

Określenie metodologii pomiaru urządzenia wyciągowego z tarczą pędną (Koepe) wraz z możliwą identyfikacją problemów związanych z jej użytkowaniem

Determination of the geodetic measurement methodology of hoisting friction (Koepe) assembly and identification of problems associated with the usage of it



*Dr inż. Mateusz Jabłoński**)



Dr hab. inż. Wojciech Jaśkowski **)



Mgr inż. Agnieszka Ochalek **)



Inż. Sandra Satalecka **)

Treść: Zespół wyciągowy zbudowany na bazie tarczy Koepe jest bardzo popularnym rozwiązaniem w górnictwie, jednak jego eksploatacja niesie za sobą pewne niedogodności. Nadmierne ścieranie okładzin na tarczy oraz kołach linowych może być spowodowane już kilkucentymetrowym przesunięciem osi rowków. Wymiana okładzin wymusza ponoszenie przez zakłady dodatkowych kosztów bezpośrednich (materiał, usługa) oraz pośrednich w postaci długotrwałych przestoju maszyny i szybu. W ubiegłym roku zespół autorów podjął diagnozę geodezyjną stanu dwóch maszyn wyciągowych z tarczą Koepe. Wykonano skaning laserowy wzmocniony osnową pomierzoną tachimetrem precyzyjnym oraz niwelację precyzyjną wałów tarcz i kół linowych. Wyniki zweryfikowano za pomocą pomiaru na spodarce Szpetkowskiego. Odpowiedni dobór metod pomiarowych w obu analizowanych przykładach pozwolił na stwierdzenie przyczyn niszczenia komponentów zespołu wyciągowego oraz wpływ na jego pracę. Na podstawie danych geodezyjnych określono precyzyjne wytyczne do rektyfikacji (skręcenia i przesunięcia kół linowych), która pomimo braku jednoznacznych regulacji prawnych wydaje się nieunikniona.

Abstract: The hoisting assembly with the Koepe friction is a very popular solution in mining. However, using such a technology brings with it some inconveniences. Excessive abrasion of the linings on the disc and rope pulleys may be caused by the displacement of the groove axes by several centimeters. Moreover, the replacement of the linings forces mines to incur direct costs (material, service) and indirect costs in the form of long downtime of the machine and shaft. Last year, the team of authors made a geodetic inventory of two Koepe hoisting machines. Terrestrial laser scanning with a precise total station measurements and precise leveling of disc shafts and rope pulleys were performed. The results were verified by measurement on the Szpetkowsky tribrach. The appropriate selection of measurement methods in both analyzed objects allowed to identify the causes of the destruction of the hoisting assembly components and the impact on its work. Based on geodetic data, precise rectification guidelines have been defined (twisting and shifting the rope pulleys), which seems unavoidable despite the lack of unambiguous legal regulations.

Słowa kluczowe:

Koeppe, geodezja górnicza, skanowanie laserowe, inwentaryzacja zespołu wyciągowego

Keywords:

Koeppe, mining surveying, 3D laser scanning, shaft hoist assembly

1. Wprowadzenie

Zespół wyciągowy, rozumiany jako maszyna wyciągowa, wieża szybowa oraz szyb, stanowi podstawę działalności podziemnego zakładu górniczego przez cały okres jego działalności. Przekroczenie wartości wychylenia wieży, kątów tarcia lin czy nadmierne pochylenie wałów kół wyciągowych oraz maszyny wyciągowej może doprowadzić do awarii krytycznych. Służba miernicza lub rzeczoznawca okresowo kontroluje stan geometrii zespołu wyciągowego, wskazując wartości i miejsca niezbędne do rektyfikacji urządzeń. Niniejsze badania skupiają się na kompleksowej inwentaryzacji geodezyjnej wraz z określeniem metodologii pomiaru urządzenia wyciągowego z tarczą pędną (system Koeppe) i związanymi z nią jednym lub dwoma poziomami kół linowych (górnym i dolnym). Wykorzystywane dotychczas metody kontroli geodezyjnej pozwalały na określenie pojedynczych parametrów zespołu wyciągowego. Badania wychylenia wież szybowych czy prostoliniowości oparte były zazwyczaj na różnorodnych zastosowaniach prostej geodezyjnej, jak pionowanie, rzutowanie czy domiary, określanie kątów tarcia na podstawie pomiaru kątowno-liniowym lub opartego na spodarce Szpetkowskiego. Nieliczne próby automatyzacji pozwalały na określenie jednego bądź dwóch elementów kontroli geometrycznej szybu i jego zabudowy. Dlatego w celu dokonania pełnej inwentaryzacji szybu górniczego należało zastosować kilka uzupełniających się klasycznych technik pomiarowych, co znacznie wydłużało wykonywanie badań mierniczych. Zbiór klasycznych metod geodezyjnych można zastąpić skanowaniem laserowym, który pozwala na wykonanie pomiarów zbliżonych swym zakresem do komplementarnych, tak by uzyskać jak najwięcej potrzebnych informacji w jak najkrótszym czasie. Zakres tych informacji jest nieporównywalnie większy od pozyskiwanego metodami tradycyjnymi. Ponadto wykorzystanie skaningu może być istotne z punktu widzenia ekonomicznego, jak również ze względu na bezpieczeństwo pracowników wykonujących pomiary. Pomiar inwentaryzacyjny maszyny wyciągowej oraz kół linowych wraz z określeniem wychylenia wieży i trzonu czteroosobowy zespół może wykonać nawet w jedną zmianę. Uzupełniania

metodami klasycznymi wymaga jedynie niwelacja wałów kół linowych i maszyny wyciągowej oraz pomiar osnowy w celu dowiezania modelu do układu lokalnego/globalnego.

