

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **219602**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **394936**

(22) Data zgłoszenia: **18.05.2011**

(51) Int.Cl.

A61N 5/10 (2006.01)

B25J 1/12 (2006.01)

B25J 17/00 (2006.01)

B25J 18/00 (2006.01)

B25J 19/00 (2006.01)

(54) **Elektromedyczne urządzenie do śródoperacyjnej radioterapii za pomocą wiązki promieniowania elektronowego o energii powyżej 9 MeV**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.11.2012 BUP 24/12

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.06.2015 WUP 06/15

(73) Uprawniony z patentu:

**NARODOWE CENTRUM BADAŃ
JĄDROWYCH, Otwock, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**EWA KULCZYCKA, Warszawa, PL
RADOSŁAW HANKE, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Danuta Jankowska

PL 219602 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest elektromedyczne urządzenie do śródoperacyjnej radioterapii za pomocą wiązki promieniowania elektronowego o energii powyżej 9 MeV, przeznaczone do napromieniania tkanki nowotworowej pacjenta, po przeprowadzonej operacji chirurgicznej.

Napromienianie elektronami nowotworowej tkanki pacjenta, po przeprowadzonej operacji chirurgicznej, wymaga penetracji tkanki nowotworowej wiązką elektronów w zadany sposób ustalony przez chirurga i radioterapeutę, określający obszar napromienianej tkanki nowotworowej, wielkość dawki promieniowania elektronowego, głębokość napromieniania. Stąd istotne są takie parametry użytkowe urządzenia elektromedycznego dostarczającego wiązkę elektronów, jak wielkość energii wyjściowej emitowanych przez akcelerator elektronów oraz zakres regulacji ustawienia liniowego i kąтового wiązki elektronów w stosunku do stołu operacyjnego z pacjentem, przy jednoczesnej precyzji ustawienia wiązki elektronów w obszarze napromienianej tkanki nowotworowej z maksymalnym ominięciem tkanki zdrowej pacjenta.

Znane urządzenia elektromedyczne wykorzystujące do radioterapii śródoperacyjnej wiązkę promieniowania elektronowego, są wyposażone w głowicę zawierającą strukturę przyspieszającą akceleratora elektronów z działem elektronowym osadzoną ruchomo na ramieniu liniowego akceleratora elektronów. Z oferty handlowej włoskiej firmy HITESYS znane jest występujące pod nazwą NOWAC7 urządzenie elektromedyczne do śródoperacyjnej radioterapii za pomocą promieniowania elektronowego, które posiada umieszczoną na jednym końcu ramienia manipulacyjnego liniowego akceleratora elektronów głowicę radiacyjną połączoną z nim przegubem z napędem elektrycznym, a na drugim końcu ramienia manipulacyjnego posiada połączony z nim trwale generator mocy wielkiej częstotliwości. Wyjście generatora mocy wielkiej częstotliwości jest połączone z akceleratorem elektronów zewnętrznym, giętkim falowodem poprowadzonym ponad przegubem ramienia mocującym ruchomo głowicę radiacyjną. Opisane urządzenie elektromedyczne charakteryzuje się zawężonym zakresem regulacji położenia kąтового głowicy radiacyjnej +/- 45° oraz niską niezawodnością związaną z deformacją giętkiego falowodu mogącą prowadzić do awarii urządzenia. Znane jest również z amerykańskiego zgłoszeniowego opisu patentowego US20080129229 urządzenie elektromedyczne do śródoperacyjnej radioterapii wiązką promieniowania elektronowego, w którym wyeliminowano giętki odcinek falowodu zasilającego akcelerator elektronów falą elektromagnetyczną z generatorem mocy wielkiej częstotliwości. W opisanym rozwiązaniu głowica radiacyjna osadzona jest ruchomo na jednym końcu ramienia manipulacyjnego liniowego akceleratora elektronów przy pomocy złącza przegubowego napędzanego silnikiem elektrycznym mocowanym na płycie pionowej. W środkowej części ramienia manipulacyjnego znajdują się połączone ze sobą w jedną całość dwa złącza obrotowe, przy czym część stała pierwszego złącza obrotowego jest połączona z ramieniem manipulacyjnym, a jego część ruchoma jest połączona z częścią stałą drugiego złącza obrotowego. Natomiast część ruchoma drugiego złącza obrotowego jest połączona z liniowym akceleratorem elektronów. Ponadto głowica radiacyjna jest zamontowana na obrotowym podparciu o osi obrotu równoległej do osi drugiego złącza obrotowego sprzężonego z kołem zębatym. Fala elektromagnetyczna wielkiej częstotliwości z generatora mocy wielkiej częstotliwości zamocowanego na przeciwległym końcu ramienia manipulacyjnego jest przesyłana do akceleratora liniowego elektronów przez układ trzech odcinków wewnętrznych falowodów, z których jeden skrajnie położony odcinek falowodu jest załączony na wejście generatora wielkiej częstotliwości, a drugi skrajnie położony odcinek falowodu jest załączony na wejście liniowego akceleratora elektronów, przy czym końcówki trzeciego, środkowego odcinka falowodu są połączone odpowiednio z pierwszym i drugim złączem obrotowym ramienia manipulacyjnego. Opisane urządzenie elektromedyczne zapewnia jednopłaszczyznowy przesuw liniowy oraz obrót kątowy głowicy w ograniczonym zakresie +/- 90°, powodując występowanie sytuacji w których dla właściwego ustawienia wiązki elektronów w obszarze nowotworowej tkanki poddawanej napromienianiu, oprócz pochylenia głowicy oraz obrotu wokół osi drugiego złącza obrotowego ramienia, konieczne jest wykonanie przesunięcia urządzenia w poziomie w stosunku do stołu operacyjnego z pacjentem, co stanowi istotną niedogodność użytkową urządzenia.

