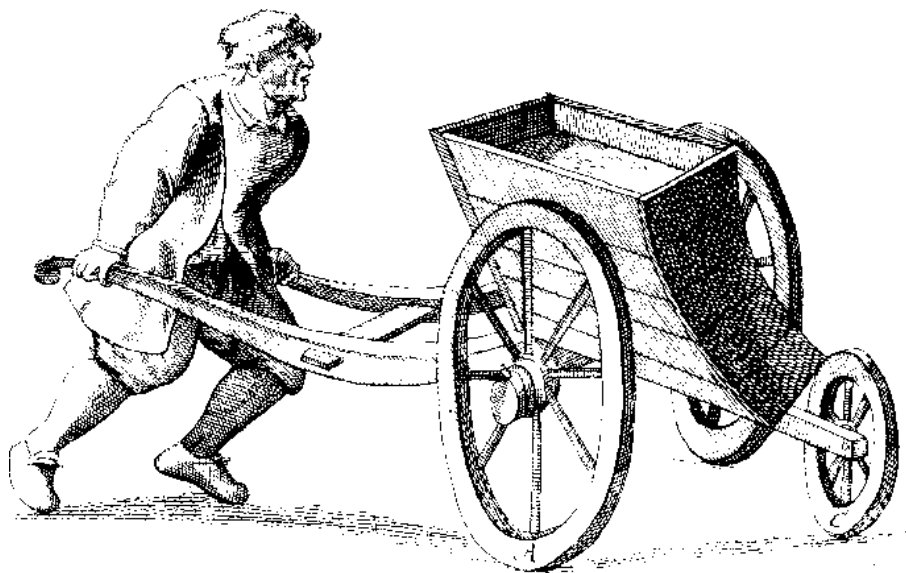




Politechnika
Wroclawska



XXIII Szkoła Naukowa im. prof. Tadeusza Żura

Podstawowe Problemy Transportu Przenośnikowego

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW



Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

**XXIII Szkoła Naukowa
im. prof. Tadeusza Żura**

Podstawowe Problemy Transportu Przenośnikowego

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

Kudowa-Zdrój, 21–23.09.2022 r.



**Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2022**

Wydrukowano na podstawie przesłanych abstraktów

Publikację Książki Abstraktów sfinansowała Politechnika Wrocławska

Redaktor: Ryszard Błazej

Opracowanie techniczne: Mirosław Bajda, Aleksandra Rzeszowska

Wydawca: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

ISBN: 978-83-7493-222-6

DOI: <http://10.37190/XXIII-PPTP-abstracts>



Spis treści

Sesja I – prowadzący: dr hab. inż. Robert Król, prof. uczelni

- R. Błazej, M. Bajda, L. Jurdziak, A. Kirjanów-Błazej, Z. Konieczka, D. Olchówka, A. Rzeszowska, L. Szczepanik – *Predykcyjne wymiany taśm w oparciu o zdiagnozowany stan rdzenia taśm z linkami stalowymi w celu regeneracji – projekt DiagBelt+ w PGE GiEK S.A. o. KWB Bełchatów* 4
- R. Błazej, L. Jurdziak, A. Kirjanów-Błazej, D. Olchówka, A. Rzeszowska – *Znaczenie pomiarów grubości taśmy na całej powierzchni dla określenia momentu jej wymiany – innowacyjne urządzenie diagnostyczne BeltSonic* 5
- P. Bortnowski, R. Król, M. Ozdoba – *Monitorowanie pracy przenośnika taśmowego na podstawie sygnału drgań poprzecznych taśmy* 6
- P. Kochaj, D. Osowski, Ł. Cieślík – *Kierunki rozwoju systemów diagnostyki przenośników taśmowych w aspekcie jazdy ludzi* 8

Sesja II – prowadzący: dr hab. inż. Leszek Jurdziak, prof. uczelni

- W. Kawalec, L. Jurdziak, Z. Krysa – *Modelowanie strumieni dostaw biomasy do współspalania z węglem w systemie FlexSim – integracja systemów ciągłych z cyklicznymi* 9
- Ł. Cieślík, P. Kochaj, D. Osowski – *Zarządzanie przepływem strugi urobku w podziemnej kopalni węgla kamiennego na przykładzie eksploatacji przodka chodnikowego* 10
- P. Bortnowski, A. Gładysiewicz, L. Gładysiewicz, R. Król, M. Ozdoba – *Napęd pośredni z dodatkowym sprzężeniem ciernym w ciągnie dolnym – zasada działania oraz możliwość aplikacji* 12
- D. Woźniak, M. Hardygóra – *Badania oporów toczenia taśmy przenośnikowej po krążnikach* 13

Sesja III – prowadzący: prof. dr hab. inż. Monika Hardygóra

- T. Moser – *Świadomość sytuacyjna jako kluczowy czynnik dla systemów przenośników – Situation Awareness as keyfactor for conveying systems* 14
- M. Kowalczyk, A. Pieniążek, P. Śliwiński, P. Stefaniak – *Wdrożenie algorytmów do analizy obciążenia infrastruktury przenośników taśmowych w Oddziałach Górniczych KGHM – nowy instrument dla optymalizacji zarządzania efektywnością energetyczną procesu transportu urobku* 15
- P. Kulinowski, P. Kasza, J. Zarzycki – *Badania przemysłowe sprawności zespołów napędowych przenośników taśmowych* 16

Sesja IV – prowadzący: prof. dr hab. inż. Lech Gładysiewicz

- M. Stefanowicz, B. Hajduga, M. Kiełtyka – *Aspekty związane z eksploatacją przenośników taśmowych oraz innowacyjne rozwiązania technologiczne wyspecjalizowanych taśm transporterowych* 17
- P. Kulinowski, P. Kasza, J. Zarzycki – *Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych węzłów łożyskowych na opory obracania krążnika* 18



