

Paweł Urbański, Dariusz Latoń**

POSTĘP TECHNICZNY W BUDOWIE POMPOWNI W KWB BEŁCHATÓW

W referacie przedstawiono etapy zmian, wprowadzanych w konstrukcjach pompowni i układach pompowych służących do odprowadzania, poza wyrobiska górnicze, wód powierzchniowych i wglębnych z systemu odwadniania złoża węgla brunatnego w KWB Bełchatów. Zaprezentowano również rozwój konstrukcji agregatów pompowych, które są eksploatowane w układach pompowych pompowni głównych i przepompowniach wód wglębnych.

1. Wstęp

Odwadnianie wyrobiska kopalni odkrywkowej węgla brunatnego, na które składa się odwodnienie wglębne i powierzchniowe, jest podstawowym i niezwykle ważnym procesem technologicznym. Skuteczny system odwadniania gwarantuje bezpieczeństwo prowadzenia robót górniczych. Dodatkowo odwadnianie nie jest procesem obojętnym dla środowiska, dlatego też z wielką uwagą prowadzi się szczegółowy monitoring umożliwiający obserwację osiąganych efektów i zmian warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych.

Decyzją Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego, wyrobiska górnicze złoża węgla brunatnego „Bełchatów” zostały zaliczone do II stopnia zagrożenia wodnego [6].

Źródłami zagrożenia wodnego dla wyrobisk są:

- wody poziomu podstawowego o zwierciadle swobodnym w obrębie wyrobiska, które w przypadku przecięcia się ich zwierciadła z powierzchnią budowanej skarpy mogą spowodować utratę stateczności skarpy lub części zbocza oraz okresowo zatopić część wyrobiska;

* Oddział KWB Bełchatów, PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA, Rogowiec

- wody resztkowe znajdujące się w zasięgu pracy koparki, które mogą spowodować podtopienie poziomu roboczego przy koparki, utratę stateczności skarp i podłoża pod koparką;
- nawalne opady atmosferyczne, mogące zagrozić podtopieniem najniższego poziomu wyrobiska.

Od uruchomienia pierwszej pompowni na Polu Bełchatów w 1980 r. do dzisiaj nastąpiło wiele zmian. Postęp techniczny, doświadczenia eksploatacyjne oraz zmiana podejścia do ponoszonych nakładów związanych z inwestycjami spowodowały, że można dziś mówić o całkowitej zmianie jakościowej w zakresie wprowadzanych rozwiązań dotyczących pompowni.

Różnorodność i ilość stosowanych pomp, a przy tym ekstremalne warunki ich eksploatacji, wyróżniają Kopalnię „Bełchatów” na tle innych użytkowników. Ilość pompowanej w ciągu roku i odprowadzanej do rzek wody, wynosi blisko 270 mln m³, co przy rocznym wydobywaniu węgla na poziomie 33 mln ton, daje wskaźnik ponad 8 m³ na 1 tonę węgla. Przy takich wielkościach niezwykle trudny i skomplikowany proces odwodnienia, wymaga od kadry inżyniersko-technicznej świetnego przygotowania teoretycznego oraz ciągłej mobilizacji w zakresie utrzymania wysokiej sprawności układów pompowych.

2. Zadania i obiekty odwodnienia powierzchniowego [3]

Podstawowym zadaniem odwodnienia powierzchniowego jest odprowadzanie poza wyrobisko wód:

- opadowych i z roztopów,
- wyciekających ze skarp i spągu,
- ze studni głębinowych usytuowanych w wyrobisku od III poziomu do spągu wyrobiska.

System odwodnienia powierzchniowego został zaprojektowany i zbudowany na maksymalny opad atmosferyczny wielkości 70,2 mm/dobę. Jest to opad dobowy występujący raz na 10 lat.

Głównymi elementami składowymi systemu odwodnienia powierzchniowego są:

- pompownie — główne i przepompownie wód wgłębnych,
- spągowe stanowiska pompowe,
- osadniki wód brudnych,
- stanowiska pompowe na poziomach roboczych,
- rurociągi podścianowe i rurociągi na poziomach roboczych,
- system sprowadzeń wód opadowych do pompowni, na poziomy robocze i na spąg.

