

QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG BĂNG TẢI ỐNG

Nguyễn Thanh Nam
ĐHQG-HCM

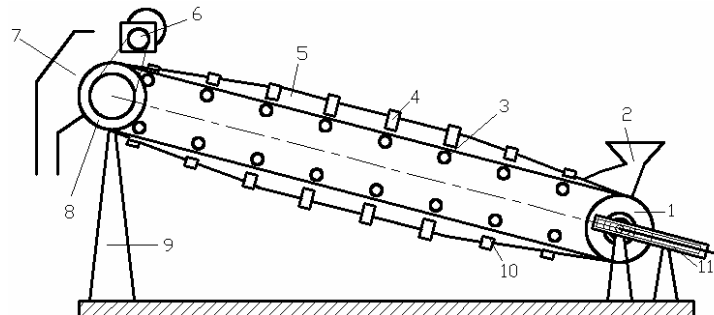
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Băng tải được sử dụng để vận chuyển các vật liệu rời từ rất lâu nhờ những ưu điểm là có cấu tạo đơn giản, bền, có khả năng vận chuyển vật liệu theo phương nằm ngang, nghiêng với khoảng cách lớn, làm việc êm, năng suất cao và tiêu hao năng lượng không lớn lắm. Tuy nhiên trong quá trình sử dụng băng tải máng trong công nghiệp (vận chuyển xi măng, khai thác than, đá, trong các nhà máy nhiệt điện, bến cảng...) người ta thường gặp phải những vấn đề: 1) Có hao hụt vật liệu vận chuyển do rơi vãi trên đường vận chuyển làm dơ bẩn và gây ô nhiễm môi trường; 2) Khi vận chuyển ở những khoảng cách dài và không thẳng đòi hỏi phải có thêm những trạm trung chuyển tốn kém; 3) Không cho phép vận chuyển ở những nơi có sự chênh lệch lớn về độ cao; 4) Vật liệu vận chuyển tiếp xúc và chịu ảnh hưởng trực tiếp của môi trường và thời tiết (ẩm ướt, bụi...). Những hạn chế trên có thể giải quyết bằng các băng tải ống [1], [2], [4] nhờ việc vận chuyển vật liệu bằng cách cuốn chồng các cạnh băng thành hình ống tròn với việc sử dụng các con lăn bố trí theo hình lục giác. Băng tải sẽ bao lấy vật liệu vận chuyển nên bảo vệ được vật liệu khỏi tác động của môi trường, đồng thời cũng bảo vệ môi trường khỏi ảnh hưởng của vật liệu. Băng tải ống cũng loại trừ nhu cầu sử dụng các trạm trung chuyển để thay đổi hướng vận chuyển do băng tải ống có khả năng uốn cong với bán kính nhỏ hơn nhiều so với băng tải máng nhờ được ép chặt tất

cả các phía bằng các bộ con lăn dẫn hướng ($R_{\min} = \frac{DE}{2s_z}$), băng tải ống cũng cho phép vận

chuyển ở những nơi có sự chênh lệch lớn về độ cao ($\beta \geq 30^\circ$), do đó băng tải ống là lựa chọn tối ưu nhất để vận chuyển các vật liệu rời như tro bụi dễ bay, đá vôi, than đá, than non, sản phẩm từ dầu mỏ, xi măng, phân bón...

Nguyên lý làm việc của băng tải ống (Hình 1.1): Băng tải ống bao gồm tấm băng được đặt trên tang dẫn động, tấm băng này vừa là bộ phận kéo vừa là bộ phận tải liệu. Tấm băng chuyển động được nhờ lực ma sát xuất hiện khi tang dẫn quay. Động cơ điện cùng với hộp giảm tốc và các nối trục là các cơ cấu truyền động cho băng tải ống. Để nạp liệu vào băng tải ta dùng phễu nạp liệu, từ băng tải vật liệu được tháo ra qua phễu tháo liệu. Muốn làm sạch băng tải có thể sử dụng bộ phận nạo. Tấm băng được căng nhờ bộ phận căng lắp ở tang cuối hệ thống hay ở nhánh không tải. Tất cả các cụm chi tiết trên được lắp trên một khung đỡ. Băng được đỡ và định hình dạng ống nhờ các bộ con lăn dẫn hướng. Khi hệ thống làm việc, băng tải dịch chuyển trên các giá đỡ trực tiếp mang theo vật liệu từ phễu nạp đến phễu tháo liệu.



Hình 1.1: Sơ đồ hệ thống băng tải ống

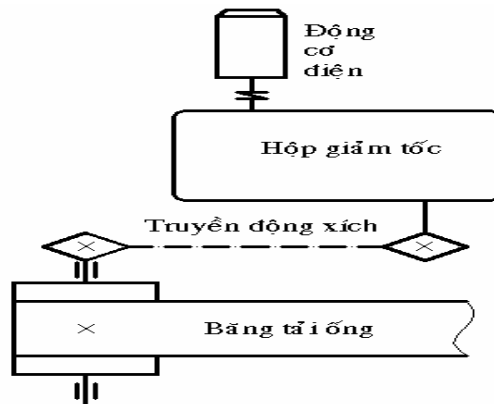
- 1- Tang dẫn; 2- Phễu cấp liệu; 3- Con lăn đỡ băng tải;
4- Con lăn định hình ống cho băng tải; 5- băng tải;
6- Hệ thống truyền động; 7- Phễu tháo liệu; 8- Tang bị dẫn;

9- Chân giá; 10- Con lăn cuốn ống; 11- Cụm điều chỉnh sức căng băng.

