

# 1

## ODDZIAŁYWANIE MIĘDZY UROBKEM I TAŚMĄ W GÓRNICZYCH PRZENOŚNIKACH TAŚMOWYCH – WYBRANE ZAGADNIENIA

### 1.1 WPROWADZENIE

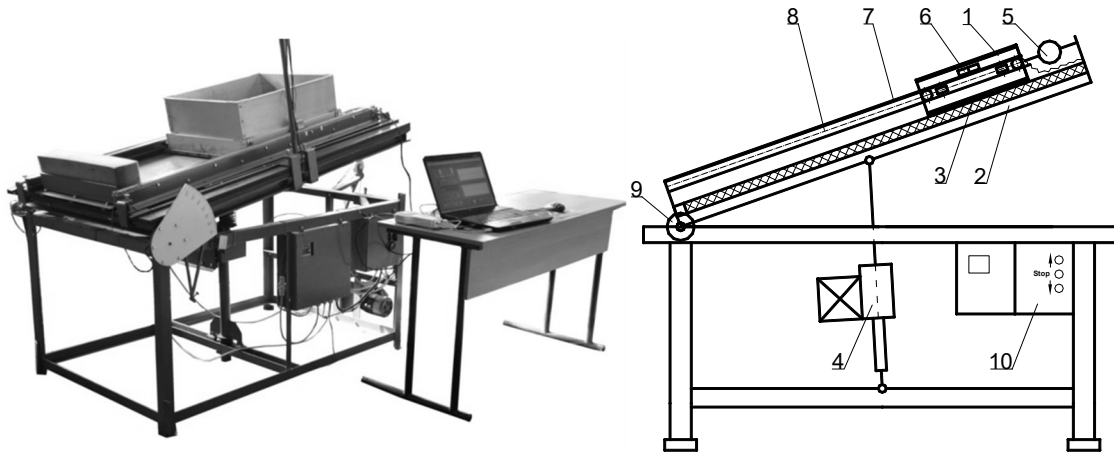
Wzrost efektywności ekonomicznej transportu przenośnikami taśmowymi można uzyskać, między innymi, poprzez zwiększenie szerokości i prędkości taśmy nawet powyżej 6 m/s [4, 8]. Tendencja zwiększania prędkości taśmy w przenośnikach nachylonych sprawia, że coraz większego znaczenia nabiera problem oddziaływania między urobkiem i taśmą podczas transportu, załadunku i rozładunku [2].

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa zbudowano stanowisko badawcze [1, 8] do wyznaczania wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między urobkiem i taśmą przenośnikową, które po zakończeniu serii badań doświadczalnych zostało rozbudowane. Rozbudowa ta umożliwia prowadzenie badań doświadczalnych z uwzględnieniem dynamicznego oddziaływania urobku na taśmę.

W artykule opisano i porównano analitycznie wyznaczone linie ugięcia taśmy z urobkiem, które stanowią merytoryczne wprowadzenie do przygotowania badań doświadczalnych na zmodyfikowanym stanowisku badawczym.

### 1.2 OPIS METODY BADAŃ

Metoda pomiaru wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między urobkiem i taśmą przenośnikową opiera się na powszechnie znanej koncepcji równi pochyłej (rys. 1.1) a jej oryginalność polega na szerokim zastosowaniu mechatronicznych przetworników cyfrowych jak np. inkrementalnych magnetycznych enkoderów położenia liniowego i kąтового oraz komputerowej akwizycji i prezentacji danych [1, 2, 3, 8, 9]. Budowa stanowiska badawczego (testera) umożliwia niezależną zmianę wartości poszczególnych parametrów wpływających na badane sprzężenie cierne urobku z taśmą. Wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego wyznaczone eksperymentalnie na tym stanowisku badawczym podano szczegółowo w literaturze [1, 8].



