

Biuletyn

nr 1/2014

Zespół redakcyjny: mgr inż. Jerzy Dobosiewicz,
dr inż. Jerzy Trzeszczyński



ISO 14001:2004
ISO 9001:2008
PN-N-18001:2004
www.tuv.com
ID 0910082152



nr LB-003/09 nr LB-179/09

pronovum[®]
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES

Centrum Badawczo - Rozwojowe

Szanowni Państwo

Jeśli obserwowany od kilkunastu lat kierunek przekształceń w Energetyce Polskiej utrzyma się, na co wiele wskazuje, to w dającej się przewidzieć przyszłości zasłuży sobie ona na nowy, niższy status energetyki w Polsce. To zmiana o znaczeniu strategicznym, mająca swoje konsekwencje zwłaszcza w obszarze wiedzy i kompetencji technicznych.

Także do takich spostrzeżeń prowadzi analiza historii piętnastu Konferencji dotyczących chemii energetycznej zainicjowanej w 1964 roku przez grupę inżynierów chemików wywodzących się ze Służby Chemicznej Zakładów Energetycznych Okręgu Południowego (ZEOPd) w Katowicach. Pro Novum przypadł zaszczyt kontynuowania tego projektu w okresie ostatnich dwunastu lat, w tym zorganizowania 15., jubileuszowej Konferencji. To jeden z najdłuższych tego typu projektów w Energetyce Polskiej. Z tej okazji wydaliśmy specjalny folder przypominający tematykę wszystkich Konferencji, a także wizerunki ludzi, z których wielu już nie ma pośród nas, w tym **inżyniera Adama Jakubika**, któremu dedykujemy niniejszy numer naszego Biuletynu Pro Novum.



Jerzy Dobosiewicz & Jerzy Trzeszczyński

1986-2014

XV KONFERENCJA

UDZIAŁ CHEMII
ENERGETYCZNEJ
WE WZROŚCIE
EFEKTYWNOŚCI URZĄDZEŃ



Problemy dotyczące układów łopatkowych turbin parowych związane z korozją postojową oraz gromadzeniem się osadów

Problems concerning steam turbine blade systems connected with standstill corrosion and sediment accumulation

Osady w układach łopatkowych turbin – mechanizm powstawania

W idealnej sytuacji wyprodukowana w kotle para ma jakość gwarantującą uniknięcie zanieczyszczenia przegrzewaczy i systemu łopatkowego turbin. Niestety, mimo utrzymywania wysokiej czystości czynnika w układzie wodno-parowym występują problemy w eksploatacji turbin. Zanieczyszczenia przechodzące do pary wydzielają się w systemie łopatkowym, powodując wzrost ciśnienia w częściach przelotowych oraz uszkodzenia o charakterze korozyjnym. Powodować to może: obniżenie mocy i sprawności turbozespołu, wzrost sił poosiowych i wskaźnika przesuwu poosiowego, temperatur łożysk oporowych oraz uszkodzenia m. in. łopatek turbin.

Osady wydzielane (gromadzące się) na łopatkach roboczych i kierowniczych turbin parowych najczęściej utworzone są z:

- nierozpuszczalnych w wodzie połączeń krzemionki oraz tlenków żelaza – magnetytu i hematytu, tlenków glinu i miedzi pochodzących z procesów korozyjnych;
- rozpuszczalnych w wodzie soli sodowych, tj. węglanów, chlorków, siarczanów, krzemianów oraz wodorotlenku sodu;

- nierozpuszczalnych w wodzie soli wapnia i magnezu – obecnie w kotłach na wysokie parametry udział tych osadów jest niewielki w związku z bardzo wysoką jakością wody uzupełniającej i zasilającej.

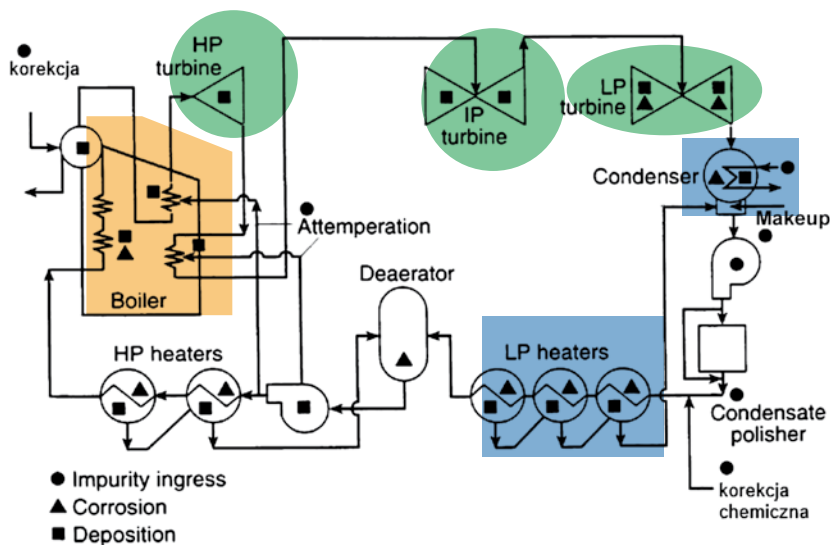
Osady w układach łopatkowych turbin – problemy występujące w praktyce

Przykład 1

Na bloku energetycznym wyposażonym w kocioł fluidalny wystąpił problem z zanieczyszczeniem czynnika układu wodno-parowego i urządzeń w układzie technologicznym bloku, głównie związkami miedzi. Przyrost ilości osadów z miedzią skutkował utrudnieniami w wykonywaniu prac remontowych (np. pęknięcie spoin na skutek ich lokalnego utwardzenia), a przede wszystkim obniżeniem możliwej do uzyskania mocy turbiny (odkładanie się osadów w kanałach przelotowych łopatek roboczych i kierowniczych w części wysoko- i średnioprężnej turbiny).

Skład osadów pobranych z układu przepływowego turbiny podano w tabeli 1.

Na rysunku 2 przedstawiono stan łopatek wirnika WP pokrytych osadami.



osady w turbinie

pierwotne źródła miedzi

wtórne źródła: miedzi oraz soli wydzielonych z wody (krzemiany, chlorki, siarczany, fosforany metali alkalicznych) oraz innych zanieczyszczeń wody zasilającej

rys. 1. Obieg zanieczyszczeń w elektrowni z kotłem walczkowym

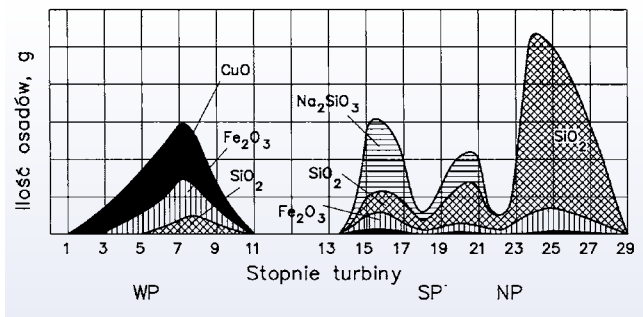
Podział korpusu WP	Część wysokoprężna turbiny						Część średnioprężna		Część niskoprężna		
	Ł. 6 st. WP	Ł. 8 st. WP	K. nr 8 WP	Ł. 12 st. WP	Ł. 14 st. WP	Ł. 18 st. WP	Ł. 13 st. SP	Ł. 14 st. SP	Ł. 4 st. (wlot) NP	Ł. 4 st. (wylot) NP	
%wag											
O	29,74	32,20	25,84	28,98	29,21	29,88	25,70	43,62	21,82	21,25	55,95
Na								26,51	23,29	5,58	4,23
Si	0,28							7,40	8,27	24,56	33,77
P	0,77	5,58	2,76	3,76	5,10	3,30	3,43	0,18	0,31		
S	0,25	2,45	1,99	1,53	1,82	3,43	1,47	1,02	1,19	0,29	0,14
V	0,23										
Cl										0,92	0,45
K										0,20	0,36
Ca								0,19		0,17	
Cr	1,11								0,33	0,31	
Mn	0,24	0,28		0,33				0,23	0,43	0,25	
Fe	45,01	6,07	5,60	9,62	2,76	1,80	1,88	6,47	17,36	19,14	1,21
Ni										0,36	
Cu	22,37	43,76	59,12	50,54	57,32	60,11	65,60	12,04	22,61	23,28	5,83
Zn		9,66	4,68	5,25	3,80	1,49	1,92	2,35	4,39	3,67	1,06



Rys. 2. Osady na łopatkach wirnika turbiny

Na podstawie przeprowadzonej mikroanalizy rentgenowskiej (EDX) osadów stwierdzono, że osady w części wysokoprężnej turbiny składają się głównie ze związków miedzi i żelaza.

Udział związków miedzi w części wysokoprężnej turbiny wzrasta po kolejnych stopniach turbiny wraz z ekspansją pary. Związane jest to z gwałtownym spadkiem rozpuszczalności miedzi w parze przegrzanej wraz z jej rozprężaniem. Rozkład taki jest zgodny z danymi teoretycznymi (rys. 3).



Rys. 3. Teoretyczny rozkład osadów w części nisko-, średnio- i wysokoprężnej turbiny

W osadach z części wysokoprężnej stwierdzono obecność związków żelaza i cynku – ich udział maleje stopniowo po kolejnych stopniach. Cynk jako składnik stopów miedzi stosowanych w wymiennikach ciepła jest wraz z miedzią przenoszony do kotła i dalej z parą do turbiny. Zauważono również obecność w osadach znacznej ilości związków fosforu, źródłem którego w praktyce może być jedynie fosforan trójsodowy używany w systemie korekcji wody kotłowej, a przenoszony dalej w wyniku niedoskonałej pracy separacji pary z kotła, szczególnie w stanach nieustalonych, w tym m.in. w przypadku znacznych wahań wydajności kotła.

