
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

ENERGOCHŁONNOŚĆ SYSTEMÓW WYTWARZANIA CHŁODU W OBIEKTACH HOTELOWYCH

Energy consumption of the cool generation systems in the hotel facilities

Dr inż. Adam Ruciński

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Chłodnictwa, Instytut Techniki Ciepłej

Streszczenie

W pracy przedstawiono ogólną charakterystykę zużycia energii w branży hotelowej na świecie i w Europie. Podano projektowe i rzeczywiste wielkości zużycia energii służące do pokrycia zapotrzebowania na chłód w wybranych hotelach. Wskazano technologie i procedury postępowania potrzebne do obniżenia wykorzystywania energii ze źródeł nieodnawialnych. Następnie przedstawiono rozważane obecnie perspektywiczne technologie chłodnicze do zastosowania w następnych 10 – 20 latach. W pracy podkreślono potrzebę ograniczenia energochłonności instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych ze względu na ochronę środowiska i czystość atmosfery. Bezpośrednio determinuje to dalszy rozwój branży hotelarskiej w postaci nowoczesnych i nowatorskich rozwiązań.

Słowa kluczowe: klimatyzacja, hotel, bilans cieplny

Abstract

The paper presents the general characteristics of energy consumption in the hotel industry all over the world and in Europe. The design and actual energy consumption needed for cold production in selected hotels is presented. Technologies and procedures necessary to reduce the use of fossil fuels are indicated. Then, the future cooling technologies currently under consideration are presented for use in the next 10 -20 years. The work underlined the need to reduce the energy consumption of refrigeration and air-conditioning installations due to environmental protection and the purity of the atmosphere. This directly determines the further development of the hotel industry in the form of modern and innovative solutions.

Key words: air-conditioning, hotel, heat balance.

1. WSTĘP

Wobec kolejnych porozumień międzynarodowych droga wyznaczona przez państwa wysoko uprzemysłowione w celu oszczędności paliw kopalnych wiedzie do technologii energooszczędnych. Podlegają temu praktycznie wszystkie branże przemysłowe. Oszacowano, że w branży hotelarskiej ogółem na świecie w 2001 roku zużyto około 97,5 terawatogodzin energii, przy czym pokazuje się, że w Europie (wtedy posiadała prawie 50% miejsc hotelowych dostępnych na świecie) w 2000 roku samej energii elektrycznej zużyto w branży hotelarskiej prawie 37 terawatogodzin [1]. Od tego czasu trwają intensywne, ale rozłożone w czasie prace nad badaniem struktury użytkowania energii i możliwości zmniejszania energochłonności w obiektach użyteczności publicznej. Takie analizy są prowadzone również w Polsce. Poniżej zaprezentowano wykonane bilanse zużycia energii w wybranych obiektach hotelowych. W pierwszym przypadku pokazano strukturę zużycia energii, a w drugim dokonano porównania systemów produkcji chłodu. Przeprowadzone

analizy pozwalają wskazać miejsca i metody poprawy energooszczędności w użytkowanych obiektach [2].

1. STRUKTURA ZYSKÓW CIEPŁA I ZAPOTRZEBOWANIA NA „CHŁÓD”

1.1. Obiekt hotelowy w centralnej Polsce

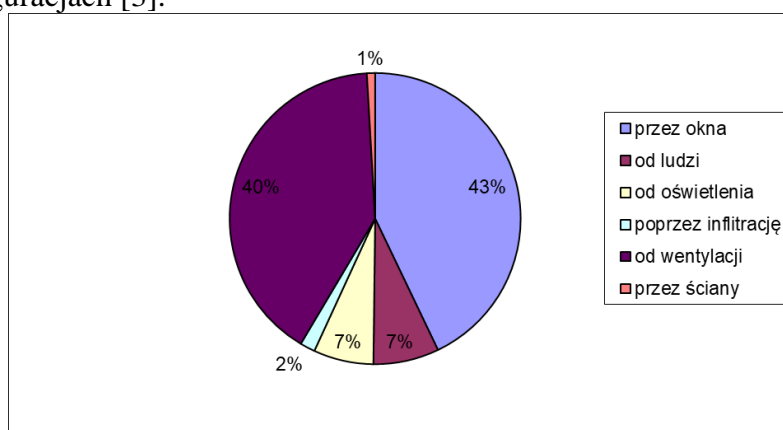
Przedmiotem rozważań jest jeden z hoteli w centralnej Polsce. Dokonano dokładnego bilansu zysków ciepła dla wszystkich pomieszczeń w hotelu. Następnie przedstawiono porównanie poszczególnych zysków ciepła m. in. z podziałem na piętra w hotelu. Podano również zestawienie energochłonności dla całego obiektu w ciągu 10 miesięcy jego eksploatacji.

