

26

GAZ KOPALNIANY. DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI SILNIKÓW GAZOWYCH

26.1 WSTĘP

Każde przedsiębiorstwo chce produkować, sprzedawać, przynosić zyski i rozwijać się. Jest to proces naturalny i oczywisty. Jednak gdy już tak się dzieje, osoby zarządzające przedsiębiorstwem muszą rozglądać się wokół, przyglądać się bacznie otoczeniu rynkowemu, reagować na zmiany i trendy, obserwować zmiany prawne, etc. Wiele czynników, czy to zależnych od zarządzających czy też niezależnych, ma czasem determinujący wpływ na to czy przedsiębiorstwo będzie istniało na rynku lub będzie zbliżało się do zamknięcia. Jednym z czynników mających wpływ na zysk firmy są koszty produkcji. W dużym uproszczeniu, każde przedsiębiorstwo produkcyjne, potrzebuje surowców do produkcji oraz maszyn, które z tych surowców wytworzą gotowy produkt. W przypadku firm energetycznych, są, to: węgiel, gaz lub inne paliwo oraz kotły, turbiny, silniki. Dzięki tym urządzeniom produkcyjnym mamy energię elektryczną, ciepło, sprężone powietrze i inne media, które są sprzedawane końcowemu odbiorcy.

Jednym z kluczowych elementów kosztowych jest utrzymanie istniejącego parku maszynowego, w stanie wysokiej dyspozycyjności i zapewnienie ciągłości ruchowej urządzeń. Producenci, czy też dostawcy urządzeń produkcyjnych, stawiają przed eksploatatorami wyzwania, w postaci reżimów przeglądów technicznych. Często, co jest już normą, gwarancja na urządzenie produkcyjne jest udzielana tylko pod warunkiem wykonywania przeglądów serwisowych, zgodnie z określonym zakresem przeglądu/wymiany i harmonogramem. Jest to praktyka zabezpieczająca producenta urządzenia, a także eksploatatora przed ewentualną odpowiedzialnością wynikającą, np. z tytułu wady ukrytej. Oczywiście każdy z nas wie, że producent wlicza w koszt urządzenia jakąś, część ryzyka wcześniejszej awarii, którą jest w stanie zwymiarować finansowo.

Gwarancja każdego urządzenia upływa. Co w takim razie ma robić eksploatator po okresie gwarancyjnym? Wszyscy w przemyśle energetycznym wiedzą o standardowym rozwiązaniu, jakim jest wykonywanie, w dalszym ciągu, zalecanych przeglądów okresowych, wraz z wymianą części. Każda maszyna czy urządzenie posiada DTR lub instrukcję, a przypadku starszych maszyn, zalecenia przeglądowe

wynikają z doświadczeń eksploatacyjnych. Czy trzeba wykonywać takie przeglądy? Rozsądek i doświadczenie mówią tak, jak najbardziej tak. Minimalizujemy ryzyko awarii, czyli zjawiska nieprzewidywalnego. Utrzymujemy park maszynowy w gotowości ruchowej, zapewniamy ciągłość produkcji, etc. Jednakże w otoczeniu w jakim przychodzi działać przedsiębiorstwom czasem występują okres dekonunktury. Oczywiście energia elektryczna oraz ciepło są potrzebne klientowi, a dostawy są obligatoryjne, w oparciu o zapisy zawartych umów. Jednak koszty produkcji potrafią niemiło zaskoczyć producentów. Niepewność cen emisji CO₂, dodatkowe inwestycje wynikające z wdrażanych przepisów prawnych (BAT), ceny paliw, etc. Po stronie przychodowej także możemy odczuć wahania cen energii na rynku lub np. niedotrzymanie gwarantowanych parametrów wody i obligatoryjne naliczenie bonifikat.

Czasem, nieszczęśliwa kumulacja ww. czynników może doprowadzić do krótkotrwałej zapaści finansowej.

