

INNOWACYJNIE I BEZPIECZNIE ANALIZA BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI



MGR INŻ. SEBASTIAN KOZIKOWSKI
Ekspert Urzędów Ciśnieniowych
Urząd Dozoru Technicznego
Oddział w Gdańsku



MGR INŻ. JAKUB KOKOSIŃSKI
Specjalista Urzędów Ciśnieniowych
Departament Techniki
Urząd Dozoru Technicznego

WPROWADZENIE DO ABE

ZBIORNIKI MAGAZYNOWE STANOWIĄ ISTOTNE OGNIWO W ŁAŃCUCHU DOSTAW ROPY NAFTOWEJ I PRODUKTÓW NAFTOWYCH. WYSOKA ZDOLNOŚĆ MAGAZYNOWA ODGRYWA KLUCZOWĄ ROLĘ W ZAPEWNIENIU BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO KRAJU. URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO JEST SWOISTYM STRAŻNIKIEM BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO, W SZCZEGÓLNOŚCI W ZAKRESIE BEZPIECZNEGO FUNKCJONOWANIA URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH WCHODZĄCYCH W SKŁAD INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ.

Od lat prowadzimy działania mające na celu skuteczne wdrożenie innowacyjnych, a jednocześnie rozpoznawalnych, bezpiecznych metod i technik prowadzenia inspekcji. Szczególną rolę odgrywa doświadczenie zdobyte przez UDT podczas 10-letniego prowadzenia analiz RBI, tj. inspekcji opartych na analizie ryzyka. Badania i analizy prowadzimy m.in. w przemyśle rafineryjnym, w tym przy ocenie mechanizmów degradacji oraz predykcji częstotliwości i zakresu inspekcji.



Rys. 1. Zbiorniki bezcisnieniowe, walcowe o osi pionowej, przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych – widoczny dach stały o konstrukcji kopułowej oraz płaszcz zewnętrzny [1]

Kluczowym elementem jest określenie aktualnego stanu technicznego zbiornika, jak również jego przewidywanie na dalszy okres eksploatacji. Do przeprowadzenia takich analiz UDT stosuje rozpoznawalne i uznawane na całym świecie standardy i normy, publikowane przez m.in.: American Petroleum Institute – API, jak również Engineering Equipment Materials Users Association – EEMUA.

Wiedza i doświadczenie to dwa nieodzowne elementy, które umiejętnie wykorzystane, pozwalają na ocenę wpływu czynnika roboczego, np. ropy naftowej, na zastosowany do budowy zbiornika materiał konstrukcyjny. Ocena musi uwzględniać warunki techniczne i środowiskowe, w których zbiornik jest eksploatowany.

OCENA STANU TECHNICZNEGO ZBIORNIKÓW

Metody i programy eksploatacyjne wykorzystujące nowoczesne, nieinwazyjne techniki inspekcyjne (NDT) stały się jednym z podstawowych narzędzi do oceny stanu technicznego urządzeń w przemyśle, w tym atmosferycznych zbiorników magazynowych.

Główne aspekty wspierające dynamiczny rozwój ww. podejścia, można opisać w kilku głównych punktach.



1. BEZPIECZEŃSTWO

Ważne jest ograniczenie do niezbędnego minimum konieczności prowadzenia prac w przestrzeniach zamkniętych, przy jednoczesnym zachowaniu właściwej informacji o stanie technicznym zbiornika.

2. OPTYMALIZACJA ZDOLNOŚCI MAGAZYNOWEJ

Stosujemy nieinwazyjne techniki i metody inspekcyjne. Oceny prowadzone są w trakcie eksploatacji wraz z magazynowanym produktem wewnątrz zbiornika.

3. SZYBKA INFORMACJA ZWROTNA

Wyniki inspekcji są dostępne jeszcze w trakcie wykonywania inspekcji lub wkrótce po jej zakończeniu. Umożliwia to wczesne wykrycie istotnych trudności i ewentualnej degradacji, co pozwala na natychmiastowe wdrożenie działań zapobiegawczych.