Aktualnie zwiększony zakres zastosowania śródoperacyjnej terapii z promieniowaniem elektronowym wskazuje, że dla osiągnięcia celu terapeutycznego napromieniania tkanki nowotworowej na zwiększonej głębokości, przy jednoczesnym zapewnieniu znikomej ingerencji w tkankę zdrową, wymagana jest wyższa energia wiązki elektronów powyżej 9 MeV, przy zwiększonej precyzji ustawienia wiązki elektronów w obszarze napromieniania tkanki nowotworowej pacjenta oraz zwiększonym

zakresie regulacji liniowej i kątowej położenia wiązki promieniowania elektronowego w stosunku do stołu operacyjnego z pacjentem.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia elektromedycznego do śródoperacyjnej radioterapii promieniowaniem elektronowym o energii powyżej 9 MeV, zapewniającego wielopłaszczyznowy przesuw liniowy oraz zwiększony zakres regulacji kątowej położenia głowicy radiacyjnej powyżej $\pm 180^\circ$, przy jednoczesnej precyzji ustawienia wiązki elektronów w obszarze napromienianej tkanki nowotworowej pacjenta.

Istota elektromedycznego urządzenia do śródoperacyjnej radioterapii za pomocą wiązki promieniowania elektronowego o energii powyżej 9 MeV, wykorzystującego akcelerator elektronów, którego ramię manipulacyjne wyposażone jest w środkowej części w złącza obrotowe oraz odcinki falowodów, przy czym jeden koniec ramienia jest połączony ruchomo z głowicą radiacyjną a drugi koniec jest wyposażony w generator mocy wielkiej częstotliwości, według wynalazku polega na wyposażeniu jednego końca ramienia manipulacyjnego liniowego akceleratora elektronów w stelaż poprzeczny korzystnie w kształcie rury usytuowanej w płaszczyźnie nośnej ramienia manipulacyjnego, prostopadle do osi wzdłużnej płaszczyzny nośnej ramienia, przy czym na jednym końcu stelaża poprzecznego jest osadzona trwale część nieruchoma złącza obrotowego pierwszego, a na przeciwległym końcu stelaża poprzecznego jest osadzony przegub układu napędowego ruchu kątowego głowicy radiacyjnej, wyposażonej w strukturę przyspieszającą z działem elektronowym, osadzonej trwale w osi pionowej prostopadłej do płaszczyzny nośnej ramienia manipulacyjnego, w przelotowym wycięciu powierzchni górnej i dolnej stelaża poprzecznego ramienia manipulacyjnego. Ponadto koniec stelaża poprzecznego ramienia manipulacyjnego jest połączony ruchomo poprzez układ łożyskujący z jednym końcem stelaża wzdłużnego ramienia manipulacyjnego, korzystnie w kształcie rury, usytuowanego równolegle do krawędzi wzdłużnej ramienia manipulacyjnego. Drugi koniec stelaża wzdłużnego, usytuowany na początku ramienia manipulacyjnego jest osadzony w pierścieniu zewnętrznym drugiego łożyska, którego pierścień wewnętrzny jest połączony trwale z układem napędu obrotu kątowego ramienia manipulacyjnego wokół osi wzdłużnej tego ramienia. Poza tym w wycięciu powierzchni bocznej stelaża poprzecznego ramienia manipulacyjnego jest osadzona część ruchoma pierwszego złącza obrotowego oraz jeden koniec pierwszego wewnętrznego odcinka falowodu usytuowanego równolegle do osi wzdłużnej ramienia manipulacyjnego, którego drugi koniec osadzony jest w części nieruchomej drugiego złącza obrotowego usytuowanej w części początkowej ramienia manipulacyjnego. Część ruchoma pierwszego złącza obrotowego jest połączona ponadto z jednym końcem drugiego wewnętrznego odcinka falowodu, którego pozostały koniec jest połączony z wyjściem generatora mocy wielkiej częstotliwości. Poza tym między wejściem zasilającym struktury przyspieszającej z działem elektronowym, zainstalowanej w głowicy radiacyjnej, a częścią nieruchomą pierwszego złącza obrotowego osadzonego w stelażu poprzecznym ramienia manipulacyjnego, są zamocowane końce ramion trzeciego wewnętrznego odcinka falowodu o nastawnie regulowanej długości ramion, przy czym drugi koniec ramienia manipulacyjnego oraz generator mocy wielkiej częstotliwości są zamocowane ruchomo, korzystnie przy pomocy osobnych łożysk napędzanych silownikiem, w pionowej kolumnie, której podstawa jest zamocowana w osobnym łożysku z napędem na platformie poziomej wózka na kółkach jezdnych.

Zamocowanie ramienia manipulacyjnego akceleratora elektronów oraz generatora mocy wielkiej częstotliwości przy pomocy połączeń łożyskowych sprzężonych z silownikiem, w górnej części pionowej kolumny, która swoją podstawą jest zamocowana przy pomocy łożyska z napędem na platformie wózka jezdnego, zapewnia z jednej strony ruch liniowy ramienia oraz generatora mocy wielkiej częstotliwości względem pionowej kolumny, realizującej ponadto obrót względem swej osi pionowej. Ponadto połączenie niezależnych złącz obrotowych z układem falowodowym oraz stelażami, wzdłużnym stanowiącym konstrukcję nośną ramienia manipulacyjnego oraz stelażem poprzecznym mocującym głowicę radiacyjną, wyposażonymi w osobne układy napędowe realizujące obrót kątowy wokół osi odpowiednio wzdłużnej i poprzecznej płaszczyzny nośnej ramienia manipulacyjnego, rozszerza znacząco zakres ruchów liniowych i kątowych głowicy radiacyjnej, zapewniając zarówno precyzję ustawienia wiązki elektronów w napromienianym obszarze tkanki nowotworowej pacjenta, jak i zwiększenie zakresu regulacji kątowej wiązki promieniowania elektronowego w stosunku do stołu operacyjnego z pacjentem.

