

Witold SKRZYPULEC*, Gabriela KONOPKA-CUPIAŁ**

Efektywne wykorzystanie energii i czyste środowisko – główne kierunki rozwoju w branży chłodniczej i klimatyzacyjno-wentylacyjnej

STRESZCZENIE. Wymogi konkurencji na światowych rynkach oraz coraz wyższe wymagania środowiskowe stymulują ciągłe zmiany oraz udoskonalanie istniejących rozwiązań. Równocześnie następuje dynamiczny rozwój ekologicznych technik, alternatywnych w stosunku do chłodnictwa tradycyjnego, jak choćby chłodnictwo magnetyczne czy termoakustyczne. W artykule omówione zostały główne kierunki rozwoju przemysłu chłodniczego i klimatyzacyjnego w kontekście efektywności energetycznej oraz zagadnień ochrony środowiska, które związane są z bieżącą działalnością Centralnego Ośrodka Chłodnictwa COCH.

SŁOWA KLUCZOWE: efektywność energetyczna, naturalne czynniki chłodnicze, chłodnictwo magnetyczne, termoakustyka, próżniowe panele izolacyjne, VIP

Wprowadzenie

Centralny Ośrodek Chłodnictwa COCH jest firmą z wieloletnią tradycją w zakresie technologii niskich temperatur. Działalność ośrodka obejmuje prace naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe oraz badania prototypów i pilotażowe nowych generacji maszyn i urządzeń z zakresu chłodnictwa, pomp ciepła i klimatyzacji. Dzięki stałej współpracy z ośrodkami akademickimi, organizacjami badawczymi i przemysłowymi, również mię-

* Mgr inż., ** Dr inż. – Centralny Ośrodek Chłodnictwa COCH; e-mail: coch@coch.pl

dzynarodowymi, jak np. Międzynarodowy Instytut Chłodnictwa, COCH w blisko 60-letnim okresie swojego istnienia wielokrotnie wprowadzał i wdrażał w skali kraju nowatorskie oraz innowacyjne rozwiązania i technologie. W akredytowanym laboratorium prowadzone są badania nowych wyrobów wdrażanych w przemyśle, badania atestacyjne środków transportu chłodniczego oraz badania związane z certyfikacją wyrobów. Na bazie posiadanego doświadczenia oraz zaplecza badawczego Centralny Ośrodek Chłodnictwa stwarza takie możliwości rozwoju krajowym producentom z branży chłodniczej i klimatyzacyjnej, aby wyroby produkowane w Polsce posiadały możliwie najwyższe wskaźniki efektywności energetycznej oraz były bezpieczne dla środowiska naturalnego.

W niniejszym opracowaniu prezentujemy te zagadnienia, którymi COCH zajmuje się obecnie i którymi planuje zajmować się w najbliższej przyszłości. Kierunki działań Centralnego Ośrodka Chłodnictwa można podzielić na trzy główne nurty, które przedstawiono w artykule.

1. Pro-ekologiczne czynniki chłodnicze

Działania ekologiczne związane z branżą chłodniczą skupiają się głównie na dwóch grupach syntetycznych czynników chłodniczych:

- ✧ substancjach zubażających warstwę ozonową oraz
- ✧ fluorowanych gazach cieplarnianych.

Należy mieć świadomość, że urządzenia chłodnicze przyczyniają się do efektu cieplarnianego na dwa sposoby – przez bezpośrednią emisję gazów o wysokim potencjale efektu cieplarnianego (czynników żiębniczych) oraz pośrednio przez zużywanie energii napędowej. W najbliższych latach, z uwagi na wymogi ochrony środowiska, nastąpi konieczność wycofania wszelkich czynników grupy chlorofluorowęglowodorów (HCFC), jako substancji zubażających warstwę ozonową, zgodnie z międzynarodowymi uzgodnieniami określonymi Protokołem Montrealskim. W obszarze chłodnictwa i klimatyzacji dotyczy to głównie czynnika R22, który jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych czynników żiębniczych.

