

INNOWACYJNY PRZENOŚNIK DALEKIEGO ZASIĘGU DO TRANSPORTU KRUSZYW

INNOVATIVE LONG DISTANCE BELT CONVEYOR FOR TRANSPORTING AGGREGATES

Lech Gładysiewicz, Witold Kawalec - Instytut Górnictwa, Politechnika Wroclawska

Eksploatacja złóż surowców skalnych jest uzależniona od możliwości odstawy urobku do kolejowego lub drogowego punktu przeładunku towarów masowych. Budowa nowej bocznicy kolejowej lub drogi kołowej jest często zbyt kosztowna, zaś istniejące drogi mogą być niedostosowane do ruchu ciężkich samochodów, albo władze lokalne nie zezwalają na ich przejazd. Skutecznym rozwiązaniem może być przenośnik taśmowy dalekiego zasięgu. Zastosowanie innowacyjnego, linowego napędu pośredniego pozwala na użycie taśmy o mniejszej wytrzymałości i konfigurowanie trasy krzywoliniowej, omijającej obszary chronione.

Słowa kluczowe: odstawa urobku, przenośnik taśmowy, linowy napęd pośredni

Exploitation of rock minerals depends on the availability of haulage of mined aggregates to the road or rail bulk material depot. Building of a new railroad or road is often too costly, existing roads can be either not suitable for heavy vehicles or local authorities do not allow for their regular commuting. A long distance belt conveyor can be an effective solution. The implementation of an innovative rope booster drive (RBD) enables to use belts with lower tensile strength and negotiate curvilinear routes designed to bypass protected areas.

Key words: haulage, belt conveyor, rope booster drive

Wprowadzenie

Udostępnienie i eksploatacja złoża surowców skalnych jest uwarunkowana m.in. możliwością dostępu od drogowych lub kolejowych magistral w celu transportu potrzebnych materiałów oraz odstawy urobku. Uwzględniając te trudności, wprowadzono [Nielsen 2004] rozszerzoną klasyfikację bogactw zasobowych (*resources*), które dla danego złoża są określone przez kolejne ograniczenia: górniczej technologii – technologiczne (*technical*), zagospodarowania powierzchni na obszarze złoża – praktyczne (*practical*), ochrony powierzchni, planów zagospodarowania – dostępne (*accessible*), opłacalności eksploatacji – ekonomiczne (*commercially viable*), społecznej akceptacji (*acceptable*). W przypadku ostatniego kryterium autor zauważa, że często trudniej jest uzyskać społeczną akceptację dla transportowania wydobytego urobku lokalnymi drogami niż dla samej eksploatacji na obszarze odległym od wszelkich zabudowań. Rosnący sprzeciw lokalnych społeczności wobec eksploatacji oraz transportu surowców prowadzi do *sterylizacji* zasobów.

Wykorzystanie technologii GIS umożliwia wszechstronne analizowanie przestrzenne lokalizacji złóż surowców skalnych i kruszyw w powiązaniu z dostępnością infrastruktury transportowej. Takie analizy były m.in. wykonywane dla Dolnego Śląska [Blachowski et al. 2012, Blachowski 2013]. Dzięki relatywnie wysokiej gęstości zagospodarowania Dolnego Śląska, odległość wyrobisk kopalnianych od kolejowych punktów przeładunków zwykle nie jest duża – w 2010 roku 69 zakładów produkcji kruszyw (w tym 51 czynnych) znajdowało się w odległości do 5 km

od stacji kolejowej, do których dowożono urobek przy użyciu ponad 1000 samochodów [Blachowski 2013]. Niestety, ruch ciężkich pojazdów kołowych jest zwykle źródłem protestów miejscowej społeczności, przyczynia się do przyspieszonej degradacji lokalnych dróg oraz ma negatywny wpływ na środowisko naturalne. Celowe jest zatem poszukiwanie alternatywnych, mniej konfliktowych metod odstawy urobku.

Transport taśmowy dalekiego zasięgu

Koncepcja wykorzystania transportu taśmowego do dalekiej (czyli co najmniej kilkukilometrowej) odstawy urobku nie jest nowa i z powodzeniem stosowana w wielu krajach [Kawalec 2003]. W projekcie badawczym Foresight "Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego" podjęto prace studialne nad dalekim (35 i 50 km) transportem węgla brunatnego z nowych wyrobisk do istniejących elektrowni [Gładysiewicz & Kawalec 2009]. Uwarunkowania środowiskowe wybranych tras, wykazujące możliwość ich budowy z uwzględnieniem wymagań ochrony środowiska, były analizowane w artykule [Gómiak-Zimroz 2011].