Oczywiście w powyższych przypadkach przedsiębiorstwa ratują się tak jak mogą. Jednym ze sposobów jest obniżenie kosztów. W naszym przypadku mówimy o prawie „standardowej praktyce” czyli obniżeniu kosztów remontów. W tej definicji mieszczą się także planowane przeglądy wynikające, jak wcześniej wspomniano z DTR i instrukcji.

W związku z powyższym stawiamy następujące pytanie, szukając przemysłanych oszczędności w sferze remontów i planowych przeglądów, czy nauka, a w szczególności badania nieniszczące, mogą być przydatne w praktyce remontowej? Czy trzeba wykonywać wszystkie zalecane przez producenta wymiany części? Czy nie można zmniejszyć kosztów przeglądów poprzez badania nieniszczące? Czy można na podstawie badań i analiz wyników opracować nowe zakresy przeglądów i nowe harmonogramy przeglądów?

26.2 GAZ Z ODMETANOWANIA KOPALŃ, TO NIE ODPAD, TO SZANSA

W spółce PGNiG Termika Energetyka Przemysłowa S.A. (PTEP S.A.) od wielu lat wykorzystywany jest gaz – metan z odmetanowania kopalń. jako paliwo napędowe w silnikach gazowych [4]. Skład paliwa, jeżeli chodzi o koncentrację, zawartość metanu CH₄ (średnia wartość ok. 50%) oraz ilość (podaż) pozyskiwanego gazu jest zmienny, i zależy od wielu czynników, takich, jak: aktualnie eksploatowany pokład w kopalni (metanowość pokładu), ilość odwiertów odprężających złożę/pokład, ciśnienie atmosferyczne, naprężenia w górotworze (gazo przepuszczalność), etc. (tabela 26.1).

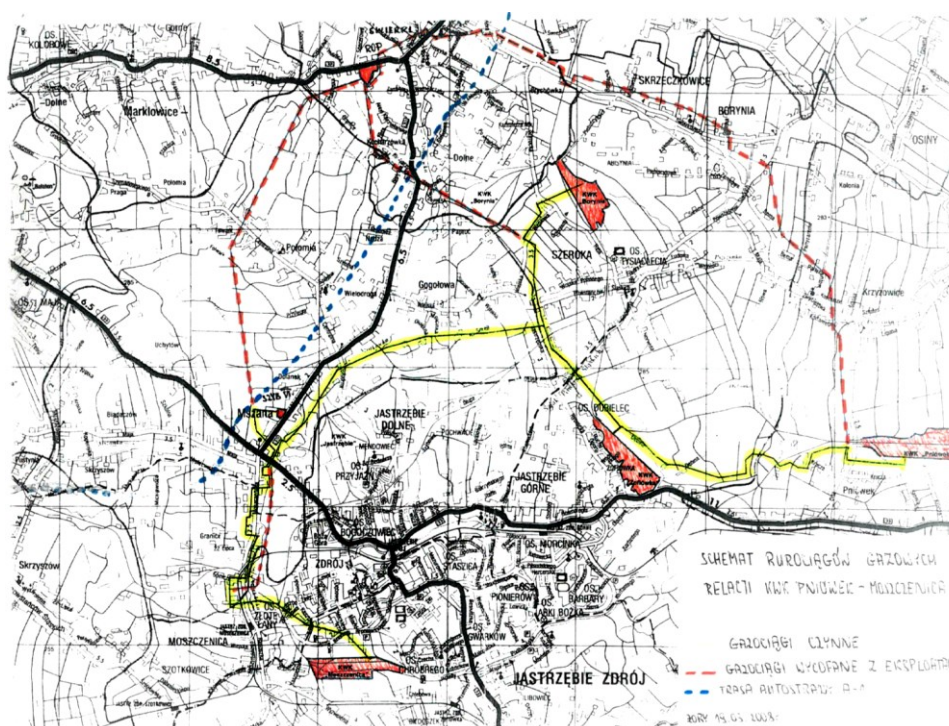
Rozróżniamy cztery kategorie zagrożenia metanowego, w zależności od ilości objętościowej metanu pochodzenia naturalnego, zawartej w jednostce wagowej, w głębi calizny węglowej zwanej „metanonośnością”. Kopalnie JSW S.A. zaliczane są do IV, najwyższej kategorii zagrożenia metanowego. Oznacza to, że metanonośność jest większa niż 8 m³/Mg w przeliczeniu na czystą substancję węglową.

