

# Eksploatacja lin prowadniczych i odbojowych

Grzegorz Olszyna, Andrzej Tytko, Jerzy Tobys

## 1. Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwowany był rozwój górnictwa podziemnego i nadal widoczny jest trend polegający na ciągłym doskonaleniu i dostosowywaniu urządzeń technicznych do rosnących wymagań wynikających z rozwoju techniki i uwarunkowań ekonomicznych. Główny kierunek działań to koncentracja wydobycia, w rezultacie której uzyskuje się określone zadanie przy zmniejszonej liczbie osób koniecznych do obsługi. Rozwój rynku produktów dla szeroko rozumianego górnictwa wymaga zapewnienia także odpowiedniej zdolności wydobywczej górniczych wyciągów szybowych, które stanowią w tym procesie produkcyjnym tzw. wąskie gardło.

W transporcie pionowym widoczne jest ograniczanie liczby urządzeń wyciągowych przy jednoczesnym zwiększaniu wydajności wydobywczej kopalń. Większa przepustowość szybów jest możliwa poprzez zwiększenie parametrów ruchowych naczyń wydobywczych (prędkość) lub parametrów transportowych.

Stosowane prędkości jazdy osiągnęły już wartości technicznie uzasadnione i dopuszczalne przez przepisy [10]. Zasadniczo zwiększenie zdolności transportowej szybu jest związane z powiększeniem masy transportowanego materiału. Powszechnie stosowane są wyciągi o masach transportowych 15–30 ton. Znane są również w kopalni złota w RPA wyciągi o masach transportowych ponad 60 ton. Uzyskanie tak dużych udźwignięć jest możliwe poprzez zastosowanie maszyn w układach wielolinowych. Duże udźwignięcia stosuje się przede wszystkim w szybach wydobywczych, ale również w wyciągach do zjazdu załogi (klatki).

Naczynia wydobywcze o dużych udźwignięciach stawiają wymagania zarówno dla prowadzenia naczyń, jak również dla parametrów pracy zapewniających bezpieczną eksploatację tych urządzeń. Dla prawidłowego prowadzenia naczyń stosuje się prowadzenie sztywne lub elastyczne. Rozwiązania te mają odmienne skutki, co uwidacznia się w konstrukcji tarcz szybowych. W Polsce prowadzenie linowe jest stosowane w kilkunastu szybach górniczych. W wielu przypadkach buduje się układy transportu z przedziałami skipowymi do transportu urobku lub przedziały klatkowe do transportu ludzi lub urobku. Wyciągi klatkowe stosuje się również do transportu elementów wielkogabarytowych.

Szyb górniczy to wiele elementów połączonych względem siebie oraz z układem systemu transportowego kopalni. Prawidłowe rozmieszczenie w tarczy szybowej poszczególnych elementów daje możliwość właściwego i kompromisowego względem czasu obsługi prowadzenia czynności związanych z transportem.

**Streszczenie:** Sposób prowadzenia naczyń wyciągowych ma istotny wpływ trwałość wszystkich elementów wyciągu szybowego. Ma to szczególne znaczenie dla szybów o dużych głębokościach i dużych wydajnościach dobowych. Głównie z tego powodu w zakładach górniczych KGHM i kilku kopalniach węgla kamiennego stosuje się linowe elastyczne prowadzenie naczyń wyciągowych. Prowadzenie to wymaga zastosowania lin konstrukcji zamkniętej lub półzamkniętej. Prowadzenie linowe od strony projektowania szybów, zabudowy i utrzymania jest niewątpliwie bardziej efektywne od prowadzenia sztywnego. Wprowadzone w roku 2017 znowelizowane Prawo Górnicze w zakresie dotyczącym prowadzenia linowego wprowadziło kilka istotnych zmian w porównaniu z dotychczas obowiązującym. Zmiany dotyczące niektórych zapisów w noweli są mniej rygorystyczne w porównaniu z dotychczas obowiązującymi.