Wynalazek został objaśniony w oparciu o rysunek na którym fig. 1 przedstawia widok ogólny elektromedycznego urządzenia do śródoperacyjnej radioterapii wiązką promieniowania elektronowego o energii powyżej 9 MeV, z uwidocznioną budową ramienia manipulacyjnego akceleratora elektronów, a fig. 2 przedstawia wykres kinematyki pozycjonowanej głowicy radiacyjnej urządzenia elektromedycznego do śródoperacyjnej radioterapii wiązką promieniowania elektronowego.

Urządzenie elektromedyczne do śródoperacyjnej radioterapii wiązką promieniowania elektro-
nowego o energii przykładowo 12 MeV, wyposażone w akcelerator elektronów z ramieniem manipula-
cyjnym R posiada według wynalazku wózek WZ na kółkach jezdnych, na którego płaskiej platformie
w łożysku 15 połączonym z układem napędowym 16 jest usadowiona podstawa kolumny pionowej K
do której górnej części zamocowane są ruchomo koniec ramienia manipulacyjnego R akceleratora
elektronów oraz generator mocy wielkiej częstotliwości M, osadzone odpowiednio w łożyskach 12 i 13
sprzężonych z siłownikiem 14. Układ łożysk 12 i 13 wraz z siłownikiem 14 zapewnia pochylanie ra-
mienia manipulacyjnego oraz generatora mocy wielkiej częstotliwości M względem osi poziomej d
pionowej kolumny K a łożysko 15 z napędem 16 zapewnia obrót pionowej kolumny K wokół osi pio-
nowej e wraz z ramieniem manipulacyjnym R i generatorem wielkiej mocy M. Ramię manipulacyjne R
akceleratora elektronów jest według wynalazku wyposażone w swej części końcowej w połączony
z nim trwale stelaż poprzeczny 8 przykładowo w kształcie rury, usytuowanej wzdłuż osi poprzecznej a,
prostopadłej do osi wzdłużnej b płaszczyzny nośnej ramienia manipulacyjnego R. W jednym otworze
rury stelaża poprzecznego 8 jest osadzona część nieruchoma NOZ₂ złącza obrotowego OZ₂ typu U,
a w drugim przeciwległym otworze rury stelaża poprzecznego 8 jest osadzony przegub układu napę-
dowego 6, zapewniający jego obrót wokół osi poprzecznej a płaszczyzny nośnej ramienia manipu-
lacyjnego R. Według wynalazku wzdłuż krawędzi ramienia manipulacyjnego R, równoległe do osi
wzdłużnej b płaszczyzny nośnej, jest usytuowany stelaż wzdłużny 7 stanowiący konstrukcję nośną
ramienia manipulacyjnego R. Stelaż wzdłużny 7 jest połączony jednym końcem poprzez układ łoży-
skujący 1 z usytuowanym na końcu ramienia manipulacyjnego R stelażem poprzecznym 8. Drugi ko-
niec rury stelaża wzdłużnego 7 jest osadzony na początku ramienia manipulacyjnego R w pierścieniu
zewnątrznym łożyska 2, którego pierścień wewnętrzny jest trwale połączony z układem napędu 5 ob-
rotu kąтового ramienia manipulacyjnego R. W wycięciu W₂ powierzchni bocznej stelaża poprzecznego
8 jest osadzona część ruchoma ROZ₂ złącza obrotowego OZ₂ oraz jeden koniec pierwszego we-
wnętrznego odcinka falowodu 3 usytuowanego równoległe do osi wzdłużnej b płaszczyzny nośnej
ramienia manipulacyjnego R. Przeciwległy koniec pierwszego wewnętrznego odcinka falowodu 3 jest
