

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242632 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430143**

(22) Data zgłoszenia: **2019.06.05**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.12.14 BUP 26/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.27 WUP 13/2023**

(51) MKP:

F02K 9/72 (2006.01)

-
- (73) Uprawniony z patentu:
**SPACEFOREST SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Gdynia, PL**
- (72) Twórca(-y) wynalazku:
**ROBERT MAGIERA, Gdynia, PL
ADAM MATUSIEWICZ, Wiżajny, PL
KACPER ZIELIŃSKI, Kraków, PL**
- (74) Pełnomocnik:
Anna Kwapich, Gdańsk, PL
-

(54) Tytuł:

Komora spalania hybrydowego silnika raketowego

PL 242632 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest komora spalania hybrydowego silnika raketowego. Wynalazek znajduje zastosowanie zwłaszcza w napędach cywilnych rakiet badawczych, w tym rakiet suborbitalnych.

Znanych jest wiele konstrukcji silników raketowych, które ze względu na rodzaj i stan skupienia paliwa i utleniacza można podzielić na: silniki raketowe na ciekłe materiały pędne z paliwem i utleniaczem w postaci cieczy przechowywanych w oddzielnych zbiornikach i wprowadzanych do komory spalania; silniki na stałe materiały pędne, w których komora spalania wypełniona jest ziarnem stałego materiału pędnego składającego się z jednorodnej mieszaniny stałego paliwa i stałego utleniacza; silniki hybrydowe, w których materiały pędne przechowywane są oddzielnie i w różnych stanach skupienia – są to zwykle stałe paliwo znajdujące się w komorze spalania oraz ciekły utleniacz wprowadzany do komory spalania przez moduł wtryskowy. Do zalet silników hybrydowych zaliczyć można łatwość przechowywania i przenoszenia niewrażliwych materiałów pędnych, brak ryzyka wybuchu, możliwość regulowania siły ciągu, możliwość wyłączenia i ponownego uruchomienia silnika, a także niskie zanieczyszczenie środowiska. Największymi wadami, a zarazem problemami do rozwiązania są: zmienna w czasie efektywność wynikająca ze zmieniających się proporcji spalania składników, niestabilność parametrów pracy, niskie poziomy regresji paliwa. Proponowane są różne rozwiązania w zakresie hybrydowych silników raketowych mające na celu minimalizację ich wad, np. poprzez modyfikację składu, struktury ziarna paliwa stałego, albo jego kształtu w komorze spalania, a także stosowanie katalizatorów, regulację wtrysku utleniacza itp. W swej najprostszej postaci ziarno paliwa wypełniające komorę spalania w silniku hybrydowym ma kształt cylindra z kanałem w środku. Kanał ten może mieć kształt koła, gwiazdy albo inny. Ziarno paliwa może także być ukształtowane z wieloma kanałami. Stosowanie wielu kanałów umożliwia kształtowanie charakterystyk spalania, jednakże jest skomplikowane technologicznie.

W europejskim opisie patentowym EP2158395 ujawniono hybrydowy silnik raketowy mający obudowę, w której jednej części znajduje się komora spalania wypełniona ziarnem paliwa w kształcie cylindrycznej rury, a w drugiej części znajduje się elastyczny zbiornik ciekłego utleniacza, przy czym obie części połączone są kanałem zawierającym wtryskiwacz, katalizator znajdujący się wewnątrz wtryskiwacza oraz regulator przepływu. Celem tego rozwiązania jest optymalizacja pracy silnika poprzez regulowanie i zmienianie składu utleniacza doprowadzanego do komory spalania.

Z polskiego zgłoszenia patentowego P. 421376 znane jest ziarno paliwa do hybrydowego silnika raketowego złożone z wielu płaskich krążków z otworami tworzącymi co najmniej jeden kanał wzdłużny, wykonanych z polimeru i połączonych poprzez zgrzewanie lub klejenie lub spawanie, przy czym w spoinie między krążkami jest zatopiona siatka wzmacniająca wykonana z materiału stałego o temperaturze topnienia wyższej od temperatury topnienia krążka.

W zgłoszeniu patentowym opublikowanym pod numerem US2017/0226026 ujawniono ziarno paliwa do hybrydowego silnika raketowego i metodę jego wytwarzania. Ziarno paliwa ma cylindryczny kształt z centralnym otworem wzdłużnym będącym kanałem spalania i zawiera stos stopionych ze sobą warstw materiału polimerowego w postaci koncentrycznych struktur pierścieniowych mających różny promień. Każda warstwa jest ukształtowana ze stałego materiału palnego jako struktura z koralikowymi wgłębieniami, marszczeniami, falami albo innego kształtu wzorem, który zwiększa powierzchnię wewnętrznego kanału, która stanowi powierzchnię spalania ziarna.

