RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **220161**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397288**

(22) Data zgłoszenia: **08.12.2011**

(51) Int.Cl.
B01D 53/86 (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01)
B01D 45/06 (2006.01)

(54) **Sposób równoczesnego usuwania NO i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych ze spalin i reaktor katalityczny do usuwania NO i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych ze spalin**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.06.2013 BUP 12/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.09.2015 WUP 09/15

(73) Uprawniony z patentu:
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
MIECZYSŁAWA NAJBAR, Kraków, PL
RYSZARD LECH, Kraków, PL
MAREK DANIELEWSKI, Łazy, PL
JANUSZ BUDZIOCH, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Grażyna Padée

PL 220161 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób usuwania tlenku azotu (NO) w nadmiarze tlenu ze spalin i reaktor do usuwania NO, przede wszystkim z zapylonych spalin emitowanych przez stacjonarne źródła emisji.

Dotychczas usuwanie NO z zapylonych spalin prowadzi się w ten sposób, że spaliny zawierające NO napływają ruchem laminarnym osiowo do wlotów kanalików monolitycznego katalizatora, wykonanego z ceramicznego materiału ognioodpornego lub folii metalowej, na którą naniesiony jest czynnik aktywny. Podczas laminarnego przepływu przez kanaliki monolitycznego katalizatora spaliny stykają się z katalizatorem, na którym zachodzą reakcje chemiczne prowadzące do redukcji NO do N_2. Równocześnie na powierzchni kanalików monolitycznego katalizatora osadzają się cząstki stałe, które wymagają okresowego usuwania w sposób mechaniczny.

Znany jest z japońskiego opisu patentowego nr 2006-196 988 reaktor katalityczny służący do oczyszczania niezapylonych gazów spalinowych, w którym oczyszczanie emitowanych gazów zachodzi niemal równomiernie w środkowej, jak i zewnętrznej części metalowego monolitycznego katalizatora. W tym urządzeniu substancja magnetyczna i aktywny składnik katalizatora są zawarte w warstwie utworzonej na powierzchni kanalików monolitu metalicznego. Monolit ma kształt walcowy, eliptyczny lub czworokątny i wykonany jest z pofałdowanej, austenitycznej stali nierdzewnej. Na zewnętrznej stronie monolitycznego katalizatora jest umieszczony magnes stały lub generator pola magnetycznego. Katalizator monolityczny jest umieszczony w obudowie wykonanej z materiału niemagnetycznego o dużym oporze cieplnym, znajdującej się między magnesem stałym lub generatorem pola magnetycznego a katalizatorem monolitycznym owiniętym matą wykonaną z włókien ceramicznych. Mata stanowi izolator na drodze transportu ciepła od oczyszczanych gazów do magnesu stałego lub generatora pola magnetycznego. Oczyszczane gazy spalinowe doprowadzane są do przekroju wlotowego monolitycznego katalizatora przy użyciu przewodu spalinowego, którego oś geometryczna pokrywa się z osią geometryczną katalizatora monolitycznego. Przewód spalinowy zakończony jest dyfuzorem, stanowiącym element łączący przewodu spalinowego z metalową obudową monolitycznego katalizatora. W trakcie przepływu spalin przez kanaliki monolitycznego katalizatora utworzone z pofałdowanej foli metalowej spaliny są oczyszczane w wyniku reakcji zachodzącej przy udziale katalizatora.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu i reaktora do bezpośredniego usuwania tlenku azotu z zapylonych spalin, pozwalającego na jednoczesny efektywny rozkład tlenku azotu i systematyczne usuwanie cząstek stałych, zwłaszcza cząstek węglowych.

Sposób oczyszczania spalin według wynalazku polega na jednoczesnym usuwaniu NO i cząstek stałych z zapylonych spalin oraz ewentualnym dopalaniu cząstek węglowych zawartych w pyle unoszonym przez spaliny dzięki wielokrotnemu stykowi spalin i pyłu z powierzchniami z naniesionym czynnikiem aktywnym i zmianom kierunku przepływu strumienia spalin w reaktorze.

Sposób usuwania tlenku azotu i cząstek stałych z zapylonych spalin według wynalazku odbywa się w reaktorze wyposażonym w katalizator do bezpośredniego rozkładu tlenku azotu umieszczony na monolicie metalicznym. Zgodnie ze sposobem według wynalazku zapylone spaliny podaje się stycznie do obwodu reaktora wywołując obrotowy ruch spalin w dół reaktora z jednoczesnym zaburzeniem przepływu na skutek styku strumienia spalin z pofałdowaną powierzchnią folii metalicznej pokrytej aktywnym składnikiem katalizatora umieszczonej obwodowo na wewnętrznej ścianie komory reaktora i rozdziałem strugi gazu przez kontakt z folią pokrytą aktywnym składnikiem katalizatora w kształcie wstęgi spiralnej opadającej w dół reaktora. W następnym etapie strumień spalin kieruje się przeciwprądowo do cylindrycznej wewnętrznej komory wyposażonej w kostki monolitycznego katalizatora i zaburza się ruch laminarny strumienia spalin. Podczas całego procesu w dolnej części reaktora odbiera się opadające cząstki stałe zanieczyszczeń.

Korzystnie, zaburzenie laminarnego przepływu spalin w wewnętrznej komorze reaktora uzyskuje się przez umieszczenie w reaktorze przegród pomiędzy równoległymi kostkami monolitycznego katalizatora albo przez nierównoległe względem siebie usytuowanie kostek monolitycznego katalizatora.

Korzystnie, stosuje się porowate kostki monolitycznego katalizatora o zmiennej porowatości. Korzystnie w reaktorze utrzymuje się temperaturę od 150°C do 450°C.

Korzystnie, stosuje się katalizator tlenkowy wytworzony przez bezpośrednie utlenianie folii, zwłaszcza folii ze stali kwasoodpornej austenitycznej.

W najkorzystniejszej postaci katalizator zawiera fazę o strukturze αFe_2O_3 i fazę o strukturze spinelu i parametrach sieciowych najbliższych parametrom sieciowym $NiFe_2O_4$ lub tylko fazy spinelo-

we, przy czym fazy te tworzą mikrokrystality, które zawierają dodatkowo Cr i Mn i ewentualnie Si (polskie zgłoszenie patentowe nr P. 395 905). Przy zastosowaniu takiego katalizatora możliwe jest jednoczesne usuwanie ze spalin tlenku azotu, cząstek stałych oraz dopalanie cząstek węglowych zawartych w pyle unoszonym przez spaliny.

