

Warszawa, 12 czerwca 1935 r.

URZĄD PATENTOWY

F02C 3/14



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 21460.

Kl. 46 f, 1.

46f, 3/14

Hans Holzwarth
(Düsseldorf, Niemcy).

Wybuchowa turbina spalinowa z kilkoma stopniami ciśnienia, rozmieszczonemi po obu stronach jednej lub kilku komór spalania do użytkowywania gazów spalinowych, podzielonych pod względem ilości na kilka oddzielnych dawek, oraz sposób pracy powyższej wybuchowej turbiny spalinowej.

Zgłoszono 2 maja 1932 r.

Udzielono 27 kwietnia 1935 r.

Pierwszeństwo: 12 czerwca 1931 r. (Niemcy).

W wybuchowych turbinach spalinowych podczas pracy gazów spalinowych, wytworzonych przez spalanie paliwa w jednej komorze spalania podczas jednego okresu roboczego, maleje ich ciśnienie, a więc także ich szybkość przepływu. Takie zmniejszenie szybkości strumienia przepływających gazów spalinowych oddziałuje niekorzystnie na prawidłowy przebieg pracy turbiny. Z tego względu wymagane są stosunkowo wielkie szybkości przepływających przez turbinę strumieni, znajdujące się ponad szybkością

krytyczną, oraz stosowanie rozszerzających się dysz. Niezbędny stopień rozszerzenia dysz powinien więc zmieniać się wraz ze zmianą szybkości przepływających strumieni. Gdy stopień rozszerzenia dysz jest określony według występującej w turbinie największej szybkości, wówczas skutek użyteczny dyszy staje się gorszy, skoro szybkość strumienia zmaleje poniżej pewnej granicy. Gdy naodwrot stopień rozszerzenia dyszy jest dostosowany do mniejszej szybkości strumienia, skutek uży-

teczny dyszy będzie niski przy wielkich szybkościach strumienia, występujących na początku rozprężania się spalin. Zmiany w szybkości strumienia powodują zatem, że skutek użyteczny poszczególnych dysz znacznie się różni między sobą. Ze zmianą szybkości strumienia związana jest nie tylko zmiana skutku użytecznego dyszy, lecz także zmiana skutku użytecznego wirnika turbiny. Wiadomo, że skutek użyteczny wirnika jest zależny od wartości stosunku szybkości obwodowej wirnika do bezwzględnej szybkości wlotowej strumienia. Ten stosunek zmienia się znacznie przy malejącej bezwzględnej szybkości strumienia, ponieważ szybkość obwodowa wirnika jest stała, wskutek czego występują odpowiednie wahania w wartości skutku użytecznego wirnika turbiny.

Opierając się na tych założeniach, postępuje się w myśl wynalazku w ten sposób, że w wybuchowych turbinach spalinowych całkowita ilość gazów spalinowych, wytworzona w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, zostaje podzielona na kilka częściowych dawek, doprowadzanych do niezależnych od siebie kilku odrębnych dysz i wieńców łopatkowych, w pewnej zgóry określonej kolejności, przyczem stopnie rozszerzenia tych dysz są dostosowane odpowiednio do ilości i stanu gazów spalinowych w dawce. Przy zastosowaniu kilku różnych dawek umożliwione zostaje osiągnięcie jednolitego, stosunkowo wysokiego skutku użytecznego wszystkich pracujących w turbinie dysz. Poza tem każda poszczególna dawka gazów spalinowych może być przepuszczona przez te stopnie turbiny, w których wieńce łopatkowe posiadają szybkości obwodowe, zapewniające największy skutek użyteczny przy danych szybkościach przepływających strumieni poszczególnych ilości częściowych dawek gazów spalinowych. W ten sposób można osiągnąć oprócz jednolitego stosunkowo wysokiego skutku użytecznego dysz również jednolity stosunkowo wysoki skutek użytecz-

ny wirników łopatkowych. Sposób pracy turbiny może być przytem tak przeprowadzony, że częściowe dawki spalin, przynajmniej kilka z tych dawek, zostają rozprężane do tego samego przeciwnienia, wskutek czego natężenia wywołane różnicą temperatur w różnych częściach turbiny są stosunkowo nieznaczne. W myśl wynalazku należy całkowitą ilość gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu, podzielić na możliwie jak największą liczbę częściowych dawek i możliwie znaczną liczbę tych częściowych dawek zużytkować niezależnie od siebie w różnych stopniach turbiny. Liczba tych dawek musi być jednakże z natury rzeczy ograniczona ze względu na znaczne zwiększenie liczby układów dysz i wirników łopatkowych. Można temu jednakże zaradzić przez zużytkowanie kilku częściowych dawek w jednym tylko wirniku, a wówczas zamierzone dostosowanie szybkości wirników łopatkowych do zmienionej szybkości strumieni poszczególnych dawek spalin nie zostaje osiągnięte w zupełności. Zabieg ten opiera się przytem na założeniu, że np. wirnik z jednym wieńcem łopatkowym, przy zmniejszonych stosunkach między jego szybkością obwodową i szybkością przepływającego strumienia spalin, zapewnia jeszcze mniej więcej ten sam skutek użyteczny, jak np. wirnik z dwoma wieńcami łopatkowymi, który przy danej szybkości obwodowej jest zasilany gazami spalinowymi o większej szybkości strumienia spalin. Zależność ta w odniesieniu do jedno i dwuwieńcowych wirników dotyczy, oczywiście, także wirników z kilkoma wieńcami. W przypadku zużytkowania kilku częściowych dawek spalin we wspólnym lecz kilkowieżcowym wirniku tylne wieńce łopatek wirnika dla częściowych dawek o mniejszej szybkości przepływowej strumienia spalin są stopniowo coraz więcej zasilane odpowiednio do zmniejszonej szybkości spalin, wskutek czego osiąga się w ten sposób dostosowanie zużytkowanych ilości spalin częściowych dawek do malejącej szyb-

kości strumieni spalin, przepływających przez wirnik łopatkowy.