Rys. 1.1 Stanowisko badawcze: po lewej stronie - widok stanowiska;  
po prawej stronie - schemat stanowiska,

- 1 - ramka z materiałem sypkim, 2 - regulowana równia pochyła wyposażona w układ do generowania drgań wymuszonych, 3 - wycinek taśmy przenośnikowej, 4 - podnośnik śrubowy, 5 - dynamometr, 6 - głowica odczytowa sensora położenia liniowego, 7 - taśma magnetyczna sensora, 8 - sztywne prowadzenie ramki, 9 - inkrementalny sensor położenia kąтового, 10 - sterownik

W wyznaczonych zależnościach matematycznych uwzględniono wpływ na wartość współczynnika tarcia takich czynników jak opory ruchu i masa pustej ramki. Współczynnik tarcia statycznego w funkcji kąta nachylenia równi wyznaczano korzystając z wykresu siły grawito-motorycznej, niezbędnej do pokonania oporów tarcia urobku umieszczonego w ramce spoczywającej na równi pochyłej wyłożonej taśmą przenośnikową. Siła grawito-motoryczna definiowana jest jako siła wymuszająca ruch ramki wypełnionej urobkiem i równa jest składowej stycznej ciężaru ramki wraz z urobkiem. Do wyznaczania wartości współczynnika tarcia kinetycznego (1.1) wykorzystano, wynikającą z II Prawa Newtona, zależność między tym współczynnikiem, a przyspieszeniem zsuwania się ramki z urobkiem po taśmie:

$$\mu_k = \frac{m_n + m_r}{m_n} \cdot \left( \operatorname{tg} \varphi_{max} - \frac{a_p}{g \cdot \cos \varphi_{max}} \right) - \frac{F_{or}}{m_n \cdot g \cdot \cos \varphi_{max}} \quad (1.1)$$

gdzie:

$\mu_k$  - współczynnik tarcia kinetycznego [-],

$m_n$  - masa próbki nosiwa [kg],

$m_r$  - masa ramki [kg],

$\varphi_{max}$  - kąt nachylenia równi pochyłej w czasie zsuwania ramki [°],

$a_p$  - przyspieszenie zsuwania się ramki z nosiwem [m/s<sup>2</sup>],

$F_{or}$  - siła oporów ruchu pustej ramki [N],

$g$  - przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>].

Przebieg czasowy przyspieszenia wyznaczano doświadczalnie na podstawie pomiaru drogi  $s = f(t)$  przebytej przez ramkę.

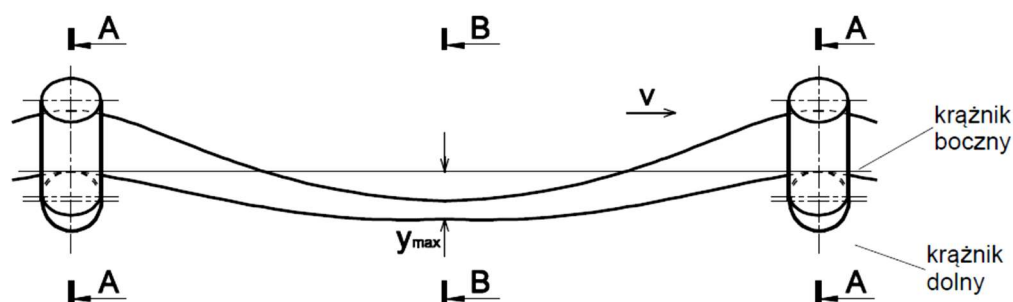
Zaproponowana eksperymentalna metoda wyznaczania wartości współczynników tarcia stanowi podstawę do obliczenia dopuszczalnych kątów nachylenia tras przenośników taśmowych w określonych warunkach

transportowych, uwzględniających takie parametry jak: rodzaj urobku, rodzaj taśmy, prędkość transportową oraz wartości przyspieszenia w trakcie rozruchu i hamowania przenośnika.

Istotnym novum opisaney metody badań i stanowiska badawczego [1] jest możliwość prowadzenia badań doświadczalnych z uwzględnieniem dynamicznego oddziaływania urobku na taśmę, dzięki zastosowaniu wymuszonych drgań poprzecznych taśmy o określonej amplitudzie ( $A = 0 \div 18$  mm) i częstotliwości ( $f = 0 \div 10$  Hz). Prędkość taśmy, od której zależy częstotliwość jej drgań jest wielkością zadaną, natomiast wartość ugięcia taśmy między zestawami krążnikowymi zależy między innymi od siły napięcia w taśmie, jej sztywności, czy ilości i gęstości usypowej transportowanego materiału. W praktyce inżynierskiej podaje się najczęściej maksymalną wartość ugięcia taśmy, która nie powinna przekraczać 1,5% a w niektórych przypadkach nawet 3% [4, 5].

