

RISK BASED INSPECTION JAKO NOWOCZESNA METODA WSPOMAGAJĄCA WYDŁUŻANIE CYKLI MIĘDZYREMONTOWYCH I WZROST DOSTĘPNOŚCI MECHANICZNEJ INSTALACJI PRODUKCYJNYCH I MASZYN

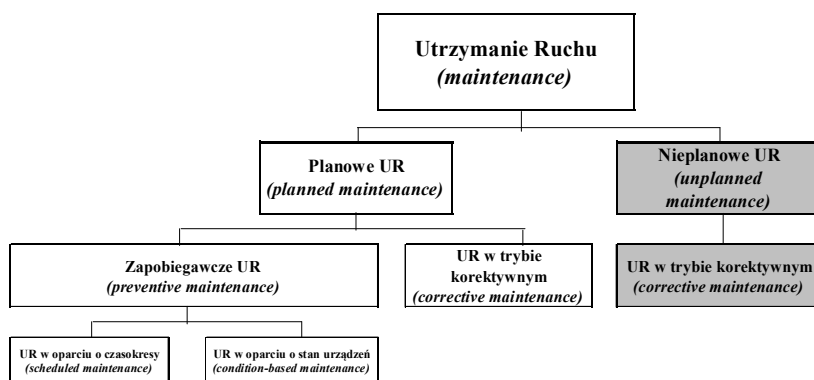
Leszek PRUSZKOWSKI

Streszczenie: Artykuł stanowi próbę przybliżenia problematyki związanej z wykorzystaniem metody Risk Based Inspection (RBI) do wydłużenia cykli remontowych i wzrostu dostępności mechanicznej instalacji produkcyjnych i maszyn. Zastosowanie metody RBI, bazującej na identyfikacji mechanizmu powstawania uszkodzeń w ciśnieniowych urządzeniach statycznych, takich jak zbiorniki, aparaty i rurociągi, pozwala dokonać oceny pozostałej żywotności urządzeń i w praktyce umożliwia odsunięcie w czasie inspekcji UDT realizowanych w formie rewizji i prób ciśnieniowych. Odstąpienie od czasokresów stwarza szansę na wydłużenie cykli remontowych z 2 do docelowo nawet 5 lat.

Słowa kluczowe: zarządzanie, obsługa eksploatacyjna, gospodarka naprawcza, zarządzanie procesami pomocniczymi, zarządzanie finansami przedsiębiorstwa

1. Wprowadzenie

Koszty ponoszone na utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwie są istotną pozycją w całkowitych kosztach operacyjnych [1]. Podlegają one zatem optymalizacji jak w pozostałych obszarach przedsiębiorstwa. W XX wieku Utrzymanie ruchu (*ang. maintenance*) przechodziło w przedsiębiorstwach ewolucję obejmującą trzy generacje [7]. Współcześnie obowiązuje trzecia generacja, która bazuje na planowym utrzymaniu ruchu (*ang. planned maintenance*), co obrazuje rys. 1.



Rys. 1. Klasyfikacja utrzymania ruchu (UR)

Źródło: [3]

Podstawą planowanego utrzymania ruchu jest przekonanie, że prewencyjne (zapobiegawcze) utrzymanie kluczowych maszyn i instalacji jest w większości przypadków znacznie tańsze niż praca od awarii do awarii. Powyższe założenie leży u podstaw ewolucji zarządzania obsługą eksploatacyjną w przedsiębiorstwie, które wyraża się w zastępowaniu działań remontowych o charakterze korektywnym i reaktywnym (*ang. corrective maintenance*) działaniami remontowymi zapobiegawczymi (*ang. preventive maintenance*). Organizacja utrzymania ruchu opartego o remonty zapobiegawcze wymaga sprawnego planowania i harmonogramowania (*ang. planning & scheduling, P&S*). Opracowywanie planów i harmonogramów zapewnia realizację przyjętej polityki remontowej, wpisującej się w strategię przedsiębiorstwa [2, 3, 6, 9].

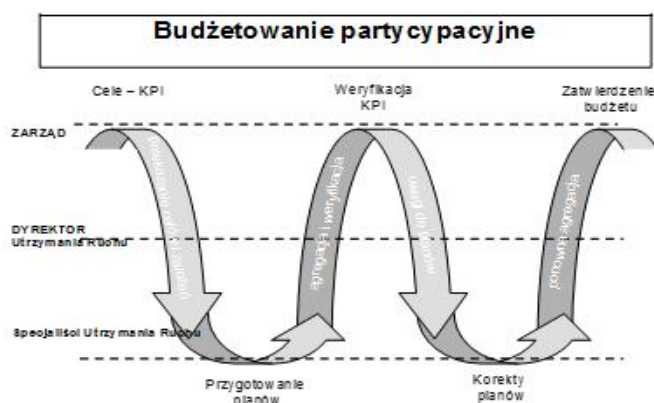
Planowanie obsługi eksploatacyjnej może być rozpatrywane w trzech horyzontach czasowych:

- w wymiarze strategicznym,
- w wymiarze rocznym,
- w wymiarze operacyjnym (bieżącym) [5].

Każdy rodzaj planowania pełni inną rolę w zarządzaniu utrzymaniem ruchu.

