

OBLICZENIA WENTYLACJI

SPIS TREŚCI

WYKAZ OZNACZEŃ.....	
WSTĘP – CELE PRACY.....	
1. WENTYLACJA.....	
2. KRYTERIA KLASYFIKACJI WENTYLACJI I JEJ RODZAJE.....	
2.1. KRYTERIA KLASYFIKACJI WENTYLACJI.....	
2.2. RODZAJE WENTYLACJI.....	
2.2.1. WENTYLACJA NATURALNA.....	
2.2.2. WENTYLACJA MECHANICZNA.....	
3. GŁÓWNE ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNEJ.....	
3.1. WENTYLATORY.....	
3.1.1. WENTYLATORY PROMIENIOWE.....	
3.1.2. WENTYLATORY OSIOWE.....	
3.1.3. WENTYLATORY POPRZECZNE.....	
3.2. URZĄDZENIA DO OCZYSZCZANIA POWIETRZA.....	
3.3. POZOSTAŁE ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNEJ...	
4. PODSTAWY PROJEKTOWANIA SIECI PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH	
5. NORMY I PRZEPISY OBOWIĄZUJĄCE W WENTYLACJI.....	
6. WYBRANE PROBLEMY RACHUNKOWE W WENTYLACJI.....	
6.1. USTALENIE ILOŚCI POWIETRZA DO WYMIANY.....	
6.1.1. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE KROTNOŚCI WYMIAN	
6.1.2. OBLICZANIE POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE MINIMALNEJ ILOŚCI POWIETRZA ZEWNĘTRZNEGO.....	
6.2. METODY SZCZEGÓŁOWE OBLICZANIA POWIETRZA WENTYLACYJNEGO.....	
6.2.1. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW CIEPŁA JAWNEGO	
6.2.2. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW WILGOCI	
6.2.3. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW CIEPŁA I WILGOCI	
6.2.4. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH.....	
6.2.5. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZANIECZYSZCZEŃ PYŁOWYCH.....	
6.3. OBLICZANIE PARAMETRÓW WENTYLATORA.....	
WNIOSKI.....	
LITERATURA.....	

WYKAZ OZNACZEŃ

L	- ilość powietrza do wymiany, $m^3 \cdot h^{-1}$
V_k	- kubatura pomieszczenia, m^3
n	- krotność wymiany powietrza, h^{-1}
N	- ilość osób przy pełnym wykorzystaniu pomieszczenia, os
V_0	- minimalna ilość powietrza zewnętrznego, $m^3 \cdot h^{-1} \cdot os^{-1}$
L_w, L_n	- ilość powietrza wywiewnego, nawiewnego, $m^3 \cdot h^{-1}$
K	- procent nad- lub podciśnienia w pomieszczeniu, $K=5-10\%$
G_w	- wagowa ilość powietrza wentylacyjnego, $kg \cdot s^{-1}$, $m^3 \cdot h^{-1}$
Q_j	- zyski ciepła jawnego, W
Q_s	- straty ciepła w pomieszczeniu, W
c_p	- ciepło właściwe powietrza, $c_p = 1kJ \cdot kg^{-1}$
t_n, t_w	- temperatury nawiewu i wywiewu powietrza, $^{\circ}C$
W_z, W_l	- zyski wilgoci w pomieszczeniu w okresie zimy i lata, $g \cdot kg^{-1}$
x_w	- wilgotność właściwa powietrza wywiewnego z pomieszczenia, $g \cdot kg^{-1}$
x_n	- wilgotność właściwa powietrza nawiewnego z pomieszczenia, $g \cdot kg^{-1}$
G_w	- ciężarowa lub objętościowa ilość powietrza wentylacyjnego, $kg \cdot h^{-1}$, $m^3 \cdot h^{-1}$
Φ	- ciężar właściwy powietrza wentylacyjnego, $\Phi = 1,2 kg \cdot m^{-3}$
G_g	- ilość wydzielanego gazu w pomieszczeniu, $g \cdot h^{-1}$
K_w, K_{wx}	- koncentracja gazu w powietrzu wywiewnym, $g \cdot kg^{-1}$ lub $g \cdot m^{-3}$
K_n, K_{nx}	- koncentracja gazu w powietrzu nawiewnym, $g \cdot kg^{-1}$ lub $g \cdot m^{-3}$
G_p	- ilość zanieczyszczeń pyłowych, $g \cdot h^{-1}$
K_w, K_n	- koncentracja pyłu w powietrzu usuwanym i nawiewnym, $mg \cdot m^{-3}$
K_z	- koncentracja pyłu w powietrzu zewnętrznym, $mg \cdot m^{-3}$
Δp	- ciśnienie tłoczenia (spręż), $Pa = N \cdot m^{-2}$
Δp_{stat}	- przyrost ciśnienie statystycznego, $Pa = N \cdot m^{-2}$
Δp_{dyn}	- przyrost ciśnienie dynamicznego, $Pa = N \cdot m^{-2}$
P_e	- moc wentylatora, W
\dot{V}	- objętość przetłaczanego powietrza, $m^3 \cdot s^{-1}$
η	- sprawność ogólna wentylatora lub sprawność oczyszczania na filtrze
n	- obroty
η_m	- sprawność mechaniczna
η_i	- sprawność wewnętrzna

1. WENTYLACJA

Człowiek w miejscu pracy i pomieszczeniach bytowych takich jak mieszkania, szpitale, szkoły, teatry, hotele powinien mieć stworzony właściwy mikroklimat, chroniący jego zdrowie i poprawiający samopoczucie, a także zdolności wytwórcze. Jest to szczególnie ważne w aspekcie psychologii i higieny pracy.

Mikroklimat w znaczeniu encyklopedycznym jest to klimat charakterystyczny dla małej części środowiska, której odrębność jest wynikiem specyfiki układu czynników ją tworzących, np. wysokością i wahaniami temperatury, wilgotności, szybkością ruchu powietrza itp. Określonym mikroklimatem może się charakteryzować zarówno obszar geograficzny (np. miejscowość, kotlina, czy wąwóz), jak i twór sztuczny zbudowany przez człowieka (wnętrze samochodu, mieszkanie, hala produkcyjna).

Duży wpływ na mikroklimat, a zwłaszcza na czynniki wymienione powyżej ma wentylacja. Słowo to pochodzi od łacińskiego słowa ventilatio i oznacza przewietrzanie, a ventilator – przewietrzający.

Wentylacja - to wymiana powietrza w pomieszczeniach, która polega na usuwaniu powietrza zanieczyszczonego lub gorącego i doprowadzeniu powietrza świeżego lub chłodnego. Zadaniem wentylacji jest usuwanie z pomieszczeń zamkniętych (biurowych, mieszkalnych, produkcyjnych i innych) powietrza zanieczyszczonego, a dostarczenie powietrza świeżego, czystego o określonej temperaturze. Jest ona niezbędna, gdyż powietrze we wszystkich pomieszczeniach stale ulega zanieczyszczeniu.

Widoczne skutki złej wentylacji to:

- Ciąg wsteczny powietrza przez kratki wentylacyjne
- zaparowane szyby w oknach
- skroplona para wodna na chłodnych powierzchniach ścian i przedmiotach
- nawiew powietrza przez kratki wywiewne w kuchni lub łazience
- pęcznienie drewnianych mebli i podłóg

Niewidoczne skutki złej wentylacji to:

- bóle i zawroty głowy, zmęczenie, podrażnienia błony śluzowej nosa, podrażnienia gardła, podrażnienia skóry, uczulenia, alergie
- wnikiwanie wilgoci do ścian i stopniowa ich destrukcja.

Konsekwencją złej wentylacji i oddychania zanieczyszczonym powietrzem może być astma lub inne choroby dróg oddechowych, a nawet nowotwory.

Niesprawnie działająca wentylacja w pomieszczeniach z gazowymi urządzeniami grzewczymi może doprowadzić do wydzielania się tlenku węgla. Zatrucie tlenkiem węgla może mieć bardzo poważne konsekwencje zdrowotne, może być śmiertelne.

2. KRYTERIA KLASYFIKACJI WENTYLACJI I JEJ RODZAJE

2.1. KRYTERIA KLASYFIKACJI WENTYLACJI

W literaturze przedmiotu stosuje się wiele kryteriów podziału wentylacji. Główne z nich wraz z rodzajami wentylacji zostały wymienione w poniżej.

W celu pełnego charakteryzowania systemu wentylacji używa się zwykle kilku określeń:

- ✓ siły powodujące przepływ powietrza to wentylacja naturalna lub mechaniczna
- ✓ sposób organizowania wymiany powietrza wiąże się najczęściej z wentylacją ogólną
- ✓ zakres uzdatniania powietrza to wentylacja z chłodzeniem bądź z dowilżaniem
- ✓ liczba przewodów magistralnych to instalacje bezprzewodowe, jedno przewodowe lub dwu przewodowe

2.2. RODZAJE WENTYLACJI

Zadanie wentylacji, polegające na utrzymaniu wymaganego stanu powietrza w pomieszczeniu lub jego części, w którym przebywają ludzie może być spełnione różnymi sposobami. Jednym z nich jest zapewnienie równomiernej wymiany powietrza w całym pomieszczeniu i usuwaniu zanieczyszczeń po ich zmieszaniu i rozcieńczeniu przez powietrze do pewnej dopuszczalnej koncentracji. Taki rodzaj wentylacji nosi nazwę wentylacji ogólnej.