3. Pompownie klasyczne [3]

Pompownie, w początkowym okresie eksploatacji, wykonywane były, jako budynki o konstrukcji stałej hali posadowionej na fundamencie. W późniejszych latach wprowadzono do stosowania budynki o konstrukcjach stalowych stałych (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Pompownia stała z budynkami stalowymi [7]



Rys. 2. Rurociągi ssawne w klasycznych układach pompowych. Poziom zasysania na tej samej głębokości dla wszystkich stanowisk [7]

Kolejną konstrukcją była pompownia z kontenerami stalowymi zamontowanymi na stalowych pontonach przesuwanych (rys. 3) oraz z rurociągami ssawnymi na różnych głębokościach ssania (rys. 4). W kontenerach zabudowane były pompy stacjonarne typu OS-250 lub OW-300 w układzie z koszami ssawnymi i zaworami zwrotnymi stopowymi. Zbiornik pompowni znajdował się na tym samym poziomie, co budynki pompowni. Taka konstrukcja układu pompowego, podczas dużych opadów atmosferycznych doprowadzała do częstego zamulania komór i koszy ssawnych, co powodowało unieruchomienie pompowni.

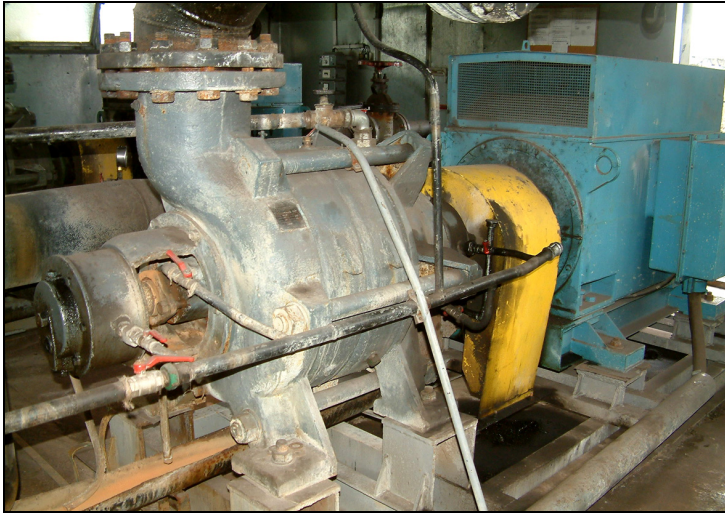


Rys. 3. Stalowe budynki pompowni o konstrukcji przesuwnej [7]



Rys. 4. Rurociągi ssawne w klasycznych układach pompowych.
Poziom zasysania na różnych głębokościach [7]

Pompy typu OS (rys. 5) i OW (rys. 6) zainstalowane w układach pompowych wykonane były w konstrukcjach podstawowych tzn. z układami chłodzenia dławnic sznurowych ze sznurami o niskich właściwościach eksploatacyjnych oraz z układami chłodzenia komór łożyskowych z łożyskami tocznymi i ślizgowymi ze smarowaniem olejowym. Układy chłodzenia wymagały doprowadzenia do pompowni czystej wody! Wykonania materiałowe układów przepływowych (wirniki i kierownice) też były podstawowe tzn. głównie żeliwa szare.



Rys. 5. Zespół pompy OS-250A/2 z układami chłodzenia i smarowania olejowego [7]



Rys. 6. Zespół pompy OW-300AM/3 z układami chłodzenia i smarowania olejowego [7]

Układy pompowe o takiej konstrukcji wymagały ciągłej, 24 godzinnej obsługi i kontroli parametrów pracy przez pompowych zatrudnionych w systemie czterobrygadowym. Okresy międzyremontowe były krótkie i wynosiły od kilkuset do około 2 tys. godzin ciągłej pracy.

