

# Problemy związane z oceną stanu technicznego zasobników węglowych

Prof. dr hab. inż. Aleksander Wodyński, dr hab. inż. Rajmund Oruba, dr inż. Karol Firek, dr inż. Wojciech Kocot, mgr inż. Michał Witkowski, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, mgr inż. Tadeusz Piskorski, PGE GiEK Oddział Elektrownia Turów

## 1. Wprowadzenie

Zasobniki węglowe są strategicznymi obiektami technologicznymi w elektrowniach. Wymagają więc wnikliwej kontroli stanu technicznego, gwarantującej możliwość oceny bezpieczeństwa użytkowania oraz określenia zakresu prac remontowych niezbędnych dla zapewnienia bezawaryjnej eksploatacji obiektu. Dotyczy to zwłaszcza zasobników starszych, o znacznym zużyciu technicznym, które w przeszłości wykazywały istotne uszkodzenia i nieprawidłowości budowlane.

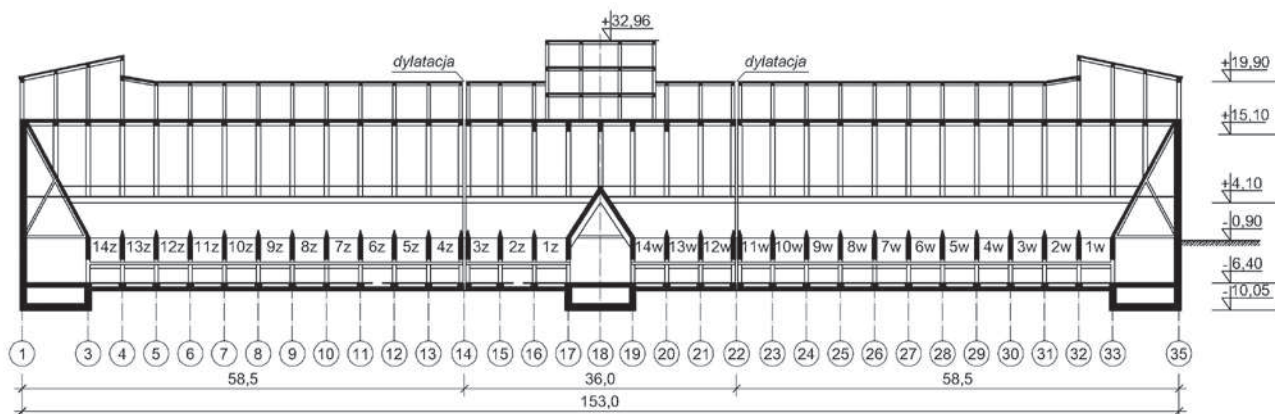
Zgodnie z wymaganiami Ustawy Prawo budowlane [3], obiekty budowlane należy poddawać okresowym, rocznym i pięcioletnim przeglądom ich stanu technicznego. W czasie corocznych przeglądów zasobników węglowych, z reguły dokonuje się oceny wszystkich elementów konstrukcyjnych dostępnych bez wyłączenia obiektu z eksploatacji. W przypadku dużych zasobników, gdy powierzchnia ich rzutu poziomego przekracza 2000 m<sup>2</sup>

lub powierzchnia dachu jest większa od 1000 m<sup>2</sup>, przeglądy należy przeprowadzać dwa razy w roku, zwracając szczególną uwagę na stan przekrycia dachowego. W literaturze brak jest informacji dotyczących zakresu przeglądów 5-letnich zasobników węglowych w elektrowniach. Szczególnie istotny w tym przypadku jest fakt, iż znaczna część głównych elementów ustroju nośnego, decydujących o bezpieczeństwie i niezawodności eksploatacyjnej obiektu, jest w czasie bieżącej eksploatacji niedostępna do obserwacji, z uwagi na wypełnienie komór węglem.

W artykule przedstawiono problemy związane z oceną stanu technicznego zasobników węglowych na przykładzie znacznie zużytego technicznie po 50-letnim użytkowaniu zasobnika szczelinowego na węgiel brunatny (rys. 1). Szczególną uwagę zwrócono na te elementy konstrukcyjne, które są zlokalizowane w komorach węglowych. Ocena ich stanu technicznego wymaga opróżnienia zasobnika, co wiąże się z dużymi utrudnieniami eksploatacyjnymi.



**Rys. 1.**  
Widok ogólny  
zasobnika  
węglowego



Rys. 2. Przekrój podłużny zasobnika węglowego

## 2. Charakterystyka techniczna obiektu

Wybudowany w 1962 roku szczelinowy zasobnik na węgiel brunatny jest głównym obiektem ciągu nawęglania Elektrowni „Turów”. Służy on do krótkotrwałego magazynowania węgla dostarczanego z kopalni. Załadunek zasobnika odbywa się od góry w jego części środkowej (poziom +23,0 m), zaś odbiór węgla dołem, na poziomie -3,90 m (rys. 2 i 3). Pod względem technologicznym można wyróżnić 3 strefy:

- taśmociągi górne (+15,10 m),
- komory węglowe (od -3,90 do +15,10 m),
- taśmociągi dolne (od -6,40 do -3,90 m).

