



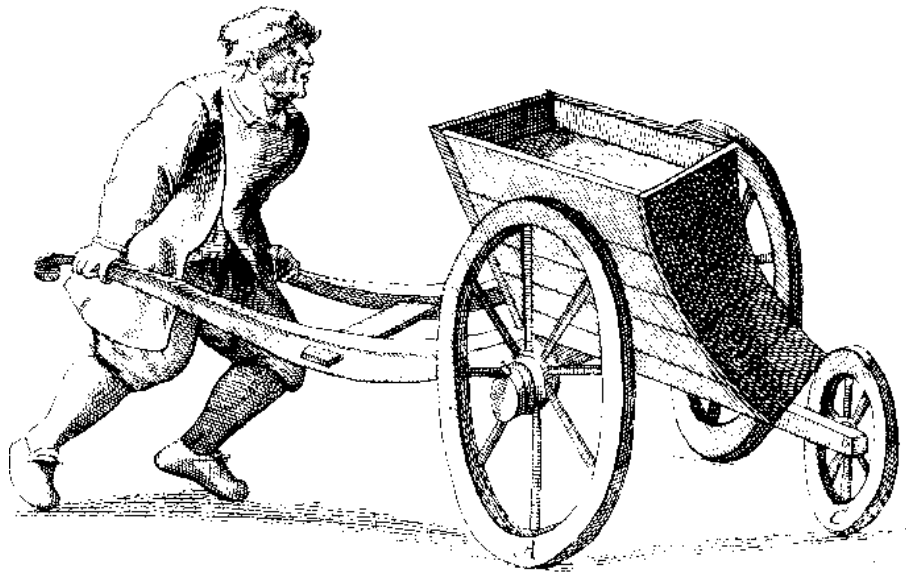
Politechnika
Wrocławska



Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii



Katedra
Górnictwa



XXIV Szkoła Naukowa im. prof. Tadeusza Żura

Podstawowe Problemy Transportu Przenośnikowego

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW



Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

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

Podstawowe Problemy Transportu Przenośnikowego

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

Kudowa-Zdrój, 25–27.09.2024 r.



**Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2024**

Wydrukowano na podstawie przesłanych abstraktów

Publikację Książki Abstraktów sfinansowała Politechnika Wrocławska

Redaktor: Ryszard Błazej

Opracowanie techniczne: Aleksandra Rzeszowska

Wydawca: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

ISBN: 978-83-7493-284-4

DOI: 10.37190/XXIVSzkNaukPPTP2024



Spis treści

Sesja I – Taśma przenośnikowa i jej badania

prowadzący: dr hab. inż. Ryszard Błażej, prof. uczelni

- R. Błażej, L. Jurdziak, A. Rzeszowska, Z. Konieczka, L. Szczepanik, Z. Sarbinowski – *Korzyści z diagnostyki stanu technicznego taśm przenośnikowych – wdrożenie systemu DiagBelt+ w KWB Bełchatów* 5
- P. Bortnowski – *Modelowanie pracy taśmowego napędu pośredniego z dodatkowym sprzężeniem ciernym taśm w ciągnie dolnym* 6
- M. Hardygóra, D. Woźniak – *Stan naprężeń w taśmie przenośnikowej na odcinku przejściowym przenośnika* 7
- L. Jurdziak, M. Bajda, R. Błażej – *Energooszczędność taśm przenośnikowych* 8

Sesja II – Innowacje i badania w zakresie technologii transportu taśmowego

prowadzący: dr hab. inż. Piotr Kulinowski, prof. uczelni

- P. Kochaj, D. Osowski, P. Kulinowski – *Diagnostyka trasy przenośnika taśmowego w aspekcie prowadzenia jazdy ludzi* 9
- J. Wodecki, P. Trybała, J. Szrek, R. Zimroz – *Roboty mobilne jako wsparcie w problemie inspekcji przenośników taśmowych* 10
- P. Hałubek, P. Kulinowski – *Stanowisko laboratoryjne do badań współczynnika tarcia i wskaźnika intensywności zużycia pary ciernej stal-guma* 11
- P. Dąbek, P. Krot, A. Wróblewski, R. Zimroz – *Analiza porównawcza młotów udarowych na podstawie rozkładów czasowych częstotliwości uderzeń* 12
- R. Błażej, L. Jurdziak, A. Rzeszowska – *Badanie rozkładu temperatur na płytach grzewczych prasy wulkanizacyjnej* 13

Sesja III – Nowe rozwiązania w przenośnikach taśmowych

prowadzący: prof. dr hab. inż. Robert Król

- M. Ozdoba, P. Bortnowski, R. Król – *Hałas przenośnika taśmowego – zagadnienia wybrane* 14
- P. Kulinowski, P. Kasza, J. Zarzycki – *Wielokryterialna metoda wyboru krążników dla górniczych przenośników taśmowych* 15
- M. Drewniak, K. Kiercul, P. Kulinowski, W. Proć – *Laboratoryjne testy doświadczalne i badania symulacyjne grawitacyjnego układu napinania taśmy z wieżą niską typu WN* 16
- B. Żmuda – *Oczyszczanie i ochrona taśm przenośnikowych* 17

Sesja IV – Ekonomia i ochrona środowiska w transporcie przenośnikowym

prowadzący: dr hab. inż. Leszek Jurdziak, prof. uczelni

- L. Jurdziak, W. Kawalec, Z. Kasztelewicz, P. Parczyk – *Transport taśmowy jako dynamiczny odbiorca nadwyżek energii zielonej* 18
- P. Kulinowski, Ł. Cieślik, D. Osowski – *Badania symulacyjne efektywności pracy mechanicznego zbiornika retencyjnego w systemie transportowym kopalni węgla kamiennego* 20



- M. Mularczyk, M. Dębicki, A. Jarosz – *IGUS – Nowoczesne systemy zasilania w przemyśle ciężkim* 21
- N. Suchorab-Matuszewska, M. Konieczka-Fuławka, W. Kawalec, R. Król – *Ocena efektywności energetycznej transportu taśmowego w oparciu o dotychczasowe doświadczenia* 22
- A. Jastrząb, W. Kawalec, Z. Krysa, P. Szczeszek – *Badania symulacyjne transportu biomasy w elektrowni z uwzględnieniem ograniczeń środowiskowych* 23





Korzyści z diagnostyki stanu technicznego taśm przenośnikowych – wdrożenie systemu DiagBelt+ w KWB Bełchatów

RYSZARD BŁAŻEJ^{1*}, LESZEK JURDZIAK¹, ALEKSANDRA RZESZOWSKA¹, ZBIGNIEW KONIECZKA², LESZEK SZCZEPANIK², ZBIGNIEW SARBINOWSKI²

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

² PGE GiEK S.A., Oddział KWB Bełchatów, ul. św. Barbary 3, Rogowiec.

