

Henryk KOSTRZEWA

METODA BADAŃ ROZŁOŻONYCH^{x)} OPORÓW RUCHU
TAŚMY PRZENOŚNIKOWEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę badań rozłożonych oporów ruchu taśmy. Podano opis układu badawczego oraz jego zespołów składowych.

1. Wstęp

Przenośniki taśmowe są podstawowym środkiem transportowym stosowanym w nowoczesnych kopalniach węgla kamiennego i brunatnego. W kopalniach węgla kamiennego wchodzi one zarówno w skład układów transportu głównego jak i oddziałowego. Szerokie zastosowanie przenośników taśmowych w górnictwie oraz innych gałęziach przemysłu wynika z szeregu zalet tych środków transportowych, do których należą: duża wydajność, znaczny zakres nachylenia dróg transportowych, łatwość automatyzacji systemów transportu taśmowego, duża niezawodność pracy.

W związku z powszechnym stosowaniem przenośników taśmowych w gospodarce narodowej, do istotnych zagadnień należy m.in. problem zmniejszenia kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych transportu taśmowego. Obniżenie powyższych kosztów można uzyskać poprzez racjonalny dobór parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych przenośników taśmowych za pomocą metody analitycznej opracowanej na podstawie prac badawczych i teoretycznych.

2. Cel badań rozłożonych oporów ruchu taśmy

Do ważniejszych zagadnień dotyczących teorii przenośników taśmowych należy problem analitycznego wyznaczenia oporów ruchu taśmy. Zagadnienie to jest podstawowym składnikiem obliczeń związanych z ustaleniem parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych przenośnika taśmowego. Problem ten jest tym bardziej istotny, im większa jest wydajność i długość przenośnika taśmowego lub w ogólności systemu transportowego.

^{x)} Rozłożonymi oporami ruchu taśmy nazywa autor grupę oporów tarcia działających na taśmę na całej długości przenośnika taśmowego. Opory te są także nazywane oporami głównymi.

Aktualnie najdokładniejszą metodą zalecaną do obliczeń oporów ruchu taśmy jest metoda oporów jednostkowych. Jakość obliczeń wykonanych na jej podstawie jest zależna od dokładności wzorów, umożliwiających analityczne wyznaczenie wartości jednostkowych oporów ruchu taśmy.

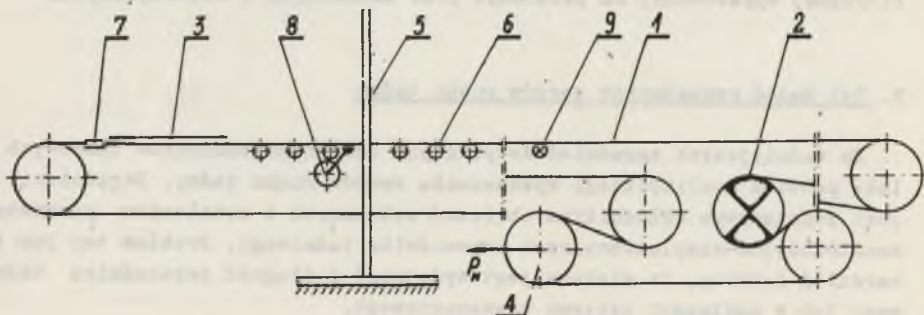
Celem badań rozłożonych oporów ruchu taśmy byłoby uzyskanie danych eksperymentalnych, pozwalających na uściślenie wzorów do analitycznego wyznaczenia składowych sumarycznego oporu ruchu taśmy, poprzez uwzględnienie nowych wielkości wpływowych.

Badania te byłyby ponadto podstawą do opracowania algorytmu, umożliwiającego optymalny dobór parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych przenośnika taśmowego, ze względu na kryterium ekonomiczne (minimum sumy kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych). Optymalny dobór powyższych parametrów pozwoli uzyskać znaczne efekty ekonomiczne, przy stosowaniu systemów transportu taśmowego.

3. Układ stanowiska badawczego

Badania rozłożonych oporów ruchu taśmy można przeprowadzić na rewersyjnym przenośniku taśmowym o odpowiednio dobranej długości. Minimalna długość przenośnika wynika z wymaganego czasu trwania pojedynczego pomiaru oraz parametrów rozruchu i hamowania taśmy.

