

**Roman ŚMIERZCHALSKI**  
Akademia Morska, Gdynia

## **PROBLEMY EKSPLOATACJI KONTENERÓW CHŁODNICZYCH NA STATKU**

### **Słowa kluczowe**

Kontenery chłodnicze, eksploatacja, układy automatyki, regulacja temperatury, systemy kontroli i sterowania, systemy zasilania energią elektryczną.

### **Streszczenie**

Wzrost liczby kontenerów chłodniczych przewożonych drogą morską stawia nowe obowiązki oraz wymaga odpowiednich procedur postępowania i doświadczenia zawodowego członków załogi statku. W artykule przedstawiono ogólne problemy transportu kontenerów chłodniczych drogą morską, zasady eksploatacji kontenerów, w zakresie pracy układów sterowania i kontroli, ze szczególnym uwzględnieniem regulacji temperatury. Przedstawiano procedury w czasie załadunku kontenerów w porcie, podczas podróży morskiej i wyładunku w miejscu docelowym.

### **Wprowadzenie**

Przewozy kontenerowe to jedna z najszybciej rozwijających się gałęzi współczesnej żeglugi światowej. Statki do przewozu kontenerów, jako jednostki szybkie oraz uniwersalne, stanowią coraz większy procent składu światowej floty handlowej i są szybko modernizowaną grupą statków. Wprowadzenie nowoczesnych systemów przewozowych spowodowało, że kontenerowce wypierają z konkurencji tradycyjne drobnicowce, a także chłodniowce. Współcześnie budowane kontenerowce mają możliwość jednoczesnego przewozu do ponad 1 000 kontenerów chłodniczych, podłączonych do własnego

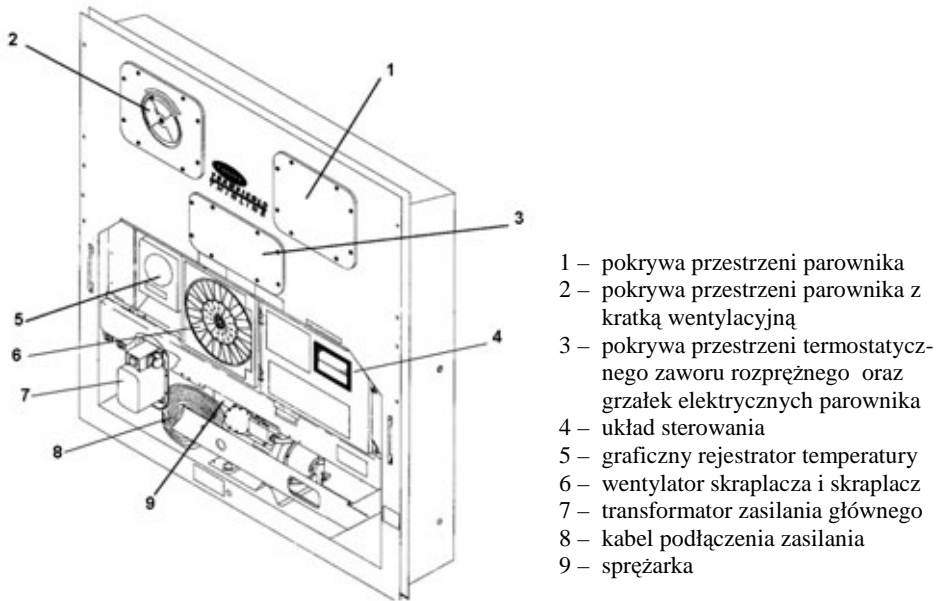
systemu elektroenergetycznego [1]. Postęp w technice mikroprocesorowej doprowadził do poprawy jakości regulacji temperatury oraz rozszerzenia możliwości kontroli i sterowania pracą kontenera chłodniczego jako zintegrowanego systemu technicznego. Rozwiązania stosowane pozwalają na regulację temperatury w zakresie od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $+30^{\circ}\text{C}$  (niezależnie od warunków zewnętrznych) z dokładnością do dziesiątych części stopnia [1]. Układy automatyki oparte na sterownikach mikroprocesorowych umożliwiają w pełni zautomatyzowaną pracę systemów chłodniczych, rozbudowaną sygnalizację stanów alarmowych, kompleksowe zabezpieczenie, graficzną oraz cyfrową rejestrację przebiegu temperatury regulowanej, kontrolę i zapis parametrów pracującego systemu chłodniczego [2, 3].