Tabela 26.1 Podstawowa analiza metanu
(wartości średnie z poszczególnych kopalń JSW S.A. lub byłych kopalń JSW S.A.)

KWK Jas-Mos. obecnie SRK	Azot [%]	CO ₂ [%]	Etan [%]	Metan [%]	Propan [%]	Tlen [%]	Wartość opałowa [MJ/m ³]
	35,98	3,44	0,1	53,74		6,74	19,36
KWK Ruch Zofiówka	Azot [%]	CO ₂ [%]	Etan [%]	Metan [%]	Propan [%]	Tlen [%]	Wartość opałowa [MJ/m ³]
	40,18	4,5	0,1	48,8		6,46	17,56
KWK Pniówek	Azot [%]	CO ₂ [%]	Etan [%]	Metan [%]	Propan [%]	Tlen [%]	Wartość opałowa [MJ/m ³]
	38,62	2,88	0,14	48,8		9,52	17,62
KWK Suszec - obecnie SRK	Azot [%]	CO ₂ [%]	Etan [%]	Metan [%]	Propan [%]	Tlen [%]	Wartość opałowa [MJ/m ³]
	42,64	5,47	0,14	49,28		2,55	17,72

Źródło: Opracowanie własne

Ten „skarb energetyczny” ukryty w głębi kopalni stanowi jednak śmiertelne niebezpieczeństwo dla ludzi pracujących pod ziemią. Względy bezpieczeństwa są jednym z czynników, które powodują rozwój wydobycia metanu ze złóż węgla kamiennego. Stosowane na szeroką skalę systemy odmetanowania, np. odwierty odprężające i wydobycie metanu przez Zakłady Odmetanowania Kopalń (ZOK) przyczyniają się do redukcji zagrożenia oraz zwiększenia energetycznego wykorzystania tego cennego paliwa. Gaz z odmetanowania wyrobisk górniczych poprzez stacje odmetanowania, czy to dołowe czy też naziemne, w których zlokalizowane są sprężarki, transportowany jest rurociągami do Oddziałów firmy gdzie zlokalizowane są silniki gazowe. Długości rurociągów gazowych (zewnętrzna sieć gazowa), w PTEP S.A. wynosi ok. 14,5 km (rys. 26.1).



Rys. 26.1 Schemat sieci gazowej PTEP S.A. (przebieg trasy oznaczono kolorem żółtym)

Średnice rurociągów rzędu od DN 400 do DN 500/600 przy czym część sieci jest wykonana w technologii rurociągów stalowych, a część sieci w rurociągach PE (polietylen). Szczególnie na terenach przebiegających w obrębie czynnej eksploatacji górniczej, ze względu na występowanie ruchów terenu, zastosowanie rurociągów z PE zapobiega występowaniu potencjalnych nieszczelności. Ciekawostką jest konieczność okresowego odwadniania rurociągów, w celu utrzymania ich drożności. Zawarte w mieszaninie gazu powietrze skrapla się w rurociągu, powodując konieczność interwencji służb dbających o drożność rurociągów.

