

Seria: GÓRNICtwo z.95

Henryk KOSTRZEWA
Sławomir BRODZIŃSKIBADANIA EKSPERYMENTALNE ZWISU TAŚMY
PRZENOŚNIKOWEJ O UŁOŻENIU NIECKOWYM

Streszczenie: W artykule przedstawiono badania zwisu taśmy przerośnikowej o ułożeniu nieckowym oraz budowę stanowiska pomiarowego zastosowanego w badaniach. Przeprowadzono porównanie wartości zwisu taśmy uzyskanych z pomiarów, z jego wartościami obliczeniowymi ze wzoru teoretycznego. Na podstawie uzyskanych wyników badań opracowano wzór empiryczny ujmujący zależność zwisu taśmy od uwzględnionych w badaniach wielkości wpływowych.

1. Cel i zakres badań

Eksperymentalne badania zwisu taśmy przerośnikowej o ułożeniu nieckowym przeprowadzono w celu:

- weryfikacji wzoru teoretycznego o postaci:

$$h = \frac{g/q_t + q_n/l_z}{8 S}$$

gdzie:

h - zwis taśmy przerośnikowej, m

l_z - odległość zestawów krążnikowych, m/s²

q_t, q_n - masa jednostkowa taśmy, nosiwa kg/m

S - napięcie taśmy, N

stosowanego w obliczeniach przerośników taśmowych do analitycznego wyznaczania zwisu taśmy,

- wyznaczenia zależności zwisu taśmy od kąta nachylenia krążników bocznych, określającego jej kąt niecki.

Jednym z warunków, jaki musi spełniać rozkład napięć taśmy przerośnikowej w ruchu ustalonym oraz w czasie hamowania przerośnika taśmowego, jest to, by zwis taśmy w punkcie jej najmniejszego napięcia nie przekroczył wartości dopuszczalnej. W ruchu ustalonym przyjmuje się, że wartość stosunku h/l_z powinna być nie większa od 0,015 [1], co nie pozwala na progresywny przyrost oporu przeginięcia taśmy i falowania nosiwa. W obliczeniach przerośników taśmowych wartość zwisu taśmy wyznacza się analitycznie za pomocą wzoru /1/. Wzór ten został wyprowadzony m.in. przy założeniach, że taśma przerośnikowa posiada ułożenie płaskie oraz jest równomiernie obciążona nosiwem w jej kierunku poprzecznym [1].

Założenia te nie są spełnione w przypadku taśmy o ułożeniu nieckowym, gdyż taśma w tym przypadku posiada inny profil w swoim przekroju poprzecznym oraz jest nierównomiernie obciążona w tym kierunku.

Aktualnie stosowane są w przenośnikach taśmowych budowy konwencjonalnej zestawy krążnikowe podtrzymujące taśmę przenośnikową o nachyleniu bocznych 0,52 rad /30°/ i 0,75 rad /45°/. Zmiana nachylenia krążników bocznych nadających taśmie przenośnikowej ułożenie nieckowe wpływa na jej sztywność zginania, od której zależy zwis taśmy.

Powyższe rozważania uzasadniają podany cel eksperymentalnych badań zwisu taśmy przenośnikowej.

Badania zwisu taśmy przeprowadzono przy uwzględnieniu wielkości wpływowych, pozwalającym na wyznaczenie funkcji:

$$h = f(q_n, l_z, S, \beta) \quad /2/$$

Zakresy zmian przyjętych w badaniach wielkości wpływowych podano w tablicy 1

Wielkości wpływowe i ich zakresy

Tablica 1

Wielkość wpływowa	Zakres
Odległość zestawów krążnikowych, m	1 ÷ 3
Napięcie taśmy, kN	4 ÷ 50
Nachylenie krążników bocznych, rad	0,43 ÷ 0,87
Jednostkowa masa nosiwa, kg/m	0 ÷ 108

Należy ponadto nadmienić, że zwis taśmy jest także zależny od jej prędkości. Z obliczeń przeprowadzonych na podstawie wzoru podanego w publikacjach [2], [3] wynika, że w zakresie stosowanych wartości parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych podziemnych przenośników taśmowych, wpływ prędkości na zwis taśmy jest mały.

