1. WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się w Polsce wzrost zainteresowania pompami ciepła, które umożliwiają wykorzystanie ciepła niskotemperaturowego i odpadowego do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Zainteresowanie to spowodowane jest wzrostem cen surowców energetycznych, rozwojem konstrukcji różnych systemów pomp ciepła oraz koniecznością ograniczenia zanieczyszczenia środowiska.

Problem ochrony środowiska jest szczególnie istotny w naszym kraju, który od 1 maja 2004 r. jest członkiem Unii Europejskiej. W 2000 r. Komisja Europejska przyjęła Zieloną Księgę „Europejska Strategia Zaopatrzenia w Energię". W strategii tej wyróżniono trzy podstawowe problemy, przed którymi stała ówczesna Unia Europejska:

- *Unia Europejska uzależnia się coraz bardziej od zewnętrznych zasobów energetycznych; poszerzenie Unii zwiększy jeszcze tę zależność. Z opracowanych prognoz wynika, że jeśli nie zostaną podjęte żadne środki, to zależność od importowanych zasobów energetycznych wzrośnie do 70% w roku 2030, w porównaniu z obecnym 50% importem.*
- *Emisja gazów cieplarnianych w krajach członkowskich stale rośnie, co znacznie utrudnia respektowanie wymagań wynikających ze zmian klimatu oraz ustaleń Protokołu z Kioto. Co więcej, ustalenia zawarte w Protokole z Kioto muszą być traktowane jako pierwszy krok; zmiany klimatyczne to długotrwała batalia angażująca całą międzynarodową społeczność.*
- *Unia Europejska ma bardzo ograniczone możliwości zmiany warunków zaopatrzenia w energię. Znajdują się one po stronie popytu i Unia może interweniować głównie przez promocję oszczędności energii w sektorze budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej oraz transporcie.*

Postanowiono, że uwzględnienie tych problemów powinno stanowić podstawę do wprowadzenia zasad oszczędnego użytkowania energii wszędzie tam, gdzie to tylko możliwe. Szczególną uwagę zwrócono na sektor budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, gdyż jest on największym odbiorcą energii.

Wyniki licznych badań i analiz wskazywały na możliwość uzyskania dużych oszczędności energii w tym sektorze. Ilustrują to następujące przykłady:

- dziesięć milionów kotłów grzewczych w europejskich domach ma więcej niż 20 lat; dzięki ich wymianie można zaoszczędzić ok. 5% energii zużywanej do ogrzewania,
- ok. 30-50% energii zużywanej do oświetlenia można zaoszczędzić dzięki zastosowaniu efektywniejszych systemów i technologii w biurach, budynkach handlowych itp.,

– dzięki wprowadzeniu zaostrzonych norm w stosunku do efektywności energetycznej urządzeń klimatyzacyjnych można zmniejszyć o połowę przewidywany wzrost zapotrzebowania na energię zużywaną przez klimatyzację.

W związku z tym zdecydowano, że należy wprowadzić bardziej restrykcyjne regulacje prawne zmierzające do ograniczenia wzrostu popytu na energię. W tym celu wprowadzono nową Dyrektywę UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków; przepisy tej dyrektywy powinny być włączone przez kraje członkowskie do swego krajowego ustawodawstwa do 4 stycznia 2006 r. Zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 2002/91/WE:

– w całej UE stosowana będzie, w miarę możliwości, zbliżona metodologia obliczania charakterystyki energetycznej budynku, uwzględniająca lokalne warunki klimatyczne,
– kraje członkowskie określą minimalne wymagania charakterystyki energetycznej i będą je stosować zarówno do budynków nowych, jak i remontowanych, dużych budynków istniejących (wiele z tych wymagań będzie określonych na podstawie istniejących lub opracowywanych norm europejskich),
– system świadectw energetycznych budynków sprawi, że jasno zdefiniowane poziomy zużycia energii będą bardziej przejrzyste dla właścicieli budynków, najemców i użytkowników,
– kotły grzewcze i systemy klimatyzacji o mocach większych niż ustalone minimum będą podlegać regularnym kontrolom, których celem będzie sprawdzenie ich wydajności energetycznej i emisji gazów cieplarnianych.

W Polsce trwają intensywne prace zmierzające do wdrożenia postanowień Dyrektywy 2002/91/WE, lecz jest mało prawdopodobne, że dyrektywa ta będzie wprowadzona w 2006 r.

Jest to spowodowane wieloma trudnościami, a przede wszystkim wieloletnimi zaniedbaniami w unowocześnianiu instalacji i urządzeń grzewczych, z których większość opalana jest węglem, a więc paliwem będącym głównym źródłem zanieczyszczenia atmosfery.

W tablicy 1–1 podano strukturę źródeł zanieczyszczenia powietrza. Z tablicy tej wynika, że jednym z głównych źródeł tych zanieczyszczeń są małe urządzenia ogrzewcze, w których spalany jest węgiel. Równocześnie konstrukcje tych urządzeń i ich wielkość wykluczają stosowanie jakichkolwiek urządzeń do oczyszczania spalin. Jedynym sposobem ograniczenia emisji szkodliwych produktów spalania jest w tym przypadku substytucja paliwa (spalanie gazu lub oleju) lub zastąpieniu tradycyjnego źródła ciepła – pompą ciepła.

