

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **230356**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **418908**

(22) Data zgłoszenia: **28.09.2016**

(51) Int.Cl.

A61B 5/00 (2006.01)

A62B 27/00 (2006.01)

G01N 15/00 (2006.01)

(54) **Manekin do badania przecieku wewnętrznego sprzętu ochrony układu oddechowego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

09.04.2018 BUP 08/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.10.2018 WUP 10/18

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY
– PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**AGNIESZKA BROCHOCKA, Łódź, PL
KRZYSZTOF MAKOWSKI, Łódź, PL
WŁADYSŁAW TARNOWSKI, Łódź, PL
BARTOSZ TARNOWSKI, Łódź, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Joanna Bocheńska

PL 230356 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest manekin w postaci modelu tułowia i głowy z symulacją ruchów w wybranych połączeniach ruchomych ciała człowieka do badania przecieku wewnętrznego sprzętu ochrony układu oddechowego.

W chwili obecnej na rynku brak jest modelu głowy i tułowia umożliwiającego poruszanie głową w dowolnym anatomicznym kierunku, poruszanie „ustami” i ramionami oraz symulowanie cyklu oddechowego i pobieranie próbek substancji testowych i ciśnienia z „włotów nosa”. Najbardziej zbliżonym rozwiązaniem bez funkcji poruszania jest SMARTMAN.

SMARTMAN jest anatomicznie poprawną formą głowy i tułowia wykorzystywaną do testowania masek, aparatów tlenowych i sprzętu ucieczkowego. Umożliwia określanie stopnia przenikania par i gazów substancji chemicznych do strefy oddychania. Opracowany w 1999 roku, SMARTMAN wykonany jest jako pusta skorupa z odlewu cynku. Ma sztuczną krtani i „oddycha” przez „usta”. W odróżnieniu od zrobotyzowanego modelu głowy i tułowia nie ma możliwości poruszania żadnym z elementów konstrukcji. Głowa manekina jest połączona w kilku miejscach przez przewody do zewnętrznych portów do pobierania próbek, które zbierają dane dotyczące oporów oddychania i stężeń substancji testowych.

System PosiCheck, poprzez połączenie ze sztucznym płucem umożliwia kontrolowanie parametrów funkcjonowania aparatów powietrznych butlowych i aparatów węzowych sprężonego powietrza. Również brak jest możliwości poruszania się i pobierania próbek substancji testowych.

Urządzenia TDA-99B, PMLT, AFT500 oraz Model 8119 to modele głowy, które w połączeniu z systemami ciśnieniowymi służą wyłącznie do kontroli szczelności masek.

Model głowy Sheffield wg norm serii EN służących do oceny sprzętu ochrony układu oddechowego wykonany jest jako jednolity odlew z silikonu z otworem „ustnym” służącym do instalacji oprzyrządowania umożliwiającego połączenie modelu głowy ze sztucznymi płucami w celu imitowania cyklu oddechowego i 1 sondy pomiarowej ciśnienia lub stężenia CO₂.

W tabeli poniżej przedstawiono zestawienie dostępnych modeli głowy.

Model głowy	Producent	Zastosowanie	Możliwość poruszania się
PosiCheck 3	Biosystems	Badanie przepływów w aparatach powietrznych	NIE
TDA-99B	Air Techniques	Ocena szczelności	NIE
PMLT	Air Techniques	Ocena szczelności	NIE
AFT500	Avon Rubber	Ocena szczelności	NIE
SMARTMAN	ILC Dover	Badanie przecieku	NIE
Model 8119	TSI	Ocena szczelności	NIE
EN 136 FOV	wg EN 136	Badanie pola widzenia	NIE
EN 136 Sheffield	wg EN 136	Badania przepływów i zawartości CO ₂ w powietrzu wdychanym	NIE

Znane ze stanu techniki rozwiązania nie pozwalają na ocenę szczelności ochron osobistych w warunkach realnych, czyli podczas ruchu.

Ochrony osobiste ulegają przemieszczeniu w trakcie ruchu człowieka tak więc badania w stanie nieruchomym nie dają pewnej odpowiedzi na temat szczelności sprzętu ochrony osobistej. Badań takich dla substancji niebezpiecznych nie można z oczywistych powodów prowadzić na ludziach.

