Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21(1), 2014, 3–15

www.gornictwoigeologia.pwr.wroc.pl

Mining Science
(previously Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Górnictwo i Geologia)

ISSN 2300-9586
previously 0370-0798

Received February 12, 2014; reviewed; accepted March 11, 2014

przenośniki, surowce skalne, taśmy przenośnikowe, uszkodzenia taśm, transport surowców

Ryszard BŁAŻEJ, Sebastian CHĘCIŃSKI, Leszek JURDZIAK [1]
Andrzej WITT [2]

DIAGNOSTYKA TAŚM NA PRZENOŚNIKACH DALEKIEGO ZASIĘGU DLA GÓRNICTWA SKALNEGO

Polska jest krajem na dorobku, potrzebującym wielu inwestycji infrastrukturalnych wymagających niezakłóconych dostaw surowców skalnych. Skoncentrowanie złóż i kopalń na niewielkich obszarach występowania powoduje, że lokalne społeczności odczuwają negatywne skutki intensywnego transportu drogowego i tworzą się lokalne ogniska konfliktów. Można je usunąć zastępując transport samochodowy przenośnikami dalekiego zasięgu i dostarczając surowce do miejsc niekonfliktowego odbioru (rampy kolejowe lub zbiorcze punkty odbioru z lokalnymi składami). Zastosowanie długich przenośników stwarza określone wymagania projektowe, w tym wysokiej niezawodności. W pracy opisano przykłady stosowania przenośników w zakładach górniczych oraz ich bezpośrednie konsekwencje. Publikacja zawiera opis najnowszych rozwiązań w zakresie diagnostyki taśm przenośnikowych, jak również ich wpływ na niezawodność układów oraz efektywną odległość transportu. W podsumowaniu wskazano zakres dalszych prac badawczych, służących udoskonalaniu technologii przenośnikowych, przeznaczanych dla górnictwa surowców skalnych.

1. WSTĘP

Wśród wielu zagadnień związanych z realizacją produkcji górniczej szczególne miejsce zajmuje problematyka transportu wydobywanej kopaliny. Jest to element strategicznie ważny, determinujący fakt funkcjonowania przemysłu górniczego, jak również branż powiązanych. Z uwagi na fundamentalne znaczenie transportu opraco-

[1] Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa ryszard.blazej@pwr.edu.pl sebastian.checinski@pwr.edu.pl leszek.jurdziak@pwr.edu.pl
[2] Poltegor-Instytut, Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław, andrzej.witt@igo.wroc.pl

wano wiele systemów i technologii wywozu urobku, stosowanych w zależności od rodzaju materiału, odległości transportu, oczekiwanej energochłonności układu itp. W górnictwie surowców skalnych, oprócz stosowanych samochodów ciężarowych oraz transportu kolejowego, pojawiają się przypadki stosowania przenośników taśmowych dalekiego zasięgu, jako alternatywy w odstawie urobku na bocznice kolejowe lub bezpośrednio do zakładu przeróbczego.

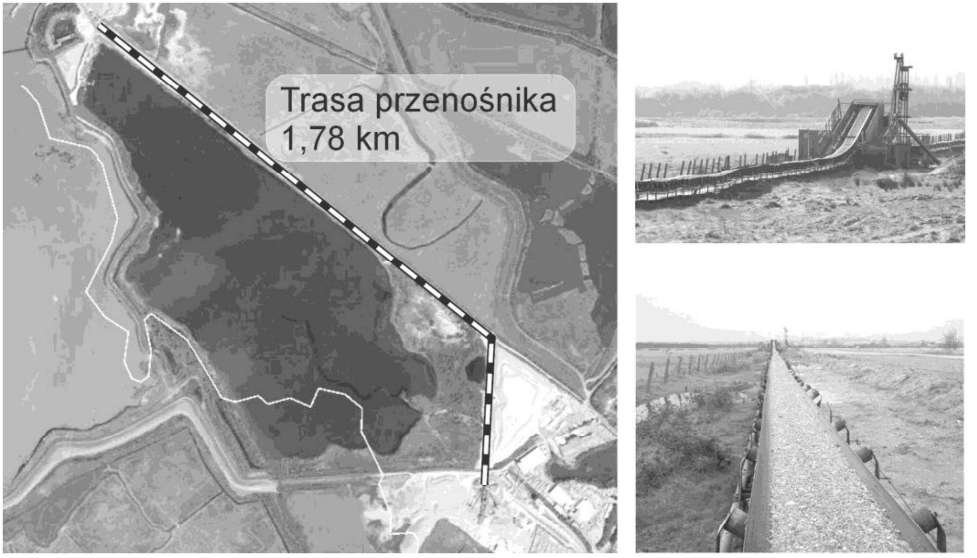
Temat możliwości stosowania przenośników taśmowych w górnictwie surowców skalnych był podejmowany kilkakrotnie, często oceniany, jako perspektywiczny (Kawalec 2009, Witt 2011), lub wart szczegółowego przebadania (Hardygóra, Woźniak 2011). Zagadnienie to jednocześnie wydaje się być wyjątkowo aktualne, z uwagi na zatwierdzoną na początku 2013 roku *Strategię Rozwoju Województwa Dolnośląskiego 2020*, zawierającą m.in. postulaty rozwiązania problemów związanych z uciążliwością transportu surowców skalnych (Przedsięwzięcie 3.4.15), z jednoczesnym promowaniem innowacyjnych rozwiązań logistycznych (Priorytet 1.1.6).

