

PORÓWNANIE RÓŻNYCH SYSTEMÓW CHŁODNICZYCH W ANALIZOWANYM OBIEKCIE HOTELOWYM – WSKAŹNIKI EKONOMICZNE

Katarzyna GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK*, Tomasz MANOWSKI

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

Streszczenie: W pracy przedstawiono koszty inwestycyjne i eksploatacyjne wybranych systemów chłodniczych w różnym okresie życia układów oraz czas zwrotu inwestycji. Porównując zaprezentowane w wymienionym artykule układy należy zauważyć przewagę systemu opartego na bezpośrednim odparowaniu czynnika chłodniczego w przypadku każdego z trybów pracy (cyklu grzania, chłodzenia oraz cyklu mieszanego – grzania i chłodzenia). Pewnym zaskoczeniem są niższe koszty ogrzewania za pomocą systemu freonowego, ponieważ wydawałoby się że ciepło sieciowe w połączeniu z wodą lodową będzie tańsze. Różnica w kosztach inwestycyjnych prezentowanych układów klimatyzacji w obiekcie biurowym dochodzi do 100%. Najniższe koszty inwestycyjne ma układ z wodą lodową. Można zauważyć, że na przestrzeni 15 lat, czyli czasu przyjmowanego jako czas „życia” produktu, oszczędności mogą wynieść od 500 tysięcy do 1 milion złotych w wypadku wybrania systemu freonowego dla tego samego obiektu.

Słowa kluczowe: klimatyzacja, freon, woda lodowa.

1. Wprowadzenie

Analizowane w pracy systemy chłodnicze zostały szczegółowo opisane w wcześniejszej publikacji autorów (Gładyszewska-Fiedoruk i Manowski, 2014). Klimatyzacja oparta na wodzie lodowej ma możliwość tylko chłodzenia powietrza, po uwzględnieniu dostarczenia ciepła sieciowego układ może również ogrzewać powietrze. Układy rozbudowane freonowe – układ I – współpraca z odzyskiem ciepła, układ II – współpraca systemu z pompą ciepła, mają możliwość zarówno chłodzenia, jak i grzania powietrza w zależności od potrzeb eksploatacyjnych.

Celem pracy jest pokazanie wskaźników ekonomicznych dla analizowanych systemów chłodzenia. Biorąc pod uwagę rachunek kosztów należy zestawić go z nakładami inwestycyjnymi. Pozwoli to ocenić opłacalność całej inwestycji i da obraz ogólnej opłacalności stosowania jednego z zaprezentowanych systemów. W porównaniu z oceną zalet i wad przedstawionych rozwiązań powinno się uzyskać kompleksową ocenę porównawczą systemu wody lodowej i freonu.

2. Porównanie wskaźników ekonomicznych

Zebrane dane dotyczące szacowanych kosztów użytkowania każdego z systemów w skali roku pokazano w tablicach 1-3. Dane zawierają w sobie koszty energii

elektrycznej zużywanej przez cały system wraz z urządzeniami towarzyszącymi, a także – w przypadku wody lodowej, koszty ciepła sieciowego z SPEC Warszawa (rys. 1).

Tab. 1. Koszty eksploatacyjne – cykl chłodzenia w PLN

	Koszt rocznej eksploatacji	Różnica na korzyść układów freonowych
Woda lodowa	103.280	
Układ freonowy I	72.910	30.370
Układ freonowy II	72.560	30.720

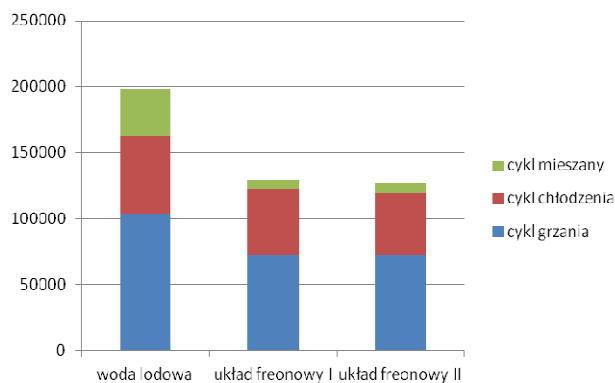
Tab. 2. Koszty eksploatacyjne – cykl grzania w PLN

	Koszt rocznej eksploatacji	Różnica na korzyść układów freonowych
Woda lodowa	59.240	
Układ freonowy I	49.660	9.580
Układ freonowy II	47.160	12.080

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

Tab. 3. Koszty eksploatacyjne – cykl mieszany – okres przejściowy w PLN

	Koszt rocznej eksploatacji	Różnica na korzyść układów freonowych
Woda lodowa	35.740	
Układ freonowy I	7.000	28.740
Układ freonowy II	6.970	28.770