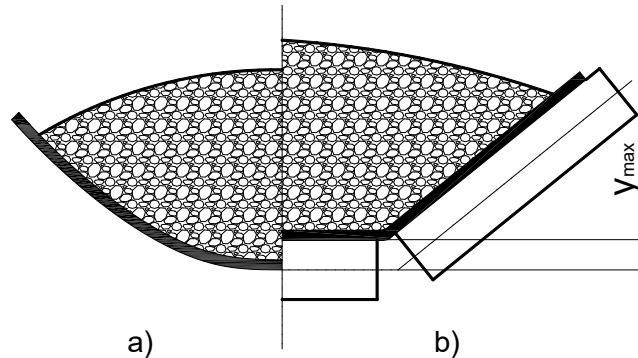
### 1.3 UGIĘCIE TAŚMY MIĘDZY ZESTAWAMI KRĄŻNIKOWYMI

Sprężenie cierne między urobkiem i taśmą przenośnikową ma kluczowe znaczenie dla stabilności urobku na nachylonej taśmie przenośnikowej w różnych warunkach obciążenia z uwzględnieniem krzywizny w płaszczyźnie poziomej i pionowej, szczególnie podczas rozruchu i hamowania przenośnika [1, 7]. Transportowany poziomym przenośnikiem urobek podlega cyklicznemu przyspieszeniu w kierunku pionowym wskutek ruchu taśmy pomiędzy podporami krążnikowymi (przy założeniu, że ugięcie taśmy,  $y_{max} > 0$ ). Powoduje to zarówno zmniejszenie siły nacisku urobku na taśmę na kierunku normalnym, jak również siły tarcia zewnętrznego między nimi, co może prowadzić do poślizgu urobku przy transporcie nachylonym. Jeżeli prędkość taśmy jest odpowiednio duża może wystąpić podrzucanie brył urobku, opisywane jako „lift-off” oraz cofanie się urobku zwane „fall-back”. Poślizg połączony z podrzucaniem brył urobku (lift-off) może przyczynić się do spiętrzania i wysypywania transportowanego urobku z taśmy [1, 7]. Taśma z urobkiem jest podparta i wygięta wypukle na zestawie krążnikowym, natomiast między zestawami krążnikowymi taśma z urobkiem się obniża i wygina się wklęsłe. Typowe ugięcie taśmy w płaszczyźnie pionowej między zestawami krążnikowymi przedstawiono na rys. 1.2.



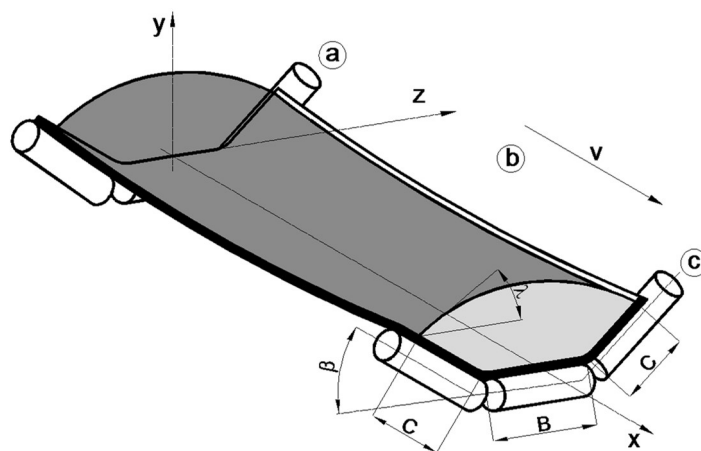
Rys. 1.2 Typowe ugięcie taśmy w płaszczyźnie pionowej

W trakcie ruchu między sąsiednimi zestawami krążnikowymi taśma i urobek przemieszczają się względem siebie, co ilustruje porównanie przekrojów strugi urobku na rys. 1.3.



Rys. 1.3 Typowe cykliczne odkształcenia taśmy nośnej i transportowanego urobku gdzie: a) przekrój B-B, b) przekrój A-A (przekroje w odniesieniu do rys. 1.2)

Na zestawie krążnikowym, przekrój A-A, taśma i urobek przyjmują kształt zestawu krążnikowego, natomiast w połowie drogi pomiędzy zestawami krążnikowymi, w przekroju B-B, taśma z urobkiem nie tylko ugina się w dół, ale także rozszerza się na boki (rys. 1.2-1.4).