Predykcyjne wymiany taśm w oparciu o zdiagnozowany stan rdzenia taśm z linkami stalowymi w celu regeneracji – projekt DiagBelt+ w PGE GiEK S.A. o. KWB Bełchatów

RYSZARD BŁAŻEJ¹, MIROSŁAW BAJDA¹, LESZEK JURDZIAK^{1*}, AGATA KIRJANÓW-BŁAŻEJ², ZBIGNIEW KONIECZKA³, DOMINIKA OLCHÓWKA¹, ALEKSANDRA RZESZOWSKA¹, LESZEK SZCZEPANIK³

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

² Politechnika Wrocławska, Wydział Informatyki i Telekomunikacji, ul. Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław

³ PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. O. KWB Bełchatów, ul. Św. Barbary 3, 97-400 Bełchatów

* leszek.jurdziak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: badania NDT, regeneracja taśm, diagnostyka

W dobie rosnących cen taśm przenośnikowych oraz przerwanych łańcuchów dostaw cennych komponentów do ich produkcji czas oczekiwania na dostawy dużych ilości taśm może zaskoczyć użytkowników przenośników taśmowych. Zagrożenie stratami produkcyjnymi z powodu postojów można zredukować wdrażając politykę wymian predykcyjnych w oparciu o zdiagnozowany ich stan z regeneracją demontowanych taśm. Regeneracja taśm staje się coraz bardziej popularna, gdyż posiadanie odcinków taśm w różnych fazach ich regeneracji wydatnie skraca czas oczekiwania na dostawę redukując zagrożenie stratami produkcyjnymi z powodu braku taśmy na wymianę. Powtórne wykorzystywanie rdzenia taśmy zgodne jest z zasadami ekonomii obiegu zamkniętego (circular economy). Zmniejszamy zapotrzebowanie na cenne surowce i ograniczamy wielkość odpadów, które nie jest łatwo zutylizować. W dobie szeroko rozwiniętych systemów diagnostycznych możliwe jest właściwie bieżące kontrolowanie stanu technicznego obiektu i podejmowanie decyzji o kierowaniu go do regeneracji. Do pełnej oceny stanu technicznego taśmy przenośnikowej niezbędna jest wiedza dotycząca stanu jego rdzenia (rozkładu uszkodzeń i ich intensywności) oraz znajomość jej grubości na całej powierzchni taśmy (a nie tylko w kilku punktach). Do regeneracji kieruje się głównie taśmy z rdzeniem z linkami stalowymi. Badanie stanu rdzenia taśm tekstylnych jest bardziej kosztowne, a same taśmy są tańsze i mniej trwałe, więc opłacalność diagnostyki rdzenia jest dużo mniejsza. Taśm tekstylnych obecnie właściwie się nie regeneruje, co dodatkowo obniża opłacalność diagnostyki ich rdzenia. Do oceny stanu technicznego rdzenia taśmy z linkami stalowymi można wykorzystać metody magnetyczne, wykorzystywane i rozwijane na Politechnice Wrocławskiej w systemie DiagBelt i DiagBelt+ dla PGE GiEK S.A. O. KWB Bełchatów. Na Politechnice Wrocławskiej zbudowano urządzenie do oceny stanu uszkodzeń rdzenia taśmy. Urządzenie to (DiagBelt) pozwala na nieniszczące badania taśmy (NDT) w trakcie pracy przenośnika. Inne badania prowadzone w Laboratorium Transportu Taśmowego (LTT) dają obraz zmian parametrów wytrzymałościowych wyciętych próbek taśm i połączeń, co uzupełnia ocenę kompleksowych zmian spowodowanych eksploatacją taśmy w różnych warunkach.



Znaczenie pomiarów grubości taśmy na całej powierzchni dla określenia momentu jej wymiany – innowacyjne urządzenie diagnostyczne BeltSonic

RYSZARD BŁAŻEJ^{1*}, LESZEK JURDZIAK¹, AGATA KIRJANÓW-BŁAŻEJ²,
DOMINIKA OLCHÓWKA¹, ALEKSANDRA RZESZOWSKA¹

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

² Politechnika Wroclawska, Wydział Informatyki i Telekomunikacji, ul. Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław

* ryszard.blazej@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: taśma przenośnikowa, pomiar grubości, bezinwazyjna diagnostyka

Taśma przenośnikowa, w trakcie wieloletniej eksploatacji podlega złożonym procesom zużycia związanym z procesami jej tarcia o urobek i elementy konstrukcji, procesom zmęczeniowym związanym z jej przeginaniem na bębnach i zestawach krążnikowych oraz powtarzających się zmianom napięcia przy uruchomieniach przenośnika i przejściu przez bębny napędowe. Tempo procesów zużycia jest proporcjonalne do czasu i intensywności pracy taśmy (liczby cykli obiegów pętli taśmy wokół przenośnika). Inny charakter, gwałtowny i losowy, mają uszkodzenia taśmy powstające w trakcie spadku urobku na taśmę. Drobniejsze bryły przyspieszają procesy tarcia poprzez uszkodzenie powierzchni okładek (pęknięcia gumy, drobne wyrwania) oraz intensywne tarcie spowodowane przyspieszaniem urobku. Większe bryły, o energii przekraczającej graniczne wartości, powodują przebicia taśmy na wylot, wyrwania fragmentów okładki lub obrzeża oraz uszkodzenia rdzenia. W miarę wycierania się taśmy graniczne wartości energii maleją (z uwagi na zmniejszającą się grubość taśmy), co istotnie wpływa na przyspieszenie tempa procesów jej degradacji. Identyfikacja tempa zmian grubości taśmy na całej powierzchni ma więc kluczowe znaczenie dla oszacowania pozostałego czasu jej pracy.