W artykule scharakteryzowano stosowane w Polsce rozwiązania prowadzenia linowego, stosowane konstrukcje lin prowadniczych oraz odbojowych. Omówiono istotne zmiany w znowelizowanym prawie górniczym. Artykuł kończy podsumowanie omawiające najbardziej istotne cechy prowadzenia linowego poczynione w KGHM.

## OPERATION OF GUIDANCE AND RUB ROPES

**Abstract:** The guiding system of hoisting shaft conveyances is significantly influenced by the durability of all elements of the shaft hoist. This is particularly important for hoist systems with large depths and high daily capacities. Mainly for this reason, in the mining plants of KGHM and several polish coal mines, rope guides systems are used. This operation requires the use of full lock coil or half locked coil construction of ropes. Rope guidance system from the practical point of view of maintenance and design is undoubtedly more effective compare to rigid guiding system. Introduced in 2017, the amended Mining Law in respect of rope guidance introduced several significant changes compared to the current one. Changes to some of the principles in the amendment are less stringent as compared to the current ones. It applies the article which describes the rope guidance solutions applied in Poland, used guiding rope and rub ropes. Important changes in the amended mining law were discussed. The article ends with a summary discussing the most important features of rope guiding systems used at KGHM.

Gdy projektuje się nowy szyb, jego lokalizacja często wynika z właściwości geologicznych gruntu, założeń kopalni i możliwości transportowych kopalni do miejsca docelowego. Dla wyciągów klatkowych ważnym aspektem jest bezkolizyjne rozmieszczenie urządzeń transportowych w tarczy szybowej.

Szyb górniczy w procesie transportowym odgrywa podstawową rolę i za pomocą górniczych wyciągów szybowych służy do transportu urobku, dojazdu ludzi czy też do opuszczania materiałów i urządzeń. Szybem górniczym prowadzi się też transport za pomocą rurociągów (np. transport hydrostatyczny materiału podsadzkowego, wody, chłodziwa, sprężonego powietrza), transmisję energii elektrycznej, transmisję sygnałów do komunikacji i monitorowania procesów. W szybie prowadzi się też urządzenia specjalne i awaryjne (np. drabiny, wyciągi awaryjne). W końcu szyby wdechowe i wydechowe służą do wentylacji kopalni. W zależności od funkcji szybu możliwe są różne konfiguracje tarcz szybowych, które mają wpływ na wyposażenie dodatkowych urządzeń instalowanych w szybie do prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania górniczych wyciągów szybowych.

W szybach górniczych z prowadzeniem sztywnym jest konieczność zabudowy dźwigarów do mocowania przewodników tego prowadzenia. Zmniejsza to przekrój tarczy szybowej oraz zwiększa opory przepływu dostarczanego strumienia powietrza, które jest konieczne do wentylacji kopalni. W szczególności jest to bardzo ważny aspekt przy głębokich szybach i dużych odległościach od przodków wydobywczych. Alternatywnym rozwiązaniem jest wprowadzenie układu prowadzenia linowego naczyń wyciągowych w szybie górniczym. Zmniejsza to koszty związane z utrzymaniem szybu górniczego. Prowadzenie sztywne wymaga częstych kontroli, napraw i wymiany nawet całych ciągów przewodniczych w rurze szybowej.

Prowadzenie linowe stosuje się z i bez lin odbojowych. Liny te służą do ograniczenia przemieszczeń poprzecznych przewodzonych naczyń wyciągowych. Według przepisów prawa polskiego dopuszczalne są układy prowadzenia linowego bez lin odbojowych, jak również z ich zastosowaniem. W pierwszym przypadku muszą być zachowane określone w przepisach znacznie większe odległości ruchowe pomiędzy naczyniami w szybie górniczym. Liny przewodnicze połączone są bezpośrednio z naczyniem wyciągowym poprzez przewodnice ślizgowe lub toczne, natomiast liny odbojowe mają za zadanie wyłącznie ograniczyć przemieszczanie naczyń, szczególnie przy mijaniu się naczyń na drodze przejazdu.