W poniższych obliczeniach uwzględniono zyski ciepła przez: przegrody nieprzezroczyste, przegrody przezroczyste, od ludzi (jawne i utajone), od oświetlenia, w wyniku infiltracji, zyski wynikające z obróbki powietrza wentylacyjnego. Podczas obliczania zysków ciepła wzięto pod uwagę akumulację ciepła w przegrodach.

Piętra III, IV i V w hotelu są symetryczne względem siebie - podobnie piętra II i VI. Większość pokoi na tych piętrach jest również symetryczna względem siebie. Powyższe piętra zamieszkałe są przez gości hotelowych. Zyski ciepła dla tych kondygnacji liczone dla poszczególnych pokoi w zależności od ich orientacji względem kierunków geograficznych a następnie sumowano. Piętro I zajmują sale konferencyjne i biura, parter zajmują restauracje, kuchnie, sala balowa oraz sale konferencyjne, natomiast w piwnicy znajdują się głównie pomieszczenia techniczne, pralnia oraz fitness club. W poniższej analizie został uwzględniony różny charakter pomieszczeń. Uwzględniono zarówno ilości powietrza wentylacyjnego zależne od przeznaczenia pomieszczenia, jak też dodatkowe źródła ciepła (np. wyposażenie kuchni).

Przeprowadzony bilans został wykonany dla miesiąca lipca przy założeniu, że temperatura powietrza zewnętrznego wynosi 32°C , a żądana temperatura w pomieszczeniach ma być na poziomie 25°C . Wilgotność powietrza i nasłonecznienie przyjęto zgodnie z zaleceniami dla danej letniej strefy klimatycznej w Polsce centralnej.

W ramach analizy wyników można pokazać bilans poszczególnych zysków ciepła w wybranych konfiguracjach [3].

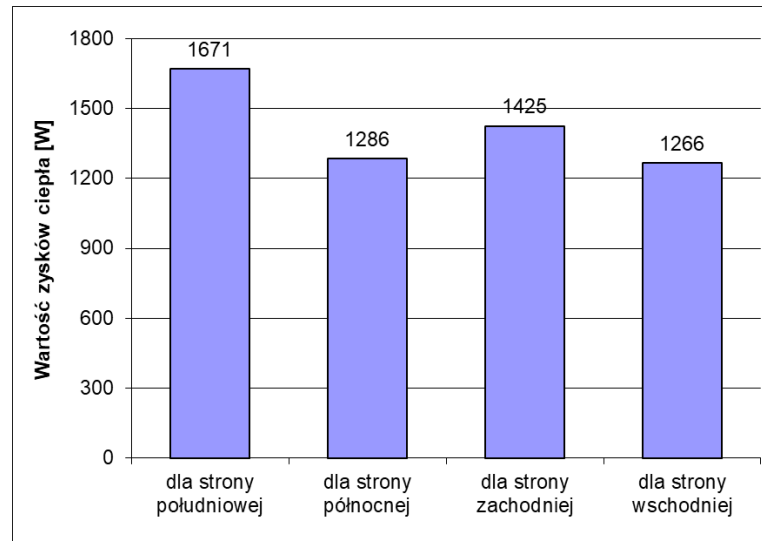


Rys. 1. Udział poszczególnych zysków ciepła dla wybranego pokoju gościnnego (opis w tekście) [3]

Na wykresie przedstawiono procentowy udział zysków ciepła dla pokoju gościnnego o orientacji południowej z trzema oknami, zamieszkałego przez dwie osoby. Wynika z niego, że największe zyski ciepła stanowią nasłonecznienie oraz świeże ciepłe powietrze wentylacyjne. Powietrze musi być schłodzone od temperatury zewnętrznej do zadanej wewnątrz pomieszczenia a dla rozpatrywanego okresu różnica temperatury wynosi 7°C . Zestawienie

powyższe pokazuje również, jak znikomy jest strumień ciepła dostarczany przez ściany budynku. W rozpatrywanym obiekcie wynika to z niewielką powierzchnią ścian w elewacji budynku w stosunku do kubatury pomieszczenia oraz dobrą zewnętrzną izolacją termiczną ścian obiektu.

