



FOT. KLIMA-THERM

Systemy VRF - budowanie systemów



Orurowanie – dobór instalacji chłodniczej i jej wpływ na wydajność

Michał ZALEWSKI

Prawidłowy dobór jednostek wewnętrznych i zewnętrznych do obliczonych obciążeń cieplnych omówiony w poprzedniej części jest pierwszym krokiem doboru systemu VRF. Następnym krokiem jest projekt instalacji orurowania.

Głównym zadaniem instalacji orurowania jest oczywiście umożliwienie transportu czynnika chłodniczego pomiędzy urządzeniami układu chłodniczego systemu VRF: jednostkami zewnętrznymi, wewnętrznymi, rozdzielaczami (jeżeli występują), filtrami, zaworami rozprężnymi. Ale przed tą instalacją są również stawiane inne zadania, do których należą:

- skuteczny transport oleju w układzie chłodniczym
- zapewnienie ochrony antykorozyjnej,
- zapewnienie odpowiedniej szczelności układu,
- zapewnienie bezpieczeństwa ze względu na występujące ciśnienia,
- ochrona przed kondensacją wilgoci z pomieszczenia.

Zagadnienia związane ze szczelnością układu będą omawiane w następnych częściach cyklu, tymczasem przyjrzyjmy się pozostałym zadaniom.

Dobór materiału instalacji determinowany jest przez dwa warunki: odporność na korozję oraz bezpieczeństwo z punktu widzenia występujących ciśnień. Do wykonywania instalacji chłodniczych można stosować rury stalowe (głównie dla instalacji amoniakalnych), aluminiowe oraz rury z tworzyw sztucznych. Jednak w instalacjach opartych o czynniki syntetyczne, w szczególności o czynniki z grupy HFC do których należy czynnik R410A, powszechnie wykorzystuje się miedź. Do jej głównych zalet należy odporność na korozję oraz łatwość obróbki mechanicznej (cięcie i gięcie). Z uwagi na panujące wysokie ciśnienie wewnątrz instalacji chłodniczej, które w przypadku czynnika R410A określa się maksymalną wartością ciśnienia roboczego wynoszącą 4,3 MPa, do instalacji należy stosować specjalne „chłodnicze” rury miedziane. Cechy i własności robocze tych rur określa norma PN-EN 12735-1 „Miedź i stopy miedzi. Rury miedziane okrągłe bez szwu stosowane w instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych. Część 1: Rury do instalacji rurowych”.

O AUTORZE



Michał ZALEWSKI
– Kierownik Sekcji
Szkoleń, Akademia
KLIMA-THERM

Ogólnie rury miedziane powinny się charakteryzować następującymi cechami:

- wykonane z miedzi beztlenuowej, fosforowej;
- bez znacznych rys, wgniecień, uszkodzeń lub innych wad;
- dokładnie okrągłe dla celów praktycznych;
- zewnętrzna i wewnętrzna powierzchnia rur czysta, bez szkodliwego osadu z chloru, siarki, tlenków, wolna od zanieczyszczeń w postaci pozostałości, drobiny po cięciu rurek, oleju i innych materiałów.

Skład chemiczny materiału powinien mieścić się dla stopu C1220 w granicach 99,90 proc. lub więcej (Cu – miedź) oraz 0,015±0,040 proc. (P – fosfor).

W normie tej podany jest również typoszereg rur miedzianych, który koresponduje z kształtkami (trójnikami i rozdzielaczami) dostarczonymi przez producentów systemów VRF. Zakres średnic stosowanych w systemach VRF zawiera się w przedziale 6,35x0,8 do 41,28x2,1 mm.

Dobór średnic

Systemy VRF są systemami zamkniętymi. Rozumiemy przez to, że producent określa warunki brzegowe dla systemu i w związku z tym występuje określona, skończona ilość możliwych do realizacji wariantów instalacji. Dobór orurowania w systemach VRF jest bardzo prosty i nie wymaga znajomości zagadnień w zakresie chłodnictwa, co jest niewątpliwie zaletą tych systemów. Przeprowadza się go na podstawie sumowania indeksów jednostek wewnętrznych, lub sumowania wydajności nominalnych.

