

Dr hab. inż. Ryszard Mielimąka, prof. PŚ
zam. 44-200 Rybnik
ul. Kochanowskiego 7

Gliwice, 10 czerwiec 2019 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR INŻ. MATEUSZA JABŁOŃSKIEGO pt.: „Zastosowanie telemetrycznych metod pomiarowych do określenia deformacji rury szybowej i wież szybowych”

1. Ocena doboru tematyki badawczej i przyjętej tezy pracy

Szyby są kapitalnymi wyrobiskami pionowymi, o znacznej głębokości, prowadzącymi z powierzchni terenu do położonego w głębi ziemi złoża kopaliny użytecznej lub łączącymi wyrobiska poziome pod ziemią. Pełnią one funkcje wentylacyjne i transportowe, umożliwiając prowadzenie wydobycia w kopalni.

Szyby znajdują się w górotworze zbudowanym z warstw skalnych o różnej, niekiedy bardzo małej lub zerowej wytrzymałości, w tym także zawodnionych. Niekiedy przechodzą przez nie dyslokacje tektoniczne. To powoduje, że rury szybów muszą mieć obudowę zapewniającą stateczność i możliwie maksymalną wodoszczelność.

Przed wpływami eksploatacji górniczej wyrobiska te są chronione filarami o określonej kategorii. Dopuszcza się zatem, że szyby poddane zostaną niewielkim wpływom eksploatacji prowadzonej do granic tych filarów. Niejednokrotnie również kopalnie dążąc do wybrania złoża zalegającego w filarach prowadzą eksploatację z ich naruszeniem lub nawet eksploatację wewnątrzfilarów.

Z uwagi na bezpieczeństwo użytkownika, wieże i obudowa szybów muszą podlegać okresowym kontrolom wizualnym i metrycznym, których częstotliwość i zakres są określone w odpowiednich przepisach. Elementem tych kontroli są pomiary inwentaryzacyjne szybów i urządzeń wyciągowych. Pomiary te mogą być wykonywane różnymi metodami i z różną dokładnością. Pozwalają one określić przestrzenny przebieg pionowej osi szybu, wychylenie wieży szybowej, geometrię układu wyciągowego szybu, a także określić zmiany wyznaczanych nimi wielkości.

Pomiary geometrii szybów mogą być wykonywane z klatki szybowej lub w sposób automatyczny z wykorzystaniem odpowiednich systemów pomiarowych lub przyrządów pomiarowych.

Oddzielnym zagadnieniem są pomiary mające na celu wyznaczenie deformacji jakim podlega obudowa szybu pod wpływem prowadzonej eksploatacji górniczej. W celu zapewnienia odpowiedniej dokładności wymagają one stabilizacji grup punktów na wybranych poziomach szybu i wzdłuż pionowych linii pomiarowych w obudowie szybu i/lub w górotworze go otaczającym.

Pomiary geodezyjne prowadzone w szybach, czy też na wieżach szybów są trudne, niebezpieczne, pracochłonne i relatywnie mało dokładne. Wymagają dodatkowo wielogodzinnego wyłączenia szybu z eksploatacji. Z tych też powodów nie są one wykonywane często, nawet w przypadku oddziaływania eksploatacji górniczej na szyb. Prawidłowa interpretacja wyników takich pomiarów jest przy tym bardzo trudna i niepewna, co wynika z dużej liczby czynników wpływających na dokładność pomiarów i zachowanie się obiektów badanych.

Analiza niedoskonałości stosowanych geodezyjnych metod pomiarów szybowych skłoniła Autora recenzowanej dysertacji doktorskiej do zajęcia się problemem ich udoskonalenia poprzez opracowanie autorskich telemetrycznych metod pomiarowych do określania deformacji rury szybowej i wież szybowych. W tym celu skonstruował i przetestował w warunkach terenowych systemy pomiarowe do monitoringu wychylenia wież szybowych i deformacji obudowy szybu. Systemy te zapewniając ciągłość obserwacji i archiwizację danych pomiarowych, pozwalają na

właściwą ocenę powstających deformacji i lepsze poznanie samego zjawiska, a także umożliwiają ostrzeżenie, gdy osiągnięte zostaną niebezpieczne poziomy deformacji obserwowanych wież szybowych i szybów.