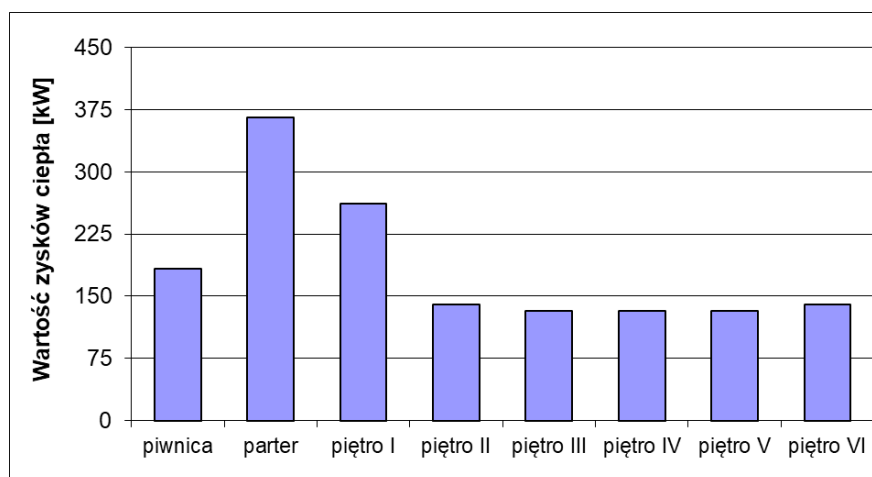
Przeprowadzone obliczenia wskazują na duże różnice w zyskach ciepła zależnie od zorientowania pokoju hotelowego względem stron świata. Różnice te przedstawia Rys. 2



Rys. 2. Wpływ orientacji pomieszczenia na wartość zysków ciepła [3]

Z powyższego wykresu wynika, że różnica w strumieniach ciepła dla poszczególnych pokoi gościnnych może wynosić nawet 405W. Różnica ta wpływa na konieczność indywidualnego doboru klimakonwektorów w zależności od orientacji pokoju w którym będą zainstalowane. Okazuje się, że najmniejszy strumień ciepła dostarczany jest do pomieszczeń zorientowanych na wschód a nie jak mogłoby się wydawać na północ. Wynika to z faktu, że w obliczeniach wzięto pod uwagę akumulację ciepła w przegrodach nieprzezroczystych. Dla pomieszczeń zwróconych na północ współczynnik ten jest blisko dwa i pół razy większy niż dla zwróconych na wschód, co kompensuje mniejszy strumień natężenia promieniowania bezpośredniego.

Obliczone zyski ciepła wskazują również na duże dysproporcje w zapotrzebowaniu na moc chłodniczą pomiędzy piętrami zamieszkiwanymi przez gości a piętrami wykorzystywanymi w celach biurowych, konferencyjnych, bankietowo – restauracyjnych czy technicznych. Pokazano to na Rys. 3 umieszczonym poniżej.



Rys. 3. Zyski ciepła na poszczególnych piętrach [3]

Powyższy wykres ilustruje rozkład zysków ciepła dla poszczególnych pięter hotelowych a co za tym idzie zapotrzebowanie na moc chłodniczą dla każdego z nich. Piętra z pokojami gościnnymi mają niemal takie samo zapotrzebowanie na moc chłodniczą, co wynika z ich symetryczności. Piętra II i VI ze względu na większą ilość okien w niektórych pokojach mają zapotrzebowanie nieznacznie większe niż piętra III, IV, V.

Z wyżej przedstawionymi wynikami można porównać rzeczywiste zużycie energii w hotelu (Tablica 1) dla najcieplejszych miesięcy w roku. Można oszacować, że około 50% zapotrzebowania na energię elektryczną jest potrzebne do napędu urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych.