2. Metodologia pomiaru

W niniejszym artykule przedstawiony został proces przeprowadzenia kontrolnych pomiarów geodezyjnych na przykładzie dwóch urządzeń wyciągowych z systemem Koeppe. Pomiary realizowane były za pomocą panoramicznego skanowania laserowego skanerem fazowym FARO FOCUS 3D umożliwiającym pozyskanie informacji o mierzonym obiekcie z rozdzielczością 5mm/10 m odległości, z dokładnością nie gorszą niż ± 2 mm dla pojedynczego stanowiska pomiarowego. W przypadku pomiarów urządzeń wyciągowych należy brać pod uwagę dodatkowy błąd (szum pomiarowy lub wręcz brak obserwacji pozyskiwanych w trybie bezlustrowym) związany z zabrudzeniem smarem poszczególnych elementów, co wynika z potrzeb mechanicznych. W przypadku tarczy Koeppe, gdzie nie stosuje się smarowania lin wyciągowych, dokładność pomiaru jest automatycznie wyższa. Elementy szczególnie istotne dla wykonywanej analizy (pochylenie wałów maszyn wyciągowych oraz kół linowych) zostały wyznaczone techniką niwelacji precyzyjnej (niwelator precyzyjny DiNi 0.3 firmy Trimble i zestaw łat inwarowych, który zapewnia dokładność niwelacji poniżej 0,3mm/1km).

Spójność wewnętrzną chmury punktów zapewniono dzięki pomiarowi osnowy geodezyjnej precyzyjnym tachimetrem firmy Trimble C3 o dokładności pomiaru kąta 2'' i długości 2 mm + 2 ppm (foto 1).

Wiedząc o problemie nierównomiernego zużywania okładzin, istniało wysokie prawdopodobieństwo ponadnormatywnego drgania wież. Wobec powyższego jednym z elementów badania stabilności wież szybowych były badania dynamiczne zmian wychylenia wież szybowych podczas jej eksploatacji oraz hamowania awaryjnego. Jednocześnie badana była amplituda ruchu liny podczas powyższych działań. Badanie wychyleń wieży szybowej przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch technologii pomiarowych: ska-

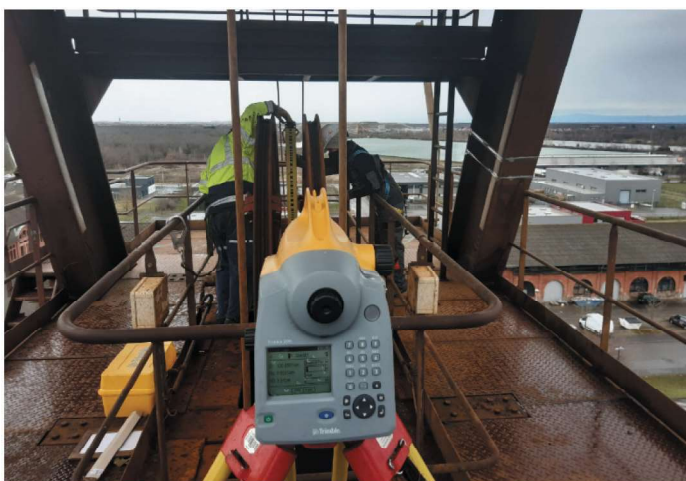


Foto 1. Pomiary realizowane na wieży szybowej i przy maszynie wyciągowej
Photo 1. Measurements taken at headframe and hoisting machine

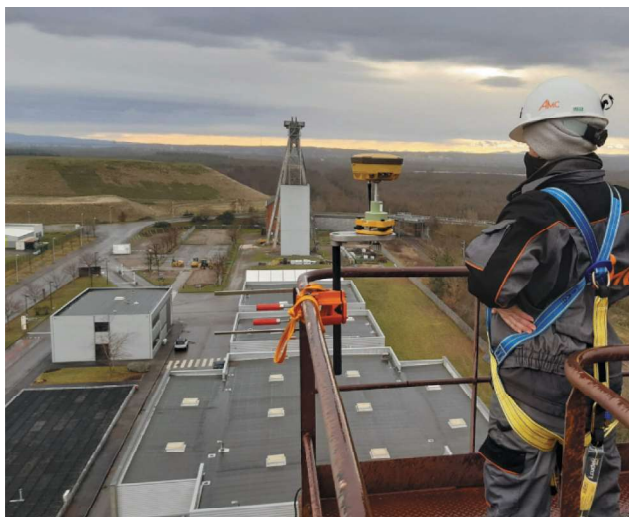


Foto 2. Odbiornik rejestrujący drgania wieży w trybie RTK
Photo 2. Receiver measuring vibrations of headframe in RTK technique

ningu laserowego oraz pomiaru GNSS w trybie Real Time Kinematic odbiornikiem umieszczonym na wieży szybowej (foto 2), w nawiązaniu do stacji bazowej rejestrującej dane w trybie statycznym.