Na tej podstawie Autor postawił dwie tezy w przedmiotowej pracy doktorskiej:

- Monitoring ciągły rurach szybowych i na wieżach szybowych daje możliwość zastąpienia niektórych okresowych pomiarów inwentaryzacyjnych i kontrolnych.
- Zastosowanie geodezyjnego monitoringu ciągłego podnosi bezpieczeństwo (zarówno osób wykonujących pomiary, jak i funkcjonowania szybu), a dzięki swojemu ciągłemu charakterowi umożliwia ocenę konieczności wykonania geodezyjnych pomiarów kontrolnych.

Innowacyjne podejście do problemu monitoringu deformacji w trudnych warunkach szybów i wież szybowych, poprzez zastosowanie telemetrycznych metod pomiarowych, uważam za właściwe i godne poparcia.

2. Omówienie zakresu i głównych rezultatów opiniowanej pracy

Opiniowana praca liczy 119 stron. Zawiera spis 125 pozycji literatury, w tym 10 pozycji to wykorzystane przy pisaniu pracy ustawy, normy i regulacje, zaś 6 pozycji to odwołanie do stron internetowych. Jest bogato ilustrowana, gdyż zamieszczono w niej aż 112 rysunków. Ważne dane liczbowe podano w 21 tabelach. Dodatkowo w 13 załącznikach podano zastosowane kody komputerowe do walidacji danych z systemów monitoringu ciągłego oraz opisy zgłoszeń patentowych rozwiązań wykorzystanych w tych systemach.

Całość pracy opisano w 6 rozdziałach.

W **rozdziale 1** („Wstęp”) przedstawiono wprowadzenie do problematyki pracy oraz podano cel i zakres pracy. Autor określa w nim warunki występujące przy prowadzeniu pomiarów geodezyjnych w szybach i na wieżach szybowych, podkreślając przy tym fakt, że okresowe pomiary geometrii tych obiektów nie pozwalają na pełną ocenę bezpieczeństwa użytkowania szybu i urządzeń wyciągowych. Ocenę taką trudno również przeprowadzić na podstawie codziennych kontroli wizualnych obmurza szybu. Dlatego też Autor doszedł do wniosku, że rozwiązaniem zastępującym niektóre okresowe pomiary inwentaryzacyjne i kontrolne jest monitoring ciągły w rurach szybowych i na wieżach szybowych. Monitoring taki musi mieć ściśle określony cel, co determinuje ilość i rodzaj zastosowanych czujników, jednakże pozwala na ciągłą kontrolę stanu obiektu i na informowanie użytkownika o ewentualnych zagrożeniach. Zastosowanie takiego monitoringu zwiększa istotnie bezpieczeństwo użytkowania szybu i urządzenia wyciągowego.

W **rozdziale 2** („Charakterystyka wież szybowych i szybów w świetle prawa”) omówiono przepisy dotyczące bezpieczeństwa użytkowania szybów i wież szybowych i ustosunkowano się do precyzyjności tych przepisów w kontekście wykonawstwa pomiarów inwentaryzacyjnych i ich interpretacji.

W podrozdziale 2.1 przedstawiono rodzaje wież szybowych podkreślając, że podstawowym parametrem decydującym o możliwości ich bezpiecznego użytkowania jest jej wychylenie. Autor w tym kontekście zauważył, że niedoprecyzowanie w przepisach definicji pionowej osi wieży szybowej pozostawia mierniczych z problemem wyboru odpowiednich punktów charakterystycznych, które oddadzą rzeczywistą oś pionową trzonu lub wieży. Przepisy pomijają także różnice w budowie poszczególnych typów wież oraz nic nie mówią o pionowości liny schodzącej w światło szybu. Powoduje to niejednoznaczności przy interpretacji wyników pomiarów inwentaryzacyjnych. Autor podał również istniejące wytyczne odnośnie częstotliwości geodezyjnych pomiarów kontrolnych i

zakresu takich pomiarów. Podkreślił, że wskazania systemu monitorującego obiekt w trybie ciągłym mogłyby być istotną pomocą przy ocenie bezpiecznego użytkowania wież szybowych.

