

Badanie CCTV przewodów kanalizacyjnych czy ich ekspertyza konstrukcyjna?

tekst: **prof. dr hab. inż. ANDRZEJ KULICZKOWSKI**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki

W artykule przedstawiono złożoność problematyki dotyczącej dokonywania ocen stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Omówiono dwie ekspertyzy konstrukcyjne kolektorów kanalizacyjnych, zakończone dokładnym ustaleniem ich współczynnika bezpieczeństwa. Wskazano na możliwości bezinwazyjnej diagnostyki przewodów kanalizacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem techniki CCTV oraz zaprezentowano trendy rozwojowe w zakresie diagnostyki przewodów kanalizacyjnych. Omówiono opracowane na Politechnice Świętokrzyskiej metody umożliwiające szacowanie stanu technicznego przewodów. Metody te są przydatne w planowaniu bezwykopowej rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych.

1. Uwagi wstępne

Ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych należy do najtrudniejszych, biorąc pod uwagę wszystkie pozostałe konstrukcje budowlane. Ma na to wpływ m.in. liniowy charakter tych budowli, duża różnorodność stosowanych materiałów do konstruowania rur, różnorodność technologii ich wbudowywania, usytuowanie w zróżnicowanym środowisku gruntowo-wodnym, transport nimi różnych ścieków oraz brak bezpośredniej dostępności.

Poniżej podano zakres i dwa przykłady ekspertyz konstrukcyjnych przewodów kanalizacyjnych, wskazujące na specyfikę tych budowli. Ekspertyzy konstrukcyjne umożliwiają dokładne określenie ich współczynnika bezpieczeństwa.

Ponieważ dla oceny stanu technicznego setek kilometrów przewodów kanalizacyjnych na obszarach miast nie jest uzasadnione ze względów techniczno-ekonomicznych wykonywanie ekspertyz konstrukcyjnych na każdym kanale w każdej ulicy, pokazano możliwości szacowania ich stanu technicznego na podstawie wyników znacznie tańszych badań z zastosowaniem techniki CCTV.

2. Złożoność problematyki oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych

Ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych jest zagadnieniem trudnym m.in. z uwagi na dużą różnorodność materiałów [9] stosowanych do ich budowy. Przewody kanalizacyjne wykonywano z betonu, żelbetu, fibrobetonu, betonu sprężonego, eternitu, kamionki, tworzyw sztucznych termoplastycznych (PVC, PE-HD, PP) i chemoutwardzalnych (GRP), bazaltu, stali i żeliwa szarego lub sferoidalnego. Budo-

wano je także, stosując cegły kanalizacyjne (głównie w XIX, rzadziej w XX w.), a jeszcze dawniej z drewna i kamienia.

Przewody kanalizacyjne posiadają zróżnicowane przekroje poprzeczne: kołowe, jajowe, dzwonowe i kilkanaście innych. Wielkość przekroju poprzecznego przewodów ustala się w trakcie ich hydraulicznego wymiarowania, różnego w przypadku kanalizacji sanitarnej, deszczowej i ogólnospławnej. Na sieciach zewnętrznych najmniejsza średnica kanałów sanitarnych o przekroju kołowym wynosi 200 mm, ale w dużych aglomeracjach miejskich średnice te dochodzą nieraz do kilku metrów, w Polsce do ok. 3 m. Prawdopodobnie największy obecnie wbudowany kanał o przekroju kołowym ma średnicę wewnętrzną 12,8 m [14], a więc znacznie większą niż wiele tuneli drogowych, kolejowych czy metra.

Przewody kanalizacyjne zwykle projektuje się jako grawitacyjne, rzadziej ciśnieniowe lub podciśnieniowe.

W zależności od materiału zastosowanego do budowy przewodów ich konstrukcja jest sztywna, sprężysta lub lepkosprężysta. Stąd też w zależności od tzw. sztywności układu kanał – grunt na kanał oddziałuje z boku parcie graniczne gruntu (parcie czynne), parcie pośrednie, parcie spoczynkowe, odpór pośredni lub odpór graniczny gruntu (parcie bierne).

Przewody kanalizacyjne wymiaruje się konstrukcyjnie, stosując nie metodę stanów granicznych, ale wykorzystywaną dawniej powszechnie w budownictwie metodę odkształceń plastycznych.