Rzut głównej bryły obiektu ma wymiary 153,0 x 19,0 m. Dwie dylatacje poprzeczne dzielą go na trzy segmenty o długości 58,5, 36,0 i 58,5 m.

Zasobnik składa się z dwóch części konstrukcyjnych, dolnej – monolitycznej, żelbetowej (do poz. +4,10 m) oraz górnej – prefabrykowanej (powyżej +4,10 m). Konstrukcję części dolnej stanowią (rys. 3):

- płyty ukośne, tworzące leje zsypanne,
- czteroprzęstowe poprzeczne podciąg i oparte na ścianach zewnętrznych oraz na trzech słupach w osiach B, C i D,
- zewnętrzne ściany podłużne i szczytowe, grubości 0,50 m,
- płyta fundamentowa żebrowana,
- dolne tunele węglowe.

Konstrukcja nośna obudowy komór węglowych w osiach od 1 do 16 i od 20 do 35 wykonana jest w postaci prefabrykowanych ram trójprzegubowych, które dźwigają także prefabrykowane ściany skośne komór węglowych oraz kondygnację mieszczącą rewersyjne przenośniki węglowe na poziomie +15,10 m.

Obciążenie od składowanego węgla przenosi się przez podłużne ukośne płyty zsypanne na 4-przęstowe podciąg poprzeczne, oparte na żelbetowych słupach i ścianach zewnętrznych.

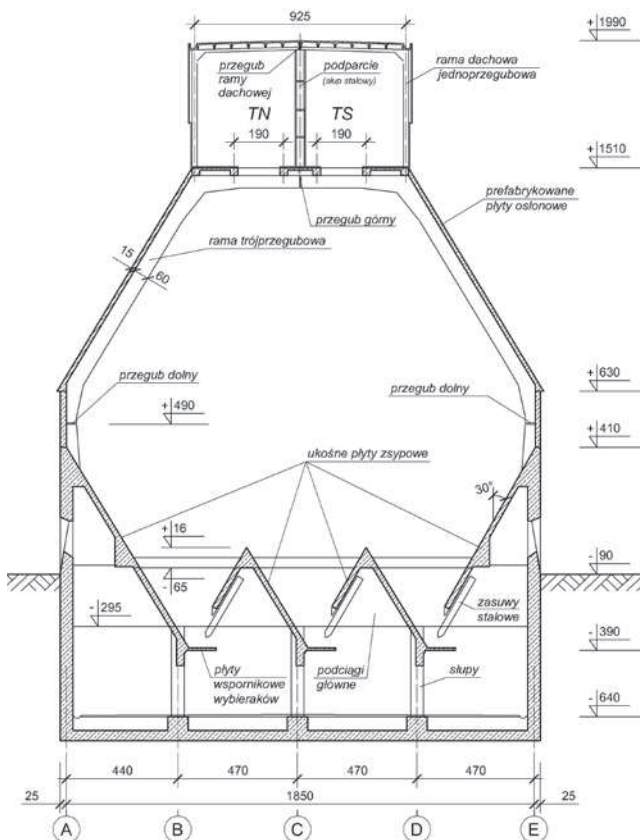
Środkową szkieletową część zasobnika między osiami od 16 do 20 wykonano w technologii „na mokro”.

Ma ona wysokość +32,96 m. Ramy skośne są dwuprzegubowe.

Jednoprzegubowe ramy dachowe obudowy taśmociągów górnych mają przeguby w środku ryglu (+19,90 m) i utwierdzenie dołem (+15,10 m) w ryglach ram trójprzegubowych. Przekrycie dachowe wykonano z prefabrykowanych żelbetowych płyt korytkowych.

Fundamenty wszystkich części obiektu wykonano jako monolityczne żebrowane płyty żelbetowe.

Niska jakość robót budowlanych, błędy projektowe



Rys. 3. Przekrój poprzeczny zasobnika węglowego



**Rys. 4.**  
Górny przegub ramy trójprzegubowej w osi 12 na poziomie +15,10 m – szerokość szczeliny u góry 14 mm, u dołu 54 mm [5]

oraz eksploatacja w warunkach przeciążeń, wpływów dynamicznych i agresywnego oddziaływania środowiska spowodowały cały szereg uszkodzeń elementów konstrukcyjnych zasobnika. Uszkodzenia pojawiły się już w czasie budowy, a w latach następnych ich zakres sukcesywnie się powiększał, doprowadzając w połowie lat 60. do stanu awaryjnego. W latach 1967–68 przeprowadzono prace rekonstrukcyjne, które objęły uszkodzone elementy konstrukcji nośnej obiektu [2]. Pozwoliło to na dalszą eksploatację zasobnika, jednak uszkodzenia powstawały nadal. Drugi etap prac rekonstrukcyjnych zrealizowano w latach 90. XX wieku [1]. Prace remontowe prowadzone były także w późniejszym okresie [4]. Sukcesywnie wykonywane wzmocnienia i prace rehabilitacyjne pozwoliły na wieloletnią bezawaryjną eksploatację obiektu.

