

Joanna Cyganiuk  
Edward Słoński

# Logistyczne uwarunkowania przepływu strumieni materiałów sypkich w taśmociągowych systemach transportowych

W logistycznych systemach transportowych techniki przemieszczania strumieni materiałów sypkich bazują na tzw. metodzie ciągłego transportu. Jest ona przeznaczona do przemieszczania luzem dużych mas materiału, zazwyczaj z dużymi prędkościami i na duże odległości. Ponadto metoda ta umożliwia sterowanie procesem przepływu strumieni materiałów sypkich w sposób całkowicie automatyczny i wykorzystywana jest np. w transporcie urobku w kopalniach odkrywkowych lub podziemnych, przy wydobyciu kruszywa i surowców mineralnych, przy transporcie materiałów pomocniczych, półproduktów lub w odprowadzaniu produktów odpadowych.

## Urządzenia stosowane w taśmociągowych systemach transportowych

W logistycznych procesach ciągłego przemieszczania i transportu bliskiego materiałów sypkich znaczącą rolę odgrywa dobór oraz sposób rozmieszczenia na trasie przepływu urządzeń transportujących materiał, urządzeń i zespołów pomocniczych, a także przesypów, których zadaniem jest między innymi podawanie, zwalnianie lub też ukierunkowanie przemieszczanego strumienia materiału. Urządzeniami przeznaczonymi do ciągłego podawania materiału luzem z pewną zadaną prędkością są ciągłowe przenośniki taśmowe. Przenośniki te klasyfikuje się biorąc pod uwagę różne kryteria (rys. 1), takie jak np. kierunek ich działania, profil taśmy, liczba bębnow napędowych i możliwość przemieszczania przenośnika.

Podział ze względu na kierunek ruchu taśmy uwzględnia:

- przenośniki o jednym kierunku ruchu, gdzie taśma napędzana jest stale w tym samym kierunku



- przenośniki rewersyjne, gdzie taśma napędzana jest w jednym z dwóch możliwych kierunków ruchu. Podział ze względu na profil taśmy uwzględnia (rys. 2):
- przenośniki z taśmą płaską jednokrążnikowe (rys. 2a)
- przenośniki z taśmą nieckową dwukrążnikowe (rys. 2b), trzykrążnikowe (rys. 2c), czterokrążnikowe (rys. 2d) i pięciokrążnikowe (rys. 2e). Podział ze względu na liczbę bębnow napędowych wyróżnia:
- przenośniki z napędem jednobębnowym, gdzie napęd na taśmę przekazywany jest przez jeden bęben napędowy
- przenośniki z napędem wielobębnowym, gdzie napęd na taśmę przekazywany jest przez dwa lub więcej bębnow napędowych. Podział ze względu na możliwość i sposób przemieszczania przenośnika wyróżnia:
- przenośniki stacjonarne, których konstrukcja nośna nie zmienia położenia w czasie eksploatacji
- przenośniki przesuwne o konstrukcji dostosowanej do przesuwania poprzecz-

nego w czasie eksploatacji

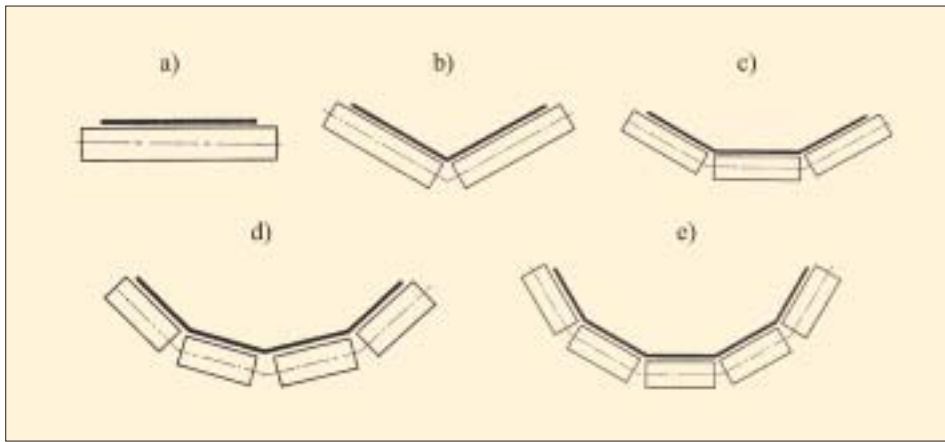
- przenośniki przejezdne umożliwiające przemieszczanie w całości w trakcie eksploatacji
- przenośniki przenośne o konstrukcji umożliwiającej przenoszenie ręczne przenośnika
- przenośniki obrotowe umożliwiające obrót wokół osi nie zmieniającej swojego położenia.