Do badań zastosowano taśmę przenośnikową trudnopalną typu 4TK420 o szerokości 1,0 m i jednostkowej masie 16,5 kg/m. Taśmę załadowano nosiwem w postaci węgla kamiennego o gęstości usypowej równej 800 kg/m³.

2. Stanowisko pomiarowe do badań zwisu taśmy przenośnikowej

Stanowisko pomiarowe do badań zwisu taśmy przenośnikowej przedstawione schematycznie na rys. 1, składa się z następujących elementów i zespołów składowych:

- konstrukcja nośna,
- zestawy krążnikowe,
- taśma przenośnikowa,
- układ napinania taśmy,
- układ do pomiaru napięcia taśmy.

Konstrukcję nośną stanowiska pomiarowego wykonano z typowych elementów przenośnika taśmowego typu "Gwarek-1000". W celu zwiększenia dokładności

pomiarów zwisu taśmy na odcinku pomiarowym zastosowano dodatkowe podpory /16/, znacznie zmniejszające ugięcia rur /2/ konstrukcji nośnej.

Wzdłuż stanowiska pomiarowego zamontowane są do rur konstrukcji nośnej /2/ zestawy krążnikowe /3/, podtrzymujące taśmę przenośnikową /6/ wraz z nosiwem /15/. Taśma przenośnikowa była załadowana nosiwem na odcinku 10 m. Zastosowane w stanowisku pomiarowym zestawy krążnikowe charakteryzują się możliwością ciągłej zmiany kąta nachylenia krążników bocznych w zakresie $0,43 + 0-87$ rad. Zestawy krążnikowe połączone są z rurami konstrukcji nośnej za pomocą dwudzielnych uchwytów śrubowych. To rozwiązanie konstrukcyjne umożliwia zamontowanie każdego zestawu krążnikowego w dowolnym punkcie konstrukcji nośnej. Pozwoliło to na uwzględnienie w badaniach wpływu odległości zestawów krążnikowych na zwis taśmy.

W skład układu napinania taśmy wchodzi:ciągarka /12/, lina /11/, wielokrążek /8/. Taśma przenośnikowa jest jednostronnie zamontowana do płyty oporowej /5/ poprzez wielokrążek /8/. Drugi koniec taśmy jest zamontowany do płyty oporowej /6/ poprzez dynamometry sprężynowe /9/. Dynamometry te służy do pomiaru napięcia taśmy. Płyty oporowe /5/, /6/ posiadają układ otworów, umożliwiający zamontowanie taśmy przenośnikowej w stanowisku pomiarowym, przy kącie niecki zależnym od kąta nachylenia krążników bocznych.

Pomiar zwisu taśmy odbywał się za pomocą przymiaru suwniarkowego z noniusem o dokładności 0,1 mm, ustawionego na płycie pomiarowej /13/.