osadzony w nieruchomej części NOZ₁ złącza obrotowego OZ₁ usytuowanej na początku ramienia
manipulacyjnego R. Część ruchoma ROZ₁ złącza obrotowego OZ₁ jest połączona z jednym końcem
drugiego wewnętrznego odcinka falowodu 11, którego przeciwległy koniec jest połączony z generato-
rem mocy wielkiej częstotliwości M. W osi pionowej c prostopadłej do płaszczyzny, nośnej ramienia
manipulacyjnego R, w wycięciu przelotowym W₁ powierzchni dolnej i górnej rury stelaża poprzecznego
8 jest osadzona trwale głowica radiacyjna G ze strukturą przyspieszającą 4 o wymiarach geome-
trycznych zapewniających energię wiązki elektronów do 12 MeV. Według wynalazku w głowicy radia-
cyjnej G jest zainstalowana długa struktura przyspieszająca 4 o długości 90 cm, co zapewnia uzyska-
nie wiązki elektronów o energii od 4 - 12 MeV, przykładowo 12 MeV. Struktura przyspieszająca 4 jest
wyposażona w działo elektronowe 10 emitujące elektrony wzdłuż osi pionowej c. Na ścianie bocznej
struktury przyspieszającej 4 znajduje się wejście zasilające WM przez które wprowadzana jest energia
wielkiej częstotliwości. Między wejściem zasilającym WM struktury przyspieszającej 4 a częścią nieru-
chomą NOZ₂ złącza obrotowego OZ₂ osadzonego w otworze rury stelaża poprzecznego 8 jest zain-
stalowany według wynalazku trzeci wewnętrzny odcinek falowodu 9 w kształcie przykładowo półobej-
my o regulowanej nastawnie długości ramion, dobieranej w zależności od użytej struktury przyspiesza-
jącej 4. Energia wielkiej częstotliwości jest doprowadzana do wejścia zasilającego WM struktury przy-
spieszającej 4 z wyjścia generatora mocy wielkiej częstotliwości M, poprzez wewnętrzny odcinek fal-
owodu 11, złącze obrotowe OZ₁, odcinek falowodu 3, złącze obrotowe OZ₂ oraz odcinek falowodu 9.
Struktura przyspieszająca 4 wraz ze stelażem poprzecznym 8, wewnętrznym odcinkiem falowodu 9
i częścią nieruchomą złącza obrotowego OZ₂ jest obracana wokół osi pionowej stelaża poprzecznego
8 za pomocą napędu zasilającego WM struktury przyspieszającej 4 od osi c obrotu struktury przyspie-
szającej 4 w głowicy radiacyjnej G jest regulowana przez nastawę długości ramion wewnętrznego
odcinka falowodu 9 w kształcie półobejmy. Według wynalazku poprzez dobór długości ramion we-
wnętrznego odcinka falowodu 9 następuje przecięcie osi pionowej c struktury przyspieszającej 4, osi
wzdłużnej b ramienia manipulacyjnego R, oraz osi poprzecznej a ramienia manipulacyjnego R w jed-
nym punkcie Q w pobliżu którego jest usytuowany środek masy głowicy radiacyjnej G. Jak pokazano
na fig. 2 oś a pochylecia głowicy radiacyjnej G, oś b obrotu kąowego głowicy radiacyjnej G oraz pio-
nowa oś c struktury przyspieszającej 4 przecinają się w jednym punkcie Q, który według wynalazku
jest usytuowany poniżej wejścia zasilającego WM struktury przyspieszającej 4. Wyważenie położenia
punktu Q poniżej wejścia zasilającego WM usytuowanego na ścianie struktury przyspieszającej 4