Phương pháp tính toán thiết kế băng tải ống: Do băng tải ống tương đối mới, chưa có các chuẩn mực được công nhận nên việc tính toán thiết kế nên vẫn phải sử dụng nhiều giá trị thực nghiệm tồn kém làm hạn chế khả năng tính toán thiết kế các hệ thống băng tải ống trong thực tế. Thông qua công trình này tác giả đề xuất một quy trình tính toán thiết kế băng tải ống dựa trên các công thức tính toán đối với băng tải máng đã được hiệp hội các nhà sản xuất thiết bị băng tải (CEMA) công nhận, có xét đến những đặc điểm khác nhau về phương diện chịu tải (sự khác biệt chủ yếu giữa hai loại băng tải này là một bên thì băng tải được đỡ và định dạng máng nhờ các bộ con lăn dẫn hướng còn bên kia thì được đỡ và định dạng ống) và các công thức xác định các thông số giới hạn của băng tải ống[3], xây dựng phần mềm tính toán thiết kế và kiểm chứng kết quả thiết kế thông qua mô hình hệ thống băng tải ống vận chuyển xi măng.

2. QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BĂNG TẢI ỐNG

Sơ đồ tính toán một hệ thống băng tải ống được cho trên hình 2.1.



Hình 2.1: Sơ đồ động của hệ thống truyền động băng tải ống

Để có thể tính toán thiết kế hệ thống băng tải ống, ta chia bài toán thành các bước thực hiện:

Bước 1: Khảo sát thực địa

Tiến hành khảo sát để xác định các yêu cầu đối với vật liệu vận chuyển như năng suất vận chuyển, vận tốc băng tải, tổng chiều dài vận chuyển, chiều cao nâng, khoảng cách theo phương ngang, kích thước các đoạn cong...

Bước 2: Xác định thông số ban đầu và các giá trị tương ứng của chúng

STT	Các thông số ban đầu của băng tải ống	Ký hiệu
01	Năng suất (tấn/h)	G
03	Chiều dài băng tải (m)	L_B
04	Số lớp sợi trong băng tải	J
05	Khối lượng riêng vật liệu làm băng tải	r_1
06	Khối lượng riêng vật liệu vận chuyển	r_0
07	Tỉ lệ điền đầy ống (%)	γ
08	Vận tốc băng tải (m)	V_0
09	Kích thước hạt (mm)	δ
10	Góc lệch trong mặt phẳng ngang của đoạn i (độ)	α_i
11	Góc nâng theo phương thẳng đứng của đoạn i (độ)	β_i
12	Bán kính cong của đoạn i (m)	R_i
13	Hệ số ma sát của vật liệu	C_2

14	Hệ số ma sát của các con lăn	C_1
15	Góc nghiêng của tấm gạt với chiều chuyển động của băng	q

Bước 3: Xác định các thông số đầu ra của hệ thống băng tải ống

STT	Các thông số đầu ra của băng tải ống	Ký hiệu
01	Năng suất (tấn/h)	G
02	Chiều rộng của băng tải (m)	B
03	Chiều dày của băng tải (m)	s
05	Đường kính tang dẫn và bị dẫn (m)	$D_{t1}; D_{t2}$
06	Chiều dài tang dẫn và bị dẫn (m)	L_t
07	Trọng lượng 1m băng (N)	W_b
08	Trọng lượng vật liệu phân bố trên 1m băng (N)	W_m
09	Trở lực nhánh có tải (N)	Q_1
10	Trở lực nhánh không tải (N)	Q_2
11	Tải trọng phụ do cuộn ống (N)	F_p
12	Tải trọng phụ do uốn cong ống (N)	F_{ci}
13	Diện tích thiết diện ống (m^2)	S_0
14	Diện tích thiết diện dòng vật liệu trên băng tải (m^2)	S
15	Lưu lượng dòng vật liệu vận chuyển (m^3/s)	Q
16	Chiều dài vận chuyển (m)	L
17	Số đoạn cong	N
18	Chiều dài đoạn i theo đường tâm (m)	L_i
19	Bán kính cong của đoạn I (m)	R_i
20	Công suất khắc phục trở lực nhánh có tải (KW)	N_1
21	Công suất khắc phục trở lực nhánh không tải (KW)	N_2
22	Công suất cần thiết vận chuyển theo phương ngang (KW)	N_3
23	Công suất tiêu hao làm sạch băng (KW)	N_4
24	Công suất cần thiết nâng vật liệu lên độ cao H (KW)	N_5
25	Công suất tiêu hao để cuộn băng thành ống (KW)	N_6
26	Công suất tiêu hao để uốn ống tại các đoạn cong (KW)	N_7
27	Công suất dẫn động băng tải (KW)	P
28	Kích thước phễu cấp liệu (m)	$L \times W \times H$
29	Kích thước phễu tháo liệu (m)	$L \times W \times H$
30	Đường kính ống (mm)	D
31	Đường kính các con lăn (mm)	d
32	Khoảng cách giữa các bộ con lăn (m)	S_i
33	Chiều dài đoạn chuyển tiếp (m)	L_{ct}
34	Chiều dài tối thiểu của băng tải (m)	L_{min}
35	Khoảng cách giữa các bộ con lăn trong đoạn cong (m)	S_{ci}
36	Bán kính cong tối thiểu (m)	R_{min}

