

Tomasz Jankowski
Magdalena Młynarczyk

URZĄDZENIE DO INDYWIDUALNEJ WENTYLACJI PERSONELU SAL OPERACYJNYCH

WYTYCZNE

Warszawa 2016

CIOP  **PIB**

Opracowano i wydano w ramach III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2014-2016) finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Autorzy

mgr inż. Tomasz Jankowski, mgr inż. Magdalena Młynarczyk

– Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Współpraca

dr hab. inż. Anna Bogdan – Politechnika Warszawska

Opracowanie redakcyjne

Zespół Redakcji Wydawnictw Naukowych

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2016

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (22) 623 36 98, fax (22) 623 36 93, 623 36 95, www.ciop.pl

Spis treści

Indywidualna wentylacja – założenia ogólne	4
Modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych.....	6
Podstawowe elementy indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych.....	7
Sposoby postępowania podczas stosowania modułowego urządzenia do wentylacji indywidualnej personelu sal operacyjnych	11
Podsumowanie	18
Bibliografia.....	19

INDYWIDUALNA WENTYLACJA – ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Rolą wentylacji mechanicznej jest dostarczanie optymalnej ilości świeżego powietrza do pomieszczeń i usuwanie z niego powietrza zanieczyszczonego. Wentylacja mechaniczna, w odróżnieniu od wentylacji grawitacyjnej, umożliwia regulację ilości powietrza dostarczanego do pomieszczeń niezależnie od warunków atmosferycznych, a wpływ na jej intensywność ma użytkownik systemu.

Dodatковым zadaniem systemów wentylacji i klimatyzacji jest zapewnienie użytkownikom pomieszczeń poczucia komfortu, czyli zadowolenia z panujących w nich warunków. Osiągnięcie tego stanu jest uzależnione zarówno od warunków termicznych środowiska w otoczeniu człowieka, jak i od jakości powietrza (ilości świeżego powietrza oraz stężenia zanieczyszczeń), poziomu hałasu (generowanego przez urządzenia wentylacji i klimatyzacji) oraz szeroko pojmowanej behawioralnej jakości środowiska. Czynniki te wpływają na proces wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem, a także na wrażenia zmysłowe i psychologiczne człowieka.

W procesie wentylacji powietrze zewnętrzne jest dostarczane do pomieszczeń najczęściej przez system wentylacji mieszającej lub wyporowej. Wentylacja mieszająca rozcieńcza zanieczyszczenia powstające w pomieszczeniu i jednocześnie zapewnia jednolite środowisko termiczne. Nie stwarza jednak warunków, które byłyby akceptowane przez wszystkich użytkowników pomieszczenia. W systemie wentylacji wyporowej powietrze o temperaturze 2–4 K niższej od temperatury powietrza w pomieszczeniu jest dostarczane przez nawiewniki umiejscowione blisko poziomu podłogi. Może to

powodować u użytkowników odczucie lokalnego dyskomfortu cieplnego, spowodowane przeciągiem czy też pionowym gradientem temperatury.

W celu uzyskania pełnej satysfakcji wszystkich użytkowników pomieszczeń z warunków środowiska może okazać się konieczne zastosowanie mechanicznej wentylacji indywidualnej [Melikov 2004, Jarosz 2014]. Głównym zadaniem wentylacji indywidualnej jest poprawa warunków środowiskowych w lokalnych strefach pomieszczenia poprzez indywidualną regulację parametrów nawiewu i temperatury powietrza w bezpośrednim otoczeniu pracownika [Cermak i in. 2005].

Rozwiązanie to skutecznie zapewnia pracownikom komfort cieplny i umożliwia oddychanie czystym powietrzem. W tradycyjnych rozwiązaniach systemu ogólnej wentylacji i klimatyzacji powietrze często jest zanieczyszczone zanim dotrze do pracownika, np. przez zarazki wydychane przez współpracowników, a także cząstki emitowane przez sprzęt elektryczny czy elektroniczny [Gao i in. 2005, 2006].

Wentylacja indywidualna dodatkowo eliminuje czynniki wpływające na niską jakość powietrza, m.in. zapachy czy unoszący się kurz [Wyon 1996].

