

Proces modernizacji warszawskiej sieci ciepłowniczej

Warsaw district heating system modernization process

EWA KRĘCIELEWSKA, ADAM SMYK, ARTUR PSZCZÓŁKOWSKI, JERZY GAWĘDA

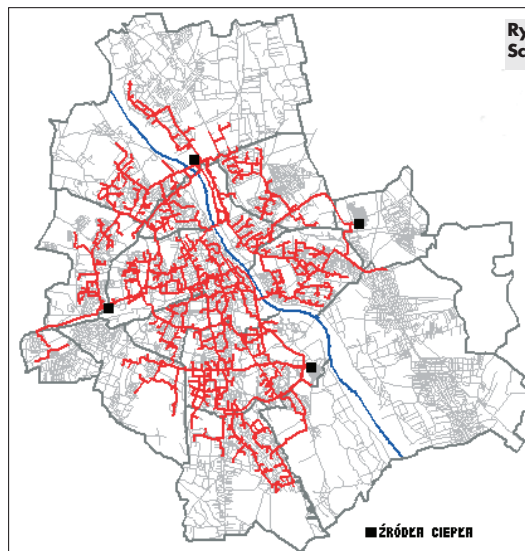
W artykule przedstawiono wybrane przedsięwzięcia modernizacyjne w miejskim systemie ciepłowniczym m.st. Warszawy zrealizowane w przeciągu ostatnich kilkunastu lat. Zarysowano kierunki dalszych zmian oraz wskazano sposoby zwiększenia efektywności energetycznej i ekonomicznej przesyłania ciepła w warszawskim systemie ciepłowniczym.

The selected modernization projects of Warsaw district heating system realized within last fifteen years were presented in the article. The tendencies of future changes were shown as well as the ways of increasing energy and economical efficiency for heat transfer in Warsaw district heating system.

1. Warszawski system ciepłowniczy (w. s. c.)

Warszawski system ciepłowniczy jest największym systemem scentralizowanym w kraju i jednym z największych w Europie. W aglomeracji warszawskiej pokrywa w blisko 75 % zapotrzebowania na ciepło. Zasilany jest z 4 źródeł ciepła: EC Siekierki, EC Żerań, EC/C Kawęczyn i Ciepłowni Wola. Zamawiana w źródłach moc cieplna maksymalna dla warunków obliczeniowych wynosi $3700 \div 3800$ MW. Zasięg sieci ciepłowniczej (rysunek 1) wynosi ok. 134 km^2 , natomiast łączna długość – ok. 1600 km , w tym rurociągi magistralne (o średnicach nominalnych $\text{DN} \geq 400$) stanowią 18 %, rurociągi rozdzielcze 40 %, a przyłącza 42 %.

Sieć w. s. c. ma strukturę promieniowopierścieniową, w której występuje około 100 pierścieni. Liczba węzłów ciepłych przekracza 14 tys., z czego, blisko 8 tys. należy do SPEC S. A. Liczba ogrzewanych budynków wynosi ok. 19 tys., a ich kubatura to ok. 235 mln m^3 . Rocznie za pośrednictwem sieci ciepłowniczej dostarczane jest odbiorcom $34 \div 36 \text{ PJ}$ ciepła. Straty w sieci i węzłach ciepłych stanowią nieco ponad 10 %. Długość wymienionych od 1992 r. rurociągów wynosi ponad 620 km . Aktualna struktura wieku sieci ciepłowniczej, w odnie-



Rys. 1.
Schemat sieci ciepłowniczej Warszawy

sieniu do jej długości, kształtuje się następująco: rurociągi eksploatowane do 10 lat: 31 %, od 11 do 20 lat: 25 %, od 21 do 30 lat: 26 % i powyżej 30 lat: 18 %.

Na rurociągach o średnicy nominalnej powyżej $\text{DN} 200$ zainstalowanych jest ponad 1000 przepustnic i kurków kulowych. Obok pomp sieciowych w źródłach, w w. s. c. wybudowano 5 przepompowni systemowych: PP Batory, PP Marymont, PP Powiśle, PP Gołędzinów i, obecnie wyłączona z eksploatacji, PP Saska.

2. Modernizacja warszawskiej sieci ciepłowniczej

Do połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku stan techniczny warszawskiego systemu ciepłowniczego był wysoce nie-

zadowolający. Korozyjne oddziaływanie wody sieciowej na wewnętrzne powierzchnie rurociągów i ich elementów, zły stan techniczny urządzeń, w tym przede wszystkim armatury odcinającej (fot. 1), niezadowalająca jakość rur stosowanych do budowy sieci ciepłowniczej, wady wykonawstwa oraz trudne zewnętrzne warunki pracy rurociągów zbudowanych w technologii



Fot. 1.
Korozja obrzeża dysku ze stali odpornej na korozję przepustnicy odcinającej powodująca niszczenie armatury

mgr inż. Ewa Kręcielewska – OBRC SPEC S.A.
dr inż. Adam Smyk – OBRC SPEC S.A.; ITC PW
mgr inż. Artur Pszczółkowski – OBRC SPEC S.A.
mgr inż. Jerzy Gawęda – OBRC SPEC S.A.

kanalowej (fot. 2, 3, 4), to główne mankamenty w s. c. z tego okresu. Spowodowały one m. in., że ubytki wody sieciowej (zwiększone poprzez stosowanie kompensatorów dławnicowych), wynosiły okresowo do 2000 m³/h.