Osady z części średnioprężnej to mieszanina związków sodu, krzemu (krzemionka) oraz znacznej ilości związków miedzi i żelaza. Obecność tak znacznych ilości miedzi i żelaza nie wynika z ich teoretycznej rozpuszczalności w parze, lecz wiąże się raczej z ich mechanicznym złuszczeniem i transportem z wcześniejszych stopni układu przepływowego.

W osadach ze wszystkich stopni stwierdzono występowanie niewielkich ilości związków siarki, będących prawdopodobnie produktem degradacji (mechanicznej i chemicznej) jonitów w układach demineralizacji wody. Fragmenty jonitów w postaci

ścieru mogą być transportowane wraz z wodą uzupełniającą do obiegu kotłowego, gdzie na skutek termicznego rozkładu siarka zawarta w strukturze jonitu może być dalej transportowana w kierunku turbiny.

Przeprowadzone dodatkowe badania z traktu kondensatu i wody zasilającej oraz parownika kotła w połączeniu z wynikami badań z układu przepływowego turbiny wskazały na problem korozjo-erozji rurek mosiężnych wymienników regeneracyjnych niskoprężnych od strony parowej.

Przykład 2

Kolejny przykład odkładania się osadów stwierdzono w układzie przepływowym turbiny pracującym z kotłem fluidalnym. Korekcja czynnika obiegowego w układzie wodno-parowym opiera się na dwóch korygentach: fosforanie trójsodowym i roztworze karbohydrazdu.

Wartości reżimu chemicznego dla stosowanego systemu korekcji czynnika określone były na prawidłowym poziomie, a zakres wykonywanej analityki był wystarczający do obiektywnej kontroli obiegu zgodnie z krajowymi normami oraz rekomendowanymi przez zagraniczne jednostki, m.in. VGB.

Jakość czynnika w układzie wodno-parowym zasadniczo była zgodna z warunkami reżimowym, poza:

- licznymi przekroczeniami zawartości związków żelaza w wodzie zasilającej oraz kondensacie głównym; oprócz transportu i odkładania się wymienionych zanieczyszczeń w kotle, związki żelaza (i inne zanieczyszczenia) wraz wodą stosowaną do schładzania pary są transportowane do traktu parowego i dalej do układu przepływowego turbiny, gdzie odkładając się wpływają na zwiększenie oporów przepływu i spadek sprawności wytwarzania;
- przekroczeniami zawartości miedzi i jej związków, które emitowane z układu kondensacji (korozja, erozja) trafiają do kotła (ok. 17% masy osadów), a wtórnie do układu przepływowego turbiny (odkładanie głównie w części wysokoprężnej) – rysunek 3.

Ponadto praktycznie we wszystkich czynnikach stwierdzono obecność fosforanów (<1 mg/dm³). Obecność fosforanów poza kotłem (wodą kotłową) jest zawsze niepożądana. Wpływa bowiem na zwiększenie przewodnictwa elektrolitycznego w układzie wodno-parowym, ma działanie szlamotwórcze i wskazuje



Rys. 4. Tarcza kierownicza K25 i osad z niej pobrany



Rys. 5. Wirnik turbiny i osad pobrany ze stopnia nr 10

na ograniczoną efektywność działania układów separacji pary w walczaku, nawet przy stosunkowo niskiej zawartości fosforanów w wodzie kotłowej. Ponieważ fosforany, jako nietlotne, nie przechodzą do pary w fazie gazowej, to ich porywanie z walczaka musi mieć charakter unosu mechanicznego, gdzie oprócz fosforanów do traktu parowego mogą być porywane wszystkie inne zanieczyszczenia wody kotłowej (tlenki żelaza, związki miedzi i inne) trafiając do traktu parowego i układu przepływowego turbiny. Na elementach układu przepływowo-

go ujawniły się osady, które miały niekorzystny wpływ na stan i sprawność turbiny. Przykładowe fotografie osadów przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Pobrane osady z poszczególnych stopni turbiny miały różny skład i charakter morfologiczny. Porównanie zawartości pierwiastków (analiza pierwiastkowa) oraz rodzaju związków (analiza fazowa) w badanych osadach z układu przepływowego turbiny przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Skład pierwiastkowy osadu

Tabela 2

Pierwiastek Miejsce poboru osadu	O	Si	Fe	Cr	S	Ca	Mg	Cu	Zn	Ti	Mn	Na	K	Al	C	P	Ni	V	Cl
	% wag.																		
Koło nr 1	21,67	0,58	56,27	0,90	1,01	5,67	2,90	2,66	7,82		0,54								
Koło nr 10	32,50	0,47	38,39	0,38	7,82	1,11		2,73	1,42	0,30		14,88							
Kierownica nr 12 – górna połówka	37,09	0,37	44,40	0,70	1,62	0,84	2,80	2,60	5,58			3,99							
	48,67	0,18	12,15		14,01	0,33			0,30			23,77	0,59						
Koło nr 18	22,47	0,55	72,78	0,45	0,24	0,30		1,78			0,56						0,64	0,22	
Koło nr 23	44,00	1,39	50,53	2,22		0,21		0,51		0,30	0,40								
Kierownica nr 25	49,96	8,66	15,47	0,42	0,20	0,39	0,19	1,01	0,28	10,40			0,12	0,20	12,45				0,25
Kierownica nr 26	55,70	1,79	0,87	0,32						18,78				0,90	21,52	0,10			
Kierownica nr 27	51,14	0,44	43,45	0,22	0,56			0,74		2,98	0,36			0,12					
Kadłub	30,96	0,94	65,51							2,59									
Prawy zawór regulacyjny	38,87	0,44	56,59	0,86	0,54	1,06	0,60		1,04										

Rodzaj związków w osadach

Tabela 3

Koło nr 1	Koło nr 10	Kierownica nr 12 – górna połówka	Koło nr 18	Koło nr 23	Kierownica nr 25	Kierownica nr 26	Kierownica nr 27	Kadłub	Prawy zawór regulacyjny
Fe_3O_4	Fe_3O_4, Fe_2O_3 $FeOOH$	Fe_3O_4	Fe_3O_4, Fe_2O_3 $FeOOH$	Fe_3O_4, Fe_2O_3 $FeOOH$	Fe_3O_4, Fe_2O_3	Fe_3O_4	Fe_3O_4	$Fe_3O_4, FeOOH$	Fe_3O_4, Fe_2O_3
	TiO_2	$Na_2S_2O_4 + Na_2SO_4$			TiO_2	TiO_2	TiO_2	TiO_2	
		SiO_2 $Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ /KAISiO ₂ O ₆			SiO_2 $Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ /KAISiO ₂ O ₆	SiO_2 $Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ /KAISiO ₂ O ₆	SiO_2 $Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ /KAISiO ₂ O ₆	SiO_2 $Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ /KAISiO ₂ O ₆	

Fe_3O_4 mogą być podstawione innymi pierwiastkami tj. Mg, Ca, Zn, Cr, Cu

Osady z układu przepływowego turbiny miały zróżnicowany skład chemiczny. W przeważającej części główną fazę stanowiły tlenki żelaza: Fe_3O_4 (który mógł być podstawiony innymi pierwiastkami Mg, Zn, Cu, Cr, Ca), Fe_2O_3 oraz hydroksytlenku $FeOOH$ w różnych udziałach objętościowych w osadzie (tab. 2 i 3).

Skład pierwiastkowy osadów zmieniał się wzdłuż układu przepływowego:

- największa ilość związków miedzi (i innych składników stopów miedzi) na pierwszych stopniach licząc od strony napływu pary,
- stopniowy wzrost zawartości krzemionki, do ok. 8%, w części wylotowej,
- obecność dużej, trudnej do wyłumaczenia szczególnie w odniesieniu do siarki, ilości związków siarki i sodu (w różnego rodzaju ugrupowaniach) w połowie długości wału turbiny; wykluczając wodę dodatkową jako źródło siarki, praktycznie miejscem, w których mogła się tu dostać do obiegu wodno-parowego jest kocioł, w przypadku powstania nieszczelności na układzie ciśnieniowym i przedostaniu się zanieczyszczeń z komory paleniskowej (paliwo, sorbent, popiół itp.); sytuację taką może potwierdzać obecność węgla w układzie przepływowym (w części wylotowej); drugim źródłem, choć nie ma na to potwierdzenia w analizach, mogą być skropliny z układu ciepłowniczego;
- obecność znaczącej ilości związków tytanu (głównie tlenków) w obszarze wylotowym; źródłem mogą być elementy w układzie wodno-parowym wykonane z materiałów zawierających tytan (bądź napawane tytanem), a uszkodzone na drodze mechanicznej i/lub erozyjnej.

Korozja postojowa

W czasie eksploatacji ważnym czynnikiem wpływającym na niezawodność urządzeń jest odpowiednio dobrany i prawidłowo stosowany reżim chemiczny. Obecnie możliwości wytwórcze jednostek energetycznych są większe niż zapotrzebowanie na energię, dodatkowo na etapie inwestycji jest kilka nowych obiektów energetycznych o dużej mocy (m. in. w grupach *ENEA Wytwarzanie S.A.*, *TAURON Wytwarzanie S.A.* i *PGE GiEK S.A.*), które w niedługim czasie wejdą do polskiego systemu energetycznego. Z tego powodu coraz częściej bloki energetyczne wyłączane są na dłuższe okresy lub będą pracowały jako bloki szczytowe. Ta sytuacja dotyczy nie tylko bloków przystosowanych do tego typu pracy, ale również bloków 200 MW, stanowiących w dalszym ciągu podstawowe jednostki wytwórcze w polskiej energetyce.