Znany jest z publikacji patentowej US614857 hybrydowy silnik raketowy mający komorę spalania umieszczoną w obudowie i zawierającą ziarno paliwa stałego w postaci bloku z centralnym kanałem stanowiącym pierwszą komorę spalania połączoną z jednej strony z otworem wlotowym utleniacza, a z drugiej strony z dyszą otworu wylotowego. Blok ziarna paliwa posiada także wiele rurowych drugich komór spalania rozmieszczonych promieniowo do wewnątrz wokół pierwszej komory. Drugie komory spalania mają z jednej strony ścianę z otworem wtryskowym dla utleniacza, a po przeciwnej stronie odpowiedni otwór wylotowy do pierwszej komory spalania. Pomędzy obudową a blokiem ziarna paliwa znajduje się kanał łączący wlot utleniacza z otworami wtryskowymi w drugich komorach spalania.

W opisie patentowym US8601790 ujawniono hybrydowy silnik raketowy wytwarzany przez fotopolimeryzację ziarna paliwa stałego metodą stereolitograficzną. Ziarno paliwa ma postać trójwymiarowego bloku mającego co najmniej jeden kanał zapewniający osiowy przepływ gazu pomiędzy wlotem utleniacza i wylotem gazów spalinowych oraz co najmniej jeden dodatkowy kanał zapewniający przepływ promieniowy. Przedstawiono różne warianty ukształtowania ziarna paliwa z wewnętrznymi kanałami, w szczególności z dodatkowym kanałem w postaci jednego pofalowanego kanału promieniowego,

z szeregiem równoległych kanałów do przepływów promieniowych, a także z ukrytym dodatkowym kanałem promieniowym otaczającym kanał z przepływem osiowym.

Z publikacji WO2013/019855 zgłoszenia międzynarodowego znany jest hybrydowy silnik raketowy, którego komora spalania ma obudowę z co najmniej jednym portem wlotowym utleniacza i co najmniej jedną dyszą wylotową, a wewnątrz obudowy znajduje się wypełniająca ją ziarno paliwa mające jeden lub więcej kanałów łączących jeden lub więcej portów wlotowych z jedną lub większą liczbą dysz wylotowych oraz wiele wnęk z paliwem zawierających ściany segmentowe połączone z jednym lub większą liczbą kanałów. Komora spalania wytwarzana jest z wykorzystaniem szybkiego prototypowania lub stereolitografii.

Z opisu patentowego US9458796 znany jest hybrydowy silnik raketowy o podwójnym przepływie wirowym, zawierający korpus wypełniony ziarnem paliwa i dyszę komunikującą się z końcem korpusu. Korpus z ziarnem paliwa zawiera wiele podobnych do dysku komór spalania, rozmieszczonych wzdłużnie, oraz centralną komorę spalania utworzoną wzdłuż części osiowej i łączącą podobne do dysku komory spalania. Każda z podobnych do dysku komór spalania jest zaopatrzona w wiele dysz wtryskujących utleniacz na swojej powierzchni wewnętrznej obwodu. Wewnątrz podobnych do dysku komór spalania, utleniacz jest wtryskiwany w prawie stycznych kierunkach obwodu, a kierunki wtrysku są przeciwne do sąsiednich dyskowych komór spalania, które tworzą przepływy wirowe o przeciwnych kierunkach obrotowych, aby zwiększyć całkowity czas reakcji spalania utleniacza i paliwa w stanie stałym w podobnych do dysku komorach spalania.

Komora spalania hybrydowego silnika raketowego mająca cylindryczną obudowę wewnątrz której znajduje się ziarno paliwa i która z jednej strony zamknięta jest modułem wtryskowym, a z drugiej strony połączona jest z dyszą według wynalazku charakteryzuje się tym, że ziarno paliwa składa się z połączonych ze sobą trwale: rury paliwowej przylegającej szczelnie do obudowy, co najmniej jednego pręta paliwowego znajdującego się w kanale rury paliwowej i co najmniej jednego rusztu paliwowego na końcu rury paliwowej.

Korzystnie komora spalania posiada trzy części: komorę wtryskową od strony modułu wtryskowego, komorę główną wypełnioną ziarnem paliwa oraz komorę dopalania od strony dyszy, a ścianami komory wtryskowej i ścianami komory dopalania są cylindryczne rury z materiału palnego o mniejszej regresji niż ziarno paliwa i grubości mniejszej od grubości rury paliwowej.

W jednej z realizacji koniec pręta paliwowego od strony dyszy połączony jest trwale z jednym rusztem paliwowym zintegrowanym z jednym końcem rury paliwowej.

Korzystnie jest, gdy koniec pręta paliwowego od strony modułu wtryskowego połączony jest trwale z drugim rusztem paliwowym zintegrowanym z drugim końcem rury paliwowej.

W szczególnie korzystnym wariantcie ruszt paliwowy ma postać tulei mającej otwory przelotowe poza obszarem przylegania do ścianek rury paliwowej i pręta paliwowego.

