

Klimatyzacja dużych obiektów biurowych

Analiza i wybór systemu klimatyzacji firmy LTG

Wojciech KLAJNERT*, Kraków

W artykule opisano i porównano trzy nowoczesne systemy klimatyzacji, w aspekcie komfortu cieplnego, zużycia energii oraz kosztów inwestycyjnych:

● **A** – system VVS, o zmiennych ilościach powietrza,

● **B** – system woda-powietrze z aparatami indukcyjnymi, łączący w sobie zasadę mieszania powietrza z systemem wyporowym,

● **C** – system stropów chłodzących, połączony z wentylacją wyporową.

Przy założeniu, że temperatura w pomieszczeniu ulega zmianie zależnie od temperatury zewnętrznej: latem w przedziale 25-27°C, zimą 22-24°C, stwierdza się stosunkowo nieznaczne różnice w zużyciu energii między systemami B i C. W przypadku systemu A zużycie energii jest większe o 10%, natomiast koszty inwestycyjne są największe dla systemu C.

Przedstawione przykłady praktyczne mają na celu pokazanie wpływu niewłaściwego doboru systemu i złej konserwacji urządzeń na odczucie komfortu cieplnego i zużycie energii.

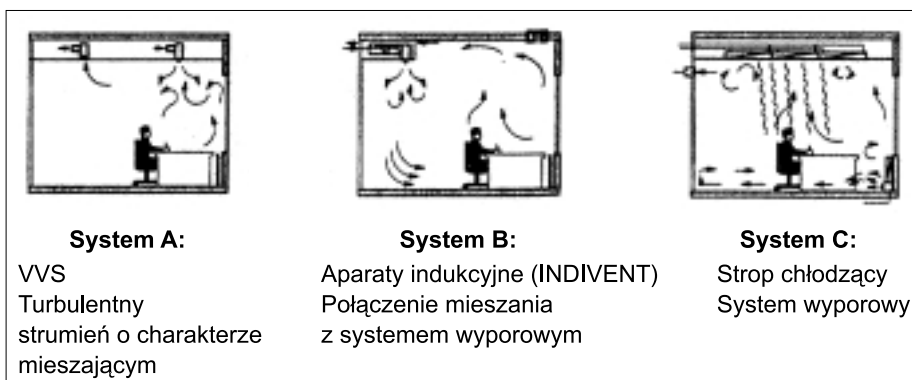
Kryteria wyboru systemu

Wybór właściwego systemu klimatyzacji dla danego obiektu zależy głównie od maksymalnych obciążeń cieplnych oraz niezbędnych ilości świeżego powietrza. Inne kryteria to architektura, przeznaczenie i standard obiektu. Stąd też optymalny wybór systemu klimatyzacji zależy od dobrej współpracy przyszłego użytkownika, architekta i projektanta klimatyzacji. Dla pomieszczeń biurowych o średnim zagęszczeniu 10 m²/osobę, zgodnie z normą DIN 1946/2, należy przyjmować wymianę 6 m³/h·m² (przy zakazie

palenia) i 8 m³/h·m² (bez zakazu palenia) powietrza zewnętrznego.

Z uwagi na wielkość zużycia energii, szczególnie ekonomiczne okazały się systemy typu woda-powietrze (nośnikiem chłodu jest woda). Systemy VVS potrzebują na odprowadzenie zysków

są chłodzone wyłącznie odpowiednio przygotowanym powietrzem zewnętrznym. Powietrze jest doprowadzane za pomocą nawiewników szczelinowych o wysokim stopniu indukcji, umieszczonych w stropie podwieszonym. Ogrzewanie zapewniają grzejniki usytuowane pod



Rys. 1. Typowy rozkład strumienia powietrza dla 3 systemów

ciepła z pomieszczenia większych ilości powietrza zewnętrznego, co z kolei wpływa bezpośrednio na jakość powietrza w pomieszczeniu.

Dla porównania różnych systemów wybrano typowy budynek biurowy o wysokim standardzie i średnim obciążeniu cieplnym wynoszącym 70 W/m².

