

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Krauze
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, dnia 02 stycznia 2024 r.

Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Mateusza Szczerbakowicza pt.: „Projektowanie zbiorników retencyjnych stosowanych w ciągłym systemie transportowym kopalni Rudna z wykorzystaniem nowoczesnych metod numerycznych”

1. Wprowadzenie.

Recenzję pracy doktorskiej Pana mgr inż. Mateusza Szczerbakowicza dokonano na prośbę Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, Politechniki Wrocławskiej.

Przedmiotową ocenę opracowano na podstawie otrzymanego egzemplarza pracy doktorskiej przekazanego wraz z pismem przewodnim z dnia 26.10.2023 r. (RDND08/181/2023).

2 Uzasadnienie celowości podjęcia tematu.

Eksploatacja złóż rud miedzi w KGHM Polska Miedź S.A. związana jest do chwili obecnej nierozłącznie z systemami komoro-filarowymi. Urabianie minerału realizowane jest technikami strzałowymi, przy wykorzystaniu wozów wierzących i materiału wybuchowego. Natomiast transport urobku z miejsca jego powstawania (przodek) odbywa się za pomocą ładowarek czołowo sypiących ŁK i samojezdnych wozów transportowych (odstawczych) SWT do punktów przesypowych (przeładunkowych) popularnie nazywanych kratami. Wyrobisko (wyróbiska) zabezpieczane jest obudową kotwową stawianą za pomocą samojezdnych wozów kotwowych (SWK). Z punktu przesypowego urobek przemieszczany jest przenośnikami taśmowymi do zbiorników retencyjnych (wyrównawczych) oddziałowych i przy szybowych. Cechą charakterystyczną tego transportu jest zastosowanie dozowników urobku, tak w punktach przesypowych (przesiewacz rusztowy - krata, kruszarka - udarowy młot hydrauliczny, dozownik) jak i pod zbiornikami retencyjnymi. Ich zadaniem jest wyrównanie strugi urobku, o określonej granulacji i podawanie go na następny środek transportu.

Dozowniki urobku zbudowane są z nieruchomego stalowego zasobnika (zbiornika) i ruchomego dna składającego się z rynny podajnika, podwozia kołowo szynowego oraz napędu. Ruch rynny podajnika wywołany jest elektrycznym napędem korbowym (silnik elektryczny, przekładania mechaniczna, mechanizm korbowy).

W O/ZG Rudna, jak podaje autor niniejszej pracy doktorskiej, zabudowanych na dole kopalni jest piętnaście oddziałowych (polowych, górniczych) zbiorników wyrównawczych (retencyjnych), osiem zbiorników przy szybowych oraz pięćdziesiąt siedem punktów przesypowych (przesiewacz rusztowy - krata, kruszarka – udarowy młot hydrauliczny, dozownik).

Wspomniano wcześniej, że zadaniem zbiorników i dozowników jest wyrównanie strugi urobku i podawanie go na następny środek transportu. Stąd

konstrukcja dozownika narażona jest, poprzez kontakt z urobkiem, na obciążenia statyczne i dynamiczne oraz co warto zaznaczyć na zużycie ściernie. Obciążenia statyczne i dynamiczne oraz zużycie ściernie dozownika powodują liczne awarie, skutkujące przerwami w podawaniu urobku. Wtedy chcąc usunąć skutki awarii należy wyłączyć cały ciąg transportu urobki, a to przynosi wymierne straty.

Uszkodzenia mechaniczne elementów dozownika są stosunkowo łatwe do ustalenia oraz zidentyfikowania. Można je metodą prób i błędów stopniowo usuwać co prawdopodobnie czyniono wcześniej w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. Natomiast powiązanie uszkodzeń mechanicznych i zużycia ściernego elementów dozownika z własnościami transportowanych materiałów jest trudniejsze i wymaga zastosowania odpowiednich metod badawczych analitycznych, empirycznych, czy analityczno-empirycznych. Dotyczy to głównie tych miejsc dozownika, gdzie silnie występują zjawiska zużycia ściernego. Są to miejsca, gdzie w sposób naturalny, swobodny (ścianki zasobnika dozownika) lub wymuszony (rynna denną) występuje ruch (przemieszczanie) urobku. Ustalenie korelacji między tymi zjawiskami pozwoli na modyfikacje konstrukcji obecnie stosowanych dozowników oraz opracowanie wytycznych do projektowania nowych. Dlatego rozwiązanie powyższych problemów jest konieczne i zasadne, stąd należy uznać za celowe podjęcie się przez Doktoranta realizacji tego tematu jako pracy doktorskiej.

