



Ocena odporności gazociągów i wodociągów stalowych na wpływy eksploatacji górniczej

Assessment of resistance of water supply and gas steel pipelines to the influence of mining extraction

Dr inż. Piotr Kalisz^{*)}

Treść: Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego znaczna część sieci gazowej oraz sieci wodociągowej, w tym wodociągów magistralnych, jest zbudowana z rurociągów stalowych. W większości przypadków rurociągi te są zabezpieczone kompensatorami przed oddziaływaniem deformacji ośrodka gruntowego, wywołanych podziemną eksploatacją górniczą. Wpływ eksploatacji górniczej może spowodować istotne obniżenie odporności rurociągów na deformacje gruntu, która zależy od ich stanu technicznego oraz aktualnych zdolności dylatacyjnych kompensatorów. Przedstawiono zagadnienia związane z oceną odporności istniejących gazociągów i wodociągów zbudowanych z rur stalowych, których podstawą jest ocena możliwości przejmowania przez kompensatory przemieszczeń odcinków przewodów wywołanych deformacjami ośrodka gruntowego.

Abstract: In the Upper Silesian Coal Basin a large part of the gas network and the water supply system, including water mains, are constructed from steel pipelines. In most cases these pipelines are protected against the influence of mining extraction by the use of expansion joints. Mining extraction may cause a significant decrease in resistance of the expansion joints to soil deformations, which depends on its technical condition and its current expansion capacity of compensators. This paper presents the issues associated with the assessment of resistance of the existing gas and water supply steel pipelines to the mining extraction influence based on the assessment of the expansion joints possibility to take over the pipes displacements caused by soil deformations.

Słowa kluczowe:

teren górniczy, wodociągi i gazociągi stalowe, kompensatory, ocena odporności

Key words:

mining area, water and gas steel pipelines, expansion joints, resistance assessment

1. Wprowadzenie

Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego znaczna część sieci wodociągowej oraz sieci gazowej jest zbudowana z rurociągów stalowych, które na terenach górniczych w większości przypadków zabezpieczono przed oddziaływaniem deformacji podłoża przez zabudowę kompensatorów. Najstarsze czynne rurociągi stalowe na terenach górniczych w tych dwóch rodzajach sieci zbudowano w latach 50. XX wieku. Przy projektowaniu rurociągów stalowych uwzględniano wartości przewidywanych wówczas wskaźników deformacji. Eksploatacja górnicza powoduje przemieszczenia zdylatowanych odcinków rurociągów i zmiany położenia końców rur w kompensatorach. Ponadto przyczynia się do pogorszenia ich stanu technicznego, który ulega również pogorszeniu z uwagi na oddziaływanie środowiska gruntowego i przesyłanego medium. Może zatem nastąpić istotne obniżenie odporności rurociągu na górnicze deformacje podłoża.

Z wyżej wymienionych względów przed podjęciem nowej eksploatacji górniczej niezbędna jest ocena możliwości przejścia przez istniejące rurociągi stalowe prognozowanych deformacji podłoża. Dlatego potrzebne jest określenie ich ak-

tualnego stanu technicznego wraz z oceną stanu technicznego i zdolności dylatacyjnych kompensatorów. Dotyczy to przede wszystkim wodociągów magistralnych i gazociągów.

2. Skutki oddziaływania eksploatacji górniczej w istniejących rurociągach stalowych

Wodociągi i gazociągi stalowe są zbudowane z rur przewodowych ze szwem i bez szwu o długościach od kilku do kilkunastu metrów, łączonych przez spawanie. Na terenach górniczych są stosowane kompensatory, stanowiące ich zabezpieczenie przed deformacjami ośrodka gruntowego, wywołowanymi podziemną eksploatacją górniczą.

Skutkiem oddziaływania eksploatacji górniczej na rurociągi stalowe są:

- zmiana zdolności dylatacyjnych kompensatorów,
- całkowite wysunięcie końca rury z kompensatora,
- odchylenia katowe odcinków rur,
- nieszczelności złączy kompensatorów wskutek ruchów rur,
- uszkodzenia mechaniczne kompensatorów i rur.

W przypadku wodociągów i gazociągów najczęstszym skutkiem oddziaływania eksploatacji górniczej jest utrata szczelności złączy kompensatorów. Obserwowane jest to

^{*)} Główny Instytut Górnictwa w Katowicach

wielokrotnie w kompensatorach nasuwkowych wodociągów magistralnych i stanowi najczęstszą przyczynę ich awarii na terenach górniczych (fot. 1).