Opis obiektu i systemów klimatyzacyjnych

Budynek ma 4 kondygnacje i powierzchnię klimatyzowaną 5000 m². Udział oszklenia w powierzchni fasady wynosi 50%. Wszystkie okna, z wyjątkiem strony północnej, wyposażone zostały w żaluzje zewnętrzne. Należy podkreślić, że cały budynek jest dobrze izolowany termicznie.

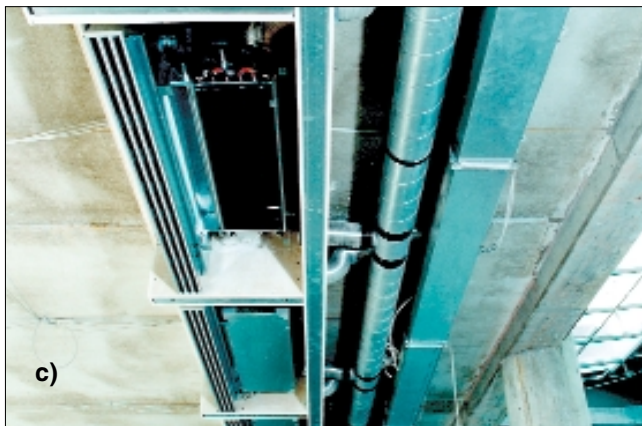
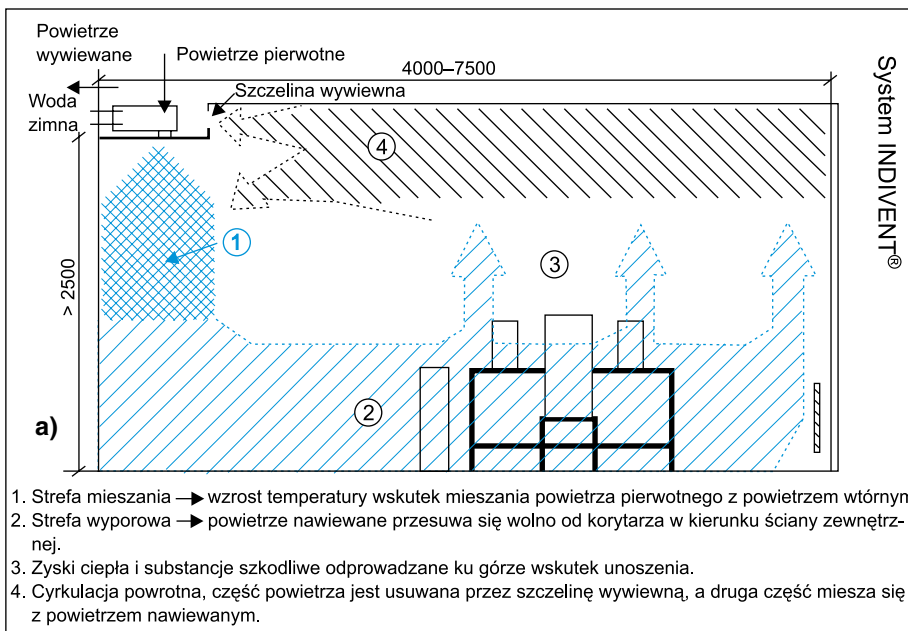
System A – to instalacja VVS z dwoma centralami klimatyzacyjnymi, ustawionymi na dachu, o maksymalnej wydajności 95 000 m³/h i 75 000 m³/h, wyposażonymi w rekuperatory ciepła. Pokoje biurowe

oknami. Każda strefa o powierzchni 50 m² ma indywidualną regulację wydajności powietrza nawiewanego i wywiewanego. Grzejniki są wyposażone w termostatyczne zawory regulacyjne.

