

Seria: MECHANIKA z.103

Nr kol. 1112

Bolesław Gaziński

Instytut Inżynierii Środowiska
Politechniki Poznańskiej

Krzysztof Grysa

Instytut Mechaniki Stosowanej
Politechniki ŚwiętokrzyskiejMODELOWANIE SIECI CZYNNIKÓW CHŁODNICZYCH
Z UWZGLĘDNIENIEM UWARUNKOWAŃ TERMICZNYCH I EKONOMICZNYCH

Streszczenie. Rozważa się projektowanie sieci nośnika chłodu z jednoczesną optymalizacją kosztów sieci. Dla każdego odcinka sieci wyznacza się dwie wielkości podstawowe, a mianowicie średnicę rurociągu i grubość izolacji. Uwzględnia się przy tym wymianę ciepła z otoczeniem oraz zamianę energii mechanicznej nośnika chłodu na ciepło, a także związane z tym zmiany własności cieplnych izolacji i nośnika chłodu. W wyniku obliczeń otrzymuje się m.in. pełne zestawienie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych sieci.

1. WSTĘP

Określenie optymalnej średnicy rurociągu oraz optymalnej grubości izolacji termicznej dla każdego odcinka sieci służącej do transportu czynnika chłodniczego stanowiło zawsze trudny problem ze względu na mnogość parametrów mających na nie wpływ. Idea wykorzystania do tego celu komputera szerzej była omówiona m.in. w pracy [1], jakkolwiek ze względu na istniejącą wówczas bazę komputerową była raczej mało możliwa do zrealizowania. Nieco więcej na temat metody doboru izolacji termicznych w chłodnictwie napisano w pracy [2], jednakże nie było tam mowy o doborze średnic, a proponowana metodyka wymiarowania izolacji była zbyt ogólna, by ją wykorzystać do zbudowania szczegółowego algorytmu obliczeń. Nie uwzględniała ona ponadto zależności od temperatury parametrów opisujących wymianę ciepła i przewodnictwo. Metodyka ta została następnie rozwinięta w pracy [3]. Nadal była ona głównie nastawiona na wyznaczanie grubości izolacji, zakładając, że średnica rurociągu jest zadana. Praca ta wykazała jednak, że w przypadku nowo budowanego rurociągu konieczne jest poszu-

kiwanie optimum kosztów w funkcji średnicy rury i grubości izolacji, a także, że ważne jest uwzględnienie kosztów pompy czynnika chłodniczego. W pracy [4] poszerzono idee zawarte w poprzednich artykułach o powiązanie obliczeń, dotyczących optymalnych średnic rurociągów i grubości izolacji, z obliczeniami hydraulicznymi. Zawarte w tej ostatniej pracy rozważania stały się punktem wyjścia do budowy algorytmu obliczeń, a następnie programu o nazwie SIEC, którego ostatecznym celem jest optymalizacja sieci czynników chłodniczych pod względem ekonomicznym przy zapewnieniu prawidłowych cech eksploatacyjnych.

2. PODSTAWY ALGORYTMU OBLICZEŃ

Realizowane są jednocześnie dwa zadania: dobór optymalnych średnic rur i grubości izolacji oraz obliczenie rzeczywistych natężeń przepływów.

Podstawy hydrauliczne algorytmu:

1. Zakres zastosowań programu obejmuje obliczenia hydrauliczne sieci o strukturze pierścieniowej. Obliczenia przeprowadzane są dla wszystkich stanów pracy instalacji i występujących w dobie. Każdy stan charakteryzowany jest inną kombinacją czynnych wymienników ciepła.
2. Przy obliczaniu rzeczywistych natężeń przepływów w sieci wykorzystano znaną iteracyjną metodę Crossa-Łobaczewa. Metoda ta, dla automatycznie wygenerowanego wstępnego rozkładu przepływów, spełniających w węzłach I prawo Kirchhoffa, w każdej iteracji poprawia strumienie masy czynnika chłodniczego w odcinkach rurociągu tak, aby w końcowej iteracji spełnić w pierścieniach II prawo Kirchhoffa z założoną dokładnością ϵ .
3. Wielkość strat ciśnienia w przewodach sieci hydraulicznie krótkich oblicza się wg wzoru Darcy-Weisbacha. Jeżeli suma oporów miejscowych równa się zeru, to wzór ten upraszcza się i mówimy wówczas o przewodzie hydraulicznie długim.
4. Wartość współczynnika liniowego oporu hydraulicznego (tarcia), λ , we wzorze Darcy-Weisbacha wyznacza się zgodnie z PN-76/M-34034 według wzorów a) Hagen-Poiseuille'a, gdy przepływ jest laminarny, b) Colebrooka-White'a, gdy przepływ jest turbulentny. Wielkości takie, jak kinematyczny współczynnik lepkości ν , wspomniany współczynnik λ oraz gęstość ρ czynnika chłodniczego wyznacza się przy uwzględnieniu ich zależności od temperatury tego czynnika w danym odcinku rurociągu.
5. Jeśli w danych do obliczeń nie zadano typu pompy wymuszającej cyrkulację w instalacji, to program, posługując się katalogiem pomp, dobiera taki typ pompy i taką ich ilość w każdym stanie, aby zapewnić najmniejszą odchyłkę natężeń przepływów przez wymienniki ciepła w stosunku do zadanych natężeń przepływów przez wymienniki.

