

Aleksander LUTYŃSKI
Politechnika Śląska, Gliwice
Stefan GAŚSIOR
Kompania Węglowa SA, KWK Piast, Bieruń

ZMIANA PRĘDKOŚCI PRZEBIEGU FALI SPRĘŻYTEJ W TAŚMIE PRZENOŚNIKA WSKUTEK EKSPLOATACJI

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań przemysłowych prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie. Badania wykonano w dwóch różnych terminach na tym samym przenośniku i dla tych samych warunków jego pracy – dla tego samego napięcia wstępnego taśmy i tego samego rodzaju rozruchu. Wyniki badań, które dzielił okres dwudziestu miesięcy, wykazały istotne różnice w prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie.

SPEED CHANGE IN PROPAGATION OF THE ELASTIC WAVE IN THE BELT AS THE EFFECT OF 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 performed with the same conveyor and under the same conditions in two stages – with the same initial tension of the belt and with the same starting. The results of the tests performed in the period of 20 months revealed significant differences in the speed of the elastic wave in the belt.

1. Wprowadzenie

W taśmie przenośnika podczas jego rozruchu pojawiają się zjawiska dynamiczne. Zjawiska te wywołane są przyspieszaniem taśmy, jako ciężna sprężystego, do zadanej układem napędowym prędkości ustalonej. Znajomość tych zjawisk, szczególnie prędkości przebiegu fali sprężystej, jest istotna dla analizy stanów nieustalonych przenośnika. Pozwala na określenie amplitudy naprężeń, prędkości napinania taśmy, właściwego doboru urządzenia

rozruchowego, a szczególnie czasu narastania momentu obrotowego oraz wyznaczenie sekwencji załączania silników poszczególnych napędów w przenośniku wielonapędowym. Prędkość przebiegu fali sprężystej może zostać wyznaczona ze znanych formuł [1],[4], użycie których wymaga znajomości uderowego modułu sprężystości taśmy.

Należy zdawać sobie sprawę, że wartość wyznaczonej prędkości, poprzez wykorzystanie wspomnianych procedur, obarczona jest pewnym błędem. Błąd ten wynika głównie ze względu na niedostateczną wiedzę o uderowym module sprężystości taśmy, wyznaczanym na ogół w badaniach laboratoryjnych na odpowiednich próbkach taśm. Z tego względu interesujące wydają się badania przemysłowe prowadzone na obiektach rzeczywistych. Dostarczają one praktyczne wyniki i wiedzę na potrzeby analizy stanów nieustalonych oraz projektowania i użytkowania przenośników.

2. Obiekt badań i aparatura badawcza

Badania przebiegu fali sprężystej wykonano na przenośniku, który był eksploatowany w jednej z kopalń węgla kamiennego w ciągu technologicznym głównej odstawy urobku. Przenośnik był usytuowany poziomo. Wyposażony był w taśmę produkcji FTT Stomil Wolbrom SA. Parametry badanego przenośnika przedstawiono w tablicy 1.

