

## POMIARY WYBRANYCH PARAMETRÓW WIBROAKUSTYCZNYCH PRZEKŁADNI PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO

### 37.1 WPROWADZENIE

Przenośniki taśmowe należą do mechanicznych środków transportu charakteryzujących się prostą budową, wysoką niezawodnością oraz bezpieczeństwem [1]. Głównymi parametrami przenośników taśmowych decydujących o ich zastosowaniu są: wydajność od kilkuset ton do kilkudziesięciu tysięcy ton na godzinę, prędkość taśmy od 1,5 do 9,0 m/s, długość od kilkudziesięciu do kilkudziesięciu tysięcy metrów oraz łatwość dostosowania do zróżnicowanego konturu trasy [2]. Te zalety przenośników taśmowych są jednymi z głównych podstaw stosowania ich w górnictwie podziemnym, ale także odkrywkowym [3, 15] oraz w wielu innych gałęziach przemysłu. Istotnym znaczeniem dla użytkownika jest niski koszt inwestycji i eksploatacji w stosunku do objętości transportowanego materiału.

W obecnie stosowanych przenośnikach taśmowych we współczesnym górnictwie podziemnym, przekładnie zębate muszą być projektowane do przenoszenia bardzo dużych mocy. Narazone są one również na coraz większe zewnętrzne obciążenia dynamiczne. Dodatkowo w procesie projektowania dąży się do uzyskania coraz większej wartości stosunku mocy przenoszonej koła zębate do ich masy. Z tego względu w trakcie eksploatacji w mocno obciążonych przekładniach występują uszkodzenia lub zniszczenia ich elementów, co ma decydujące znaczenie szczególnie w odniesieniu do ostawy głównej poziomej.

Aktualne techniki diagnostyczne stanu technicznego przekładni zębatej są skierowane na identyfikację uszkodzeń jej elementów w początkowej fazie ich rozwoju. Podstawą takiego działania są pomiary i analiza emitowanych przez nie drgań również za pomocą systemów pomiarów drgań mechanicznych [4]. W sygnałach wibroakustycznych emitowanych np. z przekładni poszukuje się informacji diagnostycznych o stanie jej elementów, a występujące odstępstwa od zakładanego stanu świadczą o zmianach spowodowanych zużyciem lub uszkodzeniem [6, 7, 8]. Takie czynności zapobiegają nieprzewidywanym awariom maszyn.

## 37.2 DIAGNOSTYKA MASZYN

Diagnostyka techniczna związana jest głównie ze strategią utrzymania maszyn zależną od stanu technicznego. Przez diagnostykę techniczną rozumie się więc określenie stanu technicznego na podstawie symptomów towarzyszących pracy maszyny. Stan techniczny jest to ogół czynników charakteryzujących maszynę, wpływających na współpracę par kinematycznych. Przykładami symptomów są wielkości fizyczne opisujące drgania mechaniczne, wielkości opisujące produkty życia, rozkład temperatury na powierzchni maszyny lub elementu. Zwiększenie intensywności drgań w odpowiedniej składowej lub kilku składowych widma drgań jest symptomem zmiany stanu określonej pary kinematycznej, co jest równoważne z przyszłą awarią maszyny. W przypadku tradycyjnego sposobu utrzymania maszyny, przy wykorzystaniu strategii planowo zapobiegawczej, o stanie technicznym wielu par kinematycznych dowiadujemy się po demontażu maszyn oddanych do remontu [9].

Diagnostyka maszyny scharakteryzuje się następującymi zadaniami: diagnozą – związaną z określeniem bieżącego stanu technicznego, genezą – określeniem przyczyn zaistnienia obecnego stanu oraz prognozą – czyli określeniem horyzontu czasowego przyszłej zmiany stanu technicznego [10].

### 37.2.1 Uszkodzenia łożysk tocznych

Rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych można wykryć przy zastosowaniu analizy spektralnej widma drgań i hałasu łożyska. Analizę widma przeprowadza się na podstawie zmierzonego sygnału czasowego w paśmie do 20 kHz [12, 21, 22].

