



**INSTYTUT KONSTRUKCJI MASZYN**



**KIERUNEK: TRANSPORT**

**SPECJALNOŚĆ: SYSTEMY I URZĄDZENIA TRANSPORTOWE**

**PRZEDMIOT: SYSTEMY I URZĄDZENIA TRANSPORTU BLISKIEGO**

## **LABORATORIUM**

**Transport materiałów przy wykorzystaniu  
przenośników bezciągnowych rurowych.  
(próby funkcjonalne na stanowisku modelowym)**

**Transport of loose material - use pipe conveyor - functional tests**

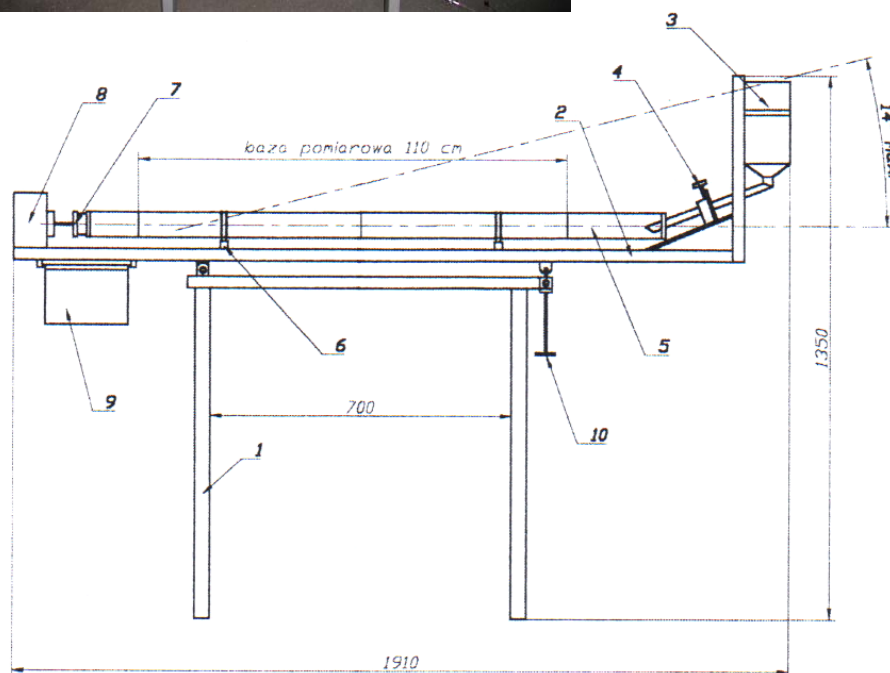
### **Cel i zakres zajęć:**

1. Wprowadzenie – ogólne zasady budowy przenośników bezciągnowych, zasady działania, podstawowe elementy ustroju nośnego, mechanizmy robocze
2. Prezentacja typowego cyklu pracy przenośnika bezciągnowego rurowego na stanowisku modelowym
3. Wyznaczenie wydajności teoretycznej oraz pomiar wydajności rzeczywistej dla różnych transportowanych materiałów sypkich, różnych kątów pochylenia rury transportowej i dla różnych prędkości obrotowych.

## 1. SCHEMAT STANOWISKA



1) podstawa przenośnika, 2) wychylny stół, 3) zasobnik, 4) dozownik, 5) rura obrotowa, 6) podpory, 7) sprzęgło, 8) zespół napędowy, 9) zbiornik zsypowy 10) mechanizm zmiany kąta



## 2. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest znalezienie zależności określającej prędkość przemieszczania się wsadu  $V$  jako funkcję kąta nachylenia osi przenośnika do poziomu  $\alpha$  i obrotów  $n$ .

Odcinek pomiarowy  $L$  wynosi 1100 mm, czas przejścia wsadu mierzy się stoperem z dokładnością 0,1 sek, a kąt, nastawiany śrubą, mierzy się oktantem artyleryjskim z dokładnością  $0,03^\circ$ .

Wzór na prędkość musi spełniać pewne warunki brzegowe, a w szczególności dla  $n = 0$  obr/sek prędkość  $V$  również ma być równa zero. Podobnie dla  $\alpha = 0^\circ$  prędkość ma wynosić zero, ponieważ w obu wymienionych przypadkach wsad nie będzie się przemieszczał. Najprostszy wzór spełniający te wymogi ma postać (1):

$$V = A \cdot n \cdot \alpha \left[ \frac{\text{mm}}{\text{sek.}} \right], \quad (1)$$

Dla sprawdzenia powtarzalności pomiarów każdy pomiar czasu należy wykonać co najmniej trzykrotnie.