W polskich kopalniach rud miedzi i węgla kamiennego stosowanych jest kilka rozwiązań prowadzenia linowego. Wszystkie zastosowane rozwiązania oparte są na eksploatacji prowadzenia linowego z układami lin odbojowych o zwiększonej sztywności poprzecznej. Przyjęcie takiego rozwiązania wynikało bezpośrednio z przepisów prawa, które obligatoryjnie wymuszało stosowanie lin odbojowych o średnicy o 2 mm większej od lin przewodniczych. Ponieważ liny zamknięte i półzamknięte produkowane są w niewielu wariantach średnic, stosowanie tego przepisu prowadziłyby do zabudowywania lin przewodniczych o średnicach większych ponad 2 mm od średnic lin przewodniczych w tym samym komplecie.

Zastosowane systemy prowadzenia linowego są stosunkowo łatwe w eksploatacji, ale stwarzają problemy przy wymianie pomimo długiej ich żywotności.

W artykule autorzy przedstawiają problematykę związaną z eksploatacją prowadzenia naczyń wyciągowych z zastosowaniem lin przewodniczych i odbojowych. Skupiono się na omówieniu zasad poprawnej eksploatacji wynikających z obowiązujących aktów prawnych.

## 2. Wymagania prawne dotyczące projektowania i eksploatacji prowadzenia linowego w polskich kopalniach

Stosowane do dzisiaj zasady projektowania oraz eksploatacji układów prowadzenia linowego zostały opracowane już w latach 70. ubiegłego wieku przez Główny Instytut Górniczo-energetyczny na zlecenie Ministerstwa Górniczo-energetyki jako: „Wytyczne projektowania, wykonania i eksploatacji linowego prowadzenia naczyń wyciągowych w szybach kopalnianych przemysłu węglowego” [8].

Następnie te przepisy prawne zostały znowelizowane i opracowano nowe wytyczne, wprowadzono do „Przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz prowadzenia ruchu i specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych” w roku 1998 jako załącznik nr 17: „Wymagania w zakresie budowy i obsługi górniczych wyciągów szybowych”. Zmiany były wykonane tylko w zakresie edytorskim, a nie merytorycznym.

W roku 2002 Minister Gospodarki wydał nowe Rozporządzenie z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie: „Bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych” [9]. Przepisy te jedynie uchyliły tabelę z minimalną średnicą lin przewodniczych w zależności od głębokości szybu, w którym zastosowano te liny, natomiast pozostałe przepisy dotyczące prowadzenia linowego pozostały niezmiennie.

Ostatnia nowelizacja przepisów nastąpiła poprzez wprowadzenie Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych [10]. Rozporządzenie to wprowadziło niewielkie zmiany w przepisach dotyczących lin przewodniczych i odbojowych.

Zmieniono jednak kilka istotnych zapisów z punktu widzenia projektowania i eksploatacji górniczych wyciągów szybowych z prowadzeniem linowym. Przede wszystkim wprowadzono zapis dotyczący stosowania dwóch lin przewodniczych do prowadzenia naczyń wyciągowych pomocniczych wyciągów szybowych o prędkości jazdy nie większej niż 2 m/s i nośności naczynia nie większej niż 20 kN oraz przeciwcieżarów o masie nie większej niż 5000 kg. Dokonano zmian w zakresie nominalnej odległości między naczyniem wyciągu szybowego a naczyniem pomocniczego wyciągu szybowego uruchamianego tylko wtedy, gdy pozostałe wyciągi szybowe w szybie są nieczynne. Obecnie według pkt. 3.14.3.9 powinna ona wynosić  $a_n \geq 250$  mm. Wprowadzono przepisy dotyczące badania starcia i korozji drutów lin przewodniczych i odbojowych. Współczynnik bezpieczeństwa oraz zakresy sił naciągu lin przewodniczych i odbojowych pozostały niezmiennie.