Schemat układu stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1. Poszczególne zespoły składowe stanowiska badawczego zaprojektowano przy założeniu wykorzystania do badań przenośnika taśmowego typu "Gwarek-1000" o długości 100 m. Opory ruchu taśmy (1) równoważone są siłą obwodową, działającą na bębnie napędowym (2). Zastosowany w stanowisku badawczym napęd umożliwia bezstopniową regulację prędkości taśmy oraz zmianę jej kierunku ruchu. Taśma na długości około 20 m obciążona jest nosiwem (3). Układ napinania (4) umożliwia zmianę napięcia taśmy. Zadaniem układu przetworników tensometrycznych (7) jest pomiar napięcia taśmy w jej gałęzi górnej.



Rys. 1. Schemat układu stanowiska badawczego

1 - taśma przenośnikowa, 2 - bęben napędowy, 3 - nosiwo, 4 - bęben napinający, 5 - pomiarowy zestaw krążnikowy, 6 - zestawy krążnikowe o zmiennym nachyleniu krążników bocznych, 7 - układ przetworników tensometrycznych do pomiaru napięcia taśmy, 8 - przyrząd do pomiaru zwisu taśmy, 9 - przetwornik do pomiaru prędkości taśmy

Do pomiaru rozłożonych oporów ruchu taśmy służy zamontowany na trasie przenośnika pomiarowy zestaw krążnikowy (5). W sąsiedztwie pomiarowego zestawu krążnikowego (zgodnie z rys. 1) zastosowano sześć zestawów krążnikowych o zmiennym nachyleniu krążników bocznych (6). Pomiar zwisu taśmy odbywa się za pomocą przyrządu (8), natomiast do pomiaru jej prędkości służy przetwornik (9).

4. Napęd stanowiska badawczego

Jedną z wielkości wpływowych, od których zależą rozłożone opory ruchu, jest prędkość taśmy. W związku z tym stanowisko badawcze musi być wyposażone w taki rodzaj napędu, który umożliwiłaby zmianę prędkości liniowej taśmy. Regulację prędkości taśmy można uzyskać zasadniczo przez zastosowanie następujących rodzajów napędu:

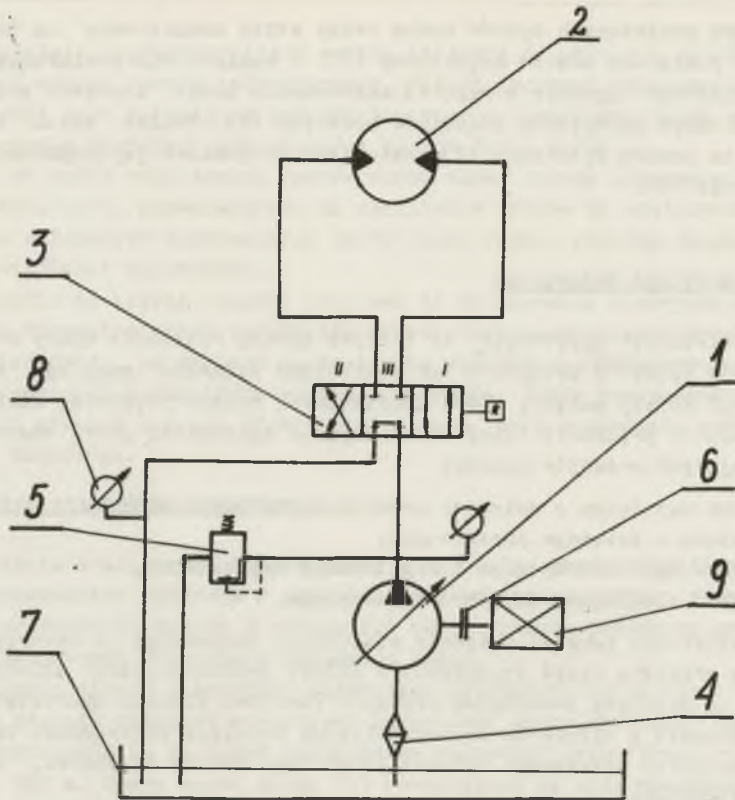
- z silnikiem napędowym o zmiennej prędkości obrotowej wirnika,
- z przekładnią o zmiennym przełożeniu,
- ze sprzęgłem hydrokinetycznym o regulowanym napełnieniu,
- ze sprzęgłem elektromagnetycznym indukcyjnym.

W przedstawionym powyżej układzie stanowiska badawczego o rewersyjnym ruchu taśmy przyjęto napęd wyposażony w silnik hydrostatyczny SHT-630 W. Ze względu na mniejszą znamionową prędkość obrotową silnika hydrostatycznego w porównaniu z silnikiem asynchronicznym istnieje konieczność zastosowania w napędzie przekładni zwiększającej jego obroty wyjściowe, czyli tzw. multiplikatora.