4. ŚWIADOME PLANOWANIE REWIZJI WEWNĘTRZNEJ, MODERNIZACJI LUB NAPRAW

Planowanie dotyczy zakresu rewizji wewnętrznej oraz konieczności modernizacji i naprawy zbiorników. Zastosowanie właściwej metodologii oraz celowanych technik nieinwazyjnych inspekcji pozwala ocenić zakres niezbędnych do wykonania prac remontowych. Poza tym umożliwia przygotowanie odpowiednich środków finansowych, materiałów, zasobów ludzkich oraz oszacowanie czasu niezbędnego do przeprowadzenia remontu.

Czynniki, które mogą prowadzić do pogorszenia stanu technicznego lub wręcz awarii zbiorników magazynowych, to m.in. nieodpowiedni projekt, degradacja materiału wskutek oddziałujących mechanizmów degradacji, błąd ludzki, nieodpowiednia konserwacja czy warunki atmosferyczne, np. uderzenia pioruna lub powódź.

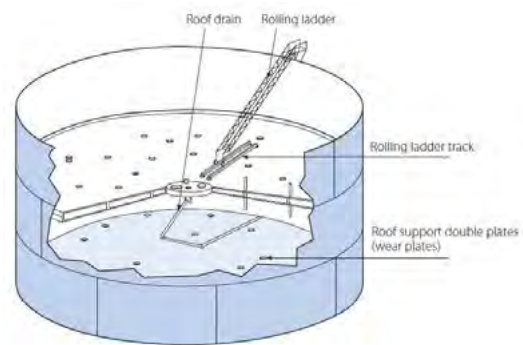
Większości zdarzeń można uniknąć lub znacząco ograniczyć ich wpływ, stosując dobre praktyki inżynierskie oraz skuteczne techniki i strategie inspekcji. Zdobyte na przestrzeni lat doświadczenie pozwoliło na opracowanie i skuteczne wdrożenie warunków technicznych, które na etapie eksploatacji zbiorników magazynowych mogą stanowić przydatne narzędzie. Podejście to nazywane jest Analizą Bezpiecznej Eksploatacji.

WARUNKI URZĘDU DOZORU TECHNICZNEGO

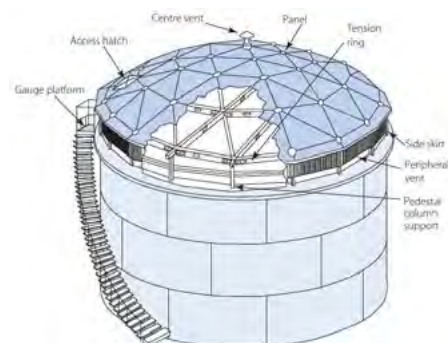
Mając na uwadze korzyści i wyzwania wynikające ze stosowania podejścia opartego na Analizie Bezpiecznej Eksploatacji, opracowaliśmy w Urzędzie Dozoru Technicznego nieobowiązkową specyfikację techniczną WUDT-UC-ABE:07.2020 „Warunki Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie planowania inspekcji zbiorników beziściennionych i niskociściennionych, stalowych o osi pionowej przeznaczonych do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych” [2]. Warunki te nie mają mocy przepisów prawnych, lecz stanowią zbiór dobrych praktyk inżynierskich, stosowanych, uznanych [6-9] i rekomendowanych przez UDT.

Na terenie Polski dozorem technicznym objętych jest niemal tysiąc zbiorników magazynowych o pojemności co najmniej 1000 m³. Ponad połowę stanowią urządzenia będące w eksploatacji powyżej 30 lat.

Powyższe warunki zostały opracowane głównie z myślą o takich zbiornikach. Warunki [2] są formalnie przewidziane do stosowania dla zbiorników podlegających przepisom ustawy o dozorcze technicznym [4] oraz rozporządzenia [5]. Zaleca się jednak także stosowanie ich dla urządzeń w okresie eksploatacji poniżej 30 lat. Pozwala to na budowanie wiarygodnej bazy danych służącej do określania aktywnych mechanizmów degradacji, a jednocześnie oceny aktualnego stanu technicznego zbiorników. Przykładowe schematy zbiorników magazynowych eksploatowanych na bazach paliw przedstawiają rysunki 2 i 3.