Metody diagnozowania łożysk są okresowe lub ciągłe pomiary szerokopasmowych poziomów drgań. Pomiary te bazują na śledzeniu trendu zmian poziomu drgań w szerokich pasmach częstotliwości. Zarejestrowane poziomy drgań węzłów łożyskowych są porównywane z wartościami granicznymi, podanymi przez normy międzynarodowe ISO 10816 [18].

### 37.2.2 Uszkodzenia w przekładniach zębatych

W konstrukcjach maszyn przekładnie zębate mają za zadanie zamianę momentu obrotowego i prędkości obrotowej na drodze silnik-maszyna robocza [5]. Przekładnie z racji dyskretnego przenoszenia obciążenia, przez kolejne zęby wchodzące w przypór, należą obok łożysk tocznych do istotnych źródeł drgań. Okresowa zmiana (z częstotliwością zazębienia) liczba zębów w przyporze jest przyczyną okresowej fluktuacji sztywności zazębienia, dla wału o zmiennej sztywności oraz dla pracy łożysk tocznych powoduje powstanie drgań z efektami modulacyjnymi. Struktura drgań przekładni jest bardzo złożona ponieważ dochodzą efekty drganiowe błędów produkcyjnych i montażowych [5, 9].

### 37.2.3 Uszkodzenia przekładni zębatej

Podstawowymi elementami wpływającymi na trwałość przekładni są łożyska toczne i koła zębate i dlatego one głównie podlegają ocenie diagnostycznej. Zakłada się nieograniczoną trwałość zazębienia, jest to możliwe przy stałym obciążeniu zewnętrznym i odpowiednim stanie technicznym, co odpowiada zmienności obciążenia zazębienia – stało-amplitudowemu. Nieograniczoną trwałość można uzyskać przy amplitudzie zmian obciążenia, odpowiadającej obciążeniu wąskopasmowemu. Przy ograniczonej trwałości zazębienia należy określić liczbę cykli zmian obciążenia. W celu wyznaczenia tej liczby należy rozpoznać zmiany obciążenia w stosunku do obciążenia średniego. Jeśli zmiana obciążenia jest taką, że przecina wartość średnią w górę i w dół, to stanowi jeden cykl zmiany obciążenia. W celu wyznaczenia cyklu należy rozpoznać zmiany obciążenia w stosunku do obciążenia średniego. Jeśli zmiana obciążenia jest taka, że przecina wartość średnią w górę i w dół, to stanowi to jeden cykl zmiany obciążenia, pomimo wahań obciążenia, przebieg ten można zaliczyć jako jeden cykl zmiany obciążenia. Zmienność zależy od błędów wykonania zazębienia [9].

Trwałość łożysk w przekładni jest ograniczona, to uszkodzenie łożyska wpływa na stan współpracy zazębienia, powoduje zmianę śladu przylegania zębów, a tym samym zwiększenie jednostkowego obciążenia zazębienia wzdłuż linii zęba. Ograniczoną trwałość zazębienia wykrywa się metodami diagnostycznymi np. wzrost obciążenia międzyzębego i zmiana postaci obciążenia, przejście obciążenia wąskopasmowego na szerokopasmowe [8, 11, 12].

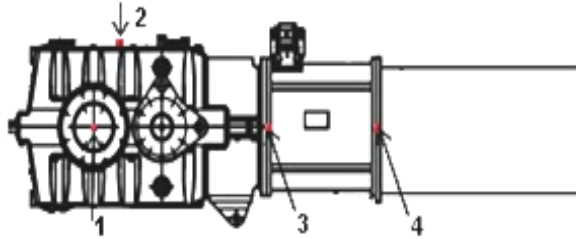
### 37.2.4 Obiekt badań

Obiektem badań jest przekładnia K1 SH 450 zespołu napędowego przenośnika taśmowego Vacat VT 1400 (rys. 37.1.)pracującego w kopalni węgla kamiennego.