Reaktor katalityczny do usuwania tlenku azotu i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych zawartych w zapylonych spalinach według wynalazku zawiera katalizator na nośniku metalicznym do bezpośredniego usuwania tlenku azotu. Reaktor ma przynajmniej w części kształt cylindryczny, jest wyposażony w izolację cieplną i ma wlot usytuowany w górnej części w taki sposób, aby spaliny były wprowadzane stycznie do obwodu reaktora. W górnej części reaktor zawiera komorę o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej pokrytej aktywną fazą katalizatora, a wewnątrz komory o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej znajduje się wstęga spiralna z folii ze stali kwasoodpornej pokryta aktywną fazą katalizatora opadająca w dół komory. W geometrycznej osi komory o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej znajduje się nagrzewana elementem grzejnym komora wewnętrzna, w której umieszczone są kostki monolitycznego katalizatora. Reaktor jest wyposażony w obudowę posiadającą dwie współosiowe ścianki z materiałem izolacyjnym pomiędzy nimi. Przynajmniej do części ścianki wewnętrznej obudowy przylega element grzejny obudowy. W dolnej części reaktora znajduje się szczelne zamknięcie stanowiące jednocześnie zbiornik pyłu.

Korzystnie jest, jeżeli katalizator jest umieszczony także na zewnętrznej ściance wewnętrznej komory.

Kostki monolitycznego katalizatora mogą być usytuowane równolegle względem siebie i prostopadle do osi reaktora. W takim przypadku pomiędzy kostkami monolitycznego katalizatora znajdują się przekładki kierujące, które mają kształt wywołujący ruch obrotowy strugi spalin. Najkorzystniej jest to kształt śmigła lub zbliżony do śmigła.

Gdy czoło monolitycznych kostek katalizatora znajduje się w takim położeniu, że stosunek odległości L mierzonej od wlotu do nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora do średnicy wewnętrznej d nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora $L/d > 50$, to przekładka kierująca jest umieszczana przed wlotem do kostki monolitycznego katalizatora, a gdy stosunek $L/d < 50$, to nie umieszcza się przekładki kierującej przed wlotem do porowatego nośnika katalizatora.

Możliwe jest także usytuowanie kostek monolitycznego katalizatora pod kątem względem siebie i względem osi reaktora.

Korzystnie jest umieścić w osi nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora dodatkowy element grzejny.

Korzystnie, reaktor ma kształt cylindryczny w tej części, w której znajduje się cylindryczna komora o pofałdowanej powierzchni, a w pozostałej części ma kształt stożkowy. Komora z pofałdowaną powierzchnią wewnętrzną może się stykać ze ścianką wewnętrzną obudowy reaktora.

Sposób i reaktor według wynalazku są przeznaczone zwłaszcza do usuwania NO i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych ze spalin stacjonarnych źródeł emisji.

W reaktorze według wynalazku przebiega wielostopniowy proces rozkładu tlenku azotu i usuwania cząstek stałych. Spaliny stykają się w reaktorze z katalizatorem znajdującym się na metalicznych powierzchniach, które jednocześnie kierunkują ich przepływ, tworząc w reaktorze przeciwprądowy układ strug. Pierwszym stopniem reaktora katalitycznego jest komora o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej, drugim wstęga spiralna. Oprócz działania katalitycznego wstęga spiralna kształtuje spiralny ruch gazów spalinowych wokół jej geometrycznej osi, kierując je w dół reaktora. Zmiana kierunku ruchu spalin powoduje usuwanie cząstek stałych z oczyszczanej strugi gazów oraz zwiększa efekty wlotowe w kostkach monolitycznego katalizatora. Usuwanie pyłu zawierającego cząstki stałe ze strugi spalin następuje dzięki przepływowi strugi spalin po zakrzywionym torze. Pył ze spalin styka się z katalizatorem znajdującym się na powierzchni pierwszych stopni wielostopniowego reaktora katalitycznego i opadając pod wpływem siły grawitacji jest usuwany ze strumienia spalin, a ponadto cząstki węglowe zawarte w pyle są dopalane dzięki działaniu katalizatora, jeżeli w reaktorze został użyty katalizator umożliwiający takie dopalanie.

Strumień gazu ze zmniejszoną zawartością części stałych wpływa do nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora. Wlot do nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora, która jest kolejnym stopniem wielostopniowego reaktora katalitycznego, jest umieszczony w dolnej części cylindrycznej komory o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej oraz wstęgi spiralnej tak, że oczyszczane spaliny dokonują zmiany kierunku przepływu zawracając do nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora i przeciwprądowo zmierzają do wylotu z reaktora, będąc już w dużym

stopniu oczyszczone z pyłu zawartego w gazach wlotowych do reaktora. W wewnętrznej komorze wielostopniowego reaktora katalitycznego umieszczone są kostki monolitycznego katalizatora, których kanalikami przepływa oczyszczany gaz. Gaz płynący w przeciwprądzie nadal styka się z katalizatorem powodującym jego oczyszczanie, przy czym dla ułatwienia styku i podniesienia stopnia czystości spalin, przepływ strugi spalin w ostatnim stopniu wielostopniowego reaktora katalitycznego jest poddawany częstej zmianie kierunku przepływu polegającej na nadaniu strudze oczyszczanych gazów na przemian ruchu obrotowego i prostoliniowego. Zmiana kierunku ruchu dokonuje się za pomocą przekładek kierujących albo przez usytuowanie kostek monolitycznego katalizatora pod kątem w stosunku do płaszczyzny przekroju poprzecznego reaktora. Przekładka kierująca nigdy nie jest umieszczana na wylocie z ostatniej kostki monolitycznego katalizatora. Przepływ oczyszczanego gazu przez kostki monolitycznego katalizatora jest także uzależniony od kształtu i wielkości przekroju poprzecznego ich kanalików, które w korzystnej wersji są zmienne. Zmiana kierunku ruchu oczyszczanego gazu wpływa na intensyfikację kontaktu między zapylonym gazem a katalizatorem. Pył usuwany ze strugi spalin zbiera się w szczelnym zamknięciu reaktora i jest okresowo usuwany ze szczelnego zamknięcia reaktora. Podczas normalnej eksploatacji reaktora szczelne zamknięcie nie pozwala na zassanie powietrza z otoczenia.

