

Klimatyzacja sal operacyjnych w szpitalach (cz. II)

Anna CHARKOWSKA^{*)}, Warszawa

Niezwykle ważne jest prawidłowe zaprojektowanie instalacji klimatyzacyjnych sal operacyjnych oraz sąsiadujących pomieszczeń łącznie stanowiących blok operacyjny. Instalacja taka musi bowiem zapewnić wysoką czystość mikrobiologiczną i pyłową powietrza oraz sprawne usuwanie zanieczyszczeń gazowych. Powinna również umożliwić utrzymanie optymalnych, dla pacjenta oraz personelu medycznego, parametrów powietrza takich jak temperatura, wilgotność względna czy prędkość przepływu.

Doprowadzenie powietrza do sal operacyjnych i jego odprowadzenie

Stropy laminarne

W salach operacyjnych oraz w salach pooperacyjnych zaleca się zastosować nawiewne stropy laminarne.

Celem stosowania laminarnego nawiewu powietrza jest doprowadzenie czystego powietrza, o odpowiednich parametrach cieplno-wilgotnościowych oraz minimalnej turbulencji, na miejsce powietrza zanieczyszczonego usuwanego w wyniku wypierania z obszaru krytycznego przez dopływające powietrza nawiewane.

Ze względu na wymagania dotyczące zapewnienia czystości mikrobiologicznej i pyłowej powietrza, sale operacyjne dzieli się na następujące strefy:

Centralna strefa – pole operacyjne, chirurdzy, instrumentariuszka, personel medyczny w sterylnej odzieży, sterylne narzędzia,

Strefa peryferyjna – anestezjolog, niesterylne dodatkowe narzędzia (np. elektryczny skalpel, aparatura do artroskopii, monitory)

Strefa centralna nazywana jest zazwyczaj obszarem chronionym.

Zgodnie z najnowszymi wymaganiami europejskimi, należy zaprojektować instalację klimatyzacyjną dla bloku operacyjnego w następujący sposób:

- w celu ochrony obszaru czystego (chronionego) o wymiarach około 2,8×2,8 m (stół

operacyjny, stół narzędziowy, zespół operacyjny) w sali operacyjnej należy zaprojektować laminarny strop nawiewny (zgodnie z nazewnictwem zamieszczonym w normie PN EN ISO 14644-1: 2004 [12] jest to strop o jednorodnym pionowym przepływie powietrza),

- strop laminarny musi być dobrany w taki sposób, aby w strumieniu nawiewanego czystego powietrza znalazły się wszystkie obszary w sali operacyjnej wymagające specjalnej ochrony (tj. pole operacyjne, zespół operacyjny, stół narzędziowy – obszar chroniony o powierzchni około 2,8×2,8 m), wymagana wielkość stropu laminarnego zależy od rodzaju przeprowadzanej operacji. Zazwyczaj niezbędne jest dobranie stropu o wymiarach 3,2×3,2 m (minimalna zalecana powierzchnia stropu laminarnego wynosi 3,0×3,0 m),
- dobrany strop laminarny powinien charakteryzować się niskoturbulentnym przepływem powietrza (stopień turbulencji <5%), powierzchnia nawiewna stropu powinna być wykonana w postaci nierdzewnej stalowej siatki lub tkaniny poliesterowej, stanowiącej tzw. rozdzielacz strumieni powietrza stosowany w celu wyrównania i stabilizacji wypływającego strumienia powietrza,
- w powierzchni wypływu powietrza ze stropu laminarnego do sali operacyjnej musi znajdować się filtr końcowy wysokoskuteczny klasy co najmniej H13 lub H14 (klasa filtru według PN EN 1822-1 [11]),
- strop laminarny zalecany jest zarówno dla pomieszczeń nowych, jak i modernizowanych,
- przy doborze wielkości stropu laminarnego należy zwrócić uwagę na dwa zalecenia:
 - w strefie peryferyjnej pomiędzy niskoturbulentnym strumieniem czystego powietrza a przepływem turbulentnym powietrza w pozostałej części pomieszczenia nie może przebywać żadna osoba z zespołu operacyjnego, ani znajdować się żaden sprzęt medyczny,
 - obszar zwany strefą czystego powietrza jest ograniczony przez różnicę

temperatury pomiędzy temperaturą powietrza w pomieszczeniu a temperaturą powietrza nawiewanego,