* ryszard.blazej@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: taśma przenośnikowa, wdrożenie systemu diagnostycznego, racjonalna gospodarka taśmami, metoda magnetyczna, Diaggbelt

W ramach projektu POIR.01.01.01-00-1194/19 w PGE GiEK S.A. O/KWB Bełchatów wdrożono system diagnostyczny DiagBelt+, który znacząco usprawnia zarządzanie taśmami przenośnikowymi. System ten, oparty na metodzie magnetycznej, umożliwia szczegółową i wiarygodną ocenę stanu technicznego rdzenia taśm z linkami stalowymi. Przed wdrożeniem systemu decyzje dotyczące napraw i wymian taśm w Kopalni podejmowano głównie na podstawie ich zewnętrznego wyglądu oraz szacowanego czasu pracy, co często prowadziło do niewłaściwej oceny faktycznego stanu technicznego. Dzięki wykorzystaniu systemu diagnostycznego DiagBelt+ możliwe stało się dokładne monitorowanie stopnia zużycia rdzenia taśm w trakcie cyklicznych pomiarów przeprowadzanych. Tradycyjne metody oceny stanu taśm, oparte na wizualnej inspekcji i wieku (kalendarzowego i odniesionego do oczekiwanego czasu pracy na danym przenośniku), okazały się niewystarczające. Wdrożenie nowoczesnych systemów diagnostycznych przyniosło Kopalni wymierne korzyści, eliminując możliwość przedwczesnej regeneracji taśm zdalnych do dalszej pracy lub poniesienia kosztów podjęcia prób regeneracji (transportu i frezowania okładek) taśm nie nadających się do niej (zbyt zużytych).

System DiagBelt+ automatycznie identyfikuje połączenia w pętli taśm i dzieli ją na odcinki, umożliwiając analizę stopnia zużycia poszczególnych fragmentów (odcinków i połączeń) niezależnie. Dostarcza także informacje na temat liczby i rozmiaru uszkodzeń, co pozwala na wczesne wykrywanie potencjalnych awarii i podjęcie działań zapobiegawczych.

Wdrożony system umożliwia predykcję tempa rozwoju uszkodzeń, co pozwala wyznaczyć pozostały czas pracy do optymalnego momentu jej wymian w celu regeneracji. Analiza rozkładu uszkodzeń na przekroju poprzecznym taśmy umożliwia identyfikację obszarów nadmiernie zużytych. Wiedza ta może być wykorzystana do modyfikacji przesypów lub zmiany sposobu obciążenia przenośnika, aby doprowadzić do równomiernego zużycia taśmy na całym przekroju i wydłużyć czas jej pracy.

System DiagBelt+ wspiera racjonalną eksploatację taśm w oparciu o ich stan, co przynosi oszczędności oraz zmniejsza ryzyko kosztownych awarii i przestojów. Na Politechnice Wroclawskiej system jest stale rozwijany i ulepszany. Ostatnie modyfikacje obejmują m.in. możliwość oceny geometrii połączeń taśm. Wspierają prowadzenie optymalnej gospodarki taśmami oraz zmniejszają ryzyko nieprzewidzianych awarii.



Modelowanie pracy taśmowego napędu pośredniego z dodatkowym sprzężeniem ciernym taśm w ciągnie dolnym

PIOTR BORTNOWSKI

Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław
piotr.bortnowski@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: taśmowy napęd pośredni, siła tarcia, poślizg sprężysty taśmy, zdolność trakcyjna

Taśmowe napędy pośrednie stanowią specyficzną grupę napędów przenośników taśmowych, w których energia napędowa przekazywana jest poprzez wzajemne sprzężenia dwóch taśm: taśmy pędzonej, pełniącej rolę głównej taśmy transportującej urobek, oraz taśmy pędzącej dodatkowego przenośnika (napędu pośredniego), zabudowanego pomiędzy ciągnami przenośnika głównego. Taki rodzaj napędu pozwala na zredukowanie naprężeń w taśmie pędzonej oraz na zastosowanie taśmy o mniejszej wytrzymałości nominalnej, co jednocześnie ogranicza wymaganą liczbę przesypów i umożliwia znaczne wydłużenie przenośnika. Tradycyjne rozwiązania zakładają, że taśmy sprzężone są ze sobą tylko w ciągnie górnym, a wzajemny docisk generowany jest przez ciężar urobku oraz taśmy pędzonej. Alternatywne rozwiązanie, jakim są taśmowe napędy pośrednie dwucięgnowe, wprowadza dodatkowe sprzężenie cierne w ciągnie dolnym, co pozwala na wyeliminowanie dodatkowych podpór krążnikowych w tej sekcji. Umożliwia to prowadzenie taśmy pędzącej i pędzonej na wspólnych zestawach krążnikowych, a także redukcję wymaganej długości napędu pośredniego. Jednak z uwagi na liczne problemy związane ze sterowaniem obciążeniem jednostek napędowych, ten wariant napędu pośredniego nie był dotychczas wdrażany w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Szczegółowa analiza teoretyczna oraz wyniki badań eksperymentalnych wykazały, że taśmowe napędy dwucięgnowe mogą faktycznie zwiększyć zdolności trakcyjne całego układu, pod warunkiem właściwej lokalizacji napędu wzdłuż trasy transportowej. Zdolność trakcyjna każdego ze sprzężonych ciągnięć definiowana jest przez odpowiedni rozkład naprężeń taśm na odcinkach sprzężenia ciernego, co jest związane z odkształceniami sprężystymi współpracujących taśm, określanymi jako poślizgi sprężyste. Przy optymalnym rozkładzie naprężeń, napęd dwucięgnowy pozwala na zwiększenie zdolności trakcyjnej, co przejawia się w możliwości przekazywania większej siły tarcia oraz redukcji naprężeń w taśmie pędzonej.