Rys. 1.4 Aktywne i pasywne stany obciążonej taśmy nośnej, na odcinku od „a” do „b” następuje otwieranie profilu taśmy, na odcinku od „b” do „c” następuje powtórne domykanie profilu

Źródło: [7]

Ciągłe uginanie taśmy z urobkiem w płaszczyźnie pionowej oraz jej odkształcenia między zestawami krążnikowymi oddziałują na siebie wzajemnie poprzez tarcie. W skrajnym przypadku odkształcanie się taśmy może skutkować utratą stabilności urobku na nachylonej taśmie przenośnikowej.

Podczas transportu urobku opory zginania, występujące między kolejnymi zestawami krążnikowymi, pochodzą od przemieszczania się urobku wzdłużnie i poprzecznie ze względu na odkształcenia taśmy. Opory zginania układu urobek-taśma zależą między innymi od tarcia wewnętrznego w strudze urobku i tarcia

zewnątrznego między urobkiem i taśmą [1]. Badania doświadczalne tarcia wewnętrznego i zewnętrznego umożliwiają teoretyczne oszacowanie oporów zginania poprzecznego i podłużnego a następnie optymalizację konstrukcji przenośników taśmowych pod kątem energochłonności [1, 5, 7].

Podczas projektowania przenośników taśmowych stosuje się różne modele matematyczne opisujące linię ugięcia taśmy między zestawami krążnikowymi. Taśmę przenośnikową traktuje się jako ciągną (strunę) lub jako belkę liniowo-sprężystą [1, 4, 5, 6, 7].

### 1.3.1 Ugięcie taśmy potraktowanej jako ciągną (struna)

Najprostszym modelem taśmy wystarczającym w przypadku podstawowych obliczeń przenośników taśmowych, takich jak: maksymalna strzałka ugięcia, minimalne siły w taśmie lub przy analizie drgań poprzecznych, jest statyczna linia ugięcia taśmy potraktowanej jako ciągną (struna) rys. 1.5 [6]:

$$y(x) = \frac{(m_u + B_t \cdot m_t) \cdot g \cdot l_g}{2 \cdot S} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{l_g}\right) \quad (1.2)$$

gdzie:

$x$  – współrzędna pozioma [m],

$y$  – współrzędna pionowa [m],

$m_u$  – jednostkowa masa urobku [kg/m],

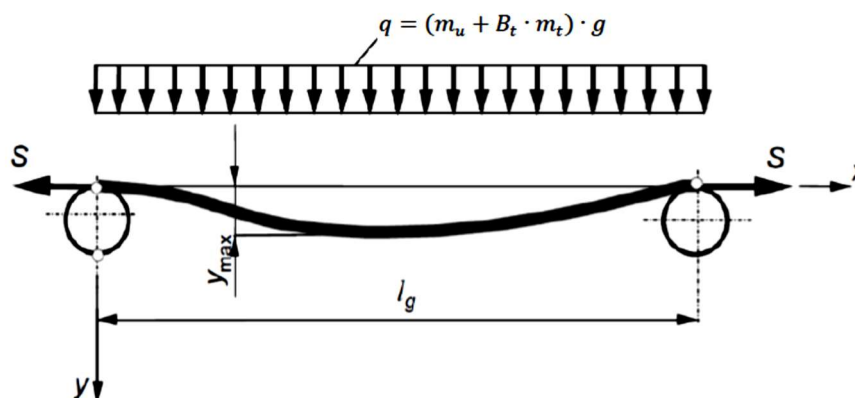
$B_t$  – szerokość taśmy [m],

$m_t$  – jednostkowa masa taśmy [kg/m<sup>2</sup>],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>],

$S$  – siła w taśmie [N],

$l_g$  – rozstaw zestawów krążnikowych górnych [m].



Rys. 1.5 Linia ugięcia taśmy między podporami krążnikowymi

Źródło: [6]

Po uwzględnieniu sił dynamicznych towarzyszących ruchowi taśmy po linii zakrzywionej otrzymuje się równanie o postaci [6] (1.3):

$$y(x) = \frac{(m_u + B_t \cdot m_t) \cdot g \cdot l_g}{2 \cdot [S - (m_u + B_t \cdot m_t) \cdot v^2]} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{l_g}\right) \quad (1.3)$$

gdzie:

$v$  – prędkość taśmy [m/s].