Każdemu postojowi urządzenia energetycznego, niezależnie od przyczyn, towarzyszą zagrożenia wystąpienia uszkodzeń w wyniku korozji postojowej. Zjawisko to występuje tym silniej, im czas postoju urządzenia niezabezpieczonego antykorozyjnie jest dłuższy, a negatywne skutki tych procesów znajdują odzwierciedlenie w czasie późniejszej eksploatacji.

Problem występowania korozji postojowej dotyka nie tylko kotła, ale również turbiny. Dobowe wahania temperatury powietrza w hali maszynowej mogą inicjować proces skraplania się wody i prowadzić do selektywnej korozji postojowej (nawet w przypadkach pewnego odłączenia turbiny na armaturze, np. poprzez założenie zaślepek). Intensywność procesu korozji jest zależna od nasilenia wykraplania się pary i jej przedostawania się w określony obszar wirnika. Para wodna do układu przepływowego turbiny w stanie postoju może dostać się również poprzez

nieszczelność z sąsiednich urządzeń będących w eksploatacji. Skrajne przykłady uszkodzeń układów łopatkowych przedstawiono na rysunkach 6 – 9.



Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8



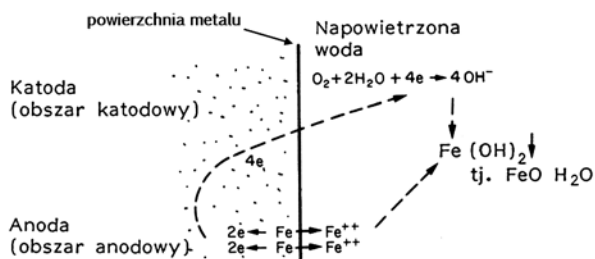
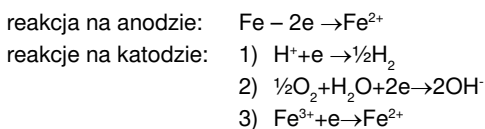
Rys. 9

Zapobiegać tego typu negatywnym zjawiskom można poprzez konserwację urządzenia na czas postoju. Jest ona zalecana już w postojach dłuższych niż 10 dni.

Mechanizm korozji postojowej

Korozja postojowa jest klasyfikowana jako proces elektrochemiczny. Przebieg procesu korozyjnego jest związany: z obecnością elektrolitu (wody) występującego na powierzchni

metal, obecnością tlenu, soli i osadów eksploatacyjnych oraz zanieczyszczeń gazowych, tj. CO_2 i SO_2 , a także ze stanem powierzchni i struktury metalu. Intensywność procesu zależy od szybkości poniżej podanych reakcji.



Czynnikiem przewodzącym jest cienka warstwa elektrolitu, a czynnikiem utleniającym tlen w niej rozpuszczony. Film wody (elektrolit) powstaje na powierzchni metalu elementów układu przepływowego turbiny na skutek kondensacji pary zawierającej sole (wilgotna para również rozpuszcza sole wydzielone w układzie przepływowym turbiny).

Wilgocę w postaci cienkiej warstwy wody (skondensowana para wodna) i tworzące elektrolit zanieczyszczenia powodują procesy korozji elektrochemicznej z depolaryzacją tlenową – tlen z powietrza (reakcja 2). Rozpuszczone w skroplinach sole powodują wzrost przewodnictwa elektrolitycznego i tym samym zwiększają szybkość procesu korozyjnego.

Sposoby ograniczenia korozji postojowej

Korozję wewnątrz turbiny można i należy ograniczać. Pierwszym etapem jest opracowanie/zastosowanie specjalnych procedur odstawienia turbiny, pozwalających na maksymalne ograniczenie wilgoci wewnątrz korpusu. Kolejnym – opracowanie/zastosowanie zabezpieczenia antykorozyjnego metod ochrony opartych na kompilacji metod fizycznych, polegających na zmniejszeniu wilgotności względnej wewnątrz korpusu turbiny oraz chemicznej inhibicji powierzchni objętych konserwacją z wykorzystaniem specjalnie dobranego dwufunkcyjnego inhibitora lotnego chroniącego jednocześnie powierzchnie stalowe, jak i wykonane ze stopów miedzi.

Mechanizm działania inhibitora polega na wytworzeniu monomolekularnej warwy ochronnej, skutecznej zarówno w warunkach aplikacji suchej jak i z roztworu. W przestrzeni chronionej urządzenia wilgotność względna powinna być mniejsza niż 50%, ponieważ szybkość korozji wzrasta gwałtownie po przekroczeniu progu 60% wilgotności względnej w przestrzeni konserwowanej. Dodatkowo dodane w niewielkich ilościach substancje inhibujące do środowiska korozyjnego tworzą na metalu warstwę adsorpcyjną hamując procesy katodowe lub/i anodowe. Charakter warstwy ochronnej pozwala na zabezpieczenie powierzchni bez dodatkowego procesu dekonserwacji.

Sposoby ochrony układów łopatkowych turbin parowych przed gromadzeniem się osadów i korozją postojową

Ze względu na ogromne znaczenie procesów chemicznych w opisanych powyżej przypadkach należy przedsięwziąć stosowne kroki, aby ograniczyć osadzanie/powstawanie zanieczyszczeń w układzie łopatkowym poprzez:

- utrzymywanie wysokiej jakości czynnika w układzie wodno-parowym (z odpowiednim jej monitoringiem), pozwalającej na uzyskanie optymalnych warunków dla długotrwałej i bezawaryjnej pracy urządzeń;
- zminimalizowanie korozji podgrzewaczy wody zasilającej w celu ograniczenia powstawania i w następstwie transportu produktów korozji, przy jednoczesnym zagwarantowaniu wysokiej jakości wody obiegowej, odpowiednich warunków chemicznych (zwłaszcza przy elementach urządzeń wykonanych ze stopów miedzi, gdzie powinny być utrzymywane warunki redukcyjne);
- niedopuszczanie do nadmiernego przyrostu zanieczyszczeń na wewnętrznych powierzchniach rur ekranowych i przegrzewaczy poprzez ich regularne chemiczne czyszczenie, dmuchanie oraz konserwację kotła w okresach postoju;
- ograniczenie mechanicznego unosu zanieczyszczeń stałych (nierozpuszczalnych w panujących warunkach) w kotłach walczkowych poprzez utrzymywanie poprawnego stanu technicznego układu separacji pary;
- zminimalizowanie transportu zanieczyszczeń z przegrzewaczy pary poprzez uważne prowadzenie kotła – dostosowanie korekcy chemicznej czynnika do aktualnego stanu pracy bloku (uruchomienie, praca stacjonarna, praca niestacjonarna, odstawienie).

Podsumowanie i wnioski

1. Uszkodzenia układu łopatkowego w postaci:
 - osadów zgromadzonych na łopatkach,
 - ubytków materiału osadów spowodowanych korozją postojową, mogą powodować m.in. obniżenie mocy i sprawności turbozespołu.
2. Zjawiskom takim należy zapobiegać (z oczywistych względów technicznych i ekonomicznych).
3. Zakład Chemii Energetycznej *Pro Novum* posiada:
 - wiedzę,
 - doświadczenie,
 - potencjał,
 pozwalające na skuteczne zdiagnozowanie problemu (źródła emisji osadów, przyczyny korozji postojowej) oraz potrafi skutecznie usunąć lub ograniczyć wpływ omawianych negatywnych zjawisk na sprawność układu łopatkowego.

LITERATURA

- [1] Jakubik A., Uszkodzenia niemechanicznie urządzeń ciepłych elektrowni, WNT, Warszawa 1974.
- [2] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 122.2408/2009.
- [3] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 103.2983/2013.
- [4] Zbroińska-Szczęchura E., Dobosiewicz J., Korozja postojowa elementów ciśnieniowych bloków energetycznych, „*Energetyka*” 1996, nr 1.
- [5] Śliwa A., Przeciwdziałanie korozji postojowej bloków energetycznych, „*Energetyka*” 2001, nr 8.



Zmiany wytycznych dotyczących jakości czynnika obiegowego w układach wodno-parowych bloków energetycznych

Changes in guidelines concerning the quality of a circulating agent in water/steam systems of power units

Jakość wody jako czynnika obiegowego w układach wodno-parowych w urządzeniach energetycznych jest niezwykle istotna. Zarówno długoletnia, bezawaryjna eksploatacja, a także idące z nią w parze względy finansowe są czynnikami, z którymi liczy się, a przynajmniej powinien się liczyć każdy eksploatacyjny tych urządzeń. Odpowiedni dobór reżimu chemicznego dla użytkowanych jednostek wytwórczych ma ogromne znaczenie w czasie ich eksploatacji w kolejnych latach pracy. Właściwy dobrany reżim chemiczny pozwala na uniknięcie wielu problemów, takich jak:

- uszkodzenia korozyjne powierzchni ogrzewalnych,
- powstawanie osadów o charakterze korozyjnym generujących awarie urządzeń,
- obniżenie jakości wytwarzanej pary z wtórnym wachlarzem problemów,
- wytrącanie się osadów podczas nieustalonych stanów pracy,
- obniżenie ogólnej sprawności urządzeń.

Na przestrzeni lat, wraz z pojawianiem się coraz bardziej zaawansowanych technologicznie jednostek wytwórczych, zaostrzeniu ulegały również parametry dotyczące jakości stosowanego w nich czynnika obiegowego. Coraz wyższe parametry pracy bloków energetycznych oraz wymagania jakościowe dla wytwarzanej w nich pary wymusiły stopniowe zaostrzenie wymagań, które stawia się jakości czynnika obiegowego w układach wodno-parowych.