Znacznie rzadziej dochodzi do całkowitego wyczerpania zapasu dylatacyjnego i wysunięcia końców rur z kompensatorów, podobnie jest w przypadku gazociągów. Utrata szczelności kompensatorów w gazociągach jest często związana z ruchem rur i pogorszeniem właściwości użytkowych szczeliwa.

W przypadku wodociągów rozdzielczych, oprócz utraty szczelności kompensatorów są obserwowane także uszkodzenia mechaniczne ścianek rurociągów stalowych, a także wżery korozyjne występujące w miejscach deformacji ścianek, wywoływanej deformacjami warstwy gruntu [3]. W rurociągach stalowych o średnicach mniejszych od 80 mm i przyłączach z uwagi na małą średnicę kompensatory nie były stosowane.

Częstą przyczyną awarii spowodowanych górniczymi deformacjami podłoża są pęknięcia spoin, które występują zarówno w rurociągach, jak i na ich połączeniach z przyłączami, oraz uszkodzenia przyłączy [2].

3. Ocena odporności rurociągów stalowych

Podstawowymi elementami zabezpieczającymi wodociągi i gazociągi stalowe przed niekorzystnym oddziaływaniem eksploatacji górniczej, jak już wcześniej zaznaczono, są kompensatory. Kompensatory, szczególnie w przypadku rurociągów magistralnych, decydują o ich odporności na górnicze deformacje przypowierzchniowej warstwy górotworu. Zatem ocena możliwości przejmowania deformacji przez ważniejsze rurociągi stalowe dla funkcjonowania sieci gazowej oraz wodociągowej powinna być oparta w głównej mierze na ocenie odporności kompensatorów [14]. Ocena ta powinna obejmować analizę:

- zdolności dylatacyjnych kompensatorów,
- możliwości prawidłowej pracy złączy kompensatorów - zachowania szczelności podczas oddziaływania eksploatacji górniczej,

- ogólnego stanu technicznego kompensatorów.

Ocena możliwości przejmowania górniczych deformacji podłoża przez kompensatory istniejących rurociągów nie może ograniczać się tylko do oceny zdolności dylatacyjnych zastosowanych zabezpieczeń, ale musi uwzględniać również inne czynniki, związane z ich stanem technicznym.

Ocena zdolności dylatacyjnych kompensatorów istniejących rurociągów polega na określeniu położenia końców rur wewnątrz ich przestrzeni roboczej. Określenie tego położenia powinno być przede wszystkim realizowane za pomocą metod pozwalających na ich nieprzerwaną pracę, albo być wykonywana podczas renowacji lub remontów rurociągów w czasie zaplanowanego ich czasowego wyłączenia z użytkowania. Do metod pozwalających na pomiar położenia końców rur w kompensatorach czynnych rurociągów można zaliczyć metody nieniszczące, takie jak:

- pomiar bezpośredni z zastosowaniem przyrządów pomiarowych,
- metoda georadarowa,
- metoda defektoskopii ultradźwiękowej.

Wszystkie te metody mogą być zastosowane po wykonaniu wykopu w miejscu zabudowy kompensatora oraz po odsłonięciu co najmniej części jego powierzchni zewnętrznej oraz krótkich odcinków rury wlotowej i wylotowej.

3.1. Pomiary bezpośrednie

Pomiary bezpośrednie położenia końców rur w kompensatorach mogą być realizowane w następujący sposób:

- pomiar całkowitej długości kompensatora wbudowanego w rurociąg, od złącza do złącza na rurze wlotowej i wylotowej,
- pomiar śladów przemieszczeń kompensatora na powierzchni zewnętrznej rur wlotowych i wylotowych,
- pomiar z wykorzystaniem urządzeń zabudowanych na kompensatorach
- pomiary bezpośrednie wykonywane bezwykopowo.



Fot. 1. Przykład utraty szczelności nasuwki kompensacyjnej wodociągu magistralnego

Photo 1. Example of tightness loss of water main compensating sleeve

Źródło: Opracowanie własne

Realizacja pomiarów bezpośrednich przez pomiar całkowitej długości kompensatora, na przykład od spawu do spawu na rurze wlotowej i wylotowej, pozwala na określenie położenia końca rury w części roboczej, o ile znana była jego długość początkowa. Dobrym przykładem są typowe kompensatory w gazociągach stalowych, które były produkowane zgodnie z normą branżową. Znając długość początkową kompensatora można ją porównać z jego aktualną długością i określić zmiany położenia końca rury. Kompletny kompensator zabudowany na gazociągu stalowym niskiego ciśnienia DN200, wykonany w latach 70. XX wieku przedstawiono na fotografii 2.

