

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH SYSTEMÓW CHŁODNICZYCH W POMIESZCZENIACH HOTELOWYCH

Katarzyna GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK*, Tomasz MANOWSKI

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W artykule porównano dwa układy klimatyzacji, różniące się między sobą zasadą działania, ale przede wszystkim oparte o dwa różne czynniki robocze: freon i wodę lodową. Obydwa rozwiązania przeszły długą drogę rozwoju i prezentują w chwili obecnej wysoki poziom technologiczny. Rodzi się więc pytanie – który z nich jest lepszy? Tradycja, czy nowoczesność? Czy systemy oparte na dwóch różnych czynnikach mogą istnieć obok siebie, czy – zgodnie z zasadą: „lepsze jest wrogiem dobrego” – będziemy mieli do czynienia z stopniowym wypieraniem jednego z nich z rynku. Analiza porównawcza parametrów eksploatacyjnych obu układów będzie próbą odpowiedzi na to pytanie. W artykule zebrano informacje dotyczące układów z bezpośrednim i pośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego. Przedstawiono dane projektowe: koncepcje, dobór urządzeń i ich szczegółowe porównanie.

Słowa kluczowe: klimatyzacja, freon, woda lodowa.

1. Wprowadzenie

Wpływ warunków pogodowych na samopoczucie człowieka zauważono już w dalekiej przeszłości. Do regulacji mikroklimatu w pomieszczeniach stosowano różne metody, zależne od stopnia rozwoju ludzkości i wiedzy technicznej (Czyż, 2007; Porowski i Szczechowiak, 2006).

Adamski (2008a i b) w swoich publikacjach podjął problematykę związaną z doбором źródła chłodu w systemach klimatyzacyjnych pracujących ze zmiennym udziałem powietrza nawiewanego VAV. Zwraca on uwagę na problemy pomijane przez innych autorów. Autor przedstawia konkretne wnioski, które mogą być pomocne przy opracowaniu koncepcji związanych ze źródłami chłodu dla systemów klimatyzacyjnych (Adamski, 2008a).

W kolejnej pracy (Adamski, 2008b) zaprezentowano między innymi rozwiązania systemów ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego oraz zestawiono cechy charakterystyczne dla tego typu rozwiązań. Systemy te są alternatywą do tradycyjnych i popularnych instalacji z medium pośredniczącym – wodą lodową. Wiele rozwiązań wykorzystywanych w systemach VRF powoduje, że systemy te są konkurencyjne dla systemów opartych na wodzie lodowej szczególnie dla małych i średnich obiektów, takich jak zostaną scharakteryzowane w dalszej części niniejszej pracy.

Informacje pozwalające na ogólne zapoznanie się z rozwiązaniami *free coolingu* stosowanymi obecnie w systemach klimatyzacji komfortu oraz chłodnictwa

przemysłowego podali autorzy: Adamski (2009a i b), Müller i Skrzyniowska (2006a). Przytoczyli oni analizę symulacyjną oszczędności kosztów z tytułu zastosowania *free coolingu* w popularnych rozwiązaniach *free coolingu* w sprężarkowych agregatach chłodniczych. Wskazano, że są to systemy praktycznie nie do pominięcia w wymaganych procesach schładzania powietrza przez cały sezon.

Zasadne jest zastosowanie dodatkowego wymiennika *free coolingu* w systemach chłodzenia wody technologicznej dla procesów przemysłowych, na przykład: chłodzenia wtryskarek, wytłaczarek i innych urządzeń przetwarzających tworzywa sztuczne (Müller, 2008). Rozwiązanie to powinno być stosowane w systemach klimatyzacji obiektów wymagających chłodzenia w okresie przejściowym i zimowym oraz w systemach klimatyzacji komfortu obiektów wymagających zasilania wodą lodową.

Dysponując danymi meteorologicznymi oraz charakterystyką obiektu, można w szybki sposób dokonać symulacji zwrotów nakładów inwestycyjnych poniesionych na instalację klimatyzacyjną (Müller i Skrzyniowska, 2006b).