Powstałe w wyniku skanowania laserowego chmury punktów pozwoliły na wykonanie modeli przestrzennych obiektów (foto 3), pozwalających na realizowanie kolejnych analiz prowadzonych komputerowo. Polegały one na wyznaczeniu charakterystycznych punktów rozmieszczonych na osiach maszyn wyciągowych i kół linowych, ustaleniu profili poprzecznych na wieżach szybowych oraz amplitudy drgań liny wyciągowej. W kontekście badania geometrii układu koła linowe - tarcza pędna najistotniejsze było uzyskanie azymutów kół linowych i tarczy oraz ich rowków i samych lin. Tak uzyskana baza punktów posłużyła do wykonania opracowania przestrzennego rozmieszczenia osi bębnow maszyn, kół linowych, konstrukcji wieży szybowej oraz lin. W konsekwencji otrzymane dane posłużyły finalnie do:

- określenia przesunięć osi odpowiednich rowków na kole pędnym względem osi kół linowych,
- określenia kątów tarcia lin na kołach wyciągowych, pochyleń wałów maszyny i kół wyciągowych,
- wyznaczenia pionowości wieży szybowej, w tym podczas jej eksploatacji i hamowania awaryjnego,
- wyznaczenie pionowości lin schodzących z kół linowych do szybu.

Wszystkie powyższe informacje pozwalają przede wszystkim ustalić, czy zinventaryzowany obiekt może być nadal bezpiecznie używany zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi. Ponadto stanowią bazę danych niezbędną do wykonania rektyfikacji poszczególnych elementów zespołu wyciągowego, a także są doskonałym źródłem potrzebnym do uzupełnienia dokumentacji zakładu górniczego.

3. Obiekty badań na tle obowiązujących przepisów

W grudniu 2019 roku zespół podjął się inwentaryzacji kilku wież szybowych z określeniem wzajemnej geometrii kół linowych i maszyn wyciągowych, z czego dwie posiadały podobne problemy z użytkowaniem tarczy Koepppe. Opis inwentaryzacji wieży szybowej, maszyny wyciągowej oraz szybu był publikowany już niejednokrotnie (np. Jaśkowski i in. 2018). Niniejszy artykuł skupia się na geometrii układu wyciągowego.

Obliczanie pozornych kątów tarcia lin (mierzonych na płaszczyźnie poziomej) sprowadza się do obliczenia różnic odpowiednich azymutów (kątów kierunkowych) osi charakteryzujących dane urządzenie wyciągowe. Jedynym odniesieniem do wyciągów szybowych ze zrębową maszyną wyciągową z kołem pędnym jest zapis z Rozporządzenia Ministra Energii w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowa-

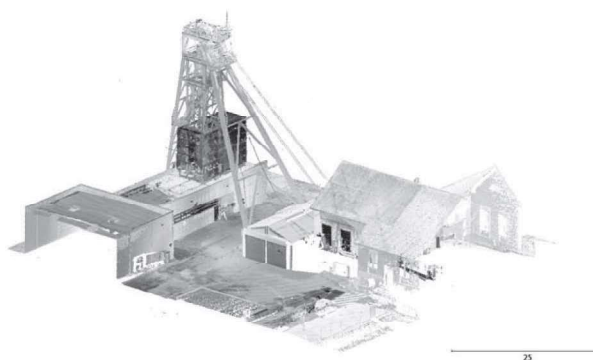
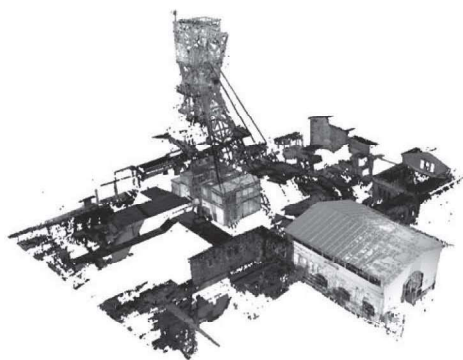


Foto 3. Reprezentacja przedmiotowych wież szybowych w postaci chmur punktów
Photo 3 Point clouds of headframes being the subject of research

dzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, zawarty w załączniku 4, pkt 3.11.17: „W kołach linowych na wieży w wyciągach szybowych ze zrębową maszyną wyciągową z kołem pędnym lub bobinową maszyną wyciągową płaszczyzna symetrii rowka koła linowego pokrywa się z płaszczyzną określoną przez osie liny nabiegającej i zbiegającej” (Rozporządzenie, 2016).

W przypadku urządzenia wyciągowego z tarczą pędną (Koeppé) i związanymi z nią dwoma kołami linowymi (górnym i dolnym) kąty tarcia (i przesunięcia odpowiednich rowków) wyznacza się oddzielnie dla liny górnej, a oddzielnie dla liny dolnej. I tak dla liny górnej na kole górnym kąt tarcia wyznacza się jako różnicę kątów kierunkowych osi podłużnej koła linowego i indywidualnej osi ciągnięcia związanej z tym kołem. Dla tejże liny kąt tarcia na tarczy Koeppé'go wyznacza się jako różnicę kątów kierunkowych osi podłużnej (płaszczyzny) tarczy Koeppé'go i osi ciągnięcia związanej z tym kołem. Analogicznie wyznacza się pozorne kąty tarcia dla liny dolnej. Gdy urządzeniem wyciągowym jest wielolinowe koło pędne, wówczas pozorne kąty tarcia liny wyznacza się dla każdej pary odpowiadających sobie rowków na kole pędnym i kole linowym. Dla każdej takiej pary są wyznaczane dwa kąty tarcia, jeden dla liny na kole pędnym, a drugi dla liny na kole linowym. Do wyznaczenia tych kątów tarcia konieczna jest znajomość azymutów (kątów kierunkowych) osi ciągnięcia dla odpowiadającego sobie zespołu rowków na kole pędnym i na kole linowym. Taka oś ciągnięcia definiowana jest jako linia prosta łącząca środek rowka liny na kole pędnym ze środkiem rowka koła linowego. Kąty tarcia liny na kole pędnym są to więc różnice między azymutami poszczególnych rowków na tym kole, a azymutami osi ciągnięcia związanymi z każdym z tych rowków.