4. Pompownie z napływem, nadzorowane i diagnozowane automatycznie [1, 2]

Doświadczenia z eksploatacji pompowni pracujących w układach klasycznych sprawiły, że podjęto szereg działań, których nadrzędnym celem było wyeliminowanie problemów z ciągłą obsługą pomp oraz uzyskanie wzrostu efektywności energetycznej pompowania, poprzez:

- zmianę układów ssących,
- zlikwidowanie układów czystej wody niezbędnej do chłodzenia węzłów łożyskowych i dławnic,
- ciągły pomiar wydajności i ciśnień,
- automatyczny pomiar temperatury niezbędnych węzłów konstrukcyjnych pompy i silnika,
- automatyczny pomiar poziomu wody w zbiorniku pompowni,
- zmianę wykonań materiałowych układów przepływowych i dławnic pomp.

W 1996 r. rozpoczęto budowę pompowni w wersji z napływem (rys. 7).



Rys. 7. Pompownia pracująca w układzie z napływem i zbiornikiem na tej samej półce [7]

Zasada działania tych pompowni jest następująca: pompy w kontenerach przesuwanych posadowione są poniżej minimalnego poziomu wody w zbiornikach pompowni (zbiornik

pompowni może znajdować się na półce wyżej leżej). Rurociągi ssawne z zaworami stopowymi zastąpiono rurociągami napływowymi. W tym układzie pompy cały czas wypełnione są wodą i nie zachodzi potrzeba ich odpowietrzania przed uruchomieniem.

Równolegle trwały prace modernizacyjne zespołów pompowych typu OS i OW. W zespołach pompowych typu OS zmodernizowano:

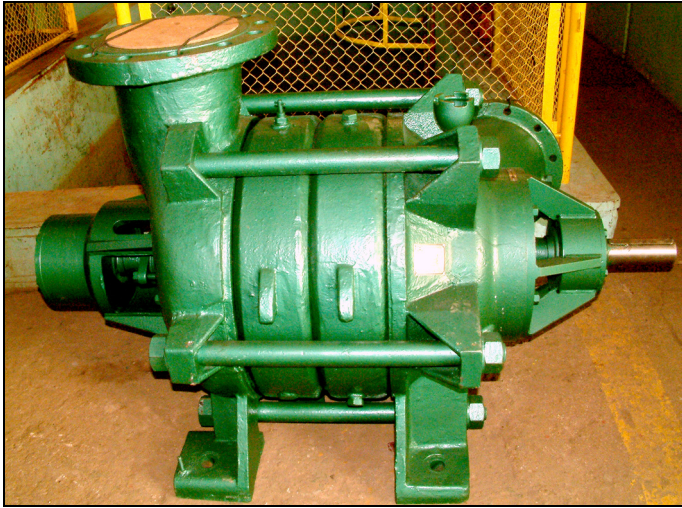
- 1) węzły łożyskowe poprzez zastosowanie smaru stałego o wysokich parametrach eksploatacyjnych, tzw. „Zieloną Pszczolę” oraz dobrano odpowiednie łożyska toczne;
- 2) uszczelnienia dławnic sznurowych poprzez zastosowanie sznurów typu „GRANUPACT” oraz tulei odpornych na pracę w warunkach trudnych ze stali H17N2;
- 3) układ przepływowy poprzez zmianę hydrauliki i wykonan materiałowych na brązowe i ze staliwa wysokochromowego;
- 4) napęd pompy poprzez zastosowanie wysokosprawnych silników typu Sh o sprawnościach powyżej 96%.

W zespołach pompowych typu OW zmodernizowano:

- 1) uszczelnienia dławnic sznurowych poprzez zastosowanie sznurów typu „GRANUPACT” oraz metalizację powierzchni wału współpracującą z nowymi sznurami powłoką ceramiczną;
- 2) układ przepływowy poprzez zmianę wykonan materiałowych na brązowe i ze staliwa wysokochromowego;
- 3) napęd pompy poprzez zastosowanie wysokosprawnych silników typu Sh o sprawnościach powyżej 96%.



