

Diagnostyka podstawą do decyzji modernizacyjnej sieci ciepłowniczej

Diagnosis as the basis for the modernization decision of district heating network

MACIEJ DĄBROWSKI

DOI 10.36119/15.2019.9.1

W artykule opisano podejście operatora warszawskiej sieci ciepłowniczej do zarządzania majątkiem w kontekście planowania zadań remontowych i modernizacyjnych. Zawarto w nim opis metodyki służącej do tworzenia rankingu zadań remontowych i modernizacyjnych, sposób tworzenia harmonogramu diagnostyki oraz opisano niektóre z metod diagnostycznych stosowane przez Veolię Energię Warszawa.

Słowa kluczowe: ciepłownictwo, diagnostyka, termowizja

The article describes the approach of the Warsaw district heating network operator to asset management in the context of planning renovation and modernization tasks. It contains a description of the methodology being used to create a ranking of renovation and modernization tasks, the method of creating a diagnostics schedule and description of some of the diagnostic methods used by Veolia Energy Warsaw.

Keywords: district heating, diagnostics, thermography

Wprowadzenie

Głównym zadaniem służb eksploatacyjnych systemu ciepłowniczego jest zapewnienie ciągłej i bezpiecznej dostawy ciepła do odbiorców poprzez utrzymanie właściwej sprawności majątku przy optymalnych kosztach. W celu zagwarantowania należytego stanu technicznego sieci ciepłowniczej niezbędne jest realizowanie działań remontowych i modernizacyjnych tych elementów, których zły stan techniczny rzutuje negatywnie na pracę systemu.

Aby podejmować właściwe decyzje dotyczące działań remontowych lub modernizacyjnych i zapewnić właściwe użytkowanie przeznaczonych na nie środków, konieczne jest właściwe zaplanowanie i przeprowadzenie procesu diagnostyki. Należy zdawać sobie sprawę, że przeprowadzenie diagnostyki całości sieci przy użyciu precyzyjnych i czasochłonnych metod wymaga dużych nakładów czasowych i finansowych, w związku z czym nie jest uzasadnione ekonomicznie. Zachodzi więc konieczność zawężenia obszarów poddanych szczegółowym inspekcjom. Możliwe jest to bądź na podstawie metod pozwalających stosunkowo szybko zgrubnie zdiagnozować większy obszar sieci (np. obloty termowizyjne), bądź na podstawie przeprowadzonej

analizy, mającej za zadanie wytypowanie odcinków o zwiększonym ryzyku wystąpienia awarii i o dużym znaczeniu dla właściwego funkcjonowania całości systemu ciepłowniczego.

Podejście Veolia Energia Warszawa do diagnostyki

Warszawski system ciepłowniczy to największy system ciepłowniczy w Unii Europejskiej i czwarty co do wielkości na świecie. Długość sieci wynosi ok. 1800 km, z czego około połowa to sieci wykonane w technologii tradycyjnej, a połowa to sieci preizolowane. W skład systemu wchodzi także ok. 6500 komór ciepłowniczych i studni. Utrzymanie tak rozległego systemu w należyłym stanie technicznym stanowi duże wyzwanie i kluczowe jest właściwe dysponowanie dostępnymi zasobami.

Dla usprawnienia procesu zarządzania majątkiem i eksploatacją sieci ciepłowniczych Grupa Veolia Polska wdrożyła do stosowania metodykę SDM. Podstawą oceny poszczególnych odcinków sieci jest określenie liczby punktów, przyznawanych dla mierzalnych kryteriów. Są to między innymi:

- znaczenie dla systemu,
- moc zamówiona obiektów pozbawionych dostawy ciepła w przypadku wystąpienia awarii,

- liczba awarii na danym odcinku, z ostatnich 5 lat, w przeliczeniu na 1 km sieci,
- lokalizacja sieci (pod drogami, torowiskami),
- występowanie prądów błądzących,
- wysoki poziom wód gruntowych.