głowicy radiacyjnej G pozwala na uzyskanie zwiększonego zakresu obrotu kąowego głowicy radiacyjnej G do $\pm 240^\circ$. Niezależność położenia osi a pochylenia głowicy radiacyjnej G od miejsca usytuowania na ścianie struktury przyspieszającej 4 wejścia zasilającego WM daje swobodę optymalizacji wymiarów mechanicznych całego urządzenia, co jest szczególnie istotne przy znacznej długości struktury przyspieszającej 4 , przykładowo wynoszącej 90 cm. Niezależne złącza obrotowe OZ_1 i OZ_2 połączone według wynalazku z trzema wewnętrznymi odcinkami falowodów 3 , 11 , 9 , stwarzają możliwość ich rozsunięcia na regulowaną odległość, co zapewnia dostarczenie energii wielkiej częstotliwości do struktury przyspieszającej 4 niezależnie od położenia głowicy radiacyjnej G względem generatora mocy wielkiej częstotliwości M . Poprzez pochylenie i obrót głowicy radiacyjnej G wokół osi a oraz osi b oraz obrót i pochylenie ramienia manipulacyjnego R wraz z głowicą radiacyjną G wyposażoną w strukturę przyspieszającą 4 z działem elektronowym 10 względem osi d i e pionowej kolumny K uzyskuje się precyzyjne ustawienie wiązki elektronów z działu elektronowego 10 struktury przyspieszającej 4 , w określonym wcześniej napromienianym obszarze tkanki nowotworowej pacjenta.