Stan naprężeń w taśmie przenośnikowej na odcinku przejściowym przenośnika

MONIKA HARDYGÓRA, DARIUSZ WOŹNIAK*

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

* dariusz.wozniak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: taśma przenośnikowa, odcinek przejściowy przenośnika nieckowego, model teoretyczny taśmy, stan naprężenia

Na odcinku przejściowym przenośnika dochodzi do znacznego zróżnicowania sił wzdłużnych w taśmie. Opracowano uniwersalny model teoretyczny taśmy na odcinku przejściowym przenośnika nieckowego, gdzie w przypadku taśm z linkami stalowymi taśma podzielona jest na linki i warstwy gumy, a w przypadku taśmy z rdzeniem tekstylnym na wąskie pasma. Model teoretyczny uwzględnia siły wzdłużne oraz siły styczne jako oddziaływanie między sąsiednimi linkami/pasmami. Wyznaczono w badaniach laboratoryjnych moduł sprężystości wzdłużnej oraz zastępczy moduł odkształcenia postaciowego między pasmami taśmy. Następnie wyznaczono stan wymuszeń geometrycznych taśmy na odcinku przejściowym oraz stan naprężeń w taśmie. Przeprowadzona analiza potwierdziła nierównomierność obciążeń taśmy. Porównując otrzymane wyniki ze znanymi wynikami badań metodą FEM można zauważyć dużą zbieżność przebiegu zmian naprężeń w taśmie.

Analizowano wpływ rodzaju taśmy na nierównomierność obciążeń na odcinku przejściowym przenośnika. Zastosowanie taśmy o innych właściwościach sprężystych przy zachowaniu tych samych parametrów geometrycznych odcinka przejściowego może nawet kilkukrotnie zwiększyć nierównomierność obciążeń taśmy. Ma to szczególne znaczenie w przypadku odcinka przejściowego przed bębniem napędowym, gdzie zazwyczaj występuje najwyższy poziom sił w taśmie.

Analizowano wpływ długości odcinka przejściowego na nierównomierność obciążeń taśmy. Im większy moduł sprężystości podłużnej taśmy tym dłuższy powinien być odcinek przejściowy. Zatem w przypadku taśm poliamidowych będą najkrótsze odcinki przejściowe, a w przypadku taśm z linkami stalowymi najdłuższe.

Analizowano również wpływ kąta niecki, szerokości taśmy oraz wysokości wyniesienia płaszcza bębna ponad płaszcza krążnika środkowego niecki na nierównomierność obciążeń taśmy. Istnieją optymalne wartości wysokości bębna w stosunku do położenia krążnika środkowego niecki, dla których nierównomierność obciążeń taśmy jest najmniejsza. Położenie to zależy od szerokości taśmy i kąta niecki zestawów krążnikowych. Zmiana kąta niecki lub szerokości taśmy wymaga ponownego ustalenia optymalnego położenia bębna. W praktyce przy ustalaniu wysokości bębna, oprócz wytycznych wynikających z optymalizacji rozkładu naprężeń w taśmie, należy również uwzględnić warunki przesypu transportowanego materiału i jego trajektorię ruchu po zejściu z bębna.



Energooszczędność taśm przenośnikowych

LESZEK JURDZIAK, MIROSLAW BAJDA*, RYSZARD BŁAŻEJ

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

* mirosław.bajda@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: taśma energooszczędna, przenośnik węglowy, jednostkowy wskaźnik zużycia energii

Na podstawie wielomiesięcznych obserwacji przeprowadzono analizę zużycie energii przez trzy bliźniacze przenośniki taśmowe transportujące węgiel z kopalni węgla brunatnego do elektrowni. Na dwóch przenośnikach zainstalowano taśmy standardowe a na jednym taśmę energooszczędną. Raz w miesiącu w kopalni rejestrowano czasy prac, przeniesioną masę i zużytą energię. Obliczono rzeczywistą wydajność i jednostkowy wskaźnik energii zużywanej na przeniesienie 1 Mg węgla na odległość 1 km w kolejnych miesiącach analizowanego okresu. Stwierdzono istotne statystycznie różnice w zużyciu energii pomiędzy przenośnikami. Wykazano, że przyczyną statystycznie istotnych różnic w jednostkowym wskaźniku zużycia energii pomiędzy badanymi przenośnikami jest istotna statystycznie różnica w obciążaniu obu przenośników. Analiza dobranych krzywych regresji dla przenośników standardowych wykazała, że zmiany wskaźnika zużycia energii można wytłumaczyć zmianami średnich wydajności. Wzrost średniej wydajności z 2000 Mg/g do 2700 Mg/h może wiązać się ze spadkiem jednostkowego wskaźnika zużycia energii nawet o 80 Wh/Mg/km. Uwzględniono wpływ warunków atmosferycznych i model prognozy wskaźnika zużycia energii został uzupełniony o składnik zależny od temperatury. Opracowany model był konieczny aby interpretacja energooszczędności taśm nie była zaburzona wpływem obciążenia przenośnika i temperatury. Model ten został wykorzystany do porównania zużycia energii na przenośniku z taśmą energooszczędną. Wykazano istotny wpływ rodzaju taśmy na wskaźnik jednostkowego zużycia energii. Różnice te wynoszą ok. 7 %, co zmniejsza zużycie energii o ok. 18,4 Wh/Mg/km. Oszacowane roczne oszczędności to ok. 170 MWh na 1 km przenośnika.





Diagnostyka trasy przenośnika taśmowego w aspekcie prowadzenia jazdy ludzi

PAWEŁ KOCHAJ^{1*}, DAWID OSOWSKI¹, PIOTR KULINOWSKI²

¹ Lubelski Węgiel Bogdanka S.A., 21-013 Bogdanka

² Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* pkochaj@lw.com.pl

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

Celem prezentacji jest przedstawienie opracowanego systemu diagnostycznego przenośników taśmowych, przeznaczonego do oceny stanu technicznego trasy przenośnika na przykładzie kopalni LW Bogdanka S.A. System ten ma na celu poprawę bezpieczeństwa transportu pracowników, umożliwiając monitorowanie trasy przenośnika przeznaczonego do transportu załogi. System wykorzystuje układ czujników oraz mobilną jednostkę akwizycji i przetwarzania danych do identyfikacji parametrów biegu taśmy, co umożliwia dokładną ocenę parametrów geometrycznych i stanu technicznego konstrukcji trasy przenośnika taśmowego. Opracowany przyrząd pomiarowy, będący centralnym elementem systemu, umożliwi identyfikację parametrów kinematycznych taśmy przemieszczającej się po trasie przenośnika, takich jak przyspieszenie, prędkość oraz położenie w przestrzeni. Badania pilotażowe potwierdziły funkcjonalność zastosowanych rozwiązań technicznych. Wdrożenie systemu umożliwi nie tylko poprawę bezpieczeństwa transportu pracowników w odległych rejonach wydobywczych, ale także stworzy podstawę do długoterminowego i systematycznego monitorowania stanu technicznego przenośników taśmowych, co przyczyni się do poprawy efektywności procesów transportowych w kopalni podziemnej.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Roboty mobilne jako wsparcie w problemie inspekcji przenośników taśmowych

JACEK WODECKI^{1*}, PAWEŁ TRYBAŁA¹, JAROSŁAW SZREK², RADOSŁAW ZIMROZ¹

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

² Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, ul. Łukasiewicza 5, 50-370 Wrocław

* jacek.wodecki@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe:

Eksploatacja głębinowych kopalni wiąże się z koniecznością ciągłego monitorowania stanu infrastruktury, w tym przenośników taśmowych, które są kluczowym elementem transportu urobku. Inspekcje te, tradycyjnie przeprowadzane przez ludzi, są czasochłonne, kosztowne i wiążą się z wysokim ryzykiem dla pracowników. W prezentacji przedstawiono potencjał wykorzystania robotów mobilnych (UGV - Unmanned Ground Vehicle) do automatyzacji procesu inspekcji przenośników taśmowych w kopalniach podziemnych.

Roboty mobilne, wyposażone w odpowiednie sensory, takie jak kamery RGB, kamery termowizyjne, czujniki gazów, czy skanery laserowe, mogą skutecznie identyfikować potencjalne zagrożenia i uszkodzenia. Autorzy przedstawiają przykład prototypu robota inspekcyjnego opracowanego na bazie platformy UGV, wyposażonego w kamery oraz inne czujniki.

Zastosowanie robotów mobilnych w inspekcjach przynosi szereg korzyści:

- Zwiększenie bezpieczeństwa pracowników poprzez ograniczenie ich ekspozycji na niebezpieczne środowisko kopalni.
- Zwiększenie częstotliwości inspekcji, co pozwala na wcześniejsze wykrywanie usterek i zapobieganie awariom.
- Obniżenie kosztów eksploatacji przenośników poprzez optymalizację prac konserwacyjnych.
- Możliwość dotarcia do miejsc trudno dostępnych dla człowieka.
- Zbieranie i analiza danych z inspekcji, co umożliwia wdrożenie predykcyjnego zarządzania utrzymaniem ruchu.

Rozwój technologii robotyki mobilnej, a w szczególności algorytmów nawigacji autonomicznej, stwarza perspektywy dla pełnej automatyzacji procesu inspekcji przenośników taśmowych w kopalniach. Zainteresowanie robotyką mobilną przez różne gałęzie przemysłu wskazuje, że przyszłości roboty inspekcyjne będą mogły samodzielnie poruszać się w wyrobiskach kopalnianych, identyfikować i lokalizować uszkodzenia, a także przekazywać dane do systemu zarządzania utrzymaniem ruchu.



Stanowisko laboratoryjne do badań współczynnika tarcia i wskaźnika intensywności zużycia pary ciernej stal-guma

PIOTR HAŁUBEK*, PIOTR KULINOWSKI

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* halubek@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: zużycie ściernie, stal-guma, kąt zukosowania krążników

W referacie przedstawiono metodę badania parametrów współpracy układu krążnik - taśma opartą o model zużycia ściernego typu „tarcza-tarcza”. Na wstępie omówiono genezę powstania koncepcji nowego laboratoryjnego stanowiska badawczego oraz przedstawiono założenia konstrukcyjne. Celem budowy stanowiska i prowadzenia badań było określenie wskaźnika intensywności zużycia i współczynnika tarcia pary ciernej guma-stal, odwzorowującego współpracę krążnika z płaszczem stalowym z taśmą gumową przenośnika taśmowego, w zależności od kąta zukosowania krążka, nacisku i prędkości. Wykorzystując gumowe próbki w kształcie krążków, a następnie mocując je w nieruchomych ramionach dźwigni i ukosując oś obrotu próbek o niewielki kąt względem osi obrotu bębna stalowego, po którym się toczą, uzyskano model współpracy ciernej materiałów guma-stal typu „tarcza-tarcza”. Następnie omówiono metodę pomiaru, polegającą na pośrednim pomiarze zużytego materiału krążków gumowych, poprzez pomiar średnic przed i po badaniu, w odniesieniu do przebytej przez nich drogi zużycia. Przedstawiono także możliwości badawcze stanowiska takie jak pomiar współczynnika tarcia w zależności od siły nacisku na próbki oraz pomiar zużycia mocy i siły centrującej dla różnych kątów zukosowania. Podsumowanie prezentacji stanowią wyniki badań pilotażowych, potwierdzających zasadność przyjętych założeń i celowość budowy nowego stanowiska badawczego.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Analiza porównawcza młotów udarowych na podstawie rozkładów czasowych częstotliwości uderzeń

PRZEMYSŁAW DĄBEK*, PAVLO KROT, ADAM WRÓBLEWSKI, RADOSŁAW ZIMROZ

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

* przemyslaw.dabek@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe:

Udarowe młoty kruszące w przemyśle górnictwem są powszechnie używanym narzędziem do kruszenia ponadgabarytowego materiału, który następnie transportowany jest dalej przez taśmy przenośnikowe. Jest to krok niezbędny, żeby zapewnić bezpieczną pracę przenośników mających ograniczenia odnośnie masy oraz rozmiarów materiałów sypkich. Młoty te najczęściej montowane są na platformach stacjonarnych, z operatorem pracującym wewnątrz kabiny chroniącej zarówno przed odłamkami jak i wysokimi temperaturami panującymi na stanowisku pracy. Autorzy przedstawiają porównanie dwóch rodzajów młotów kruszących – tradycyjnego młota hydraulicznego oraz młota elektrycznego zaprojektowanego przez firmę Lekatech w ramach projektu ECHO (Electrical Computerised Hammering Operator).