Tablica 1. Obłożenie hotelu oraz zużycie energii w poszczególnych miesiącach [3]

miesiąc	V	VI	VII	VIII	IX
ilość gości w hotelu	9637	9211	8511	8057	12009
ilość obłożonych pokoi	7365	7591	6771	5969	9084
obłożenie miesięczne	0,66	0,71	0,61	0,54	0,85
średnia ilość osób w pokoju	1,31	1,21	1,26	1,35	1,32
zużycie energii elektrycznej [GJ]	1587	1829	1867	1881	1648
Gaz [GJ]	185	191	189	168	188
Olej napędowy [GJ]	101	123	103	102	111
Ogrzewanie miejskie [GJ]	285	209	186	176	503

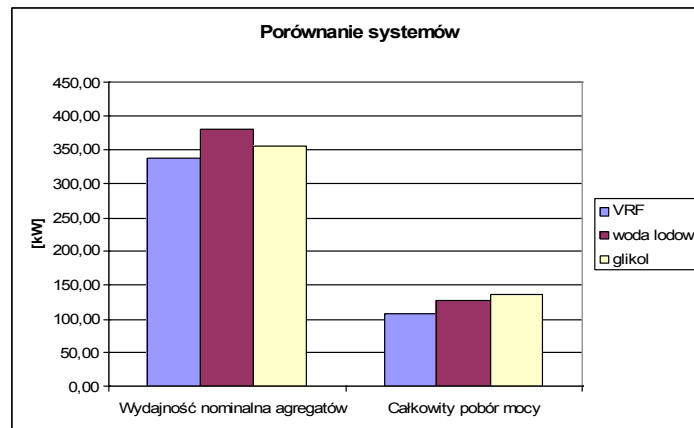
1.2. Obiekt mieszkalno-handlowy z scentralizowanym systemem ogrzewania i klimatyzacji

Obiekt jest budynkiem jednopiętrowym o podstawie 181m x 21m. Parter to część handlowa składająca się z holu z małymi sklepami. Pierwsze piętro to część mieszkalna. Na parterze znajduje się 30 pomieszczeń o kubaturze 87,5 m³ każde, 2 pomieszczenia o kubaturze 175 m³ oraz hol wejściowy o kubaturze 675 m³. Na pierwszym piętrze znajduje się 51 jednopokojowych lokali mieszkalnych o kubaturze 81,25 m³ każde, 3 dwupokojowe lokale mieszkalne o kubaturze 133,75 m³ oraz 2 dwupokojowe lokale mieszkalne o kubaturze 155,5 m³.

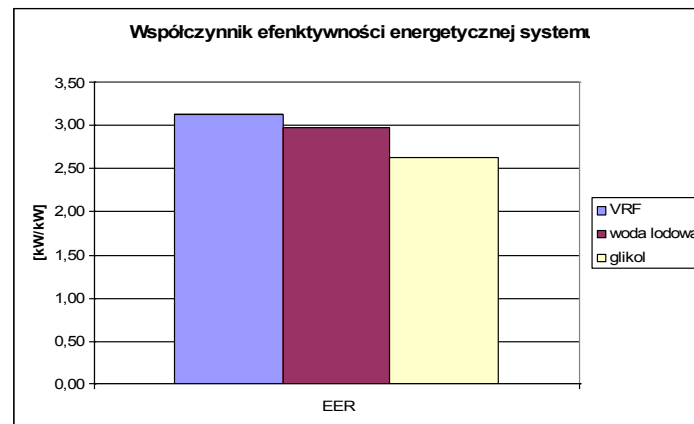
Po założeniu warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniach: temperatura wewnętrzna $t_{wew}=22^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna $\phi_{wew}=50\%$, ilość wilgoci w powietrzu $x_{wew}=6,9$ g/kg, dokonano bilansu cieplnego a następnie dobrano urządzenia. Oszacowana całkowita maksymalna moc cieplna do pokrycia przez system chłodniczy została oszacowana na poziomie 323 kW. Do celów analizy porównawczej dobrano 2 systemy chłodnicze, przy czym jeden jest w dwóch wariantach:

- pierwszy to system z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego typu VRF
- drugi to system pośredni z wytwornicą wody lodowej, przy czym czynnikiem chłodzącym jest woda
- trzeci to system pośredni z wytwornicą wody lodowej, przy czym czynnikiem chłodzącym jest około 40% roztwór glikolu polipropylenowego.