W przypadku niektórych rur o konstrukcji sztywnej (np. betonowych czy kamionkowych) określa się wymaganą nośność [8], a następnie dobiera się rury z katalogu,

w którym są one podane z reguły w trzech lub czterech klasach nośności. W przypadku innych rur oblicza się skrajne naprężenia w wierzchołku, boku i dnie, dobierając taką grubość rur, która spełni wymóg nieprzekroczenia dopuszczalnych naprężeń rozciągających lub ściskających.

Rury z tworzyw termoplastycznych projektuje się, sprawdzając warunek dopuszczalnych naprężeń, ugięć i warunek utraty stateczności. Przy projektowaniu należy pamiętać, że warunki te są w ścisłej relacji z temperaturą, w której rury są eksploatowane. Rury te z uwagi na ich starzenie się projektuje się na parametry długookresowe, tj. np. w przypadku rur polietylenowych PE80 do wymiarowania konstrukcyjnego przyjmuje się nie moduł krótkookresowy $E_{RK} = 900$ MPa, lecz długookresowy dla okresu 50 lat $E_{RL} = 160$ MPa. Przy wymiarowaniu rur żywicowych zbrojonych włóknem szklanym GRP dodatkowo sprawdza się warunek rozciągania skrajnych włókien.

Ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych jest zagadnieniem trudnym, gdyż rury wykonane z tego samego materiału, np. polietylenu, mogą być różnej generacji. Mogą to być rury PE25, PE32, PE63, PE80, PE100 czy PE100RC. Identyfikacja rodzaju rur wykonanych z tego samego materiału niekiedy jest łatwa (w przypadku np. rur betonowych), a bardzo trudna lub wręcz niemożliwa np. w przypadku rur polietylenowych. Szczególnie trudne są ekspertyzy rur z tworzyw termoplastycznych, które jako ciśnieniowe z upływem czasu zmieniają swoje parametry geometryczne (np. rury PE zwiększają swoją średnicę do ok. 7,8% [1]).

W ostatnich latach bardzo często buduje się przewody kanalizacyjne przy wykorzystaniu metod bezwykopowych [14].



Ryc. 1. Korozja wewnętrznych ścian kanału [12]

Konstrukcje tych przewodów wymiaruje się inaczej [8] niż przewodów budowanych metodami tradycyjnymi w wykopach.

Przy wykonywaniu ekspertyz konstrukcyjnych przewodów kanalizacyjnych dodatkową trudnością jest określenie tempa zmian reologicznych w gruncie, zachodzących wokół konstrukcji kanałowej. W przypadku szczelnych przewodów kanalizacyjnych w niektórych przypadkach zmiany te przyczyniają się do kilkukrotnego zmniejszenia się naprężeń w ściankach rur, a w przypadku nieszczelnych kanałów wskutek destabilizacji otoczenia zewnątrzkanalowego dochodzi do nieraz znaczącego ich zwiększenia w stosunku do naprężeń początkowych, na które zaprojektowano przewody.

Kolejna trudność dotycząca oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych – podobnie jak innych obiektów liniowych – bierze się z faktu, że wyniki ekspertyzy wykonanej w kilku miejscach na trasie kanału o długości np. 1 km niekoniecznie muszą być miarodajne dla tego przewodu w innych miejscach. Na trasie tego kanału mogły być układane rury o różnych parametrach wytrzymałościowych, mogły być one w różnych miejscach mniej lub bardziej starannie wbudowane czy poddane różnym w rozmaitych miejscach destrukcyjnym oddziaływaniom wewnątrz- lub zewnątrzkanalowym.

3. Ekspertyzy konstrukcyjne przewodów kanalizacyjnych

3.1. Zakres ekspertyzy

Ocena bezpieczeństwa eksploatowanego kanału wbudowanego dawno jest możliwa po wykonaniu określonych badań w wykopie po jego odkopaniu. Konieczne jest wykonanie pomiarów geometrycznych kanału, badań własności materiałowych jego konstrukcji wykonywanych najczęściej metodami nieniszczącymi oraz dokonanie oceny sposobu posadowienia kanału w gruncie. W przypadku kanałów żelbetonowych istotne jest ustalenie rodzaju zastosowanych prętów zbrojeniowych (rodzaj stali, średnica prętów), odległości rozmieszczenia prętów zbrojeniowych oraz grubości otuliny zbrojenia. Wskazane jest także sprawdzenie szczelności złączy rur oraz sposobu ich uszczelnienia.