Porównanie oparte jest o wydajność pracy zdefiniowaną jako średni czas przetworzenia urobku w trakcie serii dostaw materiału dostarczanego przez maszyny kursujące pomiędzy młotem a przodkiem. Czas przetwarzania ładunku porównany został z częstotliwością uderzeń młota, która bezpośrednio wskazuje zwiększoną skuteczność algorytmów zaimplementowanych w młocie elektrycznym, który pozwala na dynamiczną kontrolę tego parametru. Wszystkie pomiary wykonane zostały na tym samym stanowisku w kopalni O/ZG Polkowice-Sieroszowice, przy wykorzystaniu sensorów typu IMU zamocowanych na obudowie młota.



Badanie rozkładu temperatur na płytach grzewczych prasy wulkanizacyjnej

RYSZARD BŁAŻEJ, LESZEK JURDZIAK, ALEKSANDRA RZESZOWSKA*

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

* aleksandra.rzeszowska@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: prasa wulkanizacyjna, rozkład temperatur, połączenia taśm przenośnikowych, taśmy przenośnikowe, pomiar temperatury

Utrzymanie stałej temperatury na całej powierzchni płyt grzewczych w trakcie wulkanizacji taśm przenośnikowych jest istotne dla zapewnienia wymaganej jakości i trwałości wykonywanych połączeń. Złącza taśmowe są najsłabszym ogniwem łańcucha, a ich rozejście się może prowadzić do kosztownych awarii i długotrwałych przestoju produkcji. Nawet niewielkie odchylenia od zalecanej temperatury w trakcie przeprowadzania procesu wulkanizacji mogą spowodować, że guma zostanie niewystarczająco zwulkanizowana lub przegrzana, co negatywnie wpływa na jej właściwości fizyczne i mechaniczne. Mimo zachowania najwyższych standardów podczas wulkanizacji (odpowiednia czystość, geometria połączenia, czas wulkanizacji), czasem połączenia nie spełniają wymagań wytrzymałościowych. Może to wynikać z niskiej jakości taśm lub używanych materiałów, ale także z wadliwego działania samej prasy wulkanizacyjnej. W praktyce stosunkowo rzadko weryfikuje się stan i poprawność działania pras wulkanizacyjnych, a ewentualnie prowadzone inspekcje ograniczają się do punktowych pomiarów z wykorzystaniem termopar. Na Politechnice Wrocławskiej przeprowadzono pierwsze badania diagnostyczne tych urządzeń za pomocą kamer termowizyjnych, które wykazały różnice w rozkładzie temperatur na płytach grzewczych pras pochodzących od tego samego producenta oraz różne tempo nagrzewania i stabilizacji temperatury na poszczególnych płytach.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Hałas przenośnika taśmowego – zagadnienia wybrane

MAKSYMILIAN OZDOBA*, PIOTR BORTNOWSKI, ROBERT KRÓL

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

* maksymilian.ozdoba@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: hałas, przenośnik taśmowy, krążniki

Przenośniki taśmowe, powszechnie stosowane w górnictwie odkrywkowym, stanowią istotne źródło hałasu. W ostatnich latach w Katedrze Górnictwa Politechniki Wroclawskiej przeprowadzono liczne badania laboratoryjne w celu lepszego zrozumienia mechanizmów jego powstawania oraz oszacowania poziomu emisji do otoczenia. Testy różnych konfiguracji przenośnika wykazały, że hałas jest silnie zależny od ilości krążników zainstalowanych na stanowisku pomiarowym oraz prędkości liniowej taśmy, natomiast wpływ siły napinającej taśmę na hałas jest znikomy. Do pomiarów wykorzystano atestowany miernik hałasu oraz kamerę akustyczną. W ramach badań do poszczególnych zakresów częstotliwości przypisano elementy odpowiedzialne za emitowany hałas. Wśród nich zidentyfikowano taśmę przenośnikową i towarzyszące jej drganiom poprzecznym zjawisko „pompowania powietrza”. Pozyskana wiedza zainspirowała do dalszych badań drgań taśmy co zaowocowało opracowaniem modelu drgań poprzecznych taśmy, który uwzględnia sztywność poprzeczną niecki.

Badania udziału poszczególnych elementów przenośnika na emitowany hałas podkreślają dużą rolę krążników w pełnym spektrum emisji. Bazując na literaturze, określono mechanizmy generowania hałasu przez element obrotowy współpracujący z taśmą. Na potrzeby badań opracowano metodę pozwalającą na oddzielenie hałasu emitowanego przez krążnik od tła akustycznego. Aby zredukować zakłócenia, zaprojektowano komorę redukującą refleksy akustyczne i zastosowano specjalne antywibracyjne podłoże. Aby jak najlepiej odwzorować warunki rzeczywiste, stanowisko badawcze umożliwiała regulację prędkości obrotowej krążnika oraz jego obciążenia promieniowego, odpowiadającego różnym stanom wydajności przenośnika. Do badań wykorzystano miernik hałasu, gwarantujący pełną powtarzalność wyników oraz stosując przy tym wytyczne norm ISO 11201:2010 i ISO 3744:2010. Na podstawie wyników badań pilotażowych zaobserwowano, że wpływ prędkości obrotowej krążnika na hałas wykazuje trend liniowy, co wynika z charakterystyki pracy łożysk. Natomiast wpływ obciążenia promieniowego na hałas pozostaje niejednoznaczny, wskazując na zależność od stanu technicznego krążnika. Otrzymane wyniki zostaną wykorzystane do opracowania aktywnych metod redukcji emisji hałasu przenośników taśmowych. Ponadto planowana jest kontynuacja badań dla większej próby krążników o różnych cechach konstrukcyjnych. Na ich podstawie powstaną dedykowane modele prognozowania hałasu krążników, które będzie można wykorzystać na etapie projektowania trasy przenośnika.