Na Dolnym Śląsku długie przenośniki taśmowe do odstawy kruszywa, zastępujące samochody nie są ewenementem (rys. 1) ale nie są szeroko wykorzystywane.

Przykładem takiego nowatorskiego rozwiązania może być przenośnik przedstawiony na fotografii (rys. 1). Przenośnik transportujący melafir charakteryzują następujące dane techniczne¹: wydajność: 600 t/h, długość trasy: 2490 m, średnie

¹Źródło: P. Kulinowski, konsultacje



Rys. 1. Przenośnik dalekiego zasięgu transportujący kruszywo z kopalni „Świerki” do bocznic kolejowej w Bartnicy (fot. P. Kulinowski)
 Fig. 1. The long distance belt conveyor transporting aggregates from the „Świerki” quarry to the Bartnica railway depot (photo: P. Kulinowski)

nachylenie trasy (o złożonej niwelecie): $-1,5^\circ$, szerokość taśmy: 1,0 m, prędkość taśmy: 3,18 m/s.

Liczne są zalety zastosowania przenośników taśmowych do dalekiego transportu materiałów sypkich poza zamkniętym terenem przemysłowym (*overland*):

Prawne, administracyjne, środowiskowe:

- posadowienie trasy przenośnika nie wymaga trwałej przebudowy podłoża toteż możliwa jest czasowa dzierżawa terenu zamiast wykupu,
- rekultywacja pasu terenu dla posadowienia przenośnika po zakończeniu eksploatacji jest mało kosztowna i umożliwia przywrócenie stanu pierwotnego,
- dostępne są konstrukcje przenośników pozwalające na elastyczne konfigurowanie jego trasy (z łukami poziomymi i znacznymi deniwelacjami) co ułatwia wytyczenie drogi odstawy urobku poza obszarami chronionymi lub spornymi,
- transport nie powoduje takich drgań podłoża jak ruch ciężkich pojazdów, a stosowanie osłon i rozpoznanych środków technicznych [Gładysiewicz A. 2010] pozwala na skuteczną ochronę sąsiedztwa trasy przenośnika przed hałasem.

Ekonomiczne:

- najniższe jednostkowe zużycie energii transportu [Lodewijks 2012],
- relatywnie niskie (w porównaniu z budową bocznic kolejowej lub drogi) koszty inwestycyjne i eksploatacyjne [Paszowska 2012],
- po zakończonej eksploatacji możliwe jest przeniesienie wielu elementów konstrukcji przenośnika w nowe miejsce.

Trudności związane z budową przenośników dalekiego zasięgu są podobne jak w przypadku wytyczania drogi lub linii kolejowej (prawne, środowiskowe, ekonomiczne) oraz specyficzne:

Prawne, administracyjne, środowiskowe:

- trasa przenośnika jest nieprzekraczalną barierą w terenie (niczym autostrada lub linia kolejowa pociągów dużej szybkości) toteż wymaga budowy specjalnych przejść dla ludzi i zwierząt,

- przenośnik stojący w terenie otwartym jest narażony na akty wandalizmu lub kradzieży, jego elementy ruchome (taśma, krążniki) są dużym zagrożeniem dla osób postronnych – potrzebne jest skuteczne zabezpieczenie przed dostępem osób postronnych i/lub całodobowa ochrona trasy.

Techniczne:

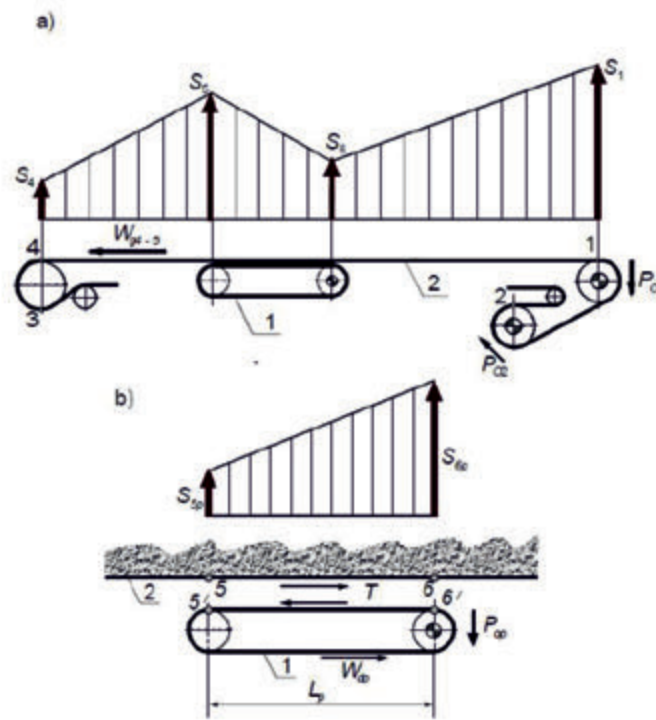
- długość trasy pojedynczego przenośnika taśmowego jest ograniczona wytrzymałością taśmy; stabilne prowadzenie taśmy wymusza stosowanie łuków poziomych o łagodnej krzywiznie,
- trudniejsze konfiguracje trasy wymagają budowy taśmociągu złożonego z kilku przenośników lub specjalnych konstrukcji, np. przenośników z taśmą rurową lub napędów pośrednich.

Możliwość skutecznego zastosowania przenośnika dalekiego zasięgu do odstawy kruszywa jest zatem w znacznym stopniu uzależniona od uwarunkowań technicznych. Celowe jest poszukiwanie rozwiązań zwiększających parametry eksploatacyjne przenośników.

Koncepcja przenośnika z linowym napędem pośrednim (L_{NP})

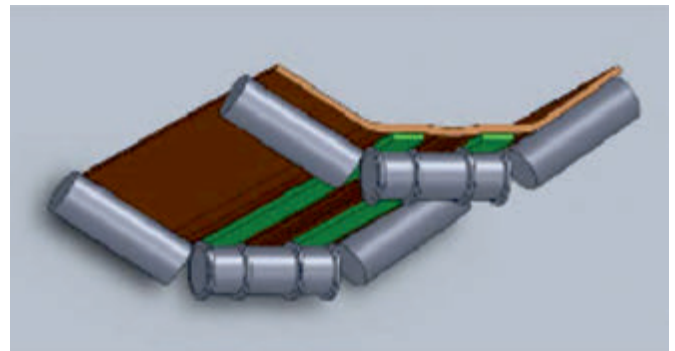
Napędy pośrednie przenośników taśmowych w postaci pomocniczego przenośnika pędowego – *napędy taśmowe* (rys.2) lub z dodatkowym bębniem napędowym w ciągnie górnym (i dodatkowym punktem przesywowym) – *napędy bębnowe* są od lat znane i stosowane ale ze względu na swoje niedogodności nie znalazły dużego uznania. Główne wady pośrednich napędów taśmowych to skomplikowana budowa i sterowanie oraz niedostateczna trwałość taśmy pędnej, której wymiana jest kłopotliwa, zaś dodatkowy przesyw w pośrednim napędzie bębnowym skraca żywotność taśmy. Doświadczenia eksploatacyjne potwierdziły jednak zasadność stosowania napędów pośrednich dla obniżenia wymagań wytrzymałościowych taśmy przenośnikowej, co warunkuje możliwość wydłużenia trasy i prowadzenia jej po krzywiznie przestrzennej.

Istnieje potrzeba prostego napędu, który eliminuje więk-



Rys. 2. Przenośnik taśmowy z napędem pośrednim, a) rozkład sił w cięgnię górnym przenośnika taśmowego, b) rozkład sił w cięgnię górnym linowego napędu pośredniego [Gładysiewicz 2003]

Fig. 2. Belt conveyor with booster drive, a) belt tension in the top belt strand of the boosted conveyor, b) belt tension in the top belt strand of the booster conveyor [Gładysiewicz 2003]



Rys. 3.a) Lina pędna typu SAG 2,5- 65 x 22/2x9 -1770, b) koncepcja prowadzenie lin pędnych z zastosowaniem pierścieni ustalających na krążniku [Gładysiewicz 2013]