Metodyka SDM kwantyfikuje powyższe czynniki i pozwala na uzyskanie oceny punktowej dla każdego z odcinków sieci. Otrzymany w ten sposób ranking, oprócz głównego celu, tj. optymalnego planowania remontów, ma różnorakie zastosowanie dla celów operacyjnych Spółki i jednym z nich jest wsparcie przy tworzeniu planu diagnostyki. Ostateczna decyzja o włączeniu odcinków do planu diagnostyki zapada na podstawie czterech kryteriów:

- ranking sieci SDM,
- wyniki oblotów termowizyjnych,
- odcinki, które były typowane do remontu na bieżący rok i dla których zadanie remontowe nie zostanie zrealizowane,
- odcinki wskazane przez służby eksploatacyjne w oparciu o wiedzę ekspercką.

Na ich podstawie wybierane są odcinki i tworzony jest harmonogram diagnostyki. Działania diagnostyczne prowadzone przez Veolia Energia Warszawa można podzielić na dwie grupy:

Maciej Dąbrowski – Veolia Energia Warszawa. Adres do korespondencji: maciej.dabrowski@veolia.com

- Przeglądy: cyklicznie prowadzone oględziny stanu infrastruktury ciepłowniczej.
- Badania diagnostyczne: działania i badania nieniszczące pozwalające na wykrycie uszkodzeń i awarii sieci ciepłowniczych.

Dla wytypowanych odcinków w zależności od ich charakterystyki wybierane są odpowiednie metody diagnostyki, spośród których znajdują się następujące badania diagnostyczne wykonywane przez Sekcję Detekcji Ubytków:

- inspekcja robotem kanałów ciepłowniczych,
- badania rurociągów metodami akustycznymi (geofon, korelator),
- badania przy użyciu kamery termowizyjnej.

Podejście Veolia Energia Warszawa do diagnostyki zakłada, że w przypadku stwierdzenia awarii za pomocą jednego badania dąży się do przebadania podejrzanego odcinka możliwie największą liczbą stosowanych metod, aby potwierdzić wskazanie. Pozwala to na zwiększenie dokładności wskazania poprzez eliminację błędów ludzkiego przy interpretacji wskazań lub zakłóceń wpływających na dokładność wskazań pojedynczej metody, dzięki czemu unika się wykonywania niepotrzebnych odkrywek sieci i w rezultacie zmniejsza się koszty usunięcia awarii.

Inspekcje robotem

W sieciach kanałowych jednym z głównych czynników doprowadzających do powstawania awarii jest zły stan techniczny kanału – rozszczelnienia konstrukcji kanału umożliwiające wnikanie do wnętrza wody gruntowej, która wywołuje korozję rurociągów doprowadzającą finalnie do rozszczelnienia sieci. Również zły stan podpór i punktów stałych przyspiesza degradację samego rurociągu i może doprowadzić do powstania awarii. Bez zastosowania specjalistycznego sprzętu jedyną możliwością oceny stanu technicznego kanału i elementów sieci w kanałach nieprzechodnych jest wykonanie odkrywki kontrolnej, jednak jest to działanie czasochłonne i kosztowne, dodatkowo nie pozwala na uzyskanie wiedzy na temat stanu konstrukcji kanału i rurociągów na całej długości badanego odcinka.

Aby umożliwić ocenę odcinków sieci kanałowych nieprzechodnych, Veolia Energia Warszawa przeprowadza inspekcje przy użyciu samodzielnego robota wyposażonego w kamerę, dzięki czemu możliwa jest ocena stanu rurociągów i kanału bez konieczności wykonywania odkrywek

kontrolnych. Podczas pomiaru wykonywany jest pomiar przejechanej odległości, dzięki czemu dla każdej stwierdzonej nieprawidłowości możliwe jest precyzyjne wskazanie miejsca, w którym ją stwierdzono. Pozwala to na dokładne zaplanowanie prac modernizacyjnych i precyzyjne wykonanie odkrywki dokładnie w miejscu powstania nieprawidłowości celem jej usunięcia.

