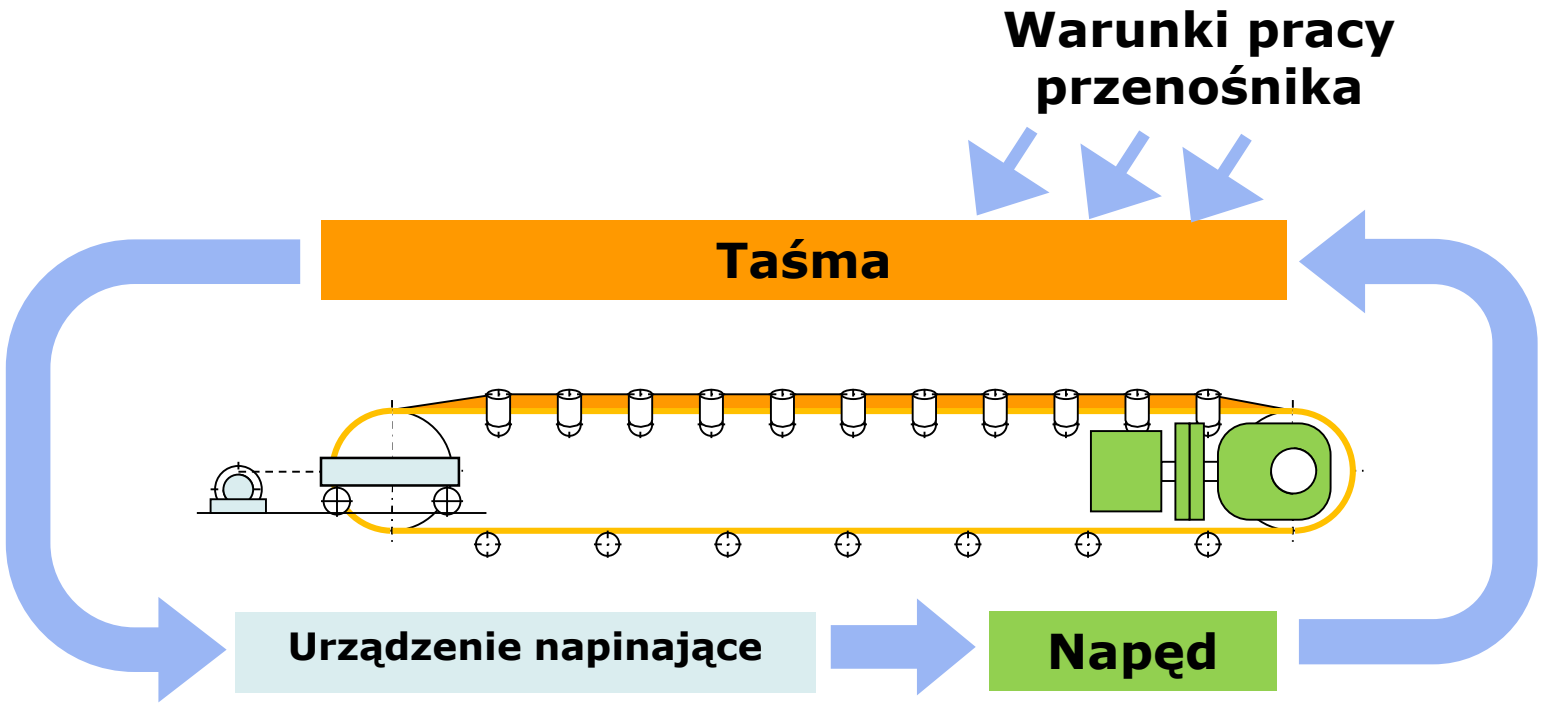
Porównanie europejskich i amerykańskich standardów doboru podzespołów przenośników taśmowych

Piotr Kulinowski , AGH Kraków

IX Konferencja Powder&Bulk „NOWOCZESNE TECHNOLOGIE W BRANŻY MATERIAŁÓW SYPKICH”, 18 października Targi SyMas Kraków 2017

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych

Dobór podzespołów przenośnika



Prawidłowo funkcjonujący przenośnik taśmowy posiada poprawnie dobrane:

- **urządzenie napinające,**
- **taśmę,**
- **układ napędowy;**

z uwzględnieniem **warunków pracy przenośnika** oraz wzajemnych relacji między poszczególnymi podzespołami.

DIN 22101:1982-02

DEUTSCHE NORM December 2011

DIN 22101

DIN

ICS 53.040.20

Supersedes
DIN 22101:2002-08

Continuous conveyors –
Belt conveyors for loose bulk materials –
Basis for calculation and dimensioning,
English translation of DIN 22101:2011-12

Stetigförderer –
Gurtförderer für Schüttgüter –
Grundlagen für die Berechnung und Auslegung,
Englische Übersetzung von DIN 22101:2011-12

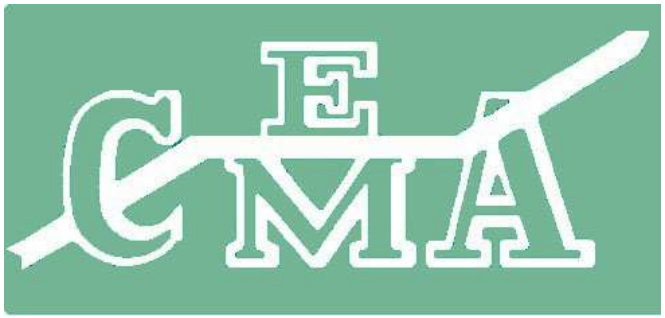
Engins de manutention continue –
Transporteurs à bandes pour produits en vrac –
Principes de base pour le calcul et la conception,
Traduction anglaise de DIN 22101:2011-12

Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA

Prepared by the Engineering Conference of the
Conveyor Equipment Manufacturers Association

onveyors for
aterials

Conveyor
Equipment
Manufacturers
Association



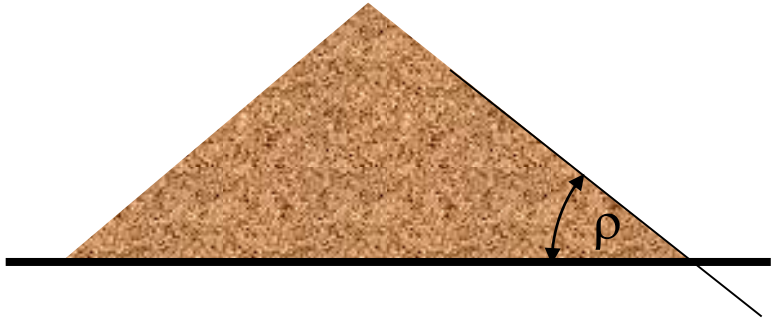
Organizacja służąca producentom i projektantom urządzeń przenośnikowych na całym świecie od 1933 roku.
Zrzesza firmy, które reprezentują wiodących projektantów, producentów i instalatorów przenośników, elementów przenośników i systemów transportu materiałów.
Firmy dobrowolnie stosują się do standardów projektowania, produkcji i bezpiecznej eksploatacji w celu promowania rozwoju branży i nowoczesnych technologii transportu .

Etapy doboru podzespołów wg CEMA

- Charakterystyka materiału transportowanego
- Wydajność, szerokość taśmy i jej prędkość
- Zestawy krążnikowe
- Siły w taśmie i moc napędu
- Dobór typu taśmy
- Bębny i wały
- Łuki werykalne
- Silnie nachylone odcinka przenośnika
- Układ napinania, urządzenia czyszczące
- Załadunek i rozładunek
- Sterowanie układem napędowym
- Eksploatacja i bezpieczeństwo

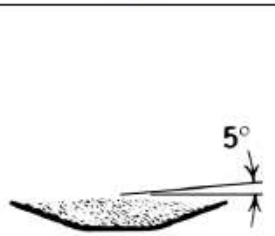
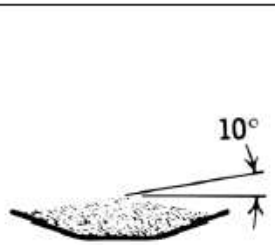
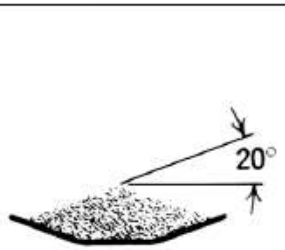
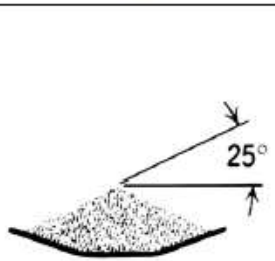
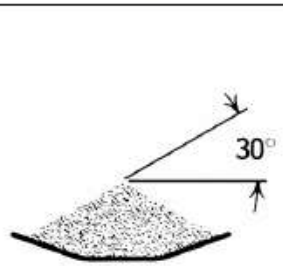
Charakterystyka materiałów sypkich

- kąt usypu naturalnego materiału (**angle of repose)**



- kąt usypu materiału spoczywającego na przemieszczającej się taśmie przenośnikowej (**angle of surcharge) ,** zwykle 5-15˚ mniejszy od kąta usypu naturalnego

Kąt usypu materiału

Flow				
Very free flowing 1*	Free flowing 2*	Average flowing 3*		Sluggish 4*
Angle of Surcharge kąt usypu na taśmie				
5°	10°	20°	25°	30°
				
Angle of Repose kąt usypu naturalnego				
0-19°	20-25°	30-34°	35-39°	40° - up
Material Characteristics				
Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.	*Rounded, dry polished particles, of medium weight, such as whole grain and beans.*	*Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cottonseed meal, clay, etc.*	*Typical common materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.*	*Irregular, stringy, fibrous, interlocking material, such as wood chips, bagasse, tempered foundry sand, etc.*

Charakterystyka materiałów sypkich - CEMA

	Material Characteristics	Code
Rozmiar	Very fine—100 mesh and under	A
	Fine—1/8 inch and under	B
	Granular—Under 1/2 inch	C
	Lumpy—containing lumps over 1/2‘ inch	D
	Irregular—stringy, interlocking, mats together	E
Kąt usypu	Very free flowing—angle of repose less than 19°	1
	Free-flowing—angle of repose 20° to 29°	2
	Average flowing—angle of repose 30° to 39°	3
	Sluggish—angle of repose 40° and over	4
Ścieralność	Nonabrasive	5
	Abrasive	6
	Very abrasive	7
	Very sharp—cuts or gouges belt covers	8
Pozostałe cechy charakterystyczne	Very dusty	L
	Aerates and develops fluid characteristics	M
	Contains explosive dust	N
	Contaminable, affecting use or saleability	P
	Degradable, affecting use or saleability	0
	Gives off harmful fumes or dust	R
	Highly corrosive	S
	Mildly corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks or mats	V
	Oils or chemical present—may affect rubber products	W
	Packs under pressure	X
	Very light and fluffy—may be wind-swept	V
	Elevated temperature	Z

Example: A very fine material that is free-flowing, abrasive, and contains explosive dust would be designated: **Class A26N.**

Charakterystyka materiałów sypkich - CEMA

Material	Average weight (lbs/cu ft)	Angle of repose (degrees)	Recommended maximum inclination (degrees)	**Code**
Ashes, fly	40-45	42	20-25	**A37**
Cement, Portland	72-99	30-44	20-23	**A36M**
Coal, anthracite, river, or culm, ⅛ inch and under	60	35	18	**B35TY**
Coal, lignite	40-45	38	22	**D36T**
Copper ore	120-150	30-44	20	***D37**
Dolomite, lumpy	80-100	30-44	22	**D36**
Gravel, dry, sharp	90-100	30-44	15-17	**D37**
Lignite, air-dried	45-55	30-44		***D35**
Rock, soft, excavated with shovel	100-110	30-44	22	**D36**
Salt, common dry, fine	70-80	25	11	**D26TUW**
Sandstone, broken	85-90	30-44		**D37**
Wood chips	10-30	45	27	**E45WY**
Coal, anthracite, river, or culm,1/8 inch and under	60	35	18	**B35TY**
Coal, anthracite, sized	55-60	27	16	**C26**
Coal, bituminous, mined 50 mesh and under	50-54	45	24	**B45T**
Coal, bituminous, mined and sized	45-55	35	16	**D35T**
Coal, bituminous, mined, run of mine	45-55	38	18	**D35T**
*Coal, bituminous, mined, slack,1/2 inch and under	43-50	40	22	**C35T**
Coal, bituminous, stripping, not cleaned	50-60			**D36T**
Coal, lignite	40-45	38	22	**D36T**

Dobór szerokości taśmy

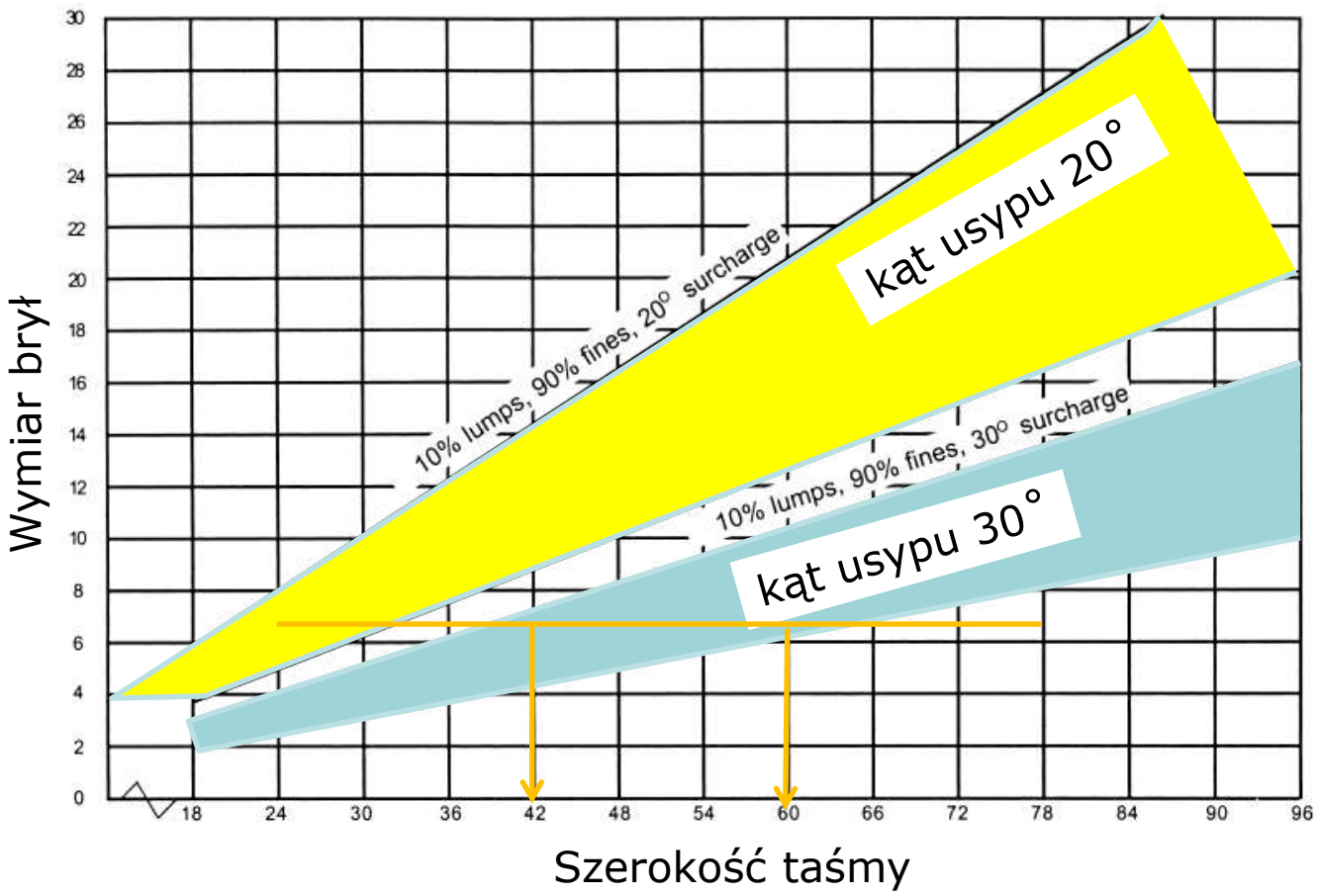


Figure 4.1 Belt width necessary for a given lump size. Fines: no greater than 1/10 maximum lump size.

Zalecana prędkość maksymalna

Material Being Conveyed	Belt Speeds (fpm)	Belt Width (inches)
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Węgiel, wilgotna glina, nadkład, kamień drobnokruszony	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shake-out sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

1 m/s = 196,85 ft/min

1 ft = 0.3048 m

Przykład: parametry przenośnika taśmowego

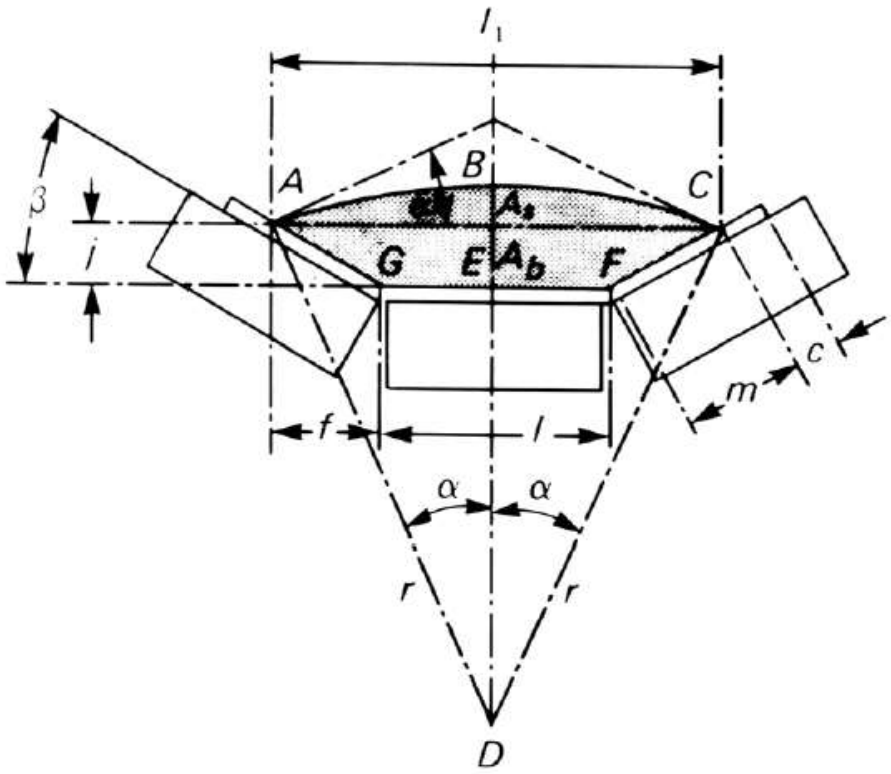
Dane wejściowe:

- Węgiel, anthracite, sized
- Wydajność: 1000 tph
- Długość: 1000 m → 3300 feet
- Wysokość podnoszenia: 115 feet

Wstępne założenia:

- Prędkość taśmy: 600 fpm
- Szerokość taśmy: 42 inches

Pole przekroju strugi



α = angle of surcharge, degrees

β = angle of idler roll, degrees

A_s = area of surcharge, square inches

A_b = base trapezoidal area, square inches

l = length, one edge of trapezoidal area, inches

l_1 = length, other edge of trapezoidal area, inches

j = height of trapezoidal area, inches

m = slant length trapezoid, inches

r = radius of surcharge arc, inches

f = horizontal projection of slant side of trapezoid, inches

c = edge distance, edge of material to edge of belt, inches

b = width of belt, inches

Standard edge distance $c = .055\,b + 0.9$, inches

Weryfikacja doboru szerokości taśmy i jej prędkości

1. Określenie kąta usypu.
   - *The surcharge angle, on the average, will be 5 degrees to 15 degrees less than the angle of repose.*

   *(ex. 27° - 12° = **15°**)*

Coal, anthracite, sized	27

2. Określenie gęstości nasypowej (lb/ft³).

Coal, anthracite, sized	55-60

3. Wybór kształtu niecki.
4. Select a suitable conveyor belt speed.
5. Obliczenie wydajności objętościowej przy założonej prędkości (600fpm) [ft³/hr].

   *(ex. **1000** tph x 2000 / 60 = 33333 ft³/hr)*

$$ft^3/hr = \frac{\text{tph} \times 2000}{\text{material density}}$$

6. Wyznaczenie wydajności jednostkowej (przy v = 100 fpm [0,5 m/s]).

$$\text{Capacity (equivalent)} = (ft^3/hr) \times \left(\frac{100}{\text{actual belt speed (fpm)}}\right)$$

   (ex. Capacity (eqiuv) = 33333 x (100 / 600 fpm) = 5555 ft³/hr
7. Dobór szerokości taśmy
8. Weryfikacja prędkości taśmy

Wydajność objętościowa jednostkowa

Table 4-3. 35-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = 0.055*b* + 0.9 inch.