## 2.1 Pomiary

W ćwiczeniu należy wykonać pomiary, które posłużą do wyznaczenia funkcji prędkości przemieszczenia wsad. Wyniki pomiaru należy wpisać w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości zmierzone

		Kąt nachylenia rury przenośnika $\alpha$ [°]	Czas przemieszczenia ładunku $t$ [sek.]		
			pomiar I	pomiar II	pomiar III
Obroty rury $V$ [obr./sek.]	0,5	2	$t_{11} =$	$t_{11} =$	$t_{11} =$
		3	$t_{12} =$	$t_{12} =$	$t_{12} =$
		4	$t_{13} =$	$t_{13} =$	$t_{13} =$
	1,0	2	$t_{21} =$	$t_{21} =$	$t_{21} =$
		3	$t_{22} =$	$t_{22} =$	$t_{22} =$
		4	$t_{23} =$	$t_{23} =$	$t_{23} =$

## 2.2 Wyznaczenie funkcji przemieszczenia wsadu

Prędkość przemieszczenia ładunku w rurze przenośnika rurowego oblicza za pomocą wzoru (2):

$$V_{i,j} = \frac{L}{t_{i,j}} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{sek.}} \right] \quad (2)$$

gdzie:  $L$  – długość odcinka pomiarowego.

Zmierzony czas zapisujemy w postaci macierzowej

$$t_{i,j} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Wykonanie operacji pozwala na wyliczenie prędkości  $V_{i,j}$ . Otrzymujemy ją w postaci macierzowej:

$$V_{i,j} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Prędkość przemieszczenia ładunku w rurze przenośnika  $V$  jest funkcją obrotów rury  $n$  i kąta nachylenia rury  $\alpha$ . Ze względu na wariantowanie pomiarów dla par  $(n, \alpha)$  wygodnie jest zapisać prędkość w postaci macierzy:

$$V_{i,j} = A \cdot n_i \cdot \alpha_j \left[ \frac{\text{mm}}{\text{sek.}} \right], \quad (5)$$

gdzie:  $\alpha_j, n_i$  – wartości średnie otrzymane z pomiarów dla jednej pary  $(n_i, \alpha_j)$

Należy znaleźć taką wartość współczynnika  $A$ , żeby zminimalizować odchyłkę średniokwadratową  $\delta$ . Można rozróżnić dwa przypadki – pierwszy przypadek to obliczanie odchyłki średniokwadratowej bezwzględna, a drugi to obliczanie odchyłki względnej.

Wzór na wyliczenie delta przedstawia zależność (6)

$$\delta_{\text{bzw}} = \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{j=0}^2 \sum_{i=0}^1 (A \cdot n_i \cdot \alpha_j - V_{i,j})^2}, \quad (6)$$

a wzór na wyliczenie odchyłki średniokwadratowej względnej przedstawia zależność (7):

$$\delta_{wz} = \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{j=0}^2 \sum_{i=0}^1 \left( \frac{A \cdot n_i \cdot \alpha_j}{V_{i,j}} - 1 \right)^2} \quad (7)$$

Matematycznie da się wyliczyć wartość  $A$  stosując rachunek różniczkowy, ale wygodniej jest użyć programu specjalistycznego np Excel lub Statistica, albo używając programu Mathcad (zmieniać wartość  $A$ , aż do zminimalizowania wartości  $\delta_{bz,w}$  lub/i  $\delta_{wz}$ ).

Pomiary dokonywane są dla różnych prędkości obrotowej rury, trzech położenia kątowych wychylonego słoju oraz dla kilku wybranych ładunków masowych sypkich (zróżnicowana masa właściwa oraz wielkopść ziarna) Ładunek należy wsypać do dozownika, uruchomić układ napędowy po uprzedniej nastawie dobranych parametrów pracy przenośnika (dla danego kąta pochylenia mechanizmu i prędkości kątowej).

Wyniki pomiarów należy przedstawić w formie tabelarycznej.

### 3. DO WYKONANIA PRZEZ STUDENTÓW

- Wykonać pomiary parametrów przenośnika rurowego (kąta nachylenia osi przenośnika do poziomu  $\alpha$ , obroty  $n$ ).
- Wykonanie pomiarów czasu przejścia wsadu przez odcinek pomiarowy.
- Określenie zależności między kątem nachylenia osi przenośnika do poziomu  $\alpha$ , obrotami  $n$  i prędkością przemieszczania się wsadu  $V$ .
- Narysować szkic stanowiska pomiarowego oraz podać wnioski z przeprowadzonych pomiarów.

#### ZAŁĄCZNIK nr 1

Przykładowe obliczenia dla przenośnika rurowego, gdzie:

$L$  – długość przenośnika, mm,

$t$  – czas przemieszczania ładunku, sek,

$n$  – prędkość obrotowa rury, obr/sek,

$v$  – prędkość przesuwu ładunku, mm/s,

$A$  – współczynnik proporcjonalności,

delta - odchyłka średniokwadratowej bezwzględna.

