



URZĄD DOZORU  
TECHNICZNEGO

*Wspieramy rozwój  
Dbamy o bezpieczeństwo*

# KOMPLEKSOWE BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI ZIĘBNICZYCH

Przewodnik UDT

Wydanie: 2021 r.

Wszystkie prawa zastrzeżone © Urząd Dozoru Technicznego



DOKUMENT DOSTĘPNY CYFROWO





### **Tomasz Klinkosz**

Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych  
Dział Oceny Zgodności  
Urząd Dozoru Technicznego, Oddział w Gdańsku

(ur. w 1980 r. w Gdańsku) – absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej specjalności Systemy, Maszyny i Urządzenia Energetyczne oraz Wydziału Zarządzania i Ekonomii Politechniki Gdańskiej. W 2006 roku ukończył studium podyplomowe w zakresie bezpieczeństwa procesów przemysłowych na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. W 2015 roku uzyskał certyfikat kompetencji American Petroleum Institute w zakresie API-580 Risk Based Inspection Professional (recertyfikowany w latach 2018 i 2021). Początki kariery zawodowej związane były z przemysłem chłodniczym. Od 2004 roku zatrudniony w Urzędzie Dozoru Technicznego, początkowo jako inspektor urządzeń ciśnieniowych, a obecnie jako Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych w Dziale Oceny Zgodności w oddziale w Gdańsku. W latach 2015 – 2017 pełnił funkcję koordynatora zespołu RBI (Risk Based Inspection) w Departamencie Koordynacji Inspekcji, a od roku 2017 pełni funkcję koordynatora stałego zespołu zadaniowego ds. metodologii RBI w Urzędzie Dozoru Technicznego. Na co dzień zajmuje się analizami zagrożeń i ryzyka oraz planowaniem inspekcji urządzeń w oparciu o analizę ryzyka Risk Based Inspection (RBI). Wykonuje badania techniczne urządzeń podlegających dozorowi technicznemu, zajmuje się oceną zgodności urządzeń ciśnieniowych z wymaganiami dyrektywy ciśnieniowej, a także prowadzi audyty systemów zarządzania jakością wg normy ISO 9001. Realizuje audyty bezpieczeństwa procesowego wg kryteriów CCPS (Center of Chemical Process Safety) oraz API RP 581. Jest wykładowcą Akademii UDT, gdzie prowadzi szkolenia z zakresu wymagań przepisów prawnych związanych z eksploatacją i wytwarzaniem urządzeń ciśnieniowych, bezpieczeństwa instalacji ziębniczych, bezpieczeństwa procesowego oraz RBI. Autor publikacji z zakresu bezpieczeństwa urządzeń w instalacjach ziębniczych oraz RBI. Współautor Warunków Technicznych Dozoru Technicznego WUDT-RBI-2017 „Planowanie inspekcji urządzeń ciśnieniowych w oparciu o analizę ryzyka RBI (Risk Based Inspection)” oraz „Wytycznych Urzędu Dozoru Technicznego – Prowadzenie analiz i ocena ryzyka.”



### **Marcin Wołejko**

Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych  
Dział Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego, Oddział w Gdańsku

(ur. w 1974 r. w Olsztynie) – absolwent Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej na kierunku Elektrotechnika. Od 22 lat związany z automatyką przemysłową. Na początku kariery zajmował się projektowaniem instalacji elektrycznych, programowaniem układów automatyki, energetyką cieplną oraz utrzymaniem ruchu urządzeń instalacji przemysłowych. Od 2009 roku zatrudniony w Urzędzie Dozoru Technicznego, początkowo jako inspektor urządzeń ciśnieniowych, a obecnie jako Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych w dziale Urządzeń Ciśnieniowych w oddziale w Gdańsku. Od 2013 r. specjalista wiodący UDT w zakresie automatyki. W 2015 roku uzyskał certyfikat kompetencji American Petroleum Institute w zakresie API-580 Risk Based Inspection Professional (recertyfikowany w latach 2018 i 2021 ). Od 2018 r. jest członkiem stałego zespołu zadaniowego ds. automatyki oraz stałego zespołu zadaniowego ds. metodologii RBI. Na co dzień zajmuje się uzgadnianiem dokumentacji dotyczącej wytwarzania i modernizacji urządzeń ciśnieniowych, analizami zagrożeń i ryzyka oraz planowaniem inspekcji urządzeń w oparciu o analizę ryzyka Risk Based Inspection (RBI), a także wykonuje badania techniczne urządzeń podlegających dozorowi technicznemu. Realizuje audyty bezpieczeństwa procesowego wg kryteriów CCPS (Center of Chemical Process Safety) oraz API RP 581. Jest wykładowcą Akademii UDT, gdzie prowadzi szkolenia z zakresu wymagań przepisów prawnych związanych z eksploatacją i wytwarzaniem urządzeń ciśnieniowych, bezpieczeństwa procesowego oraz RBI. Autor lub współautor publikacji z zakresu bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń ciśnieniowych. Współautor Warunków Technicznych Dozoru Technicznego WUDT-RBI-2017 „Planowanie inspekcji urządzeń ciśnieniowych w oparciu o analizę ryzyka RBI (Risk Based Inspection)”.



## Szanowni Państwo!

Urząd Dozoru Technicznego przykłada dużą wagę do działań z zakresu popularyzacji zagadnień związanych z bezpieczną pracą urządzeń technicznych. Naszym celem jest promowanie dobrych praktyk i kształtowanie właściwych postaw w obszarze bezpieczeństwa. W ramach tych działań powstało opracowanie, które niniejszym Państwu przekazujemy.

Zapewnienie bezpieczeństwa instalacji ziębnych to proces, który wymaga zaangażowania wszystkich interesariuszy, czyli m.in. wytwórcy instalacji, eksploatującego, a często także organizacji, które swoim działaniem mają wpływ na bezpieczeństwo.

Podstawą działań zmierzających do zapewnienia bezpieczeństwa każdego urządzenia czy obiektu, powinna być uzgodniona i przyjęta przez interesariuszy strategia zarządzania bezpieczeństwem. Na bazie tej strategii wskazane jest zastosowanie zestawu rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które należy wdrożyć, aby ograniczyć ryzyko związane z eksploatacją danego obiektu.

Motywacją autorów do zebrania i skomentowania wybranych wymagań, przepisów i normy, dotyczących bezpieczeństwa instalacji ziębnych są doświadczenia, które zdobyli, uczestnicząc w wytwarzaniu tych instalacji oraz w trakcie prowadzenia badań eksploatacyjnych. Skupili się na tych obszarach bezpieczeństwa instalacji ziębnych, z którymi, jak wynika z obserwacji, wytwórcy i eksploatujący mają największe trudności.

Zachęcamy Państwa do zapoznania się z przywołanymi w przewodniku dokumentami odniesienia, których analiza pozwala lepiej zrozumieć co i jak należy wykonać, aby instalacja ziębna była bezpieczna, jak również zrozumieć dlaczego należy podjąć określone działania.

Zapraszamy niniejszym do zapoznania się monografią „**Kompleksowe bezpieczeństwo instalacji ziębnych**”. Zachęcamy do intensywnego korzystania z tego przewodnika podczas eksploatacji urządzeń ziębnych. Życzymy bezpiecznej pracy i pomocnej lektury!

Redakcja UDT  
Zespół Komunikacji  
Urząd Dozoru Technicznego



# Spis treści

## Rozdział 1

Przepisy krajowe i unijne; normy dla urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziębniczych 6

## Rozdział 2

Automatyka zabezpieczająca w instalacjach ziębniczych 12

## Rozdział 3

Zabezpieczenie przed wzrostem ciśnienia urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziębniczych 23

## Rozdział 4

Korozja pod izolacją (Corrosion Under Insulation) – ukryte zagrożenie? 30

## Rozdział 5

Zmiany w instalacji ziębniczej. Jak zapewnić bezpieczeństwo, modyfikując instalację ziębniczą? 37

## Rozdział 6

Ograniczenie wielkości konsekwencji wycieku amoniaku z instalacji ziębniczej przez zastosowanie zaworów separacyjnych 44



## Rozdział 1

# Przepisy krajowe i unijne; normy dla urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziemniczych

Instalacje ziemnicze to zespół wzajemnie ze sobą połączonych części składowych, z których większość stanowią urządzenia ciśnieniowe podlegające na etapie eksploatacji dozorowi technicznemu, napełnione czynnikiem ziemniczym, tworzące jeden zamknięty obieg, w którym czynnik ziemniczy krąży w celu przejmowania i oddawania ciepła.

**Dozór techniczny nad urządzeniami ciśnieniowymi w instalacjach ziemniczych sprawowany jest przez określone w ustawie o dozorze technicznym [1] jednostki dozoru technicznego, z których Urzędowi Dozoru Technicznego podlega znaczna ich większość.**

W zależności od właściwości stosowanego w instalacji czynnika ziemniczego obowiązek posiadania decyzji zezwalającej na eksploatację dotyczy zbiorników ciśnieniowych lub zbiorników ciśnieniowych i rurociągów ciśnieniowych. Rodzaje urządzeń podlegające dozorowi technicznemu określone są w rozporządzeniu rady ministrów [2].

W instalacjach ziemniczych **dozorowi technicznemu podlegają**, niezależnie od rodzaju czynnika ziemniczego, **zbiorniki ciśnieniowe**, w tym **wymienniki ciepła** o ciśnieniu dopuszczalnym wyższym niż 0,5 bara oraz iloczynie pojemności i ciśnienia większym niż  $300 \text{ bar} \times \text{dm}^3$ . Sytuacja wygląda inaczej dla **rurociągów technologicznych**, ponieważ dozorowi technicznemu podlegają, gdy zawierają czynnik ziemniczy o **właściwościach trujących, żrących lub palnych** i ciśnienie dopuszczalne wyższe niż 0,5 bar oraz średnicę nominalną większą niż DN 25. Przy określaniu właściwości czynnika ziemniczego stosuje się wymagania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/20083 [3], jak również pomocna w tym zakresie jest norma PN-EN 378-1, zawierająca klasyfikację większości stosowanych czynników ziemniczych.

### Urząd Dozoru Technicznego w toku eksploatacji:

- przeprowadza badania urządzenia w warunkach gotowości do pracy – badania odbiorcze,
- wykonuje doraźne badania techniczne,
- sprawdza zaświadczenia kwalifikacyjne osób obsługujących i konserwujących urządzenia techniczne.

**Dla urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziemniczych obowiązek zgłoszenia urządzenia we właściwej jednostce dozoru technicznego powstaje z chwilą rozpoczęcia eksploatacji.**



Postępowanie rozpoczyna się z chwilą złożenia przez eksploatującego w UDT wniosku o przeprowadzenie badania urządzenia, do którego załącza się wymaganą dokumentację techniczną, której zakres (m.in. dla zbiorników ciśnieniowych) określony jest rozporządzeniem MGPIPS z 9 lipca 2003 r. [4]

Jednym z elementów dokumentacji technicznej niezbędnej do wydania pierwszej decyzji zezwalającej na eksploatację są **dokumenty dostarczone przez wytwarzającego** wraz z urządzeniem ciśnieniowym. Dokumenty te określone są w przepisach dotyczących oznakowania CE albo w specyfikacjach technicznych uzgodnionych z organem właściwej jednostki dozoru technicznego, w zakresie istotnym dla oceny wyjściowego poziomu bezpieczeństwa urządzenia.

Ocena dokonywana jest na bazie czynności polegających na:

- sprawdzeniu kompletności i odpowiedniości dokumentacji urządzenia,
- identyfikacji urządzenia i sprawdzeniu jego stanu technicznego oraz oznakowania,
- sprawdzeniu zgodności wyposażenia z przedłożoną dokumentacją,
- przeprowadzeniu badań odbiorczych.

W przypadku urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziębniczych jako odpowiednie przepisy dotyczące oznakowania CE należy rozumieć Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r. w sprawie wymagań dla **urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych** wdrażające do polskiego prawa wymagania dyrektywy **PED 2014/68/UE**. Zgodnie z tymi wymaganiami producent po przeprowadzeniu odpowiedniej procedury oceny zgodności zobowiązany jest oznakować urządzenie ciśnieniowe znakiem CE oraz wystawić pisemną deklarację zgodności, a do urządzenia ciśnieniowego dołączyć co najmniej instrukcję eksploatacji.



Większość zbiorników ciśnieniowych i rurociągów technologicznych znajduje się w instalacjach ziębniczych wytwarzanych w miejscu ich eksploatacji stanowiących zespół urządzeń ciśnieniowych. Zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2014/68/UE, jeśli producent zespołu zamierza go wprowadzić do obrotu oraz oddać do użytku jako zespół, a nie w formie jego niezmontowanych elementów, zespół ten powinien spełniać wymagania tej dyrektywy.

Przeprowadzanie procedury oceny zgodności z wymaganiami dyrektywy ma na celu zapewnienie, że urządzenia ciśnieniowe i zespoły są udostępniane na rynku oraz oddawane do użytku tylko wówczas, gdy spełniają wymagania dyrektywy, kiedy są właściwie zainstalowane, konserwowane oraz użytkowane zgodnie z przewidywanym zastosowaniem.

Jak wynika z powyższych zapisów instalacja ziębnicza lub pompa ciepła definiowana wg normy PN-EN 378 jako zespół wzajemnie ze sobą połączonych części składowych, napełnionych czynnikiem ziębniczym, tworzących jeden zamknięty obieg, w którym krąży czynnik ziębniczy w celu przejmowania i oddawania ciepła (tj. oziębiania, ogrzewania), powinna spełniać wymagania dyrektywy 2014/68/UE jako zespół urządzeń ciśnieniowych.

**W celu potwierdzenia spełnienia przez instalację ziębniczą, stanowiącą zespół urządzeń ciśnieniowych, wymagań zasadniczych dyrektywy 2014/68/UE producent przeprowadza procedurę kompleksowej oceny zgodności.**

Wybór kompleksowej oceny zgodności, określanej jako **moduł oceny zgodności**, zależy od najwyższej kategorii zagrożenia urządzenia wchodzącego w skład instalacji.

W zdecydowanej większości instalacji ziębniczych o wyborze modułu oceny zgodności decyduje kategoria zagrożenia zbiornika ciśnieniowego o najwyższym iloczynie najwyższego dopuszczalnego ciśnienia PS [Bar] i pojemności V [Litr].

W procesie oceny zgodności, dla urządzeń lub zespołów o kategorii zagrożenia co najmniej II, producent pod nadzorem jednostki notyfikowanej zobowiązany jest wykazać spełnienie wymagań zasadniczych dyrektywy. **W tym celu dla instalacji ziębniczych możliwe jest to poprzez spełnienie wymagań normy zharmonizowanej PN-EN 378-2:2017 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.** W załączniku ZA do ww. normy znajduje się wykaz wymagań normy, których spełnienie pozwala na domniemanie zgodności z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 2014/68/UE.

**Należy podkreślić, że producent urządzenia ciśnieniowego lub zespołu, nanosząc na nim oznakowanie CE, zobowiązuje się do spełnienia wymagań wszystkich dyrektyw, które mają zastosowanie dla urządzenia lub zespołu.**

Przykładowym narzędziem identyfikacji wymagań jest **analiza zagrożeń będąca składnikiem analizy ryzyka**, której przeprowadzenie jest jednym z elementów procesu oceny zgodności i dokumentem ocenianym przez jednostkę notyfikowaną.

W tabeli przedstawiono obowiązkowe wymagania normy PN-EN 378-2:2017 w powiązaniu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 2014/68/UE oraz rozporządzenia wdrażającego wymagania dyrektywy do polskiego prawodawstwa, których spełnienie zapewnia domniemanie zgodności z wymaganiami tych przepisów. Przegląd wymagań normatywnych i prawnych powinien być jednym z elementów analizy zagrożeń.