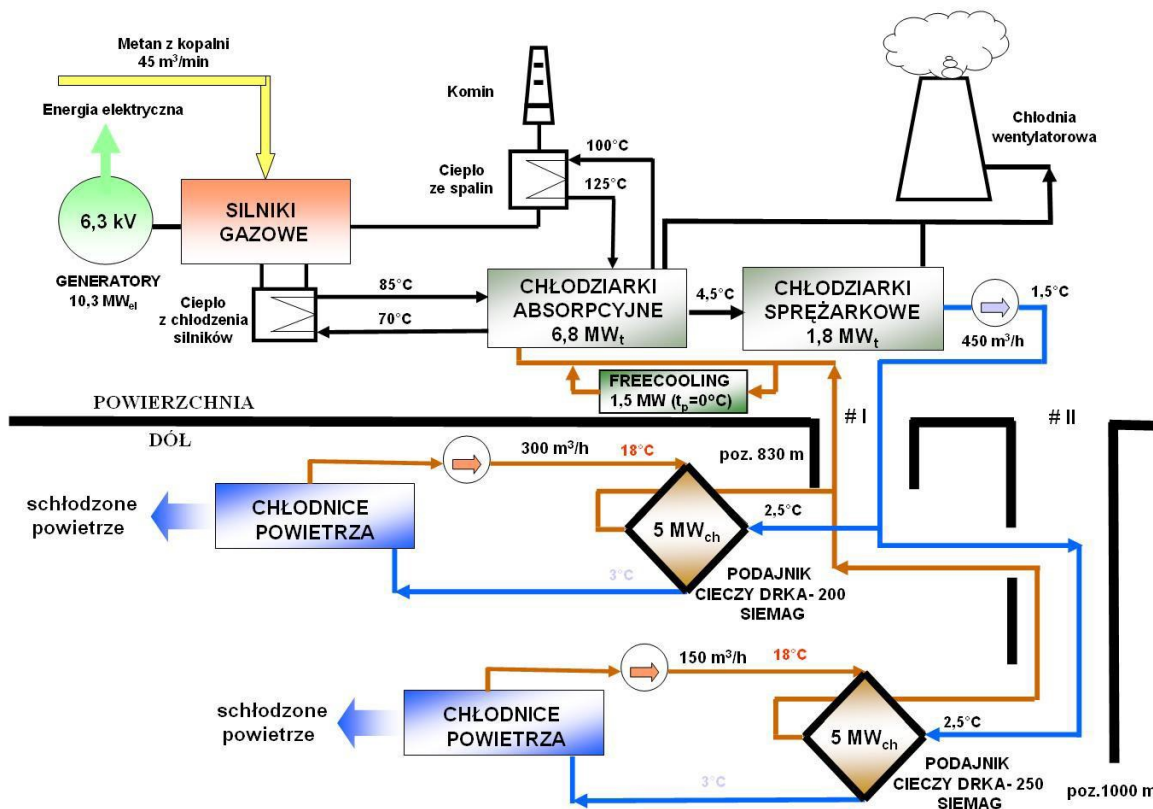
Wilgoć zawarta w gazie jest usuwana na całej trasie rurociągu, a także na terenie zakładów PTEP S.A. Za odwadnianie na rurociągach poza zakładami PTEP S.A. odpowiedzialna jest specjalistyczna firma, natomiast za odwadnianie na instalacjach wewnątrz zakładów odpowiada obsługa urządzeń. Poza cyklicznym odwadnianiem czasami zachodzi konieczność interwencyjnego odwadniania, najczęściej wtedy kiedy zaobserwować można nieuzasadniony spadek przepływu gazu, rosnące opory jego przesyłu.