Wdrożenie bezinwazyjnej diagnostyki taśm przenośnikowych do oceny stanu jej rdzenia oraz stopnia wytarcia pozwala na znaczne obniżenie kosztów eksploatacji taśm. Może bowiem przyczynić się do wydłużenia czasu jej użytkowania poprzez redukcję nierównomiernego jej wycierania się oraz uszkodzania rdzenia. Regularna kontrola stanu uszkodzeń i wytarcie taśmy jest w stanie zapobiec pojawieniu się większych awarii oraz zaplanować z wyprzedzeniem momenty wymian prewencyjnych, które są dużo tańsze niż kosztowne wymiany awaryjne mogące spowodować dodatkowo kolosalne straty produkcyjne. Predykcja wymian odcinków taśm oraz ich długości pozwala na właściwe zarządzania budżetem przeznaczonym na naprawy i wymiany taśm. Dzięki zdobytej szczegółowej informacji o stopniu zużycia taśmy można podjąć doraźne działania naprawcze wydłużające okres użytkowania taśm oraz przewidzieć pozostały czas jej bezawaryjnej pracy w przyjętej strategii wymian.

W Polsce, na Politechnice Wroclawskiej, w wyniku realizacji wieloletnich prac badawczych finansowanych przez NCBiR opracowano systemy diagnostyczne do oceny stanu technicznego taśm przenośnikowych. Jednym z takich urządzeń jest budowany w ramach projektu LIDER X ultradźwiękowy system do ciągłego pomiaru grubości taśmy – BeltSonic.



Monitorowanie pracy przenośnika taśmowego na podstawie sygnału drgań poprzecznych taśmy

PIOTR BORTNOWSKI^{1*}, ROBERT KRÓL¹, MAKSYMILIAN OZDOBA^{1*}

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

* maksymilian.ozdoba@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, drgania poprzeczne, diagnostyka

Drgania poprzeczne taśmy są zjawiskiem, które towarzyszy pracy przenośnika taśmowego. Ich przyspieszenia oraz częstotliwość wynikają z parametrów pracy przenośnika taśmowego jak również wzbudzenia drgań przez elementy przenośnika. Wiedza dotycząca drgań poprzecznych taśmy skupia się na Wyznaczaniu częstotliwości drgań poprzecznych z wykorzystaniem modeli np. struny, belki rozciąganej. Analiza drgań jest wykorzystywana na etapie projektowania przenośników taśmowych w celu ograniczenia możliwości występowania rezonansów. Drgania poprzeczne taśmy mogą zostać zmierzone na istniejącym przenośniku, w konkretnym punkcie, z wykorzystaniem znanych z literatury metod stacjonarnych. Na potrzeby badań drgań poprzecznych opracowano mobilne urządzenie, którego przewagą jest możliwość ciągłej rejestracji sygnału na długości przenośnika taśmowego. Opracowany algorytm przetwarzania sygnału pozwala odczytać charakterystyczne częstotliwości drgań poprzecznych w konkretnych lokalizacjach na długości trasy przenośnika.

W pierwszym etapie zaproponowano wykorzystanie sygnału drgań poprzecznych taśmy na potrzeby prognozy siły w taśmie. Rozpoznanie drgań poprzecznych prowadzono na przenośniku taśmowym pracującym w kopalni kruszywa skalnych. Badania oparto o wyznaczone przyrosty częstotliwości drgań poprzecznych oraz sprawdzony eksperymentalnie model drgań belki rozciąganej. Uzyskane wyniki zestawiono z przyrostem sił wyznaczonym na podstawie obliczeń w oprogramowaniu QNK-TT, bazując na szczegółowo rozpoznanych parametrach pracy przenośnika. Dla dwóch wariantów przeprowadzonych badań, dla pustego przenośnika oraz taśmy z urobkiem uzyskano zbliżone wyniki przyrostu sił w taśmie, w których błąd nie przekraczał 3% prognozowanej wartości.

W drugim kroku dokonano oceny przebiegu sygnału na potrzeby detekcji uszkodzonych krążników. W badaniach wykorzystano wiedzę dotyczącą poprawnego przebiegu sygnału drgań poprzecznych, w warunkach laboratoryjnych oraz zamodelowane uszkodzenie elementu obrotowego. Opisano oraz opracowano metodykę detekcji anomalii wynikających z niepoprawnej pracy elementu w sygnale zarejestrowanym na długości przenośnika taśmowego. W kolejnym kroku zaproponowano algorytm przetwarzania sygnału oparty o sieć neuronową LSTM, którego zadaniem jest automatyzacja detekcji uszkodzeń na długości przenośnika taśmowego w przypadku długich tras. Testy przeprowadzone w warunkach in-situ wykazały przydatność metody w postaci odnalezionych uszkodzonych krążników.

Przeprowadzone badania dowodzą, że zjawisko drgań poprzecznych może być źródłem informacji na temat pracy przenośnika taśmowego. Monitorowanie drgań poprzecznych taśmy przenośnikowej jest kierunkiem, który w przyszłości umożliwi monitorowanie oraz diagnostykę przenośników taśmowych. Nieinwazyjny charakter badań oraz możliwość prowadzenia badań podczas pracy przenośnika stanowi cenny atut zaproponowanych metod badawczych.



Literatura

- [1] Bortnowski P., Kawalec W., Król R., Ozdoba, M., *Identification of conveyor belt tension with the use of its transverse vibration frequencies*. Meas. J. Int. Meas. Confed. 2022, 190, 110706, doi: 10.1016/j.measurement.2022.110706
- [2] Bortnowski P., Król R., Ozdoba M., *Roller damage detection method based on the measurement of transverse vibrations of the conveyor belt*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2022, 24(3), 510–521, <http://doi.org/10.17531/ein.2022.3.12>
- [3] Gładysiewicz L., *Przenośniki Taśmowe: Teoria i obliczenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003
- [4] Harrison A., *Modern Design of Belt Conveyors in the Context of Stability Boundaries and Chaos*, Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering, 1992, Vol. 338, No. 1651, 491–502.