- w celu spełnienia wymagań dotyczących zapewnienia wymaganej czystości powietrza w sali operacyjnej, wymagany jest dobór stropu zapewniającego napływ dużego strumienia powietrza. Dla zalecanego stropu o wymiarach 3,2×3,2m całkowity strumień powietrza nawiewanego wynosi od 7 000 do 8 300 m³/h, w przypadku zaprojektowania recyrkulacji powietrza - udziału powietrza zewnętrznego powinien wynosić co najmniej 800 m³/h. W praktyce przyjmuje się, że minimalny strumień powietrza recyrkulacyjnego wynosi od 1200 do 4000 m³/h. Wartość 1200 m³/h jest podawana jako minimalna na podstawie zaleceń zawartych w poprzedniej wersji normy DIN 1946-4, a wartość 800 m³/h – wynika z wymagań przedstawionych w najnowszej wersji tej normy. Pozostała część strumienia powietrza dostarczanego do sali operacyjnej jest to powietrze obiegowe, oczyszczane na dwustopniowym układzie filtrów powietrza,
- stosując recyrkulację powietrza uzyskuje się zredukowanie zużycia energii; w przypadku dużych stropów (>3 × 3 m) z zamontowanym na brzegach stropu fartuchem (kurtyną) o długości przynajmniej od 5 cm do 50 cm stabilizującym kierunek napływu powietrza ze stropu w stronę stołu operacyjnego, minimalna prędkość nawiewu powietrza powinna wynosić około 0,20 m/s (zalecana prędkość katalogowa wynosi 0,24 m/s). Przy zachowaniu tych warunków nie powinno pojawić się zjawisko rozprzestrzeniania się cząstek stałych.

Dobór wielkości stropu nawiewnego powinien, poza informacjami o przeznaczeniu sali operacyjnej (rodzaj operacji, klasa czystości mikrobiologicznej oraz pyłowej, przewidywane stężenie mikroorganizmów), wynikać z określonej niezbędnej ilości powietrza wentylacyjnego (nawiewnego) oraz przyjętego rozwiązania dotyczącego wykorzystania lub niewykorzystania powietrza obiegowego.

^{*)} Dr inż. Anna CHARKOWSKA – Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Politechnika Warszawska

Zgodnie z „Tymczasowymi wytycznymi...” [16] oraz normami i zaleceniami stosowanymi w Europie, dopuszczalne jest stosowanie stropu laminarnego z recykulacją powietrza. Takie rozwiązanie, ze względu na konieczność dostarczenia do sal operacyjnych bardzo dużej ilości uzdatnionego powietrza wydaje się być celowe.

Budowa i zasada działania stropu laminarnego

Zgodnie z definicją zamieszczoną w [17], stropy laminarne (sufity perforowane lub częściowo perforowane) - zbudowane są z płyt perforowanych, umieszczonych na całej powierzchni sufitu lub w pewnych odstępach. Powietrze wypływa z nich równomiernym strumieniem i z bardzo małą prędkością. Stropy laminarne stosowane są najczęściej w pomieszczeniach czystych, np. w salach operacyjnych, przemyśle farmaceutycznym i elektronicznym. W technice pomieszczeń czystych, nawiew powietrza odbywa się przez filtracyjny strop laminarny składający się z odpowiedniej ilości szczelnie ze sobą połączonych paneli (płyt stropowych). W zależności od wymagań technologicznych w zastosowaniach przemysłowych

stropów laminarnych, stosować można pionowy lub poziomy nawiew powietrza.

Natomiast w salach operacyjnych w szpitalach nawiew powietrza ukierunkowany jest zawsze pionowo w dół na stół operacyjny i stoliki narzędziowe.

W celu lepszej ochrony czystości obszaru wokół stołu operacyjnego i sterylnych stolików narzędziowych w salach operacyjnych nie stosuje się poziomego przepływu powietrza. Nawet zalecane, np. w [7], projektowanie ruchu powietrza od nóg pacjenta ku jego głowie nie ograniczy zagrożenia zainfekowania, gdyż nadal powietrze z zanieczyszczeniami pochodzącymi np. od personelu medycznego będzie przepływało w kierunku pacjenta, osadzając się częściowo na ranie operacyjnej, zamiast być wypierane bezpośrednio od źródeł zanieczyszczeń w dół, pod stół operacyjny, a następnie w kierunku wywiewników ściennych. Stosowanie przepływu poziomego powoduje także większą niestabilność strumienia laminarnego, gdyż jest on bardziej podatny na zaburzenia przepływu strumienia powstające np. podczas otwierania drzwi lub przemierzania się personelu w sali operacyjnej [2].

Ze względu na podsysanie powietrza z otoczenia, na obrzeżach nawiewanego strumienia tworzą się strefy mieszania o zwiększonej, w stosunku do niezaburzonej części strumienia, turbulencji prowadząc do przewężenia strumienia laminarnego [5]. Pojawianie się tego zjawiska jest powodem doboru stropu nawiewnego o przekroju poprzecznym większym niż powierzchnia obszaru chronionego.

