

WYKORZYSTANIE CIEPŁA SKRAPLANIA JAKO DOLNEGO ŹRÓDŁA ENERGII SPRĘŻARKOWEJ POMPY CIEPŁA (SPC)

Część 2

inż. Rafał MATERA
YORK Polska
dr inż. Zenon BONCA
Politechnika Gdańska

4 OCENA TECHNICZNO – EKONOMICZNA ROZWIĄZANIA

Na wstępie należy zaznaczyć, że zaprojektowany węzeł odzysku ciepła skraplania z technicznego punktu widzenia nie jest rozwiązaniem nowatorskim. Jedyne sama koncepcja zagospodarowania ciepła odpadowego, jakim jest ciepło skraplania, stanowi pewną nowość w spojrzeniu na technikę chłodniczą i racjonalne wykorzystanie energii w tym sektorze przemysłu.

Z tego względu przy doborze urządzeń do zaprojektowanego węzła napotkano na pewne problemy, szczególnie przy wyborze skraplaczy odzysku ciepła. Początkowo miały one stanowić węzownice umieszczone w zbiorniku, jednak tego typu aparatów brakuje w ofercie obecnych na polskim rynku firm. W związku z tym konieczne stało się zastosowanie skraplacza płaszczowo-rurowego jako wymiennika zewnętrznego. Pociągnęło to za sobą konieczność zastosowania dodatkowej pompy obiegowej (między skraplaczem i zbiornikiem buforowym), a to z kolei wiąże się ze wzrostem kosztów (zarówno inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych). Następnym problemem okazało się znalezienie odpowiednich zbiorników buforowych (o wymaganej pojemności). Firmą, która posiada w swojej ofercie takie zbiorniki, jest firma niemiecka DK, znana na rynku europejskim, jako producent elementów do syste-

mów odzysku ciepła m. in. do urządzeń chłodniczych, chociaż głównie specjalizuje się w podgrzewaczach ciepłej wody użytkowej, wykorzystujących ciepło przegrzania par czynnika.

Ze względu na specyfikę działania urządzenia chłodniczego lodowiska, a mianowicie z uwagi na fakt, że w ciągu jego pracy występują duże dobowe różnice w ilości ciepła skraplania odprowadzanego z układu, konieczne jest zastosowanie dwóch niezależnych węzłów odzysku ciepła. Ma to na celu zapewnienie po stronie górnego źródła ciepła stałych, w pewnych granicach, warunków pracy węzła odzysku. Co prawda układ stał się przez to bardziej złożony, ale cel został osiągnięty.

Zastosowanie zbiorników buforowych stabilizuje pracę całego układu odzysku ciepła od strony SPC i, podobnie jak podział instalacji na dwa niezależne układy, zapewnia stałą ilość ciepła, jaka jest do dyspozycji jego odbiorców. Niecelowa byłaby maksymalizacja odzysku ciepła skraplania polegająca na przekazywaniu całego ciepła skraplania, bez względu na jego wielkość, do węzła odzysku ciepła bez zapewnienia możliwości przekazywania odbiorcy indywidualnemu takiego strumienia ciepła, jaki potrzebuje (bez względu na porę dnia czy też obciążenie cieplne). Parametry pracy SPC zaproponowanego rozwiązania zostały zestawione w tabelach 2 i 3.

Jak widać z przedstawionych tam

danych, oba układy charakteryzują się zadowalającymi parametrami, ale węzeł przeznaczony dla obiektu lodowiska posiada lepszy współczynnik COP (dzięki obniżeniu temperatury górnego źródła ciepła). Przyczyni się to do szybszego zamortyzowania inwestycji na skutek większych zysków w czasie eksploatacji.

Zastosowanie zbiornika buforowego w węźle przeznaczonym dla osiedla domków jednorodzinnych pociąga za sobą zmniejszenie rzeczywistego strumienia ciepła, jaki jest do dyspozycji po stronie górnego źródła SPC. Na skutek tego współczynnik wydajności grzewczej: $COP^* = 2,3$.

Jak widać, obniżenie efektywności jest dość znaczne w porównaniu z wartością uzyskaną bez uwzględniania zbiornika buforowego (3,4 – tab. 2). Dotyczy to jednak tylko sieci ogrzewania domków jednorodzinnych, w węźle zaopatrującym w ciepło obiekt lodowiska współczynnik COP jest taki, jak podano w tabeli 3, a zatem równy 4,4.