Manekin według wynalazku składa się z tułowia, głowy osadzonej na kręgosłupie oraz dwóch ramion. Każde ramię manekina zawieszono jest obrotowo w korpusie manekina. W tułowiu umieszczony jest dla każdego ramienia serwonapęd oraz linka ramienia i bęben napędowy. Serwonapęd umieszczony w tułowiu za pośrednictwem linki ramienia i bębna napędowego umożliwia obrócenie ramienia o dowolny kąt w zakresie od 0 do 120 stopni wokół osi obrotu. Linka ramienia korzystnie prowadzona jest w pancierzach zamocowanych na końcach do korpusu manekina. Zastosowanie panczerzy pozwala na dowolne usytuowanie serwonapędu w stosunku do bębna napędowego. Skóra głowy manekina pokrywa czaszkę osadzoną na ostatnim kręgu szyjnym kręgosłupa szyjnego (podstawie czaszki). W czaszce zamocowana jest obrotowo żuchwa ściągnięta w górne położenie sprężyną. Przez oś neutralną kręgosłupa szyjnego przechodzi linka sterująca szyi umożliwiająca opuszczanie żuchwy, co symuluje otwieranie ust. Szyja zbudowana jest ze stosu ułożonych na przemian kręgów i elastycznych filców o dużo mniejszej średnicy. W kręgach i filcach znajdują się centralne otwory, którymi przeprowadzona jest linka napędowa żuchwy w panczerzu. Linka sterująca szyi wraz z pancierzem zapewnia stabilność kręgosłupa. Niezależnie od wygięcia szyi, długość osi neutralnej nie ulega zmianie, co gwarantuje, że ruszanie głową nie powoduje otwierania ust. W każdym pojedynczym kręgu kręgosłupa znajdują się cztery małe otwory rozłożone co 90 stopni na promieniu R. Służą one do przeprowadzenia linek sterujących szyi. Dwa serwonapędy (identyczne jak opisano w budowie ramion) napędzają dwie pary linek sterujących szyi. Linki sterujące szyi jednego napędu przechodzą przez małe otwory leżące na jednej średnicy kręgów, a drugiego na drugiej, przesuniętej o 90 stopni. Końce linek sterujących szyi przytwierdzone są do podstawy czaszki. Odchylenie jednego serwomechanizmu o kąt alfa powoduje odchylenie podstawy czaszki w osi tego napędu o kąt beta liniowo zależny od alfa i równomierne wygięcie kręgosłupa szyjnego na całej długości. Przez złożenie dwóch ruchów w dwu prostopadłych kierunkach można uzyskać dowolny kąt odchylenia głowy manekina od pionu. Programując kolejne położenia głowy w czasie można wygenerować dowolną trajektorię ruchu. Średnica kręgów kręgosłupa jest tak dopasowana do wymiaru wewnętrznego skóry szyi, że nie pozwala na załamywanie się powłoki. W kręgach ponadto znajdują się dodatkowe otwory, które pozwalają na przepuszczenie przewodów oddechowych dla wdechu i wydechu. Otwory te umożliwiają przeprowadzenie sond pomiarowych przez otwory w nosie. W modelu głowy znajduje się przestrzeń symulująca przestrzeń martwą układu oddechowego. Głowa manekina podłączona jest do sztucznych płuc, miernika ciśnienia względnego, licznika cząstek i analizatora gazów.

Manekin realizuje zginanie głowy do przodu i odchylenie do tyłu o kąt 0–60 stopni z częstotliwością 1–20 razy na minutę; przechylenie głowy na boki o kąt 0–50 stopni z częstotliwością 1–15 razy na minutę; podnoszenie ramion o kąt 10–130 stopni z częstotliwością 1–10 razy na minutę; poruszanie szczęką (ruchy naśladujące otwieranie i zamykanie ust) o 1 cm z częstotliwością 1–30 razy na minutę.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia przekrój poprzeczny manekina w widoku z przodu, Fig. 2 przedstawia przekrój poprzeczny głowy oraz odcinka szyjnego kręgosłupa, a Fig. 3 przedstawia widok pojedynczego kręgu.

P r z y k ł a d 1

Manekin według wynalazku składa się z tułowia, głowy osadzonej na kręgosłupie oraz dwóch ramion. Każde ramię **5** manekina zawieszono jest obrotowo w korpusie manekina. W tułowiu umieszczony jest dla każdego ramienia **5** serwonapęd **7** oraz linka ramienia **6** i bęben napędowy **8**. Serwonapęd **7** umieszczony w tułowiu za pośrednictwem linki ramienia **6** i bębna napędowego **8** umożliwia obrócenie ramienia **5** o dowolny kąt w zakresie od 0 do 120 stopni wokół osi obrotu. Linka ramienia **6** prowadzona jest w pancierzach zamocowanych na końcach do korpusu manekina. Zastosowanie panczerzy pozwala na dowolne usytuowanie serwonapędu **7** w stosunku do bębna napędowego **8**. Skóra głowy **1** manekina pokrywa czaszkę **2** osadzoną na ostatnim kręgu szyjnym kręgosłupa szyjnego **3** (podstawie czaszki). W czaszce **2** zamocowana jest obrotowo żuchwa **13** ściągnięta w górne położenie sprężyną **12**. Przez oś neutralną kręgosłupa szyjnego **3** przechodzi linka sterująca szyi **11** umożliwiająca opuszczanie żuchwy **13**, co symuluje otwieranie ust. Szyja zbudowana jest ze stosu ułożonych na przemian kręgów **17** i elastycznych filców **16** o dużo mniejszej średnicy. W kręgach **17** i filcach **16** znajdują się centralne otwory **20**, którymi przeprowadzona jest linka napędowa żuchwy **4** w panczerzu. Linka

sterująca szyi **11** wraz z pancerzem zapewnia stabilność kręgosłupa. Niezależnie od wygięcia szyi, długość osi neutralnej nie ulega zmianie, co gwarantuje, że ruszanie głową **1** nie powoduje otwierania ust. W każdym pojedynczym kręgu kręgosłupa znajdują się cztery małe otwory **23** rozłożone co 90 stopni na promieniu **R**. Służą one do przeprowadzenia linek sterujących szyi **11**. Dwa serwonapędy (identyczne jak opisano w budowie ramion) napędzają dwie pary linek sterujących szyi **11**. Linki sterujące szyi **11** jednego napędu przechodzą przez małe otwory **23** leżące na jednej średnicy kręgów, a drugiego na drugiej, przesuniętej o 90 stopni. Końce linek sterujących szyi **11** przytwierdzone są do podstawy czaszki **2**. Odchylenie jednego serwomechanizmu o kąt alfa powoduje odchylenie podstawy czaszki **2** w osi tego napędu o kąt beta liniowo zależny od alfa i równomierne wygięcie kręgosłupa szyjnego **3** na całej długości. Przez złożenie dwóch ruchów w dwu prostopadłych kierunkach można uzyskać dowolny kąt odchylenia głowy **1** manekina od pionu. Programując kolejne położenia głowy **1** w czasie można wygenerować dowolną trajektorię ruchu. Średnica kręgów kręgosłupa jest tak dopasowana do wymiaru wewnętrznego skóry szyi, że nie pozwala na załamywanie się powłoki. W kręgach ponadto znajdują się dodatkowe otwory **18** i **19**, które pozwalają na przepuszczenie przewodów oddechowych **9** dla wdechu i wydechu. Otwory te umożliwiają przeprowadzenie sond pomiarowych **10** przez otwory w nosie **15**. W modelu głowy **1** znajduje się przestrzeń **14** symulująca przestrzeń martwą układu oddechowego. Głowa **1** manekina podłączona jest do sztucznych płuc, miernika ciśnienia względnego, licznika cząstek i analizatora gazów. Charakterystyka zewnętrznych wymiarów tułowia i głowy manekina: mężczyzna średniego wzrostu; standardowej (normostenicznej) budowy ciała (odzież dopasowana do manekina ma rozmiar M europejskie) o wymiarach podanych w tabeli.

