

Wybrane zagadnienia z zakresu badania obudowy szybów i szybików w podziemnych zakładach górniczych

mgr inż. Adam GAŚLIORCZYK

mgr inż. Józef KOHUT

mgr inż. Andrzej ŁUKAWSKI

mgr inż. Jerzy SCHINOHL

Centrum Badań i Dozoru sp. z o.o., Łędziny

TREŚĆ: W publikacji przedstawiono wymagania stawiane badaniu oraz ocenie obudowy szybów i szybików przez Prawo geologiczne i górnicze, rozporządzenia oraz normy. Zarysowano zagadnienia i problemy, z jakimi spotykają się autorzy w trakcie badania i sporządzania ekspertyz, oraz sposoby radzenia sobie z nimi. Omówiono badania szybów i szybików o nietypowych przekrojach tarczy szybowej (innych niż okrągły) oraz problemy badania obudowy szybów w kopalniach soli. Przykładowo przedstawiono badanie obudowy szybu Karolina Zakładu Górniczego „Sobieski”.

SŁOWA KLUCZOWE: obudowa szybowa, badanie obudowy, tarcza szybowa

1. Wstęp

Centrum Badań i Dozoru sp. z o.o. realizuje szerokie spektrum prac badawczo-pomiarowych, ekspertyzowych i doradczych adresowanych do przedsiębiorstw przemysłowych i usługowych z wielu sektorów gospodarki, w których specjalistyczne kompetencje i doświadczenie firmy znajdują zastosowanie. Zasady powołania rzeczoznawców do spraw ruchu zakładu górniczego określone zostały w art. 71 ustawy – Prawo geologiczne i górnicze. Centrum Badań i Dozoru sp. z o.o. od ponad 25 lat posiada uprawnienia rzeczoznawcy ds. ruchu zakładu górniczego w kilkunastu grupach nadane decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, w tym rzeczoznawstwo do spraw badania obudów szybowych – grupa XIV.

Szyby górnicze należą do obiektów podstawowych podziemnych zakładów górniczych. Takie wyróżnienie podkreśla ich znaczenie jako sposób udostępnienia złóż, drogę transportową, wentylacyjną, transmisji wszelkiego rodzaju mediów do wyrobisk podziemnych, ale też na powierzchnię, kanał łączności pomiędzy dołem a powierzchnią itp. Szyb jest więc obciążony wieloma funkcjami, do których jest przygotowany technicznie i organizacyjnie. Ważną funkcją z punktu widzenia bezpieczeństwa jest ta związana z transportem ludzi pod ziemię i na powierzchnię. Determinuje ona wyjątkowe obostrzenia, jakim jest poddawany szyb w trakcie głębinienia oraz eksploatacji, aż do fizycznej likwidacji. Obostrzenia te dotyczą obudowy szybu, gdyż od jej stanu zależy bezpośrednio bezpieczeństwo ruchu zakładu gór-

niczego jako całości, a w szczególności bezpieczeństwo załóg górniczych.

Te szczególne warunki, w jakich jest eksploatowany i do czego przeznaczony jest szyb, zostały określone w odnośnych normach, które w ciągu lat doświadczeń w głębinieniu i eksploatacji szybów ewoluowały w miarę postępu wiedzy, techniki i technologii górniczej, rewolucji materiałowej i informatycznej oraz jako wynik badania nieszczęśliwych zdarzeń i wypadków z nią związanych.

Zanim jednak zaistniały w Polsce (po 1945 roku) szczegółowe normy związane z głębinieniem i eksploatacją szybów, do głosu doszła nauka. Pod koniec lat 50. XX wieku na Wydziale Górniczym Akademii Górniczo-Hutniczej zostały zainicjowane wykłady na temat technicznego projektowania górniczego, w tym wytycznych projektowania szybów i szybików oraz projektowania podszybi, komór i wyrobisk głównego odwadniania. W ramach tych przedsięwzięć z początkiem lat 60. XX wieku pod kierunkiem profesora Jana Walewskiego powstały zasady projektowania szybów i szybików, które stały się elementarzem dla projektantów górniczych, niezależnie od istniejących już w latach 50. norm szybowych obowiązujących (po kolejnych modyfikacjach) do dziś.

2. Wymagania stawiane przez Prawo geologiczne i górnicze oraz rozporządzenia i normy dotyczące badania obudowy szybów i szybików

Obowiązek okresowej weryfikacji stanu technicznego obudowy i zbrojenia szybu ma zasadnicze znaczenie dla

funkcjonowania kopalni. Podstawa prawna badania obudowy szybów i szybków przez rzeczoznawców do spraw ruchu zakładu górniczego została określona w rozporządzeniu Ministra Energii z 23 listopada 2016 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. W paragrafie 121 mowa jest o obowiązku kontroli obudowy głównych wyrobisk, w szczególności szybów i szybków, wlotów do szybów i szybków, głównych dróg przewozowych i wentylacyjnych raz na kwartał przez osobę wyższego dozoru ruchu zakładu górniczego wyznaczoną przez kierownika ruchu zakładu górniczego.

Rozporządzenie podtrzymuje, określony w normie PN-G-04211:1996 – Szyby górnicze – Obudowa betonowa – Kryteria oceny i metody badań [1], 5-letni czasokres obowiązku prowadzenia badań obudowy szybów i szybków przez rzeczoznawców. W trakcie tych badań rzeczoznawca:

1. uwzględnić w szczególności:
 - a) monitoring hydrogeologiczny i geofizyczno-geotechniczny,
 - b) wyniki pomiarów geometrii obudowy przeprowadzone przez mierniczego górniczego,
 - c) wpływ dokonanej i projektowanej eksploatacji górniczej na powierzchnię, a w szczególności powstałe deformacje nieciągłe;
2. wykonać:
 - a) badania nieniszczące,
 - b) badania niszczące próbek pobranych z obudowy z określeniem miejsca, z którego zostały pobrane.