Rzeczywisty współczynnik wydajności grzewczej powinien być jednak określany w oparciu o faktyczny pobór mocy elektrycznej przez cały układ, zarówno przez same SPC, jak i pompy obiegowe dolnego i górnego źródła ciepła. W związku z tym na podstawie zależności (1) dla:

$$\dot{Q}_{grz1} = 176,7 \text{ kW}$$

dla osiedla domków jednorodzinnych,

$$\dot{Q}_{grz2} = 247,1 \text{ kW}$$

dla obiektu lodowiska,

odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

$P_1 = 80 \text{ kW}$
dla osiedla domków jednorodzinnych⁴,

$P_2 = 58,9 \text{ kW}$
dla obiektu lodowiska, otrzymamy

$$\text{COP}_1 = \frac{176,7}{80} = 2,2$$

dla osiedla domków jednorodzinnych i

$$\text{COP}_2 = \frac{247,1}{58,9} = 4,2$$

dla obiektu lodowiska.

Reasumując, z będących do dyspozycji 600 kW ciepła (po 300 kW na każdy węzeł), otrzymujemy:

- 176,7 kW mocy grzewczej dla osiedla domków jednorodzinnych,
 - 247,1 kW mocy grzewczej dla obiektu lodowiska,
- czyli w sumie ok. 424 kW.

Mimo, że w celu zapewnienia stałej ilości ciepła na cele grzewcze, „tracimy” ok. 30% dostarczonej energii, nie można zapomnieć o tym, że jest to energia „darmowa”, która w normalnych warunkach byłaby wyprowadzona do otoczenia. W związku z tym całkowite zyski energii określone są przez obliczone powyżej współczynniki COP⁵. Dla całej instalacji, po zsumowaniu mocy grzewczej, będącej do dyspozycji odbiorców, wynoszącej 423,8 kW i zainstalowanej mocy elektrycznej, wynoszącej 138,9 kW otrzymujemy:

$$\text{COP}_c = \frac{423,8}{138,9} = 3,1$$

Jest to wielkość średnia, typowa dla warunków, gdy SPC pobiera ciepło z gruntu lub z wody⁵. Wg producentów pomp ciepła, gdy istnieje możliwość skorzystania z ciepła odpadowego o względnie wysokiej temperaturze, współczynnik COP powinien wynosić 4 ÷ 5. Należy jednak pamiętać, że nie uwzględniają oni m.in. mocy do napędu urządzeń peryferyjnych (np. pompy obiegowe nośników ciepła w wymiennikach gruntowych) i ewentualnie zbiorników buforowych (jak w proponowanym rozwiązaniu). Dane

podawane przez nich w katalogach odnoszą się tylko do samych pomp ciepła. Zdarza się więc, że inwestor przeżywa niemiłe rozczarowanie, gdy działająca już instalacja z SPC nie osiąga deklarowanych przez producenta parametrów. Przeprowadzona powyżej analiza pokazuje, jakie są rzeczywiste warunki pracy kompletnego węzła odzysku ciepła. Nie można jednak zapomnieć, iż główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest konieczność:

- zastosowania zbiorników buforowych ze względu na cykliczność pracy urządzenia chłodniczego i stabilizację pracy układu od strony sieci ciepłowniczej zdalaczynnej,
- podwyższenia temperatury skraplania w węźle przeznaczonym dla osiedla domków jednorodzinnych, podyktowaną rozbudowaną siecią rozprowadzenia ciepła i wielokrotnym jego przekazywaniem.

Z technicznego punktu widzenia proponowane rozwiązanie układu odzysku ciepła skraplania z urządzenia chłodniczego spełnia założone cele, a mianowicie:

- zastosowana automatyka czuwa nad tym, aby parametry pracy urządzenia chłodniczego nie uległy zmianie;
- wykorzystane jest praktycznie w całości ciepło skraplania, które w normalnych warunkach usuwane byłoby do otoczenia (założono odzysk 600 kW ciepła, przy maksymalnej wielkości ciepła skraplania wynoszącej 628 kW podczas maksymalnego obciążenia obiektu lodowiska);
- zastosowanie zbiorników buforowych po stronie dolnego źródła SPC uniezależnia pracę pomp ciepła od pracy urządzenia chłodniczego;
- zastosowanie zbiorników buforowych po stronie górnego źródła ciepła SPC w węźle pracującym dla osiedla domków jednorodzinnych zapewnia zawsze stałą ilość ciepła, jaka jest do dyspozycji odbiorców indywidualnych;

- rzeczywisty współczynnik $\text{COP}_c = 3,1$ potwierdza zasadność zastosowania SPC w celu przetransportowania ciepła o niskim potencjale, jakim jest ciepło skraplania, na wyższy poziom, który umożliwia jego wykorzystanie w celach grzewczych.