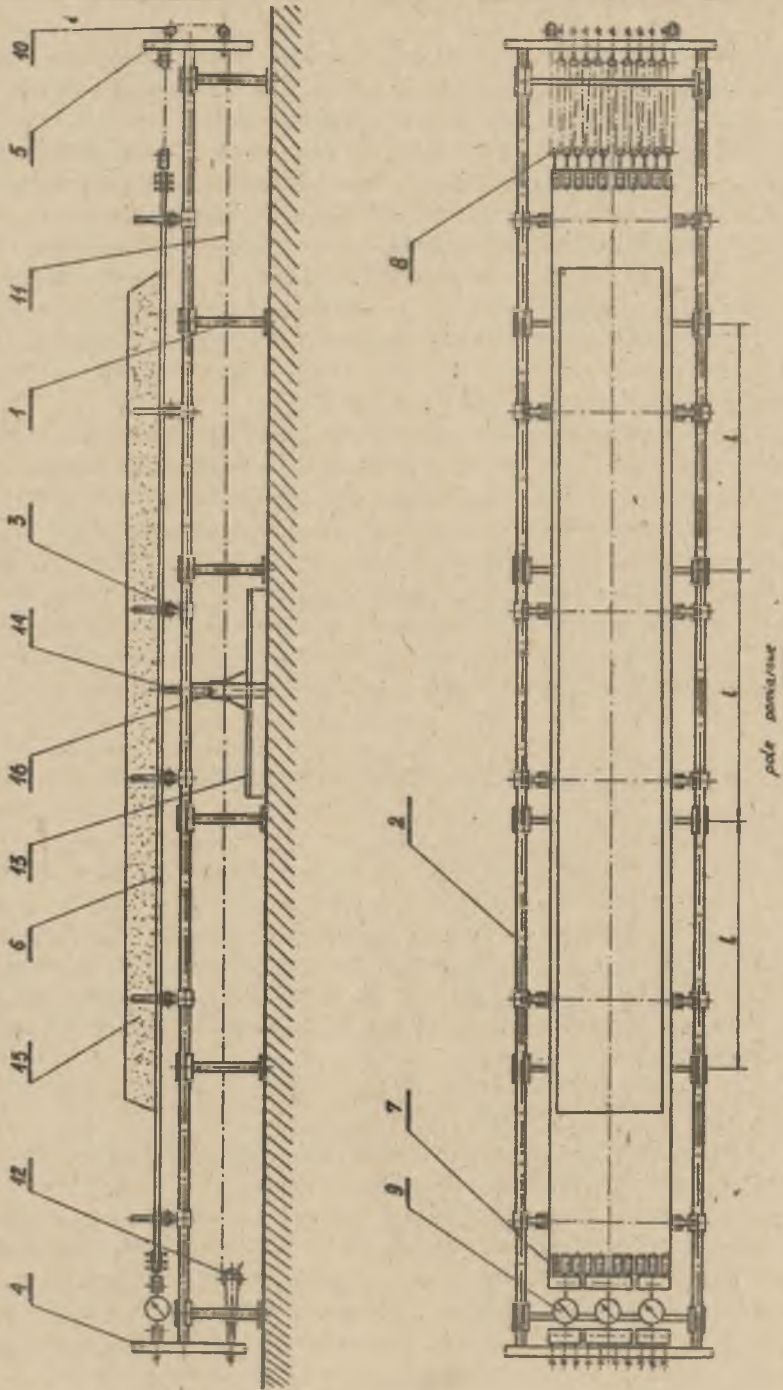
3. Metodyka badań zwisu taśmy przenośnikowej

3.1. Plan eksperymentu

W celu minimalizacji liczby pomiarów w badaniach zwisu taśmy zastosowano ortogonalny plan eksperymentu rzędu drugiego. Do przyjętego planu eksperymentu dodano szereg punktów pomiarowych, umożliwiających graficzne przedstawienie wpływu poszczególnych wielkości wpływowych na zwis taśmy w przyjętych przekrojach czterowymiarowej przestrzeni czynnikowej. Otrzymano w ten sposób całkowity plan eksperymentu, którego liczba prób wynosiła 46.

3.2. Pomiar zwisu taśmy przenośnikowej

Przed pomiarami zwisu taśmy wykonano szereg czynności związanych z przygotowaniem stanowiska pomiarowego do badań. W celu dokładnego pomiaru napięcia taśmy zastosowane w stanowisku pomiarowym dynamometry sprężynowe wzorcowano za pomocą maszyny wytrzymałościowej. Ilość nosiwa na taśmie, wynikająca z jego masy jednostkowej, zawartej w opracowanym planie eksperymentu, wyznaczono na podstawie ważenia z dokładnością 0,5 kg. Poziom odniesienia, potrzebny do wyznaczenia wartości zwisu taśmy, określono w dodatkowych pomiarach z zastosowaniem struny stalowej, rozpiętej pomiędzy sąsiednimi zestawami krążnikowymi.



Rys.1

Pomiary zwisu taśmy przeprowadzono zgodnie z opracowanym planem eksperymentu. Po ustaleniu w stanowisku pomiarowym poszczególnych wartości wielkości wpływowych dla danego pomiaru taśmę poddawano małym drganiom poprzecznym, wymuszonym ręcznie, w celu zmniejszenia wpływu sił tarcia wewnętrzznego nosiwa na wartość pomiarową. Z tego także powodu powtórzenia pomiarów zwisu taśmy realizowano w odwrotnej kolejności, w odniesieniu do przyjętej numeracji pomiarów w opracowanym planie eksperymentu.