Wielokryterialna metoda wyboru krążników dla górniczych przenośników taśmowych

PIOTR KULINOWSKI*, PIOTR KASZA, JACEK ZARZYCKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* piotr.kulinowski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: krążnik, badania normowe, wielokryterialna metoda wyboru

Decyzja o wyborze partii krążników dostarczonej przez producenta często oparta jest na wynikach badań przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami normy PN-M-46606. Aby próbka, o liczności zależnej od wielkości partii krążników, była zgodna z przytoczoną normą musi pozytywnie przejść wszystkie badania w niej zawarte. Spełnienie wymagań normowych przez próbkę krążników często decyduje o przyjęciu lub zwrocie całej partii przez zamawiającego. W referacie przedstawiono doświadczenia zebrane podczas badań próbek nowych krążników, przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami normy. Analiza porównawcza wyników badań z wymaganiami normowymi pokazała, że często o odrzuceniu partii krążników decydował parametr nieznacznie wykraczający poza tolerancję, a mający niewielkie znaczenie użytkowe, przy jednocześnie wysokiej jakości całej partii krążników. Wyniki przeprowadzonych testów doprowadziły autorów do wniosku, że waga poszczególnych parametrów nie jest równorzędna, szczególnie w aspekcie planowanego miejsca użytkowania, a co za tym idzie warunków eksploatacji krążników. Autorzy zaproponowali wykorzystanie wielokryterialnej metody podejmowania decyzji APEKS, która dla ustalonych kryteriów pozwala na wybór najlepszej partii krążników, przy określonych wagach parametrów normowych i innych cechach decydujących o przydatności krążników do planowanych warunków eksploatacji.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Laboratoryjne testy doświadczalne i badania symulacyjne grawitacyjnego układu napinania taśmy z wieżą niską typu WN

MARIUSZ DREWNIAK¹, KRZYSZTOF KIERCUL², PIOTR KULINOWSKI^{3*}, WOJCIECH PROĆ²

¹ KGHM ZG „Lubin”, ul. M. Skłodowskiej-Curie 188, 59-301 Lubin

² KGHM ZANAM S.A. ul. Kopalniana 7 PL - 59-101 Polkowice

³ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

* piotr.kulinowski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośniki taśmowe, urządzenia napinające, badania laboratoryjne, badania symulacyjne

W referacie przedstawiono genezę projektu niskowieżowego układu napinania taśmy, przystosowanego do wymagań podziemnych kopalń rud miedzi. Na wstępie omówiono wymagania gabarytowe, założenia konstrukcyjne i eksploatacyjne zdefiniowane dla nowego typu urządzenia napinającego taśmę. Następnie zaprezentowano plan laboratoryjnych badań doświadczalnych fizycznego modelu przenośnika taśmowego, zaadaptowanego do badań porównawczych ciężarowych układów napinania oraz testów sprawności wielokrążkowego układu zlinowania. Wyniki badań układów napinania przy zmiennym stanie obciążenia pozwoliły na porównanie sprawności ciężarowych układów napinania w zależności od stanu pracy i zastosowanej konfiguracji zlinowania. W dalszej części prezentacji przedstawiono numeryczny model symulacyjny i wyniki testów przeprowadzonych na modelu typowego przenośnika taśmowego stosowanego w kopalniach KGHM. Wyniki badań potwierdziły skuteczność zaproponowanego rozwiązania konstrukcyjnego oraz określiły obszar stosowalności układów napinania o zmniejszonej wysokości, z ograniczoną drogą napinania i dodatkowym układem zlinowania. W podsumowaniu przedstawiono projekt grawitacyjnego układu napinania taśmy z wieżą niską typu WN przeznaczonego dla kopalń KGHM.





Oczyszczanie i ochrona taśm przenośnikowych

BARTOSZ ŻMUDA

GERO Technik Sp. Z O.O. ul. Krapkowicka 19, 47-320 Obrowiec
* handlowy@gerotechnik.pl

Słowa kluczowe: taśmy przenośnikowe, zgarniacze, stacje amortyzujące, centrowanie taśm

W obecnych czasach, w których przedsiębiorstwa produkcyjne oraz wydobywcze dążą do automatyzacji, optymalizacji procesów produkcyjnych zwiększając ich wydajność, jednocześnie ograniczając w niej pierwiastek ludzki, powszechnie pojawiającym się problem jest nadzór nad prawidłowością pracy całych przenośników i ich podzespołów oraz utrzymanie ich w należyтым porządku. Naprzeciw tym wymaganiom wychodzą produkty polskiej marki GERO Technik specjalizującej się w ochronie oraz oczyszczaniu taśm przenośnikowych. Dzięki zastosowaniu zgarniaczy o szerokim spektrum działania pełniących różne role użytkownicy zwiększają swoją wydajność produkcyjną, ograniczają straty transportowanego materiału oraz mogą zmniejszać koszty związane z utrzymaniem porządku pod oraz wokół przenośnika taśmowego. Stosując produkty z zakresu ochrony taśm przenośnikowych takich jak stacje amortyzujące, osłony atmosferyczne, stacje centrujące oraz rolki korygujące zwiększamy bezpieczeństwo pracowników, żywotność komponentów przenośnika taśmowego (np. żywotność taśmy) i komfort pracy.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Transport taśmowy jako dynamiczny odbiorca nadwyżek energii zielonej

LESZEK JURDZIAK¹, WITOLD KAWALEC^{1*}, ZBIGNIEW KASZTELEWICZ², PAWEŁ PARCZYK³

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

² AGH, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Politechnika Wroclawska, Wydział Informatyki i Telekomunikacji, ul. Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław

* witold.kawalec@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: nadwyżki OZE, odłączanie, węgiel brunatny, magazyn energii

Coraz powszechniejsze wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii, takich jak energia wiatrowa i słoneczna, stwarza wyzwania dla stabilności systemu energetycznego ze względu na pojawianie się nieprzewidywalnych nadwyżek energii w systemie, dla której nie ma odbioru i której nie da się zmagazynować. Prowadzi to do zjawiska ograniczania podaży ze źródeł OZE (ang. RES curtailment). Pierwszeństwo odbioru energii OZE wymusza często pracę elektrowni węglowych (w tym na węgiel brunatny - WB) na maksymalnie obniżonej wydajności, co redukuje ich sprawność i zwiększa jednostkową emisję CO₂. Dla kopalń WB oznacza to także znaczne wahania wydobycia węgla sięgające 1,0-1,8 mln Mg/miesiąc (20–40% średniej produkcji w miesiącu).