Stan aktualny

Z biegiem lat i postępowaniem w dziedzinie uzdatniania wody na cele energetyczne powstało wiele wytycznych i zaleceń dotyczących korekcji oraz wymaganych parametrów czynnika w układach wodno-parowych. Modyfikacje tych wytycznych, które wprowadzono przy uwzględnieniu doświadczeń eksploatacyjnych i wiedzy remontowej, pozwoliły na coraz skuteczniejsze zabezpieczanie się przed problemami występującymi w uprzednich latach podczas eksploatacji bloków energetycznych. Nie bez znaczenia w ograniczeniu liczby występujących problemów miała rewolucja w sposobach przygotowania wody na cele energetyczne, po której jakość wody dodatkowej używanej do pokrycia strat w obiegach wodno-parowych zaczęła spełniać najostrożniejsze wymagania.

Większość kart reżimowych obowiązujących w polskiej energetyce opracowana została na podstawie historycznych już edycji wytycznych VGB (1988, 2004), wytycznych Energopomiaru Gliwice (1990) oraz rządziej według polskiej normy PN-EN 12952-12:2006 i wytycznych Electric Power Research Institute:

- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Phosphate Treatment for Drum units (EPT/PT), 1994,
- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All Volatile Treatment (AVT), 1996,
- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Oxygenated Treatment (OT), 1994,
- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Caustic Treatment (CT), 1994.

Polska norma przywoływana jest przede wszystkim dla urządzeń nowych, wprowadzanych do eksploatacji.

Chronologicznie najnowsze wydania norm i wytycznych w europejskiej i światowej energetyce są następujące:

- Polska norma PN-EN 12952-12:2006 „Kotły wodnorurowe i urządzenia pomocnicze. Część 12: Wymagania dotyczące jakości wody zasilającej i wody kotłowej”,
- Wytyczne VGB Power Tech VGB-R 450 Le – Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants/Industrial Plants Third, edition 2011,
- Wytyczne EPRI Comprehensive cycle chemistry guidelines for fossil plants, grudzień 2011,
- Wytyczne IAPWS Technical Guidance Documents: Cycle Chemistry Guidelines for Fossil and Combined Cycle Plants:
 - Corrosion Product Sampling and Analysis for Fossil and Combined Cycle Plants
 - Steam Purity for Turbine Operation,
 - Instrumentation for monitoring and control of cycle chemistry for the steam-water circuits of fossil-fired and combined-cycle power plants,
 - Phosphate and NaOH treatments for the steam-water circuits of drum boilers of fossil and combined cycle/HRSG power plants,
 - Volatile treatments for the steam-water circuits of fossil and combined cycle/HRSG power plants,
 - Procedures for the Measurement of Carryover of Boiler Water into Steam.

Oprócz wymienionych norm i wytycznych istnieją również zalecenia dotyczące jakości czynnika obiegowego dostarczane przez dostawców urządzeń, oparte na ich własnych doświadczeniach eksploatacyjnych. Mnogość sposobów korekcji, zakresu parametrów jakości wykorzystywanego czynnika obiegowego oraz sposobu prowadzenia pomiarów fizykochemicznych w obiegu umożliwia dostosowanie reżimu w sposób indywidualny, uwzględniający lokalne uwarunkowania i możliwości, jakie daje dany obiekt energetyczny. Czasami jednak tylko możliwości, bo z uwagi na złożoność problemu oraz konieczność zaspokojenia wielu, często sprzecznych racji ustalenie właściwego sposobu prowadzenia systemu korekcji jest zadaniem trudnym, często długotrwałym, a zawsze wymagającym dużego doświadczenia wdrożeniowo-eksploatacyjnego. Częste próby ustalania reżimu chemicznego metodą „przez analogię” skazane są zwykle na niepowodzenie z uwagi na brak jednakowych rozwiązań układów technologicznych, nawet w obrębie bloków tego samego typu. A diabeł tkwi w szczegółach.

PN-EN 12952-12:2006

„Kotły wodnorurowe i urządzenia pomocnicze.

Część 12: Wymagania dotyczące jakości wody zasilającej i wody kotlewej”

Jest to tłumaczenie normy EN 12952-12:2003 bez jakichkolwiek zmian. Celem normy było określenie warunków fizykochemicznych, których utrzymanie ograniczyłoby zagrożenia występujące podczas eksploatacji kotła/bloku. Ma ona zastosowanie jedynie dla fragmentu pomiędzy wlotem wody zasilającej do kotła a wyływem pary, natomiast nie uwzględnia jakości wytwarzanej pary. W normie określone są jedynie minimalne wymagania, jakie musi spełniać woda zasilająca oraz woda kotlewa, a zawarte w niej wytyczne mają na celu zmniejszenie niebezpieczeństwa wystąpienia korozji czy powstawania osadów mogących prowadzić do uszkodzeń lub innych problemów eksploatacyjnych.

Norma ma zastosowanie do wszystkich rodzajów konwencjonalnych kotłów wodnorurowych do wytwarzania pary lub ciepłej wody, lecz nie uwzględnia ekonomicznych aspektów ich eksploatacji. Dodatkowo jej zastosowanie wiąże się z wieloma ograniczeniami, takimi jak:

- brak informacji o sposobach prowadzenia korekcji chemicznej czynnika obiegowego,
- brak metodyki kontroli parametrów fizykochemicznych,
- brak rozróżnienia stanów, w jakich znajduje się blok (uruchomienie, praca ciągła, odstawienie),
- brak uwzględnienia pracy urządzeń wytwórczych w intensywnej regulacji,
- wskazanie jako korygentów jedynie związków nieorganicznych.

Optymalizacja charakterystyk chemicznych przerzucona jest w niej na eksploatatorów urządzeń. Wymienione ograniczenia zawężają obszar stosowalności normy, a pokazanie jedynie minimalnych wymagań, jakie musi spełnić czynnik obiegowy w układzie wodno-parowym, powoduje, że jest ona zwykle podstawowym dokumentem przywoływanym przez dostawców nowych urządzeń.

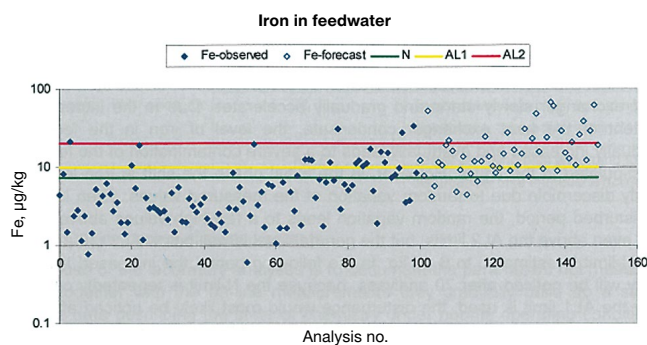
Wytyczne VGB Power Tech VGB-R 450 Le – Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants/Industrial Plants, Third edition 2011

Dyrektywa VGB określa wymagania jakościowe dla czynnika w obiegu wodno-parowych w obiektach energetycznych i ma zastosowanie do urządzeń pracujących w całym zakresie ciśnień. W przeciwieństwie do normy EN 12952-12 (zawierającej jedynie minimalne parametry jakościowe), zawarte w niej wytyczne opracowano z uwzględnieniem długofalowych czynników ekonomicznych oraz niezawodności urządzeń podczas ich eksploatacji. Dodatkowym atutem wytycznych R450Le jest uwzględnienie parametrów dla różnych stanów, w jakich znajdują się w danej chwili urządzenia, tzw. Action level. Dzięki temu możliwe jest dosyć dokładne dostosowanie reżimu podczas stanów pracy innych niż stabilna praca kotła, co pozwala na znacznie bezpieczniejszą eksploatację.

Dotychczas wytyczne VGB pozwalały na ustalenie reżimu oraz dopuszczalnych wartości parametrów fizykochemicznych w różnych stanach pracy urządzenia. Jednakże, uwzględniając mnogość typów urządzeń energetycznych, a także sposobów ich eksploatacji, ustalenie stałych wartości na kolejnych poziomach przekroczeń (Action level) okazało się nienajlepszym rozwiązaniem. Najnowszy dokument VGB podchodzi do tematu w nieco inny sposób. Najważniejszą zmianą jest na nowo zdefiniowany normalny zakres pracy (N-ranges), uwzględniający stan danego urządzenia oraz możliwe do osiągnięcia przez nie wartości parametrów fizykochemicznych. Taki zabieg pozwolił na optymalizację działania jednostek wytwórczych nie generując dodatkowych kosztów, a zarazem sprecyzowanie parametrów fizykochemicznych w sposób indywidualny dla urządzenia.

Na nowo zdefiniowana wartość normalna (N-value) oparta na obserwacji trendów oraz odstępstw w wynikach analizowanych parametrów fizykochemicznych pozwala na znacznie wcześniejsze rozpoznanie zagrożenia, zanim przekroczony zostanie zdefiniowany limit przekroczeń (Action level 1). Zazwyczaj zawiera się on pomiędzy 80-90% wartości poziomu AL1. Zaletą zakresu normalnego (N-ranges) jest oparcie jego poziomu na prostych kalkulacjach bazujących na dostępnych już danych z analiz pracującej jednostki oraz pomiarów on-line. Stosowanie zakresu normalnego pozwala na przedłużenie żywotności elementów urządzeń oraz minimalizuje ryzyko wystąpienia uszkodzeń podczas eksploatacji.