Do zalet wentylacji indywidualnej można zaliczyć m.in.:

- ✓ zapewnienie czystego środowiska w najbliższym otoczeniu pracownika,
- ✓ poprawę odczuć komfortu cieplnego przez pracownika,
- ✓ indywidualizację najbliższego środowiska/przestrzeni pracy (dostosowanie temperatury otoczenia do potrzeb pracownika),
- ✓ zwiększenie efektywności pracy (dzięki zwiększeniu zadowolenia pracowników),
- ✓ poprawę jakości powietrza, co przekłada się na redukcję nieobecności pracowników w pracy spowodowanych chorobami.

MODUŁOWE URZĄDZENIE DO INDYWIDUALNEJ WENTYLACJI PERSONELU SAL OPERACYJNYCH

Modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych, przeznaczone do stosowania podczas zabiegów i operacji chirurgicznych, opracowano w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym.¹ W skład kompletnego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych wchodzi: agregat chłodniczy, nawiewnik modułowy oraz panel sterowania. Widok ogólny modelu urządzenia przedstawiono na rysunku 1.



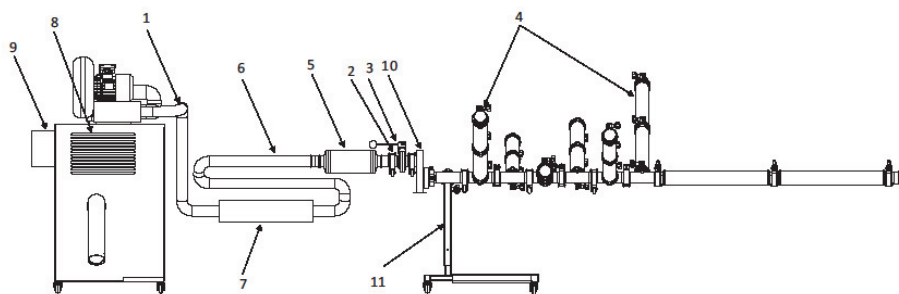
Rys. 1.
Widok ogólny urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych

¹ Opracowano w ramach realizacji III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, projekt nr III.P.08, dofinansowywanego w latach 2014 – 2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

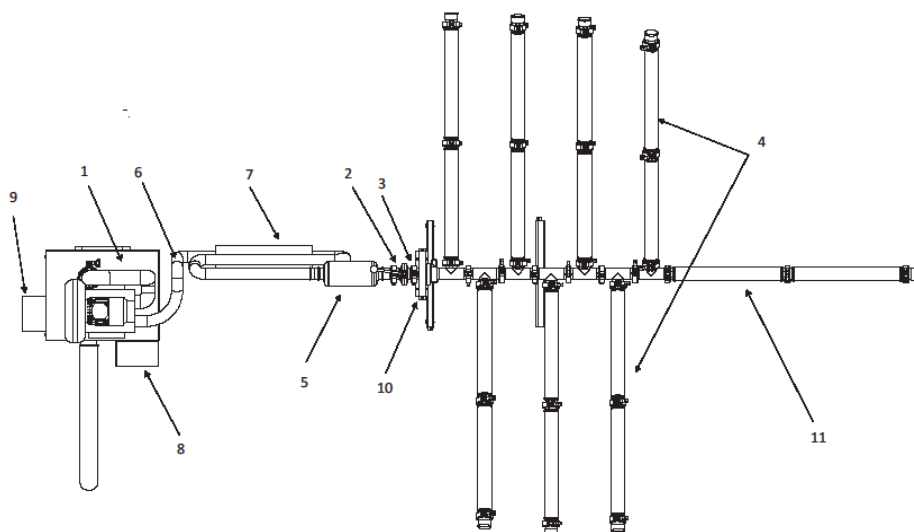
PODSTAWOWE ELEMENTY INDYWIDUALNEJ WENTYLACJI PERSONELU SAL OPERACYJNYCH

Modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych składa się z trzech zespołów (rys. 2 i 3):

- ✓ agregatu chłodniczo-grzewczego (1) wyposażonego w czujnik wilgotności względnej powietrza (2) i czujnik temperatury powietrza (3), umieszczone przed wlotem do nawiewników (4), adsorber z silikażelem (5) umieszczony na przewodzie (6) doprowadzającym powietrze do nawiewników (4), tłumik akustyczny (7) umieszczony na przewodzie (6) doprowadzającym powietrze do nawiewników (4), układ wstępnej filtracji powietrza składający się z wstępnego filtra powietrza (8) na wlocie i wstępnego filtra powietrza (8) na wylocie z agregatu, umożliwiający chłodzenie/grzanie powietrza w systemach wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń oraz w urządzeniach indywidualnej wentylacji,
- ✓ panelu sterowniczego (9) umożliwiającego regulację mocy chłodniczej, temperatury powietrza i strumienia objętości powietrza,
- ✓ modułowej konstrukcji wyposażonej w przewód (6) doprowadzający powietrze do nawiewników (4) z zamontowanym filtrem HEPA (10) oraz nawiewników (4) rozprowadzających powietrze bezpośrednio w kierunku personelu.