3. Ogólna charakterystyka i zakres pracy.

W oparciu o analizę uszkodzeń zbiorników retencyjnych w O/ZG Rudna oraz dotychczasowy stan wiedzy zaczerpnięty z literatury (63 pozycje), Autor dokonał próby uzasadnienia celowości podjęcia prac związanych z wyjaśnieniem występujących niekorzystnych zjawisk w dozownikach, w układzie dozownik, a przemieszczany urobek.

W rozdziale pierwszym krótko scharakteryzowano istotę zagadnienia związanego z funkcjonowaniem zbiorników przeładunkowych (krat) i retencyjnych oraz dozowników. Stwierdzono, że konstrukcja stalowa zbiorników retencyjnych projektowana jest głównie w oparciu normę PN-EN 1993-1:2006, a to jest nie wystarczające, gdyż nie uwzględnia się własności przemieszczanego urobku (ścierności). Zasugerowano, mając na uwadze wzmiankowaną literaturę, wykorzystanie do tego celu Metodę Elementów Dyskretnych MED oraz Metodę Elementów Skończonych MES.

W rozdziale drugim, na bazie zamieszczonego schematu układu transportu urobku przenośnikami taśmowymi wraz ze zbiornikami retencyjnymi, opisano rolę i budowę zbiorników retencyjnych tak zwanych poziomych i pionowych. Podano również ilość urobku przetransportowane tym układem (15 mln Mg/rok). Wskazano na szczególną rolę dozowników, opisując ich budowę oraz na ich niezawodność i trwałość.

Rozdział trzeci zawiera analizę awaryjności dozowników stanowiących podzespół zbiorników, a nie, jak to sugerowano w tytule, całych zbiorników retencyjnych. Zwrócono uwagę na zróżnicowane własności urobku i jego ilość przemieszczana przez dozownik, co wpływa na jego awaryjność. Zebrane dane dotyczące awaryjności dozowników pozwoliły na ich analizę jakościową (rodzaje uszkodzeń) i ilościową. Do analizy ilościowej wykorzystano zaproponowany przez Doktoranta liczbowy wskaźnik uszkodzeń oraz masowy. Na ich podstawie stwierdzono, że elementami najszybciej się zużywającymi są dolna rynna dozownika oznaczona literą A, uszczelnienia pionowe oznaczone literą B i wykładziny boczne leja zasypowego oznaczone literą C (rys.7). Brakuje tu jednak porównania awaryjności dozowników w zbiornikach poziomych i pionowych. Pozwoliłoby to na rekomendację lub nie któregoś ze zbiorników.

Rozdział czwarty zawiera definicję problemu i uzasadnienie wyboru tematu pracy. Problemem którym należy się zająć jest w tym przypadku doskonalenie konstrukcji zbiorników retencyjnych, a dokładniej dozowników w aspekcie zwiększenia ich trwałości i niezawodności, przy uwzględnieniu własności transportowanego urobku. Własności transportowanego urobku jako strugi o różnym natężeniu i granulacji, obciążającej zbiornik i dozownik, proponuje się zamodelować wykorzystując MED i MES.

Rozdział piąty zawiera cel pracy składający się z zasadniczego celu pracy (możliwość zastosowania zintegrowanych metod numerycznych), celu poznawczego (obciążenie dozownika), naukowego (model numeryczny strugi urobku) i utylitarnego (wytyczne do projektowania zbiorników). Realizacja każdego z nich jest zasadna, by rozwiązać zdefiniowany wcześniej problem.