Rys 37.1 Badane jednostki napędowe przenośnika taśmowego

Pomiary zostały wykonane w wybranych punktach, obejmujących następujące umiejscowienie: ułożyskowania wału zdawczego, obudowy przekładni K1 SH 450, zasprzęglenia przekładnia-sprzęgło, zasprzęglenia sprzęgło-silnik. Na rys. 37.2 przedstawiono umiejscowienie punktów pomiarowych wraz z opisem ich miejsca zamocowania.



Legenda: 1. Ułożyskowanie wału zdawczego, 2. Obudowa przekładni K1 SH 450,  
3. Zasprzężenie przekładnia-sprzęgło, 4. Zasprzężenie sprzęgło-silnik.

**Rys. 37.2 Jednostka napędowa VT 1400 z punktami pomiarowymi**

Pomiary zostały wykonane w odstępie półrocznym przy pomocy wielokanałowego analizatora SVAN 948 wraz z oprzyrządowaniem [20].

Pomiary zostały wykonane w wybranych punktach przekładni przenośnika taśmowego podczas ruchu przenośnika.

Do analizy stanu technicznego badanego obiektu zostały wykorzystane sygnały przyspieszenia i prędkości skutecznych zgodnie z załącznikiem D do PN-ISO 8579-2.

Wytyczne wg normy: przy zarejestrowanych prędkościach drgań 0,008 do 0,012 m/s należy zatrzymać obiekt i dokonać przeglądu. Przy zarejestrowanych prędkościach drgań w zakresie 0,012 do 0,018 m/s określa się stan techniczny badanego obiektu jako groźny, przy zarejestrowanych prędkościach drgań powyżej 0,018 m/s należy natychmiast zatrzymać obiekt badań.

W tabelach przedstawiono wyniki badań wartości przyspieszeń i prędkości wykonanych w czerwcu na I, II i III jednostce napędowej, odpowiednio tabele 37.1, 37.2 i 37.3.

**Tabela 37.1 Wartości prędkości i przyspieszeń dla I jednostki napędowej (1 seria)**

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]				Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]				
	Oś	Częstotliwości pomiarowe				5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
		5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]				
Łozysko przekładni	X	0,00010	0,00070	0,00100	0,00010	0,00700	0,10600	0,06200	0,13500
	Y	0,00003	0,00030	0,00070	0,00003	0,00008	0,04400	0,04500	0,03500
	Z	0,00030	0,00010	0,00010	0,00003	0,00100	0,02200	0,06100	0,03800
Obudowa	X	0,00020	0,00060	0,00020	0,00020	0,00600	0,09200	0,12600	0,20900
	Y	0,00004	0,00030	0,00004	0,00004	0,00100	0,04900	0,02200	0,04600
	Z	0,00006	0,00010	0,00020	0,00008	0,00200	0,01700	0,09700	0,10500
Przekładnia sprzęgło	X	0,00020	0,00040	0,00020	0,00008	0,00500	0,06200	0,11600	0,10200
	Y	0,00003	0,00030	0,00004	0,00003	0,00080	0,04500	0,02500	0,03700
	Z	0,00009	0,00008	0,00010	0,00009	0,00300	0,01300	0,07700	0,11400
Sprzęgło - silnik	X	0,00020	0,00030	0,00010	0,00020	0,00700	0,05200	0,06200	0,13600
	Y	0,00006	0,00060	0,00007	0,00010	0,00200	0,09200	0,04500	0,10200
	Z	0,00004	0,00003	0,00008	0,00010	0,00100	0,00400	0,05000	0,10700

Tabela 37.2 Wartości prędkości i przyspieszeń dla II jednostki napędowej (1 seria)