Ekspertyza opracowana przez rzeczoznawcę powinna zawierać wyniki badań i ocenę stanu technicznego obudowy z określeniem zakresu zabezpieczeń i napraw.

Wymagania dotyczące badania obudowy szybów i szybków określone zostały w następujących normach:

- PN-G-04210:1996 – Obudowy i zbrojenia szybów – Ogólne zasady badań [2].
- PN-G-04211:1996 – Szyby górnicze – Obudowa betonowa – Kryteria oceny i metody badań [1].
- PN-G-06001:1974 – Szyby górnicze – Obudowa murowa i betonowa – Wymagania i badania [3].

Norma PN-G-04211:1996 wprowadza cztery kryteria oceny stanu obudowy [1]:

- kryterium jednorodności – odnoszące się do współczynnika zmienności wytrzymałości,
- kryterium korozji – odnoszące się do grubości skorodowanej warstwy materiału obudowy,
- kryterium szczelności – odnoszące się do wielkości dopływu wody na dno szybu,
- kryterium nośności obudowy – odnoszące się do wartości współczynnika pewności przeniesienia naprężeń (n_0) przez obudowę w danej warstwie górotworu.

To ostatnie kryterium jest odniesione w praktyce do dwóch kolejnych norm:

- PN-G-05015:1997 – Szyby górnicze – Obudowa – Zasady projektowania [4].
- PN-G-05016:1997 – Szyby górnicze – Obudowa – Obciążenia [5].

Wszystkie inne, liczne normy związane z wymienionymi mają charakter szczegółowy, dotyczą np. właściwości materiałów stosowanych do obudowy, sposobu przeprowadzania badań nieniszczących lub niszczących, badania korozji, badania nośności konstrukcji i wielu

innych zagadnień, których omawianie wykracza poza zakres niniejszego artykułu.

Trzeba ponadto dodać, że wymienione normy podstawowe i normy szczegółowe były w ciągu dziesięcioleci poddawane licznym modyfikacjom łącznie z wprowadzeniem zasad normalizacji europejskiej, a znaczna ich część została wycofana z użytku.

3. Problemy i zagadnienia pojawiające się w trakcie badania oraz sporządzania ekspertyz

Autorzy niniejszego artykułu chcą zwrócić uwagę na nietypowe zagadnienia i problemy, z jakimi spotykają się w trakcie badań obudowy szybów i szybków, podają też, jak sobie z nimi radzić. Niektóre z zagadnień dotyczą:

- badania szybów i szybków w kopalniach węgla kamiennego i soli,
- badania obudowy tubingowej,
- dostępności materiałów źródłowych,
- badania szybów o nietypowych kształtach tarczy szybowej,
- wątpliwości wynikających ze stosowania odnośnych norm.

Dla potrzeb niniejszego artykułu szyby górnicze podzielono na cztery grupy w zależności od czasu ich eksploatacji:

- a) bardzo stare – których okres eksploatacji przekracza znacznie 100 lat, a okres głębenia przypada na wiek XIX lub wcześniejszy;
- b) stare – których okres eksploatacji wynosi od 80 do 120 lat, a okres głębenia przypada na lata 1900–1945. Są to zazwyczaj szyby gębione przez przedsiębiorstwa niemieckie lub francuskie, a przejęte przez Polskę po II wojnie światowej;
- c) o średniej długości eksploatacji – wynoszącej do 75 lat, a okres głębenia przypada na lata 1950–1990. Są to szyby gębione przez polskie przedsiębiorstwa zajmujące się głębeniem i pogłębianiem szybów, a wymieniony okres głębenia to czas intensywnego rozwoju powojennego górnictwa węgla kamiennego, miedzi oraz rud cynku i ołowiu;
- d) nowe – o średniej długości eksploatacji od kilku do 35 lat.

Podany podział ma istotne znaczenie w co najmniej dwóch aspektach:

- po pierwsze, w odniesieniu do problemów z pozyskiwaniem materiałów źródłowych, niezbędnych zwłaszcza dla określenia pierwotnego stanu górotworu i jego zawodnienia, a także parametrów obudowy tych szybów, istotnych zwłaszcza w odniesieniu do szybów starych i bardzo starych;
- po drugie, nie są znane ówczesne metody obliczania obudowy tych szybów ani kryteria określania stateczności tej obudowy.

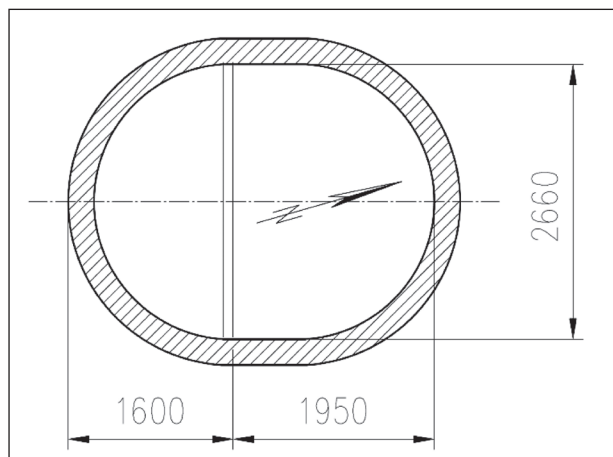
Od 2002 r. rzeczoznawcy CBiD sp. z o.o. (wcześniej CBiDGP sp. z o.o.) wykonali ponad 200 ekspertyz w zakresie badania obudowy szybów i szybków w kopalniach węgla kamiennego oraz w kopalniach soli.