Uproszczony schemat układu hydraulicznego pompa-silnik hydrostatyczny przedstawiono na rys. 2. Pompa PNZ-400 (1) napędzana jest silnikiem elektrycznym (9) poprzez sprzęgło (6), zasila ona silnik hydrostatyczny SHT-630 W. Zmiana prędkości obrotowej silnika hydrostatycznego odbywa się za pomocą rozdzielacza (3) typu RSR-40, sterowanego ręcznie w położenie I lub II. Hamowanie silnika hydrostatycznego, co przy zastosowanym układzie kinematycznym napędu dotyczy także przenośnika taśmowego, następuje przy ustawieniu rozdzielacza (3) w położenie III.

Otwarty układ hydrauliczny pompy i silnika hydrostatycznego zabezpieczony jest zaworem przelewowym (5). Pomiar ciśnienia w układzie hydraulicznym odbywa się za pomocą manometrów (8).

Na realizację pojedynczego pomiaru składają się trzy fazy ruchu taśmy - rozruch, ruch ustalony, hamowanie. Pomiar rozłożonych oporów ruchu taśmy powinien być przeprowadzony w drugiej fazie. W przypadku analizowanego układu badawczego (przenośnik taśmowy "Gwarek-1000" o długości 100 m, napęd hydrauliczny) czas trwania pojedynczego pomiaru, przy przyjęciu jednostkowego załadowania taśmy - 170 kg/m na odcinku 20 m, w zakresie prędkości ruchu ustalonego 1-4 m/s wynosi od kilku do kilkunastu sekund.



Rys. 2. Schemat układu hydraulicznego pompa-silnik hydrostatyczny

1 - pompa, 2 - silnik hydrostatyczny, 3 - rozdzielacz, 4 - filtr, 5 - zawór przelewowy, 6 - sprzęgło, 7 - zbiornik oleju, 8 - manometr, 9 - silnik elektryczny

Jako czas pojedynczego pomiaru jest rozumiany przedział czasowy w cyklu ruchu ustalonego taśmy, odpowiadający obciążeniu pomiarowego zestawu krążnikowego nosiwem, na odcinku co najmniej dwóch odległości zestawów krążnikowych. Maksymalny czas pojedynczego pomiaru dla danego przenośnika taśmowego można uzyskać przez optymalny dobór długości załadowania taśmy i miejsca zainstalowania pomiarowego zestawu krążnikowego.

5. Pomiarowy zestaw krążnikowy

Opis techniczny pomiarowego zestawu krążnikowego podano w ramach artykułu: H. Kostrzewa - "Problemy konstrukcyjne pomiarowego zestawu krążnikowego do badań rozłożonych eporów ruchu taśmy", zamieszczonego w tym numerze Zeszytów Naukowych Politechniki Śląskiej.

6. Zestawy krążnikowe o zmiennym nachyleniu krążników bocznych

Jedną z wielkości wpływowych, od których zależy istotnie opór ruchu taśmy działający na zestawie krążnikowym, jest kąt nachylenia krążników bocznych. W celu uwzględnienia tej wielkości wpływowej w badaniach rozłożonych oporów ruchu taśmy, w pomiarowym zestawie krążnikowym stanowiska badawczego istnieje możliwość zmiany kąta nachylenia krążników bocznych. Prawidłowy pomiar wpływu kąta nachylenia krążników bocznych na te opory ruchu wymaga uformowania taśmy przed i za zestawem pomiarowym pod zadaniem kątem niecki. W tym celu w sąsiedztwie tego zestawu zastosowano sześć zestawów krążnikowych o zmiennym nachyleniu krążników bocznych, zgodnie z przedstawionym na rys. 1 układem stanowiska badawczego.

Zestaw krążnikowy o zmiennym nachyleniu krążników bocznych przedstawiono na rys. 3. Zestaw składa się: ze wspornika (6) i trzech krążników (5). Konstrukcja wspornika umożliwia ciągłą zmianę kąta nachylenia krążników bocznych poprzez przesuwanie zacisku (4) względem prowadnicy wspornika.