Bước 4: Trình tự tính toán giá trị các thông số đầu ra của hệ thống băng tải ống:

$$Q = \frac{G}{3.6 r_0}$$

1) Tính lưu lượng: (2.1)

$$S = \frac{Q}{V_0}$$

2) Tính diện tích thiết diện dòng vật liệu S: (2.2)

Và
$$S_0 = \frac{S}{g} \quad (2.3)$$

3) Xác định đường kính ống:
$$D = \sqrt{\frac{4S_0}{p}} \quad (2.4)$$

Chọn chiều rộng bằng B ($B > 2pD$)

4) Tính bán kính cong nhỏ nhất theo công thức [3]:
$$R_{\min} = \frac{DE}{2s_z} \quad (2.5)$$

 Trong đó E là mô đun đàn hồi.

5) Tính độ dài đoạn chuyển tiếp [3]:

$$L_{ct} = \sqrt[3]{\frac{243}{113} \left(pD + 2 \frac{p}{18} D \right)^3 s E \frac{1}{k}} \quad (2.6)$$

6) Xác định trọng lực của bộ con lăn dẫn hướng:

$$W_i = G_i \cdot g \quad (2.7)$$

Trong đó G_i là khối lượng của bộ con lăn dẫn hướng

7) Xác định trọng lượng của 1m băng W_b :

$$W_b = B \cdot s \cdot r_1 \cdot g \quad (2.8)$$

8) Trọng lượng vật liệu phân bố trên 1m băng W_m (N/m):

$$W_m = 3,6 \cdot \frac{G}{V_0} \quad (2.9)$$

9) Lực cản nhánh có tải q_1 trên 1m chiều dài băng:

$$q_1 = C_1 \cdot \left(W_b + W_m + 1500 \frac{W_i}{S_i} \right) \quad (2.10)$$

10) Lực cản nhánh không tải trên 1m băng q_2 :

$$q_2 = C_1 \cdot \left(W_b + 1500 \frac{W_i}{S_i} \right) \quad (2.11)$$

11) Tải trọng phụ do cuốn ống F_p : Dựa vào thực nghiệm người ta đã xây dựng mối liên hệ giữa tải trọng phụ với đường kính ống qua bảng sau:

Đường kính ống (mm)	Tải trọng phụ do cuốn ống F_p (N)
150	225
200	275
250	320
300	360
350	400
400	450
500	550
600	590

700	680
850	820

12) Tải trọng phụ do uốn cong ống (F_{ci}) phụ thuộc vào lực uốn (F_{ui}) và độ bóp ống y_i :

$$F_{ui} = \frac{D}{2R_i} E.B.s.10^6 \quad (2.12)$$

Tải trọng này cũng được xác định bằng thực nghiệm trong bảng sau [1]:

Độ bóp ống	Tải trọng trên băng tải F_c khi lực uốn bằng F_u (N)								
	450	900	2250	3600	4500	6800	9000	11350	13600
5°					14	22	29	36	44
10°			15	23	29	44	58	73	87
15°			22	35	44	65	87	109	131
20°		12	29	46	58	87	116	145	174
25°		14	36	58	72	108	144	181	217
30°	9	17	43	69	86	130	173	216	259
35°	10	20	50	80	100	150	201	251	301
40°	11	23	57	91	114	171	228	285	342
45°	13	26	64	102	128	191	255	319	383
50°	14	28	70	113	141	211	282	352	423
60°	17	34	83	133	167	250	334	417	500
70°	19	38	96	153	191	287	383	478	574
80°	21	43	107	172	214	322	429	536	643
90°	24	47	118	189	236	354	472	590	708

13) Công suất khắc phục trở lực nhánh có tải:

$$N_1 = 10^{-3} \cdot V_o \cdot \sum_1^n q_i L_i \quad (2.13)$$

14) Công suất cần thiết để khắc phục trở lực nhánh không tải:

$$N_2 = 10^{-3} \cdot V_o \cdot \sum_1^n q_2 L_i \quad (2.14)$$

15) Công suất cần thiết để vận chuyển vật liệu theo phương ngang:

$$N_3 = 10^{-3} \cdot q_3 \cdot V_o \cdot \cos b \cdot L \quad (2.15)$$

với L là chiều dài vận chuyển đoạn ống thẳng, q_3 - trở lực vật liệu vận chuyển trên 1m chiều dài theo phương ngang:

$$q_3 = C_2 \cdot W_m$$

16) Công suất tiêu hao cho tám gạt:

$$N_4 = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot G \cdot B \cdot tgq \quad (2.16)$$

17) Công suất cần thiết để nâng vật liệu lên độ cao H:

$$N_5 = 10^{-3} \cdot W_m \cdot V_5 \cdot H \quad (2.17)$$

Với V_5 - vận tốc nâng vật liệu theo phương thẳng đứng

$$V_5 = V_o \cdot \sin b$$

18) Công suất tiêu hao để cuốn băng thành ống:

$$N_6 = 10^{-3} \cdot k \cdot F_p \cdot V_o \quad (2.18)$$

19) Công suất tiêu hao để uốn băng tải tại những đoạn cong:

$$N_7 = 10^{-3} \cdot \sum_1^n F_{ci} \quad (2.19)$$

20) Công suất dẫn động băng tải ống:

$$P = \frac{1}{K} (N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7) \quad (2.20)$$