4. Badania szybów i szybków o nietypowych przekrojach tarczy szybowej (innych niż okrągły)

Poniżej przedstawiono przykładowe tarcze szybów i szybków o nietypowych przekrojach:

- owalnym,
- beczkowym o czterech narożach,
- beczkowym o dwóch narożach,
- prostokątnym w obudowie murowej z cegły,
- prostokątnym w obudowie drewnianej.

Szyb Aleksander II – KWK „Bolesław Śmiały”, rok 1891, głębokość: 366,16 m, przekrój owalny: 53,95–60,95 m oraz 141,95–160,5 m, obudowa murowa z cegieł (rys. 1, 2).



► Rys. 1. Tarcza szybu Aleksander II KWK „Bolesław Śmiały” – przekrój owalny

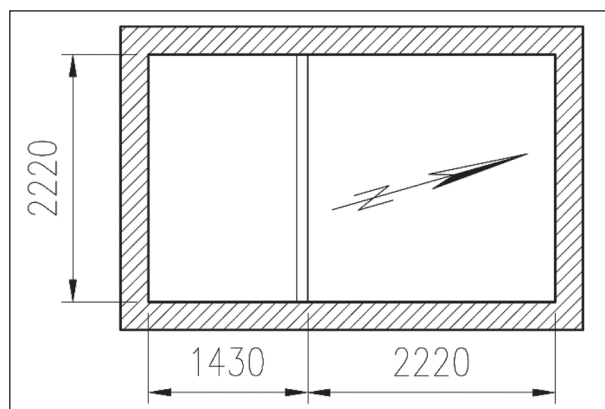
► Fig. 1. The shield of the Aleksander II KWK "Bolesław Śmiały" shaft – oval cross-section



► Rys. 2. Widok ociosu szybu na odcinku przejścia na przekrój owalny

► Fig. 2. View of the shaft sidewall at the transition section to the oval cross-section

Szyb Aleksander II – KWK „Bolesław Śmiały” – przekrój prostokątny od zrębu do 53,95 m oraz od 121,85 do 126,85 m, obudowa murowa z cegieł (rys. 3, 4).



► Rys. 3. Tarcza szybu Aleksander II KWK „Bolesław Śmiały” – przekrój prostokątny

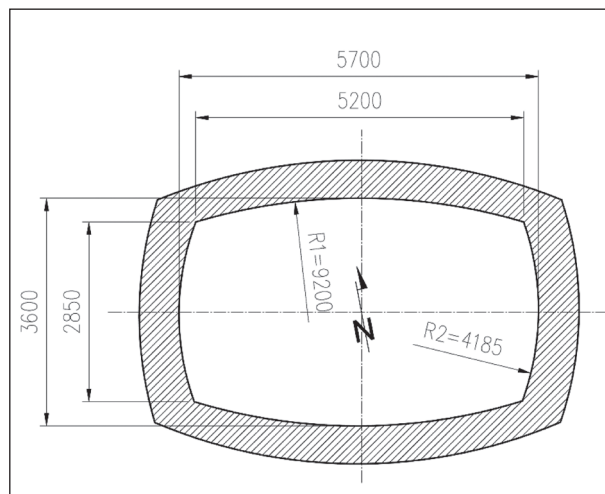
► Fig. 3. The shield of the Aleksander II KWK "Bolesław Śmiały" shaft – rectangular cross-section



► Rys. 4. Widok ociosu szybu na odcinku w przekroju prostokątnym

► Fig. 4. View of the shaft sidewall in a rectangular section

Szyb „Bolko” – Centralna Pompownia „Bolko” Sp. z o.o. (obecnie w strukturze Centralnego Zakładu Odwadniania Kopalń), rok 1902 (do głębokości 104,1 m), 1985–1996 – pogłębiony do 128,9 m – przekrój beczkowy, obudowa murowa z cegieł i z betonitów (rys. 5, 6).



► Rys. 5. Tarcza szybu Bolko – przekrój beczkowy

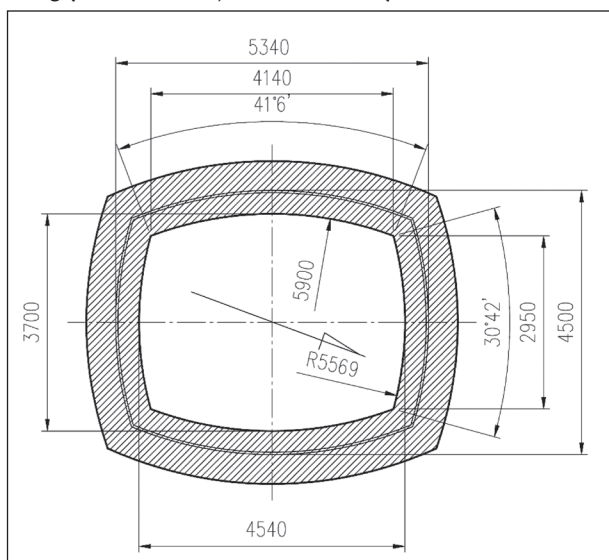
► Fig. 5. Bolko shaft shield – barrel cross-section