Fot. 2.
Korozja zewnętrznej powierzchni rurociągu



Fot. 3, 4.
Awaryjny stan techniczny kanału ciepłowniczego

Ze względu na postępujący w gwałtownym tempie proces korozji wewnętrznej rur, w roku 1986 do budowy rurociągów, wprowadzono nakaz stosowania rur przewodowych o pogrubionej ściance, w zakresie średnic nominalnych DN ≤ 500 – bez szwu. Dla zapewnienia odpowiedniej jakości rurociągów stosowanych w w. s. c. wprowadzono zakaz stosowania rur ze szwem wzdłużnym zgrzewanym oraz nakaz stosowania rur posiadających odpowiednie atesty, w tym świadectwo Ośrodka Badania Jakości Wyrobów ZETOM.

Modernizacja sieci ciepłowniczej na szeroką skalę rozpoczęła się w 1992 roku, z chwilą otrzymania pożyczki z Banku Światowego.

W maju 1995 roku wprowadzono do uzdatniania wody surowej w źródłach procesy odwróconej osmozy i demineralizacji. Dzięki temu obniżono agresywność i korozyjność wody sieciowej.

Istotnym elementem modernizacji systemu ciepłowniczego była zmiana techno-

logii budowy sieci ciepłowniczej – z kanalowej na preizolowaną (fot. 5). Obecnie w w. s. c. ok. 30% sieci ciepłowniczej, tj. ponad 800 km rurociągów zbudowanych



Fot. 5.
Budowa rurociągu preizolowanego "Południowa BIS" DN 1100, lipiec 2004 rok

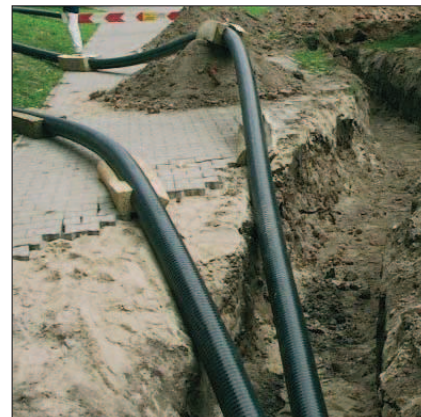
jest w technologii bezkanalowej. Największa magistrala preizolowana ma średnicę nominalną DN 1100.

Rury przewodowe. Ze względu na udokumentowaną badaniami eksploatacyjnymi poprawę jakości wody sieciowej, poprawę jakości rur dostarczanych z hut i wprowadzanie w coraz powszechniejszym zakresie rur preizolowanych (wyeliminowanie oddziaływania na rurociągi warunków zewnętrznych), w 2005 roku Kolegium Techniczne SPEC S. A. przyjęło, a Zarząd SPEC S. A. zalecił, stosowanie w w. s. c. rur przewodowych o cieńszej, niż po 1986 roku ściance. Oceniono, iż zmniejszenie grubości ścianek, przyniesie oszczędności w kosztach budowy sieci ciepłowniczych, co najmniej o 4 ÷ 7 % rocznie. W 2006 roku w Warszawie tylko poprzez zastosowanie rur o cieńszej ściance zaoszczędzono kwotę ponad 2,9 mln zł.

Ze względu na wymagania nowych norm europejskich, zastępujących stare normy polskie, wprowadzono do stosowania na rury przewodowe równorzędne, obok stali R35 oraz G235, stali P235GH oraz P235TR2.

W przypadku wysokoparametrowych rurociągów preizolowanych giętkich (fotografie 6, 7), alternatywą dla rur przewodowych z niskowęglowych stali niestopowych (R35, P235GH, P235TR2, G235), są faliste rury przewodowe wykonane ze stali odpornej na korozję. Średnica oraz geometria rury falistej są tak dobrane, aby jednostkowe straty ciśnienia przepływającego czynnika nie były większe niż straty ciśnienia w rurach gładkich o tych samych średnicach nominalnych. Zastosowanie rur przewodowych ze stali austenitycznych wpływa korzystnie na trwałość sieci ciepłowniczej. Giętkie rury preizolowane z rurą przewodową wykonaną ze stali austenitycznej są droższe niż rury preizolowane z rurą przewodową ze stali węglowej, ich zaletą jest mniejszy koszt wykonania odcinka sieci (ze względu na możli-

wość dostarczania na budowę w zwojach, wymagają mniejszej ilości połączeń wykonywanych na placu budowy oraz krótszego czasu wykonania rurociągu).