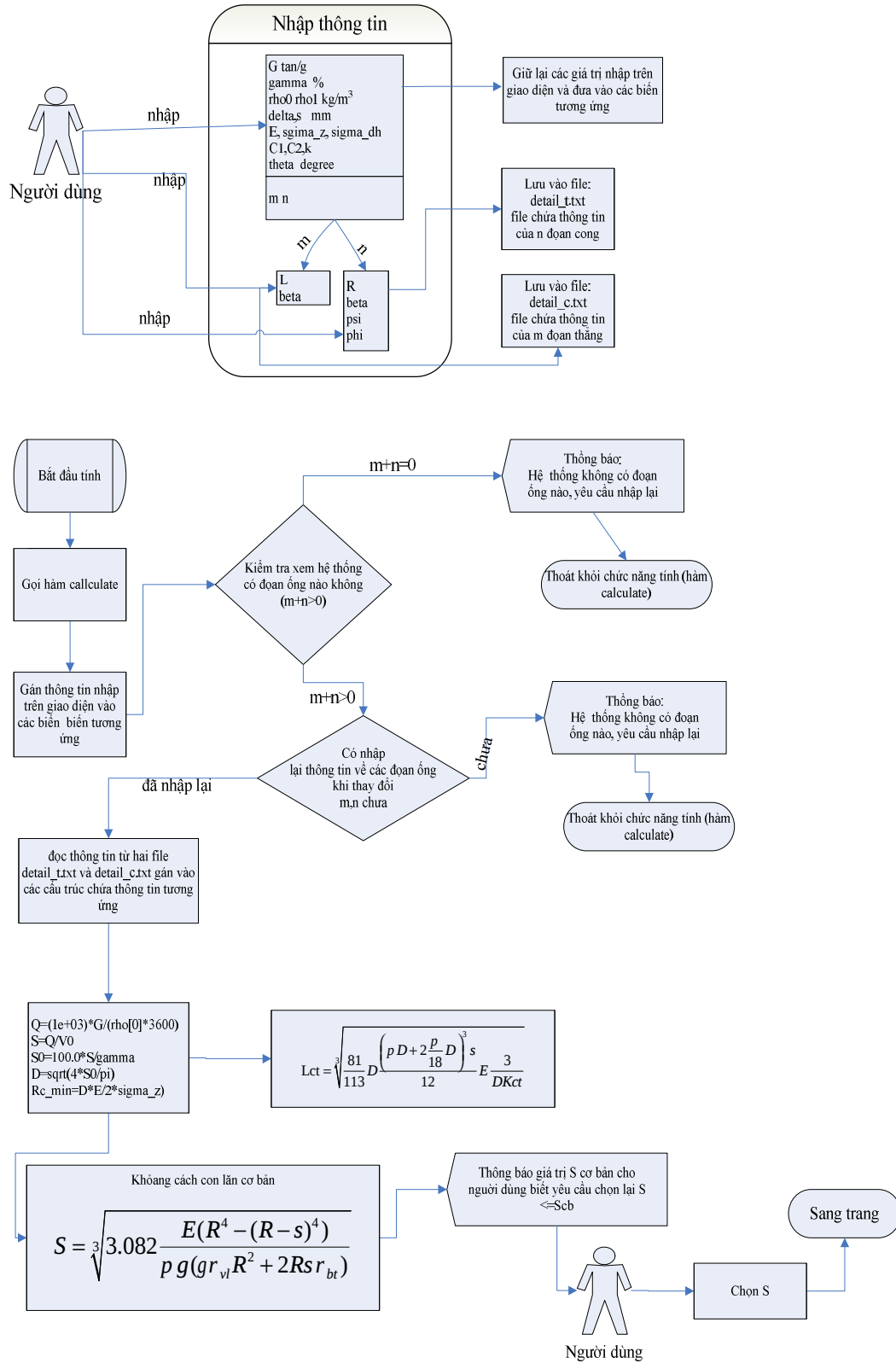
Hình 2.2: Giao diện nhập thông số ban đầu