Rys. 2. Schematyczny widok zbiornika magazynowego z dachem pływającym [3]



Rys. 3. Schematyczny widok zbiornika magazynowego z dachem stałym [3]

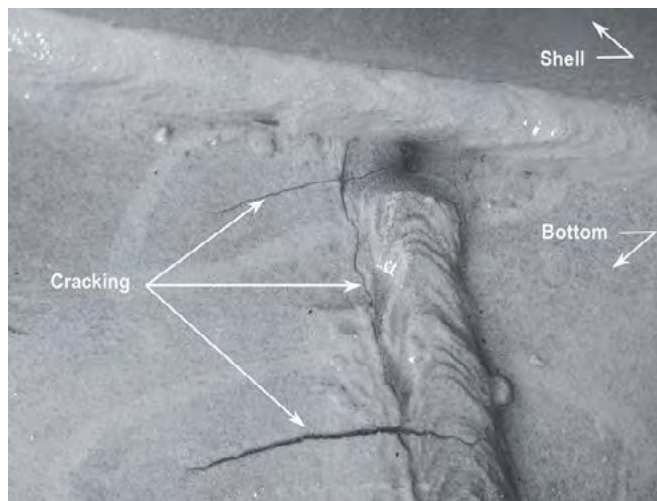
WDRÓŻENIE ABE

Zastosowanie metodologii opartej na Analizie Bezpiecznej Eksploatacji przy konkretnym zbiorniku (lub kilku zbiornikach) jest możliwe po przesłaniu do właściwej terenowo komórki organizacyjnej UDT wniosku o objęcie urządzeń ABE. Przeprowadzenie rzetelnej analizy wymaga również skompletowania podstawowych informacji o urządzeniu.

INFORMACJE DOTYCZĄCE URZĄDZENIA DLA ABE
a) dane pozwalające na identyfikację urządzenia (nr rejestracyjny UDT, nr fabryczny, oznaczenie technologiczne)
b) podstawowe parametry urządzenia (ciśnienie dopuszczalne, minimalne i maksymalne temperatury dopuszczalne)
c) informacje o konstrukcji zbiornika (pojemność, średnica, wysokość zbiornika, maksymalny poziom napełnienia oraz sposób posadowienia)
d) dane z etapu wytwarzania (producent, data produkcji, projektowe specyfikacje techniczne)
e) obliczenia wytrzymałościowe
f) informacje o wykorzystanych materiałach (dno, poszczególne cargo, dach) wraz z podaniem grubości nominalnych
g) informacje o materiale powłoki ochronnej wewnątrz zbiornika – jeżeli zastosowano
h) określenie czynnika roboczego (karta charakterystyki produktu z podaniem związków korozyjnych)
i) historia eksploatacji (uszkodzenia, naprawy, wymiany, modernizacje, badania NDT, pomiary geodezyjne)
j) informacje dotyczące ochrony katodowej
k) inne informacje, które mogą mieć wpływ na bezpieczną eksploatację zbiornika
Dane stanowią punkt wyjścia do dalszych czynności wykonywanych w ramach ABE.

PROGRAM BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH

Szczególną rolę w ABE odgrywa ocena wiarygodnych mechanizmów degradacji. Konstrukcja oraz sposób pracy zbiorników magazynowych sprawiają, że najbardziej narażonymi elementami są dno, pierwsza cargo oraz dach zbiornika. Szczególnie wyjątkowym obszarem jest spoina łącząca dno z płaszczem oraz jej bezpośrednie sąsiedztwo. Ocena tych obszarów stwarza wiele wyzwań, zarówno podczas rewizji zewnętrznej, jak i rewizji wewnętrznej.