Na rysunku 1 wykazano, że zastosowanie wyżej opisanego mechanizmu pozwala na wykrycie zagrożenia (zwiększona zawartość żelaza) już przy 70. analizie, natomiast przekroczenie



AL1 nastąpiło dopiero przy 85. – 90. analizie. Bufor czasowy, jaki dostaje do ręki eksploatator urządzenia pozwala na podjęcie działań eliminujących zagrożenie praktycznie zanim ono wystąpi bądź jego „siła” oddziaływania jest jeszcze niewielka.

Dodatkowymi zmianami, które pojawiły się w uaktualnionym dokumencie VGB, są:

- przegląd obszarów analiz w układzie wodno-parowym w zależności od analizowanego parametru,
- zalecenia częstości analiz parametrów w zależności od otrzymanych wyników,
- wskazówki dotyczące umiejscowienia punktów poboru próbek oraz analizatorów on-line

EPRI Comprehensive Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants, 2011

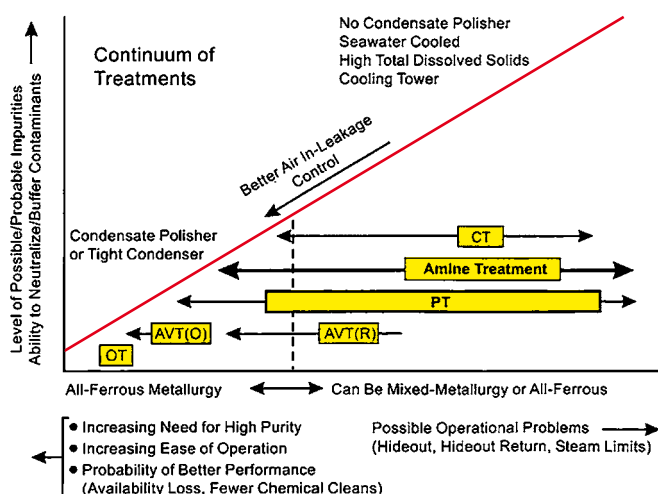
Jest to zbiór wytycznych mających zastosowanie we wszelkiego rodzaju kotlech. Zawarte w nich zalecenia opierają się na ponad 30-letnich obserwacjach oraz badaniach, które miały na celu zrozumienie mechanizmu uszkodzeń korozyjnych zachodzących wewnątrz kotła.

Najnowsze wydanie wytycznych Electric Power Research Institute skupia się na optymalizacji reżimu chemicznego w celu utrzymania dyspozycyjności, niezawodności urządzeń oraz optymalizacji kosztów ich eksploatacji.

Comprehensive Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants zawiera w sobie aktualne wytyczne:

- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All-Volatile Treatment: Revision 1,
- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Phosphate Continuum and Caustic Treatment,
- Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Oxygenated Treatment.

Na rysunku 2 przedstawiono rekomendowane przez EPRI sposoby prowadzenia korekcji chemicznej wody w układach wodno-parowych elektrowni.



Rys. 2

Zastosowanie się do wytycznych proponowanych przez Electric Power Research Institute pozwala na:

- określenie najbardziej efektywnego reżimu chemicznego dla czynnika obiegowego danej jednostki z uwzględnieniem specyficznych uwarunkowań dla danego obiektu, rodzaju materiałów konstrukcyjnych w obiegu wodno-parowym oraz poziomu eksploatacji w tym poziomie wyposażenia jednostki w instalacje do obróbki fizykochemicznej czynnika obiegowego.
- optymalizację istniejących już reżimów chemicznych
- identyfikację oraz sposób reagowania na wyniki analiz, które odbiegają od ustalonych w reżimie chemicznym, a także ustalenie konsekwencji przy braku reakcji w momencie ich wstąpienia

Dyrektywa VGB tak jak wytyczne EPRI w podobny sposób odnoszą się do wprowadzanych reżimów dla obiektów energetycznych oraz metodologii kontroli parametrów fizykochemicznych czynnika obiegowego. W najnowszych publikacjach obie podchodzą do tematu reżimu chemicznego biorąc pod uwagę uwarunkowania i czynniki charakterystyczne dla elektrowni. Obie jednostki rekomendują korekcję chemiczną wody w obiegu wodno – parowym prowadzoną w oparciu o zastosowanie koregentów „prostych” (amoniak, NaOH, Na₃PO₄, tlen, reduktor) w dwóch głównych grupach:

- 1) z wykorzystaniem korygentów lotnych, AVT (All Volatile Treatment):
 - OT (oxygenated treatment),
 - AVT-O (bez użycia reduktora),
 - AVT-R (z użyciem reduktora);
- 2) z wykorzystaniem korygentów stałych (wyłącznie dla kotłów walczkowych):
 - CT (Caustic Treatment) – z wykorzystaniem NaOH,
 - PT (Phosphate Treatment) – z wykorzystaniem Na₃PO₄,
 - inne stałe alkalizatory.

W dalszym ciągu nie ma jasno zdefiniowanej rekomendacji dla użycia organicznych koregentów, niemniej jednak są one ujęte jako fakt związany z coraz powszechniejszym ich użyciem. Jednocześnie są wymieniane potencjalne problemy, jakie mogą się wiązać z ich wykorzystaniem oraz konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na zjawiska towarzyszące stosowaniu związków organicznych do korekcji układów wodno-parowych.

We wszystkich omawianych dokumentach brakuje również ścisłych informacji dotyczących metod korekcji chemicznej czynnika oraz ograniczeń, jakie narzuca eksploatacja bloków na parametry nadkrytyczne.

Najważniejszą różnicą pomiędzy powyższymi zaleceniami jest fakt, że VGB – oprócz podawania wartości granicznych dla parametrów chemicznych podczas ustalania reżimu chemicznego (tak jak EPRI) – pomaga także ustalić jego dopuszczalny, bezpieczny zakres eksploatacji dla danego urządzenia.

Podsumowanie

Dotychczasowa eksploatacja urządzeń energetycznych, a wraz z nią nabyta wiedza pozwoliły na opracowanie coraz dokładniejszych, doprecyzowanych wytycznych dla wprowadzanych reżimów jakości czynnika obiegowego. Aktualne zalecenia pozwalają uwzględnić nie tylko parametry pracy, budowę oraz indywidualne uwarunkowania danego obiektu, ale także zastosować je dla różnych stanów pracy urządzenia. Pozwala to na bezpieczną, bezawaryjną eksploatację, która nie generuje

dodatkowych kosztów związanych z uszkodzeniami, wymuszonymi postojami oraz innymi nieoczekiwanymi sytuacjami.

LITERATURA

- [1] Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants/Industrial Plants, 2011. VGB Power Tech Service GmbH, Essen, Germany, VGB-S-010-T-00:2011-12.EN.
- [2] Polska norma PN-EN 12952-12:2006 "Kotły wodnorurowe i urządzenia pomocnicze. Część 12: Wymagania dotyczące jakości wody zasilającej i wody kotłowej".
- [3] Bursik A., PowerPlantChemistry 2013, 15(5) 393.

- [4] Bursik A., PowerPlantChemistry 2013, 15(1) 35.
- [5] Mathews A. J., PowerPlantChemistry 2012, 14(7) 396.
- [6] Gawron P., Normy, wytyczne dotyczące jakości czynnika obiegowego, 2010, XIII Konferencja Naukowo-Techniczna.
- [7] <http://www.iapws.org/techguide.html> IAPWS Technical Guidance Documents: Cycle Chemistry Guidelines for Fossil and Combined Cycle Plants, dostęp 15.04.2014.
- [8] <http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=00000000001021767> Comprehensive Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants, dostęp 15.04.2014.



Paweł Gawron, Sylwia Danisz-Kuchta

Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o.

Od badań diagnostycznych i analizy warunków pracy urządzeń do systemowego monitorowania ich trwałości – doświadczenia związane z użytkowaniem LM System PRO+®

From diagnostic examinations and analysis of the equipment service conditions to the system monitoring of their lifetime – experiences connected with LM System PRO+® using

Szeroka wiedza o parametrach pracy urządzeń energetycznych, w tym w głównej mierze integracja danych z kontroli fizykochemicznej oraz danych charakteryzujących bieżący stan pracy urządzeń, będąca elementem diagnostyki eksploatacyjnej, w połączeniu z wiedzą wynikającą z diagnostyki remontowej daje możliwość prawidłowej oceny stanu technicznego urządzeń. Ze względu na rozpiętość oraz interdyscyplinarny charakter zagadnień składających się na tę wiedzę, efektywne korzystanie z niej wymaga zintegrowanego, systemowego podejścia do możliwie szerokiego spektrum istotnych z punktu widzenia trwałości urządzeń zagadnień. Dotrzymanie wartości reżimowych uzależnione jest od właściwie prowadzonej kontroli analitycznej, ustalonych parametrów jakościowych wód i par z uwzględnieniem zakresu i częstotliwości prowadzonej kontroli analitycznej, jak również sposobu rejestracji i analizy (interpretacji) uzyskiwanych wyników. Ocena efektywności stosowanego reżimu chemicznego oprócz rutynowej kontroli fizykochemicznej musi być weryfikowana na podstawie wyników badań diagnostyki remontowej i wnikliwej obserwacji parametrów eksploatacyjnych pracy bloku.