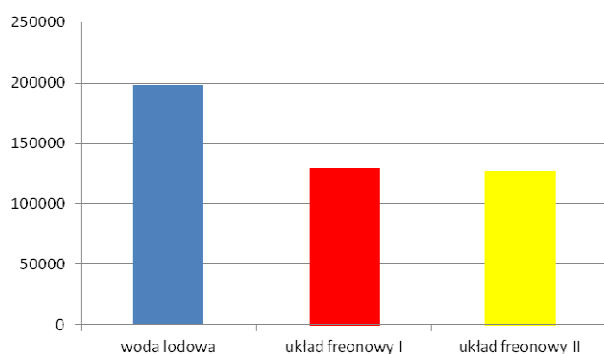
Rys. 1. Koszty eksploatacji w ciągu jednego roku z podziałem na cykle pracy w PLN

W przypadku wody lodowej uwzględniono koszt ciepła sieciowego w wysokości 52.034 PLN netto w cyklu grzania, oraz w wysokości 20.574 PLN netto w cyklu przejściowym.

W tabeli 4 i na rysunku 2 podano dane dotyczące szacowanych kosztów użytkowania każdego z systemów w skali całego roku z uwzględnieniem wszystkich wymienionych wcześniej kosztów.

Tab. 4. Podsumowanie kosztów eksploatacji w PLN

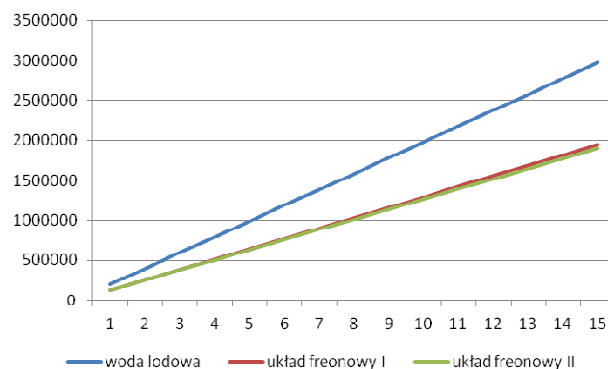
	koszt rocznej eksploatacji	różnica na korzyść układów freonowych
Woda lodowa	198.240	
Układ freonowy I	129.570	68.690
Układ freonowy II	126.690	71.570



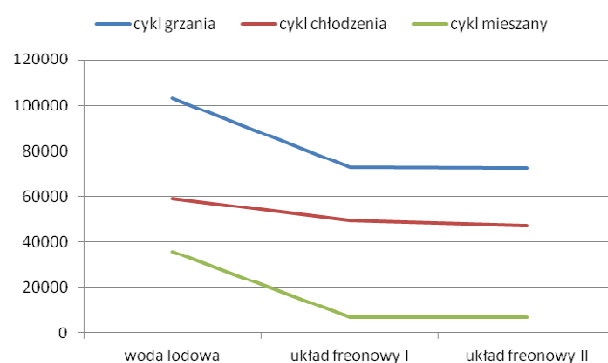
Rys. 2. Zbiorcze koszty eksploatacji w ciągu jednego roku w PLN

Dane pokazują przewagę systemu opartego na bezpośrednim odparowaniu czynnika chłodniczego właściwie w przypadku każdego z trybów pracy. Pewnym zaskoczeniem są niższe koszty ogrzewania za pomocą systemu freonowego, ponieważ wydawałoby się że ciepło sieciowe w połączeniu z wodą lodową będzie tańsze, ze względu na koszt GJ z SPEC Warszawa oraz ogólnie panujący pogląd na temat cen ogrzewania miejskiego (Müller i Skrzyniowska, 2006; Jones, 2001).

Można zauważyć, że nie ma znaczącej różnicy pomiędzy kosztami systemu typu „pompa ciepła” i „odzysk ciepła”, w takim wypadku o ewentualnej przewadze ekonomicznej któregośkolwiek z systemów powinny świadczyć koszty inwestycyjne (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Koszty eksploatacji w ciągu 15 lat w PLN



Rys. 4. Poszczególny udział sezonów chłodzenie-grzanie – okres przejściowy dla każdej z opcji w skali jednego roku w PLN

Warto tu wspomnieć o najczęstszym błędzie inwestorów podczas postępowań ofertowych, przetargowych, czyli – nieuwzględnianiu kosztów eksploatacji i trzymaniu się kryterium: „100% cena”. W przedstawianym przypadku można w uproszczeniu założyć, że koszt zakupu systemu opartego na freonie mógłby być przynajmniej o 0,5 milionów złotych wyższy na początku, a i tak inwestor „odzyskałby” swoje środki na przestrzeni czasu.