Ruszt paliwowy może być osadzony we wpuście ukształtowanym na wewnętrznej powierzchni końca rury paliwowej.

W innej realizacji koniec pręta paliwowego od strony modułu wtryskowego wystaje z rury paliwowej i zamocowany jest do ściany modułu wtryskowego.

W jednym wariantcie rura paliwowa, pręt paliwowy i ruszt paliwowy wykonane są z tego samego materiału palnego.

W innym wariantcie rura paliwowa, pręt paliwowy i ruszt paliwowy wykonane są z różnych materiałów palnych.

Najkorzystniej obudowa zaopatrzona jest na swej wewnętrznej powierzchni w warstwę izolacji termicznej.

Rozwiązanie według wynalazku zapewnia wysoką efektywność spalania i jednocześnie stabilną pracę hybrydowego silnika raketowego przy dużych strumieniach utleniacza wewnątrz komory spalania oraz umożliwia łatwe łączenie różnych materiałów palnych i zmianę geometrii ziarna paliwa w celu uzyskania optymalnego składu reagentów i oczekiwanych charakterystyk spalania. Zaletą rozwiązania według wynalazku jest także uproszczenie procesu wytwarzania ziarna paliwa w porównaniu z innymi technologiami, w szczególności technologiami wielokanałowych ziaren paliwa dla silników hybrydowych.

Przykład realizacji wynalazku zilustrowany jest rysunkiem, na którym fig. 1 przedstawia widok aksonometryczny przekroju osiowego komory spalania, fig. 2 przedstawia komorę spalania w przekroju osiowym w jednej z przykładowych realizacji, fig. 3 – komorę spalania w przekroju osiowym w innej

przykładowej realizacji, fig. 4A przedstawia przekrój poprzeczny rury paliwowej z dwoma prętami paliwowymi, fig. 4 B – kształt rusztu paliwowego dla dwóch prętów paliwowych, fig. 5A – przekrój poprzeczny rury paliwowej z trzema prętami paliwowymi, a fig. 5B – kształt rusztu paliwowego dla trzech prętów paliwowych.

Przykładowa komora spalania hybrydowego silnika raketowego ma cylindryczną obudowę 1, która z jednej strony połączona jest z dyszą 2 silnika, a z drugiej strony zamknięta jest modułem wtryskowym 3, za pomocą którego do komory spalania doprowadzany jest utleniacz mieszczący się w zbiorniku utleniacza, nie pokazanym na rysunku. Komora spalania składa się z trzech części: komory wtryskowej 4 od strony modułu wtryskowego 3, środkowej komory głównej 5 i komory dopalania 6, za którą znajduje się dysza 2. Komora główna 5 zawiera ziarno paliwa, które tworzą zintegrowane ze sobą elementy: rura paliwowa 7, pręty paliwowe 8 i ruszty paliwowe 9. W jednym z wariantów realizacji pokazanym na fig. 2, pręt paliwowy 8 jest jeden i znajduje się w środku kanału rury paliwowej 7 na całej jej długości, a na każdym z końców rury paliwowej 7 znajduje się ruszt paliwowy 9 – jeden od strony dyszy 2, drugi od strony modułu wtryskowego 3. W tym wariantcie ruszt paliwowy 9 ma postać tulei w kształcie płaskiego krążka osadzonego we wpuszczeniu 10 wykonanym na każdym z końców rury paliwowej 7 na jej wewnętrznym obwodzie. W obszarze ścian rury paliwowej 7 i pręta paliwowego 8 krążek każdego rusztu paliwowego 9 przylega i jest sklejony z rurą paliwową 7 i prętem paliwowym 8, a poza tymi obszarami ma wycięte otwory przelotowe 11, które łączą przestrzeń wewnętrznego kanału rury paliwowej 7 z przestrzenią komory wtryskowej 4 i komory dopalania 6. W innym wykonaniu ruszt paliwowy 9 w kształcie płaskiego krążka może być przyklejony do pręta paliwowego 8 i do powierzchni czołowej rury paliwowej 7 bez wpustu 10 uformowanego na jej końcu. Ruszty paliwowe 9 mogą być dodatkowo zespolone z prętem paliwowym 8 za pomocą połączenia śrubowego, nie pokazanego na rysunku. W innych wariantach realizacji, w komorze głównej 5 w kanale rury paliwowej 7 może znajdować się więcej niż jeden pręt paliwowy 8, np. dwa albo trzy pręty paliwowe 8, jak pokazano na fig. 4a i fig. 5a. Ruszty paliwowe 9 dla dwóch i trzech prętów paliwowych 8 mają w przekroju przykładowe kształty pokazane na fig. 4b i fig. 5b. Ruszty paliwowe 9 i ich otwory przelotowe 11 mogą mieć także kształty inne niż pokazane przykładowo na rysunku, ale umożliwiające ich trwałe połączenie z końcami rury paliwowej 7 i prętów paliwowych 8 i zapewniające połączenie przestrzeni komory wtryskowej 4, komory głównej 5 i komory dopalania 6. W innym przykładzie realizacji pokazanym na fig. 3, w komorze spalania znajduje się jeden ruszt paliwowy 9 zintegrowany z rurą paliwową 7 i jednym prętem paliwowym 8 od strony komory dopalania 6, natomiast z drugiej strony pręt paliwowy 8 wystaje z kanału rury paliwowej 7, przebiega przez komorę wtryskową 4 i zamocowany jest połączeniem śrubowym 12 bezpośrednio do modułu wtryskowego 3. W przykładowych realizacjach ścianami komory wtryskowej 4 i komory dopalania są cylindryczne rury 13 przylegające do wewnętrznych powierzchni obudowy 1, mające grubość mniejszą od grubości ścian rury paliwowej 7 i wykonane z materiału palnego o stopniu regresji mniejszym od stopnia regresji materiałów ziarna paliwa znajdujących się w komorze głównej 5, to jest rury paliwowej 7, prętów paliwowych 8 i rusztów paliwowych 9. Wszystkie elementy ziarna paliwa: rura paliwowa 7, pręty paliwowe 8 i ruszty paliwowe 9 mogą być wykonane z tego samego materiału palnego lub z różnych materiałów palnych. Materiały ziarna paliwa w komorze głównej 5, a także ścian komory wtryskowej 4 i komory dopalania 6 oraz wymiary elementów ziarna paliwa i komór dobiera się i projektuje w zależności od oczekiwanych charakterystyk pracy silnika. Ruszt paliwowy 9 spełnia funkcję mocowania prętów paliwowych 8 i dostarczania dodatkowego paliwa, a jednocześnie stanowi element powodujący korzystny przepływ turbulentny w komorze spalania. Komora wtryskowa 4, znajdująca się pomiędzy miejscem wtrysku utleniacza a ziarnem paliwa, pozwala na lepsze wstępne odparowanie utleniacza podawanego przez moduł wtryskowy 3. Komora dopalania 6, znajdująca się pomiędzy rusztem paliwowym 9 a dyszą 2, pozwala na lepsze wymieszanie i spalenie reagentów, a jej wielkość i kształt zależy od geometrii całej komory spalania i projektuje się ją tak, aby maksymalnie podnieść wydajność spalania. Korzystnie jest, gdy na wewnętrznej ścianie obudowy 1, na całej jej długości, znajduje się warstwa izolacji termicznej 14, która chroni obudowę 1 przed uszkodzeniem lub zniszczeniem podczas procesów spalania paliwa w komorze spalania silnika. Komora spalania według wynalazku może być zasilana zarówno ciekłymi, jak i gazowymi utleniaczami.