Rozdział szósty składa się z dwóch części, gdzie część pierwsza dotyczy ustalenia potrzebnych do modelowania strugi urobku, jego parametrów (pobranie i przygotowanie próbek do badań). Następnie wykorzystując otrzymane próbki poddano je badaniom w celu wyznaczenia gęstości objętościowej dla dwóch próbek pobranych z dwóch przenośników oraz dla dwóch frakcji (5-10, 10-20) średniego kąta naturalnego usypu (zsyphu). Wyznaczenie kąta naturalnego usypu opisano w niniejszej pracy w miarę dokładnie, natomiast wyznaczenie gęstości objętościowej zdawkowo, choć można było powołać się przynajmniej na normę. Przyjęcie tej samej wartości górnej granicy frakcji 5-10 i dolnej 10-20 wymaga komentarza związanego z zaliczaniem ziaren o wymiarze 10 mm do poszczególnych frakcji. Również brak jest komentarza związanego z przyjmowanymi innymi parametrami (współczynnik Poissona, moduł Younga, Kirchoffa). Na bazie wyznaczonych i przyjętych parametrów urobku podjęto próbę badania kąta naturalnego usypu w programie EDEM. Efektem końcowym tych badań było ustalenie wartości parametrów urobku dającym najlepsze odwzorowanie rzeczywistego kąta naturalnego usypu. Pozwala to na dalsze prowadzenie badań modelowych i symulacyjnych przy wykorzystaniu DEM i oprogramowania EDEM. Druga część niniejszego rozdziału poświęcona jest modelowaniu strugi urobku z przenośnika (podajnik-zbiornik) oraz na przenośnik (zbiornik-dozownik). Wstępna ocena poprawności przyjętego modelu oraz parametrów urobku wypadła pozytywnie o czym świadczą zmierzone wartości wydajności rzeczywistych i wyznaczone modelowo. Wartości tych wydajności powinny być podawane w Mg/h, a nie t/h.

Rozdział siódmy, podobnie jak rozdział szósty, składa się z dwóch części, gdzie część pierwsza dotyczy badań modelowych szuflady dozownika dla oceny wytężenia jej konstrukcji (naprężenia, odkształcenia) dla założonej skupionej siły o wartości 500 kN oraz osi podwozia dla przyjętej siły skupionej o wartości 50 kN. Wyjaśnienia wymaga fakt przyjęcia takich wartości sił, a szczególnie siły skupionej na osi koła szynowego. Siła ta odkształca oś o wartość (0,28 mm) i pozwala na jej pomiar metodą tensometryczną. Druga część niniejszego rozdziału zawiera opis przeprowadzonych badań obciążenia osi kół szynowych układu jezdny szuflady. Badanie te składały się z montażu tensometrów na osi zestawu kołowego (dwie podpory), kalibracji wstępnej (wzorcowanie w warunkach laboratoryjnych), montażu i kalibracji właściwej (dwie podpory po jednej stronie dozownika, wzorcowanie w warunkach dołowych), pomiarów sprawdzających (pomiar i rejestracja masy szuflady, obciążenie podczas ruchu nie obciążonej szuflady) i właściwych (pomiar obciążenia koła przedniego i tylnego oraz mocy napędu szuflady podczas pracy dozownika). Należy stwierdzić, że pomiary sił (tensometry) i mocy (FLUKE 434/435) wykonane w warunkach rzeczywistych zostały przeprowadzone prawidłowo. Zastrzeżenia budzi przyjęcie jednostronnego pomiaru sił na osiach kół jezdny szuflady (do

wyjaśnienia) oraz obciążenie wyrażone jednostką masy, kg. Natomiast, podobnie jak wcześniej, masę urobku podano w tonach, a nie w Mg.

Rozdział ósmy to walidacja opracowanego modelu numerycznego, gdzie wyznaczono sumaryczne obciążenie szuflady dozownika urobkiem. Upraszczając model dla zmniejszenia czasu symulacji zmniejszono dokładność obliczeń. Szkoda, że dla przykładu nie przeprowadzono symulacji dla nie uproszczonego modelu. Proponuje się, by w przyszłości przeprowadzić taką symulację i ocenić jej dokładność.