Wybuchowe turbiny spalinowe, przeznaczone do wykonywania sposobu pracy według wynalazku, wyróżniają się tem od innych turbin tego rodzaju, że posiadają w każdej komorze spalania kilka wylotów, za pomocą których gazy spalinowe, wytworzone w ciągu jednego okresu spalania w danej zamkniętej komorze spalania, doprowadzane są w postaci częściowych dawek do odpowiednich dysz i wirników łopatkowych. Właściwie należałoby w myśl wynalazku dla każdego narządu wylotowego danej komory spalania zastosować osobną dyszę i osobny wieńiec łopatkowy, przyczem stopień rozszerzenia dyszy i szybkość obwodowa danego wieńca łopatkowego musiałyby być dostosowane do szybkości strumienia tej ilości gazów spalinowych częściowej dawki, która przez odnośny narząd wylotowy zostaje doprowadzana do odpowiedniej dyszy i odpowiedniego wieńca łopatkowego. Aby jednak dążenie stosowania możliwie wielu narządów wylotowych i dostosowanych do nich układów dysz i wieńców łopatkowych skojarzyć z możliwym uproszczeniem budowy turbiny, wybuchowa turbina spalinowa powinna być wyposażona w wirniki o kilku wieńcach łopatkowych, przeznaczonych dla kilku zaworów wylotowych i dysz, przyczem tylne wieńce łopatkowe tych wirników muszą być zasłonięte w tej przestrzeni działania dysz, które zużywają częściowe dawki spalin o mniejszej szybkości strumienia przepływowego. Wówczas te wieńce łopatkowe wskutek częściowego zasłonięcia tylnych wieńców pracują z takim samym skutkiem użytecznym, jak i niezasłonięte wieńce łopatkowe tego samego wirnika, do których zostają doprowadzane gazy spalinowe o wyższej szybkości strumienia przepływowego.

W myśl wynalazku niniejszego zostaje wyzyskana ta własność, że zwłaszcza na początku rozprężania się spalin występują wielkie szybkości strumieni przepływowych,

gdy cały rozporządzalny spadek ciśnienia lub ciepłika gazów spalinowych zostaje zużyty w jednym stopniu ciśnienia turbiny. Właśnie przy wzrastających stopniowo ciśnieniach w wybuchowych turbinach spalinowych szybkości strumieni przepływowych przyjmują wartości, których nie można już wyrównać przez odpowiednie powiększenie szybkości obwodowej wirnika. Naodwrot spadek ciśnienia i ciepłika podczas dalszego rozprężania się spalin tak maleje, że do zużytkowania tego spadku wystarczy jeden stopień turbiny. Porównując z powyższem opisany poprzednio podział gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, na kilka dawek, różniących się tylko pod względem ilości i sposobu zużytkowania tych częściowych ilości gazów spalinowych w kilku dyszach i wieńcach łopatkowych, które są dostosowane do różnych szybkości strumieni przepływowych tych częściowych ilości gazów spalinowych, wynika, że sposób pracy turbiny może być polepszony w ten sposób, aby na początku rozprężania się spalin nastąpił właściwy podział dawki odpowiednio do spadku ciśnienia lub ciepłika spalin, umożliwiając uzyskanie korzystnych stosunków między szybkością obwodową wirnika turbiny i strumienia przepływowego. Przeprowadzono wprawdzie już próby, które miały na celu podział całkowitej ilości gazów spalinowych tylko według spadku ich ciśnienia lub ciepłika, jednakże ten sposób posiada tę wadę, że wówczas staje się niezbędne zastosowanie dwu lub kilku stopni ciśnienia włączonych w szereg, mimo iż drugi stopień turbiny wystarczy do przerobienia całkowitego spadku ciśnienia lub ciepłika gazów spalinowych.

W dalszem wykonywaniu sposobu pracy turbiny według niniejszego wynalazku należy podzielić poszczególne częściowe ilości gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w każdej komorze spalania, na częściowe dawki niezależne jedna od drugiej, odpowiednio do pożą-

danego spadku ciśnienia, i niektóre z tych częściowych dawek zużytkować w kilku stopniach turbiny, natomiast pozostałymi dawkami zasilać bez stopniowania całkowitego spadku ciśnienia tylko jeden stopień turbiny, dostosowany do całkowitego zużytkowania odnośnej częściowej ilości dawki gazów spalinowych. W myśl wynalazku wysokoprężne gazy spalinowe częściowej dawki, wytworzonej w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, muszą być podzielone na odrębnie używane ilości częściowe odpowiednio do pożądanego ich spadku ciśnienia, natomiast niskoprężne gazy spalinowe częściowych dawek muszą być użyte bez stopniowania całkowitego spadku ich ciśnienia do zasilania odnośnego stopnia turbiny, dostosowanego do stanu tej ilości częściowej gazów spalinowych, przerabianych przez ten jeden stopień turbiny. Występujące na początku rozprężania szybkości strumieni przepływowych mogą być wobec tego znacznie zmniejszone przez podział całkowitego spadku ciśnienia spalin na kilka stopni i odpowiednie zużycie ich w wirnikach każdego stopnia ciśnienia turbiny, podczas gdy w końcowej fazie rozprężania spalin praca ich odbywa się w jednym tylko stopniu ciśnienia turbiny, w którym odpowiednio do zmniejszonej szybkości przepływającego strumienia są dostosowane stopień rozszerzenia dysz i szybkości obwodowe wirnika. Sposób pracy turbiny w myśl wynalazku staje się znacznie prostszy, gdy wysokoprężne spaliny częściowych ilości dawek zasilają układ łopatek ostatniego stopnia, który jest przeznaczony do zasilania niskoprężnymi spalinami częściowych ilości dawek, przerabianych w jednym tylko stopniu turbiny.