Działanie hybrydowego silnika raketowego z komorą spalania według wynalazku, w którym jako utleniacz stosowany jest ciekły podtlenek azotu dostarczany ze zbiornika na utleniacz, przebiega w następujący sposób. Umieszczona w komorze wtryskowej 4 niewielka ilość masy pirotechnicznej podpalana jest zapłonikiem elektrycznym na kilka sekund przed uruchomieniem silnika, a jej spalanie rozgrzewa ziarno paliwa do temperatury ponad 600°C, po czym następuje zrzut ciekłego podtlenku azotu

z zewnętrznego zbiornika utleniacza (nie pokazanego na rysunku) i jego wtrysk do komory spalania. Po przejściu przez moduł wtryskowy 3, w komorze wtryskowej 4 utleniacz zmienia stan skupienia na gazowy i ulega dekompozycji na tlen i azot. Tlen w reakcji spalania ze znajdującym się w komorze głównej 5 ziarnem paliwa, w postaci rury paliwowej 7, prętów paliwowych 8 i rusztów paliwowych 9, podnosi temperaturę wewnątrz komory spalania do ok. 3000°C, a rozgrzany do tej temperatury azot oraz produkty spalania tlenu i paliwa wydostają się przez dyszę 2 uzyskując prędkość naddźwiękową i generując ciąg. Podczas procesu spalania rura paliwowa 7 wypala się od wewnątrz stale powiększając średnicę wewnętrzną kanału spalania, a pręty paliwowe 8 wypalają się od zewnątrz, stale zmniejszając swoje średnice, co zapewnia znaczne rozwinięcie powierzchni paliwa mającej kontakt z utleniaczem, a tym samym umożliwia istotne skrócenie komory spalania dla paliw o niskim poziomie regresji. Od liczby zastosowanych prętów paliwowych 8 zależy powierzchnia spalania ziarna paliwa, co pozwala na regulację żądanej wielkości tej powierzchni i wpływanie na modulację jej zmian podczas pracy silnika. Dla wariantu z jednym prętem paliwowym 8 wykonanym z tego samego materiału, co rura paliwowa 7, uzyskuje się stałą powierzchnię spalania podczas całej pracy silnika. Zwiększenie liczby prętów paliwowych 8 zwiększa początkową powierzchnię spalania i wpływa na przebieg zmian powierzchni spalania w trakcie procesu spalania. Jednocześnie wypalają się cylindryczne rury 13 stanowiące ściany komory wtryskowej 4 i komory dopalania 6, mające znacznie większą średnicę wewnętrzną niż rura paliwowa 7 i wykonane z materiału o znacznie mniejszej regresji niż ziarno paliwa, co zabezpiecza przed uszkodzeniem obudowę 1 podczas całego procesu spalania ziarna paliwa.

