

Metody oceny stanu rurociągów i kanałów podziemnych



Z dr inż. **EMILIĄ KULCZKOWSKĄ**, adiunktem na Politechnice Świętokrzyskiej, rozmawia **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

łoby uszkodzeniem strun zbrojeniowych, pozbawiając tym samym rury jej podstawowej funkcji, jaką jest wytwarzanie naprężeń ściskających w powłoce betonowej. Do ostatniej grupy metod należą badania nieniszczące. Podstawową zaletą ich stosowania jest bezinwazyjność w stosunku do konstrukcji rur. Są one obecnie powszechnie stosowane w diagnostyce rurociągów i kanałów wykonanych z różnych materiałów. W zależności od rodzaju materiału konstrukcyjnego rur dobierane są odpowiednie metody.

Awarie rur niosą ze sobą poważne konsekwencje. Czy w ostatnich latach powstały nowe metody badań, pozwalające uniknąć uszkodzeń?

Ponieważ metody diagnostyczne stosowane wcześniej dawały jedynie ograniczone możliwości oceny stanu technicznego rur, w ciągu ostatniej dekady opracowano nowe metody, które najczęściej ujmowane są w cztery grupy: inspekcje wizualne oraz metody elektromagnetyczne, akustyczne i ultradźwiękowe. W ciągu czterech lat, tj. od roku 2009 do roku 2012, liczba metod badawczych znanych na świecie zwiększyła się z 19 do 37. Trend ten jest nadal kontynuowany.

W najbliższej przyszłości należy oczekiwać w naszym kraju większego zainteresowania stosowaniem do diagnostyki przewodów kanalizacyjnych nieprzejezdnych kamer z funkcją zoom. Są one wprowadzane tylko do studzienek kanalizacyjnych, najczęściej przy użyciu prętów teleskopowych. Zmiana ogniskowej kamery umożliwia wgląd na kilka lub kilkanaście metrów długości kanału i bardzo szacunkową ocenę jego stanu, głównie pod kątem uszkodzeń eksploatacyjnych, czyli stwierdzenie, czy jest osad, korzenie drzew, infiltracja, zapadnięcie kanału itp. Kamery te są bardzo tanie i umożliwiają wstępne oszacowanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych w miastach w bardzo krótkim czasie. Dzielne tempo badań przewodów kanalizacyjnych przy zastosowaniu tych kamer wynosi ok. kilkunastu kilometrów.

Kolejnym trendem w zakresie diagnostyki przewodów kanalizacyjnych jest stosowanie kamer skanujących oraz kamer głównych z kamerami satelickimi, które umożliwiają podczas badań kanałów jednoczesne badanie przykanalików, czy wreszcie wielofunkcyjnych urządzeń diagnostycznych, tzw. robotów inspekcyjnych, mających jako wyposażenie poza opcją CCTV także laser, sonar i szereg innych mierników, np. miernik grubości ścianki rury, umożliwiających uzyskanie większej liczby informacji niezbędnych do dokładniejszej oceny stanu technicznego badanych przewodów.

Bardzo przydatnymi urządzeniami diagnostycznymi są georadary, wyposażone także w kamery CCTV, które przemieszczając się we wnętrzu przewodów, umożliwiają m.in. wykrywanie pustek powietrznych w gruncie po zewnętrznej stronie kanałów czy wad materiałowych we wnętrzu ścianek rur. Również przydatna w diagnostyce przewodów kanalizacyjnych jest metoda elektroscanowania, stosowana do zdecydowanie bardziej dokładnego niż ma to miejsce w metodzie CCTV badania szczelności przewodów kanalizacyjnych.

W ostatnich latach obserwowany jest także rozwój technik magnetycznych, elektromagnetycznych i akustycznych z przeznaczeniem głównie dla ciśnieniowych przewodów wodociągowych i gazowych.

Dobór odpowiednich metod badawczych zależy przede wszystkim od celu badań i rodzaju badanych rur. Przykładowo, aby wykonać kompleksową ocenę stanu technicznego rur z betonu sprężonego, należy zastosować równolegle co najmniej cztery różne metody badawcze, a często zakłada się także stały monitoring akustyczny tych rur w celu rejestrowania ewentualnych pęknięć strun sprężających.

Które z metod stosuje się najczęściej?