#### **Literatura:**

1. Korzeń Z.: Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania. t1: "Infrastruktura, technika, informacja". WILiM. Poznań 1998
2. Pawlicki K.: Transport w przedsiębiorstwie – maszyny i urządzenia. WsiP Warszawa 1996
3. Goździecki M., Świątkiewicz H.: Przenośniki. WNT Warszawa 1989
4. Górecki E.: Zbiór zadań z dźwignic i urządzeń transportowych. WSP Warszawa
5. Kwartalnik: Dozór Techniczny - dwumiesięcznik UDT; Warszawa; SIGMA-NOT
6. Kwartalnik: Transport przemysłowy, Wydawnictwo LEKTORIUM, Wrocław
7. Wykład z przedmiotu „Środki i Urządzenia Transportowe” – M.Sczybura, Z.Dziechciowski

Załącznik nr 1

## Dane do obliczeń i wstępne obliczenia

**Długość odcinka pomiarowego**

$$L := 1100\text{mm}$$

**Czas przemieszczania ładunku na odcinku pomiarowym dla różnych kątów i różnych obrotów rury**

$$t_{sr} := \begin{pmatrix} 161.3 & 113.3 & 95 \\ 91.6 & 62.8 & 47.5 \end{pmatrix} \text{sec}$$

$$i := 0..1 \quad j := 0..2$$

**Prędkość przesuwu ładunku określamy na podstawie wzoru**

$$v_{i,j} := \frac{L}{t_{sr_{i,j}}}$$

$$v = \begin{pmatrix} 6.8 & 9.7 & 11.6 \\ 12.0 & 17.5 & 23.2 \end{pmatrix} \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

**Prędkości i kąty przyjęte w badaniach**

$$n := \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1 \end{pmatrix} \frac{\text{obr}}{\text{min}} \quad \alpha := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \text{ stopni}$$

## Minimalizacja odchyłek średniokwadratowych względnych i bezwzględnych

**Minimalizacja odchyłki średniokwadratowej bezwzględnej**

$$A := 5.900 \frac{\text{mm}}{\text{sec}} \quad \text{Należy tak zmieniać wartość "A" by } \delta \text{ była jak najmniejsza}$$

$$\delta := \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{j=0}^2 \sum_{i=0}^1 (A \cdot n_i \cdot \alpha_j - v_{i,j})^2}$$

$$\delta = 0.56345 \frac{\text{mm}}{\text{sec}} \quad \text{minimalna otrzymana wartość } \delta$$

**Porównanie wartości prędkości**

$$v_{bzw_{i,j}} := A \cdot n_i \cdot \alpha_j$$

$$v_{bzw} = \begin{pmatrix} 5.9 & 8.85 & 11.8 \\ 11.8 & 17.7 & 23.6 \end{pmatrix} \frac{\text{mm}}{\text{sec}} \quad v = \begin{pmatrix} 6.8 & 9.7 & 11.6 \\ 12.0 & 17.5 & 23.2 \end{pmatrix} \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

## Minimalizacja odchyłki średniokwadratowej względnej

Należy tak zmieniać wartość współczynnika "AA" by  $\delta$  była jak najmniejsza

$$AA := 6.150 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

$$\delta_w := \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{j=0}^2 \sum_{i=0}^1 \left( \frac{AA \cdot n_i \cdot \alpha_j}{v_{i,j}} - 1 \right)^2}$$

$$\delta_w = 0.06233 \quad \text{minimalna otrzymana wartość } \delta_w$$

Orientacyjne wartości podpierwiastkowe

$$\text{delta}_{w_{i,j}} := \frac{A \cdot n_i \cdot \alpha_j}{v_{i,j}} - 1$$

$$\text{delta}_w = \begin{pmatrix} -0.13485 & -0.08845 & 0.01909 \\ -0.01738 & 0.01051 & 0.01909 \end{pmatrix}$$

Porównanie wartości prędkości

$$v_{wzgl_{1,j}} := AA \cdot n_i \cdot \alpha_j$$

$$v_{wzgl} = \begin{pmatrix} 6.15 & 9.225 & 12.3 \\ 12.3 & 18.45 & 24.6 \end{pmatrix} \frac{\text{mm}}{\text{sec}} \quad v = \begin{pmatrix} 6.8 & 9.7 & 11.6 \\ 12.0 & 17.5 & 23.2 \end{pmatrix} \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

## Ostateczny wygląd poszukiwanych funkcji

$$v.wzgl = 6.150 \text{ mm/sec} * n * \text{alfa}$$

$$v.bezwzgl = 5.9 \text{ mm/sec} * n * \text{alfa}$$

## Przydatne skróty klawiszowe

nazwa operacji	przykład	skrót	uwagi
zakres	np. x..y	;	zakres zmiany np. kąta
definicja, przypisanie	x:=y	<b>shift + ;</b>	zadanie dł. odcinka pomiarow.
indeks dolny (macierze)	$V_n$	<b>[</b>	operacje macierzowe
indeks górny	$V^n$	<b>ctrl + 6</b>	indeks górny składnika
potęga	$a^2$	<b>^</b>	-
iloraz	$a/2$	<b>/</b>	-
indeks dolny (macierze)	$V_n$	<b>[</b>	indeks dolny składnika
wykonanie operacji	$a=c+b$	<b>=</b>	w celu otrzymania wyniku operacji