Podobnie kąty tarcia lin na kołach linowych to różnice między azymutami rowków na tych kołach a azymutami osi ciągnięcia związanymi z poszczególnym kołem (rys. 1).

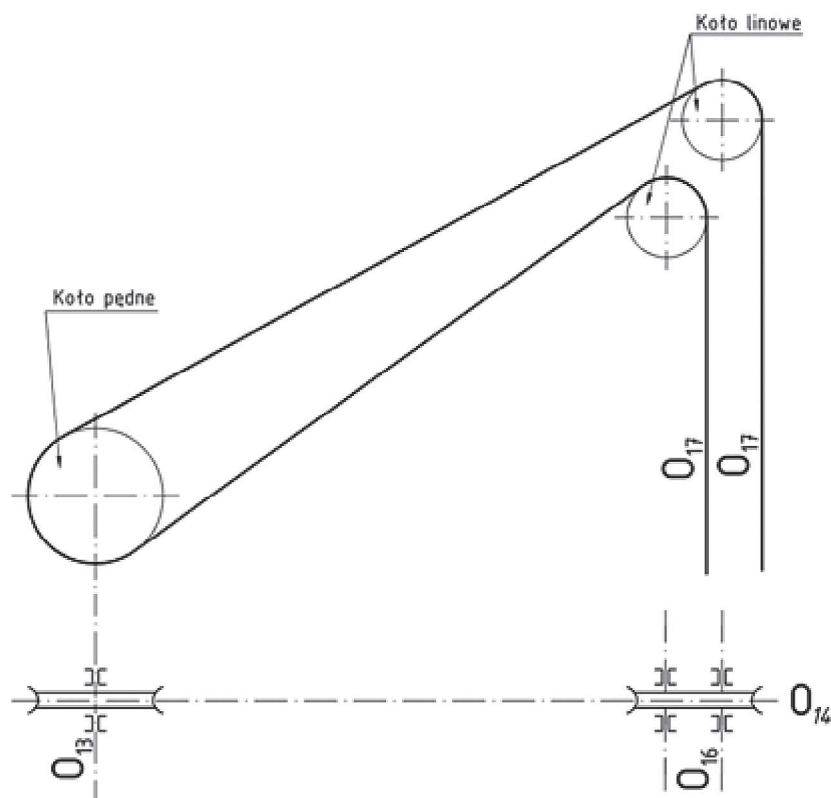
W przypadku urządzenia wyciągowego z tarczą pędną (Koeppé) i związanymi z nią dwoma kołami linowymi (ustawionymi obok siebie) kąty tarcia oraz przesunięcia rowków wyznacza się oddzielnie dla liny podsiębernej, a oddzielnie dla liny nadsiębernej. Kąt tarcia wyznacza się jako różnicę kątów kierunkowych osi podłużnej koła linowego i liny związanej z tym kołem. Dla tejże liny kąt tarcia na tarczy Koeppé'go wyznacza się jako różnicę kątów kierunkowych osi podłużnej (płaszczyzny) tarczy Koeppé'go i osi ciągnięcia. Nie jest jednak możliwe spełnienie przepisu zawartego w zacytowanym powyżej rozporządzeniu, i dlatego należy przyjąć, że oś ciągnięcia powinna znajdować się symetrycznie pomiędzy płaszczyznami kół linowych (rys. 2).

We wszystkich przypadkach istotne znaczenie, z punktu widzenia warunków geometrycznych związanych z maszyną wyciągową i kołami kierunkowymi na wieży szybowej, posiadają dwie osie – oś wału maszyny wyciągowej O_{13} i oś ciągnięcia O_{14} , które pokazano na rysunku 1 i zdefiniowane są następująco:

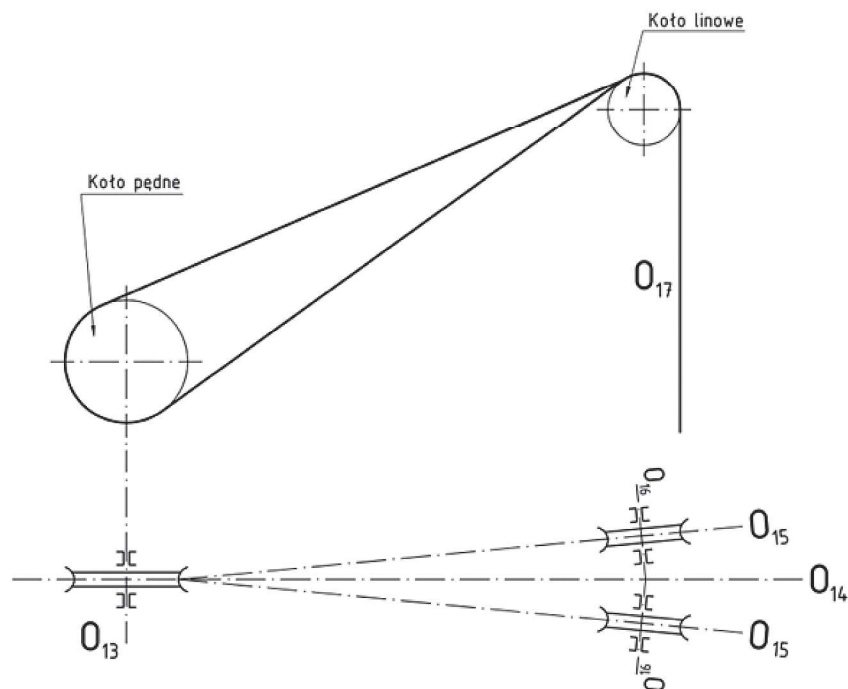
O_{13} – oś wału koła pędnego – podłużna oś symetrii wału koła pędnego,

O_{14} – oś ciągnięcia – linia prosta łącząca: punkt przecięcia się płaszczyzny rowka koła pędnego z osią jego wału (O_{13}) z punktem przecięcia się płaszczyzn kół linowych z ich osiami wału (O_{16}) w przypadku kół linowych ustawionych w jednej płaszczyźnie pionowej,

O_{17} – oś zawieszenia naczynia wyciągowego – linia pionowa przechodząca przez środek poprzecznego przekroju liny w punkcie pionowego schodzenia liny z koła linowego



Rys. 1. Oś ciągnięcia dla maszyny z kołem pędnym i kół linowych położonych w jednej płaszczyźnie pionowej
Fig. 1. Sketch of hoisting axle for a machine with a drive wheel (Koeppé) and pulleys arranged in one vertical plane



Rys. 2. Oś ciągnięcia dla maszyny z kołem pędnym i kół linowych ustawionych obok siebie
Fig. 2. Sketch of hoisting axle for a machine with a drive wheel (Koepple) and pulleys arranged side by side

Pierwszym analizowanym obiektem była dwuzastrzałowa stalowa wieża szybowa z układem podwójnych kół linowych usytuowanych nad sobą (foto 4) współpracujących z dwulinową tarczą Koepple (foto 5), zlokalizowana na wschodzie Francji, obsługująca nieczynną kopalnię soli potasowej. W niedalekiej przyszłości planowane jest jednak znacząco większe obciążenie wieży, zarówno w zakresie częstotliwości jazdy, jak i masy transportowanych materiałów. Dział ergonomiczny zdiagnozował problem nierównomiernego zużycia okładziny na górnym poziomie kół linowych. Ponadto przy wyższej prędkości jazdy klatki (maksymalna dopuszczona prędkość w związku z analizowanym problemem to 4m/s) i większej masie ładunku, liny nadsiębierne według

obserwacji posiadały ponadnormatywną amplitudę ruchu, a wieża zaczynała drżeć mocniej niż normalnie. Ten drugi aspekt nie powinien wpływać na pracę wieży o konstrukcji stalowej, tym bardziej tak niskiej - wysokości kół dolnych i górnych nad zrębem to odpowiednio 24 i 28 m - jednak postanowiono poddać również ten aspekt badaniu. Prawo francuskie w ogóle nie traktuje o użytkowaniu wież szybowych, okresowych badaniach technicznych czy wartościach dopuszczalnych. To na zarządcy ciąży obowiązek utrzymania stanu technicznego obiektów w odpowiednim stanie. Zarządca zdecydował się więc na oparcie opinii mierniczej o polskie przepisy i doświadczenia.

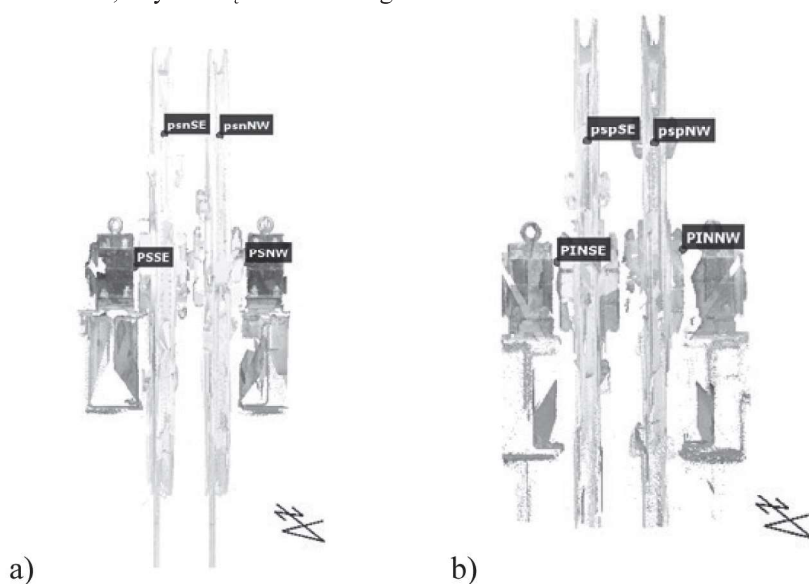


Foto 4. Lokalizacja punktów nawinięcia lin na kołach linowych, pomost: a) górny, b) dolny
Photo 4. Location of rope winding points on rope pulleys, platform: a) upper, b) lower