Warto zauważyć, że Polska stanowi jeden z największych w świecie ośrodków rozwijających technologie przenośnikowe, zarówno pod kątem projektowania i produkcji, jak i badań naukowych. Fakt ten sprawia, że dostępne rozwiązania charakteryzują się zarówno dopasowaniem do krajowych warunków jak również konkurencyjną ceną.

2. STOSOWANIE PRZENOŚNIKÓW DALEKIEGO ZASIĘGU

Rozwiązania bazujące na transporcie kopalin przenośnikami taśmowymi dalekiego zasięgu są na świecie dobrze znane i szeroko stosowane (rys. 1). Przykładem mogą być systemy transportowe wykorzystywane przez kopalnie Dawson (27 km), Lake Lindsay (21 km), Klipfontein (13,4 km) i inne (Kawalec 2009). Praktyka pokazuje, że nawet duże odległości transportu, nie muszą stanowić bariery dla stosowania technologii przenośnikowych. Dotyczy to również przebiegu trasy, pofałdowania terenu oraz sposobu jego zagospodarowania. Czynniki te wpływają bezpośrednio na kształt projektu przenośnika, nie stanowiąc jednocześnie przeszkody w ujęciu inżynierskim. Fakty te przemawiają bezpośrednio za propozycją podjęcia dyskusji, nad możliwością szerszego stosowania tego typu rozwiązań w przemyśle surowców skalnych w Polsce.

Opisując przykłady stosowania przenośników dalekiego zasięgu warto wspomnieć o polskich przypadkach wykorzystania tego transportu. Rozwiązania takie można zaobserwować w przynajmniej kilku rodzimych zakładach, eksploatujących surowce skalne. Najbardziej znanym przypadkiem transportu przenośnikowego w województwie dolnośląskim był przenośnik ze złoża w Świerkach do stacji załadowczej w Bartnicy (rys. 2).

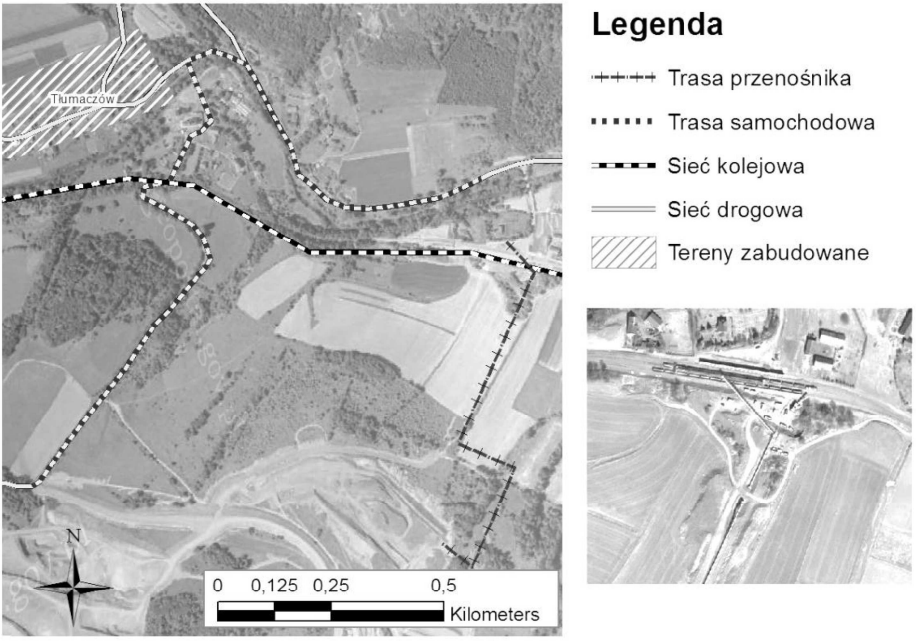


Rys. 1. Przykład zastosowania przenośnikowego transportu żwiru (Cliffe Pools, Wielka Brytania)
Fig. 1. Example of using conveyor belt in gravel transport (Cliffe Pools, Great Britain)