W opinii autorów niniejszej publikacji największą i bardzo korzystną zmianą w przepisach jest uchylenie w Rozporządzeniu zapisu dotyczącego średnicy lin przewodniczych i odbojowych, który brzmiał: „Średnica lin odbojowych powinna być co najmniej o 2 mm większa od lin przewodniczych”. Zmiana ta jest bardzo korzystna, gdyż w poprzednich latach w wielu przypadkach nie można było spełnić tego przepisu i górnicze wyciągi szybkie były eksploatowane w oparciu o wydawane decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego odstępstwo od przepisów.

### 3. Stosowane rozwiązania prowadzenia linowego

Większość eksploatowanych układów prowadzenia linowego została zaprojektowana według obowiązujących wtedy przepisów, które obecnie są już znieważone. W załączniku nr 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku były zawarte wymagania dotyczące:

- stosowania konstrukcji lin przewodniczych i dobojowych;
- stosowania układów lin przewodniczych i odbojowych;
- współczynników bezpieczeństwa i odległości pomiędzy naczyniami o obudową szybu;
- sił naciągu oraz ich zróżnicowania;
- zasad mocowania końców lin przewodniczych i odbojowych;
- zasad eksploatacji prowadzenia linowego.

Wymagania te praktycznie pozostały niezmiennie w Rozporządzeniu Ministra Energii z 2016 roku.

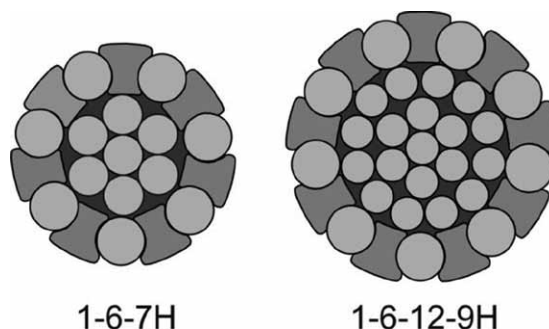
W zależności od ustawienia w tarczy szybu naczyń, liczby przedziałów, średnicy szybu, przeznaczenia stosuje się odmienne rozwiązania prowadzenia linowego.

Teoretycznie każdy rodzaj liny stalowej można zastosować na liny przewodnicze i odbojowe w górniczym wyciągu szybowym. Jednakże nie każda konstrukcja liny spełni poprawnie tę funkcję. Główną pożądaną cechą lin w zastosowaniach na liny przewodnicze i odbojowe jest oczekiwana duża sztywność poprzeczna. Dodatkowymi cechami, jakie muszą posiadać liny przewodnicze, musi być ich wytrzymałość oraz odporność na zużycie zewnętrzne o charakterze ubytków masowych. Z oferowanych i dostępnych na rynku konstrukcji najlepszym rozwiązaniem są liny o konstrukcji półzamkniętej (oznaczane jako HLCR) lub liny o konstrukcji zamkniętej (oznaczane jako FLCR). Liny o konstrukcji półzamkniętej w warstwie zewnętrznej mają naprzemiennie ułożone druty okrągłe i o przekroju iksonowym, tworzące parę oznaczaną jako „H”.

Przykłady stosowanych konstrukcji lin przewodniczych o konstrukcji półzamkniętej przedstawiono na rysunku 1, najczęściej stosowane są układy o 7 czy 9 parach „H”.

Jedną z głównych zalet przedstawionych konstrukcji jest to, że tolerują duże wartości zużycia ściernego drutów zewnętrznych. Ubytki ściernie wynoszące nawet 40 % wysokości drutów iksonowych nie powodują wysuwania się tych drutów z „zamków”, a zużyta lina spełnia nadal swoją funkcję.