L.P.	Uwagi kwalifikacyjne	Wymaganie PN-EN 378-2:2017	Zasadnicze wymaganie dyrektywy PED 2014/68/UE	Zasadnicze wymaganie rozporządzenia ministra rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r.
1	Odpowiednia wytrzymałość	6.2.2	2.2.1	§ 19. ust. 1.
2	Bezpieczne manipulowanie i obsługa	6.2.6.6.1, 6.2.6.6.3, 6.2.6.6.5, 6.2.10, Annex A	2.3	§ 25
3	Spuszczanie cieczy	6.2.1, 6.2.3.5, 6.2.4.4, 6.2.6.6.1, 6.2.6.6.5	2.5	§ 27
4	Korozja	6.2.3.3.4, 6.2.3.4	2.6	§ 28
5	Zespoły	6.2.1, 6.2.2.1, 6.2.2.2, 6.2.3	2.8	§ 30
6.1	Napełnianie i opróżnianie	6.2.7	2.9 (a)	§ 31 pkt 1)
6.2	Napełnianie i opróżnianie	6.2.4	2.9 (c)	§ 31 pkt 2)
6.3	Napełnianie i opróżnianie	6.2.4	2.9 (b)	§ 31 pkt 3)
7	Zabezpieczenie przed nadmiernym ciśnieniem	6.2.5, 6.2.6	2.10 (a)	§ 32. ust. 1, § 32. ust. 2, § 32. ust. 3. pkt 1)
8.1	Osprzęt zabezpieczający	6.2.5, 6.2.6.1, 6.2.6.2, 6.2.6.3, 6.2.6.4, 6.2.6.6, 6.2.6.7	2.11.1	§ 33
8.2	Osprzęt zabezpieczający	6.2.5.2, 6.2.6.1, 6.2.6.2, 6.2.6.7	2.11.2	§ 34
9	Pożar zewnętrzny	6.2.2.3, 6.2.5.1	2.12	§ 36



L.P.	Uwagi kwalifikacyjne	Wymaganie PN-EN 378-2:2017	Zasadnicze wymaganie dyrektywy PED 2014/68/UE	Zasadnicze wymaganie rozporządzenia ministra rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r.
10	Kontrola końcowa	6.3.1, 6.3.4	3.2.1	§ 42 ust. 1 § 42 ust. 2 § 42 ust. 3
11	Ciśnieniowa próba wytrzymałości	6.3.2	3.2.2	§ 42 ust. 4 § 42 ust. 5 § 42 ust. 6
12	Kontrola urządzeń zabezpieczających	6.3.4.3	3.2.3	§ 42 ust. 7
13	Znakowanie i etykietowanie	6.4.2	3.3	§ 66 § 67
14	Instrukcja eksploatacji	6.4.3.1, 6.4.3.2, 6.4.3.3, 6.4.3.4	3.4	§ 43
15.1	Rurociągi	6.2.3.3.3	6 (a)	§ 48 pkt 1)
15.2	Rurociągi	6.2.3.3.1, 6.2.3.3.4, 6.2.3.4	6 (d)	§ 48 pkt 4)

Niekiedy zdarza się tak, że instalacja ziemnicza montowana w miejscu jej eksploatacji nie jest poddana procedurze oceny zgodności i oznakowana znakiem CE. Jednakże taka sytuacja może mieć miejsce wyłącznie, gdy instalacja ziemnicza montowana jest w miejscu eksploatacji na odpowiedzialność eksploatującego, który nie jest producentem. Proces ten nie zwalnia z obowiązku przeprowadzenia oceny zgodności i oznakowania znakiem CE urządzeń w niej zainstalowanych, w tym również rurociągów technologicznych, nawet jeśli zostały wytworzone przez eksploatującego. W tym przypadku staje się on ich producentem. Trzeba również pamiętać, że w takiej sytuacji urządzenia należy zainstalować zgodnie z ich instrukcjami eksploatacji. Dostępne na rynku urządzenia ciśnieniowe przeznaczone do stosowania w instalacjach ziemniczych często wymagają montażu zgodnie z wymaganiami normy EN 378, w związku z czym stosowanie tego standardu technicznego również w przypadku montażu instalacji na odpowiedzialność eksploatującego wydaje się zasadne.

Inspektor UDT dokonujący analizy przedłożonej dokumentacji załączonej do wniosku o przeprowadzenie badania i wydanie pierwszej decyzji zezwalającej na eksploatację ustala, czy urządzenie wbudowane w instalację stanowiącą zespół urządzeń ciśnieniowych oznakowanych znakiem CE, czego potwierdzeniem będzie załączona w dokumentacji stosowna deklaracja zgodności zespołu urządzeń zawierająca wykaz urządzeń wchodzących w skład tego zespołu oraz opis zastosowanych procedur oceny zgodności dla tych urządzeń. W takim przypadku, o ile bezpieczeństwo urządzenia nie zależy od warunków jego zainstalowania, nie przeprowadza się badań odbiorczych, ponieważ bezpieczeństwo urządzenia zostało zweryfikowane na etapie oceny zgodności przez producenta i jednostkę notyfikowaną, jeśli jej udział był wymagany.



Domyślnym sposobem zapewnienia bezpieczeństwa urządzeń umieszczanych na rynku UE jest kompleksowa ocena zgodności. W przypadku przemysłowych instalacji montowanych w miejscu eksploatacji, należy ustalić, czy instalacja będzie poddana kompleksowej ocenie zgodności przez producenta, czy mamy do czynienia z montażem instalacji na odpowiedzialność eksploatującego. Decyzja o montażu instalacji na własną odpowiedzialność powinna być świadomą i dobrowolną inicjatywą eksploatującego. W takim przypadku niezbędne jest uzgodnienie specyfikacji technicznych z organem właściwej jednostki dozoru technicznego i określenie niezbędnej dokumentacji technicznej, w zakresie istotnym dla oceny wyjściowego poziomu bezpieczeństwa urządzenia.

Mając na uwadze, że producenci urządzeń przeznaczonych do zabudowy w instalacjach ciśnieniowych często wskazują normę EN 378 jako wymaganie stosowane do ich montażu oraz to, że spełnienie wymagań tej normy, jako standardu zharmonizowanego, pozwala na spełnianie zasadniczych wymagań bezpieczeństwa określonych w dyrektywie 2014/68/UE, to można uznać zastosowanie tej normy również do oceny wyjściowego poziomu bezpieczeństwa urządzenia i badań odbiorczych. Należy podkreślić też fakt, że przeprowadzenie czynności dozoru technicznego w zakresie oceny wyjściowego poziomu bezpieczeństwa w odniesieniu do wymagań przepisów dozoru technicznego nie zwalnia wytwórcy ze spełnienia wymagań innych przepisów mających zastosowanie do instalowanych urządzeń. Warto o tym pamiętać na etapie planowania inwestycji i tworzenia wymagań dla projektanta, wykonawców i dostawców.

Bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń w znacznej mierze zależy od ich stanu technicznego, ale również, o czym nie zawsze pamiętamy, zależy od warunków ich zainstalowania. Urządzenia ciśnieniowe w instalacjach ciśnieniowych są tego doskonałym przykładem, ponieważ spełniają swoją funkcję wówczas, gdy zostaną prawidłowo wyposażone w osprzęt ciśnieniowy i zabezpieczający oraz włączone w instalację, która często jest wbudowana w obiekty budowlane według indywidualnych projektów i wymagań użytkowników. Z tego właśnie powodu kompleksowe podejście do bezpieczeństwa, czyli patrzenie na instalację jako całość, a nie jako pojedyncze urządzenia, jest jedynym sposobem na skuteczną identyfikację zagrożeń i właściwy dobór zabezpieczeń.

#### Literatura:

- [1] Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym.
- [2] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu.
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin.
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych.

**Opracowanie: Tomasz Klinkosz**  
Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku

**Marcin Wotejko**  
Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku



## Rozdział 2

# Automatyka zabezpieczająca w instalacjach ziębicznych

Bezpieczeństwo eksploatacji każdego z urządzeń technicznych, w tym urządzeń współpracujących ze sobą w ramach instalacji technologicznej, powinno zostać zapewnione w myśl przepisów wdrażających odpowiednie dyrektywy europejskie czyli przepisów Ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy, w szczególności art. 215-217, oraz w myśl przepisów Ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym.

**W przypadku nowych instalacji ziębicznych zapewnianie zasadniczych wymagań bezpieczeństwa odbywa się m.in. przez stosowanie przepisów w zakresie oceny zgodności, a instalacja ziębiczna podlega różnym dyrektywom, w tym:**

- ciśnieniowej (PED) 2014/68/UE,
- maszynowej (MD) 2006/42/WE,
- niskonapięciowej (LVD) 2014/35/UE,
- kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) 2014/30/UE.

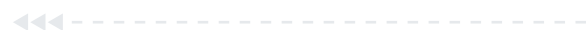


Wynika z nich, że udział jednostki notyfikowanej jest wymagany w ocenie zgodności z PED od II kategorii włącznie.

**Z punktu widzenia zagrożeń, jakie stwarza czynnik ziębiczny znajdujący się pod ciśnieniem w urządzeniach tworzących instalację, bezpieczeństwo eksploatacji instalacji ziębicznej powinno być zapewnione na podobnym poziomie (co najmniej minimalnym), niezależnie od tego:**

- czy instalacja zostanie scalona i poddana kompleksowej ocenie zgodności jako zespół urządzeń ciśnieniowych przez jej wytwórcę,
- czy zostanie scalona na odpowiedzialność eksploatującego w myśl § 2 ppkt 22 Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych, wdrażającego do polskiego prawa wymagania dyrektywy PED 2014/68/UE.

W przypadku opisanego wyżej scalenia instalacji na odpowiedzialność eksploatującego, co jest działaniem przewidzianym wyłącznie z punktu widzenia zagrożeń związanych z ciśnieniem, wymagane jest uprzednie uzgodnienie z organem właściwej jednostki dozoru technicznego specyfikacji technicznych i określenie dokumentów w zakresie istotnym dla oceny wyjściowego poziomu bezpieczeństwa urządzeń podlegających dozorowi technicznemu [1].





**Modernizacja urządzeń wbudowanych w instalację ziębniczą i podlegających dozorowi technicznemu może mieć wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji instalacji oraz tych urządzeń ze względu na ich wzajemne połączenie z urządzeniami zasilającymi oraz osprzętem zabezpieczającym.** Z tego powodu modernizacja instalacji ziębniczej wymaga uzgodnienia dokumentacji technicznej z organem właściwej jednostki dozoru technicznego [2].

Zarówno dla instalacji nowych, jak i modernizowanych, projektowanie bezpieczeństwa odbywa się przez spełnianie wymagań przepisów i norm przedmiotowych – prowadzenie odpowiednich analiz zagrożeń i ryzyka oraz stosowanie branżowego *know-how*.

Myśl przewodnia norm dotyczących bezpieczeństwa technicznego brzmi: **bezpieczeństwo powinno zostać zaprojektowane**. Oznacza to, że już od etapu projektu koncepcyjnego powinno się prowadzić równoległe projektowanie funkcjonalności, wydajności i innych aspektów użytkowych z projektowaniem konstrukcji, rozwiązań i wyposażenia z punktu widzenia bezpieczeństwa.

Takie podejście pozwala na optymalizację kosztów projektu, ale także kosztów eksploatacji urządzeń technicznych czy instalacji. Zapewne wszyscy się zgodzą, że sztuką jest zaprojektować instalację inherentnie bezpieczną, z minimalną ilością niezbędnego wyposażenia, prostą na tyle, na ile to możliwe, łatwą w eksploatacji i niedrogą w utrzymaniu.

Niezbędnymi narzędziami optymalizacji projektu są analizy zagrożeń i ryzyka oraz analizy kosztów i korzyści wnoszonych przez każde z rozwiązań czy każdy z etapów projektu.

Pierwszym warunkiem inherentnego bezpieczeństwa są parametry wytrzymałościowe konstrukcji urządzeń ciśnieniowych, dobór pojemności zbiorników, średnic i długości rurociągów, ich usytuowania, połączeń itd. To na konstrukcji skupiona jest główna część uwagi projektanta. Po etapie projektu lub wstępnego projektu konstrukcji zwykle projektuje się urządzenia zabezpieczające, w tym osprzęt zabezpieczający (rys. 1).

**Poprawnie wykonana analiza zagrożeń pozwala zidentyfikować potencjalne zdarzenia zagrażające, ich przyczyny i skutki, na okoliczność których niezbędne są zmiany w projekcie, w tym doposażenie instalacji w urządzenia zabezpieczające lub zmiana liczby czy lokalizacji urządzeń zabezpieczających. Ocena ryzyka pozwoli ustalić wymagania dotyczące poziomu redukcji ryzyka, jakiej oczekuje się od zidentyfikowanych zmian w projekcie, w tym od zabezpieczeń określonych w analizie zagrożeń.**

**Automatyka zabezpieczająca** są to przede wszystkim urządzenia ograniczające (rys. 1) zrealizowane jako obwody elektryczne/elektroniczne i/lub programowalne elektroniczne, realizujące funkcje bezpieczeństwa: od układu czujnikowego poprzez elementy pośredniczące, w tym elementy logiczne (decydujące o uruchomieniu urządzeń wykonawczych) po same układy wykonawcze. Często do automatyki zabezpieczającej zalicza się także układy sygnalizacji i alarmów, czyli urządzenia nadzorujące według rys. 1, o ile uczestniczą w realizacji funkcji bezpieczeństwa.

Z punktu widzenia przepisów związanych z działalnością UDT wg § 2 pkt 27 Rozporządzenia MGPIPS z 9 lipca 2003 r. automatyka jest traktowana jako osprzęt zabezpieczający, czyli urządzenia przeznaczone do zabezpieczania urządzeń ciśnieniowych przed przekroczeniem dopuszczalnych parametrów. Dla podmiotu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo instalacji ziębicznej, jak i każdej innej, oznacza to, że na wszystkich etapach (powstawania i eksploatacji instalacji) musi zapewnić i udokumentować, że zrobił wszystko, co tylko możliwe i racjonalnie uzasadnione dla zapewnienia możliwie najwyższego bezpieczeństwa.

**Przepisy są zwykle bardziej ogólne od norm i najczęściej nie odnoszą się do pojęcia ryzyka, a do pojęcia bezpieczeństwa. Natomiast normy mówią o zagrożeniach i ryzyku oraz o redukcji ryzyka. Jak to rozumieć?**

## Czym jest bezpieczeństwo?

Można tu przytoczyć dwie definicje, które najlepiej oddają sens tego pojęcia i podkreślają fakt, że bezpieczeństwo dotyczy nie tylko przemysłu, jego miary mogą i powinny być uniwersalne.

„Bezpieczeństwo – stan dający poczucie pewności i gwarancję jego zachowania oraz szansę na doskonalenie” [3].

„Najczęściej bezpieczeństwo definiuje się zarówno jako stan (osiągnięte poczucie bezpieczeństwa danego podmiotu), jak i proces (zapewnianie poczucia bezpieczeństwa podmiotu)” [4].

Bardziej praktyczne jest podejście drugie, odzwierciedlające naturalny, dynamiczny charakter zjawiska bezpieczeństwa.

Powyższe definicje dotyczą bezpieczeństwa ogólnego i odnoszą się do pojęcia bezpieczeństwa, o którym mówią przepisy czyli, ryzyka utraty zdrowia i życia. Ale to nie jest jedyna możliwa interpretacja tej definicji.

**Bezpieczeństwo może też być potraktowane szerzej, jako odnoszące się do realizacji celów – do stanu, w którym ryzyko niezrealizowania celów jest tak niskie, że akceptujemy jego poziom i nie podejmujemy działań mających dalej redukować ryzyko.**



**Przyjętymi celami ryzyka mogą być np.:**

- brak strat produkcyjnych, w tym kosztów niewykonanych zamówień lub niewłaściwej jakości produktów,
- brak uszkodzeń lub przyspieszonego zużycia urządzeń lub instalacji i związane z tym koszty itp.

Cele i poziomy akceptacji ryzyka zależą od jego właściciela i/lub podmiotów narażonych na to ryzyko, czyli tzw. interesariuszy.

**Bezpieczeństwo można uzyskiwać na dwa sposoby:**

- eliminując zagrożenia,
- redukując ryzyko do poziomu akceptowalnego.

Jako stan bezpieczeństwa można także przyjąć brak nieakceptowalnego ryzyka.

Gdy znamy powiązanie pomiędzy bezpieczeństwem a ryzykiem, a więc także pomiędzy przepisami a normami – rozumiemy, że aby spełnić wymagania przepisów, należy dążyć do udokumentowanej eliminacji zagrożeń i/lub redukcji ryzyka.