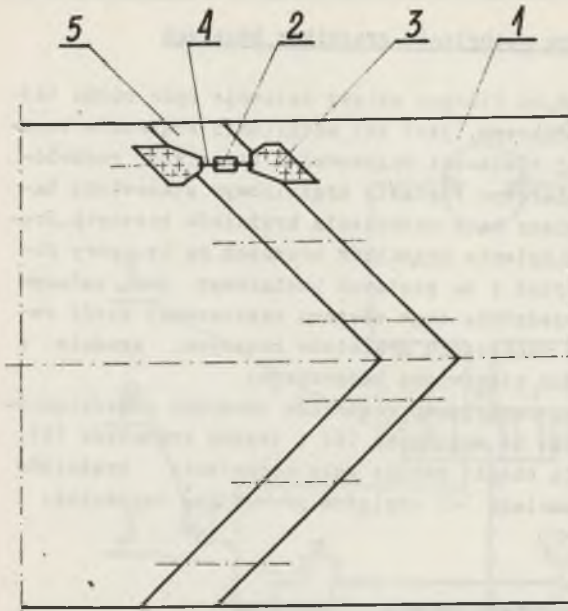
Rys. 3. Zestaw krążnikowy o zmiennym nachyleniu krążników bocznych, podtrzymujący taśmę przenośnikową wraz z nosiwem

1 - konstrukcja nośna, 2 - taśma, 3 - nosiwo, 4 - zacisk śrubowy, 5 - krążnik, 6 - wspornik

7. Układ do pomiaru napięcia taśmy

Ze względu na to, że rozłożone opory ruchu taśmy zależą od jej napięcia, istnieje konieczność wyposażenia stanowiska badawczego w układ umożliwiający pomiar tej wielkości fizycznej.

Przedstawiony na rys. 4 układ do pomiaru napięcia taśmy, składa się z sześciu przetworników tensometrycznych do pomiaru siły.



Rys. 4. Schemat układu do pomiaru napięcia taśmy przenośnikowej

1 - taśma przenośnikowa, 2 - element sprężysty przetwornika tensometrycznego, 3 - uchwyt mocujący, 4 - łącznik kulisty, 5 - dodatkowy bieżnik gumowy

Element sprężysty każdego przetwornika tensometrycznego połączony jest uchwytem mocującym (3) poprzez łącznik kulowy (4). Zastosowanie łącznika kulowego umożliwia dwuprzegubowe połączenie elementu sprężystego poprzez uchwyt mocujący z taśmą. Zapobiega to przed wystąpieniem w elemencie sprężystym naprężeń od zginania, wynikających z działania momentu zginającego taśmy. Każdy łącznik kulisty jest jednostronnie połączony z uchwytem, zamocowanym do taśmy za pomocą śrub. W celu elastycznego przejścia układu pomiarowego nad danym zestawem krążnikowym, taśma posiada dodatkowo bieżnik (5) nawulkanizowany od strony okładki bieżnej taśmy.

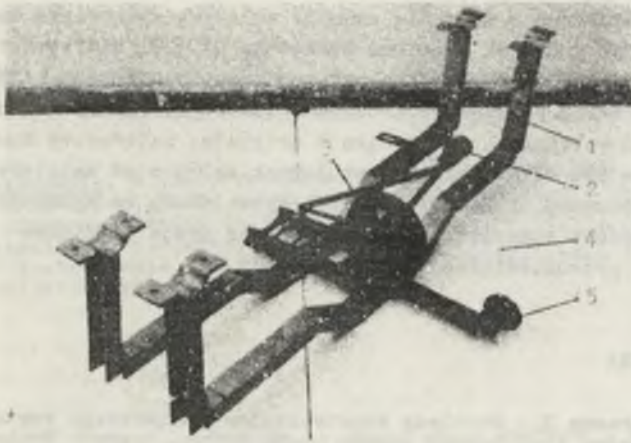
8. Przyrząd do pomiaru zwisu taśmy przenośnikowej

Zastosowany w stanowisku badawczym pomiarowy zestaw krążnikowy umożliwia eksperymentalne badanie sumy rozłożonych oporów ruchu taśmy. Pełną jednak korzyść stosowania metody oporów jednostkowych, otrzymuje się przy osobnym rozpatrywaniu poszczególnych składowych oporów sumarycznego.

W związku z powyższym w badaniach należy przeprowadzić pomiary dodatkowe, pozwalające wyznaczyć z sumy oporów rozłożonych wartości oporów składowych. Pomiar zwisu taśmy pozwala wyznaczyć z tej sumy składową wynikającą z tarcia tocznego (opór wciskania bieżnika w płaszczyznę krążnika). Na podstawie ekstrapolacji wykresu przedstawiającego zależność sumy oporów rozłożonych, składającej się z oporu tarcia tocznego taśmy przenośnikowej, falowania nosiwa i przeginalności taśmy, od jej zwisu, wyznacza się hipotetyczną wartość oporu tarcia tocznego, która odpowiada zwisowi taśmy równemu zero.