Przeprowadzono analizę obliczeniową w 5 miesiącach (maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień). Założono, że klimatyzacja uruchamiana jest o godzinie 7.00, a wyłączana o godzinie 20.00. Uwzględniono promieniowanie słoneczne oraz pozostałe składniki bilansu cieplnego. Uwzględniono znacznie zwiększone zapotrzebowanie na moc elektryczną pomp w przypadku roztworu glikolu (Rys. 4 i Rys. 5)

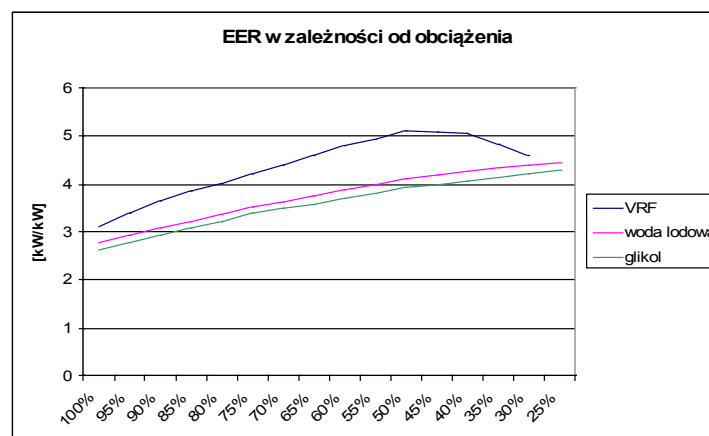


Rys. 4. Moc chłodnicza i wymagana moc napędowa systemów chłodzenia [4]



Rys. 5. Współczynniki efektywności energetycznej systemów chłodzenia [4]

Z dokonanej analizy wynika, że pobór mocy zwiększył się nieznacznie na niekorzyść systemu wody lodowej ze względu na to, że klimakonwektory wodne pobierają znacznie więcej energii elektrycznej niż parowniki systemu VRF. Dodatkowo w przypadku roztworu glikolu, a nie samej wody, zapotrzebowanie na moc elektryczną pompowania rośnie o około 80%, co wpływa na całościowe zwiększenie zużycia energii elektrycznej.



Rys. 6. Współczynniki efektywności energetycznej zależny od wydajności [4]

Dalsze analizy określające eksploatację systemów chłodzenia przy niepełnej wydajności pozwalają wskazać zmianę współczynnika efektywności energetycznej wytwarzania chłodu, co przedstawiono na Rys. 6. Na powyższym wykresie można zauważyć, że współczynnik EER rośnie wraz ze zmniejszeniem zapotrzebowania na chłód. Natomiast jedynie w systemie VRF współczynnik efektywności energetycznej załamuje swój wzrostowy charakter przy 40% wydajności. Wynika to ze stosunkowo dużego zapotrzebowania na prąd przez jednostki wewnętrzne w porównaniu do mocy elektrycznej zużywanej przez sprężarki jednostek zewnętrznych.

2. METODY POPRAWY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ W BRANŻY HOTELARSKIEJ

Z punktu widzenia energooszczędności w odniesieniu do chłodnictwa i klimatyzacji dla branży hotelowej określono następujące zalecenia (wybrano niektóre spośród całego szeregu zaleceń).