6. W trakcie obliczeń hydraulicznych wykluczane są te pierścienie, które w danym stanie odpowiadają wyłączonym wymiennikom ciepła. Algorytm metody Crossa-Łobaczewa zmodyfikowano w ten sposób, że straty ciśnienia wyrównywane są tylko dla pierścieni nie zawierających wymienników i zawierających wymienniki czynne.

7. Na bazie wymaganych przepływów przez wymienniki program generuje dla każdego stanu pierwsze przybliżenie przepływów dla metody Crossa-Łobaczewa, spełniających nie tylko I prawo Kirchhoffa, ale odpowiadających równocześnie wymaganym przepływom przez wymienniki. Fakt ten zapewnia optymalny dobór pomp oraz średnic rur i grubości izolacji.

Podstawy algorytmu, dotyczące optymalizacji średnic rur i grubości izolacji:

1. Strumień czynnika chłodniczego płynącego przez wymiennik wynika z założonej ilości chłodzonego produktu. Pozwala to dobrać powierzchnię wymiany ciepła, decydującą o koszcie wymiennika, przy stałych nakładach na eksploatację.

2. Brane są pod uwagę następujące składniki kosztów inwestycyjnych: koszt wymiennika, rozumiany w sensie kosztu powierzchni wymiany ciepła, koszt 1 m rury o zadanej średnicy (katalog zawiera 15 średnic), koszt 1 m³ materiału izolującego (2 rodzaje) wraz z osłoną, koszt robocizny i sprzętu wynikający z zainstalowania rury z izolacją w instalacji.

3. Uwzględnione są następujące składniki kosztów eksploatacyjnych: koszt przetłaczania czynnika chłodniczego oraz koszt wytwarzania chłodu, na który składają się oprócz kosztów napędu sprężarek i wymiany ciepła w wymiennikach także koszty ciepła traconego przez ścianki rurociągu i na skutek tarcia. Ponadto uwzględnia się robociznę związaną z obsługą sieci.

4. Uwzględnia się zależność od temperatury takich parametrów, jak współczynnik wnikania ciepła do izolacji oraz wielkości wymienione w p.4 przy omawianiu podstaw hydraulicznych algorytmu.

5. Uwzględnia się sprawności pomp, silników pomp i sprężarek, instalacji, a także współczynnik zdyskontowanych rocznych kosztów inwestycyjnych przy zadanej liczbie lat pracy instalacji.

6. Obliczenia prowadzone są przy warunkach osiągnięcia na powierzchni izolacji temperatury wyższej od punktu rosy, przepływów w rurach z prędkościami zawierającymi się w przedziale (0.2;2.0) m i doprowadzeniu do wymienników ciepła czynnika o wystarczająco niskiej temperaturze.

7. Średnice rur i grubości izolacji obliczane są dla przepływów uśrednionych po wszystkich stanach, w których przepływ czynnika chłodniczego przez rozważany odcinek instalacji jest różny od zera.

Przeprowadzone dla różnych sieci obliczenia wykazały pełną przydatność programu do projektowania instalacji czynników chłodniczych.

LITERATURA

- [1] Gaziński B.: Projektowanie systemu chłodniczego ze wspomaganie komputerowym. XVIII Dni Chłodn., Konf. Nauk.-Techn., Materiały, Poznań, czerwiec 1984.
- [2] Cieśliński P., Gaziński B.: Metoda doboru izolacji termicznych w chłodnictwie. Prace Nauk. Inst. Inż. Ch. i Urz. Ciepłych Polit. Wrocław, nr 50, s. Konf., nr 10, 1987.
- [3] Gaziński B., Cieśliński P., Marlewski A.: Problemy optymalizacji izolacji termicznej rurociągów. XXI Dni Chłodn., Konf. Nauk.-Techn., Materiały, Poznań, czerwiec 1987.
- [4] Cieśliński P., Gaziński B.: Dobór grubości izolacji termicznej sieci nośnika ciepła lub chłodu. Symp. "Badania w ogrzew., went. i ciepł.", Szczecin-Swinoujście, paźdz. 1988.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНСТАЛЛЯЦИИ ОХЛАЖДАЮЩИХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Р е з ю м е

Разрешается проект инсталляции охлаждающих средств. Для любого участка трубы определяется оптимальные диаметр и толщину изоляции. При этом принимается во внимание теплообмен и трение в трубах. В результате исчисления получается инвестиционные и эксплуатационные расходы инсталляции.

MODELLING OF COOLING MEDIUM INSTALLATION WITH THERMAL AND ECONOMICAL EFFECTS TAKEN INTO ACCOUNT

S u m m a r y

Design of cooling medium installation is considered. For every one pipe in installation one determines a diameter and isolation thickness. Heat exchange and friction effect are taken into consideration. As a result one obtains investment and exploitation costs of the installation.