

Maciej Wójcikowski, Wojciech Machowicz**

OCHRONA GAZOCIĄGÓW NA TERENACH OBJĘTYCH WPŁYWEM NAPRĘŻEŃ GÓROTWORU WYNIKAJĄCYCH Z PODZIEMNEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Gaz ziemny we współczesnym świecie odgrywa coraz bardziej znaczącą rolę. Jest paliwem cenionym zarówno pod względem energetycznym, jak i ekologicznym. Ponadto postęp techniczny, a co za tym idzie i poziom zaawansowania technologicznego urządzeń gazowych, czyni go interesującym oraz przyjaznym dla każdej grupy odbiorców – nawet tych najbardziej wymagających. Jest wykorzystywany w energetyce cieplnej, jak również pełni rolę cennego surowca w wielu gałęziach przemysłu. Ciągłe rosnące znaczenie gazu ziemnego jako paliwa w przemyśle oraz gospodarce komunalnej wiąże się z jego niepodważalnymi zaletami. Stąd duża rola przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się jego przesyłaniem i dystrybucją tzn. bezpośrednim dostarczaniem tego surowca do klientów. Stale rosnąca liczba odbiorców oraz ich wysokie wymagania są głównym czynnikiem determinującym jakość dostaw, które należy realizować w sposób nieprzerwany i bez zakłóceń zgodnie z obowiązującą polityką jakościową zakładów gazowniczych.

Do tego dochodzi jeszcze inny czynnik, bardzo istotny i ważny w świadomości każdego człowieka, tzn. bezpieczeństwo. Najbardziej niebezpieczne mogą być skutki spowodowane podziemną eksploatacją górnictwem. Szkody górnicze w aspekcie eksploatacji gazociągów mają bardzo duży wpływ na wymiar problemu. O ile pod względem konstrukcyjnym, sposobu układania w gruncie i rodzaju zastosowanego materiału gazociąg niczym nie różni się od innych rurociągów oraz urządzeń liniowych, o tyle sytuacja zmienia się, kiedy mamy do czynienia z medium takim jak gaz ziemny. W przypadku gazociągów, niezależnie od ciśnienia przesyłanego gazu, należy liczyć się z uszkodzeniem mogąącym prowadzić ostatecznie do wybuchu. Problem jest jeszcze poważniejszy, gdy w grę wchodzi teren zurbanizowany. Skutki zaistniałej nieszczelności mogą być wtedy o wiele poważniejsze i o znacznie większym zasięgu, niż by mogło się wydawać.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Górnśląski Operator Systemu Dystrybucyjnego Sp. z o.o. (Rejon Gazowniczy Bielsko-Biała)

Wobec zagrożeń z jakimi mamy do czynienia podczas eksploatacji sieci gazowych na terenach objętych wpływem górniczej eksploatacji, należy w sposób permanentny poszukiwać odpowiednich sposobów przeciwdziałania tym zjawiskom. Dlatego odpowiednia jakość w procesie projektowania gazociągów i ich zabezpieczeń na terenach szkód górniczych wraz z postępem technologicznym winna być brana pod uwagę w sposób szczególny.

1. Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu

Na obszarach górniczych wskutek prowadzonej eksploatacji podziemnej powstają widoczne gołym okiem deformacje powierzchni terenu. Proces ten może przebiegać z różną intensywnością i przybierać zróżnicowaną formę. Na jego dynamikę i rozmiar może mieć wpływ zarówno charakter eksploatacji, jak i jej wielkość oraz intensywność, a także warunki geologiczne takie, jak głębokość zalegania eksploatowanych złóż, nachylenie pokładu, dyslokacje tektoniczne – uskoki, litologia oraz warunki hydrogeologiczne.