4. Analiza wyników badań

W opracowanym planie eksperymentu przyjęto szereg punktów pomiarowych, pozwalających na graficzne przedstawienie wpływu poszczególnych wielkości wpływowych na zwis taśmy. Otrzymane dzięki temu zależności eksperymentalne zwisu taśmy przedstawiono na rys. 2 + 5 /krzywe ciągłe/. Na wykresach tych naniesiono także wyniki obliczeń zwisu taśmy, przeprowadzonych na podstawie wzoru /1/ /krzywe przerywane/. Umożliwia to porównanie wartości zwisu taśmy otrzymanych ze wzoru teoretycznego z jego wartościami eksperymentalnymi.

Zależność zwisu taśmy od jednostkowej masy nosiwa przedstawiono na rys. 2. Na podstawie otrzymanej zależności eksperymentalnej można stwierdzić, że wpływ jednostkowej masy nosiwa na zwis taśmy jest nieliniowy o charakterze funkcji monotonicznej rosnącej.

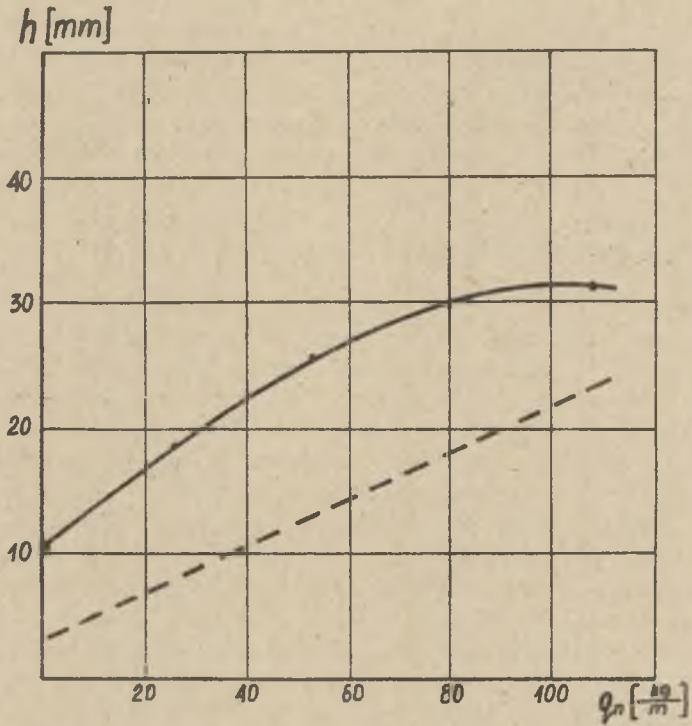
Ponadto z przedstawionych na rys. 2 wykresów wynika, że wartości zwisu taśmy, otrzymane z badań, są znacznie większe od jego wartości teoretycznych.

Wpływ odległości zestawów krążnikowych na zwis taśmy - dla jednostkowej masy nosiwa równej 0; 54; 108 kg/m - przedstawiono na rys. 3. Z wykresów wynika, że zwis taśmy rośnie nieliniowo ze wzrostem odległości zestawów krążnikowych. Eksperymentalne wartości zwisu taśmy są większe od teoretycznych, przy czym największa zgodność pomiędzy tymi wartościami występuje przy jednostkowej masie nosiwa równej 0 kg/m.

Przedstawiona na rys. 4 zależność zwisu taśmy od jej napięcia ma charakter funkcji monotonicznie malejącej. Z wykresów wynika, że przy danej jednostkowej masie nosiwa istnieje takie napięcie taśmy, przy którym wartość zwisu otrzymana z pomiarów jest równa teoretycznej. Zasadniczo prawie w całym zakresie zmian napięcia taśmy istnieje znaczna różnica pomiędzy eksperymentalnymi a teoretycznymi wartościami zwisu taśmy.