3. Porównanie nakładów i kosztów

Można stwierdzić, że systemy freonowe współpracujące z różnego typu urządzeniami do odzysku ciepła są tańsze w eksploatacji niż systemy wody lodowej uzupełnione

o możliwość grzania powietrza. Składa się na to przede wszystkim:

- brak dodatkowych urządzeń elektrycznych w instalacjach freonowych,
- wyższa sprawność urządzeń freonowych przekładająca się na wskaźniki COP i EER,
- zaawansowana automatyka agregatów freonowych, pozwalająca na szybszą reakcję na sygnały z czujników temperatury w pomieszczeniach,
- czynnik chłodniczy o znacznie większej pojemności cieplnej, co przekłada się na czas pracy sprężarki agregatu chłodniczego,
- brak elementów pośrednich w wymianie ciepła obniżających ogólną sprawność systemu – są to systemy z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego.

Należy zauważyć, że w projektowanym systemie wody lodowej nie wykorzystano możliwości, jakie daje woda lodowa, to jest połączenia z istniejącym systemem grzewczym budynku. Taka możliwość nie została przewidziana przez inwestora, a wpłynęłaby na sprawność i koszt ogrzewania w sezonie grzewczym, a co za tym idzie na obniżenie kosztów eksploatacji (Porowski i Szczechowiak, 1999, 2006).

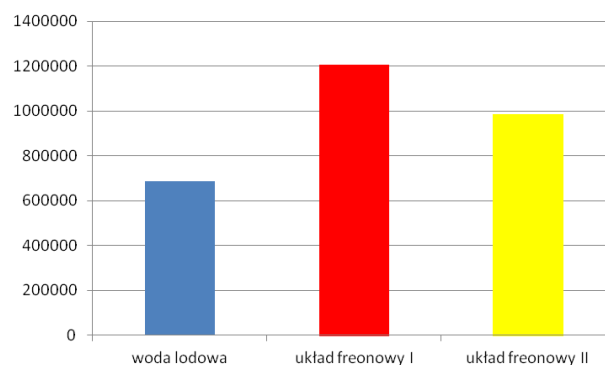
Z danych zebranych w trakcie przygotowywania koncepcji projektowych koszt całości systemów został obliczony na podstawie ofert kosztorysowych producentów urządzeń wraz z uwzględnieniem wszystkich możliwych składników, to jest:

- koszt urządzeń – agregaty, jednostki wewnętrzne, podstawowe sterowanie ściennie lub bezprzewodowe, moduły hydrauliczne, pompy obiegowe, zawory na instalacji – według przedmiaru,
- koszt instalacji – rur miedzianych lub stalowych wraz z otuliną – według przedmiaru,
- koszty montażowe – trójniki, łączniki, zawieszki ściennie i sufitowe, taśmy montażowe, podstawy i ramy dla urządzeń – szacunkowo,
- koszty montażu określone przez firmy instalacyjne z Warszawy.

Cena końcowa nie zawiera marży firm instalacyjnych, co częściowo zostanie skompensowane przez zastosowanie ceny kosztorysowej urządzeń. Wartości netto przedstawiono w tabeli 5 i na rysunku 5.

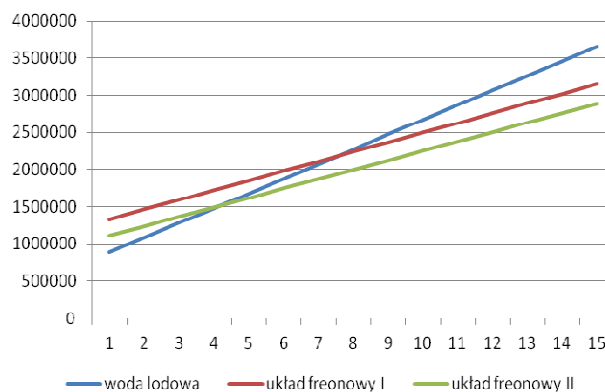
Tab. 5. Wartość netto analizowanych systemów w PLN

	koszt rocznej eksploatacji	różnica na korzyść układów freonowych
Woda lodowa	687.253	
Układ freonowy I	1.205.078	-517.825
Układ freonowy II	986.551	-299.298

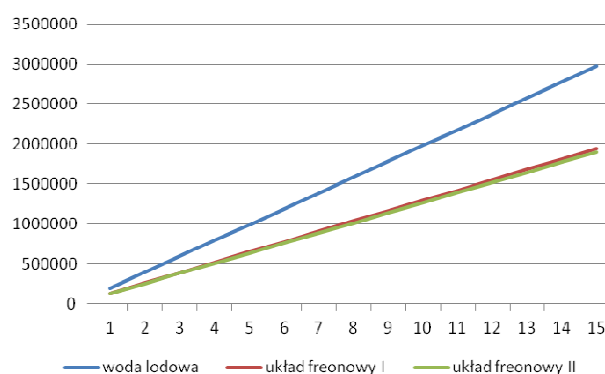


Rys. 5. Koszty inwestycyjne w PLN

Uproszczoną kalkulację czasu zwrotu z inwestycji, pojmowanego jako czas potrzebny do zrównoważenia zwiększonych nakładów poniesionych na oszczędniejszy system dla 15-letniego okresu eksploatacji, przedstawiono na rysunku 6 i 7.