Rozdział dziewiąty poświęcony jest badaniom modelowym składające się z trzech etapów. Etap pierwszy to wstępna oceny konstrukcji obecnie stosowanych dozowników, ocena wprowadzenia możliwych do akceptacji przez użytkownika zmian konstrukcyjnych i ustalenie skutków wariantów wprowadzenia zmian poprzez przeprowadzenie symulacji, również dla istniejącej i stosowanej konstrukcji (długość szuflady dozownika, przesunięcie dozownika względem osi zbiornika). Mając na uwadze obciążenie pionowe szuflady (wariant siódmy zmniejszenie o 43 %, $273 - 155.5 = 117.5/273 = 43\%$, podano 54 % ?), wydajność dozownika (wariant siódmy zmniejszenie o 4 %) i prędkość strugi urobku (wariant siódmy zmniejszenie o 1,25 %) to do dalszej analizy wybrano wariant siódmy. W tabeli 13-tej zamieszczono wymiar D przyjmując jego bardzo zróżnicowane wartości (95, 595 1095). Czy wartości te mają wpływ na wyniki symulacji, a jeżeli tak to jakie. Również w tekście brak jest powołania na rysunek 53, który dodatkowo jest mało czytelny. Brak jest również zdefiniowania przesunięcia dozownika względem osi zbiornika (schemat) i jego wpływ na przyjęte kryteria. Etap drugi obejmował symulację, gdzie wprowadzono dodatkowe trzy zmienne (częstotliwość ruchu posuwisto-zwrotnego szuflady i kąt jej nachylenia, powierzchnię otworu wylotowego szuflady). Nasuwa się tu pytanie to dla jakich wzmiankowanych dodatkowych parametrów (zmiennych) wyznaczono wartości zamieszczone w tabeli 13. Wyniki symulacji dla trzech nie zależnych parametrów zamieszczono w tabeli 14. Zwraca uwagę brak pełnego uzasadnienia przyjętych wartości tych zmiennych oprócz częstotliwości oraz uwzględnienia wariantu siódmego. W etapie trzecim zawarto informacje związane z optymalizacją parametrów dozownika do których wykorzystano korelację Pearsona, PCA i metodę gradientową. W wyników tych zabiegów otrzymano najkorzystniejsze parametry konstrukcyjne, kinematyczne i wydajnościowe dozownika dla założonej wydajności 650 Mg/h. Należy zwrócić uwagę, że otrzymane wartości liczbowe współczynnika korelacji Pearsona i PCA są rozbieżne dla przesunięcia dozownika względem osi zbiornika, który to parametr nie był wcześniej ani później uwzględniany w analizie. Ustalono wcześniej parametry dozownika (tab.15) posłużyły do przeprowadzenia symulacji dla wyznaczenia spodziewanego obciążenia dna szuflady, wydajności dozownika i prędkości strugi urobku na powierzchni dna dozownika. Wyniki symulacji potwierdziły wcześniej ustalone parametry, które zestawiono i porównano do istniejącego rozwiązania (tab.16). Zasugerowano, by następne dozowniki posiadały otrzymane z symulacji parametry, szczególnie, gdy weźmie się pod uwagę prędkość strugi urobku po dnie szuflady i możliwość zmniejszenia jej zużycia ściernego. Do oceny zużycia ściernego wykorzystano model Archarda. Wartość współczynnika K ustalono na podstawie pomiaru zużycia blachy na wylocie dozownika (zależność 9 – S, a nie D). Okazało się, że w przypadku nowego dozownika jego zużycie ściernie powinno ulec zmniejszeniu.

Rozdział dziesiąty w całości poświęcony jest możliwością wykorzystania MES i DEM do prac projektowych, nie tylko dozowników. W tym przypadku wykorzystując wspomniane metody (MES, DEM) oraz specjalistyczne oprogramowania (EDEM, SIMSOILD, ANSYS) dokonano analizy obciążenia szuflady dozownika obecnie

stosowanego i nowego. Najpierw przeprowadzono to w EDEM i SIMSOLID, a potem wykorzystując EDME i ANSYS. W obu przypadkach uzyskano te same wnioski, jednak różniące się wartościami (naprężenia, przemieszczenia, obciążenia, rozkład obciążeń). Dlatego wnioskiem końcowym jest wykorzystanie do tych celów programu ANSYS. W następstwie powyższego dokonano (SIMSOLID czy ANSYS) analizy wyteżenia konstrukcji nowej szuflady i zaproponowano zmniejszenie rozstawu kół jezdnych co wydatnie zmniejszyło wartości naprężeń i przemieszczeń (ugięć) obiektu, przy zachowaniu dotychczasowych zalet.