Cecha	Wymiar [mm] z tolerancją $\pm 5\%$
Obwód szyi	410
Wysokość szyi (od wcięcia szyjnego mostka do dolnej powierzchni żuchwy)	100
Obwód klatki piersiowej (mierzony na wysokości brodawki sutka)	1040
Obwód talii	920
Głębokość klatki piersiowej	250
Szerokość barkowa	450
Wysokość barkowa tułowia	600

Rozmiar głowy odpowiada rozmiarowi średniemu według normy ISO/TS 16976-2 Respiratory protective devices – Human factors – Part 2: Anthropometries.

Powłoka manekina na głowie i szyi wykonana z materiałów o cechach mechanicznych podobnych do ludzkiej skóry: gładkość, elastyczność, rozciągliwość, ściskanie, odporność na wielokrotne odkształcanie.

Manekin umożliwiający pracę w środowisku: temperatury od 15°C do 35°C i wilgotności względnej od 0 do 95%.

Manekin posiadający stawy ramienne, żuchwowe i ruchomą szyję:

Stawy ramienne i żuchwowe jednoosiowe. Samodzielne, automatyczne odwodzenie w płaszczyźnie czołowej w stawie ramiennym w zakresie od 10 do 130 stopni z regulowaną częstotliwością 1–10 razy na minutę. Długość ramion 35 cm (od wyrostka łokciowego kości łokciowej do wyrostka barkowego).

Samodzielne, automatyczne poruszanie żuchwą **13** w osi poprzecznej (ruchy naśladujące otwieranie i zamykanie ust) z otwarciem ust w trzech zakresach: 5 mm, 10 mm, 15 mm z częstotliwością 1–30 razy na minutę.

Mechanika ruchów głowy i szyi tak skonstruowana, aby umożliwiała równomierne na całym odcinku zginanie szyi w dwóch płaszczyznach przód-tył (płaszczyzna strzałkowa) i prawo-lewo (płaszczyzna czołowa). Samodzielne, automatyczne zginanie głowy do przodu i odchylenie do tyłu powinno być możliwe z pozycji wyjściowej o kąt 60 stopni (łącznie 120) w obu kierunkach z częstotliwością 1–20 razy na minutę. Odchylenie głowy na boki w prawo i w lewo z pozycji wyjściowej o kąt 50 stopni (łącznie 100) w obu kierunkach z częstotliwością 1-20 razy na minutę; Manekin o zewnętrznym systemie oddychania posiadający możliwość podłączenia do sztucznych płuc. Przyłącza wychodzące od spodu manekina o średnicy 1 cala niezależnie dla powietrza wdychanego i wydychanego. Przewody oddechowe 9 powinny niezależnie dochodzić do „jamy ustnej” tuż za ustami. Do „jamy ustnej” powinien być doprowadzony przewód z okolicy otworów nosa o przekroju 1,5 cm².

W otworach zlokalizowanych tuż nad górną wargą dwie sondy (rurki o średnicy 4 mm) do pobierania próbek powietrza oraz pomiaru ciśnienia. Wyjście sond od spodu manekina. Manekin wyposażony w system zaworów elektromagnetycznych umożliwiające pobieranie próbek powietrza w fazie wdychu.

Zasilanie manekina oraz jak również system kontroli i system gromadzenia danych, dostosowane do polskich standardów energetycznych: 240 V AC, 50/60 Hz. Stosowane nazewnictwo zgodne ze stosowanym w „Atlasie miar człowieka” wydanym przez Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2001

Manekin może być wykorzystywany m.in. do wyznaczania całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasek filtrujących wobec nanoaerozoli. Procedura badań wygląda następująco:

Model umieszcza się w komorze pomiarowej, do której doprowadzony jest aerozol testowy NaCl.

Model podłączany jest do jednostki sterującej – komputera, sztucznych płuc, analizatorów ciśnienia i stężenia substancji testowej.

Następnie na głowie 1 modelu mocowana jest badana półmaska filtrująca.

Do komory wprowadzana jest substancja testowa NaCl generowana z roztworu o stężeniu 3%. Następnie rozpoczynana jest praca modelu w następujących sekwencjach.