Na rys. 5 przedstawiono wykresy dotyczące zależności zwisu taśmy przenośnikowej od kąta nachylenia krążników bocznych. Z uzyskanych na podstawie badań wykresów wynika, że wpływ nachylenia krążników bocznych na zwis taśmy jest mały. Podobnie jak na rys. 2,3,4 występuje także duża różnica pomiędzy teoretycznymi a eksperymentalnymi wartościami zwisu taśmy

W celu porównania eksperymentalnych i teoretycznych wartości zwisu taśmy przeprowadzono - dla otrzymanych wyników badań - obliczenia procentowych różnic na podstawie wzoru:



Rys. 2. Zależność zwisu taśmy od jednostkowej masy nosiwa przy $l_z=2m$, $S=26,5$ kN $\beta = 0,65$ rad

$$p = \frac{h_p - h_t}{h_p} \cdot 100$$

/3/

gdzie:

h_p - wartość zwisu taśmy otrzymana na podstawie pomiaru,

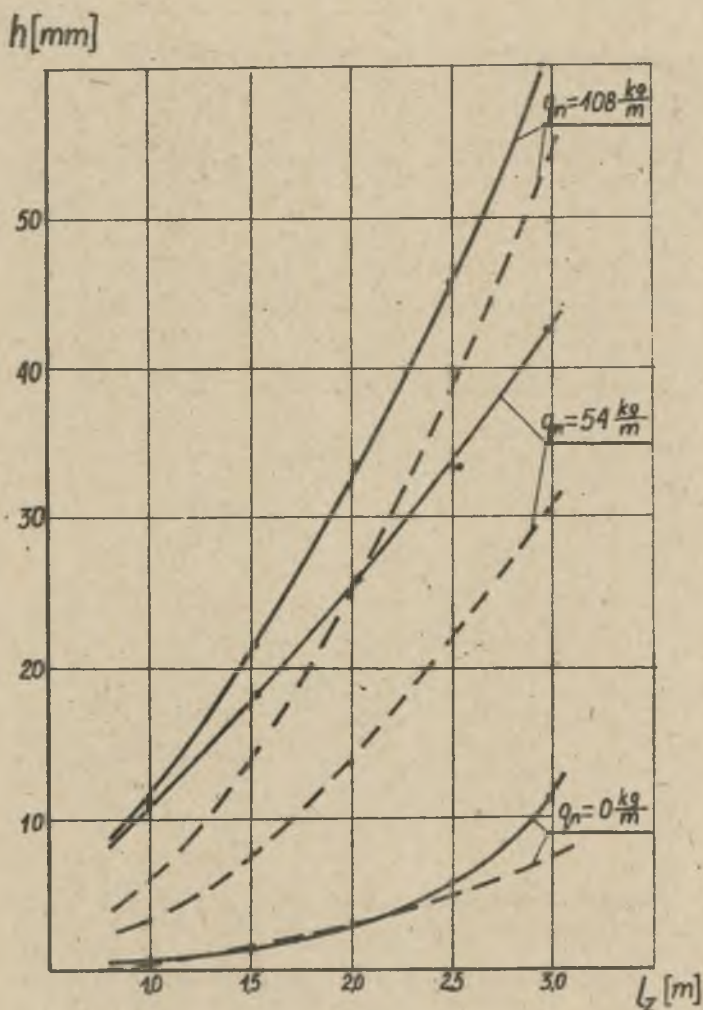
h_t - wartość zwisu taśmy wyznaczona ze wzoru /1/

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 2.

