

Andrzej Wiśniowicz

Institut Nafty i Gazu, Kraków

Analiza ryzyka przy projektowaniu, produkcji i eksploatacji kurków kulowych, w aspekcie wymagań dyrektywy ciśnieniowej

W artykule przeanalizowano ryzyko związane z bezpieczeństwem technicznym występujące w cyklu życiowym kurków kulowych, z uwzględnieniem wymagań dyrektywy ciśnieniowej.

Analysis of the risk in the project, production, and exploitation of ball valves taking into consideration pressure directive

The article presents the analysis of risk in the technical safety during technical live of the ball valve, taking into consideration of the pressure directive.

Wstęp

Ryzyko to szansa (prawdopodobieństwo) wystąpienia zdarzenia pozytywnego lub negatywnego. Dzisiejsza decyzja podjęta na podstawie posiadanej, dostępnej wiedzy może w przyszłości doprowadzić do wyznaczonego celu i osiągnięcia oczekiwanych efektów [8].

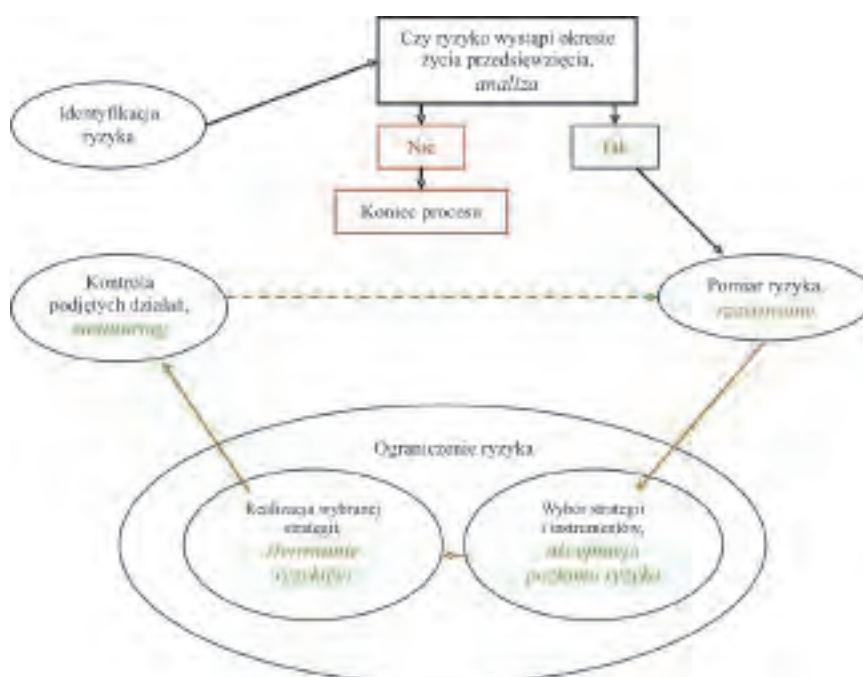
Ryzyko występuje we wszystkich kategoriach działalności przedsiębiorstwa, jako zagrożenie w realizacji celów: finansowych, inwestycyjnych, produkcyjnych, BHP, informatycznych, środowiskowych, bezpieczeństwa ludzi, bezpieczeństwa technicznego itp. Zarządzanie ryzykiem może też być potraktowane całościowo, jako zintegrowane zarządzanie ryzykiem ERM (*Enterprise Risk Management*). Analiza ryzyka pozwala przedsiębiorstwom na identyfikację ryzyka, oszacowanie jego wielkości i w efekcie zarządzanie ryzykiem.

Zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa to działanie skierowane na obniżenie wpływu ryzyka na funkcjonowanie podmiotu gospodarczego oraz podejmowanie odpowiednich działań mających na celu przeciwdziałanie, minimalizację jego skutków, redukowanie, transferowanie, unikanie, czy też akceptację ryzyka [7].

Aby ocenić wielkość podejmowanego ryzyka, tj. oszacować szanse powodzenia w osiągnięciu założonego celu, przeprowadza się *proces zarządzania ryzykiem*.

Etapami zarządzania ryzykiem są:

- identyfikacja ryzyka,
- analiza ryzyka,
- ocena dopuszczalności ryzyka,
- sterowanie ryzykiem,



Rys. 1. Schemat procesu zarządzania ryzykiem [8]

- przyjęcie nowych rozwiązań, jako wniosków z monitorowania ryzyka i informacji poprodukcyjnej [1, 10].

W procesie identyfikacji ryzyka ustala się źródła, obszary i rodzaje występowania ryzyka. Należy także przewidzieć wymierne efekty, chociaż nie zawsze można ustalić wszystkie symptomy ryzyka. Ciągłe monitorowanie ryzyka może doprowadzić do podjęcia dodatkowych analiz, co pozwala na podjęcie stosownych zabiegów; neutralizujących lub zmniejszających jego działanie. Identyfikacja ryzyka, podobnie jak cały proces zarządzania ryzykiem, powinna być dokonywana w sposób ciągły, tj. przez cały okres życia celu. Przeprowadzona na różnych płaszczyznach i w wielu ujęciach i obszarach, pozwala na ustalenie możliwie najpełniejszej listy potencjalnych rodzajów ryzyka.

Identyfikacja ryzyka wiąże się bezpośrednio z rozpoznaniem jego źródeł, a więc zjawisk, które mogą występować (a prawdopodobieństwo ich występowania jest relatywnie wysokie) oraz będą oddziaływać na poziom bezpieczeństwa przedsięwzięcia/celu.

Inną płaszczyzną identyfikacyjną ryzyka jest faza cyklu życia przedsięwzięcia (ujęcie czasowe). Można tutaj wymienić:

- ryzyko fazy projektowej (przedrealizacyjnej),
- ryzyko związane z pozyskaniem i strukturyzacją źródeł finansowania,
- ryzyko realizacyjne (konstrukcyjne i rozruchowe, produkcyjne),
- ryzyko eksploatacyjne,
- ryzyko likwidacyjne.

Można też mówić o ryzyku jako o bezpieczeństwie:

- indywidualnym (dotyczącym jednostki ludzkiej),
- grupowym (dotyczącym społeczności).

Najczęściej przyjmuje się trzy kategorie wartości, które mogą być zagrożone i na których bezpieczeństwie nam zależy:

- życie i zdrowie ludzkie,
- środowisko naturalne,
- dobra materialne.

Ryzyko można rozpatrywać jako bezpieczeństwo techniczne, czyli ryzyko związane z zagrożeniem występującym w wyniku zastosowania danego rozwiąza-

nia urządzenia technicznego (w tym wypadku – kurka), które ma wpływ na bezpieczeństwo życia i zdrowia ludzi, środowisko naturalne i poniesione straty materialne.

Po przeprowadzeniu identyfikacji i analizy źródeł, obszaru i rodzaju ryzyka, powinno się oszacować ryzyko, zaakceptować je, jako dopuszczalne w danych warunkach, a następnie nim sterować.

Ryzyko definiuje się, jako funkcję R zależną od dwóch parametrów p i s [2, 3]

$$R = p \cdot s$$

gdzie:

- p – określa częstość lub prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia,
- s – określa skutki wystąpienia tego zdarzenia.

Istnieją dwa podejścia do szacowania ryzyka: jakościowe i ilościowe, na podstawie których określa się akceptowalny poziom ryzyka.

W szacowaniu jakościowym przyjmuje się w sposób arbitralny pewną skalę, np. od 1 do 5 i w tej skali określa się skutki i prawdopodobieństwo ryzyka. Można mówić o prawdopodobieństwie: bardzo małym, małym, umiarkowanym, dużym lub bardzo dużym, któremu przypisuje się pewne liczby. Analogicznie do [2, 3] można przeprowadzić szacowanie ryzyka (awaryjności) kurków przyjmując pięć kategorii ryzyka: bardzo duże, duże, umiarkowane, małe, bardzo małe. Podział ten obejmuje skalę od natychmiastowej wymiany lub wycofania z eksploatacji, do stwierdzenia „na razie, można poczekać” [2, 3].

Ilościowe szacowanie ryzyka można przeprowadzić w dwóch etapach:

- w pierwszym etapie oblicza się prawdopodobieństwo wystąpienia awarii na podstawie danych statystycznych,
- w etapie drugim określa się potencjalne skutki.

Poziom ryzyka może osiągnąć wielkość akceptowalną, czyli taką liczbę określającą poziom ryzyka, która jest możliwa do zaakceptowania przy założeniu, że uwzględniono wszystkie dostępne metody zminimalizowania występującego ryzyka [2, 3].

Kurki kulowe

Kurki kulowe przeznaczone są do odcinania (zamykania) przepływającego przewodem rurowym medium. Kurki w czasie całego okresu eksploatacji powinny być bezpieczne w użytkowaniu, tzn. powinny:

- mieć odpowiednią wytrzymałość i trwałość,
- zachować szczelność lub mieć możliwość doszczelnienia po pewnym okresie użytkowania,
- pozwolić się otwierać i zamykać w każdym ze wska-

zanych w instrukcji obsługi okresów eksploatacji (np. raz na pół roku).

Konstrukcja korpusu i zastosowane materiały mają istotny wpływ na masę zaworu, a w konsekwencji na koszty jego wytworzenia.

Korpusy armatury zaporowej i upustowej montowanej na gazociągu powinny być wykonane ze stali lub staliwa; w gazociągu o maksymalnym ciśnieniu roboczym nie przekraczającym 1,6 MPa dopuszcza się stosowanie armatury z żeliwa sferoidalnego i ciągliwego. Wymagania powyższe zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. (Dz.U. Nr 97, poz. 1055 z 2001 r.) [12].

Kadłuby kurków wykonuje się ze staliwa węglowego, stali stopowej lub stali węglowej. Uzyskanie stosunkowo małej masy kurka wymaga zastosowania materiałów o wysokich właściwościach mechanicznych oraz zwartej konstrukcji. Najbardziej odpowiednią konstrukcją jest obudowa w postaci jednoczęściowej, czyli spawanej (brak zbędnych kołnierzy zmniejszy masę kurka).

O jakości kurka decyduje jego wytrzymałość, szczelność zewnętrzna i szczelność wewnętrzna.

O szczelności zewnętrznej decyduje:

- rodzaj użytego materiału (nie może być przepuszczalny dla gazu),
- jakość wykonania, a w szczególności sposób wykonania uszczelnienia i dokładność wykonania połączenia poszczególnych części kurka,
- rodzaj użytego materiału oraz sposób i jakość wykonania uszczelnienia trzpienia kurka.

O szczelności wewnętrznej decyduje sposób, rodzaj użytego materiału i jakość wykonania uszczelnień kuli względem korpusu kurka [15].

Kurki kulowe podlegają przepisom dyrektywy ciśnieniowej i Polskim Normom. Kurki kulowe powinny mieć wytrzymałość mechaniczną oraz konstrukcję umożliwiającą przeniesienie maksymalnych ciśnień i naprężeń mogących wystąpić w gazociągu w skrajnych temperaturach.

Metody stosowane w produkcji kurków kulowych (takie jak: kucie matrycowe, odlewanie ciśnieniowe, obróbka mechaniczna i termiczna, spawanie i zgrzewanie elementów) wymagają specjalistycznego przygotowania zakładu produkcyjnego i personelu, a także prowadzenie bieżącej kontroli jakości.

Wymagania dyrektywy ciśnieniowej w odniesieniu do kurków kulowych

W celu ustalenia podstawowego poziomu ryzyka – bezpieczeństwa technicznego urządzeń ciśnieniowych (w tym kurków), wprowadzono przepisy regulujące bezpieczeństwo techniczne, w postaci uregulowań prawnych na poziomie europejskim – dyrektywy.

Kurek jako urządzenie ciśnieniowe podlega dyrektywie ciśnieniowej nr 97/23/WE [9], której wymagania zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych (Dz.U. Nr 263, poz. 2200 z dnia 30 grudnia 2005 r.) [13]. Niektóre normy w swoich aneksach przywołują Dyrektywę ciśnieniową jako obowiązującą przy ich stosowaniu.

Dyrektywa 97/23/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z 29 maja 1997 r., o dostosowaniu przepisów prawa państw członkowskich w kwestii urządzeń ciśnieniowych, ma na celu usunięcie technicznych przeszkód handlowych, przy zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Dyrektywa w sprawie urządzeń ciśnieniowych ma na celu harmonizację produktów przy projektowaniu, produkcji i ocenie zgodności. Dyrektywa ta, dokonuje klasyfikacji urządzeń przy pomocy systemu modułowego, uwzględniając różne systemy i metody

w oparciu o specyfikę wyrobu i jego zastosowanie oraz płynący stąd system zagrożeń [11].

W zależności od specyficznego potencjału zagrożeń, w dyrektywie dla wyrobu zastosowano cztery kategorie oceny zgodności:

- kategoria I – moduł A,
- kategoria II – moduł A1 lub D1 lub E1,
- kategoria III – moduł B1+D lub B1+F lub B+C1 lub B+E lub H,
- kategoria IV – moduł B+D lub B+F lub G lub H1.

Dyrektywa obowiązuje przy wprowadzaniu do obrotu i przy rozruchu urządzeń ciśnieniowych o maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniu PS powyżej 0,5 bar.

Do urządzeń ciśnieniowych zalicza się kurki kulowe według § 11 Rozporządzenia [13], pracujące przy ciśnieniu wyższym od atmosferycznego o 0,5 bar i przewodzące płyny niebezpieczne (wybuchowe, łatwopalne), posiadające kategorię według tablicy 1.

Dyrektywa podaje szereg wymagań podstawowych dotyczących wymagań jakościowych i ochronnych, których możliwość zastosowania określa producent w czasie ustalania bazy zagrożeń. Dyrektywa częściowo konkretyzuje pewne wartości, od których odchylenie może nastąpić w ramach proporcjonalności [11].

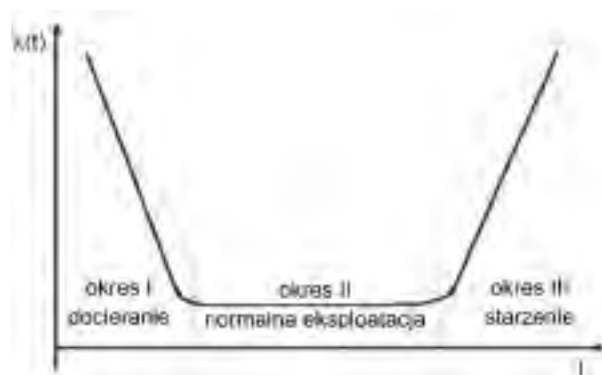
Tablica 1. Kategorie urządzeń ciśnieniowych [13]

Kategoria wg § 11	Zakres parametrów
I	PS > 0,5 bar i DN ≤ 25 lub PS > 0,5 bar i 25 < DN ≤ 100 i PS x DN ≤ 1000 bar
II	PS > 0,5 bar i 100 < DN ≤ 350 i PS x DN ≤ 3500 bar lub 25 < DN ≤ 100 i PS x DN > 1000 bar
III	PS > 0,5 bar i DN > 350 lub 100 < DN ≤ 350 i PS x DN > 3500

Kurek, według zaszeregowanej kategorii, powinien spełniać wymagania techniczne określone w dyrektywie. Z ustalonej bazy zagrożeń należy wykluczyć pewne zagrożenia jako nieistniejące oraz zneutralizować i opłacać inne zagrożenia, przez zastosowanie odpowiedniej

Ryzyko związane z cyklem życia kurka kulowego

„Życie” techniczne kurka trwa od powstania koncepcji, poprzez projekt, prototyp, serię próbną, produkcję i eksploatację, aż do likwidacji/złomowania. W każdym z tych etapów życia występują zagrożenia dla bezpieczeństwa technicznego. Największe zagrożenia awariami występują w fazie początkowej i końcowej, czyli przy rozruchu i w okresie starzenia się kurka.

**Rys. 2.** Intensywność (ryzyko) awarii w funkcji czasu

Producent kurków kulowych powinien dokonać oceny bezpieczeństwa technicznego, w tym akceptowalności ryzyka, biorąc pod uwagę ogólnie akceptowalny stan techniki. W tym celu wyrób w czasie cyklu produkcyjnego jest oceniany na każdym etapie produkcji przez zakładowy

konstrukcji kurka oraz zastosowanie odpowiednich materiałów.

Normy narodowe lub zakładowe mogą być tylko cenną pomocą przy konkretyzacji stosownych wymagań według aktualnego stanu techniki. Producent powinien określić, które specyfikacje znajdują zastosowanie i które rozwiązania zostały wybrane w celu spełnienia podstawowych wymagań [11].

Kurki podlegają wewnętrznemu i zewnętrznemu działaniu czynników, które muszą zostać uwzględnione zarówno w czasie opracowania koncepcji kurka, jak i jego projektowaniu, produkcji i eksploatacji.

Dyrektywa ciśnieniowa określa wymagania dotyczące sposobów projektowania, doboru materiałów i całkowitej oceny konstrukcji, technologii produkcji i systemu kontroli jakości. Etap projektowania i produkcji kończy się kontrolą ww. wymagań przez jednostkę notyfikowaną w zakładzie producenta i wydaniem znaku CE.

system kontroli, a także przed wprowadzeniem na rynek przez stronę trzecią – jednostkę notyfikowaną, czego wymaga dyrektywa ciśnieniowa.

Oceniając ryzyko, rozumiane jako bezpieczeństwo techniczne, na każdym etapie należy określić:

- analizę zagrożeń,
- częstość występowania,
- odporność kurka na występujące zagrożenia w miejscu zainstalowania,
- skutki, wielkość i zasięg awarii,
- straty materialne i niematerialne,
- ocenę dopuszczalności ryzyka,
- informacje poprodukcyjne.

Bezpieczeństwo techniczne łączy się z kontrolą zagrożeń awariami, mającymi:

- skutki materialne (zniszczenie urządzenia technicznego i jego otoczenia),
- skutki ekologiczne (emisja płynów wskutek awarii – degradacja środowiska),
- straty ludzkie (ofiary śmiertelne i uszkodzenia ciała).

Skutki awarii są uzależnione od miejsca jej wystąpienia. Awaria w terenie zurbanizowanym, gęsto zabudowanym, stwarza większe zagrożenie niż w terenie o niskim stopniu zabudowy. Ważnym elementem jest sąsiedztwo wzdłuż trasy gazociągu.

Analiza ryzyka przy projektowaniu kurków

Projektowanie kurków jest istotnym elementem całego życia kurków. Zapadają wtedy decyzje o zakresie jego stosowania, jego parametrach, doborze materiałów, ilości i jakości uszczelnień, przyjętego napędu i rodzaju połączenia z rurociągiem.

Przy projektowaniu kurków należy uwzględnić takie czynniki jak:

- obciążenia wynikające z panującego ciśnienia wewnętrznego,
- temperaturę płynu i otoczenia,
- oddziaływanie płynu przepływającego rurociągiem,
- oddziaływanie gruntów (płynów, gleby), tj. obciążenie masą ziemi, obciążenie pochodzące od ruchu pojazdów, osuwisk, podmywania wodą, ruchów ziemi pochodzących od szkód górniczych itp.,
- korozję, erozję, zmęczenie,
- oddziaływanie prądów błędzących,
- uszkodzenia powstałe wskutek działania osób trzecich: sabotaż, atak terrorystyczny lub uszkodzenia powstałe w czasie prac ziemnych.

Dyrektywa ciśnieniowa wskazuje na uwzględnienie ww. warunków pracy kurków w trakcie ich projektowania i produkcji.

Podczas projektowania, w celu zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości, należy zastosować metodę obliczeniową lub doświadczalną.

Zastosowanie metody obliczeniowej wymaga przyjęcia odpowiednich współczynników bezpieczeństwa, z zapasem – uwzględniającym możliwe do przewidzenia rodzaje uszkodzeń w warunkach pracy. Do obliczeń przyjmuje się parametry ciśnienia, temperatury i naprężeń, uwzględniając najwyższe dopuszczalne wartości [13].

Zastosowane materiały powinny być zgodne z odpowiednimi normami zharmonizowanymi i posiadać europejskie uznanie materiałów. Należy dobrać takie materiały, których właściwości pozwolą na długotrwałe, bezpieczne użytkowanie kurka, zastosować grubości ścianek uwzględniające spodziewane obciążenia (ciśnieniem wewnętrznym i obciążeniami zewnętrznymi).

Jest rzeczą oczywistą, że wykorzystanie wiedzy doświadczonych projektantów, a także zgromadzonych danych na temat eksploatacji kurków, w tym powstałych uszkodzeń i awarii, ich częstotliwości oraz wykazanie słabych punktów w węzłach konstrukcyjnych, prowadzi do obniżenia ryzyka i zwiększenia bezpieczeństwa technicznego [11].

Analiza ryzyka w produkcji kurków

W fazie produkcji należy uwzględniać możliwości technologiczne zakładu (wielkość kurka musi być dostosowana np. do możliwości obrabiarek).

Stosowanie systemu jakości w zakładzie produkcyjnym jest czynnikiem zmniejszającym ryzyko techniczne. System jakości ma na celu podniesienie bezpieczeństwa technicznego wyrobów poprzez utrzymanie na stałym, wysokim poziomie dokładności i powtarzalności wykonania w zakresie:

- wykonania matryc,
- obróbki mechanicznej,
- spawania,
- dokładności montażu detali i całego kurka,
- kontroli jakości w poszczególnych etapach produkcji,
- kontroli jakości końcowego wyrobu.

Wytworzenie prototypu kurka i dokładne jego przebadanie pod względem wytrzymałości, szczelności i funkcjonowania, a następnie wprowadzenie zmian konstrukcyjnych eliminujących dostrzeżone usterki, poprawa ich konstrukcji i powtórne próby, służą do wyeliminowania błędów, których skutki mogłyby okazać się

tragiczne w okresie użytkowania. Wreszcie wytworzenie serii próbnej i sprawdzenie jej zachowania się w warunkach roboczych na rurociągu umożliwia podjęcie decyzji o produkcji seryjnej i zatwierdzenie typu w jednostce notyfikowanej. Jednostka utrzymuje nadzór nad produkcją, przez cykliczną kontrolę warunków produkcji wyrobów przez cały okres produkcji kurka.

Proces produkcyjny powinien podlegać kontroli wewnętrznej (prowadzonej przez producenta na poszczególnych etapach produkcji) oraz kontroli końcowej.

Kurki kulowe oraz cały cykl projektowy i produkcyjny jest sprawdzany przez jednostkę notyfikowaną. Na podstawie wyników sprawdzenia w zakładzie, zgodnie z przyjętym modulem, jednostka nodyfikowana może wydać znak CE – co jest potwierdzeniem, że wyrób spełnia zasadnicze wymagania określone w dyrektywie ciśnieniowej.

Oprócz formalnych wymagań, wynikających z przepisów prawa, wymagań norm technicznych i przepisów bezpieczeństwa, kurek musi spełniać kryteria trwałości i sprawności technicznej.

Analiza ryzyka w okresie eksploatacji kurków

W okresie eksploatacji kurka zagrożenia są identyczne z tymi, jakie występują na gazociągach. Kurek, podobnie jak gazociąg, może ulec rozszczelnieniu, co prowadzi do wycieku gazu, a nawet wybuchu. Dlatego kurki, podobnie jak gazociągi, powinny być dozorowane, powinny być przestrzegane terminy ich przeglądów, remontów i wymiany zużytych elementów (jeśli takie działania są możliwe), aż po wymianę tych kurków, których przewidywany czas eksploatacji minął, albo kurków, które uległy zużyciu w czasie krótszym niż pierwotnie przewidywano.

Częstotliwość awarii gazociągów (dystrybucyjnych) w latach 1970-1980 wyniosła 0,480 awarii rocznie na 1 tysiąc km. Analizę prawdopodobieństwa wystąpienia awarii i ocenę skutków przeprowadza się przy użyciu programów komputerowych, symulujących awarię w objętych analizą

ryzyka warunkach terenowych (włączając w to awarię armatury), zwaną analizą stanu awaryjnego [9].

Z analizy stanu awaryjnego wynikają strefy stężeń substancji toksycznych, geometria chmury gazowo-powietrznej, strefy strumienia ciepłego i nadciśnienia (zagrożenia pożarowego i wybuchowego).

Wynikami z analizy stanu awaryjnego są: ocena ryzyka indywidualnego i grupowego, ocena zagrożenia obiektów stałych i ruchomych, dane do Raportu o bezpieczeństwie, ocena skutków dla środowiska naturalnego, wytyczne do projektowania, dobór rozmieszczenia środków zwalczania ognia oraz plan operacyjno-ratunkowy.

Jednym z wariantów awarii gazociągu jest jego zerwanie, które skutkuje powstaniem fali uderzeniowej i wstrząsów parasejsmicznych. Analizowane są także skutki wpływu wstrząsów i zasięg drgań sejsmicznych [11].

Analiza ryzyka w fazie likwidacji kurka

Po okresie eksploatacji zużyte kurki powinny zostać wymienione (zgodnie z przewidywanym okresem sprawności armatury) na nowe. Wymontowana arma-

tura, w większości stalowa, powinna zostać rozebrana, a poszczególne części posegregowane i skierowane do powtórnego przerobu.

Szacowanie ryzyka związanego z kurkiem

Ryzyko, zdefiniowane jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia awarii i skutków awarii, można zredukować: albo przez obniżenie prawdopodobieństwa awarii lub obniżenie (złagodzenie) skutków awarii, lub obu tych zmiennych równocześnie (jeżeli mówi się o awarii to należy mieć na uwadze niepomyślnie zdarzenie na gazociągu, powodujące niezamierzony wypływ gazu) [5].

Szacowanie jakościowe i ilościowe ryzyka w produkcji kurków, w czasie ich całego życia, sprowadza się do analizy możliwości wystąpienia awarii kurka.

Przyczynami awarii mogą być:

- uszkodzenia przez strony trzecie,
- korozja,
- wady materiałowe, w tym wady w spoinach,
- niestabilność podłoża, osunięcie, podmycie gruntu, najechanie ciężkim sprzętem na kurek,

- błędy i zaniedbania powstałe w trakcie budowy [5]. Najważniejszymi etapami w życiu kurka są:
 - projektowanie, w którym uwzględnia się wszystkie znane zagrożenia mogące mieć wpływ na jego awaryjność,
 - produkcja, po przyjęciu właściwych rozwiązań konstrukcyjnych największa odpowiedzialność spoczywa na kontroli jakości w trakcie produkcji i kontroli końcowej,
 - eksploatacja; ryzyko wystąpienia awarii powinno być monitorowane i usuwane na bieżąco przez specjalne służby,
 - likwidacja; po przewidywanym okresie pracy kurek powinien zostać zastąpiony przez nowy, a poszczególne jego części przetworzone tak, aby w jak najmniejszym stopniu mogły szkodzić środowisku naturalnemu.

Szacowanie jakościowe ryzyka związanego z kurkiem kulowym

Szacowanie jakościowe odchodzi od ściśle matematycznego określenia prawdopodobieństwa wystąpienia awarii. Szacowanie jakościowe polega na przyjęciu

pewnej skali oceny, np. od 1 do 4, i w tej skali określa się skutki i prawdopodobieństwo awarii. Pozwala to na określenie stopnia zagrożenia – przypisując poszczególne

liczby do danego poziomu zagrożenia. Następnie liczby te wykorzystuje się do oceny ryzyka [9].

W życiu kurka kulowego można wyróżnić stany zagrożenia/awaryjne, systematyzując zagrożenia od najbardziej niebezpiecznego:

- 1) bardzo duży wyciek gazu, rozerwanie kurka – jest to stan powodujący duże straty materialne i zagrożenie dla życia i zdrowia;
- 2) duża nieszczelność, wywołana rozszczelnieniem łączonych w trakcie produkcji elementów kurka, wymagająca wyznaczenia obszaru zagrożonego wybuchem i natychmiastowej likwidacja uszkodzenia. Nieszczelności te mogą wystąpić: na trzpieniu, w połączeniu śrubowym, w spawie lub w caliźnie korpusu,
- 3) mała nieszczelność – wyciek gazu z miejsc połączeń elementów kurka, miejscowa interwencja likwidująca nieszczelność. Nieszczelność może wystąpić: na trzpieniu, w połączeniu śrubowym lub w spawie,
- 4) ocena oględzin wskazująca na: znaczącą korozję, zacinać się pokrętła podczas operacji otwierania/zamykania, znaczny wzrost momentu obrotowego przy otwieraniu/zamykaniu, niemożność otwarcia/zamknięcia za pomocą standardowego pokrętła/dźwigni,
- 5) ocena oględzin wskazująca na dobry stan kurka.

Powyżej przedstawiona skala zagrożeń odpowiada pojęciom skutku; od wysokiego do małego. Jest rzeczą oczywistą, że największą troską powinny być objęte te

zdarzenia, których skutki mogą być największe i które są nieprzewidywalne. Zagrożenia awarią powodujące największe zniszczenia przyciągają uwagę nie tylko właściciele, użytkowników sieci gazowych i producentów elementów sieci, ale także społeczeństwa, władz samorządowych, mediów i ustawodawcy. Ścisłe przestrzeganie przepisów i standardów nie eliminuje ryzyka, może je tylko zmniejszyć. Ryzykiem trzeba skutecznie zarządzać, aby skutecznie zapobiegać i zmniejszać powstałe straty.

Opisane stany zagrożenia od 1 do 4 mogą stanowić kategorie ryzyka od A do E, gdzie:

- A – ryzyko bardzo duże,
- B – ryzyko duże,
- C – ryzyko umiarkowane,
- D – ryzyko małe,
- E – ryzyko bardzo małe.

Czynności, jakie należy podjąć w przypadku wystąpienia:

- bardzo dużego ryzyka – to natychmiastowa interwencja, tj. zamknięcie odcinka z uszkodzonym kurkiem i natychmiastowa wymiana kurka,
- dużego ryzyka – konieczne uwzględnienie w najbliższym planie remontów,
- umiarkowanie – rozważyć wymianę,
- małe – zwiększyć obserwację,
- bardzo małe – prowadzić dozór według przyjętych standardów.

Akceptowalny poziom ryzyka w jego szacowaniu jakościowym

W szacowaniu jakościowym ryzyka zasadniczą trudnością jest określenie granicy akceptowalności zaistniałej sytuacji. W przypadku szacowania jakościowego poziomu ryzyka, za akceptowalny poziom należy uznać ten, który nie wymaga działań natychmiastowych, a zaistniała sytuacja skłania do stwierdzenia, że w najbliższym czasie (nieokreślonym) nie może wystąpić awaria. Podobnie jak w pracy [4], za akceptowalne ryzyko można przyjąć poziom C, D, E, a za nie do zaakceptowania – poziomy A i B.

Przyjęcie danego poziomu ryzyka w tym wypadku jest subiektywne i zależy od doświadczenia personelu. Poziom E nie wskazuje na konieczność podjęcia jakichkolwiek działań, natomiast poziomy od A do D wskazują na podjęcie działań mających na celu eliminację ujawniających się i powstałych zagrożeń. W gazownictwie jakościowe szacowanie ryzyka jest częściej stosowane od szacowania ilościowego, ze względu na łatwiejszy sposób jego określenia [4].

Tablica 2. Szacowanie ryzyka

Poziom ryzyka	Ryzyko	Zalecenia dotyczące rozpatrywanego kurka
A do B	Bardzo duże	Natychmiastowe wyłączenie odcinka gazociągi z wadliwym kurkiem, wymiana kurka
B do C	Duże	Wyciągnięcie z eksploatacji w najbliższym czasie
C do D	Umiarkowane	Próba naprawy kurka kulowego. Jeśli nie powiedzie się to należy go wymienić.
D do E	Małe	Usunąć zauważone usterki lub przeprowadzić dodatkową diagnostykę
E	Bardzo małe	Wszystko w porządku, przeprowadzać inspekcję zgodnie z przyjętym harmonogramem

Szacowanie ilościowe ryzyka związanego z kurkiem kulowym

Szacowanie ilościowe przeprowadza się w dwóch etapach, mających na celu w etapie pierwszym ustalenie prawdopodobieństwa wystąpienia awarii na podstawie danych statystycznych, a w etapie drugim – potencjalnych skutków awarii.

Ilościowe szacowanie ryzyka wykorzystywane jest przy opracowywaniu planów zagospodarowania przestrzennego, czy też planów ewakuacji.

Ilościowe szacowanie ryzyka opiera się na metodach statystycznych i danych statystycznych dotyczących awarii kurków, które wydarzyły się w przeszłości. Im dłuższy okres gromadzenia danych, tym dokładniejszy jest wynik tej metody. Na podstawie ww. danych oblicza się prawdopodobieństwo wystąpienia awarii.

Metody szacowania ryzyka:

- drzewo zdarzeń – scenariusze (niepomyślny skutek, jako wynik ciągu niepomyślnych zdarzeń,
- drzewo błędów,
- szacowanie ryzyka bez dekompozycji zdarzeń (szacunki probabilistyczne, koncepcja najgroźniejszego wypadku wiarygodnego).

Metoda drzewa zdarzeń:

- ryzyko powstaje w ciągu niepomyślnych zdarzeń,
- przyczyną jest zdarzenie inicjujące,
- skutkiem są możliwe inne zdarzenia (ścieżki, ciągi).

Metoda drzewa błędów:

- budowane jest w przeciwnym kierunku do drzewa zdarzeń,
- początkiem jest niepożądany skutek, a rozwinięciem – zdarzenie poprzedzające, czyli przyczyny zdarzenia.

W ilościowym szacowaniu ryzyka uzyskuje się liczby określające prawdopodobieństwo wystąpienia awarii, potencjalne skutki awarii i poziom ryzyka [4]. Uzyskany w tej metodzie poziom ryzyka można porównać z akceptowalnym poziomem ryzyka. Jednak ustalenie poziomu ryzyka dla samego kurka nie daje obrazu poziomu ryzyka dla jego miejsca zainstalowania w sieci, ponieważ nie jest on jedynym źródłem zagrożenia dla dóbr materialnych, ludzi i środowiska.

Do obliczenia prawdopodobieństwa wystąpienia awarii z udziałem kurka kulowego należy wykorzystać wskaźniki wszystkich awarii przypadających na ilość kilometrów, lub na operatora, na region, albo na liczbę kurków. Obliczenie prawdopodobieństwa uzależnione jest od historycznych rejestrów danych statystycznych na temat wszystkich awarii. Można w ten sposób ustalić prawdopodobieństwo wystąpienia awarii w odniesieniu do liczby armatury, ilości kurków, ilości kurków danego producenta lub danego typu. Taka statystyka pozwala na optymalny wybór kurka/armatury pod względem bezpieczeństwa. Prawdopodobieństwo wystąpienia awarii można obliczyć np. w następujący sposób:

$$\text{prawdopodob. awarii} = \frac{\text{awarie kurków}}{\text{liczba kurków}}$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia poważnego zagrożenia jest liczone z wykorzystaniem takich narzędzi jak analiza drzewa zdarzeń i analiza drzewa błędów, w celu wprowadzenia czynników takich jak: dane o wielkości wycieku, czy zagrożenia dla zdrowia i życia.

Akceptowalny poziom ryzyka w szacowaniu ilościowym

Akceptowalny poziom ryzyka to liczba, określająca poziom ryzyka możliwy do zaakceptowania przy założeniu, że uwzględniono wszystkie metody zminimalizowania tego ryzyka [4].

Przy określaniu akceptowalnej liczby bierze się pod uwagę różne uwarunkowania. Zależy ona bowiem od analizy strat i zysków, od kraju, lokalizacji i akceptowania przez społeczność lokalną występującego ryzyka. Liczbę tę można określić na każdym etapie życia kurka, a więc w czasie projektowania, produkcji i eksploatacji. Otrzymana liczba odniesiona do liczby akceptowalnego poziomu ryzyka daje poziom względny.

Mimo pewnej wyliczalności poziomu ryzyka, istnieją elementy trudne do przewidzenia (np. zdarzenia, które

jeszcze nigdy nie wystąpiły) i stanowią one w całym procesie analizy ryzyka element niepewności i nieoznaczoności. Bezpieczeństwo techniczne związane z kurkiem można rozpatrywać w trzech kategoriach wartości, na których nam zależy:

- życie i zdrowie ludzkie,
- środowisko naturalne,
- dobra materialne.

Pierwsza kategoria rozpatrywana może być w dwóch kryteriach: ryzyka indywidualnego i ryzyka społecznego.

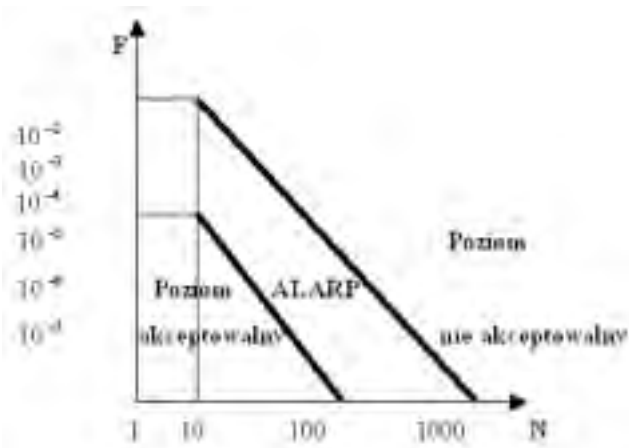
Ryzyko indywidualne dotyczy pojedynczej jednostki ludzkiej i wyraża stopień ryzyka, jakiemu podlega człowiek w przypadku wystąpienia zagrożenia. Przyjmuje się za akceptowalny poziom ryzyka, gdy prawdopodobień-

stwo wystąpienia śmierci wynosi jak jeden na (od 1×10^{-5} do 1×10^{-7}) mieszkańców na rok, jako skutek wystąpienia określonego zagrożenia związanego z kurkiem.

Ryzyko społeczne (grupowe) określa potencjalną liczbę ofiar awarii. Przedstawia ono relację pomiędzy częstością występowania określonego zagrożenia, a liczbą osób dotkniętych skutkiem powstałym w wyniku realizacji tego zagrożenia [4]. Kryteria akceptowalności mogą być wyrażone spodziewaną liczbą ofiar lub częstością w odniesieniu do liczby ofiar, przedstawioną jako skumulowany rozkład ilości ofiar.

Z rysunku 3 wynika, że istnieje akceptowalny poziom ryzyka, nieakceptowalny poziom ryzyka oraz strefa ryzyka, w której poziom ryzyka jest bardzo niski (patrząc z praktycznego punktu widzenia) i może on ulec zmniejszeniu przy aktywnym udziale człowieka. Strefa ta nazwana jest ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*).

Strefa ryzyka ALARP dla kurka może być zmniejszona przez zwiększenie nadzoru w kolejnych fazach życia kurka, czyli np. zwiększenie staranności w fazie projek-



Rys. 3. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia F w ciągu roku, w funkcji skutku wystąpienia zdarzenia (np. liczby ofiar) N

towej (przy doborze materiałów i rozwiązywaniu węzłów konstrukcyjnych), w czasie produkcji (przez zwiększenie kontroli jakości) i eksploatacji (przez zwiększenie np. częstotliwości i jakości dozoru) [9].

Podsumowanie

Każdy podmiot pełniący rolę operatora, realizujący usługę przesyłową czy też dystrybucyjną, odpowiedzialny jest za ciągłość dostaw gazu ziemnego dla swoich klientów. Działalność operatora jest ukierunkowana na stosowanie środków mających na celu zminimalizowanie skutków zakłóceń pracy systemu.

Zakłócenia systemu mogą pochodzić od zagrożeń zewnętrznych i wewnętrznych. Zagrożenia zewnętrzne mogą być spowodowane przez czynniki niezależne od operatora (np. wstrzymanie dostaw, awarie systemów współpracujących, działania osób trzecich), jednak muszą być one przewidywane, a skutki łagodzone przez działania operatora [14].

Zagrożenia wewnętrzne spowodowane awariami technicznymi powinny być eliminowane, a ryzyko ich powstania ograniczane. Awarie powodują zakłócenia systemu, skutkujące obniżeniem ciśnienia w sieci zasilającej lub wstrzymaniem dostaw. Awarie mogą powstać w obiektach systemowych lub na gazociągu. Wszędzie tam występuje armatura zaporowa, upustowa i pomocnicza, w tym kurki kulowe. Są one niezbędnym elementem sieci, a ich awaria/uszkodzenie powoduje w najlepszym wypadku zagrożenie dla ciągłości dostaw gazu ziemnego do klientów. Przyczyny wewnętrzne awarii/stanów zagrożeń mają charakter techniczny. Należą do nich wady elementów, korozja i niestabilność położenia w gruncie [14].

Kurek kulowy jest ważnym elementem sieci gazowej – tak przesyłowej, jak i dystrybucyjnej. Jego jakość, trwałość i odporność na występujące zagrożenia decyduje o bezpieczeństwie technicznym.

Analiza ryzyka kurków polega na określeniu prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożeń oraz ich wpływu na bezpieczeństwo techniczne sieci gazowej. Podstawą do szacowania ryzyka jest przeprowadzona analiza ryzyka. Istotą rzeczy jest ustalenie zagrożeń, ich opisanie oraz – jeśli to możliwe – eliminacja tych zagrożeń lub monitorowanie, a jeśli zagrożenia te przekształcą się w awarię – podjęcie działań, które zminimalizują straty na zdrowiu i życiu ludzi, straty materialne i straty poniesione przez środowisko naturalne.

Cykl życia kurka składa się z kilku etapów: od projektowania po złomowanie. Etap pierwszy – projektowanie i drugi – produkcja, podlegają zasadniczym wymaganiom zawartym w dyrektywie ciśnieniowej. Wyznacza ona pewną minimalną i zasadniczą granicę ryzyka związanego z kurkiem, jako urządzeniem ciśnieniowym i związane z nią działania, konieczne do podjęcia przez producenta armatury. Kurek podlega sprawdzeniu przez stronę trzecią: od fazy projektowej do gotowego wyrobu, a potwierdzeniem tej weryfikacji jest uzyskanie znaku CE. Takie podejście gwarantuje zasadniczy – minimalny poziom bezpieczeństwa technicznego.

Trzecim etapem jest eksploatacja kurka – po jego złomowanie. Operator systemu, w którym jest zamontowany kurek, wprowadza system zarządzania bezpieczeństwem sieci, poprzez opisanie procedur systemu eksploatacji i przypisanie odpowiedzialności za ich realizację, a także wprowadzenie systemu oceny ryzyka eksploatacji gazociągów oraz prowadzenie ewidencji zdarzeń w sieci (np. przesyłowej) [14]. W okresie eksploatacji kurki podlegają takim samym procedurom jak sieć gazowa. Przeprowadza-

ne symulacje komputerowe awarii pozwalają na określenie ryzyka związanego z kurkiem i oszacowanie jakościowe tego ryzyka. Operatorzy oceniają sieć i jej elementy pod kątem analizy wpływu eksploatacji gazociągów na otoczenie.

Przyjęte materiały, rozwiązania konstrukcyjne, współczynniki bezpieczeństwa oraz okres przewidywanej eksploatacji w czasie projektowania, mają zminimalizować ryzyko stosowania kurka kulowego w sieci gazowej.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Borusiewicz M., Potemski S.: Podstawy analizy ryzyka i zarządzania ryzykiem w odniesieniu do awarii transportowych. *Centrum Doskonałości MANHAZ, Instytut Energii Atomowej, 2001*, http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz/warsztaty/TRA_Podst_analiz_ryzyka_i_zarz_ryzykiem.pdf
- [2] Dietrich A.: *Zastosowanie analizy ryzyka do problemu zarządzania gazociągiem*. Nafta-Gaz Nr 5, 1998.
- [3] Dietrich A.: *Problemy gromadzenia i analizy danych o awariach na gazociągach wysokiego ciśnienia a System Zarządzania Ryzykiem*. Nafta-Gaz Nr 5, 2001.
- [4] Dietrich A.: *Przegląd kryteriów akceptowalnego poziomu ryzyka w zastosowaniu do rurociągów przesyłowych*. Nafta-Gaz Nr 6/7, 2002.
- [5] Dietrich A.: *Szacowanie obszaru dotkniętego skutkami poważnej awarii gazociągu wysokiego ciśnienia*. Nafta-Gaz Nr 10 z 2006.
- [6] Dyrektywa 97/23/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z 29 maja 1997 r.
- [7] <http://www.pbsg.pl/wiadomości/analiza-ryzyka>
- [8] http://www.sciaga.pl/tekst/71057-72-Ocena_ryzyka_w_inwestowaniu_identyfikacja_oraz_metody_ograniczenia
- [9] Matkowski A., Budzyński Z.: *Nowoczesne kierunki rozwoju projektowania i budowy dystrybucyjnych sieci gazowych*. Seminarium Naukowo-Techniczne pt.: Współczesne kierunki rozwoju sieci rozdzielczych gazu. Kraków 23-28.03.2004.
- [10] PN-EN-ISO 14971:2004 *Wyroby medyczne. Zastosowanie zarządzania ryzykiem do wyrobów medycznych*.
- [11] *Procedura oceny zgodności w ramach Dyrektywy Wspólnoty Europejskiej w sprawie urządzeń ciśnieniowych*. Informator Certyfikacji nr 7/2* 01/2001.
- [12] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. (Dz.U. Nr 97, poz. 1055 z 2001 r.).
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych (Dz. U. Nr 263., poz. 2200 z dnia 30 grudnia 2005 r.).
- [14] Stańczak P.: *Analiza ryzyka w PGNiG*. Rurociągi Nr 2-3, s. 36, 2004.
- [15] Wiśniowicz A.: *Analiza stanu techniki dotyczącej produkcji kurków kulowych o korpusach wykonanych metodami obróbki plastycznej (rury, odkuwki matrycowe, odkuwki półswobodne*. Projekt celowy Nr 6 T07 2002 C/05939 pt.: Opracowanie założeń technicznych, konstrukcyjnych i wdrożenie do produkcji typoszeregu kurków kulowych o konstrukcji kuto-spawanej, o nazwie roboczej NOK/NOS w zakresie średnic DN 32-250 i PN do 260 bar o uszczelnieniach miękkich i twardych spełniających wymagania norm europejskich. Instytut Nafty i Gazu, 31.08.2003.



Mgr inż. Andrzej WIŚNIOWICZ – absolwent Wydziału Wiertniczo-Naftowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Starszy specjalista Laboratorium Badań Armatury Gazowniczej INiG. Zajmuje się tematyką związaną z badaniem armatury gazowniczej i sanitarnej.