W podrozdziale 2.2 podano przepisy prawne dotyczące pomiarów realizowanym w szybach górniczych. Autor zauważa, że prawo traktuje zagadnienia inwentaryzacji obudowy i zbrojenia oddzielnie, mimo że zbrojenie szybu osadzone jest w jego obudowie. Nie podane są także jednoznaczne wytyczne odnośnie dokładności pomiarów inwentaryzacyjnych dotyczących odkształceń w szybie oraz wyszczególnienia rodzajów zmian i deformacji, które powinny podlegać wyznaczeniu, a także ich wartości granicznych. Następnie autor przedstawia zagrożenia szybów występujące w kopalniach soli kamiennej, w kopalniach rud miedzi i kopalniach węglowych. W podsumowaniu Autor stwierdza, że właściwy, dostosowany do rodzaju obudowy i występujących zagrożeń dobór metod badawczych, staranność wykonywania obserwacji oraz zgodne ze stanem wiedzy opracowanie danych decydują o bezpieczeństwie użytkowania szybu. Zwiększenie tego bezpieczeństwa może być osiągnięte na drodze zastosowania automatycznego monitoringu geodezyjnego, automatyzującego proces pomiarowy i decyzyjny, a także ograniczającego wpływ zawodnego czynnika ludzkiego.

Przedstawione w rozdziale 2 omówienie przepisów określających częstotliwość i zakres pomiarów inwentaryzacyjnych wież szybowych i szybów jest bardzo dokładne i w części polemiczne z nimi, co uważam za słuszne. Jednakże zdaniem recenzenta omówienie to potraktowano zbyt szeroko z punktu widzenia celów i zakresu pracy.

Rozdział 3 („Pomiary inwentaryzacyjne”) dotyczy opisu istniejących metod pomiarów inwentaryzacyjnych wież szybowych i rur szybowych.

W podrozdziale 3.1 omówiono metody pomiaru stosowane przy inwentaryzacji wież szybowych. Przedstawiono metody geodezyjne pozwalające na określenie bezwzględnych zmian pionowości wieży, wyróżniając: grupę pomiarów opartych o metodę domiarów do stałej prostej pionowej, realizowanej przez pion mechaniczny, oś celową pionowników optycznych, promień pionownika laserowego lub system detekcji wiązki laserowej, metodę rzutowania, metodę skaningu laserowego, a także metody fotogrametryczne. Dalej opisano metody pozwalające na określenie względnych zmian pionowości wieży oparte o przestrzenne wcięcie w przód oraz pomiary satelitarne GNSS.

W podrozdziale 3.2 Autor omówił znane obecnie metody obserwacji wizualnych i metrycznych, które mogą być stosowane przy kontrolach szybów. W zakresie obserwacji wizualnych wyróżnił klasyczną ocenę wizualną i monitoring wizyjny, zaś w zakresie obserwacji metrycznych – metodę punktów pomiarowych wyznaczonych na podstawie pionów, metodę pionowych linii profilowych, metodę skaningu laserowego 2D i 3D oraz metody wykorzystujące platformy mobilne.

Autor dość szczegółowo i wyczerpująco opisał poszczególne metody pomiarów inwentaryzacyjnych wież szybowych i szybów, jednakże w rozdziale tym, zdaniem recenzenta, brakuje podsumowania, w którym przedstawiono by zalety i wady poszczególnych metod, zakres informacji uzyskiwanych poszczególnymi metodami i możliwe do osiągnięcia dokładności. Nie znalazło się tu także odniesienie do metod zaproponowanych w pracy przez Autora.

W **rozdziale 4** zawarta została zasadnicza część pracy, przedstawiająca wyniki badań deformacji wież szybowych i szybów przy zastosowaniu opracowanych przez Autora metod telemetrycznych. Rozdział ten jest bardzo obszerny i zdaniem recenzenta problematyka w nim zamieszczona powinna być rozdzielona na dwa oddzielne rozdziały, z których jeden dotyczyłby monitoringu wież szybowych, zaś drugi monitoringu szybu.

