

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242799 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437834**

(22) Data zgłoszenia: **2021.05.12**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.11.14 BUP 46/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.24 WUP 17/2023**

(51) MKP:

**F25D 3/10** (2006.01)

**F25D 17/00** (2006.01)

**F25D 23/06** (2006.01)

**F25D 29/00** (2006.01)

**F17C 9/00** (2006.01)

**B65D 81/18** (2006.01)

**B65D 81/38** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLSKI HOLDING OBRONNY SPÓŁKA  
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,  
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**GRZEGORZ MIZERA, Gdańsk, PL  
ROMAN KWIDZYŃSKI, Sianowo, PL  
MARCIN LACKOWSKI, Rumia, PL  
TOMASZ PRZYBYLIŃSKI, Gdańsk, PL  
ADAM CENIAN, Gdynia, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Małgorzata Matyka, Gdańsk, PL**

(54) Tytuł:

**Urządzenie i sposób do utrzymywania niskiej temperatury z wykorzystaniem ciekłego azotu**

**PL 242799 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie i sposób utrzymywania niskiej temperatury od  $-85$  do  $-20^{\circ}\text{C}$ , gdzie w komorze urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego wykorzystuje proces odparowywania ciekłego azotu i/lub podgrzewania jego par, a niska temperatura jest utrzymywana za pomocą zbiornika z cieczą, korzystnie etanolem rektyfikowanym 98% lub więcej, o temperaturze zamrażania niższej od temperatury roboczej urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego.

Znane są kaskadowe instalacje chłodnicze, które działają na zasadzie dwóch niezależnych urządzeń chłodniczych. Jedno z urządzeń pracuje w układzie niskotemperaturowym i przekazuje ciepło odebrane z komory niskotemperaturowej do urządzenia wysokotemperaturowego. Jednak rozwiązanie to jest skomplikowane technicznie, a przez to drogie inwestycyjnie i skomplikowane w serwisowaniu. Oddzielny problem stanowi czynnik chłodniczy w układzie niskotemperaturowym. Tradycyjne czynniki chłodnicze w tego typach urządzeniach to czynniki o wysokiej szkodliwości ekologicznej (Global Warming Potential – GWP – potencjał tworzenia efektu cieplarnianego).

Znane są również urządzenia chłodnicze pracujące w układzie jednosprężarkowym. Zastosowany czynnik chłodniczy EP88 zawiera do 75% węglowodorów, które są czynnikami palnymi.

Urządzenia kaskadowe, jak również jednosprężarkowe, w celu zapewnienia bezpieczeństwa przechowywanych produktów, wyposażane są również w układ backup  $\text{CO}_2$  lub LN2. Zadaniem tych układów jest, w przypadku awarii urządzenia chłodniczego, wpuszczanie z butli do komory przechowalniczej rozprężonego zimnego  $\text{CO}_2$  lub ciekłego LN2 (ciekłego azotu). Rozwiązanie to zapewnia utrzymanie niskiej temperatury w komorze przechowalniczej do czasu usunięcia awarii urządzenia sprężarkowego.

Znane są również urządzenia przechowalnicze zasilane zespolonym  $\text{CO}_2$ . Zasada pracy polega na napełnieniu zaizolowanej komory przechowalniczej suchym lodem – zestalony  $\text{CO}_2$  sublimujący pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze  $-78.5^{\circ}\text{C}$ . Metoda ta jest stosowana od bardzo dawna i popularna w transporcie na krótkich odcinkach – np. w obecnym łańcuchu dystrybucyjnym szczepionki przeciwko COVID-19.

Kriogeniczne zamrażarki zasilane LN2. W zamrażarkach tych wpuszczany jest do komory przechowalniczej ciekły azot w ilościach wynikających z żądanej temperatury przechowywania i chwilowego obciążenia cieplnego. Rozwiązania te stosowane są w laboratoriach medycznych, farmaceutycznych i badawczych.

Z publikacji międzynarodowych WO 2014/197511 oraz WO 2014/197515 znane są urządzenia kriogeniczne, w których  $\text{CO}_2$  (suchy lód) jest stosowany do utrzymania strefy temperatury poniżej  $50^{\circ}\text{C}$ , w której można przechowywać próbki.