► Rys. 6. Widok ociosu szybu Bolko

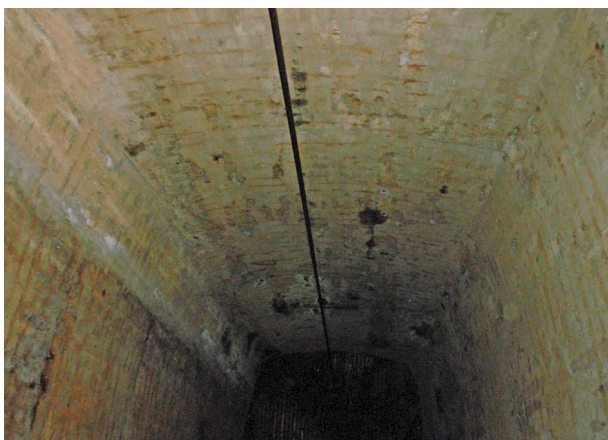
► Fig. 6. View of the side of the Bolko shaft

Szyb Guido – Kopalnia „Guido”, rok 1859, głębokość czynna: 170 m, przekrój beczkowy, obudowa murowa z cegły klinkierowej i betonitów (rys. 7, 8).



► Rys. 7. Tarcza szybu Guido – przekrój beczkowy

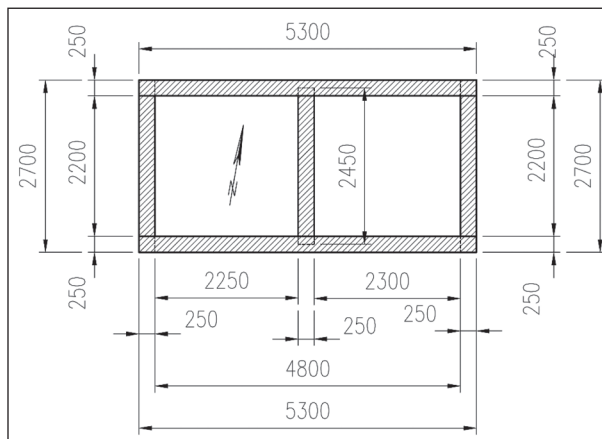
► Fig. 7. Guido shaft shield – barrel cross-section



► Rys. 8. Widok ociosu szybu Guido

► Fig. 8. View of the side of the Guido shaft

Szybik Ważyn – Kopalnia Soli „Bochnia” Sp. z o.o., XVIII w., głębokość: 41,7 m, przekrój prostokątny, obudowa z drewna (rys. 9, 10).



► Rys. 9. Tarcza szybiku Ważyn – przekrój prostokątny

► Fig. 9. The shield of the Ważyn shaft – rectangular cross-section



► Rys. 10. Widok ociosu szybiku Ważyn

► Fig. 10. View of the Ważyn shaft base

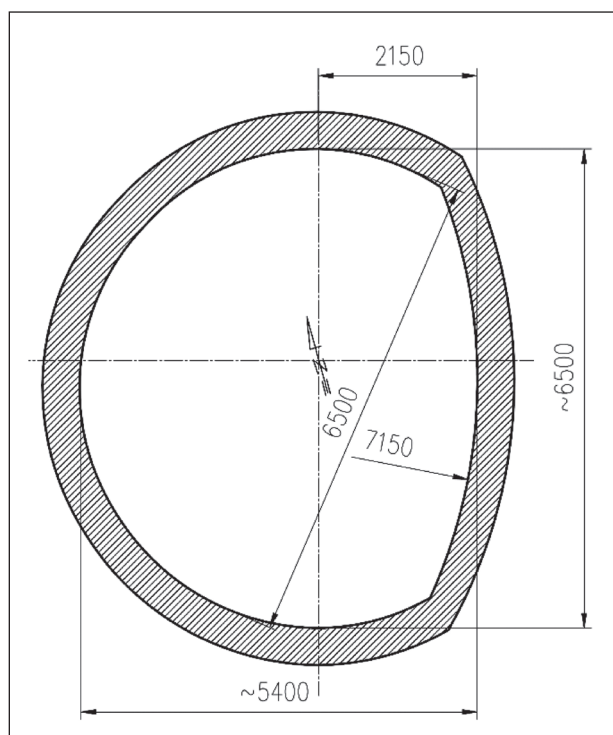
W trakcie badań obudowy szybów przez CBiD sp. z o.o. z Łędzin wielokrotnie napotymano problem wynikający z nietypowego przekroju obudowy szybu, innego niż okrągły. W kopalniach soli charakterystyczny jest przekrój prostokątny tarczy szybowej w obudowie drewnianej oraz beczkowy w obudowie betonowej lub murowej z cegły, obok przekroju okrągłego w obudowie murowej z betonitów. Podobnie w kopalniach węgla kamiennego istnieją lub jeszcze do niedawna istniały szyby z obudową o przekroju beczkowym czy owalnym. Przekrój beczkowy charakteryzuje się istnieniem czterech naroży powstałych z krzyżowania się promieni beczki, natomiast przekrój owalny nie posiada naroży, a krzywizny obudowy przechodzą łukowo jedna w drugą.

Przykładami szybów o takich przekrojach są badane przez CBiD sp. z o.o. szyby i szybiki:

- szyb Bolko – Centralnej Pompowni „Bolko” Sp. z o.o. (obecnie w strukturze Centralnego Zakładu Odwadniania Kopalń),
- szyb Guido Zabytkowej Kopalni „Guido”,
- szybik Guido tejże kopalni,
- szyb Karolina Zakładu Górniczego „Sobieski”,
- szyb Staszic kopalni „Centrum”.