Kierunki rozwoju systemów diagnostyki przenośników taśmowych w aspekcie jazdy ludzi

PAWEŁ KOCHAJ^{1*}, DAWID OSOWSKI¹, ŁUKASZ CIEŚLIK¹

¹ Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A., Bogdanka, 21-013 Puchaczów

* pkochaj@lw.com.pl

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, diagnostyka, bezpieczeństwo, jazda ludzi przenośnikami taśmowymi

Przenośnik taśmowy przeznaczony do transportu załogi w rejon wydobywczy w zakładzie górniczym odgrywa kluczową rolę w procesie eksploatacji. Z uwagi na odległe rejon wydobywcze oraz w celu poprawy efektywności eksploatacji ściany wydobywczej Lubelski Węgiel Bogdanka S.A. zdecydował się na wdrożenie jazdy ludzi przenośnikami taśmowymi na trasie górnej oraz dolnej. W celu zapewnienia bezpieczeństwa transportowanej załodze konieczna jest weryfikacja prawidłowego utrzymania trasy przenośnika na całej jego długości. Obecnie w spółce trwają prace projektowe nad wdrożeniem jazdy ludzi na przenośnikach o szerokości taśmy 1600. Wszystkie te działania mają na celu umożliwienie efektywnej eksploatacji odległych rejonów wydobywczych. Na pracę przenośnika taśmowego wpływa: długość trasy, kąt upadu lub wzniosu wyrobiska, deformacja trasy przenośnika wskutek działań ciśnień eksploatacyjnych lub usterek mechanicznych (uszkodzenie trasy, wsporników, łańcuchów, krążników). Moim celem jest zaprojektowanie systemu diagnostycznego, którego przeznaczeniem będzie ocena stanu trasy przenośnika z możliwością analizy jej zmian w trakcie eksploatacji oraz monitorowanie centrycznego prowadzenia taśmy w wybranych miejscach lub na całej jej długości. Na podstawie danych systemu diagnostycznego możliwa będzie ocena stanu technicznego przenośnika w aspekcie bezpieczeństwa transportowanej załogi.

Literatura

- [1] P. Owen, *Condition monitoring for conveyors*, [in:] Proc. of the 9th International Materials Handling Conference.
- [2] K.N. Chandra, Ed. Hershey C. M. Subhas 2013. Recent advancements in smart sensors and sensing technology,” in *Advanced RFID Systems, Security, and Applications*, PA:IGI Global, pp. 334–353.
- [3] R. Das, (2015, June 14). Chipless RFID – The end game. [Online]. Available: <http://www.idtechex.com/research/articles/chipless-rfid-the-end-game-00000435.asp>
- [4] S. Dey, O. Salim, H. Masoumi, and N. Karmakar, “Health monitoring of mining conveyor belts,” in Proc. Coal Operators’ Conference, Wollongong, NSW, Australia, Feb. 2020, pp. 359–366.
- [5] A. Buffi, A. Michel, P. Nepa, and B. Tellini, “RSSI measurements for RFID tag classification in smart storage systems,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol. 67, No. 4, pp. 894–904, Apr. 2018.



Modelowanie strumieni dostaw biomasy do współspalania z węglem w systemie FlexSim – integracja systemów ciągłych z cyklicznymi

WITOLD KAWALEC¹, LESZEK JURDZIAK¹, ZBIGNIEW KRYSA^{1*}

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

* zbigniew.krysa@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: modelowanie symulacyjne, symulacja dyskretna, współspalanie biomasy

Stopień złożoności modelu symulacji dyskretniej zależy od charakteru procesów i liczby obiektów w modelowanym systemie. W przypadku modelu symulacyjnego odtwarzającego pracę elektrowni zawodowej, w której spalane jest zróżnicowane jakościowo paliwo, modelowanie strumienia dostaw i gospodarki zapasami jest szczególnie złożonym zagadnieniem, ponieważ wymaga połączenia różnych sposobów transportu i magazynowania w jeden system. Głównym celem budowy modelu symulacyjnego była weryfikacja możliwości rozwoju systemu podawania i magazynowania biomasy w oparciu o istniejące i proponowane instalacje.

Proces modelowania pracy elektrowni został podzielony na trzy główne etapy. W etapie pierwszym stworzono przestrzeń modelu, definiując najważniejsze obiekty zakładu tworzące system zasilania bloków energetycznych tj. budynki i budowle, zbiorniki buforowe, place składowe, kluczowe urządzenia techniczne. Następnie odtworzono system transportu biomasy, który obejmował zarówno dostawy paliwa kolejną i samochodami ciężarowymi, jak i transport wewnętrzny, realizowany przy pomocy ładowarek, samochodów ciężarowych oraz przenośników taśmowych podających paliwo do bloków energetycznych. Model został skalibrowany i zweryfikowany na podstawie danych historycznych.

W etapie II uszczegóławiano model poprzez wariantowe symulacje podsystemów transportu. Ze względu na wymaganą dużą elastyczność przyjęcia i magazynowania paliwa symulacje uwzględniały zmienność parametrów jakościowych paliwa i zmienność produkcji energii, która determinowała ilości dostarczanego do elektrowni paliwa. Zakładano również skrajne scenariusze rezygnacji z wybranego sposobu dostaw na rzecz alternatywnego. W ten sposób weryfikowano zdolność podsystemu kolejowego i samochodowego do obsługi żądanych strumieni. W etapie III modelowane komponenty – transport samochodowy i kolejowy – zostały scalone z systemem podawania paliwa do kotłów. Połączone zostały transport cykliczny, magazynowanie długoterminowe oraz transport ciągły i krótkoterminowe zapasy w zbiornikach buforowych.