### 3. Ocena stanu technicznego części węglowej zasobnika

#### 3.1. Uszkodzenia żelbetowych elementów ustroju nośnego

Głównym celem badań wykonanych w 2011 roku w ramach 5-letniego przeglądu zasobnika była ocena stanu technicznego tych elementów konstrukcyjnych, które są zlokalizowane w jego części węglowej i w trakcie normalnej eksploatacji są niedostępne do obserwacji [5]. Są to: prefabrykowane ramy trójprzegubowe, monolityczna część środkowa, podłużne belki podszynowe przenośników węglowych na poziomie +15,10 m, prefabrykowane płyty osłonowe części ukośnej, czteroprzęstowe podciąg główny, podłużne i poprzeczne płyty zsypane oraz wspornikowe płyty wybieraków węgla.

Powstające w czasie eksploatacji uszkodzenia żelbetowych elementów konstrukcyjnych w komorach węglowych są związane głównie z długotrwałym tarciem prze-

suwających się brył węgla i uderzeniami bloków skalnych. Najczęściej występujące uszkodzenia konstrukcji żelbetowych można podzielić na poniższe grupy [5]:

- uszkodzenia mechaniczne od uderzeń brył węgla i bloków skalnych,
- rysy i pęknięcia betonu,
- spękania, odspojenia i lokalne ubytki warstw naprawczych,
- abrazyjne ubytki powierzchniowych warstw naprawczych i betonu,
- powierzchniowa korozja betonu z lokalnie odsłoniętym i skorodowanym zbrojeniem,
- korozja i uszkodzenia mechaniczne stalowych osłon górnych krawędzi płyt zsypanych i podciągów czteroprzęstowych,
- korozja stalowego osprzętu.

Szczegółowa inwentaryzacja uszkodzeń stanowi podstawę do opracowania harmonogramu niezbędnych prac rekonstrukcyjnych i bieżących remontów.

#### 3.2. Analiza wyników okresowych pomiarów geodezyjnych

Drugim istotnym elementem oceny bezpieczeństwa obiektu jest analiza wyników okresowych geodezyjnych pomiarów osiadań, pochyień i przemieszczeń elementów konstrukcji. Pozwala ona na kontrolę dynamiki zmian w tym zakresie oraz weryfikację spostrzeżeń z inwentaryzacji uszkodzeń elementów konstrukcji i innych stwierdzonych nieprawidłowości budowlanych. Kontrolne pomiary geodezyjne prowadzone są od czasu wybudowania zasobnika. Obejmują one m.in. osiadań reperów zastabilizowanych w dolnych częściach ścian zewnętrznych, wychylenia ścian podłużnych, rozstaw szyn rewersyjnych przenośników węgla na poziomie +15,10 m i ich prostoliniowość oraz niwelację posadzki na poziomie +15,10 m.

Na uwagę zasługują wychylenia ścian podłużnych, które wystąpiły już w początkowym okresie eksploatacji obiektu. Ostatnio ściana północna jest niedostępna do badań z uwagi na wykonane tam urządzenia odpylające, toteż w ramach badań przeprowadzonych w 2011 roku dokonano analizy wychyleń ściany południowej. Wchylenia te określono na podstawie pomiarów przemieszczeń punktów badawczych założonych w skrajnych osiach poszczególnych segmentów, tj. 1, 14, 22 i 35. Dolne punkty pomiarowe znajdują się na wysokości około 0,5 m nad poziomem terenu, a górne – około 4,0 m nad nimi. We wszystkich osiach pomiarowych ściana południowa jest wychylona na zewnątrz. Różnice wychyleń górnych punktów pomiarowych w stosunku do wychyleń punktów dolnych, stwierdzone w trakcie ostatnich pomiarów, zawierają się w przedziale od 15 do 90 mm [5]. Największe wychylenia występują w osiach 14 i 22, a najmniejsze w rejonach ścian szczytowych. Nie stwierdzono jednak przyrostu wychyleń w stosunku do poprzednich pomiarów wykonanych w 2006 roku [4]. Można więc przyjąć, że proces wychylania się południowej ściany podłużnej, charakterystyczny dla początkowego okresu eksploatacji obiektu, został zahamowany.