Najtańszym i najprostszym sposobem inspekcji przewodów przełazowych jest inspekcja wizualna, wykonana przez odpowiednio przeszkolonych pracowników. W przypadku nieprzełazowych rurociągów, a także tych przełazowych, które

W celu uniknięcia poważnych awarii niezbędna jest dokładna ocena stanu technicznego rurociągów i kanałów podziemnych. Dawniej było to możliwe po ich wcześniejszej odkrywce i wykonaniu ekspertyzy konstrukcyjnej, co mocno ograniczały aspekty techniczno-ekonomiczne. Jakie są współcześnie stosowane metody oceny stanu rurociągów i kanałów podziemnych?

Metody badania rurociągów i kanałów podziemnych można podzielić na trzy rodzaje, przy czym każdy z nich ma swoje zalety i ograniczenia. Jedną z metod są badania niszczące, polegające na odkopaniu rur i poddaniu ich badaniom w laboratorium. Dotyczy to rur o niewielkich średnicach. Niewątpliwą zaletą tych badań jest możliwość dokładnego sprawdzenia najistotniejszych parametrów materiałowych i wytrzymałościowych rur. Z uwagi na liniowy charakter tych budowli pojawia się jednak pytanie, jak wiele rur należy pobrać do badań. Do słabych stron tej metody można zaliczyć konieczność okresowego wyłączenia badanego przewodu z eksploatacji oraz wysoki koszt badań. Kolejną metodą, stosowaną głównie w przypadku rur o dużych wymiarach, są badania częściowo niszczące, polegające na pobraniu fragmentu ściany rury, dzięki czemu unika się wyłączenia przewodu z eksploatacji. Tych badań nie wykonuje się jednak na wszystkich rurach, np. na rurach z betonu sprężonego, gdyż wycięcie próbki z takiej rury skutkowa-

stwarzają zagrożenie dla tzw. inspekcji osobowej, wykonuje się inspekcję metodą CCTV. Podstawowym mankamentem tej metody jest możliwość uzyskania jedynie obrazu wnętrza kanału, brak więc innych istotnych informacji, takich jak grubość ścianki kanału, parametry wytrzymałościowe materiału rury, stan zewnętrznej powierzchni rur i otaczającego ich gruntu, sposób posadowienia rur na podłożu i szeregu innych parametrów niezbędnych do wykonania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, umożliwiających ustalenie współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur. Jeśli wyniki inspekcji CCTV nie są wystarczające dla dokonania oceny stanu technicznego zbadanych przewodów kanalizacyjnych, zaleca się przeprowadzenie dodatkowych badań bądź wykonanie ekspertyzy konstrukcyjnej rur połączonej z ich odkrywką.

Co wpływa na jakość inspekcji CCTV i uzyskiwanego obrazu?

Wśród najważniejszych czynników mających wpływ na jakość inspekcji i jakość uzyskiwanego z niej obrazu wymienia się poprawne oświetlenie wnętrza przewodu, odpowiednie ustawienie kamery, prawidłową prędkość przemieszczania się kamery, rodzaj zastosowanych urządzeń, niewystępowanie pary w badanych przewodach, niewystępowanie osadów i innych przeszkód oraz ścieków uniemożliwiających ogląd dna kanału.

Jednym z najistotniejszych czynników mających wpływ na jakość obrazu jest poprawne oświetlenie wnętrza badanego przewodu kanalizacyjnego, które w zależności od rodzaju materiału rury i jej średnicy reguluje operator – zarówno zbyt słabe, jak i zbyt mocne oświetlenie pogarszają jakość obrazu, utrudniając identyfikację uszkodzeń. Z reguły wymaga się, aby przewód był dobrze oświetlony na odległość 1,5–3,0 m. Istotne jest także odpowiednie ustawienie kamery w osi przewodu, gwarantujące ostrość obrazu i równomierne oświetlenie. Ponadto kamera powinna się przemieszczać z odpowiednią prędkością. Jeśli porusza się zbyt szybko, nie pozwala na zaobserwowanie wszystkich uszkodzeń, zwłaszcza tych niewielkich, jak np. drobne rysy, małe korzenie w złączach rur. Bardzo często wymaga się, aby zatrzymać ruch kamery na każdym z zaobserwowanych uszkodzeń na określony czas, zwykle na 10 s, w celu dokonania ich dokładnego oglądu. Zaleca się, aby prędkość przemieszczania się kamery nie przekraczała 9 m/min.

Zalecenie to nie dotyczy inspekcji powykonawczych oraz takich, których celem jest wyłącznie inwentaryzacja przykanalików.