Na początku rozdziału 4 Autor przedstawił istniejące w Polsce i na świecie rozwiązania zastosowania monitoringu do obserwacji obiektów wysokich, w tym wież szybowych i szybów. Stwierdził, że w tych

rozwiązaniach stosuje się najczęściej technologie satelitarne, tensometry i czujniki zmian długości. Krótko opisał także szyby zabytkowej Kopalni Soli „Wieliczka”.

W podrozdziale 4.1 autor przedstawił budowę systemu telemetrycznego do monitoringu względnego wychylenia wież szybowych. System ten oparty jest na dwóch precyzyjnych pochyłomierzach dwuosioowych Nivel220, z których dane poprzez konwerter RS485 trafiają do mikrokontrolera, gdzie są archiwizowane na karcie SD i skąd przez moduł transmisji WiFi podlegały transferowi do komputera zainstalowanego w Dziale Mierniczym Kopalni (z uwagi na trudności techniczne ostatecznie zrezygnowano z modułu WiFi i zastosowano połączenie kablowe). Systemem tym monitorowano wychylenia wież szybów „Święta Kinga” i „Daniłowicz”, umieszczając jeden pochyłomierz na głowicy wieży, zaś drugi na najwyższej dostępnej belce trzonu. Do sprawdzenia poprawności zbioru danych z pochyłomierzy i eliminacji obserwacji odstających zastosowano autorski kod napisany w programie LiClipse, do ich wizualizacji wykorzystano program LabView, zaś dodatkowe analizy numeryczne przeprowadzano w programie MS Exel.

Monitoring wież szybów „Święta Kinga” i „Daniłowicz” prowadzony jest od 21.10.2016 r., z przerwą pomiędzy lutym a lipcem 2018 r. wynikającą z awarii sprzętu. Przed awarią interwał zapisu danych wynosił 68 sekund, zaś po awarii i po rezygnacji z WiFi – 1,7 sekundy.

W celu maksymalnego wyeliminowania wpływu takich czynników, jak: wpływ wiatru i nasłonecznienia oraz wpływ pracy maszyny wyciągowej na wielkość wychylenia wieży analizie poddano tylko wyniki obserwacji z godz. 4 rano. Pokazały one, że wieże szybów nie uległy w okresie pomiarowym dodatkowym wychyleniom. Wskazały one ponadto, że głowica i trzon nie mogą być traktowane jako jeden obiekt i posiadać wspólnej osi.

W związku z trudnym do wyjaśnienia dryftem wskazań pochyłomierzy w pierwszym tygodniu obserwacji wykonano ich kontrolę polegającą na:

- zbadaniu liniowości odczytów za pomocą testera libell. Badania te wykazały, że pochyłomierze na wszystkich zakresach pomiarowych są prawie idealnie liniowe mierząc nachylenie z błędem wynoszącym ok. 0,001 mrad.
- określeniu wpływu zmian temperatury i transportu na wyniki pomiarów. Z badań tych wynikało, że przy dużym transporcie i dużych różnicach temperatur wskazania czujnika mogą stabilizować się kilka godzin.

Przeprowadzone kontrole pochyłomierzy nie wyjaśniły wszystkich niejasności interpretacyjnych wyników pomiarów wychylenia wież szybowych. Autor słusznie zwraca uwagę, że przyczyną ich może być jakość mocowania czujników. Pokazuje to, że proponowany sposób monitoringu ciągłego wież szybowych wymaga jeszcze dopracowania.

Autor dysertacji dokonał także sprawdzenia wyników pomiaru wychylenia wieży precyzyjnymi pochyłomierzami porównując je z wynikami otrzymanymi metodą interferometrii radarowej z wykorzystaniem instrumentu IBIS-S oraz metodą tachimetryczną z zastosowaniem zrobotyzowanej total station TCA 2003. Wyniki pomiarów podzielił na dwie sesje, porównał ze sobą i dokonał ich szerokiego opracowania statystycznego przy zastosowaniu testów Blanda-Altmana, Schapiro-Wilka, t-Studenta i Wilcozona. W większości przypadków wykazał statystyczną zgodność wyników otrzymanych metodą interferometrii radarowej, którą przyjął za referencyjną z wynikami uzyskanymi z pochyłomierzy. Takiej zgodności nie uzyskał pomiędzy wynikami z interferometrii a wynikami z metody tachimetrycznej, co skwitował stwierdzeniem, że „na niezgodność tę zaważyć musiała dokładność pomiarowa lub inne błędy”. Zdaniem recenzenta takie uzasadnienie negatywnych rezultatów opracowania statystycznego jest zbyt ogólnikowe.