Znane jest zgłoszenie patentowe EP1617129A3 opisujące kriogeniczne naczynie Dewara, zawierające zbiornik z ciekłym azotem służący do podtrzymywania zadanej niskiej temperatury. Zbiornik azotu jest wyposażony w czujniki ciśnienia i temperatury, które po wykryciu przekroczenia zadanych wartości generują sygnał uruchamiający zewnętrzne urządzenie chłodnicze w celu schłodzenia azotu do zadanej temperatury.

Znany jest patent US5469711A dotyczący komory kriogenicznej o temperaturze 150 K ( $-123^{\circ}\text{C}$ ) lub niższej, która to temperatura jest utrzymywana przez ciągły przepływ zimnego gazu. Gaz chłodzący krąży w obiegu zamkniętym, a jego niska temperatura jest utrzymywana przez zewnętrzne urządzenie chłodnicze (np. realizujące odwrotny obieg Braytona).

Znany jest patent EP1237425B1 opisujący hermetyczny zasobnik do przechowywania materiałów (np. żywności) w niskiej temperaturze, uzyskiwanej dzięki przepływowi w zasobniku kriogenicznego gazu, dostarczanego przez zewnętrzne urządzenie chłodnicze.

Znane jest zgłoszenie patentowe EP2627955A2 opisujące pojemnik kriogeniczny do przechowywania próbek materiałów biologicznych w temperaturze do  $-190^{\circ}\text{C}$ . Pojemnik posiada izolację próżniową minimalizującą dopływ ciepła z otoczenia. W jego wnętrzu znajduje się komora przechowalnicza, pod którą znajduje się zespół dysz – wtryskiwaczy cieczy chłodzącej. Działanie wtryskiwaczy jest uzależnione od temperatury w komorze przechowalniczej. W przypadku nadmiernego wzrostu tej temperatury, natrysk cieczy chłodzącej powoduje jej obniżenie.

Jednym z kluczowych zagadnień przedmiotowego wynalazku jest wykonanie izolacji termicznej o współczynniku przenikania ciepła znacznie mniejszym od  $0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

Z opisu wynalazku US 2,396,459 znany jest zbiornik o podwójnych ścianach, z izolacją próżniową do  $10^{-3} \text{ Tor}$  i wypełnieniem rozdrobnionym materiałem stałym.

W opisie wynalazku US 2,643,022 ujawniono izolację radiacyjną polegającą na wielokrotnym po-  
lerowaniu ściany zbiornika.

Natomiast patent US 3,007,596, przedstawia koncepcję wielowarstwowych materiałów izolacyj-  
nych, które zastąpiły standardowy materiał, jakim był perlit.

Praca S.D. Augustynowicza, J.E. Fesmire oraz J.P. Wikstrom „Cryogenic insulataion systems”  
opublikowana w materiałach 20th International Congress of Refrigeration, IIR/IIF, Sydney, 1999  
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19990053342/downloads/19990053342.pdf> opisuje wyniki porówna-  
nia różnych materiałów izolacyjnych w tym MLI.

Celem wynalazku jest nowe urządzenie chłodnicze, które stabilnie podtrzymuje niską tempera-  
turę od -85 do -20°C w czasie i/lub ma możliwość włączenia trybu awaryjnego utrzymując nominalną  
temperaturę.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe do utrzymywania niskiej  
temperatury, które zawiera:

- urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe zbudowane jest z komory przechowalniczej,  
w której znajduje się zbiornik z cieczą chłodzącą wyposażony w pierwotną węzownicę chłó-  
dzącą, która na wlocie połączona jest z układem zasilania ciekłym i/lub gazowym azotem  
poprzez zawór elektromagnetyczny z dwufazowego niskociśnieniowego zbiornika azotu,  
a na wylocie z węzownicą zewnętrzną,
- komora przechowalnicza jest zaizolowana izolacją typu MLI o bardzo niskim współczynniku prze-  
wodzenia ciepła mniejszym od 0,1 W/m<sup>2</sup> K, gdzie na zewnątrz izolacji umieszczona jest węzow-  
nica chłodząca, pokryta obudową komory.

