ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: GÓRNICTWO z. 280 Nr kol. 1765

Aleksander LUTYŃSKI
Politechnika Śląska, Gliwice
Stefan GĄSIOR
CMG KOMAG, Gliwice

IDENTYFIKACJA ZMIAN EKSPLOATACYJNYCH PRĘDKOŚCI PRZEMIESZCZANIA SIĘ FALI SPRĘŻYSTEJ W TAŚMIE PRZENOŚNIKA

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań przemysłowych prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie. Opisano również obiekty badań, metodykę i aparaturę użytą do badań. Badania zostały powtórzone trzykrotnie, na trzech przenośnikach, w tych samych warunkach pracy: dla tego samego napięcia wstępnego taśmy i tego samego rodzaju rozruchu. Wyniki badań wykazały istotne różnice w prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie.

SPEED CHANGE OF THE ELASTIC WAVE IN THE CONVEYOR BELT DURING OPERATION

Summary. The results of the industrial tests of propagation of tension wave in the conveyor wave have been presented in the paper. The object of tests, method and apparatus has been described. The tests were repeated three times on three conveyors, under the same conditions: with the same initial tension of the belt and with the same starting. The results of the performed tests revealed significant differences in the speed of the elastic wave in the belt.

1. Wprowadzenie

Taśma zainstalowana i pracująca na przenośniku w podziemiach kopalni ze względu na warunki pracy, do których zaliczyć można: częste rozruchy, znaczne ilości masy transportowanego urobku, wielokrotne przesypywanie tego urobku na trasach dróg transportowych, agresywność atmosfery kopalnianej oraz współpracę z innymi elementami przenośnika, zmienia swoje właściwości mechaniczne, jak wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie względne i trwałe, sztywność poprzeczną i wzdłużną i wytrzymałość na

rozwarstwianie. Jest to proces naturalny wyczerpywania się resursu eksploatacyjnego taśmy. Można przypuszczać, że inne właściwości mechaniczne taśmy przenośnikowej, nie wymienione powyżej, również ulegają wpływowi eksploatacji. Jedną z tych właściwości jest udarowy moduł sprężystości, który ma istotny wpływ na prędkość przemieszczania się fali sprężystej w taśmie [1]. Pewne informacje z tego zakresu prezentowano w [2], nie identyfikując fazy życia taśmy, w której wykonywano badania. W pracach [3], [4] i [5] dokonano między innymi oceny zmiany prędkości przemieszczania się fali sprężystej w taśmie jako wynik dwudziestu jeden miesięcy eksploatacji. W pracy [6] analizowano zmiany prędkości przemieszczania się fali sprężystej w taśmie eksploatowanej na dwóch przenośnikach jako efekt użytkowania w okresie trzydziestu sześciu miesięcy.

2. Obiekt badań i aparatura badawcza

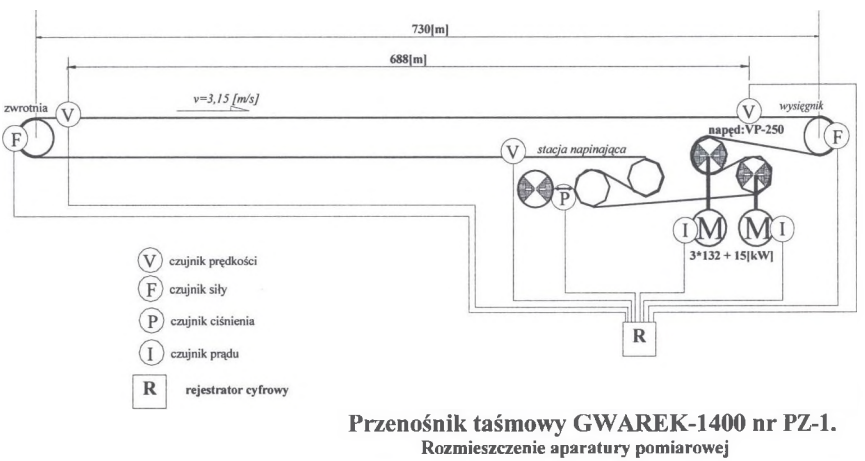
Badania przebiegu fali sprężystej wykonano na taśmach przenośników, które eksploatowano w jednej z kopalń węgla kamiennego. Przenośniki usytuowane były w wyrobisku poziomym, będąc elementami ciągu technologicznego głównej odstawy urobku. Na przenośnikach zainstalowana była taśma produkcji Fabryki Taśm Transporterowych Stomil Wolbrom SA. Podstawowe informacje o badanych przenośnikach podano w tabl. 1.