Zastosowanie konstrukcji o 7 parach ma swoje słabe i mocne strony. W tym przypadku bardzo grube druty dają linie bardzo dużą sztywność poprzeczną. Jednak ma ona kilka wad, do których można zaliczyć duży moment odkrętu. Konstrukcja złożona z 9 par „H” ma mniejszą sztywność poprzeczną, ale w warstwie wewnętrznej większa liczba drutów skręcona



Rys. 1. Przykłady stosowanych lin przewodniczych o konstrukcji półzamkniętej

w przeciwnym kierunku powoduje mniejszy moment odkrętu. Dodatkowo mniejsza sztywność poprzeczna liny ułatwia zabudowę lin tych konstrukcji. Druty, z których wykonane są liny przewodnicze i odbojowe, są najczęściej ocynkowane.

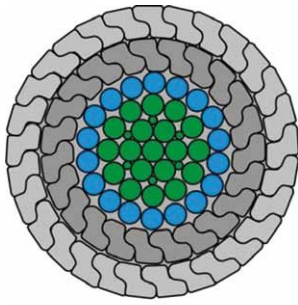
Liny przewodnicze, w szybach w układzie pionowym, mocowane są w konstrukcji wieży za pomocą zawiesi górnych (poprzez zalewanie w stożki lub stosowane są zaciski klinowe) [2, 4]. Osadzone są one zazwyczaj na kulistym siedzisku (łożysku) w celu umożliwienia (kompensacji) obrotu. Takie siedzisko pozwala również na nieznaczne odchylenie liny od pionu. Prostoliniowość lin zapewniają obciążniki przymocowane do lin specjalnymi zawieszami oraz tuleje stabilizujące.

Liny przewodnicze i odbojowe charakteryzują się:

- dużą sztywnością poprzeczną;
- praktycznie nieodkrętnością;
- gładką powierzchnią;
- odpornością na starcia i korozję;
- dużą trwałością;
- możliwością wykonywania badań magnetycznych;
- stosunkowo łatwą zabudową.

Sztywność poprzeczna lin jest parametrem trudnym do opisanego, jak również do interpretacji. Wartość tego parametru zależy głównie od modułu sprężystości wzdłużnej  $E$  [MPa], jak i budowy poprzecznej liny, średnicy drutów okrągłych, liczby i wymiarów drutów kształtowych, liczby warstw drutów, długości skoków i kierunków zwicha w poszczególnych warstwach. Zwiększenie średnicy liny półzamkniętej niewątpliwie wpływa na zwiększenie jej sztywności poprzecznej, ale parametr ten w znacznie większym stopniu kształtowany jest przez zastosowaną konstrukcję liny.

Napinanie lin przewodniczych odbywa się głównie poprzez stosowanie napięcia grawitacyjnego w dolnej części mocowania lin. Stosuje się układy bloków masowych, najczęściej w postaci płyt wykonanych z ołowiu lub żeliwa. Wydłużenie lin związane ze zmianą temperatury jest niwelowane przez ten układ. Układy napinania hydraulicznego lub sprężynowego są bardzo rzadko stosowane (w Polsce nie ma takich układów) z uwagi na stosowanie tego napinania w górnej części mocowania, gdzie należy dodatkowo pokonać siłę ciężkości liny. W dolnej części mocowania te układy są niepraktyczne, ze względu na konieczność doprowadzania zasilania i wyjątkowo niekorzystne środowisko (wilgotne powietrze i zasolone wody).



1-6/6F-12-18-23Z-29Z

Rys. 2. Przykład liny przewodniczej i odbojowej o konstrukcji zamkniętej

Na liny przewodnicze i odbojowe stosuje się wspomniane konstrukcje zamknięte o budowie spiralnej na jednym drucie rdzeniowym, na którym w kolejnych warstwach jest nawiniętych kilka lub kilkanaście warstw drutów okrągłych. Warstwy rdzeniowe zamykają przeważnie dwie warstwy drutów kształtowych typu „S” i/lub „Z”. Przedstawiono je na rysunku 2.