System B – to instalacja z 2-przewodowymi podsufitowymi aparatami indukcyjnymi, realizującymi tylko cykl chłodzenia. Aparaty te podłączone są bezpośrednio do nawiewników szczelinowych. Wydajność zastosowanych central klimatyzacyjnych wynosi 30 000 m³/h przy założeniu 60 m³/h na osobę. Należy zaznaczyć, iż nowa polska norma określa ten wskaźnik na poziomie 50 m³/h na osobę, dla pomieszczeń gdzie nie obowiązuje zakaz palenia.

Aparaty indukcyjne montuje się w przestrzeni międzystropowej albo w odpowiednim uskoku – wzdłuż korytarza (CH&K nr 05/01). W tym systemie ok. 2/3 zysków ciepła z pomieszczenia jest odprowadzane poprzez indukowane powietrze obiegowe. Zyski te są

* Mgr inż. Wojciech KLAJNERT – firma HTK Went.



Rys. 2. System INDIVENT:
 a) schemat rozdziału powietrza,
 b) rozprzestrzenianie się powietrza w czasie,
 c) system w fazie montażu

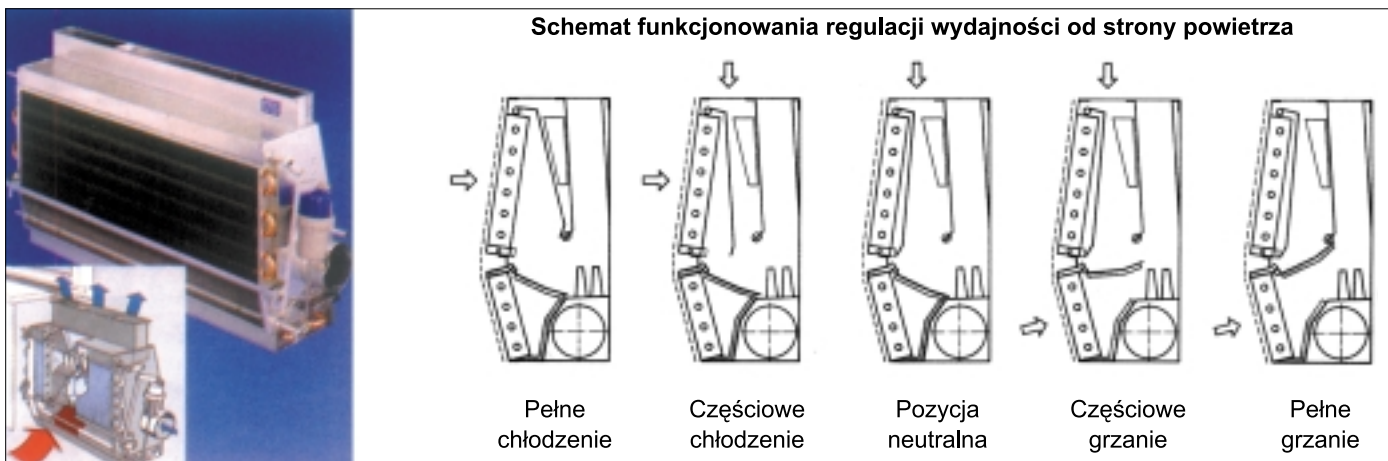
przekazywane poprzez wymiennik do wody chłodzącej. Utrzymanie zadanej temperatury w pomieszczeniu odbywa się poprzez regulację przepływu wody chłodzącej lub regulację strumienia powietrza (system przepustnic w aparacie indukcyjnym). Układ ogrzewania zapewniają grzejniki usytuowane pod oknami i wyposażone w zawory termostatyczne.

System C – składa się ze stropów chłodzących o dużym udziale promieniowania i z instalacji niskociśnieniowej powietrza świeżego o stałym wydatku 30 000 m³/h. Powietrze doprowadzane jest do pomieszczeń za po-

mocą nawiewników wyporowych, usytuowanych przy fasadzie. Grzejniki umieszczone pod oknami są wyposażone w zawory termostatyczne.

Na rysunku 1 pokazano schematycznie rozkład i kształt strumieni powietrza w pomieszczeniu przy zastosowaniu omawianych systemów. System B (rys. 2) jest połączeniem systemu mieszania powietrza wewnętrznego ze strumieniem wyporowym.