Planowanie strategiczne obejmuje okres od 3 do nawet 15 lat. Wiąże się z podejmowaniem decyzji związanych z cyklem życia urządzeń i instalacji (*ang. lifecycle management*) oraz z zapewnieniem niezawodności obiektów technicznych i urządzeń w cyklach międzyremontowych. Zarządzanie cyklem życia urządzeń wymaga ustalenia sposobu finansowania utrzymania zdadności systemu technicznego. Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej rodzime przedsiębiorstwa zaczęły Międzynarodowe Standardy Rachunkowości, w myśl których finansowanie działalności remontowej może być realizowane w formie OPEX-u (koszty remontowe kwalifikowane do kosztów uzyskania przychodu) lub CAPEX-u (nakłady remontowe aktywowane i amortyzowane w czasie). Poza tym w zarządzaniu cyklem życia urządzeń do podjęcia jest kilka kierunkowych decyzji strategicznych. Chodzi o wybór opcji „naprawa czy wymiana” (*ang. „maintenance repair or replace”*) czy też „wykonaj lub kup” (*ang. „make or buy”*) w zakresie polityki utrzymani ruchu.

Planowanie roczne remontów wiąże się nierozdzielnie z budżetowaniem. Firmy coraz częściej wykorzystują tzw. budżetowanie oddolne (partycypacyjne). Schemat toku postępowania w budżetowaniu partycypacyjnym obrazuje rys. 2.



Rys. 2. Budżetowanie partycypacyjne remontów bazujące na kluczowych wskaźnikach efektywności (*ang. Key Performance Indicators, KPI*)

Źródło: Opracowanie własne.

W tym typie budżetowania proces planowania rozpoczyna się przez specjalistów branżowych, którzy opracowują budżety cząstkowe. Są one następnie kumulowane na wyższych piętach organizacji. Kilkukrotne uzgadnianie z Zarządem, w toku warsztatów budżetowych, kwot zaproponowanych przez specjalistów branżowych powoduje, że osiągnięty jest poziom kosztów akceptowany przez służby utrzymania ruchu oraz służby finansowe.

Planowanie operacyjne koordynuje kolejność realizowanych prac remontowych w bieżącym okresie w ramach zatwierdzonego rocznego planu rzeczowo-finansowego remontów.

Do niedawna akceptowane było podejście, w którym głównym celem utrzymania ruchu była optymalizacja dostępności urządzeń przy minimalnych kosztach.

Silna konkurencja na rynku powoduje, że współczesne wymagania stawiane przed utrzymaniem ruchu obejmują wiele dodatkowych wymagań:

- planowana zdecydowanie wysoka dostępność i niezawodność,
- wysoka jakość produkcji,
- wysokie bezpieczeństwo,
- korzystny wpływ na środowisko,
- długi żywot urządzeń,
- wysoka efektywność kosztów [3].

2. Uwarunkowania biznesowe planów strategicznych postojów instalacji i urządzeń

Przedsiębiorstwo jako zorganizowany zbiór środków trwałych powołane jest do funkcjonowania, w możliwie nieprzerwany sposób. Jednak ze względu na zużywanie się podczas eksploatacji maszyn i urządzeń oraz z powodu różnorodnych potrzeb technologicznych ciągłość funkcjonowania przedsiębiorstwa w pewnych okresach zostaje przerwana. W tym czasie firma nic nie wytwarza, w związku z tym traci możliwości osiągnięcia korzyści z nieprzerwanej produkcji. Bardzo znaczącym przykładem jest huta szkła, która produkuje nieprzerwanie przez 11 miesięcy w roku, natomiast wymaga zatrzymania na 1 miesiąc produkcji, w celu odnowy eksploatowanego majątku. W okresie zatrzymania produkcji sytuacja finansowa przedsiębiorstwa staje się skomplikowana z dwóch powodów. Po pierwsze, przedsiębiorstwo pozbawione jest możliwości osiągnięcia korzyści z tytułu wytwarzanych wyrobów, po drugie musi wydatkować środki finansowe na remonty i modernizacje. Gdyby majątek trwały przedsiębiorstwa był przez cały czas zdolny do wytwarzania, wówczas tzw. dostępność mechaniczna wynosiłaby 100%. W praktyce niemożliwe jest zapewnienie dostępności mechanicznej na maksymalnym poziomie. Ze względu na wspomniane wcześniej powody w ciągu roku występują okresy przeznaczone na naprawy i odnowę zdolności majątku. Relacja dni w których następuje zatrzymanie pracy urządzeń i maszyn do całkowitej liczby dni w roku, określa rzeczywisty poziom dostępności mechanicznej. Im niższy poziom dostępności mechanicznej, tym zdolności przedsiębiorstwa do generowania korzyści finansowych są niższe. Rozpatrywane to jest w tzw. rachunku traconych możliwości (szans), czego wymiarem finansowym są straty produkcyjne. Współczesne przedsiębiorstwa organizują gospodarkę remontową wykorzystując remonty zapobiegawcze. Organizacja utrzymania ruchu opartego o remonty zapobiegawcze wymaga sprawnego planowania i harmonogramowania. Opracowywanie planów i harmonogramów zapewnia realizację przyjętej polityki remontowej, wpisującej się w strategię przedsiębiorstwa. Od służb utrzymania ruchu wymaga się coraz wyższej planowanej dostępności mechanicznej instalacji przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej

niezawodności [11]. W praktyce sprowadza się to do dążenia by postoje instalacji czy parków maszynowych wykorzystywanych w produkcji miały jak najdłuższe cykle remontowe. Wśród kluczowych wskaźników efektywności (*ang. Key performance indicator, KPI*) w utrzymaniu ruchu dostępność mechaniczna instalacji należy do najistotniejszych. Na przykładzie przemysłu rafineryjnego, poziom tego wskaźnika według Solomona (*ang. HSB Solomon Associates LLC*), światowej klasy firmy benchmarkingowej, dla najlepszych przedsiębiorstw powinien kształtować się na poziomie 97–99% [12]. Poziom dostępności mechanicznej stał się ważnym czynnikiem konkurencyjności przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa o podobnym potencjale majątku produkcyjnego, różniące się jednak istotnie poziomem dostępności mechanicznej osiągają różną rentowność.