W podrozdziale 4.2 zostały omówione wyniki monitoringu deformacji obmurza szybu „Kościuszko” Kopalni Soli „Wieliczka” przeprowadzanego przy zastosowaniu opracowanego przez Autora telemetrycznego zestawu do pomiaru deformacji szybu złożonego z następujących czujników: czujników zmian długości pionowej, czujników zmian długości poziomej, pochyłomierzy, czujników pomiaru PH. Zestaw ten pozwala na ocenę wartości zmian niektórych cech geometrycznych jakie powodowane są w szybie w skutek wpływów eksploatacji górniczej lub innych oddziaływań zewnętrznych. Autor sprawdził działanie tego zestawu pomiarowego w szybie „Kościuszko” KS „Wieliczka”, który poddawany był uszczelnieniu w jego części na odcinku warstw wodonośnych. Uszczelnienie to polegało na wzmocnieniu struktury gruntów przy obudowie szybu, wraz z ich uszczelnieniem, poprzez wykonanie z powierzchni w bezpośrednim sąsiedztwie szybu 92 otworów o głębokości 15 m, do których wtłaczany był w technologii Jet-grouting pod ciśnieniem dochodzącym do 30 MPa iniekt w postaci mieszaniny żywicy i cementu. Ciągły pomiar deformacji obudowy szybu w okresie tych prac był wykonywany na pięciu horyzontach obserwacyjnych, na których zbierano informacje o:

- zmianach przekroju poziomego na podstawie zmian poziomych odległości dwóch wzajemnie prostopadłych baz tensometrycznych zamocowanych wzdłuż krótszego i dłuższego boku przekroju beczkowego szybu. Zmiany długości baz były rejestrowane za pomocą skalibrowanych czujników potencjometrycznych opornościowych CR18 25 firmy MEGATRON, , które pozwalały na dokładność pomiaru na poziomie 0,1 mm,
- wychyleniu na podstawie wskazań pochyłomierzy precyzyjnych Nivel220 rejestrujących pochylenie dźwigarów w dwóch osiach odpowiadających osiom czujników zmian długości,
- wartościach PH wody, na podstawie zamocowanych w rynienkach odwadniających czujników opartych o elektrody kombinowane pH. Niestety po pierwszym miesiącu pomiarów uległy one zniszczeniu.
- zmianach odległości pionowych między kolejnymi poziomami, na podstawie czujników o zbliżonej budowie jak w przypadku tensometrów poziomych.

Badano także przy pomocy tensometrów liniowych zmiany wartości poziomych i pionowych średnic kanału wentylacyjnego oraz względnych zmian odległości między stopami zastrzałów wieży szybowej. Każdy rejon pomiarowy był wyposażony w czujniki temperatury, przy czym nie wiadomo, czy stanowiły one integralną część systemu pomiarowego.

Dodatkowo wykonywano monitoring wizyjny za pomocą systemu opartego na kamerach 360° opracowanego przez Zespół Geodezji Górniczej Katedry Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej AGH.

Dane z wszystkich czujników systemu pomiarowego były przesyłane kablem do komputera w stacji systemu monitoringu, gdzie były rejestrowane i archiwizowane. System został wyposażony w moduł automatycznego powiadamiania osób upoważnionych o przekroczeniach założonych poziomów alertowania. Autor nie podaje jednak czy takie poziomy zostały określone dla obserwacji w szybie „Kościuszko” i na jakich podstawach teoretycznych zostały one wyznaczone. Nie wiadomo także co oznacza w tym kontekście, że system wykonuje wstępne analizy wytrzymałościowe.