Sposób i reaktor według wynalazku umożliwiają intensywny stały kontakt spalin z bardzo rozwiniętą powierzchnią katalizatora oraz zapewniają zmienność kierunku ruchu strugi spalin. Styk spalin z katalizatorem znajdującym się na powierzchni kanalików jest ułatwiony przez częstą zmianę kierunku ruchu spalin pozwalającą jednocześnie na usuwanie pyłu ze strumienia spalin.

Reaktor według wynalazku jest uwidoczniony w przykładach wykonania na rysunku schematycznym, na którym fig. 1 przedstawia przekrój wzdłużny i poprzeczny reaktora, w którym stosunek wymiarów L/d < 50, fig. 2 przedstawia przekrój wzdłużny reaktora, w którym stosunek wymiarów L/d > 50, fig. 3 przedstawia wstęgę spiralną wykonaną w jednej części, fig. 4 przedstawia wstęgę spiralną wykonaną z oddzielnych części, fig. 5 przedstawia przekładkę kierującą, fig. 6 przedstawia kostki monolitycznego katalizatora umieszczone pod różnymi kątami, fig. 7 – kostki monolitycznego katalizatora ułożone równolegle względem siebie, a fig. 8 przedstawia kostki monolitycznego katalizatora o różnych rozmiarach przekroju poprzecznego kanalików.

Przykład wykonania reaktora według wynalazku pokazany na fig. 1 charakteryzuje się tym, że stosunek wymiarów L/d < 50. Zapylony gaz pochodzący ze stałego źródła emisji jest dostarczany izolowanym cieplnie od otoczenia przewodem zasilającym 1 i jest wprowadzany wlotem zapylonego gazu 2 stycznie do powierzchni cylindrycznej komory o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej 3 w celu usunięcia z niego NO oraz cząstek stałych i dopalenia cząstek węglowych znajdujących się w pyle unoszonym przez gaz. Na pofałdowanej powierzchni cylindrycznej z folii ze stali kwasoodpornej naniesiony jest katalizator umożliwiający usunięcie NO z mieszaniny gazów oraz dopalenie cząstek węglowych. Takim katalizatorem mogą być na przykład fazy tlenkowe powstałe na folii ze stali kwasoodpornej austenitycznej na drodze utleniania. Wewnątrz cylindrycznej i pofałdowanej komory 3 znajduje się wstęga spiralna 4 z folii ze stali kwasoodpornej austenitycznej pokrytej fazami tlenkowymi, opadająca w dół komory 3 będąca również nośnikiem tego samego katalizatora do usuwania NO oraz dopalania cząstek węglowych zawartych w pyle. Wstęga może być wykonana w jednej części pokazanej na fig. 3 lub może składać się z oddzielnych części tworzących wstęgę, jak to jest pokazane na fig. 4, przy czym odstępy pomiędzy poszczególnymi częściami wstęgi nie powinny się pokrywać co skok wstęgi. Wstęga 4 jest rozpięta na ramie wstęgi 15. Cylindryczna i pofałdowana komora reaktora 3 umieszczona jest w obudowie składającej się z części cylindrycznej 5a i części stożkowej 5b. Obudowa utworzona jest z izolacji cieplnej, na przykład z szamotu lekkiego, która mieści się między dwoma współosiowymi ściankami: ścianką zewnętrzną obudowy 6a i ścianką wewnętrzną obudowy 6b, przy czym do ścianki wewnętrznej obudowy 6b przylega element grzejny obudowy 7. Część stożkowa 5b reaktora w swej dolnej części posiada szczelne zamknięcie 8, stanowiące jednocześnie zbiornik pyłu okresowo opróżniany. W geometrycznej osi cylindrycznej i pofałdowanej komory 3 znajduje się nagrzewana komora kostek monolitycznego katalizatora 9, której powierzchnia zewnętrzna pokryta jest aktywnym składnikiem katalizatora. W nagrzewanej komorze kostek monolitycznego katalizatora 9 znajdują się kostki monolitycznego katalizatora 10 i/lub 16, które różnią się między sobą przekrojem poprzecznym kanalików. Kostki monolitycznego katalizatora 10 i/lub 16 są pokryte tym samym aktywnym składnikiem katalizatora, co cylindryczna komora reaktora o pofałdowanej powierzchni 3 i wstęga spiralna 4. Przy stosunku L/d < 50 przekładka kierująca 11 pokazana na fig. 5 nie jest umieszczana przed wlotem do porowatego nośnika katalizatora 10 i/lub 16. Przekładka kierująca 11 składa się z łopatek 17 na-

chylonych do poziomu pod niewielkim kątem i umocowanych między pierścieniem zewnętrznym 18 i pierścieniem wewnętrznym 19. W ścianie nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora 9 zamontowany jest element grzejny komory 12. W geometrycznej osi nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora 9 umieszczony jest dodatkowy element grzejny osiowy 13. Nagrzewana komora kostek monolitycznego katalizatora 9 zaopatrzona jest w wylot gazu 14. Kostki monolitycznego katalizatora 10 mogą być umieszczone pod różnymi kątami α (alfa) lub β (beta) w stosunku do osi nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora 9, jak to pokazano na fig. 6, w celu zmiany kierunku przepływu strugi spalin dla uzyskania efektów wlotowych do kostki monolitycznego katalizatora. Wówczas nie stosuje się przekładek kierujących 11. Kanaliki 20 w kostce monolitycznego katalizatora są widoczne na rysunku 6. Zmianę kierunku laminarnego przepływu spalin przed wlotem do kostki monolitycznego katalizatora uzyskuje się również przy równoległym ułożeniu kostek monolitycznych katalizatora względem siebie, ale pod kątem α (alfa) w stosunku do stosunku do osi nagrzewanej komory monolitycznych kostek katalizatora 9, jak to pokazano na fig. 7. W obu przypadkach ułożenia kostek monolitycznego katalizatora 10 pokazanych na fig. 6 i fig. 7 między kostkami monolitycznego katalizatora 10 znajduje się przestrzeń wypełniona strugami spalin.

Przykład wykonania reaktora według wynalazku pokazany na fig. 2 charakteryzuje się tym, że stosunek wymiarów L/d > 50. Różnica w przykładzie wykonania pokazanym na fig. 2 w stosunku do przykładu wykonania pokazanego na fig. 1 polega na tym, że gdy czoło porowatego nośnika katalizatora 10 znajduje się w takim położeniu, że stosunek L/d > 50, to przekładka kierująca 11 jest umieszczana przed wlotem do porowatej kostki monolitycznego katalizatora 10 lub 16.