1. Pomiary stężenia substancji testowej w bezruchu przez 2 minuty.

2. Poruszanie głową 1 osadzoną na kręgach szyjnych 17 w płaszczyźnie czołowej (wychylenie o kąt 30° - lewo-prawo) z częstotliwością 15 razy na minutę na skutek poruszania się linek 11 uruchamianych serwomechanizmem przez 2 minuty z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

3. Poruszanie głową 1 osadzoną na kręgach szyjnych 17 w płaszczyźnie skroniowej (wychylenie o kąt 30° przód-tył) z częstotliwością 15 razy na minutę na skutek poruszania się linek 11 uruchamianych serwomechanizmem przez 2 minuty z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

4. Poruszanie żuchwą 13 zamocowaną w osi obrotu 25, która ściągnięta jest w górne położenie sprężyną 12. Częstotliwość pracy wynosi 18 razy na minutę dla kąta rozwarcia 10° z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

5. Pomiary stężenia substancji testowej w bezruchu przez 2 minuty.

P r z y k ł a d 2

Manekin może być wykorzystywany m.in. do wyznaczania przecieku wewnętrznego dla kapturew ucieczkowych wobec gazów. Procedura badań wygląda następująco. Model umieszcza się w komorze pomiarowej, do której doprowadzony jest gaz SF₆. Model podłączany jest do jednostki sterującej – komputera, sztucznych płuc, analizatorów ciśnienia i stężenia gazu testowego SF₆.

Następnie na głowie 1 modelu mocowany jest badany kaptur ucieczkowy.

Do komory wprowadzana jest substancja testowa SF₆ do uzyskania stężenia 1% obj. Następnie rozpoczynana jest praca modelu w następujących sekwencjach.

1. Pomiary stężenia substancji testowej w bezruchu przez 2 minuty.

2. Poruszanie głową 1 osadzoną na kręgach szyjnych 17 w płaszczyźnie czołowej (wychylenie o kąt 30° - lewo-prawo) z częstotliwością 10 razy na minutę na skutek poruszania się linek sterujących szyi 11 uruchamianych serwomechanizmem przez 2 minuty z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

3. Poruszanie głową 1 osadzoną na kręgach szyjnych 17 w płaszczyźnie skroniowej (wychylenie o kąt 30° przód-tył) z częstotliwością 10 razy na minutę na skutek poruszania się linek sterujących szyi 11 uruchamianych serwomechanizmem przez 2 minuty z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

4. Poruszanie żuchwą 13 zamocowaną w osi obrotu 25, która ściągnięta jest w górne położenie sprężyną 12. Częstotliwość pracy wynosi 15 razy na minutę dla kąta rozwarcia 10° z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

5. Poruszanie ramionami 5 za pomocą linek 6 i bębna napędowego 8 wokół osi obrotu 24 o 100° w górę i w dół z częstotliwością 20 razy na minutę przez 2 minuty z jednoczesnym pomiarem stężenia substancji testowej.

6. Pomiary stężenia substancji testowej w bezruchu przez 2 minuty.

Przykład 3

Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono badania rozkładu wymiarowego cząstek aerozolu zgromadzonego w komorze badawczej z wykorzystaniem wodnego roztworu NaCl o stężeniach 0.1%, 0.5%, 1.0%, 1.5% i 2.0%. Ze względu na największą zawartość najmniejszych nanocząstek w cm^3 do dalszych badań wybrano roztwór o stężeniu 0,1%. Badania polegały na wyznaczeniu całkowitego przecieku wewnętrznego na który składa się przeciek przez:

- uszczelnienie części twarzowej do twarzy użytkownika,
- zawór wydechowy,
- penetrację aerozolu przez elementy filtrujące sprzętu.

Przepływ powietrza, symulujący proces oddychania manekina, wymuszony był poprzez pracę sztucznych płuc nastawionych na 25 cykli/min i 2 litry/suw. Spod części twarzowej w czasie fazy wdechu pobierane były próbki powietrza za pomocą sondy wprowadzonej poprzez otwór w części twarzowej, a następnie były one analizowane w celu wyznaczenia zawartości NaCl. Porównanie wartości zmierzonych stężenia NaCl pod częścią twarową i w komorze badawczej umożliwiało wyznaczenie wartości całkowitego przecieku wewnętrznego.

Zakres pomiarowy zastosowanego układu umożliwiał prowadzenie badań dla cząsteczek o wymiarach od 2 do 270 nm z podziałem na 90 klas pomiarowych. Pojedyncza seria pomiarowa obejmowała cztery następujące po sobie ćwiczenia wykonywane przez manekina (postój, ruch głową lewo-prawo, ruch głową góra-dół, symulacja mowy). Ćwiczenia wykonywane przez manekina są ćwiczeniami analogicznymi do przewidzianych w dokumentach normatywnych stosowanych do oceny sprzętu ochrony układu oddechowego. Każde z ćwiczeń powtarzane było pięciokrotnie w całkowitym czasie 10 minut. Aerozol testowy NaCl wytwarzano przez rozpylanie wodnego roztworu i odparowanie wody. Stężenie tego aerozolu w komorze ustalano przed każdym pomiarem. Aerozol uzyskiwany był za pomocą generatora z 0,1% wodnego roztworu NaCl. Do generatora dostarczane jest powietrze z natężeniem przepływu 100 l/min pod ciśnieniem 7 bar, a powstający strumień powietrza zawierający rozpyloną ciecz, uderza o ściany naczynia, które zatrzymują duże cząstki. Strumień atmosfery testowej był doprowadzony do górnej części komory poprzez rozdzielacz strumienia i skierowany ku dołowi ponad głową manekina przy minimalnym przepływie 0,12 m/s. Podczas badań dodatkowo mierzono stężenie cząstek aerozolu o wymiarach z zakresu od 240 nm do 25 μm za pomocą optycznego licznika cząstek. Badania prowadzono w temperaturze powietrza $25 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $35 \pm 5\%$.