26.3 JAK MOŻNA EFEKTYWNIIE WYKORZYSTAĆ GAZ Z ODMETANOWANIA KOPALŃ

Jak wyżej wspomniano, gaz z odmetanowania kopalń w spółce PTEP S.A. wykorzystywany jest do napędu silników gazowych, jednak nie jest to jedyny sposób zagospodarowania tego cennego paliwa. Jednym ze sposobów jest spalanie lub współspalanie z paliwem węglowym gazu w kotłach wodnych lub parowych. Specjalnie dedykowane palniki, montowane są w komorach paleniskowych kotłów. Metoda ta nie generuje stosunkowo wysokich kosztów inwestycyjnych związanych z wykonaniem projektu i montażem palników. Palniki te służą często jako palniki rozpałkowe. Współspalanie gazu z odmetanowania kopalń korzystnie wpływa na strukturę kosztów przedsiębiorstwa. Gaz z odmetanowania może także być spalany w turbinach gazowych. Idea jest taka sama jak w przypadku silników gazowych z tym, że silnik zastąpiony jest przez turbinę. Jednym z pomysłów, który został zrealizowany na skalę przemysłową, jest wybudowana w 2011r. instalacji skraplania gazu z odmetanowania kopalń. Instalacja zlokalizowana została w byłej kopalni KWK Krupiński, w Suszcu. Instalację wbudowała firma LNG Silesia Sp. z o.o. Warto także wspomnieć o próbach instalacji do pozyskiwania gazu z nieczynnych wyrobisk kopalnianych, próby te prowadzono na obszarze byłej kopalni KWK Moszczenica. Gaz sprężany jest w stacji sprężarkowej i magazynowany w butlach, które transportowane są do spalania w przeznaczonych do tego instalacjach [3].

Ciekawym i wartym szerszego omówienia rozwiązaniem jest poniżej opisane rozwiązanie wykorzystujące gaz z odmetanowania kopalń.

Skojarzony Układ Energetyczno Chłodniczy (SUECh) w KWK Pniówek – PGNiG Termika Energetyka Przemysłowa S.A. (rys. 26.2).



Rys. 26.2 Skojarzony Układ Energetyczno-Chłodniczy (SUECh) w KWK Pniówek – PGNiG Termika Energetyka Przemysłowa S.A.

Schemat obrazuje pionierską instalację Skojarzonego Układu Energetyczno-Chłodniczego zrealizowaną w KWK „Pniówek”. Schemat oddaje główną ideę działania instalacji, w której do wytwarzania chłodu (woda „lodowa” o temperaturze ok. 1,5°C) wykorzystywane jest ciepło produkowane w silnikach gazowych. Obecnie układ składa się z czterech silników (Oddział Pniówek), które obok energii elektrycznej produkują ciepło. Właściwie ciepło jest produktem ubocznym produkcji energii elektrycznej, co podnosi efektywność energetyczną całego układu i stanowi „darmowe” źródło ciepła. Ciepło odzyskiwane jest z układów: chłodzenia mieszanki gazowo-powietrznej, chłodzenia oleju silnikowego, chłodzenia korpusu silnika oraz spalin. Ciepło (gorąca woda) doprowadzane jest do chłodziarek absorpcyjnych, w których schładzany jest czynnik zwany wodą „lodową”. W uproszczeniu można zaryzykować, że zasada działania chłodziarek absorpcyjnych przypomina działanie zwyczajnej lodówki. Zadaniem chłodziarek sprężarkowych jest dochłodzenie wody „lodowej” do pożądanych parametrów wyjściowych z układu (z 4,5°C do 1,5°C). Schłodzona woda „lodowa” jest rozprowadzana poprzez układ podajników cieczy (Siemag) do chłodziarek powietrza. Chłodziarki powietrza wdmuchują schłodzone (zimne) powietrza do podziemnych wyrobisk górniczych. Jednocześnie następuje ogrzanie wody „lodowej” (z 2,5°C do 18°C). Woda „lodowa” po przejściu całego cyklu zwracana jest do obiegu i ponownie trafia do sprężarek absorpcyjnych, gdzie następuje jej schłodzenie do pożądanych parametrów (1,5°C). W czasie pracy

sprężarek absorpcyjnych oraz sprężarkowych konieczne jest ich chłodzenie. Proces ten jest realizowany za pomocą chłodni kominowej.

Aspektem, którego nie można pominąć, jest udowodnione niekorzystne działanie metanu na warstwę ozonową ziemi. Nie tylko freony i ich pochodne działają szkodliwie na warstwę ozonową.