Szczególnym przykładem był również szyb Rejtan kopalni „Centrum” (obecnie zlikwidowany), którego przekrój jest asymetryczny w ten sposób, że posiada jedynie dwa naroża. Dla takiego kształtu obudowy nie ma norm obliczeniowych, również dostępna literatura w tym zakresie jest bardzo skąpa.

Szyb Rejtan – KWK „Centrum”, rok 1914, głębokość: 788,96 m (zlikwidowany), przekrój beczkowy o dwóch narożach (głębokość od 230 do 372 m), obudowa murowa z cegieł (rys. 11).



► Rys. 11. Tarcza szybu Rejtan – przekrój beczkowy o dwóch narożach

► Fig. 11. Rejtan shaft shield – barrel cross-section with two corners

Szyby w obudowie beczkowej zazwyczaj znajdują się w otoczeniu warstw trzecio- i czwartorzędu, rzadko karbonu. Charakteryzuje je duże zróżnicowanie kształtu beczki (zarówno w zakresie rozmiarów dużego i małego promienia, jak i ich wzajemnych proporcji), a także materiałów takiej obudowy. Autorzy zastosowali własną metodę dla obliczania takich konstrukcji, prowadzącą w konsekwencji do określenia współczynnika pewności przeniesienia naprężeń również dla podobnych obudów.

Dla szybów z obudową o kształcie beczki, zlokalizowanych w skałach innych niż złoża soli, zastosowano symulację metodą modelowania, wykorzystując licencjonowany program RM-Win firmy CADSIS z Opola. Umożliwia on modelowanie konstrukcji obudowy beczkowej zgodnie z jej rzeczywistą geometrią, ponadto otoczenie rury szybowej traktuje

się jako sprężyste podłoże o określonej, obliczalnej podatności. Zadaje się wzorcowe obciążenie, zaś uzyskane wartości naprężeń oraz sił przekrojowych przetwarza programem autorskim „Szyby” stosownie do rzeczywistych wartości obciążeń obliczeniowych w danej warstwie szybu. Maksymalne naprężenia w tak skonstruowanej obudowie występują zazwyczaj w narożach beczki, w miejscach połączenia dużej i małej krzywizny obudowy, są one znacznie większe, przy tej samej grubości obudowy, od naprężeń przy obudowie kołowej o danej średnicy. Gdyby nie wprowadzić sprężystego podłoża konstrukcji, to maksymalne naprężenia występują w strzałce dłuższego boku (o dużym promieniu obudowy) i są wówczas znacznie większe od naprężeń w narożach. Należy dodać, że szyby z taką obudową nie wykazują drastycznych zmian wytrzymałościowych, mimo przeciętnie przeszło 100 lat eksploatacji. Wynika to z solidności ich wykonania oraz odpowiedniej grubości takiej obudowy.

W obliczeniach obudowy beczkowej nie można stosować normowych wzorów dla określania wartości współczynnika pewności przeniesienia naprężeń przez obudowę, stosowanych przy badaniu szybów o przekroju kołowym. W tym przypadku wykorzystuje się przekształcony wzór, stosowany przez niektórych rzeczoznawców, w którym współczynnik pewności przeniesienia naprężeń wyraża się stosunkiem rzeczywistej do obliczeniowej grubości obudowy szybu:

$$n_{\sigma} = \frac{d_{rz}}{d_{obl}} \quad (1)$$

gdzie:

n_{σ} – współczynnik pewności przeniesienia naprężeń,

d_{rz} – rzeczywista grubość obudowy,

d_{obl} – obliczeniowa grubość obudowy.

5. Problemy badania obudowy szybów w kopalniach soli

W 2009 r. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego w Łędzinach wykonywało badanie obudowy szybów Kinga i Daniłowicz Kopalni Soli „Wieliczka”. Badania szybów w kopalniach soli to w istocie rzeczy dwa odmienne problemy. Pierwszy związany jest na ogół z nietypową geometrią oraz kształtem tarczy szybowej (przekrój kołowy, beczkowy lub prostokątny, obudowa drewniana – wieńcowa lub murowa, betonowa). Problem obliczania współczynnika pewności przeniesienia naprężeń dla obudowy drewnianej wieńcowej rozwiązano dzięki współpracy z profesorem Andrzejem Wichurem, wówczas emerytowanym profesorem AGH. Opracował on „Zasady obliczania współczynnika pewności przeniesienia naprężeń obudowy zespolonej, wielowarstwowej oraz drewnianej wieńcowej szybów” (Kraków marzec–kwiecień 2009 – praca niepublikowana) [6]. Dla pozostałych rodzajów obudowy rzeczoznawca posiadał rozwiązania autorskie.

Pozostawał drugi problem, również niepodejmowany w ówczesnych normach dotyczących obudowy szybów, jakim są kryteria stateczności wyrobisk szybowych w złożach solnych. Rozwiązano go we współpracy z pracownikami naukowymi oddziału Polskiej Akademii Nauk w Krakowie – dr. hab. inż. Grzegorzem Kortasem oraz mgr inż. Agnieszką Maj [7].