W celu sprawdzenia poprawności funkcjonowania stanowiska przeprowadzono wstępne badania następującego sprzętu ochrony układu oddechowego:

- półmaski filtrujące klasy FFP2,
- półmaski filtrujące klasy FFP3,
- maski z filtrami klasy P3,
- półmaski z filtrami klasy P2,
- półmaski z filtrami klasy P3.

Wyniki badań opracowano statystycznie i graficznie. Wykazały one prawidłowość funkcjonowania stanowiska. Stwierdzono, że wszystkie założone parametry związane z zakresem symulowanych ruchów manekina są w pełni osiągnięte. Analiza przeprowadzonych badań wstępnych wykazała, że charakterystyka zmian mierzonych wartości całkowitego przecieku wewnętrznego dla poszczególnych ćwiczeń (postój, ruch głową lewo-prawo, ruch głową góra-dół, symulacja mowy) jest analogiczna, jak w przypadku badań prowadzonych z udziałem uczestników badań. Największe wartości przecieku odnotowywano dla symulacji mowy i ćwiczenia odzwierciedlającego poruszanie głową w górę i w dół. Wynika stąd możliwość stosowania opracowanej metodyki badań jako zastępczej dla metody z udziałem uczestników, co ma szczególne znaczenie przy prowadzeniu badań z wykorzystaniem szkodliwych lub toksycznych aerozoli, w tym TiO_2 i SiO_2 .

Ponadto badania całkowitego przecieku wewnętrznego z udziałem nanocząstek NaCl wykazały, że w przypadku półmasek filtrujących klasy FFP2 i FFP3 przy symulacji mowy występowało największe rozszczelnienie półmasek na obrzeżu twarzy (wartość całkowitego przecieku dla półmasek filtrujących klasy FFP2 wynosiła 13,48 % podczas gdy dla półmasek klasy FFP3 – 4,68%). Najlepsze wyniki całkowitego przecieku uzyskano dla maski skompletowanej z filtrami klasy P3 (wartość całkowitego przecieku

13% podczas symulacji mowy, 0,1% – podczas poruszania głową w kierunku góra- dół, oraz 0,68% podczas poruszania głową w kierunku prawo-lewo). Wykazano, że całkowity przeciek przez półmaski skompletowane z filtrami klasy P2 i P3 podczas wszystkich wykonywanych ćwiczeń był porównywalny i wynosił odpowiednio: 0,95% i 1,14%. Na podstawie przeprowadzonych badań wstępnych można wnioskować, że dopasowanie sprzętu do wymiarów twarzy jest jednym z podstawowych czynników, obok penetracji przez materiał filtrujący, decydujących o doborze ochron układu oddechowego do zagrożeń wobec nanocząstek.

W celu zweryfikowania możliwości prowadzenia badań z wykorzystaniem zrobotyzowanego modelu głowy i tułowia oraz oceny możliwości zastąpienia uczestników badań całkowitego przecieku wewnętrznego ww. modelem przeprowadzono następujące badania:

1. całkowitego przecieku wewnętrznego wobec aerozolu chlorku sodu z udziałem 5 uczestników badań wyposażonych w wybrany sprzęt ochrony układu oddechowego najczęściej stosowany w przemyśle budowlanym, zgodnie z normą europejską EN 13274-1:2001,

2. całkowitego przecieku wewnętrznego wobec nanoaerozolu chlorku sodu dla wybranego sprzętu ochrony układu oddechowego z udziałem 5 uczestników badań,

3. całkowitego przecieku wewnętrznego wobec aerozoli zawierających nanocząstki NaCl, SiO₂, TiO₂ oraz nanoglinokrzemianów warstwowych i nanowłókien celulozy dla wybranego sprzętu ochrony układu oddechowego z wykorzystaniem zrobotyzowanego modelu głowy i tułowia.

Badania całkowitego przecieku wewnętrznego (TIL) zgodnie z normą europejską EN 13274-1:2001 z udziałem uczestników badań.

W celu zweryfikowania prawidłowego dopasowania sprzętu do indywidualnych potrzeb użytkowników, niezbędne było określenie wskaźnika dopasowania sprzętu wyznaczonego na podstawie TIL, na który składa się penetracja przez materiał filtrujący, przeciek przez zawory wydechowe oraz przeciek wynikający z niedopasowania części twarzowej do twarzy użytkownika.

Badania całkowitego przecieku wewnętrznego (TIL) zostały wykonane zgodnie z metodyką opisaną w normie EN 13274-1:2001 na stanowisku badawczym, w skład którego wchodzi:

komora badawcza, w której umieszczona jest bieżnia,

atomizer Collisona - generator aerozolu testowego (o parametrach zgodnych z EN 13274-1:2001. zol generowano z 2% roztworu NaCl),

fotometr płomieniowy.

Badanie całkowitego przecieku wewnętrznego przeprowadzono z udziałem 5 uczestników badań zaznajomionych z używaniem sprzętu ochrony układu oddechowego.

Laboratoryjne badania TIL wykonano w warunkach normalnych tzn. w temperaturze (20 ± 2)°C i wilgotności względnej powietrza (50 ± 10)%.

Uczestnik badań, po wejściu do komory i podłączeniu za pomocą sondy do pobierania próbek do fotometru płomieniowego, maszerował po bieżni z prędkością 6 km/h wykonując następujące ćwiczenia:

a) 2 min maszerował nie poruszając głową ani nie mówiąc,

b) 2 min maszerował i obracał głowę z jednej strony na drugą, tak jakby kontrolował ściany tunelu,

c) 2 min maszerował i poruszał głowę w górę i w dół, tak jakby kontrolował sufit i podłogę,

d) 2 min maszerował wypowiadając głośno litery alfabetu lub ustalony tekst, tak jakby rozmawiał z kolegą,

e) 2 min maszerował nie poruszając głową ani nie mówiąc.