Wzrost liczby kontenerów chłodniczych przewożonych drogą morską, stawia nowe obowiązki oraz wymaga odpowiednich procedur postępowania i doświadczenia zawodowego członków załogi statku. Tak znaczna liczba kontenerów zasilanych z okrętowej sieci elektroenergetycznej powoduje wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, wiąże się z intensywną eksploatacją elektrowni okrętowej i sieci zasilającej. Ponadto kontenery transportowane na statku, z racji pracy w niekorzystnych warunkach zewnętrznych, są urządzeniami bardzo awaryjnymi. Aby kontenery pracowały niezawodnie, od personelu obsługującego wymagana jest wiedza zawodowa, znajomość obsługi kontenerów zarówno od strony elektrotechnicznej, jak i chłodniczej, a także doświadczenie w zakresie serwisu tych urządzeń [1].

## 1. Kontenery chłodnicze – rozwiązania techniczne

Kontenery chłodnicze używane są do przewozu ładunków wymagających zachowania wymaganej stałej wartości temperatury ładunku podczas trwania całego cyklu transportowego. Konstrukcja kontenera i jego instalacji chłodniczej pozwala na transport ładunków schładzanych oraz zamrażanych. Jako jednostka ładunkowa kontener chłodniczy nie odbiega gabarytami od kontenerów klasycznych dwudziesto- i czterdziestostopowych. We współczesnych rozwiązaniach agregat chłodniczy jest konstrukcją modułową, wbudowaną we frontową część kontenera i przymocowaną łączykami śrubowymi [4]. W razie konieczności, w warunkach lądowych istnieje możliwość wymiany agregatu chłodniczego. Schemat zasadniczy budowy agregatu chłodniczego oraz panelu frontowego przedstawia rys. 1.

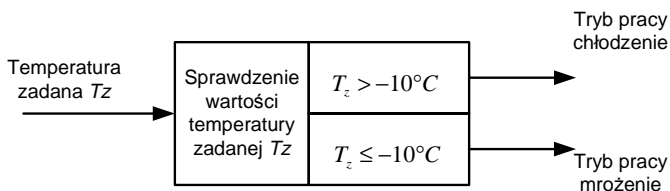
Powietrze chłodzące ładunek kontenera zasysane jest przez wentylatory parownika z górnej części komory ładunkowej i kierowane do przestrzeni parownika. Po wymianie ciepła w parowniku powietrze wdmuchiwane jest do dolnej części komory ładunkowej, gdzie kierując się ku górze przez kanały podłogowe, odbiera ciepło od ładunku.



Rys. 1. Zasadniczy schemat panelu frontowego oraz agregatu chłodniczego [4]

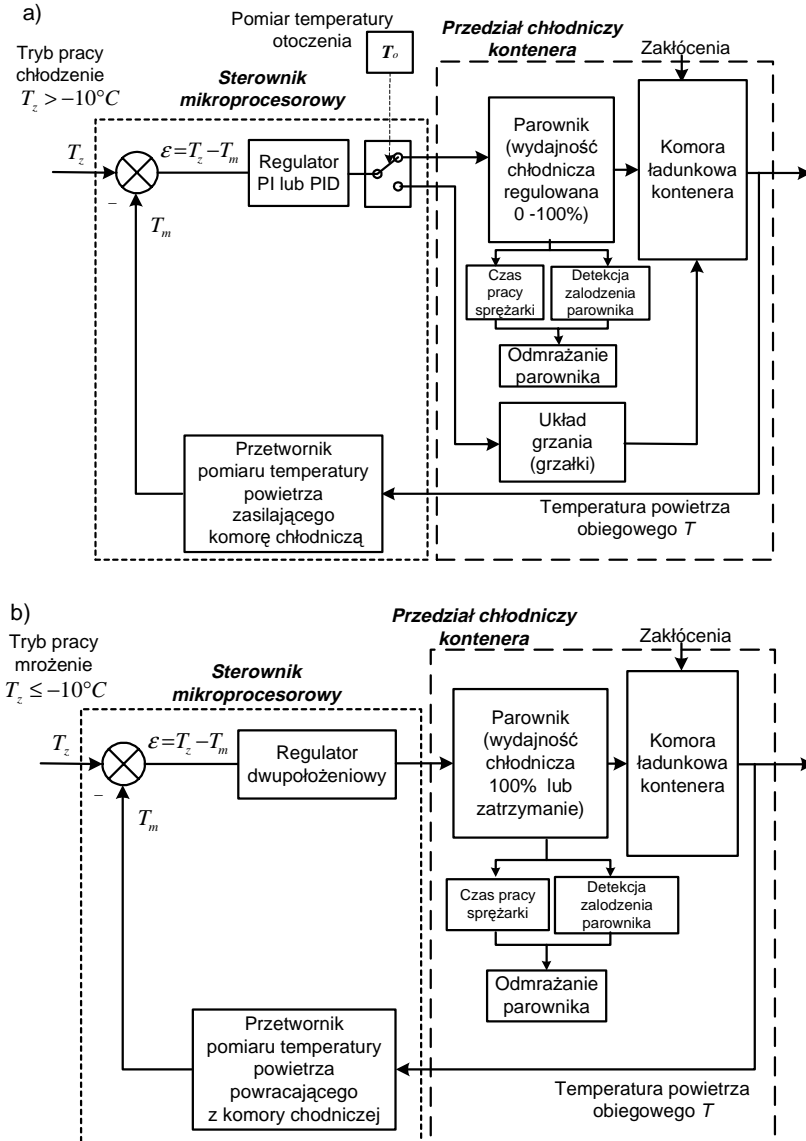
## 2. Regulacja temperatury w kontenerach chłodniczych i zasilanie