W dalszej części rozdziału 4 Autor przeprowadza analizę wyników przeprowadzonego monitoringu szybu „Kościuszko” Pokazuje zapisy z wybranych czujników podczas wykonywania iniekcji w wybranych otworach a także zestawienia tabelaryczne porządkujące te wyniki. Wyniki te są trudne do jednoznacznej interpretacji i powiązania pomierzonych zmian geometrii szybu z przyczynami. Można jedynie stwierdzić, że pewne deformacje obudowy szybu zaobserwowano na poziomach -10,7 m, -15,3 m i -24,0 m.

Należy zwrócić uwagę, że pomiarami geodezyjnymi wyznacza się przemieszczenia punktów, z których tylko przy przyjęciu upraszczających założeń można przejść na natężenia i wyężenia występujące w obudowie szybu. Jeżeli zaś rozpatrujemy odkształcenia poziome i pionowe to nie bardzo wiadomo na bazach jakiej długości mają być one wyznaczone. Na dodatek przy pomiarach w szymbach bardzo trudno jest osiągnąć takie dokładności pomiarowe, które pozwalają uznać pomierzone przemieszczenia i deformacje za istotne, szczególnie gdy nie są one duże. Należy również pamiętać, że pomiary szymbowe są prowadzone w bardzo trudnych warunkach i występuje tu szereg czynników wpływających na ich dokładność, których nie potrafimy wyeliminować. Znajduje to potwierdzenie w niejednoznaczności otrzymanych wyników pomiarów deformacji szymbu „Kościszko”. Na przykład trudno wytłumaczyć, jakie są przyczyny zaobserwowanych skokowych zmiany długości tensometrów (rys. 94 i 95).

Według recenzenta wykonywanie pomiarów deformacji obudowy szymbu jest jednak potrzebne i celowe w warunkach wpływów eksploatacji górniczej lub gdy występują inne niekorzystne oddziaływania na szymb powodujące jego deformacje. Pozwalają one bowiem na określenie wielkości i zasięgu tych deformacji, a łącznie z obserwacjami wizualnymi i ewentualnie wynikami modelowania numerycznego umożliwiają ocenę wynikającego z nich zagrożenia.

W **rozdziale 5** przedstawiono pięć powstałych przy współudziale Autora dysertacji zgłoszeń patentowych dotyczących ciągłego monitoringu geometrycznych zmian zachodzących w obszarach krytycznych obmurza szymbów, nie ograniczających ruchu w świetle szymbu. Rozwiązania te dotyczą:

- opaskowych układów pomiarowych zmian przekroju poprzecznego szymbów eliptycznych i beczkowych lub prostokątnych bazujących na ciągnach pomiarowych i liniowych opornościowych potencjometrach sprężynowych,
- systemu do pomiaru zmian odległości odcinków wzdłuż pionowej linii pomiarowej opartego o ciągnę pomiarowe i rezystancyjny sposób wyznaczenia zmian długości odcinków,
- systemów do pomiaru rozwartości rys, szczelin lub pęknięć, z których jeden bazuje na rezystancyjnym czujniku zmian odległości, zaś drugi – na płytce drukowanej z naniesionymi ścieżkami po której przesuwają się suwaki.

Przedstawione rozwiązania zostały w pracy szczegółowo opisane i zilustrowane odpowiednimi rysunkami. Są to telemetryczne rozwiązania pomiarowe spełniające warunki stawiane ciągłemu monitoringowi pod warunkiem określenia wartości poziomów alertowania. Określenie tych wartości wykracza w zasadzie poza tematykę pracy.

Przedstawione w rozdziale 5 rozwiązania pomiarowe są interesujące, jednak autor w pracy nie przedstawił doświadczeń z ich stosowania w warunkach szymbów górniczych.

Rozdział 6 („Podsumowanie i dyskusja wyników”) jest ostatnim rozdziałem dysertacji. Autor dokonał w nim podsumowania wyników doświadczeń opisanych w pracy zwracając uwagę, że wykazano przydatność monitoringu ciągłego do badania deformacji obmurza szymbów i wychylenia wież szymbowych. Wyznaczono ponadto dokładność zastosowanych w tym monitoringu czujników oraz przedstawiono możliwości ich pracy w różnych konfiguracjach. Pokazano także, że zastosowanie monitoringu ciągłego przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa osób wykonujących pomiary, jak i bezpieczeństwa użytkownika szymbów i wież szymbowych. Pozwoliło to Autorowi stwierdzić, że tym samym tezy pracy doktorskiej zostały udowodnione w należyтым stopniu. Ja również przychyliam się do tego stwierdzenia.