Na jakość obrazu wpływa także rodzaj zastosowanych urządzeń, w tym jakość monitora, rodzaj obrazu (analogowy czy cyfrowy), ochrona kabli przed uszkodzeniem i przenikaniem wilgoci, w celu zabezpieczenia uzyskiwanego obrazu przed różnymi zakłóceniami. Jeśli we wnętrzu przewodu pojawi się para, jakość obrazu może ulec znaczącemu pogorszeniu. Tego typu utrudnienia występują w okresach zimowych, a także w śródmieściach miast. Parę, tworzącą nieraz gęstą mgłę, należy usuwać za pomocą dmuchaw. Następnie należy odczekać ok. 20–45 min, przechowując w tym czasie kamerę w temperaturze zbliżonej do tej, jaka panuje we wnętrzu przewodu.

Kanał poddawany inspekcji powinien być oczyszczony, ponieważ znajdujące się w nim osady denne i ścieki uniemożliwią ogląd dna, na którym mogą występować rysy i pęknięcia, starcie lub korozja. Dla prawidłowej oceny stanu technicznego przewodów ważne jest, aby operator kamery dokonał dokładnego oglądu każdego przykanalika, obracając głowicę kamery i ustawiając ją w osi przykanalika na ok. 5–10 s. Istotne jest także pokazanie przez operatora połączenia rury ze studzienką – kamera powinna ze środka studzienki wjechać do kanału. Pomiar odległości powinien być wykonany od początku pierwszej rury, tj. od miejsca jej podłączenia ze studzienką.

Inspekcja CCTV wykonana niezgodnie z powyższymi wymogami może się przyczynić do błędnej oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Jako ciekawostkę można podać, że podczas eksperymentu niemieckiego, w którym zbadano ponad 300 odcinków przewodów kanalizacyjnych równolegle przez dwie ekipy badawcze, okazało się, że zaledwie 16% odcinków zostało jednakowo przez nie ocenionych.

Dlaczego oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, polegające na przyporządkowaniu odcinków tych przewodów do określonych klas, wykazują często bardzo duże rozbieżności?

Wśród przyczyn tych rozbieżności w ocenie, poza m.in. niewłaściwym przeszkoleniem pracowników, było niespełnienie wszystkich wyżej wymienionych wymogów dotyczących jakości wykonywanych badań. Problem stanowi

także duże skomplikowanie stosowanych oznaczeń uszkodzeń. Istnieją też różne metody zalecające klasyfikowanie przewodów o określonych uszkodzeniach i określonych wielkościach tych uszkodzeń do tzw. klas stanu technicznego. W Niemczech stosuje się trzy takie metody, a np. w Kanadzie cztery. Analizy porównawcze dotyczące kwalifikowania przewodów do określonych klas wykonywane w tych krajach wykazują duże rozbieżności w zakresie uzyskiwanych ocen. Wniosek może być tylko jeden. Trzeba doskonalić te metody, a nie jest to takie proste, gdyż ocena ta ma wymiar interdyscyplinarny.

Jak często powinno się wykonywać inspekcję CCTV?

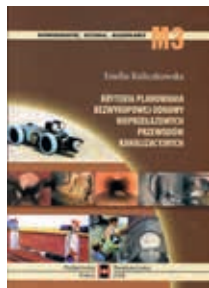
Ponieważ środki finansowe przeznaczone na diagnostykę sieci kanalizacyjnej są ograniczone, istotne jest, aby wykonywać ją w pierwszej kolejności w kanałach o najwyższym prawdopodobieństwie wystąpienia awarii oraz tam, gdzie ewentualna awaria spowodowałaby poważne konsekwencje ekonomiczne.

Częstotliwość wykonywania inspekcji CCTV powinno się uzależniać od stanu technicznego kanałów w przypadku, gdy już wcześniej były poddane inspekcji. Z reguły ustala się klasy stanu technicznego przewodów wyrażone liczbowo w kategoriach od 5 do 1, przy czym opisują one kanały od najbardziej uszkodzonego (5) do nieuszkodzonego (1).