Należy podkreślić, że w warunkach złóż solnych większość ze stosowanych norm szybowych i innych nie ma zastosowania lub zastosowanie to może być wybiórczo ograniczone. W szczególności nie mogą mieć pełnego zastosowania wymienione na wstępie normy [1–5], a także odnośne normy określające sprężyste właściwości materiałów stosowanych do obudowy szybów uzyskane w warunkach jednoosiowego ściskania. Wynika to z odmiennych właściwości i oddziaływania skał solnych, w których występują głównie zjawiska sprężysto-lepkiego pełzania i relaksacji naprężeń, oraz z faktu, że zachodzące zjawiska odbywają się w warunkach trójosiowego stanu naprężeń.

Taki stan rzeczy wymusił określenie odmiennych kryteriów oceny stanu obudowy szybu, a raczej stanu otoczenia szybu wraz z jego obudową, zarówno w aspekcie obciążeniowym, jak i kryteriów dopuszczalności. Szczególnie dotyczy to stanu obudowy szybów, który rozważa się kilkanaście lub kilkadziesiąt lat po ich zgłębieniu, kiedy zachowania lepkie dominują i decydują o stanie naprężeń.

Zaprezentowane indywidualne podejście do zagadnień oceny stanu obudowy szybów w kopalniach soli znajduje uzasadnienie także w odnośnych normach, które w szczególnych przypadkach odwołują się do indywidualnych opracowań. Opracowanie ekspertyz dla szybów Kinga i Daniłowicz Kopalni Soli „Wieliczka” było jak dotąd jednym z najtrudniejszych wyzwań, jakiego podjęli się rzeczoznawcy CBiD w ostatnich 25 latach. Można też dodać, że pojawiły się opracowania dla tych szybów, w których zastosowano normowe wzory tak jak dla szybów zlokalizowanych w górotworze o własnościach sprężystych.

Zagadnienie to wymaga szerszego omówienia w ramach osobnej publikacji, a to z uwagi na jego obszerność.

6. Badanie obudowy szybu Karolina Zakładu Górniczego „Sobieski”

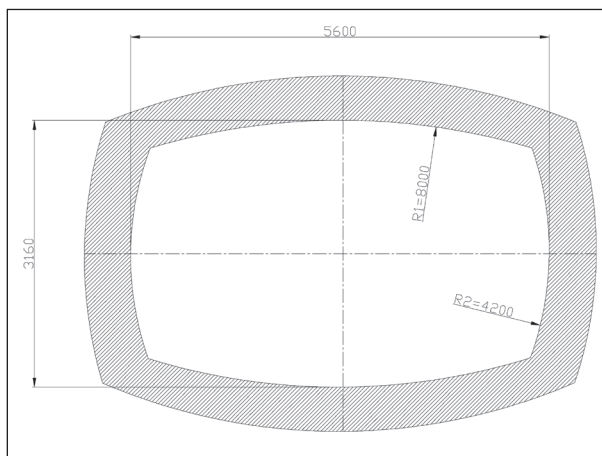
Karolina to szyb jednoprzędziowy, podszadzkowo-materiałowy z doraźną jazdą ludzi. Pod względem wentylacyjnym od zrębu do poz. 300 m jest szybem wdechowym, a od poz. 300 m do poz. 500 m szybem wydechowym. Głębokość szybu wynosi 502,62 m.

Szyb głębiany był etapowo. Od zrębu do poziomu 240 m wykonany był przed 1939 r. Na tym odcinku posiada przekrój beczkowy o wymiarach 5,60 × 3,16 m. W latach 1957–1960 został pogłębiony od poziomu 240 m do 500 m. Na tym odcinku posiada przekrój kołowy o średnicy w świetle obudowy wynoszącej 4,5 m.

Obudowa szybu Karolina jest jednorodna na całej głębokości, stanowi ją mur z cegieł na zaprawie cementowej. Brak informacji o klasie cegieł i marce zaprawy użytych do wykonania obudowy. Niezależnie od przekroju tarczy szybowej jej przeciętna grubość wynosi 0,51 m (na 2 cegły). W latach 2012–2016 w szybie Karolina prowadzono prace związane z remontem obudowy. Realizowano je sukcesywnie, etapami, na różnych głębokościach, obejmowały różne fragmenty obmurza od głębokości około 45 m aż do rzępa.

Naprawa polegała na skuciu skorodowanego obmurza na grubość jednej cegły (25 cm) i zastąpieniu starej cegły nową klinkierową o marce 35, na zaprawie M15,

zespoloną ze starą cegłą za pomocą specjalnego spoiwa mineralnego. W przypadku głębszego zasięgu korozji remont miał objąć obie warstwy cegły, czyli całą grubość obudowy murowej (51 cm).



► Rys. 12. Tarcza szybu Karolina – przekrój beczkowy

► Fig. 12. Karolina shaft shield – barrel cross-section

Na rys. 12 przedstawiono tarczę szybu Karolina (przekrój przez obudowę) od poziomu 0,0 m do poziomu 220 m.

Obudowa szybu Karolina była przedmiotem badań CBiD sp. z o.o. z Łędzin w roku 2022. W ich wyniku sporządzona została »Ekspertyza z badania stanu obudowy szybu Karolina TAURON Wydobyte S.A. Zakład Górniczy „Sobieski” nr 13/O/2022«. W końcowej ocenie stanu technicznego tego szybu odniesiono się (zgodnie z normą PN-G-04211:1996) do następujących kryteriów oceny stanu obudowy:

- kryterium jednorodności: oceniono ją jako dobrą,
- kryterium korozji: oceniono jako dobry,
- kryterium szczelności: ze względu na dopływ wody do rzępa szybu obudowa szybu jest szczelna,
- kryterium nośności obudowy: z punktu widzenia pewności przeniesienia naprężeń obudowę szybu Karolina w 2 warstwach uznano za niedopuszczalną, w 2 za dopuszczalną warunkowo oraz w pozostałych warstwach za bezpieczną.