3. Ocena omawianej pracy doktorskiej

W opiniowanej pracy doktorskiej zajęto się bardzo istotną problematyką ciągłego monitoringu wychylenia wież szybowych i deformacji obmurza szybów. Są to zagadnienia bardzo ważne i aktualne, gdyż:

- wieże szybowe i szyby ulegają deformacjom wywołanym różnymi czynnikami, w tym eksploatacją górniczą prowadzoną do granic filarów ochronnych szybów lub z ich naruszeniem, co często prowadzi do zagrożenia bezpieczeństwa użytkowania tych obiektów,
- pomiary wychylenia wież szybowych i deformacji obudowy szybów są trudne i niebezpieczne, a także relatywnie mało dokładne,
- monitoring pozwala poprzez ciągłość obserwacji i archiwizację danych pomiarowych na właściwą ocenę powstających deformacji, lepsze poznanie samego zjawiska, predykcję zdarzeń, a także umożliwia ostrzeżenie, gdy osiągnięte zostaną niebezpieczne poziomy deformacji,
- monitoring zwiększa efektywność takich pomiarów i bezpieczeństwo ich prowadzenia, a także bezpieczeństwo użytkowania monitorowanych obiektów.

W pracy można wyróżnić cztery główne nurty tematyczne.

Pierwszy z nich, przedstawiony w rozdziałach 2 i 3, obejmuje opis prawnych uwarunkowań wykonywania pomiarów wychylenia wież szybowych oraz pomiarów inwentaryzacyjnych i kontrolnych szybów. Autor przedstawił aktualnie obowiązujące przepisy i ich zmiany w ostatnich latach, dokonując przy tym ich krytycznej analizy. Następnie opisał szczegółowo znane metody bezwzględnego i względnego pomiaru wychylenia wież szybowych, a także wizyjne i metryczne metody pomiarów szybów.

Drugi nurt tematyczny, opisany w podrozdziale 4.1, związany jest z opracowaniem koncepcji i charakterystyki nowatorskiego zestawu do monitoringu wychylenia wież szybowych opartego na czujnikach w postaci precyzyjnych pochyłomierzy. Zestaw ten przetestowano w warunkach terenowych poprzez obserwacje wychylenia wież szybów Kinga i Daniłowicz KS „Wieliczka”. Wykonano także krytyczną interpretację otrzymanych wyników, a także oceniono dokładność zastosowanych pochyłomierzy i uwarunkowań decydujących o ich prawidłowym działaniu. Dodatkowo dokonano porównania pochylenia wieży uzyskanego z monitoringu z pochyleniem wyznaczonym precyzyjnym tachimetrem elektronicznym oraz interferometrem radarowym.

Trzeci nurt tematyczny, przedstawiony w rozdziale 4.2, dotyczy wykonania i przetestowania w szybie „Kościuszk” KS „Wieliczka” zestawu do monitoringu deformacji jego obudowy. Do budowy zestawu wykorzystano następujące czujniki; czujniki zmian długości pionowej, czujniki zmian długości poziomej, pochyłomierze, czujniki pomiaru PH. Mierzono deformacje obudowy szybu „Kościuszk” w trakcie uszczelniania i wzmacniania gruntu z wykorzystaniem technologii Jet-grouting. Deformacje mierzono na pięciu poziomach w szybie do głębokości oddziaływania ciśnień związanych z tłoczeniem iniektu. Przeprowadzono szeroką analizę wykonanego monitoringu, wskazując na powiązania mierzonych deformacji z aktualnym etapem uszczelniania gruntu.