Położenie końców rur w kompensatorach można również ocenić na podstawie pomiaru śladów przemieszczeń na powierzchni zewnętrznej rur wlotowych lub wylotowych.



Fot. 2. Kompensator w gazociągu stalowym niskiego ciśnienia DN200, złącza rur spawane

Photo 2. Example of expansion joint in low pressure steel gas pipeline DN200, welded pipe joints

Źródło: Opracowanie własne



Uszczelnienie kompensatorów w przewodach wodociągowych wykonywane jest z pierścieni gumowych ściśle przylegających do powierzchni zewnętrznej końców rur, przez co pozostawiają ślady podczas ich przemieszczania spowodowanego, deformacjami podłoża (fot. 3). Podobnie jest w przypadku kompensatorów zabudowanych w gazociągach stalowych (fot. 4). Ślady te jednak są widoczne tylko w przypadku rozsunięcia odcinków rur, między którymi zabudowano kompensatory. Pomiar rozsunięcia rur umożliwia ocenę zmiany początkowej dylatacji kompensatorów, skąd można wnioskować o ich aktualnych zdolnościach dylatacyjnych.

Odsłonięcie kompensatora pozwala na zamontowanie urządzeń pomiarowych, umożliwiających bezpośrednie pomiary przemieszczeń rur i okresową kontrolę ich zdolności dylatacyjnych [4]. Nowe kompensatory mogą być fabrycznie wyposażone w czujniki, umożliwiające pomiar przemieszczeń rur.

Pomiary bezpośrednie z wykorzystaniem metod bezwykopowych mogą być wykonywane przede wszystkim w rurociągach o większych średnicach, do których po opróżnieniu i wykonaniu odpowiedniego otworu w ścianie mogą być wprowadzone przyrządy pomiarowe. W celu wykonania otworów w ściankach rurociągu wykonuje się wykopy co kilkaset metrów. Metody bezwykopowe są stosowane obecnie do renowacji rurociągów, na przykład renowacji wodociągów magistralnych z zastosowaniem zaprawy cementowej. Podczas przygotowania do renowacji można dokonywać inwentaryzacji kompensatorów rurociągów o większych średnicach, przez co należy rozumieć również ich lokalizację.



Fot. 4. Ślady rozsunięcia kompensatora gazociągu DN200
Photo 4. Traces of the pipe movement in the expansion joint of gas pipeline DN200

Źródło: Opracowanie własne

Fot. 3. Ślady ruchu rury wlotowej (b) i wylotowej (c) na powierzchni wodociągu magistralnego DN1400

Photo 3. Traces of the compensator inlet (b) and outlet (c) pipes movement on the water main DN1400

Źródło: Opracowanie własne

3.2. Metoda georadarowa GPR

Ocena zdolności dylatacyjnych może być również przeprowadzona za pomocą georadaru (GPR – *Ground Penetrating Radar*). Georadar jest urządzeniem nadawczo-odbiorczym wykorzystującym fale elektromagnetyczne i może być stosowany jako nieniszcząca metoda określania położenia końców rur w kompensatorach rurociągów stalowych na podstawie uzyskiwanych obrazów. Metoda ta jest w pełni przydatna do stosowania w warunkach terenowych. Po odsłonięciu górnej powierzchni kompensatora wykonuje się pomiar, co nie wymaga żadnej ingerencji w strukturę materiału rur i kompensatorów. Powierzchnia kompensatora lub rury nasuwkowej (rys. 1) nie musi być dokładnie oczyszczona z gruntu i izolacji antykorozyjnej w miejscu dokonywanego pomiaru.

3.3. Metoda defektoskopii ultradźwiękowej

Metoda defektoskopii ultradźwiękowej polega na emisji fal akustycznych wysokiej częstotliwości i ich rejestracji po przejściu przez badany ośrodek lub odbiciu od granicy dwóch ośrodków. Zasadę wykonywania pomiarów w nasuwce kompensacyjnej wodociągu magistralnego przedstawiono na rysunku 1.

Do badań kompensatorów zastosowana może być metoda echa, wykorzystująca zjawisko odbicia fali. Dzięki temu możliwe jest zlokalizowanie powierzchni odbijających w różnych odległościach, czyli określenie położenia końca rury.