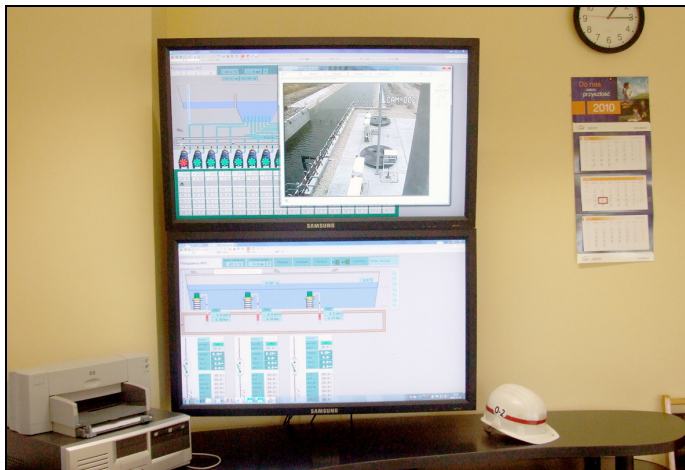
Rys. 8. Zmodernizowany zespół pompy OS-250AM/3 bez układów chłodzenia i smarowania olejowego [7]



Rys. 9. Pompa OS-250C/3 w wykonaniu producenta [7]

Dodatkowo wykonano gniazda do montażu czujników temperatury w węzłach łożyskowych pompy i silnika. W wyniku tych prac powstały nowoczesne zespoły pompowe, których instalacja na zmodernizowanych stanowiskach pompowni z napływem pozwoliła na automatyzację pracy układów pompowych.

Obecnie w wersji z napływem pracują w układach automatycznych pompownie główne 4N-5, 4N-6, pompownie główne grupy 9, pompownia pomocnicza + 130S oraz spągowe stanowisko pompowe. Sterowanie pracą zautomatyzowanych pompowni odbywa się ze sterowni zlokalizowanej w zapleczach oddziału eksploatacyjnego za pomocą systemu OSA-2 (rys. 10).



Rys. 10. Sterownia nadzoru nad zautomatyzowanymi pompowniami na Polu Belchatów [7]

5. Pompownie z pompami zatapialnymi dużych mocy [4, 5]

Pierwsza pompownia N-1 z pompami zatapialnymi dużych mocy została uruchomiona na odkrywce „Szczerców” (rys. 11). Wyposażona w pompy zatapialne OZ-400 o wydajności nominalnej 1200 m³/h i wysokości podnoszenia 48 m funkcjonuje od wiosny 2005.



Rys. 11. Pompownia z trzema pompami zatapialnymi OZ-400 [7]

W miarę postępu w budowie odkrywki i związanym z tym zwiększeniem głębokości wyrobiska górniczego, uruchomiono kolejną pompownię N-2 z pompami OZ-400W o wydajności nominalnej 1200 m³/h i wysokości podnoszenia 100 m (rys. 12). Pomyślnie doświadczenia z eksploatacji pomp zatapialnych w odkrywce „Szczerców” skłoniły Kopalnię do zastosowania ich również w nowych pompowniach na odkrywce „Bełchatów”.

Konstrukcja najnowszej pompowni głównej opiera się na układach pompowych z zespołami pompowymi zatapialnymi wielostopniowymi typu OWZ-250A/4 o wydajności nominalnej 500 m³/h, wysokości podnoszenia 150 m i mocy silnika 315 kW (rys. 13).

Do niedawna nie produkowano pomp zatapialnych monoblokowych o mocach przekraczających 100 kW [5]. Tę lukę w ofercie polskiego przemysłu wypełniają obecnie pompy o wydajności sięgającej 1500 m³/h, wysokości podnoszenia do 100m i mocach do 500 kW. Są to pompy o oryginalnej i unikatowej konstrukcji opracowanej przez konstruktorów Fabryki Pomp Powen, obecnie Grupa POWEN-WAFAPOMP SA.

Instalacja pomp jest prosta. Pompa może być zawieszona na rurociągu tłocznym umieszczonym w osi (w przypadku głębokich zbiorników) lub ustawiona na dnie na stojaku (w przypadku, gdy występuje twarde podłoże) (rys. 14).