Rys. 2. Transport melafiru ze złoża „Świerki" przenośnikiem taśmowym (źródło: Siemens)
Fig. 2. Melaphyre belt conveyor from "Świerki" deposit (source: Siemens)

Wykorzystano przenośnik, dzięki możliwości zagospodarowania działki, na której wcześniej zlokalizowana była kolejka górska. Nabycie praw do użytkowania terenu znacznie przyspieszyło uruchomienie przenośnika. Po wyczerpaniu zasobów złoża planowane jest wypełnianie wyrobiska wodą i przekształcenie go w atrakcję turystyczną.

Aktualnie funkcjonującym rozwiązaniem jest system krytych przenośników w kopalni melafiru „Tłumaczów" (rys. 3). Przenośniki transportują urobek na odległość ok. 1 km. System z automatyczną zsypownią pozwala na załadunek 10 tys. Mg kruszyw dziennie, co pozwala załadować równocześnie trzy składy całopociągowe. Obecnie kopalnia może załadować dziennie 2 składy po 28 wagonów dziennie.

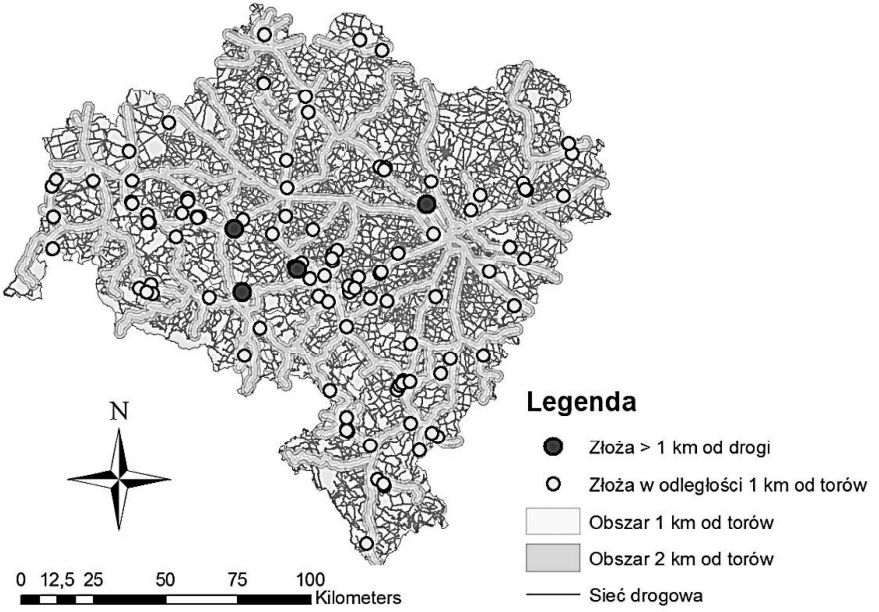


Rys. 3. Trasa przenośnika w kopalni „Tłumaczów" wraz z alternatywną trasą samochodową
Fig. 3. Belt conveyors route in "Tłumaczów" mine with alternative car route

Od niedawna transport przenośnikowy funkcjonuje również w cementowni „Odra", zastępując kolejkę wąskotorową. Transport wapienia do produkcji cementu musiał zostać zmieniony z uwagi na generowanie znacznej konfliktowości, poprzez uciążliwą emisję hałasu lokomotywy. Wykorzystanie transportu przenośnikowego wpłynie znacznie na obniżenie kosztów transportu oraz skracać będzie czas dostaw kopaliny.

3. PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA PRZENOŚNIKÓW

Analizując możliwości stosowania transportu przenośnikowego na terenie Dolnego Śląska, wykonano badanie bazujące na określeniu sąsiedztwa infrastruktury kolejowej dla rezerwowych złóż surowców skalnych. Wykorzystując narzędzia GIS dokonano selekcji przestrzennej złóż zlokalizowanych w odległości do 2 km od istniejących linii kolejowych. Analizę powtórzono dla odległości wynoszącej 1 km. Otrzymana wartość (rys. 4) wskazała obecność 109 złóż w odległości mniejszej niż 2 km od linii kolejowej, z czego wszystkie zlokalizowane były równocześnie w odległości mniejszej niż 1 km.