Nawiewnik 3-szczelinowy, doprowadza chłodne powietrze do pomieszczenia. Już w niewielkiej odległości od nawiewnika występuje intensywna induk-



Rys. 3. Aparat indukcyjny stojący – nawiew powietrza do góry

cja powietrza z pomieszczenia, efektem czego jest szybki wzrost temperatury nawiewu oraz szybki spadek prędkości nawiewanego powietrza. Pionowy gradient temperatury w przestrzeni przebywania ludzi nie przekracza $1,5^{\circ}\text{C}$, a prędkość przepływającego powietrza nie przekracza $0,15\text{ m/s}$. Taki sposób nawiewu różni się znacznie od „czystego” systemu wyporowego i charakteryzuje się wyższą intensywnością chłodzenia, gdyż temperatura nawiewanego powietrza jest znacznie niższa, niż np. w systemie wyporowym.

Porównanie systemów klimatyzacji w aspekcie komfortu ciepłego w pomieszczeniu

Na rysunku 5 przedstawiono zużycie energii chłodniczej, grzewczej i elektrycznej dla omawianych 3 systemów. Przy zastosowaniu systemu C (strop chłodzący i system wyporowy)

może dojść do odczucia przeciągu, jeśli równocześnie wystąpią niekorzystne dla zachowania komfortu dwa parametry. Pionowy gradient temperatury, w strefie przebywania człowieka, przekroczy wartość 2°C , a temperatura nawiewanego powietrza w tej przestrzeni będzie niższa niż 21°C .

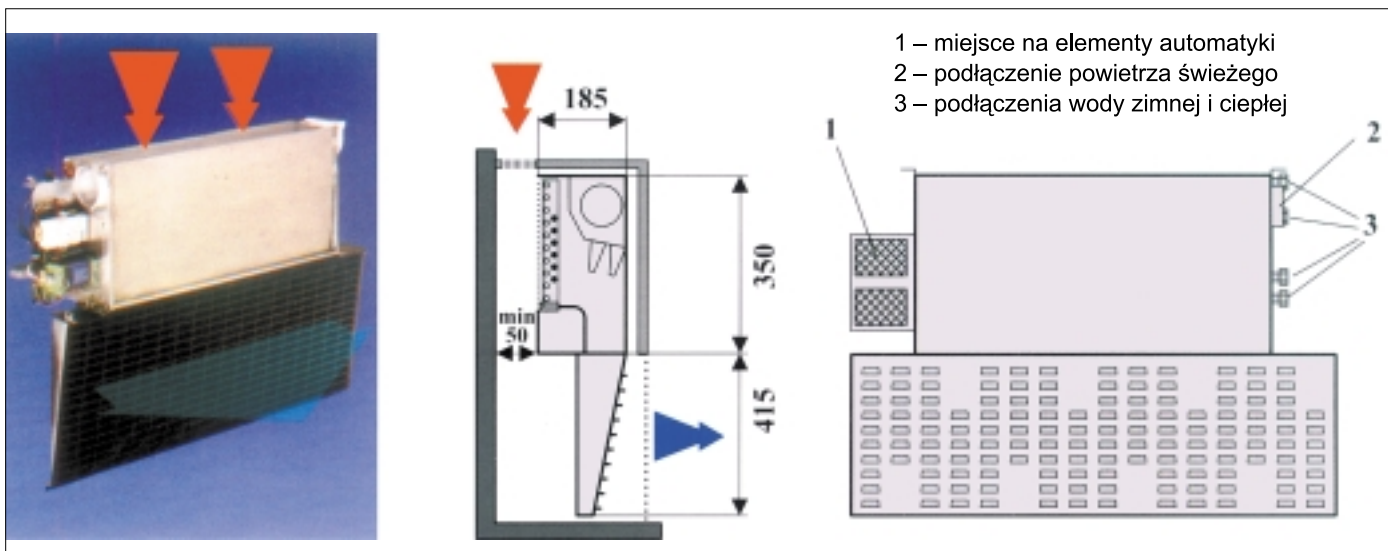
Badania laboratoryjne dotyczące jakości powietrza w klimatyzowanych pomieszczeniach wykazały, że wszystkie trzy systemy zapewniają komfortową jakość powietrza.