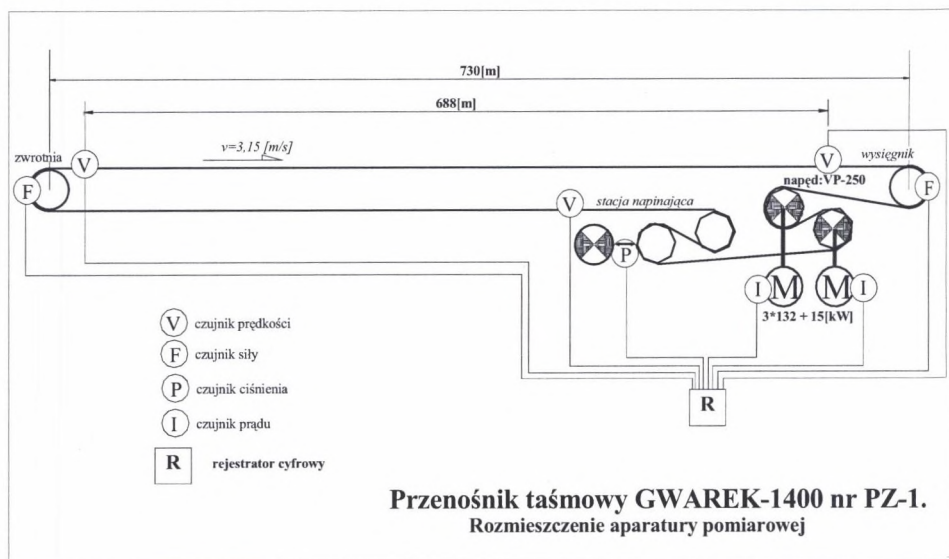
Tablica 1

Parametry przenośnika poddanego badaniom prędkości
przebiegu fali sprężystej w taśmie

Typ przenośnika	Gwarek 1400
Wydajność nominalna, Mg/h	2000
Moc napędów, kW	3x132
Długość przenośnika, m	730
Prędkość nominalna taśmy, m/s	3,15
Długość odcinka pomiędzy czujnikami, m	688
Typ taśmy	GTP-1600/4-2-I-1400
Typ urządzenia napinającego	Elektryczny wciągarokowy

Podczas badań w przenośniku zainstalowane były czujniki prędkości, czujniki siły, czujniki ciśnienia medium w układzie napinania taśmy oraz przetworniki prądowe w układzie zasilającym. Aparaturę pomiarową wykorzystywaną w badaniach stanowiły czujniki siły typu C6R firmy HOTTINGER, przetworniki prądowe typu MS-2 firmy DMT, czujniki ciśnienia firmy DMT, wzmacniacze pomiarowe firmy HOTTINGER i CARL TESTAR. Ponadto, do

pomiarów prędkości wykonane zostały specjalne czujniki elektromagnetyczne z nowoczesnymi, elektronicznymi układami pomiarowymi firmy ANALOG DEVICES (USA). Sygnały analogowe czujników pomiarowych rejestrowane były ośmiokanałowym rejestratorem firmy DMT. Przykładowe rozmieszczenie czujników na badanym przenośniku prezentuje rys 1.



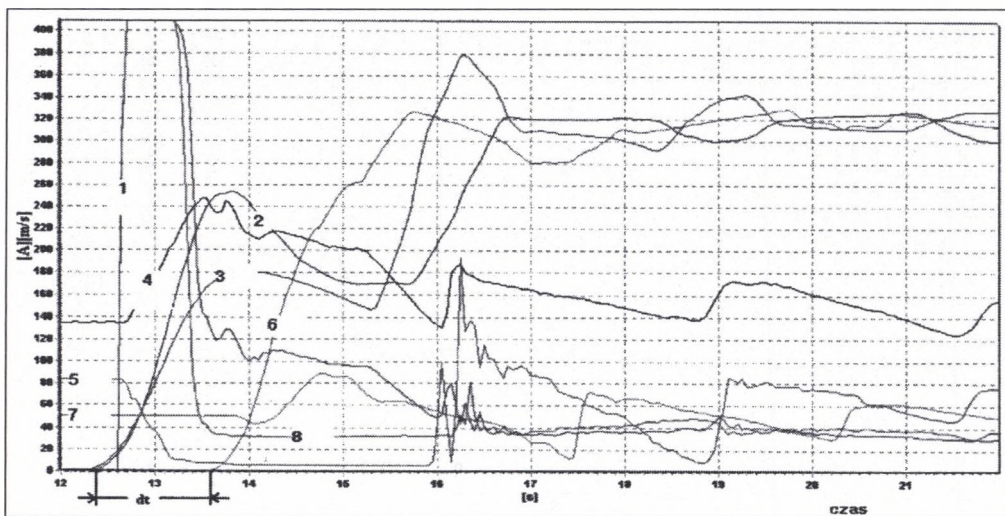
Rys.1. Układ napędowy i rozmieszczenie czujników na obiekcie pomiarowym
Fig. 1. Driving system and arrangement of measuring sensors on the object

Na rysunku tym zaznaczono także usytuowanie silników dwubębnowego napędu przenośnika oraz silnik urządzenia napajającego.

