

prof. dr hab. inż. Jan Hankus  
ul. Słoneczna 71/47  
40- 136 Katowice

Katowice, 21.01.2019 r.

## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Bogusława Kubisia pt.:  
„Wpływ wstępnej deformacji splotek w linach kompaktowanych na ich trwałość  
i parametry wytrzymałościowe”

Niniejszą recenzję opracowałem na zlecenie Dyrektora Głównego Instytutu Górnicztwa prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska – pismo z dnia 23.11.2018 r. NSR /231/2018

### **1. Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Bogusława Kubisia pt.: „Wpływ wstępnej deformacji splotek w linach kompaktowanych na ich trwałość i parametry wytrzymałościowe”, pod kątem spełnienia warunków określonych w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.).

### **2. Ocena ogólna rozprawy**

Omawiana rozprawa zawiera ogółem 170 stron tekstu, w którym zamieszczono 125 rysunków, 24 tablic i bibliografię. Literatura obejmuje 183 pozycji, z których dwie są współautorstwa Doktoranta. Rozprawa ma także 3 załączniki, w których znajduje się 140 rysunków i 175 tablic. Rozprawę poprzedza streszczenie w języku angielskim.

Całość rozprawy Autor podzielił na 13 rozdziałów, z których dwa początkowe zawierają wprowadzenie oraz uzasadnienie celowości podjęcia tematu pracy. Rozdział trzeci zawiera cel i zakres pracy. Rozdział czwarty poświęcony jest linom stosowanym w przemyśle wydobywczym. Omówiono w nim ogólną budowę lin wyciągowych stosowanych w górnictwie. Określono podstawowe elementy i ich znaczenie dla prawidłowej pracy liny. Dokonano także podziału lin ze względu na ich funkcje w urządzeniach wyciągowych oraz podkreślono znaczenie prawidłowego doboru lin

do określonych warunków. W rozdziale piątym przedstawiono podstawowe informacje na temat zjawiska zmęczenia materiału, zmęczeniowego zużycia, definicji trwałości zmęczeniowej oraz stanowisk do badań zmęczeniowych lin. W rozdziale szóstym omówiono charakterystykę lin kompaktowanych, sposób ich wykonania oraz główne ich zalety. W rozdziale siódmym i ósmym przedstawiono badania stanowiskowe lin przy obciążeniach statycznych i cyklicznie zmiennych wraz z analizą uzyskanych ich wyników. Rozdział dziewiąty poświęcony jest badaniom modelowym lin. Rozdział dziesiąty zawiera analizę porównawczą wybranych parametrów wytrzymałościowych oraz trwałości zmęczeniowej badanych lin. W rozdziale jedenastym zaprezentowano wytyczne odnośnie oceny i kontroli stanu technicznego lin kompaktowanych oraz ich doboru i sposobu użytkowania. Rozdział dwunasty zawiera podsumowanie i wnioski końcowe a rozdział trzynasty spis literatury.

Rozprawa spełnia więc wymogi określone w art. 13 ust. 2 cyt. Ustawy, tj. ma ona postać maszynopisu książki oraz w art. 13 ust. 6 cyt. Ustawy, tj. zawiera streszczenie w języku angielskim, a jej zakres mieści się w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska

**Ogólna ocena rozprawy jest bardzo wysoka.**

### **3. Istotność podjętej tematyki**

Tematem pracy jest zagadnienie wpływu wstępnej deformacji splotek w linach kompaktowanych na ich trwałość i wybrane parametry wytrzymałościowe. W 1993 roku w górnictwie polskim po raz pierwszy zastosowane zostały z dużym sukcesem liny kompaktowane typu Dyform w byłej kopalni „Rozbark”. Mimo tego nie nastąpiły przesłanki do szerszego ich stosowania. Istnieje bowiem niedobór kompleksowych opracowań wskazujących na sensowność i możliwości szerszego zastosowania w górnictwych wyciągach szybowych innowacyjnych lin o powierzchniowym styku drutów, zwanych linami kompaktowanymi. Tak więc z praktycznego i naukowego punktu widzenia. temat rozprawy trafia w aktualne potrzeby i został wybrany prawidłowo.

#### 4. Ocena merytoryczna pracy

Dokonując oceny merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr inż. Bogusława Kubisia oparłem się na następujących trzech kryteriach :

1. Czy praca wnosi nowe wartości twórcze w zakresie stanu wiedzy i tematyki której dotyczy ?
2. Jaki jest osobisty wkład doktoranta w tym zakresie ?
3. Jakie nowe problemy wynikają z pracy ?