4.1 Analiza kosztowa

Koszty inwestycyjne przedsięwzięcia to w przybliżeniu około 700 000 zł. Transport i montaż instalacji można oszacować na 40% wartości inwestycji. W związku z tym łączne koszty inwestycyjne wyniosą ok. **980 000 zł**. Jest to zatem duża inwestycja. W dalszej części zostanie przedstawiona analiza opłacalności przedsięwzięcia (jest to podstawowy warunek podjęcia inwestycji). W tym celu porównane zostaną koszty eksploatacyjne ogrzewania opartego na proponowanym węźle odzysku ciepła skraplania z urządzenia chłodniczego oraz popularnego obecnie, gazowego systemu ogrzewania.

♦ Koszt wytworzenia energii cieplnej w proponowanej instalacji

Zakładając, że instalacja chłodnicza pracuje przez 10 miesięcy w ciągu roku, pracujący w tym samym czasie węzeł odzysku ciepła oparty o SPC na wytworzenie 424 kW energii cieplnej potrzebuje doprowadzenia 139 kW energii elektrycznej. Daje to wg wzoru:

$$N = d \cdot t \cdot P \text{ [kWh]}$$

gdzie:

- d – ilość dni, podczas których pracuje instalacja, d = 303 dni,
- t – ilość godzin pracy w ciągu dnia, t = 24 h,
- P – zapotrzebowanie mocy elektrycznej, P = 139 kW,

$$N = 303 \cdot 24 \cdot 139 = 1\,010\,800 \text{ kWh}$$

Koszt zakupu tej energii wynosi wg wzoru:

$$K = k \cdot N + k_1 \text{ [zł]}$$

⁴ Nie zostały tu uwzględnione pompy obiegowe po stronie górnego źródła ciepła w węźle zaopatrującym w ciepło obiekt lodowiska oraz pompa wymuszająca obieg czynnika w sieci cieplnej zdalaczynnej (domki jednorodzinne) i pompy znajdujące się w tych domkach.

⁵ Dla temperatury parowania rzędu 0°C ÷ +5°C.

odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

gdzie:

- k – koszt 1 kWh energii elektrycznej,
 k_1 – roczny abonament,
 $k = 0,3168 \text{ zł/kWh}$,
 $k_1 = 39 \text{ zł/rok}$,

$$K_{\text{spc}} = 320\,260,44 \text{ zł}$$

♦ Koszt wytworzenia energii cieplnej w kotłowni wyposażonej w kocioł gazowy

Kocioł gazowy zapewniający taką samą ilość ciepła jak zaprojektowana instalacja wytwarza zgodnie ze wzorem:

$$N = \frac{d \cdot t \cdot \dot{Q}}{\eta} \quad [\text{kWh}]$$

gdzie:

\dot{Q} – moc grzewcza, jaką musi zapewnić kocioł = wydajności grzejnej zaprojektowanego węzła opartego o SPC,

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= 424 \text{ kW}, \\ \eta &\text{ – sprawność kotła,} \\ \eta &= 0,85 \end{aligned}$$

stąd:

$$N = \frac{303 \cdot 24 \cdot 424}{0,85} = 3\,627\,444,7 \text{ kWh}$$

Ilość gazu potrzebną do wytworzenia tej energii oblicza się ze wzoru:

$$V = \frac{N}{H} \quad [\text{nm}^3]$$

gdzie:

H – wartość opałowa gazu,
 $H = 8,8 \text{ kWh/nm}^3$ dla gazu ziemnego GZ 50

stąd:

$$V = \frac{3\,627\,444,7}{8,8} = 412\,209,6 \text{ nm}^3$$

Koszt zakupu gazu⁷, dla:

- $k = 0,864 \text{ zł/nm}^3$,
 $k_1 = 36 \text{ zł/rok}$,
 $V = 412\,209,6 \text{ nm}^3$
 wynosi:

$$K_{\text{gaz}} = 356\,185,94 \text{ zł}$$

♦ Czas amortyzacji zaprojektowanej instalacji

Czas amortyzacji można obliczyć na podstawie wzoru:

$$n = \frac{\log \left[1 + \frac{1}{e} (q_2 - q_1) \right]}{\log \frac{q_2}{q_1}}$$

gdzie:

- l – koszty inwestycyjne,
 $l = 980\,000 \text{ zł}$,
 e – korzyści wynikające z eksploatacji,
 $e = 356\,185,94 - 320\,260,44 = 35\,925,5 \text{ zł}$
 q_2 – wskaźnik wzrostu cen,
 $q_2 = 1,06$,
 q_1 – stopa oprocentowania kredytu w stosunku rocznym,
 $q_1 = 0,2$

stąd:

$$n = \frac{\log \left[1 + \frac{980\,000}{35\,925,5} (1,06 - 0,2) \right]}{\log \frac{1,06}{0,2}} = 1,92$$

Jak widać z powyższych wyliczeń, zaproponowany węzeł odzysku ciepła skraplania przynosi oszczędności eksploatacyjne w porównaniu do ogrzewania gazowego, które wynoszą 35 925,5 zł/rok, co przyczyni się do szybkiej amortyzacji przedsięwzięcia – poniżej 2 lat.

Jednostkowe koszty inwestycji wyniosą ok. 2 300 zł/kW mocy grzewczej. W przypadku domku jednorodzinnego o zapotrzebowaniu 10 kW ciepła daje to 23 000 zł. Uwzględniając koszty związane z rozprowadzeniem ciepła po domu, daje to w sumie ok. 40 000 zł. Jest to ok. 2 ÷ 4 razy więcej niż kotłownia „konwencjonalna” z kotłem olejowym lub gazowym, ale biorąc po uwagę czas amortyzacji (max. 2 lata) oraz żywotność instalacji (15 ÷ 20) lat, wydaje się to być inwestycja godna uwagi. Należy również pamiętać o tym, że zaproponowane rozwiązanie jest praktycznie bezobsługowe (obsługa ogranicza się jedynie do

nastawy żądanych parametrów), zaś koszty obsługi ograniczają się do konserwacji, która jest zdecydowanie mniej pracochłonna i kosztowna, niż w sieciach wyposażonych w kotły olejowe lub gazowe.

5 UWAGI KOŃCOWE – „SPRZEDAŻ” PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA

Na wstępie należy zaznaczyć, że w celu ułożenia planu promocji zaproponowanego rozwiązania, lub szerzej – **marketingu usługi**, konieczne jest nieco inne podejście, niż do produktu w dosłownym znaczeniu tego słowa. Jeżeli wziąć jeszcze pod uwagę fakt, iż usługą jest wykonanie projektu jednostkowej, ewentualnie kilku zbliżonych do siebie pod względem pełnionej funkcji i parametrów instalacji, zagadnienie jeszcze bardziej się komplikuje. Nikogo nie trzeba przekonywać, że znacznie łatwiej jest „sprzedać” produkt masowy, który zapewnia zaspokojenie podstawowych potrzeb, czy też nawet np. prestiżu, niż produkt jednostkowy. Fakt, że łatwiej sprzedać luksusowego mercedesa, niż „lodo-wisko”, wynika również z tego, że wszelkiego typu prace i kierunki rozwoju w zakresie marketingu skupione są przede wszystkim na dobrach (produktach i usługach) masowych i seryjnych. Podczas przygotowań do pisania niniejszej pracy nie natknięto się nawet na wzmiankę dotyczącą opisanego problemu. Poniżej przedstawiono analizę SWOT⁶, która opisuje sytuację na rynku i otoczenie konkurencyjne, co jest podstawą do stworzenia planu marketingowego. Analiza SWOT składa się z czterech elementów, a mianowicie:

- **mocne strony proponowanego rozwiązania:**
 - przyczynianie się do ochrony środowiska naturalnego,
 - przyczynianie się do ograniczenia

⁶ Skrót SWOT oznacza: „Mocne i słabe strony przedsiębiorstwa w odniesieniu do możliwości i zagrożeń rynkowych

Tab. 2. Charakterystyka węzła odzysku ciepła skraplania pracującego dla osiedla domków jednorodzinnych

Parametry pracy	+10°C/+60°C
Liczba SPC	2 x Cetus 80RW + 1 x Cetus 50RW
Całkowita moc chłodnicza [kW]	201,8
Całkowita moc grzewcza [kW]	265
Całkowity pobór mocy [kW]	77
Współczynnik COP	3,4

Tab. 3. Charakterystyka węzła odzysku ciepła skraplania pracującego dla obiektu lodowiska.