W przypadku pokoi gościnnych proponuje się w pokojach dla personelu sprząającego założyć tablice pogodowe, które pomogą ustawić parametry oświetlenia, urządzeń grzewczych i klimatyzacyjnych. Powinny one wskazywać, jakie powinny być nastawy tych parametrów zależnie od warunków pogodowych. Zaleca się także sprawdzenie stanu uszczelek w drzwiach używanych często i na ogół zamkniętych. W razie zużycia należy je wymienić. Na drzwiach i w kartach informacyjnych należy umieszczać wskazówki dla gości hotelowych motywujące do oszczędnego korzystania z energii elektrycznej. W przypadku recepcji i pomieszczeń ogólnodostępnych należy zwrócić uwagę na to, aby w czasie działania systemów grzewczych i klimatyzacyjnych zamykać okna i drzwi zewnętrzne. Przygotowując i czyszcząc obiekty konferencyjne, należy obniżać temperaturę zimą i zwiększać temperaturę latem i możliwie zmniejszać poziom oświetlenia. Ogrzewanie lub klimatyzacja (warunkowo) oraz oświetlenie powinny być całkowicie wyłączone, gdy pomieszczenia nie są używane. Zaleca się umieścić termometry odpowiednio w większych otwartych przestrzeniach hotelu, w szczególności w komunikacji pionowej, gdzie ciepłe powietrze naturalnie unosi się ku górze, aby zapewnić w miarę równomierny rozkład temperatury w całym pomieszczeniu. Odnośnie basenów należy w nocy przykrywać płytę wody, aby zmniejszyć parowanie i straty ciepła. Jeśli to możliwe, należy zainstalować „łapacze pary” i wymienniki regeneracyjne, aby zmniejszyć energochłonność obiektu basenowego. Należy regularnie sprawdzać temperaturę wody w basenie, aby upewnić się, że termostat działa prawidłowo. Temperatura basenu nie powinna przekraczać 27°C.

Z punktu widzenia urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych należy dbać, aby centrale wentylacyjne zawierały wymienniki regeneracyjne, służące do korzystania z powietrza zewnętrznego do naturalnej klimatyzacji podczas wiosennych, jesiennych lub zimnych letnich nocy, gdy wilgotność powietrza nie jest zbyt wysoka. Mogą one służyć także zimą do ogrzewania wody kosztem ciepła wywiewanego z pomieszczeń. Termostaty sterowane warunkami pogodowymi powinny mieć ustawione ograniczenia ogrzewania i chłodzenia - eliminują w ten sposób niepotrzebnie za wysokie lub za niskie nastawy preferowane przez gości hotelowych lub personel. Wentylacja sterowana miernikiem stężenia dwutlenku węgla pozwala zmniejszyć dopływ powietrza do pomieszczeń rzadko używanych. System ten obejmuje stosowanie napędów sterowanych falownikiem, przepustnice żaluzjowe i kłapy zamykające. Korzyści są związane ze zmniejszeniem ilości podawanego powietrza, a tym samym ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło lub chłód. Ważna jest prawidłowa i

terminowa konserwacja, ponieważ przyczynia się do zmniejszenia kosztów operacyjnych, przedłuża żywotność i zapobiega kosztownym naprawom. Jest to szczególnie ważne w odniesieniu do wież chłodniczych, gdzie z punktu widzenia eksploatacyjnego mogą być problemy z osadami, zatkanymi dyszami, zanieczyszczeniami organicznymi, co powoduje słaby przepływ powietrza i zmniejszoną wydajność pompy zapewniającej obieg wody (w przypadku wieży chłodniczej tzw. „mokrej”). Wspomniane problemy mogą prowadzić do obniżenia wydajności i zwiększenia kosztów eksploatacyjnych od 10 do 20%.

Zaleca się w miarę możliwości finansowych inwestować w nowoczesne urządzenia i systemy z pełną automatyką, która dobrze kontroluje pracę systemów i pozwala zmniejszyć ilość awarii a przez to ograniczyć koszty napraw. W obecnej dobie wymiany czynników chłodniczych na nieprzyczyniające się do wzrostu efektu cieplarnianego, należy wybierać czynniki ekologiczne oraz takie, które pozwalają na zmniejszenie energochłonności systemów klimatyzacyjnych. Zaleca się stosowanie (jeśli to możliwe) banków chłodu – izolowanych zbiorników z zimną wodą lub innych układów, w których chłód jest produkowany w nocy (najniższe opłaty za energię) a wykorzystywany w trakcie największego zapotrzebowania.

W obecnej dobie należy zwrócić uwagę na silniki używane do napędu urządzeń grzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, wind i innych. Mogą one zużywać więcej niż 50% całkowitej energii wykorzystywanej przez hotel. Podczas typowej 10-letniej eksploatacji silnik może zużywać energię o równowartości pieniężnej wynoszącej do 50 razy pierwotnego kosztu danej jednostki. Pokazuje to, że np. silnik o wartości 1000 euro może zużywać energię, która będzie kosztować do 50 000 euro w trakcie eksploatacji.