Wybuchowe turbiny spalinowe do wykonywania opisanego powyżej sposobu pracy wyróżniają się więc od znanych turbin tego rodzaju połączeniem przynajmniej dwóch układów dysz i wirników łopatkowych, które przez odpowiednie dobranie stopni roz-

szerzenia dysz i szybkości obwodowych wirników, w danym razie także przez zastosowanie zasłon przy poszczególnych wieńcach łopatkowych w przypadku zastosowania kilku wieńcowych wirników, nadają się do zużytkowywania różnych ilości częściowych dawek gazów spalinowych, wytworzonych podczas jednego okresu roboczego w jednej komorze spalania, czyli do zużytkowywania częściowych ilości spalin o różnej szybkości przepływowej strumieni, z zastosowaniem przynajmniej dwóch układów dysz, włączonych w szereg na drodze zasilania w kilku stopniach ciśnienia turbiny, przyczem wspólny układ łopatek może służyć zarówno do zużytkowywania jednych ilości częściowych dawki spalin w drugim kolejnym stopniu ciśnienia, jak i do zużytkowywania innych częściowych ilości spalin tej dawki w jednym tylko stopniu ciśnienia turbiny. Odpowiednie układy dysz i wirniki łopatkowe, włączone w odnośnych stopniach ciśnienia, służą do zużytkowywania przytem pewnych częściowych ilości spalin na początku rozprężania, a przez odpowiedni podział spadku ciśnienia osiąga się zmniejszenie szybkości przepływających strumieni, a wskutek tego i korzystniejszy stosunek między szybkościami obwodowymi i szybkościami odnośnych strumieni spalin. Natomiast pozostałe układy dysz i wirników łopatkowych zużytkują powstające w drugiej fazie rozprężania częściowe ilości dawki spalin w jednym tylko stopniu ciśnienia, lecz przy stosunkach stopni rozszerzenia dysz i szybkości obwodowych wirników, dostosowanych do tych znacznie zmniejszonych szybkości przepływowych strumieni tych częściowych ilości dawki spalin. Na przestrzeni całkowitego rozprężania się spalin zachowany jest zatem pożądaný stosunek między szybkością obwodową wirników i strumieni przepływowych, uwarunkowany odpowiednio dobozem dysz i łopatek wirników, wskutek czego osiąga się też odpowiednio wysoki skutek użyteczny turbiny.

Przy przeprowadzaniu powyżej opisanego podziału strumienia gazów spalinowych na częściowe dawki powstają następujące trudności. Wiadomo, że w wybuchowych turbinach spalinowych po wzbuchu w komorze spalania i następującem później, możliwie nagle otwarciu zaworu wylotowego kanał przepływowy między tym zaworem i dyszą oraz sama dysza muszą być wypełnione wysokoprężnymi gazami spalinowymi, co pociąga za sobą znaczne straty ciśnienia. Aby możliwie zmniejszyć te straty, należy zmniejszyć przestrzeń przed dyszą tak pod względem pojemności, jak i długości tej przestrzeni. W tym celu wylot komory spalania należy umieścić bezpośrednio przy zasilanych przez nią wlotach wirników łopatkowych, co nie sprawia zbytnich trudności. Gdy jednak dana komora spalania zasila drugi stopień ciśnienia turbiny lub kilka dalszych stopni, wówczas przewód od tej komory do odnośnych stopni ciśnienia turbiny staje się niedopuszczalnie wielki, gdy dalsze stopnie ciśnienia turbiny znajdują się po tej samej stronie komory, gdzie znajduje się pierwszy stopień ciśnienia turbiny. W myśl wynalazku można usunąć powyższe wady i znacznie zmniejszyć wielkość przestrzeni przed dyszą pod względem pojemności i powierzchni, gdy w wybuchowych turbinach spalinowych z kilkoma stopniami ciśnienia odnośne strony komór, przeznaczone do zużytkowania częściowych ilości gazów spalinowych, podzielonych na kilka dawek, znajdują się między odnośnemi stopniami ciśnienia turbiny i to tylko te końce komór, które są zaopatrzone w narządy wylotowe, natomiast główna część komory spalania znajduje się poza stopniami ciśnienia turbiny.

Próbowano już w turbinach spalinowych umieszczać po obu stronach komory spalania odnośne stopnie ciśnienia turbiny do zużytkowywania gazów spalinowych, podzielonych pod względem ilości na kilka dawek, przyczem w tym przy-

padku umieszczano całkowitą komorę spalania między dwoma stopniami ciśnienia turbiny. Takie wykonania stosowano jednakże jedynie ze względu na symetryczną budowę całej turbiny, przyczem wskutek stosowania niewłaściwych narządów wylotowych w kształcie kurków lub też wskutek zupełnego braku odpowiednich narządów wylotowych nie można było osiągnąć znacznego zmniejszenia przestrzeni przed dyszą, jak to ma miejsce w urządzeniu według niniejszego wynalazku. Umieszczenie komór spalania w znanych wykonaniach turbin wymaga osiowo wydłużonych komór, które uniemożliwiały zastosowanie odpowiednich narządów wylotowych bez ujemnego wpływu na prawidłowy przebieg pracy turbiny.