W zakresie pierwszego zagadnienia znajduję kilka nowatorskich rozwiązań, a przede wszystkim przeprowadzenie stanowiskowych badań doświadczalnych 35 typów lin w tym 18 lin kompaktowanych o powierzchniowym styku drutów, 5 lin częściowo kompaktowanych o mieszanym styku drutów oraz 12 lin konwencjonalnych (klasycznych) o punktowym lub liniowym styku drutów. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że nikt dotychczas nie przeprowadził takiej liczby długotrwałych badań zmęczeniowych lin kompaktowanych.

Analiza wyników tak dużego zbioru, pozwoliła na sformułowanie różnych wniosków o charakterze poznawczym i praktycznym, a mianowicie:

1. Przy tej samej konstrukcji, średnicy i wytrzymałości drutów liny kompaktowane mają wyższą wartość siły zrywającej i modułu sprężystości, a mniejszą wartość momentu odkrętu. Wyższa siła zrywająca linę na etapie projektowania pozwala na dobór liny o mniejszej średnicy, przy spełnieniu wymaganego współczynnika bezpieczeństwa, Wpłyne to korzystnie na mniejsze wymiary i masy (gabaryty) innych elementów wyciągu szybowego jak średnica koła pędnego i kół linowych, zawiesi, lin wyrównawczych itp.
2. Wyższe wartości modułu sprężystości i małe ich zróżnicowanie wpłynę korzystnie na równoległą pracę kilku lin wyciągu wielolinowego. Małe zróżnicowanie sił w linach zapewni równomierne postępujące ich zmęczenie. Konieczność wymiany pojedynczej liny w wyciągu wielolinowym stanowi poważny problem dla kopalni.

3. Mniejszy moment odkrętu lin kompaktowanych zmniejsza dążność do kręcenie się lin w szybie i obniży krytyczny punkt, poniżej którego zaczyna się proces samoistnego skracanie liny wyciągowej w czasie eksploatacji.

Badania zmęczeniowe prowadzone w GIG w tym laboratorium od lat 60-tych ubiegłego wieku wielokrotnie wykazały, że badania zmęczeniowe lin są badaniami prawdy. Pozytywne wyniki badań laboratoryjnych w warunkach znacznie trudniejszych niż warunki ruchowe, zapewniają również dobre zachowanie się lin w wyciągu szybowym.

Badania prowadzone w ramach realizowanej pracy doktorskiej wykazały, że trwałość zmęczeniowa lin kompaktowanych i częściowo kompaktowanych jest większa niż lin konwencjonalnych. Wniosek pozytywny. Natomiast procesy postępującego zmęczenia różnią się znacznie od lin konwencjonalnych i są trudniejsze do oceny. Dotyczy to szczególnie lin wielowarstwowych, w których jak wykazały badania Doktoranta, zmęczenie drutów w tych linach postępuje intensywniej wewnątrz liny niż w zewnętrznej warstwie splotek. Na przykład trzywarstwowa lina kompaktowana o średnicy 19 mm i konstrukcji 34(W)xK7-WSC złożona w sumie 245 drutów, uległa zerwaniu przy liczbie cykli zmęczeniowych  $N = 33400$ , i 7 pękniętych drutach zewnętrznej warstwy splotek. Natomiast szczegółowa analiza rozkładu pęknięć drutów z odcinka wyciętego z liny o średnicy 56 mm, konstrukcji 37WxK7 WSC badanej na zmęczenie po 57000 cykli zmęczeniowych wykazała następujące ubytki przekroju liny w zewnętrznej warstwie splotek 12,40%, środkowej warstwie 18,70% i zewnętrznej warstwie splotek 14,15%. W sumie osłabienie przekroju liny wywołanego pękniętymi drutami w środkowej i wewnętrznej warstwie wynosi 32,85%. Badania Doktoranta wykazały także, że klasyczne badania wizualne i magnetyczne nie wykazują pękniętych drutów w środkowej i wewnętrznej warstwie splotek liny wielowarstwowej. Stwierdzenia te należy brać pod uwagę przy przyszłych propozycjach zastosowania w górnictwie polskim lin wyciągowych kompaktowanych o tak złożonej budowie.

Prezentowana w pracy Doktoranta metoda badań modelowych może stanowić uzupełnienie badań stanowiskowych szczególnie w zakresie analizy naprężeniowo–odkształceniowej i wnosi również nowe wartości twórcze.

Nie ma zatem wątpliwości, że recenzowana rozprawa wnosi nowe wartości poznawcze oraz wartości użytkowe w stan wiedzy dotyczącej lin stalowych, a szczególnie kompaktowanych lin wyciągowych.