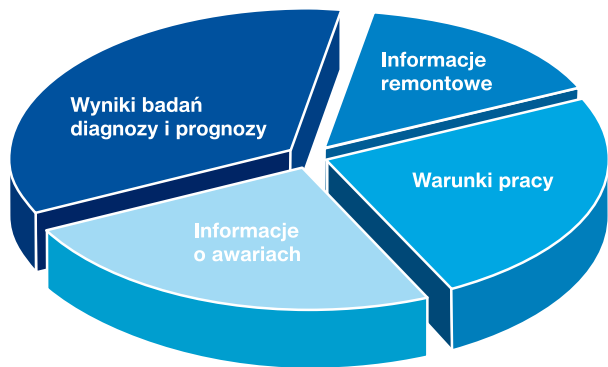
Systemowe gromadzenie i przetwarzanie wymienionych informacji w taki sposób, aby w dowolnym momencie eksploatacji można było urządzeniu (elementowi) przypisać konkretny stan techniczny i prognozę eksploatacji nie jest zadaniem prostym. Dotychczas w energetyce polskiej nie wdrożono kompleksowych systemów informatycznych wspomagających rozwiązywanie tego rodzaju potrzeb, a jednym z mankamentów, tych które istnieją, jest brak informacji w zakresie analizy zjawisk przebiegających w dłuższym okresie.

System diagnostyczny to proces złożony z logicznie ze sobą powiązanych i wykonywanych w odpowiednim czasie procedur, wykorzystujących odpowiednio dobrane metody badań, obliczeń i interpretacji wyników. Diagnostyka jest jedną z dziedzin utrzymania technicznego urządzeń, co oznacza że występuje w pewnym otoczeniu posiadając z nim określone relacje. Proces, jakim jest diagnostyka oraz relacje z jej otoczeniem mogą być – jak prawie zawsze dotychczas – realizowane tradycyjnie, „ręcznie” oraz automatycznie z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowania.

Diagnostyka jest ważnym elementem obsługi technicznej urządzeń, prawidłowo wykonywana dostarcza wiedzy niezbędnej do planowania terminów i zakresów remontów, prognozowania trwałości, wprowadzania skutecznej profilaktyki. Aby tak było diagnostyka musi prezentować profesjonalny poziom, a elektrownia odpowiednią świadomość w zakresie potrzeby korzystania z wiedzy o stanie technicznym urządzeń, co pozwoli na skupienie się na zagadnieniach, które w danym momencie dotyczą jej najbardziej istotnych problemów technicznych.

Od informacji do wiedzy

Zarządzanie infrastrukturą techniczną urządzeń energetycznych wymaga kompletnej, aktualnej wiedzy o stanie technicznym urządzeń. Wiedzę taką można uzyskać z czterech źródeł informacji wskazanych na rysunku 1.



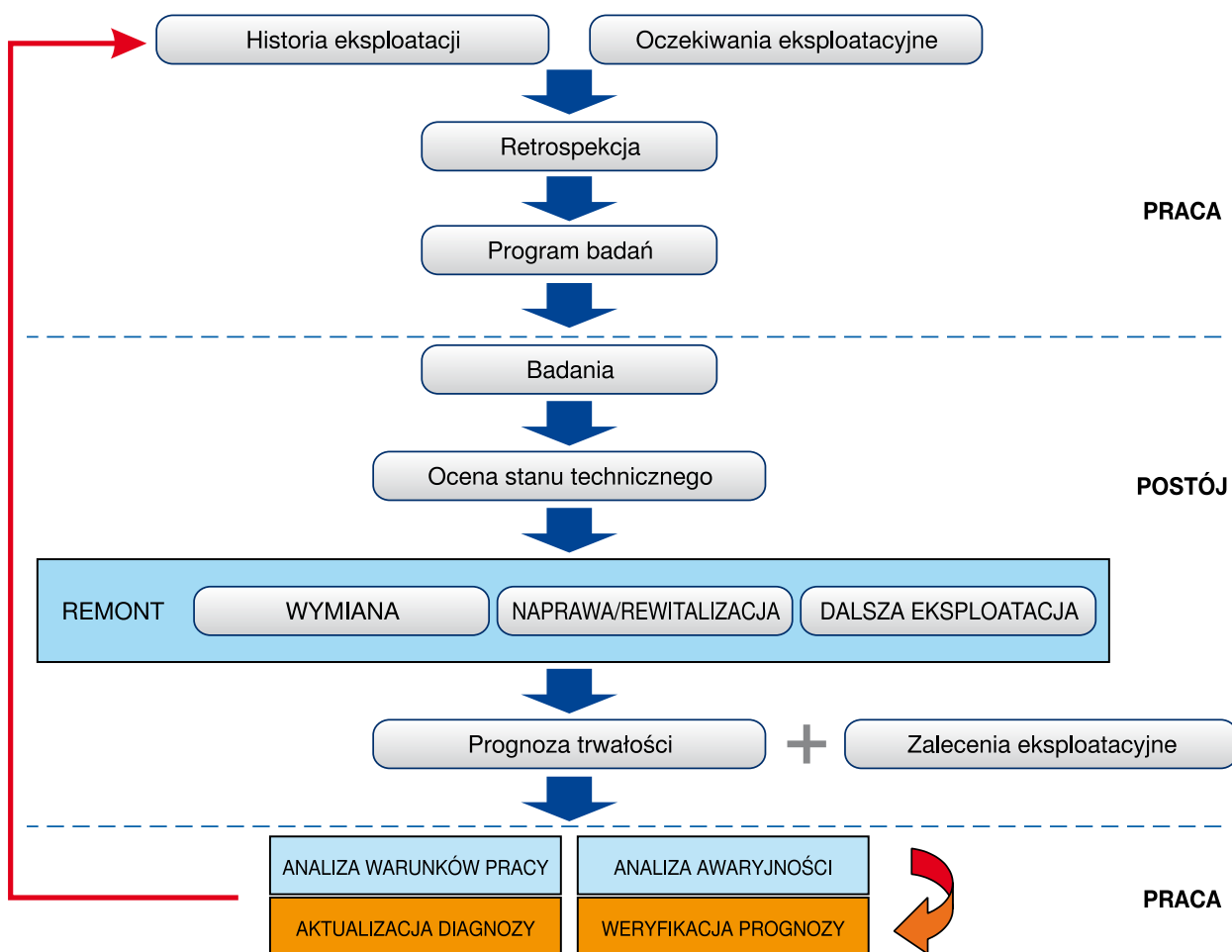
Rys. 1.

W elektrowniach i elektrociepłowniach rejestrowana jest bardzo duża ilość informacji pochodzących ze wszystkich powyższych źródeł. Łatwość generowania i rejestracji olbrzymiej liczby informacji, jaką stwarzają współczesne technologie kontroli przebiegu procesów, stwarza złudne wrażenie, że dysponujemy coraz większą wiedzą. Co gorsze, jeżeli nawet mamy dostęp do informacji, to często jest to informacja mocno rozproszona (użytkownicy, firmy remontowe, firmy diagnostyczne, dostawcy urządzeń), nienadająca się do bezpośredniego przetwarzania.

Powyższe odnoszą się również do informacji dostarczanych z chemicznej kontroli warunków eksploatacji urządzeń, które z uwagi na bardzo istotny wpływ na środowisko pracy oraz możliwe oddziaływanie korozyjne powinny być (a nie zawsze są) konfrontowane z warunkami pracy oraz wynikami diagnostyki remontowej i uwzględniane przy ustalaniu warunków eksploatacji oraz przy analizie awaryjności urządzeń.

Odrębnym problemem, który musi być brany pod uwagę przy rejestracji i ocenie parametrów eksploatacyjnych pracy urządzeń (w tym szczególnie warunków fizykochemicznych), jest eksploatacja w stanach niestabilnych obejmująca etapy uruchomień, gwałtownych zmian wydajności, odstawień i innych odbiegających od warunków stacjonarnej pracy.

Aby informacje przekształcić w wiedzę o stanie technicznym urządzeń niezbędnym jest odpowiednie skorelowanie danych płynących z różnych źródeł i gromadzonych w różny sposób w jednym systemowo zorganizowanym miejscu. Oddzielne analizowanie poszczególnych danych pokazuje tylko częściowy obraz stanu technicznego, bez możliwości wysuwania pełnych wniosków na temat przyczyn obecnego stanu technicznego (dobrego lub złego) urządzenia (elementu) oraz prognoz na dalszą eksploatację (rys. 2).



Rys. 2. Diagnostyka jako proces zintegrowany z procesem eksploatacji urządzeń

LM System PRO+® – geneza rozwiązań systemowych

Kilkanaście lat temu zauważyliśmy, że jedna z najważniejszych dziedzin utrzymania stanu technicznego elektrowni, tj. diagnostyka urządzeń ciepłno-mechanicznych, wykonywana jest w sposób, który:

- nie daje możliwości przetwarzania wyników badań i udostępniania wiedzy w szybki i prosty sposób,
- nie pozwala aktualizować w czasie pracy urządzenia oceny stanu technicznego (diagnozy) oraz prognozy trwałości,
- nie stwarza możliwości zarządzania badaniami, gdy wykonywane są przez wiele firm na różnych obiektach.

Ta świadomość była sygnałem do podjęcia prac nad opracowaniem narzędzi informatycznych rozwiązujących najważniejsze, naszym zdaniem, problemy. W chwili obecnej narzędzia te składają się na rozbudowaną platformę informatyczną LM System PRO+® której ogólną architekturę przedstawiono na rysunku 3.

Jądrem platformy informatycznej jest w pełni zaimplementowany system diagnostyczny Pro Novum, będący miejscem, w którym zbiega się wiedza i wieloletnie doświadczenia naszej firmy z najnowszymi technologiami informatycznymi.