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]				Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]				
	Częstotliwości pomiarowe								
	Oś	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
Łozysko przekładni	X	0,00020	0,00050	0,00003	0,00007	0,00500	0,10200	0,01100	0,08700
	Y	0,00001	0,00006	0,00002	0,00002	0,00030	0,00700	0,00400	0,01900
	Z	0,00004	0,00010	0,00002	0,00002	0,00100	0,01700	0,00600	0,01900
Obudowa	X	0,00010	0,00060	0,00007	0,00010	0,00300	0,10100	0,04600	0,14100
	Y	0,00007	0,00030	0,00001	0,00002	0,00100	0,03300	0,00600	0,02100
	Z	0,00006	0,00010	0,00005	0,00002	0,00300	0,02200	0,03200	0,02000
Przekładnia sprzęgło	X	0,00020	0,00009	0,00004	0,00006	0,00600	0,12000	0,04100	0,05200
	Y	0,00010	0,00040	0,00001	0,00002	0,00100	0,02100	0,00500	0,02900
	Z	0,00009	0,00005	0,00002	0,00001	0,00100	0,02200	0,01500	0,01600
Sprzęgło - silnik	X	0,00020	0,00080	0,00007	0,00004	0,00600	0,13600	0,02400	0,07900
	Y	0,00003	0,00010	0,00001	0,00002	0,00080	0,06000	0,00700	0,03500
	Z	0,00001	0,00010	0,00002	0,00001	0,00100	0,00700	0,01100	0,01300

Tabela 37.3 Wartości prędkości i przyspieszeń dla III jednostki napędowej (1 seria)

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]				Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]				
	Częstotliwości pomiarowe								
	Oś	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
Łozysko przekładni	X	0,00010	0,00060	0,00009	0,00010	0,00500	0,07300	0,05600	0,14100
	Y	0,00020	0,00030	0,00006	0,00005	0,00300	0,04500	0,03500	0,05800
	Z	0,00003	0,00200	0,00006	0,00002	0,00200	0,03500	0,03600	0,02700
Obudowa	X	0,00020	0,00050	0,00007	0,00010	0,00500	0,07500	0,04100	0,13000
	Y	0,00006	0,00004	0,00003	0,00006	0,00200	0,00600	0,01700	0,07600
	Z	0,00005	0,00020	0,00006	0,00008	0,00200	0,03300	0,03900	0,10000
Przekładnia - sprzęgło	X	0,00020	0,00030	0,00010	0,00010	0,00600	0,04000	0,07200	0,15100
	Y	0,00009	0,00009	0,00003	0,00007	0,00400	0,01300	0,01000	0,08400
	Z	0,00010	0,00010	0,00007	0,00006	0,00300	0,01400	0,03500	0,07100
Sprzęgło - silnik	X	0,00020	0,00020	0,00009	0,00010	0,00500	0,02500	0,05600	0,11000
	Y	0,00006	0,00009	0,00002	0,00010	0,00100	0,01300	0,01000	0,15700
	Z	0,00010	0,00010	0,00004	0,00006	0,00300	0,01600	0,02200	0,04000

Kolejne pomiary zostały wykonane w listopadzie. Okres czasu pomiaru od pierwszej serii pomiarowej wynosił 6 miesięcy. Pomiary drgań zostały przeprowadzone w takich samych warunkach pracy przenośnika taśmowego. Zastosowano ten sam przyrząd pomiarowy wraz z oprzyrządowaniem, przy tych samych ustawieniach parametrów jak podczas pomiaru w czerwcu. Wyniki przedstawiono w tabelach 37.4, 37.5, 37.6, które odpowiadają kolejno jednostkom napędowym.



Tabela 37.4 Wartości prędkości i przyspieszeń dla I jednostki napędowej (2 seria)