Rys. 2. Schemat budowy urządzenia (widok z boku)



Rys. 3. Schemat budowy urządzenia (widok z góry)

Agregat chłodniczo-grzewczy (1) wraz z panelem sterowania (9):

- ✓ wyposażono w bezprzewodowe sterowanie wszystkimi podstawowymi funkcjami urządzenia: mocą chłodniczą, temperaturą powietrza wylotowego i strumieniem objętości powietrza,

- ✓ umożliwia regulację mocy chłodniczej w zakresie do 4 kW,
- ✓ ma możliwość płynnej regulacji temperatury wylotowej w zakresie 15 – 25 °C,
- ✓ umożliwia płynną regulację strumienia objętości powietrza w minimalnym zakresie 0 – 200 Nm³/h,
- ✓ został wyposażony w funkcje zbierania kondensatu do osobnego wymiennego zbiornika (nieuwidocznionego na rysunku),
- ✓ zawiera układ wielostopniowej filtracji powietrza (współdziałanie filtrów wstępnych z filtrem wysokoskutecznym) służący do oczyszczania powietrza zarówno chłodnego, jak i ciepłego,
- ✓ zawiera sprężarkę napędzaną silnikiem w 100% chłodzonym parami czynnika chłodniczego,
- ✓ zawiera przewód ciepłego powietrza o minimalnej długości 3 m, umożliwiający odprowadzenie nadmiaru ciepła,
- ✓ został wyposażony w układ umożliwiający stosowanie go w opcji grzania,
- ✓ ma funkcję stabilizacji wilgotności chłodnego powietrza i jednocześnie utrzymuje wilgotność powietrza wyjściowego na poziomie nieprzekraczającym 50% wilgotności względnej powietrza,
- ✓ nie generuje hałasu > 52 dB.

Konstrukcja modułowa nawiewnika (11) umożliwia:

- ✓ instalowanie nawiewników w poziomie lub w pionie,
- ✓ dopasowanie nawiewu do konstrukcji np. stołu operacyjnego, procesu technologicznego, itp.,
- ✓ regulowanie długości nawiewnika przez dokładanie lub odejmowanie modułów (obecnie do dyspozycji są trzy moduły),

- ✓ szczelne podłączenie każdego modułu w osi konstrukcji pod dowolnym kątem (360°),
- ✓ osiąganie prędkości liniowej powietrza na wylocie w zakresie do 2 m/s, dzięki geometrii nawiewnika.

Każdy z trzech modułów nawiewnika jest wyposażony w rozłączne elastyczne ramię nawiewowe o regulowanej długości, zakończone przepustnicą z regulacją kierunku nawiewu powietrza. Ramię jest wykonane z materiałów wytrzymałych na procedurę sterylizacji termicznej.

Nawiewnik został umieszczony na mobilnej ramie o regulowanej wysokości, szerokości i długości podpory.

Stabilność (w pozycji „lock”) oraz mobilność zestawu (w pozycji „unlock”) zapewniają kółka z hamulcami.

SPOSOBY POSTĘPOWANIA PODCZAS STOSOWANIA MODUŁOWEGO URZĄDZENIA DO WENTYLACJI INDYWIDUALNEJ PERSONELU SAL OPERACYJNYCH

Zadaniem urządzenia wentylacji indywidualnej jest dostarczenie czystego powietrza o odpowiedniej temperaturze jak najbliższej użytkownika przebywającego w pomieszczeniu.

Najkorzystniejszym i zalecanym rozwiązaniem z punktu widzenia indywidualnego kształtowania parametrów powietrza przez użytkowników oraz dostosowywania warunków panujących na stanowisku pracy do osobistych potrzeb każdego człowieka jest modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych.

Jednym z warunków uzyskania efektywnego funkcjonowania modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu w salach operacyjnych jest podjęcie odpowiednich **działań organizacyjnych** w fazie:

- ✓ projektowania urządzenia,
- ✓ eksploatacji urządzenia,
- ✓ modernizacji lub konserwacji poszczególnych elementów urządzenia.