Tablica 1

Parametry badanego przenośnika taśmowego

Oznaczenie przenośnika	1	2	3
Typ przenośnika	Gwarek 1400		
Producent	FMG PIOMA		
Moc napędu, kW	3x132 +15	2x132	2x90 + 15
Długość przenośnika, m	730	1225	125
Nachylenie przenośnika, °	- 0°9'	- 1°38'	0°55
Wydajność nominalna, Mg/h	2000		
Aparatura zasilająca	RK 22-C1+ZSL-1	EH dG A6	OW 1484N
Typ urządzenia łagodnego rozruchu	Rozrusznik tyrystorowy ZRTO-100+ZSL-1	Rozrusznik tyrystorowy EH dG A6	Nie posiada
Prędkość nominalna taśmy, m/s	3,15		
Odległość pomiędzy czujnikami prędkości, m	688	1039	111
Typ taśmy	GTP-1600/4-2-I-1400		
Typ urządzenia napinającego	Elektryczny wciągarkowy		
Daty pomiarów	1) – 19-20.05. 2002, 2) – 28-29.02.2004 3) – 21-22.05.2005		
Rodzaj rozruchu podczas pomiarów	stycznikowy		

Badania prowadzono przy użyciu czujników siły typu C6R firmy HOTTINGER zainstalowanych na wysięgniku i zwrotni przenośnika, z których sygnał transmitowany był przez wzmacniacze pomiarowe firmy HOTTINGER i CARL TESTAR. Ponadto używano czujnika ciśnienia medium firmy DMT, zainstalowanego w układzie napinania taśmy, elektromagnetycznych czujników prędkości taśmy i płaszcza bębna z nowoczesnymi, elektronicznymi układami pomiarowymi firmy ANALOG DEVICES (USA). W badaniach wykorzystano także przetworniki prądowe typu MS-2 firmy DMT. Sygnały analogowe czujników pomiarowych rejestrowane były ośmiokanałowym rejestratorem firmy DMT. Przykładowe rozmieszczenie czujników na badanym przenośniku nr 1 pokazano na rys. 1. Na rysunku tym zaznaczono także usytuowanie silników dwubębnowego napędu przenośnika oraz silnik urządzenia napinającego.



Rys.1. Układ napędowy i rozmieszczenie czujników na obiekcie pomiarowym
Fig. 1. Driving system and arrangement of measuring sensors on the object

3. Sposób wykonania badań i uzyskane wyniki

Badania przebiegu fali sprężystej w taśmie nieobciążonej urobkiem wykonywano w warunkach normalnej eksploatacji przenośnika w trzech różnych, odległych terminach, w odstępach dwadzieścia jeden i piętnaście miesięcy. Badanie to polegało na rejestracji przebiegów prędkości taśmy podczas rozruchu przenośnika w miejscach usytuowania czujników prędkości, jak to pokazano na rys. 1. Oprócz prędkości taśmy mierzono również prądy silników napędowych, siły w taśmie na wysypie i zwrotni oraz ciśnienie w układzie napinania taśmy. Pomiar sił w taśmie oraz ciśnienia w układzie napinania pozwalał na prowadzenie badań w tych samych warunkach i tych samych nastawach. Podczas

opisywanych badań w napędzie przenośnika nie stosowano urządzeń łagodnego rozruchu. Rozruchy przenośnika były więc stycznikowe. Taśma na przenośniku napinana była urządzeniem elektrycznym wciągarkowym. Wynika z tego, że bęben napinający był sytuowany w określonym położeniu i podczas pracy przenośnika położenia tego nie zmieniał. Czujniki prędkości rozlokowane na przenośniku w górnej gałęzi w odległościach: 688 m w przenośniku 1, 1037 m w przenośniku 2 i 111 m w przenośniku 3 rejestrowały ruch taśmy. Chwile początkowe zarejestrowanych przebiegów prędkości były podstawą określenia czasu przebiegu fali sprężystej na odcinku pomiarowym. Dla potrzeb badań dokonano również oszacowania parametrów opisujących warunki eksploatacji taśmy, a więc masy urobku przetransportowanej taśmą oraz liczby obiegów taśmy (cykli pracy) na przenośniku od początku jej użytkowania. Wielkości te podano w tabl. 2.