Elementy ziarna paliwa, czyli rura paliwowa 7, pręty paliwowe 8, ruszty paliwowe 9 mogą być wykonane z materiałów palnych typowych dla technologii hybrydowych silników raketowych, takich jak: polimery termoplastyczne, woski modyfikowane dodatkami, sztuczne kauczuki, materiały na bazie żywic epoksydowych, fenolowych, poliestrowych, przy czym materiały te można w łatwy sposób łączyć. W jednej z przykładowych realizacji rura paliwowa 7 i pręty paliwowe 8 wykonane są z polipropylenu, a ruszty paliwowe 9 z tekstolitu. W tej realizacji uzyskano impuls właściwy wynoszący 220 s i krótką komorę spalania zapewniającą duży ciąg przy względnie krótkim czasie spalania, co umożliwia zastosowanie silnika hybrydowego z taką komorą spalania jako tzw. bootster lub silnik startowy w układzie rakiety wielostopniowej. W innej przykładowej realizacji rura paliwowa 7 jest z polipropylenu, pręty paliwowe 8 z nylonu, a ruszty paliwowe 9 z masy na bazie żywicy fenolowej. W kolejnej przykładowej realizacji rura paliwowa 7 wykonana jest z glikolu polietylenowego GAP w matrycy HPT8, pręt paliwowy 8 z nylonu, a ruszt paliwowy 9 z materiału fenolowego. Cylindryczne rury 13 stanowiące ściany komory wtryskowej 4 i komory dopalania 6 wykonane są przykładowo z materiału papierowo-fenolowego o znacznie mniejszej regresji niż ziarno paliwa w komorze głównej 5. W jednej z przykładowych realizacji komora spalania ma długość całkowitą ok. 133 cm i średnicę zewnętrzną 20 cm, komora wtryskowa 4 ma długość 8 cm i średnicę wewnętrzną 17 cm, komora dopalania 6 ma długość 15 cm i średnicę wewnętrzną 16 cm, a komora główna 5 ma długość 110 cm, średnicę kanału rury paliwowej 7 równą 10 cm i jeden pręt paliwowy 8 o średnicy 5 cm umieszczony centralnie w kanale rury paliwowej 7. Grubość cylindrycznych rur 13 z materiału palnego stanowiących ściany komory wtryskowej i komory dopalania wynosi 1 cm – 1,5 cm. Ruszt paliwowy 9 ma grubość ok. 2 cm. Korzystnie jest, gdy komora wtryskowa 4 ma długość równą co najmniej 1/3 średnicy zewnętrznej rury paliwowej 7, a długość komory dopalania 6 wynosi około 0,7 zewnętrznej średnicy rury paliwowej 7.

W przykładowym hybrydowym silniku raketowym z komorą spalania według wynalazku o średnicy zewnętrznej 20 cm i długości całkowitej łącznie z dyszą 160 cm uzyskano 200 kNs impulsu całkowitego przy 12 000 N ciągu oraz impuls właściwy 210 s. W innym przykładowym silniku z komorą spalania o średnicy zewnętrznej 4 cm i długości całkowitej łącznie z dyszą 40 cm uzyskano 1,5 kNs impulsu całkowitego przy 400 N ciągu.

Przedstawione przykładowe realizacje nie wyczerpują możliwych wariantów budowy komory spalania hybrydowego silnika raketowego według wynalazku. Komora według wynalazku w innych wersjach realizacji może mieć różne wymiary elementów, a także inne materiały ziarna paliwa, różne liczby prętów paliwowych i różne kształty rusztów paliwowych. W każdym przypadku cechy istotne budowy i geometrii ziarna paliwa w komorze spalania według wynalazku zapewniają zwiększoną powierzchnię spalania i zwiększone mieszanie utleniacza z paliwem, co daje możliwość budowy kompaktowego hybrydowego silnika raketowego pracującego stabilnie przy dużym ciągu, bez konieczności stosowania skomplikowanych technologicznie wielokanałowych bloków ziaren. Jednocześnie możliwe jest kształtowanie żądanych charakterystyk procesu spalania poprzez dobór liczby prętów paliwowych i stosowanie różnych materiałów dla poszczególnych elementów ziarna paliwa.