## Wynikowe wnioski

**Automatyka nie zastępuje konstrukcji – nie jest lekarstwem na błędy konstrukcyjne, a ponadto:**

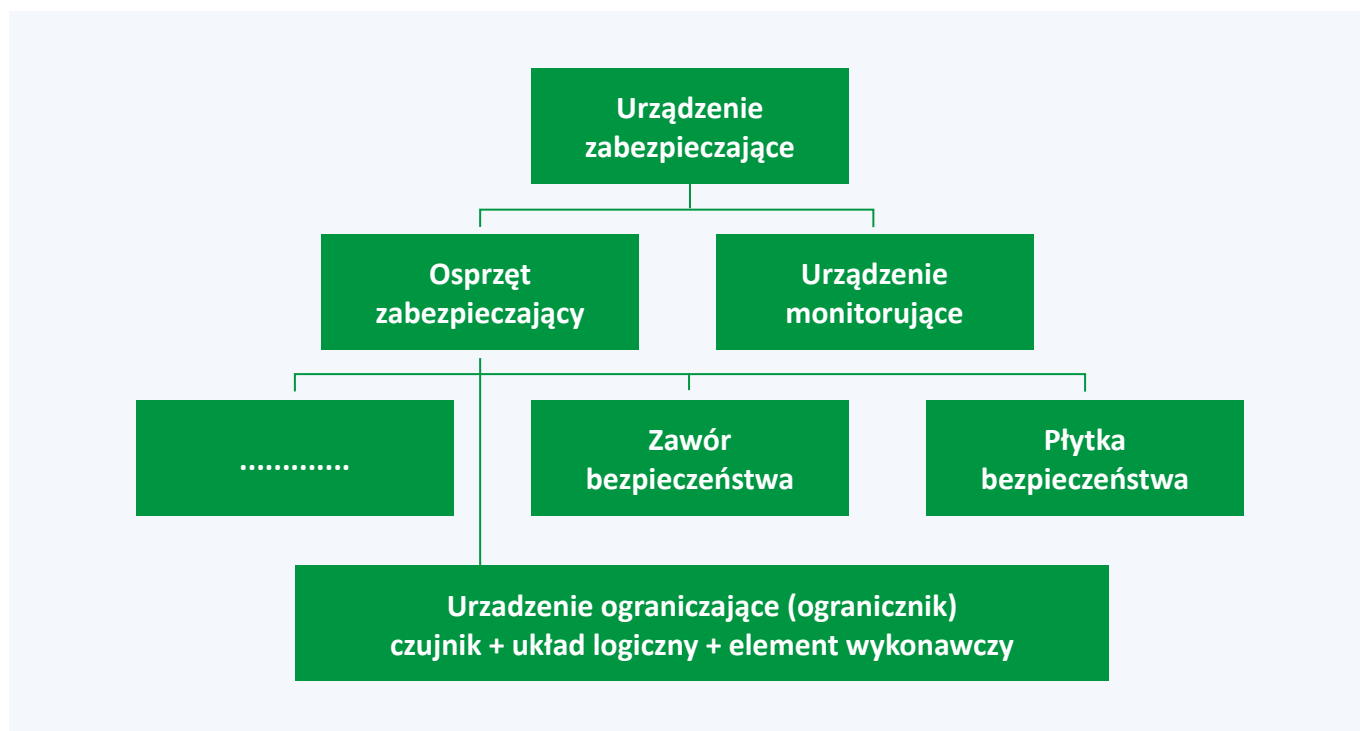
- nie zawsze jest potrzebna – w odpowiednio skonstruowanych instalacjach i w zależności od przyjętych kryteriów bezpieczeństwa może nie być wcale potrzebna;
- może być konieczna ze względu na wymagania norm przedmiotowych lub ze względu na inne ryzyko niż związane ze zdrowiem i życiem.



## Jak zatem zaprojektować automatykę zabezpieczającą?

### Należy ją skonstruować:

- w powiązaniu z konstrukcją instalacji,
- tylko w niezbędnym zakresie,
- w odniesieniu do przyjętych zagrożeń i wymagań dla ryzyka,
- spełniając wymagania przepisów,
- stosując normy przedmiotowe i związane z nimi normy sektorowe,
- stosując branżowe *know-how*,
- stosując uznane rozwiązania i sposoby projektowania eliminujące błędy systematyczne i przypadkowe,
- prowadząc pełną dokumentację.



Rys. 1. Podział urządzeń zabezpieczających w myśl dyrektywy PED. Kropki oznaczają inne możliwe rozwiązania konstrukcyjne.

## JAKIE NORMY ZASTOSOWAĆ?

Można zastosować normy przedmiotowe oraz odpowiednie normy przywołane.

### Normy przedmiotowe:

- PN-EN 378-1 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 1: Wymagania podstawowe, definicje, klasyfikacja i kryteria wyboru;
- PN-EN 378-2 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.

### Normy przywołane (normative references) w powyższych normach to m.in.:

- EN 809 Pumps and pump units for liquids – Common safety requirements;
- EN 12263 Refrigerating systems and heat pumps – Safety switching devices for limiting the pressure – Requirements and tests;
- EN 12693 Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Positive displacement refrigerant compressors;
- EN 60204-1 Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements (IEC 60204-1);
- EN ISO 13850 Safety of machinery – Emergency stop function — Principles for design (ISO 13850).

### CO Z TEGO WYNIKA DLA AUTOMATYKI?

**Aby zapewnić właściwą konstrukcję systemu automatyki, racjonalne jest projektowanie według norm EN 378, a zatem także z użyciem:**

- EN 809 (a z tego wynika także zastosowanie EN ISO 12100-1/2 oraz EN ISO 14121-1 Safety of Machinery – Risk Assessment);
- EN 60204-1 (dotyczy elektrycznego i elektronicznego wyposażenia oraz układów do maszyn i obejmuje wymagania dla bezpieczeństwa elektrycznego oraz wymagania ogólne dla projektu).

Z zastosowania EN 60204-1 wynika też zastosowanie EN ISO 12100-1/2 oraz ISO 13849 (Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem) i 13850, a także EN 62061:

- EN 62061 określa wymagania i zalecenia (dotyczące projektowania, kompletowania i walidacji związanych z bezpieczeństwem elektrycznych, elektronicznych i programowalnych elektronicznych systemów sterowania (SRECS) maszynami;
- EN 13850 dodaje do powyższych wymagania szczegółowe dotyczące zatrzymania awaryjnego.



### Z przeglądu ww. norm wynikają podstawowe wnioski, tj.:

- PN-EN 378 jest zharmonizowana z dwoma dyrektywami – PED (2014/68/EU) oraz MD (2006/42/EC), a w zakresie automatyki przywołane są głównie normy z zakresu dyrektywy maszynowej (2006/42/EC).
- Z normy PN-EN 378 wynika podstawowa ścieżka projektu automatyki zabezpieczającej dla instalacji ziębicznej, a także podstawione wymagania i konieczność przeprowadzenia analizy ryzyka.
- Z faktu, że instalacja ziębiczna scala urządzenia ciśnieniowe podlegające dyrektywie PED i spełnia kryteria dla zespołu urządzeń ciśnieniowych, wynika:
  - a. konieczność oceny zgodności z PED całej instalacji, jak również jej podsystemów,
  - b. możliwość zastosowania standardów technicznych z zakresu dyrektywy ciśnieniowej – a więc użycia norm EN 764-7 i EN 50156-1.
- Z normy PN-EN 13445 wynika metoda i zakres analizy ryzyka, a także możliwość zastosowania wymagań z zakresu nieogrzewanych płomieniem zbiorników ciśnieniowych – a więc użycia norm EN 764-7 i EN 50156-1.
- Z normy PN-EN 809 wynika konieczność i zakres analizy ryzyka spójny z wymaganiami EN 12100.

## Podsumowanie i omówienie problemów

### Wybór norm i technologii projektu należy do projektanta i/lub właściciela instalacji.

Analizy zagrożeń pozwalają określić, jakie środki redukcji ryzyka (np. funkcje zabezpieczające), są konieczne.

Pozwalają również ocenić, czy zapewniliśmy bezpieczeństwo, czy są konieczne dodatkowe środki redukcji ryzyka, a w odniesieniu do automatyki zabezpieczającej pozwala na określenie poziomu wymagań dla redukcji ryzyka dla poszczególnych obwodów realizujących każdą z funkcji bezpieczeństwa i wynikających z tego wymagań dla konstrukcji systemu automatyki.



**Projektowanie bezpieczeństwa obejmuje także przewidywanie niewłaściwego użytkowania i przygotowanie rozwiązań ograniczających lub eliminujących takie działania – prawdopodobieństwo wystąpienia tychże działań lub ich ewentualnych konsekwencji.**

**Systemy automatyki zabezpieczającej w instalacjach ziębniczych realizują zwykle funkcje:**

- a. ograniczenia ciśnienia,
- b. ograniczenia temperatury,
- c. ograniczenia poziomu,
- d. uruchamiania działań i/lub środków redukujących konsekwencje wycieku czynnika zarówno podczas normalnej eksploatacji, jak i podczas napełniania lub opróżniania.



**Należy pamiętać, że w zależności od projektu konstrukcji niektóre z ww. funkcji mogą nie być potrzebne lub na podstawie analizy ryzyka i w zależności od przyjętych norm projektowych mogą być zrealizowane w systemie sterowania.**

Punkty a, b i c są zwykle funkcjami typu *de-energize to trip* i bardzo często realizują wyłączenie kompresorów, a więc elementami wykonawczymi tych funkcji są układy napędowe kompresorów lub urządzenia wyłączające napięcie zasilające kompresorów. Jak wspomniano na wstępie, wymagania dla funkcji zabezpieczających dotyczą całej funkcji, a więc od układu czujnikowego poprzez elementy pośredniczące/elementy logiczne po układy wykonawcze.

Funkcje d) mogą być zarówno typu:

- *de-energize to trip* – gdy realizują np. wyłączenie zaworów odcinających sekcje instalacji, aby zmniejszyć ilość wyciekającego czynnika, ale pod warunkiem, że zawory są konstrukcji niewymagającej dodatkowej energii z zewnątrz do realizacji zamknięcia, (np. zawory z napędem sprężynowym o konstrukcji NC), czyli zawór zamyka się bez zasilania energią z zewnątrz, (np. energią elektryczną lub ciśnieniem powietrza);
- *energize to trip* – gdy realizują np. uruchomienie wentylatorów systemu wentylacji awaryjnej.

Dla funkcji *energize to trip* należy dodatkowo uwzględnić w projekcie rezerwę energii do wykonania działania, a niezawodność tej rezerwy zweryfikować w ocenie realizacji założeń projektowych.

## Wymagania i kierunek projektowania określony w PN-EN 378-2

Jak wspomniano w poprzednim artykule tego cyklu, w załączniku ZA normy PN-EN 378-2 zamieszczono powiązanie poszczególnych wymagań normy z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 2014/68/UE oraz rozporządzenia wdrażającego wymagania dyrektywy do polskiego prawodawstwa, których spełnienie zapewnia domniemanie zgodności z wymaganiami tych przepisów. Analizując załącznik ZA z punktu widzenia automatyki zabezpieczającej, dochodzimy do wniosku, że wymagane jest spełnienie pkt 6.2.5 i pkt 6.2.6.





## Co jest najważniejsze w PN-EN 378-2, w pkt 6.2.5 oraz pkt 6.2.6.?

- a. Punkt 6.2.5.2 Safety switching devices for limiting the pressure.

**Komponenty elektromechaniczne powinny być zgodne z EN 12263. Jeśli służą do zabezpieczenia przed przekroczeniem ciśnienia, to nie powinny być używane w celu sterowania.** Elektroniczne komponenty powinny spełniać m.in. wymagania dla osprzętu zabezpieczającego, (np. bezpieczeństwo nie powinno być osłabione przez działanie lub uszkodzenie funkcji systemów regulacji i sterowania). Komponenty obwodu powinny spełniać mające zastosowanie wymagania rozdziału 4. normy EN 12263.

Uwaga i przykład podane w tym punkcie normy EN 378-2 prowadzą do wniosku, że odpowiednie kryteria dla obwodów realizujących taką funkcję zabezpieczającą w instalacjach przemysłowych i zawierających komponenty elektroniczne to:

- spełnienie wymagań załącznika H normy EN 60730-2-6, a dodatkowo:
  - » komponenty powinny być klasy C (powinny zawierać przynajmniej dwa elementy łączeniowe do realizacji *de-energize to trip* pamiętając, że druga para styków tego samego przekaźnika jest traktowana jako pojedynczy styk;
  - » odchyłka i dryft nie powinny przekraczać +0 proc. (co w technice jest wartością teoretyczną i raczej potraktujmy to jako wskazanie do racjonalnej minimalizacji tych parametrów);
- EN 62061 dla SIL2;
- EN ISO 13849 dla PL = d.

### **Dlaczego określono konkretne wartości PL lub SIL w normie, zamiast pozostawić ich określenie w analizie ryzyka?**

W odniesieniu do punktu 6.2.5.2 normy racjonalne będzie potraktowanie tych wartości jako referencyjnych (rekomendowanych), a nie wymaganych. Jednym z ważniejszych aspektów, który wynika z zapisów omawianego punktu, jest podkreślenie nieco innych wymagań w zależności od przyjętego sposobu projektowania systemów automatyki:

- systemy bez komponentów elektronicznych – można zastosować tylko EN 60204-1,
- systemy wyposażone w komponenty elektroniczne – należy stosować także EN ISO 13849-1 lub EN 62061.

**b.** Punkt 6.2.6 Application of protection devices.

**Zabezpieczenie przed przekroczeniem ciśnienia powinno dotyczyć zarówno obiegu czynnika ziębniczego, jak i wtórnych obiegów transferu ciepła.** Warto mieć na uwadze, że to wymaganie może być spełnione nie tylko przy zastosowaniu automatyki zabezpieczającej.

Zasadne jest projektowanie systemu automatyki zabezpieczającej przed przekroczeniem ciśnienia w taki sposób, aby zadziałanie automatyki zabezpieczającej (przywołanie) następowało przed otwarciem zaworów bezpieczeństwa lub zaworów upustowych.

## Jakie są wymagania dla innych funkcji bezpieczeństwa?

W punktach wymienionych w załączniku ZA normy EN 378-2 brakuje wymagań dotyczących innych, poza ograniczaniem ciśnienia, funkcji bezpieczeństwa. Należy jednak pamiętać, że bezpośrednio w dyrektywie PED, jak również w rozporządzeniu wdrażającym tę dyrektywę, wprowadzono wymaganie przeprowadzenia analizy zagrożeń i ryzyka oraz uwzględnienia wyników dokonanych analiz przy projektowaniu oraz wykonaniu urządzenia ciśnieniowego.

## Jak zatem postępować, gdy analiza ryzyka wykazuje konieczność zaprojektowania i określenia wymagań dla innych funkcji zabezpieczających?

Z inżynierskiego punktu widzenia rekomenduje się postąpić analogicznie jak w przypadku wymagań określonych w pkt 6.2.5 i 6.2.6. Dodatkowe wskazówki znajdziemy w pkt 6.2.9 Electrical requirements.



Dla projektu/konstrukcji pozostałych funkcji systemu automatyki zabezpieczającej w instalacji ziębicznej norma EN 60204-1 jest wskazana jako wyjściowa dla projektu, a jeśli w zakresie funkcji zabezpieczającej zastosowano komponenty elektroniczne, to dodatkowo należy uwzględnić wymagania:

- EN ISO 13849-1 dla PL = d

lub

- EN 62061 dla SIL2.

Należy traktować te wartości jako referencyjne ale racjonalne jest przeprowadzać ocenę wymagań na podstawie analizy ryzyka.

Seria norm EN 60335 dotyczy „elektrycznego sprzętu do użytku domowego i podobnego nie jest zatem właściwym standardem dla instalacji przemysłowych.



**Pamiętajmy, że nie wszystkie normy muszą być konieczne stosowane i nie w pełnym zakresie. Dobór norm i ich zakresu zastosowania należy dopasować do rodzaju i konstrukcji instalacji. Ważne jest to, co naprawdę niezbędne.**

#### Literatura:

- [1] §3 ust. 2 pkt 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych (Dz. U. Nr 135, poz. 1269).
- [2] art. 17 Ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorze technicznym.
- [3] *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2008.
- [4] S. Koziej, *Bezpieczeństwo: istota, podstawowe kategorie i historyczna ewolucja*, „Bezpieczeństwo Narodowe” 2011, nr 18.

**Opracowanie: Marcin Wołejko**  
Ekspert Urzędów Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku



## Rozdział 3

# Zabezpieczenie przed wzrostem ciśnienia urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziębniczych

W niniejszym rozdziale omówiona zostanie problematyka związana z zabezpieczeniem instalacji ziębniczych przed wzrostem ciśnienia oraz sposób doboru zaworów bezpieczeństwa.

Instalacja ziębnicza jest zespołem urządzeń ciśnieniowych w rozumieniu dyrektywy 2014/68/UE i, jak każde urządzenie ciśnieniowe, musi być zabezpieczone przed przekroczeniem parametrów granicznych, a przede wszystkim przed przekroczeniem ciśnienia. W tym celu taką instalację należy wyposażać w odpowiednie urządzenia zabezpieczające, co wynika bezpośrednio z treści ww. dyrektywy.

W punkcie 2.10 wymagań zasadniczych zawartych w załączniku nr 1 do dyrektywy 2014/68/UE znajdziemy wymaganie, że w przypadku, gdy w racjonalnie przewidywalnych warunkach mogłoby nastąpić przekroczenie dopuszczalnych wartości granicznych, urządzenia ciśnieniowe muszą zostać wyposażone w odpowiednie urządzenia zabezpieczające.

**Zastosowanie szczegółowych wymagań technicznych pozwala na domniemanie spełnienia zasadniczych wymagań dyrektywy 2014/68/UE.**

**Wymagania znajdziemy w normie zharmonizowanej PN-EN 378-2 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 2: projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.**

**W rozdziale 6. tej normy zawarto wymaganie dla zespołów, w tym dla urządzeń zabezpieczających przed wzrostem ciśnienia.**

W celu ustalenia, w jakie urządzenia zabezpieczające należy wyposażać instalację ziębniczą, należy przeprowadzić analizę zagrożeń i ocenę ryzyka, która powinna stanowić podstawę do określenia rodzajów urządzeń zabezpieczających, ich rozmieszczenia, liczby i parametrów.

W rozdziale 6.2.6 ww. normy zatytułowanym „Zastosowanie przyrządów zabezpieczających” zawarto podstawowe wymagania dla urządzeń zabezpieczających, których spełnienie jest wymagane, jeżeli przyjęto tę normę jako dokument odniesienia do wytwarzania instalacji ziębniczej.