Urządzenie, gdzie układ zasilania ciekłym i/lub gazowym azotem węzownic i – składa się z dwóch  
zaworów elektromagnetycznych, gdzie jeden zawór jest zainstalowany na rurociągu cieczowym (Zc),  
a drugi na rurociągu gazowym (Zg).

Urządzenie, gdzie na wylocie zewnętrznej węzownicy znajduje się grzałka.

Urządzenie, gdzie zewnętrzna węzownicą chłodzącą opcjonalnie otoczona jest materiałem  
zmiennofazowym.

Urządzenie, gdzie kontroler sterujący pracą zaworów wyposażony jest w bezprzewodowy system  
transmisji danych i nadajnik GPS umożliwiający jego zdalną lokalizację.

Sposób utrzymywania niskiej temperatury w komorze przechowalniczej urządzenia chłodniczego  
niskotemperaturowego zdefiniowanego powyżej polega na:

- w komorze przechowalniczej znajduje się zbiornik z cieczą chłodzącą wyposażony w pierwotną  
węzownicę chłodzącą, w której zimny azot, odparowując i ogrzewając się, ochładza znajdującą  
się w zbiorniku ciecz chłodzącą,
- komora przechowalnicza jest zaizolowana izolacją, gdzie na zewnątrz izolacji umieszczona jest  
zewnętrzna węzownicą chłodzącą zasilana azotem z pierwotnej węzownicy, który uległ części-  
owemu podgrzaniu w zbiorniku, zewnętrzna węzownica ochładza przestrzeń pomiędzy izolowaną  
obudową komory przechowalniczej, a zaizolowaną komorą przechowalniczą, opcjonalnie prze-  
strzeń tę wypełnia dobrany materiał zmiennofazowy np. woda z glikolem,
- w celu utrzymania zadanej temperatury w komorze przechowalniczej od -85 do -20°C, wykorzystuje  
się azot w postaci gazowej (dozowany zaworem gazowym Zg), zaś w przypadku konieczności  
szybkiego uzyskania zadanych parametrów pracy urządzenia chłodniczego niskotemperatu-  
rowego podczas jego rozruchu zawór cieczowy (Zc) dozuje azot w postaci ciekłej,
- w przypadku awarii zaworu gazowego (Zg) możliwe jest też zasilanie węzownic przez zawór cie-  
czowy (Zc), a w celu unikania zjawiska wypuszczania azotu o zbyt niskiej temperaturze zasilania  
na wylocie z węzownicy zainstalowano grzałkę, do podgrzewania,

Sposób, gdzie ciecz chłodząca o stężeniu 98% i wyższym znajdująca się w zbiorniku to etanol  
rektyfikowany lub butanol, lub metanol, lub aceton.

Sposób, gdzie zimny azot jest ciekły lub gazowy.

Zaletą urządzenia jest jego ekologiczność, bezpieczny czynnik roboczy, mobilność (niezależność  
od istnienia sieci elektrycznej), stosunkowo niskie koszty utrzymania i szeroki zakres temperatur chłó-  
dzenia od -85 do -20°C.

Określenie stosowane powyżej oraz w opisie i zastrzeżeniach patentowych, ma następujące znaczenie:

**Urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe** – oznacza urządzenie o obniżonej temperaturze  
pracy od -85 do -20°C

**LN2** – oznacza ciekły azot

**MLI** – oznacza izolację termiczną (multi-layer insulation).

Opis figury:

**Fig. 1** – przedstawia schemat urządzenia chłodzącego

Oznaczenia:

- 1 – oznacza urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe
  - 2 – oznacza układ zasilania ciekłym lub gazowym azotem
  - 3 – oznacza dwufazowy niskociśnieniowy zbiornik azotu
  - 4 – oznacza komorę przechowalniczą
  - 5 – oznacza zbiornik na ciecz chłodzącą
  - 6 – oznacza pierwotną wężownicę chłodzącą
  - 7 – oznacza ciecz chłodzącą
  - 8 – oznacza izolację typu MLI
  - 9 – oznacza wężownicę zewnętrzną
  - 10 – oznacza obudowę komory przechowalniczej
  - 11 – oznacza zawory elektromagnetyczne
  - 12 – oznacza kontroler
  - 13 – oznacza grzałkę
  - 14 – oznacza przetrzymywany produkt/szczepionki w temperaturze od -85 do -20°C
- Zg – oznacza zawór gazowy  
Zc – oznacza zawór cieczowy  
T – oznacza temperaturę azotu gazowego na wyjściu urządzenia chłodniczego  
Ts – oznacza temperaturę cieczy chłodzącej  
Ta – oznacza temperaturę azotu w wężownicy zewnętrznej