Warto inwestować w silniki nowych konstrukcji dobrych wytwórców, które są energooszczędne. Nawet jeśli przyczyniają się one jedynie do oszczędności od 2 do 8% energii, to dają zwroty w ciągu 2,5 do 5 lat w porównaniu do silników mniej energooszczędnych.

Systemy zmiennej prędkości obrotowej (falowniki) regulują prędkość obrotową silnika zgodnie z wymaganiami eksploatacyjnymi. Zmniejszenie prędkości obrotowej silnika o 10% może zmniejszyć zużycie energii o 27%, a zmniejszenie prędkości o 20% może zmniejszyć zużycie o 49%. Przemiennej częstotliwości są szczególnie przydatne w przypadku silników o wysokiej sprawności, ponieważ szybciej od silników konwencjonalnych reagują na zmianę nastawy prędkości obrotowej. Dodatkową korzyścią jest zredukowanie hałasu, który przyczynia się do komfortu w pokoju gościnnym.

Kondensatory korekcji współczynnika mocy w falownikach to urządzenia, które przechowują ładunki elektryczne i redukują zużycie energii potrzebne silnikowi do generacji pola magnetycznego. Jest to szczególnie ważne, gdy urządzenia te są klasyfikowane w niższej kategorii taryfowej ze względu na moc nominalną.

Energooszczędne pasy napędowe mają podłużne zęby, które poprawiają przyczepność i zmniejszają poślizg - są one niewiele droższe od standardowych taśm. Oczywiście konieczne jest przeprowadzanie kontroli co kilka miesięcy i wymiany pasów po stwierdzeniu ich zużycia.

Podsumowując, należy pamiętać, że silniki, które mają moc większą niż wymagana, pracują nieefektywnie. Szczególnie niekorzystne warunki są wtedy, gdy silnik jest obciążony poniżej 50% swojej wartości znamionowej.

W tym miejscu można przypomnieć również proste, lecz czasem zaniebdywane zalecenia dotyczące małych i średnich chłodziarek, chłodziarko-zamrażarek i zamrażarek używanych w części gastronomicznej hotelu. Chłodziarki działają najskuteczniej, jeśli nastawa temperatury wynosi 3,2°C, a zamrażarki, jeśli nastawa temperatura wynosi od -18 do -15°C. Żywność przed umieszczeniem w chłodziarce lub zamrażarce powinna zostać w miarę możliwości schłodzona. Nie należy przeladowywać komór chłodziarek i zamrażarek. Właściwe

chłodzenie wymaga odpowiedniej cyrkulacji powietrza. Należy regularnie dokonywać przeglądów wentylatorów, skraplaczy i sprężarek.

Należy zapewnić regularne sprawdzanie pasków napędowych (w sprężarkach z napędem zewnętrznym). Konieczne jest regularne sprawdzanie przewodów elektrycznych sprężarki, ponieważ zwiększona obecność wilgoci może przyczynić się do osłabienia stanu izolacji elektrycznej. Zamrażarki należy co jakiś czas odmrażać, ponieważ zwiększone ilości pokrywy lodowej zmniejszają efektywność energetyczną, w szczególności, gdy są puste. Należy upewnić się, że zamrażarki są przysłonięte w celu uniknięcia penetracji ciepłego wilgotnego powietrza do wewnątrz.

3. METODY I TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI

Powyższe rozważania pokazują w dużej mierze, w jaki sposób postępować z urządzeniami i systemami chłodniczymi oraz klimatyzacyjnymi, które są obecnie eksploatowane. Od wielu lat trwają prace nad metodami i technologiami [5,6,12], które są rozważane i wprowadzane do zastosowania ze względu na swój potencjalnie korzystny wpływ na energooszczędność i ochronę środowiska. Poniżej przedstawiono te najbardziej obiecujące:

- audyt stanu dotychczasowego i możliwe zmiany na rzecz zmniejszenia energochłonności budynków jednorodzinnych i użyteczności publicznej, w tym hoteli
- regularne przeglądy techniczne
- „inteligentne” termostaty
- absorpcyjne urządzenia chłodnicze/pompy ciepła opalane gazem
- chłodzenie termoelektryczne i termoelektryczne dochładzanie cieczy za skraplaczem zasilane prądem elektrycznym wytwarzanym przez generatory termoelektryczne kosztem ciepła odpadowego powstającego w sprężarce podczas kompresji gazowego czynnika chłodniczego
- pompy ciepła (dolne źródło to powietrze, gleba, wody podziemne)
- urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne z pełnym systemem detekcji i diagnostyki układu
- sprężarkowe urządzenia chłodnicze, klimatyzacyjne i pompy ciepła napędzane silnikami gazowymi.