Bardzo korzystny przykład wykonania turbiny według wynalazku osiąga się wówczas, gdy wały turbiny i stopnie ciśnienia przebiegają poziomo, a oś podłużna komory spalania ma kierunek pionowy, gdyż w tym przypadku wirniki łopatkowe poszczególnych stopni ciśnienia turbiny można sprzęgnąć ze sobą w łatwy sposób zapomocą wspólnego wału. Najlepiej jest również umieścić dysze poszczególnych stopni ciśnienia turbiny na jednakowej wysokości z zaworami dysz, wskutek czego gazy spalinowe po przepływie przez wylot dyszy dopływają do odnośnego wieńca łopatkowego wirnika turbiny bez zmiany kierunku przepływu.

Na rysunku przedstawiono kilka przykładów wykonania wybuchowych turbin spalinowych do przeprowadzenia sposobu pracy według wynalazku. Fig. 1 i 2 przedstawiają odpowiednio dwa wykresy, przyczem pierwszy wykres uwidocznia krzywą zależności między szybkościami przepływających strumieni i pracą gazów spalinowych dla jednego okresu roboczego względnie dla jednego stopnia ciśnienia wirnika łopatkowego, a drugi wykres — krzywą zależności między stosunkiem szybkości obwodo-

wej wirnika łopatkowego i szybkości przepływającego strumienia a skutkiem użytecznym turbiny; fig. 3 — przekrój poziomy przez turbinę w wykonaniu według wynalazku wzdłuż linii *III — III* na fig. 5; fig. 4 i 5 — tę samą turbinę w dwóch pionowych przekrojach podłużnych wzdłuż linii *IV — IV* i *V — V* na fig. 3; fig. 6 — podłużny przekrój pionowy przez turbinę, w której wysokoprężne częściowe ilości dawek gazów spalinowych, wytworzonych w jednym okresie roboczym w danej komorze spalania, zostają podzielone odpowiednio do spadku ciśnienia i zużytkowane w różnych stopniach ciśnienia turbiny, przyczem niskoprężne częściowe ilości dawek zasilają bez stopniowania spadku ciśnienia ten stopień ciśnienia turbiny, który jest dostosowany do stanu tych dawek; wreszcie fig. 7 — podłużny, pionowy przekrój przez odmianę wykonania turbiny, w której wysokoprężne częściowe ilości dawek zasilają ostatni stopień ciśnienia układu łopatkowego, przeznaczanego do niskoprężnych częściowych ilości dawek jako jedyny stopień ciśnienia turbiny.

Z przebiegu krzywej na wykresie fig. 1 widać, że szybkość strumienia gazów spalinowych znacznie maleje podczas wyładowywania komory spalania. Na osi odciętych układu współrzędnych jest podana procentowo praca gazów spalinowych na każdy okres roboczy, oddana przez spaliny po rozprężeniu się do danego stanu. Na linii rzędnych są podane procentowo szybkości przepływających strumieni w odniesieniu do największej szybkości strumieni gazów spalinowych, jaka wogóle występuje. Przebieg tej krzywej uwidocznia, że spadek szybkości strumieniowej na większej części okresu roboczego podczas oddawania pracy odbywa się stosunkowo powoli. Jednakże taki przebieg spadku szybkości strumieniowej jest niekorzystny zarówno w odniesieniu do skutku użytecznego dyszy, jak i w odniesieniu do skutku użytecznego wirnika łopatkowego.

Przebieg krzywej na wykresie fig. 2 uwidocznia wpływ, jaki wywiera spadek szybkości strumieniowej na skutek użyteczny wirnika łopatkowego turbiny. Na linii odciętych podany jest stosunek między szybkością obwodową wirnika i szybkością strumieniową spalin, a na linii rzędnych podany jest skutek użyteczny turbiny. Wyciągnięta linia pełną krzywa uzmysławia wartości skutków użytecznych w odniesieniu do dwuwieńcowego wirnika, a krzywa wyciągnięta linia kreskową — te same wartości w odniesieniu do jednowieńcowego wirnika turbiny.

Mając na uwadze wady, uwidocznione na wykresach zapomocą tych krzywych, dzieli się w myśl wynalazku całkowitą ilość gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, na odpowiednie ilości częściowe w postaci cząstkowych dawek, które doprowadza się do dysz z odpowiednio dobranymi stopniami rozszerzenia, przystosowanymi do różnych częściowych ilości spalin w dawce. Oprócz tego ilość gazów spalinowych częściowej dawki musi być przeprowadzana tylko przez jeden układ wirnika łopatkowego, którego szybkość obwodowa jest dostosowana do szybkości strumieniowych, zużytkowywanych w tym wirniku częściowych ilości dawki gazów spalinowych.