W przypadku systemu B (INDIVENT) jakość ta jest jeszcze wyższa z uwagi na charakter kształtowania strugi nawiewanego powietrza oraz powstawanie lokalnych źródeł ciepła wywołujących tworzenie się kominów termicznych, powodujących odprowadzanie zużytego i zanieczyszczonego powietrza do góry, poza strefę przebywania człowieka.

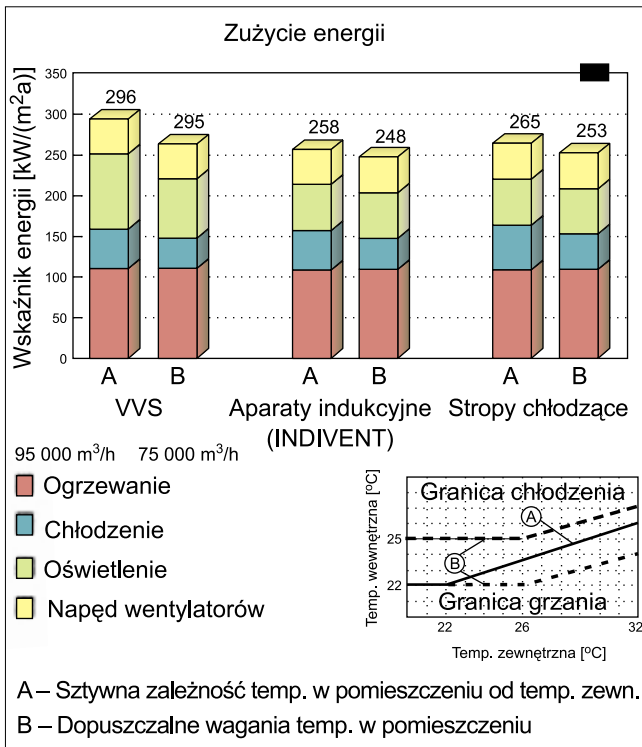
Porównanie systemów pod względem energetycznym i kosztów inwestycyjnych

Maksymalne zapotrzebowanie na energię chłodniczą i związane z tym koszty instalacji zależą w sposób szczególny od systemu regulacji. I tak, jeśli wartość zadana temperatury w pomieszczeniu jest sztywną funkcją temperatury zewnętrznej (krzywa A – rys. 5), to np. w przypadku systemu A (VVS) wzrasta do maksimum zapotrzebowanie na powietrze zewnętrzne, podczas chłodnych dni o intensywnym promieniowaniu słonecznym.

Jeśli natomiast dopuści się do kontrolowanych wahań temperatury w pomieszczeniu w zakresie nie większym niż $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$, tzw. pasmo energii zerowej (DIN 1946 , cz. 2 , projekt normy 1991), to możliwe jest uzyskanie oszczędności w zużyciu energii



Rys. 4. Aparat indukcyjny stojący wyporowy – dolny nawiew powietrza, z małą prędkością



Rys. 5. Porównanie zużycia energii 3 systemów

System klimatyzacji	A VVS 75-95 000 m³/h	B INDIVENT	C Strop chłodzący
Koszty inwestycji [%]	131	100	158
Koszty energii [%]	119	100	108
Komfort cieplny [%]	80	100	90
Aranżacja pomieszcz. (stropu) [%]	90	100	90

i w kosztach inwestycyjnych o ok. 10% (rys. 5 i 6).