Regulacja temperatury w kontenerze odbywa się w układzie zamkniętym sterowania i w zależności od wartości zadanej temperatury realizowana jest w dwóch trybach (rys. 2). W trybie chłodzenia, gdy temperatura zadana wynosi powyżej  $-10^{\circ}\text{C}$ , regulacja odbywa się według reguł sterowania PID lub PI poprzez płynną regulację wydajności chłodniczej na podstawie uchybu regulacji  $\varepsilon$ . Uchyb regulacji  $\varepsilon = T_z - T_m$  określa się jako różnicę pomiędzy wartością temperatury zadanej  $T_z$ , a wartością temperatury mierzonej w kontenerze  $T_m$ . Tryb mrożenia występuje, gdy temperatura zadana jest równa lub poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$ . W tym wypadku regulacja temperatury dokonywana jest według reguły sterowania dwupołożeniowego z zachowaniem stałej wartości uchybu maksymalnego. Fizycznie regulacja dwupołożeniowa temperatury odbywa się przez chłodzenie pełną wydajnością obiegu chłodniczego lub zatrzymanie z cyrkulacją powietrza schładzanego [1, 5].



Rys. 2. Wybór trybu regulacji temperatury [1]

Układ zamkniętego układu regulacji temperatury podczas trybu pracy chłodzenie i mrożenie został przedstawiony na rys. 3. Podczas pracy agregatu chłodniczego kontenera zachodzi konieczność odszraniania parownika. Odszranianie parownika inicjowane może być w cyklicznie, przez programowalny układ czasowy, przez układ detekcji zalodzenia parownika, przez układ kontroli temperatury [1].



Rys. 3. Schemat blokowy zamkniętego układu regulacji temperatury podczas pracy w trybie: a) chłodzenia, b) mrożenia [1]

### 3. Układy sterowania i kontroli

Układy sterowania i kontroli wszystkich współczesnych kontenerów chłodniczych są oparte na sterownikach zbudowanych w technologii mikroprocesorowej. Sterowniki wykonane są w postaci modułowej z wymiennym oprogramowaniem (np. Micro Link firmy Carrier) lub stałym oprogramowaniem (np. seria MMCC firmy Mitsubishi). Wykonanie modułowe bardzo ułatwia wymianę sterownika w sytuacji awaryjnej. Bardziej rozbudowane sterowniki stosuje firma Thermo King (seria MP) lub DAIKIN (seria DECOS) i inne [2–4, 6]. Składają się one z zespołu płyt drukowanych połączonych w funkcjonalny system przewodami komunikacji cyfrowej. W stanie awaryjnym można demontować poszczególne elementy i zastępować je właściwymi zamiennikami. Przez zastosowanie zewnętrznego przenośnego komputera PC z odpowiednim do typu kontenera oprogramowaniem, możliwe jest tworzenie szczegółowych raportów z podróży kontenera na statku jak i postoju na lądzie.

Układy pomiaru temperatur w komorach chłodniczych oparte są obecnie na czujnikach termistorowych. Układy sterowania kontenerów oprócz pracy w trybie automatycznym, ze względu na bezpieczeństwo w stanie awaryjnym posiadają możliwość sterowania ręcznego (tryb awaryjny). Niektóre typy kontenerów wyposażone są w modemy do komunikacji z systemem dozoru bezprzewodowego, co umożliwia współpracę ze zintegrowanym systemem zdalnego sterowania i kontroli kontenerów chłodniczych. Innym rozwiązaniem komunikacji z kontenerem jest system przesyłania informacji kablem energetycznym, np. system REFCON [7]. Ma to istotne znaczenie w wypadku transportu większej ilości kontenerów chłodniczych.