Projektowanie i dobór elementów wyposażenia urządzenia powinien być ukierunkowany na:

- ✓ rodzaj zastosowanego materiału,
- ✓ łatwość czyszczenia materiałów, z których wykonane jest urządzenie,
- ✓ wyeliminowanie lub ograniczenie osadzania się zanieczyszczeń powietrza na powierzchniach wewnętrznych urządzenia,

- ✓ ustalenie sposobu przyłączenia obudowy agregatu do modułowej konstrukcji nawiewnika,
- ✓ wielkość i rozmieszczenie otworów roboczych i instalacyjnych,
- ✓ sposób otwierania obudowy urządzenia i jej otworów roboczych,
- ✓ lokalizację miejsc odprowadzania zimnego i ciepłego powietrza z obudowy (przyłączenia przewodów wentylacyjnych),
- ✓ zaprojektowanie układów filtracyjnych dostosowanych do wymaganej skuteczności oczyszczania powietrza w pomieszczeniu,
- ✓ sposób uszczelniania połączeń elementów obudowy i urządzenia,
- ✓ sposób zabezpieczania przed wydostawaniem się zanieczyszczeń powietrza i wody na zewnątrz obudowy urządzenia podczas jej otwierania.

Działania organizacyjne związane z eksploatacją modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych powinny zapewniać:

- ✓ synchronizację czasu włączania i wyłączania urządzenia indywidualnej wentylacji w zależności od czasu pracy personelu przy stole operacyjnym,
- ✓ szczelność wszystkich elementów urządzenia,
- ✓ skuteczność nawiewu powietrza zgodnie z wartościami projektowanymi,
- ✓ użytkowanie urządzenia zgodnie z przeznaczeniem,
- ✓ wyeliminowanie otwierania obudowy i poszczególnych elementów urządzenia podczas pracy personelu przy stole operacyjnym.

Warunkiem eliminującym lub ograniczającym zagrożenie uszkodzeniem i/lub awarią urządzenia jest przeprowadzanie okresowych przeglądów i modernizacji agregatu chłodniczo-grzewczego, panelu sterowniczego i modułowej konstrukcji nawiewnika, z uwzględnieniem następujących założeń:

- ✓ planowania i projektowania zadań do wykonania w ramach modernizacji lub konserwacji urządzenia,
- ✓ tworzenia zespołów pracowników odpowiedzialnych za przeprowadzenie w sposób sprawny i efektywny zaplanowanych działań,
- ✓ zatrudniania przez pracodawcę wyspecjalizowanych firm zajmujących się modernizacją lub konserwacją poszczególnych zespołów urządzenia w sytuacji braku przeszkolonego personelu,
- ✓ właściwego oznakowania obszaru prowadzenia prac modernizacyjnych lub konserwacyjnych zespołów urządzenia,
- ✓ zatrzymania lub ograniczenia pozostałych stanowisk pracy w pomieszczeniu, mogących zakłócić przebieg prac modernizacyjnych lub konserwacyjnych zespołów urządzenia,
- ✓ doboru narzędzi i urządzeń uwzględniających typ, wielkość i kształt zespołów urządzenia.

W celu opracowania skutecznego rozwiązania modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych należy zapewnić przestrzeganie, już w fazie projektowania, **założeń technicznych** dotyczących wymagań komfortu cieplnego i ilości powietrza dostarczanego podczas zabiegów i operacji pacjentów. Rodzaj założeń technicznych jest uzależniony od rodzaju rozwiązania urządzenia zastosowanego w danej sali operacyjnej.

Modułowe urządzenie do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych powinno być projektowane w trakcie konstruowania/doboru stołu operacyjnego. Przy projektowaniu urządzenia do

istniejącego stołu operacyjnego konieczne jest uwzględnienie zasad ergonomii i parametrów pracy wyposażenia sali operacyjnej.

W opracowywanych założeniach technicznych odnoszących się do wymagań komfortu cieplnego i ilości powietrza dostarczanego podczas zabiegów i operacji pacjentów powinien zostać uwzględniony właściwy dobór następujących parametrów:

- ✓ strumienia objętości powietrza nawiewanego z modułowej konstrukcji nawiewników,
- ✓ wielkości i kształtu nawiewników,
- ✓ sposobu przyłączania przewodów wentylacyjnych,
- ✓ odległości agregatu od konstrukcji nawiewnika,
- ✓ długości przewodu odprowadzającego ciepłe powietrze z agregatu,
- ✓ zakresu zmiany wysokości i szerokości konstrukcji nośnej nawiewników.