Zaletą urządzenia elektromedycznego według wynalazku jest zwiększona energia wiązki elektronów do 12 MeV, poprawiająca bezpieczeństwo pracy znaczna redukcja niezbędnych do pozycjonowania głowicy radiacyjnej momentów napędowych oraz zmniejszona ilość niezbędnych operacji manualnych zapewniających precyzyjne ustawienie wiązki promieniowania elektronowego w napromienianym obszarze tkanki nowotworowej pacjenta.

Zastrzeżenie patentowe

Elektromedyczne urządzenie do śródoperacyjnej radioterapii za pomocą wiązki promieniowania elektronowego o energii powyżej 9 MeV, wykorzystujące akcelerator elektronów, którego ramię manipulacyjne wyposażone jest w środkowej części w złącza obrotowe oraz wewnętrzne odcinki falowodów, przy czym jeden koniec ramienia manipulacyjnego jest połączony ruchomo z głowicą radiacyjną a drugi koniec jest wyposażony w generator mocy wielkiej częstotliwości, **znamiennie tym**, że na jednym końcu ramienia manipulacyjnego (R) akceleratora elektronów jest zamocowany w płaszczyźnie nośnej ramienia manipulacyjnego (R), prostopadle do osi wzdluznej (b) jego płaszczyzny nośnej stelaż poprzeczny (8) korzystnie w kształcie rury, przy czym na jednym końcu stelaża poprzecznego (8) jest osadzona trwale część nieruchoma (NOZ_2) złącza obrotowego (OZ_2), a w przeciwnym końcu stelaża poprzecznego (8) jest osadzony przegub układu napędowego (6) ruchu kąowego głowicy radiacyjnej (G) ze strukturą przyspieszającą (4) wyposażoną w działo elektronowe (10), osadzonej trwale w przelotowym wycięciu (W_1) powierzchni górnej i dolnej stelaża poprzecznego (8), wzdluz osi pionowej (c) prostopadłej do płaszczyzny nośnej ramienia manipulacyjnego (R), ponadto koniec stelaża poprzecznego (8) ramienia manipulacyjnego (R) jest połączony ruchomo poprzez układ łożyskowy (1) z jednym końcem stelaża wzdluznego (Z) ramienia manipulacyjnego (R), korzystnie w kształcie rury, usytuowanego równolegle do krawędzi wzdluznej ramienia manipulacyjnego (R), a drugi koniec stelaża wzdluznego (Z), usytuowany na początku ramienia manipulacyjnego (R) jest osadzony w pierścieniu zewnętrznym łożyska (2), którego pierścień wewnętrzny jest połączony trwale z układem napędu (5) obrotu kąowego ramienia manipulacyjnego (R) wokół osi wzdluznej (b), poza tym w wycięciu (W_2) powierzchni bocznej stelaża poprzecznego (8) ramienia manipulacyjnego (R) jest osadzona część ruchoma (ROZ_2) złącza obrotowego (OZ_2) oraz jeden koniec pierwszego wewnętrznego odcinka falowodu (3) usytuowanego równolegle do osi wzdluznej (b) ramienia manipulacyjnego (R), którego drugi koniec osadzony jest w części nieruchomej (NOZ_1) złącza obrotowego (OZ_1) usytuowanej w części początkowej ramienia manipulacyjnego (R), przy czym część ruchoma (ROZ_1) złącza obrotowego (OZ_1) jest połączona z jednym końcem drugiego wewnętrznego odcinka falowodu (11), którego pozostały koniec jest połączony z wyjściem generatora mocy wielkiej częstotliwości (M) a między wejściem zasilającym (WM) struktury przyspieszającej (4) z działem elektronowym (10) zainstalowanej w głowicy radiacyjnej (G), a częścią nieruchomą (NOZ_2) złącza obrotowego (OZ_2) osadzonego w stelażu poprzecznym (8) ramienia manipulacyjnego (R), są zamocowane końce ramion trzeciego wewnętrznego odcinka falowodu (9) o nastawnie regulowanej długości ramion, ponadto drugi koniec ramienia manipulacyjnego (R) oraz generator mocy wielkiej częstotliwości (M) są zamocowane ruchomo, korzystnie przy pomocy osobnych łożysk (12) napędzanych siłownikiem (14), w pionowej kolumnie (K), której podstawa jest zamocowana w osobnym łożysku (15) z napędem na platformie poziomej wózka (WZ) na kółkach jezdnych.