Model symulacyjny potwierdził przyjęte założenia zdolności obsługi planowanych strumieni dostarczanego paliwa, a stworzenie w wirtualnym środowisku różnych wariantów rozbudowy systemu pozwoliło wskazać docelowe rozwiązanie.



Zarządzanie przepływem strugi urobku w podziemnej kopalni węgla kamiennego na przykładzie eksploatacji przodka chodnikowego

ŁUKASZ CIEŚLIK^{1*}, PAWEŁ KOCHAJ¹, DAWID OSOWSKI¹

¹ Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A., Bogdanka, 21-013 Puchaczów

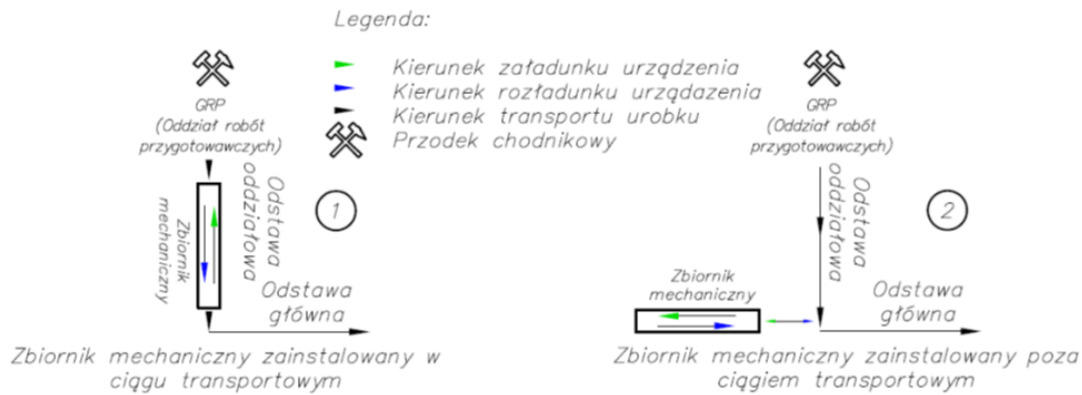
* lukasz.cieslik@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: zbiornik mechaniczny, oddzielenie skały płonnej

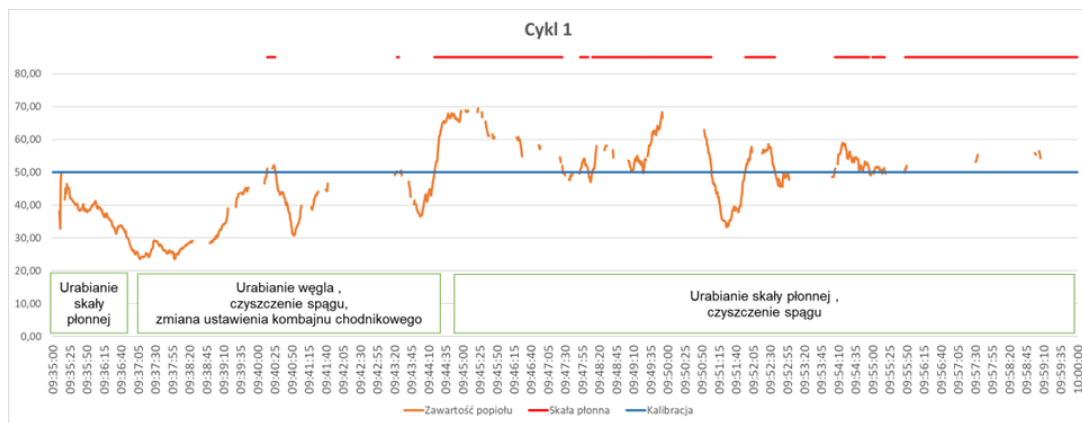
Produktem ubocznym eksploatacji górniczej jest skała płonna. Nie ma ona gospodarczego znaczenia, dlatego wykorzystywana jest do rekultywacji terenu lub składowana na hałdach. Znane są nieliczne, prototypowe rozwiązania mechaniczne umożliwiające jej oddzielenie i zmagazynowanie pod ziemią. W literaturze opisywana jest jedynie idea akumulacji urobku bez ujawniania szczegółów technicznych rozwiązań [1–3]. W polskim górnictwie podziemnym stosowane obecnie poziome zbiorniki mechaniczne znajdują się w fazie testów i nie są stosowane na skalę przemysłową. Ich przeznaczeniem jest ponadto retencja urobku z drążenia chodników i mają na celu zapewnienie ciągłości przepływu strugi urobku przenośnikami taśmowymi [4, 5]. Prowadzone w LW „Bogdanka” S.A. testy pilotażowe potwierdziły możliwość oddzielenia i zmagazynowania zanieczyszczenia pochodzącego z drążenia wyrobisk chodnikowych. Odseparowana w ten sposób skała płonna ominie zakład przeróbczy, może zostać wykorzystana do wypełnienia pustek poeksploatacyjnych lub przekierowana na specjalistyczne urządzenia szybowe. Przeprowadzona analiza danych z systemu dyspozytorskiego umożliwiła oszacowanie ilości zanieczyszczenia możliwego do odseparowania. W analizowanym modelu wydobywania skała płonna z drążenia przodków chodnikowych w zakładzie górnictwem stanowi powyżej 17% łącznego zanieczyszczenia urobku. Całkowite oddzielenie skały płonnej z prowadzonych robót przygotowawczych umożliwi zwiększenie uzysku węgla w urobku o blisko 5%.