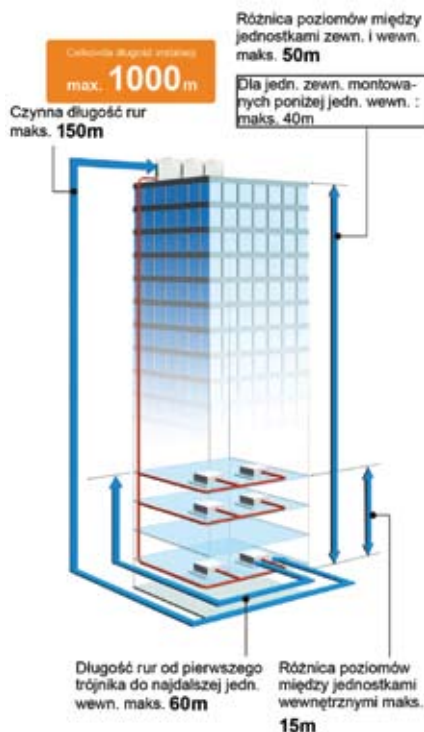
Jednostki wewnętrzne systemów VRF najczęściej mają zakodowaną w symbolach informację o wydajności nominalnej. Tak więc jednostka o indeksie 12 jest urządzeniem o mocy nominalnej 12 000 BTU/h, co odpowiada mocy ok. 3,6 kW dla warunków nominalnych. Sumując indeksy jednostek mamy informację na temat wydajności koniecznej do „przeniesienia” przez konkretny odcinek instalacji. Warto jednak zaznaczyć iż przy projektowaniu obowiązuje kilka podstawowych zasad:

Tabela. 1. Średnice rur między trójnikami jednostki zewnętrznej lub między trójnikiem jednostki zewnętrznej i pierwszym trójnikiem

Całkowita wydajność chłodnicza jednostki zewnętrznej [kW]	Średnica zewnętrzna [mm] (cale)	
	Rura cieczowa	Rura gazowa
22,4 do 28,0	12,70 (1/2")	22,22 (7/8")
28,1 do 45,0	12,70 (1/2")	28,58 (1-1/8")
45,1 do 56,0	15,88 (5/8")	28,58 (1-1/8")
56,1 do 80,0	15,88 (5/8")	34,92 (1-3/8")
80,1 do 96,0	19,05 (3/4")	34,92 (1-3/8")
96,1 lub większa	19,05 (3/4")	41,27 (1-5/8")

Tabela. 2. Średnice rur między trójnikami jednostki wewnętrznej

Całkowita wydajność chłodnicza jednostki wewnętrznej [kW]	Średnica zewnętrzna [mm] (cale)	
	Rura cieczowa	Rura gazowa
4,4 do 11,1	9,52 (3/8")	15,88 (5/8")
11,2 do 13,9	9,52 (3/8")	19,05 (3/4")
14,0 do 28,0	12,70 (1/2")	22,22 (7/8")
28,1 do 44,7	12,70 (1/2")	28,58 (1-1/8")
44,8 do 56,0	15,88 (5/8")	28,58 (1-1/8")
56,1 do 80,0	15,88 (5/8")	34,92 (1-3/8")
80,1 do 95,0	19,05 (3/4")	34,92 (1-3/8")
95,1 lub większa	19,05 (3/4")	41,27 (1-5/8")

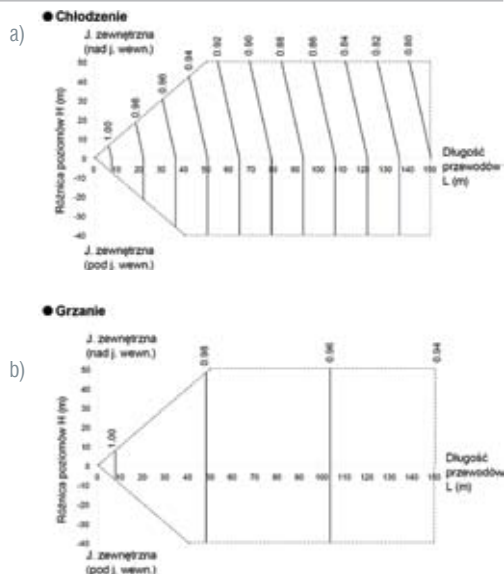


Rys. 1. maksymalne długości instalacji VRF.

- średnice rur od jednostki wewnętrznej do pierwszego trójnika to średnice wychodzące z jednostki wewnętrznej,
- średnice rur od jednostki zewnętrznej do pierwszego trójnika to średnice jednostki zewnętrznej,
- w pozostałych przypadkach należy posługiwać się tabelami nr 1 i 2.