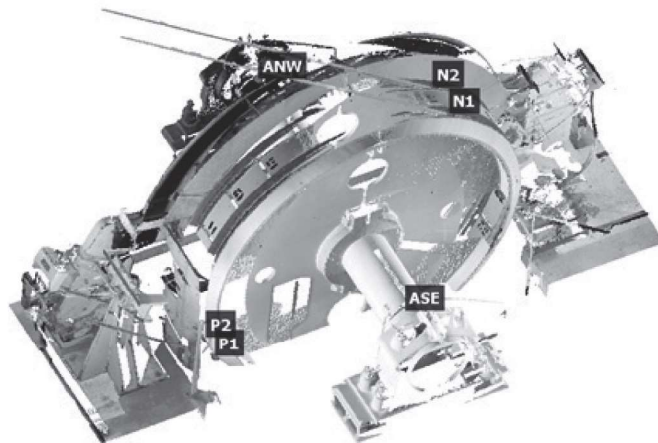


Foto 5. Lokalizacja punktów charakterystycznych na bębnie maszyny wyciągowej
Photo 5. Location of characteristic points on the winding machine cylinder

Drugim badanym obiektem była dwuzastrzałowa prostopadła wieża szybowa o konstrukcji stalowej z układem kół linowych obok siebie (jeden poziomy kół linowych) z jednolinową tarczą pędną. Od początku działalności w odległości ok. 20 metrów od siebie funkcjonowały dwa szyby dwuprzędziałowe, nad nimi usytuowane były symetrycznie względem siebie dwuzastrzałowe prostopadłe wieże szybowe połączone jednym budynkiem nadszybia.

W wyniku przekształceń zlikwidowano jeden szyb i wieżę szybową, rozebrano też przynależny do niej budynek nadszybia. W szybie pozostawiono jeden przedział (zlikwidowano skipowy), w efekcie czego zlikwidowano prostopadły zastrzał. Wieża szybowa podlegająca pomiarowi wygląda więc dziś jak wieża jednozastrzałowa, a jej konstrukcja jest jednak znacznie osłabiona i znajduje to swoje odbicie w wychyleniu.

4. Analiza problemu

Oba przypadki są na pozór podobne ze względu na występujący i zdiagnozowany problem występujący przy użytkowaniu zespołu wyciągowego: ścieranie okładziny. W uproszczeniu można przyjąć, że odpowiadające sobie osie wałków na tarczy pędnej i kołach linowych nie są współliniowe. Problem doraźnie rozwiązuje się poprzez pogłębianie row-

ka, gdzie w czasie pomiaru/inspekcji znajduje się lina, jednak po pewnym czasie lina przetacza się dalej i tworzy nowy rowek. W efekcie, w rowkach na kole pędnym i kołach linowych powstają ponadnormatywne luzy i niesymetryczne napięcia, które skutkują innym niż projektowany rozkładem sił. Jest to skrajnie niebezpieczna sytuacja, nierównomierne obciążenie koła pędnego oraz kół linowych może bowiem wpływać nie tylko na zużywanie okładzin, ale również nieprzewidziane konstrukcyjnie obciążenie głowicy i wieży szybowej, nienormalne drgania, a w efekcie wybożenia trzonu i przemieszczenie punktów zejścia lin do szybu, co z kolei może doprowadzić do niesymetrycznego prowadzenia klatki szybowej w szybie i awarii krytycznych z tym związanych.

Do diagnozy problemu i wykazania wartości przesunięć rowków niezbędne jest bardzo precyzyjne badanie geometrii. Należy bowiem zidentyfikować nie tylko punkty zejścia lin z tarczy pędnej i kół linowych, ale również skręcenia tych elementów względem siebie i względem ich wałów. Wymaga to pomiaru znacznie większej ilości punktów, a nie wyłącznie punktów charakterystycznych. Takie podejście jednoznacznie wskazuje na skaning laserowy, który pozwala na wygenerowanie chmury punktów reprezentującej cały obiekt. Następnie, na podstawie uśrednień i modelowania chmury, tworzy się model przestrzenny osi wałów, płaszczyzn kół (foto 7a) i tarczy koła pędnego,

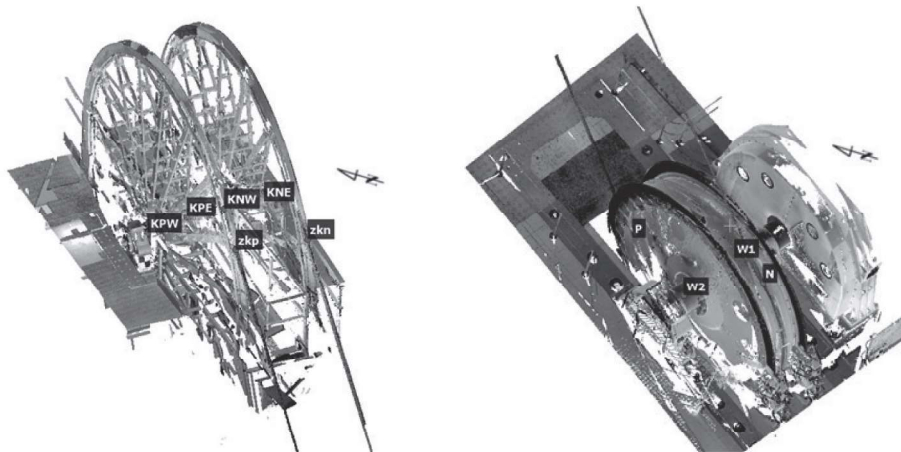


Foto 6. Maszyna wyciągowa z jedną liną oraz dwa koła wyciągowe usytuowane obok siebie na jednej platformie
Photo 6. A hoisting machine with one rope and two hoisting wheels placed side by side on a single platform