Fig. 3.a) Rope belt SAG 2,5- 65 x 22/2x9 -1770 for booster drive, b) rope belts tracking with the use of retaining rings on a roller [Gładysiewicz 2013]

szczość wad taśmowego napędu pośredniego zachowując jednocześnie zalety związane z istotnym obniżeniem sił w taśmie przenośnika zasadniczego. Te przesłanki stanowiły podstawę koncepcji przenośnika z *linowym napędem pośrednim* – L_{NP} [Gładysiewicz 2013]. Linowy napęd pośredni jest zlokalizowany wewnątrz przenośnika zasadniczego, pomiędzy cięgnię górnym i dolnym (rys. 2). Składa się on z dwóch lin w zamkniętej pętli o jednakowych długościach, rozpiętych między tarczami (lub bębnami) napędowymi i zwrotnymi. Liny pędne podpierają cięgnię górne przenośnika zasadniczego (pędzone) w środkowej części niecki taśmy (rys. 3b). Wymagane sprzężenie cierne realizowane jest przez nacisk pochodzący od transportowanego urobku i masy taśmy, działający na liny pędne.

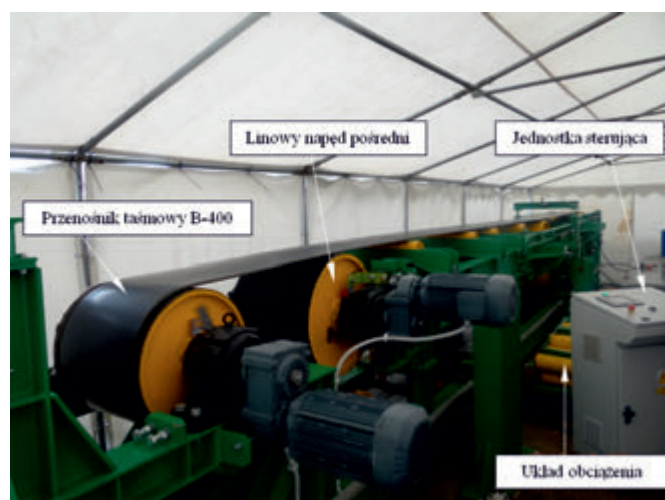
Skuteczność rozwiązania L_{NP} zależy w znacznym stopniu od wyboru konstrukcji liny pędnej. Rozpatrywano następujące kryteria: wytrzymałość liny, sprzężenie cierne liny pędnej z taśmą przenośnika, możliwość trwałego i wytrzymałego łączenia liny w pętlę, spełnienie wymagań bezpieczeństwa w przypadku

instalacji w kopalniach podziemnych oraz odporność na czynniki środowiska [Gładysiewicz 2013]. Uznano, że konstrukcja płaskiej liny stalowo-gumowej, stosowanej jako lina wyrównawcza do wyciągów szybowych spełnia potrzeby konstrukcji (rys. 3a). W przypadku instalacji podziemnych możliwe jest zastosowanie gumy o właściwościach trudno palnych i antyelektrostatycznych. Połączenie płaskiej liny stalowo-gumowej w pętlę można wykonać poprzez zaplatanie lin stalowych zaplotem długim lub zaplotem krótkim (ze zgrubieniem – mniej korzystne) i zawulkanizowanie w gumie.

Koncepcję linowego napędu pośredniego opracowano teoretycznie i badano w ramach przedsięwzięcia „IniTech”: „Linowy napęd pośredni zwiększający funkcjonalność przenośników” (ZPB/60/66988/IT2/10). Oprócz laboratoryjnych badań modułu sprężystości płaskiej liny stalowo-gumowej oraz zjawiska tarcia między liną pędną, a taśmą z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej [Gładysiewicz & Woźniak 2011] wykonano badania doświadczalne parametrów sprzężenia cier-

nego pomiędzy taśmą i liną pędną na specjalnym stanowisku badawczym. Składa się ono z doświadczalnego przenośnika taśmowego B400, wbudowanego w nim linowego napędu pośredniego oraz układu symulującego obciążenie urobkiem (rys. 4). Pomiary wykonywano w zróżnicowanych warunkach pracy napędu, określonych przez szeroki zakres sił naciągu taśmy i liny pędnej, zmienne prędkości liniowe pary ciernej (lina pędna – taśma przenośnika) oraz wariantowe symulowane obciążenie nosiwem. Uzyskane wyniki pomiarów potwierdzają wyniki analiz teoretycznych i modeli obliczeniowych oraz wskazują, że możliwe jest zastosowanie L_{NP} w miejsce znanych napędów pośrednich taśmowych [Gładysiewicz 2013].

Badania przenośnika L_{NP} są kontynuowane pod kątem jego przewidywanego zastosowania – w odstawie głównej kopalń podziemnych (np. w upadowych zastępujących szyb wydobywczy) oraz do dalekiego transportu urobku na powierzchni, gdy przekroczone będą możliwości transportowe konwencjonalnych



Rys. 4. Widok stanowiska badania linowego napędu pośredniego (Gładysiewicz 2013)

Fig. 4. Test rig for testing rope booster drives (Gładysiewicz 2013)

Podstawowe parametry techniczne i eksploatacyjne analizowanego przenośnika:

Wydajność nominalna przenośnika	Q_n	= 1000 t/h (kruszywo bazaltowe)
Prędkość taśmy przenośnika	v	= 3,15 m/s
Szerokość taśmy	B	= 1000 mm
Długość przenośnika	L	= 2300 m
Długość napędu pośredniego	L_{NP}	= 100 m
Kąt nachylenia	δ	= 1,48 ° (średnio), 8° (maks.)
Wysokość podnoszenia (całkowita)	H	= 59 m
Taśma:		1000 EP 2000/5 (8+5) X 1B/O (przenośnik L_{NP})
Nominalna wytrzymałość taśmy	K_n	= 2000 kN/m
Masa jednostkowa taśmy	m_{lj}	= 25,83 kg/m ²
Napęd główny,	N_g	= 2 x 160 kW (lub 2 x 355 kW)
pośredni (dla L_{NP})	N_p	= 2 x 160 kW
Układ sterowania rozruchem:		bezpośredni lub sprzęgła hydrodynamiczne.

Tab.1. Konfiguracja trasy analizowanego przenośnika

Tab.1. Route layout of the analysed conveyor

Długość [m]	Nachylenie [°]	Wysokość podnoszenia [m]	Promień krzyw.poz.[m]	Wychylenie boczne zestawów (górne, dolne) [°]
750	8	104	0	Nie
100	0	0	0	Nie
450	0	0	800	Tak (10°, 15°)
700	-5	-61	0	Nie
300	3	16	0	Nie

przenośników taśmowych bez napędu pośredniego.

Przykładowa konfiguracja przenośnika L_{NP}

Dla kopalń surowców skalnych wytypowano studialny przenośnik dla dalekiego transportu kruszywa na trasie o złożonej deniwelacji – z dwoma odcinkami wznoszącymi, poziomym i opadającym oraz łukiem poziomym (tab.1). Takie konfiguracje trasy stwarzają szczególne problemy projektowe, gdyż występuje koncentracja naprężeń w taśmie na odcinku wznoszącym oraz problemy ze stabilnym prowadzeniem taśmy na łuku poziomym. Rozwiązaniem jest zastosowanie taśmy o wyższej wytrzymałości (najczęściej droższej i mniej odpornej na przebicia - z linkami stalowymi) zaś trasę krzywoliniową zastępuje się zwykle podziałem na prostoliniowe przenośniki z przesypami. Napęd pośredni powinien umożliwić zastosowanie lżejszej taśmy, co dodatkowo obniży poziom sił w taśmie i koszty eksploatacji.

Pozostałe parametry przenośnika są typowe dla konstrukcji pracujących na powierzchni: zestawy górne nieckowe o stałym rozstawie (1,2 m), zestawy dolne dwukrażnikowe (wskazane w wypadku długiej trasy z uwagi na stabilne prowadzenie taśmy w ciągu dolnym), napęd główny na bębnie czołowym. Schemat obiegu taśmy przenośnika L_{NP} obejmujący konfigurację napędu głównego i pośredniego oraz napinania taśmy, który posłużył do wstępnych obliczeń, przedstawia rysunek 5, pochodzący z dokumentacji złożeniowej LEGMET prototypowego przenośnika L_{NP} o szerokości taśmy 1,0 lub 1,2 m [Gładysiewicz 2013].