Wielkość i kształt otworów nawiewnych w konstrukcji nawiewników przyczynia się do kształtowania rozkładu prędkości powietrza, co wpływa na efektywne funkcjonowanie urządzenia.

Istotne znaczenie w kształtowaniu komfortu cieplnego i ilości powietrza dostarczanego do strefy przebywania personelu sal operacyjnych ma automatyczne sterowanie włączaniem i wyłączaniem indywidualnej wentylacji. Włączanie instalacji powinno być związane z etapem przygotowania i rozpoczęcia operacji prowadzonych w sali operacyjnej. Wyłączanie instalacji zwykle powinno następować po upływie zadanego czasu po skończeniu zabiegu lub operacji.

Zastosowanie lekkich i wytrzymałych materiałów oraz przewodów wentylacyjnych do konstrukcji nawiewnika sprawia, że urządzenie to może być:

- ✓ przystosowane do umieszczania w rejonie jak najbliższym użytkownika,
- ✓ sprzężone ze stołem operacyjnym.

Niedogodnością związaną ze stosowaniem modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu w pomieszczeniach sal operacyjnych jest konieczność umieszczania elementów końcowych konstrukcji nawiewników bezpośrednio w rejonie usytuowanym najbliżej użytkownika. Jest to spowodowane małym obszarem skutecznego działania elementów nawiewnych. To z kolei wynika z konieczności stosowania małych wartości prędkości powietrza w celu niewpływania bezpośrednio na rozkład powietrza w całym pomieszczeniu sali operacyjnej i niezaburzania w nim laminarnego obiegu powietrza.

Te niedogodności można zniwelować kontrolując następujące parametry techniczne:

- ✓ odległość płaszczyzny wylotowej nawiewnika od strefy przebywania użytkownika,
- ✓ wymiary geometryczne otworów nawiewnych,
- ✓ rozkład prędkości przepływu powietrza w obszarze między nawiewnikiem a strefą przebywania użytkownika,
- ✓ wartość prędkości powietrza nawiewanego w strefie przebywania człowieka,
- ✓ rozkład prędkości powietrza w płaszczyźnie wylotowej otworu nawiewnego,
- ✓ strumień objętości powietrza w nawiewnym przewodzie wentylacyjnym.

W wypadku stosowania nawiewników istnieje konieczność uwzględniania ruchomości strefy przebywania użytkowników. Związane jest to ze skutecznością działania modułowej konstrukcji nawiewników, która głównie zależy od ich usytuowania względem użytkownika. Dlatego w fazie projektowania nawiewników należy rozważyć dwa przypadki:

- ✓ źródło nieruchome o stałym kierunku nawiewu – stosuje się wtedy nieruchomy system nawiewania powietrza,

- ✓ źródło ruchome – wybiera się system nawiewania spośród dwóch typów:
 - nieruchomego o dużym strumieniu objętości powietrza doprowadzanego,
 - przemieszczającego się wraz z użytkownikiem z możliwością rozpoznawania kierunku nawiewu.

Układy filtracyjne są przeznaczone do oczyszczania zanieczyszczonego powietrza na wlocie i wylocie agregatu chłodniczo-grzewczego oraz modułowej konstrukcji nawiewników. Zalecane jest stosowanie przynajmniej dwustopniowej filtracji powietrza z użyciem układu filtrów wstępnych i dokładnych oraz filtrów wysokoskutecznych. Oczyszczenie powietrza przez urządzenie umożliwia jego ponowne wprowadzenie do pomieszczenia sali operacyjnej. Zaletą układów filtracyjnych w urządzeniu jest możliwość umieszczenia go w bezpośrednim sąsiedztwie użytkowników, a także oszczędności eksploatacyjne wynikające z stosowania powietrza recyrkulacyjnego.

Parametrami technicznymi mającymi wpływ na prawidłową pracę urządzenia są:

- ✓ wartość strumienia objętości powietrza doprowadzanego do otworu wylotowego nawiewnika,
- ✓ wielkość i kształt otworu wylotowego, dopasowane do charakterystyki obszaru przebywania użytkowników,
- ✓ szczelność i sposób przyłączania przewodów wentylacyjnych,
- ✓ skuteczność filtracji powietrza w zależności od rozmiarów cząstek pyłów,
- ✓ opory przepływu powietrza.