Na fig. 1 uwidoczniiony jest przebieg pracy spalin sposobem według wynalazku w tym przypadku, gdy gazy spalinowe, wytworzone w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, zostają zużytkowane w czterech różnych dawkach. Najpierw zostaje zużytkowana dawka *I* na przestrzeni między stanami spalin *1* i *2*, następnie dawka *II* na przestrzeni między stanami spalin *2* i *3*, potem dawka *III* na przestrzeni między stanami spalin *3* i *4*, a wreszcie dawka *IV* na przestrzeni od stanu *4*. Szybkość strumienia dawki *I* jest większa, niż szybkość strumienia dawki *II*, szybkość zaś strumienia dawki *II* jest większa, niż

szybkość strumienia dawki *III* i wreszcie szybkość strumienia dawki *III* jest większa, niż szybkość strumienia dawki *IV*. W celu zachowania tego samego skutku użytecznego dyszy i wirnika łopatkowego przy zużycowaniu dawki *II*, jaki otrzymujemy przy zużycowaniu dawki *I*, musi być zastosowany inny stopień rozszerzenia dyszy, w której jest przerabiana dawka *II*, a mianowicie stopień ten musi być mniejszy, niż stopień rozszerzenia dyszy, w której przerabiana jest dawka *I*. Tak samo szybkość obwodowa układu łopatek wirnika zużytkowujących dawkę *II* winna być inna, a mianowicie, w celu osiągnięcia tak samo korzystnego stosunku między szybkością obwodową i szybkością strumienia spalin, szybkość obwodowa musi być mniejsza, niż szybkość obwodowa układu łopatek wirnika, zużytkowujących dawkę *I*. Taka sama zależność musi mieć miejsce także w odniesieniu do dawek *II* i *III*, względnie *III* i *IV*. Według stosowanych dotychczas sposobów pracy turbin dla całej ilości gazów spalinowych danej komory spalania, a mianowicie dla całej sumy dawek $I + II + III + IV$, przewidziana była tylko jedna dysza i jeden układ łopatek wirnika, przyczem praca spalin odbywała się przy jednym przeciwcisnieniu, a w tym przypadku dany stopień rozszerzenia dyszy względnie dana szybkość obwodowa wirnika zapewniała najlepszy skutek użyteczny tylko przy pewnej określonej szybkości strumienia spalin, wskutek czego przy występujących dla poszczególnych ilości spalin różnych szybkościach strumieni przepływowych, powstawały również pewne odchylenia od tego najlepszego skutku użytecznego. W myśl niniejszego wynalazku w układach dysz i łopatek wirników, w których zostają zużytkowywane poszczególne dawki *I*, *II*, *III* i *IV*, tak się dobiera stopień rozszerzenia dysz i szybkości obwodowe wirników, w odniesieniu do szybkości strumieniowych przepływających spalin, że podczas całego rozprężania osiąga się jednolity skutek uży-

teczny, wartość którego podlega tylko nieznacznym wahaniom.

Wspomniano już powyżej, że układ łopatek wirnika, zużytkowujących dawkę *II*, winien mieć inną, mianowicie mniejszą szybkość obwodową, niż układ łopatek wirnika, zużytkowujący dawkę *I*; odnosi się to, oczywiście, w większej jeszcze mierze do układu łopatek wirnika, zużytkowującego dawkę *III*, w odniesieniu do układu łopatek wirnika, zużytkowującego dawkę *I*. Podczas gdy różnica w szybkościach strumieniowych dawek *I* i *III* może być opanowana tylko przez zastosowanie zmienionych szybkości obwodowych odnośnych wirników, różnica ta w odniesieniu do dawek *I* i *II* względnie *III* i *IV* jest tak mała, że różnica, jaka występuje według wykresów krzywych na fig. 2 między skutkami użytecznymi jedno- i dwuwieżcowych wirników łopatkowych, może być wyzyskana przy zachowaniu tego samego stosunku szybkości obwodowej i strumieniowej, w celu opanowania tej różnicy przy jak największym uproszczeniu wykonania turbiny. Jednowieżcowy wirnik łopatkowy zapewnia bowiem przy mniejszej szybkości strumieniowej w przybliżeniu taki sam skutek użyteczny, jak dwuwieżcowy wirnik łopatkowy, który przy tej samej szybkości obwodowej przerabia gazy spalinowe o większej szybkości strumieniowej. Wobec tego dysze o różnych stopniach rozszerzenia, zużytkowujące dawki *I* i *II* względnie *III* i *IV*, nie muszą zasilać wirników o różnych szybkościach obwodowych, lecz wystarcza zasłonięcie tylnych wieńców w kilkuwieńcowych wirnikach względnie drugiego wieńca w dwuwieżcowych wirnikach w pobliżu dyszy, która doprowadza dawkę *II* względnie *IV* gazów spalinowych, gdy tymczasem wszystkie wieńce łopatkowe jednego wirnika zużytkowują dawkę *I* względnie *III*.

Na fig. 3—5 przedstawiono turbinę, w której zostały zastosowane opisane powyżej urządzenia, umożliwiające znaczne uproszczenie jej budowy.