Czwarty nurt tematyczny, omówiony w rozdziale 5, pokazuje możliwości zastosowania ciągłych pomiarowych w połączeniu z rezystorowymi czujnikami zmian długości do monitoringu zmian

przekroju poprzecznego szybów, zmian długości odcinków wzdłuż pionowej linii pomiarowej oraz do pomiaru rozwartości rys, szczelin lub pęknięć obudowy szybów

Do głównych osiągnięć opiniowanej pracy należy zaliczyć:

- opracowanie autorskiej metody monitoringu wychylenia wież szybowych wraz z ogólną charakterystyką dokładnościową tej metody.
- opracowanie autorskiej metody monitoringu deformacji obudowy szybu wraz z charakterystyką dokładności zastosowanych czujników zmian długości oraz oceną uzyskanych tym monitoringiem zmian geometrii obmurza szybu,
- pokazanie rozwiązań zastosowania monitoringu do oceny zmian wybranych cech geometrycznych obudowy szybu, przy zachowaniu ruchu w świetle szybu,
- wykazanie, że ciągły monitoring jest istotnie lepszy od pomiarów okresowych i pozwala zwiększyć bezpieczeństwo wykonawców oraz bezpieczeństwo użytkownika obserwowanych obiektów.

Wymienione osiągnięcia opiniowanej pracy świadczą o tym, że Autor w pełni zrealizował założone tezy pracy.

Należy podkreślić, że realizacja pracy wymagała od Autora znacznej wiedzy w zakresie pomiarów szybów i wież szybowych, konstrukcji zestawów do monitoringu zmian geometrycznych, badania dokładności czujników użytych w tych zestawach oraz statystycznego opracowania wyników takich badań. Szczególnie ciekawym rezultatem jest dla mnie koncepcja budowy autorskich zestawów do monitoringu wież szybowych i szybów oraz algorytmów pozwalających na walidację danych z takiego monitoringu. Stworzenie stosunkowo prostych zestawów opartych o odpowiednio dobrane czujniki pozwoliło istotnie poprawić możliwości oceny zmian wychylenia wież szybowych i zmian geometrycznych zachodzących w szybach. Pozwoliło także na zwiększenie bezpieczeństwa użytkownika tych obiektów.

Na podkreślenie zasługuje wykazana przez Autora umiejętność prowadzenia trudnych pomiarów terenowych realizowanych w bardzo skomplikowanym otoczeniu jakie występuje w szybach górniczych.

Podstawowym brakiem rozprawy jest niezdefiniowanie w odniesieniu do wież szybowych i szybów takich terminów jak: pomiary inwentaryzacyjne, pomiary kontrolne i monitoring. Powoduje to, że trudno się niekiedy zorientować o jakich pomiarach pisze Autor. Ponadto zbyt słabo podkreślił te elementy, które są samodzielnymi osiągnięciami Autora.

Praca jest napisana zrozumiałym językiem i nie zawiera w zasadzie błędów redakcyjnych. Na uwagę zasługują przy tym zamieszczone w pracy rysunki ilustrujące opisywane metody pomiarowe, które są bardzo ładnie wykonane i znacznie ułatwiają zrozumienie treści pracy.

Uwagi krytyczne zawarte w recenzji nie są sprzeczne z wysoką oceną pracy. Uwagi mają charakter sugestii dla Autora przy dalszym rozwinięciu zagadnienia monitoringu szybów, które ma ogromny potencjał dalszego rozwoju.

4. Wniosek końcowy

Autor wykazał w swojej pracy doktorskiej głęboką znajomość problemu i wykorzystał aktualny stan wiedzy dotyczącej opracowywanego tematu. Przedstawił samodzielne i oryginalne rozwiązanie zagadnienia, mające znaczenie poznawcze i praktyczne. Wykazał wszelkie cechy rzetelnego badacza opracowującego pracę doktorską na wysokim poziomie.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Jabłońskiego pt.: „Zastosowanie telemetrycznych metod pomiarowych do określenia deformacji rury szybowej i wież szybowych” spełnia całkowicie warunki, określone w Ustawie z dnia 27.09.2017 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. W związku z tym stawiam wniosek do Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Mając na uwadze znaczną wartość naukową i utylitarną dysertacji doktorskiej mgr inż. Mateusza Jabłońskiego wnoszę do Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o jej wyróżnienie.

Reynard Juchimczyk