W obu przykładach wykonania dąży się do jak najdłuższej nagrzewanej komory kostek monolitycznego katalizatora 9 w celu ukształtowania jak najdłuższej drogi przepływu gazów w reaktorze.

W reaktorze według wynalazku można stosować kostki monolitycznego katalizatora 16 o innym rozmiarze przekroju poprzecznego kanalików, niż w przypadku kostki monolitycznego katalizatora 10, co jest widoczne na fig. 8. W reaktorze według wynalazku znajdować się mogą nagrzewane komory 9 zawierające kostki monolitycznego katalizatora, w których kostki monolitycznego katalizatora 10 mają takie same lub różne kształty i wymiary przekrojów poprzecznych kanalików, przy czym w jednej nagrzewanej komorze zawierającej kostki monolitycznego katalizatora znajdować się mogą kostki monolitycznego katalizatora o tych samych lub różnych kształtach i wymiarach przekroi poprzecznych kanalików.

Wykaz oznaczeń na rysunkach

1 – przewód zasilający,
2 – wlot zapylonego gazu,
3 – cylindryczna komora reaktora o pofałdowanej powierzchni,
4 – wstęga spiralna,
5a – część cylindryczna obudowy,
5b – część stożkowa obudowy,
6a – ścianka zewnętrzna obudowy,
6b – ścianka wewnętrzna obudowy,
7 – element grzejny obudowy,
8 – szczelne zamknięcie,
9 – nagrzewana komora monolitycznych kostek katalizatora,
10 – kostka monolitycznego katalizatora,
11 – przekładka kierująca,
12 – element grzejny komory,
13 – element grzejny osiowy,
14 – wylot gazu,
15 – rama wstęgi,
16 – kostki monolitycznego katalizatora o zmiennym kształcie i wymiarach przekroju poprzecznego kanalików,
17 – łopatka,
18 – pierścień zewnętrzny,
19 – pierścień wewnętrzny,
20 – kanalik kostki monolitycznego katalizatora.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób równoczesnego usuwania NO i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych ze spalin, w reaktorze wyposażonym w katalizator do bezpośredniego rozkładu tlenku azotu umieszczony na monolicie metalicznym, **znamienny tym**, że zapylone spaliny podaje się stycznie do obwodu reaktora wywołując obrotowy ruch spalin w dół reaktora, z jednoczesnym zaburzeniem przepływu za pomocą styku strugi spalin z pofałdowaną powierzchnią folii metalicznej pokrytej aktywnym składnikiem katalizatora, umieszczonej obwodowo na wewnętrznej ścianie komory reaktora i rozdziałem strugi spalin przez kontakt z katalizatorem umieszczonym na wstędze spiralnej opadającej w dół reaktora, po czym strumień spalin kieruje się przeciwprądowo do cylindrycznej wewnętrznej komory zawierającej kostki monolitycznego katalizatora i zaburza się ruch laminarny strumienia spalin, przy czym podczas całego procesu w dolnej części reaktora odbiera się opadające cząstki stałe zanieczyszczeń.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zaburzenie laminarnego przepływu spalin w wewnętrznej komorze reaktora uzyskuje się przez umieszczenie w reaktorze przegród pomiędzy równoległymi kostkami monolitycznego katalizatora.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zaburzenie laminarnego przepływu spalin w wewnętrznej komorze reaktora uzyskuje się przez nierównoległe względem siebie usytuowanie kostek monolitycznego katalizatora.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się kostki monolitycznego katalizatora o zmiennych kształtach i wymiarach przekroi poprzecznych kanalików.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w reaktorze utrzymuje się temperaturę od 150°C do 450°C.

6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się katalizator tlenkowy na podłożu metalicznym.

7. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że stosuje się katalizator tlenkowy na podłożu ze stali kwasoodpornej austenitycznej.

8. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że stosuje się kostki monolitycznego katalizatora zawierające fazę o strukturze $\alpha F_e 2O_3$ i fazę o strukturze spinelu i parametrach sieciowych najbliższych parametrom sieciowym $NiFe_2O_4$ lub tylko fazy spinelowe, przy czym fazy te tworzą mikrokrystality, które zawierają dodatkowo Cr i Mn i ewentualnie Si.

9. Sposób według zastrz. 1 albo 8, **znamienny tym**, że ze spalin jednocześnie usuwa się tlenek azotu oraz dopala się cząstki węglowe zawarte w pyle unoszonym przez spaliny.

10. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tlenek azotu usuwa się ze spalin pochodzących ze stacjonarnych źródeł emisji.

11. Reaktor katalityczny do usuwania NO i cząstek węglowych oraz pyłów nieorganicznych ze spalin, zawierający kostki monolitycznego katalizatora do bezpośredniego usuwania tlenku azotu, mający przynajmniej w części kształt cylindryczny, z izolacją cieplną, z wlotem usytuowanym w górnej części i powodującym styczne do obwodu wprowadzenie zapylonego gazu do reaktora, **znamienny tym**, że w górnej części reaktor zawiera cylindryczna komorę o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej 3 z naniesioną na jej wewnętrznej powierzchni fazą aktywną katalizatora, a wewnątrz komory 3 o pofałdowanej powierzchni wewnętrznej znajduje się wstęga spiralna 4 opadająca w dół komory 3 z nałożonym na jej powierzchnię aktywnym składnikiem katalizatora, natomiast w geometrycznej osi komory 3 o pofałdowanej powierzchni znajduje się nagrzewana elementem grzejnym 12 komora 9, w której znajdują się kostki monolitycznego katalizatora 10 i/lub 16, a ponadto reaktor jest wyposażony w obudowę posiadającą dwie współosiowe ścianki 6a i 6b, z materiałem izolacyjnym pomiędzy nimi, przy czym przynajmniej do części ścianki wewnętrznej obudowy 6b przylega element grzejny obudowy 7, zaś w dolnej części reaktora znajduje się szczelne zamknięcie 8 stanowiące jednocześnie zbiornik pyłu.

12. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że na zewnętrznej ściance komory 9 znajduje się aktywny składnik katalizatora.

13. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że kostki monolitycznego katalizatora są usytuowane równolegle względem siebie i prostopadle do osi reaktora.

14. Reaktor według zastrz. 11 albo 13, **znamienny tym**, że pomiędzy kostkami monolitycznego katalizatora znajdują się przekładki kierujące 11.

15. Reaktor według zastrz. 14, **znamienny tym**, że przekładki 11 mają kształt powodujący ruch obrotowy strumienia spalin.