Przyrząd do pomiaru zwisu taśmy przedstawiono na rys. 5. Zmiana zwisu taśmy powoduje przemieszczenie krążka kontaktowego (2), ułożyskowanego na dźwigni uchylniej (3). Przemieszczenie krążka kontaktowego powoduje poprzez cięgno (4) obrót osi potencjometru (5). Rzeczywistą wartość zwisu taśmy,

odpowiadającą określonej wartości oporu elektrycznego, można wyznaczyć z wykresu wzorcowania przyrządu.



Rys. 5. Przyrząd do pomiaru zwienu taśmy przenośnikowej

1 - rama mocująca, 2 - krążek kontaktowy, 3 - dźwignia uchylna, 4 - cięgno,
5 - potencjometr

9. Podsumowanie

Przedstawione w artykule stanowisko badawcze umożliwia przeprowadzenie badań pozwalających ustalić wpływ wielu czynników na rozłożone opory ruchu taśmy. Przeprowadzone badania byłyby podstawą do uściślenia wzorów stosowanych w metodzie oporów jednostkowych, a dotyczących oporów rozłożonych. Ponadto wyniki badań posłużyłyby do opracowania algorytmu optymalnego doboru parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych przenośników taśmowych. Przedstawione stanowisko badawcze umożliwia przeprowadzenie badań rozłożonych oporów ruchu taśmy z uwzględnieniem następujących wielkości wpływowych i ich zakresów:

- masa jednostkowa nosiwa $0 \div 1500 \text{ N}$
- prędkość taśmy $1 \div 4 \text{ m/s}$,
- odległość zestawów krążnikowych $0,5 \div 3 \text{ m}$,
- kąt nachylenia krążników bocznych $0,43 \div 0,87 \text{ rad}$,
- kąt wyprzedzenia krążników bocznych $0 \div 0,052 \text{ rad}$,
- temperatura otoczenia $253 \div 303 \text{ K}$,
- napięcie taśmy $5 \cdot 10^3 \div 75 \cdot 10^3 \text{ N}$,
- rodzaj nosiwa.

Reasumując badania rozłożonych oporów ruchu taśmy oraz możliwości ich szerokiego wykorzystania, można stwierdzić, że mają duże znaczenie gęsto-

darce oraz są przydatne dla praktyki projektowej i eksploatacyjnej, a także posiadają walory naukowe.

Przedstawione w artykule zespoły składowe stanowiska badawczego zostały wykonane w ramach problemu węzłowego O1.2.1. Ministerstwa Górnictwa i Energetyki [4] oraz prac dyplomowych przeprowadzonych w IMG [1, 2]. Badania w ramach powyższego problemu węzłowego zakończono niestety na etapie badań wstępnych. Jak wynika z artykułu, należałoby kontynuować dalsze badania w tym zakresie, co jest jednak zależne od zainteresowania przemysłu proponowaną problematyką, gdyż pozwoliłoby to wykorzystać wykonane zespoły składowe stanowiska badawczego oraz prace studialne i teoretyczne w zakresie przedstawionego zagadnienia.

LITERATURA

- [1] Kostrzewa H.: Problemy konstrukcyjne pomiarowego zestawu krążnikowego do badań rozłożonych oporów ruchu taśmy. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 1977 (w tym numerze).
- [2] Kucza A., Stochmal J.: Projekt i wykonanie w metalu oprzyrządowania stanowiska pomiarowego do badań nad optymalizacją odległości zestawów krążnikowych przenośnika taśmowego. "Gwarek-1000". Praca dyplomowa. Rybnik 1974.
- [3] Lassek J., Tyszarski J.: Projekt i wykonanie elementów stanowiska pomiarowego do badań głównych oporów ruchu taśmy przenośnikowej. Praca dyplomowa. Gliwice 1976.
- [4] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego O5-00-03 problemu węzłowego O1.2.1 pt. "Nowoczesne metody obliczeń oraz badania elementów i zespołów urządzeń górniczych o zwiększonych parametrach technicznych stosowanych do transportu ciągłego" - Gliwice 1974/75.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗЛОЖЕННЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Р е з ю м е

В статье рассматривается метод исследований разложенных сопротивлений движения конвейерной ленты. Дано описание исследуемой системы, а также её составные комплексы.

A METHOD FOR DISTRIBUTED BELT MOVEMENT RESISTANCE TESTS ON CONVEYORS

S u m m a r y

A testing method has been presented along with a testing system description and its component parts.