- Stosowane czynniki ziębnicze są gazami skroplonymi i ich ciśnienie nasycenia w temperaturze otoczenia jest wyższe od atmosferycznego, a jego wartość w stałej objętości jest proporcjonalna.



- do temperatury. Z tego powodu konieczne jest uwzględnienie wpływu zewnętrznego strumienia ciepła w ustaleniu wymaganej przepustowości zaworów bezpieczeństwa.
- Drugim ważnym przypadkiem determinującym zastosowane zawory bezpieczeństwa w celu ograniczenia wzrostu ciśnienia jest scenariusz pożaru zewnętrznego. Obowiązek uwzględnienia tego scenariusza pochodzi bezpośrednio z punktu 2.12 załącznika nr 1 do dyrektywy 2014/68/UE, z którego wynika, że w miarę potrzeb urządzenia ciśnieniowe muszą być tak zaprojektowane oraz, gdzie sytuacja tego wymaga, wyposażone w odpowiedni osprzęt lub muszą posiadać możliwość jego zainstalowania, aby spełniały wymogi ograniczenia uszkodzeń w przypadku zewnętrznego ognia. Powyższe wymaganie dyrektywy zostało uwzględnione również w normie PN-EN 378:2, gdzie w punkcie 6.2.2.3 jako jedno z rozwiązań służących do ograniczenia uszkodzeń wynikających z pożaru wskazano zastosowanie odpowiednich urządzeń ograniczających ciśnienie, co w tym przypadku można rozumieć jako zawory bezpieczeństwa, których przepustowość określono zgodnie z normą PN-EN 13136.

W zależności od rodzaju instalacji ziębniczej, rodzaju czynnika ziębniczego oraz przyjętych parametrów granicznych instalacja ziębnicza powinna być wyposażona w osprzęt zabezpieczający określony na podstawie przeprowadzonej analizy zagrożeń i na podstawie rozdziałów 6.2.5 i 6.2.6 normy PN-EN 378:2.

**Jako osprzęt zabezpieczający należy rozumieć osprzęt służący do zabezpieczenia przed przekroczeniem parametrów granicznych. Są to:**

- Przyrządy upustowe, rozładowujące ciśnienie:
  - a. zawory bezpieczeństwa rozładowujące czynnik ziębniczy do atmosfery,
  - b. zawory bezpieczeństwa nadmiarowe rozładowujące czynnik ziębniczy do niskociśnieniowej części instalacji ziębniczej,
  - c. płytki bezpieczeństwa,
  - d. korki topliwe,
- Inne rozwiązania realizujące funkcje bezpieczeństwa, tj. automatyka zabezpieczająca.



## Najistotniejsze kwestie przy doborze zaworów bezpieczeństwa i zaworów bezpieczeństwa nadmiarowych w instalacjach ziębniczych

### 1. Źródła wzrostu ciśnienia

Obliczenia doboru zaworów bezpieczeństwa powinny uwzględniać wszystkie możliwe do przewidzenia przyczyny nadmiernego wzrostu ciśnienia oraz przyczyny wynikające z punktów 6.2, 6.3 i 6.4 normy PN-EN 13136:

- a. zewnętrzne źródła ciepła, w tym pożar,
- b. wewnętrzne źródła ciepła,
- c. nadmierne ciśnienie powodowane przez sprężarki.



**Wymagania obliczenia przepustowości zaworów bezpieczeństwa powinny obejmować co najmniej powyższe przypadki, w tym pożar zewnętrzny oraz inne zidentyfikowane w analizie zagrożeń źródła przekroczenia ciśnienia, np. uszkodzenie zaworu regulacyjnego, wskutek czego może nastąpić dopływ czynnika o ciśnieniu wyższym. Na tej podstawie należy obliczyć minimalną wymaganą przepustowość  $Q_{md}$ , która stanowi bazę do dalszych obliczeń.**

## 2. Przepustowość zaworu bezpieczeństwa

W celu określenia przepustowości zaworu bezpieczeństwa dla przepływu podkrytycznego i krytycznego należy skorzystać z zależności (15) w normie:

$$Q_m = 0,2883 \times C \times A \times K_{dr} \times K_b \times \sqrt{\frac{P_o}{V_o}} \quad [\text{kg/h}]$$

gdzie:

$A$  – najmniejsza powierzchnia przepływu w zaworze bezpieczeństwa [ $\text{mm}^2$ ],

$C$  – funkcja wykładnika izentropy,

$K_{dr}$  – obniżona wartość współczynnika przepływu ( $K_{dr} = K_d \times 0,9$ ),

$K_b$  – teoretyczny współczynnik poprawkowy dla przepływu podkrytycznego,

$P_o$  – rzeczywiste ciśnienie zrzutowe  $p_o = 1,1x p_{set} + p_{atm}$ ,

$V_o$  – objętość właściwa pary lub cieczy [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ].

W kolejnym kroku należy wyznaczyć  $Q_{md}'$ , skorygowaną przepustowość służącą do obliczenia spadków ciśnienia w przewodach dopływowych i odpływowych z zaworu bezpieczeństwa. W tym celu konieczne jest porównanie rzeczywistej przepustowości dobranego zaworu bezpieczeństwa z minimalną wymaganą przepustowością i ustalenie na podstawie poniższych zależności wartości  $Q_{md}' = Q_{md}$  lub  $Q_{md}' = Q_m / 1,25$ .

$$Q_{md} < Q_m < 1,25 \times Q_{md} \rightarrow Q_{md}' = Q_{md}$$

$$Q_{md} \geq 1,25 \times Q_{md} \rightarrow Q_{md}' = Q_m / 1,25$$

Następnie konieczne jest sprawdzenie, czy najmniejsza powierzchnia przepływu  $A$  w dobranym zaworze bezpieczeństwa jest wystarczająca do odprowadzenia strumienia masy czynnika określonego  $Q_{md}'$ . W tym przypadku należy wyznaczyć obliczeniową powierzchnię przepływu  $A_c$  z zależności (16) normy:

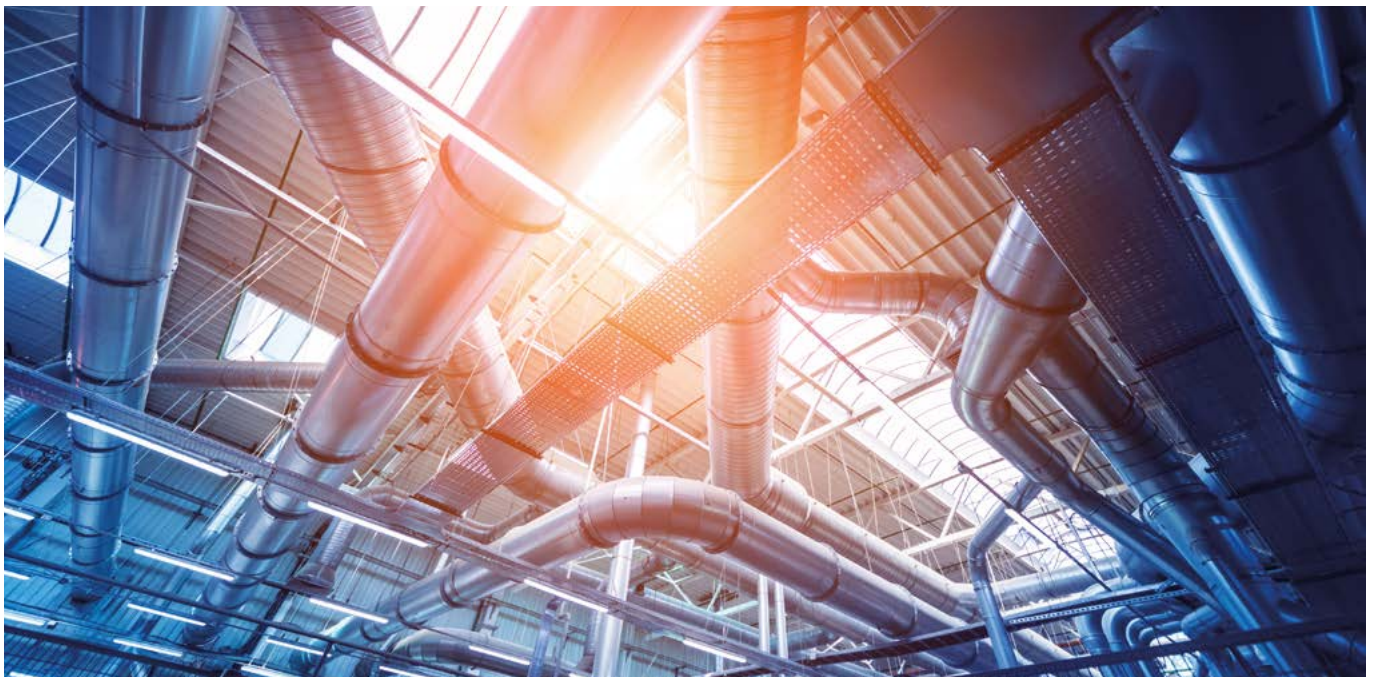
$$A_c = \frac{Q_{md}'}{0,2883 \times C \times K_{dr} \times K_b \times \sqrt{\frac{P_o}{V_o}}} = 3,469 \times \frac{Q_{md}'}{C \times K_{dr} \times K_b} \times \sqrt{\frac{P_o}{V_o}} \quad [\text{mm}^2]$$

Należy pamiętać, że w przypadku gdy zawór bezpieczeństwa upuszcza czynnik ziębniczy do przewodu odpływowego połączonego z atmosferą lub niskociśnieniową częścią instalacji, zmianie może ulec wartość współczynnika  $K_b$ , który jest funkcją ciśnienia zrzutowego  $P_o$  i ciśnienia panującego w rurociągu odpływowym, czyli przeciwcisnienia  $p_b$ . Wzrost przeciwcisnienia w rurociągu odpływowym z zaworu powoduje zmniejszenie wartości współczynnika  $K_b$ , a zatem zwiększenie wymaganego przekroju obliczeniowego  $A_c$ . Wynika z tego konieczność weryfikacji przepustowości zaworu bezpieczeństwa w sytuacji zmian w układzie odprowadzającym czynnik ziębniczy z zaworu bezpieczeństwa powodujących zmianę wartości współczynnika  $K_b$ .

### 3. Spadek ciśnienia w przewodzie dopływowym do zaworu bezpieczeństwa

**Norma PN-EN 13136 określa wartość graniczną spadku ciśnienia w przewodzie dopływowym do zaworu bezpieczeństwa  $\Delta p_{in} \leq 0,03 \times p_o$ .** Warunek dotyczy spadku ciśnienia we wszystkich elementach zainstalowanych w przewodzie, łącznie z zaworem przełączającym.

Biorąc pod uwagę fakt, że do obliczeń spadku ciśnienia w tym przewodzie bierzemy wyznaczony uprzednio  $Q_{md}'$  może zaistnieć konieczność zwiększenia wymiarów elementów w przewodzie dopływowym, a szczególnie zastosowanie zaworu przełączającego z uwzględnieniem wartości  $K_{vs}$  tych zaworów.





#### 4. Spadek ciśnienia w przewodzie odpływowym do zaworu bezpieczeństwa

Sposób obliczenia spadków ciśnienia w przewodzie odpływowym zależy od tego, czy do przewodu podłączony jest jeden zawór bezpieczeństwa (jeden komplet zaworów na zaworze przełączającym), czy jest to kolektor odprowadzający, do którego czynnik odprowadzany jest z więcej niż jednego zaworu bezpieczeństwa.

- W pierwszym przypadku sprawa jest zdecydowanie prostsza, ponieważ obliczenia można przeprowadzić na podstawie zależności (24) normy, gdzie do obliczenia wartości przeciwcisnienia  $p_1$  wykorzystujemy w większości dane użyte do wcześniejszych obliczeń.

Należy pamiętać, że w zależności od tego, czy rurociąg odpływowy z zaworu bezpieczeństwa połączony jest z atmosferą lub niskociśnieniową częścią instalacji ziębniczej, trzeba przyjąć odpowiednią wartość ciśnienia  $p_2$ , które jest ciśnieniem panującym na końcu przewodu odpływowego. W przypadku odprowadzenia czynnika na niskociśnieniową stronę instalacji ziębniczej należy przyjąć najwyższe możliwe ciśnienie, które może wystąpić w tej przestrzeni.

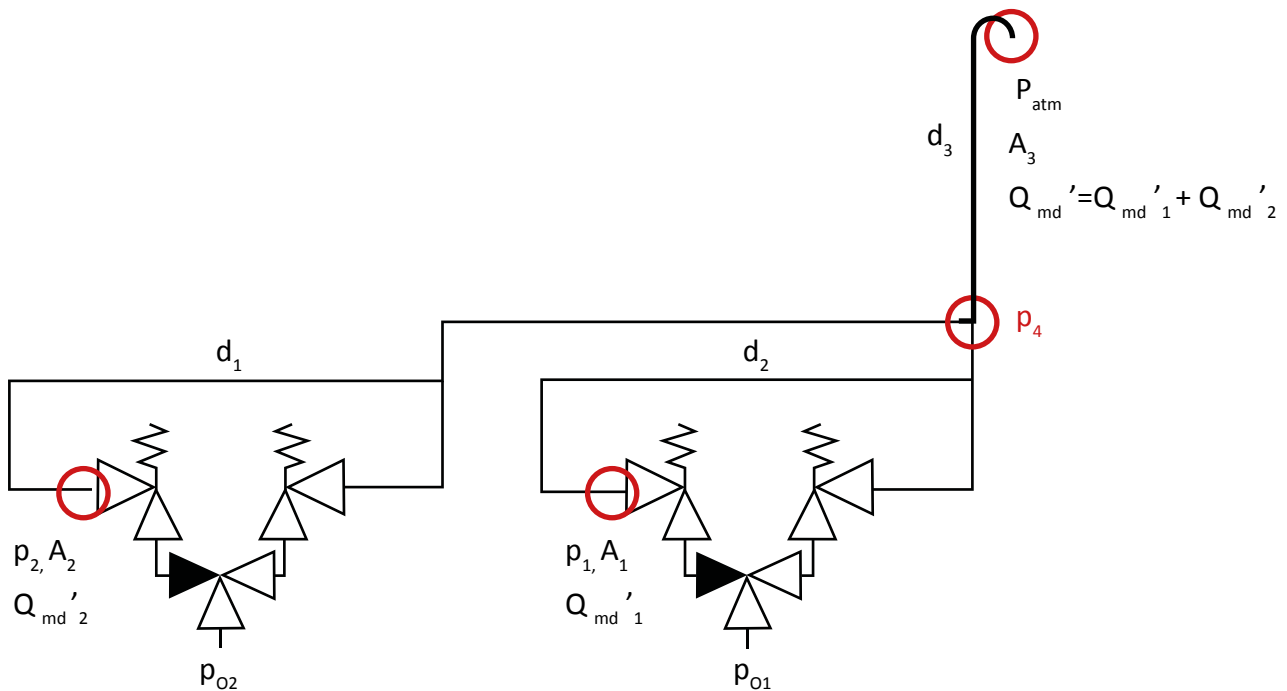
- W drugim przypadku w celu obliczenia ciśnienia  $p_1$ , jakie będzie panowało w króćcu wylotowym zaworu bezpieczeństwa w przypadku jego zadziałania, należy skorzystać z zależności (23) normy, z której to uwzględniając prędkość przepływu w konkretnym przekroju przewodu odpływowego, możemy obliczyć ciśnienie  $p_1$ .

Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat rurociągu odpływowego z zaworów bezpieczeństwa do atmosfery, na którym okręgami oznaczono punkty, w których należy wyznaczyć ciśnienia składowe w celu wyznaczenia ciśnienia w króćcu wylotowym poszczególnych zaworów bezpieczeństwa. Należy pamiętać, że oznaczenia  $p_1$  i  $p_2$  w PN-EN 13136 oznaczają ciśnienia:

$p_1$  – na wylocie z analizowanego zaworu bezpieczeństwa,

$p_2$  – na wylocie z kolektora,

natomiast indeksy na schematach często oznaczają kolejny numer zaworu i muszą korespondować z obliczeniami.



Rys. 1. Przykład rurociągu odpływowego z grupy dwóch kompletów zaworów bezpieczeństwa.

Obliczenia kolektora można rozpocząć od strony jego połączenia z atmosferą, gdzie znane są wszystkie zmienne niezbędne do obliczeń, tj.: ciśnienie  $p_2$  równe w tym przypadku ciśnieniu atmosferycznemu i oznaczone na rysunku 1 jako  $p_{atm}$ ; strumień masy będący sumą przepływu z wszystkich podłączonych zaworów bezpieczeństwa do kolektora w [kg/h]; pole przekroju rurociągu w przekroju  $A_3$ . Zatem z zależności (23) wyznaczamy ciśnienie oznaczone na rysunku jako  $p_4$ . Ciśnienie  $p_4$  wynikające z miejscowych i liniowych oporów przepływu odcinka kolektora o średnicy  $d_3$  i strumienia masy  $Q_{md}'$  stanowić będzie ciśnienie panujące na końcu kolektora dla wyznaczenia ciśnień oznaczonych na rysunku odpowiednio  $p_1$  i  $p_2$ .

Najczęściej stosowane kryterium dopuszczalnego przeciwcisnienia w rurociągu odpływowym zaworów bezpieczeństwa zależnych od przeciwcisnienia wg normy PN-EN 13136 wynosi  $\Delta p_{out} \leq 0,10 \times p_o$ . Zatem dla omawianego przypadku można je określić dla zaworu o ciśnieniu zrzutowym  $p_{o1}$  jako:

$$\Delta p_{out 1} \leq 0,1 \times p_{o1}$$

gdzie:

$$p_1 = p_{atm} + \Delta p_{p4 - patm} + \Delta p_{p1 - p4}$$

$$\Delta p_{out 1} = \Delta p_{p4 - patm} + \Delta p_{p1 - p4}$$

Odpowiednio dla zaworu o ciśnieniu zrzutowym  $p_{o2}$  jako:

$$\Delta p_{out 2} \leq 0,1 \times p_{o2}$$

gdzie:

$$p_2 = p_{atm} + \Delta p_{p4 - patm} + \Delta p_{p2 - p4}$$

$$\Delta p_{out 2} = p_{atm} + \Delta p_{p4 - patm} + \Delta p_{p2 - p4}$$



**W celu przeprowadzenia obliczeń przeciwności w rurociągu odpływowym z zaworów bezpieczeństwa niezbędne jest posiadanie jego wymiarów i informacji o zastosowanym osprzęcie.**

**W toku eksploatacji instalacji ziębniczej należy zwrócić szczególną uwagę na rozmieszczenie zaworów bezpieczeństwa oraz zmiany wprowadzane w rurociągach dopływowych i odpływowych z zaworów bezpieczeństwa, ponieważ mogą one prowadzić do wzrostu przeciwności powyżej wartości dopuszczalnych.**

#### Literatura:

[1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych.

[2] PN-EN 378-2:2017. Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.

[3] PN-EN 13136+A1:2019-01. Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Ciśnieniowe przyrządy bezpieczeństwa i przewody przyłączeniowe. Metody obliczeń.

[4] PN-EN 1861:2001. Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Schematy ideowe i montażowe instalacji, rurociągów i przyrządów. Układy i symbole.

#### Opracowanie: Tomasz Klinkosz

Ekspert Urzędów Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku



## Rozdział 4

# Korozja pod izolacją (Corrosion Under Insulation) – ukryte zagrożenie?

Korozja pod izolacją to zjawisko, które wbrew pozorom jest powszechne w instalacjach ziębicznych, przede wszystkim amoniakalnych.

Zjawisko, ale tak naprawdę mechanizm degradacji, jakim jest korozja pod izolacją zwana CUI (*Corrosion Under Insulation*), występuje powszechnie w instalacjach procesowych, w tym również w przemysłowych instalacjach ziębicznych.

## Czym jest korozja pod izolacją i od czego mechanizm ten zależy?

Zacznijmy od zdefiniowania pojęcia Mechanizm Degradacji (Damage Mechanism).

Jest to mechanizm powodujący pogorszenie własności materiałów konstrukcyjnych urządzenia, którego skutkiem może być powstawanie określonych typów uszkodzeń (damage modes) mogących wpływać na integralność urządzenia, takich jak [1]:

- a. pocienienia (ogólne i miejscowe oraz pitting),
- b. pęknięcia powierzchniowe,
- c. pęknięcia podpowierzchniowe,
- d. pikropęknięcia i mikropory,
- e. zmiany struktury materiału,
- f. zmiany wymiarowe,
- g. pęcherze,
- h. zmiany własności materiałowych.



Na korozję pod izolacją (CUI) narażone są w instalacjach ziębicznych przede wszystkim izolowane rurociągi, armatura, zbiorniki oraz elementy konstrukcyjne. W uproszczeniu można powiedzieć, że zjawisko korozji występuje między innymi w związku z dyfuzją pary wodnej i jej kondensacją wewnątrz izolacji oraz na powierzchni zewnętrznej ścianki urządzenia.

Dyfuzja pary wodnej do wnętrza izolacji zimnochronnej następuje w wyniku zróżnicowania wartości ciśnienia pary wodnej między powierzchnią wewnętrzną a zewnętrzną izolacji. Proces ten zależy od zawartości wilgoci w powietrzu, jego temperatury oraz współczynnika przepuszczania pary wodnej przez izolację. Para wodna wykrapla się w takim miejscu izolacji, w którym wilgotność względna powietrza w porach materiału izolacyjnego osiąga stan nasycenia.

Korozja pod izolacją stali węglowych i niskostopowych jest formą korozji tlenowej i charakteryzuje się lokalnymi ubytkami materiału lub wżerami korozyjnymi (ang. *pitting*) (Zdj. 1).



Zdj. 1. Przykład korozji pod izolacją stali węglowych i niskostopowych.

Na fotografii (Zdj. 2) przedstawiono przykład korozji pod izolacją zbiornika ciśnieniowego ze stali węglowej. W tym przypadku ubytki materiału ścianki zbiornika występowały zasadniczo na całej jego powierzchni, jednakże w okolicy wzmocnienia płaszczka ubytki materiału były największe. W przypadku rurociągów w instalacjach ziębniczych obszary dotknięte korozją pod izolacją mogą dotyczyć znacznej części rurociągów, ale mogą również ograniczyć się do lokalnych ubytków materiału, nawet pojedynczego kolana rurociągu lub zaworu.



Zdj. 2. Przykład korozji pod izolacją zbiornika ciśnieniowego ze stali węglowej.

## JAK PRZECIWDZIAŁAĆ KOROZJI POD IZOLACJĄ I W JAKI SPOSÓB WYKRYWAĆ SKUTKI JEJ ODZIAŁYWANIA?

Jedną z metod, dość skuteczną, jest zabezpieczenie konstrukcji przez odpowiednią powłokę przed nałożeniem izolacji zimnochronnej. Spotykane są różne rozwiązania konstrukcyjne, wśród których znajdziemy również różnego rodzaju taśmy ochronne (Zdj. 3 i 4). Decydując się na wykonanie powłoki zabezpieczającej, należy zwrócić uwagę na staranność jej wykonania, ponieważ każde miejsce, które nie zostanie zabezpieczone będzie, ogniskiem korozji, skutkiem czego tak wykonaną powłokę należy uznać za nieskuteczny sposób zabezpieczenia przed korozją pod izolacją.

- Taki sposób przeciwdziałania korozji można zastosować, gdy wytwarzamy instalację od podstaw lub przy jej modernizacji, gdy wytwarzane są nowe rurociągi czy zbiorniki.
- W przypadku, zwłaszcza dla instalacji eksploatowanych, gdy okres eksploatacji przekracza pięć lat, a urządzenia nie zostały zabezpieczone poprzez zastosowanie wspomnianej wcześniej powłoki, możliwym do zastosowania środkiem zaradczym są **badania nieniszczące** nakierowane na wykrywanie ognisk korozji.

Technologie wykonywania badań nieniszczących nieustannie się rozwijają i obecnie istnieją już praktyczne techniki pozwalające na badanie rurociągów i wykrywanie ubytków korozyjnych bez demontażu izolacji zimnochronnej. Jedną z takich metod rekomendowanych [1] do wykrywania ognisk korozji pod izolacją, korozji wewnętrznej czy erozji jest radiografia cyfrowa [2], którą właśnie z powodzeniem można stosować bez zdejmowania izolacji termicznej.

**Jak wspomniano wcześniej korozja pod izolacją może powodować lokalne ubytki materiału, zatem można zadać pytanie, jaki obszar powinno objąć się badaniem NDT.**

Odpowiedź nie jest prosta, ponieważ wymaga to analizy każdej konstrukcji indywidualnie i ustalenia obszarów potencjalnie narażonych na oddziaływanie korozji. Na fotografii (Zdj. 5) ilustrującej wyniki przeprowadzonego badania metodą radiografii cyfrowej dla rurociągu pracującego w amoniakalnej instalacji ziębicznej, który nie został zabezpieczony powłoką zabezpieczającą widać lokalne ubytki korozyjne kolana oraz produkty korozji.

## CZY MOŻNA ZLOKALIZOWAĆ POTENCJALNE OGNISKA KOROZJI POD IZOLACJĄ?

**Przewidywanie miejsc występowania ognisk korozji pod izolacją jest niemałym wyzwaniem w przemysłowych instalacjach ziębicznych, ale również w innego typu przemysłowych instalacjach.** W lokalizowaniu potencjalnych ognisk korozji można kierować się kilkoma czynnikami, które wpływają na zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia efektów oddziaływania tego mechanizmu degradacji.

**Przykłady obszarów konstrukcji, w których prawdopodobieństwo wystąpienia korozji pod izolacją może być większe [3]:**

- a. Obszary przejść przez płaszcz ochronny izolacji, np. w miejscach podłączenia nieizolowanej armatury, podpór czy osprzętu.
- b. Obszary, gdzie występują uszkodzenia w izolacji lub jest ona niekompletna.

- c. Obszary, w których występują widoczne odkształcenia izolacji lub widoczne są przebarwienia płaszczu ochronnego izolacji, tzw. zacieki korozyjne.
- d. Obszary, gdzie pozostawiono niezabezpieczone przed wnikaniem pary wodnej otwory w płaszczu ochronnym izolacji po wtrysku pianki izolacyjnej.
- e. Obszary, gdzie widoczne jest przemarzanie izolacji.
- f. Obszary pracujące w temperaturze poniżej punktu rosy powietrza oraz takie, których temperatura zmienia się cyklicznie przechodząc przez punkt rosy.

Można również wydzielić rurociągi w instalacji ziębniczej, które są potencjalnie bardziej narażone na występowanie korozji pod izolacją. W poniższej tabeli przedstawiono przykład prostej analizy istotności rurociągów w instalacji ziębniczej w zależności od temperatury pracy, pełnionej funkcji w instalacji oraz sposobu zabezpieczenia ścianki przed korozją [4].

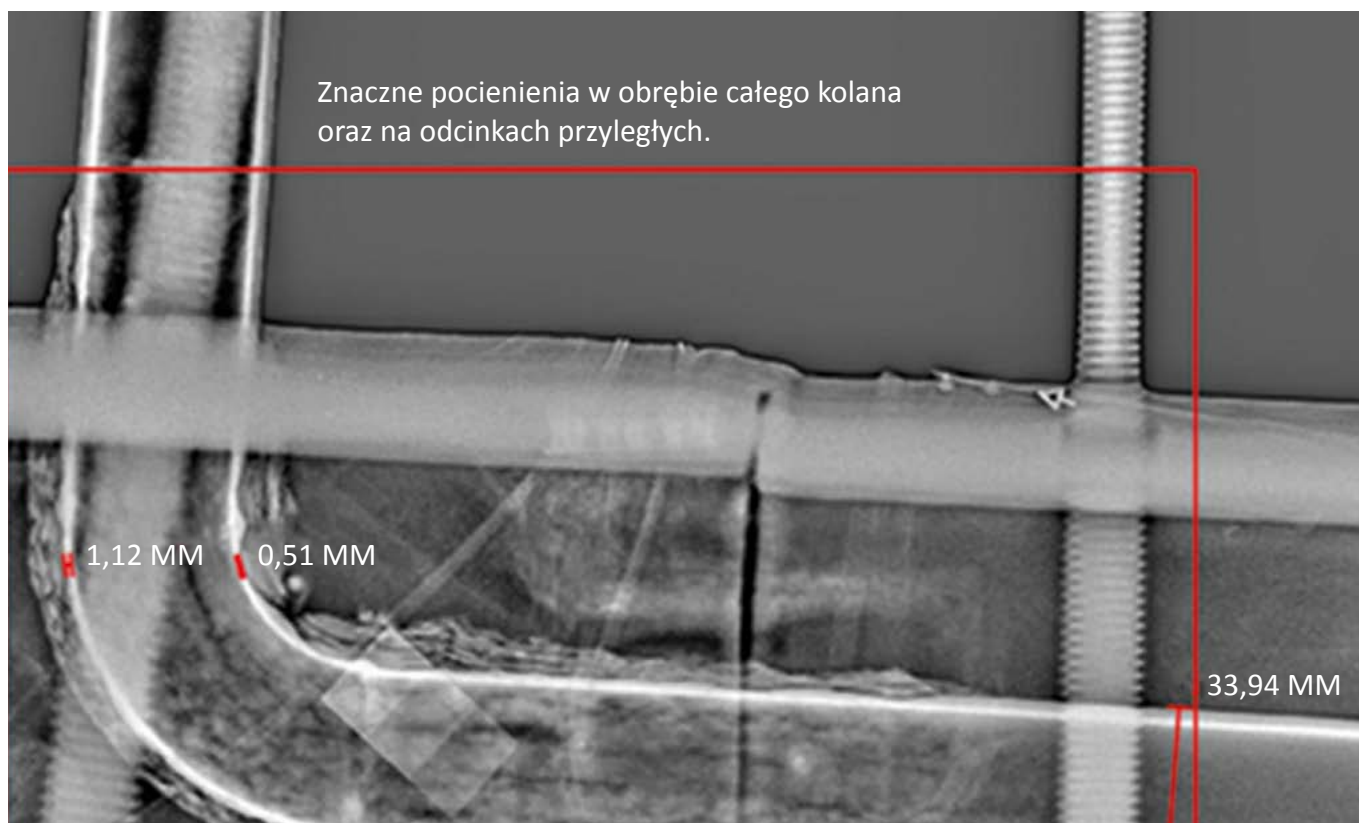


Zdj. 3 i 4. Przykłady powłoki rurociągu wykonanej w celu zabezpieczenia przed korozją pod izolacją.



Typ rurociągu	Powłoka	Temperatura robocza	Istotność
Rurociągi cieczy (wszystkie poziomy ciśnień)	niemalowane / bez powłoki	Poniżej punktu rosy, ale powyżej 0°C	1
Rurociągi z przepływem dwufazowym		Cykliczne zmiany temperatury	
Rurociągi cieczy, w których okresowo występuje przepływ dwufazowy (wszystkie poziomy ciśnień)			
Rurociągi pary (średnie i niskie ciśnienie)	niemalowane / bez powłoki	Cykliczne zmiany temperatury	2
Rurociągi pary (średnie i niskie ciśnienie)	niemalowane / bez powłoki	Poniżej punktu rosy, ale powyżej 0°C	3
Rurociągi cieczy (wszystkie poziomy ciśnień)	malowane / z powłoką	Poniżej punktu rosy, ale powyżej 0°C	
Rurociągi z przepływem dwufazowym		Cykliczne zmiany temperatury	
Rurociągi pary (średnie i niskie ciśnienie)	niemalowane / bez powłoki	Poniżej 0°C	4
Rurociągi z przepływem dwufazowym			
Rurociągi cieczy (wszystkie poziomy ciśnień)	malowane / z powłoką lub niemalowane / bez powłoki	Poniżej -18°C	5
Rurociągi pary (wysokie, średnie i niskie ciśnienie)	malowane / z powłoką	Poniżej i powyżej 0°C	
Rurociągi z przepływem dwufazowym			





Zdj. 5 Korozja pod izolacją zidentyfikowana techniką radiografii cyfrowej (zdj. NAVITEST).



**Instalacje ziębnicze, jak każda konstrukcja, podlegają procesom starzenia prowadzącym do pogorszenia ich stanu technicznego między innymi w wyniku oddziaływania procesów korozyjnych. Mechanizm degradacji, jakim jest korozja pod izolacją, przyczynia się przez lata do zużycia instalacji ziębniczych, zwiększając tym samym ryzyko związane z ich eksploatacją.**

Znaczna część rurociągów technologicznych eksploatowanych w amoniakalnych instalacjach ziębniczych nie jest objęta dozorem technicznym przez Urząd Dozoru Technicznego. Wynika to z przepisów o dozorem technicznym, które zostały omówione we wcześniejszych artykułach.

Odpowiedzialność za bezpieczną eksploatację tych urządzeń spoczywa na eksploatującym, a są to rurociągi najdłużej eksploatowane. W tym obszarze Urząd Dozoru Technicznego posiada bogate doświadczenie, dzięki któremu może stanowić wsparcie dla eksploatujących w zapewnieniu bezpieczeństwa eksploatacji tych urządzeń.

UDT od wielu lat nadzoruje urządzenia ciśnieniowe w przemysłowych instalacjach ziębniczych, w tym również przez wykonywanie na nich badań nieniszczących w kierunku wykrywania CUI, a od blisko dziesięciu lat w UDT stosowana jest metodologia planowania inspekcji w oparciu o wyniki analizy ryzyka (Risk Based Inspection), której jednym z głównych elementów jest identyfikacja potencjalnie aktywnych mechanizmów degradacji, w tym również korozji pod izolacją. Wdrożenie programu identyfikacji potencjalnych ognisk korozji pod izolacją w tych instalacjach oraz programu badań nieniszczących, nakierowanych na wykrywanie ubytków korozyjnych, wydaje się narzędziem koniecznym w dążeniu do zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji przemysłowych instalacji ziębniczych.



## Literatura:

[1] *API RP 571 – Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry, Second Edition* (April 2011).

[2] <https://udt.gov.pl/laboratorium-badawcze-ab-001/metoda-badan/badania-materialowe-nieniszczace/radiografia-cyfrowa>.

[3] *API RP 583 – First Edition Corrosion Under Insulation and Fireproofing* (May 2014).

[4] *Mechanical Integrity for Industrial Ammonia Refrigeration Piping Systems*, College of Engineering, University of Wisconsin-Madison.

**Opracowanie: Tomasz Klinkosz**  
Ekspert Urzędzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku



## Rozdział 5

# Zmiany w instalacji ziębniczej. Jak zapewnić bezpieczeństwo, modyfikując instalację ziębniczą?

Rozdział poświęcony jest bezpieczeństwu modyfikacji instalacji ziębniczych. Poznajemy rodzaje zmian, odnoszące się do nich przepisy krajowe i europejskie oraz możliwe sposoby postępowania przy wprowadzaniu bezpiecznych zmian.

Tym razem poruszamy problematykę związaną z zarządzaniem zmianami w instalacjach ziębniczych. Jest to kolejna część rozważań na temat bezpieczeństwa oraz wymagań normatywnych i prawnych mających zastosowanie do tego typu instalacji.

Instalacje technologiczne, w tym instalacje ziębnicze, podlegają procesom, które można ująć jako cykl życia instalacji, w którym wyróżnia się kilka charakterystycznych etapów, począwszy od koncepcji projektu, projektowania, następnie realizacji lub, mówiąc inaczej, wytwarzania, później eksploatacja, modernizacja i modyfikacja, a na końcu wyłączenie z eksploatacji [1].

Modernizacje i modyfikacje instalacji procesowych są naturalnym etapem ich cyklu życia. Można skłonić się ku stwierdzeniu, że prawie każda instalacja procesowa, w tym ziębnicza, była lub prędzej czy później będzie modyfikowana.

Modernizacja czy modyfikacja (inaczej mówiąc zmiana) instalacji ziębniczej powinna podlegać zasadom zbliżonym do etapu projektowania.

Zanim dokonamy dalszej analizy tego procesu, zastanówmy się nad tym czym, tak naprawdę jest zmiana w instalacji.

**Możemy zdefiniować zmianę jako wbudowanie dodatkowego elementu w instalację, modyfikację procesu lub włączenie w proces elementu zastępczego, którym może być wyposażenie, ale może nim być również osoba lub procedura [2]. Jako zmiany zazwyczaj nie traktuje się wymiany elementów instalacji na urządzenia tego samego typu, o ile proces ten nie generuje dodatkowych zagrożeń.**





Mając zatem na uwadze powyższą definicję, można dokonać kategoryzacji zmian na konstrukcyjne i organizacyjne, w tym zmiany procedur, ustalonych praktyk postępowania oraz zmiany kadrowe. Bardziej szczegółowo można zmiany podzielić na [3]:

- A. Zmiany wyposażenia procesowego, takie jak zmiany materiałów konstrukcyjnych, zmiany parametrów względem projektowych.
- B. Zmiany w kontroli procesu, takie jak zmiany oprzyrządowania kontrolnego, blokad czy skomputeryzowanych systemów sterowania, w tym zmiany w logice działania lub w oprogramowaniu.
- C. Zmiany operacyjne i technologiczne, takie jak zmiany warunków pracy lub ograniczenia procesu, zmiany przebiegu procesu, zmiany surowców, wprowadzanie nowych chemikaliów na instalację.
- D. Zmiany w procedurach, takie jak zmiany w standardowych procedurach operacyjnych, praktykach bezpiecznej pracy, procedurach awaryjnych, procedurach administracyjnych oraz w sposobie konserwacji, procedurach testów, czy technikach inspekcji.
- E. Zmiany w systemie bezpieczeństwa, takie jak umożliwienie działania procesu przy niesprawnych pewnych systemach bezpieczeństwa.
- F. Zmiany infrastruktury obiektu, takie jak systemy ochrony przeciwpożarowej, budynki stałe i tymczasowe, drogi i systemy pomocnicze.
- G. Zmiany organizacyjne i kadrowe, takie jak zmniejszenie liczby operatorów na zmianie, zmiana podwykonawców, zmiana trybu pracy (np. z 5 dni do 7), rotacja kierowników zakładu.
- H. Inne zmiany, w tym wszystko, co „wydaje się”, że jest zmianą, ale nie pasuje do kategorii ustalonej przez organizację.

**Element zarządzania zmianą znalazł swoje miejsce również w przepisach mających zastosowanie do instalacji przemysłowych. W odniesieniu do zakładów zwiększonego i dużego ryzyka definicja zmiany i sposób postępowania została opisana w ustawie o prawie ochrony środowiska [4] wdrażającej wymagania dyrektywy SEVESO III.**

Według ww. ustawy w przypadku zmiany w instalacji, zakładzie, obiekcie magazynowym czy procesie lub zmiany charakteru, lub postaci fizycznej, lub ilości substancji niebezpiecznych, które mogą mieć poważne konsekwencje dla zagrożenia, poważnymi awariami lub mogą doprowadzić do przeklasyfikowania zakładów o zwiększonym ryzyku w zakłady o dużym ryzyku lub odwrotnie, państwa członkowskie zapewniają, aby prowadzący zakład poddał przeglądowi, a w razie potrzeby zaktualizował zgłoszenie, politykę zapobiegania poważnym awariom, system zarządzania bezpieczeństwem i raport o bezpieczeństwie oraz powiadomił właściwy organ o szczegółach dotyczących tych aktualizacji przed ich wprowadzeniem.

**W odniesieniu do instalacji ziębniczej wymagania co do wprowadzania zmian znajdziemy m.in. w przepisach o dozorcze technicznym. Ustawa o dozorcze technicznym [5] w artykule 4 definiuje modernizację, którą należy rozumieć jako zespół czynności niebędących wytworzeniem nowego urządzenia technicznego, zmieniających cechy urządzenia technicznego, w szczególności jego:**

- a. konstrukcję lub zastosowane w nim materiały
- lub



- b. parametry techniczne lub
- c. automatykę zabezpieczającą lub jej podzespoły – bez istotnych zmian jego charakterystyki lub przeznaczenia i niepowodujących wzrostu zagrożenia związanego z jego eksploatacją.

Rozporządzenie [6] w paragrafie 12 określa zakres zmian, które eksploatający urządzenie ciśnieniowe podlegające dozorowi technicznemu może wykonać bez uzgodnienia z jednostką dozoru technicznego, a są to wymiany:

- a. manometrów i termometrów,
- b. armatury zaporowej,
- c. przyrządów cieczowskazowych,
- d. zaworów redukcyjnych,
- e. zaworów bezpieczeństwa,
- f. urządzeń zasilających.



Nowo zainstalowane elementy powinny być tego samego typu, o takich samych parametrach, charakterystyce i nastawach jak elementy wymieniane, a zawory bezpieczeństwa powinny posiadać protokół nastawy wydany przez właściwy organ dozoru technicznego.

Przytoczone rozporządzenie [6] równocześnie wymaga przeprowadzenia badania doraźnego eksploatacyjnego, które przeprowadzane jest na wniosek eksploatającego w przypadku:

- a. zmiany eksploatającego lub miejsca zainstalowania urządzenia ciśnieniowego,
- b. konieczności naprawy elementów urządzenia,
- c. wymiany elementów urządzenia, z wyłączeniem wcześniej wspomnianych elementów, o których mowa w paragrafie 12 rozporządzenia,
- d. zmiany nastaw osprzętu zabezpieczającego,
- e. zmiany charakterystyki lub rodzaju urządzeń zasilających,
- f. stwierdzenia nieszczelności lub uszkodzeń urządzenia ciśnieniowego,
- g. zmiany dokonywanej w instalacji współpracującej z urządzeniem ciśnieniowym,
- h. naprawy metodą chemicznego czyszczenia,
- i. uzasadnionym stanem technicznym urządzenia ciśnieniowego.

Jak wynika z powyższych zapisów eksploatający urządzenie ciśnieniowe, będący jednocześnie inicjatorem wprowadzonej zmiany, powinien powiadomić właściwą jednostkę dozoru technicznego w każdym z opisanych wyżej przypadków. Przeprowadzone w następstwie zgłoszenia badanie doraźne eksploatacyjne ma na celu ustalenie, czy urządzenie może być dalej bezpiecznie eksploatowane. Należy jednak pamiętać, że w przypadku stwierdzenia podczas badania stanu technicznego urządzenia, który stwarza zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska, organ właściwej jednostki dozoru technicznego wydaje decyzję o wstrzymaniu eksploatacji urządzenia ciśnieniowego.



## W JAKI SPOSÓB BEZPIECZNIE WPROWADZIĆ ZMIANĘ W INSTALACJI ZIĘBNICZEJ I UNIKNĄĆ TAKIEJ SYTUACJI?

Jednym ze stosowanych rozwiązań w przemysłowych instalacjach technologicznych jest wdrożenie tzw. systemu zarządzania bezpieczeństwem procesowym (*PSM Process Safety Management*), którego jednym z elementów jest zarządzanie zmianą (*MOC Management Of Change*) [2] lub chociażby wykorzystanie jego elementów. Zawarte w przywołanej metodologii zasady z powodzeniem można zastosować również do zarządzania bezpieczeństwem instalacji ziębicznych.

Podstawowa zasada, którą należy przyjąć przy wprowadzaniu jakichkolwiek zmian brzmi: **każda zmiana powinna być zaprojektowana**. Pamiętajmy, że bezpieczeństwo musimy zaprojektować, a wypadki zdarzają się niespodziewanie.

Wprowadzenie każdej zmiany w instalacji, niezależnie od tego, czy jest to zmiana konstrukcyjna, czy na przykład opracowanie nowej procedury postępowania, powinno być poprzedzone przeglądem, między innymi, aby określić jej zasadności, tzn. czy istnieją techniczne przesłanki do jej wprowadzenia oraz by ustalić, jakie działania podjąć w celu jej bezpiecznego wprowadzenia. Można zatem postawić kilka ogólnych pytań, które ułatwią pojęcie decyzji w tym zakresie [2].

### Co należy zmienić i jak?

- Jaki będzie skutek wprowadzenia zmiany?
- W jaki sposób zmiana osiągnie zamierzony cel?
- Czy zmiana jest bezpieczna i dlaczego?



Często w celu udokumentowania przeglądu oraz nadzorowania zmiany, proces ten formalizuje, (np. procedurą jako standardowy proces występujący w organizacji. Stosuje się wówczas odpowiednie formularze służące do inicjowania, wprowadzonych zmian, ich przeglądu i nadzoru.

### Dlaczego zmiany wymagają specjalnego traktowania i szczegółowej analizy?

Zmiana w instalacji ziębicznej, szczególnie instalacji o długiej historii eksploatacji, może się wiązać z koniecznością poniesienia znacznych kosztów, które nie zawsze są widoczne na „pierwszy rzut oka”.

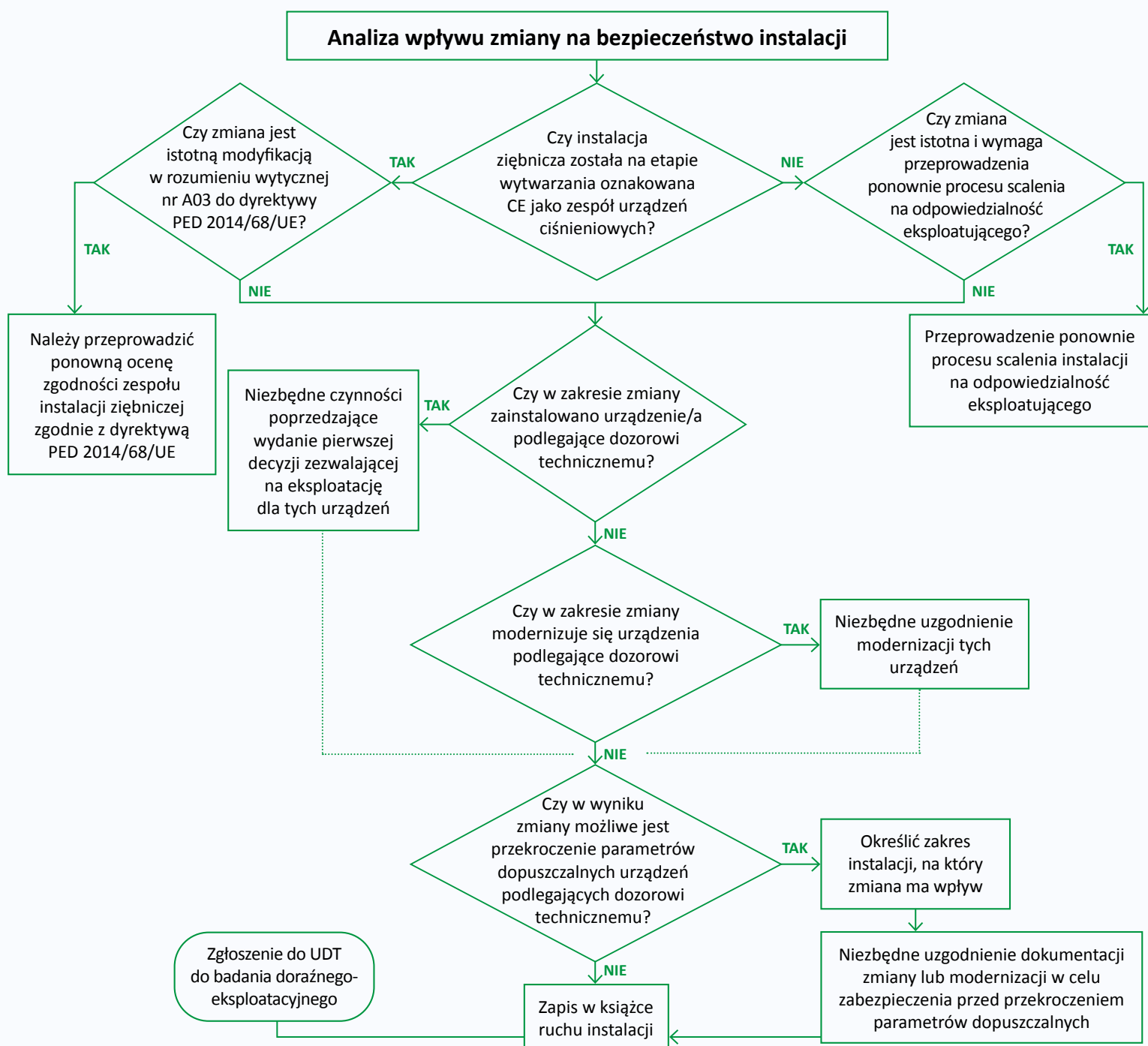
W celu określenia koniecznego zakresu wprowadzenia zmian niezbędne jest określenie możliwego do przewidzenia wpływu takiej zmiany na istniejącą część instalacji ziębicznej, przede wszystkim w kontekście jej bezpieczeństwa oraz spełnienia wymagań przepisów prawa oraz norm.

Mając na uwadze cel, dla którego jest ona prowadzona, możemy nazwać ją analizą wpływu zmiany na bezpieczeństwo instalacji. Na rysunku 1 przedstawiono diagram decyzyjny, który przedstawia możliwe sposoby postępowania przy wprowadzaniu zmian w kontekście wpływu zmiany na spełnienie wymagań przepisów o dozorze technicznym.



Zgodnie ze sposobem postępowania przedstawiony na powyższym diagramie, proces rozpoczyna się od analizy wpływu zmiany na bezpieczeństwo instalacji, która powinna stanowić podstawę do dalszego procedowania zmiany.

**Zmiana w instalacji ziębniczej  
w rozumieniu § 23 ust. 1 rozporządzenia MGPIPS  
(Dz. U. nr 135, poz. 1269)**



W skrajnych przypadkach, gdy instalacja zostanie przebudowana w tak dużym stopniu lub gdy istotnie zostanie zmienione jej przeznaczenie, (np. poprzez zmianę czynnika ziębicznego z czynnika klasyfikowanego do 2 grupy płynów wg dyrektywy 2014/68/UE [7] na czynnik klasyfikowany do 1 grupy wg tej dyrektywy), należy traktować proces ten jak wytworzenie nowego urządzenia ciśnieniowego, w tym przypadku zespołu urządzeń ciśnieniowych. Wówczas zgodnie z wytyczną A03 do dyrektywy 2014/68/UE zastosowanie mają przepisy tej dyrektywy [8] i odpowiedzialność za całą przebudowaną instalację ponosi jeden producent, którym może również być eksploatujący.

W pozostałych przypadkach odpowiedzialność za bezpieczeństwo wprowadzonych zmian ponosi eksploatujący, co wynika również z artykułu 215 Kodeksu pracy [9] mówiącego o tym, że pracodawca jest zobowiązany zapewnić, aby stosowane maszyny i inne urządzenia techniczne zapewniały bezpieczne i higieniczne warunki pracy, w szczególności zabezpieczały pracownika przed urazami, działaniem niebezpiecznych substancji chemicznych, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem, działaniem drgań mechanicznych i promieniowania oraz szkodliwym i niebezpiecznym działaniem innych czynników środowiska pracy.

**Analizując wpływ zmiany na bezpieczeństwo instalacji ziębicznej, nie wystarczy skupić się na fizycznych granicach zmiany, określeniu standardów technicznych i przepisów mających zastosowanie, ale należy wziąć pod uwagę również inne aspekty.**

- a. Konieczne zmiany w dokumentacji technicznej, w tym dokumentacji urządzeń, opisach technicznych, instrukcjach eksploatacji, schematach.
- b. Wpływ na przepustowość istniejących zaworów bezpieczeństwa. W tym przypadku należy pamiętać, że często istniejący układ zabezpieczenia instalacji ziębicznej nie spełnia wymagań aktualnych norm i może wymagać modernizacji w celu jego dostosowania do przyjętego do wprowadzanej zmiany standardu, (np. PN-EN 378, PN-EN 13136).
- c. Wpływ na automatykę zabezpieczającą. Zmiany w automatyce zabezpieczającej urządzeń podlegających dozorowi technicznemu, o czym wspomniano wcześniej, traktowane są jako modernizacja, podobnie jak zmiany w konstrukcji tych urządzeń [5].
- d. Wpływy na parametry dopuszczalne określone dla instalacji, takie jak ciśnienie, temperatura czy stopień napełnienia czynnikiem ziębicznym.

Rozpatrując oddziaływanie zmiany na bezpieczeństwo instalacji, należy wziąć pod uwagę, czy po rozbudowniu instalacji i konieczności zwiększenia ilości czynnika ziębicznego w instalacji ziębicznej jest ona wyposażona w zbiorniki o wystarczającej pojemności. Gdy istnieje zagrożenie przepełnienia zbiornika powyżej maksymalnego dopuszczalnego poziomu, niezbędne jest wyposażenie go w odpowiednie urządzenie zabezpieczające. W skrajnych przypadkach może zaistnieć konieczność zwiększenia pojemności zbiornika. Podobnie w przypadku zastosowania np. dodatkowego wymiennika odzysku ciepła skraplania należy pamiętać, że zgodnie z normą PN-EN 378-2 [10] najniższe ciśnienie dopuszczalne określa się jako ciśnienie nasycenia czynnika ziębicznego przy temperaturze o 8K większej od najwyższej temperatury czynnika w obiegu wtórnym wymiennika ciepła, mierzonej na odpływie z wymiennika. Temperatura ta nie może być niższa niż temperatura projektowa dla obiegu instalacji ziębicznej, w której wymiennik jest zainstalowany. Tak wyznaczone ciśnienie może być wyższe od ciśnienia przyjętego dla instalacji przed wprowadzeniem zmiany, w związku z czym w takim przypadku konieczne jest podniesienie ciśnienia dopuszczalnego dla innych urządzeń w instalacji i często może wiązać się z koniecznością ich wymiany.



**Instalacje ziębnicze niczym nie odbiegają od innych instalacji procesowych i w cyklu swojego życia podlegają również zmianom w wyniku prowadzonych modyfikacji i modernizacji. Jest to proces całkowicie naturalny i zwykle prowadzony w sposób zamierzony.**

Wobec tego w procesie wprowadzania zmian niezbędne jest ich planowanie przed wprowadzeniem, w tym analizowanie wpływu zmian na bezpieczeństwo osób i środowiska. Celowość takiego podejścia wynika również ze znacznych kosztów wynikających z błędnie wprowadzonych zmian, w wyniku których może zostać obniżony poziom bezpieczeństwa instalacji. W takim przypadku podczas badania doraźnego eksploatacyjnego organ właściwej jednostki dozoru technicznego zobowiązany jest do wydania zaleceń, a niekiedy wstrzymania eksploatacji urządzeń objętych dozorem technicznym w instalacji.

Włączenie w proces planowania zmiany wymagań związanych z bezpieczeństwem oraz spełnieniem wymagań przepisów prawa mających zastosowanie do obszaru objętego zmianą oraz uwzględnienie w tym procesie ewentualnych uzgodnień z instytucjami pełniącymi nadzór nad przestrzeganiem tych przepisów, w tym Urzędu Dozoru Technicznego, może przyczynić się do zmniejszenia kosztów eksploatacji instalacji przez uniknięcie niezaplanowanych wydatków oraz do poprawy bezpieczeństwa instalacji.

#### Literatura:

- [1] *PN-EN 61511-2 Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przyrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego.*
- [2] *Guidelines for Management of Change Systems, Center for Chemical Process Safety, New York, 2008.*
- [3] *Guidelines for Risk Based Process Safety 2007 – Center For Chemical Process Safety (CCPS).*
- [4] *Ustawa o ochronie środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001 Nr 62 poz. 627 z późniejszymi zmianami.*
- [5] *Ustawa o dozorcze technicznym z dnia 21 grudnia 2000 r. (Dz. U. 2000 Nr 122, poz. 1321 z późniejszymi zmianami) (Dz. U. z 2019 r., poz. 667).*
- [6] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych. (Dz.U. 2003 nr 135 poz. 1269 ).*
- [7] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych.*
- [8] *Guidelines related to the Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED).*
- [9] *Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 2018 poz. 917).*
- [10] *PN-EN 378-2:2017 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.*

#### Opracowanie: Tomasz Klinkosz

Ekspert Urządzeń Ciśnieniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku



## Rozdział 6

# Ograniczenie wielkości konsekwencji wycieku amoniaku z instalacji ziębicznej przez zastosowanie zaworów separacyjnych

### Jak bezpiecznie zastosować zawory separacyjne w eksploatowanej instalacji ziębicznej?

Tym razem przybliżony zostanie pojawiający się coraz częściej szczególny przypadek wprowadzanej zmiany związanej z chęcią zwiększenia bezpieczeństwa amoniakalnej instalacji ziębicznej poprzez ograniczenie potencjalnych konsekwencji uwolnienia tego czynnika.

Przemysłowe instalacje ziębiczne projektuje się i wytwarza w Polsce zazwyczaj zgodnie ze zharmonizowanym z dyrektywą ciśnieniową 2014/68/UE standardem PN-EN 378-2. Standard ten już od 2008 r. zawiera w załączniku A wymaganie, aby zespoły części składowych o maksymalnym możliwym całkowitym napełnieniu R717 przekraczającym 3000 kg były wyposażone w zdalnie sterowany przyrząd odcinający zainstalowany w przewodzie cieczowym [1].

Modernizacje instalacji amoniakalnych często obejmują również dostosowanie konstrukcji instalacji ziębicznej lub jej części do obowiązujących standardów technicznych, co jest podejściem jak najbardziej słusznym. Powinny być jednak przeprowadzane w taki sposób, aby nie generowały dodatkowych zagrożeń. Punktem wyjścia do każdej wprowadzanej zmiany musi być zawsze identyfikacja i analiza zagrożeń, której zakres oraz poziom szczegółowości powinien być dostosowany do stopnia złożoności wprowadzanej modyfikacji.

**Powodem, dla którego przywołany standard wymaga zastosowania podziału instalacji ziębicznej zawierającej amoniak na fragmenty o ograniczonym napełnieniu, jest ograniczenie konsekwencji potencjalnego rozszczelnienia. Taki sposób ograniczenia konsekwencji jest stosowany również w przemysłowych instalacjach procesowych, np. rafineryjnych czy chemicznych.** Określa się w nim maksymalną dostępną masę czynnika, który może uwolnić się jednocześnie. W tym celu identyfikuje się zbiór połączonych przestrzeni urządzeń, które w sytuacji rozszczelnienia dowolnej z tych przestrzeni opróżnią się w tym samym czasie [2] (tzw. Inventoy group) [3]. Pozwala to na zaprojektowanie aktywnych i pasywnych warstw zabezpieczeń, które mają działać po wykryciu uwolnienia czynnika. Masa czynnika, którą bierze się wówczas pod uwagę jako możliwą do uwolnienia z pojedynczej grupy połączonych przestrzeni, to masa zgromadzona w tych przestrzeniach oraz masa, która może zostać dostarczona przez urządzenia zasilające, takie jak pompy czy sprężarki [4].

**W takim przypadku kluczowy, z punktu widzenia wielkości uwolnienia, jest czas, w jakim nastąpi ustanie dopływu masy czynnika i ulegnie uwolnieniu wyłącznie czynnik znajdujący się w przestrzeniach urządzeń.**



**Przywołana wcześniej norma PN-EN 378-2 w załączniku A zawiera dla instalacji o napełnieniu R717 większym niż 3000 kg wymagania oparte na tych samych zasadach zarządzania bezpieczeństwem.**

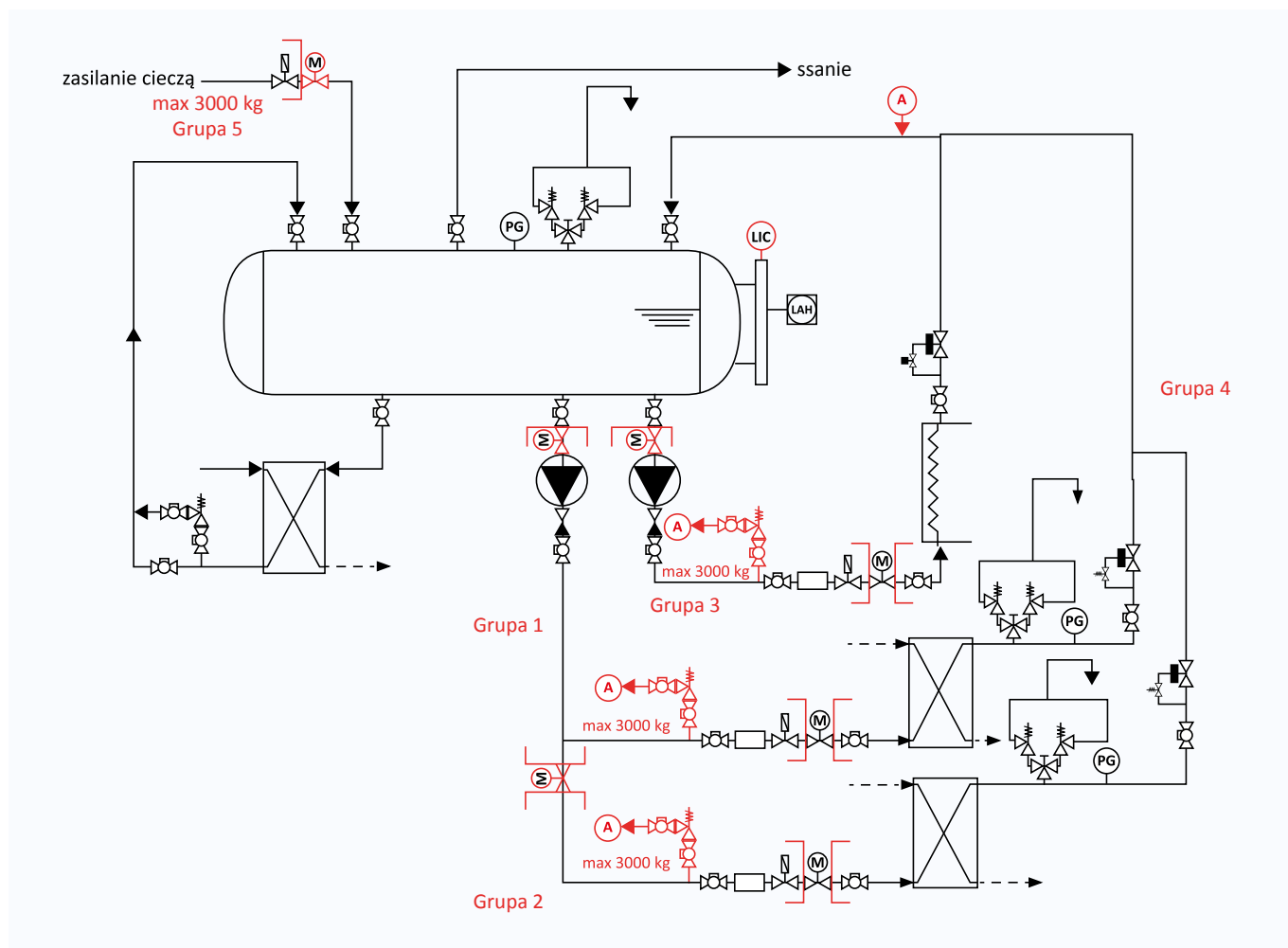
- Zespoły części składowych o maksymalnym możliwym całkowitym napełnieniu R717 przekraczającym 3000 kg powinny być wyposażone w zdalnie sterowany przyrząd odcinający zainstalowany w przewodzie cieczowym.
- Zdalnie sterowany zawór powinien zamknąć się w przypadku: zaniku zasilania sterowania (awaria układu regulacyjnego), wykrycia nieszczelności lub awaryjnego zatrzymania instalacji.
- Zdalnie sterowany zawór powinien być zintegrowany z systemem awaryjnym i zapewniać środki do ponownego otwarcia urządzenia ręcznie.
- Jeżeli zawór zdalnie sterowany nie gwarantuje szczelności w obu kierunkach, należy zabezpieczyć się przed przepływem wstecznym przez zastosowanie np. zaworu zwrotnego.
- Pompy ciekłego amoniaku powinny być montowane bezpośrednio pomiędzy zaworami odcinającymi, z których jeden powinien być zaworem zdalnie sterowanym. Zaleca się zainstalowanie przed zaworem zdalnie sterowanym ręcznego zaworu odcinającego w celu umożliwienia przeprowadzenia czynności serwisowych zaworu zdalnie sterowanego.

Zadziałanie zdalnie sterowanych zaworów odcinających w rurociągach cieczowych nie powinno powodować żadnych dodatkowych zagrożeń. Dlatego też należy wziąć pod uwagę możliwość uwięzienia cieczy pomiędzy zaworami odcinającymi oraz wewnątrz ich korpusów i wyposażyć instalację w odpowiednie upustowe zawory bezpieczeństwa lub inne rozwiązania konstrukcyjne zapewniające, że nie nastąpi wzrost ciśnienia wskutek rozszerzalności termicznej ciekłego amoniaku.

Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony fragment amoniakalnej instalacji żiębniczej, na której oznaczono wymagane normą PN-EN 378-2 elementy służące do ograniczenia konsekwencji potencjalnego uwolnienia czynnika.

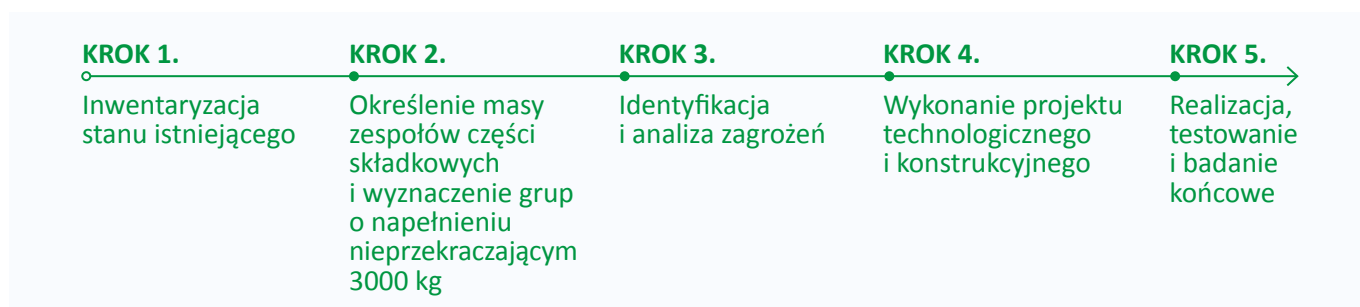
W pokazanym przykładzie fragmentu instalacji z grawitacyjnym i pompowym zasilaniem parowników wydzielono 5 grup przestrzeni połączonych wspólnie o napełnieniu nie większym niż 3000 kg. Wymaganie to jest jednak bez odpowiedniego zaprojektowania pojemności zbiorników niemożliwe do spełnienia dla poziomych oddzielaczy cieczy, których napełnienie często jest większe niż określona w normie wartość 3000 kg. Na rysunku kolorem czerwonym oznaczano zawory służące jedynie do separacji (podziału) instalacji. Do separacji mogą również być wykorzystane istniejące zawory zdalnie sterowane, które równolegle mogą realizować inne funkcje regulacyjne. Jak widać, w wyniku wprowadzania separacji powstały przestrzenie, które wymagają zainstalowania dodatkowych przelewowych zaworów bezpieczeństwa odprowadzających czynnik żiębniczy do niskociśnieniowej części instalacji, które oznaczono kolorem czerwonym.

- Konstrukcja nowo projektowanych amoniakalnych instalacji żiębniczych powinna uwzględniać powyższe wymagania, i poza zwiększonymi kosztami wynikającymi z wprowadzenia dodatkowej armatury oraz zabezpieczeń i związanych z tym sprawdzeń, zazwyczaj nie stwarza już większych problemów.
- Sytuacja wygląda natomiast zupełnie inaczej w przypadku instalacji żiębniczych, które zostały wytworzone bez uwzględnienia ww. wymagań i podlegają modernizacji, której częścią jest właśnie podwyższenie poziomu bezpieczeństwa przez ograniczenie masy uwolnionego czynnika żiębniczego.