W Polsce, dziś i w najbliższej przyszłości (co najmniej do momentu wybudowania elektrowni atomowych), elektrownie na WB będą kluczowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo energetyczne. Elektrownia Bełchatów o mocy 5,8 GW (65% mocy na WB i 78% produkcji w 2023 r.) to centralna elektrownia w systemie energetycznym. Aby zapewnić jej dłuższą eksploatację, konieczny jest jednak dostęp do nowego złoża węgla – Złoczewa. Inne krajowe elektrownie na WB też są dogodnie zlokalizowane. Najbardziej wysunięta na zachód elektrownia Turów, ma nową jednostkę (500 MW), a jej zmodernizowane jednostki mają łączną moc 1,5 GW. Elektrownie na WB o łącznej mocy 8,5 GW, zużywają tanie, krajowe paliwo, którego pozyskanie jest niewrażliwe na światowe wahania cen paliw na świecie. Niestety z uwagi na rosnące koszty wykupu pozwoleń na emisję CO₂ stosowanie tego paliwa obciąża przychody elektrowni ogromnymi kosztami. Dla PGE GiEK SA to 20 mld zł/rok. Z uwagi na to, że WB jest wciąż niezbędny w systemie w Polsce (i w Niemczech też), można nadwyżki energii z OZE zamienić na zapasy WB, tworząc swoisty magazyn „brunatnej energii”.

Aktualnie w Polsce jest już 18,6 GW mocy w PV i 9,5 GW w farmach wiatrowych. Ciągłe planuje się dalszy dynamiczny wzrost tej mocy. Operator sieci (PSE) szacował, że w weekend 27–28.04.2024 r. ilość energii nieoddanej do sieci wyniosła prawie 40 GWh z uwagi na brak odbioru. Maksymalny poziom wyłączenia źródeł PV w stosunku do mocy zainstalowanej wyniósł 68%, a wiatrowych 9%. Proces wykorzystania nadwyżek OZE w energochłonnych operacjach w górnictwie (np. transportu przenośnikami) stabilizowałby częściowo sieć poprzez dynamiczny odbiór energii i zredukowałby jej ograniczanie. Podnosiłby to też techniczny wskaźnik wykorzystania energii OZE, który w warunkach rosnących nadwyżek mocy w systemie (64 GW, gdy zapotrzebowanie to zaledwie 15–25 GW) musi spadać z uwagi na coraz częściej pojawiające się wyłączenia. Elektrownie węglowe mogą pracować z mocą obniżoną do ok. 60% mocy maksymalnej. Elektrowni gazowych mamy zbyt mało (4 GW) i są zbyt kosztowne, by pracować w podstawie. Krańcowy przyrost udziału OZE w miksie z kolejnego nowego GW mocy OZE musi więc być coraz mniejszy i przez to droższy! Górnictwo WB jest ogromnym odbiorcą energii, który z uwagi na pierwszeństwo OZE zmuszony jest do ograniczania



produkcji. Okresy nadwyżek OZE ponad zapotrzebowanie (np. z uwagi na nadmiar energii PV w ciągu dnia, które da się przewidywać) byłyby wykorzystane do zdejmowania nadkładu i tworzenia zapasów węgla przy elektrowni. Okres braku podaży energii z OZE (noc, zima i okresy bezwietrzne) wykorzystywany byłoby do produkcji energii z WB, pozyskanego uprzednio praktycznie „bezemisyjnie”. Ponadto wydłużenie żywotności stosunkowo nowych i wydajnych jednostek opalanych WB ułatwiłoby wycofywanie z eksploatacji starszych i zużytych jednostek opalanych węglem kamiennym, zmniejszając łączną emisję CO₂ ze źródeł węglowych.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Badania symulacyjne efektywności pracy mechanicznego zbiornika retencyjnego w systemie transportowym kopalni węgla kamiennego

PIOTR KULINOWSKI^{1*}, ŁUKASZ CIEŚLIK², DAWID OSOWSKI²

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Lubelski Węgiel Bogdanka S.A., 21-013 Bogdanka

* piotr.kulinowski@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: mechaniczny zbiornik retencyjny, badania symulacyjne, separacja skały płonnej

W referacie omówiono propozycję zastosowania mechanicznego zbiornika retencyjnego w systemie transportu urobku w podziemnej kopalni węgla kamiennego. Celem przeprowadzonych działań było zbadanie wpływu zastosowania zbiornika na stabilizację wydajności systemu odstawy, możliwości separacji skały płonnej oraz czasowe magazynowanie urobku pochodzącego z drążenia przodka chodnikowego. Badania in-situ w miejscu urabiania czoła przodka chodnikowego, gdzie prowadzono selektywną eksploatację, potwierdziły możliwość oddzielenia skały płonnej od urobku w celu jej dalszego zagospodarowania pod ziemią. W kolejnej części prezentacji przedstawiono dyskretny model systemu transportowego oraz jego możliwości badawcze. Przeprowadzone badania symulacyjne z wykorzystaniem numerycznego modelu systemu odstawy ze zbiornikiem mechanicznym pozwoliły na zbadanie możliwości zastosowania mechanicznego zbiornika retencyjnego dla różnych warunków eksploatacji. Wyniki badań potwierdziły, że proponowane rozwiązanie zwiększa efektywność transportu, minimalizując ryzyko przestojów oraz optymalizując pracę całego systemu odstawy.