Fot. 6.
Budowa rurociągu preizolowanego z rur giętkich z rurą przewodową ze stali austenitycznej



Fot. 7.
Budowa rurociągu preizolowanego z rur giętkich z rurą przewodową z PEX

W przypadku niskoparametrowych rurociągów preizolowanych giętkich, rury przewodowe wykonywane są najczęściej z polietylenu sieciowanego PEX. Zastosowanie rur przewodowych z PEX pozwala na znaczne obniżenie kosztów zakupu. Giętkie rury preizolowane układają się praktycznie bez stosowania połączeń na trasie (na budowę dostarczane są w zwojach lub w kręgach, w odcinkach o długości 86 ÷ 760 m), dzięki czemu zmniejszeniu ulegają wymiary wykopów, koszty robót ziemnych i całkowite koszty montażu. Ich wyjątkowa elastyczność umożliwia układanie w niemal wszystkich, nawet najtrudniejszych warunkach terenowych.

Armatura sieciowa. W ramach modernizacji i programu naprawczego w w. s. c. zaczęto stosować nowoczesne konstrukcje

armatury sieciowej: przepustnice z uszczelnieniem "metal na metal" lub elastomerowym, kurki kulowe (na rurociągach DN ≤ 500) i zawory tłoczkowe, z elementami odpowiedzialnymi za szczelność i bezawaryjną eksploatację urządzeń, wykonanymi wyłącznie z materiałów odpornych na korozję.

W celu wyeliminowania nieszczelności na połączeniach kotłowych wprowadzono do stosowania w rurociągach wysokoparametrowych w. s. c. nakaz stosowania armatury z króćcami do spawania.

1. Przepustnice. W miejsce zasuw klinowych i przepustnic z uszczelnieniem gumowym, wykazujących niedostateczną trwałość na uszkodzenia mechaniczne i kawitację, zaczęto stosować przepustnice z uszczelnieniem metalowym (fot. 8). W rurociągach, w których nośnikiem ciepła jest woda, były to przepustnice z uszczelką lamelową.



Fot. 8. Przepustnica z uszczelnieniem "metal na metal"

Uszczelka lamelowa złożona jest z kilku (na ogół z siedmiu lub ośmiu) ściśle przylegających do siebie pierścieni, wykonanych ze stali odpornej na korozję i grafitu. Uszczelki lamelowe są odporne na wypłukiwanie, na korozję oraz, co najbardziej istotne, na obecność w wodzie sieciowej zanieczyszczeń mechanicznych (piasek i drobne produkty korozji).

Stosowane w w. s. c. przepustnice są potrójnie mimosładowe, co zapewnia im po zamknięciu dysku szczelność w obu kierunkach przepływającego czynnika (są dwukierunkowe) oraz możliwość pełnienia funkcji dławiącej.

W rurociągach powrotnych lub niskoparametrowych montowane są również przepustnice z uszczelnieniem elastomerowym. Uszczelkę dysku stanowi wkładka elastomerowa, która izoluje korpus na całej jego powierzchni wewnętrznej od przepływającego czynnika. Spośród przepustnic o różnych typach uszczelnienia przepustnice elastomerowe posiadają najkorzystniejszą charakterystykę hydrauliczną, cha-

rakteryzując się najmniejszymi wymiarami (minimalną długością zabudowy i ciężarem), całkowitą odpornością na korozyjne działanie wody sieciowej, niewielkimi stratami ciepła (dzięki uszczelce elastomerowej pokrywającej wnętrze armatury) i niewielką długością zabudowy.

Przepustnice elastomerowe, które wyróżniają się spośród przepustnic niewielkimi oporami przepływu i mogą być również zasilane z obu kierunków, stosowane są jako armatura regulacyjna.

Zarówno przepustnice z uszczelnieniem metal na metal z eliptyczną konstrukcją uszczelnienia, jak i przepustnice elastomerowe mogą być montowane w miejscach o zmiennym kierunku przepływu (mogą być wykorzystane dla potrzeb ERO).

2. Kurki kulowe. Odcinające kurki kulowe (rysunek 2) z uszczelnieniem teflonowym z wypełniaczem grafitowym (zwiększającym odporność mechaniczną teflonu) – stosowane w w. s. c.



Rys. 2. Kurek kulowy nierozbieralny

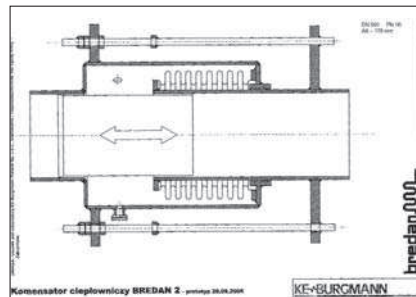
charakteryzują się bardzo dobrą szczelnością zewnętrzną i wewnętrzną, w wersji pełnoprzelotowej posiadają maksymalne współczynniki przepływu. W SPEC dopuszczone są do montażu w rurociągach o średnicy nominalnej DN ≤ 500 . Dla zapewnienia odpowiedniej trwałości muszą być stosowane w odpowiedniej wersji materiałowej. Element odcinający (kula) musi być wykonana ze stali odpornej na korozję lub żeliwa sferoidalnego z dyfuzyjnie naniesioną powłoką chromową lub niklową; pierścienie podtrzymujące uszczelkę i pierścienie dociskowe – ze stali odpornej na korozję.