Parametry pracy	+10°C/+50°C
Liczba SPC	1 x Cetus 80RW + 2 x Cetus 50RW
Całkowita moc chłodnicza [kW]	203,2
Całkowita moc grzewcza [kW]	247,1
Całkowity pobór mocy [kW]	56,6
Współczynnik COP	4,4

- zużycia paliw kopalnych,
- w racjonalny sposób wykorzystywana jest energia wyprowadzana z urządzenia chłodniczego,
- instalacja jest praktycznie bezobsługowa, ponieważ jej sterowanie odbywa się automatycznie za pomocą urządzenia elektronicznego,
- fakt zastosowania SPC, które w zadanych warunkach pracy charakteryzują się współczynnikiem COP = 3,1 gwarantuje szybką amortyzację przedsięwzięcia (punkt 4),
- duże zyski eksploatacyjne w porównaniu do ogrzewania konwencjonalnego (punkt 4),
- możliwość łatwego dostosowania do innych, również mniejszych, urządzeń chłodniczych;

• słabe strony:

- duży koszt inwestycyjny,
- brak pracujących podobnych instalacji, które pomogłyby zweryfikować obliczenia teoretyczne,
- ze względu na zbiorniki buforowe nie jest w pełni wykorzystany strumień ciepła skraplania,
- ze względu na to, że lodowisko nie jest czynne w okresie lata, konieczne jest zastosowanie dodatkowych urządzeń (kotłów, grzałek), które zapewniłyby przygotowanie CWU w tym okresie;

• możliwości (szanse):

- tego typu instalacje praktycznie nie pracują w Polsce – istnieje luka rynkowa,
- istnieje możliwość zaciągnięcia

- preferencyjnych kredytów w celu zrealizowania inwestycji (ochrona środowiska),
- coraz większą uwagę poświęca się problemom ochrony środowiska,
- w przypadku mniejszych instalacji można zastosować elementy (urządzenia) rodzimych producentów, co pozwoli obniżyć koszt inwestycyjny,
- w Polsce pracuje duża liczba urządzeń chłodniczych, a ich właściciele mogą być potencjalnymi klientami;
- **zagrożenia:**
- niewielka ilość tego typu rozwiązań może świadczyć o braku zainteresowania takimi instalacjami,
- wysokie oprocentowanie kredytów.

WNIOSKI:

- Przeprowadzony przegląd dotychczasowych rozwiązań węzłów odzysku ciepła skraplania, to zaledwie kilkanaście propozycji, a jedynie kilka z nich jest opartych o SPC. Dowodzić to może zarówno istnienia luki rynkowej, którą można (i należy) wykorzystać, jak również braku zainteresowania takimi rozwiązaniami;
- Wysoki koszt inwestycyjny, który może być powodem małego zainteresowania potencjalnych inwestorów, spowodowany jest m. in. przez zastosowanie urządzeń zachodnich producentów (DK);

- polscy producenci nie oferują podobnych urządzeń tej wielkości;
- Wadą tego typu systemów jest cykliczność pracy urządzeń chłodniczych, co pociąga za sobą konieczność zastosowania zbiorników buforowych. Wiąże się to ze zmniejszeniem ilości ciepła będącego do dyspozycji SPC oraz wzrostem kosztów inwestycyjnych;
- W przypadku zaprojektowanej instalacji problemem jest również fakt, że urządzenie chłodnicze nie pracuje w okresie lata. Co prawda ogrzewanie wtedy nie jest potrzebne, ale CWU tak. Konieczne jest więc np. zainstalowanie grzałek elektrycznych w zbiornikach CWU;
- Obliczenia teoretyczne zapewniają co prawda wysoki współczynnik COP = 3,1 co przyczyni się do szybkiej amortyzacji inwestycji, ale brak dotychczas pracujących podobnych instalacji nie pozwala na praktyczną weryfikację przedsięwzięcia. Trudno również określić rzeczywiste wartości ciepła skraplania, które jest usuwane z urządzenia chłodniczego oraz czas jego pracy (problem doboru zbiorników buforowych);
- Biorąc pod uwagę korzyści wynikające z zastosowania odzysku ciepła skraplania, proponowane rozwiązanie wydaje się być dobrą inwestycją, zarówno dla inwestora (właściciela urządzenia chłodniczego), jak i firmy oferującej rozwiązanie, co potwierdza analiza kosztowa.