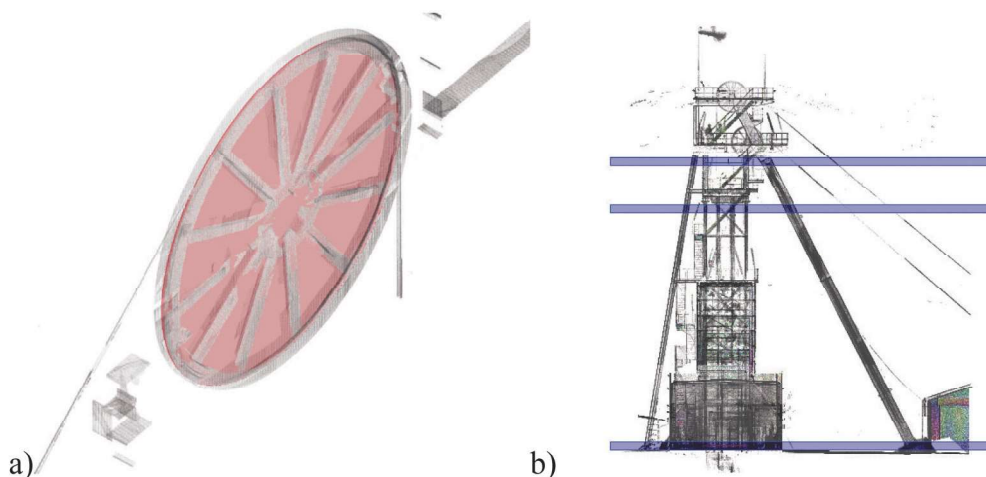


Foto 7. Prowadzenie analiz komputerowych: a) zamodelowana płaszczyzna rowka koła linowego, b) wyznaczenie poziomów przekrojów do badania wychylenia oraz wybachania wieży i trzonu

Photo 7. Conducting computer analyzes: a) modeled plane of the pulley groove, b) determination of cross-section levels for testing the deviation and buckling of the tower and the shaft

lin i samej wieży wraz z jej trzonem (foto 7b). Optymalną jest więc sytuacja, w której pomiar obejmuje nie tylko sam układ maszyna - koła linowe, ale również wychylenie wieży szybowej i jej trzonu oraz prostoliniowość przewodników w szybie. Wówczas, wyznaczając geometrię całego zespołu wyciągowego, istnieje możliwość pełnej oceny. W obu prezentowanych przypadkach badano powyższy zakres bez prostoliniowości przewodników.

W pierwszym analizowanym przypadku (Francja) wszystko wskazywało na potrzebę rektyfikacji górnych kół linowych, pomiarowi podlegał jednak cały obiekt. Przez osnowę usytuowaną na placu szybowym wykonano pomiar tarcz do łączenia kolejnych skanów na kolejnych poziomach kół linowych, w budynku nadszybia (trzon do połowy wysokości jest zabudowany) oraz budynku maszyny wyciągowej. Ponadto bezlustrowo - dla kontroli otrzymywanych wyników - wyznaczono współrzędne punktów charakterystycznych. Uzyskane chmury punktów poddano modelowaniu. Z modelu usytuowanego w lokalnym układzie współrzędnych uzyskano azymuty płaszczyzn i rowków kół linowych i tarczy koła pędnego, osi lin i wałów. Wartości azymutów pozwoliły na wyznaczenie kątów tarcia lin na kołach linowych i tarczy koła pędnego. Ponadto wykonano cyfrowy model 3D obiektu, na którym określono przesunięcia osi rowków. Dolne koła uzyskały zbieżność z tarczą koła pędnego na poziomie 13mm, górne koła okazały się być skrócone względem tarczy. Liny wychodzące z rowków tarczy koła pędnego trafiają idealnie w górne koła linowe, jednak te będąc skrócone wykazują brak równległości. Przedłużenie osi rowków górnych kół linowych na tarczę koła pędnego wykazuje błąd na poziomie 92 i 128 mm (foto 8a). W celu rektyfikacji wymagane będzie więc nieznaczne skrócenie i przesunięcie układu górnych kół linowych, przy zachowaniu położenia aktualnych punktów zejścia liny na maszynę wyciągową. Weryfikacja zmiany punktów zejścia liny do szybu wskazała, że jej wychylenie od pionu ulegnie poprawie.