3. Zawory tłoczkowe. Zawory tłoczkowe (rysunek 3) eksploatowane są w w. s. c. od 1996 roku. Są w stu procentach szczelne, odporne na obecność zanieczyszczeń mechanicznych w wodzie sieciowej, korozję i kawitację. Ze względu na wysoki koszt przewidziane są tylko do montażu w miejscach, gdzie wymagane jest zastosowanie niezawodnego odcięcia przepływu oraz możliwość jego dławienia.



Rys. 3. Zawór tłoczkowy

Kompensatory. Sieć ciepłownicza podczas eksploatacji jest poddawana ciągłym zmianom temperatury, w związku, z czym, aby zapewnić jej prawidłową pracę zachodzi potrzeba kompensowania wydłużeń rurociągów. Należy stosować kompensację naturalną wykorzystując załamania w przebiegu rurociągu, w uzasadnionych przypadkach dopuszczone są inne rozwiązania. Początkowo w w. s. c. montowane były kompensatory dławnicowe, które powodowały duże ubytki wody sieciowej, wymagały stałej konserwacji i doszczelniania. W ramach modernizacji sieci wymieniono wszystkie kompensatory dławnicowe na mieszkowe kompensatory osiowe.



Rys. 4. Projekt kompensatora mieszkowego przewidzianego do montażu w rurociągu o zmiennym kierunku przepływu

W bieżącym roku SPEC S. A. rozpoczyna badania eksploatacyjne kompensatorów mieszkowych o specjalnej konstrukcji (z tzw. osadnikiem), przewidzianych do pracy w rurociągach o zmiennym kierunku przepływu czynnika (rysunek 4).

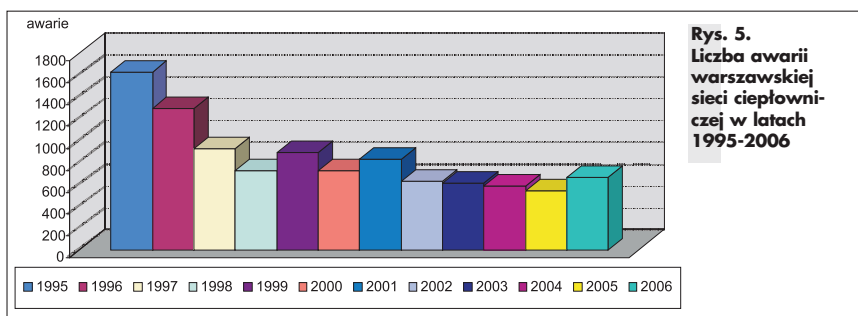
3. Wprowadzenie nowych technologii uzdatniania wody i ich wpływ na procesy korozyjne oraz awaryjność w. s. c.

W 1995 r. w Elektrociepłowniach Sieierki i Żerań zmieniono technologię uzdatniania wody wprowadzanej do sieci ciepłowniczej. Obok stosowanej już wcze-

śniej dekarbonizacji wapnem zastosowano proces odwróconej osmozy (EC Żerań) oraz demineralizację jonitową (EC Siekierki), a następnie odgazowanie termiczne.

W 1994 r., szybkość korozji ogólnej wewnętrznych stalowych powierzchni rurociągów ciepłowniczych, spowodowanej oddziaływaniem wody sieciowej wynosiła średnio 0,13 mm/rok. Obok rozległej korozji równomiernej stwierdzano silnie zaznaczoną korozję wżerową, o głębokości wżerów, po rocznej eksploatacji, sięgającej nawet 1,5 mm.

Powyższe niekorzystne zjawiska w połączeniu z procesami starzeniowymi rurociągów miały oczywiście znaczący wpływ na wzrost awaryjności warszawskiej sieci ciepłowniczej. Przez lata 80-te liczba awarii systematycznie rosła aż do osiągnięcia maksymalnej liczby 5470 awarii w roku 1988. Począwszy od roku 1989 liczba, notowanych w każdym roku, awarii w w. s. c. zaczęła powoli maleć, na co decydujący wpływ miało zwiększenie grubości ścianek rur przewodowych, wprowadzone decyzją Dyrekcji SPEC w 1986 r. Mimo to ciągle jednak rokrocznie odnotowywano bardzo dużo awarii, co było niezwykle uciążliwe dla mieszkańców Warszawy. Spowodowane to było szybko postępującymi procesami korozyjnymi (głównie korozji wżerowej), które niezwykle szybko doprowadzały do uszkodzeń rur cienkościennych. Jednak dopiero wprowadzona od 1995 r. zmiana jakości wody wraz z konsekwentną wymianą (spowodowaną zarówno awariami jak i remontami planowymi) rur na grubościennych oraz montażem rur preizolowanych spowodowały wyraźny spadek liczby awarii w sieci (rysunek 5).