Pompy ciepła, w których realizowany jest obieg identyczny z obiegiem chłodniczym (zachodzący np. w lodówce domowej lub zamrażarce) umożliwiają wykorzystanie ciepła o niskiej temperaturze (praktycznie bezużytecznego) do wytwarzania ciepła o wyższej temperaturze, które można wykorzystać do ogrzewania i wentylacji pomieszczeń lub przygotowania ciepłej wody użytkowej. Oczywiście proces podnoszenia temperatury ciepła wymaga doprowadzenia do

Tablica 1–1. Struktura źródeł niektórych zanieczyszczeń powietrza w Polsce

Rodzaj zanieczyszczenia - źródło	Oddziaływanie, %
Dwutlenek węgla:	
⇒ produkcja energii elektrycznej	57,5
⇒ ogrzewnictwo	23,5
⇒ przemysł	11,0
⇒ transport	8,0
Metan:	
⇒ górnictwo węgla	37,0
⇒ rolnictwo	36,0
⇒ wysypiska śmieci	13,0
⇒ bagna	9,0
⇒ górnictwo ropy naftowej	5,0
Dwutlenek siarki:	
⇒ ogrzewnictwo	49,0
⇒ energetyka	22,5
⇒ przemysł	26,0
⇒ motoryzacja	2,5
Tlenki azotu:	
⇒ ogrzewnictwo	32,0
⇒ przemysł	30,0
⇒ motoryzacja	29,0
⇒ energetyka	9,0

pompy ciepła energii napędowej. Może to być energia elektryczna, mechaniczna lub energia chemiczna zawarta w paliwie pierwotnym, przy czym rodzaj energii napędowej zależy od konstrukcji i systemu pompy ciepła.

O efektywności stosowania pompy ciepła decyduje jej jakość energetyczna zdefiniowana jako stosunek skutku działania pompy, tj. ilości ciepła uzyskanego w skraplaczu, do nakładu, który trzeba ponieść, aby ten skutek uzyskać, tj. do zużycia energii napędowej. Jakość energetyczna działania pomp ciepła nazywana jest współczynnikiem wydajności grzejnej (cieplnej). Wartość tego współczynnika zależy głównie od wymaganej temperatury zasilania odbiornika ciepła (instalacji c.o., c.w.u. itp.) oraz temperatury źródła, z którego dostarczane jest ciepło do parowacza pompy ciepła.

Wymagana temperatura zasilania zależy przede wszystkim od rodzaju instalacji c.o., która jest z kolei bezpośrednio związana z charakterystyką cieplną ogrzewanego budynku, gdyż szczególne warunki eksploatacji pompy ciepła wymuszają stosowanie pewnych rozwiązań i to zarówno w odniesieniu do instalacji c.o., jak i charakterystyki cieplnej budynków.

Dotyczy to również instalacji pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego. Niewłaściwie zaprojektowana lub wykonana instalacja pozyskiwania tego ciepła, szczególnie w postaci tzw. wymiennika gruntowego, może niekiedy całkowicie

uniemożliwić ekonomiczną eksploatację pompy ciepła i narazić użytkownika na duże straty finansowe.

Obecnie, nowoczesne pompy ciepła dostarczane są jako zwarte i gotowe do pracy zespoły, wymagające jedynie przyłączenia do instalacji odbiorczych, pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego oraz zasilania w energię napędową.

A zatem zadaniem projektanta jest dobór odpowiedniego, najlepiej dostosowanego do warunków lokalnych, systemu pompy ciepła oraz jej mocy grzejnej zależnej od potrzeb cieplnych i systemu pracy (układ mono– lub biwalentny). Dlatego w niniejszym poradniku szczególną uwagę zwrócono na zagadnienia związane z projektowaniem i eksploatacją instalacji odbiorczych oraz pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego.

Natomiast zagadnienia związane z teoretycznymi podstawami działania pomp ciepła oraz konstrukcją ich elementów ograniczono jedynie do informacji niezbędnych do zrozumienia zasady działania tych nowoczesnych źródeł ciepła (ogrzewania termodynamicznego).

Warszawa, grudzień 2005 r.

2. WYTWARZANIE CIEPŁA NA POTRZEBY OGRZEWANIA I PRZYGOTOWANIA C.W.U.

2.1. Uwagi ogólne

Wytwarzanie dostatecznej ilości energii należy do najbardziej istotnych problemów naszych czasów, gdyż jej zużycie gwałtownie wzrasta. Tylko w okresie ostatnich 80 lat XX wieku zużycie energii przez jednego mieszkańca Ziemi wzrosło ponad 4–krotnie. Wzrost ten musi nieuchronnie trwać nadal, aby zaopatrzyć rozwijający się świat w dostateczną ilość żywności i innych dóbr niezbędnych do życia.