Rozdział jedenasty stanowi zbiór zaleceń i wytycznych do projektowania zbiorników retencyjnych w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. Zawartość tego rozdziału ma wymiar praktyczny i może być wykorzystywany nie tylko przy projektowaniu zbiorników.

W rozdziale dwunastym zamieszczono wnioski wynikające z pracy, a dotyczące zużycia elementów dozownika, modelowania strugi urobku, badania empirycznego obciążenia kół jezdnych, zastosowania DEM i MES, mające charakter praktyczny i możliwy do wykorzystania w dowolnej chwili.

Całość pracy wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim oraz spisem literatury, rysunków i tabel została zawarta na 92 stronach.

4. Ocena merytoryczna pracy.

Rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Szczerbakowicza ma charakter pracy analityczno – empirycznej z przewagą tej pierwszej, a jej efektem końcowym jest dokładniejsze poznanie zjawisk zachodzących w zbiornikach retencyjnych stosowanych w O/ZG Rudna, gdzie następuje gromadzenie urobku, który następnie przekazywany jest na przenośniki taśmowe za pomocą dozowników.

Temat pracy jak i sposób jej realizacji jest wynikiem współpracy kopalni O/ZG Rudna z Politechniką Wrocławską oraz Doktorantem.

Eksploatacja rud miedzi w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. prowadzona jest systemem komorowo-filarowym. W ciągu technologicznym wykorzystuje się maszyny do urabiania minerału, ładowania i transportu, głównie przenośnikami taśmowymi. Strugę urobku podawaną na przenośnik taśmowy wyrównują się za pomocą zbiorników retencyjnych (wyrównawczych) wyposażonych w dozowniki o specjalnej konstrukcji przewidzianych do tych warunków. Wspomniano wcześniej, że ich konstrukcja była doskonała prawdopodobnie praktycznie poprzez usuwanie i naprawianie awarii. Brak było, do chwili obecnej, merytorycznego podejścia do tego zagadnienia polegające na uwzględnieniu w całym procesie projektowania oddziaływania strugi urobku na konstrukcje dozownika. Dlatego podjęcie się rozwiązania tego problemu należy uznać za celowe i właściwe, tym bardziej, że uzyskane rezultaty powinny zwiększyć trwałość oraz niezawodność dozowników.

Zakres pracy obejmuje omówienie dotychczasowego stanu wiedzy w tym temacie, przeprowadzenie inwentaryzacji i analizę uszkodzeń oraz badań analitycznych i eksperymentalnych. W następstwie tego możliwe było zaproponowanie innego, nowego podejścia do projektowania dozowników, wykorzystując metody DEM i MES oraz odpowiednie standardowe oprogramowania EDEM, SIMSOILD i ANSYS. Należy w tym miejscu podkreślić rolę opracowanego modelu strugi urobku wykorzystywanego później w procesie badania oddziaływania jej na konstrukcję dozownika.

Prace Autora poprzedziło rozeznanie literatury z dziedziny dotyczącej tematu. Dobór literatury, na który powołuje się Autor w tekście należy uznać za trafny, tym bardziej, że wykorzystał również informacje związane z wcześniej prowadzonymi pracami w KGHM-ie.

Cele pracy, rozprawa doktorska i użyteczny, założone przez Autora zostały osiągnięte w całości, pomimo przeprowadzenia trudnych badań modelowych, analitycznych i eksperymentalnych.