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]					Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]			
	Częstotliwości pomiarowe								
	Oś	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
Łożysko przekładni	X	0,00010	0,00030	0,00009	0,00008	0,00500	0,03900	0,05400	0,10500
	Y	0,00001	0,00040	0,00003	0,00006	0,00800	0,05700	0,02100	0,08000
	Z	0,00010	0,00010	0,00010	0,00004	0,00080	0,02300	0,08900	0,05000
Obudowa	X	0,00010	0,00030	0,00010	0,00005	0,00400	0,05000	0,08200	0,06000
	Y	0,00006	0,00040	0,00006	0,00010	0,00200	0,06200	0,02000	0,15000
	Z	0,00010	0,00040	0,00002	0,00030	0,00300	0,06700	0,00800	0,04200
Przekładnia sprzęgło	X	0,00010	0,00020	0,00006	0,00006	0,00500	0,03900	0,03900	0,08700
	Y	0,00006	0,00020	0,00010	0,00005	0,00020	0,04700	0,06300	0,04200
	Z	0,00004	0,00010	0,00020	0,00004	0,00100	0,01800	0,09900	0,05400
Sprzęgło - silnik	X	0,00010	0,00020	0,00006	0,00008	0,00400	0,03000	0,03400	0,09900
	Y	0,00001	0,00030	0,00008	0,00004	0,00400	0,04000	0,04800	0,05000
	Z	0,00004	0,00010	0,00020	0,00004	0,00100	0,01900	0,09300	0,04600

Tabela 37.5 Wartości prędkości i przyspieszeń dla II jednostki napędowej (2 seria)

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]					Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]			
	Częstotliwości pomiarowe								
	Oś	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
Łożysko przekładni	X	0,00010	0,00020	0,00008	0,00005	0,00500	0,02500	0,04700	0,05700
	Y	0,00004	0,00010	0,00004	0,00004	0,00100	0,01800	0,02600	0,05100
	Z	0,00003	0,00010	0,00009	0,00008	0,00080	0,01700	0,05600	0,10000
Obudowa	X	0,00010	0,00020	0,00002	0,00002	0,00400	0,03000	0,01400	0,02000
	Y	0,00007	0,00010	0,00001	0,00002	0,00200	0,01300	0,00600	0,03600
	Z	0,00006	0,00010	0,00002	0,00003	0,00200	0,01300	0,01000	0,03800
Przekładnia - sprzęgło	X	0,00010	0,00030	0,00003	0,00004	0,00400	0,05000	0,01800	0,05500
	Y	0,00010	0,00004	0,00002	0,00003	0,00300	0,00600	0,01200	0,04300
	Z	0,00006	0,00004	0,00001	0,00007	0,00200	0,01500	0,00600	0,08700
Sprzęgło - silnik	X	0,00010	0,00020	0,00001	0,00003	0,00500	0,03200	0,00800	0,03500
	Y	0,00009	0,00010	0,00002	0,00002	0,00300	0,02000	0,00400	0,03100
	Z	0,00004	0,00010	0,00001	0,00003	0,00300	0,02000	0,00900	0,03200

Tabela 37.6 Wartości prędkości i przyspieszeń dla III jednostki napędowej (2 seria)

Miejsce pomiaru	Prędkość [m/s]					Przyspieszenie [m/s <sup>2</sup> ]			
	Częstotliwości pomiarowe								
	Oś	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]	5 [Hz]	25 [Hz]	100 [Hz]	200 [Hz]
Łożysko przekładni	X	0,00020	0,00010	0,00020	0,00002	0,00300	0,02100	0,01000	0,02400
	Y	0,00003	0,00010	0,00001	0,00003	0,00080	0,02000	0,00900	0,04800
	Z	0,00008	0,00006	0,00001	0,00002	0,00200	0,00900	0,00600	0,03300
Obudowa	X	0,00010	0,00120	0,00002	0,00010	0,00500	0,03400	0,01800	0,15500
	Y	0,00006	0,00010	0,00001	0,00010	0,00200	0,02300	0,00900	0,17800
	Z	0,00003	0,00007	0,00002	0,00006	0,00080	0,01000	0,02200	0,08000
Przekładnia - sprzęgło	X	0,00020	0,00020	0,00002	0,00007	0,00500	0,03200	0,01400	0,09200
	Y	0,00010	0,00030	0,00003	0,00040	0,00400	0,04900	0,02000	0,14200
	Z	0,00003	0,00020	0,00002	0,00007	0,00080	0,02500	0,01000	0,08400
Sprzęgło - silnik	X	0,00020	0,00030	0,00002	0,00020	0,00200	0,04700	0,01800	0,20900
	Y	0,00005	0,00010	0,00004	0,00020	0,00020	0,01800	0,01800	0,25700
	Z	0,00007	0,00010	0,00005	0,00008	0,00010	0,02100	0,04500	0,10400