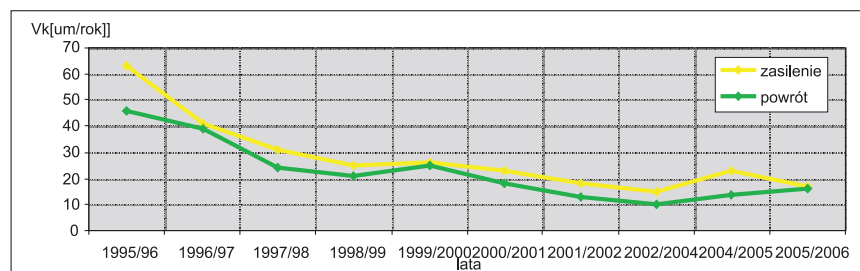


Zmiana jakości wody sieciowej nastąpiła dzięki znacznemu obniżeniu zawartości jonów agresywnych korozyjnie, czyli chlorków i siarczanów. To właśnie obecność w wodzie jonów chlorkowych i siarczanowych wraz z tlenem rozpuszczonym jest główną przyczyną procesów korozyjnych. Znaczną poprawą "jakości" wody sieciowej miała natychmiastowe odzwierciedlenie w szybkości procesów korozji ogólnej, któ-

ra w roku 1995 osiągnęła wartość 0,05 mm/rok, czyli nastąpił średnio około dwu – i pół krotny spadek w stosunku do roku poprzedniego, kiedy to warszawska sieć ciepłownicza napędzana i uzupełniana była wodą uzdatnianą według "starych" technologii, czyli charakteryzującą się silnie korozyjnymi właściwościami.

W przypadku procesów korozji wżerowej (najbardziej niebezpieczna dla rurociągów) korzystne zjawisko spowolnienia szybkości powstawania wżerów jest jeszcze wyraźniej widoczne. Badania wycinków przewodów w. s. c. eksploatowanych przez okres 9 lat w warunkach wody o jakości zgodnej z normami europejskimi nie wykazały wżerów korozyjnych, a głębokość ubytków w porównaniu z wycinkami przewodów eksploatowanymi przez analogiczny okres czasu w warunkach wody o właściwościach silnie korozyjnych, była 10-krotnie mniejsza (rysunek 6).

W ostatnich latach liczba awarii oscyluje w granicach 600 i choć nieznacznie, to jednak systematycznie spada (ok. 3 – 4% rocznie). Wyjątek stanowi rok 2006, kiedy zanotowano 659 awarii (przy 534 w poprzedzającym roku 2005), co spowo-



Rys. 6. Średnia szybkość korozji powierzchniowej w w. s. c. w latach 1995, 2002 i 2004-2006 (roczne cykle badań) oraz 2002-2004 (dwuletni cykl badań) określona metodą grawimetryczną w mm/rok

nych technologii uzdatniania wody, może się sporadycznie pojawiać w sieci.

Tlen pojawiający się w wodzie w rurociągu ciepłowniczym ma tę właściwość, że bardzo szybko reaguje z żelazem tworząc tlenki żelaza (produkty korozji) i w związku z tym, niezwykle trudno jest oznaczyć jego zawartość podczas jednorazowych analiz. Dlatego też bardzo istotne jest realizowanie pomiarów tlenu w wodzie sieciowej w sposób ciągły. OBRC nadzoruje pracę takiej właśnie instalacji, zamontowanej w komorze O-36 na terenie Przepompowni Batory (fotografia 9), pozwala-



Fot. 9. Stacja kontroli zawartości tlenu w wodzie sieciowej w PP Batory

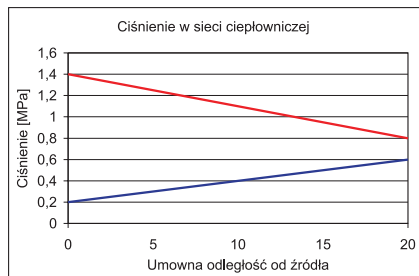
jącej na ciągły monitoring stężenia tlenu w wodzie sieciowej, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia procesów korozji w sieci, gdyż pozwala określić przyczyny tychże procesów.

4. Montaż regulatorów różnicy ciśnienia w komorach ciepłowniczych

Sieć ciepłownicza w Warszawie to ponad 1600 km rurociągów. Warszawski system ciepłowniczy dostarcza ciepło do ponad 18 tysięcy budynków. Przy tak rozległym systemie ciepłowniczym dostawa ciepła do najdalej położonych budynków wymusza na źródłach przesyłanie gorącej wody pod bardzo dużym ciśnieniem.