Belt Width (Inches)	A_t - Cross Section of Load (ft^2)							Capacity at 100 FPM (ft^3/hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

» 3535 [ft³/hr] / 7524

Rozstaw zestawów krążnikowych

Dobór rozstawu z uwzględnieniem: **ciężaru taśmy i materiału transportowanego**, **typu krążników**, **zwisu taśmy**, **trwałości**, **typu taśmy**, **napięcia taśmy** i **promieni łuków wertykalnych i horyzontalnych**

Table 5-2. Suggested normal spacing of belt idlers (S_i).*

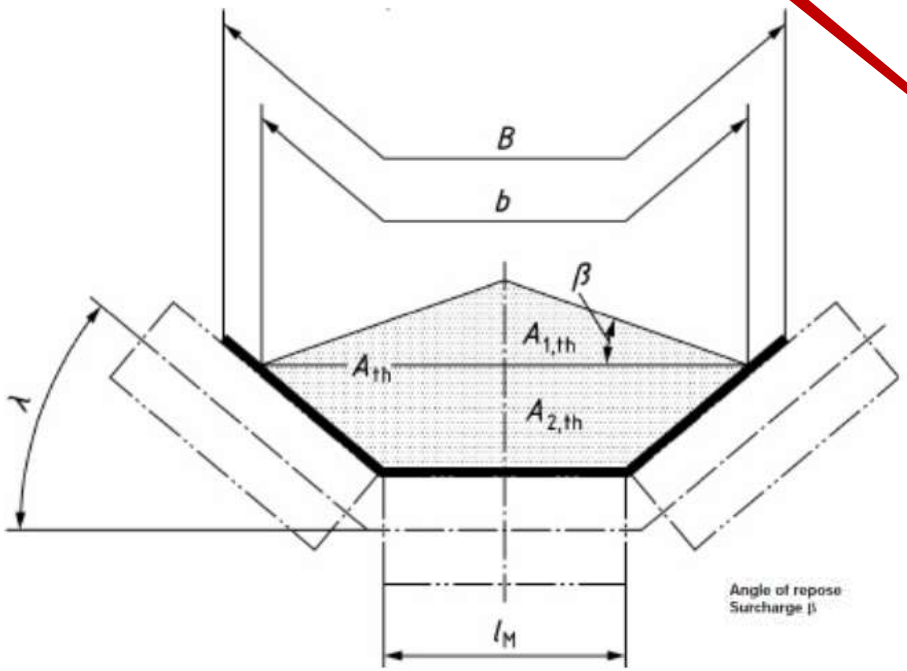
Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

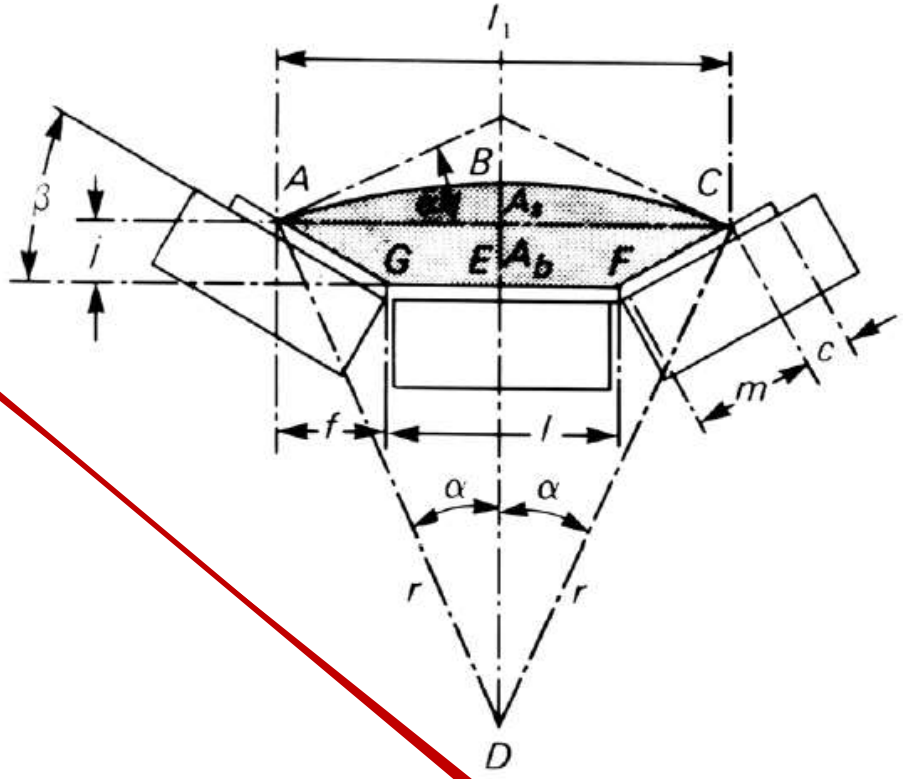
* Spacing indicated in feet. Spacing may be limited by load rating of idler. See idler load ratings in Tables 5-7— 5-11.

Obliczenia wydajności

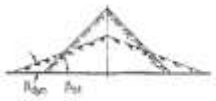
DIN 22101:1982-02

Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA





Angle of repose
Surcharge β



If a load is loosely poured a **static angle of slope** β_{st} will form. If the under layer is moved as when being transported on a conveyor belt, the angle of surcharge β_{dyn} is formed. The particles of the bulk load interact and the lower the internal friction of the material the lower the surcharge angle β_{dyn}.

Approximately:

$$\beta_{dyn} = (0.5 - 0.9) \cdot \beta_{st}$$

Przykład: dobór parametrów

- Prędkość taśmy: 600 fpm (3,06 m/s)
- Szerokość taśmy: 42 inches (1067 mm)
- Kąt niecki: 35°
- 5555 [ft^3/hr] / 7524 [ft^3/hr] = 74%
- Rozstaw zestawów: 4.5 feet (1,37 m)

Dobór krążników

Trwałość krążników zależy od: **uszczelnień**, **łożysk**, **grubość płaszcza**, **prędkości taśmy**, **własności materiału transportowanego**, **obsługi**, **otoczenia**, **temperatury**, i doboru typu krążnika wg CEMA.

CEMA B load rating based on minimum L_{10} of 30,000 hours at 500 rpm
CEMA C load rating based on minimum L_{10} of 30,000 hours at 500 rpm
CEMA D load rating based on minimum L_{10} of 60,000 hours at 500 rpm
CEMA E load rating based on minimum L_{10} of 60,000 hours at 500 rpm

Table 5-1. Idler classification.

Classification	Former Series Number	Roll Diameter (inches)	Belt Width (inches)	Description
A4	STANDARD WITHDRAWN			
A5	OCTOBER 1, 1996			
B4	II	4"	18" through 48"	Light Duty
B5	II	5"	18" through 48"	"
C4	III	4"	18" through 60"	Medium Duty
C5	III	5"	18" through 60"	"
C6	IV	6"	24" through 60"	"
D5	None	5"	24" through 72"	"
D6	None	6"	24" through 72"	"
E6	V	6"	36" through 96"	Heavy Duty
E7	VI	7"	36" through 96"	"

Krok 1 Dobór krążników

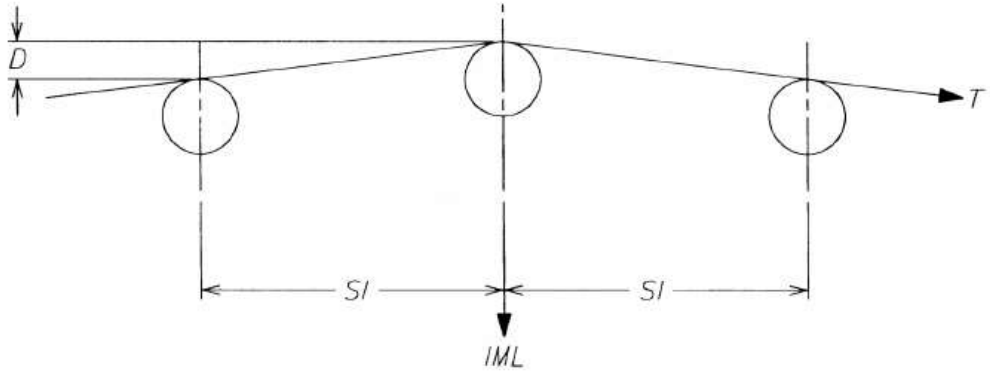
Obciążenie krążnika (lbs) = ***CIL = ((WB + (WM x KI)) x SI) + IML***

gdzie:

- *WB = Ciężar taśmy (lbs/ft) use actual or estimate from Table 5-5*
- *WM = Ciężar materiału (lbs/ft) = (Q x 2000) / (60 x Vee)*
- *Q = Wydajność masowa (tons per hour)*
- *Vee = Prędkość taśmy (fpm)*
- *SI = Rozstaw zesdtawów (ft)*
- *KI = Współczynnik udziału brył (see Table 5-6)*
- *IML = Dodatkowe obciążenie promieniowe krążnika (lbs) = (D x T) / (6 x SI)*

  gdzie:

  - *D = Podniesienie (in.)*
  - *T = Siła w taśmie (lbs)*
  - *SI = Rzostaw zestawów (ft)*



Krok 1 Dobór krążników - ciężar taśmy

» *WB = Ciężar taśmy(lbs/ft)*

Table 5-5. *WB*-Estimated average belt weight, multiple- and reduced-ply belts, lbs/ft.

Belt Width (inches (*b*))	Material Carried, lbs/cu ft		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

Coal, anthracite, sized	55-60

1. Steel cable belts increase the above value by 50%.

Krok 1 Dobór krążników - wsp. udziału brył

» *Kl = Współczynnik udziału brył*

Table 5-6. K1-Lump adjustment factor.

Maximum Lump Size (inches)	Material Weight, lbs/cu ft						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Coal, anthracite, sized **55-60**

Dobór krążników

1 lbf = 4.45 N

Obciążenie nośnego zestawu krążnikowego (lbs)

CIL = ((11+ (55 x 1.0)) x 4.5) + 0 = ***297*** *lbs*

gdzie:

- *Ciężar taśmy WB = 11 lbs/ft*
- *Ciężar materiału WM = (1000 x 2000) / (60 x 600) = 55 lbs/ft*
- *Wydajność Q = 1000 tons per hour*
- *Prędkość taśmy Vee = 600 fpm*
- *Rozstaw zestawów krążnikowych SI = 4.5 ft*
- *Wsp. udziału brył KI = 1.0*
- *Siła promieniowa IML = 0*