Porównanie teoretycznych i eksperymentalnych wartości zwisu taśmy

Tabela 2

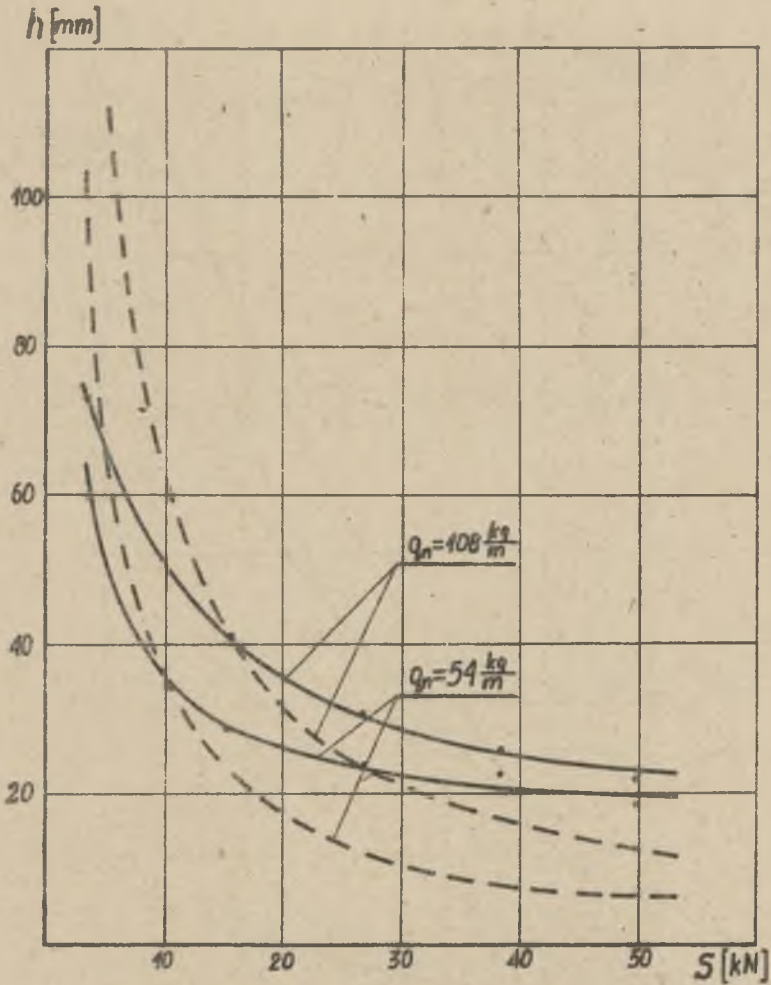
Zakres różnicy p %	Udział procentowy pomiarów
$p < 20$	15
$20 < p < 50$	48
$p > 50$	37



Rys. 3. Zależność zwisu taśmy od odległości zestawów krążnikowych dla $q = 0; 54; 108 \text{ kg/m}$ przy $S=26,5 \text{ kN}$, $\beta = 0,65 \text{ rad}$;

Z tablicy 2 wynika, że pomiędzy wartościami eksperymentalnymi i teoretycznymi zwisu taśmy przenośnikowej występuje mała zgodność.

W celu umożliwienia analitycznego wykorzystania wyników badań wyznaczono równanie empiryczne ujmujące zależności zwisu taśmy od uwzględnionych w badaniach wielkości wpływowych przedstawionych w funkcji $1/2$. Do opisu matematycznego uzyskanych wyników badań przyjęto równanie regresji wielokrotnej o postaci:



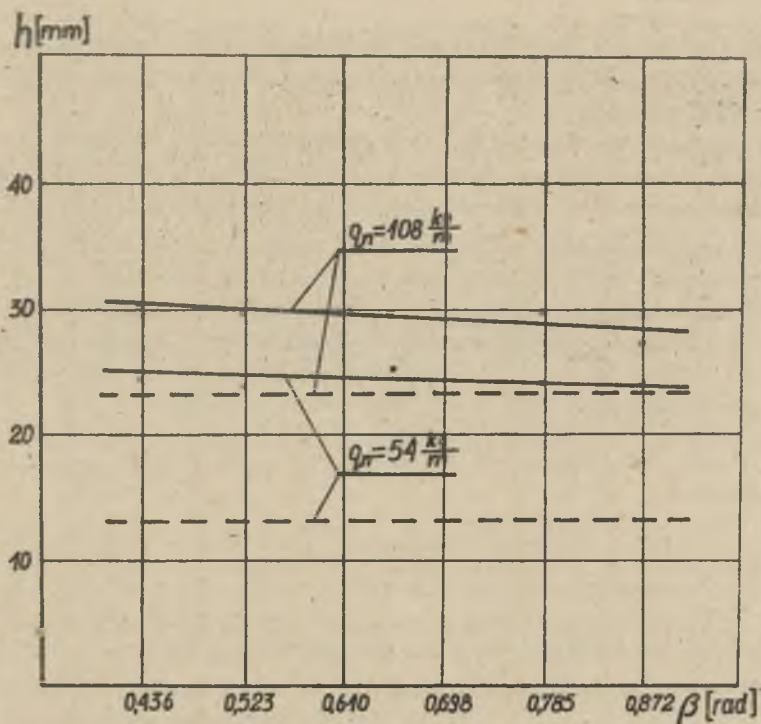
Rys. 4. Zależność zwisu taśmy od napięcia taśmy dla $q_n = 54; 108 \text{ kg/m}$, przy $l_2 = 2 \text{ m}$, $\beta = 0,65 \text{ rad}$.