2. Uwarunkowania prawne planów strategicznych postojów instalacji i urządzeń

Na przestrzeni 20 ostatnich lat w Polsce nastąpiła bardzo głęboka ewolucja w zakresie realizowanych strategii utrzymania ruchu. Jeszcze na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku w przemyśle rafineryjnym i petrochemicznym powszechnie stosowano roczne cykle remontowe. System ten przypominał sytuację we wspomnianej wcześniej hutcie szkła. W połowie lat dziewięćdziesiątych, w wyniku coraz bardziej rozwijających się kontaktów z firmami zagranicznymi zaczęto wydłużać okresy międzyremontowe. Początkowo do dwóch lat, a następnie do trzech. Był to powolny, ale konsekwentnie realizowany proces, który skutkowało wzrostem dostępności mechanicznej. Wydłużenie cykli remontowych z rocznych do trzyletnich wymagało gruntownej reorganizacji realizacji prac remontowych. Przede wszystkim zaczęto na szeroką skalę wykorzystywać diagnostykę analizy stanu technicznego maszyn i urządzeń. Wraz z rosnącą wiedzą o stanie technicznym urządzeń możliwe było bardziej świadome organizowanie strategii napraw o dłuższych cyklach międzyremontowych.

W dużym uproszczeniu można podzielić urządzenia wchodzące w skład instalacji na dwa rodzaje: urządzenia statyczne i urządzenia dynamiczne. W obszarze urządzeń dynamicznych wiodącą rolę odgrywają maszyny wirujące, turbiny, pompy, sprężarki. Urządzenia te po roku dziewięćdziesiątym były kupowane u renomowanych zagranicznych dostawców. Dodatkowo nastąpił intensywny rozwój diagnostyki urządzeń wirujących. Dla najważniejszych maszyn krytycznych zaczęto wykorzystywać monitorowanie ciągle. W przypadku urządzeń statycznych mamy do czynienia z kolumnami, aparatami, wymiennikami ciepła, rurociągami. Większość z tych urządzeń to tzw. „urządzenia ciśnieniowe”. Mogą one stwarzać zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzkiego oraz mienia i środowiska wskutek:

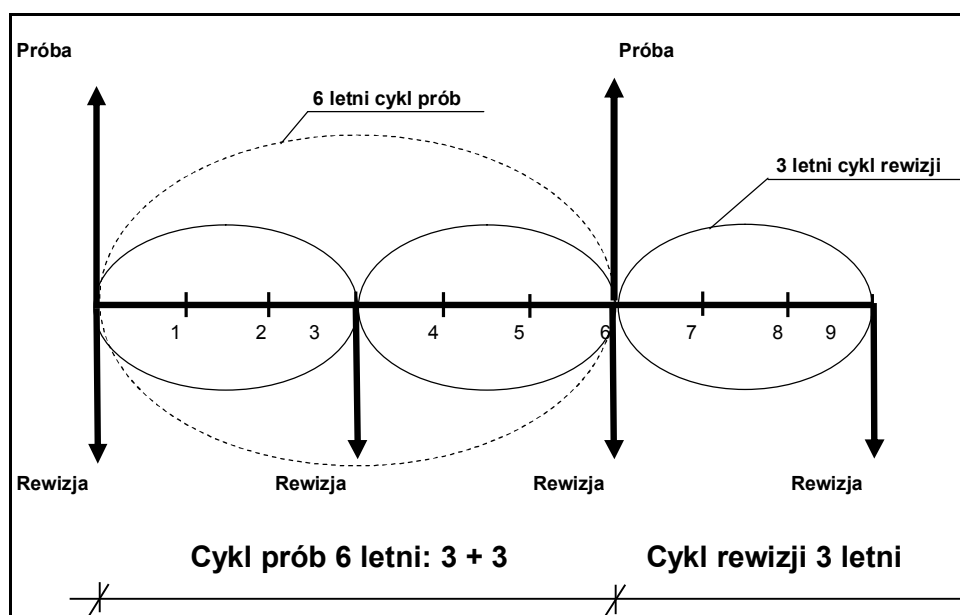
- rozprężenia cieczy lub gazów znajdujących się pod ciśnieniem różnym od atmosferycznego,
- rozprzestrzeniania się materiałów niebezpiecznych podczas ich magazynowania lub transportu.

Ze względu na charakter pracy i bezpieczeństwo znajdują się one pod nadzorem Urzędu Dozoru Technicznego (UDT). Zasady nadzoru nad urządzeniami reguluje Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym (Dz.U. z 2013, poz. 963 z późn. zm.). Urządzenia techniczne podlegające dozorowi technicznemu mogą być eksploatowane na podstawie ważnej decyzji zezwalającej na eksploatację urządzeń, wydanej przez właściwy organ dozoru technicznego. Głównym zadaniem UDT jest wykonywanie badań technicznych urządzeń technicznych i okresowa ocena stanu technicznego urządzeń w fazie eksploatacji.