W wyniku analizy uzyskanych pomiarów można stwierdzić że największe wartości przyspieszeń odnotowano przy wartości częstotliwości równej 200 Hz na III jednostce napędowej, która zabudowana jest niesymetrycznie na napędzie przenośnika.

W wyniku analizy wstępnej zarejestrowanych wartości przyspieszeń, można wstępnie diagnozować odnośnie stanu technicznego przekładni. Największe wartości przyspieszeń zarejestrowano o częstotliwości pomiarowej równej 25 Hz, co odpowiada częstotliwości obrotowej I stopnia. Najwyższe wartości drgań zanotowaliśmy w listopadzie na I jednostce, są one wywołane poprzez wałek szybkobieżny. Wartości przyspieszeń zostały zmierzone na obudowie względem osi:  $X = 0,050 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Y = 0,062 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Z = 0,067 \text{ [m/s}^2\text{]}$  i na zasprzęgleniu przekładni – sprzęgło względem osi:  $X = 0,039 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Y = 0,047 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Z = 0,018 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Może to być oznaka pogarszającego się ich stanu technicznego.

Z wyników zarejestrowanych przy częstotliwości 100 Hz w listopadzie na II jednostce napędowej stwierdzono następujące wartości przyspieszeń względem osi:  $X = 0,047 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Y = 0,026 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Z = 0,056 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Jest to miejsce ułożyskowania tulei ustalającej przekładnie na czopie bębna napędowego. Drgania mogą być przenoszone poprzez tuleję od zazębienia II stopnia lub od wału bębna napędowego. Wartości wyników przyspieszeń przy zakresie częstotliwościowym 200Hz są znacząco podwyższone w pomiarach z listopada na obudowie przekładni III jednostki napędowej względem osi:  $X = 0,155 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Y = 0,178 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Z = 0,08 \text{ [m/s}^2\text{]}$  a pomiarami zarejestrowanymi w czerwcu  $X = 0,130 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Y = 0,070 \text{ [m/s}^2\text{]}$   $Z = 0,100 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Po analizie zarejestrowanych wartości na III napędzie w czerwcu i listopadzie można wnioskować o pogarszającym się stanie zazębienia wałka szybkobieżnego z kołem talerzowym. Przyczyną wzrostu wartości przyspieszeń może świadczyć o poluzowaniu się mocowania łożyska w obudowie przekładni, co mogło spowodować niewyrównoważenie i bicie wału szybkobieżnego lub wału pośredniego.

W wartościach pomiarowych 5 Hz nie zauważono niepokojących objawów podwyższonych parametrów przyspieszeń, co może wnioskować o dobrym stanie technicznym drugiego stopnia zazębienia przekładni.

Po analizie zarejestrowanych prędkości wg normy PN-ISO 8579-2 nie stwierdzono przekroczeń wartości normowych.

### 37.3 PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonej wstępnej analizy zarejestrowanych pomiarów prędkości i przyspieszeń drgań przekładnia K1 SH 450 zespołu napędowego przenośnika taśmowego Vacat VT 1400 można stwierdzić, że:

- Największe wartości przyspieszeń występują w częstotliwości pomiarowej 25 Hz, co odpowiada częstotliwości obrotowej I stopnia.