Celem nadrzędnym jest optymalne zużycie gazu bez jego wydmuchu do atmosfery. W tym miejscu trzeba wspomnieć że w pierwszej kolejności gaz spalany jest w silnikach gazowych – najbardziej efektywne wykorzystanie energii zawartej w gazie, dopiero w drugiej kolejności gaz spalany jest w kotłach parowych czy też wodnych. W celu realizacji tego zadania wizualizowano pracę sieci gazowej tak że każdy z korzystających z gazu kopalnianego ma w każdej chwili bieżące informacje dotyczące zagospodarowania gazu. Wszelkie zmiany wielkości poboru gazu są konsultowane w ramach zakładów podłączonych do sieci gazowej.

26.4 PRZEGLĄD PARKU SILNIKOWEGO PTEP S.A.

Spółka PGNiG Termika Energetyka Przemysłowa S.A. (PTEP S.A.) eksploatuje 12 silników gazowych (tabela 26.2).

Tabela 26.2 Wykaz silników zabudowanych i eksploatowanych w PTEP S.A.

Lp	Silnik	Rok przejęcia do eksploatacji	Nr fabryczny	Moc elektryczna [MW _e]	Moc cieplna [MW _t]
Oddział Pniówek					
1	Silnik gazowy tłokowy TBG 632V16	2000	MN 2200761	3,2	3,6
2	Silnik gazowy tłokowy TBG 632V16	2000	MN 2200849	3,2	3,6
3	Silnik gazowy tłokowy TCG 2032V16	2006	MN 2206287	3,9	3
4	Silnik gazowy tłokowy TCG 2032V16	2011	MN 2208930	4	3,9
Oddział Suszec					
5	Silnik gazowy tłokowy TBG 632V16	2001	MN 001032	3	3
6	Silnik gazowy tłokowy TCG 2032V16	2005	MN 2205619	3,9	4
7	Silnik gazowy tłokowy CG170-20	2015	MN 2212189	2,0	2
8	Silnik gazowy tłokowy CG170-20	2015	MN 2212188	2,0	2
Oddział Częstochowa					
9	Silnik gazowy tłokowy TCG 2032V16	2013	MN 2210197	2,9	3,4
Oddział Moszczenica					
10	Silnik gazowy tłokowy TCG 2032V16	2011	MN 2208931	4	3,9
11	Silnik gazowy tłokowy CG260-16	2014	MN 2211546	4	3,9
Oddział Wodzisław					
12	Silnik gazowy tłokowy MTU 20V4000L33	2014	528 103 142	2,2	2

- 10 silników – paliwo gaz z odmetanowania kopalń JSW S.A. lub SRK Sp. z o.o. (Oddziały: Moszczenica, Pniówek oraz Suszec).
- 1 silnik – paliwo gaz sieciowy GZ51 (Oddział Wodzisław).
- 1 silnik – paliwo gaz koksowniczy (Oddział Częstochowa).

Silniki zabudowano w latach 1998-2015.

Z uwagi na normalizację i typizację parku produkcyjnego silniki (11 szt.) pochodzą od jednego producenta, firmy MWM obecnie Caterpillar [1]. Producentem silnika zainstalowanego w Oddziale w Wodzisławiu jest firma MTU [2]. Silniki Oddziałów Moszczenica i Pniówek pracują na wspólnej sieci gazowej i to między tymi zakładami w głównej mierze rozdzielany jest gaz. Oprócz silników z gazu kopalnianego korzystają również kotły Oddziału Zofiówka, jednak jak już to zostało wyżej opisane pierwszeństwo w zużyciu gazu, mają silniki gazowe. Silnik gazowy w Oddziale „Wodzisław” jako jedyny pracuje na gazie ziemnym zasilanym z sieci miejskiej. Natomiast silnik zabudowany w lokalizacji Częstochowa zasilany jest gazem koksowniczym.