W praktyce sprowadza się to do dwóch form badań urządzeń ciśnieniowych: rewizji i prób ciśnieniowych. Rewizje polegają na analizie stanu technicznego urządzeń, wykonywanej przez uprawnionych inspektorów UDT, przeprowadzonej w wyniku inspekcji i oglądu konstrukcji wewnętrznej i zewnętrznej badanych aparatów i urządzeń. Próby ciśnieniowe wiążą się ze sprawdzeniem szczelności rurociągów, aparatów i urządzeń pod wpływem pompowania do nich wody pod właściwym ciśnieniem.

Zgodnie z wymogami prawnymi rewizje powinny być przeprowadzane co 3 lata a próby ciśnieniowe co 6 lat. Są to wymogi warunkujące uzyskanie decyzji UDT o dopuszczeniu urządzeń do eksploatacji.

Trzyletnie cykle remontowe w tym przypadku zostały zharmonizowane z wymaganiami UDT. Przedstawia to rys 3.

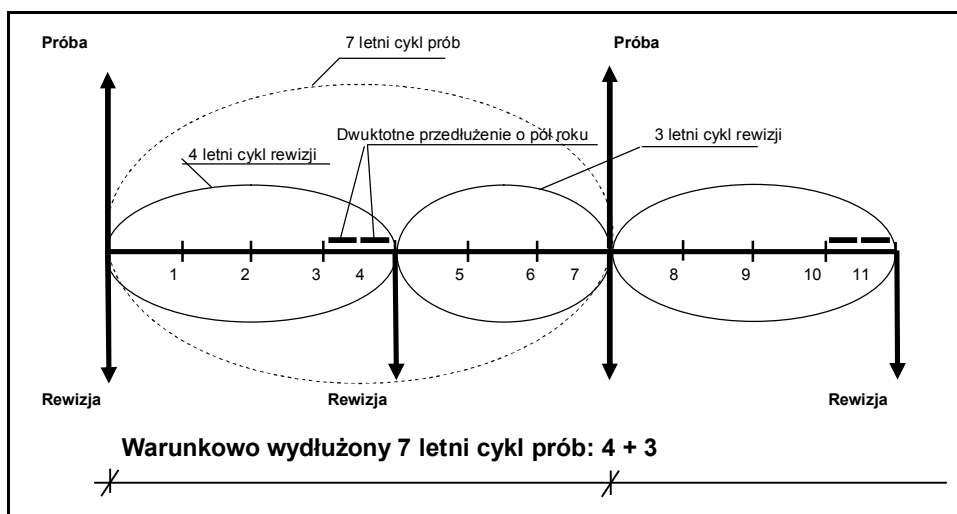


Rys. 3. Wymogi terminowe rewizji i prób

Źródło: Opracowanie własne.

W ramach walki konkurencyjnej przedsiębiorstwa poszukują rozwiązań umożliwiających zwiększenie dostępności mechanicznej. W praktyce chodzi o wydłużenie cykli remontowych. Korzystając z dostępnych uregulowań prawnych Urząd Dozoru Technicznego dopuszcza możliwość przedłużenia ważności decyzji zezwalającej na eksploatację urządzeń o pół roku od daty przewidzianej rewizji w określonych okolicznościach.

Dotyczy to sytuacji, gdy stan techniczny urządzeń, określony badaniami nieniszczącymi, nie budzi zastrzeżeń. Dodatkowo przepisy dopuszczają powtórne przedłużenie ważności decyzji o kolejne pół roku, jeśli nadal stan techniczny urządzeń jest dobry. Po tym okresie konieczne jest wykonanie rewizji a po trzech latach - rewizji i prób ciśnieniowych. Skorzystanie z tych możliwości umożliwia wydłużenie co drugiego cyklu remontowego z 3 do 4 lat. Przedstawia to rys. 4.



Rys. 4. Wydłużenie co drugiego cyklu rewizji z 3 do 4 lat po dwukrotnym uzyskaniu przedłużenia przez UDT ważności decyzji zezwalającej na eksploatację urządzeń
Źródło: Opracowanie własne.

Ustawa o dozorze technicznym uniemożliwia dalsze wydłużanie cykli remontowych. Dalsze dążenie do zwiększenia dostępności mechanicznej instalacji i urządzeń wymaga zastosowania nowoczesnej metody Risk Based Inspection (RBI).

3. Normy API i metoda RBI

Amerykański Instytut Naftowy (*ang. American Petroleum Institute, API*) - zrzeszenie branżowe producentów ropy naftowej, skupiające około 400 spółek zajmujących się produkcją, rafinacją, zaopatrzeniem w ropę, eksploatacją rurociągów naftowych od 75 lat zajmuje się normowaniem i certyfikacją. API wypracowało ponad 500 standardów i zalecanych praktyk. Większość z nich zostało włączone w USA do przepisów stanowych i federalnych. Z uwagi na znaczny dorobek API wypracowane standardy i normy coraz częściej przyjmowane są przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (*ang. International Organization for Standardization, ISO*).