Z uwagi na wymiary robota i rozmieszczenie infrastruktury ciepłowniczej w kanale (rozstaw podpór) przeprowadzenie inspekcji jest możliwe dla odcinków sieci o średnicy co najmniej DN350 lub większej. Maksymalny pojedynczy przejechany odcinek wynosi ok. 150 metrów. Oprócz tego głównym ograniczeniem możliwości przeprowadzenia inspekcji przy wykorzystaniu robota jest czas trwania – średnio możliwe jest wykonanie 2–3 inspekcji dziennie w zależności od rozlokowania miejsc inspekcji. Rocznie wykonywane jest ok. 100 inspekcji i przejeżdżane jest ok. 5 km sieci. Wartość ta mogłaby być wyższa, jednak średnio przejeżdżane jest ok. 55% założonej długości – często na drodze robota spotykane są przeszkody uniemożliwiające dalszy przejazd, takie jak przemurowanie/przewężenie kanału, leżące kawałki gruzu, izolacji, śmieci itp. Z uwagi na te ograniczenia podstawowe przeznaczenie robota to

inspekcja magistral, których ciągłość działania jest kluczowa dla poprawnej pracy systemu i dla których z uwagi na średnice rurociągów rozmiar kanałów jest wystarczający do zapewnienia przejeżdżalności robota.

Znakomita większość zaobserwowanych nieprawidłowości dotyczy stanu technicznego kanałów ciepłowniczych i podpór. Najczęstsze defekty to korozja zbrojenia stropu lub pęknięcie betonowej podstawy podpory. Dzięki inspekcjom można rocznie wykryć ponad 100 defektów, których stan należy monitorować w następnych latach lub które wymagają pilnej naprawy.

Badania akustyczne

Głównym zastosowaniem narzędzi do badań akustycznych, tj. geofonu i korelatora, jest lokalizowanie awarii, jednak w ostatnich latach włączono te metody również do sprawdzania „podejrzanych” odcinków sieci w ramach planu diagnostyki.

Geofon służy do zlokalizowania wycieku na podstawie szumu powstającego podczas wypływu wody z rurociągu. Kluczową sprawą przy przeprowadzaniu badania jest zidentyfikowanie charakterystycznego szumu przecieku – jest to cecha indywidualna każdego wycieku, zależna od takich parametrów, jak: ciśnienie panujące w sieci, kształt oraz rozmiar nieszczelności, czas istnienia przecieku czy poziom zalania kanału, decydującą rolę w zidentyfikowaniu szumu przecieku odgrywają więc doświadczenie oraz umiejętności operatora geofonu.

Korelator również bazuje na szumie powstającym podczas wycieku: rejestruje się dźwięk na dwóch końcach badanego odcinka i na podstawie przesunięcia czasowego zarejestrowanych sygnałów i parametrów badanego odcinka (średnica, długość, materiał) określa się lokalizację miejsca powstania nieszczelności.

Należy brać jednak pod uwagę, że metody akustyczne są bardzo wrażliwe na zewnętrzne zakłócenia, pochodzące zarówno od infrastruktury ciepłowniczej (regulatory, pompy obiegowe w węzłach), jak i czynników zewnętrznych (duże natężenie ruchu samochodowego, kolizje z kablami energetycznymi i przewodami gazowymi). Przykładowo w przypadku badania korelatorem sieci rozdzielczych lub przyłączy, konieczne jest wyłączenie pomp w węzłach na czas przeprowadzania pomiarów, gdyż generowany przez nie sygnał akustyczny propaguje się wzdłuż sieci i zagłusza szum wycieku. W wyniku tego urządzenie interpretuje najgłośniejsze źródło dźwięku, tj. urządzenia węzła, jako



Rys. 1
Zsuniecie podpory rurociągu z betonowej podstawy
Fig. 1. Pipeline support deployment



Rys. 2
Defekt żelbetowego stropu kanału
Fig. 2. Defect of channel ceiling

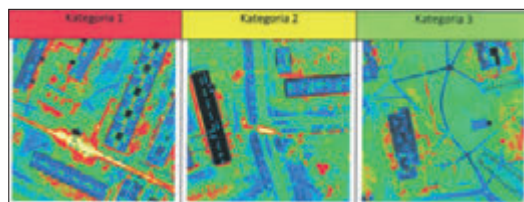
źródło wycieku i lokalizuje awarię poza mierzonym odcinkiem. W związku z tym kluczową kwestią przy stosowaniu badań akustycznych do lokalizowania awarii jest doświadczenie operatorów urządzeń przeprowadzających badanie.