Harmonogram wycofywania czynników z grupy HCFC ze stosowania i obrotu na terenie Unii Europejskiej na dzień dzisiejszy jest następujący:

- ✧ od 1 stycznia 2010 roku nie będzie można stosować pierwotnych („świeżych” – pochodzących od producenta substancji chemicznych) czynników z grupy HCFC do obsługi technicznej i naprawy urządzeń, a jedynie pochodzące z odzysku.
- ✧ od 1 stycznia 2015 roku nie będzie można stosować żadnych czynników z grupy HCFC (zarówno „świeżych”, jak i pochodzących z odzysku). Od tej daty wszystkie urządzenia i instalacje w których układzie znajdować się będzie czynnik z grupy HCFC będą mogły być eksploatowane tylko do tzw. „śmierci technicznej”, bez możliwości prowadzenia obsługi i naprawy.

Równocześnie w najbliższej przyszłości można się spodziewać dalszych prawnych ograniczeń w stosowaniu także i nowych zamiennych czynników z grupy HFC z uwagi na

ich wysoki potencjał tworzenia efektu cieplarnianego. Daty i terminy ograniczeń stosowania czynników grupy HCFC ustanowione przez Komisję Europejską są szczególnie krótkie, przez co przedsiębiorcy z obszaru Unii Europejskiej chcąc nie chcąc staną się pionierami oraz swoistym poligonem doświadczalnym dla technik związanych z przeobrażaniem istniejących instalacji ziębniczych na nowe czynniki oraz wprowadzaniem nowych pro-ekologicznych czynników do swoich urządzeń.

Na całym świecie podjęto szeroko zakrojone prace badawcze prowadzone zarówno przez producentów wyposażenia ziębniczego, jak i jednostki naukowe. W części z tych ośrodków skupiono się na poszukiwaniu nowych substancji bezpiecznych ekologicznie oraz spełniających podstawowe kryteria chemiczne, fizyczne i termodynamiczne. Powinny one z czasem całkowicie zastąpić stosowane dotychczas, stopniowo wycofywane z użycia czynniki. Są to studia i badania poświęcone wprowadzaniu do szerokiego zastosowania w przemyśle chłodniczym i klimatyzacyjnym nowych czynników ziębniczych, a także naturalnych, jak np. dwutlenek węgla, amoniak czy węglowodory (HC) takie jak propan lub izobutan. Ponieważ polityka ekologiczna Unii Europejskiej dąży do znacznego ograniczenia w przyszłości stosowania czynników syntetycznych, dlatego też COCH skupił swą działalność na badaniach związanych z zastosowaniem czynników naturalnych. Nowe tego typu rozwiązania będą stanowić alternatywę w stosunku do wycofywanych czynników o potencjale niszczenia warstwy ozonowej (ODP – *Ozone Depletion Potential*), czy też posiadających wysoki potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP – *Global Warming Potential*).

2. Efektywność energetyczna urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych

Równoległym nurtem podjętych działań w ośrodkach naukowych i przemysłowych są badania, w których szczególną uwagę kładzie się na rozwiązania zapewniające maksymalną efektywność energetyczną. Prowadzone w tym zakresie prace dotyczą przede wszystkim nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych przykładowo przez: stosowanie ulepszonych wymienników ciepła, dostosowywanie wydajności urządzeń do chwilowego zapotrzebowania, ograniczanie napełnienia instalacji czynnikami chłodniczymi, wykorzystanie ciepła odpadowego, akumulację zimna, udoskonalenia w sterowaniu pracą urządzeń czy ich oświetlenia. Obecnie istnieje już wiele przykładów wdrożenia nowych tego typu rozwiązań, przy równoczesnym wykorzystaniu czynników pro-ekologicznych. Tytułem przykładu można wskazać rozwiązanie prezentowane na targach EUROSHOP 2008 w Dusseldorfie, gdzie były prezentowane autonomiczne zblokowane agregaty ziębnicze napełnione propanem spełniające wymagania bezpieczeństwa. Wykazują one od 10 do 15% niższe zużycie energii niż analogiczne urządzenia pracujące na klasycznym czynniku R404A posiadającym wysoki potencjał tworzenia efektu cieplarnianego. W nowych tego typu rozwiązaniach wyposażonych w sprężarki o regulowanej prędkości obrotowej,