technika chłodnicza i klimatyzacyjna


odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

odzysk ciepła w chłodnictwie

- Zaletą zaproponowanego rozwiązania jest również fakt, że węzeł taki można zaadoptować nawet dla urządzeń chłodniczych o wydajnościach rzędu 10 kW.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Bieńczyk K., Rochatka T., Stachowiak A., Zwierzycki W.: Skojarzona gospodarka energetyczna w przemyśle spożywczym z wykorzystaniem pomp ciepła. „Chłodnictwo”, 1998, nr 12.
- [2] Bojanowski H.: Marketing i rynek produktów oraz usług ekologicznych. Białystok, 1996.
- [3] Chromik A.: Praca Dyplomatyczna Magisterska, Wydział Mechaniczny, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia 1998.
- [4] Döhlinger M.: Lepsze urządzenia, zdrowsze środowisko. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 1997, nr 1.
- [5] Estemberg P.: Praca Dyplomatyczna Inżynierska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2000.
- [6] Heinrich G., Najorak H., Nestler W.: Wärmepumpenanwendung in Industrie, Landwirtschaft, Gesellschafts- und Wohnungsbau. VEB VERLAG TECHNIK. Wydanie 2. Berlin 1987.
- [7] Jacobsen C.: Pompy ciepłe i odzysk ciepła. „Chłodnictwo”, 1992, nr 1.
- [8] Kłęk J.: Praca Dyplomatyczna Magisterska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 1998.
- [9] Matera R.: Praca Dyplomatyczna Inżynierska, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2001.
- [10] Michałowski M., Klimczak T., Bonca Z.: Wykorzystanie ciepła skraplania w urządzeniach chłodniczych. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, 1999, nr 3.
- [11] Mikielewicz J., Cieśliński J.: Wybrane zagadnienia ekologicznej gospodarki energią. Wyd. IMP PAN. Gdańsk 1996.
- [12] Molenda G.: Odzysk ciepła w chłodnictwie i klimatyzacji a ekologia. „Chłodnictwo”, 1999, nr 12.
- [13] Petrák J., Petrák M.: Przemysłowa pompa ciepła. „Chłodnictwo”, 1999, nr 11.
- [14] Rosiński M., Lustig M.: Ekologiczne źródło ciepła. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 1996, nr 5.
- [15] Rubik M.: Pompy ciepła. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 1998, nr 4.
- [16] Skupiński J.: Efektywna gospodar-
- ka ciepłem i chłodem. „Chłodnictwo”, 1996, nr 12.
- [17] Ullrich H. J.: Technika chłodnicza i klimatyzacyjna. Poradnik. Wyd. MASTA. Gdańsk 1998.
- [18] Zimny J., Knaga J., Kempkiewicz K.: Przemysłowe zastosowanie sprężarkowych pomp ciepła. „Chłodnictwo”, 1999, nr 2.
- [19] Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 1999. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Rok LIX, Warszawa 2000.
- [20] Urządzenia do odzysku ciepła skraplania firmy DK-Kälteanlagen GmbH. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, 1999, nr 2.
- [21] Wykorzystanie ciepła powstałego w chłodnictwie w urządzeniach firmy DK-Kälteanlagen (Niemcy). „Chłodnictwo”, 1996, nr 12.
- [22] Katalogi i materiały informacyjne firmy Danfoss.
- [23] Katalogi i materiały informacyjne firmy DK-Kälteanlagen.
- [24] Katalogi i materiały informacyjne firmy Grundfos.
- [25] Katalogi i materiały informacyjne firmy SeCeS-Pol.
- [26] Strona internetowa: www.republika.com.pl/ciz.
- [27] Strona internetowa: www.stat.gov.pl. 

wentylacja.biz klimatyzacja.biz chlodnictwo.biz

Nowości

Banery reklamowe

E-mailingi

Informacje branżowe

Promocje

Katalog Firm

Sondy

Wydarzenia i targi

Katalog Produktów

Elektroniczne zapytania ofertowe

email: redakcja@wentylacja.biz

email: redakcja@klimatyzacja.biz

email: redakcja@chlodnictwo.biz

tel.: 052 343-73-35; fax: 052 347-23-25

Kontakt bezpośredni:

Dominik Kostrzak

tel.: 052 343-73-35, kom.: 665-471-228

dominik.kostrzak@vertica.pl