### 4. Eksploatacja kontenerów chłodniczych podczas transportu morskiego

Czas przewozu kontenerów chłodniczych na pokładzie statku trwa od kilku dni do kilku tygodni. Odbywa się nierzadko przez obszary o zróżnicowanych warunkach atmosferycznych i klimatycznych. Obsługę kontenera chłodniczego podczas transportu morskiego [1, 8, 9] można podzielić na trzy etapy: załadunek i pierwsze godziny pracy po uruchomieniu agregatu chłodniczego, podróż morzem oraz wyładunek w porcie docelowym.

Pierwszy etap obejmuje załadunek kontenera na statek, podłączenie do sieci zasilającej, uruchomienie agregatu chłodniczego i dokładne sprawdzenie stanu technicznego. Przy dużej ilości podłączanych kontenerów trzeba brać pod uwagę równomierne podłączenie wtyk do gniazd zasilających, aby nie doszło do nadmiernych obciążeń grupowych. Wtyki i kable podłączeniowe są elementami narażonymi na uszkodzenia mechaniczne podczas normalnej eksploatacji. Podłączając zasilanie do kontenera należy się upewnić, czy wyłącznik układu sterowania jest w pozycji OFF i nie nastąpi niekontrolowany rozruch układu chłodni-

czego. Po załączeniu napięcia i uruchomieniu układu sterowania powinien nastąpić rozruch układu chłodniczego. W pierwszej fazie pracy kontenera po uruchomieniu należy dokonać oględzin systemu i zwrócić uwagę na zasadnicze elementy determinujące właściwą pracę układu chłodniczego: należy ocenić, czy układ chłodniczy nie ma wyraźnych uszkodzeń mechanicznych, sprawdzić, czy podczas pracy sprężarki nie występują nienaturalne hałasy, uderzenia i wibracje, mogące świadczyć o uszkodzeniu mechanizmów sprężarki, po kilku minutach sprawdzić poziom i stopień zawilgocenia czynnika chłodniczego, obserwując chemiczny indykator zawilgocenia oraz szklane przezierniki, należy sprawdzić poziom oleju w karterze sprężarki, podczas pracy sprężarki wskazana jest ocena temperatury ssania i tłoczenia. Niska temperatura po stronie ssącej i delikatne oszronienie świadczą o prawidłowej pracy pod niskim ciśnieniem, ocenić działanie graficznego rejestratora temperatury, sprawdzić właściwe ustawienie tarczy *Partlow Chart* [10, 11] względem daty i pory dnia, kalibrację rysika, nakręcenie mechanizmu zegarowego lub stan baterii zasilających. Jeżeli w pierwszym okresie pracy agregatu chłodniczego wystąpią usterki niemożliwe do usunięcia czynnościami doraźnymi lub kontener wykazuje znaczne uchybienia, determinujące jego właściwą pracę, należy wezwać serwis lądowy lub domagać się wyłączenia.

W sytuacji, gdy podczas pierwszych godzin pracy kontenera występuje znaczna różnica pomiędzy temperaturami powietrza *Supply Air* a *Return Air*, wskazania rejestratora graficznego są nieregularne, aktywowana jest sygnalizacja alarmowa świadcząca o niewłaściwej temperaturze i częściej inicjowane jest odszranianie parownika, mamy do czynienia z nieschłodzonym ładunkiem, tzw. *Hot Cargo*. W przypadku ładunków głęboko mrożonych, np. ryby, mięso, mrożone warzywa, gdy  $T_z \leq -18,0^\circ\text{C}$  (brak wentylacji), jest to typowe zaniedbanie załadowcy, który dopuścił do sformowania kontenera z niezamrożonego towaru [1, 10]. O tej sytuacji należy poinformować kierownictwo działu pokładowego zajmujące się kontrolą ładunku. Kontener z takim ładunkiem wymaga regularnego nadzoru, gdyż pracuje nienaturalnie długo z pełną wydajnością, częściej samoczynnie odmraża parownik i stanowi to ryzyko nadmiernego zalodzenia jego przestrzeni. Skutkiem tego może być mechaniczne uszkodzenie wentylatorów.

Po załadunku i uruchomieniu wszystkich zespołów należy również porównać nastawy wentylacji i temperatur zadanych na wszystkich kontenerach z listami przewozowymi. Podczas podróży morskiej wszystkie kontenery podłączone do sieci wymagają regularnej kontroli. Współcześnie budowane jednostki, przystosowane do przewozu dużej liczby kontenerów chłodniczych, wyposażone są w komputerowe systemy zdalnego sterowania i kontroli np. REFCON [7]. Jednak znaczna część kontenerów chłodniczych nie posiada jeszcze specjalnych modułów, umożliwiających komunikację z tym systemem. Dlatego konieczna jest systematyczna kontrola pracy kontenerów chłodniczych przez załogę.