W opracowaniu (Pandelidis, 2014) przedstawiono natomiast autorskie modele matematyczne dla wymienników ciepła do pośredniego ochładzania powietrza za pomocą odparowania cieczy. Modele opracowano dla czterech schematów przepływu powietrza przez wymiennik – współprądowym, przeciuprądowym, regeneracyjnym i krzyżowym. Na ich podstawie można

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: k.gladyszewska@pb.edu.pl

przeanalizować pracę pośrednich wymienników w różnych warunkach klimatycznych.

Celem artykułu jest porównanie dwóch układów klimatyzacji, różniących się zasadą działania, a przede wszystkim medium chłodniczym. Układy klimatyzacji porównano dla jednego obiektu. Do analizy przyjęto obiekt hotelowo-usługowy znajdujący się w Warszawie. W budynku zaprojektowano i porównano dwa układy klimatyzacyjne wykorzystujące dwa różne czynniki robocze: freon i wodę lodową.

1.1. Czynniki chłodnicze

W pracy skupiono się na układach opartych na dwóch rodzajach czynników roboczych:

1. Woda lodowa – może być to czysta woda (dzisiaj prawie nie stosowana w naszej strefie klimatycznej) lub z dodatkami przeciwko zamarzaniu, na przykład 30% roztworu glikolu etylenowego ("Split-system AC Units": Chilled-water and Cooling-tower AC Units). Temperatura wody lodowej wynosi około 6°C.
2. R410A – należy do grupy syntetycznych czynników HFC, uznanych za tak zwane gazy fluorowane, w skrócie "F-gazy". Skład to: difluorometan (R32) CHF₂-CF₃ i pentafluoroetan (R125) CH₂F₂, występujące w mieszaninie w równych proporcjach (katalog Air Product 2013). Podstawową zaletą R410A jest „zerowy” potencjał niszczenia ozonu. Innymi słowy, przypadkowa emisja tego czynnika do atmosfery jest nieszkodliwa dla warstwy ozonowej. Warto zauważyć, że R410A występuje również w agregatach wody lodowej, w których następuje wymiana ciepła z wodą, która jest pompowana do instalacji w pomieszczeniach.

1.2. Różnice pomiędzy analizowanymi układami

Wstępne porównanie obu systemów zwraca uwagę przede wszystkim na budowę, możliwości oraz wady i zalety obu systemów (Porowski i Szczechowiak, 2006).

Różnice pomiędzy układem wody lodowej i układami freonowymi:

- agregat:
 - woda lodowa – monoblok z układem hydraulicznym, modułem pompowym zamieszczonym na wspólnej ramie,
 - freon – kilka agregatów (w zależności od możliwości do uzyskania mocy); agregaty połączone między sobą siecią chłodniczą, a także jako pojedyncze moduły obsługujące wydzielone części budynku;
- urządzenia wewnętrzne – poza innym czynnikiem krążącym w obiegu brak poważniejszych różnic;
- instalacja:
 - woda lodowa – instalacja chłodnicza, to jest rury stalowe w otulinie, dodatkowa armatura hydrauliczna: zbiornik buforowy, pompy, zawory sterujące, odcinające itp.,
 - freon – instalacja chłodnicza, to jest rury miedziane w otulinie;
- tryb pracy:

- woda lodowa – tylko chłodzenie (instalacja dwururowa),
- freon „pompa ciepła” – tylko chłodzenie lub grzanie całym systemem (instalacja dwururowa),
- freon: odzysk ciepła – chłodzenie i grzanie jednocześnie całym systemem (instalacja dwururowa, dodatkowy moduł do każdego agregatu).

W celu wykonania wiarygodnego porównania kosztów obydwu systemów należy również rozpatrywać globalnie koszt całego systemu (koszt instalacji, koszt rozruchu i montażu systemu, armatury wraz z elementami równoważącymi). Do tego należy uwzględnić koszty eksploatacji systemu, które w przyszłej eksploatacji, mogą zrównoważyć ewentualne, wyższe koszty inwestycyjne.