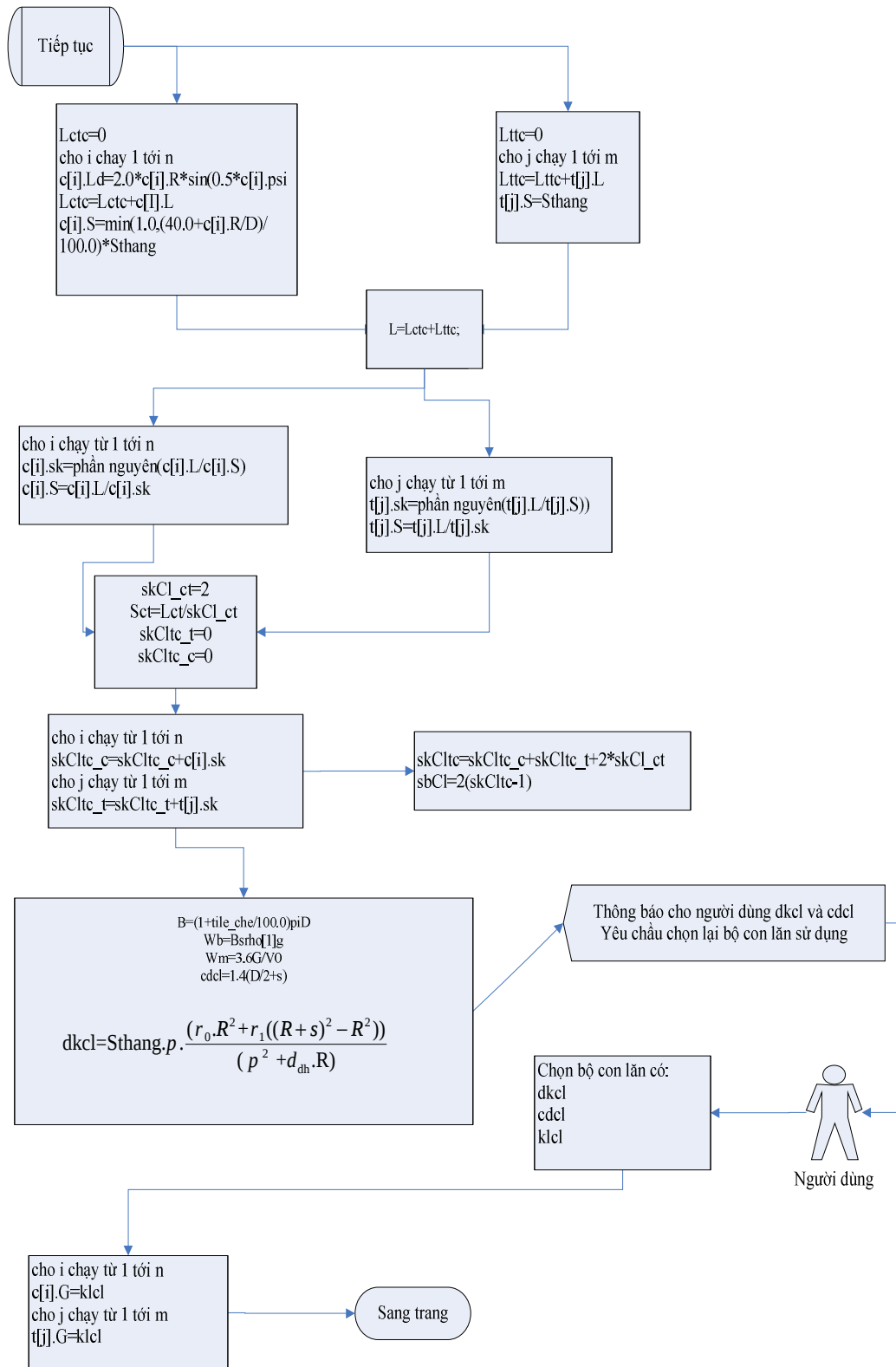
3. PHẦN MỀM TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG BĂNG TẢI ỒNG

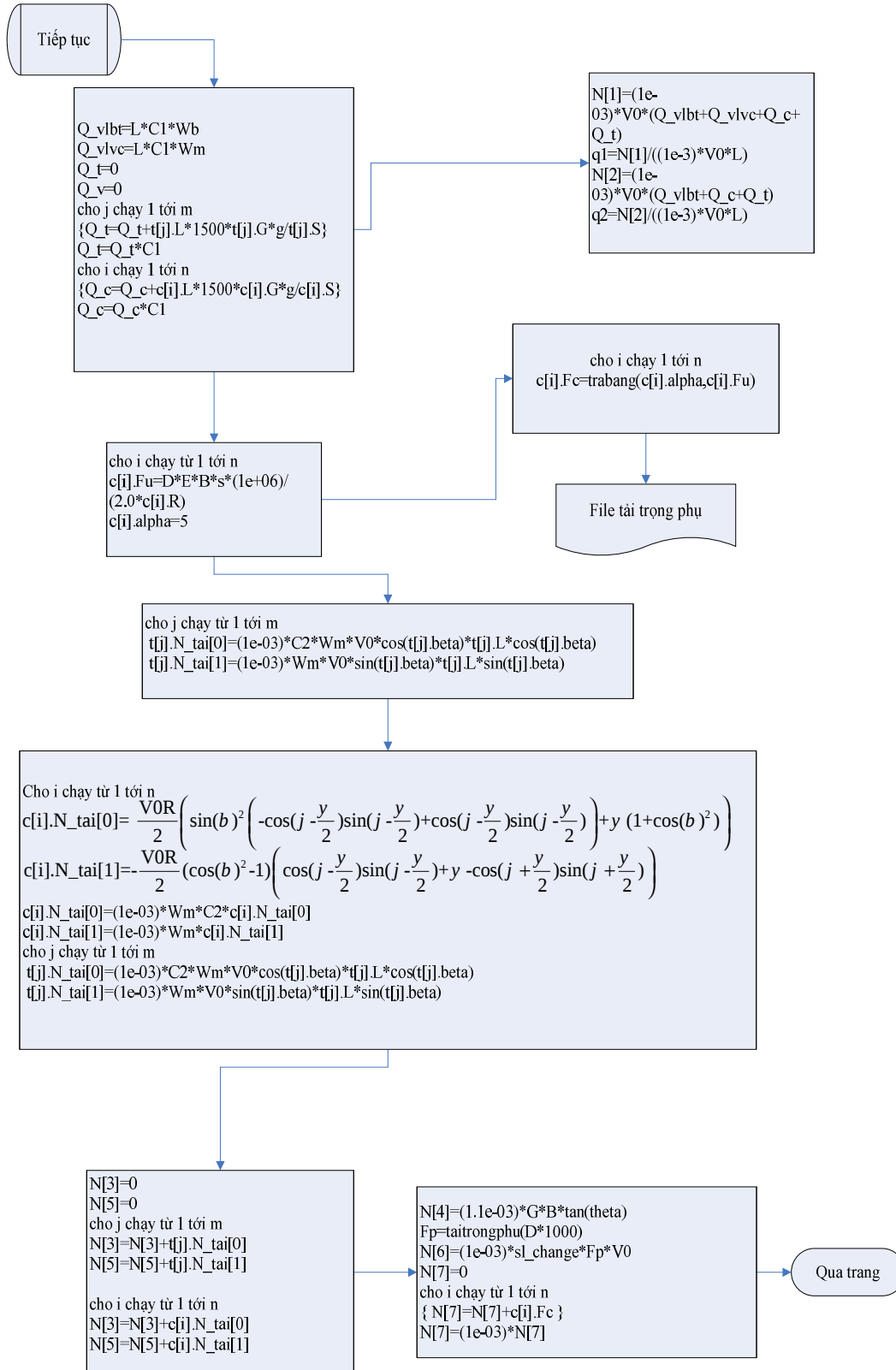
Xây dựng phần mềm tính toán: Sơ đồ tính toán thiết kế hệ thống băng tải ồng được xây dựng như trên hình 2.3. Phần mềm tính toán được viết bằng ngôn ngữ Visual C++ thực hiện các chức năng cơ bản như tính toán công suất dẫn động, khoảng cách giữa các bộ con lăn, chiều dài đoạn chuyển tiếp, bán kính cong các đoạn uốn, góc nâng và các thông số giới hạn khác của bộ truyền. Giao diện của phần mềm gồm những phần sau:

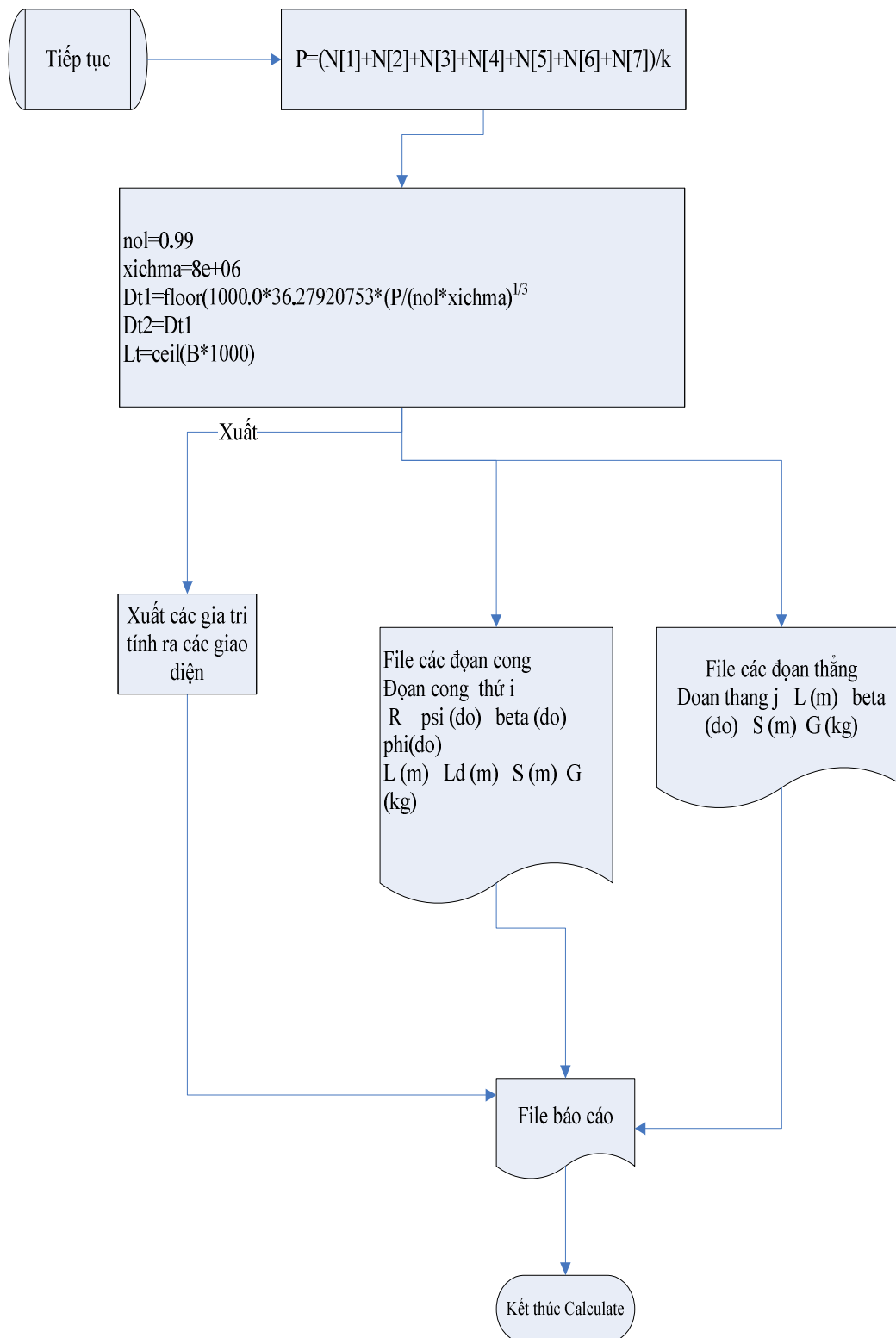
Thông số ban đầu được nhập vào giao diện nhập số liệu như trên hình 2.2. Sau khi nhập đủ các thông tin, ta chọn calculate, nếu các thông số đầu vào hợp lệ, chương trình sẽ bắt đầu tính toán.