Wtedy praca węzłów cieplnych odbywa się przy wysokich wartościach ciśnie-

nia. Do prawidłowego działania węzła cieplnego w budynku z reguły wystarcza dyspozycyjna różnica ciśnienia ok. 0,2 MPa. Cała nadwyżka ciśnienia przychodzącego z sieci musi być w węźle zdławiona. W węzłach w. s. c. zadanie to spoczywa na zaworze regulacyjnym regulatora różnicy ciśnienia i przepływu $\Delta p/V$. Regulatory te są typu bezpośredniego działania, a skoki ich zaworów są nieduże – rzędu kilku milimetrów. Dławienie tak dużej różnicy ciśnienia powoduje, że skok roboczy do regulacji różnicy ciśnienia drastycznie maleje. Nawet niewielkie zmiany wartości wejściowej mogą spowodować duże przeregulowanie wartości wyjściowej, co stwarza warunki do wystąpienia niestabilnej, oscylacyjnej pracy regulatora. W węzłach występują drgania i hałasy o dużym natężeniu, które nie są do przyjęcia przez użytkowników budynków. Drgania mogą powodować przyspieszone zużycie regulatorów $\Delta p/V$ i innych elementów węzła cieplnego. Maksymalne manometryczne ciśnienie zasilania w źródłach wynosi ok. 1,4 MPa, co przy ciśnieniu powrotu ok. 0,2 MPa może dać dyspozycyjną różnicę ciśnienia nawet 1,2 MPa. Ta różnica ciśnienia maleje w miarę oddalania się od źródła, zgodnie z uproszczonym wykresem piezometrycznym (rysunek 7).



Rys. 7. Uproszczony wykres wartości ciśnienia w sieci ciepłowniczej

Badania prowadzone przez OBRC SPEC S. A. wykazały, że drgania i hałasy w w. s. c. powstają przy dyspozycyjnej różnicy ciśnienia powyżej 0,6 MPa i przy małych natężeniach przepływu wody sieciowej przez węzeł. Istotnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu drgań jest niska wartość ciśnienia powrotu.

Ważnym wnioskiem z badań jest stwierdzenie, że:

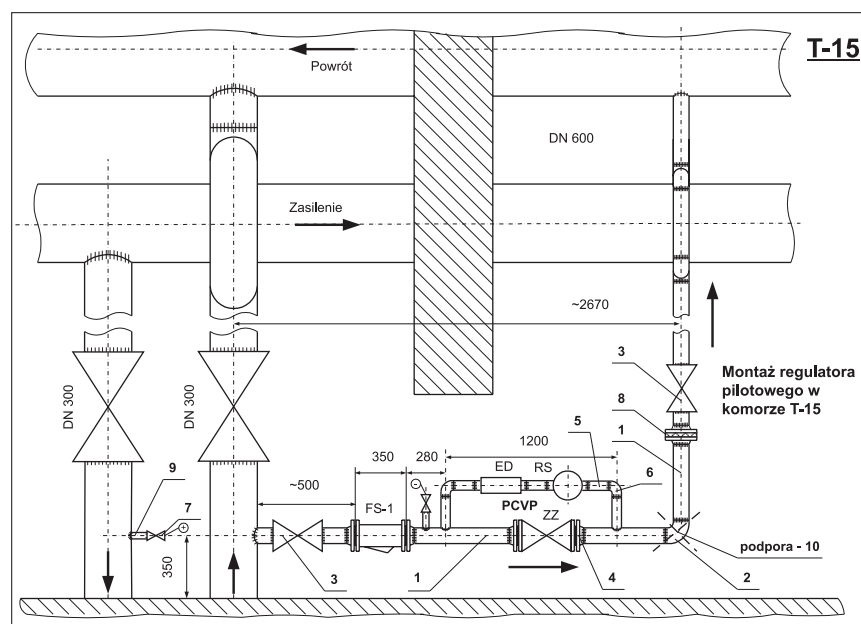
- konstrukcja (konfiguracja) węzła w wykonaniu tradycyjnym nie ma widocznego wpływu na wywoływanie oscylacyjnej i hałaśliwej pracy regulatora $\Delta p/V$, aby nie występowały drgania regulatorów $\Delta p/V$ w węzłach cieplnych, należy obniżyć ciśnienie dyspozycyjne.

Koncepcja znacznego zmniejszenia różnicy ciśnienia w w. s. c. (praktycznie poniżej 0,6 MPa) przez obniżenie jej w źródłach ciepła jest obecnie trudna do zrealizowania i nie jest obecnie rozważana.

W warunkach eksploatacyjnych zbadano trzy inne sposoby na obniżenie ciśnienia: zastosowanie reduktora ciśnienia; zastosowanie regulatora różnicy ciśnienia; zastosowanie kryzy dławiącej. Przebadano eksploatacyjnie jeszcze jedną metodę przeciw-

rach ciepłowniczych na terenie ZEC Żoliborz, ZEC Mokotów i ZEC Praga Północ. Zastosowano dwie odmiany regulatorów różnicy ciśnienia bezpośredniego działania: w wersji klasycznej ze sprężyną nastawczą (średnice DN 50, 65 i 80) i w wersji pilotowej z dodatkowym regulatorem sterującym (średnice DN 100, 125 i 150).

Regulatory zostały zamontowane w komorze ciepłowniczej na rurociągu po-



Rys. 8. Regulator pilotowy różnicy ciśnienia w komorze ciepłowniczej w. s. c.: 1. Rura stalowa, 2. Kolano stalowe, 3. Kurek kulowy, do spawania, 4. Kołnierz stalowy, do spawania, 5. Rura stalowa, 6. Kolano stalowe, 7. Zawór dławiący stalowy, 8. Blacha stalowa (na ewentualną kryzę), 9. Rura stalowa 10. Rura stalowa (na podporze), PCVP – regulator DN 100 PN 25, ZZ – zespół zaworu, ED – element dławiący, RS – regulator sterujący

działającą występowaniu drgań i hałasów regulatorów $\Delta p/V$. Nie jest ona związana ze zmianami ciśnienia, a z oddziaływaniem na sam regulator (dławienie przepływu w rurze impulsowej). Stwierdzono, że drgania zanikają przy mocnym dławieniu przepływu wody w rurze impulsowej sygnału "minus" członu regulacji różnicy ciśnienia. OBRC poleca ten tani sposób do doraźnego stosowania w węzłach cieplnych.