- Najwyższe wartości drgań odnotowano w drugiej serii pomiarów na I jednostce, są one wywołane poprzez wałek szybkobieżny, wartości przyspieszeń zostały zmierzone na obudowie względem osi:  $X = 0,050 \text{ [m/s}^2]$   $Y = 0,062 \text{ [m/s}^2]$   $Z = 0,067 \text{ [m/s}^2]$  i na zasprzęgleniu przekładni – sprzęgło względem osi:  $X = 0,039 \text{ [m/s}^2]$   $Y = 0,047 \text{ [m/s}^2]$   $Z = 0,018 \text{ [m/s}^2]$ . Może to być oznaka pogarszania się stanu technicznego tej jednostki napędowej.
  - Z wyników zarejestrowanych przyspieszeń drgań przy częstotliwości 100 Hz w 2 serii na II jednostce napędowej stwierdzono następujące wartości przyspieszeń względem osi:  $X = 0,047 \text{ [m/s}^2]$   $Y = 0,026 \text{ [m/s}^2]$   $Z = 0,056 \text{ [m/s}^2]$ . Jest to miejsce ułożyskowania tulei ustalającej przekładnie na czopie bębna napędowego. Drgania mogą jednak być przenoszone poprzez tuleję od zazębienia II stopienia lub od wału bębna napędowego.
  - Wartości wyników przyspieszeń przy zakresie częstotliwościowym 200 Hz są znacząco podwyższone w pomiarach z 2 serii na obudowie przekładni III jednostki napędowej względem osi:  $X = 0,155 \text{ [m/s}^2]$   $Y = 0,178 \text{ [m/s}^2]$   $Z = 0,08 \text{ [m/s}^2]$  w odniesieniu do pomiarów zarejestrowanych w 1 serii  $X = 0,130 \text{ [m/s}^2]$   $Y = 0,070 \text{ [m/s}^2]$   $Z = 0,100 \text{ [m/s}^2]$ . Po analizie zarejestrowanych wartości na III napędzie w 1 serii i 2 serii pomiarów można wnioskować o pogarszającym się stanie zazębienia wałka szybkobieżnego z kołem talerzowym. Przyczyną wzrostu wartości przyspieszeń może świadczyć o poluzowaniu się mocowania łożyska w obudowie przekładni, co mogło spowodować niewyrównoważenie wału szybkobieżnego lub wału pośredniego.
  - W zakresie częstotliwości 5 Hz nie stwierdzono niepokojących objawów podwyższonych parametrów przyspieszeń, w wyniku czego możemy wnioskować o dobrym stanie technicznym drugiego stopnia zazębienia wszystkich przekładni.
- W wyniku analizy zarejestrowanych prędkości zgodnie z normą PN-ISO 8579-2 nie stwierdzono przekroczeń wartości dopuszczalnych.

Wykorzystanie metod diagnostyki w eksploatacji maszyn w górnictwie jest nieodzownym elementem racjonalnego ich utrzymania oraz planowania remontów. Podstawową grupą elementów maszyn stosowaną w kopalniach węgla kamiennego to przekładnie zębate. Uszkodzenia przekładni związane są z czasem ich eksploatacji, jej obciążeniem (często przeciążeniem) oraz innymi warunkami pracy. Te czynniki wpływają na stopniowe zużycie się poszczególnych elementów lub całych zespołów, które współpracują ze sobą. Częściowo problem ten został przedstawiony na podstawie badań przeprowadzonych w perspektywie czasu na trzech jednostkach napędowych przenośnika taśmowego podczas pracy.

Porównanie wyników pomiarów trzech przekładni wykazuje niski poziom prędkości drgań według załącznika D do PN-ISO 8579-2 na zadanych punktach pomiarowych, co świadczy o pozytywnym stanie technicznym jednostek napędowych.

Dalsza szczegółowa analiza badań pozwoli na określenie kierunków zmian stanu technicznego poszczególnych par kinematycznych z wyszczególnieniem



niebezpiecznych symptomów wraz z przybliżonym określeniem czasu eksploatacji do niezbędnego remontu.