Obciążenie zestawu dolnego (lbs) = *CILR = (11 x 10) + 0 = 110 lbs*

- *Rozstaw zestawów dolnych SI = 10.0 ft*

Nośność zestawu dla krążników wg CEMA, lbs

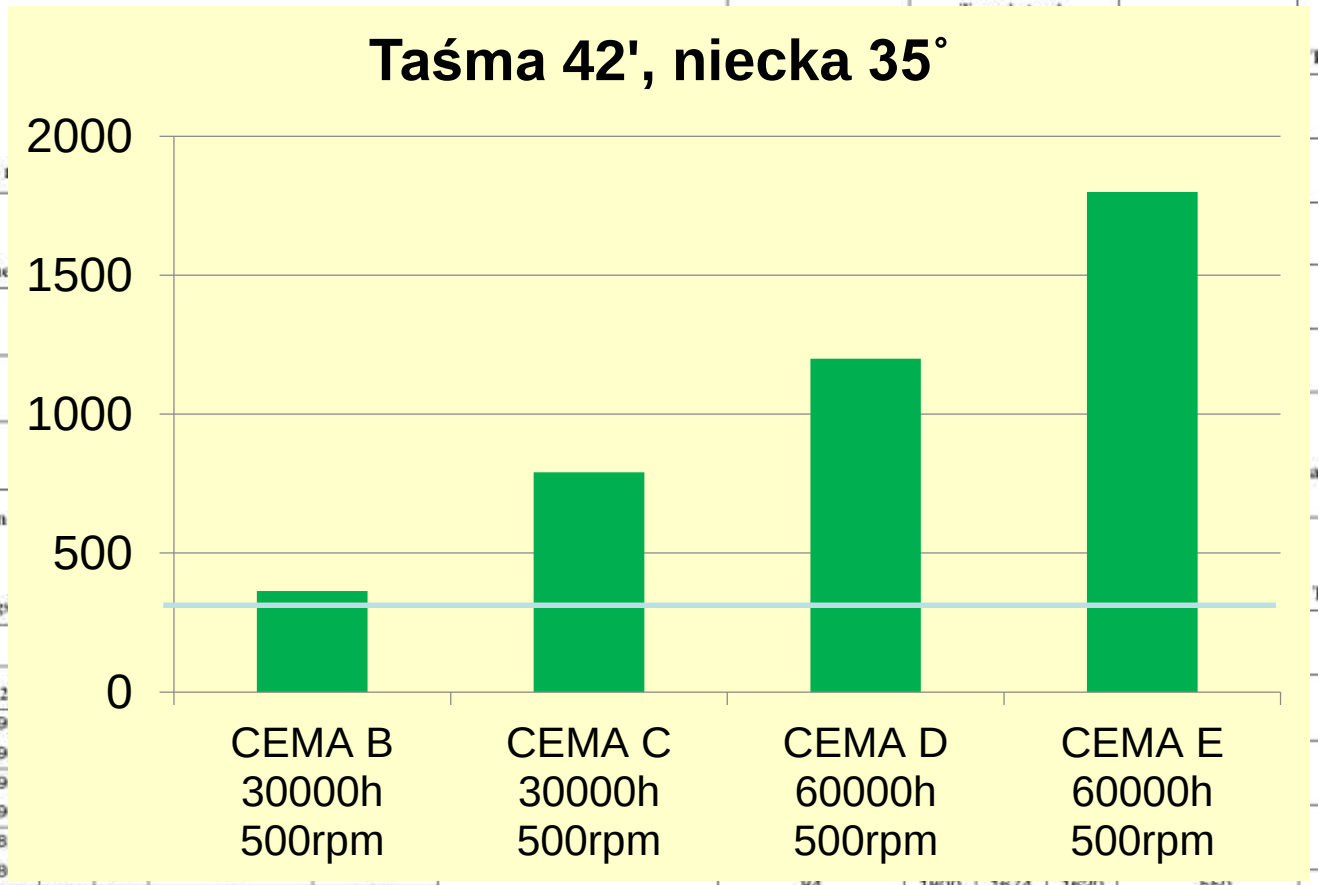


Table 5-9. Load ratings for CEMA D idlers, lbs (rigid frame).

					Two Roll "Vee" Return
					850
					850
					850
					850
					850
					850
					850
					850

Table 5-7. Load

Belt Width (inche	
18	
24	
30	
36	
42	
48	

Ratings based on

atenary where

Table 5-8. Load ratings

Belt Width (inches)	2					Two Roll "Vee" Return
18	9					1300
24	9					1300
30	9					1300
36	9					1300
42	8					1300
48	8					1300
54	750	698	675	*	500	1300
60	700	650	630	*	500	1300
66				*	500	1300
84	1800	1674	1620		550	1300
90					475	1300
96	1750	1628	1575		400	1300
102					250	1300

Ratings based on minimum L_{10} of 30,000 hours at 500 rpm.
*Use CEMA D return idler

Ratings based on minimum L_{10} of 60,000 hours at 500 rpm.

Notes:
1. Obciążenie krążnika wyznaczono dla zestawów trójkrążnikowych (Tables 5.7–5.10)
2. Można stosować dla krążników nadawowych.
3. Rozkład obciążenia krążników 70% krążnik środkowy i 15% boczny.

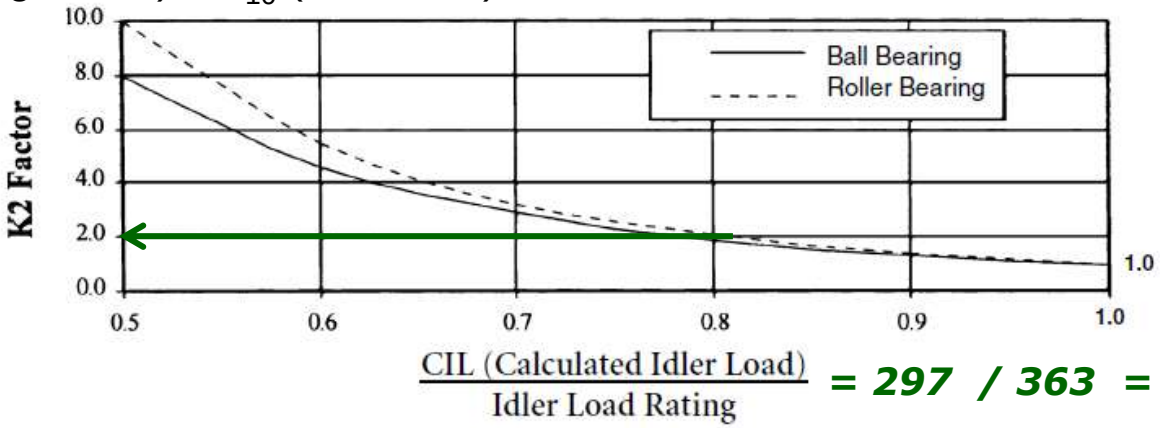
K2 = Wpływ obciążenia na trwałość nominalną łożyska

Table 5-7. Load ratings for CEMA B idlers, lbs (rigid frame).

Belt Width (inches)	Trough Angle 20°	35°	45°	Single Roll Return
18	410	410	410	220
24	410	410	410	190
30	410	410	410	165
36	410	410	396	155
42	390	363	351	140
48	380	353	342	130

Ratings based on minimum L_{10} of 30,000 hours at 500 rpm.

L_{10} (skorygowana) = L_{10} (obliczona) x K2 x K3A x K3B

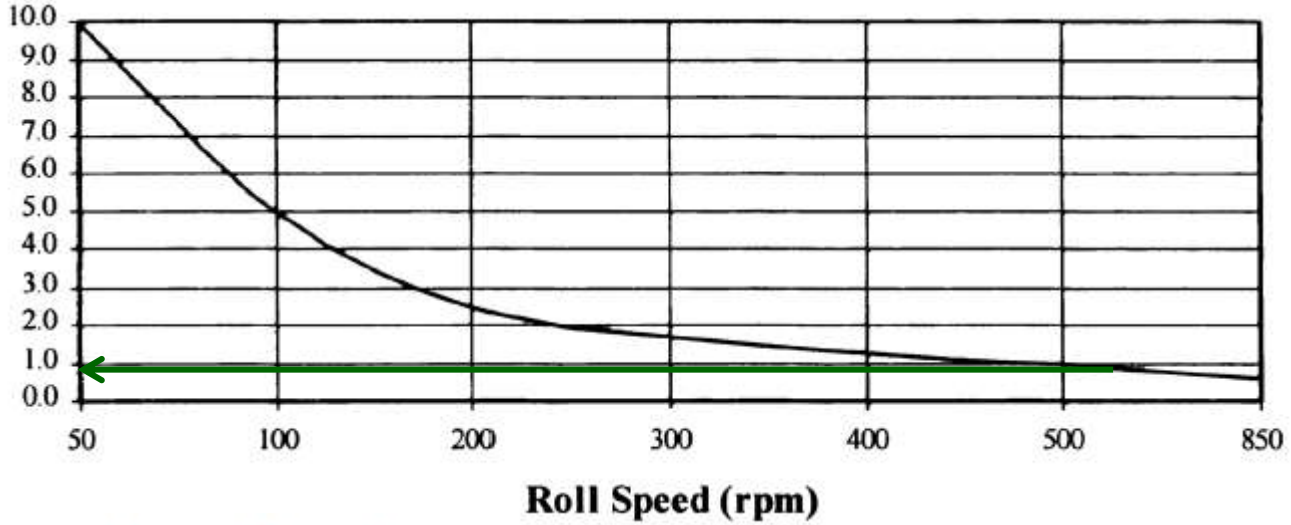


CIL = 297 lbs

= 297 / 363 = 0.82 → K2 = 2.0

Trwałość L10 = (30,000 x 2.0) = 60,000 h

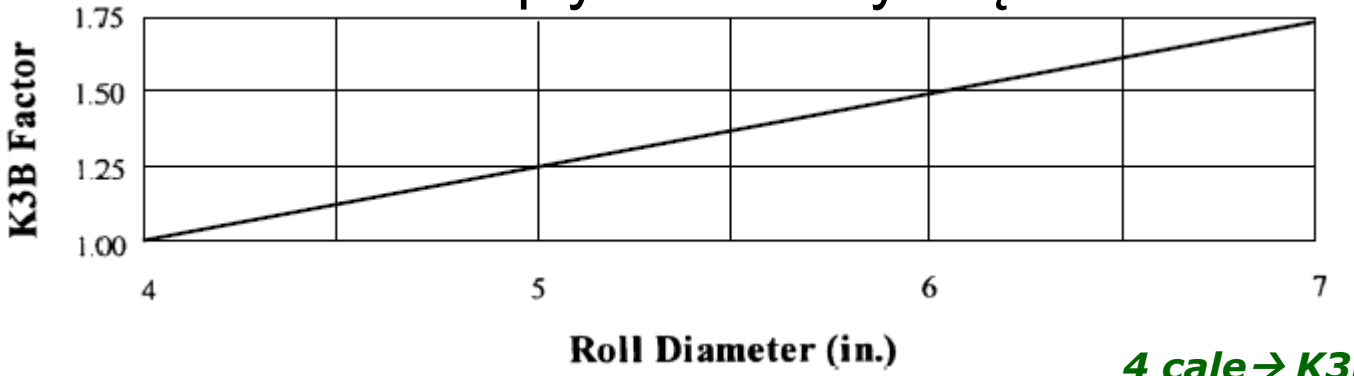
K3A = Wpływ prędkości taśmy



$$rpm = \frac{\text{Belt Speed (fpm)} \times 12}{\text{Roll Diameter (in)} \times \pi}$$