Obliczenia przenośnika wykonano przy pomocy specjalistycznego programu do projektowania przenośników taśmowych $QNK-TT$ [Kawalec & Kulinowski 2007], w którym zaimplementowano moduł modelowania pracy napędów wielobębnowych, w tym napędów pośrednich [Kulinowski 2013]. Zastosowanie linowego napędu pośredniego zilustrowano poprzez porównanie parametrów dwóch przenośników: konwencjonalnego (z napędem czołowym) oraz L_{NP}

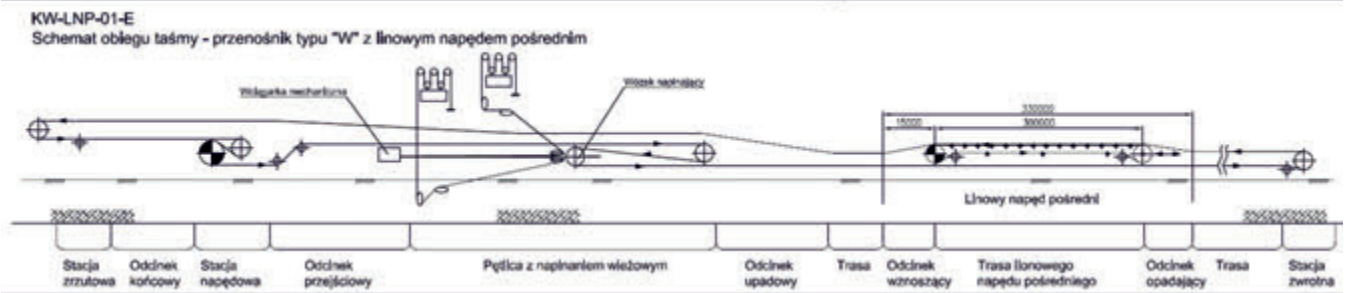
Rys. 5. Schemat obrotu taśmy na prototypowym przenośniku L_{NP} LEGMET (Gładysiewicz 2013)

Fig. 5. Layout of belt on the prototype Rope Booster Drive conveyor LEGMET (Gładysiewicz 2013)

Tab.2. Zestawienie kluczowych parametrów przenośnika L_{NP} i konwencjonalnego ($QNK-TT$)Tab.2. Comparison of key parameters of the Rope Booster Drive and the standard belt conveyors ($QNK-TT$)

Parametr	Jedn.	Przenośnik konwencjonalny	Przenośnik L_{NP}
Potrzebna moc napędu: stała, chwilowa ²	kW	574, 720	475, 632
Wykorzystanie napędu głównego i sprzężenia ciernego	%	80	68, 32
Wykorzystanie napędu pośredniego i sprzężenia ciernego	%	Nie dotyczy	68, 95
Potrzebna wytrzymałość taśmy	kN	3150	2000
Zastosowana taśma (masa jedn.)		St 3150, (55kg/m ²)	wg założeń
Maksymalna siła w taśmie w ruchu ustalonym całkowity współczynnik bezpieczeństwa	kN, %	373 8.5	230 8.7
Stabilność taśmy na łuku – praca pod obciążeniem ³ / pusty		nie/tak	tak/tak

Wstępna analiza przebiegu trasy studialnego przenośnika sugeruje, że dla obniżenia siły w taśmie celowe byłoby umieszczenie segmentu z napędem pośrednim bezpośrednio za pierwszym odcinkiem – wznoszącym. Niższe napięcie taśmy przed jej wejściem na łuk poziomy jest korzystne, gdyż zmniejsza ryzyko utraty stateczności na łuku. Punktem wymagającym uwagi jest też łuk pionowy pomiędzy odcinkiem opadającym i końcowym – wznoszącym. Wcześniejsze obniżenie siły w taśmie również powinno sprzyjać zapobieganiu podnoszenia taśmy na tym łuku. W programie $QNK-TT$ kontrola dopuszczalnej strzałki ugięcia jest opcją domyślną, projektant może jednak ją wyłączyć lub zmienić wartość granicznej strzałki ugięcia, której przekroczenie skutkuje podwyższeniem wartości siły napinającej taśmę.

W tabeli 2 zestawiono najważniejsze obliczone parametry przenośnika L_{NP} w porównaniu z przenośnikiem konwencjonalnym.

Na wykresie sił (rys. 6) w taśmie na przenośniku L_{NP} widoczne jest ustabilizowanie ich poziomu na początku łuku poziomego (odcinek 3) w pracy ustalonej, podczas rozruchu i hamowania, co nie jest osiągalne w wypadku napędu czołowego.