3. Sposób przeprowadzenia badań i uzyskane wyniki

Badania przebiegu fali sprężystej w taśmie wykonywano w warunkach normalnej eksploatacji przenośnika. Polegały one na rejestracji przebiegów prędkości taśmy podczas rozruchu przenośnika, w miejscach jak to pokazano powyżej na rys. 1. Oprócz prędkości taśmy mierzono również prądy silników napędowych, siły w taśmie i ciśnienie w układzie napinania taśmy. Podczas opisywanych badań w napędzie przenośnika nie stosowano urządzeń łagodnego rozruchu. Rozruchy przenośnika były więc stycznikowymi. 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 odległości 688 m rejestrowały ruch taśmy. Chwile początkowe zarejestrowanych przebiegów prędkości były podstawą określenia czasu przebiegu fali sprężystej na odcinku pomiarowym. Prędkości przebiegu fali sprężystej wyznaczano, mając za podstawę znaną odległość pomiędzy czujnikami i różnicę czasów chwil początkowych rejestrowanych przebiegów prędkości. Przykładowy oscylogram przebiegów rejestrowanych wielkości, z zaznaczeniem czasu przebiegu fali sprężystej na badanym odcinku przenośnika, przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Oscylogram przebiegu wielkości mierzonych: 1 – prąd silnika S_1 , A; 2 – prędkość taśmy na wysypie, $\times 100$, m/s; 3 – prędkość taśmy na stacji napinającej, $\times 100$ m/s; 4 – siła w taśmie na wysypie, kN; 5 – siła w taśmie na stacji napinającej, kN; 6 – prędkość taśmy na zwrotni, $\times 100$ m/s; 7 – siła w taśmie na zwrotni, kN; 8 – prąd silnika S_2 , A, dt – czas przebiegu fali

Fig. 2. Oscillogram illustrating the run of measured quantities

Pomiary na tym samym przenośniku wykonano dwukrotnie w 2002 i 2004 roku, w odstępie dwudziestu jeden miesięcy, zachowując identyczne warunki badania, a więc napięcie taśmy, sposób rozruchu i odległość czujników pomiaru prędkości. Dla obu badań oszacowano ilość urobku przetransportowanego taśmą oraz liczbę obiegów taśmy od początku jej użytkowania na przenośniku. Z dokonanego oszacowania wynikało, że w okresie do pierwszego badania taśma przeniosła od początku użytkowania 1 094 000 Mg urobku i wykonała ok. 20 884 000 obiegów. W okresie do drugiego badania, a więc po kolejnych dwudziestu jeden miesiącach użytkowania taśma przeniosła 3 582 000 Mg urobku i wykonała 88 503 000 obiegów na przenośniku. Podczas badań wykonywanych w pierwszym terminie przebieg prędkości fali sprężystej badano zarówno dla taśmy nie obciążonej, jak i obciążonej