Wchylenia podłużnych ścian zewnętrznych spowodowały przesunięcie się dolnych części słupów ukośnych ram trójprzegubowych, a tym samym deformację całych ram. Obrazem tego procesu są m.in. zmiany rozwartości szczelin w górnych przegubach ram na poziomie +15,10 m. Szerokości szczelin w dolnej części przegubów są znacznie większe niż w jego górnej części (np. rys. 4).

W czasie przeglądu pomierzono te rozwartości obustronnie dla wszystkich ram. Porównanie z wynikami pomiarów z 2006 roku wykazało jedynie nieznaczne różnice rozwartości szczelin (1–2 mm, lokalnie do 4 mm). Różnice te nie wykazywały istotnej tendencji, przyjmując zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne. Pozwoliło to na postawienie tezy, iż proces narastania deformacji tych elementów uległ zahamowaniu.

Także pozostałe pomiary geodezyjne nie wykazały ostatnio istotnych przyrostów deformacji konstrukcji zasobnika.

### 3.3. Organizacja badań oraz dokumentacja ich wyników

Prowadzenie badań konstrukcji w komorach węglowych zasobnika wymaga całkowitego ich opróżnienia. W związku z koniecznością zapewnienia minimalnych rezerw paliwa w elektrowni, stosuje się sukcesywne opróżnianie kolejnych części komór. Wymaga to wcześniejszego opracowania harmonogramu i szczegółowych uzgodnień ze służbami ruchowymi zakładu.

Duże wysokości komór węglowych, dochodzące do 19 metrów, powodują, że w trakcie przeglądów należy stosować techniki wysokogórskie ze specjalistyczną asekuracją. Przed każdym wejściem do części wę-

glowej wskazane jest zbadanie składu występującego tam powietrza, aby nie dopuścić do zagrożenia bezpieczeństwa ludzi. Chodzi głównie o wystarczającą zawartość tlenu. Wskazane jest przewietrzenie badanej części komory węglowej poprzez odstonięcie dolnych szczelin.

Należy podkreślić, że w przypadku tak dużych i skomplikowanych obiektów poprawna i jednoznaczna interpretacja wyników badań możliwa jest jedynie przy odpowiednim bieżącym dokumentowaniu prowadzonych obserwacji. Niezbędna jest identyfikacja punktów pomiarowych w trakcie pierwszego przeglądu (pomiar „0”). Zastosowanie w kolejnych obserwacjach tej samej techniki w tych samych punktach pomiarowych umożliwi precyzyjną ocenę procesu ewentualnego postępu destrukcji obiektu.

Dużą pomocą w trakcie sporządzania dokumentacji fotograficznej jest trwałe, czytelne oznaczenie badanych elementów, pozwalające na jednoznaczny identyfikację miejsca oraz kierunku obserwacji.

## 4. Podsumowanie

Okresowe, 5-letnie przeglądy stanu technicznego zasobników węglowych w elektrowniach muszą obejmować także elementy konstrukcyjne znajdujące się w komorach węglowych. Wymaga to całkowitego opróżniania kolejnych części komór poddawanych badaniom po wcześniejszych szczegółowych uzgodnieniach ze służbami ruchu zakładu.

Z uwagi na duże gabaryty obiektu, przeglądy realizowane są w warunkach zagrożenia bezpieczeństwa, z zastosowaniem technik wysokogórskich. Duża liczba elementów konstrukcyjnych powoduje, że konieczna jest odpowiednia organizacja badań. Należy również prowadzić szczegółową archiwizację prowadzonych obserwacji i pomiarów.

Wskazane byłoby opracowanie wytycznych wykonywania oceny stanu technicznego zasobników węglowych. Mogłyby one stanowić element instrukcji eksploatacji obiektu.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Barycz S., Oruba R., Wodyński A., Wzmocnienie uszkodzonych podciągów głównych zasobnika na węgiel. XIX Konferencja Naukowo-Techniczna KILiW PAN, KN PZiTB, ITB, „Awarie budowlane'99”, Szczecin-Międzyzdroje, 1999
  - [2] Fuksa M., Warunki pracy monolitycznych zasobników węglowych w świetle doświadczeń, Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Geodezja, Z. 12, Kraków, 1969
  - [3] Ustawa Prawo budowlane z dnia 07.07.1994 r. z późniejszymi zmianami
  - [4] Ocena stanu technicznego konstrukcji żelbetowych zasobnika węglowego BOT Elektrowni Turów S.A. w Bogatyni, (praca nie publikowana), AGH, Kraków, 2006
  - [5] Ocena stanu technicznego żelbetowych konstrukcji części węglowej zasobnika węglowego PGE GiEK S.A. Oddział Elektrownia Turów (praca nie publikowana), AGH, Kraków 2011
- Artykuł opracowano w ramach badań statutowych AGH Akademii Górniczo-Hutniczej nr 11.11.150.005