Aerodynamiczny kolektor wydechowy, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych

Przedmiotem wynalazku jest aerodynamiczny kolektor wydechowy, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych wyposażonych w termogeneratory energii elektrycznej.

Znane są sposoby wykorzystania energii gazów wylotowych w silnikach spalinowych. Jednym z nich jest wykorzystanie ciepła odpadowego zawartego w spalinach wylotowych do generatora energii elektrycznej poprzez zastosowanie ogniw termoelektrycznych TEG wykorzystujących zjawisko Seebecka, polegające na powstawaniu siły elektromotorycznej w spoinie dwóch metali lub półprzewodników umieszczonych w dwóch różnych temperaturach. Kluczowym aspektem wpływającym na efektywność działania generatora jest uzyskanie stabilnych warunków termicznych na powierzchniach ogniw termoelektrycznych poprzez zapewnienie równomiernego bilansu energetycznego. Stosowanie szeregu ogniw w postaci modułów termoelektrycznych usytułowanych wzdłuż kanału wylotowego zapewnia kompaktowe gabaryty geometryczne, lecz wywołuje gradient temperatur gazów w tym obszarze kolektora. Nierównomierny rozkład pola temperatur na powierzchniach TEG ogranicza efektywność pozyskiwania energii z gazów spalinowych. Znane są również sposoby zwiększenia sprawności ogniw termoelektrycznych poprzez ukształtowanie geometrii kolektora wydechowego.

Ze zgłoszenia patentowego nr CN106988885A znany jest zespół składający się z silnika z turbiną gazową i systemu termoelektrycznego wytwarzania energii elektrycznej. W rozwiązaniu tym zespół silnika z turbiną gazową zawiera komorę spalania do zapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej, która generuje przepływ strumienia gazów. Silnik turbiny posiada również osłonę sekcji gorącej do kierowania strumienia rdzenia przez zespół silnika. Osłona sekcji gorącej składa się z powierzchni wewnętrznej i powierzchni zewnętrznej. Zespół silnika z turbiną gazową wyposażony jest w moduły generatorów termoelektrycznych TEG, które

są termicznie przymocowane do zewnętrznej powierzchni osłony sekcji gorącej. Zespoły TEG generują prąd elektryczny w oparciu o różnicę temperatur w każdym z wielu ogniw TEG. Urządzenia TEG mogą zawierać różne ogniwa TEG wykonane z różnych materiałów, które są stosowane w różnych strefach ciepła wzdłuż osłony sekcji gorącej między komorą spalania, a końcówką wydechową silnika. Ukształtowanie kolektora wylotowego oraz kierownic gazów turbiny zapewnia prawidłową pracę silnika oraz efektywną pracę modułów TEG i wysoki uzysk energii elektrycznej z gorących gazów spalin.

Z opisu patentowego nr RU2606300C1 znany jest kolektor dedykowany zwłaszcza do samochodowych silników spalinowych. Generator termoelektryczny umieszczony jest w układzie odprowadzania spalin silnika i składa się z gorącego wymiennika ciepła i modułów termoelektrycznych zainstalowanych na gorącym wymienniku ciepła. Wymiennik ciepła ma podłużny kształt regularnego wielokąta z podłużnym użebrowaniem o zmiennej długości profilu. Nad modułami termoelektrycznymi zamocowane są zimne wymienniki ciepła z przepływem płynu przeciwnie do kierunku przepływu spalin.

Z opisu patentowego nr CN102245871B znane jest urządzenie do wytwarzania energii elektrycznej z gazów spalinowych silnika spalinowego, które zawiera generator mający wlot gazów spalinowych i wylot gazów spalinowych oraz część wymiany ciepła pomiędzy nimi. Część wymiany ciepła ma wiele przepływów a ścieżka przepływu jest co najmniej częściowo otoczona elementem termoelektrycznym, który jest połączony z urządzeniem chłodzącym w sposób przewodzący ciepło po stronie przeciwnej od ścieżki przepływu spalin. Wzdłuż co najmniej jednego strumienia zapewnione są różne rodzaje energii cieplnej lub co najmniej jedna ścieżka przepływu ma co najmniej jeden element do manipulowania przepływem. Wlot gazów spalinowych i wylot gazów spalinowych mogą być specjalnie zaprojektowane jako część układu wydechowego rury wydechowej. Jednakże można również zastosować wiele wlotów gazów spalinowych i/lub wiele wylotów gazów spalinowych. Część wymiany ciepła stanowi rdzeń generatora. Dotyczy to w szczególności części drogi przepływu spalin przechodzącej przez

generator, w której to części spaliny oddają energię cieplną do zespołu wymiany ciepła. Gazy spalinowe mogą przepływać przez wiele takich części wymiany ciepła na swojej drodze przez generator, ale korzystna jest modyfikacja, w której gazy spalinowe przepływają tylko przez jedną ciągłą część wymiennika ciepła z modułu TEG. Aby zapewnić jak największą powierzchnię styku do wymiany ciepła, strumień gazów spalinowych jest dzielony na wiele ścieżek przepływu, w szczególności na wiele małych rur. Wiele ścieżek przepływu może być utworzonych przez kierunkowe i/lub bezkierunkowe kanały dla spalin, na przykład gazy spalinowe są rozdzielane w sekcji wymiany ciepła w sposób regularny i/lub nieregularny.