Rys. 4. Dolnośląskie złoża zlokalizowane w odległości 1 km od linii kolejowych
Fig. 4. Lower Silesian deposits in 1 km distance from railways

Analogicznie wykonano selekcję odległości złóż od istniejącej sieci drogowej (1 km). Wynik analizy wskazał 4 złoża rezerwowe (tab. 1), których odległość od torów kolejowych jest mniejsza, niż do istniejących odcinków dróg.

W zasięgu 1 km od przebiegu tras linii kolejowych zlokalizowanych jest 109 rezerwowych złóż kopalin skalnych, o łącznych zasobach przemysłowych ponad 760 mln Mg. Analiza udziału procentowego rodzajów kopalin (tab. 2), wykazała, że wśród złóż niemal jedną czwartą zasobów (23,7% – 54 złoża) stanowią złoża piasków i żwirów, które z uwagi na powszechne występowanie na terenie kraju, nie zawsze

kwalifikują się do transportu na dalsze odległości (PIG-PIB, 2013). Pozostałe kopaliny (ponad 580 mln Mg) mogą być, w zależności od ich parametrów i popytu, dostarczane odbiorcom transportem kolejowym.

Tab. 1. Złoża zlokalizowane bliżej linii kolejowych niż do sieci drogowej w woj. dolnośląskim
Tab. 1. Deposits located closer to the railroad than to the road network in Lower Silesia Voivodeship

Złoża	Typ kopaliny	Zasoby geologiczne [mln Mg]	Gmina	Powiat
Wilkszyn-Miłoszyn	piaski i żwiry	2,6	Miękinia	średzki
Lubrza	kamienie łamane i bloczne	51,4	Bolków	jaworski
Kostrza Góra		1,2	Złotoryja, Kunice	złotoryjski, legnicki
Kostrza Jerzy-Wschód		2,6	Strzegom	świdnicki

Tab. 2. Procentowy udział typów kopalin spośród złóż zlokalizowanych w bliskiej odległości torów kolejowych
Tab. 2. Percentage of deposit's types, located nearby railroads

Kopalina	Zasoby geologiczne	Udział procentowy
	[mln Mg]	[%]
kamienie łamane i boczne	368,2	47,9
piaski i żwiry	182,1	23,7
wapienie i margle dla przemysłu cementowego	78,2	10,2
surowce skaleniowe	64,8	8,4
gliny ogniotrwałe	42,1	5,5
surowce kaolinowe	25,5	3,3
surowce szklarskie	2,1	0,3
surowce ilaste ceramiki budowlanej	2,0	0,3
wapienie i margle dla przemysłu wapienniczego	1,4	0,2
kwarcyty ogniotrwałe	0,8	0,1
piaski kwarcowe d/p cegły wapienno-piaskowej	0,5	0,1

Wśród podstawowych barier wejścia transportu przenośnikowego do powszechnego użycia w górnictwie skalnym, wymienia się przede wszystkim brak rzetelnych badań, dotyczących eksploatacji tego typu urządzeń (Hardygóra, Woźniak 2011). Dodatkowo – konieczność daleko idącego dostosowania produkcji do wymagań stawianych przez transport taśmowy (projekt zagospodarowania złoża, plan ruchu), połączona ze znacznie wyższymi kosztami początkowymi – skutecznie odstrasza przedsiębiorców przed stosowaniem tych rozwiązań (Witt 2011). Przeszkodą w stosowaniu transportu przenośnikowego jest też jego niewielka elastyczność oraz trudności w zapewnieniu ciągłości wywozu w momencie awarii układu. Sprawia to, że

szczególnie ważne staje się precyzyjne przeprowadzanie okresowych napraw i konserwacji oraz zapewnienie skutecznego systemu diagnostycznego określającego niezawodność układu transportowego.

4. NIEZAWODNOŚĆ TAŚMOCIĄGU

Zestaw przenośników do transportu urobku z punktu widzenia niezawodności tworzy klasyczny układ szeregowy. Niezawodność systemu nie może być wyższa niż niezawodność najsłabszego jego ogniwa; jak wykazuje praktyka tym ogniwem często bywają pętle taśm, składające się z wielu odcinków 200–300 metrowych połączonych ze sobą złączami. Najbezpieczniejsze są połączenia wulkanizowane, ale i te, zwłaszcza w taśmach tkaninowych, z czasem ulegają procesom zmęczeniowym (Hardygóra i in. 2012). Szeregowa struktura jest cechą nie tylko przenośników, lecz i pętli taśm. W układach złożonych z wielu niezależnych od siebie elementów połączonych szeregowo, niezawodność całości układu jest iloczynem niezawodności poszczególnych elementów, a gdy tych jest bardzo wiele (jak w przenośnikach dalekiego zasięgu) to niezawodność całości spada w miarę wydłużania tras i przybywania elementów (odcinków taśm, ich połączeń, bębnów, napędowych i zwrotnych, przekładni, krążników, obwodów elektrycznych i sterujących itd.). Od wszystkich tych elementów oczekuje się więc wysokiej niezawodności. Obecni producenci są w stanie to zapewnić. W przeciwnym wypadku nie powstawałyby coraz dłuższe, nawet dwudziestokilometrowe, pojedyncze przenośniki i trasy liczące setki kilometrów.