Rys. 12. Pompownia z pompami zatapialnymi OZ-400W [7]



Rys. 13. Pompownia z zespołami pompowymi zatapialnymi wielostopniowymi OWZ-250A/4 [7]



Rys. 14. Pompy OZ posadowione na dnie komory pomp wraz z rurociągami tłocznymi [7]

Pompy zatapialne typu OZ pracują w indywidualnych instalacjach pompowych dostosowanych do współpracy z rurociągami tłocznymi w punktach optymalnej sprawności energetycznej.

W konstrukcji pomp typu OZ przyjęto układ przedstawiony na rysunku 15. Silnik napędowy umieszczony jest poniżej pompy, a wlot do wirnika znajduje się od strony napędu. Ssanie odbywa się przez uźbrowaną szczelinę rozmieszczoną na obwodzie pompy.



Rys. 15. Konstrukcja pompy typoszeregu OZ [7]

Pompowanie wód powierzchniowych, które okresowo, np. podczas nawałnych opadów, zawierają znaczne ilości zawieszin pylistego piasku, mułu itp. wymaga, aby pompy pracowały przy prędkości nominalnej 1500 obr./min, co jak wiadomo, znacznie zwiększa ich odporność na zużycie powodowane obecnością ciał stałych w pompowanej cieczy. Jako standardowe przyjęto wykonanie pompy z nierdzewnego i odpornego na erozję staliwa chromowego.

Pompy wyposażone są w czujniki kontrolujące temperaturę łożysk i uzwojeń silnika, obecność wody w silniku oraz stopień zawilgocenia komory olejowej będący wskaźnikiem skuteczności pracy uszczelnienia. Dla zwiększenia skuteczności chłodzenia silników o znacznych mocach stosowany jest płaszcz chłodzący, wymuszający opływ silnika. Pompę z takim płaszczem pokazano na rysunku 16.



Rys. 16. Pompa OZ z płaszczem chłodzącym [7]

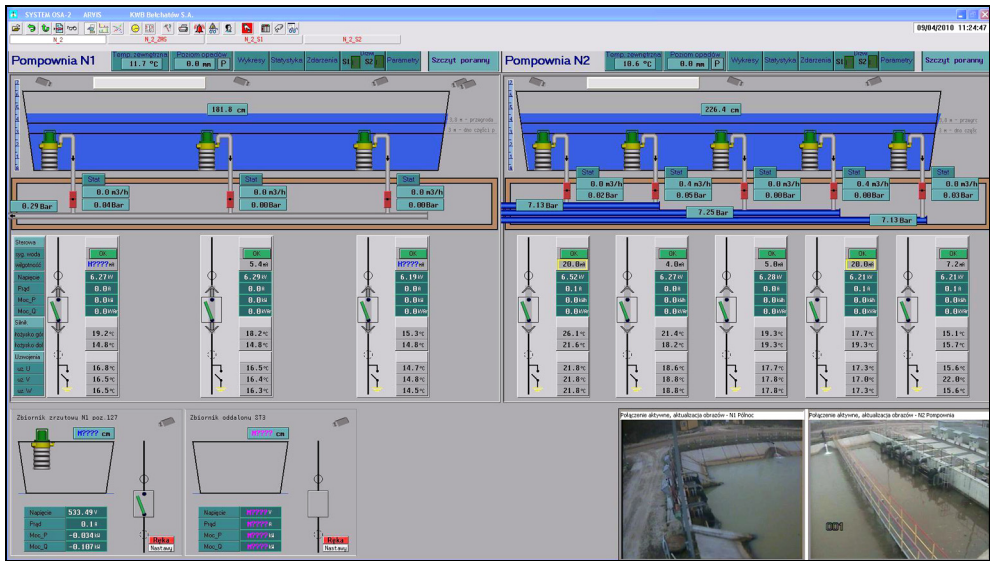
Zalety pomp zatapialnych to:

- Wysoka sprawność wynikająca z zastosowania silnika „suchego” i braku ograniczeń konstrukcyjnych dotyczących wymiarów.
- Instalacja pomp zatapialnych w stosunku do pomp stacjonarnych jest prostsza, co pozwala na znaczne oszczędności inwestycyjne dotyczące infrastruktury pompowni np. eliminację kontenerów pompowych.
- Pompy zatapialne mogą pracować w szerokim zakresie wahań lustra wody i nie są narażone na awarie wynikające z zalania silnika np. przez opady nawałne.
- Pompy zatapialne nie wymagają zalewania i odpowietrzania co powoduje, że procedura ich rozruchu jest prosta.
- Hałas i ciepło emitowane przez pompy zatapialne nie oddziałują na obsługę.