W przypadku kanałów badanych po raz pierwszy, a także kanałów już wcześniej zbadanych bierze się pod uwagę również czynniki mające wpływ na konsekwencje ewentualnej awarii rur. Są to: średnica i rodzaj rury, głębokość jej ułożenia, rodzaj gruntu, wysokość zwierciadła wody gruntowej, natężenie ruchu ulicznego, lokalizacja itp. Najczęściej wytyczne w różnych krajach zalecają częstotliwość inspekcji przewodów kanalizacyjnych po uwzględnieniu ich klasy stanu technicznego i innych wcześniej wymienionych czynników mieszczącą się w przedziale czasowym od roku do 20 lat.

Wspomniała Pani o pojawianiu się na rynku nowych technik badawczych. Czy mogłaby Pani przybliżyć przykładowo jedną z nich?

Taką metodą jest np. elektroskanywanie, polegające na rejestrowaniu przepływu prądu elektrycznego pomiędzy sondą umieszczoną w nieprzewodzącej prądu rurze (np. kamionkowej, betonowej, żelbetowej czy z tworzyw



Dr inż. Emilia Kuliczowska jest autorką lub współautorką czterech opracowań zwartych, tj. trzech monografii oraz podręcznika akademickiego *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*, a także 74 publikacji polskich i zagranicznych

sztucznych) a elektrodą znajdującą się na powierzchni. Funkcję górnej elektrody pełni wbity w grunt metalowy pręt, połączony kablem z resztą oprzyrządowania. Przepływ prądu pomiędzy sondą a górną elektrodą jest rejestrowany przez amperomierz, będący częścią zestawu. Jeśli sonda znajduje się na nieuszkodzonym odcinku kanału, to przepływ prądu przez ośrodek gruntowy i ściankę kanału będzie znacznie ograniczony, ponieważ badany rurociąg jest dobrym izolatorem. Tak więc dopóki między górną elektrodą a sondą znajduje się ośrodek gruntowy i nieuszkodzona rura, natężenie prądu pomiędzy nimi jest bardzo małe. Jeśli w ściance rury występuje uszkodzenie, przepływ prądu jest zakłócany jedynie przez ośrodek gruntowy pomiędzy sondą i elektrodą, przez co natężenie prądu przepływające przez cały układ zwiększa się, co świadczy o nieszczelności – pęknięciu, rozszczelnieniu złącza czy uszkodzeniu połączenia z przykanalikiem. Im większy przepływ prądu przez uszkodzenie, tym większy rozmiar uszkodzenia. Zwiększone natężenie prądu jest rejestrowane przez amperomierz. Miejsce, w którym obserwowane jest zwiększone natężenie prądu, jest traktowane jako lokalizacja potencjalnej nieszczelności. Wzrost natężenia prądu występuje niezależnie od tego, czy w momencie wykonywania badania dochodzi do infiltracji czy eksfiltracji. Z uwagi na to, że w metodzie elektroskanowania o nieszczelności świadczy zwiększony przepływ prądu, nie można jej stosować w rurach z materiałów przewodzących prąd (stalowych i żeliwnych). Dodatkowo, podczas przeciągania sondy przez kanał musi on być w całości wypełniony wodą lub ściekami. Metoda elektroskanowania może stanowić atrakcyjną alternatywę dla próby ciśnieniowej, wykonywanej podczas odbioru nowych rurociągów oraz podczas kontrolowania szczelności naprawionych odcinków rur.

Jakie są różnice pomiędzy metodą elektroskanowania i omówioną wcześniej metodą CCTV?

Podstawową różnicą pomiędzy technologiami CCTV i elektroskanowaniem jest sposób wykrywania nieszczelności. W pierwszej z nich wykonywane są wizualne oględziny wnętrza kanału, na podstawie których operator ocenia – często subiektywnie – stan techniczny kanału. Rzetelność wykonanej tą metodą inspekcji w dużym stopniu zależy od umiejętności i doświadczenia osoby obsługującej kamerę. Z tych względów metoda CCTV powinna być wykorzystywana do wykrywania dobrze widocznych uszkodzeń, takich jak wystające przykanaliki, wrastające korzenie, zapadnięcia, odkształcenia itp. W metodzie elektroskanowania wyeliminowano nieobiektywność oceny poprzez wykorzystanie zjawiska przepływu prądu przez ośrodek gruntowy i uszkodzenia kanału, co pozwala na precyzyjne określanie miejsc potencjalnych przecieków i ilościowe ich oszacowanie. Z kolei ograniczeniem tej metody jest niemożność ocenienia, w której części przekroju – w dnie, boku czy wierzchołku – znajduje się dane uszkodzenie. Podczas inspekcji metodą elektroskanowania wykrywane są wszystkie uszkodzenia konstrukcji rurociągu, przez które może przepłynąć prąd, podczas gdy inspekcja CCTV pozwala na ujawnienie uszkodzeń, które są widoczne na nagraniu.

Kolejną różnicą pomiędzy tymi metodami jest sposób przygotowania kanału. W obu metodach kanał powinien być przed rozpoczęciem badania oczyszczony z osadów i korzeni. Podczas badania CCTV wymagana jest jak najlepsza widoczność wnętrza kanału – powinien on być opróżniony, a jego dno osuszone tak, aby mogło być ono również skontrolowane. Inspekcja metodą elektroskanowania wymaga całkowitego wypełnienia kanału wodą lub ściekami. Z tych względów nie można wykonywać inspekcji CCTV i elektroskanowania jednocześnie.

Jeśli chodzi o szybkość wykonywania inspekcji, to w przypadku metody elektroskanowania wynosi ona ok. 1100 m/d, natomiast metodą CCTV można uzyskać ok. 700 m/d. Przewagą metody elektroskanowania jest również to, iż nie wymaga ona dodatkowego czasu na interpretację nagrań – wyniki są generowane w czasie rzeczywistym w formie wykresów.

Poważnym ograniczeniem metody elektroskanowania jest możliwość jej

zastosowania jedynie w rurach wykonanych z materiałów nieprzewodzących prądu, co nie dotyczy metody CCTV. Z kolei przy użyciu elektroskanowania nie można stwierdzić, czy w kanale znajdują się osady, korzenie lub inne elementy mogące zaburzać przepływ ścieków. Ale w przypadku, gdy głównym celem badań jest wykrywanie nieszczelności, jest ona zdecydowanie skuteczniejsza od metody CCTV.

A jakie są obecnie trendy w zakresie dokonywania oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych i planowania ich odnowy?

Aktualnym trendem w tej kwestii jest stosowanie metod umożliwiających ocenę ryzyka awarii konstrukcyjnej i eksploatacyjnej ocenianych przewodów. Jedną z takich propozycji jest opracowana przeze mnie metoda ABCDE, opisana już wcześniej na łamach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego” oraz zaprezentowana w trakcie ostatniej konferencji *Technologie Bezwykopowe No-Dig Poland 2014*. Polega ona na przyporządkowaniu każdemu odcinkowi przewodu kanalizacyjnego w danym mieście pięciocyfrowego kodu A, B, C, D, E. Cyfra A w skali od 1 do 5 określa kategorię prawdopodobieństwa awarii przewodu dla kryterium bezpieczeństwa konstrukcyjnego, a cyfra C w tej samej skali kategorię prawdopodobieństwa wystąpienia awarii eksploatacyjnej. Liczby B i D oznaczają z kolei w skali od 1 do 25 ryzyko awarii, kolejno konstrukcyjnej i eksploatacyjnej, uwzględniające poza stanem technicznym przewodów także konsekwencje wystąpienia ich awarii. Liczba E, mająca charakter wyłącznie porządkowy, podaje ostatnie dwie cyfry roku, w którym zbadano przewód metodą CCTV.

Jedną z wielu zalet tej metody jest umożliwienie przedsiębiorstwu eksploatującemu przewody kanalizacyjne zgromadzenia na jednej mapie informacji o stanie technicznym i ryzyku awarii wszystkich przewodów kanalizacyjnych w mieście przez opisanie ich kodem ABCDE. Pozwala to na sprawne zarządzanie sieciami kanalizacyjnymi, w tym m.in. szybkie typowanie przewodów do odnowy lub realizacji określonych zadań eksploatacyjnych, zaczynając od tych przewodów, które najpilniej tego wymagają.

Dziękuję za rozmowę.

REGISTER WITH THE PROMOTIONAL CODE: NDOZ2015
TO RECEIVE 15% OFF ANY CONFERENCE TICKET

NO-DIG DOWNUNDER 2015

8-11 September 2015



Gold Coast Convention and Exhibition Centre

11th ASTT No-Dig

50 SPEAKERS – 80 EXHIBITORS



- Listen to the lessons learned from high-profile Australasian case studies
- Attend sessions highlighting how to reduce your project costs
- Network and learn from the best in Australasia and from across the globe
- Grow your company internationally: Australia has a strong economy and a mature no-dig sector.



www.nodigdownunder.com.au