Rysunki

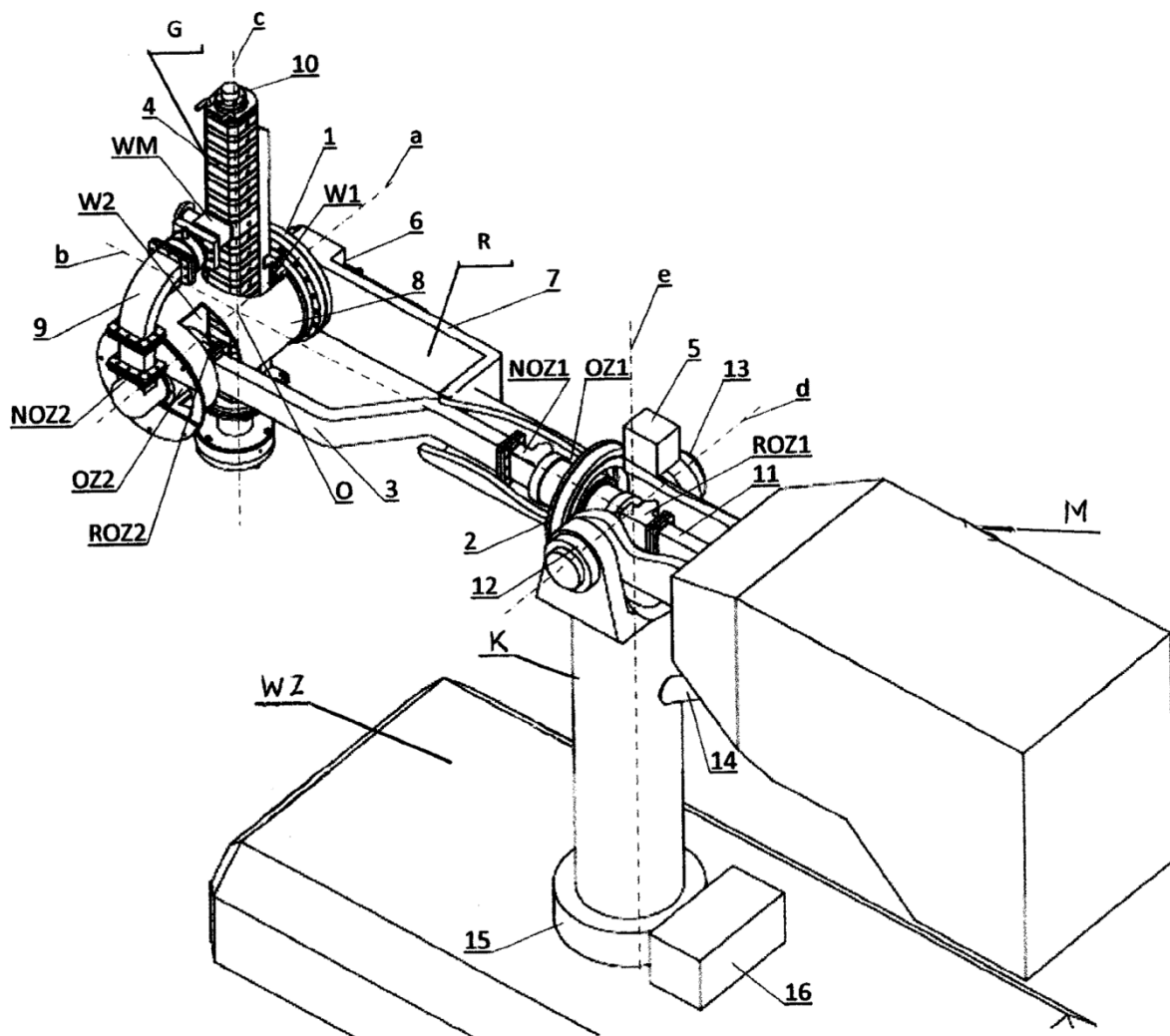