Wady pomp zatapialnych to:

- Wrażliwość na zawilgocenie silnika, co pociąga za sobą konieczność stosowania skutecznych systemów uszczelnienia wału.
- Silnik elektryczny posiada specjalną konstrukcję, a zatem jest droższy od silnika ogólnego przeznaczenia.

Wizualizacja i sterowanie pracą pompowni odbywa się zdalnie ze sterowni (rys. 17). W trybie pracy automatycznej poszczególne pompy uruchamiane i zatrzymywane są w zależności od położenia zwierciadła wody w zbiorniku pompowni uwzględniając przy tym między innymi tryb pracy poza szczytami energetycznymi.



Rys. 17. System informatyczny obsługujący automatykę pompowni z pompami zatapialnymi typu OZ [7]

6. Podsumowanie

- 1) Wnioski wyciągnięte z początkowego okresu eksploatacji pompowni z klasycznymi układami pompowymi, w których pracowały stacjonarne zespoły pompowe, pozwoliły na modernizację konstrukcji pompowni. W efekcie uzyskano wzrost sprawności energetycznej pompowania i obniżenie kosztów eksploatacji całego systemu odwodnienia powierzchniowego wyrobisk złoża węgla brunatnego KWB Bełchatów.
- 2) Zastosowanie pomp zatapialnych wielkich mocy, monoblokowych jak również zespołów pompowych o wysokościach podnoszenia ok. 200 m, pozwala na zautomatyzowaną i energooszczędną eksploatację pompowni i przepompowni wód głębszych nowego typu, w systemach odwadniania wyrobisk górniczych nie tylko złóż węgla brunatnego. Zastosowane nierdzewne materiały i specjalne powłoki malarskie, odporne na zużycie erozyjne i chemiczne oraz prędkość obrotowa 1400 obr./min, spełniają swoje funkcje przy pracy w wodach o zróżnicowanym pH i znacznym stopniu zapiaśnienia.

- 3) Bardzo dobra współpraca pomiędzy wieloma jednostkami naukowo-badawczymi i przemysłem, przy znaczącym współudziale specjalistów z KWB Bełchatów, zaowocowała innowacyjnymi rozwiązaniami, które aktualnie pozwalają na efektywną i energooszczędną eksploatację zespołów pompowych klasycznych i zatapialnych w trudnych warunkach odwadniania powierzchniowego wyrobisk górniczych.

LITERATURA

- [1] *Urbański P.*: Systemy odwadniania wyrobisk górniczych złoża węgla brunatnego „Bełchatów”. „XV Forum Użytkowników Pomp”, Wydawca Pompy-Pompownie, Słok 23–25 września 2009
- [2] *Ślusarczyk M.*: Pompy zatapialne w odwodnieniu powierzchniowym kopalni odkrywkowej. „XIII Forum Użytkowników Pomp”, Wydawca Pompy-Pompownie, Stryków 26-28 września 2007
- [3] *Fijałkowski J., Urbański P.*: Odwodnienie powierzchniowe Kopalni „Bełchatów”. „X Forum Użytkowników Pomp”, Wydawca Pompy-Pompownie, Słok 14–15 października 2003
- [4] *Pierzchała K., Urbański P., Latoń D.*: Nowe rozwiązania techniczne w systemach odwadniania w PGE KWB „Bełchatów” SA, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34 Zeszyt 4, Wydawnictwa AGH, Kraków 2010
- [5] *Pakula G., Świtalski P., Urbański P.*: Pompy zatapialne wielkiej mocy. Pompy Pompownie, Nr 2 (137), 2010
- [6] Decyzja Dyrektora OUG w Kielcach nr KIE 0239/0002/06/04919/ZK
- [7] Materiały własne KWB Bełchatów