Wynalazek ilustrują następujące przykłady wykonania, nie stanowiące jego ograniczenia

#### **Przykład 1**

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe (1) wyposażane w układ zasilania ciekłym lub gazowym azotem (2) z dwufazowego niskociśnieniowego zbiornika azotu (3) – zbiornika DEWARA.

Urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe (1) zbudowane jest z komory przechowalniczej (4), w której znajduje się zbiornik z cieczą chłodzącą (5) wyposażony w wężownicę chłodzącą (6), w której zimny azot (ciekły lub gazowy), odparowując i ogrzewając się, ochładza znajdującą się w zbiorniku ciecz chłodzącą (7) – etanol rektyfikowany o stężeniu 98% i wyższym, lub butanol -90°C, lub metanol -97°C, lub aceton -94,8°C. Komora przechowalnicza (4) jest zaizolowana izolacją typu MLI (8) o bardzo niskim współczynniku przewodzenia ciepła znacznie mniejszym od 0,1 W/m<sup>2</sup>K. Na zewnętrznej izolacji (8) umieszczona jest wężownica chłodząca (9) zasilana azotem z wężownicy (6), który uległ częściowemu podgrzaniu w zbiorniku (5). Wężownica (9) ochładza przestrzeń pomiędzy izolowaną obudową komory przechowalniczej (10) a zaizolowaną komorą przechowalniczą (4).

Układ zasilania ciekłym i/lub gazowym azotem (2) wężownic (6) i (9) – składa się z dwóch zaworów elektromagnetycznych (11). Jeden zawór jest zainstalowany na rurociągu cieczowym (Zc), a drugi na rurociągu gazowym (Zg). Kontroler (12) steruje pracą obu zaworów (11). W celu utrzymania zadanej temperatury w komorze przechowalniczej (4) od -85 do -20°C, wykorzystywany jest azot w postaci gazowej (dozuje zawór gazowy (Zg), zaś w przypadku konieczności szybkiego uzyskania zadanych parametrów pracy urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego (1) podczas jego rozruchu zawór cieczowy (Zc) dozuje azot w postaci ciekłej.

W przypadku awarii zaworu gazowego (Zg) możliwe jest też zasilanie wężownic (6) i (9) przez zawór cieczowy (Zc). W celu unikania zjawiska wypuszczenia azotu o zbyt niskiej temperaturze zasilania na wylocie z zewnętrznej wężownicy (9) zainstalowana jest grzałka (13).

W przypadku awarii układu zasilania azotem (2) urządzenia chłodniczego (1), zainstalowany zbiornik z cieczą chłodzącą (5) dzięki swojej bezwładności cieplnej zapewnia, że temperatura w komorze przechowalniczej nie wzrośnie w zadanym czasie powyżej określonej temperatury.

Zainstalowany kontroler (12) nie tylko steruje pracą zaworów elektromagnetycznych (11) w sposób optymalizujący zużycie azotu (ciekłego i/lub gazowego), lecz rejestruje też parametry pracy, informuje na odległość o bieżących parametrach pracy układu urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego (1) dwufazowego niskociśnieniowego zbiornika azotu (3), czy powstałych stanach awaryjnych. Kontroler wyposażony jest w bezprzewodowy system transmisji danych, nadajnik GPS umożliwiający

jego zdalną lokalizację oraz układ podtrzymania jego pracy w przypadku braku zasilania w energię elektryczną przez zadany czasokres.