W turbinie powyższej liczbą 16 oznaczono zawór wylotowy komory spalania 20, przez który jest doprowadzana częściowa dawka I spalin bezpośrednio po wzbuchu do dyszy 21 o stosunkowo znacznym rozszerzeniu. Zawór wylotowy 16 otwiera się więc w chwili, odpowiadającej punktowi 1 na wykresie fig. 1 i zamyka się w chwili, odpowiadającej punktowi 2 na tym wykresie. Gazy spalinowe, doprowadzane zapomocą dyszy 21, zasilają dwuwieżcowy wirnik łopatkowy koła Curtisa 26, przyczem między wieńcami łopatkowymi tego wirnika znajdują się łopatki kierownic, powodujące konieczną zmianę kierunku przepływu gazów spalinowych. Po zamknięciu zaworu wylotowego 16, w chwili, odpowiadającej punktowi 2 na wykresie fig. 1, otwiera się następny zawór wylotowy 17, przez który doprowadzana jest dawka II do dyszy 22, skierowującej spaliny do łopatek wirnika 26, przyczem dysza 22 posiada mniejszy stopień rozszerzenia, niż dysza 21 odpowiednio do zmniejszonej szybkości strumieniowej dawki II. Ponieważ wirnik 26 posiada przed dyszą 22 taką samą szybkość obwodową, jak przed dyszą 21, a oprócz tego ma być uzyskane w myśl wynalazku dostosowanie tej szybkości obwodowej do zmniejszonej szybkości strumieniowej gazów spalinowych, więc tylny, drugi szereg łopatek tego wirnika jest zabezpieczony przed dopływem doń gazów spalinowych z dyszy 22 zapomocą zasłony 28, osadzonej w przestrzeni między wieńcami łopatkowymi wzamian kierownic 27. W ten sposób tylko pierwszy wieńiec łopatkowy koła Curtisa 26 jest zasilany spalinami dawki II, przyczem zgodnie z przebiegiem krzywych, uzmysławiających przebieg skutków użytecznych na fig. 5, osiąga się w tym przypadku taki sam skutek użyteczny, jaki uzyskuje się przed dyszą 21 w przypadku zasilania wszystkich wieńców łopatkowych tego wirnika zapomocą gazów spalinowych o większych szybkościach strumieniowych. W chwili, odpowiadającej punktowi 3 na wykresie fig. 1, zamy-

ka się zawór wylotowy 17 i otwiera się jednocześnie zawór wylotowy 18, przez który doprowadzana jest dawka III gazów spalinowych do dyszy 23, skierowującej strumień tych gazów do dwuwieżcowego wirnika koła Curtisa 29. W tem kole zmiana kierunku przepływu gazów spalinowych odbywa się również zapomocą szeregu łopatek kierowniczych 30. Szybkości strumieniowe dawki III są mniejsze w odniesieniu do szybkości strumieniowych dawek I i II, tak że w tym przypadku potrzebne jest nie tylko znaczne zmniejszenie stopnia rozszerzenia odnośnej dyszy 23, lecz także odpowiednie zmniejszenie szybkości obwodowej wirnika koła Curtisa 29. Gdy wirniki kół 26 i 29 są sprzęgnięte ze sobą zapomocą wspólnego wału (fig. 4 i 5), osiągnięcie zmniejszenia szybkości obwodowej drugiego wirnika koła 29 może być przeprowadzone przez odpowiednie zmniejszenie średnicy tego wirnika w odniesieniu do średnicy wirnika koła 26, co uwidoczniło na rysunku (fig. 4 i 5). W chwili, odpowiadającej punktowi 4 na wykresie fig. 1, zamyka się wreszcie zawór wylotowy 18, a otwiera się jednocześnie zawór wylotowy 19. Gazy spalinowe dopływają do pierwszego szeregu łopatek wirnika koła Curtisa 29 poprzez dyszę 24, drugi zaś skrajny szereg łopatek tego dwuwieżcowego koła 29 jest odcięty przed zasilaniem gazami spalinowymi zapomocą zasłony 25. Dysza 24 posiada tylko nieznaczny stopień rozszerzenia lub wcale nie posiada rozszerzenia, ponieważ bezpośrednio po chwili, odpowiadającej punktowi 4 na wykresie fig. 1, czyli po uzyskaniu stosunkowo bardzo małego spadku ciśnienia, następuje przedmuchiwanie turbiny, wskutek czego dysza 24 służy głównie do usuwania resztek spalin z komory spalania 20.

Na fig. 6 i 7 uwidoczniło przekrój podłużny dwu dalszych odmian wykonania turbiny, w których pierwsza wysokoprężna dawka gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej ko-

morze spalania, zostaje zużytkowana w dwóch niezależnych ilościach częściowych, odpowiednio do pożądanego spadku ciśnienia, w dwóch stopniach ciśnienia turbiny, a niskoprężna dawka spalin bez stopniowania spadku ciśnienia — w jednym tylko stopniu ciśnienia turbiny, dostosowanym do stanu tych spalin.

W turbinach spalinowych według fig. 6 i 7 liczba 31 oznacza komorę spalania, do której paliwo jest doprowadzane przez zawór paliwowy 32. Powietrze dopływające jednocześnie przez zawór 33 rozpyla paliwo, wskutek czego w komorze spalania 31 tworzy się łatwopalna mieszanka paliwowa, zapalana zapomocą odpowiednich zapalników. Bezpośrednio po wzbuchu w komorze spalania 31 otwiera się zawór wylotowy 34. Wysokoprężne gazy spalinowe przepływają dyszą 35 do dwuwieżcowego wirnika koła Curtis'a 36, w którym niezbędne odwrócenie kierunku przepływu strumienia gazów spalinowych uzyskuje się zapomocą szeregu łopatek kierowniczych 37. W dyszy 5 tej turbiny (fig. 6) następuje jednak tylko częściowe rozprężenie spalin, przyczem dysza 38, przez którą są doprowadzane gazy spalinowe do drugiego dwuwieżcowego wirnika koła Curtis'a 39a z wieńcem łopatek kierowniczych 40 do odwracania kierunku przepływu spalin, jest tak dobrana, że w przelotowym zbiorniku 41 do wyrównywania ciśnienia częściowo rozprężonych spalin, powstaje pewne określone ciśnienie pośrednie. Zawarta przy tem ciśnieniu pośrednim w gazach spalinowych energia potencjalna jest przekształcona w dyszy 38 na szybkość, oddając przy pomocy koła Curtis'a 39a swą moc na wspólny wał 42 turbiny. Gazy wylotowe, rozprężone do ciśnienia atmosferycznego, uchodzą nazewnątrż kanałem 43. Skoro prężność gazów spalinowych w komorze spalania 31 maleje w takim stopniu, iż podział spadku ciśnienia na dwa stopnie jest nieekonomiczny, należy zamknąć zawór wylotowy 34, a otworzyć zawór wylotowy 45.