Jest ona wskazana dla pomieszczeń użyteczności publicznej, w którym głównym źródłem zanieczyszczeń są ludzie lub dla pomieszczeń przemysłowych, gdzie źródła zanieczyszczeń nie są zlokalizowane lub trudne do ujęcia. Wentylacja ogólna może być oparta na zasadzie pracy okresowej lub ciągłej.

Innym rodzajem wentylacji jest wentylacja lokalizująca. Znajduje zastosowanie w pomieszczeniach przemysłowych. Polega na wychwytywaniu substancji zanieczyszczających powietrze i usuwaniu ich na zewnątrz pomieszczenia. Zasysanie powietrza przez odciąg miejscowy wytwarza podciśnienie w obszarze, w którym znajduje się źródło wydzielania się zanieczyszczeń (lub ciepła). Dzięki czemu ruch powietrza w tym obszarze może w zasadzie odbywać się tylko w kierunku ssawnego otworu odciagu, który łącznie z zasysanym powietrzem pochłania wszelkie powstające zanieczyszczenia lub ciepło.

Następnym rodzajem wentylacji jest wentylacja miejscowa, która stwarza odpowiednie warunki klimatyczne tylko w niewielkich miejscach strefy pracy, związanych ze stanowiskiem pracy lub miejscami przeznaczonymi do odpoczynku. Jest ona podyktowana względami ekonomicznymi, gdy w dużym pomieszczeniu o niesprzyjających warunkach pracuje mała liczba osób, stosuje się wówczas nawiewy miejscowe.

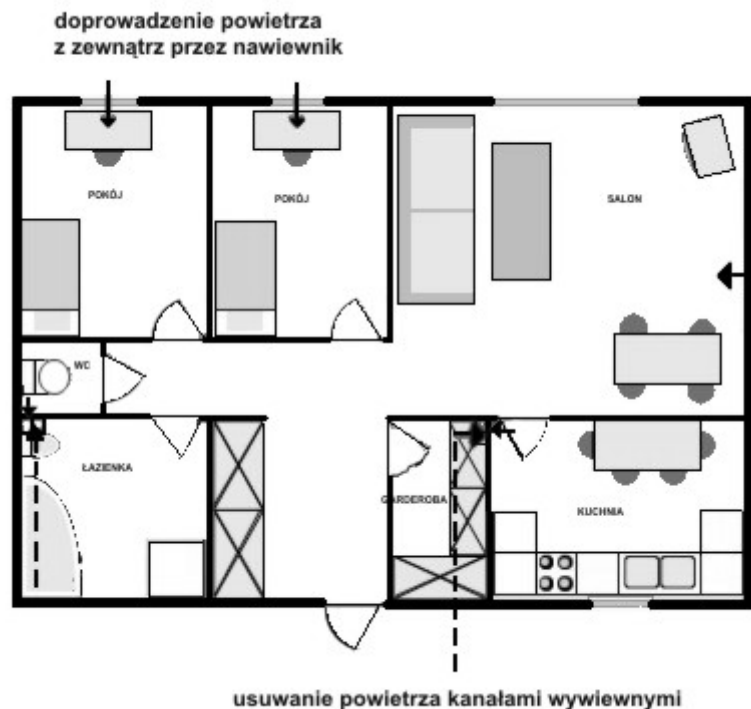
Wentylacja lokalizująca oraz miejscowa są stosowane wyłącznie w pomieszczeniach przemysłowych i usługowych.

Z wymienionych wyżej rodzajów wentylacji główną rolę spełnia wentylacja ogólna. Dzieli się ją na wentylację naturalną i wentylację mechaniczną.

2.2.1. WENTYLACJA NATURALNA

W wentylacji naturalnej wymiana powietrza jest skutkiem różnicy temperatury, między powietrzem zewnętrznym i pokojowym, również skutkiem działania wiatru. Powietrze dostaje się do budynku przez nieszczelności w oknach i drzwiach lub przez specjalne nawiewniki, a wydostaje się przez kratki i kanały wentylacyjne. Skuteczność wentylacji naturalnej, zwanej też grawitacyjną, zależy od warunków atmosferycznych, zmienia się więc w ciągu roku. Na działanie wentylacji naturalnej wpływa także konstrukcja budynku, jego otoczenie oraz rozmieszczenie pomieszczeń.

Zgodnie z polskimi przepisami budowlanymi wloty do przewodów wentylacyjnych muszą się znajdować w kuchni, łazience lub w.c., pomieszczeniach bezokiennych, czasem także w innych pomieszczeniach.



Rys. 1. Działanie wentylacji naturalnej

W budynkach przemysłowych naturalną wymianę powietrza nazywamy aeracją, jeżeli wymiana ta jest zorganizowana, tzn. jeżeli możliwe jest zapewnienie z góry ustalonej ilości powietrza wentylacyjnego przy jednoczesnej możliwości regulowania go, w zależności od warunków metrologicznych na zewnątrz budynku.

Aerację stosuje się przede wszystkim do wentylacji hal przemysłowych, w których występują znaczne jednostkowe obciążenia cieplne, np. kuźnie, stalownie, odlewnie.

Do wentylacji naturalnej możemy zaliczyć:

- wentylację szczelinową (infiltrację)
- wentylację okienną
- wentylację szybami (grawitacyjną)
- wentylację wywiewnikami dachowymi

Wadą wentylacji naturalnej jest zależność skuteczności jej działania od warunków panujących na zewnątrz pomieszczenia. Zimą, gdy różnica temperatury na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia jest duża, wentylacja działa sprawnie, a czasami nawet jest bardziej intensywna niż to konieczne. Wentylacja naturalna może działać prawidłowo tylko wtedy, gdy temperatura na zewnątrz jest zdecydowanie niższa niż w budynku. Przy małej różnicy temperatury siła ciągu może być zbyt mała, aby była skuteczna. W skrajnym wypadku może dojść nawet do odwrócenia kierunku przepływu powietrza przez kanały wentylacyjne. Latem wentylacja naturalna najczęściej działa słabo.

Warunkiem działania wentylacji jest zapewnienie odpowiedniej ilości powietrza, które przedostaje się do pomieszczeń. Gdy okna są zbyt szczelne, nie ma nawiewników, nawet korzystna różnica gęstości powietrza nie spowoduje wystarczająco dużego ciągu w kanałach wentylacyjnych i wymiana powietrza będzie zła.

Na efekty działania wentylacji grawitacyjnej mają wpływ również rozwiązania konstrukcyjne budynków, wymagania urbanistyki oraz warunki użytkowania pomieszczeń. Skuteczność wentylacji naturalnej zależy także od długości kanału wentylacyjnego, a więc od odległości między wlotem do komina (kratką wentylacyjną w pomieszczeniu) a wylotem (końcem komina). Nic więc dziwnego, że pomieszczenia na ostatnich piętrach budynków z płaskimi dachami są słabo wentylowane. Podobnie jest z mieszkaniami na poddaszach użytkowych. Długość kanału wentylacyjnego jest po prostu zbyt mała.

W kominach, które są niewłaściwie rozmieszczone w budynku lub sąsiadują z wysokimi obiektami, takimi jak ściana wyższego budynku, wysokie drzewa, dochodzi do osłabienia ciągu kominowego.

Ciąg może też być zaburzony także przez wiatry, zwłaszcza na pogórzu i na terenach nadmorskich. Dlatego na zakończeniu komina warto stosować nasady kominowe wzmacniające siłę ciągu.

2.2.2. WENTYLACJA MECHANICZNA

Jeżeli wymiana powietrza jest niezależna od jakichkolwiek wpływów atmosferycznych a przepływ powietrza uzyskuje się dzięki zastosowaniu wentylatora mówi się o wentylacji mechanicznej.

Wentylacja nawiewna polega na doprowadzeniu powietrza do pomieszczenia i wytwarzania nadciśnienia. Powietrze nawiewne musi być odpowiednio przygotowane (oczyszczone i ogrzane). System ten stosuje się w pomieszczeniach, które z racji swojego charakteru były by źródłem poważnego wychłodzenia budynku np. przedsionki teatrów, kin itd.

Wentylacja wywiewna polega na usuwaniu powietrza z pomieszczenia w założeniu, że dzięki wytworzonemu podciśnieniu powietrze spoza pomieszczenia napłynie drogą infiltracji przez nieszczelności z zewnątrz lub sąsiednich pomieszczeń. System ten może znaleźć zastosowanie w budynkach mieszkalnych, ustępach, szatniach itd.

W miejscach, gdzie muszą być transportowane duże ilości powietrza np. w teatrach, kinach, dużych kuchniach, warsztatach stosuje się wentylację nawiewno-wywiewną (instalacja wentylacyjna i odprowadzająca); której zadaniem jest zarówno doprowadzanie, jak i usuwanie powietrza. W instalacjach tych powietrze prowadzone jest systemem kanałów. Dzięki regulowanym kłapom powietrznym, możliwa jest bezprzeciągowa wentylacja i utrzymanie stałej wymiany powietrza.

Biorąc pod uwagę sposoby wymiany powietrza wentylację mechaniczną możemy podzielić na:

- ogólną
- miejscową
- odciągi miejscowe
- nawiewy miejscowe
- kurtyny powietrzne

W zależności od różnicy ciśnień wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia wentylacja jest:

- nadciśnieniowa
- podciśnieniowa

Uwzględniając możliwość uzyskania określonych warunków w pomieszczeniach rozróżnia się:

- wentylację zwykłą
- wentylację z chłodzeniem
- wentylację z dowilżaniem
- wentylację z osuszaniem
- urządzenia klimatyzacyjne

Zaletą wentylacji mechanicznej jest możliwość dostosowania jej wydajności do faktycznych potrzeb ludzi, dzięki czemu można stworzyć komfortowe warunki w pomieszczeniach. Regulacja systemu wentylacji mechanicznej może odbywać się automatycznie. Montując specjalne urządzenia - rekuperatory - można odzyskiwać ciepło z usuwanego powietrza, a zatem oszczędzać zimą cenną energię. Można także zastosować filtry zatrzymujące zanieczyszczenia dostające się do budynku z zewnątrz.

3. GŁÓWNE ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNEJ

3.1. WENTYLATORY

Wentylator jako maszyna przepływowa jest głównym elementem instalacji wentylacyjnej. Służy on do wywoływania ruchu powietrza w sieci przewodów urządzenia wentylacji mechanicznej.

Istnieje wiele kryteriów ich podziału np.: charakterystyka pracy, rodzaj materiału konstrukcyjnego, odporność na korozję, obróbka, wymiary, itd.

Zasadniczo wyróżnia się trzy typy wentylatorów:

- wentylatory promieniowe,
- wentylatory osiowe,
- wentylatory poprzeczne.

Ponadto przyjmując jako kryterium podziału wartość wytwarzanego ciśnienia można je podzielić na:

- wentylatory niskociśnieniowe $\Delta P_c < 1000 \text{ Pa}$
- wentylatory średnociśnieniowe $\Delta P_c = 1000 - 3000 \text{ Pa}$
- wentylatory wysokociśnieniowe $\Delta P_c = 3000 - 10\,000 \text{ Pa}$

3.1.1. WENTYLATORY PROMIENIOWE

W wentylatorach promieniowych powietrze jest zasysane osiowo w sposób jedno- lub dwustronny, a następnie w wirniku zostaje ono odchylone prostopadle do osi i wytłaczane promieniowo na zewnątrz. Siła odśrodkowa jest istotnym czynnikiem przyspieszającym, zapewniającym wzrost prędkości powietrza. W dyfuzorze następuje częściowa zmian ciśnienia dynamicznego w ciśnienie statyczne, dzięki czemu osiągane są w tym wentylatorze wysokie ciśnienia tłoczenia.

W wentylatorach promieniowych stosowane są następujące typy wirników:

- wirnik z łopatkami zgiętymi do tyłu (w wentylatorach o dużych wydajnościach)
- wirnik z łopatkami zakończonymi promieniowo,
- wirnik z łopatkami zagiętymi do przodu (wirnik bębnowy).



Rys. 2. Przykład wentylatora promieniowego

3.1.2. WENTYLATORY OSIOWE

W wentylatorze osiowym powietrze przepływa przez wirnik w kierunku obrotu. Ten typ wentylatorów składa się z obudowy lub pierścienia osłaniającego, wirnika z łopatkami rozłożonymi równomiernie na obwodzie i silnika napędowego. Działanie wirnika osiowego opiera się na aerodynamice łopatek w strumieniu powietrza. Tak jak w technice lotniczej, siła napędowa jest funkcją wymiarów łopatek. W wirniku strumień powietrza płynąc przez cały system kanałów doznaje zawirowania. Ponieważ zawirowanie to jest ograniczone przez tarcie, w związku z czym jest traktowane jako strata.

Przy użyciu następujących środków technicznych można podwyższyć sprawność wentylatorów osiowych :

- dyfuzor na wylocie
- urządzenia przestawne łopatek wirnika
- urządzenia zmniejszające zawirowania

Wentylatory osiowe ze względu na konstrukcję można podzielić na:

- wentylatory ściennie lub okienne
- wentylatory kanałowe
- wentylatory osiowe bez kierownicy powietrza
- wentylatory osiowe z kierownicą powietrza
- wentylatory przeciwbieżne

Zaletami wentylatorów osiowych są: prosta i oszczędna zabudowa, dobra sprawność, stosunkowo niskie koszty zakupu. Jednak pracują one głośniej niż wentylatory promieniowe.



Rys. 3. Przykładowy rysunek wentylatora osiowego

3.1.3. WENTYLATORY POPRZECZNE

W wentylatorze poprzecznym powstaje przepływ strumienia powietrza w kierunku ukośnym. Wirnikiem w tym przypadku jest szeroki bęben z tarczami końcowymi (stąd też nazwa wentylatory walcowe). W tym typie wentylatorów łopatki są dwukrotnie zasilane przez strumień powietrza. Zassane przy zewnętrznym obwodzie wirnika powietrze płynie poprzecznie przez walec wirnika i wypływa po przeciwnej jego stronie na zewnątrz.

Sprawność wentylatorów poprzecznych jest stosunkowo niska, podobnie osiągane w nich sprężanie. Charakteryzują się one wysoką cichobieżnością, dlatego są stosowane jako wentylatory stołowe, drzwiowe kurtyny powietrza, a także w małych urządzeniach grzewczych i wentylacyjnych.

Parametry charakteryzujące wentylatory poprzeczne:

- ✓ wydajność Q - 10 do 30 [m³/s]
- ✓ ciśnienie całkowite Δp - 200 do 400 [Pa]
- ✓ sprawność η - 0.3 do 0.55.

Do podstawowych zalet wentylatorów poprzecznych zaliczymy:

- ✓ niewielka ilość miejsca wymaganego do pracy
- ✓ prostota budowy
- ✓ wysoka niezawodność
- ✓ nieznaczny poziom ciśnienia akustycznego



Rys. 4. Przykład wentylatora poprzecznego

3.2. URZĄDZENIA DO OCZYSZCZANIA POWIETRZA

Powietrze na zewnątrz budynków jest mniej lub bardziej zanieczyszczone, zwłaszcza w lecie. Stanowią je zawarte w powietrzu substancje obce w postaci kurzu, mgły, dymu, oparów, pary czy gazu. Dlatego też ważnym zadaniem wentylacji jest zapewnienie utrzymania określonej czystości powietrza w pomieszczeniu. Osiąga się to nie tylko przez stałe odświeżanie powietrza w pomieszczeniu, ale również przez filtrowanie powietrza dolotowego. Służą temu filtry i odpylacze, a do oczyszczania powietrza wywiewnego stosowane są cyklony.

Dla dokonania prawidłowego wyboru filtra powietrza bierze się pod uwagę wymagany poziom czystości powietrza w pomieszczeniu, względnie dopuszczalne wartości emisji zanieczyszczeń na wylocie powietrza wywiewanego do atmosfery.

Biorąc pod uwagę metodę oczyszczania powietrza filtry dzielimy na:

- Filtry mechaniczne (włókninowe) – oddzielanie kurzu odbywa się na drodze mechanicznej. Wykorzystuje się w nich efekt bezwładności i dyfuzji cząsteczek kurzu. Cząsteczki te trafiają na powierzchnię włókna i pozostają na niej do czasu nagromadzenia się odpowiedniej ich ilości. Zatrzymanie pojedynczych cząsteczek kurzu następuje przez siły elektrostatyczne. Im lepszy jest filtr włókninowy i gęstsze uzupełniające go szczeliwo, tym wyższa procentowo jest jego zdolność do zatrzymywania cząsteczek, ale jednocześnie tym wyższe są w nim spadki ciśnienia.
- Filtry adsorpcyjne – jako materiał filtracyjny stosuje się przede wszystkim węgiel aktywowany. Wkłady filtracyjne lub elementy filtra płytkowego wykonane z węgla aktywnego służą do oddzielenia substancji organicznych, a także zanieczyszczeń mikroorganicznych, zawierających bakterie i wirusy. Filtry te należy wymieniać po osiągnięciu stanu nasycenia.

- Elektrofiltry – rodzaj odpylacza, w którym usuwanie pyłu z gazu (gazu technologicznego, spalin lub innych gazów odlotowych, powietrza) następuje poprzez wykorzystanie siły elektrostatycznej (prawo Coulomba), działającej na cząstki tego pyłu. Według stopnia oddzielenia (filtracji) zanieczyszczeń filtry dzielimy na:
- Filtry zgrubne (wstępne) – cechuje je dobra skuteczność filtracji jedynie pyłów o wymiarach większych od 10 μm . Stosuje się je jako filtry wstępne w urządzeniach wymagających wielostopniowego oczyszczenia.
- Filtry dokładne – są stosowane w wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń o przeciętnych wymaganiach, dla pyłów o ziarnach większych od 1 μm .
- Filtry bardzo dokładne – służą do oddzielenia bardzo drobnych cząsteczek pyłu np. z sadzy lub z mgławicy farb w kabinach lakierniczych.
- Filtry zawieszinowe - stosowane są wszędzie tam, gdzie ilość cząsteczek zawieszin i zarodków zawartych w powietrzu dolotowym musi być bardzo niska. Są one stosowane głównie do sterylizacji powietrza.

Filtry stosowane w wentylacji, biorąc pod uwagę ich budowę, można podzielić na:

- Filtry taśmowe – elementem filtru jest taśma z włókniny; w górnej części jest zamocowana rolka z czystą taśmą filtracyjną. Są one montowane w komfortowych instalacjach klimatyzacyjnych z zadaniem oczyszczenia powietrza dolotowego, a także jako filtry wstępne w instalacjach pomieszczeń szpitalnych. Szerokość taśmy zawiera się między 900 i 2000mm. Prędkość napływu powietrza wynosi od 2,5 do 3 m/s, stąd strumień powietrza w filtrach pojedynczych sięga max. 90 000 m³/h.
- Filtry obiegowe – taśma filtracyjna jest ułożona w obudowie w kształcie litery V, celem zwiększenia powierzchni filtra. Filtry te mogą być wyposażone w system automatycznego oczyszczania.
- Filtry komorowe – są wykonane jako filtry ściennie, sufitowe czy kanałowe; szczególna ich forma są filtry kieszeniowe lub workowe, wykorzystywane jako filtry zawieszinowe.

3.3. POZOSTAŁE ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNEJ

Ważnym elementem instalacji wentylacji są kanały powietrza, których głównym zadaniem jest umożliwić, bez wymiany ciepła i masy z otoczeniem, doprowadzenie przygotowanego powietrza i odprowadzenie zużytego powietrza z pomieszczenia wentylowanego. Stawia się im wiele wymagań takich jak; niskie koszty eksploatacji i instalacji, wysoką szczelność, długą żywotność, dobre możliwości czyszczenia.

Duże wymagania stawia się również materiałom z jakich powinny być wykonane tj.: powinny cechować się dużą wytrzymałością i odpornością na korozję, małą pyłochłonnością, niepalnością, małym ciężarem, powinny być hydraulicznie gładkie, nie higroskopijne.

Biorąc pod uwagę przekrój kanałów rozróżnia się kanały: kwadratowe, prostokątne, koliste i płaskoowalne.

Dla zapewnienia połączeń kanałów stosuje się wielorakie kształtki (łuki, kształtki redukcyjne, kaskady, T-kształtki).

Jako dodatkowe wyposażenie kanałów powietrznych stosuje się: klapy dławiące i odcinające, klapy przeciwpożarowe, otwory rewizyjne do oczyszczania, siatki ochronne przed opadami atmosferycznymi i ptactwem, wyrzutnie powietrza wywiewnego, tłumiki hałasu, przepustnice żaluzjowe, połączenia elastyczne.

Dla utrzymania wymaganych parametrów powietrza w pomieszczeniach, zapewnienia jego świeżych porcji i odprowadzenia substancji szkodliwych istotne są czerpnie (nawiewniki, służące do doprowadzania powietrza w formie strumieni) i wyrzutnie powietrza zanieczyszczonego.

Do ogrzania powietrza w urządzeniach wentylacyjnych służą przeponowe wymienniki ciepła, zwane nagrzewnicami.

4. PODSTAWY PROJEKTOWANIA SIECI PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH

Głównym zadaniem sieci przewodów wentylacyjnych jest dostarczanie lub usuwanie wymaganych ilości powietrza z poszczególnych miejsc lub pomieszczeń, przy minimalnym koszcie budowy i eksploatacji sieci. Dlatego też projektowanie sieci dla danego budynku, przy odpowiednim planie jego wyposażenia w urządzenia technologiczne, a także przy wyznaczonych ilościach powietrza, wymaga wyboru optymalnego tras i określenia wymiarów poprzecznych przekroju przewodu.

Ponadto, w systemach wentylacyjnych zdecydowanie największą część energii elektrycznej wykorzystywana jest do napędu wentylatorów. Biorąc to wszystko pod uwagę należy szczególną uwagę zwrócić na racjonalne projektowanie sieci przewodów.

Przedstawia się następujące kroki przy projektowaniu sieci przewodów wentylacyjnych:

1. Wyznaczenie zapotrzebowania powietrza dla danego miejsca
2. Rozplanowanie tras sieci przewodów przy uwzględnieniu konstrukcji budowli
3. Wyznaczenie przewodu magistralnego
4. Założenie średnich wartości prędkości powietrza w poszczególnych odcinkach magistrali
5. Wyznaczanie wymiarów poprzecznych odcinków magistrali
6. Obliczamy opory przepływu powietrza przez ssawną część magistrali oraz opory przepływu powietrza w części tłocznej magistrali
7. Dobór odpowiednich przekrojów rozgałęzień
8. Dobranie odpowiedniego typu wentylatora na podstawie wyżej wymienionych założeń

Należy nadmienić, iż obecnie dostępnych jest wiele programów komputerowych służących do obliczeń i projektowania sieci przewodów wentylacyjnych. Należą do nich m.in.:

- AeroCAD - program doboru elementów wentylacji kanałowej, wentylatorów, nagrzewnic, chłodnic itp. produkcji Remak;

- ALFA-TERMIKA Program doboru urządzeń grzewczo-wentylacyjnych;
- AMSwent - program do obliczania instalacji wentylacyjnych;
- CADvent v. 3.5 - program do projektowania systemów wentylacji Lindab;
- CATIA HVAC Design - HVA - program wspomagający projektowanie wentylacji
- DLK - program doboru wentylatorów;
- Fan selection program v. 1.05 - program doboru wentylatorów i osprzętu;
- TLT Planungs v. 3.0 - program doboru wentylatorów.

5. NORMY I PRZEPISY OBOWIĄZUJĄCE W WENTYLACJI

Do przepisów prawne obowiązujących dla wentylacji zalicza się:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 Kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- Normy stosowane w wentylacji- zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 czerwca 1994 r. w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm z zakresu budownictwa, gospodarki przestrzennej i komunalnej oraz geodezji i kartografii za obowiązujące uznaje się następujące normy:
 - PN-89/ B-01410 Wentylacja i klimatyzacja. Rysunek techniczny. Zasady wykonywania i oznaczenia;
 - PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania;
 - PN-67/B-03410 Wentylacja. Wymiary poprzeczne przewodów wentylacyjnych;
 - PN-73/B-03431 Wentylacja mechaniczna w budownictwie. Wymagania;
 - PN-89/B-10425 Przewody dymowe, spalinowe i wentylacyjne murowane z cegły. Wymagania techniczne i badania przy odbiorze;
 - PN-68/B-01411 Wentylacja. Urządzenia i elementy urządzeń wentylacyjnych. Podział, nazwy i określenia;
 - PN-76/B-03420 Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego;
 - PN-78/B-03421 Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi;
 - PN-87/B-03433 Wentylacja. Instalacje wentylacji mechanicznej wywiewnej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Wymagania.

Najistotniejszą normą z punktu widzenia projektanta jest norma PN-83/B-03430, w której dnia 8 lutego 2000 uchwalono zmianę Az-3 do tej normy. Do najważniejszych postanowień tej normy zaliczyć można:

Budynki mieszkalne:

1. Strumień objętości powietrza wentylacyjnego w budynku mieszkalnym jest określony przez sumę strumieni powietrza usuwanego z pomieszczeń pomocniczych. Strumienie te powinny wynosić co najmniej :

- w kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchenkę gazową lub węglową - $70 \text{ m}^3/\text{h}$
- w kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchenkę elektryczną :
 - a) w mieszkaniu do 3 osób - $30 \text{ m}^3/\text{h}$;
 - b) w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób - $50 \text{ m}^3/\text{h}$
- w kuchni bez okna zewnętrznego wyposażonej w kuchnię elektryczną - $50 \text{ m}^3/\text{h}$,
- w łazience (z WC lub bez) - $50 \text{ m}^3/\text{h}$,
- w wydzielonym WC - $30 \text{ m}^3/\text{h}$
- w pomocniczym pomieszczeniu bezokiennym - $15 \text{ m}^3/\text{h}$
- w kuchni bez okna zewnętrznego, wyposażonej w kuchnię gazową obowiązkowo
- z mechaniczną wentylacją wywiewną - $70 \text{ m}^3/\text{h}$
- dla pokoju mieszkalnego oddzielonego od pomieszczeń kuchni, łazienki i WC więcej niż dwójgim drzwi lub pokoju znajdującego się na wyższym poziomie w wielopiętrowym domu jednorodzinnym lub w wielopiętrowym mieszkaniu domu wielorodzinnego- $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Zaleca się ponadto projektowanie urządzeń wentylacyjnych umożliwiających okresowe zwiększanie strumienia objętości powietrza do co najmniej $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Prawidłowa wentylacja powinna zapewniać doprowadzenie powietrza do pokoi oraz kuchni z oknem zewnętrznym oraz usuwanie powietrza zużytego z kuchni, łazienki, oddzielnego ustępu, ewentualnego pomocniczego pomieszczenia bezokiego (składzik, garderoba), pokoju oddzielonego od tych pomieszczeń więcej niż dwójgim drzwi, pokoju znajdującego się na wyższym poziomie w wielopiętrowym domu jednorodzinnym lub wielopiętrowym mieszkaniu domu wielorodzinnego.

2. W budynku o wysokości do 9 kondygnacji może być stosowana wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna. W budynkach wyższych należy stosować wentylację mechaniczną wywiewną lub nawiewno-wywiewną .

3. W mieszkaniach wyposażonych w paleniska na paliwo stałe, kominki lub gazowe podgrzewacze wody z grawitacyjnym odprowadzeniem spalin, może być stosowana tylko wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna wentylacja nawiewno-wyciągowa.

4. Dopływ powietrza zewnętrznego do pokoi mieszkalnych oraz kuchni z oknem zewnętrznym powinien być zapewniony w sposób:

- a) w przypadku zastosowania okien charakteryzujących się współczynnikiem infiltracji a mniejszym niż $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{daPa}^{-2/3}$, przez nawiewniki powietrza o regulowanym stopniu otwarcia usytuowane:
 - w górnej części okna (w ościeżnicy, ramie skrzydła, między ramą skrzydła a górną krawędzią szyby zespolonej), lub
 - w otworze okiennym (między nadprożem a górną krawędzią ościeżnicy, w obudowie rolety zewnętrznej), albo
 - w przegrodzie zewnętrznej ponad oknem.

Strumień powietrza przepływającego przez całkowicie otwarty nawiewnik, przy różnicy ciśnienia po obu jego stronach 10 Pa, powinien mieścić się w granicach:

- od 20 do 50 m³/h, jeśli zastosowana jest wentylacja grawitacyjna,
- od 15 do 30 m³/h, jeśli zastosowana jest wentylacja mechaniczna wywiewna.

Strumień powietrza przepływającego przez nawiewnik, którego element dławiący znajduje się w pozycji całkowitego zamknięcia, powinien zawierać się w granicach od 20 do 30% strumienia przy jego całkowitym otwarciu.

W budynkach o wysokości do 9 kondygnacji włącznie dopuszcza się doprowadzenie powietrza przez okna charakteryzujące się współczynnikiem infiltracji α wyższym niż 0,5 a nie większym niż 1,0 m³·m⁻¹·h⁻¹·daPa^{-2/3}, pod warunkiem że okna wyposażone są w skrzydło uchylno - rozwieralne, górny wywietrznik uchylny lub górne skrzydło uchylne.

b) Przez otwory nawiewne wentylacji mechanicznej.

5. Powietrze z pokoiów mieszkalnych powinno być odprowadzane przez otwory wyrównawcze umieszczone ponad drzwiami lub w ich górnej części lub przez otwory wywiewne. Dopuszcza się odprowadzenie powietrza przez szczeliny pomiędzy dolną krawędzią drzwi a podłogą. Przekrój netto otworów lub szczelin powinien wynosić co najmniej 80 cm².

6. Dopływ powietrza wewnętrznego do kuchni, łazienek, ustępów oraz pomocniczych pomieszczeń bezokiennych powinien być zapewniony przez otwory w dolnych częściach drzwi lub przez szczeliny pomiędzy dolną krawędzią drzwi a podłogą lub progiem. Przekrój netto otworów lub szczelin powinien wynosić min. 220 cm² (wartość zgodna z zapisem w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych).

7. Do poszczególnych pionów wentylacyjnych powinny być przyłączone tylko pomieszczenia o tym samym charakterze (kuchenne, sanitarno-higieniczne itd.). Nie dopuszcza się pionów obsługujących mieszkania do usuwania powietrza z pomieszczeń niemieszkalnych (piwnice, pralnie, suszarnie itd.).

8. Wentylacja piwnic - minimum 0,3 wymiany na godzinę.

9. Poddasza winny mieć zapewniony dopływ i odpływ powietrza przez otwory w zewnętrznych przegrodach budowlanych.

10. Klatki schodowe powinny mieć w górnej części otwór wywiewny o przekroju netto 200 cm².

11. Rura zsypu śmieci powinna mieć wylot ponad dachem a strumień powietrza wywiewanego powinna wynosić co najmniej 200 m³/h.

12. Pomieszczenia pralni domowych powinny mieć zapewnioną wentylację odpowiadającą minimum 2-krotnej wymianie powietrza na godzinę.

13. Pomieszczenia suszarni bielizny powinny mieć zapewnioną wentylację odpowiadającą 1 wymianie powietrza na godzinę.

Budynki zamieszkania zbiorowego:

1) Strumień objętości powietrza wentylacyjnego powinien wynosić:

a) dla pokoiów mieszkalnych - 20 m³/h dla każdego mieszkańca lecz nie mniej niż 1 wymiana na godzinę ;

b) dla pokoiów zbiorowego przebywania ludzi (świetlice, pokoje nauki, jadalnie) - 20 m³/h dla każdej przebywającej osoby;

- c) dla pokoi klimatyzowanych oraz wentylowanych o nie otwieranych oknach - $30 \text{ m}^3/\text{h}$;
- d) kuchnie, łazienki oraz ustępy przeznaczone dla użytku indywidualnego jak dla budownictwa mieszkaniowego.

Budynki użyteczności publicznej:

- 1) Strumień objętości powietrza wentylacyjnego powinien wynosić:
- a) Pomieszczenia przeznaczone na stały i czasowy pobyt ludzi:
 - $20 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby,
 - $30 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby jeżeli dopuszcza się palenie tytoniu,
 - $15 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdego dziecka (żłobki i przedszkola)
 - klimatyzowane oraz wentylowane pomieszczenia o nie otwieranych oknach - $30 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby, $50 \text{ m}^3/\text{h}$ jeśli jest dozwolone palenie.

6. WYBRANE PROBLEMY RACHUNKOWE W WENTYLACJI

6.1. METODY UPROSZCZONE OBLICZANIA POWIETRZA DO WYMIANY

Doprowadzenie powietrza świeżego jest niezbędne, aby zapewnić tlen dla istot żywych znajdujących się w pomieszczeniu, a tym samym spełnić odpowiednie wymagania higieniczne. Skuteczność wentylacji zależy więc od ustalenia właściwej ilości powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do pomieszczenia. Właściwą ilość powietrza można ustalić metodami uproszczonymi lub dokładnymi.

6.1.1. OBLICZANIA ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE KROTNOŚCI WYMIAN

Krotność wymiany jest to stosunek powietrza wentylacyjnego do wewnętrznej kubatury pomieszczenia.

Metody uproszczone opierają się na założeniu krotności wymian powietrza n albo na minimalnej ilości powietrza świeżego przypadającego na jedną osobę w ciągu godziny.

Ilość powietrza wentylacyjnego na podstawie krotności wymiany oblicza się wzorem:

$$L = V_k \cdot n \quad (6.1)$$

dla jednego pomieszczenia lub wzorem:

$$L = \sum V_k \cdot n \quad (6.2)$$

dla większej ilości pomieszczeń.

gdzie:

L – ilość powietrza do wymiany, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

V_k – kubatura pomieszczenia, m^3 ,
 n – krotność wymiany powietrza, h^{-1} .

Obliczenie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie krotności wymiany stosowane jest tylko w przypadkach, w którym pomieszczenia nie są przeznaczone do przebywania większej ilości osób lub nie wydzielają się większe ilości uciążliwych lub szkodliwych zanieczyszczeń. Metoda ta może być również stosowana do wszystkich pomieszczeń w celu orientacyjnego ustalania ilości wentylacyjnego.

Poniżej zestawiono szereg wartości n dla pomieszczeń nieprzemysłowych.

Tabela 6.1. Krotność wymiany powietrza

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	n/h
1	Pokoje mieszkalne ogólnego użytku	0,5
2	Sypialnie, pokoje biurowe, poczekalnie	1,0
3	Kuchnie w pomieszczeniach	3,0
4	Łazienki	1,5
5	Salę wykładowe, sale gimnastyczne	1,0
6	Salę koncertowe, widownie	5,0÷10,0
7	Palarnie do wysokości 4 m	20,0
8	Czytelnie	1,0
9	Salę restauracyjne, kawiarnie	5,0
10	Kuchnie stołówek i restauracji (wg bilansu)	5,0÷40,0
11	Pranie, przyjmowanie bielizny	4,0
	Sortowanie	4,5
	Dział prania (porządek wg bilansu)	7,0
	Dział prasowania (porządek wg bilansu)	5,0

ZADANIE 1.

Na podstawie krotności wymian powietrza obliczyć całkowitą ilość powietrza wentylacyjnego dla mieszkania składającego się z następujących pomieszczeń:

- pokój mieszkalny o kubaturze – $75 m^3$,
- sypialnia o kubaturze – $36 m^3$,
- łazienka o kubaturze – $12 m^3$,
- kuchnia o kubaturze – $27 m^3$.

ROZWIĄZANIE:

Do wyliczenia łącznej ilości powietrza wentylacyjnego stosuje się wzór 6.2:

$$L = \sum V_k \cdot n$$

Z tabeli 2. wynika, iż n dla poszczególnych pomieszczeń wynosi:

- pokój mieszkalny – $0,5 h^{-1}$,
- sypialnia – $1 h^{-1}$,
- łazienka – $1,5 h^{-1}$,
- kuchnia – $3 h^{-1}$.

Z treści zadania wynika, iż kubatura V_k dla poszczególnych pomieszczeń wynosi:

- pokój mieszkalny – $75 m^3$,
- sypialnia – $36 m^3$,

- łazienka – 12 m³,
- kuchnia – 27 m³.

Podstawiając dane liczbowe do wzoru otrzymuje się:

$$L = 75 \cdot 0,5 + 36 \cdot 1 + 12 \cdot 1,5 + 27 \cdot 3 = 172,5 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylowanego dla tego mieszkania wynosi 172,5 m³·h⁻¹.

6.1.2. OBLICZANIA POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE MINIMALNEJ ILOŚCI POWIETRZA ZEWNĘTRZNEGO

Ilość powietrza wentylacyjnego dla pomieszczeń przeznaczonych na pobyt większej ilości osób można obliczyć na podstawie minimalnej ilości powietrza zewnętrznego za pomocą zależności:

$$L = N \cdot V_0 \quad (6.3)$$

gdzie:

L – ilość powietrza do wymiany, m³·h⁻¹,

N – ilość osób przy pełnym wykorzystaniu pomieszczenia, os.,

V_0 – minimalna ilość powietrza zewnętrznego, m³·h⁻¹·os.⁻¹.

Minimalna ilość powietrza wentylacyjnego zewnętrznego przypadająca na jedną osobę i godzinę zależy od wielkości pomieszczenia, charakteru pracy, i wieku ludzi, zezwalania lub zakazu palenia papierosów, od sposobu obróbki powietrza, temperatury powietrza zewnętrznego i zawarta jest w granicach 10-50 m³·h⁻¹·os.⁻¹.

Ilość powietrza wywiewnego oblicza się przyjmującą podstawę ilość powietrza nawiewnego z uwzględnieniem konieczności wytworzenia nad- lub podciśnień według zależności:

$$L_w = L_n \pm K/100 \quad (6.4)$$

gdzie:

L_w L_n – ilość powietrza wywiewnego, nawiewnego, m³·h⁻¹,

K – procent nad- lub podciśnienia w pomieszczeniu, $K=5-10\%$.

ZADANIE 2.

Obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia użyteczności publicznej (kina) składającego się z sali kinowej przeznaczonej dla 500 osób, baru z pozwoleniem palenia dla 50 osób oraz poczekalni przeznaczonej dla 200 osób (bez możliwości otwierania okien).

ROZWIĄZANIE:

Do wyliczenia ilości powietrza wentylacyjnego stosuje się wzór 6.3:

$$L = N \cdot V_0$$

Z normy PN-83/B-03430/Az-3 wynika, iż w budynkach użyteczności publicznej strumień objętości powietrza wentylacyjnego w pomieszczenia przeznaczone na stały i czasowy pobyt ludzi powinien wynosić:

- $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla każdej przebywającej osoby,
- $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla każdej przebywającej osoby jeżeli dopuszcza się palenie tytoniu,
- $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla każdego dziecka (żłobki i przedszkola)
- klimatyzowane oraz wentylowane pomieszczenia o nie otwieranych oknach - $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla każdej przebywającej osoby, $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ jeśli jest dozwolone palenie.

Rozwiązanie zadania można przedstawić w formie tabeli:

Tabela 6.2.

Wzór tabeli do obliczeń ilości powietrza wentylacyjnego – rozwiązanie zadania 2

Nazwa pomieszczenia	Ilość osób N	Ilość powietrza wentylacyjnego $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os.}^{-1}$ V_0	Ilość powietrza wentylacyjnego $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ L
Sala kinowa	500	20	10000
Bar z pozwoleniem palenia	50	50	2500
Poczekalnia	200	30	6000

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylacyjnego dla kina wynosi odpowiednio: sala kinowa – $10000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, bar z pozwoleniem palenia – $2500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, poczekalnia – $6000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

6.2. METODY SZCZEGÓŁOWE OBLICZANIA POWIETRZA WENTYLACYJNEGO

Metody szczegółowe obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego polegają na obliczeniu ilości powietrza na podstawie ilości wydzielanych w pomieszczeniu zanieczyszczeń takich jak: ciepło, para wodna, gazy, pyły. Do metod szczegółowych zalicza się:

- obliczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła jawnego;
- obliczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków wilgoci;
- obliczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła i wilgoci;
- obliczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zanieczyszczeń gazowych;
- obliczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zanieczyszczeń pyłowych.

6.2.1. OBLICZANIE IŁOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW CIEPŁA JAWNEGO

Podstawą do obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego jest bilans ciepła jawnego, oparty na obciążeniu cieplnym rozpatrywanego pomieszczenia.

Na podstawie zysków ciepła jawnego oblicza się wagową ilość powietrza wentylacyjnego. Służy temu poniższy wzór:

$$G_w = \frac{Q_j - Q_s}{c_p \cdot (t_w - t_n)} \quad (6.5)$$

Ponieważ zyski ciepła, jak i straty są różne w okresie letnim i zimowym obliczenia ilości powietrza należy obliczyć oddzielnie dla zimy i lata, przyjmując do technicznego rozwiązania wartość maksymalną. Ilość wagowa powietrza wentylacyjnego dla okresu zimowego oblicza się wzorem:

$$G_{wz} = \frac{Q_j - Q_s}{c_p \cdot (t_{wz} - t_{nz})} \quad (6.6)$$

a dla okresu letniego analogicznie:

$$G_{wl} = \frac{Q_{js}}{c_p \cdot (t_{wl} - t_{nl})} \quad (6.7)$$

gdzie:

G_w – wagowa ilość powietrza wentylacyjnego z indeksami dla lata i zimy, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

Q_j – zyski ciepła jawnego, W,

Q_s – straty ciepła w pomieszczeniu, W,

c_p – ciepło właściwe powietrza, $c_p = 1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,

t_n , t_w , – temperatury nawiewu i wywiewu powietrza z indeksami dla lata i zimy, °C.

ZADANIE 3.

Obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia o kubaturze 800 m^3 , gdzie będzie przebywać maksymalnie 150 osób. Zyski ciepła jawnego w okresie zimowym wynoszą $22000 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1}$, a w okresie letnim $42000 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1}$. Straty ciepła w okresie zimowym wynoszą $1000 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1}$. Ponadto podać krotność wymian i ilość powietrza przypadająca na jedną osobę.

ROZWIĄZANIE:

Do wyliczenia ilości powietrza wentylacyjnego w okresie zimowym stosuje się wzór 6.6:

$$G_{wz} = \frac{Q_j - Q_s}{c_p \cdot (t_{wz} - t_{nz})}$$

a w okresie letnim wzór 6.7.

$$G_{wl} = \frac{Q_{js}}{c_p \cdot (t_{wl} - t_{nl})}$$

Z norm wynika, iż dla okresu zimowego temperatura nawiewu równa jest temperaturze powietrza w pomieszczeniu, tj. $t_{nz} = 20^{\circ}\text{C}$, a w lecie dla miesiąca czerwca o godzinie dziesiątej, tj. $t_{nl} = 21^{\circ}\text{C}$. Temperatura wywiewu powietrza z pomieszczenia nie powinna być wyższa niż 5°C , czyli odpowiednio $t_{wz} = 25^{\circ}\text{C}$, $t_{wl} = 26^{\circ}\text{C}$.

Zatem dla okresu zimowego otrzymuje się następującą ilość powietrza:

$$G_{wz} = \frac{22000 - 1000}{1 \cdot (25 - 20)} = 4200 [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] = 3499,7 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

a dla okresu letniego:

$$G_{wl} = \frac{42000}{1 \cdot (26 - 21)} = 8400 [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] = 6999 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

Ponieważ dla rozwiązania technicznego należy przyjąć maksymalną ilość powietrza wentylacyjnego, zatem przyjmuje się ilość letnią, tj.: $G_w = 8400 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} = 6999 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Mając obliczoną ilość powietrza wentylacyjnego można policzyć krotność wymian przekształcając odpowiednio wzór 6.1:

$$n = \frac{6999}{800} = [8,7\text{h}]$$

oraz sprawdzić ilość powietrza przypadająca na jedną osobę przekształcając wzór 6.3:

$$V_0 = \frac{6999}{150} = 46,6 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylacyjnego dla tego pomieszczenia wynosi: $G_w = 8600 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1}$. Krotność wymian wyniesie $8,7 \text{ h}^{-1}$, a ilość powietrza przypadająca na jedną osobę to $V_0 = 46,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

6.2.2. OBLICZANIE IŁOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW WILGOCI

W instalacjach wentylacyjnych, w których zadaniem jest osuszanie lub nawilżanie powietrza w pomieszczeniu, strumień powietrza nawiewnego oblicza się na podstawie zysków wilgoci. Strumień ten musi przyjąć obciążenie wilgocią. Ponieważ zyski te mogą być różne w okresie letnim i zimowym oraz z uwagi na różne parametry powietrza wentylacyjnego w tych okresach, ilość powietrza wentylacyjnego oblicza się odrębnie dla okresu zimowego i letniego, przyjmując do rozwiązania technicznego wartość maksymalną. Wagową ilość powietrza wentylacyjnego niezbędnego do odprowadzenia nadmiernych zysków wilgoci oblicza się stosując następujące wzory: dla zimy:

$$G_{wz} = \frac{W_z}{(x_{wz} - x_{nz})} \quad (6.8)$$

a dla lata:

$$G_{wl} = \frac{W_l}{(x_{wl} - x_{nl})} \quad (6.9)$$

Objętościową ilość powietrza wentylacyjnego liczy się ze wzoru:

$$G_w = \frac{G_w}{\varphi} \quad (6.10)$$

gdzie:

W_z, W_l – zyski wilgoci w pomieszczeniu w okresie zimy i lata, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 x_w, x_n – wilgotność właściwa powietrza wywiewnego, nawiewnego z pomieszczenia w okresie zimowym lub letnim, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 G_w – ciężarowa lub objętościowa ilość powietrza wentylacyjnego z indeksami dla lata i zimy, $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,
 Φ – ciężar właściwy powietrza wentylacyjnego, $\Phi = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

ZADANIE 4.

Obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia jak w zdaniu 3, w którym wydziela się w okresie zimowym 6 kg/h wilgoci, a w okresie letnim 5 kg/h. Zakłada się, że zyski ciepła są minimalne.

ROZWIĄZANIE:

1. Ustala się parametry powietrza zewnętrznego dla okresu zimowego i letniego:
 - dla zimy: $t_{zz} = -20^\circ \text{C}$, $x_{zz} = 0,5 \text{ g/kg}$, $\Phi_z = 95\%$,
 - dla lata: $t_{zl} = 21^\circ \text{C}$, $x_{zl} = 7,5 \text{ g/kg}$, $\Phi_l = 50\%$.
2. Ustala się parametry nawiewu powietrza do pomieszczenia:
 - dla zimy: $t_{nz} = 20^\circ \text{C}$, $x_{nz} = x_{zz} = 0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, (rys. 5, pkt. 2),
 - dla lata: $t_{nl} = t_{zl} = 21^\circ \text{C}$, $x_{nl} = x_{zl} = 7,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, (rys. 5, pkt.1)
3. W celu odprowadzanie danej ilości wilgoci powietrze asymilując ją zwiększy swoją wilgotność względną do przyjętej wartości, którą można ustalić na równą $\Phi_z = 60\%$ dla zimy. Ponieważ zyski ciepła są minimalne, parametry powietrza opuszczającego pomieszczenie w okresie zimowym wyznacza pkt. 3 na rys. 5., położony na przecięciu izotermy $t_{nz} = t_{wz} = 20^\circ \text{C}$, $\Phi = 60\%$, tak więc $x_{wz} = 8,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Natomiast parametry powietrza usuwanego z pomieszczenia po asymilacji wilgoci dla okresu letniego obrazuje pkt. 2' na rys. 5.: $t_{wl} = 21^\circ \text{C}$, $\Phi_l = 70\%$, $x_{wl} = 11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.
4. Po ustaleniu parametrów powietrza nawiewnego i wywiewnego można obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego dla okresu zimowego i letniego, korzystając odpowiednio ze wzoru 6.8 i 6.9:
 - dla zimy:

$$G_{wz} = \frac{6000}{(8,6 - 0,5)} = 741 [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}]$$

a dla lata:

$$G_{wl} = \frac{5000}{(11 - 7,5)} = 1429 [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}]$$

W okresie zimowym parametry powietrza będą następujące: $t_{wz} = 20^{\circ} \text{C}$, natomiast wilgotność właściwą wylicza się przekształcając wzór 1.8.:

$$x_{wz} = x_{nz} + \frac{W_z}{G_{wl}}$$

Otrzymuje się:

$$x_{wz} = 0,5 + \frac{6000}{1429} = 4,7 [\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylacyjnego po odprowadzeniu wilgoci jest zawsze większa dla okresu letniego niż zimowego, toteż do rozwiązania technicznego wentylacji przyjmujemy ilość powietrza dla okresu letniego tj. $G_{wl} = 1429 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

6.2.3. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZYSKÓW CIEPŁA I WILGOCI

Najczęściej spotyka się sytuację, iż w pomieszczeniach występują zyski ciepła i wilgoci w różnych wzajemnych proporcjach ilościowych zarówno w okresie letnim jak i zimowym. Trudno jest jednoznacznie ustalić, który rodzaj zanieczyszczenia i w jakim okresie wymagać będzie maksymalnej ilości powietrza wentylacyjnego, dlatego obliczenia należy wykonać dla obu rodzajów zanieczyszczeń oraz odrębnie dla okresu letniego i zimowego. Jeżeli ilość powietrza do odprowadzenia wilgoci byłaby większa od ilości niezbędnej do odprowadzenia ciepła, wtedy do rozwiązania technicznego wentylacji przyjąć należy większą wartość, a parametry powietrza usuwanego z pomieszczenia obliczyć na zasadach podanych powyżej.

6.2.4. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH

Zadanie wentylacji jest takie, aby strumień powietrza zewnętrznego był tak duży, aby zapewnić efektywne wentylowanie pomieszczeń na poziomie gwarantującym, że w każdym miejscu obszaru przebywania w nich ludzi dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń nie zostanie przekroczone.

Według przepisów tzw. wartość NDS jest najwyższym dopuszczalnym stężeniem w miejscu pracy. Jest to wartość średnia ważona stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w „Kodeksie pracy”, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

Do zanieczyszczeń gazowych powietrza zalicza się: gazy, pary, aerozole, itp. Zestawienie maksymalnego stężenia niektórych z nich w miejscu pracy prezentuje poniższa tabela.

Tabela 6.3. Zestawienie maksymalnego stężenia niektórych gazów w miejscu pracy :

Nazwa substancji	Najwyższe dopuszczalne stężenie w mg/m ³ w zależności od czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej	
	NDS	NDSCh
Aceton	600	1.800
Acetonitryl	70	140
Akrylaldehyd (akroleina)	0,2	0,5
Akrylamid	0,1	-
Akrylan butylu	11	30
Akrylan 2-etyloheksylu	35	100
Akrylan etylu	20	80
Akrylan metylu	20	70
Azydek sodu	0,1	0,3
Bar	0,5	1,5
Benzaldehyd)	10	40
Benzen	1,6	-
Brom	0,7	2
Butan	1.900	3.000
Chlorek amonu	10	20
Chloroform	8	-
Chlorowodór	5	10
Etanol	1.900	-
Etanotiol	1	2
Eter bis(2-chloroetylowy	10	30
Fenol	7,8	-
Fluor	0,05	0,4
Fluorowodór	0,5	2
Glicerol - aerozole	10	-
Jod	1	-
Kwas azotowy(V)	5	10
Kwas chlorooctowy	2	4
Kwas chlorowy(VII)	1	3
Kwas fosforowy(V)	1	2
Kwas mrówkowy	5	15
Kwas octowy	15	30
Kwas siarkowy(VI)	1	3
Mangan	0,3	-

Nafta	100	300
Naftalen	20	75
Nikotyna	0,5	1,5
Ołów	0,05	-
Propan	1.800	-
Tal	0,1	0,3
Tlenek węgla	30	180
Tlenki azotu	5	10
Tlenki żelaza	5	10
Uran		

Obliczenie ilości powietrza niezbędnego do odprowadzenia zanieczyszczeń gazowych dla gazów nietrujących lub nie wybuchowych wylicza się ze wzoru:

$$G_w = \frac{G_g}{(K_w - K_n)} \quad (6.11)$$

natomiast dla gazów trujących i wybuchowych ze wzoru

$$G_w = \Sigma \frac{G_{gx}}{(K_{wx} - K_{nx})} \quad (6.12)$$

gdzie:

G_g – ilość wydzielanego gazu w pomieszczeniu, $g \cdot h^{-1}$,

K_w, K_{wx} – koncentracja gazu w powietrzu wywiewnym, $g \cdot kg^{-1}$ lub $g \cdot m^{-3}$, które nie może być większe od dopuszczalnej koncentracji dla danego gazu wg NDS

K_n, K_{nx} – koncentracja gazu w powietrzu nawiewnym, $g \cdot kg^{-1}$ lub $g \cdot m^{-3}$, przy braku gazu w powietrzu nawiewnym $K_n=0$,

Σ – oznacza, że ilość powietrza dla gazów trujących należy obliczyć dla wszystkich gazów trujących wydzielanych w pomieszczeniu odrębnie i do rozwiązania technicznego przyjmować sumę uzyskanych wartości.

ZADANIE 5.

Obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniu produkcyjnym, gdzie wydzielają się gazy: tlenek żelaza $0,006 kg \cdot h^{-1}$, tlenek azotu $0,004 kg \cdot h^{-1}$, tlenek węgla $0,012 kg \cdot h^{-1}$. W powietrzu nawiewnym koncentracja tlenku węgla wynosi $0,02 g \cdot m^{-3}$.

ROZWIĄZANIE:

Maksymalne stężenia gazów w miejscu pracy prezentuje tabela 4. i wynoszą one odpowiednio:

$$K_{dFeO} = 0,005 g \cdot m^{-3},$$

$$K_{dNO_2} = 0,005 g \cdot m^{-3},$$

$$K_{dCO} = 0,03 g \cdot m^{-3}.$$

Obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie zanieczyszczeń gazowych dokonuje się na podstawie wzoru 6.12:

$$G_w = G_{wFeO} + G_{wNO_2} + G_{wCO} = \frac{0,006 \cdot 1000}{0,005 - 0} + \frac{0,004 \cdot 1000}{0,005 - 0} + \frac{0,012 \cdot 1000}{0,03 - 0,02} = 1200 + 800 + 1200 = 3200 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylacyjnego dla tego pomieszczenia przy koncentracji tych trzech gazów wynosi $3200 m^3 \cdot h^{-1}$.

6.2.5. OBLICZANIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO NA PODSTAWIE ZANIECZYSZCZEŃ PYŁOWYCH

Ilość powietrza wentylacyjnego niezbędnego do odprowadzenia zanieczyszczeń pyłowych liczy się analogicznie jak zanieczyszczenia gazowe wykorzystując wzór:

$$G_w = \frac{G_p}{(K_w - K_n)} \quad (6.13)$$

gdzie:

G_p – ilość zanieczyszczeń pyłowych, $g \cdot h^{-1}$,

K_w, K_n – koncentracja pyłu w powietrzu usuwanym i nawiewnym, $mg \cdot m^{-3}$ lub które nie może być większe od dopuszczalnej koncentracji dla danego pyłu wg NDS; natomiast K_n oznacza koncentrację pyłów w powietrzu nawiewnym bez oczyszczania, w przypadku nawiewania powietrza po oczyszczeniu np. na filtrach, koncentrację pyłów w powietrzu można policzyć ze wzoru:

$$K_n = K_z \cdot (1 - \eta) \quad (6.14)$$

gdzie:

K_z – koncentracja pyłu w powietrzu zewnętrznym, $mg \cdot m^{-3}$,

η – sprawność oczyszczania na filtrze.

Tabela 6.4. Zestawienie maksymalnego stężenia niektórych pyłów w miejscu pracy

Nazwa czynnika szkodliwego dla zdrowia	Najwyższe dopuszczalne stężenie	
	mg/m ³	włókien w cm ³
Pyły zawierające wolną (krystaliczną) krzemionkę powyżej 50%		
a) pył całkowity	2	-
b) pył respirabilny	0,3	-
Pyły sztucznych włókien mineralnych:		
a) pyły sztucznych włókien mineralnych, z wyjątkiem włókien ceramicznych		
- pył całkowity	2,0	-

- włókna respirabilne	-	1,0
b) pyły włókien ceramicznych		
- pył całkowity	1,0	-
- włókna respirabilne	-	0,5
c) pyły włókien ceramicznych w mieszaninie z innymi sztucznymi włóknami mineralnymi		
- pył całkowity	1,0	-
- włókna respirabilne	-	0,5
Pyły cementów portlandzkiego i hutniczego:		
- pył całkowity	6	-
- pył respirabilny	2	-
Pyły sadzy technicznej		
- pył całkowity	4	-
Pyły węgla kamiennego i brunatnego:		
a) zawierające wolną krystaliczną krzemionkę Powyżej 50%		
- pył całkowity	1	-
- pył respirabilny	0,3	-
b) zawierające wolną krystaliczną krzemionkę powyżej 10% do 50%		
- pył całkowity	2	-
- pył respirabilny	1	-
c) zawierające wolną krystaliczną krzemionkę od 2% do 10%		
- pył całkowity	4	-
- pył respirabilny	2	-
d) zawierające wolną krystaliczną krzemionkę Poniżej 2%		
- pył całkowity	10	-
Pyły drewna:		
a) pyły drewna, z wyjątkiem pyłów drewna twardego, takiego jak buk i dąb		
- pył całkowity	4	-
b) pyły drewna twardego, takiego jak buk i dąb		
- pył całkowity	2	-
c) pyły drewna mieszane zawierające pył drewna twardego, takiego jak buk i dąb		
- pył całkowity	2	-
Pyły kaolinu zawierające wolną krystaliczną krzemionkę poniżej 2% i niezawierające azbestu		
- pył całkowity	10	-

ZADANIE 6.

Obliczyć ilość powietrza wentylacyjnego w celu odprowadzenia pyłów w hali zakładu płytek ceramicznych, gdzie wydzielają się pyły kaolinu $0,015 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$. W powietrzu zewnętrznym koncentracja tego pyłu wynosi $0,4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Filtr oczyszczający powietrze nawiewne pracuje ze sprawnością 0,8.

ROZWIĄZANIE:

Maksymalne stężenia pyłu kaolinu w miejscu pracy prezentuje tabela 5. i wynosi ono:

$$K_d = \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}.$$

Koncentrację pyłów w powietrzu nawiewnym liczy się ze wzoru 6.14:

$$K_n = 0,4 \cdot (1 - 0,8) = 0,08 [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Ilość powietrza wentylacyjnego niezbędną do odprowadzenia pyłu kaolinu liczy się ze wzoru 6.13:

$$G_w = \frac{0,015 \cdot 1000}{10/1000 - 0,08/1000} = 1512 [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

ODPOWIEDŹ: Ilość powietrza wentylacyjnego dla tej hali przy koncentracji tego pyłu wynosi $1512 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

6.3. OBLICZANIE PARAMETRÓW WENTYLATORA

Istotnym elementem przy projektowaniu instalacji wentylacyjnej są parametry pracy wentylatora.

Wydajność wentylatora jest określana przez strumień objętościowy przetłaczanego powietrza \dot{V} i ciśnienie tłoczenia, nazywane również przyrostem tłoczenia lub sprężeniem Δp . W wentylatorach występują względnie małe różnice ciśnienia i temperatury, zatem w obliczeniach można pominąć zmiany gęstości powietrza. Dla wylotu i wlotu wentylatora przyjmuje się: iż strumienie objętościowe przetłaczanego powietrza i ciśnienie tłoczenia są takie same.

Ciśnienie tłoczenia (spręż) wentylatora liczy się ze wzoru:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{stat}} + \Delta p_{\text{dyn}} \quad (6.15)$$

gdzie:

Δp - ciśnienie tłoczenia (spręż), $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$,

Δp_{stat} - przyrost ciśnienie statystycznego, $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$,

Δp_{dyn} - przyrost ciśnienie dynamicznego, $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$.

Ponieważ przyrost ciśnienia dynamicznego jest względnie mały, wobec czego w obliczeniach wstępnych można go pominąć.

Zapotrzebowanie mocy wentylatora wyliczane jest ze wzoru:

$$P_e = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_e} \quad (6.16)$$

gdzie:

P_e - moc wentylatora, W,

Δp - ciśnienie tłoczenia (spręż), Pa = $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$,

\dot{V} - objętość przetłaczanego powietrza, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,

η – sprawność ogólna wentylatora.

Sprawność całkowitą wentylatora można policzyć ze wzoru:

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i \quad (6.17)$$

gdzie:

η_e – sprawność całkowita wentylatora,

η_m – sprawność mechaniczna,

η_i – sprawność wewnętrzna.

ZADANIE 7.

Obliczyć zapotrzebowanie mocy dla wentylatora osiowego. Przy obrotach 700 min^{-1} , tłoczy on strumień powietrza $15000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ przy ciśnieniu tłoczenia 450 Pa. Do obliczyć przyjąć $\eta_m = 0,85$ $\eta_i = 0,8$.

ROZWIĄZANIE:

Wykorzystując równanie 6.16 i 6.17 otrzymuje się:

$$P_e = \frac{15000 \cdot 450}{3600 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 2757 [\text{W}] \approx 2,8 [\text{kW}]$$

gdzie:

$$\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$$

ODPOWIEDŹ: Zapotrzebowanie mocy dla tego wentylatora wynosi 2,8 kW.

Dla projektujących systemy wentylacji jak również dla użytkowników ważne są wzajemne współzależności podstawowych parametrów charakteryzujących pracę wentylatora (objętość natężenia przepływu, obroty, ciśnienie tłoczenia i zapotrzebowanie mocy. Można je opisać na podstawie praw proporcjonalności, wynikających z rozważań prowadzonych dla wirnika. Przedstawiają je poniższe wzory następująca:

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (6.18)$$

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (6.19)$$

$$\frac{P_{e1}}{P_{e2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (6.20)$$

gdzie:

n – obroty, min^{-1} ,
pozostałe oznaczenia jak powyżej.

ZADANIE 8.

Hala produkcyjna ma ulec rozbudowie i w związku z tym objętościowe natężenie przepływu powietrza wzrośnie o 40%. Dotychczas pracujący wentylator charakteryzowały następujące parametry: $\dot{V}_1 = 8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\Delta p_1 = 800 \text{ Pa}$, $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$, $P_{e1} = 7 \text{ kW}$, $\eta_e = 0,8$. Jakimi parametrami będzie charakteryzował się wentylator po rozbudowie.

ROZWIĄZANIE:

Objętościowe natężenie przepływu powietrza w hali po rozbudowie:

$$\dot{V}_2 = 1,4 \cdot \dot{V}_1 = 1,4 \cdot 8 = 11,2 [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Ilość obrotów wylicza się przekształcając wzór 6.18:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} = 1000 \cdot \frac{11,2}{8} = [1400 \text{ min}^{-1}]$$

Ciśnienie tłoczenia (spręż) liczy się przekształcając wzór 6.19

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 800 \cdot \left(\frac{1400}{1000}\right)^2 = [1568 \text{ Pa}]$$

Zapotrzebowanie mocy wylicza się przekształcając wzór 6.20:

$$P_{e2} = P_{e1} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 7 \cdot \left(\frac{1400}{1000}\right)^3 = 19,21 [\text{kW}]$$

ODPOWIEDŹ: Parametry charakteryzujące wentylator po rozbudowie hali produkcyjnej będą następujące: $\dot{V}_2 = 11,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\Delta p_2 = 1568 \text{ Pa}$, $n_2 = 1400 \text{ min}^{-1}$, $P_{e2} = 19,21 \text{ kW}$.

LITERATURA

1. Przydróżny S., Wentylacja, Politechnika Wrocławska, Wrocław 1991
2. Słownika Wyrazów Obcych, PWN, Warszawa 1980
3. Stowarzyszenie Polska Wentylacja, www.wentylacja.org.pl.
4. Malicki M., Wentylacja przemysłowa, Arkady, Warszawa 1967
5. Urlich H.J.; Technika klimatyzacyjna. Poradnik, IPPU MASTA, Gdańsk 2001
6. VENTURE INDUSTRIES Sp. z o.o., www.venture.pl
7. KONWEKTOR Sp. z o.o., www.konwektor.pl
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 Kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie; Dz. U. nr 75 poz. 609 z 2002 r.
9. Opaliński S., Opaliński J., Piejko G., Wentylacja. Zbiór zadań, wydawnictwo politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1979
10. Rozporządzenie Ministra Pracy i polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy; Dz. U. Z dnia 18 grudnia 2002 r.
11. Maciąg G., System wentylacyjny, "Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna" nr 9/2001