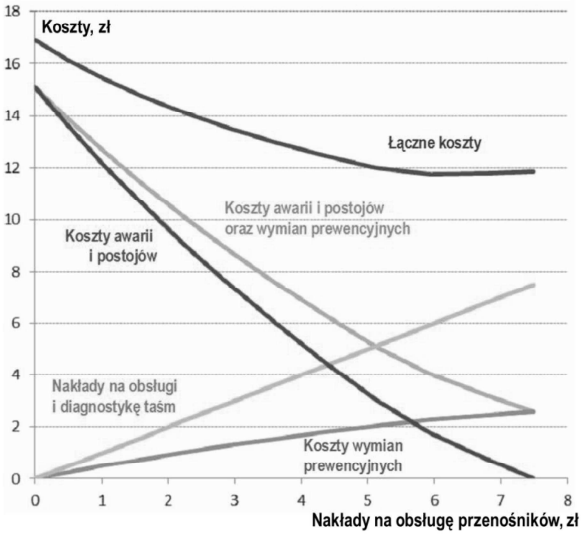
Oczywiście można zabezpieczyć się przed możliwymi awariami. Nie chodzi jednak o ubezpieczenia finansowe, czy dublowanie trasy, gdyż to ostatnie rozwiązanie byłoby zbyt drogie, lecz o wyposażenie tras w place składowe w punktach załadunku i odbioru surowców, z pojemnością wystarczającą na nieprzerwaną realizację dostaw w trakcie usuwania awarii. Jest to zdecydowanie najtańsze rozwiązanie, choć wymaga inwestycji związanych z zajęciem terenu pod składowiska produktów i zapewnienia systemu składowania i ich reeksploatacji przy zatrzymaniu pracy układu.

Układy takie można optymalizować w celu takiego doboru parametrów przenośników, tras i poziomu zapasów surowców i części zamiennych, by łączne koszty dostawy surowców do odbiorcy końcowego w przeliczeniu na tonę produktu były jak najmniejsze. Przydatne do tego mogą być programy do symulacji i animacji, jak ModelRisk, @Risk, Crystal Ball, czy FlexSim. Wyposażone są one w narzędzia do statycznej i stochastycznej optymalizacji. Zwłaszcza FlexSim szczególnie nadaje się do porównania efektywności ekonomicznej rozwiązań transportu cyklicznego i ciągłego oraz do przetestowania różnych scenariuszy nim powzięte zostaną ostateczne decyzje inwestycyjne. Lepiej bowiem przeznaczyć nakłady na symulacje i poszukiwanie optymalnych rozwiązań, niż poprawiać zdeterminowane rozwiązania przyjęte tylko na podstawie zgrubnych szacunków. Na etapie planowania inwestycji, dzięki jej

zoptymalizowaniu można wiele zaoszczędzić, ale na etapie gotowego rozwiązania jego usprawnienia przyniosą nie więcej niż kilka procent oszczędności.

5. KOMPLEKSOWA OCENA STANU TAŚM I ZAGROŻEŃ

Istotnym czynnikiem poprawiającym niezawodność systemu transportowego układu są urządzenia monitorujące bezpieczeństwo transportu i oceniające stan zużycia taśm przenośnikowych. W pracy (Jurdziak, Błażej 2014) pokazano jak wzrost nakładów na obsługę przenośników (w tym instalacje urządzeń monitorujących na kolejnych przenośnikach oraz stosowanie coraz lepszych i bardziej zintegrowanych urządzeń) może poprawić skuteczność eliminacji zagrożeń, a dzięki temu poprawić efektywność transportu w kopalniach podziemnych z uwzględnieniem strat postojowych (rys. 5). Podobne efekty można uzyskać dla pojedynczych ciągów transportowych w górnictwie skalnym, gdy uwzględni się utracone przychody z tytułu niezrealizowanych dostaw surowców z powodu przestojów awaryjnych, np. z uwagi na rozciętą taśmę lub rozerwane złącze.