Tablica 2

Masa urobku przetransportowanego taśmą
i liczba obiegów taśmy od początku użytkowania jej na przenośnikach

Data pomiaru	Masa urobku przetransportowana taśmą na przenośniku, 10^9 kg			Liczba obiegów taśmy na przenośniku, -		
	1	2	3	1	2	3
19-20.05.2002	1, 094	1,347	0,923	20 884	17 363	112 342
28-29.02.2004	3, 582	3,671	0,015	88 503	79 774	11 847
21-22.05.2005	5, 564	5,845	2,179	136 802	130 502	271 695

Przyczyną różnej przetransportowanej ilości urobku przez poszczególne przenośniki usytuowane w jednym ciągu odstawczym jest to, że przenośnik nr 2 okresowo podaje urobek na inny system odstawy. Wyniki przeprowadzonych badań prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie nieobciążonej urobkiem, które wykonano w trzech różnych terminach, przedstawione zostały dla poszczególnych przenośników nr 1, 2 i 3 w tabl. 3, tabl. 4 i tabl. 5.

Tablica 3

Wyniki pomiarów prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie przenośnika nr 1

Lp. serii	Data pomiaru	Prędkość fali, m/s	Miary statystyczne			
			Wartość średnia, m/s	Odchylenie standardowe, m/s	Błąd standardowy, m/s	Iloraz błędu stand. i wartości średniej x 100, %
1	19-20.05.2002	587,38	567,08	14,29	5,05	0,89
2		552,65				
3		574,62				
4		558,33				
5		582,50				
6		552,65				
7		574,62				
8		553,91				

c.d. tabl. 3

1	28-29.02.2004	628,65	616,86	7,57	2,86	0,46
2		620,88				
3		609,36				
4		609,94				
5		609,53				
6		617,28				
7		622,40				
1	21-22.05.2005	612,10	613,29	5,07	1,92	0,31
2		610,18				
3		605,19				
4		618,76				
5		611,89				
6		619,80				
7		615,11				

Tablica 4

Wyniki pomiarów prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie przenośnika nr 2

Lp. serii	Data pomiaru	Prędkość fali, m/s	Miary statystyczne			
			Wartość średnia, m/s	Odchylenie standardowe, m/s	Błąd standardowy, m/s	Iloraz błędu stand. i wartości średniej x 100, %
1	19-20.05.2002	506,92	525,54	20,08	6,93	1,32
2		511,18				
3		543,56				
4		538,21				
5		522,53				
6		549,18				
7		509,42				
8		496,20				
9		552,65				
1	28-29.02.2004	551,77	560,86	11,44	3,30	0,59
2		573,76				
3		572,57				
4		569,31				
5		572,39				
6		574,01				
7		549,75				
8		564,11				
9		554,18				
10		540,61				
11		555,24				
12		553,39				
1	21-22.05.2005	576,57	577,71	5,38	1,70	0,29
2		580,16				
3		578,95				
4		575,62				
5		570,31				
6		570,31				
7		589,05				
8		578,48				
9		575,94				
10		581,25				

Tablica 5

Wyniki pomiarów prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie przenośnika nr 3

Lp. serii	Data pomiaru	Prędkość fali, m/s	Miary statystyczne			
			Wartość średnia, m/s	Odchylenie standardowe, m/s	Błąd standardowy, m/s	Iloraz błędu stand. i wartości średniej x 100, %
1	19-20.05.2002	621,61	620,91	6,02	2,27	0,37
2		610,86				
3		617,23				
4		623,78				
5		620,75				
6		630,58				
7		621,53				
1	28-29.02.2004	570,40	573,71	14,40	5,44	0,95
2		559,60				
3		563,73				
4		572,31				
5		600,40				
6		585,22				
7		564,33				
1	21-22.05.2005	609,07	608,91	9,92	3,75	0,62
2		596,34				
3		592,74				
4		617,85				
5		611,08				
6		619,11				
7		616,01				
8		609,03				
9		597,40				
10		618,39				

Wyniki badania zmian średnich prędkości przemieszczania się fali sprężystej w taśmie przenośnika poddano analizie statystycznej, stawiając dwie hipotezy:

- hipotezę $\mathbf{H_o}$ – stanowiącą, że próby pochodzą z populacji, w których badana zmienna ma taki sam rozkład i takie same parametry (wartości oczekiwane) H_o: $\mu = \mu_o$,
- hipotezę alternatywną $\mathbf{H_1}$ – stanowiącą, że próby pochodzą z różnych populacji, w których badana zmienna ma taki sam rozkład i różne parametry (wartości oczekiwane) H_1: $\mu = \mu_1 \neq \mu_o$.