16. Reaktor według zastrz. 15, **znamienny tym**, że przekładka 11 ma kształt śmigła.

17. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że w osi komory 9 umieszczony jest element grzejny 13.

18. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że gdy czoło monolitycznych kostek katalizatora znajduje się w takim położeniu, że stosunek L/d > 50, to przekładka kierująca 11 jest umieszczana przed wlotem do monolitycznych kostek katalizatora, a gdy stosunek L/d < 50, to nie umieszcza się przekładki kierującej 11 przed wlotem do kostek monolitycznego katalizatora.

19. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że kostki monolitycznego katalizatora są usytuowane pod kątem względem siebie i względem osi reaktora.

20. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że komora 3 styka się z wewnętrzną ścianką obudowy 6b.

21. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że w części, w której znajduje się komora 3 ma kształt cylindryczny, a w pozostałej części ma kształt stożkowy.

22. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że zawiera katalizator tlenkowy na podłożu metalicznym.

23. Reaktor według zastrz. 11 albo 22, **znamienny tym**, że zawiera katalizator tlenkowy na podłożu ze stali kwasoodpornej austenitycznej.

24. Reaktor według zastrz. 23, **znamienny tym**, że zawiera katalizator zawierający fazę o strukturze αFe_2O_3 i fazę o strukturze spinelu i parametrach sieciowych najbliższych parametrom sieciowym $NiFe_2O_4$ lub tylko fazy spinelowe, przy czym fazy te tworzą mikrokrystality, które zawierają dodatkowo Cr i Mn i ewentualnie Si.

25. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że jest przeznaczony do jednoczesnego usuwania ze spalin tlenku azotu, dopalania cząstek węglowych zawartych w pyle unoszonym przez spaliny i usuwania pyłów nieorganicznych.

26. Reaktor według zastrz. 11, **znamienny tym**, że jest przeznaczony do usuwania tlenku azotu ze stacjonarnych źródeł emisji.