= 600 x 12 / (4 x 3.14) = 573 rpm → K3A = 0.9

K3B = Wpływ średnicy krążnika



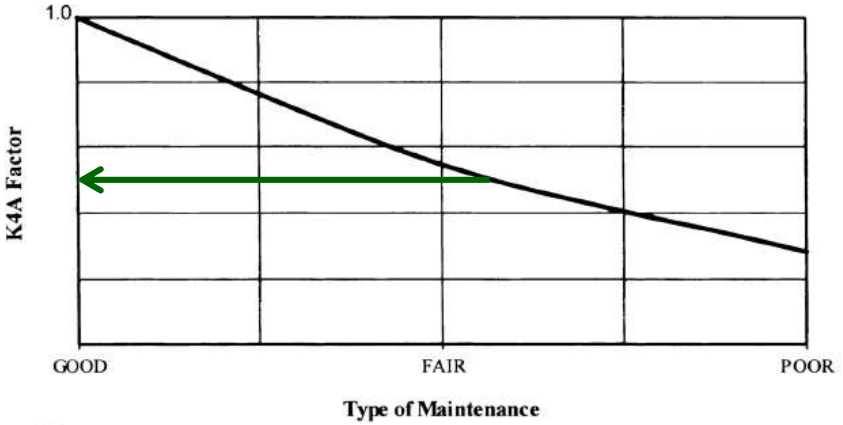
4 cale → K3B = 1.0

Trwałość L10 = (60,000 x 0.9 x 1.0) = 54,000 hours

K4 = Wpływ otoczenia

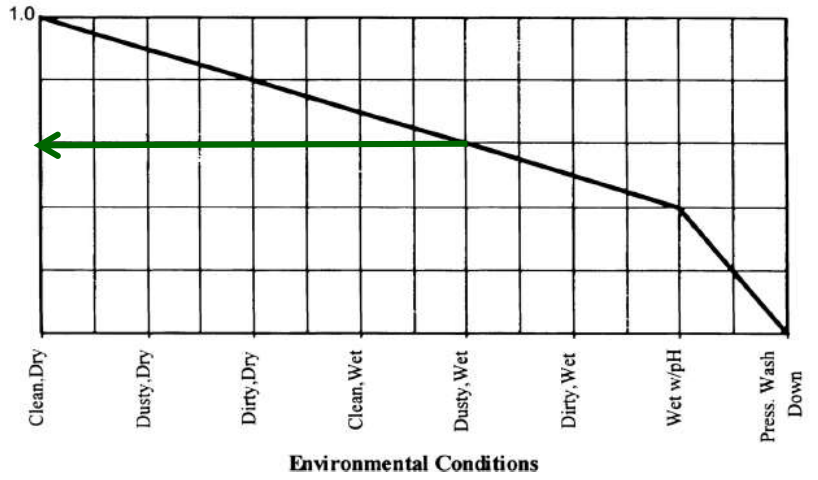
» K4A = Wpływ kultury eksploatacji

Średnia → K4A = 0.5



» K4B = Wpływ warunków eksploatacji

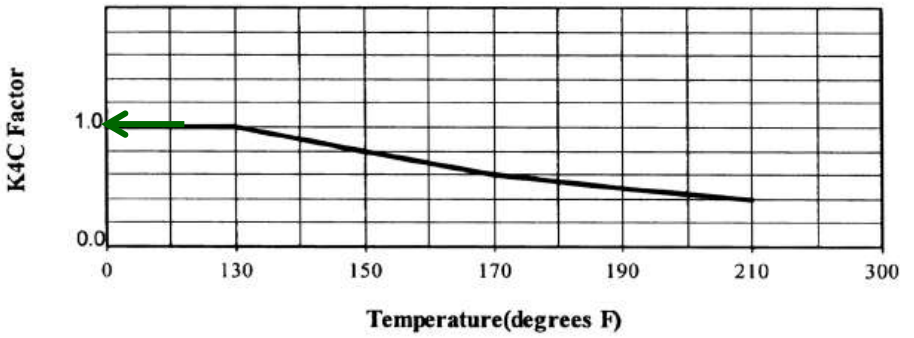
Zapylenie, wilgotność → K4B = 0.6



» K4C = Effect of operating temperature on potential idler life.

9/5*26°C+32 = 79 °F → K4C = 1.0

Trwałość L10 = (54,000 x 0.5 x 0.6 x 1.0) = 16,200 h

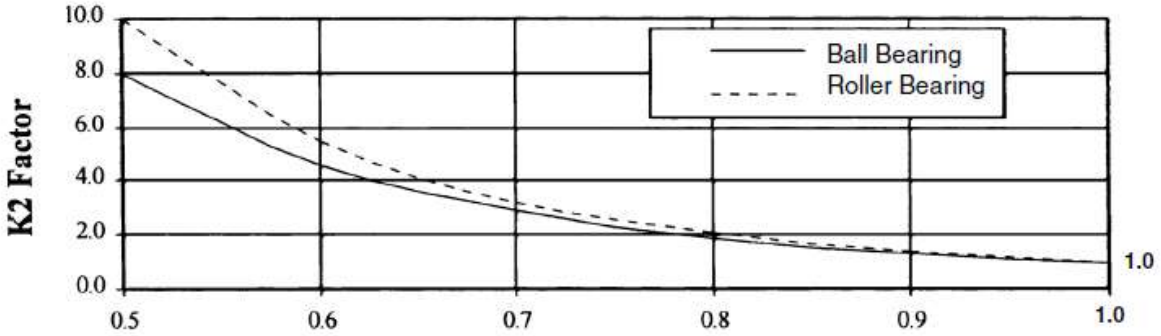


CEMA C

Table 5-8. Load ratings for CEMA C idlers, lbs (rigid frame).

Belt Width (inches)	Trough Angle 20°	35°	45°	Single Roll Return	Two Roll "Vee" Return
18	900	900	900	475	
24	900	900	900	325	500
30	900	900	900	250	500
36	900	837	810	200	500
42	850	791	765	150	500
48	800	744	720	125	500
54	750	698	675	*	500
60	700	650	630	*	500
66				*	500

Ratings based on minimum L_{10} of 30,000 hours at 500 rpm.
*Use CEMA D return idler



$$\frac{\text{CIL (Calculated Idler Load)}}{\text{Idler Load Rating}} = 297 \ / \ 791 = 0.4 \rightarrow K2 = 10.0$$

Trwałość L10 = (30,000 x 10.0 x 0.9 x 0.5 x 0.6) = 81,000 h

Średni ciężar części ruchomych zestawu krążnikowego (lbs)

Table 5-11. Average weight (lbs) of troughing idler rotating parts–steel rolls.

Belt Width (inches)	CEMA Idler Class								
	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	15.0	19.2	14.5	19.1	26.7				
24	18.3	24.2	17.5	23.2	32.6	23.2	32.6		
30	21.8	28.3	20.5	26.8	38.0	26.8	38.0		
36	25.3	33.0	23.5	31.3	43.6	31.3	43.6	64.8	81.8
42	30.8	38.1	26.5	35.2	49.2	35.2	49.2	73.3	91.7
48	32.9	41.6	29.5	39.3	54.8	39.3	54.8	81.9	101.3
54				45.9	62.3	45.9	62.3	93.6	121.8
60				50.1	68.3	50.1	68.3	102.2	132.7
72						57.9	77.8	119.4	154.5
84								132.0	164.0
96								145.3	173.0

Table 5-12. Average weight (lbs) of return idler rotating parts–steel rolls.

Belt Width (inches)	CEMA Idler Class								
	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	13.1	16.3	12.2	16.6	21.6				
24	16.3	20.9	15.2	20.1	27.1	20.9	30.1		
30	19.5	24.5	18.2	24.0	32.3	25.8	35.4		
36	22.7	28.5	21.2	28.0	37.6	30.1	40.5	59.0	70.0
42	26.0	33.0	24.6	32.1	43.3	34.3	47.2	67.4	80.1
48	27.4	36.1	27.6	36.1	48.4	38.7	54.4	75.6	89.9
54						43.4	60.8	83.2	99.9
60						49.2	68.1	92.2	109.4
72						55.1	74.9	109.4	129.0
84								114.0	136.2
96								122.0	149.8

Dobór mocy napędu - opory ruchu

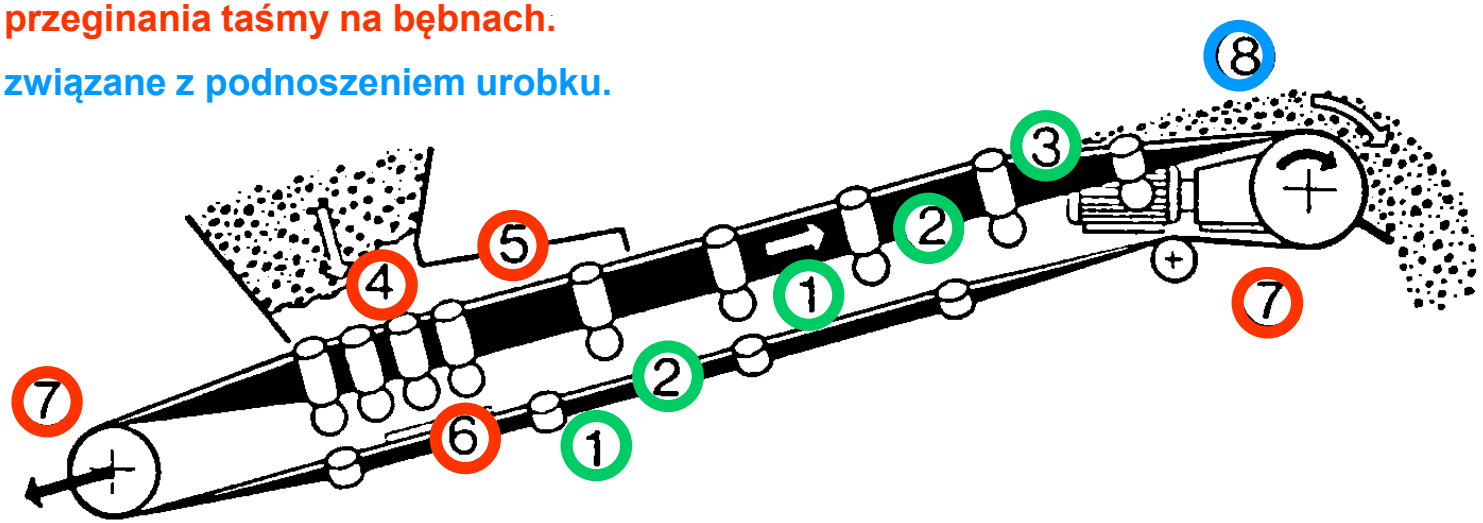
Źródła oporów ruchu przenośnika.

1. Opory ruchu krążników.
2. Opory przeginania taśmy.
3. Opory związane z falowaniem urobku.
4. Opory w miejscu załadunku związane z rozpędzaniem ładunku.
5. Opory w miejscu załadunku związane z tarciem.
6. Opory urządzeń czyszczących.
7. Opory przeginania taśmy na bębnach.
8. Opory związane z podnoszeniem urobku.

W_G - główne

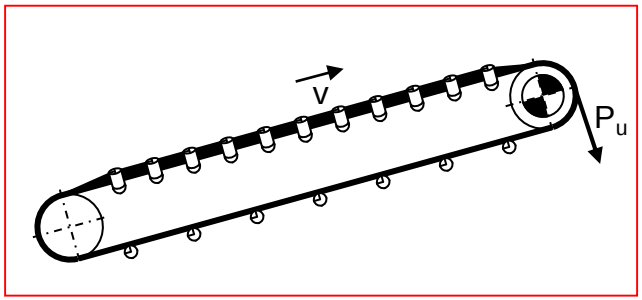
W_S - skupione

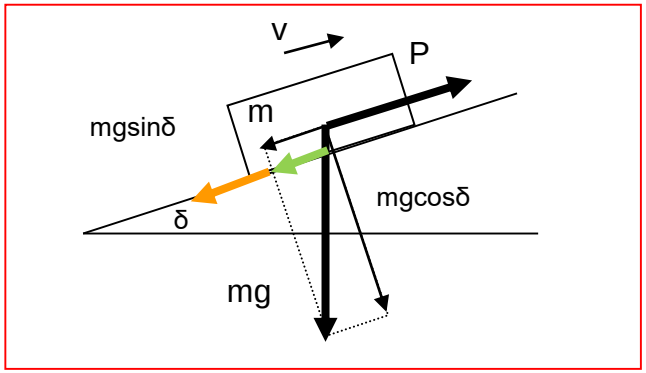
W_H - podnoszenia



Obliczeniowy model fizyczny przenośnika taśmowego

W ruchu ustalonym (v=const) → $P_u = W_C$





$$P = W = \underbrace{\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\delta}_{\text{Siła tarcia}} + \underbrace{m \cdot g \cdot \sin\delta}_{\text{Siła ciężkości}}$$