Wyniki obliczeń w tabeli 2 wskazują, że zastosowanie napędu pośredniego było warunkiem uzyskania stabilnego prowadzenia taśmy na łuku poziomym, a równocześnie pozwoliło na zastosowanie taśmy tkaninowej o niższej wytrzymałości - znacznie lżejszej (i tańszej). Lżejsza taśma zmniejsza zapotrzebowanie mocy napędu.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki pomiarów wskazują na duże możliwości linowego napędu pośredniego w zakresie przekazywania energii napędowej do ciągnia górnego przenośnika taśmowego, porównywalne ze

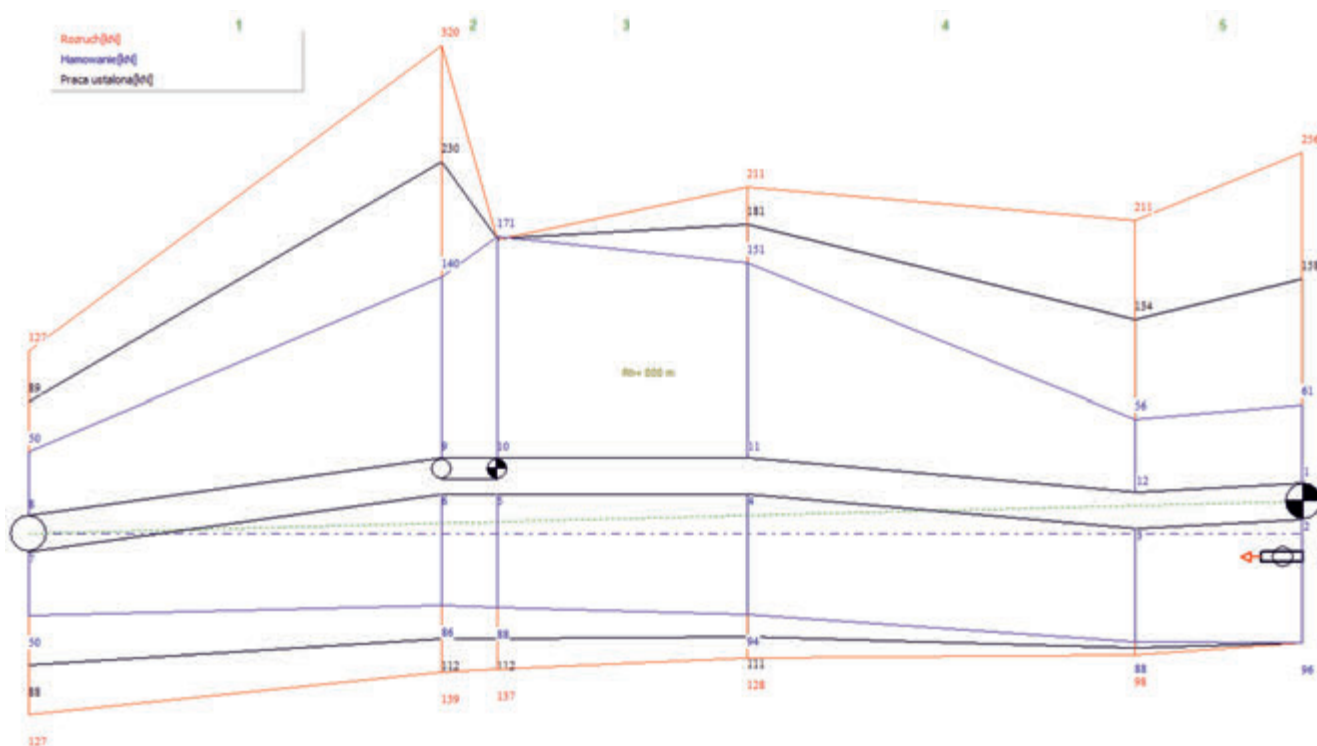
znanymi już taśmowymi napędami pośrednimi. W warunkach laboratoryjnych na odcinku sprzężenia ciernego długości 5 m, przy prędkości taśmy 3,5 m/s uzyskano maksymalną siłę tarcia na poziomie 3,5 kN, co oznacza 2,24 kW/m dla pojedynczej linii pędnej [Gładysiewicz 2013]. W przypadku linowego napędu pośredniego na odcinku poziomym trasy o mocy zainstalowanej 2×160 kW, dla dwóch linii pędnych minimalna długość napędu pośredniego umożliwiająca pracę bez poślizgu rozwiniętego wyniesie zatem ok. 72 m. Są to parametry zachęcające do stosowania linowych napędów pośrednich w przenośnikach dalekiego zasięgu.