oszczędza się dalsze 10–15% energii napędowej. Ciepło wytwarzane przez agregaty w tym rozwiązaniu jest przekazywane do przestrzeni np. handlowej sklepu – co w okresie grzewczym jest korzystne, ponieważ następuje pewnego rodzaju naturalny odzysk ciepła, a w okresie letnim, przy dodatkowym wyposażeniu agregatów w skraplacze wodne i odpowiedniej sieci wodnej można oddawać ciepło do otoczenia zamiast stosować drogą okrężną poprzez system klimatyzacji. Warto tu zaznaczyć że w przypadku dużych powierzchni handlowych, jak supermarkety, około 40–60% całej energii elektrycznej zużywają urządzenia chłodnicze. Dlatego też tak istotne są rozważania poświęcone rzeczywistym ocenom efektywności energetycznej tych urządzeń. Należy tu podkreślić, iż przez ostatnie lata na świecie, w tym i w Europie, dyskusja ta ewoluje i nabiera wciąż nowych wymiarów, co powoduje dynamiczne zmiany i ciągły rozwój konstrukcji oferowanych przez producentów obecnych na rynku. Badania energetyczne prowadzone w specjalistycznym laboratorium w COCH urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych oraz późniejsza korekta rozwiązań technicznych daje szansę na to, że urządzenia wytwarzane przez krajowych producentów mogą w sposób znaczący podnosić swoje parametry energetyczne i cieplne.

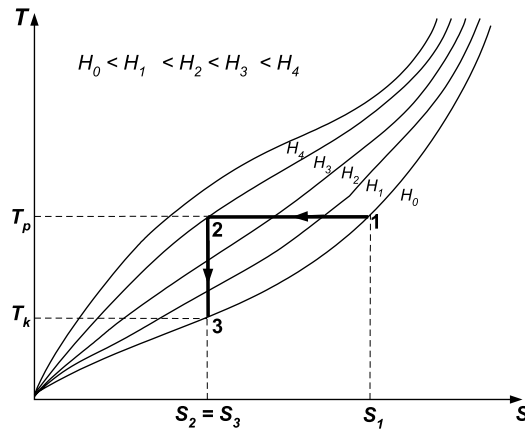
3. Nowe technologie

Centralny Ośrodek Chłodnictwa stara się także wprowadzać i promować na rynku polskim nowe technologie oraz kierunki rozwoju związane z urządzeniami chłodniczymi i klimatyzacyjnymi.

Chłodzenie magnetyczne jest to technologia obniżania temperatury wykorzystująca efekt magnetokaloryczny (efekt adiabatycznego rozmagnesowania paramagnetyków). Jest to technika obniżania temperatury znana od roku 1926 i stosowana w kriogenice do uzyskiwania ekstremalnie niskich temperatur, nawet poniżej 1 K. Liczne analizy i badania wykazały, że dzięki odpowiednio dobranej konstrukcji może być także stosowana w chłodnictwie „tradycyjnym”. Efekt magnetokaloryczny (rozmagnesowanie adiabatyczne) to zjawisko termodynamiczne, w którym zmiany temperatury odpowiednio dobranego materiału (paramagnetyka) są powodowane oddziaływaniem na ten materiał cyklicznie zmieniającego się pola magnetycznego. Możliwość obniżenia temperatury na drodze rozmagnesowania adiabatycznego wynika z uporządkowania dipoli w paramagnetyku połączonemu z obniżeniem entropii. Obniżanie temperatury zachodzi w dwóch etapach. Najpierw następuje izotermiczne namagnesowanie materiału (proces 1–2 na rys. 1), podczas którego natężenie zewnętrznego pola magnetycznego wzrasta od wartości H_0 do H_3 , dipole magnetyczne układają się równolegle do kierunku pola, a entropia ciała maleje od wartości S_1 do S_2 . Procesowi temu towarzyszy przekazanie ciepła do otoczenia w ilości $q = T_p(S_1 - S_2)$. Drugi etap to adiabatyczne rozmagnesowanie (proces 2–3 na rys. 1), czyli powrót do natężenia H_0 oraz obniżenie temperatury od T_p do T_k . Temperaturę końcową paramagnetyka po rozmagnesowaniu opisuje się zależnością:

$$T_k = T_p \sqrt{1 - \frac{\mu_0 C H_0^2}{c_H T_0^2}}$$

gdzie: H_0 – początkowe natężenie pola magnetycznego,
 C – stała Curie,
 c_H – ciepło właściwe paramagnetyka przy stałym natężeniu pola magnetycznego H ,
 μ_0 – przenikalność magnetyczna próżni.



Rys. 1. Proces obniżania temperatury w efekcie rozmagnesowania adiabatycznego (Chorowski 2007)

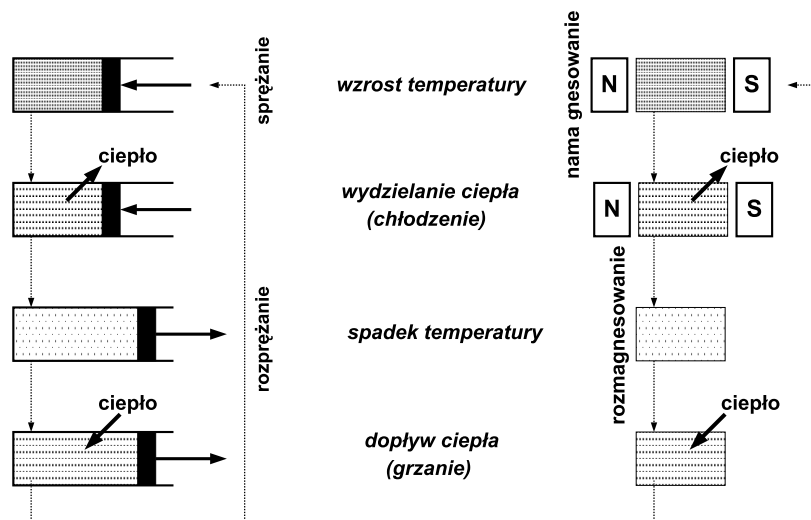
Fig. 1. Temperature lowering process by the effect of adiabatic demagnetization

Wydajność chłodniczą procesu rozmagnesowania adiabatycznego wyraża się zależnością:

$$Q = -T \int_0^H \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_H dH = \frac{CH^2}{2T}$$

Efekt magnetokaloryczny można porównać do sprężania i rozprężania gazu (rys. 2). Proces izotermicznego namagnesowania to odpowiednik izotermicznego sprężania gazu, proces rozmagnesowania adiabatycznego pod względem termodynamicznym jest analogiczny do izentropowego rozprężania gazu.

W zakresie temperatur 250–290 K, czyli zakresie typowym dla chłodnictwa klasycznego, jako substancje pozwalające na uzyskanie efektu magnetokalorycznego wykorzystuje się najczęściej związki gadolinu. W przypadku tego pierwiastka, podobnie jak dla wszystkich innych związków wykorzystywanych do pracy w temperaturach powyżej 20 K, efekt magnetokaloryczny zależy zarówno od temperatury jak i od pola magnetycznego, osiągając ostre maksimum w temperaturze przejścia fazowego ferromagnetyka w paramagnetyk (w temperaturze Curie). Przykładowo w temperaturze 293 K i polu magnetycznym 7 T, efekt magnetokaloryczny gadolinu wynosi 13,8 K. Rozwiązania tego typu w stosunku do technik