Rysunki

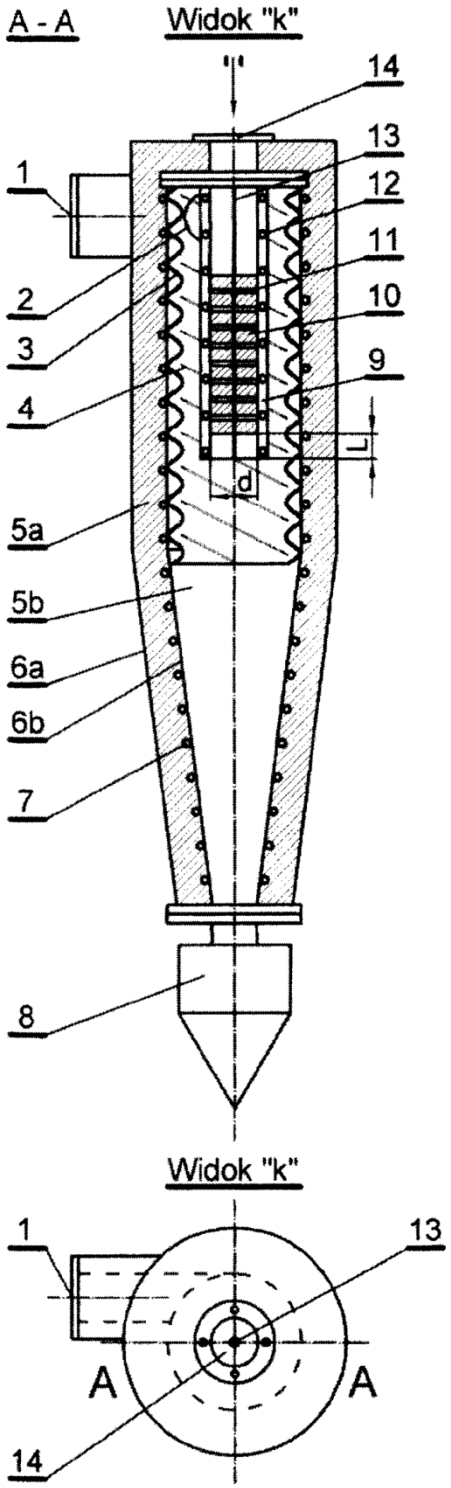

Fig. 1

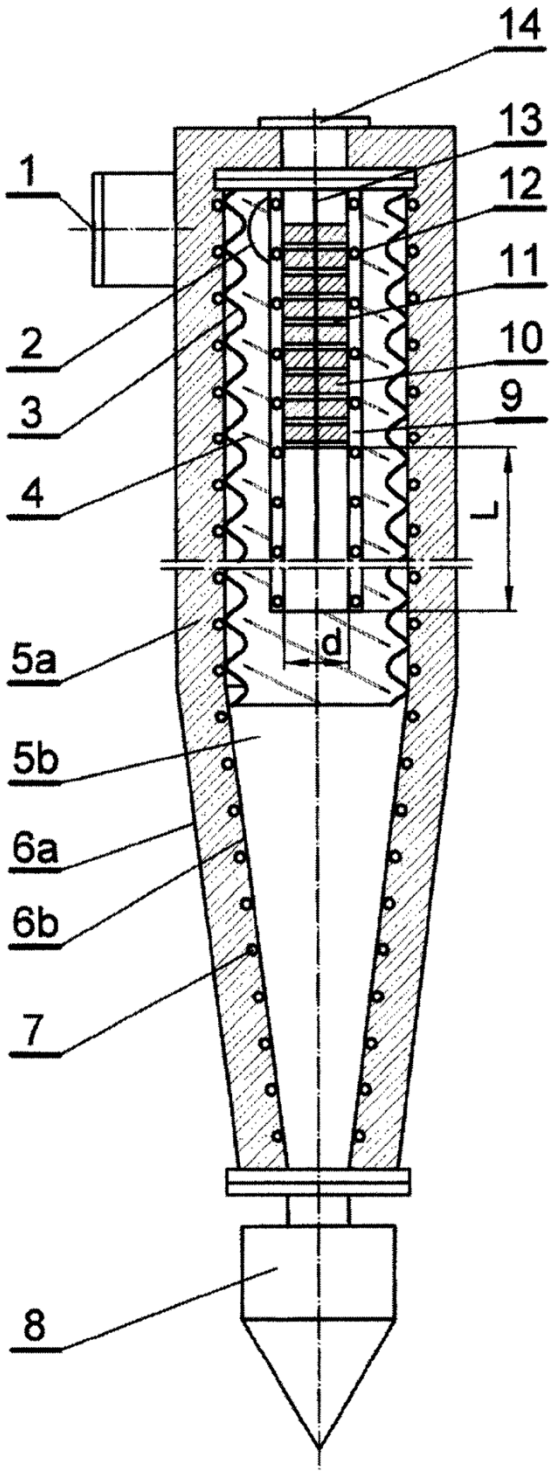

Fig. 2

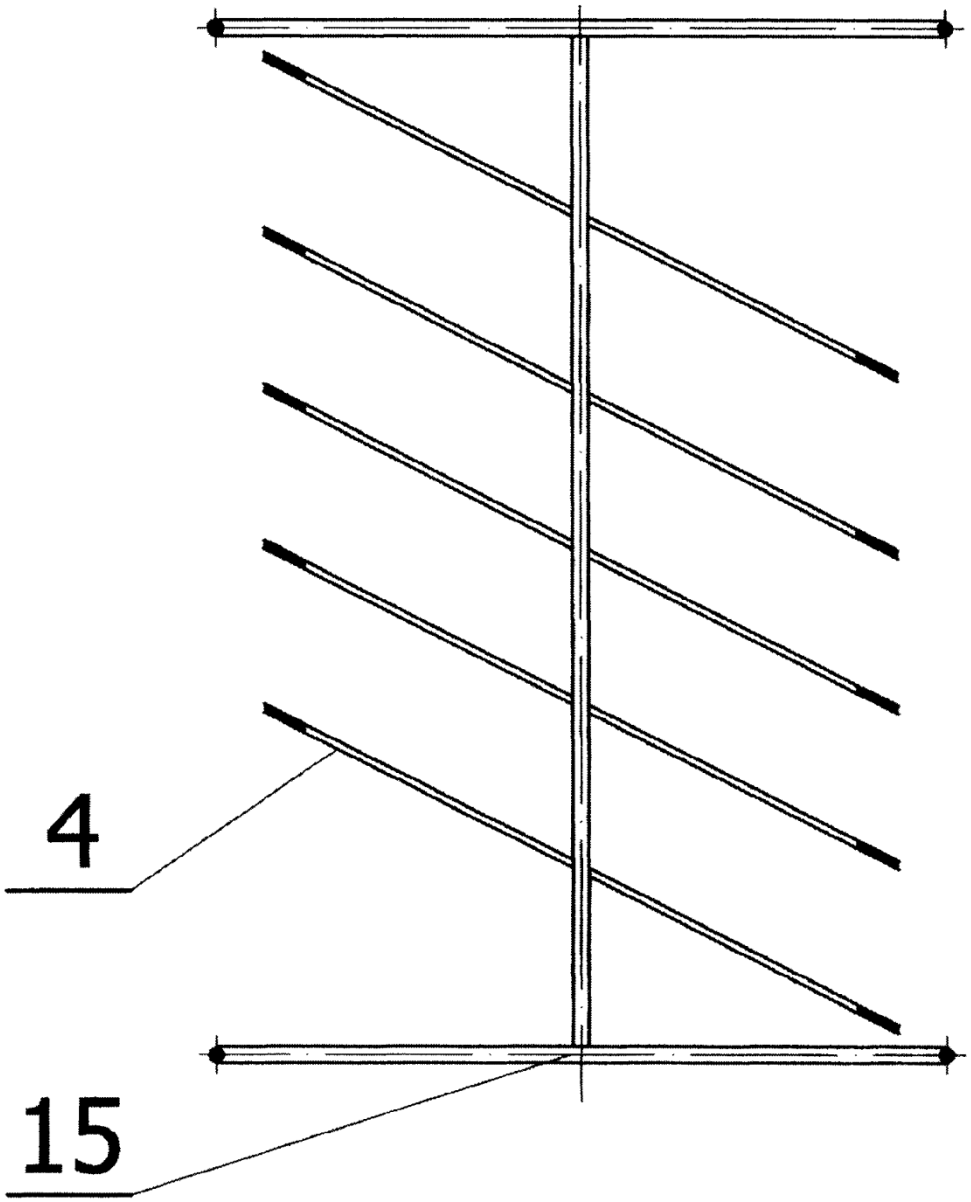

Fig. 3