Można zauważyć, że różnice w zużyciu energii dla omawianych systemów są niewielkie pod warunkiem, że dopuści się pewne wahanía temperatury i uwzględni się je później w koncepcji automatycznej regulacji. W przypadku systemów typu woda-powietrze, różnice w zużyciu energii dla przypadków A i B (rys. 5) nie są duże. Aby odprowadzić zyski ciepła, zbędna jest dodatkowa energia do napędu wentylatorów, jak jest to w przypadku systemu VVS. Poza tym w przebiegu całego procesu biorą udział mniejsze ilości powietrza, a tym samym możliwe jest stosowanie mniejszych przekrojów kanałów, co powoduje istotne obniżenie kosztów inwestycji.

W przypadku stosowania systemu VVS, możliwości uzyskania oszczędności w zużyciu energii są większe, gdyż mamy tu do czynienia z dużymi różnicami w ilościach transportowanego powietrza. Przy stosowaniu syste-

mu C (stropy chłodzące) jest niezbędne zastosowanie układu regulacji, dopuszczającego wahanía temperatury w pomieszczeniu maksymalnie do $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Wiąże się to ze stosunkowo dużą bezwładnością stropu chłodzącego i jego wolną reakcją na np. zmienne zyski ciepła od nasłonecznienia. Stwierdzić należy, że system C charakteryzuje się najwyższymi, spośród omawianych systemów, kosztami inwestycyjnymi. Wadą stropów chłodzących jest to, że większą część powierzchni stropu zajmują rury wypełnione wodą – nośnikiem chłodu. Stwarza

Wpływ nieprawidłowego doboru systemu, błędów w eksploatacji i złej konserwacji na poziom komfortu cieplnego i zużycia energii

Na rysunku 7 przedstawiono stan, gdzie pewna liczba użytkowników nie uruchomiła żaluzji słonecznych, będących jak wiadomo, bardzo skutecznym środkiem zmniejszającym zyski ciepła od nasłonecznienia. Przy zamkniętych w 50% żaluzjach, temperatura w pomieszczeniu wzrasta o 7°C . Oznacza to, że ochrona przed promieniowaniem słonecznym powinna być uruchamiana centralnie (fasady jako strefy). Tym niemniej użytkownik powinien mieć możliwość indywidualnego uruchamiania żaluzji w swoim pokoju.

Typowymi błędami występującymi w systemie VVS są :

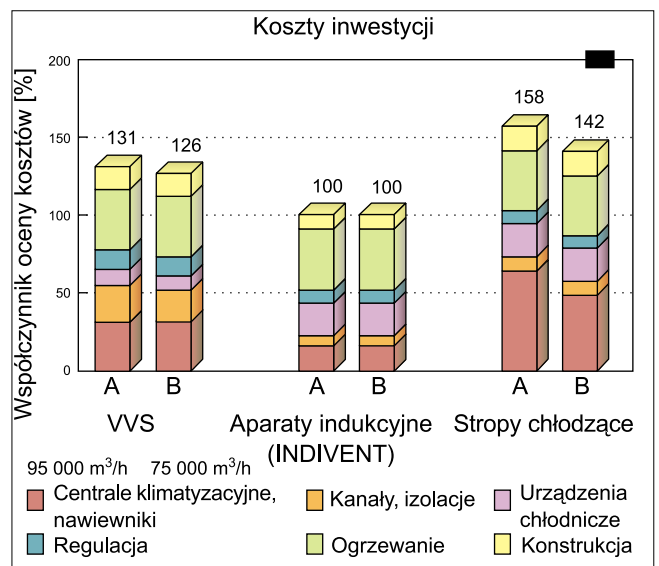
- nieprawidłowy dobór,
- błędna regulacja ciśnienia w kanałach i centralach klimatyzacyjnych.

Konsekwencją jest zbyt wysoka wartość ciśnienia, co z kolei oznacza większe o 10-15% zużycie energii elektrycznej do napędu wentylatorów.

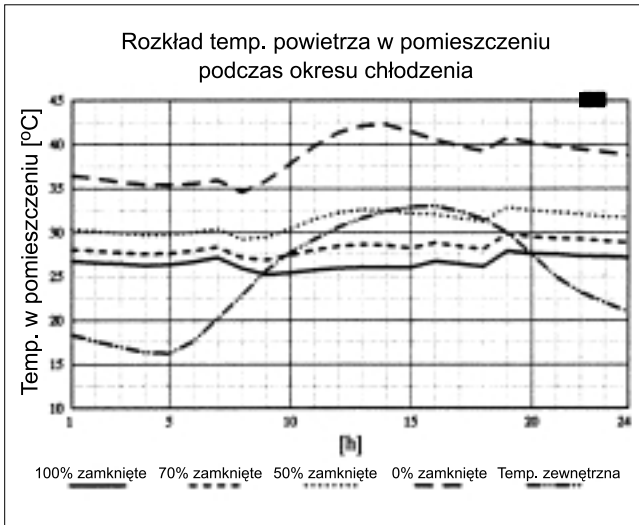
to ograniczenia w aranżacji stropu przez architekta oraz ryzyko zalania pomieszczenia w przypadku niezczelności systemu wodnego.

W przypadku lekkich stropów chłodzących (np. aluminium), gdzie ok. 60-65% energii jest przekazywane na drodze promieniowania a 40-35% – poprzez konwekcję, wydajność ich nie powinna przekraczać $40-50\text{ W/m}^2$ po to, aby nie dopuścić do wzrostu różnicy temperatur między głową a stopami o więcej niż o $1,5-2,0^{\circ}\text{C}$. W większości przypadków jest to zbyt mały strumień i wymaga doprowadzenia dodatkowych ilości chłodu wraz z powietrzem zewnętrznym.

Innym przykładem marnotrawstwa energii jest równoczesne ogrzewanie i chłodzenie tego samego pomieszczenia czy strefy, przy stosowaniu systemów



Rys. 6. Porównanie efektywności energetycznej i kosztów inwestycji



Rys. 7. Zwiększenie efektywności w funkcji wykorzystania żaluzji słonecznych

typu woda-powietrze lub VVS. Jako przyczynę takiego stanu należy wymienić :

- brak pasma tolerancji temperatury w przypadku sekwencyjnego ogrzewania i chłodzenia,
- zbyt duży zakres regulacji proporcjonalnej zaworów termostatycznych,

Wnioski

Należy zaznaczyć, że analiza i porównanie trzech systemów odnoszą się do danego typu budynku. Nie ulega wątpliwości, że systemy typu woda-powietrze, z których jednym z najlepszych jest system INDIVENT, charakteryzują się najniższym

– nieprawidłowe nastawianie termostatów przez użytkownika.

Jeżeli np. 20% zaworów termostatycznych przy grzejnikach, w analizowanym obiekcie, zostało nastawionych na nieprawidłową wartość zadaną, np. +24°C, podczas gdy zadana wartość chłodzenia wynosi +22°C, zużycie energii na jednocześnie ogrzewanie i chłodzenie wzrasta o 4%.

W tabeli przedstawiono ważniejsze kryteria ułatwiające wybór właściwego systemu:

zużyciem energii i zapewniają najwyższy poziom komfortu cieplnego. Z kolei system C (stropy chłodzące) obarczone są pewnymi wadami, jak opisano powyżej i cechują się wysokimi kosztami inwestycji.

Wysokie koszty inwestycji i duże zużycie energii wykazują systemy typu VVS. Ich atutem jest to, iż bardzo łatwo pozwalają one na dostawę powietrza zewnętrznego do tych pomieszczeń, które charakteryzują się dużym i zmiennym zagęszczeniem osób (sale konferencyjne, pokoje narad itp.).

W aspekcie wolnej aranżacji pomieszczeń (stropów) największe walory wykazuje system B (INDIVENT). Podobne cechy wykazują inne systemy oparte na aparatach indukcyjnych z prowadzeniem powietrza „strop-strop” (aparaty indukcyjne sufitowe) lub „podłoga-strop” (aparaty indukcyjne montowane w podłodze podwójnej).

LITERATURA

- [1] LTG Technische Information nr. 81
- [2] LTG Technische Information nr. 82
- [3] Materiały własne firmy HTK Went.