Rys. 2. Porównanie obiegu parowo-sprężarkowego do procesu obiegu chłodzenia magnetycznego (Vasile, Muller 2006)

Fig. 2. Analogy between vapor cycle conventional refrigeration and magnetic refrigeration

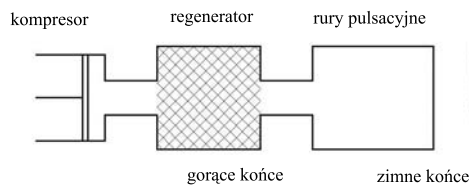
tradycyjnych, będących obecnie na rynku, stwarza nadzieje na oszczędność energii elektrycznej nawet do około 50%, równocześnie jest to technika całkowicie proekologiczna, gdyż jako element schładzający zastosowany będzie materiał charakteryzujący się dużym efektem magnetokalorycznym).

Chłodnictwo termoakustyczne także jest obiecującym kierunkiem rozwoju przyjaznych środowisku alternatywnych technik ziębniczych. Około sto lat temu na efekty termoakustyczne zwrócili uwagę dmuchacze szkła. Stwierdzono, iż rury służące do dmuchania szkła po ogrzaniu wydychanej bańki szkła wydają dźwięki. Znacznie później okazało się, że zjawisko to może być także odwracalne – nie tylko przepływ ciepła może wywoływać drgania akustyczne, ale i drgania akustyczne mogą także generować przepływ ciepła. Jednymi z pierwszych urządzeń wykorzystujących to zjawisko były pulsacyjne rury chłodzące (*pulse tube refrigerator*). Próby budowy tego typu urządzeń pojawiły się w latach sześćdziesiątych XX wieku, jednak przełom w praktycznym zastosowaniu tego typu konstrukcji nastąpił dopiero w roku 1983, kiedy to Dr. E. Mikulin zastosował dodatkową kryzę oraz zbiornik (rys. 3), co spowodowało znaczny wzrost wydajności i umożliwiło rozwój tego typu rozwiązań wykorzystywanych głównie w technikach osiągnięcia niskich temperatur.

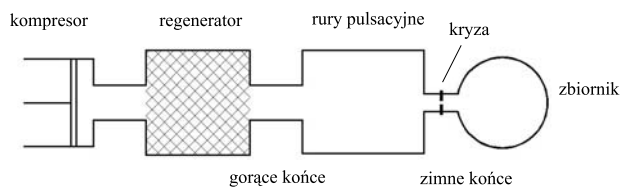
Równoległe od lat siedemdziesiątych XX wieku prowadzono próby zastosowania technologii, która wykorzystuje fale dźwiękowe o częstotliwości znacznie wyższej niż te wykorzystywane w pulsacyjnych rurach chłodzących. Obecnie istnieją dwa typy tego rodzaju rozwiązań:

- ✧ chłodziarki termoakustyczne działające w oparciu o fale akustyczne stojące,
- ✧ chłodziarki termoakustyczne działające w oparciu o fale akustyczne biegnące.

Zasada działania urządzeń polega na wykorzystaniu cyklicznego oddziaływania fali akustycznej na cząsteczki medium (gazu) roboczego.



Pierwsze podstawowe konstrukcje pulsacyjnych rur chłodzących
(Basic Pulse Tube Refrigerator)

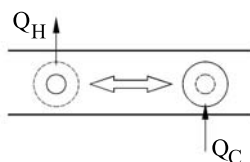


Konstrukcje pulsacyjnych rur chłodzących z kryzą i dodatkowym zbiornikiem
(Orifice Pulse Tube)

Rys. 3. Schematyczny rysunek układu pulsacyjnych rur chłodzących (Materiały informacyjne NASA)