Istnieje możliwość montażu urządzenia w osi przenośnika taśmowego (rysunek 1, poz. 1) lub prostopadle do niej – na skrzyżowaniu wyrobisk (rysunek 1, poz. 2). Pojemność robocza zbiornika określona zostanie tak, aby możliwe było zmagazynowanie zmianowego spływu zanieczyszczenia urobku. W zależności od lokalizacji zbiornika możliwe będzie zastosowanie sterowania automatycznego – dla zbiorników zainstalowanych w znacznych odległościach od przodków chodnikowych lub sterowania ręcznego w przypadku lokalizacji w odległości do kilkuset metrów od miejsca drążenia chodnika.

Rysunek 1 przedstawia dwie możliwe lokalizacje instalacji zbiornika mechanicznego do separacji skały płonnej z drążenia chodników w rejonach eksploatacji ścian wydobywczych. Na wykresie (rysunek 2) przedstawiony został wynik badania składu urobku podczas wykonywania wzorcowego cyklu urabiania. Stanowisko badawcze wyposażone zostało w analizator jakości węgla przystosowany do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Pozioma czerwona linia odwzorowuje przepływ strugi skały płonnej w czasie. Linia pomarańczowa przedstawia zawartość popiołu, która przy przekroczeniu wyznaczonej wartości świadczy o przepływie urobku sklasyfikowanego jako zanieczyszczenie.



Rysunek 1: Wstępna koncepcja lokalizacji zbiornika mechanicznego w układzie transportu



Rysunek 2: Prezentacja graficzna przebiegu wzorcowego cyklu urabiania

Podczas prowadzonych testów pilotażowych zaobserwowano, iż proces urabiania mechanicznego złoża w przodku odbywa się w sposób selektywny (warstwa po warstwie), problem pojawia się w chwili załadunku i transportu urobku, które powodują mieszanie się węgla ze skałą płonną.

Wprowadzenie urządzenia mechanicznego i zmian organizacji pracy umożliwi oddzielenie i zmagazynowanie skały płonnej pochodzącej z drążenia chodników udostępniających pola wydobywcze.

Literatura

- [1] Korecki Z., *Maszyny i urządzenia górnicze, część II*, Katowice 1985.
- [2] Antoniak J., *Maszyny górnicze część III, Transport kopalniany*, Katowice 1980.
- [3] Żur T., *Przenośniki taśmowe w górnictwie*, Katowice 1979.
- [4] Kamiński W., Orzeł P., Hajduk P., *Przedkowy Magazyn urobku – selekcja i gromadzenie urobku z robót przygotowawczych*, Inżynieria Górnicza, 2014, 3.
- [5] Kiljan P., Kiljan A., Kalinowski K., *Possibilities of application spoil container in coal mine*, Topical Issues of Rational Use of Natural Resources, 2019.



Napęd pośredni z dodatkowym sprzężeniem ciernym w ciągnie dolnym – zasada działania oraz możliwość aplikacji

PIOTR BORTNOWSKI^{1*}, ADAM GŁADYSIEWICZ², LECH GŁADYSIEWICZ¹,
ROBERT KRÓL¹, MAKSYMILIAN OZDOBA¹

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

² J.M. Voith SE & Co. KG, Centrumstraße 4, 45307 Essen, Niemcy.

* piotr.bortnowski@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, drgania poprzeczne, diagnostyka

Prowadzenie długich tras przenośników taśmowych ze standardowym napędem bębnowym wymaga zastosowania taśmy o zwiększonej wytrzymałości oraz rozszerzenia układu napędowego o dodatkowe jednostki zwiększonej mocy. Powoduje to wzrost kosztów inwestycyjnych związanych z zakupem taśmy o podważonych parametrach wytrzymałościowych, zwiększenie oporów ruchu oraz obniżenie wskaźników efektywności energetycznej przenośnika. Wyposażenie przenośnika w dodatkowe jednostki napędowe jest znaczącym problemem z uwagi na wymaganą do zabudowy przestrzeń oraz duży przyrost naprężeń w taśmie w punkcie nabiegania na pierwszy z bębnow napędowych. Rozwiązaniem pozwalającym na zwiększenie mocy napędowej przenośnika, ograniczenie wymaganej wytrzymałości taśmy oraz uzyskanie optymalnych rozkładów sił w taśmie pomiędzy jednostkami napędowymi są napędy pośredniego. Stosowanie napędów pośrednich w formule modułowej, gdzie na całej długości przenośnika głównego zainstalowanych jest kilka tego typu systemów napędowych pozwala na znaczne wydłużenie trasy. Rozwiązanie to pozwala również na redukcję zapylenia i hałasu z uwagi na ograniczenie liczby przesypów na trasie, co jednocześnie wpływa korzystnie na jakość transportowanego urobku. Taśmowe napędy pośrednie wykorzystują sprzężenie cierne pomiędzy taśmą głównego przenośnika transportującego, a taśmą dodatkowego przenośnika zabudowanego na długości trasy. Docisk taśm generowany jest grawitacyjnie w wyniku masy taśmy oraz urobku. Na odcinku sprzężenia ciernego taśm generowana jest siła tarcia, transferowana od taśmy pędzącej napędu pośredniego do taśmy pędzonej przenośnika głównego. Napęd pośredni przejmuje część obciążenia przenośnika głównego, a dzięki temu dochodzi do spadku naprężeń w taśmie pędzonej. Standardowe napędy pośrednie posiadają sprzężenia taśm tylko w ciągnie górnym. Analiza teoretyczna wykazała, że włączenie dodatkowego sprzężenia w ciągnie dolnym jest możliwe, a dla ściśle określonych warunków rozwiązanie to pozwala na uzyskanie korzystniejszego rozkładu naprężeń w taśmie pędzonej, niż w napędach jednocięgnowych. Badania laboratoryjne potwierdziły te założenia. Udowodniono, że praca napędu pośredniego w układzie dwucięgnowym pozwala na zwiększenie przekazywanej siły tarcia przy zachowaniu tej samej długości sprzężenia taśm oraz poprawnie sprawności.