W zakresie obsługi eksploatacyjnej urządzeń statycznych API wypracowało normę API 579-1/ASME FFS-1. Norma dotyczy stosowania procedur w odniesieniu do urządzeń pracujących pod ciśnieniem, tj. zbiorników ciśnieniowych, rurociągów aparatów. Norma kładzie nacisk na identyfikację mechanizmów uszkodzeń i wymagań kontrolnych w ramach oceny. Kluczowym zagadnieniem poruszonym w normie jest tzw. „sprawność do pracy” (*ang. Fitness-For-Service, FFS*). Ocena FFS to złożona i interdyscyplinarna analiza techniczna urządzenia, która jest przeprowadzana w celu sprawdzenia, czy jest ono sprawne do wykonywania dalszej pracy, w kontekście cyklu remontowego, a więc do następnej przerwy w pracy. Wynikiem tej oceny jest decyzja o trzech możliwych działaniach:

- dalszej eksploatacji urządzenia w obecnych warunkach (ewentualnie ze wskazaniami konkretnych zaleceń monitorowania)
- naprawie urządzenia,
- wymianie.

Analiza FFS precyzuje zalecenia co do częstotliwości inspekcji.

Ocena FFS bazuje na metodach analitycznej oceny wad i uszkodzeń. Wymaga podejścia interdyscyplinarnego z zakresu:

- wiedzy nt. mechanizmów uszkodzeń i zachowań materiałów,
- znajomości przeszłych i przyszłych warunków eksploatacyjnych,
- ingerencji personelu obsługującego urządzenie,
- inspekcji i lokalizacji wad i określenie ich wielkości,
- cech materiałów,
- analizy naprężeń,
- mechanizmów powstawania pęknięć.

Norma rozpatruje analizowane urządzenia w kontekście zarządzania cyklem ich życia (ang. *Life-Cycle Management, LCM*). Proces zarządzania całym cyklem życia urządzeń ciśnieniowych obejmuje projektowanie, budowę, eksploatację, naprawę (gdy jest konieczna) i utylizację. Przedstawia to rys. 5.

Zarządzanie cyklem życia urządzeń stacjonarnych ciśnieniowych zawiera:

- identyfikację mechanizmu uszkodzeń,
- przepisy konstrukcyjne Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników (ang. ASME),
- inspekcje w czasie pracy,
- normy/standardy FFS,
- wytyczne na temat napraw zgodne ze standardem ASME Post Constructions Committee (ASME PCC2).

Pomiędzy przepisami konstrukcyjnymi a zaleceniami dotyczącymi napraw pojawia się integracja technologii. Integracja technologiczna w przepisach konstrukcyjnych i naprawczych jest konieczna dla sprawnego wdrażania Zarządzanie cyklem życia urządzeń.

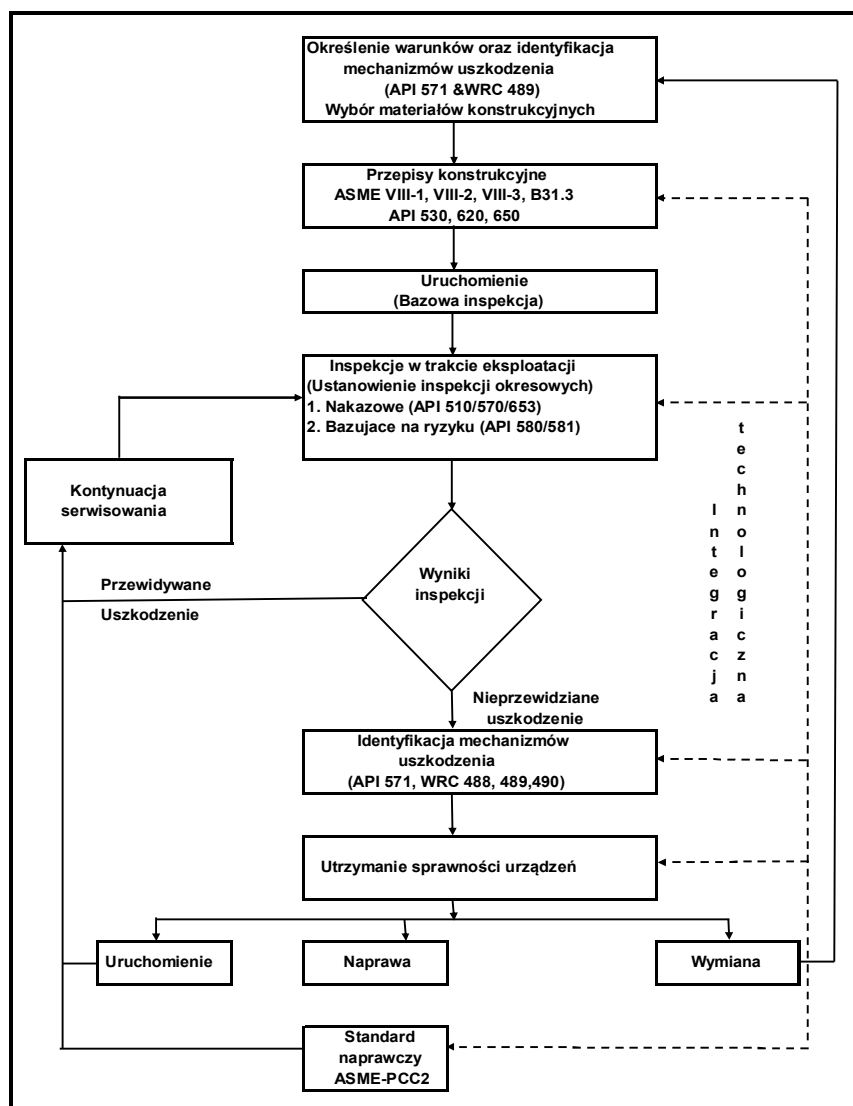
Norma API 579-1/ASME FFS-1 dzięki identyfikacji mechanizmu powstawania uszkodzeń pozwala dokonać oceny pozostałej żywotności urządzenia stacjonarnego. Norma zawiera różnorodne techniki i kryteria akceptacji technicznej i oszacowania pozostałego okresu żywotności eksploatacyjnej.