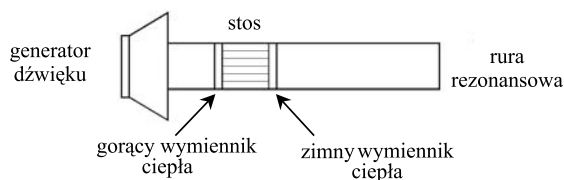
Fig. 3. Schematic drawings – pulse tube refrigerator

W przypadku urządzeń działających w oparciu o fale akustyczne stojące (rys. 4 i 5) cząsteczki gazu rozpoczynają cykl termodynamiczny w temperaturze otoczenia. W pierwszym etapie cząsteczki gazu przemieszczają się w kierunku gorącego wymiennika ciepła pod wpływem działania fali akustycznej stojącej. W trakcie tego ruchu następuje ich adiabaticzne sprężanie, co powoduje wzrost ich temperatury. W tym stanie temperatura gazu jest wyższa niż otaczające je ścianki stosu. W rezultacie nadmiar ciepła jest oddawany do



Rys. 4. Schematyczny rysunek wymiany ciepła w urządzeniu termoakustycznym (Wetzel, Herman 1997)

Fig. 4. Schematic of the thermoacoustic heat pumping cycle



Rys. 5. Schematyczny rysunek chłodniczego urządzenia termoakustycznego – fala stojąca
(Wetzel, Herman 1997)

Fig. 5. Schematic of the thermoacoustic refrigerator – standing-wave

otoczenia. W trakcie drogi powrotnej, pod wpływem działania fali akustycznej cząsteczki gazu ulegają adiabatycznemu rozprężaniu, przez co ochładzają się. W tym stanie cząsteczki gazu są chłodniejsze niż otaczające je ścianki stosu, w wyniku czego następuje odebranie ciepła z otoczenia i w efekcie ich powrót do stanu początkowego. Cały proces zachodzi w czasie jednej oscylacji dźwięku.

W konstrukcjach tego typu bardzo istotne jest ograniczenie oddziaływania siły lepkości medium roboczego (gazu). Jest ona określana przez głębokość oddziaływania lepkości kinematycznej oznaczanej jako $\delta_v = (2\nu/\omega)^{1/2}$, gdzie: ω – częstotliwość kątowna określana z zależności $\omega = 2\pi f$, ν – lepkość kinematyczna nazywana też kinetyczną, będąca stosunkiem lepkości dynamicznej do gęstości płynu, zaś częstotliwość fali akustycznej oznaczona została przez f . Równie istotne dla optymalizacji pracy tych urządzeń jest osiągnięcie możliwie jak największego oddziaływania termicznego na stos/regenerator, zwykle opisywane jest jako głębokość oddziaływania termicznego $\delta_k = (2k/\rho c_p \omega)^{1/2}$, gdzie k – przewodność cieplna gazu roboczego, ρ – gęstość gazu, zaś c_p – ciepło właściwe gazu przy stałym ciśnieniu. Oba rodzaje oddziaływań są ze sobą powiązane przez liczbę Prandtla $\sigma = (\delta_v/\delta_k)^2$. Dla większości gazów stosunek tych oddziaływań kształtuje się na poziomie $\sigma \cong 2/3$, tak więc jest stosunkowo wyrównany. Istnieją jednak mieszanki gazów lekkich z ciężkimi (np hel oraz ksenon), gdzie stosunek ten może być znacznie niższy i wynosić 1/5, co odpowiednio przekłada się na funkcjonowanie urządzenia. Obecne pionierskie rozwiązania są to już efektywne energetycznie obiegi termodynamiczne, gdzie czynnikiem przenoszącym energię jest np. gaz obojętny, nie oddziałujący na środowisko naturalne. Dodatkowym atutem tego typu konstrukcji jest brak ruchomych mechanicznych elementów w układzie, co daje szansę stworzenia konstrukcji działającej praktycznie bezawaryjnie. Szybki rozwój konstrukcji urządzeń wykorzystujących efekt termoakustyczny rokuje, iż być może już niedługo pojawią się pierwsze tego typu komercyjne rozwiązania na szerszą skalę.