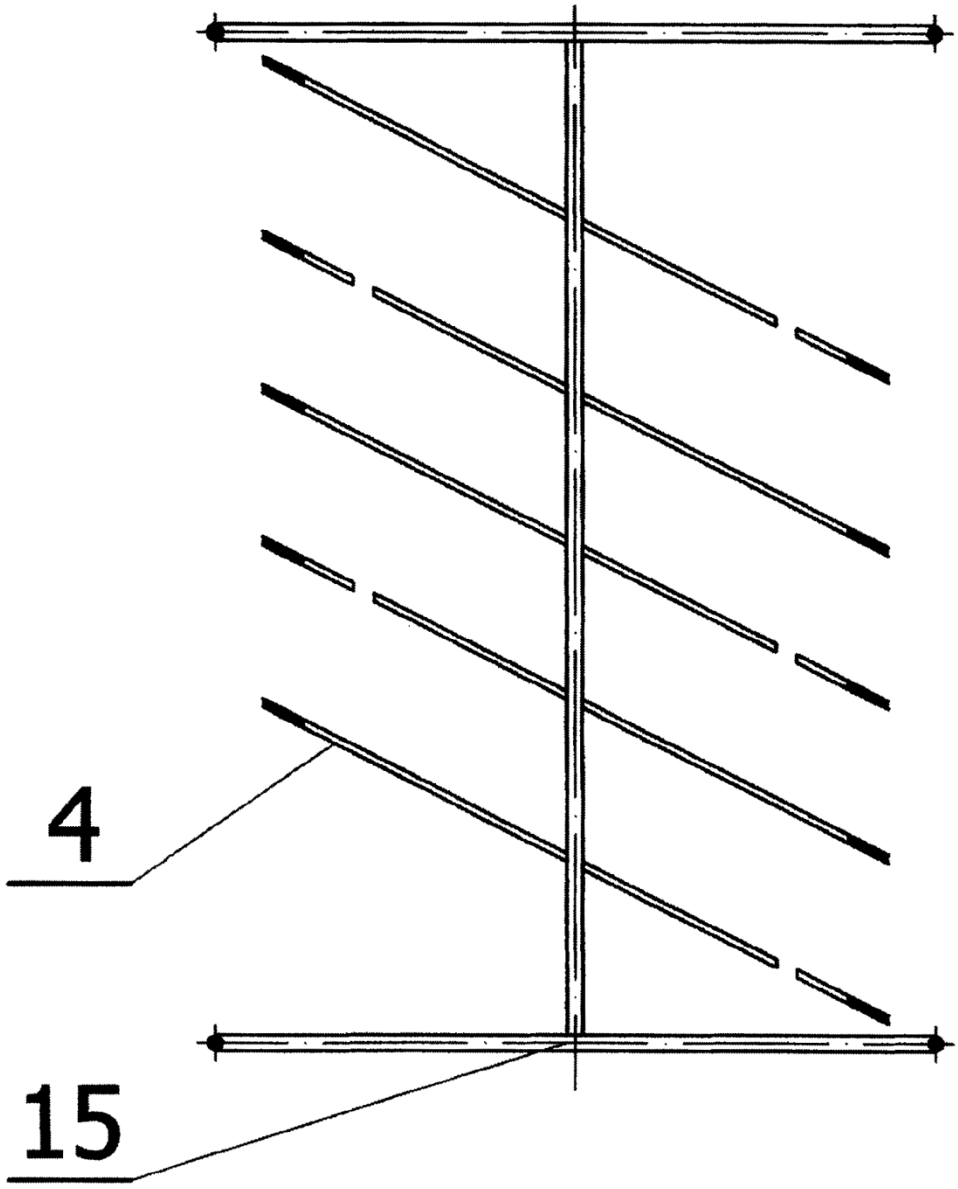

Fig. 4

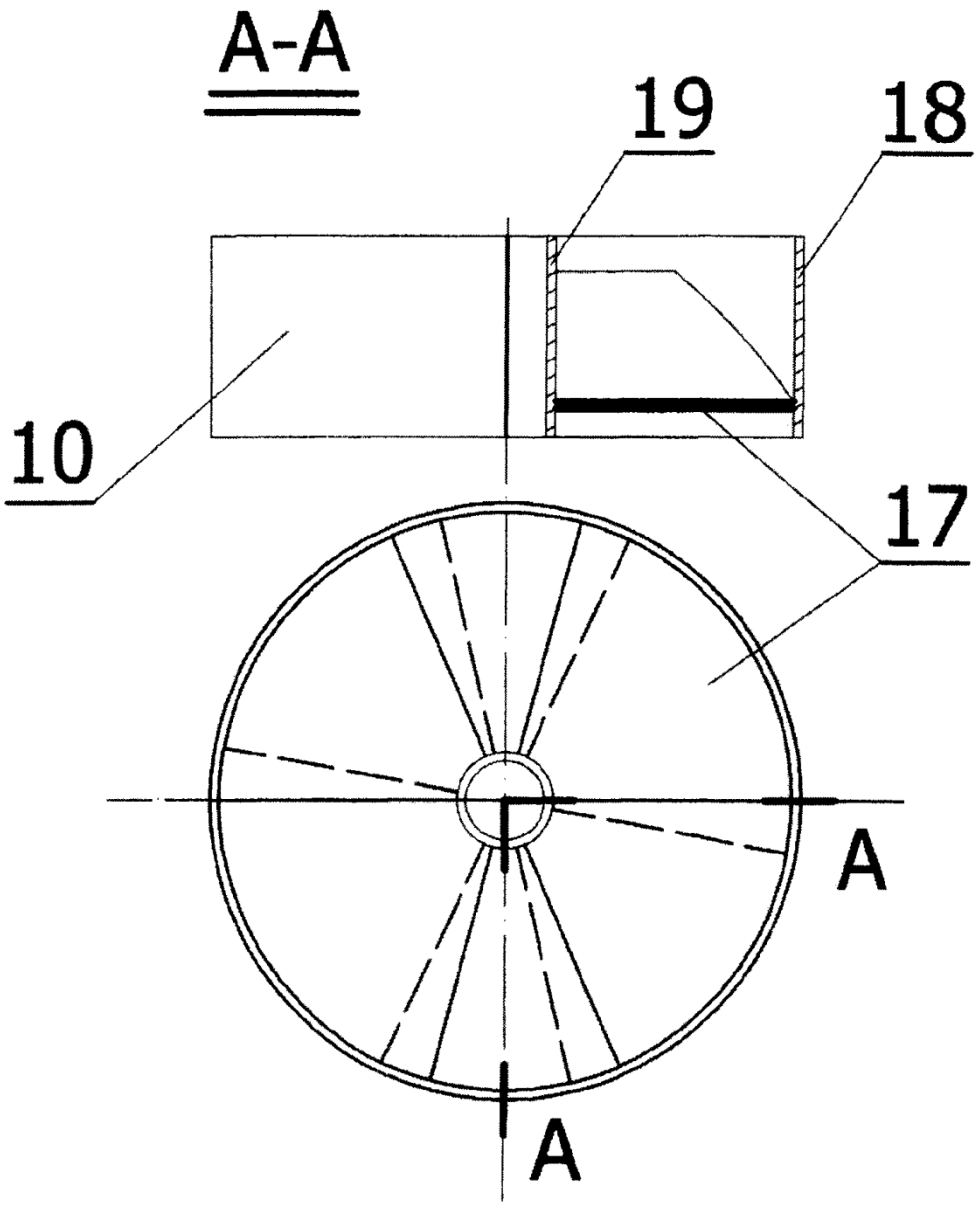

Fig.5

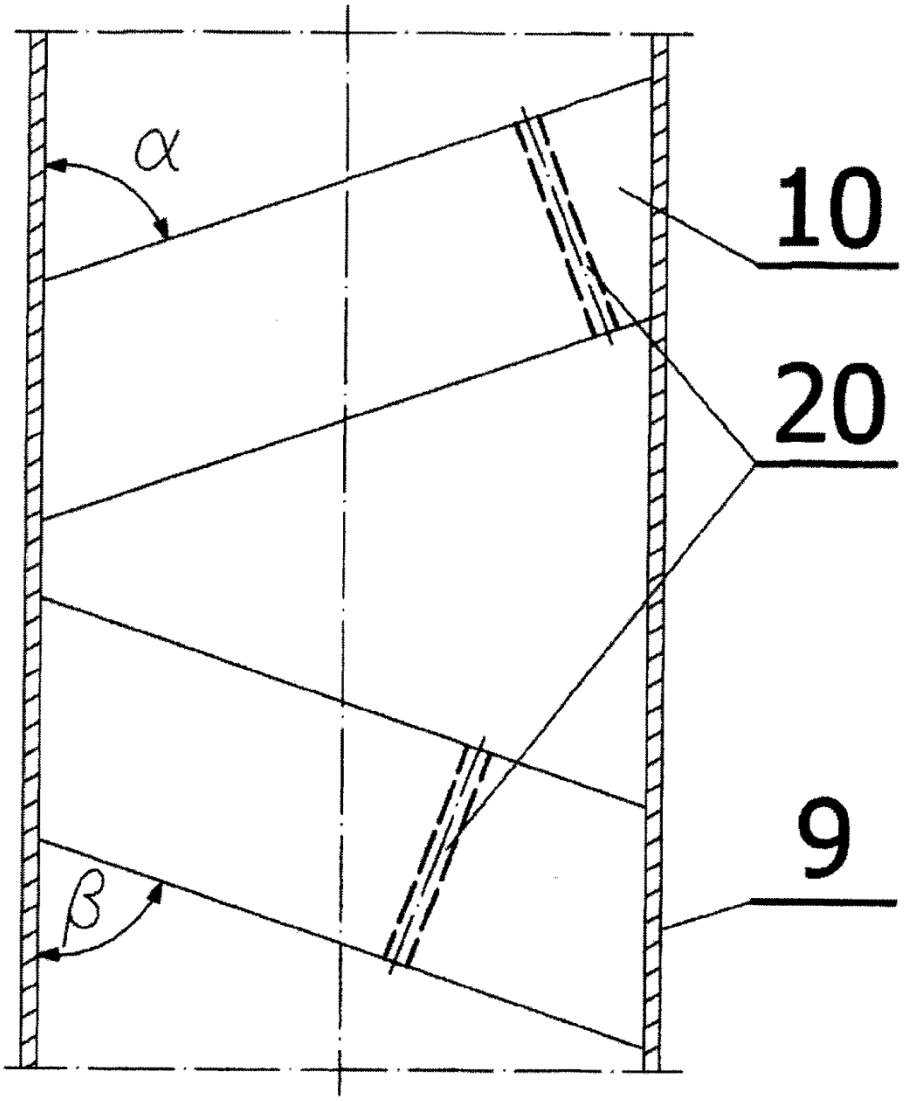

Fig. 6