Oprócz powyższej klasyfikacji w podziałach uwzględnia się również rodzaj konstrukcji nośnej trasy, rodzaj napędu głównego i położenie przenośnika.

Do urządzeń i zespołów pomocniczych w systemach transportu taśmowego zalicza się między innymi kruszarki, przesiewniki, urządzenia załadownicze i rozładownicze, przenośnikowe zbiorniki wyrównawcze.

Do tzw. przesypów zalicza się np.:

- odbojnice, których zadaniem jest skupienie materiału zrzuconego z bębna zrzutowego w zwarty strumień i kierowanie go w odpowiednim kierunku



Rys. 2. Rodzaje profili taśm ciągnowych przenośników taśmowych: a) z taśmą płaską, b) z taśmą nieckową dwukrążnikową, c) z taśmą nieckową trzykrążnikową, d) z taśmą nieckową czterokrążnikową, e) z taśmą nieckową pięciokrążnikową

- zsuwnie, nadające strumieniowi materiału odpowiedni kierunek i prędkość
- kosze zasypowe, których zadaniem jest formowanie strumienia materiału na taśmie przenośnika odbierającego i zapobieganie rozsypywaniu się materiału poza taśmę
- urządzenia wychwytyjące elementy strumienia materiału o wymiarach przekraczających wymiary dopuszczalne.

## Wpływ konfiguracji systemów transportu taśmowego na sterowanie procesem przepływu materiału

Sterowanie procesem przemieszczania materiałów sypkich wymaga znajomości parametrów dynamicznych prze-

przebiegu, prędkości przepływu materiału w poszczególnych węzłach przesypanych systemu, parametrów geometrycznych współpracujących w systemie urządzeń oraz parametrów materiałowych transportowanego materiału sypkiego.

Logistyczne systemy transportu taśmowego materiałów sypkich muszą być budowane w sposób umożliwiający sterowanie wielkością tzw. nadawy lub inaczey wydajności. Otrzymanie wymaganej wydajności ma znaczenie wtedy, gdy linia końcowa systemu pracuje jako podajnik, zabezpieczając uzyskanie określonej porcji materiału w danym czasie na wyjściu z systemu.

Sterowanie parametrami przepływu strumienia materiału w systemie zapewnia odpowiednia konfiguracja tzw. węzłów przesypanych, występujących na

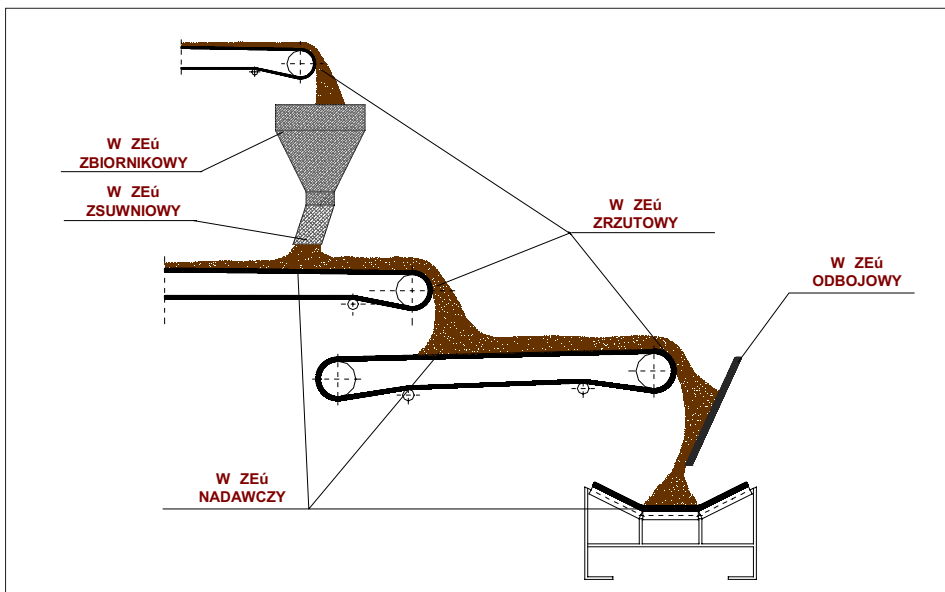
drodze przepływu materiału. Do węzłów tych zalicza się (rys. 3):