Przy ocenie przydatności metod pod kątem diagnostyki rurociągów należy brać pod uwagę, że przy użyciu geofonu i korelatora możliwe jest jedynie uzyskanie informacji na temat istnienia ewentualnego wycieku, nie jest natomiast możliwe uzyskanie większej ilości informacji dotyczących stanu technicznego badanych rurociągów. W związku z tym rekomendowane jest traktowanie ich przede wszystkim w przypadku podejrzenia istnienia wycieku, jako uzupełnienie lub weryfikację pozostałych metod diagnostycznych i przeglądów.

Termowizja

W latach 2016–2018 na zlecenie Veolii Energia Warszawa wykonano serię oblotów lotniczych z kamerą termowizyjną mającą na celu uzyskanie termogramu całej warszawskiej sieci ciepłowniczej. Otrzymane w ten sposób zdjęcia termowizyjne zostały nałożone na model sieci w GIS, a następnie przeanalizowane w celu identyfikacji miejsc o podwyższonej temperaturze gruntu sugerujące pogorszony stan techniczny sieci. W toku analizy każdej stwierdzonej anomalii przypisano jedną z trzech kategorii:

- Kategoria 1: podejrzewane znaczne uszkodzenie izolacji termicznej lub znaczący wyciek wody sieciowej;
- Kategoria 2: podejrzewane uszkodzenie izolacji termicznej lub niewielki wyciek wody sieciowej;

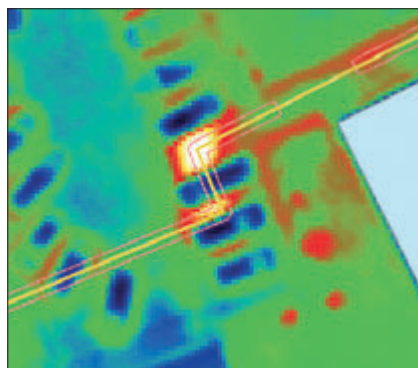


Rys. 3
Termogram sieci ciepłowniczej – przykładowe anomalie dla każdej z trzech kategorii
Fig. 3. DHN thermography – examples of anomalies for each category

- Kategoria 3: nieznaczne anomalie.
Doświadczenia praktyczne z analizy anomalii widocznych na zdjęciach termowizyjnych sieci wskazują, że metoda ta pozwala na zdiagnozowanie nieprawidłowości zarówno dla sieci tradycyjnych, jak i preizolowanych układanych bezpośrednio

nie w gruncie. Możliwe jest zidentyfikowanie nieprawidłowości, które nie są widoczne podczas przeglądów komór i studni.

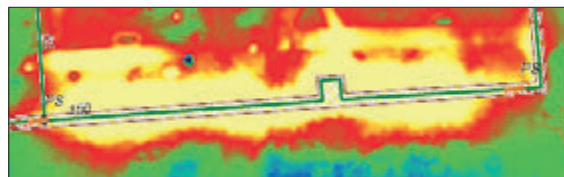
Na termogramie rys. 4 przedstawiono fragment sieci tradycyjnej DN150, dla której stwierdzono anomalie i zakwalifikowano ją do kategorii 1. Widoczne jest znaczne wygrzanie gruntu na odcinku z samokompensacją U-kształtową pomiędzy dwoma punktami stałymi. W ramach prac diagnostycznych zdecydowano o zbadaniu tego odcinka sieci, wykorzystano metody akustyczne: geofon i korelator. Wskazania obydwu badań były zbieżne i zlokalizowały awarię na jednym z łuków kompensatora. Po wykonaniu odkrywki we wskazanym miejscu stwierdzono rozległą korozję powierzchniową, powstałą przez wodę opadową dostającą się do kanału poprzez nieszczelności spoin pomiędzy łupinami. Woda z wycieku nie pojawiała się w żadnej z komór ciepłowniczych położonych najbliżej miejsca wycieku z uwagi na fakt, że nieszczelność powstała na odcinku



Rys. 5
Wygrzanie gruntu nad siecią preizolowaną w miejscu uszkodzenia rury osłonowej
Fig. 5. Increased temperature of the ground above preinsulated pipeline with damaged coat

pomiędzy dwoma punktami stałymi, które zatrzymywały wyciekającą wodę.