Istotne dla dokonania oceny bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są także geotechniczne badania gruntu wokół kanału. Umożliwiają one określenie rodzaju gruntu zasypowego oraz stopnia jego zagęszczenia. Wielkości te są niezbędne do ustalenia obciążeń oddziałujących na konstrukcję kanałową.

Następnie należy sporządzić obliczenia statyczno-wytrzymałościowe, uwzględniając wpływy reologiczne, jakie zaszły w gruncie po wbudowaniu kanału. Realizacja tych obliczeń możliwa jest na podstawie m.in. [8]. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe umożliwiają określenie współczynnika bezpieczeństwa badanego kanału.

Poniżej podano przykłady [11] dwóch skrajnych ekspertyz przewodów kanalizacyjnych:

– pierwszą, w której na podstawie zaobserwowanej korozji wewnętrznych ścian przewodu podjęto decyzję o jego bezwypokopowej rekonstrukcji. Ekspertyza wykazała, że jest ona niepotrzebna;

– drugą, w której zaobserwowane nieszczelności sugerowały jedynie konieczność uszczelnienia złączy rur. Ekspertyza wykazała, że jest wymagana rekonstrukcja kanału.

3.2. Ekspertyza konstrukcyjna kolektora kanalizacyjnego nr 1

Bezpośrednią przyczyną wykonania tej ekspertyzy było podjęcie decyzji o budowie ronda na nasypie nad istniejącym kolektorem żelbetonowym \varnothing 800 mm, ułożonym dotychczas w terenie zielonym. Po wybudowaniu i przekazaniu ronda do użytku na istniejący kolektor będą zatem dodatkowo oddziaływać obciążenia stałe od gruntu nasypowego i obciążenia użytkowe od ciężkiego taboru samochodowego.

Biorąc pod uwagę, że kolektor był eksploatowany przez ok. 40 lat, a inspekcja wideo wykazała korozję ścian wewnętrznych kanału oraz że po wybudowaniu nasypu i wykonaniu ronda będą poruszać się po nim ciężkie pojazdy, podjęto wstępną decyzję o bezwypokopowej odnowie kolektora.

Nieniszczące badania betonu zastosowanego w konstrukcji kanałowej wykazały, że posiada on klasę C20/25. Grubość ściany kanału była nieco mniejsza od początkowej równej 9 cm i wyniosła w najcieńszym przekroju 82 mm, a zbrojenie konstrukcyjne obwodowe ułożone było bliżej zewnętrznej krawędzi ścianki (otulina zbrojenia wynosiła 26 mm) i wykonane z prętów stalowych o średnicy 8 mm.

Kolektor ułożono na podłożu betonowym uformowanym na kącie 90° i był on obetonowany na całym obwodzie (o czym nie wiadomo przed rozpoczęciem ekspertyzy). Grubość obetonowania w wierzchołku była zmienna i wynosiła od ok. 16 do ok. 20 cm, a w bokach i dnie kanału ok. 14 cm.

Na podstawie uzyskanych danych z ekspertyzy wykonano obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kolektora (bazując na zaleceniach [8]) dla przypadku wystąpienia obciążeń najbardziej niekorzystnych dla konstrukcji kanałowej. Przyjmując w obliczeniach, że analizowany kanał nie jest obetonowany, a posadowiony w gruncie na kącie wsparcia równym 90° , że kanał ten odkopano i ponownie zasypano (wtedy obciążenia od gruntu są największe) oraz że po zasypaniu obciążono go taborem samochodowym 600 kN (obciążenie wyjątkowe), okazało się, że w najbardziej wyężonym przekroju (w dnie kanału) jego nośność była wyższa od wymaganej o 22% dla klasy bezpieczeństwa A, dla której przyjmuje się współczynnik bezpieczeństwa $\gamma = 1,75$.

Uwzględniając w obliczeniach potwierdzony ekspertyzą stan faktyczny, tj. obetonowanie konstrukcji kanałowej betonem o ustalonej w trakcie ekspertyzy grubości na całym obwodzie, stwierdzono, że wartość współczynnika bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej dla tego przypadku wynosi $\gamma = 3,66$ i jest znacznie większa od wartości wymaganej, równej 1,75.

W przypadku tej ekspertyzy, nie wiedząc wcześniej o tym, że korozja ścian wewnętrznych kanału ma wyłącznie charakter powierzchniowy (ryc. 1) i nie wiedząc również, że kolektor jest obetonowany na całym obwodzie (co znacznie zwiększa jego współczynnik bezpieczeństwa), a biorąc pod uwagę fakt, że nad kolektorem wykonana zostanie nawierzchnia drogowa na nasypie, po której będą poruszać się ciężkie samochody, przyjęto, że konieczna będzie jego bezwypokopowa rekonstrukcja. Tymczasem głównie z uwagi na wymienione wcześniej pierwsze dwa czynniki (niewielka korozja oraz obetonowanie kolektora) okazało się, że analizowany kanał nie wymaga odnowy.