4. Ocena zdolności dylatacyjnych kompensatorów

Miarą zdolności do przejmowania deformacji przypowierzchniowej warstwy górotworu jest dopuszczalna wartość odkształceń, jaką mogą przenieść kompensatory z uwzględnieniem rozrzutu losowego poziomych odkształceń gruntu, oraz dokładności zastosowanej metody pomiaru przerw dylatacyjnych. W przypadku kompensatorów istniejących rurociągów, znając ich zdolność dylatacyjną Δl_0 , określoną na podstawie

pomiarów, można wyznaczyć wartości dopuszczalnych średnich odkształceń $\bar{\epsilon}_0$, a więc ich zdolność do przejmowania poziomych odkształceń podłoża. Wartość tych odkształceń można wyznaczyć ze wzoru

$$\bar{\epsilon}_0 = \frac{\Delta l_0 (1 - n v_0)}{(l_1 + l_2) \left(1 + t \sqrt{M_r^2 + M_z^2} \sqrt{\frac{l_0}{2(l_1 + l_2)}} \right)} \quad (1)$$

gdzie:

Δl_0 – wartość średnia zdolności dylatacyjnej kompensatora wynikająca z pomiarów, mm

n, t – wskaźniki tolerancji,

v_0 – współczynnik zmienności dla wykonanych pomiarów, związany z ich dokładnością,

M_r – współczynnik zmienności odkształceń przy rozluźnianiu gruntu,

M_z – współczynnik zmienności odkształceń przy zagęszczeniu gruntu,

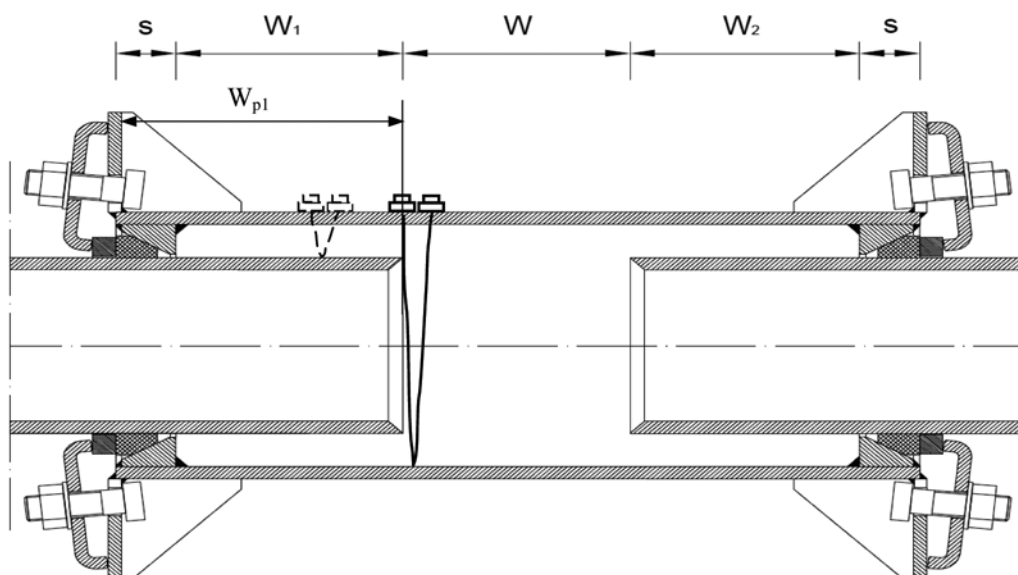
l_0 – długość standardowej bazy pomiarowej, m

l_1, l_2 – długości sąsiednich odcinków rur, pomiędzy którymi znajduje się kompensator, m.

Wartość odkształceń $\bar{\epsilon}_0$ jest zależna nie tylko od średniej wartości pomierzonej jedną z wyżej wymienionych metod zapasu dylatacyjnego Δl_0 , ale również od dokładności tych pomiarów, długości sąsiednich odcinków rur l_1, l_2 , współczynników zmienności prognozowanych wartości odkształceń [12,13]. Odległości między kompensatorami rurociągów stalowych są zazwyczaj znacznie większe od długości standardowej bazy pomiarowej i dlatego mianownik we wzorze (1) może być uproszczony do wyrażenia $1,2(l_1 + l_2)$.