Ze zgłoszenia patentowego nr US2011120106A1 znane jest urządzenie do wytwarzania energii elektrycznej ze spalin silnika spalinowego, które zawiera generator z przyłączem wlotu spalin, przyłączem wylotu spalin oraz co najmniej jedną sekcję wymiany ciepła pomiędzy nimi. Pomiędzy przyłączem wlotu gazów spalinowych a sekcją wymiany ciepła zapewnione jest co najmniej jedno przekierowanie przepływu i/lub podział przepływu. Sekcja wymiany ciepła ma wiele dróg przepływu prostopadłych do złącza wlotu gazów spalinowych, które mają być przypisane do wielu jednostek wymiany ciepła. Część zespołu wymiany ciepła ma co najmniej jeden element termoelektryczny i urządzenie chłodzące. Co najmniej jeden element termoelektryczny jest trwale połączony z urządzeniem chłodzącym.

Ze zgłoszenia patentowego nr JP2002345271A znany jest wynalazek w postaci porowatego elementu celem zwiększenia wydajności konwersji termoelektrycznej. Kolektor zawiera strukturę porowatą wykonaną przez ułożenie dużej liczby arkuszy folii metalowej w celu zwiększenia absorpcji ciepła gazów promieniowania powierzchni folii metalowej i zmniejszenie rozkładu temperatury w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazu. Na powierzchniach arkuszy folii metalowej tworzy się warstwę odporną termiczną, o wysokim współczynniku absorpcji ciepła promieniowania. Swobodna droga promieniowania jako ciało porowate ma zmniejszoną wielkość w kierunku przepływu gazu i zwiększoną

wielkość w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazu. Dokładniej, wysokość pofałdowań utworzonych w folii metalowej zwiększa się w kierunku przepływu gazu i zmniejsza w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazu. Cykl pofałdowań uformowanych w folii metalowej może być zmniejszony w kierunku przepływu gazu i zwiększony w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazu. Ponadto na powierzchniach folii metalowej mogą być utworzone występy długie w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazu.

Celem wynalazku jest opracowanie konstrukcji kolektora wydechowego umożliwiającej równomierny rozkład pól temperatur na powierzchni ogniw modułów termoelektrycznych.

Istotą aerodynamicznego kolektora wydechowego, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych posiadającego wlot gazów spalinowych i wylot gazów spalinowych, pomiędzy którymi znajduje się wewnętrza część profilowana, przy czym do powierzchni zewnętrznych kolektora wydechowego zamocowane są termogeneratory energii elektrycznej, według wynalazku, jest to, że w wewnętrznej części profilowanej kolektora wydechowego od strony wlotu gazów spalinowych zamocowana jest podpora czołowa, a od strony wylotu gazów spalinowych zamocowana jest podpora tylna. Pomiędzy podporą czołową, a podporą tylną umieszczony jest co najmniej jeden obrotowy rotor. Obrotowy rotor składa się z co najmniej dwóch kierownic gazów o zarysie śrubowym o stałym skoku i zmiennej szerokości geometrycznej. Kierownice gazów zamocowane są na wale. Wał łożyskowany jest w łożysku osadzonym w podporze czołowej i w łożysku osadzonym w podporze tylnej. Kąt osi obrotu wału obrotowego rotora względem osi wzdłużnej kolektora wydechowego wynosi od 0° do 30°.

Opcjonalnie kierownice gazów rozmieszczone są po obwodzie wału w regularnych albo nieregularnych odległościach.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że poprzez zastosowanie w aerodynamicznym kolektorze wydechowym wewnętrznego rotora wraz z kierownicami gazów uzyskano możliwość kształtowania kierunku strumienia przepływu gazów w kolektorze, a co za tym idzie uzyskano równomierny rozkład

pól temperatur na powierzchni ogniw modułów termoelektrycznych. Przekłada się to na efektywniejsze uzyskiwanie energii elektrycznej z modułów termoelektrycznych TEG z odpadowego ciepła gazów spalinowych w większym zakresie pola pracy tłokowego silnika lotniczego.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok izometryczny z przekrojem podłużnym aerodynamicznego kolektora wydechowego w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2 – przekrój poprzeczny aerodynamicznego kolektora wydechowego w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 3 – widok z boku obrotowego rotora w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 4 – przedstawia widok izometryczny z przekrojem podłużnym aerodynamicznego kolektora wydechowego w drugim przykładzie wykonania, fig. 5 – przekrój poprzeczny aerodynamicznego kolektora wydechowego w drugim przykładzie wykonania, fig. 6 – widok z boku obrotowego rotora w drugim przykładzie wykonania, fig. 7 – widok czołowy obrotowego rotora w drugim przykładzie wykonania.