Podstawową wadą budowy lin o konstrukcji zamkniętej jest fakt, że liny te dostępne są w większości przypadków jako nieocynkowane [3, 5].

W Polsce najwięcej układów prowadzenia linowego stosuje się w kopalniach miedzi (12 szybów, 64 liny przewodnicze i odbojowe [6]). Zaletami tego typu prowadzenia są:

- duża trwałość eksploatacyjna;
- kompaktowa budowa;
- duża odporność na uszkodzenia mechaniczne związane z przepadem w szybie;
- zmniejszenie oporów wentylacji szybu oraz zwiększenie wydajności związanej z przepływem dostarczanego powietrza;
- zmniejszenie ciężaru obudowy szybu;
- obniżenie kosztów eksploatacji;
- prosta technologia wymiany;
- bardzo łatwa konserwacja (smarowanie);
- proste i łatwe metody kontroli (wizualna i magnetyczna).

W praktyce stosowanych jest kilka rozwiązań układów prowadzenia linowego w tarczach szybów. Prowadzenia linowe w górniczych wyciągach szybowych różnią się w zależności od:

- ustawienia naczyń;
- liczby przedziałów;
- średnicy szybu.

Praktycznie można spotkać kilka rozwiązań układów prowadzenia linowego rozmieszczone w tarczy szybu górniczego. Liny przewodnicze w większości przypadków są usytuowane wzdłuż dłuższych boków naczyń wyciągowych (skipów, klatek). Przykłady rozmieszczenia naczyń z prowadzeniem linowym w tarczy szybu przedstawiono na rysunku 3 (a–d). W niektórych przypadkach (rysunek 3 d) w układ prowadzenia linowego wprowadza się liny odbojowe.

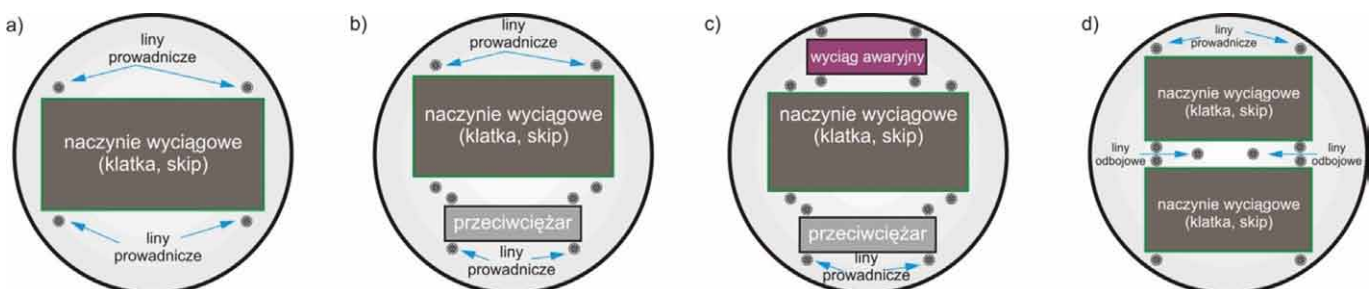
#### 4. Eksploatacja prowadzenia linowego

Na podstawie doświadczeń, jakie zostały zgromadzone w trakcie eksploatacji układów prowadzenia linowego, i wykonywanych opinii o charakterze eksperckim można przedstawić kilka istotnych wniosków dotyczących prowadzenia linowego:

- trwałość lin przewodniczych wg doświadczeń KGHM wynosi około 3,5 roku;
- liny przewodnicze odkładane są głównie ze względu na zużycie ściernie;
- układy prowadzenia linowego są stosowane głównie w szybach wydechowych, w których występują bardzo trudne warunki środowiskowe;
- smarowanie uzupełniające lin przewodniczych jest mało efektywne, a więc można uznać je za bezcelowe;
- obracanie lin przewodniczych jest rzadkim zjawiskiem, ponieważ liny zużywają się równomiernie na całym obwodzie;
- liny odbojowe mają większą trwałość w porównaniu do lin przewodniczych (w warunkach KGHM pracują średnio 7 lat);
- w linach odbojowych występuje głównie korozja, a zużycie ściernie jest prawie niezauważalne;
- elementy prowadzenia linowego zużywane ściernie to głównie ślizgi umieszczone na naczyńiach wyciągowych w górnej i dolnej części naczyń (wymiana tych elementów mosiężnych następuje średnio co 6–12 miesięcy);
- największe zużycie lin odbojowych występuje w okolicy środka głębokości szybu, na tzw. „mijance” naczyń.

Z zebranych doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że nie zaobserwowano kolizji naczyń wyciągowych w układach prowadzenia linowego [7].

Zebrane doświadczenia eksploatacyjne w jednoznaczny sposób potwierdzają słuszność decyzji odstąpienia od przepisu wymagającego zwiększania średnicy lin odbojowych o 2 mm w odniesieniu do lin przewodniczych. Dowodem tej tezy są m.in. doświadczenia z eksploatacji lin przewodniczych w KWK „Bielszowice”. Na podstawie oceny zebranych wyników



Rys. 3. Przykład rozmieszczenia układów prowadzenia linowego w tarczy szybu

można potwierdzić występowanie przedstawionych wcześniej form zużywania się lin przewodniczych i odbojowych. W omawianym przypadku główną przyczyną zużycia było zużycie korozyjne drutów w warstwach zewnętrznych. Zużycie korozyjne występowało równomiernie w całym przekroju liny. Na długości liny największe zużycie korozyjne występuje w miejscach, gdzie lina przewodnicza nie ma kontaktu z naczyniem wyciągowym, a więc na odcinkach poniżej poziomu załadunku, w dolnej części szybu. Brak występowania starć potwierdza tylko bezzasadność techniczną stosowanego wcześniej zapisu o konieczności zwiększenia średnicy lin odbojowych o 2 mm w odniesieniu do lin przewodniczych. Dodatkowo argumentem, że technicznie nieuzasadnione było stosowanie takiego przepisu, jest fakt, że dodatkowa masa lin (o średnicy większej minimum o 2 mm) wpływała na większe obciążenie wieży szybowej. Kolejnym argumentem przemawiającym za odstąpieniem od tego przepisu byłyby zwiększone koszty ekonomiczne związane z koniecznością zastosowania nowych uchwytów lin w zawieszaniach (zwiększona średnica wewnętrzna tulei oraz konsekwentnie ich masa). Zwiększenie średnicy lin odbojowych o 2 mm powodowało zwiększenie średnio o 8% obciążenia wieży szybowej linami przewodniczymi i odbojowymi.


### Podsumowanie

1. Doświadczenia, jakie zebrano z eksploatacji lin przewodniczych i odbojowych, pozwalają na potwierdzenie słuszności rezygnacji z zapisu o konieczności stosowania lin odbojowych o średnicy o 2 mm większej od lin przewodniczych w obecnie obowiązujących przepisach określonych w Rozporządzeniu Ministra Energii.
2. Przeprowadzając analizę literatury przedmiotowej [1], można stwierdzić, że stosowanie zapisu o konieczności stosowania lin odbojowych o średnicy o 2 mm większej od lin przewodniczych w praktyce nie było uzasadnione. Sztywność poprzeczna lin nie zależy wyłącznie od ich średnicy, ale także od konstrukcji i prawie zawsze parametr ten jest trudny do wyznaczenia. Parametr ten nie jest też podawany przez renomowanych światowych producentów lin przewodniczych i odbojowych.
3. Uzyskane doświadczenia, głównie w kopalniach rud miedzi, w których stosuje się powszechnie prowadzenie linowe, potwierdza wiele zalet tego rozwiązania opisanych w niniejszym artykule.
4. W większości nowo budowanych i głębinowych szybach stosuje się do prowadzenia linowego liny o konstrukcji półzamkniętej.
5. ZRUT „AUTORYTET” dla jednego z szybów wykonał projekt zastąpienia lin przewodniczych budowy półzamkniętej o średnicy 52 mm, linami przewodniczymi budowy półzamkniętej o średnicy 45 mm [6]. Rozwiązanie to ma następujące zalety:
  - odciążenie konstrukcji wieży szybowej ze względu na 30% zmniejszenia ciężaru lin przewodniczych;
  - obniżenie kosztów zakupu lin o 30–40% ze względu na mniejszą masę wynikającą z ciężaru lin i zastosowania prostszej konstrukcji liny;
  - wygodniejsza wymiana lin ze względu na zmniejszenie ich masy.