1.3. Opis obiektu i rozwiązań technicznych instalacji wentylacyjnych

Do analizy przyjęto obiekt hotelowo-usługowy znajdujący się w Warszawie. Na całość składa się:

- część usługowa, czyli lokale handlowe o powierzchni od 35 m² do 90 m², zajmująca parter i pierwsze piętro budynku,
- część hotelowa, czyli kolejno siedem pięter z 20-25 pokojami na każdej kondygnacji – w zależności od piętra,
- parking podziemny z klimatyzowaną częścią biurową dla administracji budynku.

Zakładano opcje:

- I – woda lodowa: chłodzenie, SPEC Warszawa: grzanie,
- II – freon: chłodzenie i grzanie, dodatkowo – odzysk ciepła,
- III – freon: chłodzenie i grzanie.

W przypadku systemów freonowych zakłada się, że jest to jedyny system grzewczy w budynku.

Przygotowana koncepcja projektowa miała dać pogląd na najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym rozwiązanie problemu klimatyzacji pomieszczeń budynku z uwzględnieniem różnej ich specyfiki:

- lokale usługowe:
 - duże obciążenie cieplne,
 - praca generalnie do godziny 15:00-17:00 w dni robocze,
 - zastosowane urządzenia wewnętrzne powinny być wydajne, z szerokim pokryciem strumieniem powietrza (na przykład jednostki kasetonowe),
 - urządzenia powinny szybko osiągać założone parametry,
 - wartości powyższe można uzyskać kosztem innych parametrów (na przykład głośności urządzeń);
- pokoje hotelowe:
 - mniejsze obciążenia cieplne,
 - obciążenia w miarę stabilne w momencie pojawienia się, uruchomienia i pracy jednostki,
 - praca generalnie kilka dni w tygodniu, natomiast możliwa przez większą część doby,

- zastosowane urządzenia powinny być przede wszystkim ciche i mieścić się w koncepcji wystroju wnętrza danego miejsca,
- urządzenia – automatyka, powinny być przystosowane do pracy z kontaktronami okiennymi, systemami włączania/wyłączania prądu w pokojach;
- biura administracji:
 - najmniejsze obciążenia cieplne,
 - dodatkowe doprowadzenie świeżego powietrza do jednostek – co przełożyło się na zwiększenie ich mocy,
 - praca generalnie do godziny 15:00-17:00 w dni robocze,
 - praca ciągła – charakter zbliżony do pokoju hotelowego,
 - urządzenia powinny być ciche,
 - automatyka – najprostsza – ograniczająca się do podstawowego pilota sterującego.

Na potrzeby analizy policzono zyski ciepła w każdym, planowanym do klimatyzowania pomieszczeniu (Jones, 2001; Malicki, 1980). Zaprojektowano odrębnie i porównano wymienione wcześniej trzy systemy klimatyzacyjne – celem było wskazanie oszczędności jakie można uzyskać przy zastosowaniu układów freonowych: ekonomiczniejsze chłodzenie, rezygnacja z ciepła sieciowego, przy zastosowaniu układu nowocześniejszego i z możliwością zastosowania różnego rodzaju automatyki.

System wody lodowej:

- agregat: wytwornica wody lodowej nowej generacji, podstawowe zalety: ekologiczny czynnik chłodniczy R410A, wydajne sprężarki scroll, wentylatory o niskim poziomie hałasu zbudowane z kompozytów, mikroprocesorowe sterowanie. Może być on wyposażony w wewnętrzny moduł hydrauliczny pozwalający ograniczyć instalację całości do prostych czynności takich jak podłączenie zasilania elektrycznego i podłączenia wody;
- urządzenia wewnętrzne: klimakonwektory kasetonowe, ściennie; w zakresie mocy 2,2-7,1 kW w liczbie 247 sztuk.