Rys. 5. Wpływ nakładów na diagnostykę taśm na zmianę łącznych kosztów z uwzględnieniem strat produkcji w wyniku postojów awaryjnych z uwagi na uszkodzenia taśm – zależności uzyskane dzięki zastosowaniu symulacji Monte Carlo dla hipotetycznych danych (Jurdziak, Błażej 2014)
Fig. 5. The impact of expenditures on belt diagnostics on changes in total costs including losses of production due to conveyors emergency shutdowns caused by belt failures – dependencies obtained by using Monte Carlo simulations for the hypothetical data (Jurdziak, Błażej 2014)

Przy transporcie surowców skalnych wysokość strat z tytułu nieterminowych lub niezrealizowanych dostaw można dodatkowo redukować dzięki placom składowym. Ich rozmiary warto dopasować do popytu i możliwości produkcyjnych poprzez zastosowanie symulacji i optymalizacji statycznej i stochastycznej. Skuteczność wykrywania zagrożeń można polepszyć poprzez wizualną inspekcję (subiektywne i ograniczone możliwości; nie da się w ten sposób m.in. ocenić stanu rdzenia) oraz zastosowanie właściwie dobranych urządzeń diagnostycznych na kolejnych przenośnikach. Należy możliwie wszechstronnie i kompleksowo ocenić stan taśm (metodą wizyjną, magnetyczną, poprzez różne mechatroniczne czujniki), wskazać niezbędne naprawy oraz wyznaczyć optymalny moment ich wymiany (Jurdziak 2000) przez prognozę pozostałego czasu pracy w oparciu o indywidualnie identyfikowane tempa zużywania taśm. Powinno się to odbywać w oparciu o analizę opłacalności; nakłady na diagnostykę nie powinny przekraczać korzyści (Jurdziak, Błażej 2010).

W Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej realizowany jest projekt automatycznego zintegrowanego systemu diagnozującego i wspomagającego racjonalną gospodarkę taśmami przenośnikowymi. Wykorzystując wcześniej stworzone urządzenia diagnostyczne ABCDE (ang. Automatic Belt Condition Diagnostic Eguipment), w celu wskazania zakresu i terminów działań naprawczych, zapobiegania katastroficznym uszkodzeniom oraz wyboru optymalnych momentów ich wymiany, opracowywano 5 modułów automatycznej interpretacji dostępnych danych o stanie taśm.

Dane o stanie taśm pochodzić będą ze specjalizowanych systemów informatycznych, wspomagających prowadzenie gospodarki taśmami oraz z wielowarstwowych obrazów stanu taśmy (map uszkodzeń) i jej rdzenia z opracowywanego wcześniej urządzenia do wizyjnej rejestracji obrazu okładek taśmy oraz modyfikowanego, komercyjnego urządzeniami do analizy zmian pola magnetycznego rdzenia taśm typu St. W projekcie wykorzystano wyniki realizowanych prac badawczych i rozwojowych oraz planowanych badań, dotyczących modelowania procesu zużywania się taśm przy wykorzystaniu ewolucyjnych algorytmów genetycznych. Jeszcze nie można rozpocząć prac wdrożeniowych u potencjalnych użytkowników. Przygotowuje się system do prowadzenia badań w skali rzeczywistej, trwają prace nad opracowaniem nowych modułów (C-E), a następnie prowadzone będą intensywne testy systemu w warunkach ruchowych wraz kalibracją i doborem parametrów systemu (m.in. poziomów decyzyjnych w indeksie zużycia taśmy) w celu optymalizacji efektów ekonomicznych.

5.1. MODUŁ WIZYJNY – A

Moduł ten jest rozwinięciem własnego systemu wizyjnego. Urządzenie montowane jest na laboratoryjnym przenośniku do badania stanu taśm przenośnikowych w ruchu. Pozwala na rejestrację cyfrowego obrazu uszkodzeń okładek taśmy o szerokości do 400 mm i obrzeży wraz algorytmami do identyfikacji uszkodzeń i ich analizy oraz dokładnego pomiaru szerokości taśmy. System dostosowywany jest do urządzeń transportowych o szerokości taśmy do 2250–2400 mm. Ma integrować dane o uszkodzeniach taśm z informacjami z innych źródeł, w tym projektowanych czujników mechatronicznych zapobiegających uszkodzeniom katastroficznym (przecięcia taśm, zerwania obrzeży).