W zakresie osobistego wkładu doktoranta w treść rozprawy zaliczam następujące zagadnienia:

1. Opracowanie metodyki badań stanowiskowych umożliwiających przeprowadzenie badań głównych własności lin różnych konstrukcji i średnicy. Przeprowadzenie badań lin kompaktowanych na niespotykaną dotychczas skalę. Opracowanie wytycznych odnośnie doboru, użytkowania i kontroli stanu technicznego lin kompaktowanych. Z analiz przeprowadzonych przez Doktoranta wynika, że oprócz wykresów narastania liczby pęknięć drutów, przydatnymi wskaźnikami w ocenie stanu technicznego lin kompaktowanych są wykresy wydłużania lin. Mają one charakterystyczny przebieg i po przekroczeniu punktu nieproporcjonalnego przyrostu wydłużenia, wskazują na pogarszanie się stanu liny.
2. Opracowanie metodyki badań modelowych i przeprowadzenie badań na modelu splotki złożonej z drutu rdzeniowego i jednej warstwie drutów (1+6) liny konwencjonalnej i kompaktowanej z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES). Analizując uzyskane wyniki Doktorant stwierdził, że rozkłady naprężeń kontaktowych są bardziej korzystne w drutach i rdzeniu splotki kompaktowanej, co jest wynikiem powierzchniowego styku elementów. To z kolei powoduje, że dla tego samego wymuszenia odkształceniowego, wartości naprężeń kontaktowych w drutach splotki kompaktowanej są niższe niż dla splotki konwencjonalnej. Oznacza to, że zastosowanie metod numerycznych umożliwia analizę stanów odkształcenia i naprężenia praktycznie w każdym punkcie drutów czy też rdzenia liny. Badania modelowe warto by kontynuować przyjmując splotkę o dwóch lub trzech warstwach drutów. Uzyskane wówczas analizy stanów odkształcenia i naprężenia w drutach poszczególnych warstw, mogły by okazać się pomocne przy wyjaśnieniu praktycznego nurtującego od lat pytania. Dlaczego liny tej samej konstrukcji, średnicy i wytrzymałości drutów, wykonane w tej samej fabryce

i pracujące w tym samym wyciągu szybowym mają często zróżnicowaną trwałość. Problemu tego nie udało się wyjaśnić poprzednio, bazując tylko na badaniach metalograficznych. Osobisty wkład Doktoranta w treść rozprawy jest istotny.

Podsumowując można stwierdzić, że Doktorant posiada dużą wiedzę w tematyce badania lin i wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań.

Z pracy wynikają dalsze problemy i nowe kierunki badań. Należy przeprowadzić badania stanowiskowe (laboratoryjne) lin kompaktowanych jednowarstwowych tej samej średnicy i klasy wytrzymałości drutów  $R_m$  współzwitych i przeciwwzitych. Porównać otrzymane wyniki i określić wstępne wskaźniki dopuszczalnego zużycia (zmęczenia). Jest to niezbędne dla doboru lin, przy zachęcaniu przyszłym użytkownikom zastosowanie lin kompaktowanych zamiast pracujących obecnie lin konwencjonalnych.

## **5. Uwagi dyskusyjne do rozprawy doktorskiej**

W trakcie lektury i analizy pracy zauważono kilka mało istotnych potknięć redakcyjnych. Dla ogólnej oceny pracy mają one niewielkie znaczenie. Uwagi odnośnie tych niedociągnięć przekazano Doktorantowi. Pozostałe istotne uwagi są następujące:

1. Praca jest obszerna i razem z 3 załącznikami ma w sumie 259 stron.
2. Określenie splotka czy zwicie splotek jest prawidłowe i nie może być zastępowane określeniem „splot” bo to oznacza zupełnie coś innego. Przykłady takie znajdują się w tekście i w tabeli 7.1 na str.51.

Ze względu na istotność i ważność podjętej tematyki, warto aby Doktorant w czasie obrony wyjaśnił następujące zagadnienia:

1. Porównanie własności wytrzymałościowych i zmęczeniowych dowolnie wybranych dwóch lin : liny kompaktowanej i liny konwencjonalnej.
2. Przedstawienie istoty metodyki badań modelowych i możliwości wykonania analizy na splotce o dwóch lub trzech warstwach drutów.

## 6. Wniosek końcowy

1. Po szczegółowej analizie rozprawy doktorskiej mgr inż. Bogusława Kubisia stwierdzam, że stanowi ona samodzielne i oryginalne rozwiązanie zagadnienia poznawczego dotyczącego wpływu wstępnej deformacji splotek w linach kompaktowanych na ich trwałość i parametry wytrzymałościowe. Rozprawa mieści się w dziedzinie nauk technicznych i dyscyplinie naukowej górnictwo i geologia inżynierska.
2. Recenzowana rozprawa posiada wysoką wartość merytoryczną dzięki oryginalnym rozwiązaniom i dużej przydatności w praktyce przy określaniu wytycznych doboru i warunków eksploatacji kompaktowanych lin stalowych.
3. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgr inż. Bogusława Kubisia spełnia wymagania art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i stawiam wniosek o jej przyjęcie i dopuszczenie Autora rozprawy do publicznej obrony.



Katowice , dnia 21 stycznia 2019r.

-----  
podpis recenzenta