Systemowe gromadzenie i przetwarzanie gromadzonych informacji, w taki sposób aby w dowolnym momencie eksploatacji można było urządzeniu (elementowi) przypisać konkretny stan techniczny i prognozę eksploatacji, wymaga wypracowania systemu powiązań informacji możliwych do uzyskania z diagnostyki eksploatacyjnej z informacją z badań materiałowych pozyskiwanych z diagnostyki remontowej oraz danymi dotyczącymi bieżącego stanu pracy urządzeń.

W obecnej wersji środowisko informatyczne integrujące prace ekspertów *Pro Novum*, specjalistów innych firm eksperckich oraz specjalistów elektrowni, a także specjalistów centrów zarządzania grup energetycznych, składa się z pięciu pakietów

funkcjonalnych oraz kilkudziesięciu modułów, z których niektóre mogą w zależności od potrzeb funkcjonować jako samodzielne aplikacje.

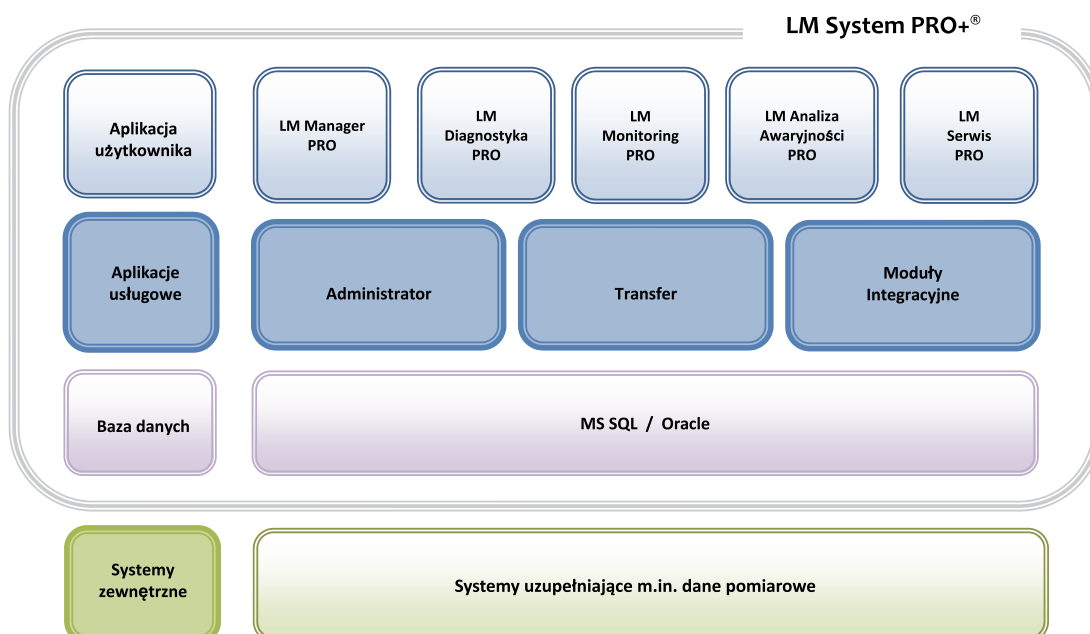
LM System PRO+® jest platformą informatyczną integrującą wiedzę z badań diagnostycznych wykonywanych podczas postojów (remontów urządzeń) oraz na podstawie zarejestrowanych w trakcie pracy, istotnych z punktu widzenia diagnostyki, parametrów pracy i zdarzeń. Zgodnie z zapotrzebowaniem eksploatatorów urządzeń w najnowszych wersjach systemu oprócz istniejących modułów analizujących urządzenie (element) z ciepłno-mechanicznego punktu widzenia, zintegrowano moduł wyposażony w algorytmy analizujące dodatkowo fizykochemiczne parametry urządzeń (elementów) z pełną korelacją z pozostałymi danymi dotyczącymi stanu pracy. Z uwagi na stopień komplikacji zadania system może być w sposób elastyczny dostosowywany do lokalnych warunków technologicznych pracy urządzeń lub wręcz analizować pojedynczy element w zakresie potencjalnych lub istniejących problemów.

Na rysunku 4 przedstawiono ogólny schemat działania systemu uwzględniającego fizykochemiczne warunki pracy urządzeń, natomiast na rysunku 5 jego implementację w formie modułu odpowiedzialnego za realizację serwisu diagnostycznego z uwzględnieniem ciepłno-mechanicznych i chemicznych warunków pracy.

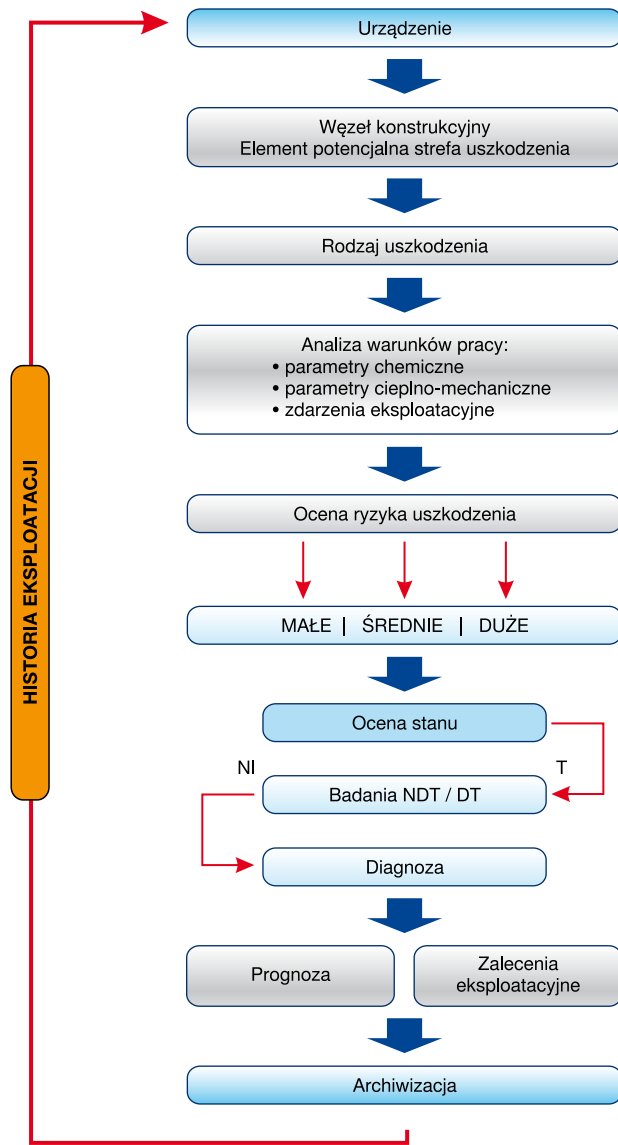
LM System PRO+® uwzględnia zapis stanów eksploatacyjnych, w tym rejestrację nie tylko bieżących parametrów chemicznych pracy bloku, ale również zdarzeń eksploatacyjnych, związanych z zachodzącymi w poszczególnych urządzeniach procesami fizykochemicznymi.

Aktualna wersja systemu może być wyposażona w moduły umożliwiające m.in.:

- archiwizację w odpowiedni sposób informacji nt. historii eksploatacji,
- archiwizację dokumentacji istotnej z punktu widzenia diagnostyki,



Rys. 3. Ogólna architektura LM System PRO+®



Rys. 4. Koncepcja działania systemu uwzględniającego fizykochemiczne warunki pracy urządzeń

Identyfikator	Nazwa	Przebieg	Uwagi
080001	Przewodność pary masy	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080002	Przewodność pary prognoz	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080003	Przewodność wody kotłowej	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080004	Zawartość (H ₂ O) w parze prognoz	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080005	Zawartość amoniaku (NH ₃) w parze prognoz	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080006	Zawartość fluorowodoru (HF) w wodzie kotłowej	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080007	Zawartość miedzi (Cu) w kondensacie	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080008	Zawartość miedzi (Cu) w parze prognoz	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080009	Zawartość SiO ₂ w parze prognoz	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5
080010	Zawartość SiO ₂ w wodzie kotłowej	Przebieg: 0.5	Przebieg: 0.5

Blk	Urządzenie	Data rozpoczęcia	Data zakończenia	Czas (h:mm)	Rodzaj postępowania	Remont	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Blk 1	Urządzenie	2010-03-27 01:06	2010-03-30 12:00	1,4562500000000001	Planowany					
Blk 2	Urządzenie	2010-02-28 21:12	2010-03-05 00:19	4,1296811111111114	Nieplanowany					
Blk 3	Urządzenie	2010-12-18 10:20	2010-12-22 00:04	4,1296811111111114	Nieplanowany					
Blk 4	Urządzenie	2010-01-16 23:33	2010-01-16 23:33	20,259027777777778	Nieplanowany					

Rys. 5. Interfejs modułu LM System PRO+® realizującego serwis diagnostyczny z uwzględnieniem cieplno-chemicznych warunków pracy

- udostępnianie mechanizmów aktualizacji wiedzy,
- integrację danych z zewnętrznych aplikacji,
- identyfikację aktualnego stanu pracy urządzenia,
- bieżącą rejestrację podstawowych parametrów fizykochemicznych wód i par w układach wodno-parowych z automatyczną identyfikacją problemów:
 - a) bieżących (krótkoterminowych), m.in.:
 - przecieki wody chłodzącej do czynnika obiegowego (kondensat, woda zasilająca),
 - zanieczyszczenia układu związkami organicznymi,
 - korozja/erozja – korozja (FAC),
 - przekroczone zawartości zanieczyszczeń tlenkowych,
 - niewłaściwy poziom korygentów w czynnikach obiegowych,
 - zasalenie przegrzewaczy,
 - zasalenie turbiny;
 - b) długoterminowych, m.in.:
 - uszkodzenia korozyjne/korozyjno-erozyjne rurek kondensatorowych,
 - uszkodzenia korozyjne/korozyjno-erozyjne wymienników regeneracyjnych,
 - zanieczyszczenie osadami rur kotłowych,
 - korozja (różnego typu) rur kotłowych,
 - transport zanieczyszczeń tlenkowych w układzie przegrzewacze – turbina,
 - osady w układzie przepływowym turbiny,
- przewidywanie ewentualnych konsekwencji nieprawidłowego funkcjonowania urządzeń energetycznych (związanymi z przekroczeniami wartości ustalonych lub nieodpowiednim doborem parametrów pracy),
- opracowanie prognozy trwałości urządzeń, uwzględniającej rejestrowane wyniki badań i pomiarów diagnostyki materiałowej i eksploatacyjnej oraz analizę zdarzeń,
- tworzenie automatycznych raportów, zestawień tematycznych.