Prócz wyżej wymienionych czynników duże znaczenie przy powstawaniu odkształceń mają mechaniczne własności skał, tj.:

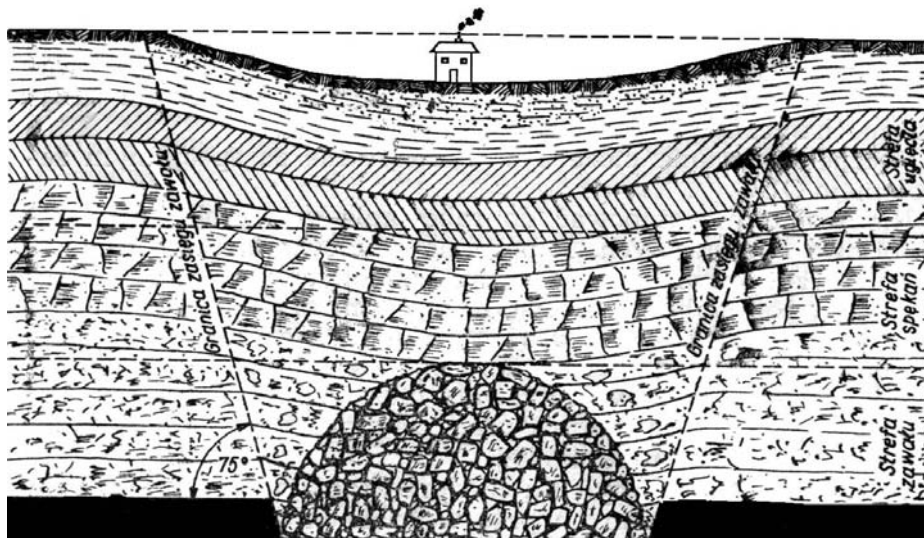
- wytrzymałość, zwięzłość i odkształcalność skał,
- własności reologiczne,
- podzielność skał (uławicenia lub uwarstwienia skał osadowych, łupkowatość skał magmowych, spękania płytowe oraz poprzeczna względem nich szczelinowatość i łupność),
- ciężar właściwy i objętościowy skał,
- wodochłonność, wodoprzepuszczalność oraz porowatość skał.

Wszystkie te cechy po nałożeniu się mają istotny wpływ na kształt i rozmiar powstałego odkształcenia struktur znajdujących się ponad polem wyeksploatowanym.

Aktualnie w polskim górnictwie eksploatacja prowadzona jest w systemie na zawał, co znaczy, że wyeksploatowane wyrobiska wypełniane są nadległymi warstwami górotworu. To powoduje naruszenie stanu równowagi w górotworze (równowagę sił panujących w nim), co w konsekwencji prowadzi do zmiany położenia mas skalnych w jego wnętrzu, a w konsekwencji i na powierzchni terenu. Przemieszczanie się skał nad strefą eksploatacyjną (również wokół niej) przebiega stopniowo w kierunku powierzchni, do momentu ustalenia określonego w przypadku danego ośrodka „wtórnego” stanu równowagi. Początkowo proces ten przebiega powoli, następnie wkracza w okres intensywnych ruchów, po czym wolno zanika. Powstają wówczas niecki zapadliskowe (osiadania) jako najczęstsze formy deformacji ciągłej (rys. 1).

Taki rodzaj odkształcenia powierzchni terenu ma miejsce w przypadku, kiedy mamy do czynienia z pokładami zalegającymi na dość znacznych głębokościach, niezależnie od rodzaju skał. Najogólniej ujmując, nieckę osiadania można zdefiniować jako różnicę pomiędzy pierwotnym stanem powierzchni terenu a stanem po odkształceniu wywołanym wpływem podziemnej eksploatacji.

W literaturze polskiej, jak również i światowej, funkcjonuje wiele metod opisujących deformacje powstałe w wyniku eksploatacji górniczej. Jedną z nich jest teoria opracowana przez Stanisława Knothe oparta na normalnym rozkładzie wpływów eksploatacji pokładu (gaussowskim).



Rys. 1. Niecka osiadania

Teoria ta z uwagi na to, że została uzupełniona przez Budryka, nazywana jest często teorią Budryka–Knothego. Jej główne postulaty, w uogólnionym ujęciu, sprowadzają się do określania wartości wskaźników opisujących nieckę (rys. 1–6). Poszczególne parametry formułowane i zdefiniowane zostały na podstawie licznych obserwacji, dedukcji oraz w wyniku głębokich analiz krzywych różniczkowych profili niecek ostatecznie ukształtowanych. Poza tym jak każda teoria ta również oparta została na pewnych założeniach, a mianowicie:

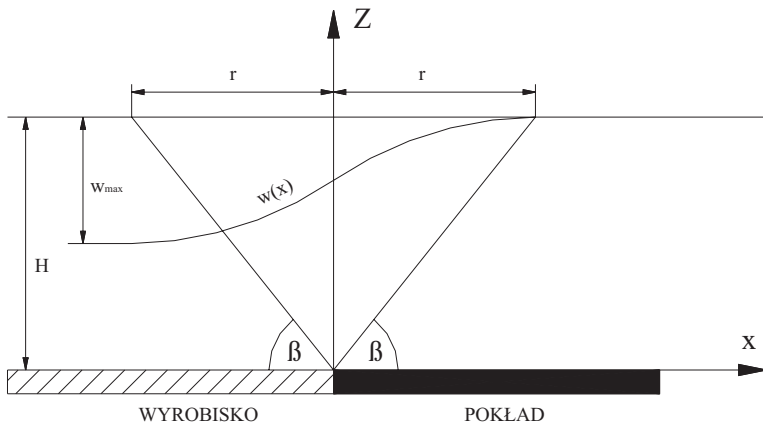
- jednoznaczności,
- warunku zbieżności i skończonego wyniku przejścia,
- liniowości przemieszczeń,
- nieściśliwości ośrodka (stałości objętości górotworu podczas deformacji),
- proporcjonalności przemieszczeń poziomych do pierwszej pochodnej przemieszczeń pionowych u .

W przypadku pola eksploatacyjnego o dostatecznie dużych parametrach odnośnie do nieskończonej półpłaszczyzny profil brzeżnej części niecki w przypadku warunków bieżących można opisać równaniem:

$$w(x) = \frac{w_{\max}}{r} \int_x^{\infty} e^{-\frac{\pi x^2}{r^2}} dx \quad [\text{m}] \quad (1)$$

gdzie:

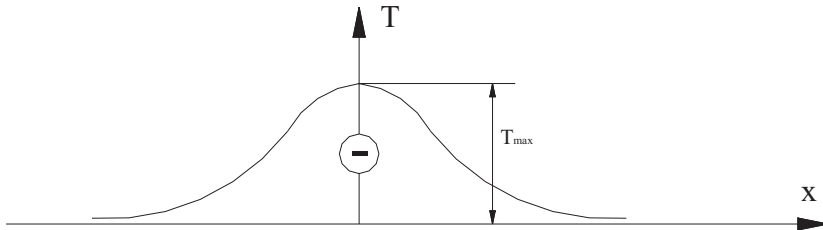
- r — promień zasięgu wpływu eksploatacji podziemnej
- w_{\max} — wartość maksymalnego przemieszczenia pionowego



Rys. 2. Profil brzojnej części niecki opisany powyższym równaniem

Nachylenie profilu niecki otrzymujemy jako pierwszą pochodną przemieszczeń pionowych, czyli:

$$T(x) = -\frac{w_{\max}}{r} \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}} \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right] \quad (2)$$

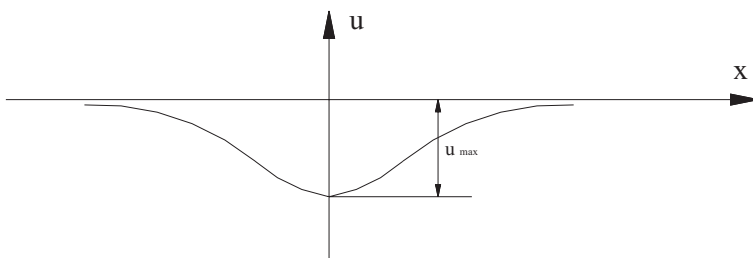


Rys. 3. Nachylenie profilu niecki wg gaussowskiego rozkładu wpływów

Wychodząc z powyższych zależności, uwzględniając założenie proporcjonalności przemieszczeń u (wg Awierszyna) oraz wartość współczynnika B odnośnie do powierzchni (wg Budryka – w przypadku polskich kopalń, głównie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego), otrzymujemy wzór na przemieszczanie poziome w postaci:

$$u = -B \frac{dw}{dx}, \quad b = \frac{r}{\sqrt{2\pi}} \quad (3)$$

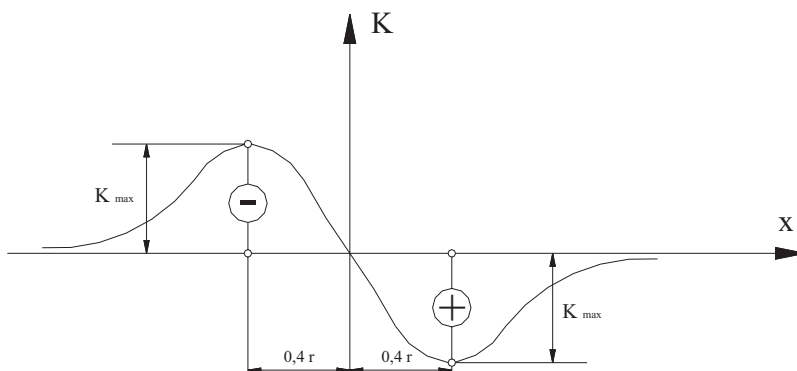
$$u(x) = -\frac{w_{\max}}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}} \quad [\text{m}] \quad (4)$$



Rys. 4. Przemieszczenie poziome wg gaussowskiego rozkładu wpływów

Krzywizna profilu niecki określona jest zależnością:

$$K(x) = w_{\max} \frac{2\pi}{r^3} \cdot x \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}} \left[\frac{1}{\text{m}} \right] \quad (5)$$



Rys. 5. Krzywizna profilu niecki wg gaussowskiego rozkładu wpływów

Wartość odkształcenia poziomego uzyskujemy, wyznaczając pierwszą pochodną odkształcenia poziomego, wówczas mamy:

$$\varepsilon(x) = \frac{-w_{\max} \cdot \sqrt{2\pi}}{r^2} \cdot x \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}} \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right] \quad (6)$$

Maksymalne wartości parametrów brzeżnej części niecki (ostatecznie ukształtowanej) można określić, wychodząc z powyższych równań. Wówczas wynoszą one:

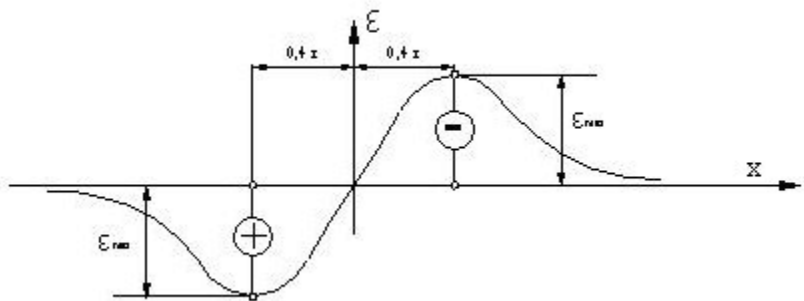
1. Przemieszczanie pionowe (obniżenie) niecki:

$$w_{\max} = a \cdot g \quad [\text{m}] \quad (7)$$

gdzie:

a — współczynnik osiadania (zależny od sposobu likwidacji pustki poeksploatacyjnej),

g — miąższość wybranego pokładu.



Rys. 6. Odształcenie poziome wg gaussowskiego rozkładu wpływów

2. Przemieszczanie poziome:

$$u_{\max} = \pm 0,4 \cdot a \cdot g \quad [\text{m}] \quad (8)$$

3. Nachylenie profilu niecki:

$$T_{\max} = \pm \frac{a \cdot g}{r} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right] \quad (9)$$

gdzie r – promień zasięgu wpływów (co nie oznacza, że poza tym obszarem wpływów eksploatacji nie ma).

4. Krzywizna profilu niecki:

$$K_{\max} = \pm 1,5 \frac{a \cdot g}{r^2} \quad \left[\frac{1}{\text{m}} \right] \quad (10)$$

5. Odształcenie poziome:

$$\varepsilon_{\max} = \pm 0,6 \frac{a \cdot g}{r} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right] \quad (11)$$

Znajomość tych parametrów ma bardzo istotne znaczenie podczas prognozowania bieżącej oraz przyszłej eksploatacji górniczej. Przewidywanie ich wartości ma wpływ na podejmowanie decyzji co do sposobu prowadzenia eksploatacji jak również przeciwdziałania negatywnym skutkom powstałym w wyniku jej prowadzenia. Teoria Budryka-Knothego – zdefiniowana została, jak już wcześniej wspomniano, na podstawie obserwacji ujawniania się deformacji i z uwzględnieniem takich warunków powinna być stosowana. Jednakże, z uwagi na jej uniwersalność, z dużym powodzeniem wykorzystywana jest do określania prognoz odształceń wynikających z podziemnej działalności kopalń.

Oczywiście problem szkód górniczych nie sprowadza się wyłącznie do powstawania niecki osiadania, lecz jest związany z procesami bardziej złożonymi i skomplikowanymi, które mogą występować również w innej formie. Kiedy wydobywanie złóż odbywa się na mniejszych głębokościach, a miąższość pokładu jest dość duża, przy jednoczesnym występowaniu skał mało zwięzłych załamujących się, wówczas mamy do czynienia z deformacjami nieciągłymi w postaci rozpadlin, zapadlisk i szczelin, jak również spękań, krzywizn wypukłych oraz wklęsłych.

Skutki prowadzonej eksploatacji górniczej mogą objawiać się jeszcze długo po jej zakończeniu. Ponadto dalsza eksploatacja, coraz to głębiej i szerzej sięgająca, może mieć znaczący wpływ na ujawnianie oraz aktywację procesów przemieszczania się górotworu w obszarach poeksploatacyjnych. Poza tym skomplikowana i zróżnicowana struktura geologiczno-tektoniczno-sedymentacyjna ma duże znaczenie w intensyfikacji i potęgowaniu zjawisk wynikłych z podziemnej działalności górniczej, a które mogą występować w sposób nagły i nieprzewidywalny (co widać na załączonych rysunkach 7 i 8).



Rys. 7. Wyciśnięte krawężniki oraz wyrwa w chodniku



Rys. 8. Próg powstały w wyniku odprężenia górotworu (prawdopodobnie w rejonie uskoku)

Jak widzimy proces deformacji wraz z genezą ich powstawania jest ogólnie bardzo skomplikowany i nie jest przedmiotem naszych rozważań, niemniej jednak jest bardzo istotny w kontekście analizowanego tematu.

2. Metody zabezpieczeń gazociągów na terenach objętych wpływem eksploatacji górniczej

Gazyfikowanie terenów będących pod ciągłym wpływem eksploatacji górniczej wymaga dużej wiedzy technicznej już na etapie wstępnym przy planowaniu koncepcji inwestycji. Należy uwzględnić wiele czynników, począwszy od ustaleń określonych przez odpowiedni nadzór górniczy (czyli zakwalifikowanie terenu do odpowiedniej kategorii zagrożenia), poprzez wytyczne wynikające z planów zagospodarowania, przepisów prawa budowlanego i norm polskich, a skończywszy ostatecznie na umiejętnościach i doświadczeniu osoby projektującej, z uwzględnieniem aktualnie panujących w terenie warunków. Nawet odpowiednie skorelowanie wszystkich tych elementów nie daje pewności, że zaprojektowane urządzenie będzie funkcjonowało w warunkach codziennej eksploatacji w sposób prawidłowy i bezpieczny dla otoczenia. Niemniej jednak takie postępowanie może zmniejszyć skutki wynikające z tego typu zdarzeń.

Gazociągi poddawane są nie tylko obciążeniom wewnętrznym takim, jak temperatura i ciśnienie, ale również i zewnętrznym. Do nich możemy zaliczyć ciężar nadlegającego gruntu, jego parcie oraz opór. Natomiast w przypadku terenów górniczych również dodatkowe obciążenia spowodowane przez odkształcenie górotworu wywołane podziemną eksploatacją górniczą.

Można sobie tylko wyobrażać, co dzieje się z wszelkiego rodzaju obiektami umieszczonymi w gruncie na takim obszarze. Odkształcający czy też przemieszczający się grunt powoduje, iż ulokowany w nim gazociąg poddany zostaje ściśle określonym naprężeniom. Napierając na gazociąg, wywołuje w nim powstawanie granicznych naprężeń prowadzących ostatecznie do uszkodzenia, czy to w postaci zerwania i zaciśnięcia: czy też znacznego zniekształcenia: wygięcia, pofalowania itp. (w zależności od kierunku przyłożonego potencjału), co przedstawiono na poniższych rysunkach 9–12.

W celu przeciwdziałania takim zjawiskom na gazociągach zabudowuje się elementy mające na celu ich uelastycznienie w ciągle zmieniających się warunkach. Jedną z takich metod jest stosowanie elementów kompensujących tzw. kompensatorów, których głównym zadaniem jest wydłużenie lub skrócenie gazociągu w taki sposób, aby w wyniku ruchu górotworu nie nastąpiło jego uszkodzenie. Stosowane jako pewien układ dzielą sieć gazową na fragmenty lub odcinki, które mogą się względem siebie przemieszczać (wzdłuż osi podłużnej), odpowiadając tym samym na odkształcający wpływ gruntu. Sposób stosowania i doboru układów kompensacyjnych oraz ich wymagania przedstawiono w normach: BN-73/8976-59 (*Kompensacja wydłużeń gazociągów na terenach szkód górniczych. Wymagania i badania*) oraz BN-73/8976-60 (*Kompensacja wydłużeń gazociągów na terenach szkód górniczych. Kompensatory*), które dokładnie regulują warunki, jakie powinny spełniać układy kompensacyjne oraz kompensatory w zależności od kategorii zagrożenia przyporządkowanej do danego terenu objętego działalnością górniczą, tj. dylatacje kompensatorów, odległości pomiędzy nimi, średnice oraz ich ilość. Typowy kompensator przedstawia rysunek 13.



Rys. 9. Zerwany gazociąg stalowy (siły rozciągające)



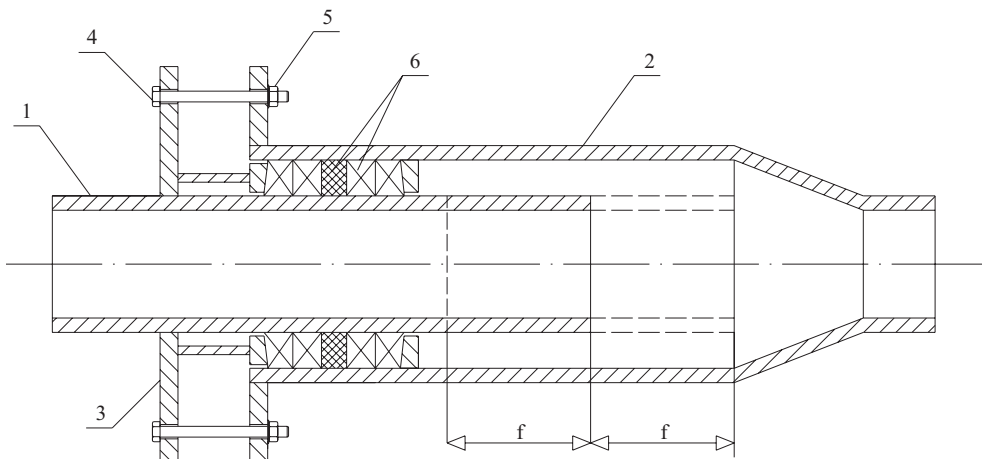
Rys. 10. Wygięty gazociąg w wyniku naporu rury na odgałęzieniu



Rys. 11. Fałdy powstałe w wyniku sił ściskających



Rys. 12. Fragment pofalowanej rury



Rys. 13. Kompensator

1) Rura przewodowa; 2) Korpus z kołnierzem; 3) Kołnierz dociskowy z dławikiem; 4) Śruba dociskowa; 5) Nakrętka wraz z podkładką; 6) Szczeliwo: sznur konopny i gumowy; f – dylatacja kompensatora

Jednak dalsza eksploatacja lub też ujawniające się z wieloletnim opóźnieniem odkształcenia terenu, nagłe stany odprężeń górotworu mogą powodować, iż zastosowane na gazociągach układy kompensacji będą niewystarczające. Już sam rysunek sugeruje nam ograniczone możliwości działania kompensatorów, jak również ich układów. Ciągłe zniekształcający się teren będzie powodować takie odkształcenia rurociągów, że w konsekwencji zastosowane kompensatory ulegną całkowitemu rozszczelnieniu, z wysunięciem rury z dławika włącznie (w przypadku rozciągania). W celu zabezpieczenia przed wysunięciem się rury z kompensatora stosuje się odpowiednio umiejscowione betonowe bloki oporowe (przy zmianach kierunku, odgałęzieniach i załamaniach, bezpośrednio za i przed zabudowaną armaturą). Odcinki proste nie wymagają stosowania takich zabezpieczeń.

Natomiast w przypadku sił ściskających niedostatek dylatacyjny może spowodować różnego rodzaju pofalowania i zniekształcenia rurociągu, pęknięcia, po zniszczeniu dławika kompensatora włącznie. Niestety obecnie nie opracowano metody, która by minimalizowała ich wpływ na tego typu urządzenia.

Różnorodność zdarzeń wynikających z intensywnej działalności górniczej jest zjawiskiem utrudniającym codzienną eksploatację obiektów i urządzeń posadowionych w gruncie. Z takimi problemami borykają się służby techniczne rozdzielni gazu należące do Górnośląskiej Spółki Gazownictwa Sp. z o.o. w Zabrze, a działające na specyficznym i bardzo trudnym obszarze górniczym.

Jako przykład podano sytuację, którą zaobserwowano na terenach górniczych w Jastrzębiu Zdroju. Teren ten objęty jest wpływem eksploatacji dwóch kopalń należących do Jastrzębskiej Spółki Węglowej, mowa tu o KWK „Borynia” i KWK „Zofiówka” [5, 6].

W omawianym obszarze na gazociągu DN 80 [mm] zabudowano trzy kompensatory o analogicznej średnicy. Odległość pomiędzy nimi, zgodnie z projektem technicznym, wynosiła w jednym przypadku 27 m, w drugim 39 m, dylatacja kompensatorów $f = 500$ mm. Podczas projektowania gazyfikowany teren był zakwalifikowany w przedziale od II do IV kategorii zagrożenia szkodami górniczymi – wg Wyższego Urzędu Górniczego (obecnie stan ustalił się na poziomie II kategorii). Wieloletnia eksploatacja gazociągu na tym terenie wiązała się z częstymi awariami w postaci nieszczelnych kompensatorów, pękniętych i zerwanych rur. Dalsza deformacja terenu, występująca niejednokrotnie w sposób nagły, doprowadziła ostatecznie do wysunięcia się rur z kompensatora. W wyniku tych zdarzeń usunięto je, a w ich miejsce wstawiono przewody z PE o długości około 6–7 m.

W tej sytuacji (jako następną z metod) wykorzystano właściwości odkształcalne polietylenu, który daje nam duże możliwości, jeżeli chodzi o gazyfikowanie terenów objętych szkodami górniczymi. Jedynym ograniczeniem stosowania polietylenu jest zakres ciśnień panujących w gazociągach, tzn. można go wykorzystywać do budowy gazociągów niskiego i średniego ciśnienia (w przypadku wyższych ciśnień należy stosować wyłącznie rury stalowe zgodnie z obowiązującymi normami i standardami jakościowymi).

Badania rur polietylenowych dowiodły, że nawet po przekroczeniu dopuszczalnych wartości obciążeń nie ulegają uszkodzeniu, wobec czego z dobrym skutkiem przejmują naprężenia wzdłużne, pod których wpływem nie następuje ich zerwanie. Ich podatność, czy też inaczej elastyczność, można również wykorzystać w sposobie układania. W tym celu przewód gazowy PE układa się luźno w szerokim wykopie w otulinie piaskowej o odpowiedniej grubości (piasek o małym kącie tarcia). Uzyskany w ten sposób dodatkowy nadmiar długości zmniejsza ryzyko zerwania przewodu gazowego wywołanego skutkami dalszej zmiany kształtu terenu. Przemawia to za rozwiązaniem tego problemu w taki sposób.

Jednak teren ten ulega ciągłym zmianom, które ponadto są trudne do przewidzenia. Dodatkowo na obszarze tym uwidoczniły się skutki eksploatacji dwóch kopalń, których nie wzięto pod uwagę, a których nie można było zresztą przewidzieć przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu wstawek z polietylenu. W następstwie zmian oddziaływań górotworu, a dokładniej w wyniku sił ściskających, nastąpiło przesunięcie rury stalowej względem rury PE, co doprowadziło do zaciśnięcia przewodu polietylenowego i przerwania dostaw gazu do odbiorców (rys. 14).

Inny przykład dotyczy terenu będącego pod bezpośrednim wpływem KWK „Silesia”, a dokładniej chodzi o miejscowość Kaniów i ulicę Wiślaną, która należy do obszaru działania RG Czechowice-Dziedzice. Na omawianym odcinku przebiega gazociąg średniego ciśnienia DN 50 [mm] (stal), który jest uzbrojony w kompensatory wg zasad wynikających z II kategorii zagrożenia szkodami górniczymi. Również i w tym przypadku doszło ostatecznie do usunięcia kompensatorów i wstawienia w ich miejsce rur z polietylenu. Jednakże w tej sytuacji, w wyniku naprężeń skierowanych w jednym kierunku w stosunku do gazociągu, zastosowana metoda okazała się skuteczna i do tej pory nie zanotowano tam awarii.

Porównując oba przypadki, należy wyraźnie podkreślić, iż każdy z nich charakteryzuje się odmienną specyfiką oraz dynamiką zdarzeń, nie pomijając przy tym kategorii zagrożenia szkodami górniczymi, geologii w szerokim jej rozumieniu oraz dodatkowego wpływu innej kopalni.



Rys. 14. Zaciśnięta rura polietylenowa Dz 90 [mm], tuż przy przejściu na stal

Aktualnie są to jedyne „bezpośrednie” metody przeciwdziałania wpływom górniczej eksploatacji złóż w aspekcie sieci gazowych oraz minimalizowania jej skutków. Oczywiście należy też wspomnieć o kompensatorach sprężystych, do których zaliczamy:

- kompensatory faliste,
- kompensatory lirowe,
- kompensatory mieszkowe,
- jak również kompensatory montażowe, które dodatkowo można wbudowywać w system sieciowy.

Zakres stosowania tych ostatnich urządzeń wynika nie tyle z potrzeb związanych z oddziaływaniem szkód górniczych, lecz raczej z sytuacji spowodowanych problemami montażowymi występującymi wskutek naprężeń wynikających z temperatury i ciśnienia w rurociągach oraz naporu nadlegającego gruntu.

Natomiast do metod „pośrednich” można zaliczyć ograniczenie lub całkowitą rezygnację z gazyfikacji terenów górniczych, co oczywiście nie jest możliwe z uwagi na stan już istniejący oraz wymagania, które dyktuje nam rynek potrzeb. Ponadto, jak już wcześniej wspomniano, należy stosować rury z odpowiednich materiałów o najwyższej jakości i technologie dostosowane do warunków terenowych oraz ciśnienia przesyłanego medium. Poza tym takie czynniki jak zwiększona grubość ścianek rur, układanie przewodów w od-

powiedniej otulinie piaskowej, wysoka jakość wykonywania gazociągów oraz ich łączenia wraz z ciągłą kontrolą terenu, na którym są ułożone, powinny mieć duże znaczenie dla zmniejszenia i przeciwdziałania niekorzystnym wpływom spowodowanym ciągłą eksploatacją górnictwem.

Przedstawione powyżej przykłady uświadamiają nam jak trudnym i skomplikowanym procesem jest budowanie urządzeń liniowych (nie tylko gazociągów) na obszarach objętych wpływem eksploatacji górnictwem. Jak nieprzewidywalne i nagłe są skutki oddziaływania górnictwa na powierzchnię terenu i na urządzenia umieszczone w gruncie, spotęgowane różnorodnością strukturalną górotworu.

Ponadto oczywisty jest fakt, że dotychczasowa praktyka zawodowa na tej płaszczyźnie jest dość uboga w rozwiązania mające na celu zabezpieczanie gazociągów i innych rurociągów, dlatego należy nadal poszukiwać skutecznych metod ochrony gazociągów, które w sposób skuteczny uwzględniałyby złożone zjawiska wynikające z podziemnej działalności kopalń.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać sieci gazowe (Dz. U. nr 97, poz. 1055)
- [2] *Knothe S.*: Prognozowanie wpływów eksploatacji górnictwem. Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1984
- [3] BN-73/8976-59 *Kompensacja wydłużeń gazociągów na terenach szkód górnictwem*. Wymagania i badania
- [4] BN-73/8976-60 *Kompensacja wydłużeń gazociągów na terenach szkód górnictwem*. Kompensatory
- [5] Zbiór materiałów własnych: mapy, dokumentacje techniczne i powykonawcze, fotografie
- [6] Materiały archiwalne działu technicznego rejonu gazowniczego w Bielsku-Białej