Te trzy proste zasady obowiązują jednak pod warunkiem, że przestrzegamy nieprzekraczalnych długości instalacji VRF określanych przez producenta. Odległości te są określane indywidualnie przez każdego dostawcę i dla każdego rodzaju systemu VRF osobno. Na dzień dzisiejszy maksymalne wielkości przedstawiają się tak jak na rysunku 1. Warunki odległościowe dotyczą nie tylko maksymalnych wielkości, ale również odległości minimalnych pomiędzy kształtkami i urządzeniami wykonawczymi.

Wymiarowanie rur chłodniczych określone jest przez dwa warunki związane z prędkością przepływu. Wiadomo, że wraz ze wzrostem prędkości przepływu, a co za tym idzie wzrostem przepływu masowego rosną spadki ciśnienia na odcinkach instalacji rurowej. W instalacjach chłodniczych, w których wydajność jest ściśle powiązana z ciśnieniami skraplania i parowania, a wymiana ciepła następuje głównie wskutek zmiany stanu skupienia, strata ciśnienia na instalacji jest niezwykle istotna. Przy zbyt



Rys. 2. Wielkość współczynnika korekcyjnego w zależności od długości instalacji i przewyższenia: a) dla chłodzenia; b) dla grzania

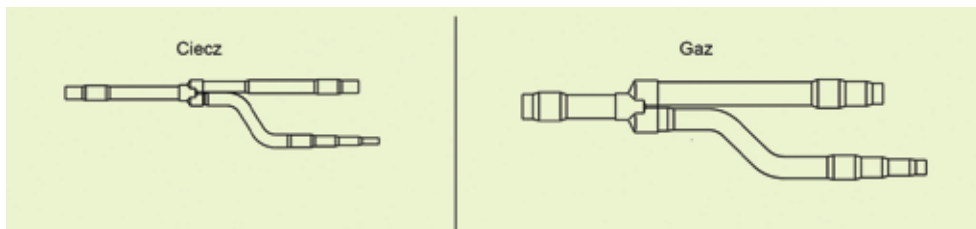
długich instalacjach może nastąpić nawet zjawisko odparowania czynnika w instalacji, co znacznie zmniejszy wydajność parownika. Z tego punktu widzenia zależy nam na jak największych średnicach, czyli najmniejszych oporach przepływu.

Jest jednak jeszcze drugi warunek. Na wstępie zaznaczyliśmy, że do zadań instalacji rurowej należy również zapewnienie skutecznego obiegu oleju w instalacji. To zadanie powoduje, że średnice rur nie mogą być zbyt duże ponieważ możemy nie dotrzeć wymaganej prędkości porywania oleju przy realizacji trybu odzysku oleju z instalacji. Prędkości w rurach chłodniczych dla czynnika R410A przedstawiają się następująco:

- prędkość w przewodzie ssawnym ok. 10 m/s,
- prędkość w przewodzie tłocznym ok. 12 m/s,
- prędkość w przewodzie cieczowym ok. 1 m/s.

Wiemy już, że średnice rur muszą się mieścić w określonych granicach. Przy doborze orurowania należy dbać o to, aby instalacja przebiegała w jak najmniej skomplikowany sposób oraz aby była jak najkrótsza. Każda kształtka i każdy metr instalacji to dodatkowy spadek ciśnienia wpływający na całkowitą wydajność systemu. Wpływ ten uwzględniamy poprzez wprowadzenie specjalnego współczynnika. Jego wartość przyjmuje wielkości, które należy dobrać z wykresów przedstawionych na rysunkach 2 a i b.

Jak widać dla najczęściej budowanych instalacji nie są to duże wartości, gdyż wynoszą ok. 8% dla chłodzenia i 4% dla grzania, ale tym bardziej wymaga to starannego doboru trasy instalacji. Problem strat ciśnienia i zapewnienia odpowiednich przepływów



Rys. 3. Fabryczne trójniki instalacji rurowej VRF

jest na tyle istotny, że producenci systemów VRF dostarczają własne kształtki (trójniki oraz rozdzielacze). Odpowiednio zaprojektowane elementy rozpyływu, dobierane również w oparciu o wydajności jednostek, zapewniają minimalne straty ciśnienia.

Istotny jest również sposób montażu kształtek. Na rysunkach 4 i 5 zaprezentowane zostały prawidłowe i błędne wykonanie połączeń trójników i rozdzielaczy.

