

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244648 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440017**

(22) Data zgłoszenia: **2021.12.29**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.07.03 BUP 27/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.02.19 WUP 08/2024**

(51) MKP:

A01K 15/04 (2006.01)

A01K 1/03 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**UNIwersytet Medyczny im. Piastów
Śląskich we Wrocławiu, Wrocław, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
**TOMASZ BIELAWSKI, Wrocław, PL
PAWEŁ KROWICKI, Wrocław, PL
DOROTA FRYDECKA, Wrocław, PL
BARTŁOMIEJ STAŃCZYKIEWICZ, Wrocław, PL**

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Krystian Żygadło, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Zautomatyzowana klatka do prowadzenia testów poznawczych

PL 244648 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zautomatyzowana klatka do prowadzenia testów poznawczych. Urządzenie służy badaniu zdolności poznawczych zwierząt (myszy, szczury) w taki sam sposób, jak badane są zdolności poznawcze ludzi, w testach kognitywistycznych (neuroscicentests). Klatka pozwala na wykorzystanie paradygmatu uczenia się z kar i nagród (reinforcement learning) w różnych modelach, na przykład; uczenia się gdy prawdopodobieństwo nagradzania/karania jest nieznane (probabilistic learning task) lub uczenie się gdy wartość bodźca ulega nagłej zmianie (reversal learning task).

Różnego rodzaju choroby oraz urazy wpływają na zdolności poznawcze ludzi i zwierząt – na przykład na zdolność zapamiętywania, orientację przestrzenną czy zdolność uczenia się ze wzmocnień (reinforcement learning). Ta ostatnia, opisywana była min. w kontekście choroby Parkinsona w pracy Franka (Frank, M. J., Seeberger, L. C i inni, 2004, Bycarrotor by stick: cognitivereinforcement learning in parkinsonism. Science, 306(5703), 1940–1943), obecnie jest badana także w odniesieniu do uzależnień, chorób otępiennych, w kontekście traumy i przewlekłego stresu, u osób z zaburzeniami psycho-tycznymi. W opisanym artykule pacjentom prezentuje się symbole w parach, niektóre z nich wygrywają z większym prawdopodobieństwem (dają nagrodę zawsze lub często), inne z mniejszym (nie dają nagrody wcale lub dają ją rzadko). To, jak szybko ktoś zorientuje się które symbole są bardziej korzystne, oraz to, czy osoba lepiej zapamięta symbol karzący lub nagradzający, zdaje się mieć związek ze zmianami na poziomie neuroprzebieżnictwa w mózgu. Zbudowane urządzenie służy badaniu tych funkcji u zwierząt – wykorzystanie modelu zwierzęcego daje więcej możliwości testowych niż model ludzki. Badanie zdolności uczenia się z nagród i kar było wcześniej badane na modelach zwierzęcych, także w kontekście ekranów dotykowych (Homer, Alexa E., et al. "The touchscreen operant platform for testing learning and memory in rats and mice." *Nature protocols* 8.10 (2013): 1961).

Ze stanu techniki jest znana komora do testów poznawczych *Bussey-SaksidaTouchScreen Systems for Rodents*. Jest ona sterowana przewodowo komputerem i zawierają: ekran dotykowy, umieszczony po przeciwnej stronie ekranu podajnik pokarmu ciekłego lub stałego, oświetlenie LED, generator dźwięku, czujniki podczerwone umieszczone po każdej stronie ekranu dotykowego jako detektory zbliżeniowe, czujnik podczerwony w tylnej części komory, przy czym komora ma kształt trapezu w rzucie z góry.

Z innej publikacji naukowej *A mobile interface using android® devices for operant laboratory courses*, *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta Mexican Journal of Behavior Analysis*, 2018 June, Vol. 44, 71–85) znane jest zastosowanie mikrokontrolera Arduino Uno, sterowanego z poziomu aplikacji systemu Android bezprzewodowo (Bluetooth), do kontroli komory do testów poznawczych.

Z amerykańskiego opisu patentowego US6475188B1 znana jest pompka do dozowania cieczy dla zwierząt. W pompie zastosowano śrubowy mechanizm napędowy, który jest uruchamiany przez dołączony mały silnik krokowy. Pompa tłoczy płyn poprzez bezpośrednie mechaniczne przemieszczenie z dwóch mikrostrzykawek ustawionych równolegle. Pompa obraca się swobodnie nad klatką ze zwierzęciem za pomocą elektrycznego pokrętła i łączy się z głową zwierzęcia tylko za pomocą dwóch małych elastycznych rurek kapilarnych, które przechowują i dostarczają płyny do obu stron mózgu. Dzięki powiązaniom połączeniom elektronicznym pompa pozwala zwierzęciu na podważanie tłoka w celu samodzielnego podawania płynów.

W publikacji „*A low-cost touchscreen operant chamber using a Raspberry Pi*” (*Behavior Research Methods*), opisano konstrukcję komory do testów poznawczych zawierającą: ekran dotykowy, mikrokomputer Raspberry Pi umieszczony za ekranem, głośnik, podajnik pokarmu z silnikiem krokowym umieszczony po przeciwnej stronie względem ekranu, podczerwone czujniki przerwania pobierania pokarmu za zasobnika, mikrokontroler Arduino Uno (połączony z podajnikiem, czujnikami, ekranem dotykowym), przy czym konstrukcję szkieletową komory stanowi zamknięty pojemnik z tworzywa sztucznego.

Problemem technicznym stawianym przed wynalazkiem jest dostarczenie klatki do prowadzenia testów poznawczych, z wbudowanym dotykowym ekranem umożliwiającym wyświetlanie złożonych bodźców. Co więcej, klatka powinna dawać możliwość precyzyjnego i zautomatyzowanego podawania pokarmu (nagrody) skoordynowanego z wyborem symboli wyświetlanych na dotykowym ekranie. Konstrukcja dozownika musi być niewielka i lekka, a system dozowania precyzyjny, tak by nie przekarmić badanych zwierząt. Dodatkowo, konstrukcja powinna być łatwa w czyszczeniu, szczególnie w miejscach najbardziej narażonych na zabrudzenie przez zwierzęta. Co więcej, całe urządzenie musi być łatwe do przenoszenia oraz proste w naprawie, czyli zbudowane z elementów łatwo dostępnych na rynku.

Przedmiotem wynalazku jest zautomatyzowana klatka do prowadzenia testów poznawczych zawierająca korpus główny klatki do prowadzenia testów poznawczych i komorę dozownika zamontowaną do korpusu głównego klatki do prowadzenia testów poznawczych, charakteryzująca się tym, że komora dozownika zamocowana jest do korpusu klatki na jego ścianie przedniej poszycia, i komora dozownika zawiera mechanizm do dozowania pokarmu, zawierający silnik mechanizmu dozującego, do którego poprzez sprzęgło zamocowana jest obrotowa śruba trapezowa, i na śrubie trapezowej zamocowany jest ruchomy element wypychający strzykawkę, i zawiera gniazdo do mocowania strzykawki, do śruby trapezowej i do gniazda do mocowania strzykawki zamocowane są czujniki krańcowe do oznaczania położeń strzykawki.

W korzystnej realizacji wynalazku element wypychający strzykawkę zawiera ramię, do którego jest prostopadły pierwszy wspornik zawierający wnękę do mocowania śruby trapezowej, i do ramienia prostopadły jest drugi wspornik zawierający wnękę do przyjmowania tłoku strzykawki, zamocowany do ramienia prostopadłe względem pierwszego wspornika względem w taki sposób, że pierwszy wspornik tworzy z drugim wspornikiem kąt prosty gdy patrzy się wzdłuż ramienia.

W następnej korzystnej realizacji wynalazku korpus główny klatki zawiera ramę szkieletową korpusu klatki do prowadzenia testów poznawczych, która to rama szkieletowa zawiera ścianę górną ramy szkieletowej, ścianę przednią ramy szkieletowej, ścianę tylną ramy szkieletowej i dwie ściany boczne ramy szkieletowej, przy czym do ściany ramy szkieletowej są zamocowane blachy poszycia odpowiadające ścianom ramy szkieletowej, i rama szkieletowa zawiera komorę przednią klatki i komorę tylną klatki, przy czym pomiędzy komorą przednią klatki i komorą tylną klatki do ramy szkieletowej klatki zamocowana jest ściana komory przedniej klatki, oddzielająca komorę przednią klatki od komory tylnej klatki, i w komorze przedniej klatki zamocowana jest podłoga, przy czym komora przednia klatki zawiera wysuwną szufladę zamocowaną poniżej podłogi do ramy szkieletowej klatki za pomocą prowadnic teleskopowych szuflady, i do ściany przedniej poszycia klatki zamocowana jest komora dozownika, i ściana górna poszycia zawiera klapę rewizyjną, i ściana tylna poszycia zawiera klapę rewizyjną tylną.

W kolejnej korzystnej realizacji wynalazku podłoga zawiera perforację.

W innej korzystnej realizacji wynalazku ściana komory przedniej zawiera otwór do montażu ekranu dotykowego, korzystnie w otworze do montażu zamocowany jest ekran dotykowy.

W jeszcze kolejnej korzystnej realizacji wynalazku komora dozownika zawiera ścianę tylną dozownika, ścianę lewą dozownika, ścianę prawą dozownika, ścianę przednią dozownika, przy czym komora dozownika jest zamknięta od góry za pomocą pokrywka komory dozownika, i komora dozownika zawiera mechanizm dozujący pokarm.

W jeszcze następnej korzystnej realizacji wynalazku pokrywka komory dozownika jest mocowana rozłącznie do komory dozownika za pomocą magnesów neodymowych.

W jeszcze innej korzystnej realizacji wynalazku ściana górna ramy szkieletowej w przekroju poprzecznym ma kształt łuku.

Konstrukcja klatki powstała na bazie spawanych profili stalowych do których przytwierdzone zostały płyty blaszane tworzące ściany oraz podzespoły wchodzące w skład elektroniki. Układem sterującym wyświetlanymi obrazami, podajnikiem pokarmu oraz sygnalizacją pojawienia się pokarmu (dioda LED oraz buzzer – głośnik) jest komputer jednopłytkowy Raspberry Pi. Układ sterowania został umieszczony w komorze za ekranem. Znajduje się tam Raspberry Pi które komunikuje się z mikrokontrolerem AVR do którego podłączono działające na podczerwień czujniki zbliżeniowe służące jako dodatkowo źródło wyboru obrazu. Dodatkowo Raspberry Pi połączono taśmą 40 pionową, z opracowaną płytką PCB do której zostały wpięte wspomniane wcześniej dioda LED, brzęczyk (*buzzer*), czujniki krańcowych położeń strzykawki (wysunięta/wsunięta) oraz sterownik silnika krokowego odpowiadający za pracę silnika wypychającego tłok strzykawki w której znajduje się pokarm. Dodatkowo sterowanie pracą podajnika jest automatyczne podczas działania programu testującego zwierzę, oraz manualne z aplikacji mobilnej gdzie można napełniać strzykawkę lub dawkować pokarm (możliwe sterowanie ilości wypchanego pokarmu). Po opróżnieniu strzykawki z płynu, silnik automatycznie wraca do ustawień wyjściowych.

Do sterowania klatką opracowano dwie aplikacje webową oraz na urządzenia mobilne. Webowa aplikacja składa się dwóch warstw. Pierwsza to warstwa graficzna do wizualizacji zapisanych wyników oraz druga warstwa to REST API z którym komunikuje się aplikacja mobilna. Opracowane dotychczas funkcjonalności REST API umożliwiają tworzenie nowych programów badawczych (min kolejność wyświetlania obrazków oraz wybór obrazka, prawdopodobieństwo otrzymania nagrody, sygnalizacja dźwiękowa i optyczna po otrzymaniu nagrody). Wprowadzono podział programów ze względu na myszy.

Kolejnymi funkcjami są: uruchomienie programu, testowanie działania diody LED i brzęczka (*buzzer*), niezależne podanie pokarmu oraz funkcja napełnienia strzykawki pokarmem. Program może zostać uruchomiony zdalnie, wymagane jest podłączenie klatki do Internetu. Opracowywane programy zapisywane są w bazie danych, która działa na tym samym serwerze co wspomniana aplikacja webowa.

Działanie urządzenia bazuje na wyświetlaniu pary symboli (na przykład A oraz B), co umożliwia dokonanie wyboru. Wybór wygrywającego symbolu powoduje nagrodę (kropla słodkiego płynu), wybór przegrywającego symbolu powoduje karę (brak nagrody). Wybór dokonuje się przez dotknięcie symbolu na ekranie (ekran dotykowy pojemnościowy) lub wybór luki umieszczonej pod wyświetlanym symbolem (w obu lukach znajdują się czujniki zbliżeniowe na podczerwień). Najprościej mówiąc, w kolejnych seriach zwierzę wybiera symbol po lewej, lub po prawej stronie. Nagroda, czyli kropla płynu, pojawia się w dozowniku, na ścianie przeciwległej względem ekranu dotykowego i czujników. Karą jest brak nagrody.

Urządzenie działa w połączeniu z dedykowaną aplikacją uruchomioną na Raspberry Pi, która umożliwia wyświetlanie różnych symboli (różnych rozmiarów, kształtów i kolorów), w różnej kolejności i różnych kombinacjach. Do każdego symbolu można przyporządkować dowolne prawdopodobieństwo z którym symbol wygrywa (na przykład 90% lub 5%). Pojawienie się nagrody może być zasygnalizowane dodatkowym sygnałem dźwiękowym lub/i świetlnym. Oba sygnalizatory są ulokowane przy podajniku słodkiego płynu. Aplikacja funkcjonująca na urządzeniu odpytuje serwer, czy nie pojawiło się nowe zadanie do realizacji. Pojawienie się zadania jest wynikiem wystania żądania z urządzenia mobilnego na serwer. Tak więc aplikacja mobilna pozostawia na serwerze wiadomość, że w klatce ma zostać uruchomiony dany program X. Natomiast klatka odpytując serwer otrzymuje informację, że ma uruchomić program nr X, po czym pobiera wszystkie kroki danego programu X z bazy danych, korzystając z poleceń REST API. Aplikacja mobilna działa z poziomu środowiska Android, a więc jest obsługiwana przez smartfona lub inne dowolne urządzenie z dostępem do Internetu. Program działający na urządzeniu pomiarowym którą jest opracowana klatka, nie tylko pobiera i wyświetla programy testowe ale także rejestruje parametry takie jak szybkość wyboru, ilość wyborów prawidłowych, ilość wyborów nieprawidłowych, a następnie przekazuje do bazy danych. Aplikacja webowa w połączeniu z bazą danych, gromadzi wyniki z których następnie możliwe jest późniejsze matematyczne określenie preferencji każdego osobnika do uczenia się z nagród, preferencji do uczenia się z kar, preferencji wyboru nowego symbolu lub konserwatywnego przywiązania do znanego symbolu, i tym podobne.

Rozwiązanie wg wynalazku posiada szereg zalet. Większość urządzeń dostępnych na rynku traktuje diody/proste kombinacje kolorowych gaszonych i zapalonych diod jako bodźce kojarzone z nagrodą lub karą. Zaprojektowane urządzenie pozwala na wyświetlanie dowolnych bodźców (obrazków) na dotykowym ekranie. Z uwagi na to, że dotykowa powierzchnia ma wbudowany mikrokomputer z systemem operacyjnym, możliwe jest łatwe wyświetlanie dowolnego bodźca – od prostych symboli, przez kolorowe obrazki, aż po ruchome elementy. Co więcej, dotykowy ekran można dostosować pod względem "*tapowalności*" (wybieralności czyli wrażliwości na dotyk) lub "*nie-tapowalności*" (niewrażliwości na dotyk). Daje to duże możliwości operowania wyświetlanym bodźcem oraz wybieralnością tego co widoczne na ekranie.

Klatka do prowadzenia testów poznawczych może być dowolnie transportowana, z uwagi na wbudowany w ekran dotykowy mikrokomputer, nie musi być fizycznie podłączona do innych elementów, poza źródłem Internetu i prądu. To pozwala na oszczędność miejsca, oraz zapewnia łatwość we wpasowaniu się w przestrzeń pracowni behawioralnej. Urządzenie jest łatwe w czyszczeniu, co stanowi ważny element pracy w modelach zwierzęcych.

Silnik krokowy, który napędza śrubę poprzez sprzęgło, odpowiadając za obrót nakrętki poruszającej się po śrubie trapezowej. To pozwala na poruszanie się elementu dozującego pokarm, wywierając odpowiedni nacisk na tłok strzykawki. Ruch elementu dozującego jest kontrolowany przez czujniki krańcowe. W momencie maksymalnego naciągnięcia tłoku (pełna strzykawka) urządzenie jest gotowe do dozowania wybranej ilości pokarmu, a w momencie maksymalnego wypchnięcia tłoku (pusta strzykawka) urządzenie automatycznie przestaje tłoczyć pokarm i wraca do ustawień wejściowych (tłok maksymalnie naciągnięty). W strzykawce można umieścić dowolny rodzaj płynu (płynny pokarm, woda, roztwór zawierający lek lub inną substancję czynną). Cały system podawania pokarmu składa się z elementów które łatwo rozłożyć, wyczyścić i złożyć. W razie awarii któregoś z komponentów (strzykawka, tłok, dioda, silnik), wszystkie części są zastępowalne elementami łatwo dostępnymi na rynku. To pozwala na szybką naprawę ewentualnych awarii i zapewnia niski koszt prowadzenia badań przy użyciu omawianego urządzenia.

Przykład realizacji rozwiązania wg wzoru użytkowego przedstawiono na rysunku, gdzie na uwidoczniono na: fig. 1 rzut złożeniowy zautomatyzowanej klatki do prowadzenia testów poznawczych, fig. 2 ramę szkieletową (2) wraz z czterema profilami (2a, 2b, 2a', 2b') umożliwiającymi mocowanie szuflady (3) na prowadnicach teleskopowych (3d', 3d), fig. 3 przedstawiającą ścianę górnego poszycia (A'), fig. 4 ukazującą szufladę wysuwną, fig. 5 ukazującą ścianę tylnego poszycia (C), fig. 6 z podłogą (4) i ścianą komory przedniej (5), fig. 7 z przekrój podłużny zautomatyzowanej klatki do prowadzenia testów poznawczych, fig. 7.1 z oznaczonymi komorami: przednią (KP), tylną (KT) oraz dozownika (KD), fig. z 8 rzutem ścian komory dozownika: KD1-KD3, fig. 9 widok komory dozownika od strony ścian przedniej komory dozownika (KD4), fig. 9.1 Widok przejrzysty przez ścianę KD4, fig. 10A-10B rzuty przejrzyste ukazujące rozmieszczenie elementów komory dozownika, fig. 11 model ukazując ściany komory dozownika jako półprzezroczyste płaszczyzny i rozmieszczenie elementów w komorze dozownika, fig. 12 system mechaniczny dozujący pokarm (6), fig. 13 pokrywka komory dozownika, fig. 14 obudowa strzykawki (element 6d), fig. 15 element wypychający strzykawkę.

Przykład 1 Konstrukcja zautomatyzowanej klatki do prowadzenia testów poznawczych

Zautomatyzowana klatka do prowadzenia testów poznawczych (fig. 1) zawiera korpus klatki 1 zbudowany ze spawanej ramy szkieletowej (2) (fig. 2), która rama to wykonana jest z profili stalowych (stal austenityczna) o wymiarze 15x15x1,5 mm. Rama szkieletowa 2 zawiera ścianę górną A, ścianę przednią B, ścianę tylną C, i ściany boczne D i E. Konstrukcja ramy szkieletowej 2 definiuje komory korpusu klatki 1, komorę przednią (KP) i komorę tylną (KT) (Fig. 7). Komora przednia (KP) to komora gdzie przebywa zwierzę. Komora tylna (KT) to miejsce zamontowania elektroniki. Komora dozownika (KD) to miejsce w którym system mechaniczny dozowania pokarmu. Figura 7.1 pozwala rozróżnić omawiane komory. KD jest umocowana na ścianie poszycia B' – mocowanie (6m, 6m') są widoczne zarówno na ścianie B jak i na ścianie tylnej dozownika (KD4). Ściana B posiada także trzy otwory, odpowiadające otworom w ścianie dozownika KD4 (6n, 6e, 6f).