3.3. Ekspertyza konstrukcyjna kolektora kanalizacyjnego nr 2

Przyczyną wykonania ekspertyzy żelbetonowego kolektora kanalizacyjnego WIPRO o średnicy 1800 mm położonego pod terenami zielonymi była decyzja o budowie czteropasmowej obwodnicy miejskiej na



Ryc. 2. Narosty infiltracyjne na złączach rur [12]

nasypie ułożonym bezpośrednio wzdłuż fragmentu trasy przedmiotowego kolektora. Był on wybudowany ponad 20 lat temu i do chwili podjęcia badania nie był eksploatowany.

Inspekcja kanału wykazała ubytki (wykruszenia) rur w obszarze złączy pochodzące z okresu jego budowy, liczne narosty infiltracyjne na złączach rur (ryc. 2) świadczące o okresowym występowaniu zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału, a także miejsca czynnego przecieku wód gruntowych lub bardziej intensywnych wycieków.

Nie stwierdzono jakichkolwiek innych uszkodzeń w kolektorze. Z uwagi na jego nieuszczelnienie postanowiono uszczelnić złącza rur, aby w przyszłości wraz z wodą gruntową nie przedostawał się do wnętrza kanału grunt z otoczenia zewnątrzkanalowego, powodując zagrożenie osiadania lub zapadania się nawierzchni ulicznej planowanej do wykonania nad tym kanałem.

Celem ekspertyzy było ustalenie wartości współczynnika bezpieczeństwa kanału dla docelowych obciążeń konstrukcji kanałowej oraz dobór optymalnej technologii jego uszczelnienia.

Badania rur potwierdziły, że analizowany kolektor zbudowano z rur żelbetowych WIPRO o trzeciej, najwyższej, klasie nośności równej 270 kN/m. W następnej kolejności przystąpiono do zbadania rodzaju podłoża pod konstrukcją kanału. Stwierdzono – co było dużym zaskoczeniem i jednocześnie miało bardzo istotny wpływ na ostateczny wynik ekspertyzy – że rury układano na płytach betonowych, a nie tak jak było to podane w projekcie, na podłożu z piasku stabilizowanego cementem uformowanym do kąta 90°. Stwierdzono również, że zmieniając technologię posadowienia rur na podłożu, nie zastosowano tzw. podbicia rur betonem po bokach do określonego kąta posadowienia. Istniejące posadowienie jest niedopuszczalne. Jest ono bardzo niekorzystne ze względów statyczno-wytrzymałościowych, gdyż odpór podłoża zamiast rozkładać się na określonym obszarze rury, np. na kącie 90°, jest punktowo skoncentrowany w formie siły skupionej w dnie rur.

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano dla przypadku najbardziej niekorzystnego dla konstrukcji rur, tj. z uwzględnieniem obciążeń występujących bezpośrednio po zasypaniu kanału gruntem, obciążeniu ich naziemem z nasypu drogowego oraz taborem samochodowym o ciężarze 300 kN. Współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej, ustalony w wyniku przeprowadzonych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, wyniósł 1,16 i był niższy od wymaganego dla klasy bezpieczeństwa A, równego 1,75. Sprawdzone, że gdyby kanał obetonowano w obszarze dna na wycinku koła o kącie 90°, współczynnik bezpieczeństwa wyniósłby 2,22 i byłby wyższy od wymaganego.

Wynik tej ekspertyzy, podobnie jak poprzedniej, był pewnym zaskoczeniem. Spodziewano się, że wystarczy uszczelnić kanał w złączach rur, a tymczasem okazało się, że konieczna jest odnowa kolektora przy użyciu technologii rehabilitacyjnej z nośną powłoką konstrukcyjną.

Rozważano trzy technologie alternatywne pod względem technicznym: długi relining z rur PE, krótki relining z rur żywicznych GRP oraz zastosowanie powłoki żywicznej utwardzanej *in situ* [2]. Najkorzystniejszym rozwiązaniem ze względów finansowych okazało się zastosowanie technologii długiego reliningu z użyciem rur polietylenowych.