Autor opisując budowę i funkcje zbiorników retencyjnych wyposażonych w dozowniki podkreślił ich bardzo ważną rolę w procesie transportu rudy przekaźnikami taśmowymi. Dotyczy to szczególnie dozowników i ich awarii skutkujące dużymi stratami produkcyjnymi. W konsekwencji powyższego przeprowadził On inwentaryzację i analizę uszkodzeń, wykorzystując do tego celu liczbowy wskaźnik uszkodzeń oraz masowy. Na bazie tych wskaźników ustalił miejsca najbardziej narażone na zużycie ścierne elementów dozownika. Wyraźnie widać, że zużycie ścierne związane jest głównie z ilością (masą) przemieszczanego urobku. Stąd sformułowano wniosek z którego wynika konieczność ustalenia wpływu urobku na zużycie elementów dozownika. Możliwe będzie to przy zastosowaniu zintegrowanych metod DEM i MES. Szkoda, że nie porównano awarii występujących w zbiornikach poziomych i pionowych.

Wykorzystanie, w tym przypadku, zintegrowanych metod DEM i MES do modelowania strugi urobku jest najważniejszym osiągnięciem niniejszej pracy. Wynika to głównie ze zmiennych własności urobku trudnych do opisanego analitycznego i empirycznego. Parametry urobku przyjęte do badań modelowych pozyskano na drodze empirycznej i literaturowej. Warty podkreślenia jest to, że w czasie badań modelowych (program EDEM) możliwa jest prawie dowolna zmiana parametrów urobku zgodna z rzeczywistością. Proponuje się by, w tym miejscu oraz całej pracy, używać jednostek Si (Mg zamiast ton).

Badania obciążenia szuflady dozownika oraz dwóch jego zestawów kołowych dokonano na drodze symulacji wyężenia konstrukcji tych elementów (naprężenia, odkształcenia) oraz badań dołowych.

Do badań symulacyjnych szuflady dozownika przyjęto obciążenie siłą skupioną o wartości 500 kN zaczepioną w osi symetrii. Natomiast oś jednego koła jezdnego również obciążono siłą skupioną o wartości 50 kN w punkcie podparcia ramy szuflady. Tak w jednym jak i w drugim przypadku brak jest uzasadnienia przyjęcia obciążenia siłą skupioną i jej wartości.

Badania dołowe obciążenia dwóch osi kół jezdnych przeprowadzono w warunkach rzeczywistych za pomocą dwóch zestawów (układ mostka) tensometrów (przetworników tensometrycznych). Przedmiotowy pomiar wymagał naklejenia tensometrów na osie kół jezdnych, kalibracji w warunkach laboratoryjnych, montażu na dozowniku, kalibracji w warunkach dołowych i przeprowadzenia samych badań. W czasie badań mierzono obciążenie przedniego lewego i tylnego prawego koła jak również moc silnika elektrycznego napędu szuflady. Mając na względzie miejsce i warunki pomiarów to właściwym będzie pozytywnie ocenić jego realizację i wynikające z tego wnioski. Jednak wyjaśnienia wymagać będzie montaż tylko dwóch przetworników tensometrycznych i po przeciwnych stronach oraz wyrażenia obciążenia w jednostkach masy (kg), a nie siły (N). Wyniki i wnioski z przeprowadzonych badań pozwoliły na zbadanie sumarycznego obciążenia działającego na szufladę (walidacja modelu). Tu również pojawia się pewien niedostatek związany z dokładnością obliczeń, a wynikami pomiarów dochodzących do 40%.

Badania modelowe, będące głównym celem niniejszej, ocenianej pracy, umożliwiły ustalenie niedoskonałości obecnej konstrukcji dozownika. Stąd rozważono siedem

wariantów w celu wyboru najkorzystniejszego, w tym obecnie stosowanego. Wybór najkorzystniejszego rozwiązania ustalono wykorzystując współczynnik korelacji Pearsona i PCA oraz optymalizację metodą gradientową. Wyjaśnienia wymaga przyjęcie różniących się bardzo wartości wymiaru D (tab.13). Zalecane parametry nowego dozownika zastawiono w tab.16 wraz z parametrami obecnie stosowanego. Użyto w niej nowej, co wymaga wyjaśnienia, nie opisanej wcześniej, nazwy wymiar korony dozownika. Również wcześniej nie definiowano pojęcia przesunięcia osi dozownika względem zbiornika.