5.2. MODUŁ MAGNETYCZNY – B

Moduł wykorzystuje sygnały z listwy pomiarowej urządzenia diagnostyki magnetycznej rdzenia taśm typu St. Na rynku dostępnych jest kilka urządzeń o wysokiej rozdzielczości (m.in. BeltGuard, CordGuard, C.A.T. MDR). Moduł współpracował będzie z wybranymi głowicami magnetycznymi i będzie integrował stan uszkodzeń rdzenia z uszkodzeniami okładek i obrzeży zidentyfikowanych w systemie wizyjnym. Przeprowadzana modernizacja urządzenia diagnostycznego systemu EyeQ zwiększyła 6-krotnie rozdzielczość (wzrost liczby torów pomiarowych z 4 do 24) i istotnie poprawiła możliwości identyfikacji uszkodzeń na przekroju taśmy (Błażej i in. 2010). Najnowsze rozwiązania oferują wprawdzie 200 czujników na szerokości taśmy, co zapewnia identyfikację uszkodzeń pojedynczych linek i umożliwiają możliwość prezentacji uszkodzeń w postaci obrazów 2D (ułatwienie lokalizacji uszkodzeń) jednak są zamkniętymi systemami, wymagającymi interpretacji przez wykwalifikowanego operatora. Uniemożliwia to automatyzację procesu oceny i jej pełnego wykorzystania do wspomagania gospodarki taśmami. Niektórzy producenci głowic magnetycznych podjęli współpracę z zespołem, co pozwala na integrację ich urządzeń z opracowywanym systemem.

5.3. MODUŁ PREWENCYJNY – C

Moduł ten będzie wykorzystywał obrazy z modułu wizyjnego i informacje z czujników mechatronicznych w celu zapobiegania katastroficznym uszkodzeniom taśmy. Na skutek wzdłużnego rozcięcia taśmy zazwyczaj dochodzi do zmiany jej szerokości. Może się ona zmniejszyć, gdy rozcięte części nałożą się jedna na drugą lub powiększyć, gdy obie części się rozchylą, np. pod naciskiem urobku. Informacje o zmianie szerokości taśmy, w połączeniu z informacjami pomiarów z systemem wizyjnym i sygnałami z czujników mechatronicznych, wspólnie przetwarzane w systemie ABCDE, pozwolą na wysłanie różnych kodów alarmowych (np. w postaci SMS).

W sytuacjach krytycznych mogą one posłużyć do prewencyjnego zatrzymania przenośnika nim dojdzie do przecięcia na znacznej długości taśmy (niekiedy cała pętla). Uszkodzenia takie są kosztowne z uwagi na zniszczenie drogiej taśmy, kosztów usunięcia rozsypanego urobku oraz strat spowodowanych wstrzymaniem dostaw do klientów.

5.4. MODUŁ PROGNOZUJĄCY – D

Moduł wykorzystywał będzie zapisy stanu uszkodzeń z różnych okresów do prognozowania ich rozwoju. Do tego celu wykorzystane zostaną wyniki kolejnych skanów taśmy dokonanych z wielu lat oraz wyniki prac badawczych, których celem jest zaadaptowanie ewolucyjnego algorytm genetycznego, traktującego stany uszkodzeń taśmy, jako kolejne stadia rozwoju populacji żywych organizmów. Tempo rozwoju populacji będzie identyfikowane i dostosowane do rejestrowanych gradientów zmian stanu uszkodzeń w procesie kalibracji w warunkach ruchowych. Prognozy będą też oparte na innych tradycyjnych i innowacyjnych metodach specjalnie opracowanych i zaadoptowanych na potrzeby projektu, w tym formuł uwzględniających wpływ uszkodzeń punktowych i liniowych na tempo zużywania się taśmy (Jurdziak, Błażej 2014).

5.5. MODUŁ OKREŚLAJĄCY WSKAŹNIK BEZPIECZEŃSTWA – E

Moduł będzie służył do obliczania wskaźnika bezpieczeństwa, wskazującego w jakim stopniu taśma osłabiona przecięciami i uszkodzeniami linek jest w stanie przenieść naprężenia, występujące w ruchu ustalonym i nieustalonym. Specjalny program obliczeniowy będzie wykorzystywał zarówno możliwości programu QNK-TT (Kawalec, Kulinowski 2007) do wyznaczenia indywidualnych rozkładów naprężeń danego przenośnika, jak i wyniki badań wytrzymałości osłabionych przecięciami taśm i symulacji tych osłabień metodą elementów skończonych. Pełniejszy opis założeń i celów projektu można znaleźć w pracy (Błażej i in. 2012).

6. PODSUMOWANIE

Przenośniki taśmowe dalekiego zasięgu mogą stanowić opłacalną ekonomicznie alternatywę dla transportu samochodowego, jako wydajny i ekologiczny środek transportu. Przed projektantami stają więc wyzwania opracowań: lekkich, łatwo demontowanych konstrukcji tras z osłonami przed emisją hałasu, niezawodnych napędów i podzespołów. Wydajność i niezawodność tych konstrukcji musi zapewniać pełne zaspokojenie potrzeb producentów surowców skalnych, nawet w okresie szczytu zamówień, a koszty ich eksploatacji muszą być niższe od transportu samochodowego.