Na termogramie rys. 5 przedstawiono fragment sieci preizolowanej, dla której stwierdzono anomalie i zakwalifikowano ją do kategorii 2. Widać wygrzanie gruntu pomiędzy dwoma łukami, widoczne na ter-



Rys. 4
Wygrzanie gruntu nad siecią kanałową na skutek wycieku na odcinku pomiędzy dwoma punktami stałymi
Fig. 4. Increased temperature of the ground above channel pipelines between two fixing points

mogramie jedynie częściowo z uwagi na samochody zaparkowane nad siecią. W ramach prac diagnostycznych zdecydowano o zbadaniu tego odcinka sieci. Badania akustyczne nie dały jednoznacznych rezultatów, w związku z czym dla potwierdzenia wskazań badania termowizyjnego i geofonu przeprowadzono badanie pętli alarmowej, w której znajdował się „podejrzany” fragment – uzyskano odczyt wskazujący na duże zawilgocenie, lokalizacja zawilgocenia była zbliżona do miejsca wygrzania gruntu. Po wykonaniu odkrywki sieci potwierdzono wskazania diagnostyczne: analizowany odcinek sieci preizolowanej przebiegał w śladzie starej sieci, częściowo w pozostałościach kanału. Do pozostałości kanału wnikała duża ilość wody gruntowej, która przedostała się do izolacji rury preizolowanej poprzez nieszczelność jednej z muf. Zidentyfikowanie anomalii w postaci wygrzania gruntu i potwierdzenie jej przy pomocy badania akustycznego i pomiaru pętli alarmowej pozwoliło na likwidację usterki przed powstaniem perforacji rury przewodowej.

Poza zdjęciami termowizyjnymi wykonywanymi z oblotów na potrzeby diagnostyczne stosowana jest także ręczna kamera termowizyjna, jednak używana jest ona nie w procesie diagnostycznym, a do lokalizowania awarii. Wynika to z faktu, że działania diagnostyczne wykonywane są w okresie marzec–sierpień, tj. w okresie, w którym warunki zewnętrzne nie pozwalają na skuteczne wykorzystanie kamery termowizyjnej. Tym niemniej w sezonie grzewczym ręczna kamera termowizyjna pozwala na weryfikowanie wskazań geofonu i korelatora, tym samym przyczynia się do zwiększenia trafności lokalizowania awarii. Należy mieć przy tym na względzie, że woda z nieszczelności może wydostawać się w miejscu innym niż źródło wycieku. Także w przypadku silnie rozwiniętego wycieku badanie kamerą termowizyjną nie będzie pomocne – w przypadku wypełnienia wodą większego obszaru kanału stwierdzi się wygrzanie gruntu na całym zalanym odcinku.



Rys. 6
Wygrzanie gruntu nad siecią ciepłowniczą w miejscu wycieku
Fig. 6. Increased temperature of the ground above

Podsumowanie

Na przykładzie warszawskiego systemu ciepłowniczego można zauważyć korelację pomiędzy zintensyfikowaniem działań diagnostycznych i zwiększeniem liczby prewencyjnych działań modernizacyjnych, a zmniejszaniem się wartości podstawowych wskaźników operacyjnych związanych z awaryjnością systemu, tj. rocznej krotności wymian zładu i rocznej liczby awarii. Cele stawiane przed służbami eksploatacyjnymi, tj. konsekwentna minimalizacja strat wody sieciowej i zmniejszenie

awaryjności systemu, wiążą się nierozdzielnie ze zwiększaniem zakresu badań diagnostycznych i narzędzi do zdalnego monitoringu stanu technicznego sieci.