Drugi analizowany przypadek (na Śląsku) sprowadzał się do weryfikacji warunku, że oś ciągnięcia powinna znajdować się symetrycznie (w środku pomiędzy) odpowiednio skróconych do maszyny płaszczyzn kół linowych. Po analizie

wcześniejszych operatów oraz dyskusji z działem energo-mechanicznym i mierniczo-geologicznym okazało się, że w kontekście przesunięcia rowków względem siebie wychylenie wieży nie odgrywa jednak większej roli, gdyż wykazuje wektor skierowany w stronę maszyny wyciągowej. Badanie wykazało, że wychylenie obiektu znajduje się na granicy dopuszczalnego - 1/500 wysokości wieży (Rozporządzenie ... 2016). Uzyskane z pomiarów przesunięcia osi rowka na kole pędnym w stosunku do osi ciągnięcia na poziomie kół wynosi 166 mm. Natomiast przesunięcia osi rowka na kole pędnym w stosunku do osi ciągnięcia na poziomie koła pędnego wynoszą odpowiednio 425 mm dla koła liny podsiębiernej i 47 mm dla koła liny nadsiębiernej (foto 8b). Geometria obiektu wskazuje również, że problematyczne w przyszłości mogą być wartości wychylenia lin schodzących do szybu. Wartości wskazują więc, że rektyfikacji powinna podlegać w pierwszej kolejności wieża szybowa, a dopiero po ponownym pomiarze zespołu wyciągowego koła linowe.

5. Podsumowanie

Polskie prawo (Rozporządzenie ... 2016) narzuca odpowiednie terminy wykonywania badania geometrii zespołu wyciągowego. Zarówno wychylenie wieży szybowej, zależności geometryczne pomiędzy kołami linowymi a maszyną wyciągową oraz prostoliniowość przewodników i badanie geometrii szybu powinno być wykonywane maksymalnie co 5 lat. W opinii zespołu autorów takie badanie powinno być łączone w zakresie badania wychylenia wieży szybowej wraz z trzonem i maszyną wyciągową ze względu na możliwość szerszej, holistycznej analizy. Ponadto warto wspomnieć, że wiele zakładów decyduje się na badanie wychylenia wieży częściej, nawet co roku.

Dzięki postępowi technologicznemu w zakresie sprzętowym i oprogramowania, odpowiedni dobór metod pomiarowych pozwala na coraz szybsze i dokładniejsze wykonywanie badań. Zaprezentowane przykłady proponują nowoczesne podejście do tematu dokumentacji obiektu. Zebrany materiał oprócz analizy można następnie wykorzystać do prac projektowych remontów, rozbudowy lub likwidacji obiektów.

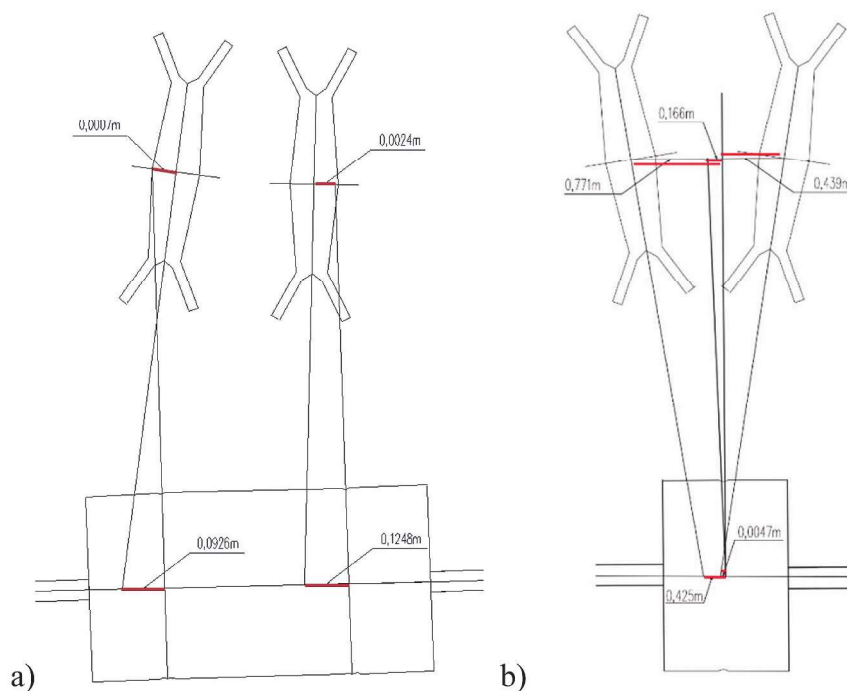


Foto 8. Obrazowe przedstawienie przesunięć osi odpowiadających sobie rowków:
 a) górnych kół linowych względem maszyny wyciągowej we Francji, b) kół linowych względem maszyny wyciągowej na Śląsku

Photo 8. A pictorial representation of the axis offsets of the corresponding grooves:
 a) upper pulleys in relation to the winding machine in France, b) pulleys in relation to the winding machine in Silesia

Kontekst maszyn wyciągowych z kołem pędym jest szczególnie wymagający, ponieważ już kilkucentymetrowe przesunięcia osi mogą wpływać na geometrię i płynność całego układu. Jak nadmieniono w treści artykułu, koszty niewłaściwej eksploatacji takiego układu mogą być bardzo wysokie, a użytkowanie uciążliwe. Szczególnie istotne jest więc systematyczne kontrolowanie zależności geometrycznych i prowadzenie ewentualnej rektyfikacji.

Literatura

- JAŚKOWSKI W., LIPECKI T., MATWIJ W., JABŁOŃSKI M. 2018 - Inwentaryzacja szybowego zespołu wyciągowego z wykorzystaniem klasycznych metod mierniczych i skaningu laserowego. „Przeгляд Górnicy”. Tom 74, nr 1, s. 8-14
- Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 poz. 1118).

Artykuł wpłynął do redakcji –lipiec 2020
 Artykuł akceptowano do druku – 18.08.2020