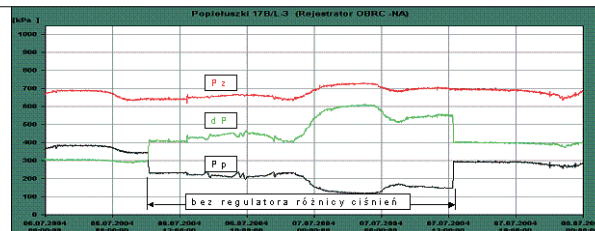
Zastosowanie regulatora różnicy ciśnienia w komorach ciepłowniczych.

W latach 2004 ÷ 2005 zamontowano 21 regulatorów różnicy ciśnienia w komo-

rotym odgałęzienia, na obejściu zaworu odcinającego powrotnego (rysunek 8). Zdecydowano się na rurociąg powrotny z dwóch powodów:

1. Niższe ciśnienie i temperatura wody sieciowej oddalają możliwość wystąpienia zjawisk kawitacyjnych na zaworze regulacyjnym. Zawory o dużych średnicach mają małą odporność na występowanie tych zjawisk.
2. Wystąpi podniesienie ciśnienia powrotu na odgałęzieniu, co jak już wspomniano jest korzystne dla przeciwdziałania występowaniu drgań regulatorów $\Delta p/V$ w węzłach.

Rys. 9. Przebieg wartości ciśnienia na odgałęzieniu komory z regulatorem i bez regulatora różnicy ciśnienia



Cechą charakterystyczną regulatora pilotowego jest to, że składa się on z dwóch zaworów regulacyjnych: małego i dużego. Umożliwia to poprawną regulację różnicy ciśnienia zarówno dla niewielkich jak i dla maksymalnych przepływów wody.

OBRC prowadziło badania eksploatacyjne regulatora pilotowego od października 2003 r. do lipca 2004 r. Badania przeprowadzono dla różnych wartości zadanych różnicy ciśnienia, z przedziału $0,30 \div 0,55$ MPa. W każdym przypadku uzyskano stabilizację różnicy ciśnienia na odgałęzieniu. Na rysunku 9 przedstawiono przykładowy przebieg wartości ciśnienia na odgałęzieniu komory T-15 bez regulatora i z regulatorem i różnicy ciśnienia, przy nastawie 0,30 MPa i 0,40 MPa.

Wnioski wynikające z instalowania pilotowego regulatora różnicy ciśnienia:

1. Badany w warunkach eksploatacyjnych (zarówno w okresie sezonu zimowego jak i letniego) regulator różnicy ciśnienia w wersji pilotowej spełnił postawione przed nim zadanie utrzymywania zadanej różnicy ciśnienia na odgałęzieniu magistrali ciepłowniczej.
2. Obniżenie i ustabilizowanie przez badany regulator dyspozycyjnej różnicy ciśnienia w węzłach ciepłych spowodowało, że w węzłach tych przestały występować drgania i hałasy wywołane niestabilną pracą regulatorów Δp i $\Delta p/V$. Wniosek ten został potwierdzony w roku 2005 po zamontowaniu kolejnych 20 regulatorów.
3. Obecnie, prowadzone są prace nad montażem w komorach ciepłowniczych następnych 20 regulatorów różnicy ciśnienia.
4. Zastosowanie w komorach ciepłowniczych regulatorów różnicy ciśnienia jest istotnym elementem modernizacji sieci ciepłowniczej w. s. c. Obok przeciwdziałania występowaniu drgań i hałasów w węzłach ciepłych stabilizuje ciśnieniowo fragmenty sieci ciepłowniczej.
5. Jako doraźny środek przeciwdziałający występowaniu w węzłach ciepłych drgań i hałasów regulatorów $\Delta p/V$ zaleca się stosowanie zaworka dławiącego na rurce impulsowej regulatora.