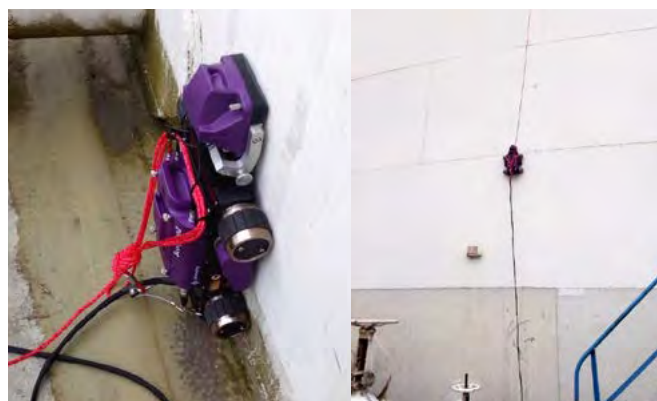


Rys. 4. Pęknięcia spoiny dna zbiornika w obrębie strefy krytycznej, tj. obszaru stanowiącego bezpośrednie sąsiedztwo spoiny łączącej dno zbiornika z jego płaszczem [7]

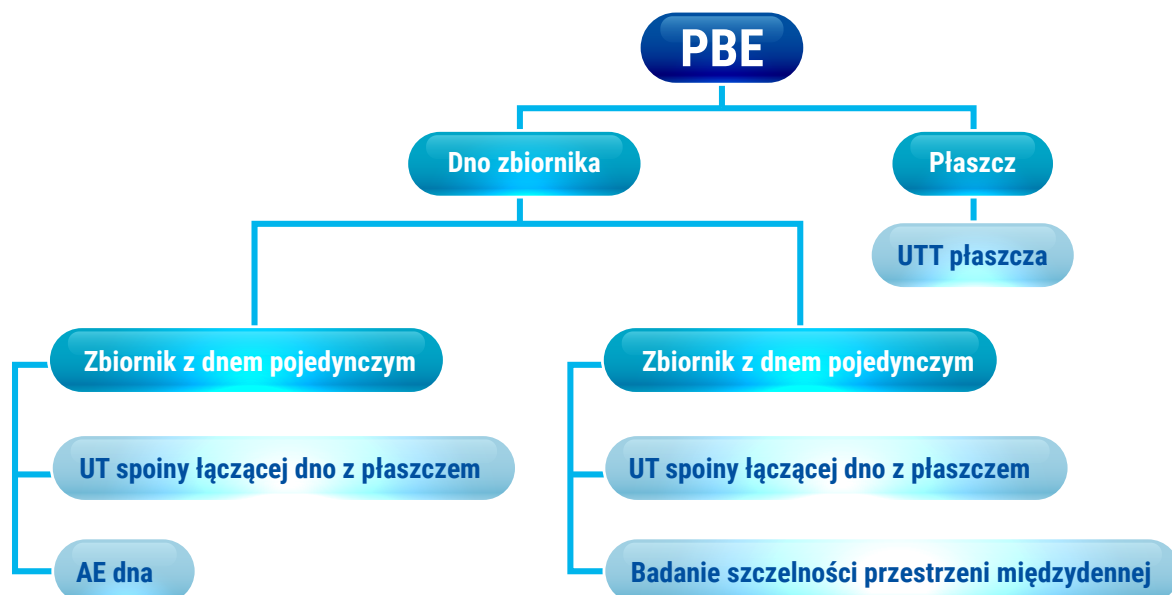
Gdy znamy morfologie potencjalnych mechanizmów degradacji, możliwe jest przypisać konkretne metody inspekcji do określenia integralności mechanicznej zbiornika. Wynikiem z przeprowadzonych analiz jest sprawozdanie zawierające Program Badań Eksploatacyjnych (PBE).

Program ABE uwzględnia rodzaje i terminy badań z określeniem kryteriów akceptacji oraz opis innych działań niezbędnych do zapewnienia bezpiecznej eksploatacji. Zakres badań ustalany jest indywidualnie dla każdego zbiornika. Można wyróżnić zestawienie charakterystycznych badań, typowych dla zbiorników o osi pionowej (rys. 6).