Gazy spalinowe przepływają wówczas przez dyszę 46 bezpośrednio na dwuwieżcowy wirnik koła Curtis'a 39, w którym zostają rozprężone aż do ciśnienia atmosferycznego, poczem przepływają przez kanał wylotowy 44 nazewnątrż. Skoro prężność gazów spalinowych w komorze spalania 31 zmaleje do ciśnienia powietrza, znajdującego się przed zaworem 47, wówczas otwiera się zawór 47 do powietrza przedmuchowego, które usuwa resztę gazów spalinowych z komory spalania 31 przez otwarty w dalszym ciągu zawór wylotowy 45. Następnie zamyka się zawór wylotowy 45, a przez paliwowy przewód 48 i powietrzny przewód 49 doprowadza się do komory spalania 31 w opisany wyżej sposób nową dawkę paliwa i powietrza spalania.

Uruchomienie opisanej powyżej turbiny odbywa się w ten sposób, że wysokoprężna dawka gazów spalinowych, wytworzonych w komorze spalania 31 w ciągu jednego okresu roboczego, zostaje pobrana z tej komory i odpływa po otwarciu zaworu wylotowego 34 do dwu kolejnych stopni ciśnienia 36 i 39a turbiny, w których zostaje zużytkowana. W ten sposób otrzymuje się więc stopniowany spadek ciśnienia dawki wysokoprężnych gazów spalinowych, pobranych przez zawór wylotowy 34 przy odpowiednim zmniejszeniu szybkości strumieniowych, których stosunek do szybkości obwodowej wirników łopatkowych kół Curtisa 36 i 39a turbiny zostaje określony przez odpowiednie dobranie pośredniego ciśnienia w przelotowym zbiorniku 41 do wyrównywania ciśnienia, wskutek czego podczas zużytkowania tej dawki gazów spalinowych zarówno w wieńcach łopatkowych 36 pierwszego stopnia ciśnienia, jak i w wieńcach łopatkowych 39a drugiego stopnia ciśnienia, osiąga się dobrą sprawność. Natomiast dawka niskoprężnych gazów spalinowych, pobrana poprzez zawór wylotowy 45, zostaje zużyta tylko w jednym stopniu ciśnienia turbiny, a mianowicie w wirniku łopatkowym koła Curtisa

39. Stopień rozszerzenia dyszy 46 i szybkość obwodowa wieńca łopatkowego 39 turbiny jest przytem oczywiście tak dobrany, że podczas zużytkowania dawki niskosprężonych gazów spalinowych w wieńcu łopatkowym koła Curtisa 39, skąd wypływają one następnie nazewnątrż przez zawór wylotowy 45, osiąga się również dobrą sprawność.

Odmiana turbiny, urwidoczniiona na fig. 7, jest znacznie uproszczona w porównaniu z turbiną w wykonaniu według fig. 6. W turbinie według fig. 7 dysze 35 i 38 względnie wieńce łopatkowe 36, 39 są włączone w szereg, stanowiąc dwa stopnie ciśnienia turbiny, a dysza 46 względnie wieńiec łopatkowy 39 stanowi jeden odrębny stopień ciśnienia turbiny, przyczem obydwie wirniki turbiny są sprzęgnięte ze sobą zapomocą wspólnego wału 42. Można również dostosować stopień rozszerzenia dyszy 38 do układu łopatek, który jest zupełnie niezależny od układu łopatek dostosowanych do stopnia rozszerzenia dyszy 46. Można także połączyć zawór 47 z zaworem 45 w jeden wspólny zawór, wskutek czego przedmuchiwanie i zasilanie komory spalania 31 świeżem powietrzem odbywać się będzie przy jednakowym ciśnieniu i w jednym przebiegu.

Sposób pracy turbiny, odnoszący się do podziału przebiegu rozprężenia spalin na dwa stopnie ciśnienia i przy niezależnych dawkach, jest oczywiście ten sam w przypadku zastosowania kilku stopni ciśnienia i kilku dawek. W każdym z tych przypadków możliwe jest pewne uproszczenie, polegające na tem, że wysokosprężone dawki zasilają łopatki wszystkich wirników, włącznie z wirnikiem ostatniego stopnia ciśnienia turbiny, przeznaczonego do zużytkowania niskosprężonych dawek jako jedyny stopień ciśnienia, czyli, że zawsze może być zastosowany przynajmniej jeden wspólny układ łopatek.