3.4. Przydatność ekspertyz konstrukcyjnych przewodów kanalizacyjnych w planowaniu ich bezwypokopowej odnowy

Biorąc pod uwagę fakt, że długości przewodów kanalizacyjnych deszczowych, sanitarnych i ogólnospławnych w dużych miastach wynoszą setki kilometrów, trudno sobie wyobrazić wykonywanie ekspertyz konstrukcyjnych na każdym z tych kanałów, na każdej z ulic, tym bardziej że często na tej samej ulicy są kanały o różnej wielkości, różnych przekrojach poprzecznych, wykonane z rur o różnych materiałach. Ekspertyzy konstrukcyjne przewodów kanalizacyjnych należy zatem wykonywać tylko w przypadkach szczególnych, takich jak np. wyżej opisane, i z reguły w kanałach przełazowych, czyli tych, w przypadku których konsekwencje ich ewentualnej awarii byłyby szczególnie poważne.

Rozwiązaniem alternatywnym, uwzględniając warunki techniczno-ekonomiczne, jest stosowanie do badań stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych techniki CCTV, opisanej m.in. w [3, 13, 14].

Należy jednak pamiętać, że badania CCTV umożliwiają jedynie oszacowanie stanu technicznego badanych przewodów kanalizacyjnych bez ustalenia aktualnego współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur.

4. Ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych na podstawie wyników ich badań techniką CCTV

4.1. Techniki diagnostyki rurociągów podziemnych

Ogólnie techniki diagnostyki rurociągów podziemnych można zróżnicować na techniki wykorzystujące metody nieniszczące, które są wykonywane bezinwazyjnie, oraz techniki wykorzystujące metody niszczące, polegające na odkopaniu przewodu oraz jego dokładnym zbadaniu. Nieniszczące techniki diagnostyki – NDT (*non-destructive testing*), można podzielić ze względu na sposób przeprowadzania kontroli na cztery grupy: inspekcję wizualną, metody elektromagnetyczne, metody akustyczne oraz metody ultradźwiękowe.

Liczba metod stosowanych do nieniszczących badań rurociągów stale wzrasta. Przykładowo, liczba dostępnych metod do inspekcji rurociągów zwiększyła się w USA z 19 w 2009 r. do 37 w 2012 r. Każda z tych metod posiada swoje zalety i ograniczenia, dlatego ważnym aspektem jest umiejętność ich doboru.

Podstawowym badaniem grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych jest tradycyjna metoda optycznej inspekcji CCTV (*closed-circuit television*). Najważniejszymi elementami składowymi urządzeń stosowanych w tej metodzie jest kamera wideo zainstalowana na samojedzycznym pojeździe, który porusza się wzdłuż rurociągu przy użyciu odpowiedniego systemu sterowania.

W ostatnich latach technika CCTV znacznie ewoluowała, tworząc systemy w pełni cyfrowe z możliwością dostosowywania się do wielkości badanych przewodów oraz ich długości. Wyniki badań rejestrowane są na płytach DVD. Obecnie do inspekcji rurociągów urządzeniami telewizyjnymi CCTV stosowane są systemy przenośne lub zabudowane na pojazdach inspekcyjnych, które składają się z takich podstawowych elementów, jak:

- panel sterujący z zabudowanym monitorem i urządzeniem nagrywającym,
- manualny lub zautomatyzowany kołowrót z nawiniętym kablem kamerowym i licznikiem badanych metrów,



Ryc. 3. Zapadnięcie nawierzchni ulicznych spowodowane awariami przewodów kanalizacyjnych [12]

- wózek kamerowy z napędem kołowym lub gąsienicowym,
- obrotowa głowica cyfrowej kamery z zabudowanym oświetleniem.

W trakcie inspekcji kanału za pomocą techniki CCTV oprócz obserwacji wizualnych można prowadzić dodatkowe pomiary, takie jak:

- pomiar spadków,
- pomiar deformacji profilu kanału,
- pomiar wielkości uszkodzeń (szczelin, ubytków).

Technika CCTV badania przewodów kanalizacyjnych jest systematycznie doskonalsza. Najnowszej generacji – z ostatnich kilku lat – urządzenia CCTV zawierają wbudowane sonary, lasery, georadary [4], urządzenia umożliwiające pomiar grubości rur, pomiar temperatury i wykrywanie gazów kanałowych oddziałujących korozyjnie na betonowe konstrukcje kanałowe. Jedną z najnowszych metod badawczych jest elektroskanowanie przewodów kanalizacyjnych [5].