Z zależności (1.2) można wyznaczyć wartość ilorazu  $K_s$  określającego maksymalne ugięcie taśmy (dla  $x = 0,5 \cdot l_g$ ) w stosunku do rozstawu zestawów krążnikowych:

$$K_s = \frac{y_{max}}{l_g} = \frac{(m_u + B_t \cdot m_t) \cdot g \cdot l_g}{8 \cdot S}, \quad (1.4)$$

który występuje w zależności Roberta (1.5) opisującej linię ugięcia taśmy aproksymowanej za pomocą funkcji cosinus:

$$y(x) = \frac{K_s \cdot l_g}{2} \cdot \left[ \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{l_g}\right) - 1 \right]. \quad (1.5)$$

Van Leyen [10] również zastosował zależność (1.2) w równaniu opisującym linię ugięcia taśmy uwzględniającym sztywność zginania taśmy:

$$y(x) = \frac{(m_u + B_t \cdot m_t) \cdot g \cdot l_g}{2 \cdot S} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{l_g}\right) \cdot \left(1 - \frac{4}{l_g} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{S}}\right) \quad (1.6)$$

gdzie:

$E$  – moduł sprężystości taśmy [N/mm<sup>2</sup>],

$J$  – moment bezwładności rdzenia taśmy [mm<sup>4</sup>].

### 1.3.3 Ugięcie taśmy potraktowanej jako belka liniowo-sprężysta

W modelu tym taśmę traktuje się jako belkę poddaną rozciąganiu i zginaniu [6]. Model fizyczny przedstawiono na rys. 1.6, na którym taśma jest rozpatrywana jako belka liniowo-sprężysta, obciążona poprzecznie stałym obciążeniem  $q$  oraz napięta siłą rozciągającą –  $S$ . Gładysiewicz [6] podaje wyprowadzenie wzorów na równanie statycznej linii ugięcia taśmy potraktowanej jako belka zginana i rozciągana ( $\varphi_0 = 0$ ):

$$y(t) = \frac{q \cdot l_g}{2 \cdot S_0} \cdot \left[ \frac{\cosh(\omega \cdot x - p)}{\omega \cdot \sinh p} - \frac{1}{\omega \cdot \tanh p} + \left(x - \frac{x^2}{l_g}\right) \right] \quad (1.7)$$

gdzie:

$q$  – stałe jednostkowe obciążenie taśmy ( $q = g \cdot (m_u + B_t \cdot m_t) = g \cdot m_0$ ) [N/m],

$S_0$  – siła zastępcza w taśmie:  $S_0 = S - m_0 \cdot v^2$  [N],

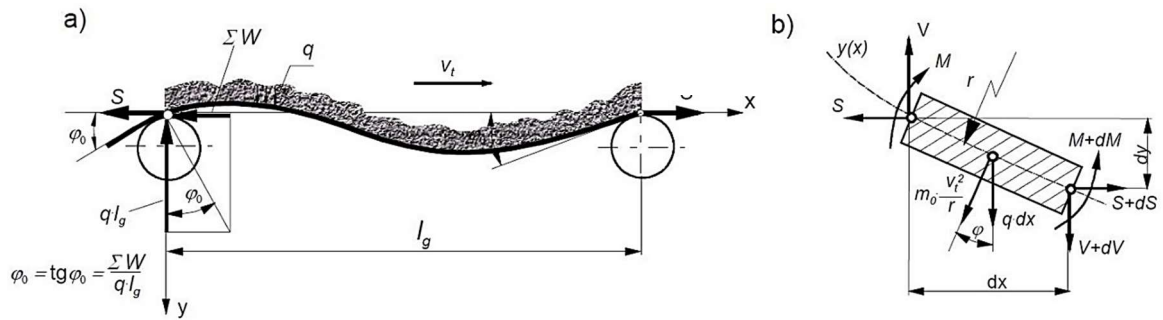
$\omega$  – współczynnik obliczeniowy przy analizowaniu zginania:  $\omega = (S_0 / EJ)^{0,5}$  [m<sup>-1</sup>],

$p$  – współczynnik obliczeniowy przy analizowaniu rozciągania:  $p = 0,5 \cdot \omega \cdot l_g$  [-]

oraz dynamicznej linii ugięcia ruchomej taśmy potraktowanej jako belka zginana i rozciągana ( $\varphi_0 \neq 0$ ):

$$y(t) = \frac{q \cdot l_g}{2 \cdot S_0} \cdot \left[ \frac{\cosh(\omega \cdot x - p)}{\omega \cdot \sinh p} - \frac{1}{\omega \cdot \tanh p} + \left(x - \frac{x^2}{l_g}\right) \right] + \frac{\varphi_0 \cdot \omega}{\tanh p - 1} \cdot \left[ \frac{x}{l_g} - \frac{\sinh(\omega \cdot x - p)}{2 \cdot \sinh p} - \frac{1}{2} \right]. \quad (1.8)$$

Na podstawie modeli matematycznych linii ugięcia taśmy (1.2), (1.3) oraz (1.5) do (1.8) sporządzono wykresy (rys. 1.7) ilustrujące porównanie linii ugięcia taśmy w ciągnie górnym przenośnika przy zmianie siły naciągu od 40 kN, 60 kN do 120 kN.