Zastrzeżenia patentowe

1. Komora spalania hybrydowego silnika raketowego mająca cylindryczną obudowę (1) wewnątrz której znajduje się ziarno paliwa i która z jednej strony zamknięta jest modulem wtryskowym (3), a z drugiej strony połączona jest z dyszą (2) **znamienna tym**, że ziarno paliwa składa się z połączonych ze sobą trwale: rury paliwowej (7) przylegającej szczelnie do obudowy (1), co najmniej jednego pręta paliwowego (8) znajdującego się w kanale rury paliwowej (7) i co najmniej jednego rusztu paliwowego (9) na końcu rury paliwowej (7).
2. Komora według zastrz. 1 **znamienna tym**, że posiada trzy części: komorę wtryskową (4) od strony modułu wtryskowego (3), komorę główną (5) wypełnioną ziarnem paliwa (7, 8, 9) oraz komorę dopalania (6) od strony dyszy (2), przy czym ścianami komory wtryskowej (4) i ścianami komory dopalania (6) są cylindryczne rury (13) z materiału palnego o mniejszej regresji niż ziarno paliwa (7, 8, 9) i grubości mniejszej od grubości rury paliwowej (7).
3. Komora według zastrz. 2 **znamienna tym**, że koniec pręta paliwowego (8) od strony dyszy (2) połączony jest z jednym rusztem paliwowym (9) zintegrowanym z jednym końcem rury paliwowej (7).
4. Komora według zastrz. 3 **znamienna tym**, że koniec pręta paliwowego (8) od strony modułu wtryskowego (3) połączony jest z drugim rusztem paliwowym (9) zintegrowanym z drugim końcem rury paliwowej (7).
5. Komora według jednego z zastrz. 1–4 **znamienna tym**, że ruszt paliwowy (9) ma postać tulei mającej otwory przelotowe (11) poza obszarem przylegania do ścianek rury paliwowej (7) i pręta paliwowego (8).
6. Komora według jednego z zastrz. 1–5 **znamienna tym**, że co najmniej jeden ruszt paliwowy (9) osadzony jest we wpuszczeniu (10) ukształtowanym na wewnętrznym obwodzie końca rury paliwowej (7).
7. Komora według jednego z zastrz. 1, 2, 3, 5, 6 **znamienna tym**, że koniec pręta paliwowego (8) od strony modułu wtryskowego (3) wystaje z rury paliwowej (7) i zamocowany jest do ściany modułu wtryskowego (3).
8. Komora według jednego z zastrz. 1–7 **znamienna tym**, że rura paliwowa (7), pręt paliwowy (8) i ruszt paliwowy (9) wykonane są z tego samego materiału palnego.
9. Komora według jednego z zastrz. 1–7 **znamienna tym**, że rura paliwowa (7), pręt paliwowy (8) i ruszt paliwowy (9) wykonane są z różnych materiałów palnych.
10. Komora według jednego z zastrz. 1–9 **znamienna tym**, że obudowa (1) zaopatrzona jest na swej wewnętrznej powierzchni w warstwę izolacji termicznej (14).