W przypadku magistralnych przewodów wodociągowych należy uwzględnić możliwość nierównomiernego rozsunienia rur w kompensatorach nasuwkowych o podwójnych złączach. Wtedy jako odporność kompensatora należy przyjąć mniejszą wartość z obliczonych dla każdej strony wartości możliwych do przejścia odkształceń.

Jednym z napotykanym problemów przy ocenie odporności rurociągów stalowych jest lokalizacja istniejących



Rys. 1. Zasada pomiaru położenia końców rur w kompensatorze z zastosowaniem defektoskopu ultradźwiękowego

Fig. 1. Measurement principle of the pipes ends position in an expansion joint with the use of an ultrasonic flaw detector

Źródło: Opracowanie własne

zabezpieczeń. Wieloletnie doświadczenia wskazują, że większość rurociągów zbudowanych przed 1990 rokiem nie posiada dokumentacji powykonawczych, co oznacza, że nie jest znane dokładne rozmieszczenie kompensatorów. Dotyczy to zarówno sieci gazowej, jak i wodociągowej. Podczas wykonywania prac terenowych stwierdzono znaczne różnice między planami montażowymi (o ile takie istnieją w dokumentacji projektowej) a rzeczywistym rozmieszczeniem kompensatorów. Znajomość rozmieszczenia kompensatorów na rurociągu pozwala na pomiar odległości między nimi, co ma również istotne znaczenie dla oceny odporności rurociągu.

5. Ocena stanu technicznego i szczelności złączy

Ocena stanu technicznego kompensatora oraz jego szczelność podczas oddziaływania deformacji podłoża ma również istotne znaczenie, gdyż kompensatory dość często ulegają rozszczelnieniom bez całkowitego wysunięcia rur.

Wodociągi, spośród których największe znaczenie ma sieć wodociągów magistralnych, są zabezpieczane na wpływy eksploatacji górniczej nasuwkami kompensacyjnymi i kompensatorami dławikowymi. W przypadku wodociągów magistralnych zastosowano tak zwane nasuwki dwustronne, rzadziej jednostronne. W nasuwkach tych złącza wyposażone są w gumowe pierścienie, których szczelność uzyskuje się przez ich docisk do pierścieni oporowych za pomocą pierścieni i klamer dociskowych, wykonanych ze stali. Podczas oddziaływania górniczych deformacji podłoża następują przemieszczenia rur i ich wzajemne odchylenia kątowe, co powoduje niejednokrotnie poluzowanie śrub mocujących klamry dociskowe i zmniejszenie docisku uszczelki gumowych. Złącze w ten sposób może utracić szczelność. Ponadto pierścienie gumowe ulegają naturalnemu zużyciu i z czasem również następuje pogorszenie ich właściwości. Z tego powodu kompensatory stanowią potencjalne źródło nieszczelności rurociągu.

Zjawisko utraty szczelności kompensatorów występuje również często w przypadku gazociągów stalowych, szczególnie w przypadku starszych przewodów, którymi pierwotnie przesyłano gaz koksowniczy, zawierający oprócz metanu cięższe węglowodory. W kompensatorach gazociągów do uszczelnienia złączy stosowano szczeliwo, które ulega również naturalnemu zużyciu, a w przypadku zamiany przesyłu gazu koksowniczego na gaz ziemny ulega dodatkowo wysuszeniu. Sprzyja to utracie szczelności kompensatora wskutek niewielkich nawet ruchów rur. Tego typu awarie występują stosunkowo często w starszych gazociągach stalowych, co stanowi około 40 % ogólnej liczby awarii związanych z oddziaływaniem eksploatacji górniczej [2].

Ocena ogólnego stanu technicznego kompensatora również ma istotne znaczenie przy ocenie możliwości jego prawidłowej pracy podczas oddziaływania planowanej eksploatacji górniczej. Częstym i istotnym czynnikiem wpływającym na pogorszenie ogólnego stanu technicznego kompensatora jest korozja elementów konstrukcyjnych [15]. Na przykład korozja śrub mocujących klamry dociskowe utrudnia usuwanie awarii. W niektórych przypadkach występują również uszkodzenia mechaniczne kompensatorów.

