowych obu typów sprężarek.



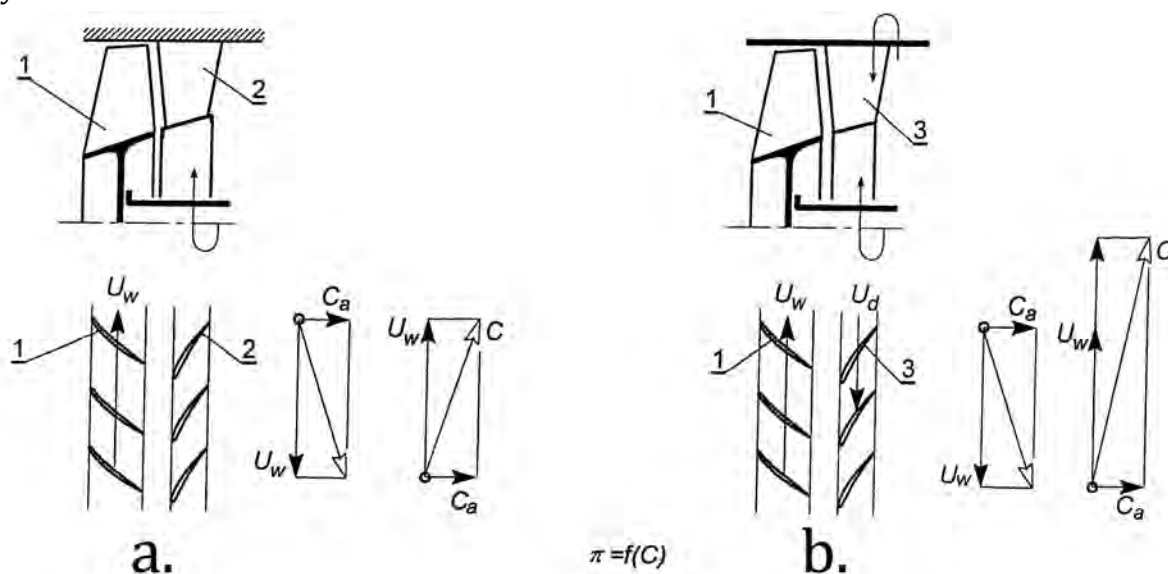
Rys. 5. Schematy sprężarek diagonalnych. (a) klasycznej, (b) birotacyjnej. 1- zabierak wlotowy, 2- wirnik, 3- wieniec łopatek dyfuzora, 4- przeciwbieżny wirnik dyfuzora łopatkowego

W Instytucie Lotnictwa opracowano również koncepcję naddźwiękowej palisady sprężarki osiowej (lub diagonalnej) wirującej przeciwbieżnie w stosunku do prędkości obrotowej wirnika diagonalnego. Wydaje się stosunkowo łatwe pod względem konstrukcyjnym zastosowanie

birotacyjności w sprężarkach diagonalnych. Powinno to przywrócić zainteresowanie tymi sprężarkami w zastosowaniach do turbinowych silników odrzutowych oraz śmigłowych i śmigłowcowych wykorzystywanych przynajmniej do napędu statków powietrznych bliskiego rozpoznania pola walki oraz „samolotów-celów” dla artylerii i rakiet przeciwlotniczych.

Na rys. 5 zestawiono porównawczo schematy sprężarek diagonalnych: „klasycznej” i birotacyjnej. Wprowadzenie przeciwbieżnie obracającego się wieńca dyfuzorowego pozwala osiągnąć ponad dwukrotnie większą wartość sprężu przy niezmiennych gabarytach tego zespołu konstrukcyjnego. Pozwala to na przypuszczenie, że birotacyjna sprężarka diagonalna może być perspektywicznym zespołem nie tylko silnika turbinowego, ale także źródłem sprężonego powietrza w zastosowaniach przemysłowych.

Wyniki badań promieniowych sprężarek birotacyjnych oraz przeprowadzone analizy obliczeniowe przez wynalzców i badaczy Instytutu Lotnictwa wykazały, że jest szansa wykorzystania birotacyjności nie tylko w sprężarkach promieniowych i diagonalnych, ale i w sprężarkach osiowych.



Rys. 6. Schematy stopni sprężarki osiowej wraz z trójkątami prędkości przepływu powietrza.

(a) klasycznej sprężarki, (b) sprężarki birotacyjnej. 1- wieńiec łopatek wirnikowych, 2- wieńiec kierownic, 3- wirujący dyfuzor łopatkowy, U_w - prędkość obwodowa wirnika, U_d - prędkość obwodowa dyfuzora, C_a - składowa osiowa prędkości przepływu, C - wypadkowa prędkość względna przepływu

Na rys. 6 przedstawiono obok siebie dla porównania szkice „klasycznych” i przeciwbieżnych palisad łopatek wirnikowych i palisad kierownic sprężarki osiowej wraz z rozkładem trójkątów prędkości w ruchu względnym podczas ich pracy na zakresie obliczeniowym. Najłatwiejszym sposobem zwiększenia prędkości względnej C , od której zależy możliwa do uzyskania wartość sprężu π , jest wprowadzenie w ruch obrotowy palisady dyfuzorowej w kierunku przeciwnym względem kierunku obrotowego wirnika sprężarki. Pozwoli to na blisko dwukrotny wzrost sprężu podczas przepływu powietrza przez tak zbudowaną (jako birotacyjną) sprężarkę w porównaniu z „klasyczną” sprężarką. Prace w Instytucie Lotnictwa nad tą tematyką przerwano w 2002 r. ze względu na ograniczenia finansowe.

Wizja zastosowań sprężarek birotacyjnych cechujących się lepszymi osiągnięciami, mniejszymi gabarytami i masami jest zbyt ponętna by z niej zrezygnować.

LITERATURA

[1] **Kawalec K.:** *Optymalizacja energetyczna przepływowych kształtów lotniczej sprężarki promieniowej o wysokim sprężu*, Rozprawa doktorska, WAT, Warszawa, 1997