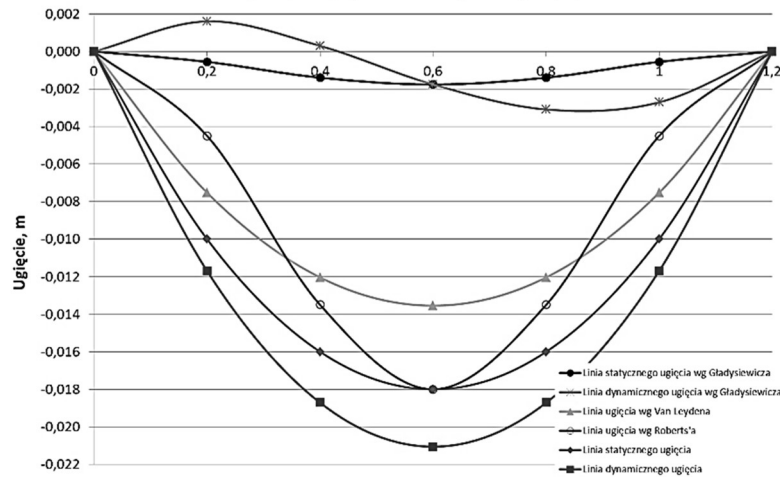
Rys. 1.6 Model fizyczny taśmy między dwiema podporami krążnikowymi: schematyczna linia ugięcia taśmy i układ sił na podporze krążnikowej, obciążenie wydzielonego elementu taśmy

$\varphi_0$  - kąt ugięcia początkowego [rad],  $V$  - prędkość taśmy [m/s],  $M$  - moment gnący [N·m],  $m_0$  - jednostkowa masa urobku wraz z taśmą [kg/m],  $W$  - sumaryczne opory przenośnika taśmowego [N],  $R$  - chwilowy promień krzywizny taśmy [m],  $V$  - siła tnąca w taśmie [N].

Źródło: [6]