Opory główne

DIN 22101:1982-02

$\mu \rightarrow f \qquad m \rightarrow \Sigma mi$

$$P_u = W_C = C \cdot f \cdot \sum m_i \cdot g \cdot \cos\delta + \sum m_i \cdot g \cdot \sin\delta$$

Współczynnik oporów głównych f

DIN 22101:1982-02

Horizontal, inclined or slightly declined installations - Motor driven	
Favourable working conditions, easily rotating idlers, material with low internal friction and good tracking, good maintenance	0.017
Normal installation, normal material	0.020
Unfavourable conditions, low temperature, material with high internal friction, subject to overload, poor maintenance	0.023 - 0.027
Installations with steep declines creating regenerative conditions	0.012 - 0.016

With v <> 5 m/s $f = c * f_{5m/s}$

v (m/s)	2	3	4	5	6
Factor c	0.80	0.85	0.90	1.00	1.10

With T < 20°C $f = c * f_{20°C}$

T (°C)	+20°	0°	-10°	-20°	-30°
Factor c	1.00	1.07	1.17	1.28	1.47

Table 4 — Standard values for the hypothetical friction coefficient f for estimating the total primary resistance in the upper and lower strands of conveyors with a filling ratio φ within the range 0,7 to 1,1

Characteristic	**Values for characteristic**		
Internal friction of material to be conveyed	medium	low	high
Belt conveyor alignment	medium	good	bad
Belt tension	medium	high	low
Operating conditions (dusty, sticky)	medium	good	bad
Idler diameter	108 to 159	> 159	< 108
Spacing of upper strand idlers in m	1,0 to 1,5	< 1,0	> 1,5
Spacing of lower strand idlers in m	2,5 to 3,5	< 2,5	> 3,5
Belt speed in m/s	4 to 6	< 4	> 6
Troughing angle in °	25 to 35	< 25	> 35
Ambient temperature in °C	15 to 25	> 25	< 15
Friction coefficient f	**Standard value ≈ 0,020**	**causes reduction of friction coefficient f to 0,010**	**causes increase of friction coefficient f to 0,040**

For central European regions and normal working conditions the value of f = 0.020 - 0.021 would be used.

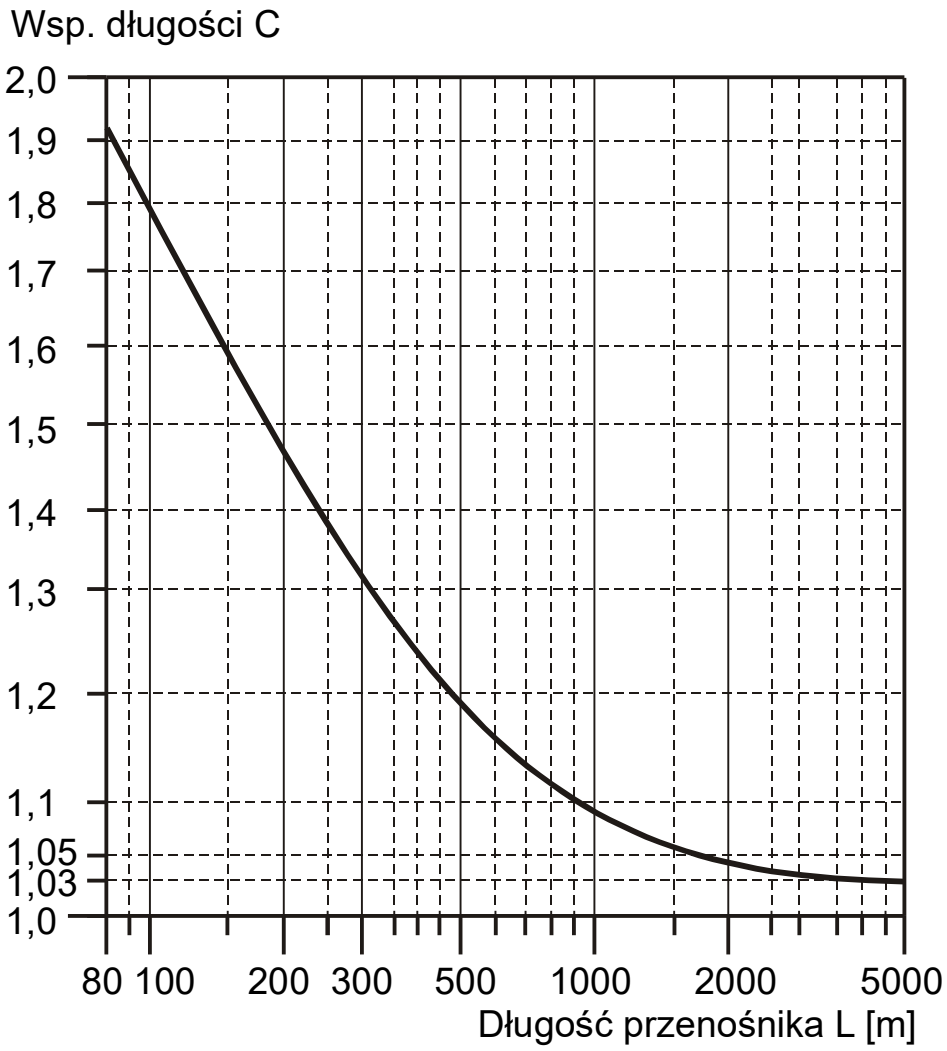
In extreme temperatures such as those in tropical regions a value for f = 0.017 would apply.

In extremely low temperatures a value for f up to 0.035 would be used.

Współczynnik oporów skupionych C

DIN 22101:1982-02

Do obliczenia oporów skupionych potrzebna jest wartość współczynnika **C**. Opory skupione są wywoływane przede wszystkim siłami bezwładności i siłami tarcia występującymi w rejonie punktu załadowczego. Wartości współczynnika **C** w zależności od długości przenośnika **L** (wg DIN 22101) zestawiono w tablicy. Za pomocą tego współczynnika można dość dokładnie obliczać przenośniki o długości powyżej 80 [m].



Dobór mocy napędu

Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA

» Wymagana moc napędu, *hp*, do utrzymania załadowanej taśmy w ruchu ustalonym z prędkością*V*, in fpm:

$$hp = \frac{T_e \times V}{33,000}$$

» T_e jest sumą oporów:

1. Opory podnoszenia.
2. Opory dodatkowe elementów przenośnika, napędów, urządzeń czyszczących
3. Opory ruchu taśmy
4. Opory załadunku

Siła napędowa, T_e

$$T_e = LK_t(K_x + K_yW_b + 0.015W_b) + W_m(LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

gdzie:

L = długość przenośnika, [ft]

K_t = współczynnik korekcyjny temperatury otoczenia

K_x = współczynnik oporów obracania krążników i przemieszczania taśmy po krążnikach, [lbs/ft]

K_y = współczynnik oporów przeginania taśmy i falowania urobku, dla cięgna dolnego przyjmuje się 0.015

W_b = ciężar taśmy, [lbs/ft]

W_m = ciężar nosiwa, [lbs/ft]

$$W_m = \frac{Q \times 2,000}{60 \times V} = \frac{33.33 \times Q}{V}$$

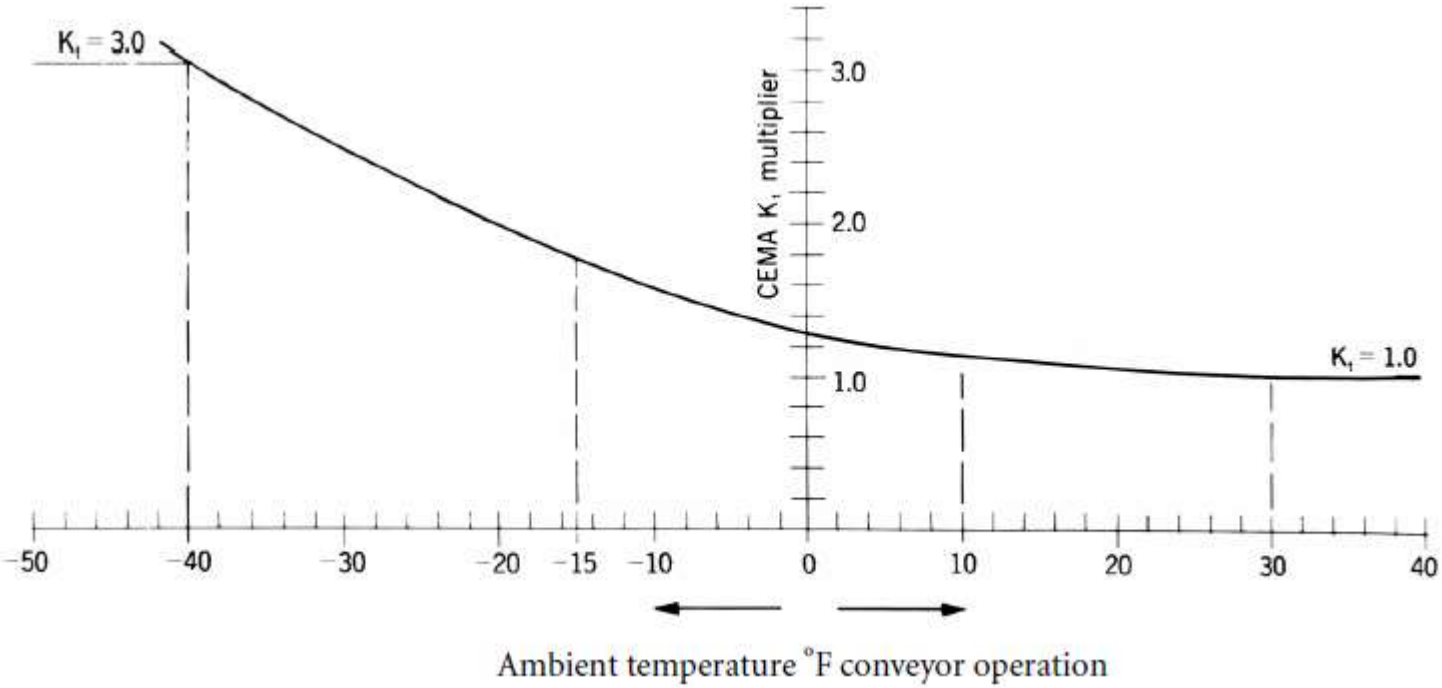
H = wysokość podnoszenia nosiwa, [ft]

T_p = opory przeginania taśmy na bębnach, [lbs]

T_{am} opory przyśpieszania nosiwa w punkcie załadowczym, [lbs]

T_{ac} = sumaryczne opory urządzeń czyszczących, [lbs]

K_t — współczynnik korekcyjny temperatury otoczenia



79 °F → K_t = 1.0

K_x — współczynnik oporów obracania krążników i przemieszczania taśmy po krążnikach, lbs/ft

» Współczynnik K_x wyznacza się z zależności:

$$K_x = 0.00068(W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}, \text{ lbs tension per foot of belt length}$$

A_i = 1.5 for 6" diameter idler rolls, CEMA C6, D6
A_i = 1.8 for 5" diameter idler rolls, CEMA B5, C5, D5
A_i = 2.3 for 4" diameter idler rolls, CEMA B4, C4
A_i = 2.4 for 7" diameter idler rolls, CEMA E7
A_i = 2.8 for 6" diameter idler rolls, CEMA E6

For regenerative declined conveyors, $A_i = 0$.

W_b = 11 lbs/ft
W_m = (1000 x 2000) / (60 x 600) = 55 lbs/ft
S_i = 4.5 ft
CEMA B4

Kx =** 0,00068(11+55)+2.3/4.5 = 0.0449 + 0.51 **= 0.555 lbs/ft

K_y — współczynnik oporów przeginania taśmy i falowania urobku

Table 6-2 określa K_y *z uwzględnieniem: ciężaru taśmy*, W_b *; ciężaru nosiwa,* W_m *; rozstawu zestawów,* S_i *; nachylenia*.

Table 6-2. Factor K_y values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Idler spacing: The above values of K_y are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft	(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5
50 to 99	4.0	150 and above	3.0

$W_b + W_m$ = 66 lbs/ft
S_i = 4.5 ft
Długość: 3300 feet
Wysokość: 115 feet
Nachylenie: 2˚

→ K_y = 0.020

Table 6-2. Factor K_y values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	250	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
	300	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.018
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
	250	0.035	0.035	0.030	0.025	0.021	0.016	0.015
	300	0.035	0.035	0.029	0.024	0.019	0.018	0.018
600	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
	250	0.035	0.031	0.024	0.020	0.017	0.016	0.016
	300	0.035	0.031	0.023	0.018	0.018	0.018	0.018
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.035	0.026	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Idler spacing: The above values of K_y are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft	(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5

Table 6-2. Factor K_y values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.030	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.030	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.030	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.020	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Idler spacing: The above values of K_y are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft	(W_b+W_m), lbs per ft	S_i, ft
Less than 50	4.5	100 to 149	3.5
50 to 99	4.0	150 and above	3.0

Korekcja współczynnika K_y

$W_b + W_m = 66$ lbs/ft
$S_i = 4.5$ ft

Table 6-3. Corrected factor K_y values when other than tabular carrying idler spacings are used.

$W_b + W_m$ (lbs/ft)	S_i (ft)	Reference Values of K_y for Interpolation									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
Less than 50	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.0160	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.0160	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	4.5	**0.016**	**0.018**	**0.020**	**0.022**	**0.024**	**0.026**	**0.028**	**0.030**	**0.032**	**0.034**
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.0031	0.0329	0.0348
50 to 99	3.0	0.0160	0.0162	0.0173	0.0186	0.0205	0.0221	0.0239	0.026	0.0274	0.029
	3.5	0.0160	0.0165	0.0185	0.0205	0.0222	0.024	0.0262	0.0281	0.030	0.0321
	4.0	**0.016**	**0.018**	**0.020**	**0.022**	**0.024**	**0.026**	**0.028**	**0.030**	**0.032**	**0.034**
	4.5	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.0335	0.035
	5.0	0.0184	0.021	0.023	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.035	0.035
100 to 149	3.0	0.0160	0.0164	0.0186	0.0205	0.0228	0.0246	0.0267	0.0285	0.0307	0.0329
	3.5	**0.016**	**0.018**	**0.020**	**0.022**	**0.024**	**0.026**	**0.028**	**0.030**	**0.032**	**0.034**
	4.0	0.0175	0.0197	0.0213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
150 to 199	**3.0**	**0.016**	**0.018**	**0.020**	**0.022**	**0.024**	**0.026**	**0.028**	**0.030**	**0.032**	**0.034**
	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0271	0.0289	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0328	0.0348	0.035	0.035	0.035
200 to 249	**3.0**	**0.016**	**0.018**	**0.020**	**0.022**	**0.024**	**0.026**	**0.028**	**0.030**	**0.032**	**0.034**
	3.5	0.0177	0.0199	0.0216	0.0235	0.0256	0.0278	0.0295	0.031	0.0327	0.0349
	4.0	0.0192	0.0216	0.0236	0.0256	0.0274	0.0291	0.0305	0.0322	0.0339	0.035
	4.5	0.021	0.0234	0.0253	0.0276	0.0298	0.0317	0.0331	0.0347	0.035	0.035
	5.0	0.0227	0.0252	0.0274	0.0298	0.0319	0.0338	0.035	0.035	0.035	0.035

→ $K_y = 0.0214$

Zmiana współczynnika *Ky* w funkcji siły w taśmie

Table 6-4. *A* and *B* values for equation $K_y = (W_m + W_b) \times A \times 10^{-4} + B \times 10^{-2}$

Average Belt Tension, lbs	Idler Spacing, ft									
	3.0		3.5		4.0		4.5		5.0	
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
1,000	2.150	1.565	2.1955	1.925	2.200	2.250	2.2062	2.584	2.1750	2.910
2,000	1.8471	1.345	1.6647	1.744	1.6156	1.982	1.5643	2.197	1.5429	2.331
3,000	1.6286	1.237	1.4667	1.593	1.4325	1.799	1.4194	1.991	1.4719	2.091
4,000	1.4625	1.164	1.3520	1.465	1.3295	1.659	1.3250	1.825	1.3850	1.938
5,000	1.2828	1.122	1.1926	1.381	1.1808	1.559	1.1812	1.714	1.2283	1.839
6,000	1.1379	1.076	1.0741	1.318	1.0625	1.472	1.0661	1.627	1.0962	1.761
7,000	1.0069	1.039	0.9448	1.256	0.9554	1.404	0.9786	1.549	1.0393	1.657
8,000	0.9172	0.998	0.8552	1.194	0.8643	1.337	0.8875	1.472	0.9589	1.583
9,000	0.8207	0.958	0.8000	1.120	0.7893	1.272	0.8339	1.388	0.8911	1.507
10,000	0.7241	0.918	0.7362	1.066	0.7196	1.216	0.7821	1.314	0.8268	1.430
11,000	0.6483	0.885	0.6638	1.024	0.6643	1.167	0.7375	1.238	0.7768	1.340
12,000	0.5828	0.842	0.5828	0.992	0.6232	1.100	0.6750	1.180	0.7411	1.242
13,000	0.5207	0.798	0.5241	0.938	0.5732	1.040	0.6179	1.116	0.6821	1.169
14,000	0.4690	0.763	0.4810	0.897	0.5214	0.996	0.5571	1.069	0.6089	1.123
15,000	0.4172	0.718	0.4431	0.841	0.4732	0.935	0.5179	1.006	0.5607	1.063
16,000	0.3724	0.663	0.3966	0.780	0.4232	0.875	0.4589	0.958	0.5054	1.009

A minimum K_y value of .016 should be used when tensions exceed 16,000 lbs. Refer to page 92 for further explanations.

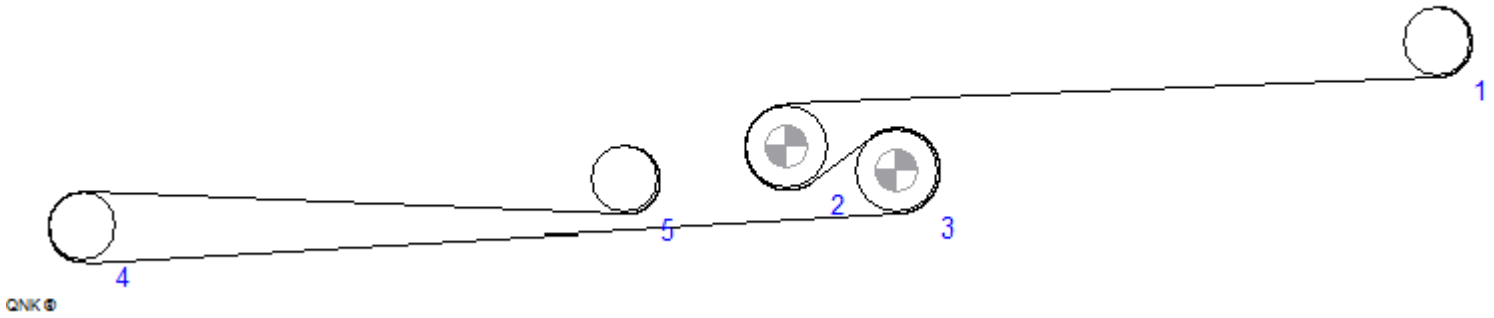
$W_b + W_m = 66$ lbs/ft
$S_i = 4.5$ ft

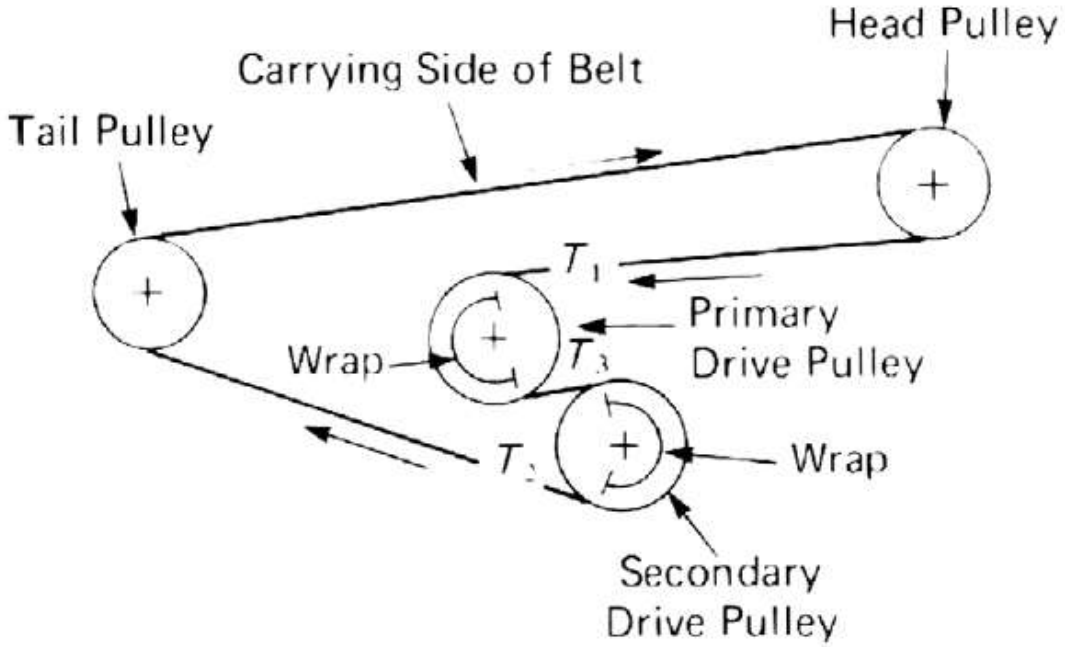
→ $K_y = 0.04036$ max

→ $K_y = 0.01261$ min

Bębny

1-2


1
2
3
4
5
QNK


Head Pulley
Carrying Side of Belt
Tail Pulley
T_1
Primary
Drive Pulley
Wrap
T_3
T_2
Wrap
Secondary
Drive Pulley

T_p opór przeginania taśmy na bębnach

Table 6-5. Belt tension to rotate pulleys.