Amerykańskie Ministerstwo Energii wskazuje również wybrane technologie przyszłości, które na razie są w fazie badań. Można do nich zaliczyć:

- ściany z aktywną ryzosferą, za pomocą której powietrze przepływające oczyszcza się z toksyn, a jednocześnie reguluje się w pewnym zakresie jej wilgotność i temperatura
- pompy ciepła z technologią membranową oddzielającą wilgoć od strumienia powietrza
- wymienniki ciepła budowane na bazie porowatego metalu, przez który przepływający czynnik na skutek zwiększonej powierzchni efektywniej wymienia ciepło
- chłodzenie termoelastyczne bazujące na efekcie cieplnym towarzyszącym zmianie wymiarów materiałów z pamięcią kształtu
- chłodzenie magnetyczne
- efekt chłodzenia na podstawie zjawiska tunelowania elektronów.

4. PODSUMOWANIE

W pracy dokonano analizy zużycia energii do celów chłodniczych i klimatyzacyjnych ważnych w branży hotelarskiej. Podkreślono istotność wyboru właściwych rozwiązań

technologicznych, które wspomagają obniżenie energochłonności systemów i urządzeń [7,8]. Wskazano potrzebę stosowania odnawialnych źródeł ciepła wykorzystywanych w pompach ciepła. Wskazano wybrane technologie, które w przyszłości mogą stanowić alternatywę dla obecnie eksploatowanych systemów chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła [9, 10, 11].

LITERATURA

- 1) Energy Efficiency Series – Hotel Energy Solutions: Best Practices Guide – Successful Energy Efficiency Technologies Integration in SME Hotels (raport)
- 2) International Finance Corporation, World Bank Group: Excellence In Design For Greater Efficiencies – User Guide for Hotels. Version 1.1, 2015 (raport)
- 3) Święcki P.: Analiza obliczeniowo – eksploatacyjna systemu klimatyzacji w kompleksie hotelowo – konferencyjnym. Praca dyplomowa, Politechnika Warszawska.
- 4) Klin K.: Analiza porównawcza systemu VRF z systemem wody lodowej. Praca dyplomowa, Politechnika Warszawska.
- 5) U.S. Department of Energy: Energy Savings Potential and Research, Development & Demonstration Opportunities for Residential Building Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems. Energy Efficiency&RenewableEnergy – Building Technologies Office, 2012 (raport)
- 6) Bohdnowicz P., Martinac I. M.: Thermal Comfort and Energy Saving in the Hotel Industry. (raport)
- 7) Mathews E.H. at al: HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage. Energy and Buildings, 33, 2001, p. 853 – 863.
- 8) Adamski B.: Nowoczesne urządzenia i systemy klimatyzacyjne. Agregaty wody żiębniczej jako pośrednie źródło chłodu w systemie klimatyzacyjnym. Biblioteka Rynku Instalacyjnego. Wydanie specjalne nr 1/2014.
- 9) Wang F. at al.: Energy Modeling and Chillers Sizing of HVAC System for a Hotel Building. Procedia Engineering, 121, 2015, p. 1812 – 1818.
- 10) Starczyk A.: Analiza parametrów mających wpływ na zmianę zapotrzebowania na chłód w okresie letnim w budynku zamieszkania zbiorowego. Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych, 3-4, 2018.
- 11) Grudzień, A. M., Rusowicz, A., Leszczyński, M.: Analiza systemów klimatyzacji dla różnych typów hoteli. Rynek Energii, 141(2), 2019 47–52
- 12) Bieliński M., Czyżewski P.: Metodyka badań wyznaczania odporności na korozję naprężeniową elementów z tworzyw polimerowych, Modern Engineering 1/2017.

::
::