Veolia Energia Warszawa planuje w przyszłym roku rozpocząć montaż urządzeń do zdalnego monitoringu pętli alarmowych rurociągów preizolowanych, co w perspektywie najbliższych kilku lat pozwoli na zdalny nadzór do 50% całości sieci. Prowadzone są również prace badawczo-rozwojowe mające na celu stworzenie rozwiązania do zdalnego monitoringu sieci wykonanych w technolo-

gii tradycyjnej oraz do rozwoju i wdrożenia nowych metod diagnostycznych do badania sieci *in situ*.

Oczekiwany rezultat kompleksowego podejścia do działań diagnostycznych i prewencyjnych, tj. wdrażania nowych metod i stosowania metodyki SDM do porównywania i priorytetyzacji zadań, to dalsze konsekwentne zwiększanie efektywności energetycznej systemu ciepłowniczego przy utrzymaniu optymalnego poziomu nakładów na modernizację sieci.

Nowe książki

Grzejniki w wodnych instalacjach grzewczych Wyd. 2., rozszerzone i poprawione

Autor: Damian Piotr Muniak

Objętość ok. 270 s.
ISBN 978-83-01-20480-8
Rodzaj oprawy miękka

Cena 59 zł
Format B5
Termin wydania 2019-05-15



Opis

Prezentujemy nowe wydanie publikacji poświęconej **zagadnieniom projektowym i obliczeniowym** zw. z grzejnikami w wodnych instalacjach grzewczych. Szeroko omówiono w niej stosowane typy i rodzaje grzejników, **pokazano ich wady i zalety**.

W książce dokładnie omówiono również **zależności obliczeniowe służące doborowi grzejników**. Zagadnienia te uzupełniają rozdziały poświęcone komfortowi cieplnemu oraz rysowi historycznemu, związanemu z rozwojem grzejników i techniki ogrzewczej. Publikację zamyka rozdział z przykładami obliczeniowymi, przytoczono również szereg wymagań prawnych i norm.

Publikacja kierowana jest przede wszystkim do projektantów instalacji grzewczych, inżynierów instalatorów oraz autorów programów komputerowych służących równoważeniu hydraulicznemu i cieplnemu instalacji grzewczych. Z książki mogą również korzystać studenci Inżynierii środowiska, Energetyki czy też Mechaniki i budowy maszyn.

Informacja o autorze

Dr inż. Damian Piotr Muniak jest adiunktem naukowo-dydaktycznym w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Krakowskiej, gdzie prowadzi wykłady i zajęcia projektowo-ćwiczeniowe z ogrzewnictwa i wentylacji, projektowania instalacji grzewczych, zagadnień związanych z fizyką ciepłą budowli oraz energochłonnością budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Ponadto prowadzi zajęcia z zagadnień związanych z energetyką zawodową i ciepłownictwem. Jest autorem nowej koncepcji tzw. autorytetu zaworu regulacyjnego i analitycznej metody wymiarowania zaworów regulacyjnych, opartej na oryginalnych opracowaniach teoretycznych i weryfikacji eksperymentalnej. Jest także twórcą rozwiązania technicznego grzejnikowego zaworu regulacyjnego, zgłoszonego do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym RP.

Jest autorem ponad 40 publikacji naukowych i dydaktycznych w polskich i międzynarodowych periodykach nauko-

wych, w tym w tytułach z tzw. Listy Filadelfijskiej ISIS Master Journal List. Jest również recenzentem w wielu czasopismach z tej listy. Ponadto jest autorem dziesięciu książek naukowych i podręczników akademickich oraz skryptów uczelnianych. Jest także laureatem 8 nagród Rektora Politechniki Krakowskiej za osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne.

Poza aktywnością naukowo-dydaktyczną posiada doświadczenie w projektowaniu instalacji grzewczych, wentylacyjnych oraz chłodniczych (HVAC) dla sektora budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej. Ponadto wykonuje audyty dla podmiotów związanych z branżą HVAC. Zajmuje się także wdrażaniem i nadzorowaniem produktów instalacyjno-budowlanych na rynku polskim i za granicą, projektowaniem oraz optymalizacją ich cech konstrukcyjno-użytkowych.