Aerodynamiczny kolektor wydechowy, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych w pierwszym przykładzie wykonania przedstawiony na fig. 1, fig. 2 i fig. 3 rysunku składa się z sześciokątnej wewnętrznej części profilowanej 1, która znajduje się pomiędzy wlotem gazów spalinowych 2 i wylotem gazów spalinowych 4. Do powierzchni zewnętrznych kolektora wydechowego zamocowanych jest sześć termogeneratorów energii elektrycznej 10 po jednym na każdej ściance kolektora wydechowego. W wewnętrznej części profilowanej 1 kolektora wydechowego od strony wlotu gazów spalinowych 2 zamocowana jest podpora czołowa 3, a od strony wylotu gazów spalinowych 4 zamocowana jest podpora tylna 5. Pomiędzy podporą czołową 3, a podporną tylną 5 umieszczony jest jeden obrotowy rotor 6. Obrotowy rotor 6 składa się z wału 8, na którym zamocowane są dwie kierownice gazów 7 o zarysie śrubowym o stałym skoku i zmiennej szerokości geometrycznej l. Szerokość geometryczna l kierownic gazów 7 od strony wlotu gazów spalinowych 2 jest mniejsza od szerokości geometrycznej l kierownic gazów 7 od strony wylotu gazów spalinowych 4. Kierownice gazów 7

rozmieszczone są po obwodzie wału 8 w regularnych odległościach co 180°. Wał 8 łożyskowany jest w łożysku 9a osadzonym w podporze czołowej 3 i w łożysku 9b osadzonym w podporze tylnej 5. Kąt α osi obrotu wału 8 obrotowego rotora 6 względem osi wzdłużnej kolektora wydechowego wynosi 0°.

Aerodynamiczny kolektor wydechowy, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych w drugim przykładzie wykonania przedstawiony na fig. 4, fig. 5 , fig. 6 i fig. 7 rysunku składa się z czworokątnej wewnętrznej części profilowanej 1, która znajduje się pomiędzy wlotem gazów spalinowych 2 i wylotem gazów spalinowych 4. Do powierzchni zewnętrznych kolektora wydechowego zamocowanych są cztery termogeneratory energii elektrycznej 10 po jednym na każdej ściance kolektora wydechowego. W wewnętrznej części profilowanej 1 kolektora wydechowego od strony wlotu gazów spalinowych 2 zamocowana jest podpora czołowa 3, a od strony wylotu gazów spalinowych 4 zamocowana jest podpora tylna 5. Pomiędzy podporą czołową 3, a podporną tylną 5 umieszczone są cztery jednakowe obrotowe rotory 6. Każdy obrotowy rotor 6 składa się z wału 8, na którym zamocowane są cztery kierownice gazów 7 o zarysie śrubowym o stałym skoku i zmiennej szerokości geometrycznej l. Szerokość geometryczna l kierownic gazów 7 od strony wlotu gazów spalinowych 2 jest większa od szerokości geometrycznej l kierownic gazów 7 od strony wylotu gazów spalinowych 4. Kierownice gazów 7 rozmieszczone są po obwodzie wału 8 w nieregularnych odległościach co 120° i 60°. Wał 8 łożyskowany jest w łożysku 9a osadzonym w podporze czołowej 3 i w łożysku 9b osadzonym w podporze tylnej 5. Kąt α osi obrotu wału 8 obrotowego rotora 6 względem osi wzdłużnej kolektora wydechowego wynosi 20°.

Działanie aerodynamicznego kolektora wydechowego, zwłaszcza do tłokowych silników lotniczych polega na tym, że gorące gazy wydechowe z tłokowego silnika lotniczego przez wlot gazów spalinowych 2 trafiają do wewnętrznej części profilowanej 1 kolektora. Przepływające cząsteczki gazu zderzają się z powierzchnią kierownic gazów 7 obrotowego rotora 6, zmieniając swój kierunek trajektorii i jednocześnie wprawiając w ruch obrotowy rotor 6. Kierownice gazów 7 obrotowego rotora 6 sprawiają, że cząsteczki gazu kierowane

są w stronę ścianek kolektora w strefę kontaktową z termogeneratorami energii elektrycznej 10. Wirujący obrotowy rotor 6 zapewnia równomierne obwodowe ogrzanie powierzchni ścianek kolektora na całej długości działania obrotowego rotora 6, dzięki czemu uzyskuje się równomierny rozkład temperatury na całej powierzchni termogeneratorów energii elektrycznej 10.

POLITECHNIKA LUBELSKA
Zespół rzeczników patentowych
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin
tel. 81 538 46 29

RZECZNIK PATENTOWY
mgr Paulina Pater
Nr ew. 3571

Wykaz oznaczeń

1 – wewnętrzna część profilowana kolektora

2 – wlot gazów spalinowych

3 – podpora czołowa

4 – wylot gazów spalinowych

5 – podporna tylna

6 – obrotowy rotor

7 – kierownice gazów

8 – wał

9a – łożysko osadzone w podporze czołowej

9b – łożysko osadzone w podporze tylnej

10 – termogeneratory energii elektrycznej

α – kąt osi obrotu wału rotora względem osi kolektora

l – szerokość kierownicy rotora