Badania oporów toczenia taśmy przenośnikowej po krążnikach

DARIUSZ WOŹNIAK^{1*}, MONIKA HARDYGÓRA¹,

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

* dariusz.wozniak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośniki taśmowe, krążniki, opory toczenia

Przenośniki taśmowe są podstawowym środkiem transportu materiałów sypkich i ziarnistych w górnictwie, energetyce, portach i innych gałęziach przemysłu. Od kilkadziesiąt lat prace badawcze związane z transportem taśmowym skupiają się głównie wokół rozwiązań zapewniających realizację zadań transportowych, przy coraz większej niezawodności systemu i mniejszym zużyciu energii. Jednym z najistotniejszych sposobów obniżenia energochłonności transportu taśmowego, w przypadku długich poziomych tras transportowych, jest zmniejszenie oporów toczenia taśmy po krążnikach. Opór ten wynika z cyklicznego ściskania okładki bieżnej taśmy przez krążniki, podczas biegu taśmy po kolejnych zestawach krążnikowych.

Znane jest wiele modeli teoretycznych opisujących te zjawiska i pozwalających wyznaczyć opory toczenia taśmy po krążnikach (Jonkers 1980; Spaans 1991; Gładysiewicz 2003; Lodewijks 2006; Rudolphi 2006; Yan Lu i in. 2015; Xiaoxia Zhao i in. 2019 i inne). Wszystkie modele uwzględniają geometrię i obciążenie układu oraz uwzględniają właściwości taśmy. Zachowanie lepko-sprężyste gumy opisywane jest zazwyczaj za pomocą modelu Maxwella i podłoża Winklera lub trójparametrowego modelu Kelvina lub parametrów wyznaczanych z pętli histerezy. Każdy z tych sposobów wymaga oznaczenia właściwości reologicznych gumy w badaniach laboratoryjnych, w których wiele czynników metody badania ma wpływ na końcowy wynik badania. Nie ma znormalizowanych metod badań tych właściwości. Zależą one od składu mieszanki kauczukowej, ale również od częstotliwości i amplitudy obciążenia, temperatury, metody badania. Zazwyczaj wykonuje się je za pomocą dynamicznych analizatorów mechanicznych (DMA) lub reometrów (RSA) lub w badaniach cyklicznego ściskania. Lodewijks oraz O'Shea i Wheeler w swoich artykułach przedstawili jak wiele problemów wiąże się z błędnie wyznaczonymi właściwościami taśmy i jak łatwo popełnić te błędy. Metoda badań wymaga dostrojenia parametrów badania do danego modelu teoretycznego wyznaczania oporów toczenia oraz weryfikacji jej wyników.

W referacie przedstawiono metodę badań współczynnika tłumienia oraz modułu sprężystości przy cyklicznym ściskaniu. Zoptymalizowano parametry metody do modelu teoretycznego wyznaczania oporów toczenia autorstwa Gładysiewicza i Konieczna (2016). Wyniki zweryfikowano za pomocą pomiarów oporów toczenia metodą małej skali (Woźniak 2020). Wykonano badania właściwości lepko-sprężystych dla pięciu różnych składów mieszanki gumowej wyznaczając współczynnik tłumienia i moduł sprężystości. Obliczono opory toczenia z zastosowaniem modelu teoretycznego. Następnie przeprowadzono pomiary oporów toczenia metodą małej skali dla taśm z linkami stalowymi o okładkach wykonanych z wcześniej badanych gum. Współczynnik korelacji wyników obliczeń z wynikami pomiarów wyniósł 0,97. Zatem zaproponowana metoda badań właściwości lepko-sprężystych gumy może służyć do optymalizacji składu mieszanki kauczukowej na okładki taśmy przenośnikowej.



Świadomość sytuacyjna jako kluczowy czynnik dla systemów przenośników – Situation Awareness as keyfactor for conveying systems

TOMASZ MOSER^{1*}

¹ Cobra Europe Sp. z o.o., Graniczna 15, 41-940 Piekary Śląskie

* thomas.moser@cobra-europe.eu

Słowa kluczowe: świadomość sytuacyjna, system przenośników taśmowych

Plany remontów i konserwacji to jedna z możliwych strategii pozwalająca kontynuować stabilną działalność.

Inną nową strategią jest bardzo dobra znajomość celu i umiejętność przewidywania zachowań w zależności od parametrów sytuacji.

Strategia ta jest powszechnie określana jako świadomość sytuacyjna i może być również z powodzeniem stosowana w obszarze systemów przenośników taśmowych.

Scheduled repair and maintenance is just one possible strategy to keep the business afloat.

Another new strategy is to know the target system very well and to be able to predict its behavior depending on the situation parameters.

This strategy is widely referred to as situation awareness and can also be used successfully in the area of conveyor belt systems.



Wdrożenie algorytmów do analizy obciążenia infrastruktury przenośników taśmowych w Oddziałach Górniczych KGHM – nowy instrument dla optymalizacji zarządzania efektywnością energetyczną procesu transportu urobku