Rysunki

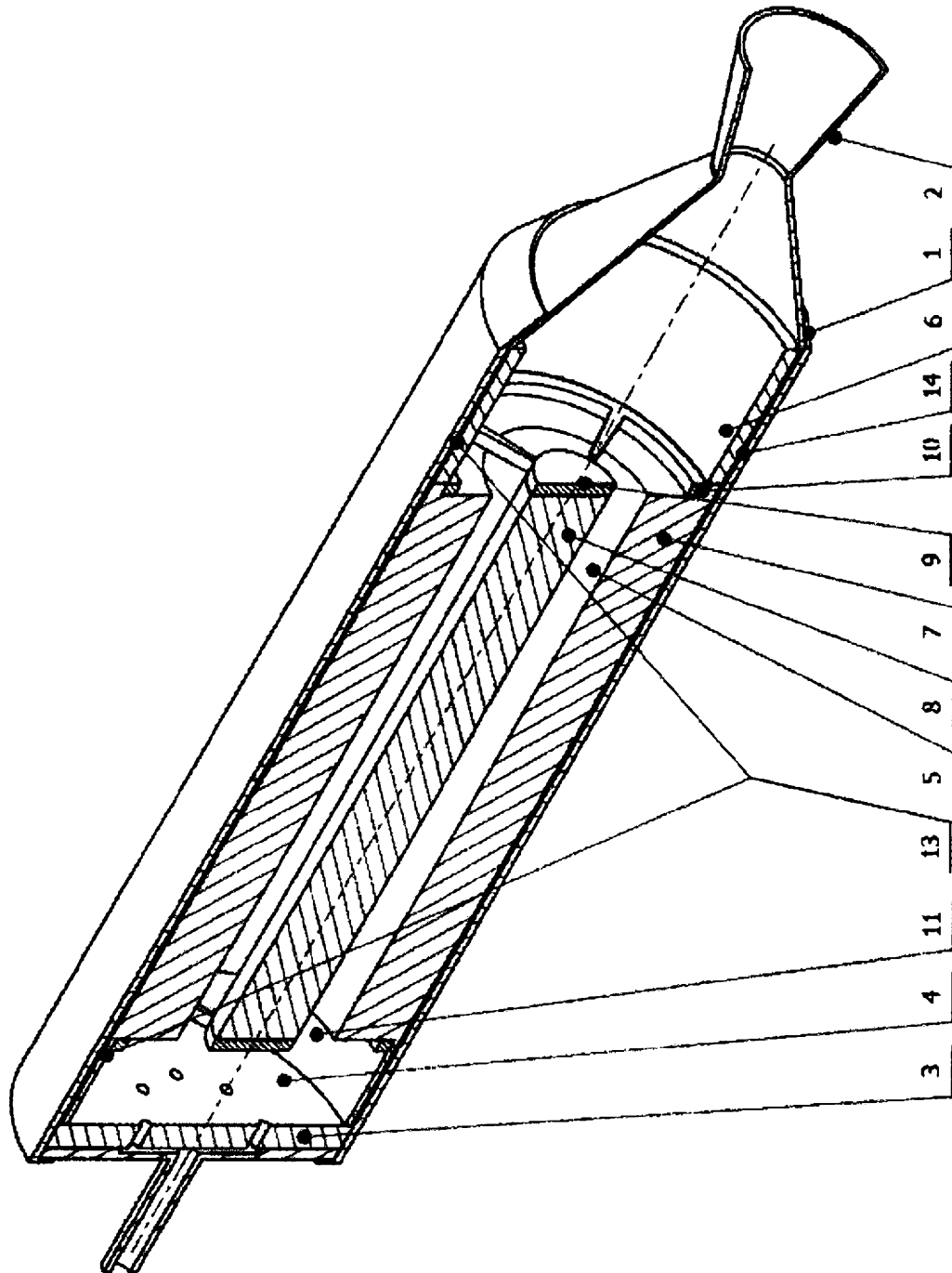


Fig. 1

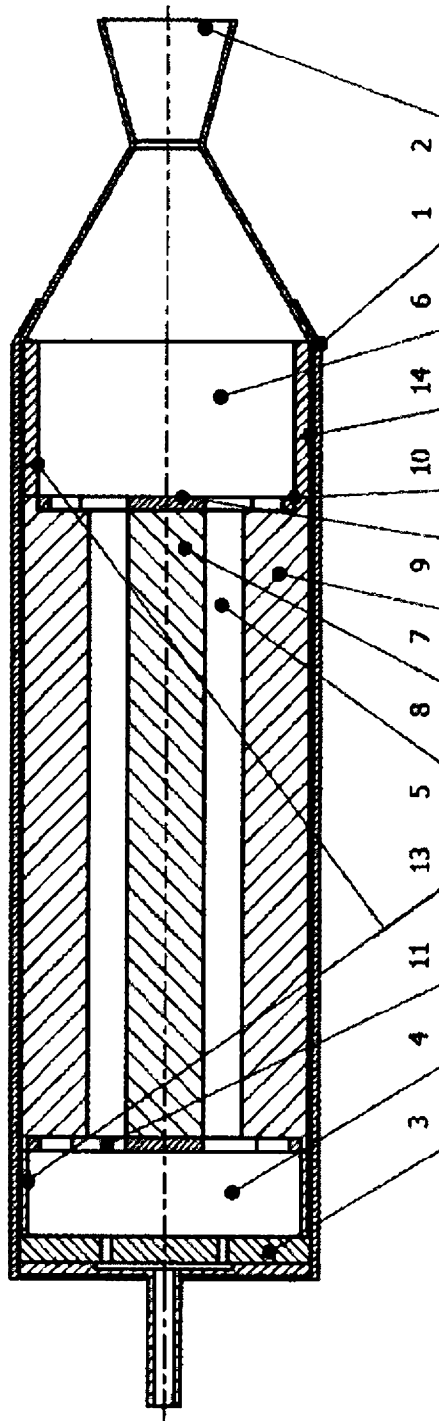


Fig. 2

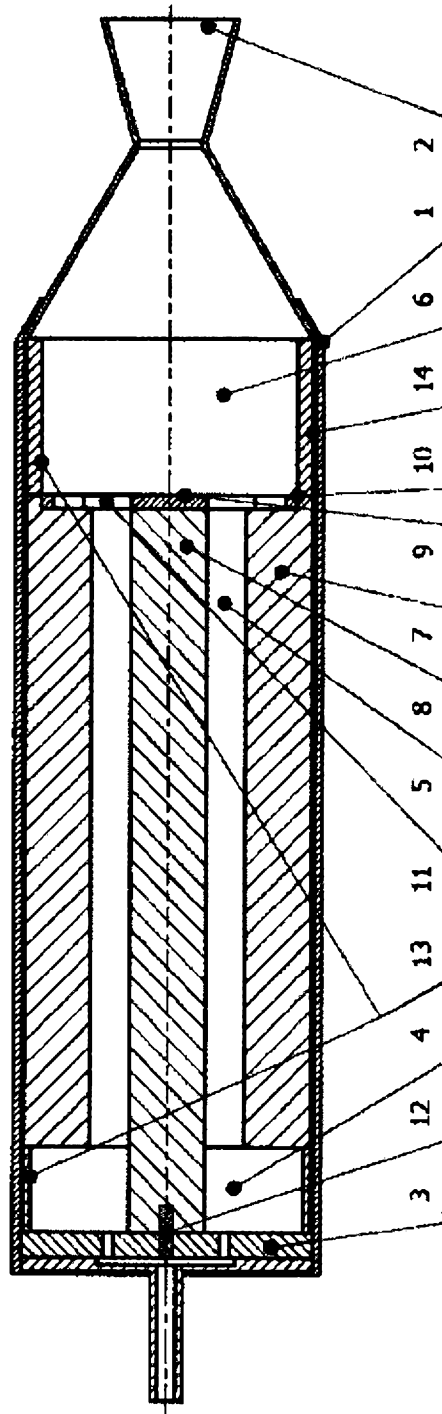


Fig. 3

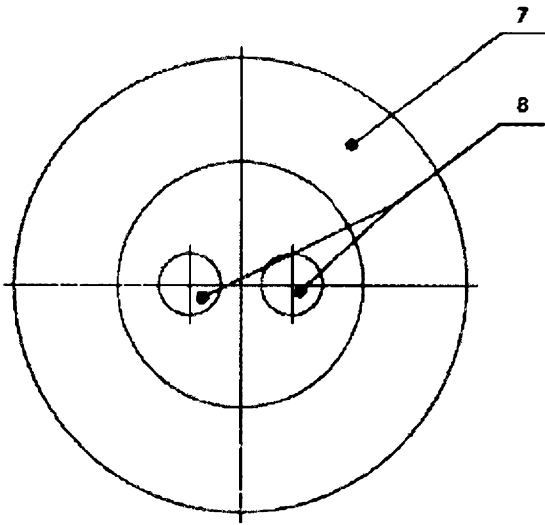