Próżniowe panele izolacyjne – ważnym kierunkiem jest minimalizacja strat energetycznych i cieplnych w obecnie stosowanych rozwiązaniach związane m.in. z poprawą izolacji cieplnej przez zastosowanie nowych technik. Jednymi z bardziej obiecujących technologii obecnie wydają się być próżniowe panele izolacyjne (VIP – *Vacuum Insulated Panel*). Są to nowoczesne materiały izolacyjne, wykorzystujące wysokie właściwości termoizolacyjne próżni. Choć historia początków tego rodzaju rozwiązań sięga lat trzydziestych XX wieku, dopiero z końcem lat siedemdziesiątych nastąpił przełom, a od lat dziewięćdziesiątych zeszłego wieku zdecydowany rozwój tych technologii. Obecnie większość tego typu paneli posiada rdzeń wykonany ze spienionego silikonu o gęstości około 180 kg/m^3 umieszczonego w płaszczu z tworzywa sztucznego, laminacie oraz metalowej folii. Wewnątrz paneli wytwarzana jest próżnia w granicach od 0,1 do około 20 mbar. Rdzeń spełnia równocześnie dwie funkcje – wypełnia membranę (płaszcz), tak aby po wytworzeniu próżni jej ścianki nie zapadły się, oraz dodatkowo uniemożliwia swobodny przepływ pozostałych wewnątrz paneli molekuł gazu. Próżnia wewnątrz panelu VIP znacznie zmniejsza przewodnictwo ciepła i konwekcji. Rozwiązania te zapewniają wielokrotnie niższe straty cieplne przy znacznie mniejszych gabarytach w stosunku do tradycyjnej izolacji. W zestawieniu z powszechnie stosowanymi materiałami takimi jak styropian, wełna mineralna czy pianki poliuretanowe, izolację próżniową wyróżniają około dziesięciokrotnie niższe wartości prze-

wodnictwa cieplnego (np. 0,004 W/m·K). Co prawda generują one znaczne koszty w stosunku do pianek, włókien szklanych i innych materiałów tradycyjnie używanych w pracach termoizolacyjnych, jednak spektakularnie wysokie wartości oporu cieplnego czynią je przydatne w sytuacjach, kiedy należy spełnić wysokie wymagania izolacji lub powstają ograniczenia przestrzenne w wyniku użycia tradycyjnej izolacji. Należy zaznaczyć, że w odróżnieniu od np. włókna szklanego, panele VIP nie mają jeszcze na dzień dzisiejszy tak długiej żywotności, gdyż jest to trudne do osiągnięcia z powodu problemów z utrzymaniem w trakcie upływu czasu odpowiednio wysokiej próżni. Wynika to z tego, że podciśnienie w panelu dąży do zrównoważenia z ciśnieniem zewnętrznym otoczenia, w konsekwencji opór cieplny z czasem ulega systematycznemu pogorszeniu i degradacji. Niemniej w ostatnich latach wprowadzone zostały technologie, które znacznie obniżyły koszty tego typu izolacji, przy równoczesnym wydłużeniu okresu ich prawidłowego działania. Na świecie podjęto już próby wprowadzenia tego typu rozwiązań do urządzeń produkowanych seryjnie. Główne zastosowanie znajdują one w nowoczesnych rozwiązaniach niskotemperaturowych szaf laboratoryjnych, specjalistycznym transporcie czy też nawet w budownictwie.

Wszystkie wyżej wymienione kierunki prac badawczych są nowymi polami rozwoju technik związanych z chłodnictwem oraz rozwiązaniami innowacyjnymi nie tylko w skali Polskiej, ale i światowej. Popularyzacja powyższych zagadnień, a w praktyce – w najbliższej przyszłości także budowa w Polsce prototypowych urządzeń wykorzystujących rozwiązania, o których mowa powyżej, zmierzająca ostatecznie do ich wdrożenia – umożliwią realizację aksjomatu ochrony środowiska w omawianej dziedzinie i równoczesny rozwój branży. Realizacja tego typu zadań z całą pewnością przyczyni się do podniesienia konkurencyjności i innowacyjności polskiej gospodarki.