Możliwość wystąpienia opisanych awarii i pogorszenie stanu technicznego kompensatorów mają wpływ na ocenę zdolności do przejmowania górniczych deformacji podłoża i prawidłową pracę rurociągów. Dlatego ocena ta powinna obejmować z jednej strony ocenę zdolności dylatacyjnych kompensatorów, a z drugiej strony ocenę możliwości prawidłowej pracy kompensatora podczas ujawniania się deformacji

podłoża. Ogólny stan techniczny kompensatora i możliwość wystąpienia awarii niewynikającej z utraty zdolności dylatacyjnych można ocenić jakościowo, wykorzystując na przykład następującą skalę: bardzo dobry, dobry, dostateczny, zadowalający, zły i bardzo zły, któremu można przypisać prawdopodobieństwo wystąpienia utraty szczelności złącza dla określonej wartości poziomych odkształceń i kategorii terenu górniczego. Przy ocenie możliwości dylatacyjnych prawdopodobieństwo to wynika z przyjętych wskaźników tolerancji.

Prawidłowa ocena możliwości przejmowania deformacji podłoża przez kompensatory musi obejmować, jak już wyżej to przedstawiono, ocenę możliwości bezpiecznego przejścia przemieszczeń odcinków rur przy zachowaniu jego szczelności. Zatem do oceny tej należy wziąć pod uwagę zarówno zdolności dylatacyjne, stanowiące główne kryterium, ale również prawidłowe działanie z uwagi na ogólny stan techniczny i stan techniczny uszczelnienia. Miarą oceny możliwości przejmowania deformacji podłoża przez pojedynczy kompensator może być ocena jego niezawodności, a więc prawdopodobieństwa jego sprawności w określonych warunkach terenu górniczego [7]. Kompensator można traktować jako element (obiekt prosty) systemu [6,8,9]. Niezawodność tego elementu ma wpływ na niezawodność całego systemu.

W warunkach terenów górniczych najczęściej miarą odporności kompensatora jest kategoria jego odporności, a więc dopuszczalna dla danej kategorii terenu górniczego wartość wskaźników deformacji. Wtedy zakładając określone prawdopodobieństwo sprawności można obliczyć dopuszczalną wartość wskaźnika, na przykład poziomych odkształceń podłoża $\bar{\epsilon}_0$, z uwagi na jego zdolności dylatacyjne i określić kategorię odporności. Miarą odporności kompensatora może być również prawdopodobieństwo jego sprawności dla prognozowanych wartości wskaźnika deformacji.

System (obiekt złożony) jest to zorganizowany zbiór elementów, który ma wykonać określone zadanie [8], takie jak dostarczenie do odbiorców niezbędnej ilości wody, gazu, ciepła. Jednym z najważniejszych obiektów systemu są rurociągi wraz z elementami ich wyposażenia. Rurociągi wyposażone w kompensatory są to przewody pracujące w systemach sieci uzbrojenia głównie na terenach górniczych. Złożone są na ogół z powtarzalnych obiektów podstawowych, do których oprócz kompensatorów należą odcinki przewodów, w tym przewiązki, oraz elementy wyposażenia.

W artykule rozpatrujemy przewody sieci uzbrojenia i systemy przewodów pod kątem oceny ich odporności na deformacje podłoża, uwzględniając przede wszystkim niezawodność kompensatorów ze względu na oddziaływanie podziemnej eksploatacji górniczej oraz niezawodność pojedynczych przewodów i układu przewodów [1,8]. Sieci uzbrojenia charakteryzują różne schematy niezawodnościowe [8], które również należy uwzględniać przy ocenie ich odporności. Tworzą one struktury:

- szeregowe,
- równoległe,
- progowe (musi być zdatnych k elementów z n),
- mieszane (szeregowo-równoległe, równoległo-szeregowe).

Istotnym zagadnieniem jest analiza statyczno-wytrzymałościowa dla wytypowanych prostych odcinków rurociągów i załomów dla sprawdzenia możliwości przejścia dodatkowych obciążeń, wynikających z oddziaływania poziomych odkształceń gruntu i krzywizn podłoża z uwzględnieniem ich aktualnego stanu technicznego [5,11]. W tym celu stosuje się istniejące programy komputerowe wykorzystujące metody numeryczne, między innymi Metodę Elementów Skończonych, lub analityczne, np. przy użyciu programu komputerowego

RC autorstwa inż. Tadeusza Paszkiewicza [5]. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń ocenia się możliwość przejścia prognozowanych deformacji podłoża z uwzględnieniem wartości charakterystycznych wskaźników tych deformacji i wytrzymałości materiału rur.

Przy ocenie odporności rurociągów stalowych należy również wziąć pod uwagę jego dostępność w terenie, a więc możliwość łatwego dojazdu do miejsca awarii oraz możliwość jej szybkiego usunięcia. Ma to istotny wpływ na utrzymanie niezawodności rurociągu i tym samym należy wziąć to pod uwagę [10].