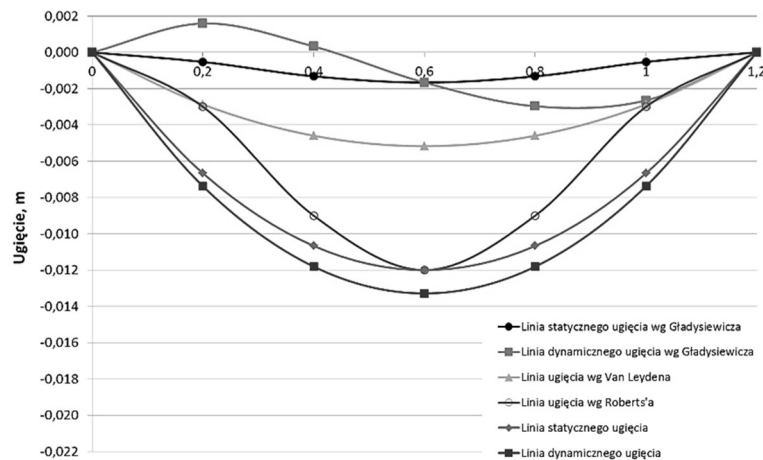
a) dla siły w taśmie  $S = 40$  kN

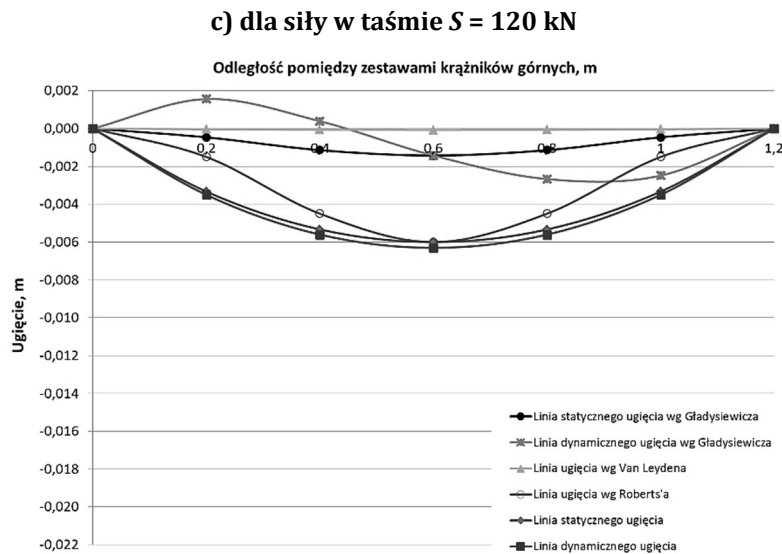
Odległość pomiędzy zestawami krążników górnych, m



b) dla siły w taśmie  $S = 60$  kN

Odległość pomiędzy zestawami krążników górnych, m





**Rys. 1.7** Porównanie analitycznie wyznaczonych linii ugięcia taśmy z rdzeniem z linek stalowych ST 5400 w ciągnie górnym przenośnika z kątem niecki  $\lambda = 35^\circ$  przy prędkości taśmy  $v = 4$  m/s, dla różnych sił napięcia w taśmie: a), b) i c).

Dla założonych sił napięcia w taśmie iloraz  $K_s$  (1.4), określający maksymalne ugięcie taśmy w stosunku do rozstawu zestawów krążnikowych, wynosi odpowiednio dla siły w taśmie 40 kN,  $K_s = 1,5\%$ , dla siły 60 kN,  $K_s = 1,0\%$  oraz dla siły 120 kN,  $K_s = 0,5\%$ . Podane wartości ilorazu  $K_s$  odpowiadają modelowi matematycznemu statycznej linii ugięcia taśmy traktowanej jako ciągnio oraz modelowi Roberta aproksymującego linię ugięcia taśmy za pomocą funkcji cosinus. Wymienione modele nie uwzględniają sztywności zginania taśmy. Największe maksymalne ugięcie taśmy uzyskano dla modelu traktującego taśmę jako ciągnio z uwzględnieniem sił dynamicznych towarzyszących ruchowi taśmy po linii zakrzywionej, i uzyskano odpowiednio:  $K_s = 1,75\%$ ;  $K_s = 1,1\%$  oraz  $K_s = 0,53\%$ . Według Gładysiewicza uproszczone modele nie uwzględniające sztywności zginania taśmy dla małych sił w taśmie zawyżają wartość ilorazu  $K_s$  [6]. W przypadku modelu Van Leydena maksymalne ugięcie taśmy wyniosło odpowiednio  $K_s = 1,13\%$ ;  $K_s = 0,43\%$  oraz  $K_s = 0,006\%$ . Model ten opisuje statyczną linię ugięcia uwzględniając sztywność zginania taśmy. Dla statycznej linii ugięcia w modelu Gładysiewicza, uwzględniającego sztywność zginania oraz kąt początkowy  $\varphi_0$ , iloraz  $K_s$  charakteryzuje się bardzo małą zmiennością i wynosi odpowiednio  $K_s = 0,15\%$ ;  $K_s = 0,14\%$  oraz  $K_s = 0,04\%$ , natomiast w przypadku dynamicznej linii ugięcia, linia ta jest asymetryczna z wyraźnym maksimum przesuniętym w kierunku ruchu taśmy i dla zadanych sił w taśmie przebiega prawie niezmiennie a maksimum ugięcia lokalizuje się w około 2/3 rozstawu między zestawami krążnikowymi zawierając iloraz  $K_s$  w przedziale od 0,26% do 0,22%.

#### 1.4 PODSUMOWANIE

Na podstawie porównania modeli matematycznych opisujących linię ugięcia taśmy wykazano (rys. 1.7), że otrzymane wyniki istotnie się różnią w szczególności



dla najniższych przyjętych sił napięcia w taśmie. W przypadku uproszczonych modeli matematycznych (nie uwzględniających sztywności zginania taśmy) wynika to z zawyżania maksymalnej strzałki ugięcia dla małych sił w taśmie [6]. Najlepiej opisuje rzeczywistość dynamiczny model matematyczny Gładysiewicza traktujący taśmę jako belkę liniowo-sprężystą. Celowe wydaje się rozważenie zastosowania skaningu laserowego 3D w warunkach rzeczywistych w celu przeprowadzenia weryfikacji modeli matematycznych opisujących statyczną i dynamiczną linię ugięcia taśmy.