## LITERATURA

1. Antoniak Jerzy., *Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006,
2. Antoniak Jerzy., *Przenośniki taśmowe wprowadzenie do teorii i obliczenia*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004
3. Antoniak Jerzy., *Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007
4. Kucharski T., *System pomiaru drgań mechanicznych*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
5. Skoć A., Spałek J., Markusik S.: *Podstawy konstrukcji maszyn*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008
6. Cholewa W., Kazimierzczak J.: *Diagnostyka techniczna maszyn. Przetwarzanie cech sygnałów.*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
7. Cholewa W., Moczulski W.: *Diagnostyka techniczna maszyn. Pomiary i analiza sygnałów.*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1993.
8. Cempel C.: *Wibroakustyka stosowana*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1989,
9. Walter Bartelmus., *Diagnostyka maszyn górniczych, Górnictwo odkrywkowe*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1998,
10. Czesław Cempel., *Diagnostyka wibroakustyczna maszyn*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1989,
11. Paweł Lindstedt., *Praktyczna diagnostyka maszyn i jej teoretyczne podstawy*, Wydawnictwo Naukowe ASKON, Warszawa 2002,
12. Dwornik J., Rzepiela M.: *Diagnostyka i obsługa łożysk tocznych*, Biuro Gamma Warszawa 2003.
13. Bracewell R., *Przekształcenie Fouriera i jego zastosowania*, WNT, Warszawa 1968
14. Bishop R. E. D., Gladwell G. M. L., Michaelson S.: *Macierzowa analiza drgań*, WNT, Warszawa 1972.
15. Tadeusz Żur, *Przenośnik taśmowe w górnictwie*, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1979.
16. Pioma S.A., *Instrukcja montażu i eksploatacji przenośnika taśmowego PIOMA 1000*, Piotrków Trybunalski, DTR-07-0831.
17. Vacat, Instrukcja przenośnika taśmowego VT 1400, Rybnik 2010, DTR VP/PT/03/09.
18. VOITH, Instrukcja montażu i obsługi sprzęgła o stałym napełnieniu, Piotrków Trybunalski 2010.
19. PREINFALK, Przekładnia zębata czołowa, Instrukcja pracy i serwisowania, PW-BA-ZG-PL-2008.
20. Instrukcja obsługi, czterokanałowego miernika, analizatora drgań i dźwięku Svan 948, Warszawa, styczeń 2005.
21. SKF Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk. Publikacja 4100 PL. Copyright SKF 1994.
22. Internet [www.utrzymanieruchu.pl](http://www.utrzymanieruchu.pl): Diagnostyka łożysk tocznych oraz przyczyny ich uszkodzeń. 19.06.2009

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019

## POMIARY WYBRANYCH PARAMETRÓW WIBROAKUSTYCZNYCH PRZEKŁADNI PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO

**Streszczenie:** W publikacji przedstawiono pomiary przekładni przenośnika taśmowego przeprowadzone w warunkach dołowych kopalni węgla kamiennego. Pomiary przeprowadzono w odstępie półrocznej perspektywy odstępu czasu. Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono wstępną analizę zmian wartości wybranych parametrów wibroakustycznych przekładni w aspekcie jej stanu technicznego. Wstępnie przeanalizowano także zmiany tych parametrów w perspektywie upływu czasu eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** wibroakustyka, przekładnia przenośnika taśmowego

## MEASUREMENTS OF SELECTED VIBROACOUSTIC OF CONVEYOR BELT TRANSMISSION

**Abstract:** The publication presents measurements of conveyor belt transmission carried out in underground conditions of a Coal Mine. The measurements were carried out at the interval of a half - year perspective of the time period. On the basis of the obtained results, a preliminary analysis of changes in the value of selected vibroacoustic parameters of the transmission was carried out in the aspect of its technical condition. Initially, changes in these parameters were also analyzed in the perspective of the elapse of operating time.

**Key words:** vibroacoustics, conveyor belt transmission

**dr inż. Marek Profaska**  
Politechnika Śląska  
ul. Akademicka 2a, 44-100 Gliwice, Polska  
e-mail: marek.profaska@polsl.pl

**mgr inż. Tomasz Lempart**  
tel: +48 660693144  
e-mail: t\_lempart@wp.pl