Rozpoznanie wyposażenia oraz określenie stanu technicznego przewodów stalowych i innych elementów sieci uzbrojenia terenów górniczych jest istotne z uwagi na możliwość właściwej oceny odporności tych sieci na wpływy eksploatacji górniczej. Analizę stanu technicznego rurociągów należy przeprowadzić w oparciu o dane zebrane w czasie inwentaryzacji, na bazie informacji przekazanych przez użytkowników sieci. Należy w tym miejscu zaznaczyć jednak, że na podstawie bezpośrednich kontaktów z właścicielami i użytkownikami sieci często trudno jest uzyskać niezbędne informacje o ich aktualnym stanie technicznym. Wynika to w wielu przypadkach z braku dokumentacji technicznej przewodu, a posiadane informacje pochodzą jedynie z obserwacji i pomiarów dokonanych przez służby techniczne w czasie wykonywania napraw i usuwania awarii.

Nawet w przypadku braku informacji o rzeczywistym stanie technicznym elementów sieci, możliwe jest pośrednie oszacowanie tego stanu dzięki takim danym, jak: rodzaj zastosowanych rur do budowy przewodów, wiek przewodu, awaryjność. Szacunkowego określenia stanu technicznego przewodu można dokonać także na podstawie analogii do innych przypadków, gdzie stan techniczny określono szczegółowo. Należy przy tym również uwzględnić oddziaływanie deformacji górniczych podłoża, wywołanych dokonaną eksploatacją.

4. Podsumowanie

1. Znaczna część istniejącej na terenach górniczych sieci wodociągowej i gazowej jest zbudowana z rurociągów stalowych, zabezpieczonych kompensatorami na deformacje podłoża. W sieciach tych stosowane są głównie kompensatory nasuwkowe, dwustronne lub jednostronne w wodociągach magistralnych, oraz dławikowe stosowane w gazociągach i wodociągach o mniejszych średnicach. Rurociągi o najmniejszych średnicach i przyłącza do budynków w sieciach rozdzielczych nie były wyposażane w kompensatory.
2. Kompensatory posiadają określoną początkową zdolność dylatacyjną, zaprojektowaną do przejmowania prognozowanych w okresie budowy rurociągu wartości wskaźników deformacji podłoża. Zdolność ta na skutek oddziaływania deformacji podłoża, powodowanych podziemną eksploatacją górniczą, ulega istotnym zmianom, a niekiedy całkowitemu wyczerpaniu.
3. Górnicze deformacje podłoża powodują nieszczelności złączy kompensatorów rurociągów stalowych, ujawniające się podczas ruchów podłużnych i odchyżeń kątowych segmentów rurowych. Jest to najczęstsza przyczyna awarii rurociągów poddanych oddziaływaniu eksploatacji górniczej. Deformacje podłoża mają wpływ na stan techniczny rurociągów i kompensatorów, który ulega zmianie również na skutek oddziaływania środowiska gruntowego i środowiska wewnętrznego.

4. Podjęcie eksploatacji górniczej, która będzie oddziaływała na istniejące rurociągi stalowe zabezpieczone kompensatorami, w szczególności na wodociągi magistralne i gazociągi, wymaga oceny ich aktualnej odporności na deformacje podłoża.
5. Ocena odporności kompensatorów na górnicze deformacje podłoża polega na:
 - ocenie odporności kompensatorów z uwagi na ich aktualne zdolności dylatacyjne przez określenie dopuszczalnych wartości odkształceń przy założonym poziomie prawdopodobieństwa ich nieprzekroczenia i uwzględnieniu dokładności zastosowanej metody pomiarowej,
 - ocenie możliwości prawidłowej pracy złączy przez określenie prawdopodobieństwa zachowania szczelności podczas oddziaływania deformacji podłoża na podstawie oceny ich stanu technicznego i analizy awaryjności analizowanego odcinka rurociągu.
6. Ocena odporności rurociągu na górnicze deformacje podłoża polega na:
 - określeniu sprawności wszystkich kompensatorów
 - przy założeniu takich samych poziomych odkształceń podłoża wzdłuż jego osi dla rozpatrywanego odcinka rurociągu i ich układu, lub
 - dla prognozowanych wartości kierunkowych odkształceń wzdłuż osi rurociągu,
 - uwzględnieniu struktury niezawodnościowej analizowanego odcinka rurociągu,
 - wykonaniu sprawdzających obliczeń statyczno-wytrzymałościowych dla wybranych elementów rurociągu i ocenie odporności rurociągu ze względu na oddziaływanie dodatkowych sił i momentów zginających.
7. Ocena odporności rurociągów stalowych napotyka na wiele trudności przy określeniu ich zabezpieczeń na górnicze deformacje podłoża, gdyż dość często brakuje dokumentacji technicznej, z której wynikałby zakres zastosowanych zabezpieczeń oraz lokalizacja kompensatorów. Ponadto dokonana eksploatacja przyczynia się do zmian możliwości przejmowania wpływów eksploatacji górniczej przez rurociągi stalowe.