Amerykański Instytut Naftowy (API) na bazie norm i zalecanych *praktyk* (ang. *best practice*) opracował metodę Risk-Based Inspection [14].

Metoda RBI wiąże się ściśle z normami API 580, 581, w których opisano metodykę RBI. Metoda RBI łączy prawdopodobieństwo i konsekwencje awarii i szacuje wszystkie potencjalne mechanizmy degradacji [4].

Celem zastosowania metody RBI jest odsunięcie w czasie inspekcji UDT przy minimalnym spełnieniu przepisów regulacji i standardów inspekcji. Metoda zakłada realizację inspekcji niezbędnych do zachowania integracji technologicznej, o której była mowa w normie API 579-1/ASME FFS-1.

Metoda w praktyce zezwala wydłużyć okresy pomiędzy rewizjami i próbami ciśnieniowymi wynikające z wymogów prawnych. W krajach zachodnich od lat osiemdziesiątych rozpoczął się proces uwzględniania wyników analiz metody RBI do uzyskiwania od Urzędów Dozoru Technicznego decyzji zezwalających na eksploatację urządzeń. W Polsce pierwsze próby w tym zakresie, zakończone powodzeniem podjęła kilka lat temu Rafineria Gdańska należąca do Grupy Lotos S.A. Aktualnie trwają podobne działania w PKN ORLEN S.A.

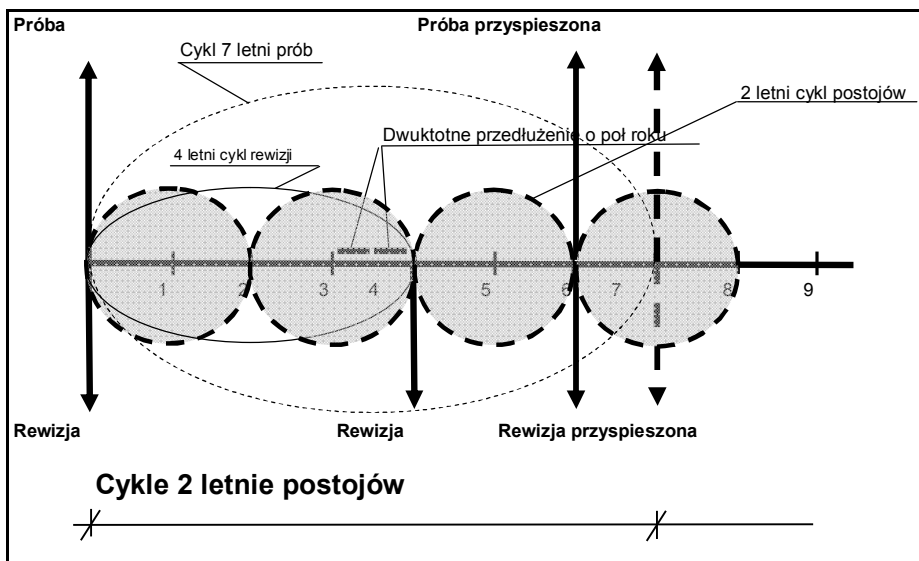


Rys. 5. Zarządzania cyklem życia urządzenia stacjonarnego
 Źródło: Norma API 579-1/ASME FFS-1 [13]

4. Wykorzystanie metody RBI do organizacji cykli postojów remontowych

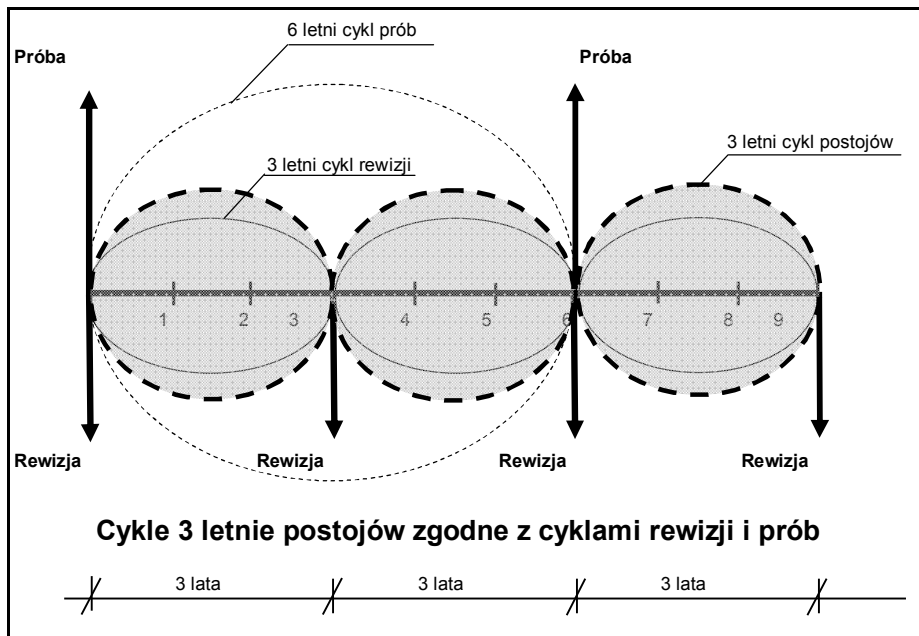
Dobrze rokujące działania nad wdrożeniem RBI w polskich rafineriach wytworzyły nową sytuację, w której można opracowywać plany strategiczne postojów instalacji uwzględniając dłuższe cykle remontowe.