MACIEJ KOWALCZUK¹, ANDRZEJ PIENIAŻEK², PAWEŁ ŚLIWIŃSKI², PAWEŁ STEFANIAK^{3*}

¹ KGHM – Polska Miedź S.A. Oddział ZG Rudna

² KGHM – Polska Miedź S.A. Centrala

³ KGHM Cuprum

* pawel.stefaniak@kghmcuprum.com

Słowa kluczowe: przenośniki taśmowe, efektywność energetyczna, transport urobku

Referat przedstawia propozycję modeli analitycznych dla odstawy taśmowej bazujących na danych rejestrowanych w zakresie funkcjonowania systemów automatyki przemysłowej. W praktyce funkcjonalność ta może być realnym wsparciem przy optymalizacji efektywności procesowej, szczególnie energetycznej. Zasadniczo, każde dowolne urządzenie energomechaniczne zasilane jest prądem i sterowane systemem automatyki przemysłowej. Postać sygnału prądowego zwykle zależna jest od różnych trybów pracy danego urządzenia wynikających m.in. z jego obciążenia zewnętrznego. Wykorzystując powszechnie znane techniki segmentacji szeregów czasowych, jak również analizę statystyczną możliwe jest osiągnięcie w pełni zautomatyzowanego procesu rozpoznawania reżimów operacyjnych urządzeń górniczych, jak również identyfikowanie innych charakterystycznych wzorców czy zdarzeń anomalnych wynikających z nieprawidłowości stanu. W ten sposób z relatywnie prostego sygnału natężenia prądu możliwe jest określenie szeregu wskaźników KPI kluczowych z punktu widzenia nadzoru operacyjnego, diagnozowania logistyki urobku, utrzymania ruchu czy strat energetycznych procesu transportowego w wielowymiarowym ujęciu. Referat przedstawia wdrożony model analityczny z kokpitami menedżerskimi obejmujący wszystkie 3 kopalnie KGHM Polska Miedź S.A. Przedstawiono główne funkcjonalności środowiska analitycznego, metodykę analizy danych oraz wybrane kokpity menedżerskie.



Badania przemysłowe sprawności zespołów napędowych przenośników taśmowych

PIOTR KULINOWSKI^{1*}, PIOTR KASZA¹, JACEK ZARZYCKI¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

* piotr.kulinowski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: zespoły napędowe, przenośnik taśmowy, energochłonność

Referat dotyczy zagadnień weryfikacji modeli obliczeniowych urządzeń technicznych poprzez badania realizowane na rzeczywistych obiektach w warunkach przemysłowych. W tym przypadku skoncentrowano się na problemie sprawności wielobębnowych napędów ciernych przenośników taśmowych stosowanych w podziemnych kopalniach rud miedzi. Z wykorzystaniem mobilnego stanowiska pomiarowego przeprowadzono badania podczas pracy ustalonej przenośników przy różnym obciążeniu materiałem transportowanym. Dzięki pomiarom kinematycznym, dynamicznym i elektrycznym parametrów pracy kilku przenośników taśmowych wyznaczono sprawności poszczególnych podzespołów systemów napędowych: silnika, sprzęgła hydrodynamicznego oraz wielobębnowego układu przeniesienia mocy mechanicznej na taśmę przenośnikową. W podsumowaniu zamieszczono dyskusję na temat wpływu sprawności napędu na energochłonność transportu taśmowego i na możliwych kierunkach zmian jej ograniczenia.



Aspekty związane z eksploatacją przenośników taśmowych oraz innowacyjne rozwiązania technologiczne wyspecjalizowanych taśm transporterowych

MACIEJ STEFANOWICZ¹, BARBARA HAJDUGA¹, MARCIN KIEŁTYKA^{1*}

¹ Fabryka Taśm Transporterowych Wolbrom S.A., ul. 1 Maja 100, 32-340 Wolbrom

* mkieltyka@fttwolbrom.com.pl

Słowa kluczowe: transport taśmowy, taśmy przenośnikowe

Transport taśmowy znajduje zastosowanie niemal we wszystkich gałęziach przemysłu, od przetwórci spożywczych i rolnictwa, aż po kopalnie i koksownie. Taśmy przenośnikowe produkowane są coraz częściej z uwzględnieniem wymagań oraz warunków pracy konkretnego przenośnika, istotne parametry wyrobu ustalane są na podstawie informacji pozyskanych od użytkownika, dlatego na tym etapie ważne jest podejście prokonsumenckie. W wielu przypadkach standardowe rozwiązania nie są wystarczające. Chcąc wyjść naprzeciw oczekiwaniom klientów Fabryka Taśm Transporterowych w Wolbromiu stale szuka nowych rozwiązań technologicznych, które niejednokrotnie dzięki współpracy z Politechniką Wrocławską zostały przekute w nowe wyroby, takie jak taśmy EPP o podwyższonej odporności na przebicia i przecięcia lub taśmy na bazie rdzeni Fleximat ułatwiające układanie się taśmy w nieckę na przenośniku.



Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych węzłów łożyskowych na opory obracania krążnika

PIOTR KULINOWSKI^{1*}, PIOTR KASZA¹, JACEK ZARZYCKI¹

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

* piotr.kulinowski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, krążniki, opory ruchu

Referat przedstawia wyniki badań laboratoryjnych oporów obracania krążników pod obciążeniami eksploatacyjnymi. Przez obciążenia eksploatacyjne rozumie się siły promieniowe i osiowe działające na krążnik o wartościach odpowiadających tym, jakie występują w warunkach jego pracy w kopalniach rud miedzi. Znajomość oporów obracania jest ważna nie tylko na etapie projektowania przenośnika, doboru mocy napędowej czy obliczeń niezbędnej wytrzymałości taśmy, ale także przy doskonaleniu i poszukiwaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych krążników. Przyjęte do badań krążniki zróżnicowano pod względem typów łożysk i luzu osiowego. Badania przeprowadzono na specjalistycznym stanowisku badawczym zaprojektowanym i zbudowanym przez autorów. Konstrukcja stanowiska umożliwia zadawanie obciążeń promieniowych i osiowych podczas pomiaru oporów obracania. Obiektem badań były krążniki $\varnothing 133 \times 465$, które są najczęściej stosowane w przemyśle surowcowym. W podsumowaniu przedstawiono ocenę możliwości zmniejszenia energochłonności przenośnika taśmowego poprzez odpowiedni dobór cech konstrukcyjnych zespołu łożyskowego krążnika.