Publikację wykonano wyniki badań prowadzonych w ramach działalności statutowej nr 11120133-132 Głównego Instytutu Górnictwa

Literatura

1. *Holtoš H., Mielcarzewicz E.*: Warunki i ocena niezawodności działania sieci wodociagowych i kanalizacyjnych na terenach górniczych. Monografia nr 56. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2011.
2. *Jachim K., Kalisz P.* Awarie sieci gazowych na terenach górniczych. Materiały konferencji nt. Bezpieczeństwo i Ochrona Obiektów Budowlanych na Terenach Górniczych. Główny Instytut Górnictwa. Ustroń 2010.
3. *Jaromin-Głodniok E., Kalisz P.*: Wpływ eksploatacji górniczej na korozyjność wodociągów stalowych. Kwartalnik Głównego Instytutu Górnictwa 2008, Nr 6, s. 105÷114.
4. *Jóźwik M., Jaśkowski W.*: Monitoring przemieszczeń rurociągu na nasuwkach kompensacyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 1752. Górnictwo 2007, Zeszyt 278, s. 175÷180.
5. *Kowalski A., Mkrosz R.*: Sieci uzbrojenia podziemnego na terenach górniczych. Materiały szkolenia seminaryjnego Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Katowice, Gliwice 2005.
6. *Kuś K.* (red): Podstawy projektowania układów i obiektów wodociąg-

- gowych. Wybrane zagadnienia. Skrypt Politechniki Śląskiej Nr 1854. Gliwice 1995.
7. *Kwiatek J.* (red): Obiekty budowlane na terenach górniczych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 2007.
 8. *Kwietniewski M., Kloss-Trębaczewicz H., Roman R.*: Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Arkady. Warszawa 1993.
 9. *Kwietniewski M. i inni*: Wpływ różnych czynników na uszkodzalność przewodów sieci wodociagowych w świetle eksploatacyjnych badań niezawodności. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2002, Nr 10, s. 366÷371.
 10. *Kwietniewski M., Sudol M.*: Ocena uszkodzalności przewodów tranzytowych w świetle eksploatacyjnych badań niezawodności. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2002, Nr 9, s. 325÷329.
 11. *Mokrosz R.*: Wprowadzenie do mechaniki budowli liniowych zagłębionych w gruncie na terenach górniczych., Zakład Narodowy im. Ossolińskich – PAN. Wrocław 1985.
 12. *Popiołek E.*: Rozproszenie statystyczne odkształceń poziomych terenu w świetle geodezyjnych obserwacji skutków eksploatacji górniczej. *Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja* z. 44. Kraków 1976.
 13. *Popiołek E., Sroka A., Hejmanowski R.*: Probabilistyczna metoda oceny stopnia zagrożenia obiektów na skutek podziemnej eksploatacji górniczej. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Kwartalnik WUG* 1994, Nr 1, s. 55÷60.
 14. *Zięba M., Kalisz P.*: Wpływ eksploatacji górniczej na zdolności dylatacyjne nasuwek kompensacyjnych wodociągów magistralnych. Materiały konferencji nt. *Bezpieczeństwo i Ochrona Obiektów Budowlanych na Trenach Górniczych*. Główny Instytut Górnictwa. Ryto 2012.
 15. *Zuber T.*: Wpływ eksploatacji górniczej na uszkodzalność sieci wodociagowych i kanalizacyjnych na obszarze wybranych miast Śląska. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 1999, Nr 6, s. 207÷213.

***Zwiększajmy prenumeratę
najstarszego – czołowego miesięcznika
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa!***

Liczba zamawianych egzemplarzy określa zaangażowanie jednostki
gospodarczej w procesie podnoszenia kwalifikacji swoich kadr!