To ostatnie kryterium w przypadku szybów i szybików o nietypowych przekrojach tarczy szybowej (innych niż okrągły) sprawia trudności we właściwym określeniu obciążeń działających na ich obudowę.

Pomimo występowania znacznej liczby takich szybów i szybików w przeszłości nie znalazły one odzwierciedlenia w normach branżowych, nie wypracowano też dla nich jednolitych metod obliczeniowych zarówno po stronie określania obciążeń, jak i po stronie określania pewności przenoszenia naprężeń przez takie obudowy. Z uwagi na wykonanie szybu Karolina od zrębu do poz. 240 m o kształcie beczkowym, przy braku odnośnych wytycznych i przy wysokim poziomie ostrożności, zamodelowano obudowę szybu w programie RM-Win firmy CadSis.

W profilu geologicznym szybu wyróżniono 72 warstwy skalne. Poprzez narzucenie jednostkowego obciążenia 100 kN/m² uzyskano wartości maksymalnych naprężeń i sił przekrojowych w obudowie, które następnie przetwarzano w autorskim programie obliczeniowym

dla rzeczywistych obciążeń obudowy ze strony każdej warstwy otoczenia szybu generującej obciążenie. Zamodelowano geometrię obudowy beczkowej odpowiadającą w przybliżeniu geometrii istniejącej obudowy (z błędem wymiarów liniowych nieprzekraczającym 2,9%). Należy zaznaczyć, że maksymalne naprężenia w obudowie szybu o beczkowym kształcie przekroju występują w narożach i są znacznie większe od naprężeń występujących w szybie o przekroju kołowym. Na odcinku szybu Karolina (z obudową o takim przekroju), od głębokości 45 m do 238,86 m, dwie warstwy skalne generują największe obciążenie na obudowę szybu w świetle aktualnej normy. Są to warstwy nr 17 i 33 na głębokościach odpowiednio 146,12 m oraz 235,36 m. Warstwy te stanowią słaby piaskowiec o wytrzymałości na ściskanie odpowiednio $R_c=19,5$ MPa oraz $R_c=24,5$ MPa, zalegający w obrębie obudowy szybu o przekroju w kształcie beczki.

Obciążenie obliczeniowe obudowy dla tych warstw wynosi (dla obudowy o kształcie beczki, z uwagi na indywidualną koncepcję określania wartości naprężeń zredukowanych, nie stosowano dodatkowego współczynnika zwiększającego obciążenie w obrębie wlotu poziomu 240 m – warstwa nr 33):

- warstwa 17 – $P_{obl} = 0,168$ MPa,

- warstwa 33 – $P_{obl} = 0,197$ MPa.

Maksymalne wartości sił przekrojowych w obudowie szybu Karolina, dla obciążenia 100 kN/m^2 ($0,1$ MPa) są następujące:

- $M_{max} = 151,76 \text{ kNm}$,
- $N_{odp} = 193,23 \text{ kN}$,
- $T_{odp} = 222,13 \text{ kN}$.

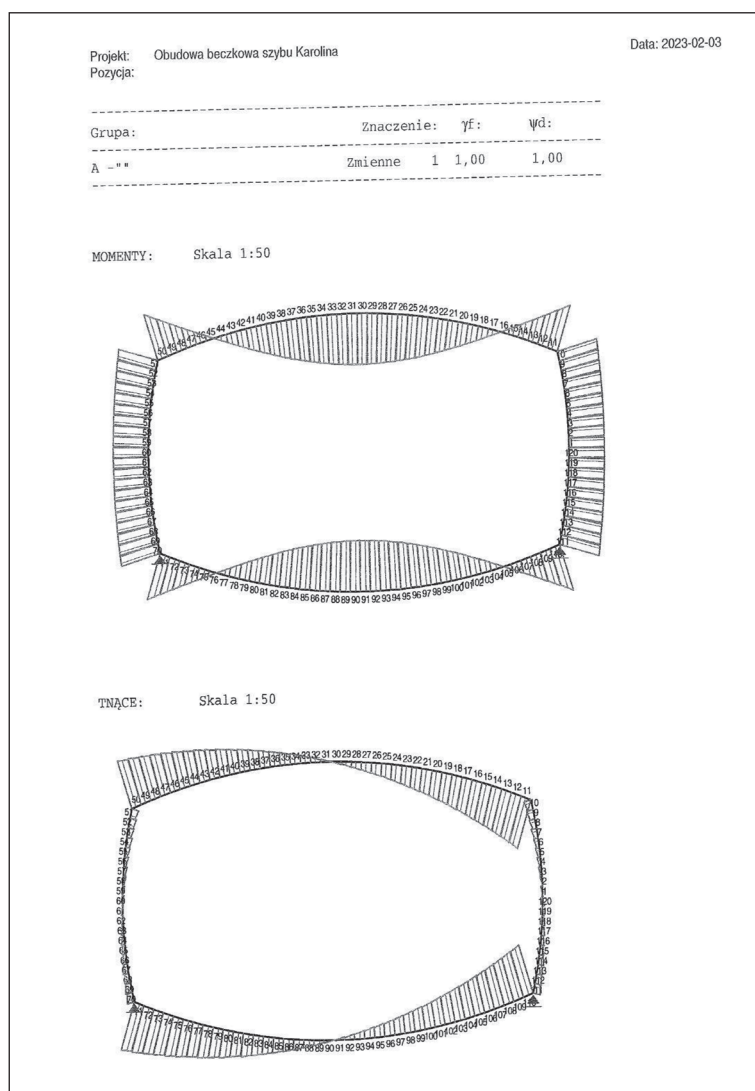
Maksymalne naprężenia zredukowane w narożach beczki, określone w wyniku modelowania dla obciążenia $0,1$ MPa, wynoszą wg RM-Win $4,07$ MPa (obliczeniowo $3,95$ MPa).