Location of Pulleys	Degrees Wrap of Belt	Pounds of Tension at Belt Line
Tight side	150° to 240°	200 lbs/pulley
Slack side	150° to 240°	150 lbs/pulley
All other pulleys	less than 150°	100 lbs/pulley
Note: Double the above values for pulley shafts that are not operating in antifriction bearings.		

2 x 200 = 400 lbs

3 x 150 = 450 lbs

T_p= 950 lbs

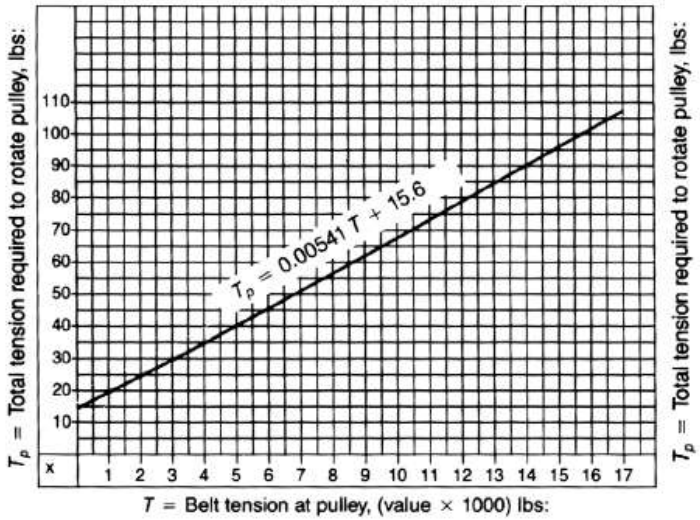


Table C-1. T_p determination — graphical method for fabric carcass belts.

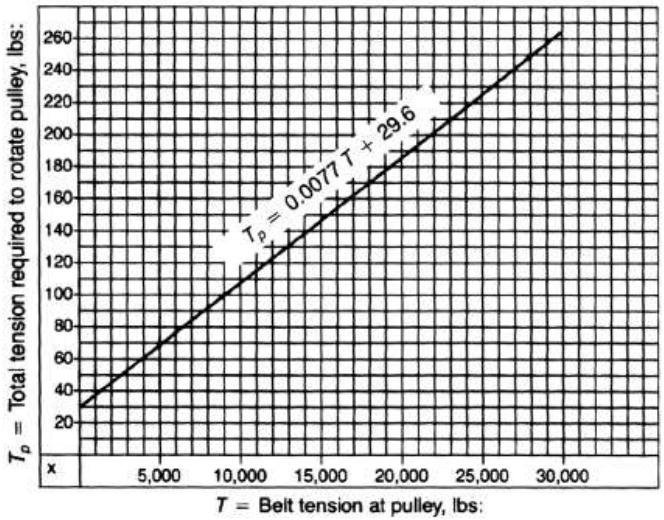
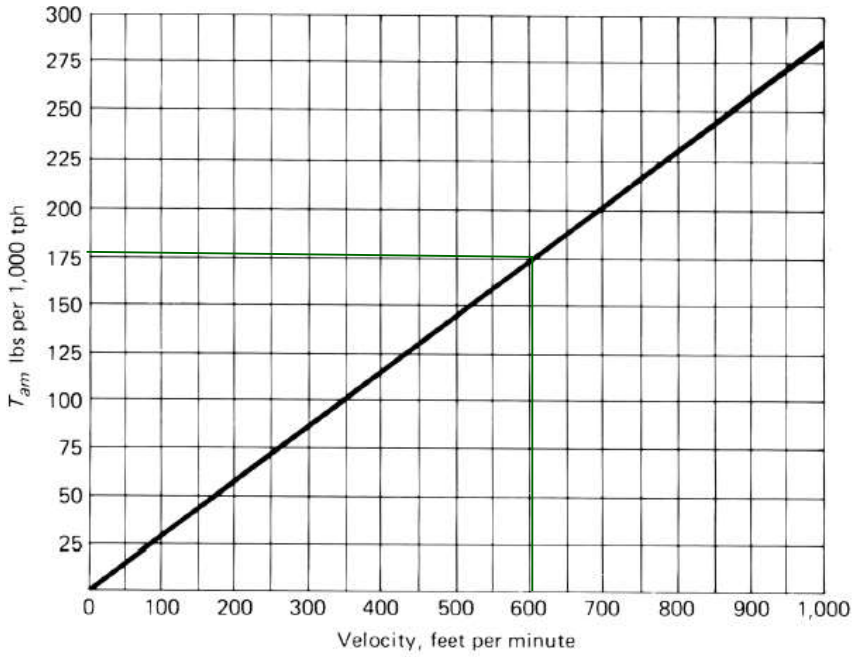


Table C-2. T_p determination — graphical method for steel cable belts.

T_{am} — opory przyspieszania nosiwa w punkcie załadowczym

$$T_{am} = \frac{Q \times 2000}{3600 \times 32.2} \times \frac{V - V_0}{60}$$



To use this chart:

Enter chart at belt velocity and read T_{am} per 1,000 tph.

Again enter chart at material velocity in direction of belt travel and read T_{am} per 1,000 tph. This may be positive, zero, or negative.

Subtract the second T_{am} reading from the first T_{am} reading and convert the difference from 1,000 tph to the value for the actual tonnage. This will be the T_{am} desired, lbs.

gdzie:

Q = wydajność, tph
g = 32.2 ft/sec²
V = prędkość, fpm
V_0 = składowa pozioma prędkości podawanego nosiwa, fpm

$T_{am} = 2.8755 \times 10^{-4} \times Q \times (V - V_0)$
$= 2.8755 \times 10^{-4} \times 1000 \times (600 - 0) = 172.53$ lbs

T_{ac} — opory dodatkowe urządzeń czyszczących, zgarniaczy, wózków zrzutowych, ograniczeń bocznych

- » T_{tr} — wózki zrzutowe
- » T_{pl} — zgarniacze

Table 6-6. Discharge plow allowance.

Type of Plow	Additional Belt Pull per Plow, at Belt Line (lbs/in belt width)
Full V or single slant plow, removing all material from belt	5.0
Partial V or single slant plow, removing half material from belt	3.0

T_{tr}= 0 lbs

T_{pl}= 0 lbs

- » T_{bc} — urządzenia czyszczące
- » T_{sb} — ograniczenia boczne

$$T_{sb} = L_b\,(C_s h_s^2 + 6)$$

L_b = długość ograniczeń bocznych, =10 ft

h_s = wysokość ograniczeń, in =10 in

T_{bc}= 0 lbs

T_{sb}= 113.8 lbs

Table 6-7. Skirtboard friction factor, C_s.

Material	Factor C_s	Material	Factor C_s	Material	Factor C_s
Alumina, pulv. dry	0.1210	Coke, ground fine	0.0452	Limestone, pulv., dry	0.1280
Ashes, coal, dry	0.0571	Coke, lumps and fines	0.0186	Magnesium chloride, dry	0.0276
Bauxite, ground	0.1881	Copra, lumpy	0.0203	Oats	0.0219
Beans, navy, dry	0.0798	Cullet	0.0836	Phosphate rock, dry, broken	0.1086
Borax	0.0734	Flour, wheat	0.0265	Salt, common, dry, fine	0.0814
Bran, granular	0.0238	Grains, wheat, corn or rye	0.0433	Sand, dry, bank	0.1378
Cement, Portland, dry	0.2120	Gravel, bank run	0.1145	Sawdust, dry	0.0086
Cement clinker	0.1228	Gypsum, ½" screenings	0.0900	Soda ash, heavy	0.0705
Clay, ceramic, dry fines	0.0924	Iron ore, 200 lbs/cu ft	0.2760	Starch, small lumps	0.0623
Coal, anthracite, sized	0.0538	Lime, burned, ⅛"	0.1166	Sugar, granulated dry	0.0349
Coal, bituminous, mined	0.0754	Lime, hydrated	0.0490	Wood chips, hogged fuel	0.0095

Obliczenia oporów ruchu i mocy napędów

	T_e opór całkowity:			lbs
	T_x , *opory krążników*		$= L \times K_x \times K_t$	*= 3300 x 0.555 x 1.0 = 1831.5*
+	*Tyc , opór przeginania taśmy, góra*		$= L \times K_y \times W_b \times K_t$	*= 3300 x 0.0214 x 11 x 1.0 = 776.8*
+	T_{yr} , *opór przeginania taśmy, dół*		$= L \times 0.015 \times W_b \times K_t$	*= 3300 x 0.015 x 11 x 1.0 = 544.5*
		Suma(A)	$\boldsymbol{LK_t(K_x + K_yW_b + 0.015W_b)}$	***3152.8 lbs***
+	T_{ym} , *opór falowania nosiwa*		$= L \times K_y \times W_m$	*= 3300 x 0.0214 x 55.0 = 3884.1*
+	T_m , *opór podnoszenia*		$= H \times W_m$	*= 115 x 55 = 6325*
		Suma(B)	$\boldsymbol{W_m(LK_y \pm H)}$	***10209.1 lbs***
	T_p , *bębny*			*950*
	T_{am} , *przyspieszenie nosiwa*			*172.5*
	T_{ac} , *urządzenia dodatkowe*		$(T_{tr} + T_{pl} + T_{bc} + T_{sb})$	*113.8*
		Suma(C)		***1236,3 lbs***
	Te = Σ Subtotals (A), (B), and (C)			***14598,2 lbs***
	CEMA Horsepower Formula		$hp = T_e \times V / 30{,}000$	***265,4 hp***

Dla sprawności= .94, wymagana moc napędu = 265.4/.94 = 282.3 hp.

DIN 22101:1982-02

Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA

$\mu \rightarrow K_x K_y \qquad m \rightarrow W_b W_m$

$$T_e = LK_t(K_x + K_y W_b + 0.015W_b) + W_m(LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

$\mu \rightarrow f \qquad m \rightarrow \Sigma mi$

$$P_u = W_C = C \cdot f \cdot \sum m_i \cdot g \cdot \cos\delta + \sum m_i \cdot g \cdot \sin\delta$$

Podsumowanie

DIN 22101:1982-02

- prawidłowe określenie współczynnika f wymaga wiedzy i doświadczenia,
- opory skupione są uwzględniane poprzez współczynnik C zależny od długości,
- można spodziewać się trudności w przypadku nowych konstrukcji podzespołów i nietypowych instalacji przenośników,
- norma DIN 22101 posiada wiele rozszerzeń wprowadzonych przez producentów podzespołów

Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA

- metoda obliczeniowa jest ściśle powiązana ze standardem stosowanych podzespołów – krążników i taśm,
- integralną częścią procedury obliczeniowej są obliczenia trwałości krążników,
- zależność współczynników oporów ruchu od rozstawu krążników i siły w taśmie,
- oddzielnie wyznaczane opory przeginania taśmy na bębnach

Dobór taśmy i weryfikacja mocy napędu - program QNK

Q [t/h] – teoretyczna wydajność

W [N] – opory ruchu (DIN 22101, Metoda Oporów Jednostkowych TT)

N [kW] – wymagana moc napędu

S [N] – siły w taśmie

R [N] – siły reakcji na bębny i krążniki

L [h] – trwałość łożysk krążników

Rv, Rh [m] – łuki horyzontalne i wertykalne trasy

K [kN/m] – niezbędna wytrzymałość taśmy