W celu uzyskania efektywnego funkcjonowania modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu w pomieszczeniach sal operacyjnych niezbędne jest, oprócz przestrzegania przedstawionych działań organizacyjnych i technicznych, respektowanie

wymagań związanych z czynnościami obsługowymi personelu zatrudnionego przy zabiegach i operacjach w szpitalu.

Działania w zakresie wymagań związanych z przemieszczaniem się personelu w otoczeniu modułowego urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych powinny obejmować:

- ✓ udostępnianie i przestrzeganie instrukcji bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczących obsługi wyposażenia sali operacyjnej, systemów ogólnej wentylacji i klimatyzacji, a także urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu,
- ✓ obsługę technicznego wyposażenia sali operacyjnej, systemów ogólnej wentylacji i klimatyzacji zgodnie z instrukcjami obsługi,
- ✓ uświadomienie pracownikom skutków oddziaływania niewłaściwego komfortu cieplnego, małej wydajności wentylacji i klimatyzacji oraz zanieczyszczeń powietrza występujących w ich środowisku pracy,
- ✓ uświadomienie pracownikom konieczności stosowania środków ochrony zbiorowej przed zapyleniem,
- ✓ zapobieganie przez pracowników przedostawaniu się zanieczyszczeń powietrza do środowiska pracy poprzez odpowiednią obsługę systemów ogólnej wentylacji i klimatyzacji oraz urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych.

PODSUMOWANIE

Urządzenie do wentylacji indywidualnej zapewnia każdemu z członków personelu sal operacyjnych dobrą jakość powietrza i możliwość indywidualnej, zgodnej ze własnymi wymaganiami, kontroli przepływu oraz temperatury powietrza.

Zalety wentylacji indywidualnej to przede wszystkim zwiększenie efektywności wentylacji oraz zapewnienie czystego środowiska w najbliższym otoczeniu człowieka. Początkowo zwiększone koszty związane z wykonaniem dodatkowych elementów układu przygotowania i rozprowadzania powietrza w strefie przebywania człowieka są jednak niwelowane przez zmniejszone zużycie energii potrzebnej do eksploatacji pomieszczeń przeznaczonych do zabiegów i operacji pacjentów.

Należy pamiętać, że każdy z omówionych elementów zespołów urządzenia do indywidualnej wentylacji personelu sal operacyjnych stanowi wyłącznie wspomaganie układu wentylacji. Nie może zastąpić ani stanowić ogólnego systemu grzewczego lub klimatyzacyjnego w typowej sali operacyjnej szpitala.

BIBLIOGRAFIA

- Cermak R., Melikov A.K., Forejt L., Kovar O. Performance of Personalized Ventilation in Conjunction with Mixing and Displacement Ventilation. HVAC&R Research 2006, vol. 12, 2.
- Gao N., Niu J. Modeling the performance of personalized ventilation under different room airflow. Building Simulation 2005. 9th International Conference, Montreal, Canada, 15-18.08.2005
<http://www.chlodnictwoiklimatyzacja.pl/artykuly/242-wydanie-3-2015/3419-wentylacja-indywidualna-przeglad-rozwiazan.html> [dostęp online 14.10.2016 r.].
- Gao N., Niu J., Zhang H. Coupling CFD and Human Body Thermoregulation Model for the Assessment of Personalized Ventilation. HVAC&R Research 2006, vol.12, 3.
- Jarosz A. Analiza systemu klimatyzacji indywidualnej. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa OSA - Odpady, Środowisko, Atmosfera. Kraków 5-6 czerwca 2014;
http://equilibrium.pk.edu.pl/wp-content/uploads/strefa_wiedzy/jarosz.pdf [dostęp online 14.10.2016 r.].
- Melikov A.K. Personalized ventilation 2004, vol. 14, Issue Supplement 7: 157-167.
- Müller J., Pszczoła K. Klimatyzacja pomieszczeń biurowych z wentylacją indywidualną (PV); Office air-conditioning using personalized ventilation system (PV). Rynek Instalacyjny 2012, 12 (18.12.2012)
<http://www.rynekinstalacyjny.pl/artykul/id3472,klimatyzacja-pomieszczen-biurowych-z-wentylacja-indywidualna-pv> [dostęp online 14.10.2016 r.].
- Wyon D.P. Individual microclimate control: required range, probable benefits and current feasibility. W: Nagoya, Japan Proceedings of Indoor Air'96. The 7th international conference on indoor air quality and climate 1996: 1067-72.

Kontakt: mgr inż. Tomasz Jankowski, e-mail: tojan@ciop.pl