Najsłabszym elementem tych rozwiązań jest taśma przenośnikowa oraz jej połączenia. Ich stan należy automatycznie monitorować, a zagrożenia dla ciągłości pracy układu eliminować w trybie prewencyjnym, a nie awaryjnym.

W Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej trwają prace nad inteligentnym systemem automatycznego badania i ciągłej diagnozy stanu taśm przenośnikowych. Alternatywne rozwiązania analizowane są na etapie studialnym i projektowym. Dzięki elastycznemu dopasowaniu się do potrzeb producentów i warunków otoczenia można z wykorzystaniem, m.in. narzędzi GIS, symulacji i animacji pracy układu transportowego oraz dopasowanych do potrzeb projektów tras i przenośników, osiągnąć efektywne ekonomicznie rozwiązania.

Projekt realizowany w ramach Programu Badań Stosowanych w ścieżce A: Inteligentny system do automatycznego badania i ciągłej diagnozy stanu taśm przenośnikowych.

LITERATURA

BŁAŻEJ R., JURDZIAK L., ZIMROZ R., HARDYGÓRA M., KAWALEC W., 2012. *Inteligentny system do automatycznego badania i ciągłej diagnozy stanu taśm przenośnikowych – cele i założenia projektu badawczego*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 4, 10–16.

HARDYGÓRA M., KOMANDER H., BŁAŻEJ R., JURDZIAK L., 2012. *Method of predicting the fatigue strength in multiplies splices of belt conveyors*, Maintenance and reliability vol. 14, No. 2, 2012, 171–175.

HARDYGÓRA M., WOŹNIAK D., 2011, *Transport taśmowy w górnictwie surowców skalnych – eksploatacja taśm przenośnikowych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Wrocław, 111–121.

JURDZIAK L., 2000, *Prewencyjne strategie wymian taśm przenośnikowych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., nr 89, s. Konferencje nr 26, *Podstawowe Problemy Transportu Kopalnianego* Wrocław.

JURDZIAK L., BŁAŻEJ R., 2010, *Szacowanie kosztów utrzymania taśm w kopalni stosującej różne strategie wymian taśm i metody wykrywania ich uszkodzeń*, Cuprum nr 4, 5–18.

JURDZIAK L., BŁAŻEJ R., 2014, *Oszacowanie kosztów wymian taśm w kopalni podziemnej z uwzględnieniem konsekwencji awarii taśm i wdrożenia urządzeń prewencyjnych*, Materiały konferencyjne na CD, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków.

KAWALEC W., 2009, *Przenośniki taśmowe dalekiego zasięgu do transport węgla brunatnego*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, Wrocław, 6–13.

KAWALEC W., KULINOWSKI P., 2007, *Obliczenia przenośników taśmowych metodą podstawową oraz oporów jednostkowych w zintegrowanym środowisku programowym*, Transport Przemysłowy, nr 1, 6–11.

PIG-PIB, 2013, *Bilans Zasobów Złóż Kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012*, Warszawa.

WITT A., 2011, *Możliwości zastosowania innowacyjnych układów wyposażonych w mobilne maszyny kruszące – sortujące i transportowe w polskim górnictwie skalnym*, Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław, 129–134.

BELT DIAGNOSTICS ON LONG DISTANCE CONVEYORS FOR ROCK MINING INDUSTRY

Poland is a developing country in need of many infrastructure investments that require an uninterrupted supply of raw minerals. Concentration of deposits and mines in small areas causes that local communities complain about negative effects of intensive road transport and local outbreaks of conflict occurs. They can be removed by replacing road transport by long-range conveyors supplying raw materials to conflict-free their receipt (rail ramps or raw materials warehouses). The use of long conveyor poses certain design requirements, including high reliability. Failure of one of trucks does not stop the supply. Conveyor's stoppage due to e.g. belt damage prevents delivery of materials for a long time up to failure removal. The use of conveyors must, therefore, be associated with the use of devices preventing catastrophic failures and monitoring belt condition, so their replacement and repair were held in preventive mode rather than an emergency one. The paper describes examples of the use of conveyors in existing mines and their direct consequences. The publication contains a description of the latest developments in the diagnosis of conveyor belts, as well as their impact on the reliability of the systems and the effective distance transport. The summary of this article is to identify the extent of further research aimed at improving conveyor technology, dedicated to aggregates and mineral raw materials.