W podsumowaniu przedstawiono koncepcję i projekt mechanicznego zbiornika wyrównawczego z dnem płytowym, przeznaczonego do zabudowy w chodnikach kopalni podziemnej węgla kamiennego.





IGUS – Nowoczesne systemy zasilania w przemyśle ciężkim

MATEUSZ MULARCZYK*, MICHAŁ DĘBICKI, ADAM JAROSZ

igus Sp. z o.o., ul. Działkowa 121C, 02-234 Warszawa

* mmularczyk@igus.net

Słowa kluczowe: e-przewodniki, przewody, zasilanie, praca w ruchu, projekty

W referacie przedstawiono innowacyjne rozwiązania w zakresie systemów prowadzenia energii w ruchu firmy IGUS, które odgrywają kluczową rolę w przemyśle ciężkim. Prowadniki kablowe są niezbędne do ochrony i zarządzania kablami w dynamicznych aplikacjach, takich jak: maszyny budowlane, dźwigi, przenośniki, czy linie produkcyjne. Firma IGUS, znana z zaawansowanych technologii polimerowych, oferuje prowadniki kablowe charakteryzujące się wysoką trwałością, odpornością na korozję oraz niską masą własną. W referacie omówiono również korzyści wynikające z zastosowania przewodników kablowych IGUS, takie jak zwiększenie efektywności operacyjnej, redukcja kosztów utrzymania oraz poprawa bezpieczeństwa pracy. Przedstawiono również studia przypadków, które ilustrują praktyczne zastosowanie tych rozwiązań w różnych sektorach przemysłu ciężkiego. Celem referatu jest ukazanie, jak innowacyjne prowadniki kablowe firmy IGUS mogą przyczynić się do optymalizacji procesów przemysłowych oraz zwiększenia niezawodności i wydajności systemów kablowych.

PATRONAT HONOROWY



SPONSORZY



Ocena efektywności energetycznej transportu taśmowego w oparciu o dotychczasowe doświadczenia

NATALIA SUHORAB-MATUSZEWSKA*, MARTYNA KONIECZNA-FUŁAWKA, WITOLD KAWALEC,
ROBERT KRÓL

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

* natalia.suchorab@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, krążnik, taśma przenośnikowa, efektywność energetyczna

Transport przenośnikowy odgrywa znaczącą rolę w zapewnieniu ciągłego przepływu urobku szczególnie w kopalniach odkrywkowych i podziemnych. Efektywność energetyczna przenośników taśmowych stanowi obecnie istotny parametr opisujący jakość zarówno z perspektywy ekonomicznej jak i ekologicznej, ze względu na bezpośredni wpływ na koszty operacyjne oraz środowiskowe. Przeprowadzona analiza zagadnienia efektywności energetycznej przenośników taśmowych oparta na dotychczasowych badaniach przedstawia najnowsze rozwiązania technologiczne oraz sposoby monitorowania i zarządzania energochłonnością mające na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej – zmniejszenia intensywności energetycznej transportu. Wyniki badań porównawczych dla różnych systemów transportowych pod kątem ich intensywności energetycznej wskazują na potencjał oszczędności energetycznych w transporcie taśmowym oraz pozwalają na przedstawienie zaleceń dotyczących efektywnego zarządzania energią w tego typu systemach. Zaproponowana ocena efektywności energetycznej wynikająca z analizy konstrukcji przenośnika oraz jakości jego użytkowania dostarcza informacji niezbędnej do podejmowania decyzji o modernizacji i optymalizacji systemów transportu taśmowego w kontekście zużycia energii.





Badania symulacyjne transportu biomasy w elektrowni z uwzględnieniem ograniczeń środowiskowych

ANDRZEJ JASTRZĄB¹, WITOLD KAWALEC^{2*}, ZBIGNIEW KRYSA², PAWEŁ SZCZESZEK³

¹ Enea Elektrownia Połaniec S.A., ul. Pastelowa 8, 60-198 Poznań

² Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

³ Politechnika Śląska, ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice

* witold.kawalec@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: model symulacyjny, współspalanie biomasy, program 550

Jedną z metod obniżenia emisji CO₂ z istniejącej elektrowni węglowej jest współspalanie biomasy. W ten sposób można osiągnąć poziom emisji dwutlenku węgla z elektrowni gazowych (550 kg/MWh). Efektem jest jednak znaczny wzrost wolumenu paliwa pozyskiwanego, przetwarzanego i finalnie dostarczanego do bloków elektrowni. Niezbędna rozbudowa złożonego systemu logistycznego transportu biomasy, obejmującego rozładunek cyklicznych dostaw samochodami i składami kolejowymi, ciągi przenośników taśmowych i zbiorniki retencyjne może zwiększyć emisję hałasu. Przepisy środowiskowe wymagają analizy wpływu tej rozbudowy na ewentualne przekroczenia dopuszczalnych progów hałasu. W celu kompleksowej oceny koncepcji rozbudowy systemu zasilania biomasą (SZB) elektrowni zbudowano cyfrowy model symulacyjny umożliwiający wymiarowanie elementów systemu i weryfikację poprawności proponowanych rozwiązań. Następnie na potrzeby obowiązkowych procedur oceny oddziaływania na środowisko planowanej rozbudowy SZB zbudowano dedykowany model emisji hałasu, który wykazał możliwość przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu w porze nocnej w wybranych lokalizacjach. Przedstawiono wyniki analizy symulacyjnej pracy SZB w elektrowni zlokalizowanej w środowisku zurbanizowanym, z uwzględnieniem ewentualnych wyłączeń obiektów (głównie przenośników taśmowych) generujących zbyt duży hałas w porze nocnej. Wyniki symulacji wskazują na możliwość zabezpieczenia dostaw paliw także przy rygorystycznych ograniczeniach. Wykorzystanie cyfrowych, przestrzennych modeli symulacyjnych złożonego, cyklicznie-ciągłego systemu transportowego do kontroli jego pracy w warunkach ograniczeń jest skuteczną metodą rozwiązywania konfliktów środowiskowych na etapie projektowania rozbudowy instalacji przemysłowych na obszarach zurbanizowanych.