$$Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3} \cdot X_4^{a_4} \quad 14/$$

kierując się przesłankami wynikającymi ze wzoru teoretycznego /1/.

Na podstawie metody najmniejszych kwadratów wyznaczono współczynniki regresji a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 , otrzymując w ten sposób wzór:

$$h = 12,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{q_t + q_n}{100}^{0,8485} \cdot l_2^{1,142} \cdot S^{-0,0326} \cdot \beta^{0,0163} \quad 15/$$



Rys. 5. Zależność zwiśu taśmy przenośnikowej od kąta nachylenia krążników bocznych dla $q_n = 54; 108 \text{ kg/m}$, przy $l_z = 2 \text{ m}$, $S = 26,5 \text{ kN}$.

gdzie:

h - zwiś taśmy, mm

q_t, q_n - jednostkowa masa taśmy, nosiwa, kg/m

l_z - odległość zestawów krążnikowych, m

S - napięcie taśmy, kN

β - kąt nachylenia krążników bocznych, rad.

Z równania /5/ wynika, że najmniejszy wpływ na zwiś taśmy posiada kąt nachylenia krążników bocznych, co potwierdzają graficznie wykresy przedstawione na rys. 5 /krzywe ciągłe/.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych eksperymentalnych badań zwisu taśmy przenośnikowej oraz wyników wykonanych prac obliczeniowych można wysunąć następujące wnioski:

1. Rzeczywiste wartości zwisu taśmy przenośnikowej o ułożeniu nieckowym różnią się znacznie od jego wartości obliczonych na podstawie wzoru teoretycznego /1/, wyprowadzonego dla taśmy płaskiej.
2. Nachylenie krańców bocznych, określające kąt niecki taśmy przenośnikowej, na mały wpływ na zwis taśmy.

Należy prowadzić dalsze badania zwisu taśmy. W badaniach tych powinny być uwzględnione dodatkowe wielkości wpływowe /np. temperatura taśmy/ oraz czynniki zależne od postaci konstrukcyjnej taśmy przenośnikowej oraz jej cech geometrycznych.

LITERATURA

- [1] H.von Leyen.: Der Tragrollenabstand bei Gummiförderern und sein Einfluss auf die Gurtbeanspruchung auf die Laufwiderstände. Deutsche Hebe und Fördertechnik 1963, nr 2,3,4,5,6.
- [2] Pakleza J.: Ugięcie dynamiczne taśmy przenośników taśmowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Górnictwo", 1966, nr 18.
- [3] Quaas H.: Berechnungsverfahren für Gurtbandförderer. Bergbautechnik, 1970, nr 3.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВИСАНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ С ЖЕЛОБРАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ

Резюме

В статье представлены данные исследования провисания конвейерной ленты с желобчатым профилем и измерительный стенд, применяемый в исследованиях. Проведено сравнение величины провисания ленты полученных на стенде с расчетными величинами на основе теоретических формул. На основе полученных результатов исследований выведена эмпирическая формула выражающая зависимость провисания ленты от учтенных в исследованиях факторов.

EXPERIMENTAL TESTING OF CONVEYOR BELT SAG IN TROUGH POSITION

Summary

Testing of conveyor belt sag has been discussed and a measuring station described. Theoretically calculated sag values have been compared with those obtained from field tests, resulting in an empirical formula describing dependence of belt sag from influential factors considered.