Porównanie modeli matematycznych opisujących linię ugięcia taśmy na przenośniku taśmowym stanowi na tym etapie merytoryczne wprowadzenie do przygotowania pilotażowych badań na zmodyfikowanym stanowisku badawczym do wyznaczania współczynnika tarcia statycznego i kinetycznego między urobkiem i taśmą przenośnikową w warunkach drgań wymuszonych.

## LITERATURA

1. D. Adamecki. „Identyfikacja sprzężenia ciernego między nosiwem i taśmą w przenośnikach nachylonych.” Rozprawa doktorska, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Gliwice, 2014.
2. D. Adamecki. „Projektowanie nachylonych przenośników taśmowych – wybrane zagadnienia.” *Powder & Bulk, Materiały Sypkie i Masowe*, nr 7, pp. 29-33, 2016.
3. D. Adamecki, S. Ścieszka, W. Grzegorzek. „Identyfikacja sprzężenia ciernego między urobkiem węgla i taśmą w przenośnikach górniczych,” III Polski Kongres Górniczy 2015, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, 2015, pp. 120-23.
4. J. Antoniak. *Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym energooszczędne*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.
5. „CEMA, Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth edition 2nd Printing.” Published by the Conveyor Equipment Manufacturers Association, Florida, USA, 2007.
6. L. Gładysiewicz. *Przenośniki taśmowe, teoria i obliczenia*. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 2003.
7. A.W. Roberts. „Bulk solid and conveyor belt interactions for efficient transportations without spillage.” *BSH*, vol. 18, no. 1, 1998, pp. 49-57.
8. S.F. Ścieszka, D. Adamecki. „The importance of wall friction between particulate solids and elastomeric belt.” *Powder Technology*, vol. 245, 2013, pp. 199-207.
9. S.F. Ścieszka, D. Adamecki. „The importance of wall friction between particulate solids and elastomeric belt,” 5th World Tribology Congress, Turyn, Włochy, 2013.
10. H. Van Leyen. *Der Tragrollenabstand bei Gummigurtförderern und sein Einfluß auf die Gurtbeanspruchungen und die Laufwiderstände, deutsche hebe und fördertechnik*. Ludwigsburg, 1962.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2016

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2017

**dr inż. Daniel Adamecki**

Politechnika Śląska,

Wydział Górnictwa i Geologii

Instytut Mechanizacji Górnictwa

ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska

e-mail: daniel.adamecki@polsl.pl

### **ODDZIAŁYWANIE MIĘDZY UROBKEM I TAŚMĄ W GÓRNICZYCH PRZENOŚNIKACH TAŚMOWYCH – WYBRANE ZAGADNIENIA**

**Streszczenie:** *Przedmiotem referatu jest przedstawienie zjawiska oddziaływania między urobkiem i taśmą w górniczych przenośnikach taśmowych. Taśma obciążona urobkiem odkształca się wpływając na wiele parametrów eksploatacyjnych przenośnika taśmowego. Linia ugięcia taśmy między zestawami krążnikowymi jest jednym z istotnych parametrów opisujących współpracę urobku z taśmą przenośnikową. W artykule przedstawiono zmodyfikowane stanowisko badawcze do identyfikacji sprzężenia ciernego między urobkiem i taśmą w warunkach drgań wymuszonych. Następnie opisano różne modele matematyczne linii ugięcia taśmy między zestawami krążnikowymi w warunkach statycznych i dynamicznych jej obciążeń.*

**Słowa kluczowe:** *przenośnik taśmowy; test tarcia; współczynnik tarcia zewnętrznej; taśma elastomerowa; ugięcie taśmy*

### **INTERACTION BETWEEN EXCAVATED MATERIAL AND BELT IN MINING BELT CONVEYORS - SELECTED ISSUES**

**Abstract:** *The subject of the paper is the phenomenon of interaction between excavated material and the belt in mining conveyor belts. The belt loaded by excavated material is deformed affecting in a number of operational parameters of the belt conveyor. The sag of the belt between the idlers is one of the important parameters describing the interaction between excavated material and the conveyor belt. The paper presents a modified test rig to identify the frictional contact between the excavated material and conveyor belt under forced vibrations. In the paper are given mathematical models in static and dynamic conditions describing the sag of the belt between the idlers.*

**Key words:** *conveyor belt, friction test, coefficient of wall friction, elastomeric belt, belt sag*