Całkowity przeciek wewnętrzny obliczano na podstawie pomiarów wykonanych w ostatnich 100 sekundach każdego ćwiczenia, odnosząc stężenie substancji testowej w komorze do stężenia substancji testowej we wdychanym powietrzu.

Analiza wyników badań TIL wykazała, że dla *półmaski filtrującej klasy FFP2* najwyższą średnią arytmetyczną TIL (2,2%) uzyskano podczas ćwiczenia d) – marsz po bieżni z prędkością 6km/h z czytaniem ustalonego tekstu. Natomiast najniższą wartość (0,8%) odnotowano podczas ćwiczeń a) i e) – tylko marsz. Najwyższe wartości TIL z pośród badanego sprzętu ochrony układu oddechowego uzyskano dla *półmaski filtrującej klasy FFP3*. Dotyczyło to wszystkich wykonywanych ćwiczeń, dla których wartości TIL przekraczały 5%. Świadczy to o braku wystarczającego dopasowania półmaski do twarzy użytkownika. Podczas wykonywania ćwiczeń można było zaobserwować stopniowe rozszczelnienie ww. półmaski na twarzy użytkownika.

Dla *półmaski skompletowanej z filtrami klasy P2* wartość TIL była na poziomie 1%, gdzie najniższą wartość odnotowano podczas maszerowania bez poruszania głową i bez mówienia. Natomiast dla

półmaski skompletowanej z filtrami klasy P3 najwyższą wartość TIL na poziomie 1,8% odnotowano podczas marszu i obracania głowy z jednej strony na drugą oraz podczas marszu i poruszaniu głową w górę i w dół -1,4%.

W przypadku zastosowania półmasek filtrująco-pochłaniających klasy A1P2 najwyższą wartość TIL wynoszącą ok. 0,6% uzyskano dla ćwiczeń b) i d). Najniższą wartość na poziomie 0,2% uzyskano podczas marszu bez poruszania głową i bez mówienia. Dla *półmaski filtrująco-pochłaniającej klasy A2P3* najwyższą wartość TIL uzyskano dla trzeciego ćwiczenia z jednoczesnym mówieniem, podczas gdy najniższą wartość uzyskano dla ostatniego ćwiczenia jakim był sam marsz. Wynika z tego, że podczas mówienia następowało największe rozszczelnienie półmaski na twarzy użytkownika, a następnie po zakończeniu mówienia ponowne dopasowanie się do kształtu twarzy. Dla maski skompletowanej z filtrami klasy P3 we wszystkich wykonywanych ćwiczeniach wartość TIL była na poziomie 0,1%.

Na podstawie analizy wyników średniej harmonicznej stwierdzono, że wyselekcjonowany do badań sprzęt ochrony układu oddechowego spełnia wymagania całkowitego przecieku wewnętrznego określone w normach dotyczących poszczególnych rodzajów sprzętu. Najmniejszą wartość całkowitego przecieku wewnętrznego i zarazem najlepszą uzyskano dla maski skompletowanej z filtrami klasy P3 i półmasek filtrująco-pochłaniających w obu klasach ochronnych. Trochę wyższe wartości uzyskano dla półmaski skompletowanej z filtrami klasy P2 oraz półmaski filtrującej klasy FFP2. Najwyższą wartość TIL uzyskano dla półmasek filtrujących klasy FFP3 i FFP2. Świadczyć to może o niewielkim niedopasowaniu półmaski do twarzy użytkownika w zakresie wymiarów twarzy jak i konstrukcji półmaski.

Zastrzeżenie patentowe

1. Manekin do badania przecieku wewnętrznego sprzętu ochrony układu oddechowego, zawierający głowę, **znamienny tym**, że składa się z głowy (1) osadzonej na kręgosłupie oraz dwóch ramion (5), a każde ramię (5) manekina zawieszono jest obrotowo w korpusie manekina, ponadto w tułowiu umieszczony jest dla każdego ramienia (5) serwonapęd (7) oraz linka ramienia (6) i bęben napędowy (8) a skóra głowy (1) manekina pokrywa czaszkę (2) osadzoną na ostatnim kręgu szyjnym, przy czym w czaszce (2) zamocowana jest obrotowo żuchwa (13) ze sprężyną (12) a przez oś neutralną kręgosłupa szyjnego (3) przechodzi linka sterująca szyi (11) a szyja zbudowana jest ze stosu ułożonych na przemian kręgów (17) i elastycznych filców (16) o dużo mniejszej średnicy i w kręgach (17) i filcach (16) znajdują się centralne otwory (20), którymi przeprowadzona jest linka napędowa żuchwy (4) w pancerzu a ponadto w każdym pojedynczym kręgu kręgosłupa znajdują się cztery małe otwory (23) rozłożone co 90 stopni na promieniu R z przeprowadzonymi linkami sterującymi szyi (11), natomiast dwa serwomechanizmy identyczne jak zastosowane w budowie ramion (5) połączone są z dwoma parami linek sterujących szyi (11), które to linki sterujące jednego napędu przechodzą przez otwory (21) i (22) leżące na jednej średnicy kręgów, a drugiego na drugiej, przesuniętej o 90 stopni a końce linek sterujących szyi (11) przytwierdzone są do podstawy czaszki (2), ponadto w kręgach znajdują się dodatkowe otwory (18) i (19), w których umiejscowione są przewody oddechowe (9) dla wdechu i wydechu i w głowie (1) znajduje się przestrzeń (14).

Rysunki

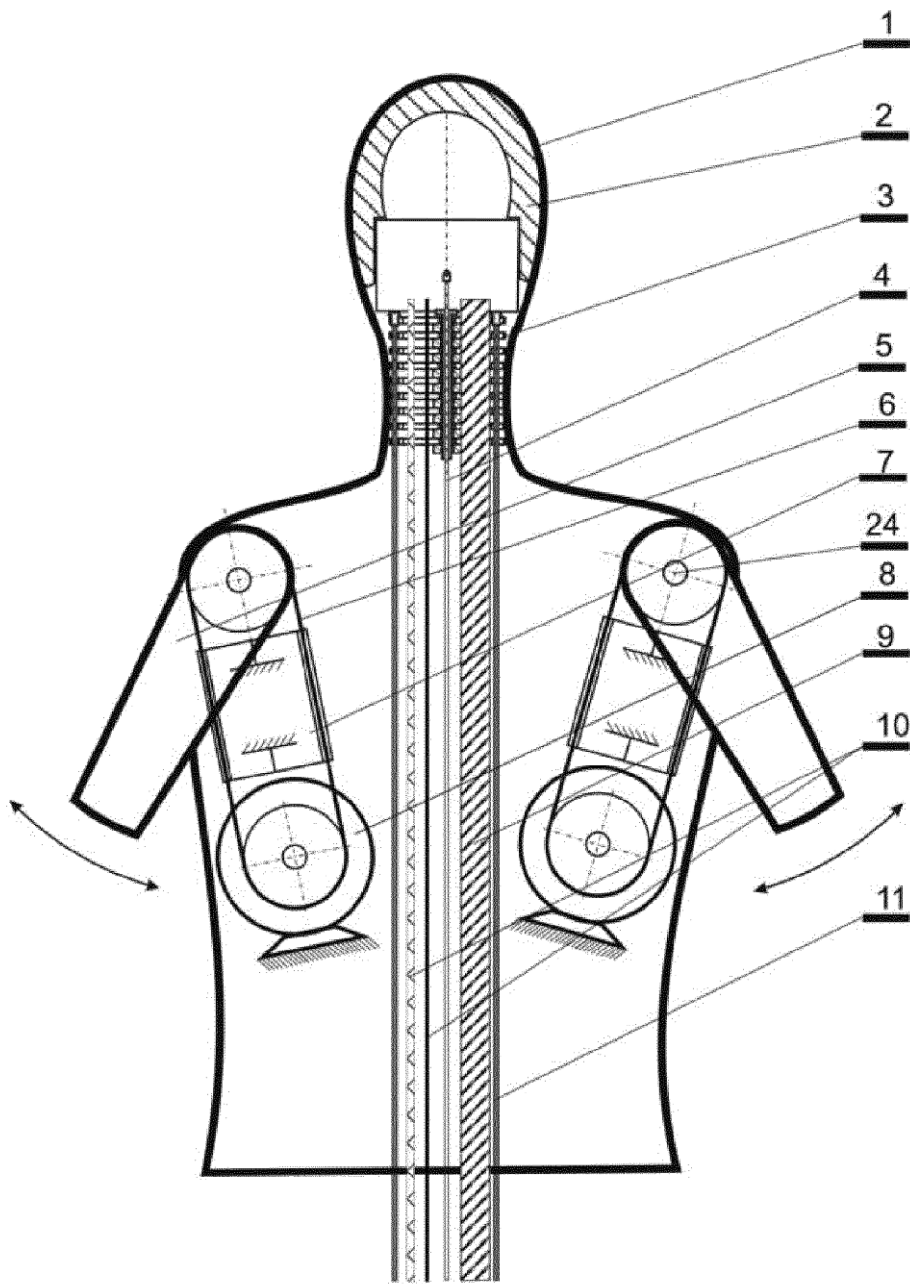


Fig. 1

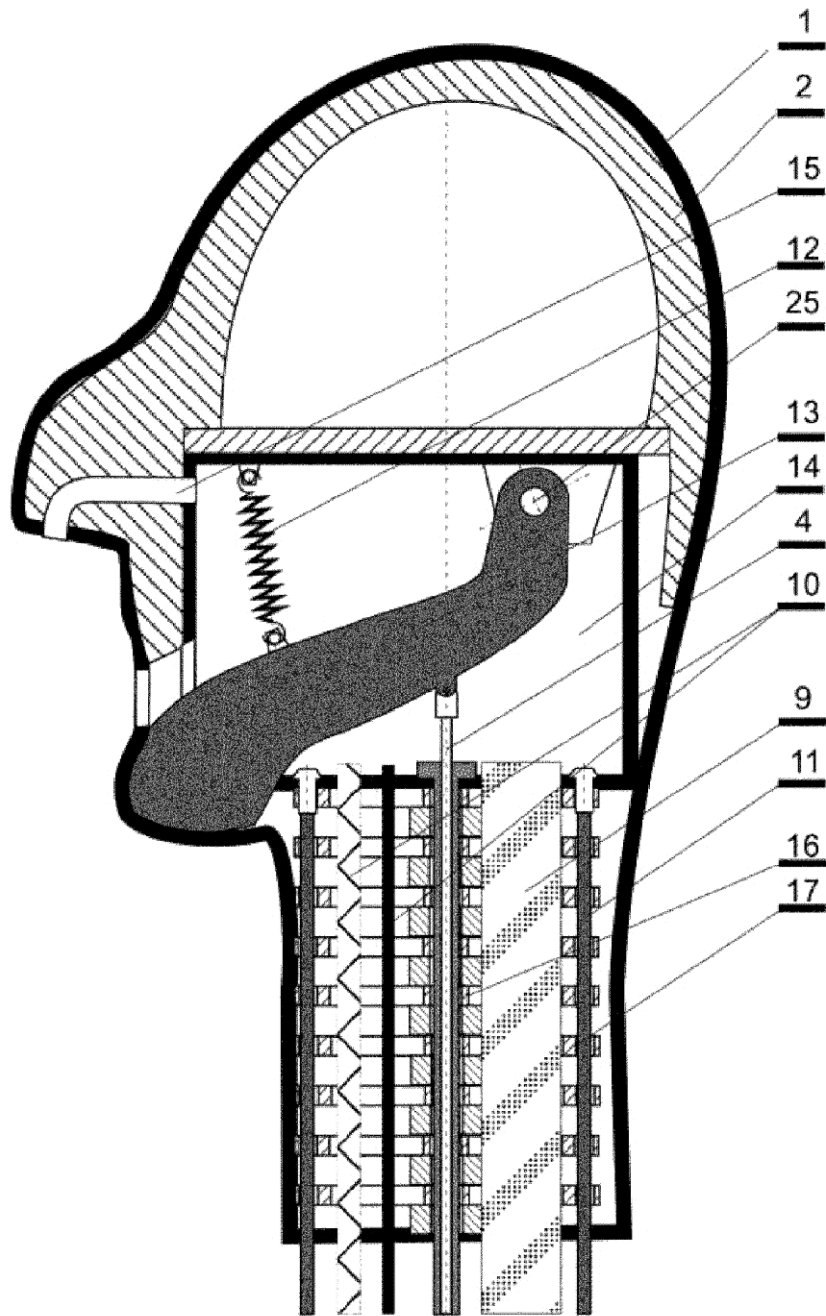