- węzły nadawcze wzdłużne i poprzeczne
- węzły zrzutowe
- węzły zsuwniowe
- węzły zbiornikowe
- węzły odbojowe wzdłużne i poprzeczne.

Węzły nadawcze stosuje się w przepływach materiałów sypkich w celu nadania przemieszczanemu materiałowi odpowiedniego kierunku i odpowiedniej prędkości. W systemach transportu taśmowego rolę węzłów nadawczych pełnią przenośniki taśmowe. Węzły nadawcze zakończone są węzłami zrzutowymi. Węzły zrzutowe realizują głównie proces podawania materiału, np. na węzły nadawcze, odbojowe lub zbiornikowe. Węzły te stanowią zwrotne bębny napinające przenośników taśmowych, gdzie następuje zrzut materiału. Węzły zsuwniowe wyposażone w zsuwnie (tzw. ślizgi) konstruowane są jako rynny o przekroju zamkniętym lub otwartym oraz kącie pochylenia umożliwiającym swobodne przemieszczanie materiału pod wpływem działania sił grawitacji. Węzły zbiornikowe stosuje się głównie jako pośrednie człony kompensujące lub zasobniki składujące materiał przez pewien okres czasu. Węzły odbojowe stosuje się wtedy, gdy osie wzdłużne przenośnika zasilającego i odbierającego są względem siebie przesunięte lub gdy stosuje się przenośniki o dużej wydajności i dużej przepustowości w celu opóźnienia dostarczanego strumienia materiału na taśmę przenośnika odbiorczego.

Ponieważ prędkość przemieszczania materiału w systemie jest stopniowana a jej wielkość dyktowana jest wymaganą wydajnością, dlatego aby uzyskać żądaną wydajność na wyjściu z systemu należy tak rozmieszczać węzły przesypane, aby zabezpieczyć przed ewentualnymi zaburzeniami przepływu materiału. Zaburzenia te są powodowane, np. nieodpowiednim doбором prędkości współpracujących w systemie przenośników lub nieprawidłowym doбором kąta pochylenia płyty odbojowej.

W szybkich logistycznych systemach transportowych materiałów sypkich pracujących z dużymi prędkościami, rzędu 3÷8 m/s prawidłowa konfiguracja trasy przepływu ma szczególne znaczenie, gdyż przy tak dużych prędkościach źle zaprojektowana struktura



Rys. 3. Typowe węzły przesypane stosowane w przepływie materiałów sypkich [opracowanie własne]

systemu może doprowadzić do szybkiego zużycia się lub też do uszkodzeń poszczególnych jego elementów. Wynika z tego, iż przy projektowaniu węzłów przesypanych taśmociągowych logistycznych systemów transportowych należy zwrócić uwagę na to, że występujące w czasie szybkich przepływów zjawiska dynamiczne mają wpływ na takie czynniki jak:

- zjawiska tarcia na powierzchniach taśm oraz pozostałych powierzchni ograniczających prowadzenie materiału
- zależności ruchowe strumienia materiału trafiającego na taśmę, zsuwnię, odbojnice
- przebieg zjawisk oddzielania się strumienia materiału sypkiego od ruchomej taśmy
- naciski materiału na taśmę oraz powierzchnie prowadzące materiał.

Czynniki te wpływają bezpośrednio na:

- sposób rozmieszczenia węzłów przesypanych, a więc na warunki geometryczne przepływu, takie jak wysokość zrzutu materiału, kąt pochylenia zsuwni oraz płyty odbojowej, kąt zwniosu lub opadania taśmy, wymiary zbiornika kompensacyjnego, itp.
- warunki materiałowo-technologiczne wykonania węzłów, czyli np. na dobór rodzaju taśmy w zależności od właściwości przemieszczanego materiału, dobór materiału zsuwni lub rodzaju okładzin płyt odbojowych
- dobór odpowiednich wartości prędkości nominalnych poszczególnych przenośników w systemie.