### Przykład 2

Urządzenie chłodnicze (1) może działać w następujących trybach:

- (A) schładzania zawartości komory przechowalniczej (4) od temperatury otoczenia do zadanej, niskiej temperatury z przedziału od  $-85^{\circ}\text{C}$  do  $-20^{\circ}\text{C}$ ;
- (B) utrzymywania zawartości komory przechowalniczej (4) w zadanej temperaturze, uzyskanej po zakończeniu trybu (A);
- (C) utrzymywania przez określony czas zawartości komory przechowalniczej (4) w temperaturze trybu (B) z tolerancją 10 K, po wystąpieniu awarii powodującej utratę zasilania z dwufazowego niskociśnieniowego zbiornika azotu (3).

Urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe (1) pracujące w trybie schładzania (A) jest zasilane strumieniem ciekłego azotu, dopływającego ze zbiornika (3) z natężeniem regulowanym przez układ zasilania (2) do węzownicy (6) w zbiorniku (5), gdzie następuje wymiana ciepła między przepływem azotu i cieczą chłodzącą (etanol rektyfikowany o stężeniu 98% i wyższym, lub butanol  $-90^{\circ}\text{C}$ , lub metanol  $-97^{\circ}\text{C}$ , lub aceton  $-94,8^{\circ}\text{C}$ ). W rezultacie tego procesu temperatura cieczy chłodzącej obniża się, podobnie jak temperatura w komorze przechowalniczej (4). Azot wypływający z pierwotnej węzownicy (6) trafia bezpośrednio do zewnętrznej węzownicy (9), umieszczonej pomiędzy izolowaną obudową komory przechowalniczej (10) a zaizolowaną komorą przechowalniczą (4), a następnie wypływa z węzownicy (9) w postaci gazowej do otoczenia. Przepływ azotu w węzownicy (9) powoduje obniżenie temperatury powietrza wypełniającego obudowę komory przechowalniczej (10) do wartości pośredniej pomiędzy temperaturą cieczy w zbiorniku (5) a temperaturą otoczenia. Po osiągnięciu w komorze (4) zadanej temperatury składowania produktu (14), urządzenie chłodnicze (1) przechodzi w tryb (B).

Tryb (B) polega na utrzymywaniu zadanej niskiej temperatury w komorze przechowalniczej (4), jest zasadniczym stanem pracy urządzenia chłodniczego (1). W tym trybie konieczne jest odbieranie ciepła dopływającego z otoczenia do komory przechowalniczej (4). Strumień ciepła z otoczenia jest istotnie zredukowany przez warstwę izolacji termicznej (8), obudowę (10) oraz przez schłodzone powietrze w przestrzeni z węzownicą (9) pomiędzy zbiornikiem (5) i obudową (10). Ciepło z otoczenia, w trybie (B), jest odbierane przez azot przepływający w węzownicach (6) i (9) pod kontrolą układu (2). Strumień azotu jest regulowany przez układ (2) w zależności od temperatury bieżącej w komorze przechowalniczej (4) tak, aby temperatura bieżąca nie różniła się od temperatury zadanej o wartość większą niż tolerancja termostatu, 10 K. W tym trybie będzie wykorzystywany strumień gazowego azotu wypływający samodzielnie ze zbiornika (3) wskutek przenikania do niego ciepła z otoczenia. Spełnienie tego warunku jest możliwe dzięki odpowiedniemu doborowi właściwości warstw izolacji termicznej (8), oraz obudowy (10) oraz temperatury w komorze z węzownicą (9).

Urządzenie chłodnicze (1) pracuje w trybie (C) w sytuacji awaryjnej, która może wystąpić wskutek wyczerpania się azotu w zbiorniku (3), i/lub usterki układu zasilania (2) lub utraty jego zasilania w energię elektryczną, lub innych okoliczności powodujących utratę dopływu zimnego azotu do węzownicy (6). Zakłada się, że w takim stanie awaryjnym, w ciągu 48 godzin temperatura w komorze przechowalniczej (4) nie wzrośnie więcej niż o 10 K, przy normalnej temperaturze otoczenia. Realizacja tego celu jest możliwa poprzez odpowiedni dobór pojemności cieplnej cieczy chłodzącej w zbiorniku (5) – etanol rektyfikowany o stężeniu 98% i wyższym, lub butanol  $-90^{\circ}\text{C}$ , lub metanol  $-97^{\circ}\text{C}$ , lub aceton  $-94,8^{\circ}\text{C}$ , dopasowanej do parametrów izolacji termicznej (8), i obudowy (10), oraz opcjonalnie poprzez wypełnienie przestrzeni z węzownicą zewnętrzną (9) pomiędzy izolacją termiczną (8), i obudową (10), dobranym materiałem zmienno fazowym np. wodą z glikolem.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe do utrzymywania niskiej temperatury **znamiennie tym**, że
  - urządzenie chłodnicze niskotemperaturowe (1) zbudowane jest z komory przechowalniczej (4), w której znajduje się zbiornik (5) z cieczą chłodzącą (7) wyposażony w pierwotną węzownicę chłodzącą (6), która na wlocie połączona jest z układem zasilania ciekłym i/lub gazowym azotem (2) poprzez zawór elektromagnetyczny (11) z dwufazowego niskociśnieniowego zbiornika azotu (3), a na wylocie z węzownicą zewnętrzną (9),