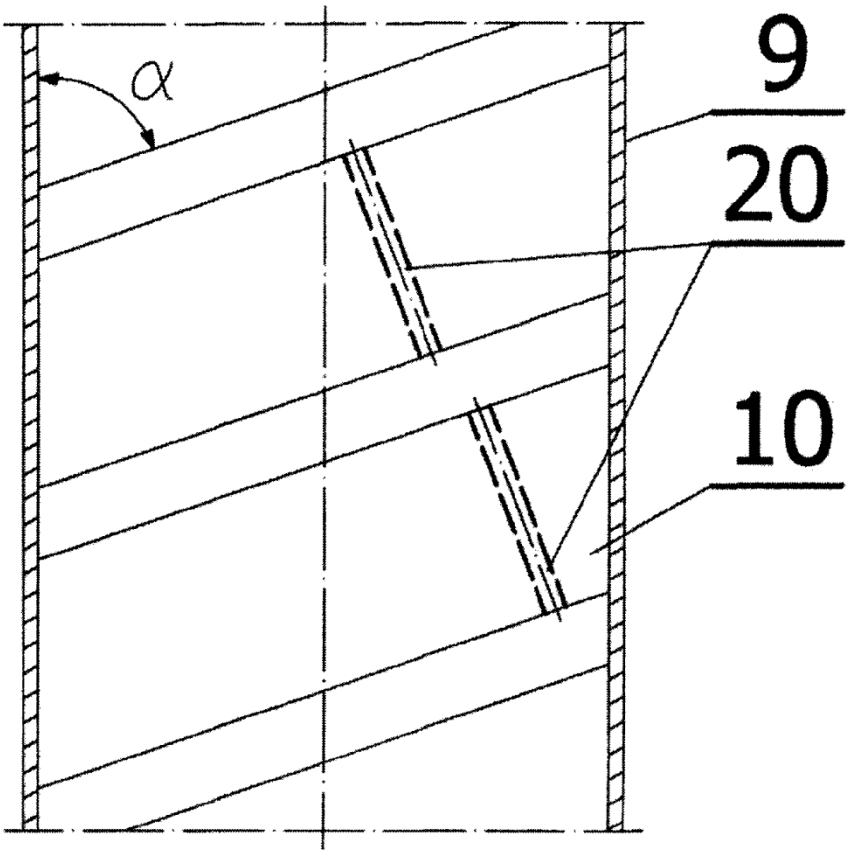

Fig. 7

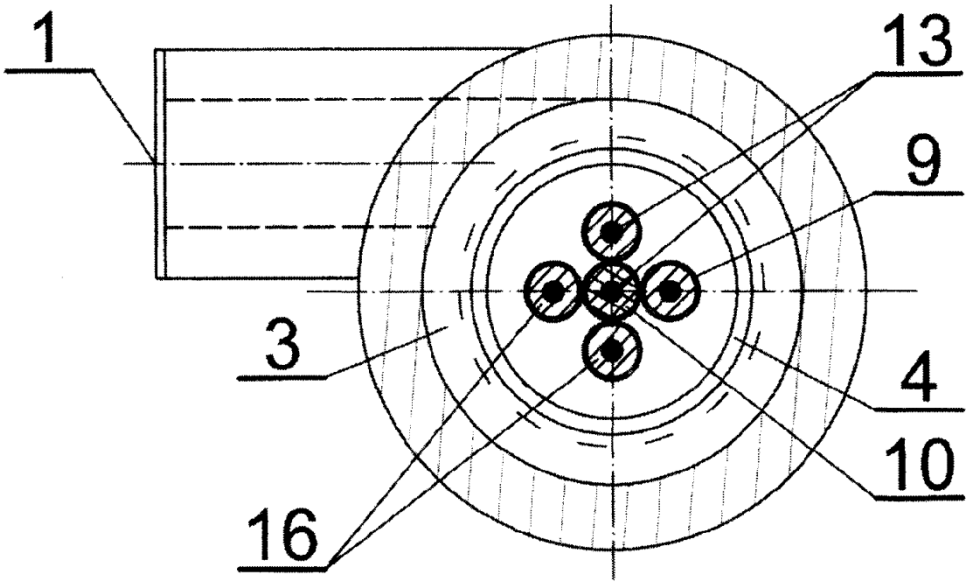

Fig. 8

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 4,92 zł (w tym 23% VAT)