Sau khi tính toán xong chương trình xuất kết quả ra các giao diện khác nhau: các thông tin về hệ thống sẽ được xuất ra trên giao diện 'Thông tin cơ bản' (hình 2.4); giao diện 'Công suất' cho ta thông tin về công suất của hệ thống cùng với các tải trọng phụ và hệ số cản (hình 2.5); cuối cùng là các hệ thống truyền động cho băng tải ồng có thể tìm thấy trên giao diện 'Truyền động' như trên hình 2.6.

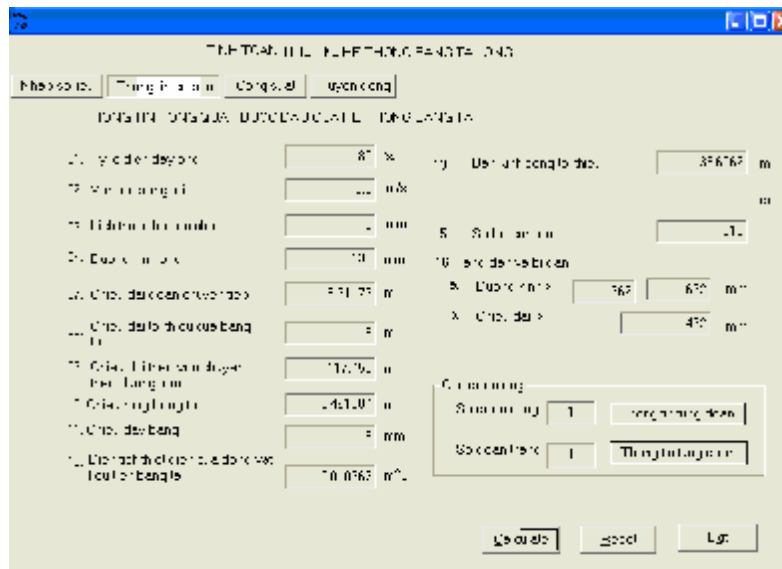




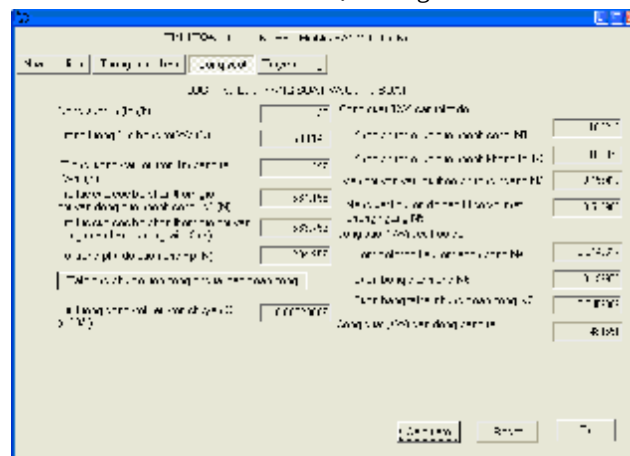




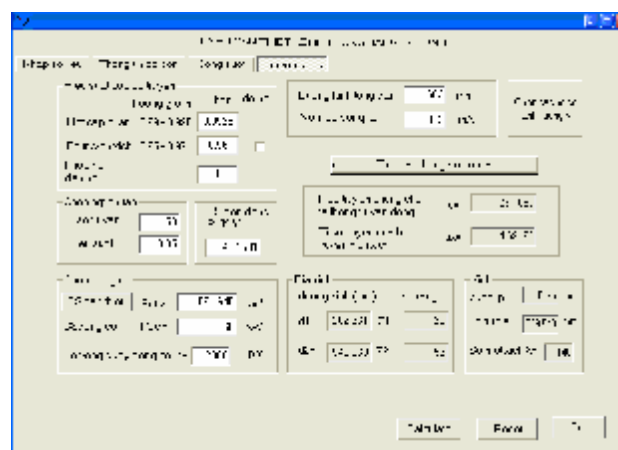
Hình 2.3: Sơ đồ tính toán thiết kế hệ thống băng tải ống



Hình 2.4: Giao diện thông tin cơ bản



Hình 2.5: Giao diện tính công suất



Hình 2.6: Giao diện tính hệ thống truyền động

Kết quả tính toán thiết kế mô hình vận chuyển xi măng:

1. Dữ liệu đầu vào:

- Vật liệu vận chuyển: Xi măng.