5. Kierunki poprawy efektywności przesyłania i transformacji ciepła w w. s. c.

Poprawa efektywności energetycznej i ekonomicznej przesyłania i transformacji ciepła prowadzona jest drogą m. in. następujących działań:

- zmniejszenie kosztów budowy sieci ciepłowniczych i węzłów ciepłych,
 - zmniejszenie strat przesyłania ciepła poprzez wymianę wyeksploatowanych odcinków sieci kanałowej na preizolowaną oraz wymianę izolacji na rurociągach kanałowych i naziemnych, tak by z poziomu obecnego tj. 10% uzyskać docelowo ok. 5%,
 - zmniejszenie ubytków wody sieciowej poprzez wymianę skorodowanych odcinków sieci, zastąpienie na rurociągach sieciowych połączeń kotłnierzych połączeniami spawanymi, stosowanie nowoczesnej armatury i zastąpienie kompensatorów dławnicowych kompensatorami mieszkowymi oraz doszczelnienie armatury w węzłach ciepłych, tak by z obecnej krotności wymiany wody wynoszącej 9-10 uzyskać wartość na poziomie 3-4,
 - poprawę mikroklimatu w kanałach i komorach sieci ciepłowniczych,
 - dalszą poprawę jakości wody sieciowej, w tym niedopuszczanie do przedostawania się do niej tlenu, prowadząc do dalszego zmniejszenia szybkości korozji (do 1995 r. $30 \div 50$ mm, obecnie ok. 15 mm) w celu zwiększenia trwałości elementów sieci,
 - efektywne wykorzystanie i regulację przepompowni sieciowych,
 - elastyczne zmiany rejonów zasilania z optymalizacją doboru źródeł (ERO) opartą na ich charakterystyce techniczno-ekonomicznej,
 - obniżanie temperatury wody sieciowej i takiego doboru wykresów regulacyjnych, aby uzyskać obniżenie rocznych strat przesyłania ciepła i zwiększenie efektów gospodarki skojarzonej w źródłach ciepła (obniżenie temperatury zasilania i powrotu o 1°C pozwala obniżyć roczne straty przesyłania ciepła w w. s. c. o ok. 1,5 mln zł).
- SPEC S. A. prowadzi systematyczne działania w kierunku dalszej poprawy stanu technicznego i warunków eksploatacji sieci, w tym:
- systematyczną wymianę wyeksploatowanych technicznie odcinków sieci o podwyższonej awaryjności, na sieć o większej trwałości i lepszej izolacji cieplachronnej (głównie na sieć preizolowaną montowaną w systemie bezkanałowym),
 - kompleksową identyfikację, naprawę lub wymianę elementów i fragmentów sieci ciepłowniczych charakteryzujących się szczególnie wysokimi stratami ciepła,
 - optymalizację wyposażenia sieci ciepłowniczej w armaturę odcinającą i regulacyjną,

- wdrożenie i rozbudowę systemu telemetrii i monitoringu, umożliwiającego kontrolę parametrów pracy z centralnego stanowiska dyspozytorskiego.

W porównaniu z innymi krajowymi systemami ciepłowniczymi, można stwierdzić, że stan techniczny warszawskiego systemu ciepłowniczego jest dość dobry. W porównaniu z systemami z krajów zachodnioeuropejskich, które przodują w branży ciepłowniczej, należy jednak stwierdzić, że dla osiągnięcia zadowalającego poziomu wymaga on stałych działań naprawczych i modernizacyjnych. Z analiz porównawczych wynika, że wskaźnik awaryjności dla systemów, w których występują różne technologie budowy sieci kształtuje się na poziomie 10-20 awarii na 100 km sieci ciepłowniczej (należy tu zaznaczyć, że dane te dotyczą mniejszych systemów ciepłowniczych). W roku 2006 wskaźnik ten w Warszawie wyniósł nieco powyżej 41 awarii na 100 km sieci. Również ubytki wody sieciowej powinny być zmniejszone przynajmniej o połowę w stosunku do obecnych. Wówczas efektywność energetyczna w. s. c. będzie mogła być uznana za zadowalającą.

LITERATURA

1. Glinka A., Horbowiec E.: "Efekty modernizacji warszawskiego systemu ciepłowniczego". X KCP, Międzyzdroje 1996.
2. Baciarelli J., Bachańska A., Kręcielewska E.: "Nowe konstrukcje elementów sieci ciepłowniczych", X KCP, Międzyzdroje 1996.
3. Sikora S.: "Kierunki zmian w technologii i racjonalizacji użytkowania ciepła na przykładzie warszawskiego systemu ciepłowniczego, COW nr 9/2000.
4. Horbowiec E., Siennicki M.: "Modernizacja warszawskiego systemu ciepłowniczego pod kątem korzyści dla mieszkańców Warszawy", COW nr 12/2000.
5. Kręcielewska E.: "Grubości ścianek rur stalowych przeznaczonych do budowy rurociągów ciepłowniczych w warszawskim systemie ciepłowniczym". OBRC SPEC S. A. Warszawa 2005.
6. Skowroński P.: "Modernizacja warszawskiego systemu ciepłowniczego – zastosowane rozwiązania i uzyskane efekty". V MKN-T "Nowoczesne ciepłownictwo". Materiały konferencyjne, Zamość 2006.
7. Plan rozwoju działalności w zakresie dostawy ciepła w Warszawie w latach 2006-2010. SPEC S. A., Warszawa, 2006.
8. Kręcielewska E., Smyk A.: "Badanie elementów preizolowanych sieci ciepłowniczych". Seminarium szkoleniowe IGCP, Piaski, 2006.
9. Smyk A.: "Modernizacja sieci przesyłowych warszawskiego rynku ciepłowniczego". III Forum OSiOEP, Warszawa 2006