Uzyskanie zgody UDT na wydłużenie okresów pomiędzy rewizjami stosunkowo harmonijnie wpisuje się w dwuletnie cykle remontowe instalacji. Przedstawia to rys. 6. Jednak już w roku 6 pojawia się potrzeba wcześniejszego wykonania rewizji i prób, niż wynika to z przepisów UDT. Poza tym cykle dwuletnie na wielu instalacjach są już zbyt krótkie.



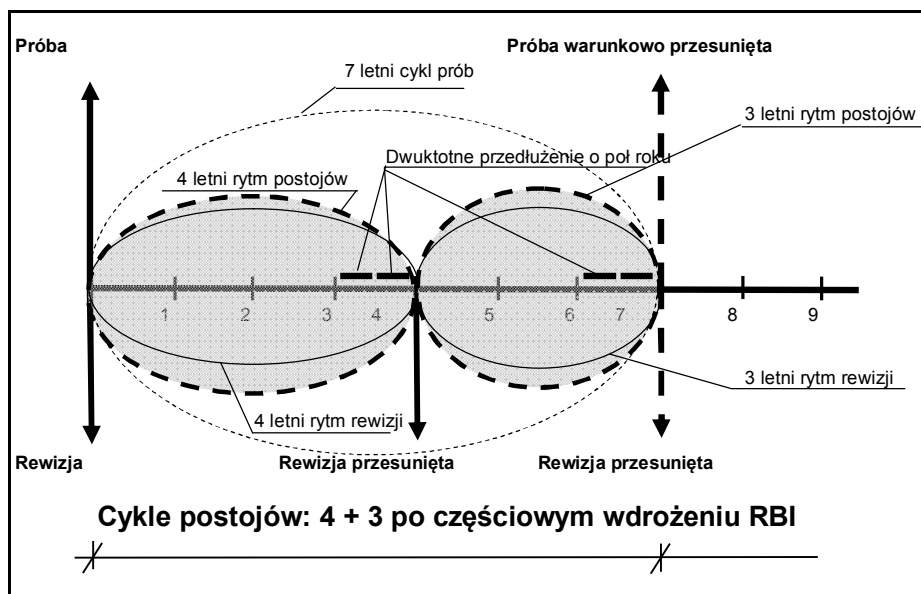
Rys. 6. Zgodność 2 letnich cykli remontowych z wydłużonymi terminami rewizji
 Źródło: Opracowanie własne.

Na instalacjach, na których możliwe jest wykonanie remontów w cyklach trzyletnich nie ma żadnej kolizji z przepisami UDT. Przedstawia to rys. 7.



Rys. 7. Zgodność 3 letnich cykli postojów z cyklami rewizji wymaganymi UDT
 Źródło: Opracowanie własne.

Jednak już wydłużenie cykli do 4 lat rodzi kolizje z uwarunkowaniami prawnymi. Biorąc pod uwagę standardy światowe 4 letnie cykle to nie jest szczyt możliwości. Jednak w Polsce tak długi okres pomiędzy zatrzymaniami remontowymi instalacji jest wciąż dużym wyzwaniem. Aby uzyskać od UDT zgodę na dwukrotne przedłużenie terminów rewizji niezbędne jest wdrożenie w rafineriach metody RBI.

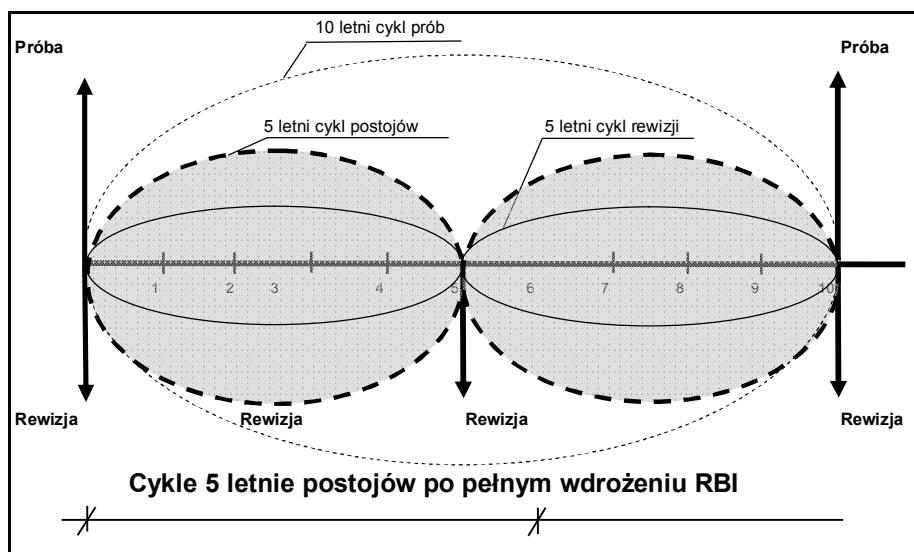


Rys. 8. Cykle postojów po częściowym wdrożeniu RBI
Źródło: Opracowanie własne.