Rys. 1. Uproszczony fragment amoniakalnej instalacji ziębniczej.

Na co zatem zwrócić uwagę, jakie zagrożenia wziąć pod uwagę podczas dostosowania starszej instalacji ziębniczej do ww. wymagań normy PN-EN 378-2? Na rysunku 2 przedstawiono kilka etapów, na które można podzielić ten proces, tak aby uniknąć zagrożeń, które mogą powstać w wyniku takich zmian.



Rys. 2. Etapy dostosowania starszej instalacji ziębniczej do wymagań normy PN-EN 378-2.

### Inwentaryzacja stanu istniejącego

W pierwszej kolejności należy dokonać inwentaryzacji istniejącego stanu instalacji i ocenić jej zgodność z posiadaną dokumentacją techniczną. Zdarza się, że dokumentacja techniczna znacznie odbiega

od stanu faktycznego, co wynika z wielokrotnych na przestrzeni czasu modernizacji lub innych zmian, które nie zostały odnotowane w dokumentacji. Na tym etapie istotne jest, aby schemat technologiczny instalacji, dokumentacja elektryczna i opis sterowania były zgodne ze stanem faktycznym, ponieważ będą stanowiły dane wejściowe do analizy zagrożeń. Inwentaryzacja instalacji powinna objąć również konstrukcję rurociągów, przede wszystkim cieczowych. Jest to konieczne do określenia ich objętości, na podstawie której zostanie określona masa czynnika służąca do wyznaczenia grup przestrzeni mających być oddzielonymi przez zdalnie sterowane zawory.

### Określenie masy zespołów części składowych i wyznaczenie grup o napełnieniu nieprzekraczającym 3000 kg

W tym etapie należy zsumować maksymalne dopuszczalne masy czynnika ziębniczego zawartego we wspólnie połączonych przestrzeniach i dokonać ich podziału na grupy o napełnieniu nieprzekraczającym 3000 kg. Wynikiem tego etapu jest oznaczenie na schemacie technologicznym i rysunkach izometrycznych rurociągów granic podziału pomiędzy poszczególnymi grupami.

### Identyfikacja i analiza zagrożeń

Kolejnym, kluczowym etapem jest przeprowadzenie identyfikacji i analizy zagrożeń. W tym celu można wykorzystać jedną z dostępnych technik analiz, takich jak HAZOP (Hazard and Operability Study) czy listę kontrolną. Niezbędne jest ustalenie wpływu instalacji dodatkowych zaworów odcinających na bezpieczeństwo instalacji.



Zagrożenie	Źródła zagrożenia	Potencjalne konsekwencje
<b>Ciśnienie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uwięzienie cieczy w przestrzeni zamkniętej pomiędzy zaworami automatycznymi,</li> <li>• zewnętrzny strumień ciepła.</li> </ul>	Przekroczenie naprężeń dopuszczalnych elementów ciśnieniowych, w konsekwencji czego następuje rozszczelnienie instalacji powodujące zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego.
<b>Temperatura otoczenia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• warunki otoczenia,</li> <li>• pożar zewnętrzny.</li> </ul>	Wzrost ciśnienia czynnika ziębniczego, przekroczenie naprężeń dopuszczalnych elementów ciśnieniowych, w konsekwencji czego następuje rozszczelnienie instalacji powodujące zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego.
<b>Brak przepływu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zamknięcie zaworów z uwagi na uszkodzenie, utratę zasilania, błąd obsługi, fałszywe wyzwolenie funkcji, zadziałanie funkcji zabezpieczającej.</li> </ul>	Możliwe straty produkcyjne. Możliwe uszkodzenie pomp czynnika ziębniczego wskutek zjawiska kawitacji.
<b>Uderzenie hydrauliczne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gwałtowne zatrzymanie przepływu lub gwałtowne napełnienie zdrenowanego fragmentu rurociągu.</li> <li>• gromadzenie się cieczy w przewodach parowych, (np. przeciek zaworów bezpieczeństwa przelewowych odprowadzających ciecz do części niskociśnieniowej instalacji).</li> </ul>	Wzrost ciśnienia czynnika ziębniczego, przekroczenie naprężeń dopuszczalnych elementów ciśnieniowych, w konsekwencji czego następuje rozszczelnienie instalacji powodujące zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego.



Wyniki przeprowadzonej analizy zagrożeń powinny pozwolić na sformułowanie odpowiedzi na pytanie, czy obecne zabezpieczenia instalacji będą również skuteczne i wystarczające po zainstalowaniu dodatkowych zaworów zdalnie sterowanych, gdy weźmie się pod uwagę wszystkie możliwe przypadki ich zadziałania.

Często jednak dla instalacji ziębicznych, które nie zostały wytworzone zgodnie z normą PN-EN 378, konieczne będzie zmodyfikowanie zabezpieczeń, szczególnie w zakresie dodania zaworów bezpieczeństwa oraz wymiany istniejących zaworów bezpieczeństwa w zbiornikach, do których zostanie odprowadzona ciecz z upustowych zaworów bezpieczeństwa zainstalowanych w rurociągach cieczowych.

### Wykonanie projektu technologicznego i konstrukcyjnego

Projekt technologiczny będzie obejmował odpowiedni dobór zdalnie sterowanych zaworów, tak aby ich konstrukcja nie wpłynęła na osiągnięte przez instalację parametry, i jest to zagadnienie indywidualne dla każdego przypadku. Warto zwrócić uwagę na aspekt bezpieczeństwa w projekcie technologicznym, który jest nie mniej istotny. Należy przeanalizować niżej wymienione elementy.

- **Określenie lokalizacji zaworów zdalnie sterowanych** jest kluczowe dla skuteczności działania tego systemu bezpieczeństwa oraz będzie determinowało wymagania dla innych funkcji bezpieczeństwa, w szczególności przepustowości zaworów bezpieczeństwa. Z wymagań normy PN-EN 378-2 wynika, że jednym z czynników powodujących zadziałanie zdalnie sterowanych zaworów odcinających ma być wyciek czynnika ziębicznego. Wobec tego należy określić sekwencję ich działania oraz wskazać, które z zaworów zdalnie sterowanych mają zostać uruchomione w wyniku wykrycia obecności amoniaku z konkretnego detektora lub detektorów wycieku. W wyniku takiej analizy należy powiązać wskazane zawory zdalnie sterowane z obszarami obiektu, najczęściej pomieszczeniami, do których należy odciąć dopływ amoniaku w przypadku detekcji wycieku. Analiza ta ma kluczowe znaczenie dla rozmieszczenia zaworów zdalnie sterowanych.
- **Dobór zaworów bezpieczeństwa przelewowych** niezbędnych do zabezpieczenia przestrzeni rurociągów cieczowych, które zostaną odcięte od istniejących urządzeń zabezpieczających w przypadku zadziałania zaworów zdalnie sterowanych. Obliczenia powinny się wykonać wg normy PN-EN 13136. Istotne jest przyjęcie do tych obliczeń odpowiednich założeń. Zawory będą zainstalowane w przewodach cieczowych, a zatem obliczenia ich przepustowości powinny być prowadzone z uwzględnieniem zewnętrznego strumienia ciepła będącego źródłem przyrostu ciśnienia oraz kryteriów zawartych w rozdziale 6.4 wskazanej normy. Należy zapewnić, aby efektywna powierzchnia przepływu zaworu upustowego  $[A \times K_{dr}]$  wynosiła co najmniej  $0,02 \text{ mm}^2$  na każdy uwięziony litr czynnika ziębicznego, a najmniejsza średnica była nie mniejsza niż  $1 \text{ mm}$ . Dla czynników ziębicznych, dla których różnica pomiędzy temperaturą, w której następuje zrzut (zadziałanie zaworu upustowego), a temperaturą krytyczną jest mniejsza niż  $20 \text{ K}$ , efektywna powierzchnia przepływu zaworu upustowego  $[A \times K_{dr}]$  powinna wynosić co najmniej  $0,04 \text{ mm}^2$  na każdy uwięziony litr czynnika ziębicznego [5].
- **Sprawdzenie przepustowości zaworów bezpieczeństwa w zbiornikach**, do których zostanie odprowadzony czynnik z nowo zainstalowanych przelewowych zaworów bezpieczeństwa zamontowanych w przewodach cieczowych. W wielu przypadkach po przeprowadzeniu

sprawdzających obliczeń przepustowości zaworów bezpieczeństwa może zaistnieć potrzeba wymiany istniejących zaworów bezpieczeństwa w zbiornikach na zawory o większej przepustowości. Wynikać może to z faktu zaostżenia kryteriów przyjmowanych do obliczeń w normie PN-EN 13136: 2019. Należy pamiętać o tym, że obliczenia sprawdzające powinny objąć co najmniej zawory bezpieczeństwa zabezpieczające zbiorniki, do których doprowadzony zostanie czynnik ziębniczy z nowych zaworów bezpieczeństwa, oraz zawory bezpieczeństwa odprowadzające czynnik ziębniczy do tego samego kolektora odprowadzającego.

- **Sprawdzenie spadków ciśnień w przewodach dopływowych i odpływowych** z zaworów bezpieczeństwa powinno zostać przeprowadzone zarówno dla zaworów odprowadzających czynnik ziębniczy do atmosfery, jak również dla zaworów bezpieczeństwa przelewowych odprowadzających czynnik ziębniczy do niskociśnieniowej części instalacji.
- **Określenie wymagań nienaruszalności dla funkcji zabezpieczających**, których elementami wykonawczymi będą instalowane zdalnie sterowane zawory. Wymagania dla projektu i konstrukcji systemu automatyki zabezpieczającej można znaleźć w normie EN 60204-1, a jeżeli do realizacji funkcji zastosowano elementy elektroniczne, to powinno się wziąć pod uwagę również wymagania normy EN ISO 13849-1 dla PL = d lub EN 62061 dla SIL 2 [6]. Kluczowa dla ustalenia tych wymagań jest jednak przeprowadzona analiza zagrożeń, na podstawie której projektant powinien określić wymagania dla redukcji ryzyka przez automatykę zabezpieczającą. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w artykule poświęconym wymaganiom dla automatyki zabezpieczającej, który ukazał się w nr 3/2019 „TCHiK”.

Wstawienie w eksploatowaną instalację zdalnie sterowanych zaworów separacyjnych będzie w rozumieniu przepisów o dozorze technicznym modernizacją konstrukcji tych rurociągów, o ile podlegają one dozorowi technicznemu. Wobec tego niezbędne będzie przygotowanie odpowiedniej dokumentacji celem uzgodnienia z właściwą jednostką dozoru technicznego. Ponadto zawory te będą realizowały funkcje zabezpieczające dla urządzeń podlegających dozorowi technicznemu, co wiąże się również z uzgodnieniem ich konstrukcji i sposobu realizacji z właściwą jednostką dozoru technicznego. Jak wcześniej wspomniano, w wyniku wbudowania zaworów zdalnie sterowanych powstaną przestrzenie rurociągów, które będą wymagały wyposażenia w dodatkowe przelewowe zawory bezpieczeństwa, których instalacja jest również modernizacją w rozumieniu przepisów o dozorze technicznym.

Wytworzone w ramach projektu rurociągi dopływowe i odpływowe z zaworów bezpieczeństwa powinny być zaprojektowane i wytworzone z uwzględnieniem wymagań dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/UE, a zatem projekt konstrukcyjny można podzielić na trzy części z punktu widzenia zagrożeń powodowanych ciśnieniem:

- projekt konstrukcyjny rurociągów wytwarzanych jako nowe, dla których powinny być spełnione wymagania dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/UE,
- projekt konstrukcyjny rurociągów modernizowanych w rozumieniu przepisów Ustawy o dozorze technicznym z dnia 21 grudnia 2000 r., (Dz.U. z 2000 Nr 122, poz. 1321) z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2019 r., poz. 667),
- projekt automatyki zabezpieczającej.



## Realizacja, testowanie i badania końcowe

Z punktu widzenia procesu inwestycyjnego etap realizacji wydaje się najistotniejszy, jednak to odpowiednie przygotowanie na etapie analizy zagrożeń i projektowania pozwala na uniknięcie błędów, które mogą ujawnić się na etapie badań końcowych.

Nieodzownym elementem procesu wytwarzania urządzeń ciśnieniowych jest kontrola jakości, której częścią są wykonywane badania nieniszczące mające na celu wykrycie niezgodności produkcyjnych, których zakres i rodzaj powinny być zgodne z przyjętymi dla poszczególnych urządzeń standardami technicznymi.

Z uwagi na to, że urządzenia ciśnieniowe w amoniakalnych instalacjach ziębniczych w większości podlegają również dozorowi technicznemu, należy na tym etapie przewidzieć udział inspektora właściwej jednostki dozoru technicznego w badaniach końcowych, w tym również badaniach funkcjonalnych automatyki zabezpieczającej. Istotnym i często niestety zaniedbywanym elementem jest aktualizacja dokumentacji technicznej instalacji.

W związku z wprowadzonymi zmianami należy dokonać stosownych aktualizacji: opisów technicznych urządzeń, oznaczeń, rysunków, schematów i przede wszystkim instrukcji eksploatacji, która powinna być dostępna dla obsługi urządzeń. Ostatnim elementem tego etapu jest przeprowadzenie doraźnych badań eksploatacyjnych i odbiorczych urządzeń ciśnieniowych przez inspektora dozoru technicznego, które kończą się wydaniem decyzji zezwalającej na eksploatację, o ile ich stan techniczny nie budzi zastrzeżeń.



**Wyposażenie amoniakalnej instalacji ziębniczej w zdalnie sterowane zawory separujące pozwala na ograniczenie potencjalnych konsekwencji związanych z uwolnieniem czynnika ziębniczego, zwłaszcza w przestrzeniach poza maszynownią chłodniczą, która zazwyczaj gromadzi największe ilości amoniaku.**

Inwestycje, również te związane z podwyższeniem bezpieczeństwa, wiążą się z kosztami, na które składa się szereg czynników w znacznym stopniu przewidywalnych. Jednak niedostateczne zaplanowanie inwestycji związanej z modernizacją instalacji ziębniczej może wiązać się ze znacznym zwiększeniem nakładów inwestycyjnych wynikających głównie z dwóch powodów.

**Po pierwsze** błędów popełnionych w założeniach, co może skutkować nawet zatrzymaniem inwestycji na etapie badań końcowych z uwagi na niezgodności z wymaganiami odniesienia.

**Po drugie** należy liczyć się z tym, że stan techniczny modernizowanych rurociągów może powodować konieczność dokonania ich naprawy, a tym samym rozszerzenia zakresu inwestycji oraz uzgodnień w tym zakresie. W związku z tym celowe wydaje się również przeprowadzenie badań nieniszczących pozwalających na ocenę stanu technicznego rurociągów i w przypadku, gdy jest to wymagane, zaplanowanie odpowiednich wymian w ramach modernizacji.



**Pamiętajmy, że zarządzanie bezpieczeństwem amoniakalnej instalacji ziębniczej to złożony proces składający się z wielu czynników technicznych i organizacyjnych, a wprowadzane systemy bezpieczeństwa wymagają również nadzorowania i utrzymania ich ciągłości działania.**

#### Literatura:

- [1] PN-EN 378-2:2017. Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.
- [2] Warunki Urzędu Dozoru Technicznego WUDT-RBI-2017. Planowanie inspekcji urządzeń ciśnieniowych w oparciu o analizę ryzyka RBI (Risk Based Inspection).
- [3] API RP 580 – Risk Based Inspection, Third Edition (February 2016).
- [4] API RP 581 – Risk Based Inspection Methodology, Third Edition (April 2016).
- [5] PN-EN 13136. Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Ciężniowe przyrządy bezpieczeństwa i przewody przyłączeniowe. Metody obliczeń.
- [6] Wołejko M., Wymagania Urzędu Dozoru Technicznego dla urządzeń ciśnieniowych w instalacjach ziębniczych. Część 2. Automatyka zabezpieczająca, M. Wołejko, „TChik” 2019, nr 3

**Opracowanie: Tomasz Klinkosz**  
Ekspert Urządzeń Ciężniowych  
Urząd Dozoru Technicznego,  
Oddział w Gdańsku











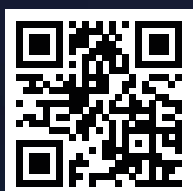


**INTERNETOWY PORTAL**

Urzędu Dozoru Technicznego

Załatwiaj sprawy urzędowe przez Internet  
Zarejestruj się na [eudt.gov.pl](http://eudt.gov.pl)

-  Wygodny i szybki dostęp do informacji o Twoich urządzeniach, terminach badań i rozliczeniach finansowych z UDT
-  Darmowy dostęp do portalu 24/7/365
-  Łatwiejsze i prostsze śledzenie zdarzeń związanych z Twoimi urządzeniami
-  Możliwość ustawienia własnego kalendarza wydarzeń oraz alertów
-  Możliwość wyświetlania i pobierania dokumentów UDT
-  Elektroniczna korespondencja z UDT, więcej spraw, które załatwisz online
-  Decyzje i protokoły w formie elektronicznej
-  Płatności online



W razie dodatkowych pytań  
skontaktuj się z wybranym  
oddziałem/biurem UDT