Rys. 6. Porównanie zwrotu z inwestycji na przestrzeni lat w PLN



Rys. 7. Porównanie kosztów analizowanych systemów w okresie 15 lat w PLN

Wyraźnie widać, że po 5-7 latach (w zależności od wybranego rodzaju systemu freonowego) niższe koszty eksploatacji zrównoważą wyższe koszty zakupu i instalacji. Na następnym wykresie przedstawiono bezpośrednie porównanie kosztów pomiędzy trzema systemami (Air Products, 2013).

Można zauważyć, że na przestrzeni 15 lat, czyli czasu przyjmowanego jako czas „życia” produktu oszczędności mogą wynieść od 500 tys. zł do 1 mln zł. Są to pieniądze,

które pozostaną u inwestora w wypadku wybrania systemu freonowego.

4. Podsumowanie

Przedstawione dane ekonomiczne pozwalają na stwierdzenie, że systemy freonowe bezsprzecznie stanowią lepsze rozwiązanie niż odpowiadające im systemy wody lodowej.

Wykazano, że dla prezentowanych rozwiązań systemy freonowe są efektywniejsze, sprawniejsze energetycznie i tańsze w eksploatacji. Nie bez znaczenia jest ich zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej. Automatyka pozwala na znacznie większą kontrolę nad systemem i jest znacznie bardziej rozbudowana. Producentom pozostaje jedynie zwiększanie dostępnych mocy agregatów i stałe doskonalenie pod kątem współczynników energetycznych (Lampe i in., 1981; Recknagel i Sprengel, 2009).

Natomiast woda lodowa nadal będzie znajdowała swe zastosowanie wszędzie tam, gdzie układ można połączyć z obiegiem grzewczym, czy wodnym budynku, a także tam, gdzie istotną rolę odgrywają koszty inwestycyjne.

Prezentowana analiza ma na celu przedstawienie wad i zalet zaprezentowanych rozwiązań, które pomogą w podejmowaniu decyzji przyszłym inwestorom. Zaprezentowano kilka poziomów inwestycji, na które należy zwrócić uwagę podejmując ostateczną decyzję.

Literatura

Gładyszewska-Fiedoruk K., Manowski T. (2014). Charakterystyka wybranych systemów chłodniczych w pomieszczeniach biurowych. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, Vol. 5, Nr 1, 7-13.

Jones W.P. (2001). Klimatyzacja. *Arkady*, Warszawa.
Lampe G., Pfeil A., Schmittlutz R., Tokarz M. (1981). Projekt klimatyzacji a projekt budynku. *Arkady*, Warszawa.
Müller J., Skrzyniowska D. (2006). Wady i zalety stosowania klimatyzacji komfortu – cz. II – systemy klimatyzacji. *Chłodnictwo & Klimatyzacja*, 6/2006.
Porowski M., Szczechowiak E. (2006). Klimatyzacja z chłodnictwem. *Inżynieria Środowiska*, 07/2006.
Porowski M., Szczechowiak E. (1999). Klimatyzacja pomieszczeń czystych. *Wyd. TerMedia*.
Recknagel/Sprengel (2009). Ogrzewanie i klimatyzacja. *Poradnik. Wyd. EWF 2009*.
Air Product Sp. z o.o. (2013). Katalog czynników chłodniczych. *Air Product Sp. z o.o.*

COMPARISON OF THE VARIOUS AIR-CONDITIONING SYSTEMS IN ANALYSED HOTEL SPACES – ECONOMICS INDICES

Abstract: The paper focuses on the investment costs and operating costs at different life systems and time. Return on investment have been shown too. By comparing the settings, it should be noted the advantage of a system based on direct evaporation of the refrigerant in the case of each of the operating modes. A surprise is lower heating cost by using freon system, because it would seem that the heat, combined with the ice water network will be cheaper. The difference in investment costs of presents systems comes to 100%. The lowest investment cost has stated for system with ice water. It can be observed that over 15 years, i.e. time necessary as a time of "life" of the product savings could amount from 500 thousand to \$ 1 million in the case of freon system for the same object.

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