Fig. 4 A

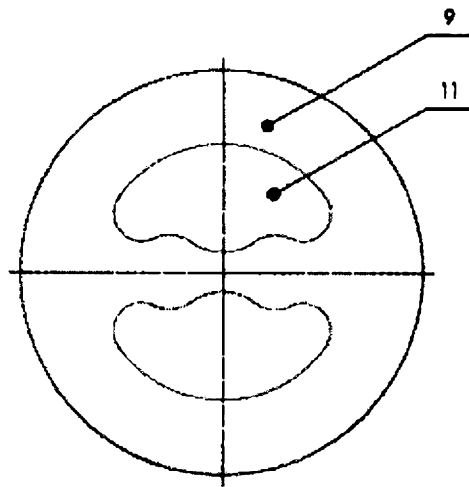


Fig. 4 B

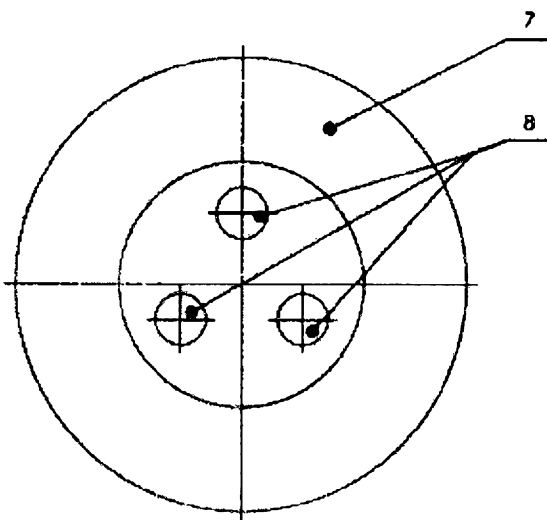


Fig. 5 A

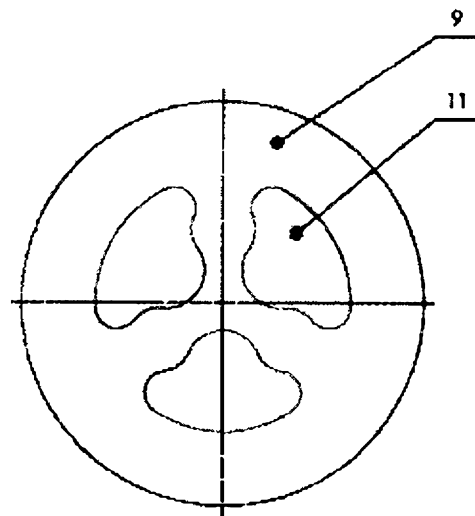


Fig. 5 B