Zostały zaproponowane dwa rodzaje systemów:

- system freonowy z odzyskiem ciepła:
 - agregaty: 11 sztuk agregatów do układów z zaprojektowanym odzyskiem ciepła usuwanego z pomieszczeń, wspomagającego tryb grzania agregatu, wymagają dodatkowego kontrolera montowanego za agregatem, za to instalacja jest dwururowa (jak w przypadku standardowych agregatów – „pomp ciepła”) oraz pomieszczenia mogą być chłodzone i grzane jednocześnie; praca w trybie grzania: do -25°C z gwarancją 100% wydajności do -15°C ;
 - urządzenia wewnętrzne: klimatyzatory kasetonowe, ściennie; w zakresie mocy 2,2 – 7,1 kW w liczbie 247 sztuk;

- system freonowy klasyczny, tak zwana „pompa ciepła”:
 - agregaty: 6 sztuk standardowych agregatów chłodniczych z opcją pracy w trybie grzania – z zastrzeżeniem, że w odróżnieniu od poprzedniego systemu tu tryb grzania i chłodzenia odbywa się naprzemiennie; nie ma możliwości jednoczesnego chłodzenia i grzania pomieszczeń; praca w trybie grzania do -20°C , od -7°C liniowy spadek wydajności (przy -20°C pozostaje około 70%);
 - urządzenia wewnętrzne: klimatyzatory kasetonowe, ściennie; w zakresie mocy 2,2-7,1 kW w liczbie 247 sztuk.

2. Podstawowe parametry pracy układów chłodniczych

2.1. Współczynnik EER, współczynnik COP

Wskaźnik efektywności energetycznej chłodniczej EER (*Energy Efficiency Ratio*) odnosi się do urządzeń klimatyzacyjnych pracujących tylko w trybie chłodzenia, w warunkach znamionowych przy pełnym obciążeniu. Jest to stosunek mocy chłodniczej urządzenia do ilości energii elektrycznej niezbędnej do jej osiągnięcia.

Wskaźnik efektywności energetycznej cieplnej COP (*Coefficient Of Performance*) odnosi się do urządzeń klimatyzacyjnych pracujących w trybie grzania (pomp ciepła), w warunkach znamionowych przy pełnym obciążeniu. Jest to stosunek uzyskanej mocy grzewczej do mocy (energii elektrycznej) dostarczonej do urządzenia (Porowski i Szczechowiak, 2006).

EER i COP są wartościami zmiennymi i zależą od temperatury otoczenia.

Tabela 1 przedstawia wartości skorygowane, to jest otrzymane z analizy rzeczywistego układu i obliczonych systemów VRF i wody lodowej. Można zaobserwować różnice pomiędzy wartościami deklarowanymi przez producentów a wartościami wynikowymi. Wartości (tab. 1) pokazane są dla całego systemu, dla jednostek wewnętrznych i zewnętrznych razem. Dla systemu wody lodowej uwzględniono pobór energii elektrycznej przez wszystkie elementy systemu, to jest: pompy, zawory. Dla układu freonowego różnica poboru energii elektrycznej pomiędzy układami wynika z konieczności uwzględnienia w układzie z odzyskiem ciepła dodatkowych modułów – rozdzielaczy. Należy też zauważyć, że około 90% energii elektrycznej jest potrzebne do zasilania agregatów.

Na podstawie pokazanych danych można zauważyć, że układy freonowe są efektywniejsze energetycznie. Dla uzyskania zbliżonej wydajności chłodniczej zużywają mniejsze ilości energii elektrycznej. Dla wydajności grzewczej wskazano wartość COP, natomiast nie można go porównać, ponieważ system wody lodowej jest tylko systemem chłodzącym.

Tab. 1. Wartości skorygowane systemów VRF i wody lodowej

Opis	jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Uwagi		chłodzenie	odzysk ciepła	pompa ciepła
Wydajność chłodnicza	kW	753,0	759,0	744,0
pobór mocy	kW	288,0	216,0	215,0
EER		2,61	3,51	3,46
Wydajność grzewcza	kW	-	841,5	840,0
pobór mocy	kW	-	229,1	221,6
COP			3,67	3,79

2.2. Hałas urządzeń – dB

W celu dokonania wiarygodnego porównania obu urządzeń należy opierać się na wartościach poziomu mocy akustycznej. Wartość poziomu mocy akustycznej wiodących producentów urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych jest podawana jako jeden z podstawowych parametrów technicznych urządzeń w programie certyfikacji EUROVENT (jednostki niezależnej potwierdzającej wiarygodność podawanych przez producentów parametrów technicznych urządzeń).

Dane pokazane w tabeli 2 są danymi opracowanymi na podstawie krzywych dźwięku z dokumentacji techniczno-ruchowych producentów urządzeń. Celowo

pominięto w tym przypadku dane katalogowe, uznając je za przygotowane na potrzeby marketingowe producentów. Dane przygotowano dla pojedynczych urządzeń oraz – w przypadku pomieszczeń z dwoma lub trzema jednostkami – dla kompletów urządzeń w pomieszczeniu.

Przygotowano również dane, na podstawie których porównano jednostki w warunkach przybliżonych do rzeczywistości – zmierzono wartość dB w odległości w jakiej powinien znajdować się potencjalny klient obiektu, dla urządzeń wewnętrznych około 3 m, dla agregatów około 10 m (znajdują się na dachu w specjalnie przygotowanym, chronionym siatką boksie, w odległości około 10 m od tarasów widokowych).

Tab. 2. Poziom ciśnienia akustycznego urządzeń

Opis	Jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Poziom ciśnienia akustycznego:				
– moc 1 urządzenia w odległości 10m	dB	64	41	45
– moc 1 urządzenia w odległości 1m	dB	84	62	65
Model urządzenia wewnętrznego – ścienne	kW	2,2	2,2	2,2
Poziom ciśnienia akustycznego:				
– moc 1 urządzenia w odległości 3m	dB	36	26	26
– moc 1 urządzenia w odległości 1m	dB	34	29	29
Model urządzenia wewnętrznego – ścienne	kW	2,6	2,8	2,8
Poziom ciśnienia akustycznego:				
– moc 1 urządzenia w odległości 3m	dB	33	29	29
– moc 1 urządzenia w odległości 1m	dB	35	31	31
Model urządzenia wewnętrznego – ścienne	kW	3,6	3,6	3,6
Poziom ciśnienia akustycznego:				
– moc 1 urządzenia w odległości 3m	dB	36	31	31
– moc 1 urządzenia w odległości 1m	dB	38	34	34
Model urządzenia wewnętrznego – kasetonowe	kW	3,6	3,6	3,6
Poziom ciśnienia akustycznego:				
– moc 1 urządzenia w odległości 3m	dB	38	31	31
– moc 1 urządzenia w odległości 1m	dB	39	33	33

Analizując tabelę 2, należy pamiętać o tym, że skala dB jest skalą logarytmiczną. Oznacza to, że urządzenie głośniejsze według pomiaru o 3 dB jest urządzeniem głośniejszym – nie tylko o kolejne 3 dB na skali. Można więc stwierdzić, że urządzenia freonowe są od dwóch do trzech razy cichsze niż urządzenia wody lodowej.

2.3. Zużycie energii elektrycznej

W tabeli 3 pokazano wartości katalogowe – nominalne. Posługiwano się dokumentacją techniczno-ruchową producentów urządzeń. Na jej podstawie można oszacować zużycie prądu dla całego systemu, następnie – po przeliczeniu całej instalacji, można otrzymać wartości skorygowane i na tej podstawie otrzymać rzeczywiste wartości zużycia prądu. Może to stanowić podstawę do oszacowania przyszłych kosztów użytkowania systemu.

Tabele 4-6 przedstawiają wartości otrzymane z analizy

Tab. 3. Zapotrzebowanie na energię elektryczną poszczególnych urządzeń

Opis	Jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Agregat podstawowy				
zużycie nominalne energii elektrycznej	kW	84	62	65
Model urządzenia wewnętrznego – ściennie	kW	2,2	2,2	2,2
zużycie nominalne energii elektrycznej	kW	3,4	0,04	0,04
Model urządzenia wewnętrznego – ściennie	kW	2,6	2,8	2,8
zużycie nominalne energii elektrycznej	kW	3,5	0,04	0,04
Model urządzenia wewnętrznego – ściennie	kW	3,6	3,6	3,6
zużycie nominalne energii elektrycznej	kW	3,8	0,04	0,04
Model urządzenia wewnętrznego – kasetonowe	kW	3,6	3,6	3,6
zużycie nominalne energii elektrycznej	kW	3,8	0,06	0,06

Tab. 4. Wartości skorygowane dla cyklu chłodzenia

Opis	jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Agregat podstawowy				
Ilość godzin pracy w cyklu chłodzenia z pełnym obciążeniem (w roku)		750	750	750
zużycie energii – chiller	kWh	216 000	-	-
zużycie energii – pompy obiegowe	kWh	13 500	-	-
zużycie energii (w roku)	kWh	229 500	162 030	161 240
	kWh		67 470	68 260
koszt kWh	PLN	0,45	0,45	0,45
koszt rocznej eksploatacji	PLN	103 280	72 910	72 560
różnica na korzyść układów freonowych	PLN		30 370	30 720

rzeczywistego układu dla wszystkich trybów pracy. Założono, że:

- układy (woda lodowa, freon) pracują w trybie chłodzenia w czerwcu, lipcu, sierpniu i wrześniu;
- układy (freon) pracują w trybie grzania w listopadzie, grudniu, styczniu i lutym; dla układów wody lodowej ciepło w miesiącach listopad-luty zapewnia SPEC Warszawa, sporadycznie pracuje woda lodowa w przypadku dni cieplejszych – około 7°C;
- układy (woda lodowa, freon) pracują w trybie chłodzenia dla miesięcy przejściowych, to jest: marzec, kwiecień, wrzesień, październik; dla układów wody lodowej ciepło w miesiącach marzec-maj i w październiku zapewnia SPEC Warszawa; układy freonowe pracują w trybie grzania.

Przeliczono otrzymane wartości zużycia prądu dla układów dla czasookresów pracy systemu. Otrzymano szacunkowy koszt użytkowania systemów.

Tab. 5. Wartości skorygowane dla cyklu grzania

Opis	jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Agregat podstawowy				
ilość miesięcy cyklu grzania		4	4	4
Ilość godzin pracy w cyklu grzania		890	890	890
przelicznik wydajności	%	60%	60%	60%
ilość energii cieplnej dostarczonej na potrzeby grzania	kWh	402 100	405 310	397 300
zużycie energii elektrycznej dla urządzeń grzejących	kWh	0	110 360	104 800
zużycie energii elektrycznej - pompy obiegowe	kWh	16 020	0	0
łącznie zużycie energii elektrycznej	kWh	16 020	110 360	104 800
ilość energii cieplnej dostarczonej na potrzeby grzania	GJ	1 450	1 460	1 430
koszt kWh energii elektrycznej	PLN	0,45	0,45	0,45
koszt eksploatacji (energia elektryczna)	PLN	7 210	49 660	47 160
koszty stałe dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN/m-c	4 236	4 236	4 236
koszty zmienne dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN/GJ	24,2	24,2	24,2
koszty dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN	52 034	0	0
łącznie koszt eksploatacji	PLN	59 240	49 660	47 160
różnica na korzyść układów freonowych	PLN		9 580	12 080

Tab. 6. Wartości skorygowane dla cyklu mieszanego

Opis	jednostka	Woda lodowa	Układ freonowy I	Układ freonowy II
Agregat podstawowy				
ilość miesięcy cyklu mieszanym		4	4	4
Ilość godzin pracy w cyklu mieszanym (w roku)		720	720	720
zużycie energii elektrycznej dla urządzeń chłodzących	kWh	20 740	15 550	15 480
ilość energii cieplnej dostarczonej na potrzeby grzania	kWh	41 470	31 110	30 960
zużycie energii elektrycznej dla urządzeń grzejących	kWh	0	0	0
zużycie energii - pompy obiegowe	kWh	12 960	0	0
łącznie zużycie energii elektrycznej	kWh	33 700	15 550	15 480
ilość energii cieplnej dostarczonej na potrzeby grzania	GJ	150	110	110
koszt kWh energii elektrycznej	PLN	0,45	0,45	0,45
koszt eksploatacji (energia elektryczna)	PLN	15 170	7 000	6 970
koszty stałe dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN/m-c	4 236	4 236	4 236
koszty zmienne dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN/GJ	24,2	24,2	24,2
koszty dostawy energii cieplnej (SPEC)	PLN	20 574	0	0
łącznie koszt eksploatacji	PLN	35 740	7 000	6 970
różnica na korzyść układów freonowych	PLN		28 740	28 770

3. Podsumowanie

Porównano dla konkretnego obiektu hotelowo-usługowego mieszczącego się w Warszawie układy klimatyzacyjne. Dla układu freonowego oraz układu z wodą lodową zestawiono wartości zużycia energii dla cyklu chłodzenia, grzania oraz dla cyklu mieszanego.

Na podstawie analiz można stwierdzić, że układy freonowe są efektywniejsze energetycznie. Dla uzyskania zbliżonej wydajności chłodniczej zużywają mniejsze ilości energii elektrycznej.

Można również stwierdzić, że urządzenia freonowe są od dwóch do trzech razy cichsze niż urządzenia wody lodowej.

Literatura

- Adamski B. (2008a). Dobór i cechy charakterystyczne systemów ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego. *Chłodnictwo & Klimatyzacja*, 1-2/2008.
- Adamski B. (2008b). Systemy schładzania powietrza ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego. *Rynek Instalacyjny*, 5/2008.
- Adamski B. (2009a). Nowoczesne źródła chłodu w systemach VAV. *Rynek Instalacyjny* 10/2009, s. 75, *Rynek Instalacyjny*, 11/2009 s. 78
- Adamski B. (2009b). Systemy free coolingu pośredniego. Analiza i symulacja oszczędności pod kątem nakładów eksploatacyjnych. *Rynek Instalacyjny*, 5/2009 s. 92; *Rynek Instalacyjny*, 6/2009 s.84
- Czyż R. (2007). Układy klimatyzacji z bezpośrednim odparowaniem, jako całoroczne systemy przeznaczone do schładzania oraz ogrzewania budynków. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*, 2/2007.
- Jones W. P. (2001). Klimatyzacja. *Arkady*, Warszawa.
- Malicki M. (1980). Wentylacja i klimatyzacja. *PWN*, Warszawa.

- Müller J., Skrzyniowska D. (2006a). Wady i zalety stosowania klimatyzacji komfortu – cz. I – urządzenia klimatyzacyjne. *Chłodnictwo & Klimatyzacja*, 5/2006.
- Müller J., Skrzyniowska D. (2006b). Wady i zalety stosowania klimatyzacji komfortu – cz. II – systemy klimatyzacji. *Chłodnictwo & Klimatyzacja*, 6/2006.
- Müller J. (2008). Kierunki rozwoju VRV, *Chłodnictwo & Klimatyzacja*, 1-2/2008.
- Pandelidis D. (2014). Analiza wybranych schematów przepływu powietrza w pośrednich wymiennikach wyparnych. *Przemysł Spożywczy i Gastronomia, Chłodnictwo* 9-10/2014
- Porowski M., Szczechowiak E. (2006). Klimatyzacja z chłodnictwem. *Inżynieria Środowiska*, 7/2006.
- Air Product Sp. z o.o. (2013). Katalog czynników chłodniczych. *Air Product Sp. z o.o.*

CHARACTERISTICS OF CHOSEN AIR-CONDITIONING SYSTEMS IN THE HOTEL SPACE

Abstract: The paper compares two types of air conditioning systems with differing principle of action-i.e. and using various factors: working freon and water ice. Both solutions have passed a long way of development and represent the currently high level of technology. So the question becomes – which one is better? Tradition or modernity? The systems can exist next to each other, or can be seen a gradual supersession one of them from the market. Comparative analysis of performance parameters of both circuits will attempt to answer this question. The paper includes information about systems with direct and indirect desiccation of the refrigerant. Design data: concepts, selection of equipment and their detailed comparison, were presented.

Praca naukowa realizowana w ramach prac finansowanych przez Politechnikę Białostocką – S/WBiŚ/4/2014.