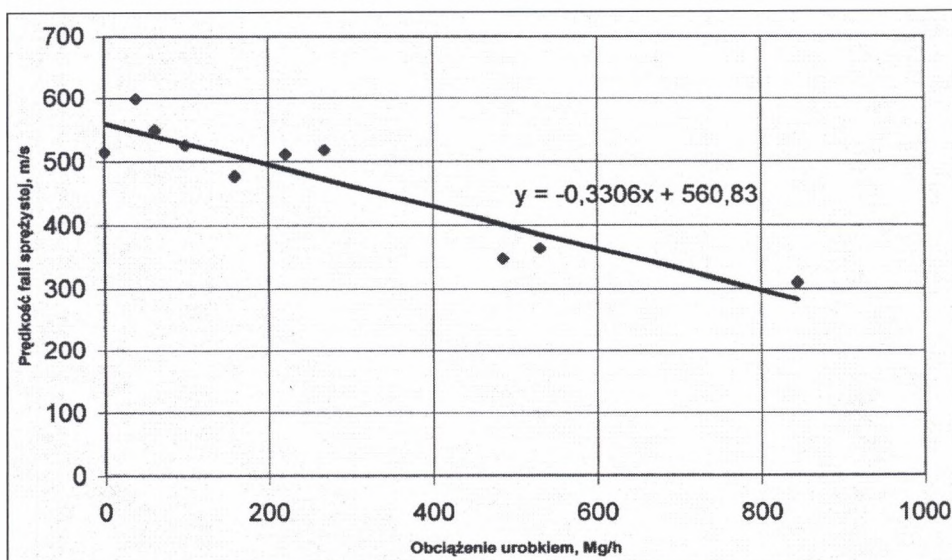
w różnym stopniu urobkiem. Stopień obciążenia urobkiem był ewidencjonowany przy użyciu wagi taśmowej. Podczas badań wykonywanych w drugim terminie przebiegi fali sprężystej badano tylko dla taśmy nie obciążonej urobkiem. Wyniki przeprowadzonych badań taśmy obciążonej urobkiem przedstawione zostały w tabelicy 2. Na podstawie tych wyników sporządzono wykres prędkości fali sprężystej w funkcji obciążenia taśmy urobkiem i oszacowano liniową funkcję regresji tych zmiennych.

Tabela 2

Wyniki pomiarów przebiegu fali sprężystej
w taśmie obciążonej urobkiem

Lp.	Obciążenie, Mg/h	Czas przebiegu fali, s	Prędkość fali, m/s
1	485,74	1,99	346,15
2	268,76	1,33	517,99
3	221,17	1,35	510,64
4	99,04	1,31	525,55
5	0,00	1,34	514,29
6	159,93	1,44	476,82
7	62,64	1,25	550,00
8	39,19	1,15	598,65
9	844,79	2,23	309,01
10	530,53	1,89	363,64

Wykres prędkości fali sprężystej w funkcji obciążenia taśmy urobkiem przedstawiono na rys.3. Wartość wyznaczonego w badaniu statystycznym współczynnika korelacji $R = 0,92$ wskazuje na istnienie silnej więzi pomiędzy opisywanymi zmiennymi.



Rys. 3. Współzależność pomiędzy prędkością fali sprężystej w taśmie a obciążeniem taśmy urobkiem
Fig. 3. Relationship between the elastic wave and the run-of-mine belt

Wyniki przeprowadzonych badań przebiegu prędkości fali sprężystej w taśmie nie obciążonej urobkiem, które wykonano w dwóch różnych terminach, w odstępie dwudziestu jeden miesięcy przedstawione zostały w tablicy 3. W poszczególnych terminach badań pomiary wykonywano kilkakrotnie. W pierwszym terminie wykonano osiem, a w drugim siedem pomiarów. W tablicy 3 przedstawione zostały również wartości średnie wyznaczonych prędkości fali oraz narastająco ilości przeniesionego przez taśmę urobku i ilości wykonanych przez nią obiegów na przenośniku.

Tablica 3

Wyniki badań przebiegu fali sprężystej w taśmie

Pomiar pierwszy				Pomiar drugi			
Prędkość fali, m/s	Wartość średnia, m/s	Ilość przeniesionego urobku, 10 ³ Mg	Liczba obiegów taśmy x 10 ³	Prędkość fali, m/s	Wartość średnia, m/s	Ilość przeniesionego urobku, 10 ³ Mg	Liczba obiegów taśmy x 10 ³
587,38	567,08	1 094	20,884	664,46	620,48	3 582	88,503
552,65				663,23			
574,62				609,36			
558,33				574,88			
582,50				607,94			
552,65				617,28			
574,62				606,23			
553,91							

Przeprowadzona statystyczna analiza różnic uzyskanych w badaniach wartości średnich prędkości w dwóch seriach pomiarowych wykazała, że średnie te różnią się istotnie. Obliczona testem Studenta-Welscha statystyka była większa od wartości krytycznej dla poziomu ufności 0,05. Zachodziło: $t_{\text{ob1}} = 4,03 > t_{0,05} = 3,35$.