Zakres działalności COCH i współpracy z przedsiębiorcami oraz osobami działającymi w branży chłodniczej jest bardzo szeroki. Obecnie zakończony został program szkoleń o zasięgu ogólnokrajowym skierowany do personelu oraz użytkowników urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych. COCH prowadzi działalność edukacyjną oraz szkoleniową wynikającą z ustaw dotyczących substancji kontrolowanych, mającą na celu podniesienie świadomości ekologicznej oraz poszerzenie wiedzy technicznej użytkowników i instalatorów urządzeń chłodniczych.

Centralny Ośrodek Chłodnictwa COCH jest zainteresowany możliwie szeroką współpracą w zakresie poszerzania wiedzy oraz promowania i docierania do jak największej ilości producentów oraz użytkowników urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych w Polsce z informacjami związanymi z problematyką nowych innowacyjnych rozwiązań i technologii lub etykiet energetycznych, standardów efektywności energetycznej czy też eko-projektowania i europejskiego znaku ekologicznego.

Literatura

- CHOROWSKI M., 2007 – Kriogenika podstawy i zastosowania; Masta Gdańsk.
EICHER H., 2001 – The role of high performance insulation in energy efficiency; International Conference and Workshop EMPA Duebendorf.

- FRICKE J., 2005 – From Dewars to VIPs – One Century of Progress in Vacuum Insulation Technology; 7th International Vacuum Insulation Symposium – EMPA, Duebendorf/ Zurich, Switzerland.
- GARRETT L., 2004 – Resource Letter TA-1: Thermoacoustic engines and refrigerators; American Association of Physics Teachers 72 (1), 11–17.
- KAUFFELD M., 2008 – Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen; Ki Luft- und Kältetechnik
- Materiały informacyjne NASA Instrument & Sensing Technology ze stron – <http://ranier.hq.nasa.gov/>; A Short History of Pulse Tube Refrigerators.
- MONIER V., MUDGAL S., LYAMA S., TINETII B., 2008 – Bio Intelligence Service; Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs – Commercial refrigerators and freezers Draft Final Report.
- PIECHA J., 4/2005 i 6/2005 – Termoakutyka przyszłością chłodnictwa? cz. I i cz. II; Chłodnictwo & Klimatyzacja.
- RUSSEK S.L., ZIMM C.B., 2006 – Potential for cost effective magnetocaloric air conditioning systems; International Journal of Refrigeration vol. 29, 1366–1373.
- VASILE C., MULLER C., 2006 – Innovative design of magnetocaloric system; International Journal of Refrigeration vol. 29, 1318–1326,
- WETZEL M., HERMAN C., 1997 – Design optimization of thermoacoustic refrigerators; International Journal of Refrigeration vol. 20, no 1 pp. 3–21.
- YU B.F., i in., 2003 – Review on research of room temperature magnetic refrigeration; International Journal of Refrigeration vol. 26, 622–636.

Witold SKRZYPULEC, Gabriela KONOPKA-CUPIAŁ

Efficiency of using energy and clean environment – main development directions of refrigeration and air-conditioning industry

Abstract

Competition on world markets and rising environmental requirements enforce development of existing cooling technologies. At this same time rapidly increase develop of new ecological and alternative solutions to conventional refrigeration techniques like thermoacoustic or magnetic refrigeration. In this paper were specified principal development directions of refrigeration and air-conditioning industry in context of energy efficiency and environmental protection which are connected with present Refrigeration Research and Development Centre COCH activity.

KEY WORDS: energy efficiency, natural refrigerants, magnetic refrigeration, thermoacoustic, vacuum insulated panels, VIP