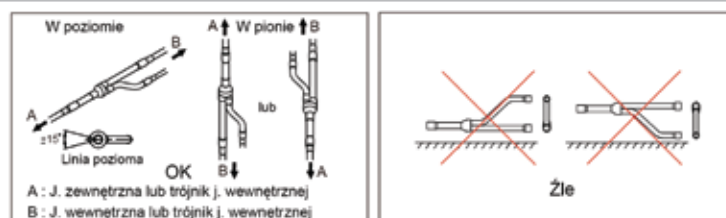
Tryb projektowania i doboru systemów VRF, z uwagi na swoją zamkniętą strukturę, doskonale nadaje się do wdrożenia metod informatycznych wspomagających projektowanie. Tak więc większość producentów oferuje programy doboru systemów, które to po wprowadzeniu wielkości wyjściowych dobierają nam jednostki wewnętrzne, zewnętrzne dbając przy tym o poprawne odległości instalacyjne oraz konfigurację systemów.

Ostatnim zagadnieniem, które należy poruszyć przy omawianiu instalacji rurowej jest jej izolacja. W trybie chłodzenia do parownika jednostki wewnętrznej „dochodzi” gorąca rura cieczowa natomiast „wychodzi” zimna rura gazowa. Obie rury muszą być zaizolowane tak, aby nie następowała wymiana ciepła pomiędzy rurami oraz tak, aby nie następowała wymiana ciepła pomiędzy rurą a otoczeniem. Rurę zimną izolujemy ze względu na niebezpieczeństwo kondensacji pary wodnej z powietrza otaczającego, rurę gorącą, izolujemy ze względu na konieczność zachowania niezbędnego ciśnienia skraplania. Gdy układ pracuje w trybie grzania szczególnie należy pamiętać, że w przypadku rury gazowej w tym trybie mogą wystąpić temperatury sięgające 120°C i na tą temperaturę powinna być odporna izolacja. Do izolacji rur najczęściej stosuje się izolację kauczukową o współczynniku przewodzenia 0,04 W/mK lub mniejszym o grubościach podanych w tabeli 3.

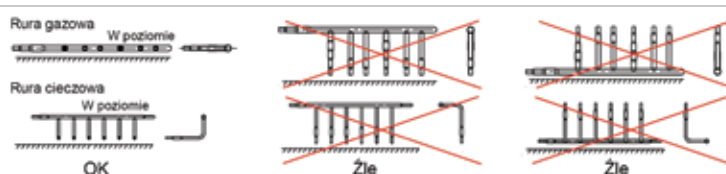
Dla temperatur powyżej 32°C oraz wilgotności powyżej 85% grubość izolacji należy zwiększyć. Izolacje należy wykonywać starannie ponieważ każda szczelina i niedokładność będzie powodem „pocenia” się rur i kapania wody. Pionowe przejścia przez przegrody budowlane powinny być zabezpieczone pianką instalacyjną tak, aby kondensat nie spływał po rurach. Niedopuszczalne jest również wspólne izolowanie obu rur jak to pokazano na rysunku 6.

Podsumowanie

Poprawnie zbudowana instalacja rurowa zapewnia nam właściwy rozpyływ czynnika chłodniczego do poszczególnych odbiorników, a to zapewnia dotrzymanie warunków projektowych zakładanych dla systemu VRF. Z kolei niestaranny projekt i wykonanie, może powodować znaczny spadek wydajności na skutek wymiany ciepła poza wymiennikami, straty materiałne związane z zalaniem kondensatem, a nawet uszkodzenie sprężarek spowodowane brakiem oleju. Tak więc dobór tej instalacji stanowi jedno z kluczowych zagadnień projektowych. ■



Rys. 4. Prawidłowy i nieprawidłowy montaż trójników



Rys. 5. Prawidłowy i nieprawidłowy montaż rozdzielaczy

Tabela 3. Zalecana minimalna grubość materiału izolacyjnego (mm)

Wilgotność względna	≤70%	≤75%	≤80%	≤85%	
Przewód chłodniczy Zewnętrzna średnica mm (cale)	6,35 (1/4")	8	10	13	17
	9,52 (3/8")	9	11	14	18
	12,70 (1/2")	10	12	15	19
	15,88 (5/8")	10	12	16	20
	19,05 (3/4")	10	13	16	21
	22,22 (7/8")	11	13	17	22
	28,58 (1-1/8")	11	14	18	23
	34,92 (1-3/8")	11	14	18	24
	41,27 (1-5/4")	12	15	19	25



Rys. 6. Prawidłowa i błędna izolacja rur chłodniczych