Strop laminarny składa się z następujących elementów [8]:

- rozdzielacza powietrza,
 - wysokoskutecznych filtrów powietrza (z grupy filtrów HEPA, klasy co najmniej H13), stanowiących ostatni stopień filtracji powietrza nawiewanego (wcześniejsze dwa stopnie filtracji ulokowane są w szafie lub centrali klimatyzacyjnej),
 - ciśnieniowej komory rozprężnej wykonanej ze stali nierdzewnej,
 - w przypadku zastosowania stropu z recykulacją powietrza z sali operacyjnej do przestrzeni stropu laminarnego: moduł powietrza recykulacyjnego.
- Moduł powietrza recykulacyjnego zbudowany jest z kolejno zamontowanych,



Weiss Klimatechnik Polska Sp. z o.o.
ul. Włodarzewska 67c/13;
02-384 Warszawa

tel.: 0048 22 824 04 11
fax: 0048 22 823 05 71
<http://www.wktp.pl>
biuro@wktp.pl

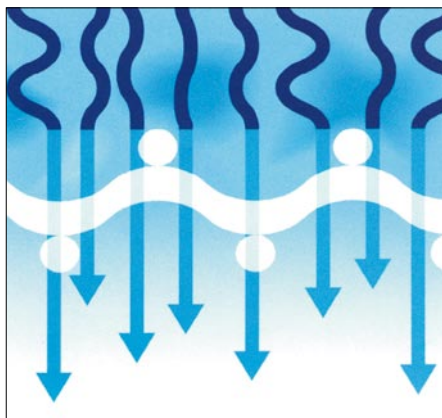


SZAFY KLIMATYZACYJNE
oraz **STROPY LAMINARNE**
w wykonaniu higienicznym dla sal operacyjnych

zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza, następujących elementów [8]:

- wlot powietrza chroniony za pomocą siatki poliestrowej lub płyty perforowanej ze stali nierdzewnej,
- filtr powietrza (klasy co najmniej G4),
- tłumik powietrza,
- przepustnica odcinająca (uniemożliwiająca rewersyjny przepływ powietrza, tzw. cofnięcie),
- dwa wentylatory.

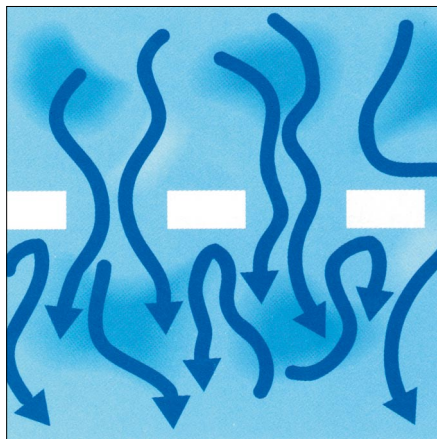
Konieczne jest wyposażenie stropu w króćce pomiarowe do pomiaru szczelności każdego filtra oraz do wykonania badania przecieku filtra za pomocą aerozolu testowego, zlokalizowane w łatwo dostępnym miejscu, w otworze skrzyni mocującej lampę operacyjną [8].



Rys. 5. Przepływ powietrza nawiewanego przez rozdzielacz (dystrybutor) powietrza wykonany z tkaniny poliestrowej [2]

Wyływ powietrza z paneli stropowych następuje przez płaszczyznę wylotową, znajdującą się bezpośrednio pod wysokoskutecznym filtrem powietrza, wykonaną z blachy perforowanej lub jednej lub z dwóch (zależnie od producenta) warstw materiału mikroporowego stanowiącego tzw. rozdzielacz powietrza (ang. laminariser, nazywany także laminaryzatorem lub dystrybutorem powietrza), stosowaną w celu wyrównania i stabilizacji wypływającego strumienia powietrza.

Rozdzielacz jest elementem nawiewnika laminarnego, który decyduje o powstaniu jednorodnego strumienia powietrza. Jego podstawową częścią jest wykonana ze stali nierdzewnej lub aluminium, rama o profilu zamkniętym, na której rozpięty jest specjalny poliestrowy materiał. Splot tego materiału ukierunkowuje przepływ powietrza dając efekt przepływu laminarnego. W przypadku uszkodzenia – możliwa jest naprawa uszkodzonego rozdzielacza polegająca na usunięciu uszkodzonej tkaniny, piaskowaniu ramki, a następnie naciągnięciu nowej tkaniny. [14].



Rys. 6. Przepływ powietrza nawiewanego przez rozdzielacz (dystrybutor) powietrza wykonany z płyty perforowanej [2]

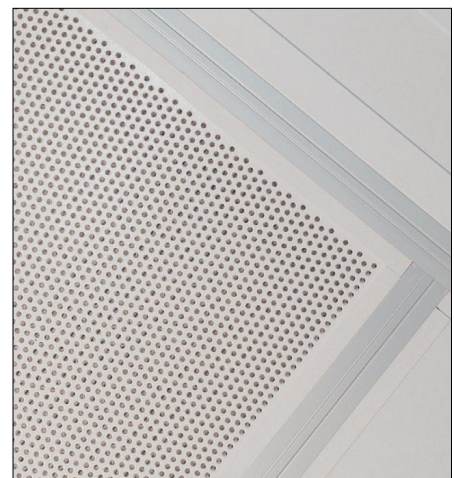
Ograniczone praktycznie całkowicie są zjawiska indukcji powietrza z otoczenia (z sąsiadujących strug powietrza) i zawirowania (rys. 5). Strumień wypływający z rozdzielacza powietrza jest zdecydowanie bardziej zbliżony do idealnego układu strug niż przy stosowaniu stropów z blachy perforowanej [2]. Strumień powietrza wypływający przez blachę perforowaną nazywany jest strumieniem quasi-laminarnym lub niskoturbulentnym (rys. 6).

Na rys. 7 oraz na rys. 8 przedstawiono zdjęcia rozdzielaczy powietrza wykonanych z tkaniny poliestrowej oraz z blachy perforowanej.

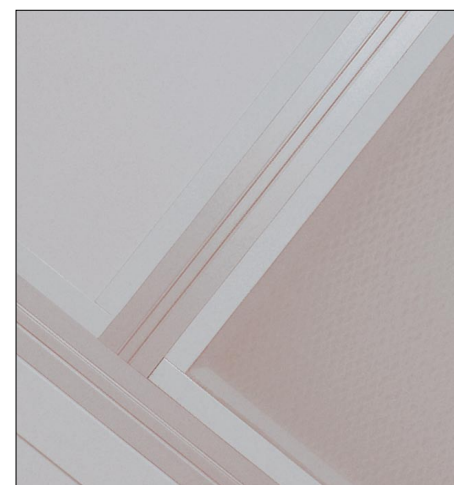
Podczas stosowania stropu z recyrkulacją powietrza z sali operacyjnej do przestrzeni stropu laminarnego, powietrze jest zasysane przez otwory wlotowe powietrza w dwóch modułach recyrkulacyjnych, umieszczonych z dwóch przeciwległych boków stropu laminarnego i włączane do ciśnieniowej komory rozprężnej. W komorze rozprężnej powietrze miesza się z powietrze zewnętrznym uzdatnionym w szafie (lub centrali) klimatyzacyjnej. Komora ta usytuowana jest bezpośrednio nad filtrami HEPA. Zmieszane dwa strumienie powietrza przez filtr HEPA, klasy co najmniej H13 i przez rozdzielacz powietrza nawiewane do sali operacyjnej, nad obszar chroniony. W celu zapewnienia stabilnego przepływu laminarnego strumienia powietrza, przemieszczającego się z niewielką prędkością wynoszącą około 0,24 m/s, a zatem podatnego za zakłócenia, wokół stropu laminarnego, na jego obwodzie instaluje się kurtynę ochronną wykonaną ze szkła, pleksiglasu lub z PCV. Kurtyna o długości 40÷50 cm ma za zadanie ukierunkowanie przepływu powietrza w stronę stołu operacyjnego (rys. 9).

Ze względu na stosunkowo wysoki poziom hałasu emitowanego przez stro-

py z bezpośrednią recyrkulacją powietrza z sali operacyjnej, od niedawna proponuje się stosowanie oddzielnego modułu recyrkulacyjnego, umieszczonego poza salą operacyjną (rys. 10). Drugim argumentem przemawiającym za stosowaniem tego rozwiązania, jest zmniejszenie zapotrzebowania na powierzchnię potrzebną do instalowania stropu laminarnego w porównaniu do stropu z bezpośrednią recyrkulacją powietrza z sali. A zarazem można go stosować w małych salach operacyjnych, w którym konieczne jest zastosowanie dużego stropu laminarnego, np. o wymiarach 3×3 m lub gdy powierzchnia stropu w sali operacyjnej jest wykorzystana w inny sposób, np. przez inne instalacje lub elementy konstrukcyjne, a także wtedy, gdy ze względu na niewielką wysokość pomieszczenia nie dopuszcza się stosowania stropów z recyrkulacją powietrza. Moduł recyrkulacyjny można



Rys. 7. Rozdzielacz (dystrybutor) powietrza wykonany z płyty perforowanej ze stali nierdzewnej [8]



Rys. 8. Rozdzielacz (dystrybutor) powietrza wykonany z jednowarstwowego materiału poliestrowego [8]



Rys. 9. Laminarny strop z bezpośrednią recyrkulacją z pomieszczenia [8]

umieścić w pobliżu sali operacyjnej lub w sąsiednim pomieszczeniu, np. w sali przygotowania pacjenta lub na korytarzu. Powietrze recyrkulacyjne przepływa bezpośrednio przez kratkę ścienną z sali operacyjnej do wnętrza modułu recyrkulacyjnego, z modułu wpływa do przestrzeni stropu podwieszonego w sali operacyjnej. Kratka ścienna musi być wyposażona w elementy zapewniające zatrzymanie zanieczyszczeń stałych (np. drobne fragmenty materiałów opatrunkowych) porywanych

przez strumień powietrza z podłogi sali operacyjnej, tzw. łapacz lub perforowaną płytę ze stali nierdzewnej. Jeśli moduł recyrkulacyjny został uwzględniony na etapie projektowania sali operacyjnej i jej architektonicznego wykończenia, ściana modułu z kratką ścienną może stać integralną częścią architektury sali operacyjnej.

Moduł powietrza recyrkulacyjnego składa się z trzech sekcji [18]:

- sekcja wentylatora,
- sekcja tłumika hałasu i chłodzenia (opcjonalnie),
- sekcja recyrkulacji powietrza i filtracji.

Opcjonalnie stosowana chłodnica musi pracować bez wykrapiania wilgoci (parametry wody chłodniczej 14/16°C) i może odebrać zyski ciepła w ilości 3,0 kW, przy temperaturze powietrza wpływającego do modułu wynoszącej 23°C i wilgotności 57% oraz temperaturze powietrza wywiejanego 20°C i wilgotności względnej 68%.

Powadzi to do zmniejszenia wymaganej mocy chłodniczej szafy lub centrali klimatyzacyjnej.

Poziom hałasu wydzielanego przez moduł recyrkulacyjny zależy od wielkości strumienia powietrza i wynosi od 37 dB(A) dla 2 000 m³/h do 51 dB(A) dla 4000 m³/h.

Zastosowanie odrębnego modułu recyrkulacyjnego, eliminuje stosowanie wentylatorów recyrkulacyjnych umieszczonych w suficie sali operacyjnej, obok stropu laminarnego, czyli faktycznie prowadzi do zmniejszenia poziomu dźwięku pochodzącego od instalacji klimatyzacyjnej w tym pomieszczeniu.

Drugi typ stropu laminarnego zapewnia dostarczenie do przestrzeni obszaru chronionego odpowiednio przygotowanego powietrza zewnętrznego [8]. Tak samo, jak w przypadku stropu z recyrkulacją powietrza, także w tym stropie zamontowany jest wysokoskuteczny filtr powietrza klasy co najmniej H13 oraz rozdzielacz powietrza.

Zalecany obecnie powszechnie do stosowania w salach operacyjnych laminarny przepływ powietrza ma zdecydowaną przewagę, jeśli chodzi o dotrzymanie wymagań higienicznych oraz komfortu cieplnego.



EURODUCT

danduct Clean Duński producent sprzętu do kontroli i czyszczenia przewodów wentylacyjnych proponuje dostawę i serwis urządzeń przez swego przedstawiciela – spółkę z o.o. **EURODUCT**.

Dostarczamy wiele rodzajów urządzeń i technologii do kompleksowej obsługi i utrzymania higieny w **przewodach wentylacyjnych** o różnych kształtach od 60 mm do 1200 mm oraz świadczymy **kompleksowe usługi** związane z ich czyszczeniem, dobierając odpowiednią metodę.

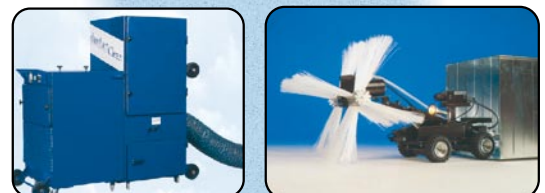
Stosujemy również technologię „suchego lodu” pozwalającą na **szybkie czyszczenie** bardzo zabrudzonych **przewodów wentylacyjnych, wyciągów kuchennych, oraz maszyn i urządzeń** pracujących w różnych przemysłach, a wymagających oczyszczenia z olejów, tłuszczu, cukru, kleju, tuszy, farb drukarskich, bitumu, wosku. Technologia ta ma olbrzymie zastosowanie przy utrzymaniu czystości maszyn i urządzeń w produkcji żywności, przetwórstwie spożywczym oraz w przemyśle tworzyw sztucznych i chemicznym.

Wykonujemy **pomiary czystości powietrza** w przewodach wentylacyjnych według obowiązujących norm oraz **dokumentację na nośnikach wizyjnych** na okoliczność jakości wykonanych usług przed i po czyszczeniu.

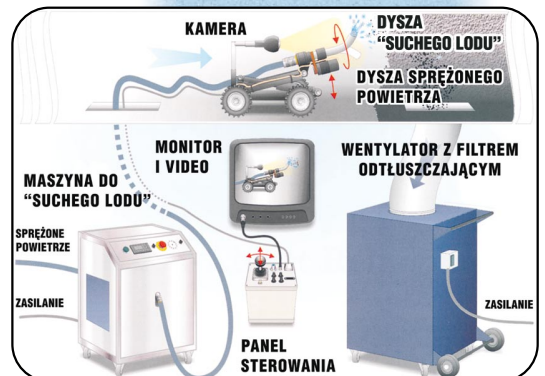
EURODUCT Sp. z o.o.

04-950 Warszawa, ul. Patriotów 77-2
tel/fax (22) 612-70-80, tel/fax (22) 872-50-10
tel. kom. 0 600 904 536, 0 600 904 535
e-mail: euroduct@euroduct.com.pl

www.euroduct.com.pl



Technologia suchego lodu





Rys. 10. Recyrkulacyjny moduł ścienny [18]

go w salach operacyjnych. w porównaniu z przepływem turbulentnym.

W wyniku zastosowania przepływu laminarnego powietrza uzyskuje się [2]:

- uwarstwiony, tłokowy przepływ powietrza z płaszczyzny nawiewu w kierunku wywiewników,
- usuwanie zanieczyszczeń w wyniku ich równomiernego wypierania przez strumień powietrza w kierunku wywiewników (nie następuje wymieszanie powietrza zanieczyszczonego z powietrzem czystym), czego konsekwencją jest stratyfikacja stężenia zanieczyszczeń w wentylowanym obszarze,
- stratyfikację pól temperatury i prędkości powietrza,
- ograniczenie lub zlikwidowanie przeciągów powietrza.

Wysokoskuteczne filtry powietrza klasy H13 lub H14 stanowiące ostatni stopień filtracji, muszą być umieszczone jak najbliżej klimatyzowanego pomieszczenia. Mogą one być zamontowane w:

- płaszczyźnie nawiewu tworząc filtracyjny strop laminarny,
- w przewodzie (lub w przewodach) wentylacyjnym na wlocie powietrza do przestrzeni stropu laminarnego.

Stosując to drugie rozwiązanie, możliwe tylko w przypadku stropu laminarnego bez recyrkulacji powietrza, uzyskuje się większe opory przepływu powietrza. I jednocześnie, powietrze przepływając przez filtr HEPA umieszczony w płaszczyźnie nawiewnej oraz rozdzielacz powietrza jest w sposób równomierny rozprowadzane przez całą powierzchnię nawiewną.

Dobór wielkości stropu laminarnego zależy od:

- przeznaczenia sali operacyjnej, czyli od przewidywanej wielkości obszaru chronionego,
- obciążenia cieplnego występującego w sali operacyjnej.

Stropy laminarne pracują prawidłowo jedynie podczas chłodzenia powietrza wewnętrznego. Zalecana różnica pomiędzy temperaturą powietrza w pomieszczeniu a temperaturą powietrza nawiewnego wynosi 0,5 K, maksymalna 4 K.

Za pomocą omawianych stropów laminarnych można odprowadzić zyski ciepła wynoszące w przybliżeniu 3÷4 kW [8].

Po analizie aktualnych przepisów i zaleceń zagranicznych oraz danych katalogowych dla sal operacyjnych proponuje się wybór jednego z dwóch wariantów stropów laminarnych [8]:

WARIANT 1:

- nawiewny strop laminarny z recyrkulacją powietrza bezpośrednio z sali operacyjnej lub za pomocą modułu recyrkulacyjnego, umieszczonego poza salą operacyjną, o wymiarach powierzchni wypływu powietrza 3,2×3,2 m,
- filtr HEPA klasy H13 lub H14, umieszczony w płaszczyźnie nawiewnej stropu,
- Strumienie powietrza wentylacyjnego:
 - całkowity strumień powietrza wentylacyjnego (zależnie od obciążenia cieplnego pomieszczenia): 7000÷8300 m³/h,
 - strumień powietrza zewnętrznego: 1200÷2400 m³/h,
- poziom mocy dźwięku: 46÷48 dB(A):
- temperatura powietrza nawiewanego 18°C, przy temperaturze powietrza wewnętrznego 21°C ($\Delta t_N = 3K$),
- prędkość powietrza nawiewanego – około 0,20÷0,24 m/s.

WARIANT 2:

- nawiewny strop laminarny bez recyrkulacji powietrza, o wymiarach powierzchni wypływu powietrza 3,2×3,2 m,
- filtr HEPA klasy H13 lub H14, umieszczony w płaszczyźnie nawiewnej stropu,
- całkowity strumień powietrza wentylacyjnego: 8600 m³/h,
- Temperatura powietrza nawiewanego +18°C, przy temperaturze powietrza wewnętrznego 21°C ($\Delta t_N = 3K$),
- prędkość powietrza nawiewanego – około 0,20÷0,24 m/s.

Podobnie jak w salach operacyjnych, w salach pooperacyjnych proponuje się zastosowanie stropów laminarnych. Strumienie powietrza wentylacyjnego powinny być określone w oparciu o bilans zysków i strat ciepła oraz porównane z zalecaną ilością wymian powietrza.

W pozostałych klimatyzowanych salach bloku operacyjnego do nawiewu powietrza można zastosować sufitowe nawiewniki wirowe lub nawiewniki skośne z wysokoskutecznym filtrem powietrza (ostatni stopień filtracji), umieszczonym w skrzynce tego nawiewnika.

Kratki wywiewne

W salach operacyjnych należy zapewnić równomierne odprowadzenie powietrza usuwanego przez ściennie kratki wywiewne. Z tego powodu, najlepszym rozwiązaniem jest zaprojektowanie równomiernie rozmieszczonych czterech przewodów wywiewnych z dwiema kratkami każdy, np. na dwóch przeciwległych ścianach bocznych pomieszczenia, w odpowiedniej odległości od narożników.

Można zastosować:

- kratki wywiewne z łatwo zdejmowaną, w celu oczyszczenia i kontroli stanu higienicznego, drobną siatką wykonaną ze stali nierdzewnej,
- specjalne panele ściennie z obudowanym ściankami przewodem wywiewnym i dwoma kratkami wywiewnymi umieszczonymi nad podłogą i pod sufitem.

Podczas operacji dochodzi do odrywania się dużej ilości strzępków od środków opatrunkowych i bielizny, które są następnie porywane przez przepływające przez pomieszczenie powietrze wentylacyjne i zasysane do otworów wywiewnych. Powoduje to zanieczyszczenie sieci przewodów wywiewnych i recyrkulacyjnych oraz zwiększenie oporów przepływu powietrza. Recyrkulacja takiego powietrza z sali operacyjnej prowadzi do znacznego



Rys. 11. Rozmieszczenie kratki wywiewnych w sali operacyjnej

zanieczyszczenia urządzeń uzdatniających powietrze (np. wymienników ciepła). Osadzone fragmenty zabrudzonych środków opatrunkowych stanowią jednocześnie pożywkę dla rozwijających się w instalacjach mikroorganizmów.

Można znacznie ograniczyć to niekorzystne zjawisko stosując kratki wywiewne ze zdejmowaną, w celu oczyszczenia i kontroli stanu higienicznego, drobną siatką wykonaną ze stali nierdzewnej, czyli z zastosowaniem tzw. separatora (oddzielacza) zanieczyszczeń.

Najczęściej dobiera się tego rodzaju kratkę wywiewną na prędkość powietrza wynoszącą 2,5 m/s. Początkowa strata ciśnienia wynosi wówczas około 10÷13 Pa.

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Wytycznych projektowania szpitali ogólnych” w salach operacyjnych nawiew powinien odbywać się górną. Ze względu na występującą w takich pomieszczeniach emisję cięższych od powietrza gazów anestetycznych do powietrza wewnętrznego, umieszczone się kratki wywiewne na dwóch poziomach [7]:

- nad podłogą (wywiew 80% powietrza),
- pod sufitem (wywiew 20% powietrza).

Zazwyczaj kratki umieszcza się w odległości około 25÷30 cm odpowiednio od podłogi i od stropu (rys. 11).

W odróżnieniu od sposobu odprowadzenia zanieczyszczonego powietrza z sal czystych znajdujących się w różnych gałęziach przemysłu, w przypadku sal operacyjnych nie jest zalecany wywiew powietrza przez podłogę wykonaną np. z płyt perforowanych. Podczas operacji na pod-

łodze mogą znaleźć się zabrudzone waciki, lignina, narzędzia chirurgiczne, krew i inne zanieczyszczenia. Nie należy zatem wprowadzać do usuwanego powietrza dodatkowych zanieczyszczeń mikrobiologicznych i pyłowych porożonych przez powietrze z nagromadzonych na powierzchni płaszczyzn wywiewnych (podłogi) brudnych przedmiotów. Jednocześnie ulegałyby zapchaniu perforacja wywiewnych płyt podłogowych.

Podsumowanie

Zgodnie z najnowszymi zaleceniami dotyczącymi klimatyzacji sal operacyjnych oraz pozostałych pomieszczeń znajdujących się w obszarze bloków operacyjnych, proponuje się zastosowanie w pomieszczeniach o wysokich wymaganiach w zakresie czystości powietrza:

- stropów laminarnych z wysokoskutecznymi filtrami powietrza klasy H14 (sale operacyjne) oraz H13 (sale poopercyjne),
- nawiewników sufitowych wirowych lub ewentualnie kratki skośnych, z wysokoskutecznymi filtrami HEPA umieszczonymi w skrzynkach nawiewników,
- ściennych kratki wywiewnych w salach operacyjnych, umieszczonych na dwóch poziomach tj., nad podłogą i pod sufitem, ze względu na możliwość emisji gazów anestetycznych zaleca się odprowadzać 80% powietrza wywiewanego przez kratki umieszczone nad podłogą, 20% powietrza przez kratki umieszczone pod sufitem,
- w pozostałych pomieszczeniach – tylko kratki wywiewne na jednym poziomie, w zależności od rozwiązania architektonicznego i wyposażenia pomieszczeń.

Proponuje się przygotowanie powietrza wentylacyjnego za pomocą szaf klimatyzacyjnych, dobranych indywidualnie dla poszczególnych grup pomieszczeń o jednakowym lub zbliżonym przeznaczeniu i takich samych wymaganiach odnośnie czystości powietrza. W razie potrzeby, niezbędne może okazać się zastosowa-

nie strefowych urządzeń uzdatniających powietrze w zależności od indywidualnych wymagań dla konkretnych pomieszczeń.

LITERATURA

- [1] Centrala klimatyzacyjna multiCENT typ KW/KWH, karta katalogowa firmy Clima Tech Polska.
- [2] CG Clean Air Distributor, Karta katalogowa Luwa AG, 1999.
- [3] Charkowska A., Nowoczesne systemy klimatyzacji w obiektach służby zdrowia, Wyd. IPPU MASTA, 2000.
- [4] DIN 1946-4: 2005-02, Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern.
- [5] HALUPCZOK J.: Wentylacja pomieszczeń czystych, część III, COW 8/1997, s. 42–46.
- [6] Informacje uzyskane w firmie Weiss Klimatechnik Polska, pismo Zakładu Higieny Komunalnej Państwowego Zakładu Higieny z dn. 16.09.2004 r. w sprawie wymagań niezbędnych do umieszczenia w Ateście Higienicznym.
- [7] KRUCZKOWSKI P.: Wytyczne projektowania szpitali ogólnych. Instalacje sanitarne. Zeszyt 5. Wentylacja i klimatyzacja, Biuro Projektów Służby Zdrowia, 1984.
- [8] Nowa generacja stropów z przepływem laminarnym dla sal operacyjnych. Wersje z powietrzem świeżym typu FFA.3 oraz z recyrkulacją typu ULA.3, Karta katalogowa Weiss Klimatechnik Polska.
- [9] Nowoczesna szafa klimatyzacyjna MEDICLEAN® Idealne rozwiązanie dla klimatyzacji sal operacyjnych, Karta katalogowa Weiss Klimatechnik Polska, 2005.
- [10] Nowoczesne rozwiązania urządzeń klimatyzacyjnych dla pomieszczeń czystych i szpitalnictwa firmy Weiss Klimatechnik, opracował J.M., Chłodziwo&Klimatyza cja, 9/2000.
- [11] PN EN 1822-1 Wysokoskuteczne filtry powietrza (HEPA i ULPA) – Część 1: Klasyfikacja, badanie parametrów, znakowanie
- [12] PN-EN ISO 14644-1:2004 - Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane, Część 1: Klasyfikacja czystości powietrza.
- [13] Redundancja, Wikipedia Wolna Encyklopedia, <http://pl.wikipedia.org/wiki/Redundancja>.
- [14] Rozdzielacz przepływu laminarnego, www.wavicon.com.pl.
- [15] SITKO K.: Klimatyzacja i wentylacja istniejących bloków operacyjnych, Niemożliwe stało się możliwe, Ogólnopolski Przegląd Medyczny 3/2005, s. 32–33.
- [16] Tymczasowe wytyczne MZiOs stosowania recyrkulacji powietrza wewnętrznego w Zakładach Opieki Zdrowotnej, MZiOs, 15.03.1996.
- [17] Vademecum wentylacji i klimatyzacji, <http://www.muratorplus.pl/14939.htm>.
- [18] Weiss Circulating Air Wall Module. The hygiene-compatible alternative to the ceiling-mounted circulating air module, Karta katalogowa Weiss Klimatechnik Polska

□