PBE może uwzględniać zarówno badania wykonywane w trakcie eksploatacji zbiornika, jak i badania po udostępnieniu zbiornika do oględzin powierzchni wewnętrznych. Bardziej szczegółowe zestawienie sprawozdań, które najczęściej są typowane do wykonania na zbiornikach o osi pionowej, przedstawia tabela 1. Nie można z góry przewidzieć pełnego zakresu badań do wykonania na konkretnym zbiorniku. Jest on zależny od specyfiki budowy urządzeń, które pomimo zbliżonej konstrukcji mogą się nieznacznie różnić między sobą (np. z uwagi na historię napraw). Dodatkowo wyniki poszczególnych badań mogą wymuszać konieczność przeprowadzenia innych, bardziej szczegółowych sprawozdań, już w węższym zakresie.



Rys. 5. Profilowanie grubości zbiornika o osi pionowej za pomocą zdalnie sterowanego przyrządu pomiarowego zdolnego do przemieszczania się po powierzchniach pionowych wykonanych z materiałów ferromagnetycznych



Rys. 6. Przykładowe zestawienie badań NDT dla oceny stanu technicznego zbiornika magazynowego bez wyłączania urządzenia z eksploatacji

Tabela 1. Szczegółowe zestawienie badań NDT do wykonania na zbiornikach o osi pionowej

BADANIA W RUCHU		BADANIE PO UDOSTĘPNIENIU ZBIORNIKA DO OGLĘDZIN POWIERZCHNI WEWNĘTRZNEJ
ZBIORNIKI Z DNEM POJEDYNCZYM	ZBIORNIKI Z DNEM PODWÓJNYM	
Badania w zakresie emisji akustycznej AE	Próba szczelności przestrzeni międzydennej	Badania pasa obrzeżnego dna zbiornika od strony wewnętrznej o szerokości około 1 m oraz pozostałej powierzchni dna zbiornika w miejscach uzgodnionych pomiędzy inspektorem UDT a użytkownikiem
Profilowanie grubości płaszcza zbiornika przy pomocy badań metodą ultradźwiękową	Profilowanie grubości płaszcza zbiornika przy pomocy badań metodą ultradźwiękową.	Pomiar upływu ładunku elektrostatycznego z powłoki ochronnej
Badanie strefy krytycznej od strony zewnętrznej zbiornika, w miejscach dostępnych na jego obwodzie	Badanie strefy krytycznej od strony zewnętrznej zbiornika, w miejscach dostępnych na jego obwodzie	Badanie strefy krytycznej na całym obwodzie zbiornika
Inne badania niezbędne do określenia aktualnego stanu technicznego zbiornika		

PODSUMOWANIE

Badania wyznaczone w ramach Analizy Bezpiecznej Eksploatacji pozwalają ocenić stan techniczny konkretnych urządzeń. Można to osiągnąć jedynie przy współpracy pomiędzy eksploatującym a Urzędem Dozoru Technicznego. ABE ma na celu optymalizację inspekcji poprzez wskazanie terminów, zakresów oraz rodzajów badań, uwzględniając jednocześnie ich efektywność. Rozwiązanie to daje w pewnych przypadkach możliwość uniknięcia kosztów związanych z utrzymaniem urządzenia w eksploatacji, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa na dotychczasowym lub wyższym poziomie.

Literatura

1. Baza paliw w Nowej Wsi Wielkiej: źródło PERN S.A. <https://www.pern.pl/2019/07/03/pern-zwiekszył-pojemnosc-bazy-paliw-w-nowej-wsi-wielkiej/>.
2. WUDT-UC-ABE:07.2020 „Warunki Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie planowania inspekcji zbiorników bezcisnieniowych i niskociśnieniowych, stałowych o osi pionowej przeznaczonych do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych”.
3. EEMUA (Engineering Equipment and Materials Users Association) PUB NO 159 5th Edition, August 2018, Complete Document „Above ground flat bottomed storage tanks: A guide to inspection maintenance and repair”.
4. Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym (Dz.U. z 2023 poz. 1622, tj.) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20001221321/U/D20001321Lj.pdf>
5. Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 18 września 2001 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki bezcisnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych (Dz.U. Nr 113, poz. 1211, z późn. zm.) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20011131211/O/D20011211.pdf>
6. API STD 653 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction.
7. API RP 575 Inspection Practices for Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks.
8. API RP 571 Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry.
9. API RP 580 Risk-based Inspection.