Praktycznie wszyscy przewoźnicy i czarterujący wymagają od personelu statkowego sprawdzenia stanu pracujących kontenerów dwukrotnie w ciągu doby oraz prowadzenia dzienników pracy kontenerów z zapisami temperatury. Kontrola stanu technicznego zespołów chłodniczych nie musi być tak szczegółowa, jak podczas załadunku. Wymagane są oględziny zewnętrzne, sprawdzenie i zanotowanie aktualnej temperatury, porównanie temperatur *Supply Air* (temperatura powietrza obiegowego zasilającego komorę chłodniczą) i *Return Air* (temperatura powietrza obiegowego powracającego do parownika z komory chłodniczej), przeanalizowanie wykresu pracy na tarczy rejestratora *Partlow Chart* i sprawdzenie sygnalizacji alarmowej [1, 10]. Podczas przewozu kontenerów chłodniczych na długich dystansach i przez różne strefy klimatyczne kontenery narażone są na szybko zmieniające się warunki atmosferyczne.

Ostatnim etapem transportu kontenerów do portu docelowego jest ich wyładunek. Przygotowując kontener do wyładunku, przed odłączeniem zasilania należy najpierw wyłączyć pracujący układ chłodniczy i sterujący. Następnie wyłączyć napięcie zasilania, odblokować wtykę, wyciągnąć ją z gniazda, zwinąć kabel i ułożyć go w przestrzeni składowania. Wówczas kontener gotowy jest do rozładunku.

## Podsumowanie

W artykule przedstawiono problemy transportu kontenerów chłodniczych drogą morską. Omówiono zasady eksploatacji kontenerów, układy sterowania i kontroli, ze szczególnym uwzględnieniem regulacji temperatury oraz eksploatację kontenerów i procedury w czasie załadunku w porcie, podczas podróży morskiej i wyładunku w miejscu docelowym.

## Bibliografia

1. Filipek M., Śmierzchalski R.: Kontenery chłodnicze automatyka, eksploatacja i diagnostyka. Wyd. Gryf, Gdynia 2007, 152.
2. Carrier Transicold 69NT40-511-311 & higher, Container refrigeration unit – operation and service. Carrier Transicold Div., Syracuse 2000.
3. Daikin LXE10E-A Marine type container refrigeration unit – service manual, Daikin Industries LTD, 1999.
4. Thermo King CRR40-300. Maintenance manual. Thermo King Corp., Minneapolis 2001.
5. Bonca Z., Dziubek R.: Okrętowe urządzenia chłodnicze. Podstawy działania i eksploatacji. WSM, Gdynia 1994.
6. Paul Klinge TCR-104-01 Tank container refrigeration unit – service and parts manual. Klinge Corporation, 2005.

7. Śmierzchalski R.; Zdalny system kontroli i sterowania pracą kontenerów chłodniczych na statkach morskich i terminalach kontenerowych. Mat. II Ogólnopolskiej Konf. "Automatyka w Rolnictwie i Przemysle Przetwórczym", Politechnika Koszalińska, Koszalin - Mielno 1998, 51–58.
8. Hamburg Süd – Reefer Guide. Hamburg 2005.
9. Materiały pomocnicze do kursu Reefer Troubleshooting, Cambridge Refrigeration Technology, Cambridge 2005.
10. Śmierzchalski R.: Diagnostyka pracy kontenerów chłodniczych na podstawie wykresu temperatury. Wyd. AM, Gdynia 2003.
11. Śmierzchalski R.: Przepisy dotyczące przewozu bananów na statkach chłodniczych. Elektryk Okrętowy, Gdynia 1998, 7, 13–16.

Recenzent:  
**Cezary BEHRENDT**

## **The problems of exploitation reefer containers on the ship**

### **Key words**

Reefer containers, exploitation, automation, control of temperature, systems of monitoring and control, electric power supply.

### **Summary**

The growth of the number of reefer containers transported the sea road appear new duties and requires the suitable procedures of proceeding and professional experience of the members of the crew of the ship. The general problems of the transportation by the sea road of reefer containers, the principle of the exploitation, system of steering and control with special regard of the control of the temperature were introduced in this paper. The principles of the exploitation of containers and procedure during the loading in the harbor, sea going trip and discharge in the destination port were presented.