- komora przechowalnicza (4) jest zaizolowana izolacją typu MLI (8) o bardzo niskim współczynniku przewodzenia ciepła mniejszym od  $0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , gdzie na zewnątrz izolacji (8) umieszczona jest węzownica chłodząca (9), pokryta obudową komory (10).
- 2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że układ zasilania ciekłym i/lub gazowym azotem (2) węzownic (6) i (9) – składa się z dwóch zaworów elektromagnetycznych (11), gdzie jeden zawór jest zainstalowany na rurociągu cieczowym (Zc) a drugi na rurociągu gazowym (Zg).
- 3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że na wylocie zewnętrznej węzownicy (9) znajduje się grzałka (13).
- 4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zewnętrzna węzownica chłodząca (9) opcjonalnie otoczona jest materiałem zmiennofazowym.
- 5. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że kontroler (12) sterujący pracą zaworów (11) wyposażony jest w bezprzewodowy system transmisji danych i nadajnik GPS umożliwiający jego zdalną lokalizację.
- 6. Sposób utrzymywania niskiej temperatury w komorze przechowalniczej urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego zdefiniowanego w zastrzeżeniu 1, **znamiennie tym**, że
  - w komorze przechowalniczej (4) znajduje się zbiornik (5) z cieczą chłodzącą wyposażony w pierwotną węzownicę chłodzącą (6), w której zimny azot, odparowując i/lub ogrzewając się, ochładza znajdującą się w zbiorniku (5) ciecz chłodzącą (7),
  - komora przechowalnicza (4) jest zaizolowana izolacją (8), gdzie na zewnątrz izolacji (8) umieszczona jest zewnętrzna węzownica chłodząca (9) zasilana azotem z pierwotnej węzownicy (6), który uległ częściowemu podgrzaniu w zbiorniku (5), zewnętrzna węzownica (9) ochładza przestrzeń pomiędzy izolowaną obudową komory przechowalniczej (10), a zaizolowaną komorą przechowalniczą (4), opcjonalnie przestrzeń tą wypełnia dobrany materiał zmiennofazowy taki jak woda z glikolem,
  - w celu utrzymania zadanej temperatury w komorze przechowalniczej (4) od  $-85$  do  $-20^{\circ}\text{C}$ , wykorzystuje się azot w postaci gazowej dozowany zaworem gazowym (Zg), zaś w przypadku konieczności szybkiego uzyskania zadanych parametrów pracy urządzenia chłodniczego niskotemperaturowego podczas jego rozruchu zawór cieczowy (Zc) dozuje azot w postaci ciekłej,
  - w przypadku awarii zaworu gazowego (Zg) możliwe jest też zasilanie węzownic (6) i (9) przez zawór cieczowy (Zc), a w celu unikania zjawiska wypuszczenia azotu o zbyt niskiej temperaturze zasilania na wylocie z węzownicy (9) zainstalowano grzałkę (13), do podgrzewania.
- 7. Sposób według zastrz.6, **znamiennie tym**, że ciecz chłodząca (7) o stężeniu 98% i wyższym znajdującą się w zbiorniku (5) to etanol rektyfikowany lub butanol, lub metanol, lub aceton.
- 8. Sposób według zastrz.6 **znamiennie tym**, że zimny azot jest ciekły lub gazowy.