Podstawą analizy statystycznej, a więc wyznaczenia wartości testu i wartości krytycznych, były: wyznaczone wartości średnie prędkości przemieszczania się fali sprężystej, liczność próby notowana w danej serii pomiarowej, wariancję w próbie, odchylenie standardowe i przyjęty poziom istotności $\alpha = 0,05$. Badanie statystyczne prowadzono testem t Studenta i t Welscha.

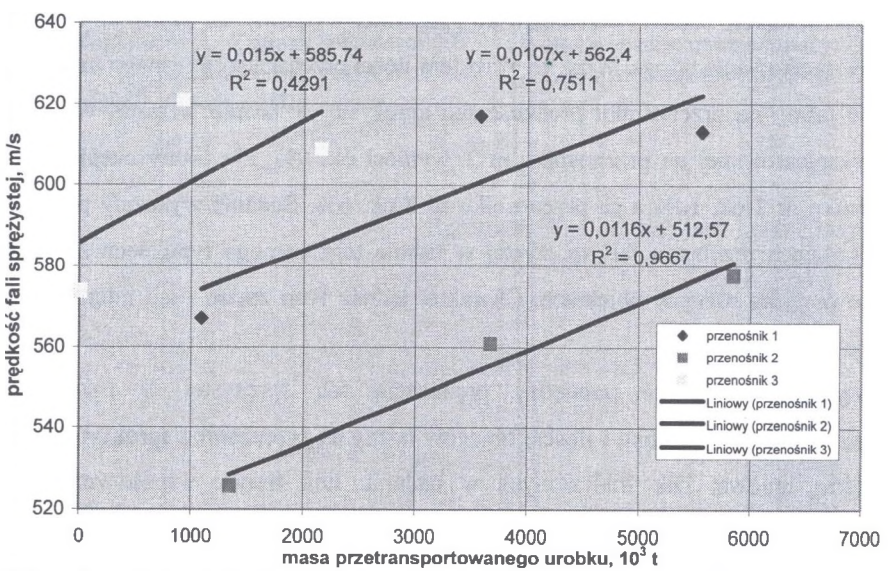
Wyniki analizy statystycznej dla taśm pracujących na trzech przenośnikach przedstawione zostały w tabl. 6.

Tablica 6

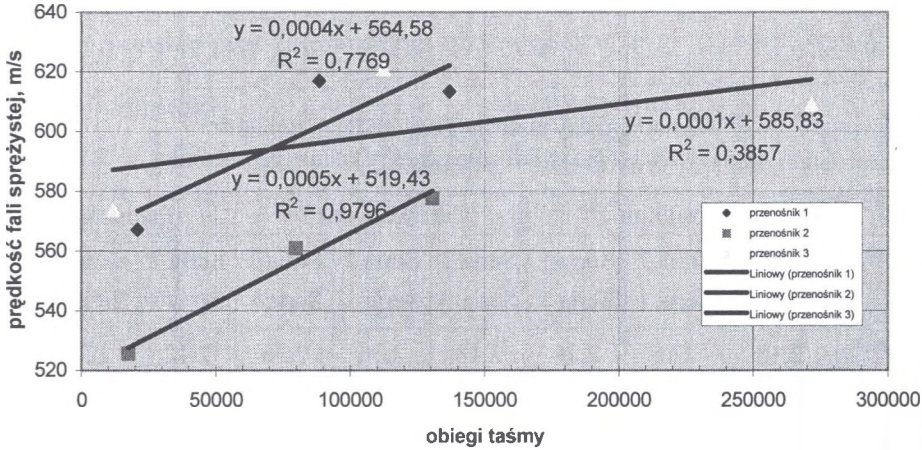
Wyniki analizy statystycznej średnich prędkości przemieszczania się fali sprężystej w taśmie przenośnika

Opis	Przenośnik nr 1			Przenośnik nr 2			Przenośnik nr 3		
Badane serie pomiarowe	Seria 2 Seria 3	Seria 2 Seria 1	Seria 1 Seria 3	Seria 2 Seria 3	Seria 2 Seria 1	Seria 2 Seria 1	Seria 2 Seria 3	Seria 2 Seria 1	Seria 1 Seria 3
Wartość testu	2,18	2,16	2,26	2,18	2,36	2,36	2,12	2,26	2,23
Wartość krytyczna	1,35	8,27	8,35	5,65	8,00	2,76	4,52	4,61	7,31
Wynik badania średnich	Brak istotnych różnic	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie	Różnią się istotnie

Wyniki przedstawione w tablicy świadczą o istotnych zmianach prędkości przemieszczania się fali sprężystej w taśmie przenośnika, jakie obserwowano w poszczególnych seriach wykonywanych badań. Wyniki podane w tabl. 3, 4 i 5 pozwoliły na wyznaczenie zależności pomiędzy prędkością fali sprężystej a parametrami opisującymi warunki eksploatacji taśmy – masy przetransportowanego urobku i liczby obiegów taśmy na przenośniku zamieszczonymi w tabl. 2. Zależności te aproksymowano liniowo, wyznaczając odpowiednie równania linii trendu. Wyniki przedstawione zostały na rys. 2 i 3.