- Năng suất băng tải: $P=45\text{t/h}$.
- Vận tốc băng: $v=0,4\text{m/s}$.
- Độ điền đầy: $\gamma=60\%$.
- Loại băng: băng vải cao su.
- $D=200\text{mm}$; $d=35\text{mm}$; $k=3,5$; $F_{ct}=4,5\text{kN}$; $F_{kt}=2\text{kN}$; $F_t=0,7\text{kN}$.

2. Tính toán các thông số của băng:

- Chiều dài đoạn chuyển tiếp (transition length): $T=3\text{m}$ với 6 bộ con lăn.
 - Khoảng cách giữa các bộ con lăn trên đoạn băng thẳng (Idler spacing): $d_s=1,2\text{m}$.
 - Khoảng cách giữa các bộ con lăn trên đoạn băng cong $[d_c]$, với bán kính cung ôm $R=30\text{m}$ $d_c=0,6$, $d_s=0,72\text{m}$.
 - Các góc tạo bởi đoạn cong:
 - + Góc tạo bởi hình chiếu của băng trên mặt phẳng nằm ngang so với phương ban đầu: 30 độ.
 - + Góc tạo bởi hình chiếu của băng trên mặt phẳng thẳng đứng so với phương ban đầu: 30 độ.
 - + Suy ra góc trong không gian của băng so với phương ban đầu: 40 độ.
 - Chiều dài 1 cung cong: 20,5m, phân bố 28 bộ con lăn, khoảng cách 0,707m.
 - Chiều dài băng được giữ ở dạng ống: $L_c=2 \cdot 20,5=41\text{m}$.
 - Tổng chiều dài 1 nhánh của băng: $L=L_c+2 \cdot T=47\text{m}$
 - Tổng số bộ con lăn trên 1 nhánh: $N=(6+28) \cdot 2+1=69$.
 - Chiều cao của băng: $H=9,56\text{m}$.
 - Chiều dài hình chiếu của băng: $L_d=44\text{m}$.
 - Hình chiếu bề ngang của băng: $L_n=9,56\text{m}$.
 - Con lăn: Đường kính ngoài: $D_{cl}=65\text{mm}$; Đường kính trục: $d_{cl}=20\text{mm}$; Trọng lượng phần quay: $p_{cl}=10\text{N}$; Tang: Đường kính ngoài: $D_t=200\text{mm}$; Đường kính trục: $d_t=65\text{mm}$; Trọng lượng phần quay: $p_t=700\text{N}$.
 - $W_0=9,3477\text{kN}$; $W_{v0}=9,2002\text{kN}$; $W_{r0}=2,6475\text{kN}$; $W_{v1}=4,6475\text{kN}$; $W_{r1}=4,7002\text{kN}$; $F_{td}=0,0659\text{kN}$; $F_{tp}=0,0528\text{kN}$
 - Lực kéo băng tải cần thiết: $F_k=W_{r0} \cdot (k-1)=6,6186\text{kN}=7\text{kN}$
 - Công suất tính toán: $P_{tt}=F_k \cdot v_0=3.5\text{kW}$
- Mô hình băng tải ống vận chuyển xi măng được chế tạo thành công theo thiết kế như trên hình 2.5.



Hình 2.5: Mô hình băng tải ống

4. KẾT LUẬN

Băng tải ống là một phương tiện vận chuyển vật liệu rời thông qua một ứng dụng công nghệ mới, sạch, chiếm ít diện tích nhờ loại trừ các trạm trung chuyển. Lợi ích của băng tải ống là hiển nhiên, sự giảm thiểu rơi vãi và bụi bặm, khả năng vận chuyển xa, linh hoạt trong các địa hình mà các băng tải truyền thống bị giới hạn như uốn cong, dốc, không làm ô nhiễm môi trường xung quanh, thiết kế nhỏ gọn nhưng công suất làm việc thì không hề thua kém các băng tải truyền thống là rõ ràng. Một quy trình tính toán thiết kế băng tải ống dựa trên các công thức tính toán đối với băng tải máng đã được hiệp hội các nhà sản xuất thiết bị băng tải (CEMA) công nhận, có xét đến những đặc điểm khác nhau về phương diện chịu tải và các công thức xác định các thông số giới hạn của băng tải ống và một phần mềm tính toán thiết kế và kiểm chứng kết quả thiết kế thông qua mô hình hệ thống băng tải ống vận chuyển xi măng sẽ giúp tăng cường khả năng tính toán thiết kế và ứng dụng các hệ thống băng tải ống trong thực tế. Việc chế tạo thành công mô hình băng tải ống cũng khẳng định khả năng chế tạo thành công hệ thống băng tải ống trong nước mà không phải nhập ngoại. Công trình nhận được sự cộng tác tích cực của nhóm SVVP2003, tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Maton A.E., *Turbular Pipe Conveyor Design using a standard fabric belt*, Bulk Solids Handling Journal, Vol.20, N^o:1, Jan/Mar, p. 57-65, (2000).
- [2]. Wachter D., *Innovative Handling of Tailings using the Pipe Conveyor System*, Bulk Solids Handling Journal, Vol.10, N^o:3, Aug, 86-95, (1990).
- [3]. Nguyễn Thanh Nam, *Numerical model of the critical parameters in the system of pipe conveyor*, Agricultural Science Journal, (2006).
- [4]. Nguyễn Thanh Nam, *Nghiên cứu triển khai thiết kế chế tạo băng tải ống*, Báo cáo nghiệm thu đề tài NCKH cấp thành phố, (2004).