Stosowanie linowych napędów pośrednich wymaga odpowiedniego sterowania wszystkich napędów nie tylko podczas rozruchu ale również w pracy ustalonej, szczególnie przy nierównomiernym załadunku ciągnia górnego.

Obliczenia studialnego przenośnika dowodzą, że innowacyjny przenośnik L_{NP} może być skutecznym rozwiązaniem dla dalekiej odstawy kruszywa na trasie o złożonej niwelacji i łukach poziomych. Projektant systemu transportowego zyskuje dzięki tej konstrukcji znacznie większą swobodę w konfigurowaniu trasy przenośnika, uwzględniającym uwarunkowania środowiskowe i własnościowe. W wielu wypadkach może to być jedyny akceptowalny sposób odstawy kruszywa z wyrobiska, do którego nie prowadzą odpowiednie drogi lub bocznice kolejowe.

² Moc chwilowa jest obliczana dla pustego odcinka opadającego

³ Sprawdzone najbardziej niekorzystne warunki obciążenia – pusty odcinek krzywoliniowy i obciążone pozostałe



Rys. 6. Siły w taśmie w ruchu ustalonym (czarny), podczas rozruchu (czerwony) i hamowania (nieb.) (QNK-TT)
 Fig. 6. Belt tension during steady operation (black), start-up (red) and stopping (blue) (QNK-TT)

Praca powstała w ramach projektu pt. "Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Priorytet 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1 Projekty rozwojowe.

Literatura

- [1] Blachowski J. i inni, 2012, *Studium wydobywania i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku : stan i perspektywy*, wyd.2, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Biuro Marszałka Województwa Dolnośląskiego, Wrocław
- [2] Blachowski J., 2013, *Spatial analysis of the mining and transport of rock minerals (aggregates) in the context of regional development*, Environmental Earth Science, 2013
- [3] Gładysiewicz A., 2010, *Metody redukcji hałasu przenośników*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 3/2010
- [4] Gładysiewicz L., 2003, *Przenośniki taśmowe. Teoria i obliczenia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003
- [5] Gładysiewicz L., Kawalec W., 2009, *Długie, energooszczędne przenośniki taśmowe*. Górnictwo i Geoinżynieria. 2009, R. 33, z. 2
- [6] Gładysiewicz L. i inni, 2013, *Koncepcja i badania linowego napędu pośredniego*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 3/2013
- [7] Gładysiewicz L., Woźniak D., 2011, *Badania współczynnika tarcia dla potrzeb modelowania sprzężenia ciernego taśmy przenośnikowej z ciągnem napędu pośredniego*, Transport przemysłowy i maszyny robocze nr 4/2011
- [8] Górnica-Zimroz J., 2011, *Analiza uwarunkowań środowiskowych przebiegu ciągu przenośników węglowych dalekiego zasięgu w środowisku GIS*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 52, nr 1/2
- [9] Kawalec W., 2003, *Przenośniki taśmowe dalekiego zasięgu*, Transport Przemysłowy, 1(11)/2003
- [10] Kawalec W., Kulinowski P., 2007, *Obliczenia przenośników taśmowych*, Transport Przemysłowy 1(27), 2007
- [11] Kulinowski P., 2013, *Teoretyczna analiza pracy bębnowego układu napędowego z wykorzystaniem programu QNK-TT*, Transport przemysłowy i maszyny robocze nr 1/2013
- [12] Łodewijks G., 2012, *Nowa generacja energooszczędnych przenośników taśmowych*, Transport przemysłowy i maszyny robocze nr 3/2012

- [13] Nielsen K., 2004, *Sterilization of mineral resources by area planning and urban sprawl*, Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Wrocław, A.A.Balkema, 2004
- [14] Paszkowska G., 2012, *Ekonomiczna efektywność nowych rozwiązań energooszczędnego przenośnika*, Transport przemysłowy i maszyny robocze nr 3/2012



fol. S. Patla

Wyrobisko kopalni Łągów II