Podsumowując znowelizowane prawo i powołując się na lata doświadczeń w eksploatacji lin przewodniczych i odbojowych, z pełną odpowiedzialnością można stwierdzić, że stosowanie rozwiązania prowadzenia linowego naczyń wyciągowych w górniczych wyciągach szybowych generalnie zmniejsza koszty i czas związany z obsługą systemu prowadzenia w trakcie pracy szybów wydobywczych, co wpływa korzystnie na dyspozycyjność górniczego wyciągu szybowego.

### Literatura

- [1] DELORME G.: *The Evolution of Hoisting with Wire Ropes. Yesterday, Today, and Tomorrow*. CIMBull 2000.
- [2] HANKUS J.: *Budowa i właściwości mechaniczne lin stalowych*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 1990.
- [3] TYTKO A., OLSZYNA G.: *Opinia techniczna dotycząca stosowania w górniczym wyciągu szybowym szybu P VII lin przewodniczych i odbojowych o tej samej średnicy*. Praca niepublikowana, wykonana dla KGHM Polska Miedź SA, Oddział Zakłady Górnicze „Polkowice – Sieroszowice”, Kraków 2016.
- [4] TYTKO A.: *Eksploatacja lin stalowych*. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 2003.
- [5] TYTKO A., TOBYS J.: *Eksploatacja lin przewodniczych i odbojowych w górniczych wyciągach szybowych*. Transport szybowy, KOMAG, Gliwice 2011.
- [6] TOBYS J.: Prace niepublikowane wykonane dla KGHM Polska Miedź – Polkowice 2010–2017.
- [7] TOBYS J.: *Sprawdzenie rozwiązań konstrukcyjnych lin przewodniczych dla wszystkich szybów KGHM Polska Miedź SA z prowadzeniem linowym*. Praca niepublikowana wykonana dla KGHM Polska Miedź SA, Oddział Zakłady Górnicze „Polkowice – Sieroszowice”, Polkowice 2016.
- [8] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, Główny Instytut Górnictwa: *Wytyczne projektowania, wykonania i eksploatacji, linowego prowadzenia naczyń wyciągowych w szybach kopalnianych przemysłu węglowego*. Dział Wydawnictw GIG, Katowice 1972.
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie: Bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych – (Dz.U. Nr 139 z 2002 r., poz. 1169, z późniejszymi zmianami, w związku z art. 224 ustawy Prawo geologiczne i górnicze).
- [10] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych – (Dz.U. z 2017 r., poz. 1118).

 dr inż. Grzegorz Olszyna – adiunkt – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Transportu Linowego, e-mail: olszyna@agh.edu.pl; prof.dr hab. inż. Andrzej Tytko – profesor – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Transportu Linowego, e-mail: tytko@agh.edu.pl; inż. Jerzy Tobys – Zespół Rzeczoznawców Urządzeń Technicznych „AUTORYTET”, Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjno-Handlowe Spółka z o.o.