W komorze KP umieszcza się zwierzęta w celu prowadzenia badań. W komorze KP umieszczone są cztery krótkie profile (2a, 2b, 2a', 2b') (Fig. 2), umożliwiające zamocowanie ruchomej szuflady (3) na prowadnicach teleskopowych (3d, 3d') (Fig. 4). KT zawiera elektronikę sterującą pracą urządzenia. Do ramy szkieletowej 2, za pomocą nitonakrętek, zamontowane są elementy poszycia wykonanego z blach oraz pozostałe elementy funkcjonalne klatki (A'-E'). Rama szkieletowa 2 definiuje ścianę górną klatki A, ścianę przednią klatki B, ścianę tylną klatki C, i dwie identyczne ściany boczne klatki D i E (Fig. 1). Do każdej ze ścian klatki 1, określonych przez ramę szkieletową 2, zamocowane są blachy poszyciowe (A'-E'). Do ramy 2 oraz ścian (A-E) zamocowane są pozostałe elementy funkcjonalne klatki. Wszystkie blachy poszycia klatki zostały anodowane. Tak przygotowana powierzchnia blach pozwala uzyskać estetyczny wygląd, bez konieczności lakierowania, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości na zużycie. Ściana poszycia A' (fig. 3), ze względu na charakterystyczny kształt ściany górnej A ramy szkieletowej 2, musiała zostać poddana obróbce plastycznej – gięciu. Na ścianie poszycia A' znajdują się dodatkowe elementy – kłapa rewizyjna A1. Umożliwia ona umieszczenie zwierzęcia na czas badań, i jest na tyle duża, że pozwala na skuteczną dezynfekcję wnętrza KP. Otwieranie A1 umożliwia zawias A2 oraz uchwyt klapy A3 (Fig. 3). Na ścianie poszycia C' znajduje się kłapa rewizyjna tylna C1 umożliwiająca dostęp do komory tylnej KT oraz swobodne wprowadzanie modyfikacji w układzie elektronicznym. Otwieranie klapy C1 umożliwia zawias (C2) oraz uchwyt (C3) (Fig. 5). Klatka 1 nie posiada zabudowanego spodu, zamknięcie od dołu, w części odpowiadającej komorze przedniej KP klatki 1, stanowi ruchoma szuflada (3). Ruchoma szuflada 3 składa się z miski szuflady (3a), ściany przedniej szuflady (3b) uchwytu szuflady (3c) oraz prowadnic teleskopowych szuflady 3d i 3d' (fig. 4). Prowadnice umożliwiają wysuw szuflady z w korpusie klatki 1. Komora tylna klatki KT, w której umieszczona jest elektronika, ma otwarty spód.

Powierzchnia na której przebywa zwierzę (4, 5) wykonana jest z perforowanej blachy EN AW5754 H111 i znajduje się w komorze przedniej KP. Blacha 4 pełniąc funkcję podłogi 5 zamocowana na górnej powierzchni 2a, 2b, 2a', 2b'. Większość powierzchni blachy 4 zajmuje perforowany obszar 4a ułatwiający poruszanie się badanemu zwierzęciu (fig. 6). W blasze 5, wykonano otwór (5a), przeznaczony do montażu ekranu dotykowego (5b). Blacha 5 dodatkowo pełni rolę ściany oddzielającą komorę przednią KP od komory tylnej KT (fig. 6).

Wizualizację klatki 1, wraz z ekranem, elektroniką i komorą dozownika KD przedstawiono na rysunku (fig. 7). Obudowę komory dozownika KD przedstawiono na Fig. 8. Jest to osobna konstrukcja przytwierdzona do ściany B. Ściana KD1 jest ścianą tylną komory dozownika KD, która przylega do ściany poszycia B' korpusu klatki 1. W ścianie tylnej dozownika KD1, dwa punkty przewidziane są na

mocowanie magnesów neodymowych (**6h1**, **6h1'**), podobnie jak w ścianie **KD4** (**6h**, **6h'**). W pokrywce komory dozownika (**PKD**) znajdują się cztery magnesy neodymowe (**6l**, **6l'**, **6l1**, **6l1'**), docelowo łączące się z **6h**, **6h'**, **6h1**, **6h1'**. Pokrywka (Fig. 12) służy zamknięciu komory dozownika **KD** od góry. Dwa otwory w ścianie **KD1** przewidziane są na zamocowanie komory dozownika **KD** do **B** (**6m**, **6m'**). W ścianie **KD1**, fig. 8, widoczny także otwór na diodę LED (**6e**), otwór na brzęczek (buzzer) (**6f**), otwór ujścia strzykawki (**6n**). Ściana **KD2** jest ścianą boczną (lewą) dozownika, posiada dwa otwory: otwór na przewody zasilające silnik (**6o**) oraz kwadratowy otwór ułatwiający dostęp do ujścia strzykawki (**6p**). **KD3** jest kolejną ścianą boczną (prawą) dozownika. **KD4** jest ścianą przednią (Fig. 9) dozownika.

System mechaniczny dozujący pokarm **6** (fig. 12) jest zamocowany wewnątrz komory dozownika **KD**. Komorę **KD** zamyka otwierana pokrywa (**PKD**), która mocowana jest na magnesach neodymowych. Wewnątrz komory **KD** znajduje się obudowa silnika (**6b**), silnik (**6a**), element wypychający strzykawkę dozującą pokarm (**6c**), gniazdo do mocowania strzykawki dozującej pokarm (**6d**), dioda LED (**6e**), brzęczek (**6f**), przykrywka gniazda mocowania strzykawki (**6k**) dwa czujniki krańcowe (**6g**, **6g'**) zamocowane do wewnętrznej części **KD**. Komorę **KD** zaprojektowano tak, że po zdjęciu pokrywy (**PKD**) widoczna jest szczelina montażowa (**6j**). Jest to przestrzeń (system wnęk) wewnątrz komory **KD**, która umożliwia szybki dostęp do istotnych miejsc dozownika, oraz pozwala na ruch elementom dozującym pokarm.

Widok dozownika (fig. 9 i fig. 9.1) przedstawia docelowe miejsce kąowego mocowania silnika (**6a**). Silnik (**6a**), napędza śrubę trapezową (**6r**) po której porusza się element wypychający strzykawkę (**6c**). Element ten jest szczególnie ważny i zaprojektowano go z szczególną starannością. Element **6c** posiada otwór (**6c1**) przez który przechodzi śruba trapezowa (**6r**). Element **6c** posiada także ramię (środkowa część elementu (**6c2**) oraz wnękę umożliwiającą zamontowanie tłoka strzykawki (**6c3**) (fig. 15). Całość elementu **6c** (który wypycha tłok strzykawki poruszając się po śrubie trapezowej) przedstawiono na fig. 14. Ramię (**6c2**) zawiera prostopadły pierwszy wspornik (**6c1'**), zawierający wnękę do mocowania śruby trapezowej (**6c1**), oraz drugi wspornik (**6c3'**) zawierający wnękę do przyjmowania tłoka strzykawki. Drugi wspornik zamocowany jest do ramienia (**6c2**) prostopadle względem pierwszego wspornika (**6c1'**) w taki sposób, że pierwszy wspornik (**6c1'**) tworzy z drugim wspornikiem (**6c3'**) kąt prosty gdy patrzy się wzdłuż ramienia (**6c2**).

Ułożenie **6c** względem innych elementów konstrukcji dozownika przedstawiono na Fig. 12. Strzykawka zamocowana jest w gnieździe mocowania strzykawki (**6d**), i zamykana jest pokrywą gniazda strzykawki (**6k**) – jest to element identyczny do gniazda mocowania strzykawki, z identycznym żłobieniem w środku, umożliwiającym stabilne umocowanie strzykawki. **6d** wraz ze żłobieniem stabilizującym strzykawkę widoczny jest na Fig. 14. Całą obudowę dozownika zamyka przykrywka komory dozownika (**PKD**) znajdująca się na Fig. 13. Służy ona ochronie użytkownika przed ruchomymi elementami wewnątrz dozownika. Dodatkowo, zabezpiecza mechanizm wewnętrzny przed niepożądanym kontaktem z zewnątrz, który mógłby zakłócać jego pracę.

Ruchome i elektryczne elementy ukazano na figurze 9.1 oraz figurze 11.

Na fig. 10 A-B umieszczono dwa rzuty przeziernie ukazujące rozmieszczenie elementów komory **KD**. Fig. 10A ukazuje widok przezierny przez przednią ścianę (**KD4**) oraz ścianę lewą (**KD2**) komory **KD**. Fig. 10B ukazuje widok przezierny przez tylną ścianę (**KD1**) oraz ścianę prawą (**KD3**) komory **KD**. Fig. 11 to model ukazujący ściany komory **KD** jako półprzezroczyste płaszczyzny, co umożliwia wgląd w ułożenie mechanicznych elementów dozujących pokarm.

Zaprojektowanie i budowa urządzenia wymagała rozwiązania pewnych trudności technicznych. Pierwszym z nich było opracowanie systemu dozowania, w którym silnik umieszczony jest równolegle do wypychanego elementu. To kryterium jest podyktowane niewielką przestrzenią znajdującą się wewnątrz dozownika. Po śrubie porusza się specjalnie zaprojektowany (i wydrukowany na drukarce 3D) element o specyficznym kształcie "Z" (**6c**) (Figura 15) przesuwając tłok strzykawki. Strzykawka jest umiejscowiona równolegle do silnika (Figura 12).

Drugim wyzwaniem było opracowanie precyzyjnego systemu dozowania płynu. W urządzeniu zastosowano system oparty o krok silnika, dzięki któremu możliwe jest dozowanie niewielkiej ilości pokarmu. Dzięki aplikacji możemy wygenerować dowolną ilość kroków pojedynczemu dozowaniu. Pojedynczy krok silnika generuje bardzo niewielką ilość wytłoczonego płynu – 0,39 mm³ płynu umieszczonego w strzykawce. Możliwe jest zmniejszenie ruchu nawet do 1/16 pojedynczego kroku – wtedy uzyskujemy minimalną wartość wytłoczonego płynu o objętości 0,44 mm³. Jest to objętość tak mała, że nie utworzy "kropki", jednak może być użyteczna w precyzyjnym domierzaniu wartości podanej zwierzęciu.

Dostarczenie niewielkiej ilości słodkiej nagrody jest kluczowe – motywuje to badane zwierzęta do kontynuowania działania przynoszącego nagrodę, jednocześnie nie dopuszczając do "przekarmienia"/"znużenia się" badanych osobników z powodu podania jednorazowo dużej porcji nagrody.