Zakres pracy programu może być indywidualnie dobrany do lokalnych uwarunkowań technicznych i organizacyjnych, a wachlarz zastosowań algorytmów zintegrowanych w programie zależy od poziomu wyposażenia danego obiektu w urządzenia pomiarowe oraz zakresu prowadzonej kontroli eksploatacyjnej.

Podsumowanie

W szeregu elektrowniach i elektrociepłowniach parametry pracy urządzeń nie są analizowane na bieżąco w sposób systemowy z punktu widzenia konsekwencji średnio- i długoterminowych dla trwałości urządzeń.

Niezależnie od nazwy i rzeczywistych założeń technicznych strategii utrzymania fundamentem musi być profesjonalny system diagnostyczny. Jego wyjątkowo ważna rola w procesie utrzymania technicznego urządzeń bierze się stąd, że jest

jedynym źródłem wiedzy o stanie technicznym urządzeń. Na ile źródłem wiedzy pełnej i aktualnej, to wynika ze sposobu jej wykonywania.

LM System PRO+® oferowany przez *Pro Novum* od prawie dziesięciu lat pozwala wykonywać diagnostykę w formie systemowej i zdalnej.

LM System PRO+® to narzędzie integrujące diagnostykę remontową i eksploatacyjną w taki sposób, iż stan obiektów i prognoza ich trwałości są na bieżąco weryfikowane na podstawie analizy parametrów charakteryzujących warunki eksploatacji.

Modułowa konstrukcja systemu pozwala na jego dostosowanie do lokalnych warunków pracy zakładu oraz zmieniających się wymagań i potrzeb eksploatacyjnych urządzeń energetycznych.

LITERATURA

- [1] Śliwa A., Gawron P., Bańczyk J.: Od badań diagnostycznych i analizy warunków pracy urządzeń do systemowego monitorowania ich trwałości. Symposium pt. „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”, Ustroń 2005
- [2] Trzecznyński J., Białek S.: Monitorowanie żywotności urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrociepłowni. Symposium pt. „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”, Ustroń 2004
- [3] Duda A., Gawron P., Śliwa A.: Rejestracja wybranych wielkości chemicznych w LM System PRO elementem oceny stanu technicznego urządzeń i prognozy ich trwałości. Symposium pt. „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”, Ustroń 2008
- [4] Trzecznyński J.: Nowe – stare problemy diagnostyczne urządzeń energetycznych. Symposium pt. „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”, Ustroń 2005
- [5] Śliwa A., Gawron P.: Wpływ procesów korozyjnych zachodzących w obiegach wodno-parowych bloków energetycznych na trwałość urządzeń. X Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2004
- [6] Trzecznyński J.: Kiedy diagnostyka przynosi korzyści? Symposium pt. „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”, Szczyrk 2004
- [7] Śliwa A.: Pomiar i badania chemiczne elementem oceny stanu technicznego urządzeń. XII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2008





W dniach 21–23 maja 2014 r., w Hotelu STOK w Wiśle-Jawornik odbyła się zorganizowana przez

pronovum[®]
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES
Centrum Badawczo – Rozwojowe

XV KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

UDZIAŁ CHEMII ENERGETYCZNEJ WE WZROŚCIE EFEKTYWNOŚCI URZĄDZEŃ

Konferencja została zorganizowana przy współpracy z **TAURON Wytwarzanie S.A.**, **Urzędem Dozoru Technicznego** oraz **Towarzystwem Gospodarczym Polskie Elektryczne Grupa Chemiczna**.

Patronat medialny sprawowały czasopisma: **Energetyka**, **Dozór Techniczny**, **Przegląd Energetyczny**, **Energetyka Ciepła i Zawodowa**, **Chemia Przemysłowa** i **Nowa Energia** oraz portal **Elektroenergetyka i przemysł on-line**. **Inżynieria w praktyce**.

Początki Konferencji nierozzerwalnie wiążą się z działalnością Służby Chemicznej Zakładów Energetycznych Okręgu Południowego z inż. Adamem Jakubikiem na czele. To z jego inicjatywy w 1964 roku odbyła się pierwsza Ogólnokrajowa Konferencja Chemików Energetyków w Katowicach. Tegoroczna, XV edycja Konferencji zamknęła 30-letni okres historii polskiej energetyki, mającej za sobą głębokie zmiany ustrojowe, własnościowe, organizacyjne i techniczne. Techniczne, bo to zawsze technika, a chemia energetyczna w szczególności była na pierwszym miejscu zainteresowania Organizatorów oraz Uczestników konferencji. Mnogość problemów i zagadnień technicznych jakie przewinęły się w ramach konferencji pokazały jaką drogę przebyła polska energetyka w obszarze chemii energetycznej.

Wyznacznikiem poziomu merytorycznego Konferencji, była niezmiennie od lat wysoka frekwencja uczestników zajmujących się zagadnieniami szeroko pojętej chemii energetycznej z praktycznie wszystkich jednostek polskiej energetyki zawodowej i przemysłowej oraz przedsiębiorstw krajowych i zagranicznych współpracujących z branżą energetyczną. Tegoroczna edycja zgromadziła ponad 150 uczestników.

Podkreśleniem jubileuszowego charakteru tegorocznej edycji był zorganizowany pierwszego dnia konferencji „Chemiczny wieczór wspomnień z Hide-Out” w trakcie którego oprócz wystąpień Pana Alfreda Śliwy i Pani Sławomiry Wnuk podsumowujących historię organizacji Konferencji oraz obszaru techniki jaki był przedmiotem zainteresowania jej Uczestników wyświetlono skróty dwóch archiwalnych filmów zrealizowanych przez inż. Adama Jakubika w 1967 r. i 1970 r. dotyczących korozji rur ekranowych i procesów fizyko-chemicznych na powierzchniach ogrzewalnych.

W sześciu sesjach plenarnych wygłoszono w sumie 24 referaty, których tematyka dotyczyła szerokiego zakresu zagadnień i problemów technicznych, organizacyjnych i prawnych związanych z szeroko pojętą chemią energetyczną.

Referaty w sesjach plenarnych koncentrowały się wokół zagadnień dotyczących m.in.:

- Wpływu zmian właściwości fizyko-chemicznych czynnika pracującego w warunkach nadkrytycznych na trwałość elementów obie-



gu oraz zakresu problemu jakie może niesić za sobą praca kotłów nadkrytycznych w obszarze podkrytycznym,

- Obróbki wstępnej wody używanej w obiegach energetycznych z wykorzystaniem najnowocześniejszych metod jej uzdatniania oraz doświadczeń eksploatacyjnych Użytkowników instalacji uzdatniania,
- Nowego podejścia do kwestii związanych z zapewnieniem trwałości elementów obiegów wodno-parowych oraz metod określenia wpływu przekroczeń parametrów reżimowych na skrócenie rewersu ich pracy,
- Rozwiązań technologicznych układów odazotowania spalin bloków 200 MW, efektów ich proekologicznej modernizacji oraz problemów eksploatacyjno-remontowych związanych ze zmianami w konstrukcji urządzeń wytwórczych. Zasygnalizowano również możliwość wystąpienia nowych problemów związanych z trwałością elementów, głównie powierzchni ogrzewalnych kotłów, w nowych warunkach ich pracy,
- Techniczno-ekonomiczno-prawnych problemów związanych z budową, modernizacją i eksploatacją układów oczyszczania ścieków po instalacjach IMOS,
- Nowoczesnych i skutecznych metod dezynfekcji i kontroli mikrobiologicznej wód technologicznych z wykorzystaniem dwutlenku chloru,
- Chemicznego oczyszczania kotłów i innych instalacji technologicznych z punktu widzenia Centralnego Laboratorium Dozoru Technicznego,
- Regulacji prawnych dotyczącymi laboratoriów badawczych,
- Zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń realizowanego w różnych formach nadzoru diagnostycznego,
- Zabezpieczenia antykorozyjnego turbin parowych na czas postojów.



Tradycyjnie konferencji towarzyszyły stoiska wystawowe, gdzie firmy krajowe i zagraniczne prezentowały swoje najnowsze produkty i technologie mogące mieć zastosowanie w eksploatacji i w pracach remontowych urządzeń energetycznych:

- BUDMECH WT Sp. j.
- Georg Fischer Sp. z o. o.
- Przedsiębiorstwo Usług Technicznych DEMPOL-ECO
- NALCO Polska Sp. z o.o.
- PKPU „ORIONTEC” Krzysztof Jasik
- ProMinent Dozotechnika Sp. z o.o.
- Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” Sp. z o.o.
- Purolite Sp. z o.o.
- TECHNOPOMIAR Sp. z o.o.
- VAG Armatura Polska Sp. z o.o.

