

TOMASZ LIPECKI  
**Kompleksowa ocena stanu geometrycznego  
obiektów i urządzeń szybowych  
z zastosowaniem skaningu laserowego**

## **Streszczenie**

Przygotowana monografia dotyczy wykorzystania skaningu laserowego (panoramycznego i profilowego) do oceny stanu geometrycznego wyciągu szybowego. Rozważania dotyczą wież szybowych, szybów oraz maszyn wyciągowych pod kątem opracowania technologii badania wszystkich zależności geometrycznych pomiędzy podzespołami urządzeń w nich zamontowanych, składających się na wyciąg szybowy. W kolejnych rozdziałach przedstawiono pokrótce dotychczasowe metody tak zwanej inwentaryzacji urządzeń, wykonywanych metodami geodezyjnymi, podano podstawy teoretyczne skaningu laserowego oraz przykładowe zastosowania w pomiarach. Opisano także obiekty poddawane badaniom, ze szczególnym zwróceniem uwagi na elementy konstrukcyjne, których relacje powinny być wyznaczane oraz poddawane okresowym kontrolom.

W celu weryfikacji postawionej tezy badaniom poddano obiekty różnego typu:

- wieże zastrzałowe i basztowe,
- szyby o zabudowie wieloprzedziałowej, z transportem klatkowym, skipowym i kubłowym,
- maszyny wyciągowe w z kołem pędnym i wielolinowe.

Szczególnie obszernej dyskusji poddano przepisy branżowe dotyczące wyznaczenia odchylenia osi wieży szybowej od pionu, wskazując na ich niejednoznaczność. Kolejne rozdziały związane są z prezentacją wyników badań wymienionych wyżej obiektów oraz sposobem prowadzenia analiz i wyznaczenia zależności geometrycznych, które podlegają również kontroli według przepisów prawa geologiczno-górniczego.

Wszystkie badania i eksperymenty były realizowane za pomocą skanerów panoramicznych fazowych Imager 5006 i 5010 firmy Zoller&Froehlich oraz Focus 3D firmy Faro, a także impulsowego – VZ-400 firmy Riegl. Skanery firmy Zoller&Froehlich służyły również do wykonywania badań w trybie profilowym 2D. Uzyskane chmury punktów poddano opracowaniom pod kątem możliwości zbadania zależności geometrycznych między badanymi obiektami, testując zgodność uzyskiwanych wyników z rozkładami teoretycznymi (na podstawie danych projektowych). W celu weryfikacji koncepcji wykorzystania zabudowy szybowej do stworzenia układu odniesienia wykonano modelowanie metodą elementów skończonych (MES) zachowania się naczynia wyciągowego przy prowadzeniu linowym. Podstawowym parametrem tego modelowania było wirtualne odchylenie lin od pionu, które pod wpływem obciążenia tworzyły linie łańcuchowe. Uzyskane wyniki wskazały na zasadność testowania proponowanej koncepcji, a zrealizowane badania umożliwiły praktyczną weryfikację stworzonego modelu komputerowego.

Wskazano też na nowe zastosowania proponowanej metody do określenia amplitudy drgań lin nośnych, co dotychczas nie było możliwe do wyznaczenia metodami geodezyjnymi. Na podstawie uzyskanych doświadczeń zaproponowano schemat prowadzenia badań z wykorzystaniem skaningu laserowego w warunkach przemysłowych.

Przeprowadzone wszystkie badania oraz analizy dowiodły postawionej w pracy tezy, że skaning laserowy jest nowoczesną technologią pomiarową, umożliwiającą kompleksową inwentaryzację wyciągu szybowego oraz pozwalającą na wyznaczenie zależności geometrycznych między poszczególnymi jego podzespołami. Umożliwia także wyznaczenie praktycznie wszystkich wymaganych przepisami górniczymi miar kontrolnych, poddawanych ocenie mierniczej.

TOMASZ LIPECKI

## **A comprehensive assessment of geometric objects and shaft devices using laser scanning**

### **Summary**

The prepared monograph concerns the use of laser scanning (panoramic and profile) to assess the state of geometric hoist. The reflections concentrate on shaft towers, shafts and hoisting equipment, taking into account technology for the development of the study of all the geometrical relationships between the components of the equipment installed in them, that make up the lift shaft. The following sections summarize existing methods of so-called inventory of equipment performed by use of geodetic methods, give the theoretical basis of laser scanning and examples of applications in measurements. The sections also describe the objects to be examined, with particular attention paid to the structural elements the relationship of which should be determined and subject to periodic inspections. In order to verify the stated argument objects of different types have been studied.

These are:

- tower braces and turret towers
- multi-compartment shafts, with cage, skip and hull transport,
- hoists with propellant and multi-rope wheel.

In particular, industry regulations regarding the designation of the vertical deviation of axis of the tower shaft were extensively discussed, consequently pointing to the ambiguity. Subsequent chapters are related to the presentation of the study results of the objects mentioned above and the way of analyzing and determining the geometrical relationships that are also subject to control according to the laws of geology and mining.

All the tests and experiments were carried out using panoramic phase scanners Imager 5006 and 5010 by Zoller & Froehlich and Focus 3D by Faro, and also using pulse scanner VZ-400 by Riegl. Scanners by Zoller & Froehlich were also used to carry out research in 2D profile mode. The resulting point clouds were interpreted to gain the opportunity to examine the geometrical relationships between the studied objects, testing the compatibility of the results with theoretical distributions (based on design data). In order to verify the concept of using shaft building to create a frame of reference, the modeling by use of the finite elements method (FEM) of extracting vessel reaction while rope leading was performed. The main parameter of the model was the virtual deviation of ropes from the vertical that, under load, created chain lines. The results showed the validity of the proposed concept and the study carried out made it possible to verify the created computer model practically.

The new application of the proposed method to determine the amplitude of oscillation of hoist ropes was shown, which has not yet been possible to determine by use of the geodetic methods. Based on the experience gained, the scheme of carrying out research using laser scanning in an industrial environment was proposed.

All the research carried out and analysis proved the staked claim in the thesis that laser scanning is a modern measurement technology which enables a comprehensive inventory of the hoist and allows to determine the geometrical relationships between its particular components. It also enables the determination of virtually all measures required by the mining inspection and subjected to measuring evaluation.