Lista oznaczeń:

1	– korpus klatki 1
2	– rama szkieletowa,
2a, 2b, 2a', 2b'	– profile umożliwiające zamocowanie szuflady (3),
3	– ruchoma szuflada,
3a	– misa szuflady,
3b	– ściana przednia szuflady,
3c	– uchwyt szuflady,
3d, 3d'	– prowadnice teleskopowe szuflady,
4	– podłoga KP,
4a	– perforowany obszar,
5	– ściana KP,
5a	– otwór dopasowany do ekranu dotykowego,
5b	– ekran dotykowy,
6	– mechanizm dozujący pokarm
6a	– silnik
6b	– miejsce na silnik (korpus dozownika),
6c	– element wypychający strzykawkę,
6c3	– wnęka do umiejscowienia tłoku strzykawki,
6c2	– ramię elementu,
6c1	– otwór przez który przechodzi śruba trapezowa,
6c1'	– wspornik pierwszy elementu wypychającego strzykawkę,
6c3'	– wspornik pierwszy elementu wypychającego strzykawkę
6d-	– gniazdo do mocowania strzykawki dozującej pokarm,
6e	– dioda LED,
6f	– brzęczek (buzzer),
6g, 6g'	– czujniki krańcowe,
6h, 6h'	– otwory mocujące magnesy KDA na KD4,
6h1, 6h1'	– otwory mocujące magnesy KDA na KD1,
6j	– szczelina montażowa,
6k	– pokrywa gniazda mocowania strzykawki,
6l, 6l', 6l1, 6l2'	– cztery magnesy neodymowe KDA,
6m, 6m'	– otwory mocujące KD na B,
6n	– otwór wyprowadzający strzykawkę,
6o	– otwór na przewody zasilające silnik,
6p	– kwadratowy otwór ułatwiający dostęp do ujścia strzykawki,
6r	– śruba trapezowa,
A	– ściana górna klatki,
A1	– kłapa górnej ściany,
A2	– zawias klapy górnej ściany,
A3	– uchwyt klapy górnej ściany,
B	– ściana przednia klatki,
C	– ściana tylna klatki,
C1	– kłapa rewizyjna góra,
C2	– zawias klapy górnej,
C3	– uchwyt klapy górnej,
D, E	– ściany boczne klatki,
A'-E'	– ściany poszycia klatki,
KP	– komora przednia klatki,
KT	– komora tylna klatki,
KD	– komora dozownika,
PKD	– pokrywa komory dozownika,

KD1	– ściana tylna KD, zamontowana do B,
KD2	– ściana lewa komory dozownika,
KD3	– ściana prawa komory dozownika,
KD4	– ściana przednia komory dozownika,
PKD	– pokrywa komory dozownika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zautomatyzowana klatka do prowadzenia testów poznawczych zawierająca korpus główny klatki do prowadzenia testów poznawczych i komorę dozownika zamontowaną do korpusu głównego klatki do prowadzenia testów poznawczych, **znamienna tym**, że komora dozownika (KD) zamocowana jest do korpusu klatki (1) na jego ścianie przedniej poszycia (B'), i komora dozownika (KD) zawiera mechanizm do dozowania pokarmu (6), zawierający silnik mechanizmu dozującego (6a), do którego poprzez sprzęgło zamocowana jest obrotowa śruba trapezowa (6r), i na śrubie trapezowej (6r) zamocowany jest ruchomy element wypychający strzykawkę (6c), i zawiera gniazdo do mocowania strzykawki (6d), przy do śruby trapezowej (6r) i do gniazda do mocowania strzykawki (6d) zamocowane są czujniki krańcowe (6g, 6g') do oznaczania położenia strzykawki.
2. Zautomatyzowana klatka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że element wypychający strzykawkę (6c) zawiera ramię (6c2), do którego jest prostopadły pierwszy wspornik (6c1') zawierający wnękę do mocowania śruby trapezowej (6c1), i do ramienia (6c2) prostopadły jest drugi wspornik (6c3') zawierający wnękę do przyjmowania tłoku strzykawki, zamocowany do ramienia (6c2) prostopadle względem pierwszego wspornika (6c1') względem w taki sposób, że pierwszy wspornik (6c1') tworzy z drugim wspornikiem (6c3') kąt prosty gdy patrzy się wzdłuż ramienia (6c2).
3. Zautomatyzowana klatka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że korpus główny klatki (1) zawiera ramę szkieletową (2) korpusu klatki (1) do prowadzenia testów poznawczych, która to rama szkieletowa (2) zawiera ścianę górną ramy szkieletowej (2), ścianę przednią ramy szkieletowej (B), ścianę tylną ramy szkieletowej (C) i dwie ściany boczne ramy szkieletowej (D, E), przy czym do ściany ramy szkieletowej (A-E) są zamocowane blachy poszycia (A'-E') odpowiadające ścianom ramy szkieletowej (A-E), i rama szkieletowa (2) zawiera komorę przednią klatki (KP) klatki (1) i komorę tylną (KT) klatki (1), przy czym pomiędzy komorą przednią (KP) klatki (1) i komorą tylną (KT) klatki (1) do ramy szkieletowej (2) klatki (1) zamocowana jest ściana komory przedniej klatki (5), oddzielająca komorę przednią (KP) klatki (1) od komory tylnej (KT) klatki (1), i w komorze przedniej (KP) klatki (1) zamocowana jest podłoga (4), przy czym komora przednia (KP) klatki (1) zawiera wysuwną szufladę (3) zamocowaną poniżej podłogi (4) do ramy szkieletowej (2) klatki (1) za pomocą prowadnic teleskopowych szuflady (3d, 3d'), i do ściany przedniej poszycia (B') klatki (1) zamocowana jest komora dozownika (KD), i ściana górna poszycia (A') zawiera klapę rewizyjną (A1), i ściana tylna poszycia (C) zawiera klapę rewizyjną tylną (C1).
4. Zautomatyzowana klatka według zastrz. 3, **znamienna tym**, że podłoga (4) zawiera perforację (4a).
5. Zautomatyzowana klatka według zastrz. od 3 do 4, **znamienna tym**, że ściana komory przedniej (5) zawiera otwór do montażu ekranu dotykowego (5a), korzystnie w otworze do montażu (5a) zamocowany jest ekran dotykowy (5b).
6. Zautomatyzowana klatka według zastrz. od 3 do 5, **znamienna tym**, że komora dozownika (KD) zawiera ścianę tylną dozownika (KD1), ścianę lewą dozownika (KD2), ścianę prawą dozownika (KD3), ścianę przednią dozownika (KD3), przy czym komora dozownika (KD) jest zamknięta od góry za pomocą pokrywki komory dozownika (PKD), i komora dozownika (KD) zawiera mechanizm dozujący pokarm.
7. Zautomatyzowana klatka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pokrywka komory dozownika (PKD) jest mocowana rozłącznie do komory dozownika (KD) za pomocą magnesów neodymowych (6h, 6l; 6h', 6l').
8. Zautomatyzowana klatka według zastrz. 3, **znamienna tym**, że ściana górna (A) ramy szkieletowej (2) w przekroju podłużnym ma kształt łuku.

Rysunki

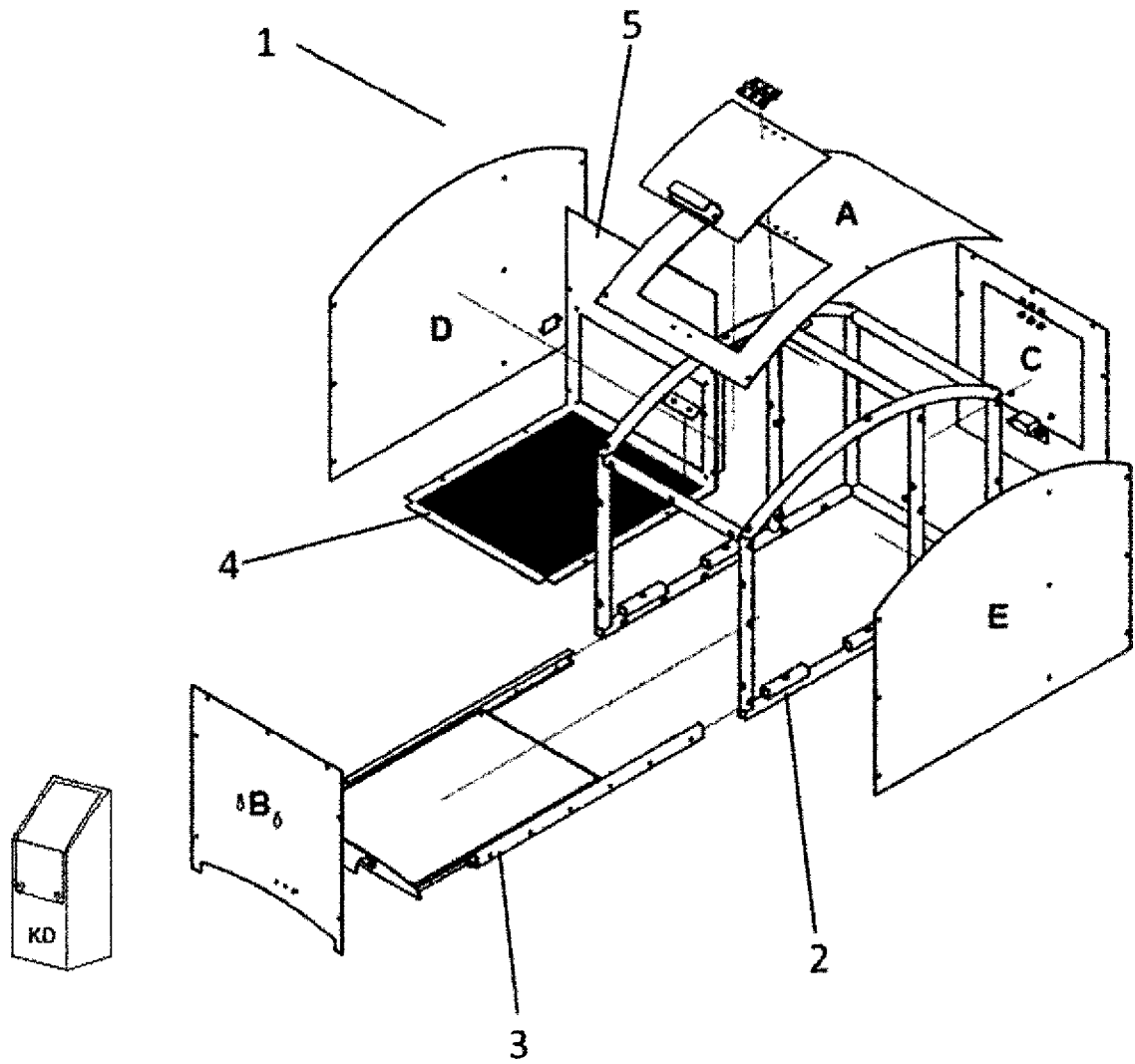


Fig. 1

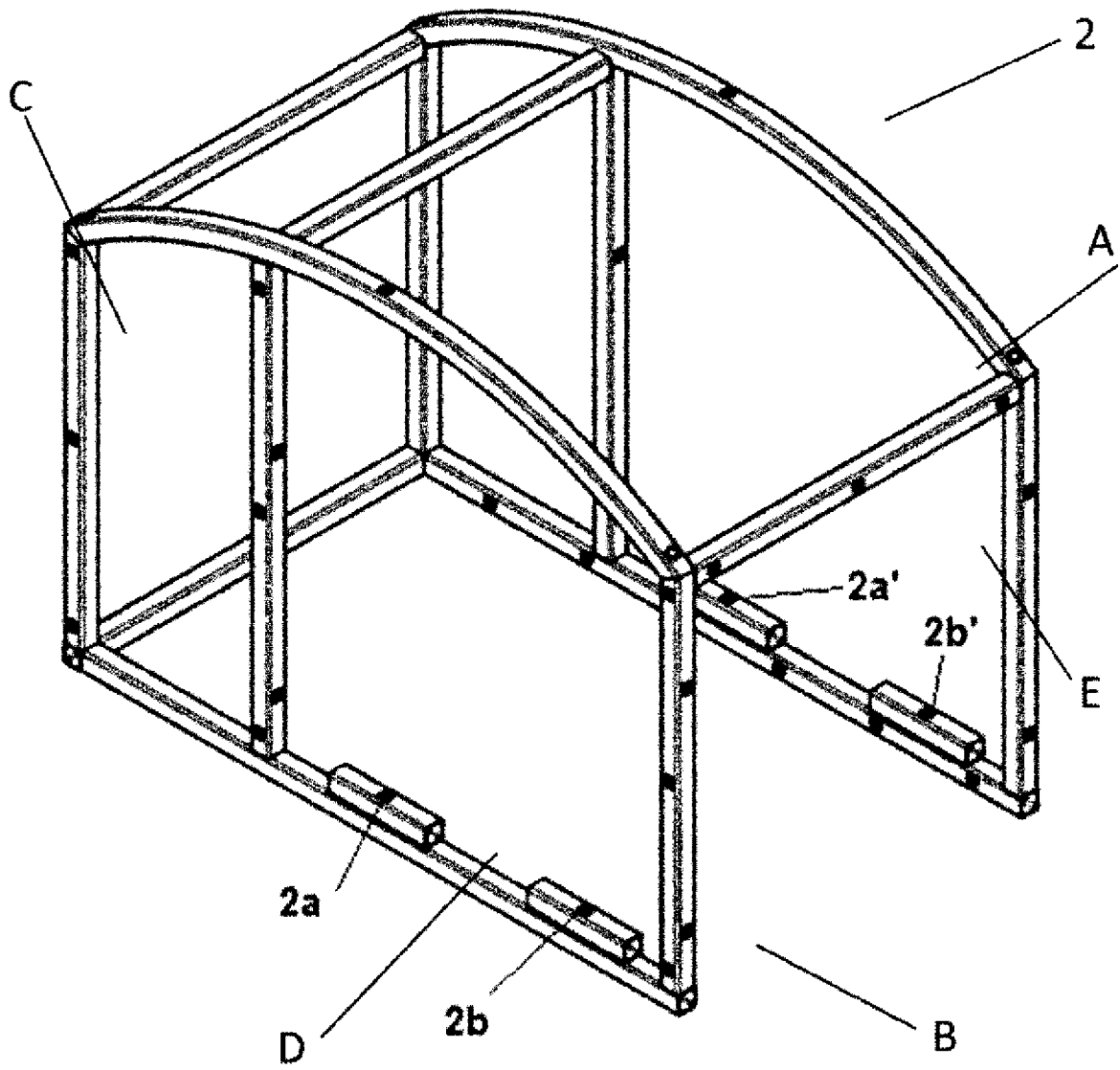


Fig. 2

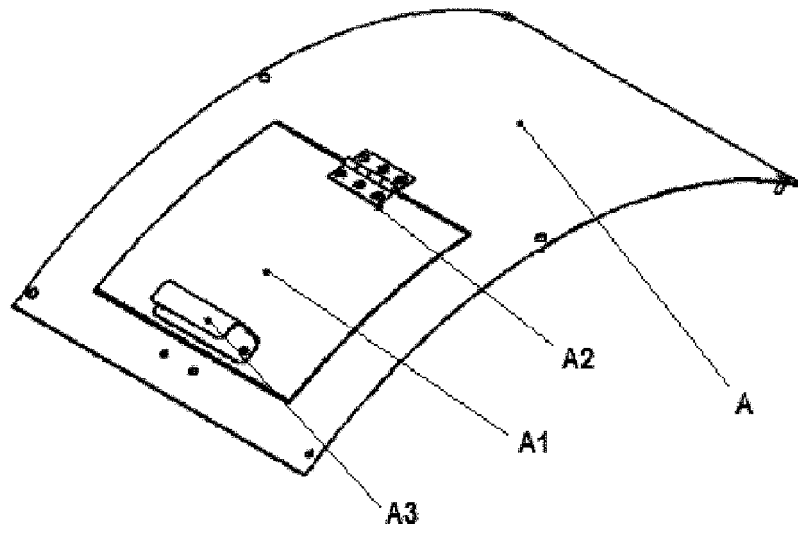


Fig. 3

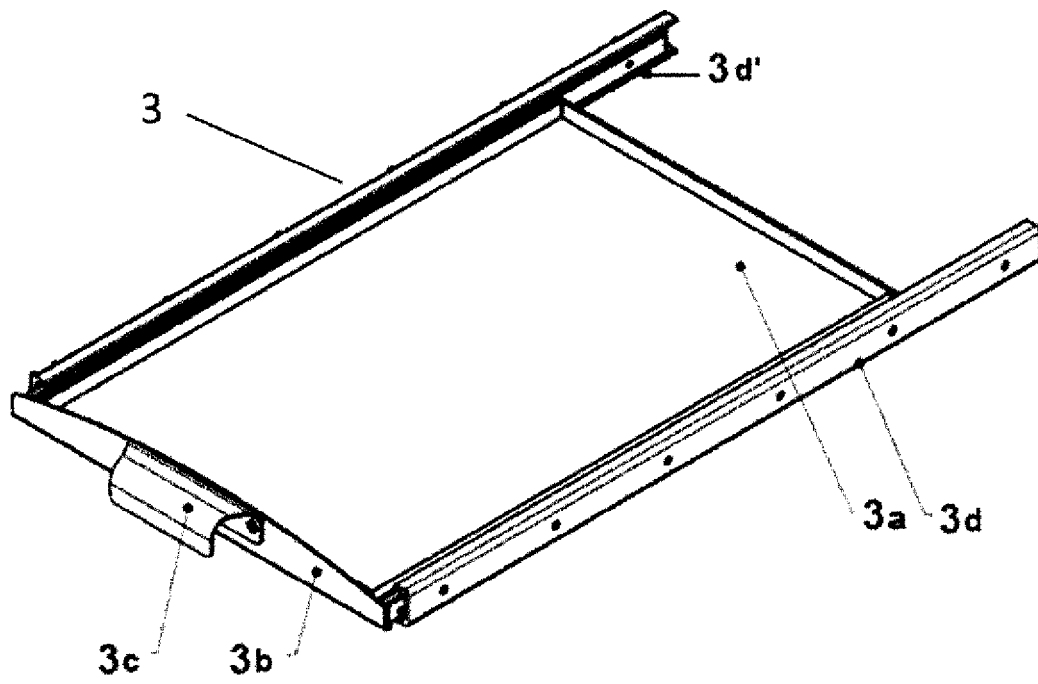


Fig. 4

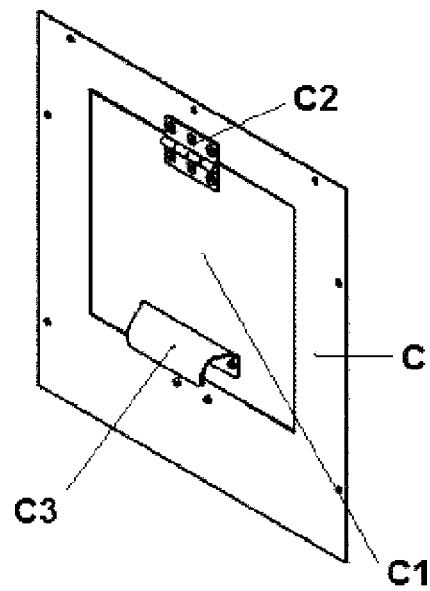


Fig.5

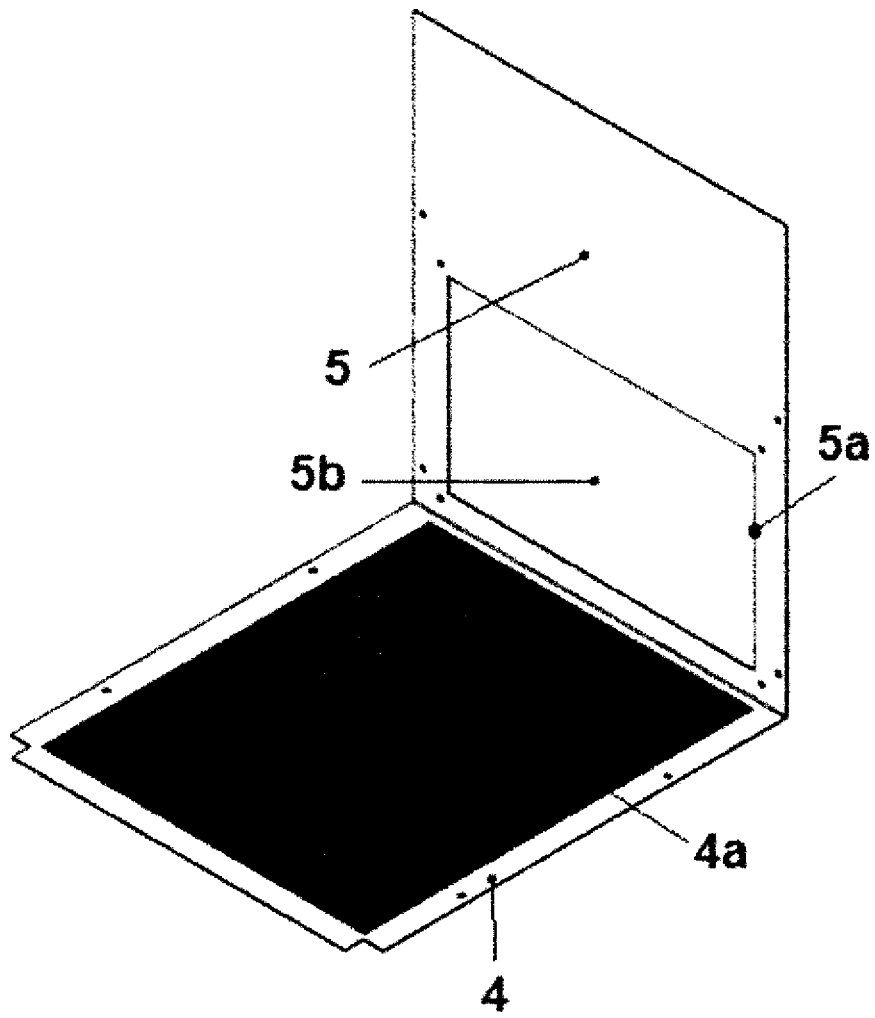


Fig. 6.

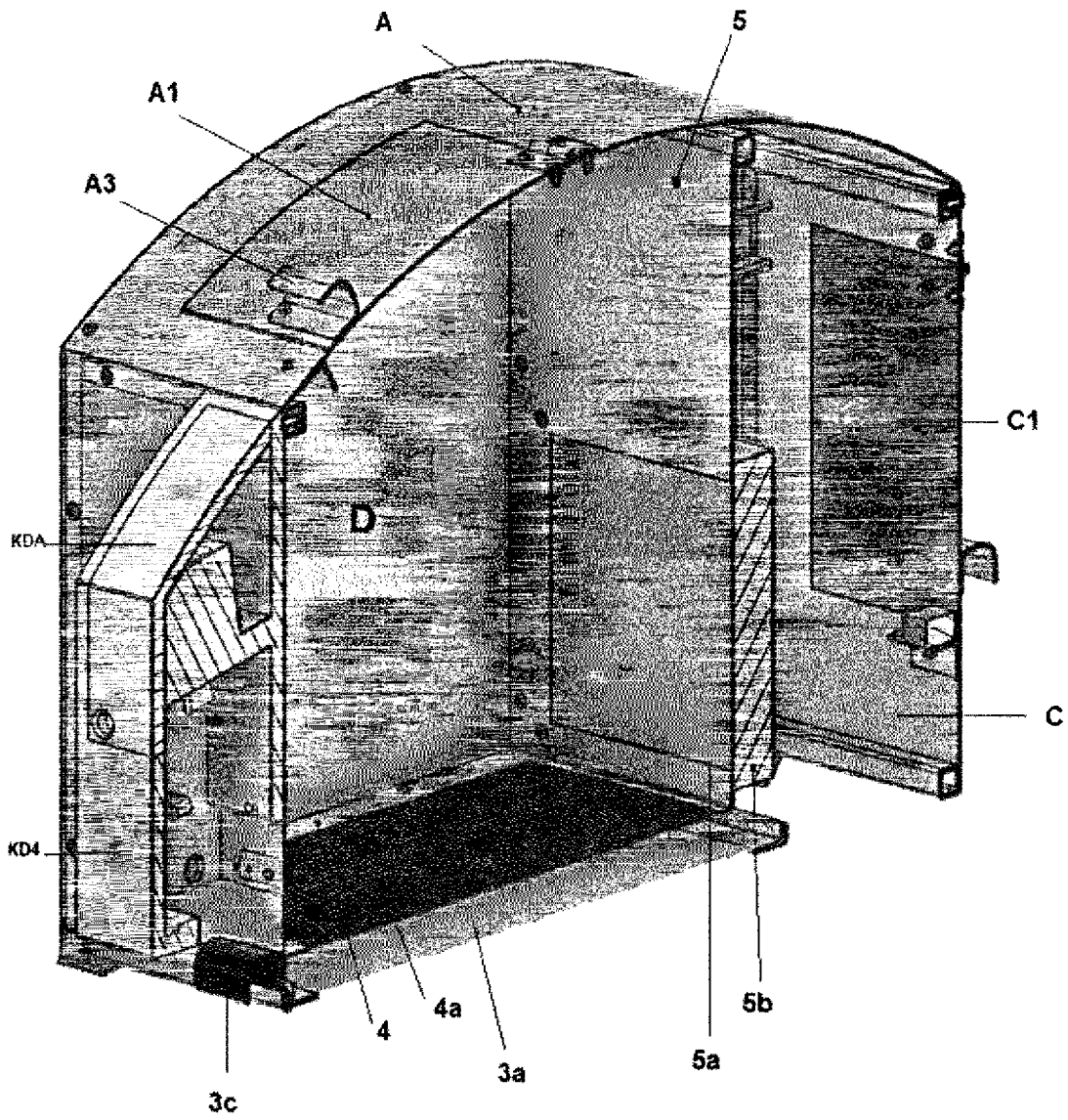


Fig. 7.

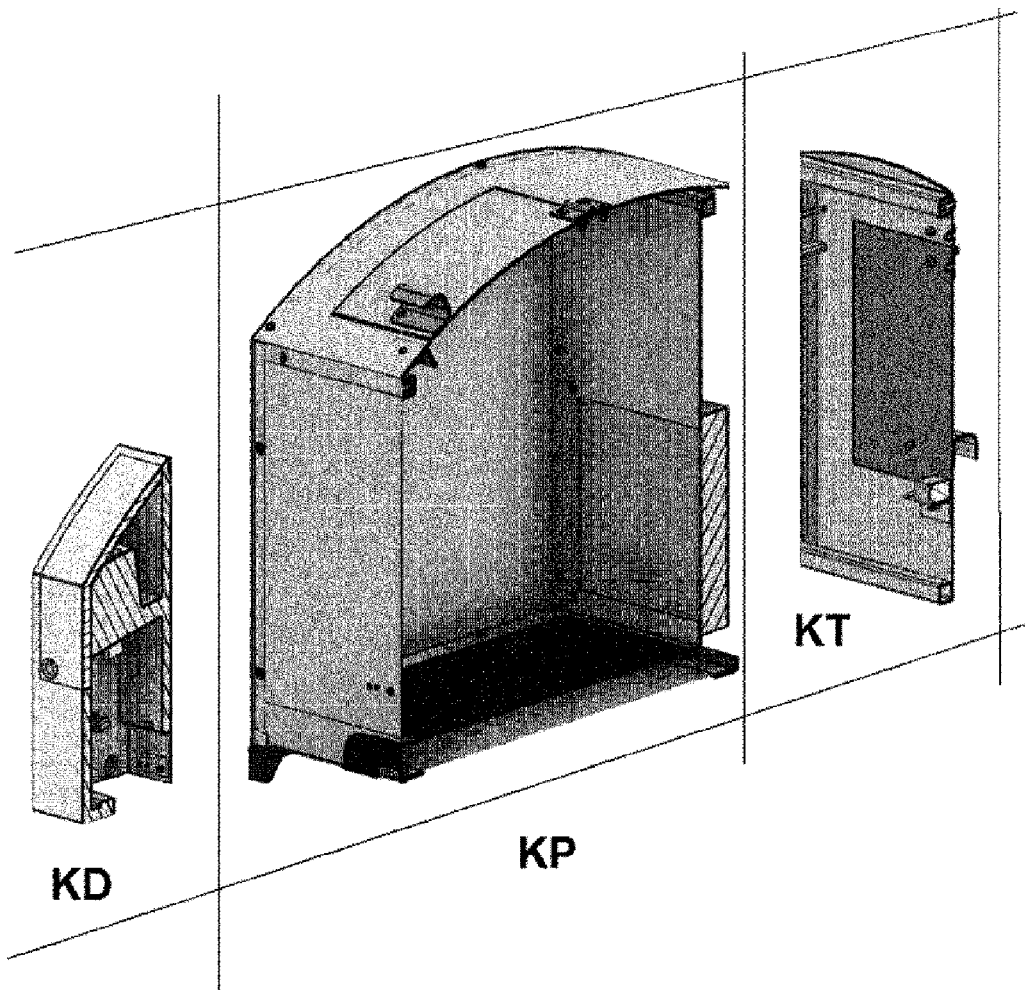


Fig.7.1

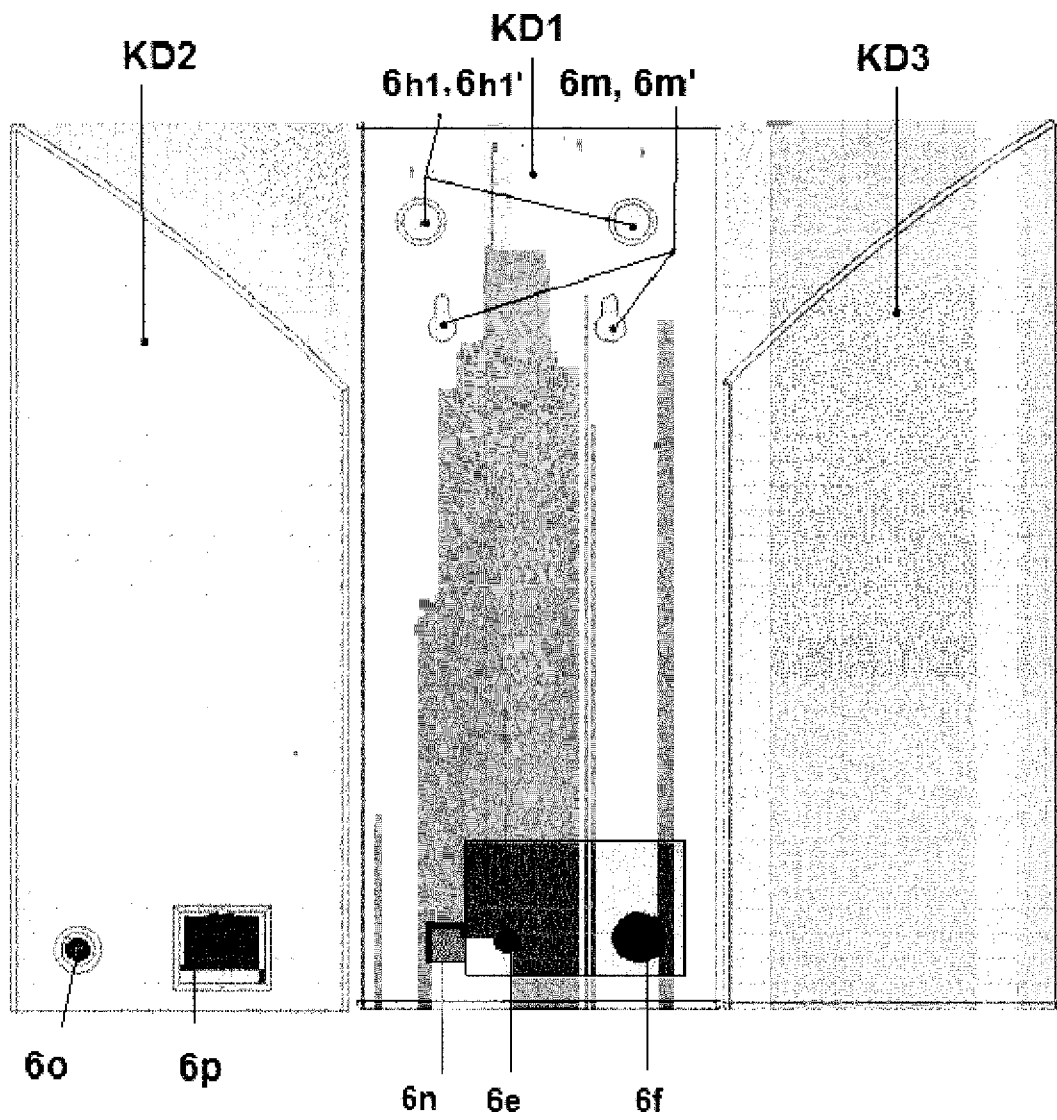


Fig.8

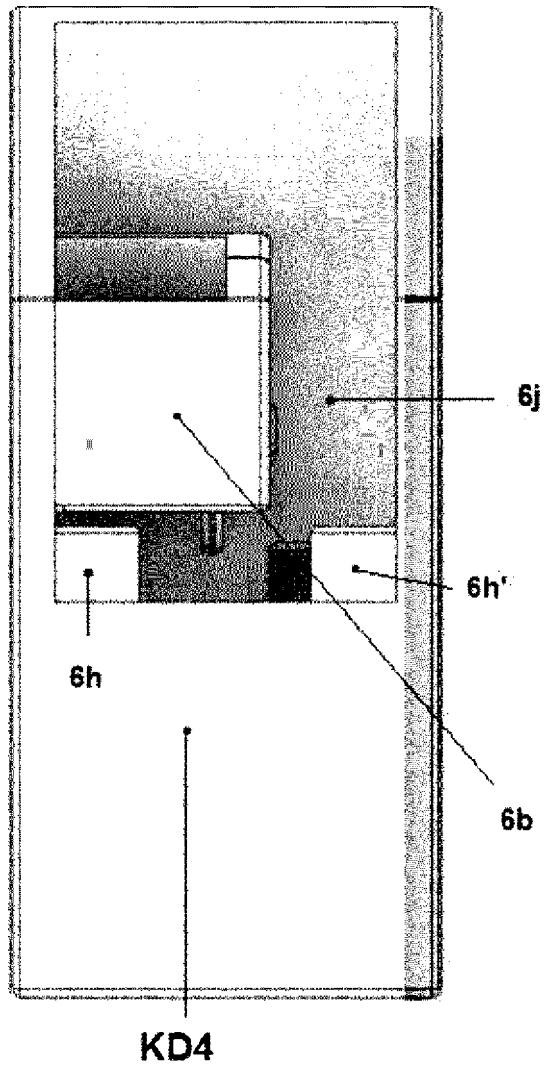


Fig. 9

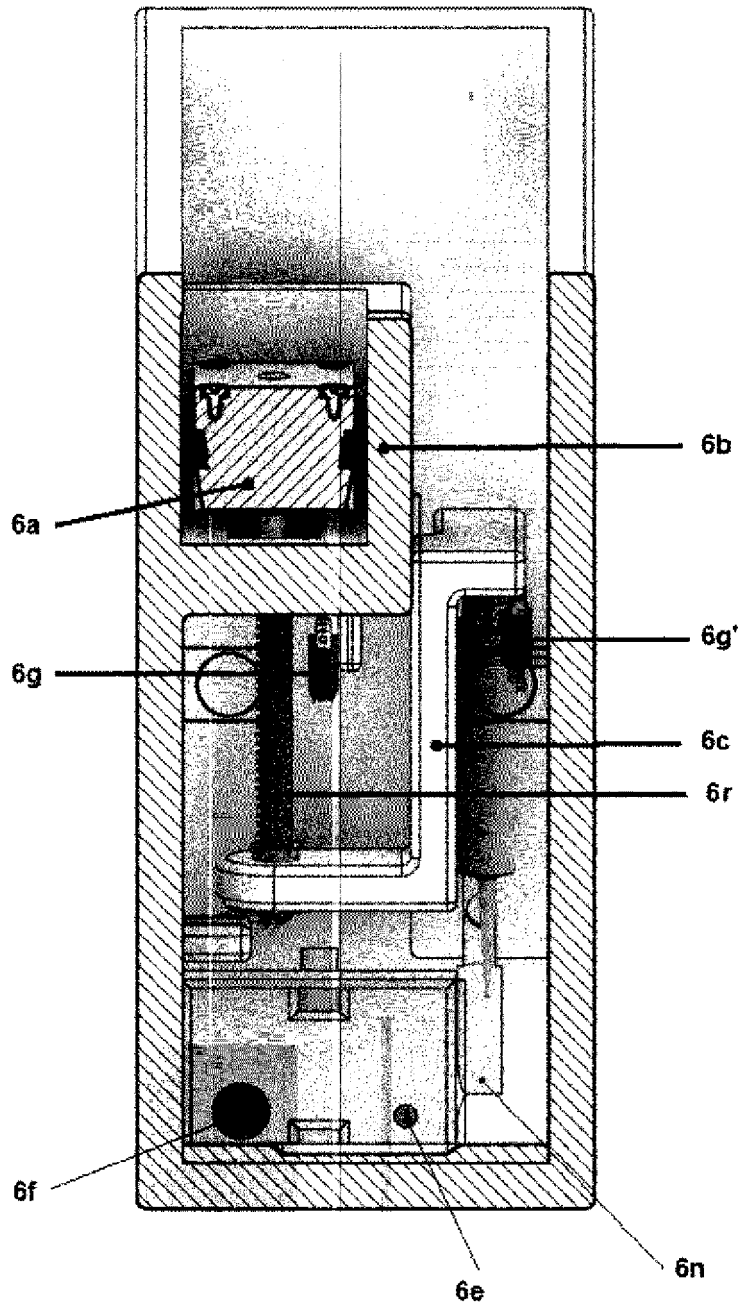


fig.9.1

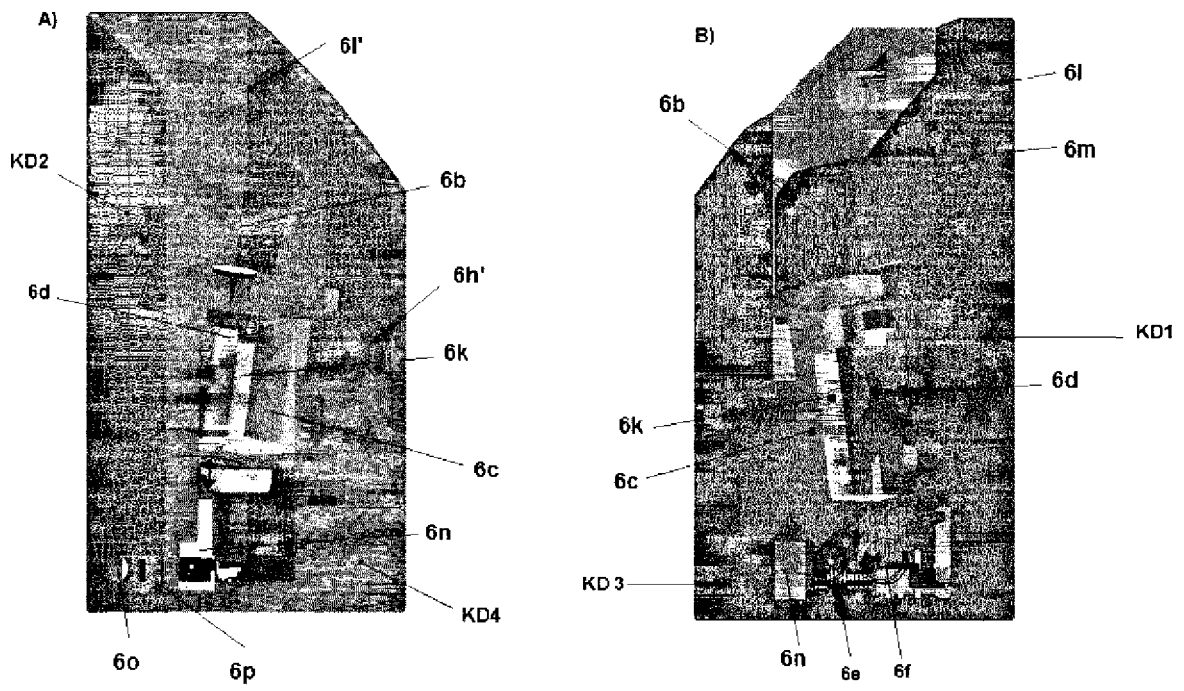


Fig. 10

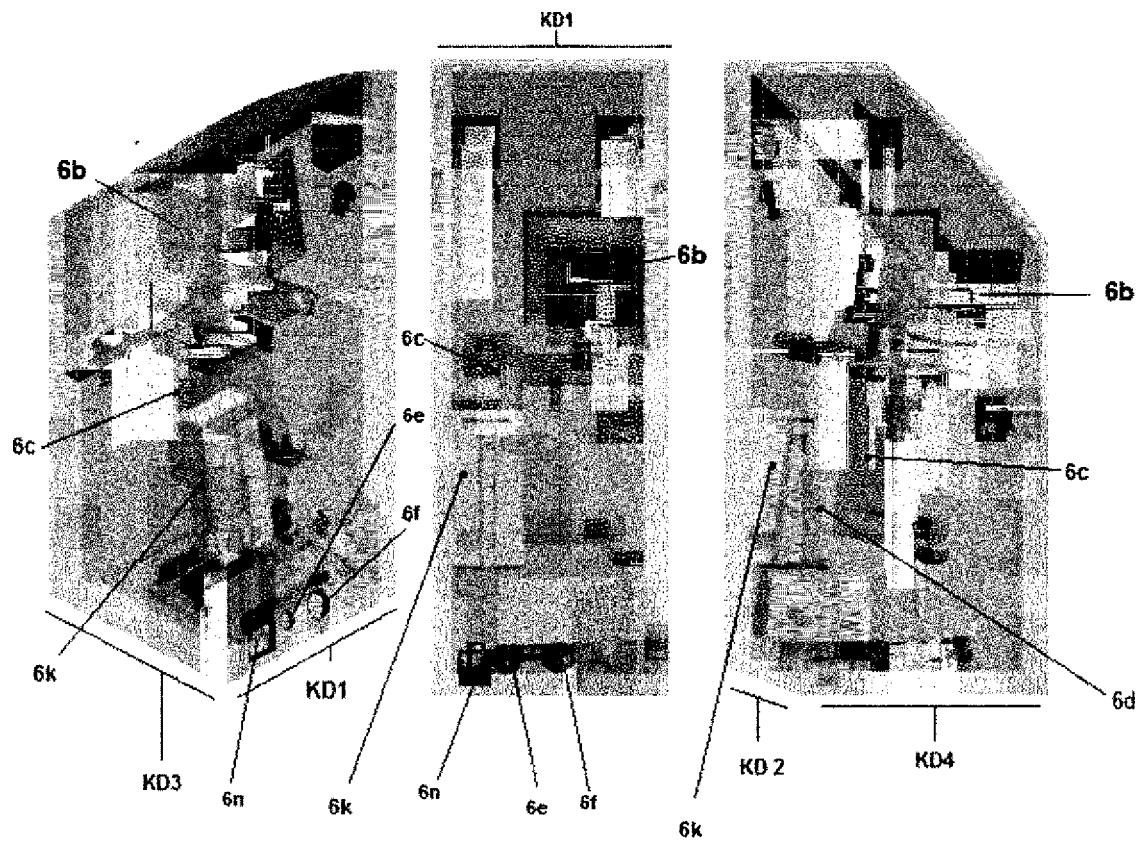


Fig. 11

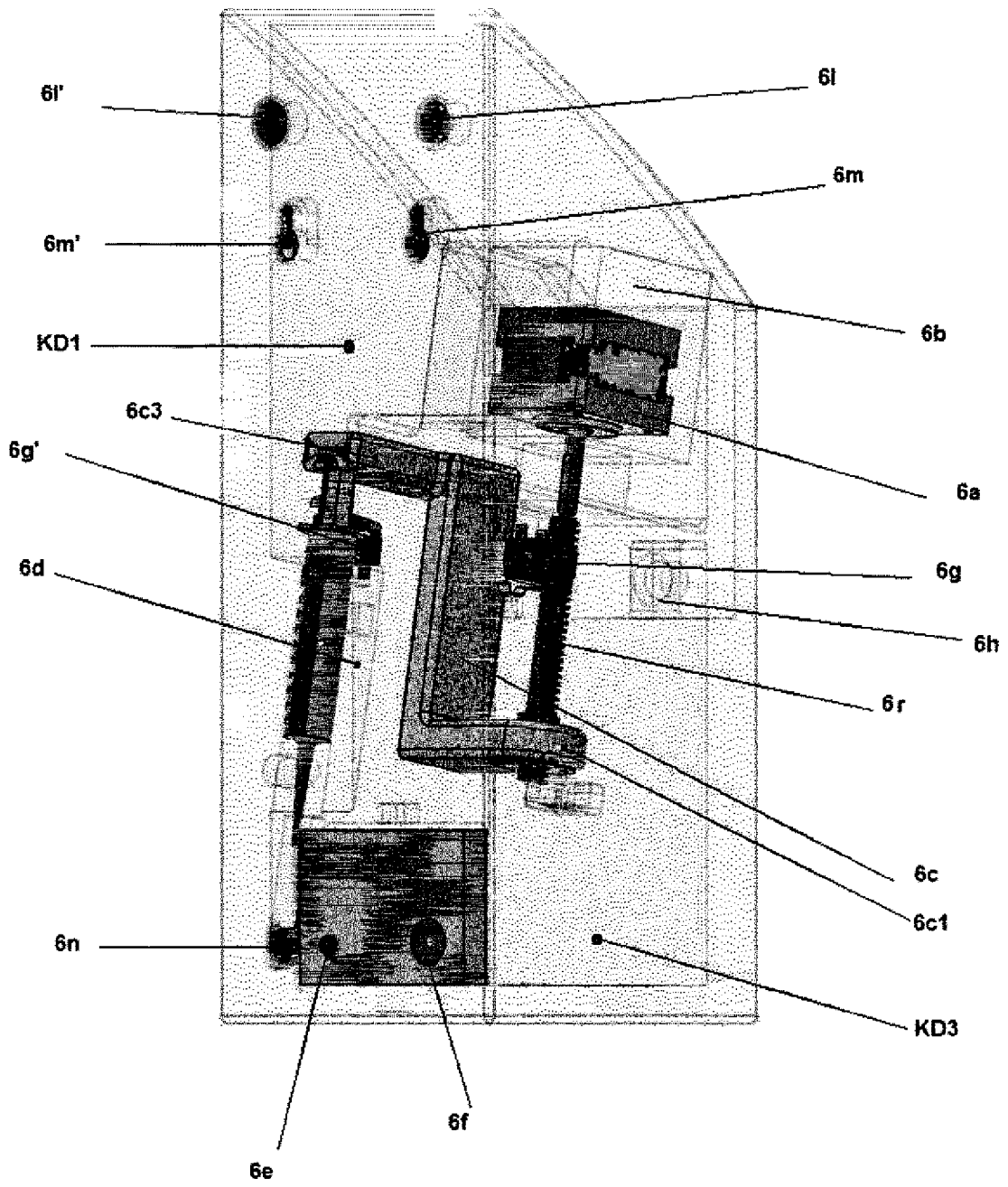


Fig. 12

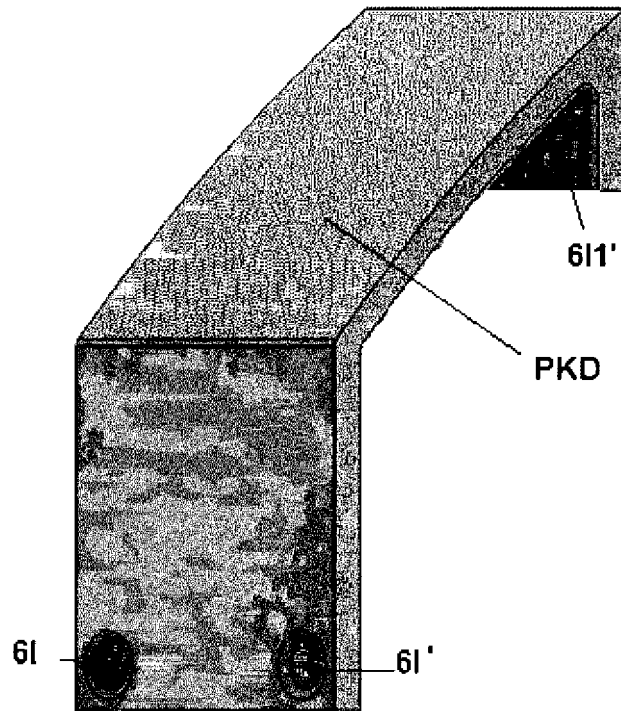


Fig.13.

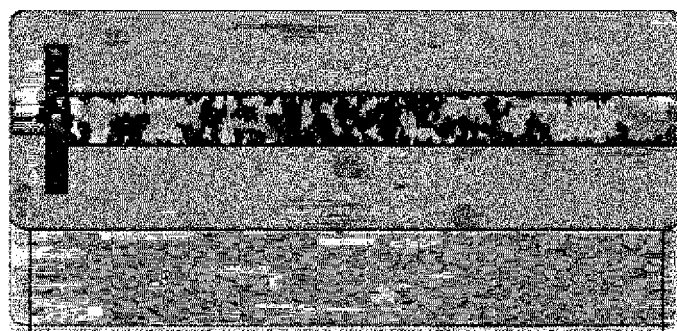


Fig.14.

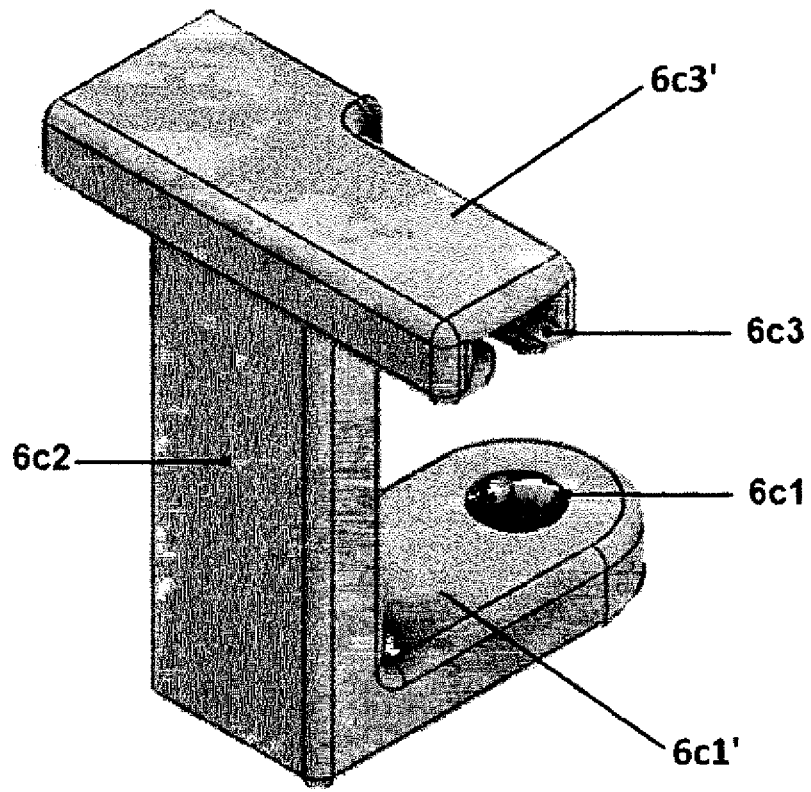


Fig. 15