Wiodący wkład w rozwoju wiedzy dotyczącej badań przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem techniki CCTV oraz oceny ich stanu technicznego wniosła Politechnika Świętokrzyska, która badania te prowadzi od 1991 r. do chwili obecnej.

4.2. Ograniczone możliwości oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych na podstawie wyników ich badań techniką CCTV

W zdecydowanej większości przypadków brak jest możliwości dokonania dokładnej oceny bezpieczeństwa konstrukcji przewodów kanalizacyjnych na podstawie wyników ich badań techniką CCTV. Kamera kanalizacyjna pokazuje jedynie wnętrze kanału. Badanie kanału powszechnie stosowanymi kamerami CCTV nie dostarcza badającemu informacji o parametrach geometrycznych kanału, w tym grubości jego powłoki konstrukcyjnej, rodzaju złączy rur (dotyczy to głównie rur betonowych: czy jest złącze kielichowe na styk, czy na zakładkę), szczelności złączy rur w przypadku, gdy zwierciadło wody gruntowej znajduje się poniżej dna kanału, rodzaju zastosowanego uszczelnienia na złączu

(uszczelka gumowa czy np. sznur konopny z bitumem), o stanie technicznym zewnętrznej powłoki rur (która może być znacząco skorodowana), o sposobie posadowienia kanału (rodzaju podłoża: gruntowe czy betonowe oraz kącie posadowienia kanału na podłożu gruntowym), o rodzaju i parametrach gruntu otaczającego kanał, w tym o możliwości występowania pustek powietrznych lub rozluźnień gruntu naewnątrz konstrukcji kanałowej.

Skoro badanie kanału techniką wideo nie dostarcza badającemu tak wielu informacji, dlaczego jest ono zatem tak powszechnie stosowane? Otóż głównie dlatego, że pozwala m.in. wykryć stany awaryjne lub przedawaryjne konstrukcji kanałowych oraz występowanie wad i nieprawidłowości typu hydrauliczno-eksploatacyjnego, takich jak osady denne, przerosty korzeni drzew wstępujące do wnętrza kanału, rozsunięcia złączy rur, występowanie nieprawidłowego spadku podłużnego, nieprawidłowego podłączenia przykanalików do kanału czy zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału.

Badając kanał techniką wideo, należy zatem pamiętać, że badanie takie umożliwia jego hydrauliczno-eksploatacyjną ocenę, a tylko w pewnych nielicznych przypadkach, gdy obserwuje się poważne uszkodzenia konstrukcyjne (pęknięcia, pęknięcia z przemieszczeniem spękanych fragmentów rur itp.), ocenę bezpieczeństwa jego konstrukcji.

W wyniku pojawiania się coraz to nowych urządzeń diagnostycznych (wielu jeszcze niezastosowanych w Polsce) liczba pozyskiwanych danych do oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych będzie systematycznie wzrastała.

Mimo iż badanie kanału techniką CCTV nie dostarcza szeregu ważnych danych niezbędnych do oceny stanu technicznego kanału, biorąc pod uwagę kryterium jego bezpieczeństwa konstrukcyjnego, podejmowane są liczne próby klasyfikowania przewodów kanalizacyjnych do kilku grup zróżnicowanych ich stanem technicznym i tym samym stopniem zagrożenia wystąpienia ich awarii.

4.3. Metody klasyfikacji przewodów kanalizacyjnych z uwagi na ich stan techniczny i ryzyko awarii

W różnych krajach opracowywane są metody klasyfikacji przewodów kanalizacyjnych w zależności od rodzaju i wielkości zaobserwowanych w nich uszkodzeń do trzech, czterech, pięciu lub sześciu grup, począwszy od kanałów najbardziej zagrożonych wystąpieniem awarii. Zestawienie tych metod zamieszczono m.in. w [3, 10, 13].

W [3, 10] została opisana propozycja nowej metody klasyfikowania przewodów kanalizacyjnych do jednej z pięciu klas zróżnicowanych stanem technicznym, biorąc łącznie pod uwagę 22 różne możliwe uszkodzenia.

Autorka tej metody opracowała algorytm EK-01 [3] umożliwiający klasyfikowanie tych przewodów do odnowy (bieżąca konserwacja, naprawa, uszczelnienie, renowacja, rekonstrukcja, wymiana), uwzględniając zarówno stan techniczny tych przewodów, jak i konsekwencje wystąpienia awarii.

Konsekwencje awarii mogą być bardzo różne w przypadku kanałów o małych przekrojach, np. \varnothing 200 mm, ułożonych płytko pod terenami zielonymi w gruntach suchych, a zupełnie inne w przypadku kanałów o dużych średnicach, np. \varnothing 3000 mm, ułożonych głęboko w gruntach nawodnionych, pod ulicami w śródmieściach dużych miast.

Na rycinie 3 pokazano przykłady czterech różnych awarii przewodów kanalizacyjnych. Konsekwencje tych awarii, jak widać na tych zdjęciach, są poważne.

Najnowsza z metod, metoda ABCDE, zaproponowana po raz pierwszy w [7] jako kryterium typowania kanałów do odnowy, przyjmuje stan techniczny kanału i ryzyko jego awarii dla dwóch różnych kryteriów: bezpieczeństwa konstrukcyjnego i kryterium zagrożeń środowiska (uwzględniającego nieprawidłowości eksploatacyjne).

Metoda ABCDE umożliwia, na podstawie dokonania oceny stanu technicznego przewodu kanalizacyjnego zbadanego z zastosowaniem techniki CCTV, oszacowanie jego stanu technicznego. Polega ona

na przyporządkowaniu każdemu odcinkowi przewodu kanalizacyjnego w danym mieście pięciocyfrowego kodu liczbowego A, B, C, D, E, określającego kolejno kategorię prawdopodobieństwa awarii i kategorię ryzyka, oddzielnie dla kryterium bezpieczeństwa konstrukcyjnego (uwzględniającego uszkodzenia konstrukcyjne, takie jak np. pęknięcia, ubytki, korozja ścian, starcie dna itp.) oraz dla kryterium eksploatacyjnego (uwzględniającego takie nieprawidłowości eksploatacyjne, jak np. przerosty korzeni drzew, infiltracja wody gruntowej, wystające przykanaliki, osady denne itp.), gdzie:

A – liczba od 1 do 5, określająca kategorię prawdopodobieństwa awarii przewodu kanalizacyjnego ustalona przy uwzględnieniu wyłącznie badań CCTV dla kryterium bezpieczeństwa konstrukcyjnego, przy czym wraz ze wzrostem liczby A wzrasta prawdopodobieństwo awarii przewodu kanalizacyjnego i pilność jego odnowy;

B – liczba od 1 do 25, stanowiąca miarę ryzyka awarii przewodu kanalizacyjnego dla kryterium bezpieczeństwa konstrukcyjnego, uwzględniającego prawdopodobieństwo i konsekwencje wystąpienia awarii. Przy tym samym stanie technicznym przewodu kanalizacyjnego inne są konsekwencje awarii np. płytko ułożonego kanału o niewielkiej średnicy w gruntach suchych w terenie zielonym, a inne np. kanału o dużym przekroju poprzecznym, głęboko ułożonego w gruncie nawodnionym, w centrum miasta, pod ulicą o dużym natężeniu ruchu ulicznego. Przyjęto, że ryzyko awarii przewodu kanalizacyjnego, uwzględniające prawdopodobieństwo i konsekwencje jego wystąpienia, wzrasta wraz ze wzrostem liczby B od niskiego, przez średnie, wysokie, do bardzo wysokiego;

C – liczba od 1 do 5, określająca kategorię prawdopodobieństwa awarii przewodu kanalizacyjnego, ustalona przy przeprowadzeniu wyłącznie badań CCTV dla kryterium eksploatacyjnego uwzględniającego zagrożenia środowiskowe, przy czym wraz ze wzrostem liczby C wzrasta prawdopodobieństwo awarii przewodu kanalizacyjnego i pilność eliminacji nieprawidłowości eksploatacyjnych;

D – liczba od 1 do 25, jak w przypadku B stanowiąca miarę ryzyka dla kryterium eksploatacyjnego, uwzględniającego zagrożenia środowiskowe;

E – ostatnie dwie cyfry roku, w którym wykonano badanie stanu technicznego przewodu kanalizacyjnego.

5. Uwagi końcowe

Dokładna ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych jest możliwa przez ich odkopanie, wykonanie stosownych badań, a następnie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych umożliwiających ustalenie współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur kanalizacyjnych.