Zużycie ściernie różnych konstrukcji, a dokładniej materiału z którego jest wykonana, jest najtrudniejsze do sprecyzowania. Dlatego podjęcie się opisu tego zagadnienia przez Doktoranta jest jak najbardziej zasadne i konieczne. Dokonano tego wykorzystując model Archarda oraz pomiary zużycia ściernego strefy wylotu dozownika, co pozwoliło wyznaczyć bezwymiarowy współczynnik zużycia K. Wyjaśnienia wymaga zdefiniowanie parametru H, czyli twardość elementu podlegającemu zużyciu, nie koniecznie stali oraz przebyta droga w procesie zużycia. Najpierw oznaczono ją przez S, a potem chyba przez D. Podobnie przyjmując siłę nacisku powołano się na rys.58 z którego normalnie nic nie można odczytać. Uwaga powyższa odnosi się również do wielu wcześniejszych rysunków i wykresów.

Na uwagę zasługuje wykorzystanie do oceny konstrukcji dozownika metody DEM i MES oraz programu EDEM. Wtedy możliwe jest wykorzystanie do wyznaczania naprężeń i odkształceń elementów konstrukcji dozownika programu SIMOSOLID i ANSYS, przy czym dane wejściowe pozyskano z wcześniejszych badań modelowych. Wyniki obliczeń uzyskane przy wykorzystaniu programu SIMOSOLID zestawiono w tab.18, a przy ANSYS w tab.19. nie rekomendując któregoś z tych. Stąd pytanie jaki program wykorzystano do obliczeń parametrów zestawionych w tab.20.

Należy uznać za właściwe i konieczne sprecyzowanie wytycznych i wniosków dla projektowania i stosowania dozowników i podobnych konstrukcji.

Mając na uwadze złożoność zjawisk występujących w czasie pracy zbiorników retencyjnych wyposażonych w dozowniki oraz trudności metodologiczne i techniczne w modelowaniu i pomiarze różnego rodzaju obciążeń, jak również sposób prowadzenia eksperymentu i opracowanie oraz analizę wyników badań, to można pozytywnie ocenić umiejętności i samodzielność Doktoranta.

Należy jednocześnie zaznaczyć, że praca, od strony edytorskiej, została przygotowana poprawnie z niewielką ilością trudno zauważalnych błędów, które przekazano oddzielnie Doktorantowi, celem wykorzystania w przypadku publikacji. Uwaga ta nie dotyczy większości rysunków i wykresów (podpisy mało czytelne).

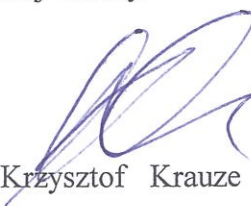
Mając powyższe na uwadze celowym jest dostateczne wyjaśnienie i uzasadnienie poniższych ważnych zagadnień, a mianowicie:

- jak przeprowadzić proces modernizacji obecnie wykorzystywanych zbiorników retencyjnych zgodnie do otrzymanych wyników,
 - czy zasadne jest stosowanie zbiorników poziomych czy pionowych.
 - czy warto określić ścierność urobku i ścieralność materiału konstrukcji .
- Liczę na odpowiedź na postawione pytania podczas publicznej obrony.

5. Uwagi końcowe.

Praca doktorska mgr inż. Mateusza Szczerbakowicza stanowi oryginalny dorobek Autorka o charakterze praktycznym i naukowym. Wnosi dostateczny wkład w dziedzinę dotyczącą projektowania, konstruowania i eksploatacji zbiorników retencyjnych, a szczególnie dozowników odbierających z nich urobek.

Na podstawie przeprowadzonej przez Doktoranta analizy prac badawczych z tej dziedziny i oceniając sposób rozwiązania postawionego zagadnienia można stwierdzić, że Autor wykazuje wystarczającą samodzielność i dostateczny stopień wiedzy w dziedzinie Nauk Technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, której rozprawa dotyczy. Biorąc pod uwagę wszystkie cechy oryginalności pracy, wystarczającą samodzielność Autora w realizacji pracy, stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca mgr inż. Mateusza Szczerbakowicza pt.: *„Projektowanie zbiorników retencyjnych stosowanych w ciągłym systemie transportowym kopalni Rudna z wykorzystaniem nowoczesnych metod numerycznych”* spełnia wymagania zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.



Krzysztof Krauze