Skorygowane naprężenia zredukowane dla podanych obciążeń obliczeniowych oraz dla podanych wartości sił przekrojowych wg prof. A. Wichura wynoszą:

- dla warstwy 17: $s_r = 5,93$ MPa,
- dla warstwy 33: $s_r = 6,95$ MPa.

Przyjmując zbadane w ramach omawianej ekspertyzy parametry obliczeniowe wytrzymałości muru z cegły wykonanej na zaprawie cementowej z uwzględnieniem średniej wartości ubytków korozyjnych cegły i zaprawy, uzyskano współczynnik pewności przeniesienia naprężeń o wartości:

- dla warstwy nr 17 $n_\sigma = 0,62$,
- dla warstwy nr 33 $n_\sigma = 0,53$,



► Rys. 13. Wykresy sił przekrojowych obudowie szybu Karolina

► Fig. 13. Diagrams of cross-sectional forces of the Karolina shaft lining

z czego wynika, że stopień zagrożenia obudowy w tych warstwach określono jako niedopuszczalny.

Odcinki szybu wskazane jako niedopuszczalne, zalegające na głębokości odpowiednio ~145 m i ~235 m, zachowują stateczność, co zostało potwierdzone wizją lokalną, w trakcie której nie stwierdzono uszkodzeń obudowy, wobec czego aktualny stan obudowy we wskazanych miejscach nie ograniczał dalszej pracy szybu.

Na rys. 13 przedstawiono przykładowe wydruki z programu RM-Win dla momentów gnących oraz sił tnących występujących w obudowie szybu Karolina.

7. Podsumowanie

Autorzy niniejszego artykułu chcieli zwrócić uwagę na nietypowe zagadnienia i problemy, z jakimi spotykają się w trakcie badań obudowy szybów i szybików, w szcze-

gólności dotyczących badania obudowy w kopalniach soli oraz szybów o nietypowych kształtach przekroju poprzecznego.

Szyby o nietypowych kształtach przekroju poprzecznego charakteryzują się dużym zróżnicowaniem wymiarów, a także materiałów do ich wykonania. Autorzy zastosowali własną metodę dla obliczania takich konstrukcji, wykorzystując licencjonowany program RM-Win firmy CADSYS z Opola. Umożliwia on modelowanie konstrukcji nietypowej obudowy zgodnie z jej rzeczywistą geometrią, a ponadto traktuje otoczenie rury szybowej jako sprężyste podłoże o określonej, obliczalnej podatności. Zadaje się wzorcowe obciążenie, a uzyskane wartości naprężeń oraz sił przekrojowych przetwarza programem autorskim „Szyby”, stosownie do rzeczywistych wartości obciążeń obliczeniowych w danej warstwie górotworu otaczającego rurę szybową.

Selected issues in the field of testing shaft and pit linings in underground mining plants

Abstract: The publication presents the requirements set by the Geological and Mining Law, regulations and standards used in the testing and assessment of shaft and pit linings. Examples of shafts and small shafts with unusual shaft head cross-sections (other than circular) were provided, and a detailed discussion was given of the examination of the "Karolina" shaft lining, which was the subject of research by CBiD Sp. z o.o. from Łędziny in 2022 ("Expert opinion on the examination of the condition of the Karolina shaft lining TAURON Wydobycie S.A. Mining Plant "Sobieski" No. 13/O/2022"). In this case, simulation was performed using the modelling method, using the licensed RM-Win program from CADSYS, Opole. This program allows for modeling the structure of the barrel casing in accordance with its actual geometry, and in addition, the surroundings of the shaft tube are treated as an elastic substrate with a specific, calculable compliance.

An individual approach to assessing the condition of shaft linings in salt mines was also presented, based on the example of expertise for the Kinga and Daniłowicz shafts of the Wieliczka Salt Mine, which was one of the most difficult challenges undertaken by CBiD sp. z o.o. experts in the last 25 years. The above issue requires a more detailed discussion in a separate publication due to its extensive content.

Literatura

1. PN-G-04211:1996 – Szyby górnicze – Obudowa betonowa – Kryteria oceny i metody badań.
2. PN-G-04210:1996 – Obudowy i zbrojenia szybów – Ogólne zasady badań.
3. PN-G-06001:1974 – Szyby górnicze – Obudowa murowa i betonowa – Wymagania i badania.
4. PN-G-05015:1997 – Szyby górnicze – Obudowa – Zasady projektowania.
5. PN-G-05016:1997 – Szyby górnicze – Obudowa – Obciążenia.
6. Wichur A.: Zasady obliczania współczynnika pewności przeniesienia naprężeń obudowy zespolonej, wielowarstwowej oraz drewnianej wieńcowej szybów. Kraków marzec–kwiecień 2009 r., praca niepublikowana.
7. Kortas G., Maj A.: Określenie obciążenia charakterystycznego obudowy szybu Kinga i Daniłowicz Kopalni Soli „Wieliczka” od skał otaczających rury szybowe. Kraków, sierpień 2009 r., praca niepublikowana.