Cykle 4 letnie należy traktować jako etap przejściowy do wdrożenia docelowo cykli 5 letnich. Cykle 5 letnie możliwe są do zastosowania przy pełnym wdrożeniu RBI. W Rafineriach polskich jest to cel, który w dłuższej perspektywie warunkuje ich przetrwanie na rynku.

5. Podsumowanie

W globalnej gospodarce przedsiębiorstwa zmuszone są poszukiwać różnorodnych czynników konkurencyjności. Zarządzanie procesami pomocniczymi przez długie lata nie było brane w tym względzie istotnie pod uwagę. Jednak w ostatnim okresie rezerwy tkwiące w zarządzaniu procesami pomocniczymi stały się przedmiotem zainteresowania menedżerów. Zarządzanie obsługą eksploatacyjną w przedsiębiorstwie, z uwagi na wpływ na dostępność mechaniczną instalacji produkcyjnych czy parków maszynowych, jak również ze względu na duże koszty utrzymania ruchu obiektów i urządzeń jest ważnym procesem pomocniczym, mającym wpływ na konkurencyjność firmy. Zwiększenie dostępności mechanicznej umożliwia eliminację strat produkcyjnych i tym samym przyczynia się do większej produktywności. Wiąże się to ściśle z wydłużaniem cykli produkcyjnych. Uwarunkowania wydłużenia okresów pomiędzy zatrzymaniami instalacji tkwią w stanie technicznym urządzeń oraz w przepisach prawnych. Urządzenia statyczne ciśnieniowe wymagają posiadania ważnych decyzji zezwalających na eksploatację



Rys. 9. Cykle postojów po pełnym wdrożeniu RBI
Źródło: Opracowanie własne.

urządzeń, wydanych przez Urząd Dozoru Technicznego. Czasokresy wynikające z przepisów państwowych zakładają wykonanie w urządzeniach, aparatach i rurociągach ciśnieniowych co 3 lata rewizji a co 6 lat prób ciśnieniowych. Takie wymogi uniemożliwiają wydłużanie cykli remontowych do 4 czy 5 lat, co jest standardem w krajach rozwiniętych. W krajach tych w latach osiemdziesiątych przedsiębiorstwa miały podobne ograniczenia wynikające z obowiązującego prawa. Szansą na wydłużenie cykli remontowych stała się metoda Risk Based Inspection (RBI), bazująca na normach API, opracowanych przez Amerykański Instytut Naftowy. W Polsce prekursorem wdrożenia norm API oraz metody RBI jest Rafineria Gdańska należąca do Grupy Lotos S.A. Intensywne prace w tym zakresie trwają również w PKN ORLEN S.A. Dotychczasowe doświadczenia dobrze rokują na przyszłość i należy spodziewać się w długim okresie czasu trwałej adaptacji metody RBI do praktyki gospodarczej w tych przedsiębiorstwach.

Literatura

1. Baldry D., Amaratunga D.: Guide to facilities management. Butterworth-Heinemann. London, 2006.
2. Duffuaa S., Raouf A., Campbell J.: Planning and control of maintenance system. John Wiley & Sons Inc. New York, 1999.
3. Chanter B., Swallow P.: Building maintenance management. Blackwell Science 1996.
4. Jones Richard B.: Risk-Based Management: A Reliability-Centred Approach, Gulf Professional Publishing 1995
5. Kaźmierczak J.: Eksploatacja systemów technicznych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2000.
6. Kister T, Hawkins B.: Maintenance planning and scheduling handbook. Butterworth-Heinemann. London, 2006.
7. Moubray J.: Reliability centred maintenance. Industrial Press Inc. New York, 1997.

8. Mobley R. K.: Root cause failure analysis. Butterworth-Heinemann. London, 1999.
9. Nyman D., Levitt J.: Maintenance planning, scheduling and coordination. Industrial Press. New York, 2002.
10. Palmer R. D.: Maintenance planning and scheduling Handbook. Mc Graw-Hill Professional, New York, 1999.
11. Pruszkowski L.: Zarządzanie obsługą eksploatacyjną nieruchomości i obiektów technicznych. Wydawnictwo PWSZ w Płocku. Płock, 2010.
12. Reliability and Maintenance Study, witryna Solomon Associates, <http://solomononline.com/ram-study/>
13. Fitness-for-Service, API 579-1/ASME FFS-1 – norma branżowa <http://www.techstreet.com/products/1508925>
14. Risk-Based Inspection Technology API Recommended Practice 581-norma branżowa <http://wenku.baidu.com/view/dbbc9fff700abb68a982fbc7>

Dr inż. Leszek PRUSZKOWSKI
Wydział Zarządzania
Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica w Płocku
09-402 Płock, Aleje Kilińskiego 12
tel.: (0-24) 366-41-22 Wydział Zarządzania
e-mail: pruszkowski.leszek@gmail.com