Fig. 1

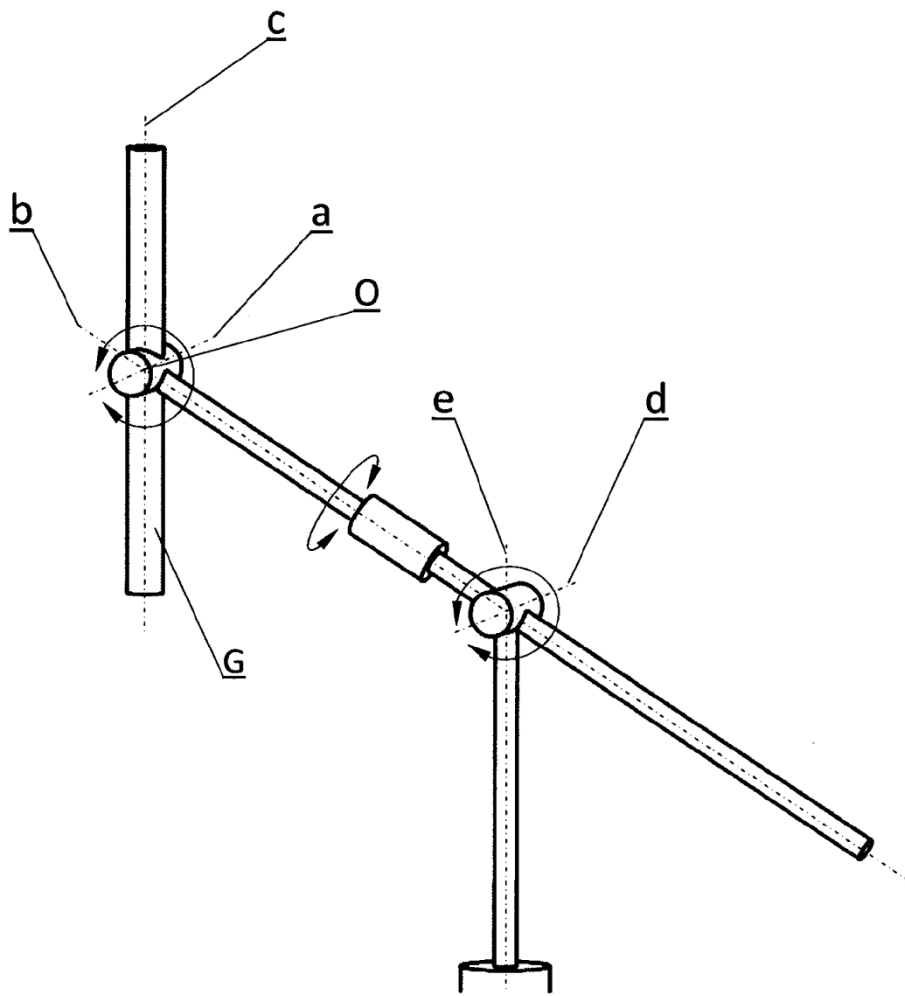


Fig. 2