Dotychczas jeszcze nie wiadomo, w jaki sposób będzie wytwarzana dostateczna ilość energii potrzebnej do zaspokojenia potrzeb ludzkości w bieżącym stuleciu.

Rezerwy paliw kopalnych są ograniczone, a nieustanne ich stosowanie powoduje pogorszenie stanu naturalnego środowiska. Również wykorzystywanie konwencjonalnej energii jądrowej napotyka na wiele problemów. Jednym z nich są ograniczone dostawy U–235 i trudności z utylizacją odpadów paliwa jądrowego, innym natomiast poważny opór obrońców środowiska w wielu krajach. Rozwój technik umożliwiających wykorzystanie innych źródeł energii, jak np.: słonecznej, syntezy jądrowej lub energii geotermicznej z głębokich warstw Ziemi, będzie wymagał wiele czasu i dużych nakładów.

Tymczasem największą rezerwą energii dostępną natychmiast i stosunkowo najtańszą jest oszczędność w jej zużywaniu. Obecnie do ogrzewania pomieszczeń w zakresie umiarkowanej temperatury: 20°C (293 K) świat zużywa 1/3 do 1/2 ilości wyprodukowanego paliwa. Równocześnie porównując rozwój techniki ogrzewania z innymi dziedzinami można stwierdzić, że postęp w ogrzewnictwie jest stosunkowo niewielki.

Podstawowym źródłem ciepła na potrzeby ogrzewania zarówno miejscowego, jak i centralnego są procesy spalania paliw. Wprawdzie w coraz większym zakresie stosowane są paliwa płynne (olej opałowy, gaz) umożliwiające automatyzację procesu spalania oraz jego prowadzenie w sposób nie powodujący nadmiernego zanieczyszczenia środowiska, to jednak ciepło otrzymywane ze źródeł wysokopotencjalnych powinno być wykorzystywane przede wszystkim do zamiany na energię elektryczną lub mechaniczną oraz w technologiach wysokotemperaturowych. Wynika to z faktu, że rzeczywista sprawność obiegu Carnota realizowanego w zakresie wartości temperatury występujących w ogrzewnictwie jest szczególnie mała i nie przekracza 5%.

Pewną poprawę tego stanu uzyskano stosując gospodarkę skojarzoną, tj. równoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, lecz rozpowszechnienie na świecie tak skonstruowanych systemów ciepłowniczych nie jest duże.

Wydaje się jednak, że niskotemperaturowe ciepło na potrzeby komunalno–bytowe powinno być wytwarzane przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, przy jak najmniejszym zużyciu energii zawartej w paliwach pierwotnych.

Tak więc ogrzewanie z bezpośrednim wykorzystaniem paliwa jest szczególnie niesprawne i celowe jest połączenie jakiejś formy „ogrzewania termodynamicznego" z procesem energetycznym o wysokiej temperaturze (aby zmniejszyć straty energii).

W praktyce występują następujące możliwości:

- stosowanie skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (elektrociepłownie),
- wykorzystanie ciepła odpadowego i energii odnawialnych,
- wykorzystanie do ogrzewania i przygotowania c.w.u. pomp ciepła (tzw. ogrzewanie termodynamiczne).

Najnowszą technologią, w której znalazły zastosowanie pompy ciepła, są układy skojarzonego wytwarzania ciepła, energii i zimna. Skojarzona gospodarka cieplno–energetyczno–chłodnicza, stosowana w aglomeracjach miejskich z rozbudowanymi systemami ciepłowniczymi lub zakładach przemysłowych, w których występuje zapotrzebowanie na ciepło, zimno i energię elektryczną, umożliwia wyrównanie sezonowej zmienności obciążeń źródeł, co poprawia ich ekonomikę i zmniejsza emisję do otoczenia szkodliwych produktów spalania oraz gazów powodujących niszczenie warstwy ozonu w stratosferze.

2.2. Charakterystyka tradycyjnych systemów wytwarzania ciepła na potrzeby sektora bytowo–komunalnego

Struktura bilansu i sytuacja energetyczna kraju oraz szeroko pojęta baza materiałowo–techniczna wraz z systemem ekonomiczno–finansowym mają decydujący wpływ na wybór źródła zaopatrzenia w ciepło. Uwarunkowania te sprawiły, że w Polsce od ponad 45 lat rozwijane są scentralizowane systemy zaopatrzenia w ciepło:

✦ łączna dyspozycyjna moc cieplna: ok. 46000 MW,
a w tym
– elektrociepłownie i ciepłownie zrzeszone w Polskim Towarzystwie Elektrociepłowni zawodowych mają moc cieplną: ok. 21100 MW,
– elektrociepłownie i ciepłownie przemysłowe wytwarzające ciepło również na potrzeby komunalne: ok. 4500 MW,
– elektrociepłownie i ciepłownie systemowe oraz znajdujące się w strukturach zakładów energetycznych: ok. 5900 MW,
– ciepłownie komunalne ok. 14500 MW.