Fig. 2

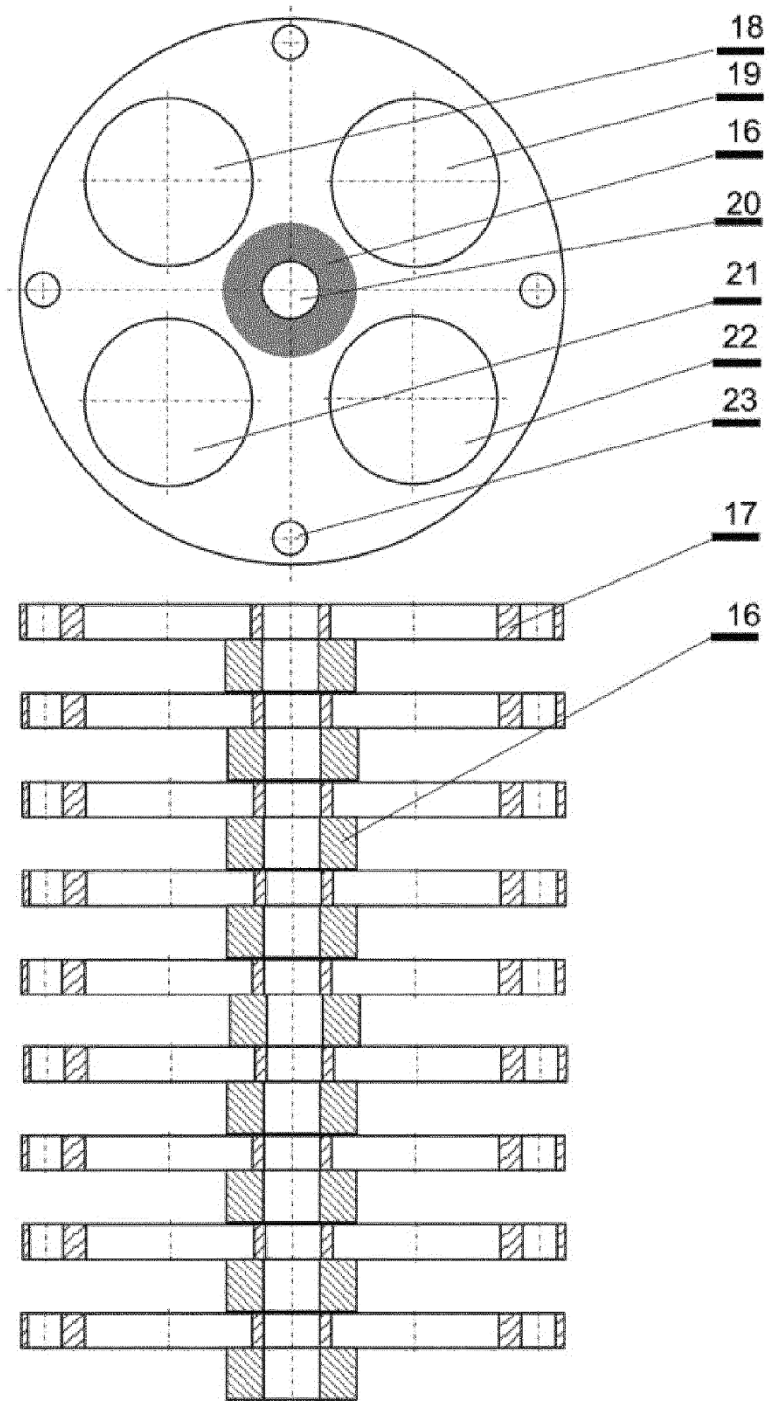


Fig. 3