Według wynalazku może być także jedna z wysokosprężonych dawek zużytkowana w kilku stopniach ciśnienia, druga mniej

sprężona dawka spalin w kilku stopniach ciśnienia, lecz o mniejszej liczbie stopni, podczas gdy trzecia dawka względnie dalsze dawki spalin zostają zużytkowane tylko w jednym stopniu ciśnienia. Można także zużytkowywać dawki gazów spalinowych o stopniowanej szybkości strumieniowej w różnych stopniach ciśnienia, podczas gdy dopiero następne dawki spalin zostają zużytkowane w jednym tylko stopniu ciśnienia.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Sposób pracy wybuchowych turbin spalinowych z kilkoma stopniami ciśnienia do zużytkowywania gazów spalinowych, podzielonych pod względem ilości na kilka oddzielnych dawek, przyczem te stopnie ciśnienia są rozmieszczone najlepiej po obu stronach jednej lub kilku komór spalania, znamienny tem, że częściowe ilości dawek gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, są doprowadzane odpowiednio do spadku ich ciśnienia do różnych stopni ciśnienia turbiny, których układy dysz i wieńce łopatkowe są dostosowane odpowiednio do różnych stanów dawek.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że wysokosprężone częściowe ilości dawek gazów spalinowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, są zużytkowywane niezależnie jedna od drugiej w różnych stopniach ciśnienia turbiny odpowiednio do spadku ich ciśnienia, podczas gdy niskosprężone częściowe ilości pozostałych dawek, bez stopniowania spadku ciśnienia, zasilają każda tylko jeden stopień ciśnienia turbiny, dostosowany do stanu odnośnej dawki.

3. Sposób według zastrz. 2, znamienny tem, że wysokosprężone częściowe ilości dawek gazów spalinowych zasilają układ łopatkowy ostatniego stopnia ciśnienia turbiny, który jest przewidziany również do zużytkowywania niskosprężonych częściowych ilości

dawek, przerabianych tylko w jednym stopniu ciśnienia turbiny bez stopniowania ciśnienia.

4. Sposób według zastrz. 1, znamieny tem, że poszczególne dawki gazów spalinyowych, wytworzone w ciągu jednego okresu roboczego, są doprowadzane do niezależnych od siebie dysz, których stopień rozszerzenia jest dostosowany odpowiednio do różnych stanów tych dawek.

5. Sposób według zastrz. 1, znamieny tem, że poszczególne dawki gazów spalinyowych są przeprowadzone przez wieńce łopatkowe układów wirników kół turbinowych, których szybkości obwodowe są dostosowane do szybkości strumieniowych dawek, zużytkowywanych przez dany układ.

6. Wybuchowa turbina spalinowa do wykonywania jednego ze sposobów według zastrz. 1 — 5, znamienna tem, że komora spalania (20 względnie 31) turbiny posiada kilka zaworów wylotowych (16, 17, 18, 19 względnie 34, 45), przez które doprowadzane są gazy spalnikowe, wytworzone w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, w ilościach częściowych (dawkach) do odpowiednich dysz i łopatek turbiny.

7. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 6, znamienna tem, że stopień rozszerzenia poszczególnych dysz (21, 22, 23, 24 względnie 35, 38, 46) jest różny i dobrany w zależności od stanu dawek, które przepływają przez te dysze.

8. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 6, znamienna tem, że poszczególne wirniki układu wieńców łopatkowych (26, 29) w przypadku sprzęgnięcia ich w jedną sztywną całość zapomocą wspólnego wału posiadają różną średnicę, w celu uzyskania różnych szybkości obwodowych, dostosowanych do stanu dawek, zużytkowywanych w tych wieńcach łopatkowych.

9. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 6, znamienna tem, że posiada wirniki z kilkowieńcowymi układami łopatkowymi, których tylne szeregi łopatek na-

przeciw wylotów dysz (22, 24), zużywających dawki o mniejszej szybkości strumieniowej, są zaopatrzone w zasłony (25, 28), w celu umożliwienia zużytkowywania w tych wieńcach różnych częściowych ilości dawek gazów spalinyowych odpowiednio do ich stanu.

10. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 6, znamienna tem, że urządzenie, składające się przynajmniej z dwóch układów dysz i wieńców łopatkowych, które przez odpowiednie dobranie stopni rozszerzenia dysz i szybkości obwodowych wirników, w szczególnym przypadku także przez zastosowanie zasłon do poszczególnych wieńców łopatkowych w kilkowieńcowych zespołach kół, w celu zużytkowywania różnych częściowych ilości dawek gazów spalinyowych, wytworzonych w ciągu jednego okresu roboczego w danej komorze spalania, jest połączone przynajmniej z jednym urządzeniem, składającym się z układu dysz i wieńców łopatkowych, umieszczonym za jednym takim układem dysz i wieńców łopatkowych jako dalszy stopień ciśnienia.

11. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 10, znamienna tem, że układ łopatkowy, przeznaczony jako dalszy stopień ciśnienia dla pewnych częściowych ilości gazów spalinyowych, stanowi jednocześnie układ łopatkowy jednego stopnia ciśnienia dla innych niskosprężonych częściowych ilości dawek gazów spalinyowych.

12. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 6 — 10, znamienna tem, że między przyległymi dwoma stopniami ciśnienia turbiny są umieszczone tylko głowice komór spalania (20 względnie 31), zaopatrzone w zawory wylotowe (16—19 względnie 34, 45) i przestrzenie wlotowe do dysz, natomiast pozostałe części komór spalania znajdują się poza obszarem odnośnych stopni turbiny.

13. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 12, znamienna tem, że osie poziomo osadzonych wałów (42) turbiny mają

kierunek prostopadły do podłużnych osi komór spalania, znajdujących się w płaszczyźnie pionowej.

14. Wybuchowa turbina spalinowa według zastrz. 13, znamienna tem, że dysze poszczególnych stopni ciśnienia turbiny są umieszczone na tej samej wysokości, jak na-

rzędy zamykające zaworów odnośnych dysz, umieszczonych przed nimi.

H a n s H o l z w a r t h.
Zastępca: Inż. F. Winnicki,
rzecznik patentowy.