Rys. 2. Zależność pomiędzy prędkością fali sprężystej w taśmie a masą urobku przetransportowaną taśmą
Fig. 2. Relationship between the speed of elastic wave and the amount of run-of-mine on a belt



Rys. 3. Zależność pomiędzy prędkością fali sprężystej w taśmie a ilością wykonanych przez taśmę obiegów na przenośniku
Fig. 3. Relationship between the speed of elastic wave and number of cycles

Wyznaczone współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi przyjmują w przypadku dwóch przenośników wysokie wartości, co wskazuje na silną więź pomiędzy analizowanymi zmiennymi. W jednym z przenośników, o długości niewielkiej jak na odstawę główną, współczynnik korelacji jest nieco mniejszy.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania przebiegu fali sprężystej wykazały, że prędkość ta zmienia się w czasie użytkowania taśmy. Wraz ze wzrostem ilości przetransportowanego urobku i ilością obiegów taśmy na przenośniku prędkość fali sprężystej w taśmie wzrasta. Wzrost ten dla taśmy eksploatowanej na przenośniku nr 1 wyniósł ok. 9%, dla taśmy eksploatowanej na przenośniku nr 2 ok. 10% a na przenośniku nr 3 ok. 6%. Badania wykazały pewne różnice w prędkościach przebiegu fali sprężystej w taśmie tego samego typu, lecz zainstalowanej i użytkowanej na różnych obiektach. Charakter jednak tych zmian i ich intensywność były podobne.

Opisywane zależności pomiędzy prędkością fali sprężystej w taśmie a masą przetransportowanego urobku i ilością obiegów taśmy na przenośniku aproksymować można zależnością liniową. Dla znalezionych w badaniu linii trendu współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi przyjmują dość wysokie wartości, wykazując tym samym na silną więź tych zmiennych. I tak:

- w przypadku zmian prędkości w zależności od masy przetransportowanego urobku współczynniki korelacji wynoszą dla przenośnika nr 1 – R = 0,98, dla przenośnika nr 2 – R = 0,87, a dla przenośnika nr 3 – R = 0,66,
- w przypadku zmian prędkości w zależności od liczby obiegów taśmy współczynniki korelacji wynoszą dla przenośnika nr 1 – R = 0,99, dla przenośnika nr 2 – R = 0,88, a dla przenośnika nr 3 – R = 0,62.

Wyznaczone zależności pomiędzy zmiennymi pozwalają na prognozowanie zmian prędkości fali sprężystej, a tym samym np. na oszacowanie zmian udarowego modułu sprężystości czy zmian czasów nastaw aparatury sterującej sekwencyjnym załączaniem silników napędów głównych i pośrednich przenośnika.

LITERATURA

1. Antoniak J.: Systemy transportu przenośnikami taśmowymi. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
2. Lutyński A., Gąsior S.: Prędkość przebiegu fali sprężystej w taśmie przenośnika. Kwartalnik: Transport Przemysłowy, nr 1/2004.
3. Lutyński A., Gąsior S.: Zmiana udarowego modułu sprężystości taśmy przenośnikowej jako skutek jej eksploatacji. Kwartalnik: Transport Przemysłowy, nr 4/2004.
4. Lutyński A., Gąsior S.: Zmiana prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie przenośnika wskutek jej eksploatacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 260, Gliwice 2004.
5. Lutyński A., Gąsior S.: Przemieszczanie się fali sprężystej w taśmie podczas rozruchu przenośnika. Kwartalnik: Transport Przemysłowy, nr 2/2005.
6. Lutyński A., Gąsior S.: Zmiany prędkości fali sprężystej w taśmie przenośnika podczas jej eksploatacji. Górnictwo i Geologia. Kwartalnik Wydz. Górnictwa i Geologii Pol. Śląskiej. Tom 1. Zeszyt 2, Gliwice 2006.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Lech Gładysiewicz