26.5 JAKOŚĆ MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH

Kolejnym ważnym czynnikiem mającym wpływ na niezawodność eksploatacji ma jakość materiałów eksploatacyjnych takich jak: płyny eksploatacyjne czy też filtry. Wymiana w/w materiałów często odbywa się poza terminami rutynowych przeglądów serwisowych, w przypadku pogorszenia parametrów techniczno-eksploatacyjnych silnika, i wiąże się z odstawieniem silnika, dlatego też eksploatającym zależy aby było jak najmniej nieplanowych postojów.

Podstawowe materiały eksploatacyjne silnika to:

- filtry powietrza do spalania – odpowiadają za ostateczne oczyszczanie powietrza do spalania, są zabudowane na samym silniku. Jak pokazuje wieloletnia praktyka eksploatacyjna tylko oryginalne filtry, bądź też zamienniki renomowanych firm zapewniają właściwe oczyszczanie powietrza, a także wykazują się odpowiednią relacją ceny do długości eksploatacji.
- filtry powietrza na wlocie powietrza do pomieszczenia silnika i urządzeń pomocniczych – silnik gazowy wraz z urządzeniami pomocniczymi jest zabudowany w zamkniętym pomieszczeniu do którego trafia powietrze filtrowane przez filtry kieszeniowe zabudowane na dachowych centralach wentylacyjnych.
- filtry gazu na dolocie do silnika – gaz kopalniany przed dolotem do instalacji przysilnikowych przechodzi przez filtr gazu składający się z 8 sztuk wkładów metalowo-papierowych, mają za zadanie wyłapywanie zanieczyszczeń stałych zawartych w gazie kopalnianym.
- filtry gazu na ścieżkach gazowych – odpowiadają za ostateczne oczyszczenie gazu przed stworzeniem mieszanki i spaleniem jej w cylindrach silnika.
- olej silnikowy – jak w każdym silniku spalinowym olej jest bardzo ważny, gdyż odpowiada za smarowanie ruchomych części silnika, od początku eksploatacji

silników gazowych dużą uwagę zwraca się na jakość oleju smarującego. Pierwszym podstawowym założeniem jest jakość zastosowanego oleju, w większości silników stosowany jest olej syntetyczny wiodącego producenta na rynku olejowym, w dwóch silnikach stosowany jest olej mineralny tego samego producenta. Po wielu latach należy stwierdzić że takie podejście do tematu ma wpływ na brak awarii silników spowodowanych niewłaściwym smarowaniem. Olej jest na bieżąco kontrolowany – wykonywane są specjalistyczne analizy oleju co 1000 rbg.

- płyn chłodzący – zapewnia chłodzenie silnika, a zarazem przekazuje ciepło z silnika do układu ciepłowniczego miasta. Również w tym przypadku postawiono na płyn dobrej jakości renomowanego producenta.

26.6 TYPOWE PRZYCZYNY NIEDOMAGANIA SILNIKÓW GAZOWYCH

Analizując awaryjność i niedyspozycyjność silników gazowych jako najczęstsze przyczyny zakłóceń pracy silników gazowych można przyjąć:

- spadek koncentracji gazu – silniki pracują przy koncentracji powyżej 40%, jednak zdarza się że koncentracja spada poniżej tej wartości i wtedy silnik zaczyna pracować niestabilnie, a po jego odstawieniu, nie można go uruchomić dopóki koncentracja nie wzrośnie powyżej 40%. Z takim przypadkami szczególnie często mamy do czynienia w Oddziale „Pniówek”. Wydaje się że, w tym przypadku, najlepszym rozwiązaniem byłaby instalacja mieszania gazu z gazem ziemnym, która stabilizowałaby wartość koncentracji gazu na pożądanym poziomie.
- wzrost temperatury otoczenia – powoduje ograniczanie wydajności silnika gazowego, układ chłodzenia silnika jest zaprojektowany w ten sposób, aby zapewniał możliwość pracy silnika z pełnym obciążeniem do temperatury otoczenia 30°C. Powyżej tej temperatury, silnik zaczyna się odciążać. Jednak można zauważyć że wraz ze wzrostem przebiegu silników zdarzają się obniżenia mocy przy temperaturach poniżej 30°C. Zjawisko to może być spowodowane spadkiem wydajności wymienników, uszkodzeniami wentylatorów chodnic stołowych. Zjawisko to jest szczególnie dokuczliwe kiedy silnik pracuje bez odzysku ciepła, albo odzysk ciepła jest bardzo ograniczony.
- zanieczyszczenie filtrów gazu – spowodowane przez zanieczyszczenia olejowe, pochodzące ze sprężarek używanych na stacjach odmetanowania kopalń. Jest to bardzo dokuczliwe z tego powodu, że na chwilę obecną nie ma możliwości likwidacji tego zjawiska. Podejmowano próby dobrania filtroseperatora, jednak rozwiązania tego typu powodują spadek ciśnienia na takim poziomie, że na każdym z zakładów eksploatujących silniki gazowe trzeba by zabudować układy podbijające ciśnienie gazu.
- zapylenie powietrza otoczenia – wzrost zapylenia powoduje błyskawiczne zanieczyszczenie filtrów central wentylacyjnych, a to z kolei skutkuje pogorszeniem jakości powietrza do spalania. Zakłócenie to pojawia się w czasie

kiedy przez dłuższy czas nie pada deszcz i jest wietrzna pogoda. Ze zjawiskiem tym nie można walczyć interwencyjnie, trzeba jedynie błyskawicznie usuwać skutki tego zjawiska.

LITERATURA

1. DTR firmy Caterpillar
2. DTR firmy MWM Deutz
3. Książki napraw PGNiG Termika Energetyka Przemysłowa S.A.
4. A. Nawrat.: powerindustry.com.pl/wp-content/.../Nawrat-Stanislaw_-AGH.pdf
Stan i perspektywy utylizacji metanu z kopalń – szanse i zagrożenia

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019

GAZ KOPALNIANY. DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI SILNIKÓW GAZOWYCH

Streszczenie: W artykule opisano doświadczenia związane z wieloletnią eksploatacją kogeneracyjnych agregatów prądotwórczych napędzanych silnikami gazowymi dla których jako paliwo wykorzystywany jest metan. Poruszono temat związany z pozyskaniem gazu z odmetanowania kopalń jako paliwa napędowego do silników gazowych. Zasygnalizowano problematykę związaną z poszukiwaniem rozwiązań badawczo-naukowych i ich zastosowania w przemyśle, w celu znalezienia rozwiązań zwiększających niezawodność parku maszynowego przy jednoczesnym utrzymaniu lub redukcji kosztów.

Słowa kluczowe: silniki gazowe, kogeneracja, metan, energetyka gazowa

MINES GAS. EXPERIENCE FROM THE OPERATION OF GAS ENGINES

Abstract: There are described experiences connected with perennial exploitation of the cogenerational engine generators powered by gas engines which are fueled by methane in the article. There is covered a subject connected with sourcing the gas from demethanization of mines as an impulsive fuel for gas engines. There is signalized the issues connected with searching the experimental solutions and applying them in the industry to find the solutions increasing the reliability of the machinery park in the simultaneous maintenance or cost reduction.

Key words: gas engine, cogeneration, methane, gas energy

Grzegorz Grzywnowicz

PGNiG
Termika Energetyka Przemysłowa S.A.
ul. Rybnicka 6c,
44-335 Jastrzębie-Zdrój, Polska

Adam Kalwar

PGNiG
Termika Energetyka Przemysłowa S.A.
ul. Rybnicka 6c,
44-335 Jastrzębie-Zdrój, Polska

Franciszek Kurdziel

PGNiG
Termika Energetyka Przemysłowa S.A.
ul. Rybnicka 6c,
44-335 Jastrzębie-Zdrój, Polska