Wyznaczona wartość średnia prędkości przebiegu fali sprężystej w taśmie w drugim badaniu była o 9,4 % wyższa od wartości średniej wyznaczonej w badaniu pierwszym.

Dysponując danymi z tablicy 3 oszacowano liniową funkcję regresji zmiennych, jakimi są: prędkość przebiegu fali sprężystej w taśmie, ilość przetransportowanego taśmą urobku oraz liczba obiegów taśmy na przenośniku.

Równania regresji mają postać następującą:

$$V_f = 0,28 \cdot 10^{-6} M + 550,71; R = 0,76 \quad (1)$$

$$V_f = 0,79 \cdot 10^{-3} C + 550,71; R = 0,76 \quad (2)$$

gdzie:

V_f – prędkość przebiegu fali sprężystej w taśmie, m/s

M – ilość przetransportowanego taśmą urobku, Mg

U – liczba obiegów taśmy na przenośniku.

Jak łatwo zauważyć, wyznaczone współczynniki korelacji zmiennych przyjmują wysokie wartości, co wskazuje na silną więź pomiędzy tymi zmiennymi.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania przebiegu fali sprężystej w taśmie wykazały, że prędkość ta zależy od stopnia wypełnienia taśmy urobkiem. Wyznaczone równanie regresji tych zmiennych wskazuje, iż wraz ze wzrostem obciążenia taśmy przenośnika urobkiem prędkość przemieszczania fali w taśmie maleje, a zmienne są silnie skorelowane. Potwierdza to zjawiska znane z literatury przedmiotowej i prowadzonych uprzednio badań [2], [3]. Nowym doświadczeniem, nie znanym z literatury przedmiotowej, jest badanie przebiegu fali sprężystej w tej samej taśmie po upływie pewnego okresu jej eksploatacji. Na podstawie tych badań stwierdzono, że wraz z ilością przetransportowanego urobku oraz wraz ze wzrostem liczby obiegów taśmy na przenośniku prędkość przemieszczania fali rośnie. Również w tym przypadku badane zmienne wykazują silną korelację. W okresie dwudziestu jeden miesięcy użytkowania taśma przenosząc ok. 2,5 mln Mg urobku i wykonując ok. 2,5 tys. obiegów na przenośniku zmieniła w takim stopniu swoje właściwości sprężyste, że prędkość przemieszczania się fali sprężystej wzrosła ok. 9,4%

Praktycznym aspektem przeprowadzonych badań jest informacja o korekcie wartości udarowego modułu sprężystości taśmy, wykorzystywanego do obliczeń dynamiki pracy przenośnika oraz ewentualnej korekcie nastaw urządzeń sterujących rozruchem przenośnika, czyli zmiany czasów sekwencyjnego załączania silników napędowych dla przypadku, jeżeli ma on napęd pośredni przesyłowy.

LITERATURA

1. Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1990, wyd II.
2. Antoniak J., Lutyński A., Sołtysik L.: Pomiary przemysłowe rozchodzenia się fali napięcia w taśmie przenośnika taśmowego. Materiały II Międzynarodowej Konferencji

- „Nowoczesne przenośniki taśmowe dla węglowego górnictwa podziemnego”, Politechnika Śląska, Wisła-Jawornik 1996.
3. Sołtysik L.: Wpływ łagodnego rozruchu na pracę górniczych przenośników taśmowych. Rozprawa doktorska, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice 1999.
 4. Żur T., Hardygóra M.: Przenośniki taśmowe w górnictwie. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1996.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz

Abstract

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 performed with the same conveyor and under the same conditions in two stages – with the same initial tension of the belt and with the same starting. In one stage the speed of the elastic wave for various amount of a run-of-mine has been also performed. The first stage of the tests was performed in 2002 and repeated in 2004. During the tests of the Gwarek 1400 conveyor, the belt made by the FTT Stomil Wolbrom S.A. (which hauled about 2,5 mln Mg of the run-of-mine) was installed. The results of the tests performed in the period of 20 months revealed significant differences in the speed of the elastic wave in the belt.