Biorąc pod uwagę, że przewody kanalizacyjne są budowlami liniowymi, wynik ekspertyzy może nie zawsze być w pełni miarodajny dla tego samego kanału w innych miejscach na trasie jego ułożenia. Stąd też w niektórych przypadkach może być konieczne wykonanie dwóch lub trzech wykopów na trasie kanału, ponieważ rury ułożone w innych miejscach mogą mieć inne parametry wytrzymałościowe, mogły zostać wbudowane z pewnymi uszkodzeniami (pochodzącymi z okresu ich montażu lub transportu), mogły być mniej lub bardziej starannie posadowione w gruncie czy ułożone np. w mniej lub bardziej starannie zagęszczonym gruncie, eksploatowane w mniej lub bardziej korozyjnym środowisku gruntowo-wodnym.

Z uwagi na wysoki koszt realizacji takich ekspertyz oraz duże długości przewodów kanalizacyjnych w miastach innym częściej stosowanym rozwiązaniem jest zastosowanie tańszych bezinwazyjnych technik ich diagnostyki, umożliwiających niestety tylko szacowanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych na podstawie zaledwie niektórych spośród kompletnego zbioru danych umożliwiających dokładną ocenę ich stanu technicznego. Przydatna w tym celu może być metoda ABCDE. Daje ona możliwość wstępnego oszacowania stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z wytypowaniem kanałów, których odnowa bądź bieżąca konserwacja są bardzo pilne. Syntetyczna ocena stanu technicznego kanałów oraz ryzyka ich awarii, uwzględniającego konsekwencje awarii w formie pięciocyfrowego zapisu, pozwala na zgromadzenie w przedsiębiorstwie na jednej mapie informacji o stanie technicznym i ryzyku awarii wszystkich przewodów kanalizacyjnych w mieście. Jest to przydatne do szybkiego wytypowania przewodów, które najpilniej wymagają odnowy lub bieżącej konserwacji.

Literatura

- [1] Janson L.: *Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków*. PRiK. Toruń 2010.
- [2] Królikowska J.: *Niezawodność funkcjonowania i bezpieczeństwa sieci kanalizacyjnej*. Monografia nr 382. Politechnika Krakowska. Kraków 2010.

- [3] Kuliczowska E.: *Kryteria planowania bezwypokowej odnowy nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych*. Monografia nr M3. Politechnika Świętokrzyska. Kielce 2008.
- [4] Kuliczowska E., Nadstawna E.: *Diagnostyka przewodów kanalizacyjnych georadarami przemieszczającymi się w ich wnętrzu*. „Instal. Teoria i praktyka w instalacjach” 2012, nr 2, s. 64–66.
- [5] Kuliczowska E., Mogielski K.: *Diagnostyka stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem metody elektrosonowania*. „Instal. Teoria i praktyka w instalacjach” 2014, nr 1, s. 37–41.
- [6] Kuliczowska E.: *Kategorie awarii przewodów kanalizacyjnych*. X Konferencja Naukowo-Techniczna *Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowych i kanalizacyjnych 2014*, Ustroń, 26–28 lutego 2014. Politechnika Śląska. Gliwice 2014.
- [7] Kuliczowska E.: *Metoda ABCDE zarządzania stanem technicznym przewodów kanalizacyjnych*. VI Międzynarodowa Konferencja *Technologie bezwypokowe NO-DIG Poland 2014*, Kielce, 8–10 kwietnia 2014.
- [8] Kuliczowski A.: *Rury kanalizacyjne. T. 2. Projektowanie konstrukcji*. Monografia nr 42. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2004.
- [9] Kuliczowski A.: *Rury kanalizacyjne. T. 3. Rury o konstrukcji sztywnej i sprężystej*. Monografia nr M4. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2008.
- [10] Kuliczowski A., Kuliczowska E., Kubicka U.: *The criteria of urgency of sewerlines rehabilitation*. Proceedings of 20th International Conference NO-DIG 2010, North American Society for Trenchless Technology, Chicago, Illinois, 2–7 May 2010, Paper A-4-05.
- [11] Kuliczowski A., Kuliczowska E., Parka A.: *Field measurements of sewer main structural integrity*. Proceedings of 21th International Conference NO-DIG 2011, North American Society for Trenchless Technology, Washington D.C., 27–31 March 2011, Paper E-3-04.
- [12] Kuliczowski A., Kuliczowska E.: *Katalog zdjęć własnych oraz pozostałych ze zgodą na ich opublikowanie*. Kielce 2018.
- [13] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: *Badanie i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2010.
- [14] *Technologie bezwypokowe w Inżynierii Środowiska*. Red. nauk. A Kuliczowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.