## Problem sterowania przepływem materiałów sypkich w węzłach przesypanych

Węzły przesypane stanowią istotny człon taśmociągowych systemów transportowych. Jednak pomimo ich znacznego wpływu na proces przemieszczania materiałów, problem modelowania przepływu materiału w poszczególnych węzłach systemu pozostaje nadal otwarty. Brak odpowiedniego modelu opisującego parametry przepływu w węzłach prowadzi do braku informacji na temat podstawowej wielkości jaką jest prędkość materiału dopływającego do węzła i opuszczającego węzeł przesypany. Można zatem stwierdzić, iż brak możli-

wości przewidywania wpływu takich czynników jak:

- konstrukcja węzła przesypanych
- sposób podawania materiału na węzeł
- siły towarzyszące przemieszczeniu materiału
- właściwości materiału na proces przemieszczania materiałów w węzłach przesypanych taśmociągowych systemów transportowych stanowi istotny problem współczesnej logistyki materiałów sypkich.

Próbując rozwiązać powyższy problem, autorzy stworzyli model analityczny umożliwiający teoretyczne wyznaczenie prędkości materiału na wyjściu z węzła przesypanych. Model ten umożliwia teoretyczną analizę wpływu wyżej wymienionych czynników na wartości prędkości materiału opuszczającego węzeł oraz wpływu zmiany prędkości w poszczególnych węzłach na wydajność całego systemu. Zakłada się zastosowanie modelu do analizy węzłów pracujących zarówno w szybkich systemach transportowych, jak i w systemach, w których prędkość przepływu nie przekracza 3 m/s, tym samym umożliwiając analizę warunków statycznych i kinematycznych przepływu z dokładnością wystarczającą w zastosowaniach praktycznych, głównie w obszarze zastosowań taśmociągowych systemów transportowych. Model ten można wykorzystać w procesach projektowania i aplikacji systemów transportu taśmowego, umożliwiając teoretyczną analizę ich konfiguracji.

Proces przepływu materiału w węzłach przesypanych wymaga badań umożliwiających obserwację (wizualizację) zachowania się przemieszczanego materiału oraz weryfikację rozwiązań teoretycznych proponowanego modelu. Przykładowe stanowisko przeznaczone do badania węzła odbojowego przedstawiono na rys. 4. Stanowisko to znajduje się w Laboratorium Procesów Przetwórczych i Transportu w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, umożliwia weryfikację wyników teoretycznych, uzyskanych na drodze rozwiązania proponowanego modelu analitycznego dla różnych rodzajów materiałów oraz dla różnych wartości wydajności systemu.

Analiza konfiguracji taśmociągowego systemu transportowego, zapewniająca niezakłócony proces przemieszczania



Rys. 4. Stanowisko badawcze przeznaczone do badania węzła odbojowego [opracowanie własne – projekt J. Cyganiuk]

materiału sypkiego powinna uwzględniać:

- rodzaj przemieszczanego materiału,
- planowaną wydajność systemu
- rodzaj i długość trasy
- ilość, rodzaj i sposób rozmieszczenia na trasie przepływu węzłów przesypanych
- ilość i sposób rozmieszczenia na trasie przepływu przenośników taśmowych • warunki kinematyczne i statyczne przepływu.

Efektywne zaplanowanie trasy przepływu materiału sypkiego wymaga dokładnej analizy powyższych czynników i stanowi z punktu widzenia bezawaryjnej pracy systemu problem, który wciąż stanowi obiekt badań.

### LITERATURA

- [1]. Colijn H., Mechanical conveyors for bulk solids, Amsterdam – Oxford – New York- Tokyo 1985,
- [2]. Goździcki M., Świątkiewicz H., Przenośniki, WNT Warszawa 1979,
- [3]. Korzeń Z., Charakterystyka ogólna i właściwości materiałów sypkich, Symposium Naukowo – Przemysłowe, Wrocław – Rydzyna 2000,
- [4]. Żur T., Przenośniki taśmowe w górnictwie, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1979 (Zakład Organizacji i Automatykacji Procesów Produkcyjnych, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski)