

## TÍNH TOÁN THIẾT KẾ SILO TỒN TRỮ CÁM VIÊN NĂNG SUẤT 500 TẤN

Nguyễn Văn Cương<sup>1</sup> và Nguyễn Hoài Tân<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Học viên cao học Cơ khí Chế tạo máy K2010, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 25/06/2013

Ngày chấp nhận: 25/02/2014

### Title:

Design of rice bran pellet storage silo with capacity of 500 tons

### Từ khóa:

Silo, silo tồn trữ, thiết kế silo, silo tồn trữ cám viên

### Keywords:

Silo, storage silo, silo design, rice bran pellet storage silo

### ABSTRACT

A storage silo nowadays is known as a useful device for storing raw materials and products of rice and rice bran oil processing plants in the Mekong Delta. However, most existing storage silos at the plant were imported with high investment costs, and lacked ventilation inside the silo, especially those for rice bran storage in rice bran oil processing plants. The objective of this study is to design a rice bran storage silo with capacity of 500 tons for the storage and preservation of rice bran for bran oil extraction process. This designed silo is based on Eurocode standards, having the ability to withstand winds of 160 km/h and earthquake of magnitude between 6 to 7 on the Richter scale. The designed silo also has the ventilation structures to decrease and limit the rehydration of the product, prevent clots and clogs when storing bran pellets. The designed silo has the diameter of 8.09 m; the overall height of 27.73 m; and the wall thickness of 10 mm, 8 mm, and 6 mm, respectively at different heights. The silo is made of CT3 plate steel. This investment cost is lower than that of imported silos.

### TÓM TẮT

Silo tồn trữ được xem là một thiết bị hữu hiệu cho việc tồn trữ nguyên liệu, sản phẩm ở các nhà máy sản xuất, chế biến lúa gạo, dầu cám ở Đồng bằng sông Cửu Long hiện nay. Tuy nhiên, hầu hết các silo tồn trữ hiện có ở các nhà máy đều nhập từ nước ngoài, chi phí đầu tư cao, có nhược điểm trong việc thông thoáng gió bên trong silo tồn trữ, đặc biệt đối với silo tồn trữ cám viên trong các nhà máy chế biến dầu cám. Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế silo chứa cám viên với năng suất chứa 500 tấn nhằm tồn trữ, bảo quản phục vụ cho quá trình trích ly dầu cám. Thiết kế này dựa theo tiêu chuẩn Eurocode, với khả năng chịu được sức gió 160 km/giờ và độ động đất 6 ÷ 7 độ richter. Thiết kế có bộ phận thông gió trong silo nhằm khả năng chống hút ẩm trở lại của sản phẩm, hạn chế khả năng vón cục, tắt nghẽn silo trong quá trình tồn trữ của cám viên. Kết cấu silo đạt được có kích thước đường kính 8,09 m; tổng chiều cao 27,73 m; bề dày thành silo lần lượt là 10 mm, 8 mm và 6 mm tương ứng với từng độ cao khác nhau, với vật liệu chế tạo là thép tấm CT3. Chi phí đầu tư giảm nhiều so với với thiết bị nhập từ nước ngoài.

## 1 GIỚI THIỆU

Silo là một dạng thiết bị bảo quản kín thường được sử dụng để dự trữ lương thực ở quy mô lớn từ vài trăm đến vài ngàn tấn. Với vai trò quan trọng trong các ngành công nghiệp chế biến, silo có thể dùng để lưu trữ nhiều loại vật liệu khác nhau từ sản phẩm nông nghiệp như lúa, gạo, các loại hạt đến các sản phẩm công nghiệp như xi măng, than và một số loại nguyên vật liệu khác.

Silo đã được phát triển từ thế kỷ 19, cho đến nay đã có rất nhiều nghiên cứu về khả năng ứng dụng cũng như các đặc tính, kết cấu của silo. Thực tế cho thấy rằng trong quá trình sử dụng silo, có nhiều vấn đề cần được quan tâm nghiên cứu như độ biến dạng của silo, khả năng thông thoáng gió trong silo, kết cấu thành silo, cũng như khả năng đóng vón của sản phẩm bảo quản, và các vấn đề liên quan khác. Wong Hong Wu đã nghiên cứu, phân tích tĩnh và động học của dòng chảy các loại vật liệu trong silo, mô hình hóa quá trình nhập và tháo liệu ra khỏi silo, đưa ra những phương pháp số nhằm dự đoán ứng suất bên trong silo do vật liệu chứa tạo ra dưới tác động của điều kiện môi trường (Wong Hong Wu, 1990). Việc phân tích cấu trúc của silo thép bằng phương pháp phần tử hữu hạn cũng đã được nghiên cứu nhằm nâng cao sự hiểu biết về sự biến dạng và sự đổ sụp của silo trong quá trình tồn trữ, từ đó có biện pháp hỗ trợ tốt hơn cho việc thiết kế và xây dựng silo (Hongyu Li, 1994). Tác giả đã kết luận rằng một silo đầy đủ gồm có vỏ hình trụ và ống côn tháo liệu và vòm côn che phía trên ống vỏ hình trụ. Mô hình ảnh hưởng của rung động đến dòng chảy của đá vôi  $\text{CaCO}_3$  trong hệ thống silo chứa đã được nghiên cứu (Jesper K. 2008).

Hiện nay, các silo có năng suất chứa lớn được sử dụng ở các công ty, xí nghiệp trong nước đa phần được nhập từ nước ngoài. Một số nghiên cứu về silo bảo quản cũng đã được thực hiện bởi các nhà nghiên cứu và chuyên gia trong nước. Nhóm nghiên cứu của Trường ĐHBK TPHCM đã chế tạo thành công hệ thống silo bảo quản các loại hạt nông sản xuất khẩu quy mô 250 tấn vào năm 2003 (Bùi Song Cầu, 2003), đây là hệ thống silo đầu tiên được sản xuất trong nước, và được lắp đặt tại chợ trung tâm nông sản Long An; tuy nhiên silo này dùng chứa lúa - gạo, không có hệ thống thông gió bên trong. Việc xây dựng chương trình tính toán silo dùng ngôn ngữ APDL (ANSYS Parametric Design Language) và Visual Basis đã được thực hiện năm 2010 (Nguyễn Tường Long, 2010), đề tài

này đã xây dựng một chương trình tính toán, kiểm tra bền, hướng tới việc tối ưu các bản thiết kế silo.

Cám gạo chiếm khoảng 8% trọng lượng hạt lúa, chứa hầu hết lượng dầu và phần lớn lượng chất đạm, các chất khoáng, vitamin, và chất xơ tiêu hóa được trong hạt thóc. Hàm lượng dầu trong cám gạo ước tính khoảng 18%. Tuy nhiên, do công nghệ xay xát, chỉ có khoảng 3% cám gạo có thể sử dụng để trích ly dầu, tương đương 3,5 triệu tấn dầu thô ([www.wilmar-agro.com.vn](http://www.wilmar-agro.com.vn)). Theo tổng cục thống kê, hàng năm Việt Nam có sản lượng khoảng trên 47 triệu tấn lúa, trên 28 triệu tấn gạo và hơn 3 triệu tấn cám ([www.gso.gov.vn](http://www.gso.gov.vn)); trong đó, chỉ có khoảng 500 ngàn tấn cám đạt phẩm chất được sử dụng trong công nghiệp sản xuất dầu ăn. Đa số các doanh nghiệp sản xuất lúa - gạo, dầu cám đều tồn trữ cám trong bao chứa 50 kg chất thành cây trong kho. Vì thế, cám rất dễ bị ẩm mốc, côn trùng phá hoại, giảm chất lượng và tồn thất nếu không được thông thoáng và bảo quản tốt. Một số nhà máy sản xuất dầu cám đã sử dụng silo tồn trữ ngoại nhập, chi phí đầu tư cao, yếu điểm kỹ thuật là không có hệ thống thông gió, gây ra việc vón cục, bám dính vào thành silo. Công ty TNHH Wilmar Agro Việt Nam, Chi nhánh Thốt Nốt và Cần Thơ, đã đầu tư silo được thiết kế và chế tạo bởi công ty REKANA - Malaysia, năng suất chứa từ khoảng 400 đến 450 tấn, giá thành chế tạo lắp đặt khoảng 2,6 tỷ đồng (năm 2011). Theo kết quả phỏng vấn từ cán bộ kỹ thuật của công ty, nhược điểm của silo là nhiệt độ trong silo cao, silo bị nghẹt do hiện tượng vón cục của cám, đọng ẩm trên thành silo. Với mục tiêu thiết kế silo để chế tạo silo nội địa giá thành hạ, có hệ thống thông gió bên trong, khắc phục các nhược điểm hiện tại; nghiên cứu này nhằm tính toán và thiết kế cải tiến silo tồn trữ năng suất 500 tấn, dùng bảo quản cám ở nhà máy sản xuất dầu cám hiện nay ở ĐBSCL.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ

### 2.1 Vật liệu chế tạo silo

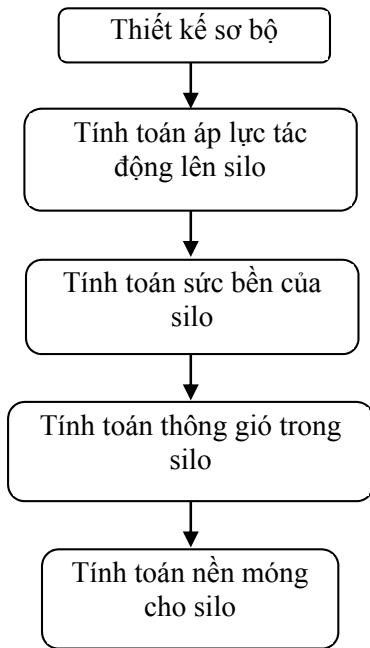
Dựa vào đặc tính của vật liệu tồn trữ, tính kết cấu của silo; vật liệu được chọn để chế tạo silo là thép tấm CT3 với bề dày khác nhau được tính toán đảm bảo các điều kiện bên của silo. Phần móng cột cho silo được làm bằng vật liệu bê tông cốt thép mác 250.

### 2.2 Phương pháp nghiên cứu

– Phương pháp lược khảo các tài liệu về cơ sở lý thuyết trong tính toán, thiết kế và bảo quản bằng silo; các tài liệu nghiên cứu về silo đã công bố

được sử dụng để làm cơ sở thiết kế. Ngoài ra, việc khảo sát thực tế các silo chứa cám viên hiện có, phỏng vấn chuyên gia của một số nhà máy sản xuất dầu cám tại Cần Thơ cũng được thực hiện để làm cơ sở cho việc tính toán và thiết kế, cải tiến. Bản vẽ thiết kế của silo được thực hiện dựa trên phần mềm AutoCAD và Inventor.

– Quy trình tính toán thiết kế silo được thể hiện qua sơ đồ chung như Hình 1.



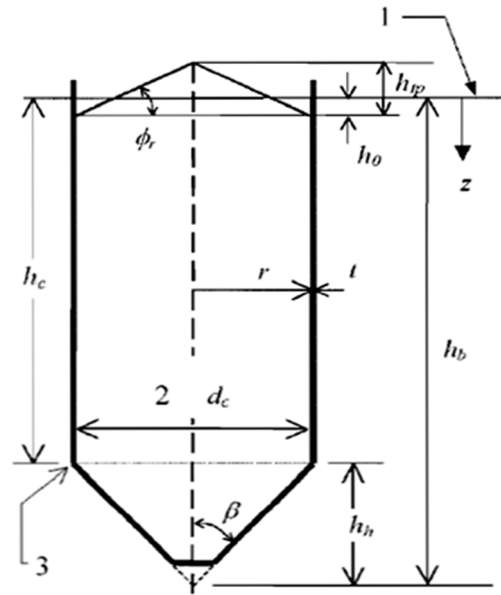
Hình 1: Quy trình thiết kế silo

Quá trình thiết kế dựa trên chuẩn EuroCode. Đây là tiêu chuẩn được thiết lập bởi các nước thành viên của khối cộng đồng châu Âu (EU) nhằm thống nhất các tiêu chuẩn kỹ thuật về kết cấu trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật, trong đó có kết cấu cho việc tính toán, thiết kế và xây dựng silo.

### 3 TÍNH TOÁN THIẾT KẾ SILO

#### 3.1 Thiết kế sơ bộ silo

Việc thiết kế sơ bộ và chọn sơ đồ silo có ý nghĩa quan trọng cho các bước tính toán, thiết kế chính xác các bộ phận của silo. Xuất phát từ yêu cầu năng suất chứa là 500 tấn, silo thiết kế được lựa chọn là silo dạng trụ tròn đáy hình chóp, dùng mỗi ghép hàn để làm kín, kích thước sơ bộ của silo được tính toán với 3 phần: đỉnh, đáy và thân silo. Các đặc trưng hình học của silo cần thiết kế dựa trên chuẩn EuroCode được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2: Đặc trưng hình học của silo

1 - mặt phẳng tương đương, 2 - thân silo, 3 – vị trí tiếp giáp giữa thân và đáy silo.

$h_c$ : chiều cao tính toán trụ tròn,  $h_h$ : chiều cao đáy silo,  $h_b$ : chiều cao tổng cộng.

$h_o$ : độ sâu tương đương của khối hạt ở phần đỉnh,  $h_{sp}$ : độ cao tổng cộng của khối hạt trên phần đỉnh,  $d_c$ : đường kính silo,  $r$ : bán kính trong của silo,  $t$ : bề dày vách silo,

$\phi_r$ : góc ma sát nghỉ của vật liệu,  $\beta$ : góc nghiêng đáy silo.

Đường kính cửa ra của silo được xác định theo công thức 1:

$$D_B = 0,25 h_c \tag{1}$$

Hệ số ảnh hưởng cửa ra  $f_f$  được xác định:

$$f_f = \frac{\sigma}{f_c} = (1 + m) Q \tag{2}$$

Ứng suất tương đương tác dụng lên thành silo

$$\sigma = \gamma D_B Q$$

Trong đó:

$\gamma$ : trọng lượng riêng của vật liệu chứa (chọn  $\gamma = 480 \text{ kg/m}^3$  với cám viên có ẩm độ 8 ÷ 10%)

$Q = 0,8$ : hệ số tải trọng

$f_c$ : Hệ số ma sát của vật liệu với thành silo

$m$ : hệ số đặc trưng hình học,  $m = 1$  với silo có cửa tháo dạng tròn.

Với điều kiện cửa ra của silo:

$$D_B \geq \frac{f_c}{\gamma(1+m)}$$

Với năng suất chứa 500 tấn, thể tích cần thiết  
kể là :  $V_{ct} = \frac{500}{\gamma} = \frac{500}{0,48} = 1041m^3$ ; Các giá trị :

$h_a = 6,5$  m;  $h_c = 18$  m;  $d_c = 8,09$  m;  $h_o = 0,81$  m;  $D_B = 2$  m được xác định.

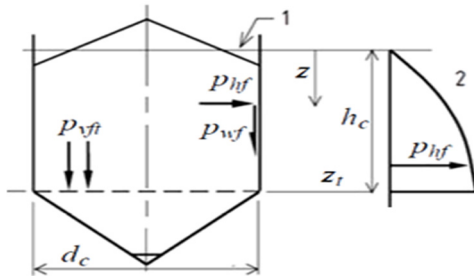
### 3.2 Tính toán áp lực

Việc tính toán những áp lực tác dụng lên silo có ý nghĩa quan trọng làm cơ sở cho việc tính bền và chọn kết cấu silo. Việc tính toán được thực hiện dựa trên cơ sở lý thuyết tính toán và thiết kế silo theo chuẩn EuroCode. Hình 3 thể hiện các áp lực tác dụng lên thành vách silo trong quá trình tồn trữ. Vật liệu chế tạo silo là thép tấm CT3 có ứng suất bền  $[\sigma] = 380 \text{ N/mm}^2 = 380.10^3 \text{ kN/m}^2$ . Áp lực tác dụng lên silo gồm có áp lực tác dụng lên phần thân silo (trụ tròn), áp lực tác dụng lên phần đáy silo (phễu), áp lực tác dụng do silo bị lệch tâm và áp lực tác dụng do sức gió.

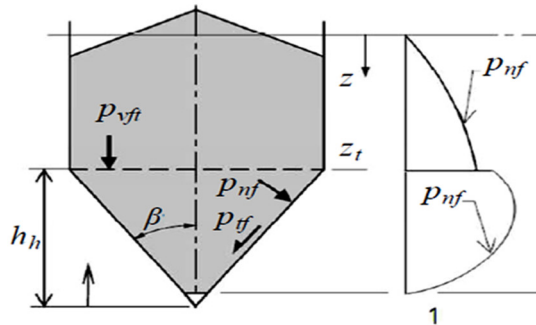
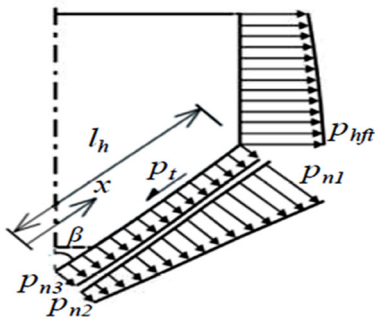
#### 3.2.1 Áp lực tác dụng lên phần thân trụ tròn của silo

– Áp lực tác dụng theo phương ngang:

$$P_{hf} = p_{h_0} \cdot Y_j(z) \tag{3}$$



Hình 3: Áp lực tác dụng lên thành vách silo. 1 – mặt phẳng tương đương, 2 – áp lực ngang tác dụng lên thân trụ



Hình 4: Áp lực tác dụng lên đáy silo

– Áp lực tác dụng theo phương tiếp tuyến:

$$P_{wvf} = \mu \cdot p_{h_0} \cdot Y_j(z) \tag{4}$$

– Áp lực tác dụng theo phương đứng:

$$P_{vf} = \frac{p_{h_0}}{k} \cdot Y_j(z) \tag{5}$$

– Áp lực tác dụng theo phương đứng tính toán:

$$P_{vft} = P_{vf} \cdot C_b \tag{6}$$

Trong đó:

$p_{h_0} = \gamma \cdot k \cdot z_0$  : giá trị áp lực tại mức cao nhất  $h_o$  ứng với vật liệu tiếp xúc với vách.

$$z_0 = \frac{1}{k \cdot \mu} \cdot \frac{A}{U} = 9,27 \text{ m}$$

A – diện tích tiết diện ngang

U – nội chu vi tiết diện

$$Y_j(z) = 1 - e^{-z/z_0}$$

z – độ sâu dưới mặt phẳng tương đương của vật liệu ( $z_{max} = 18$  m)

$k = 0,54$  - hệ số áp lực ngang do ảnh hưởng của vật liệu

$C_b = 1,3$  – hệ số khuếch đại lực tại đáy silo

$\mu = \text{tg}\phi_r = \text{tg}22^\circ = 0,404$  – hệ số ma sát trên vách đứng (chọn góc ma sát nghi là  $22^\circ$ ).

#### 3.2.2 Áp lực tác dụng lên đáy silo dạng phễu hình côn

Áp lực và sơ đồ ứng suất tác dụng lên đáy silo (phễu) được thể hiện trong Hình 4.

– Áp lực tác dụng lên vách theo phương pháp tuyến:

$$p_{nf} = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \cdot \frac{x}{l_h} \quad (7)$$

Với các thành phần lực:

$$p_{n1} = p_{vft} (C_b \sin^2 \beta + \cos^2 \beta)$$

$$p_{n2} = p_{vft} \cdot C_b \cdot \sin^2 \beta$$

$$p_{n3} = 3 \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma k}{\sqrt{\mu}} \cdot \cos^2 \beta$$

– Áp lực tác dụng lên vách theo phương tiếp tuyến:

$$p_{tf} = \mu \cdot p_{nf} \quad (8)$$

Trong đó:  $p_{vft}$ : giá trị của áp lực đứng  $p_{vf}$  tại

mặt phẳng chuyển tiếp

$x$  – độ dài giữa 0 và  $l_h$

$l_h$  - chiều dài phần phễu

$p_{vft}$  - giá trị áp lực theo phương đứng tại vị trí chuyển tiếp khi  $z = z_t$

$\beta$  - góc nghiêng của phễu

$A$  – diện tích tiết diện silo

$U$  – nội chu vi tiết diện silo.

### 3.2.3 Áp lực tác dụng lên silo do bị lệch tâm

Áp lực tác dụng lên silo do lệch tâm do việc nạp vật liệu gây ra (Hình 5), được xác định theo công thức 9.

$$p_{pf} = C_{pf} \cdot p_{hf} \quad (9)$$

Trong đó:

$C_{pf} = 0,21 C_{op} (1 + 2E^2) (1 - e^{-1,5(\frac{h_c}{d_c}-1)})$  là hệ số

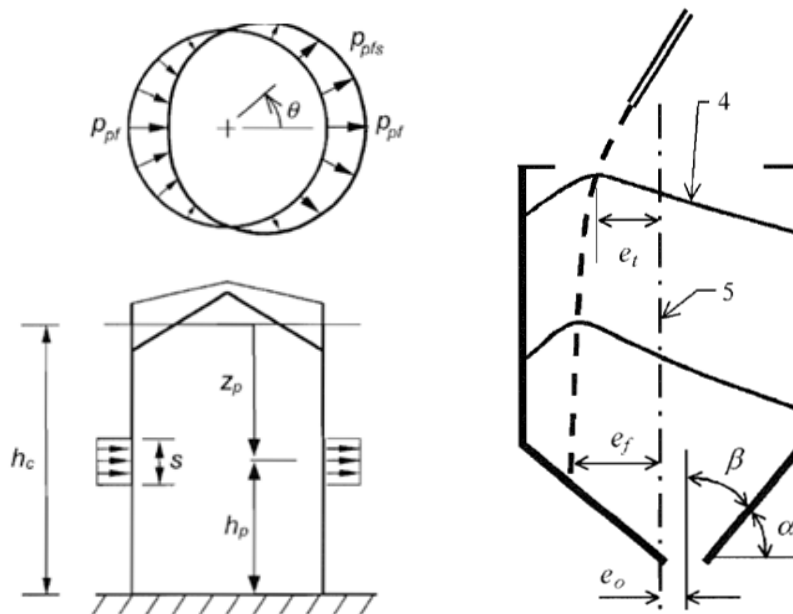
$$E = 2e_f / d_c$$

$$C_{op} = 0,5$$

$s = \pi \frac{d_c}{16}$ : chiều cao phần thành silo mà tải tác

động lên (Hình 5)

$$e_f = 0,25d_c = 2,02 \text{ m}$$



Hình 5: Áp lực tác dụng lên silo do bị lệch tâm

$z_p$  - khoảng cách giữa mặt phẳng tương đương và phân gia có

$h_p$  - khoảng cách giữa mặt phẳng chuyển tiếp và phân gia có

$e_i$  - khoảng lệch nhỏ nhất theo phương nghiêng

$e_f$  - khoảng lệch lớn nhất theo phương nghiêng

$\theta$  - góc lệch tâm

$e_o$  - bán kính cửa ra silo

3.2.4 Tính bền do tác dụng gió lên silo

Tốc độ gió được chọn cho tính toán thiết kế silo là 160 km/h tương ứng trong trường hợp mưa bão lớn xảy ra; việc tính toán bền của silo được dựa trên cơ sở chuẩn Eurocode. Ứng suất tác động lên silo được thể hiện trong Hình 5 và được tính theo công thức 10.

$$\sigma_c = \frac{0,56 t_a \cdot E}{d(1 + 0,004E / y)} \tag{10}$$

$$\sigma_c = \frac{0,56 \cdot 0,00235 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}{(1 + 0,004 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} / 206,84 \cdot 10^6)} \approx 54.605 \text{ kN/m}^2 < [\sigma]$$

Tại mặt cắt B-B:

$$\sigma_c = \frac{0,56 \cdot 0,00196 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}{(1 + 0,004 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} / 206,84 \cdot 10^6)} \approx 45.543 \text{ kN/m}^2 < [\sigma]$$

Tại mặt cắt C-C:

$$\sigma_c = \frac{0,56 \cdot 0,0021 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}{(1 + 0,004 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} / 206,84 \cdot 10^6)} \approx 48.796 \text{ kN/m}^2 < [\sigma]$$

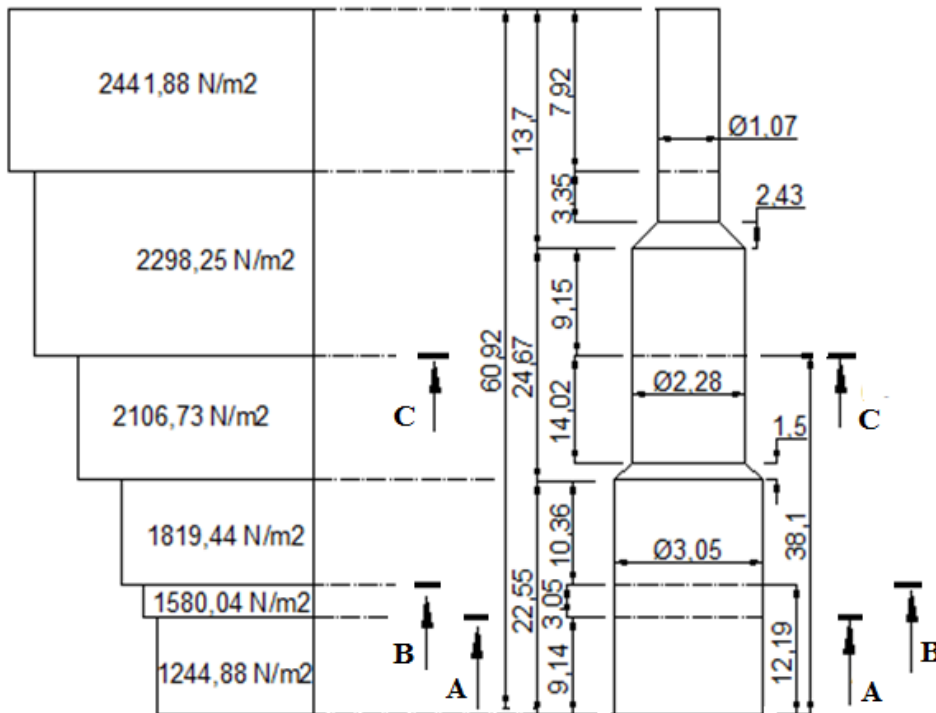
Với:  $t_a$  - chiều dày thành vách silo.

$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$  - mô đun đàn hồi.

$y = 206,84 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$  - áp lực ứng với đường kính chuẩn theo Eurocode.

$d = 8,09 \text{ m}$  - đường kính silo.

Tại mặt cắt A-A:



Hình 6: Sơ đồ ứng suất tác dụng lên silo với tốc độ gió 160 km/h theo chuẩn Eurocode

3.2.5 Lực tác dụng lên silo

Lực tác dụng lên silo được xác định theo công thức 11:

$$W_i = \gamma \cdot l \cdot \pi \cdot \left[ \left( \frac{D_0}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_i}{2} \right)^2 \right] \tag{11}$$

Trong đó:  $D_0 = 8,09$  m – đường kính ngoài silo

$D_i = 8,064$  m – đường kính trong trung bình của silo

$l$  – chiều cao đoạn cắt

$\gamma = 7800$  kg/m<sup>3</sup> – trọng lượng riêng của vật liệu thép chế tạo silo.

Dựa vào chuẩn Eurocode, các mặt cắt được chọn là A-A, B-B và C-C tương ứng với độ cao (xem Hình 6), lực tác dụng lên silo được xác định có giá trị tương đương 235 kN, 345 kN và 635 kN.

### 3.2.6 Tính toán chiều dày thành silo

Chiều dày thành silo phụ thuộc vào ứng suất tác dụng theo chiều cao của silo, công thức tính chiều dày thành  $t_a$  như sau:

$$t_a = \frac{16.D_0.M_t}{\pi(D_0^2 + D_i^2)(D_0 + D_i).\sigma.E} + \frac{W_t}{\pi(D_0 + D_i).\sigma.E} \quad (12)$$

Ứng với các mặt cắt A-A, B-B và C-C, chiều dày thành silo được xác định tương ứng là 10 mm, 8 mm và 6 mm.

### 3.3 Tính toán thông gió trong silo

Việc thông thoáng gió trong silo tồn trữ cám viên hiện là vấn đề đặt ra đối với việc tồn trữ bằng silo ở các nhà máy. Trong nghiên cứu này, bộ phận thông thoáng gió của silo chứa cám được thiết kế với sơ đồ ở Hình 7. Quá trình tính toán lưu lượng không khí cần thiết cho việc thông thoáng trong silo dựa trên lượng thải nhiệt thừa trong quá trình tồn trữ; kết quả hoàn toàn phù hợp với phương pháp thông gió cưỡng bức với lưu lượng quạt gió được chọn lớn hơn.

– Lưu lượng không khí cần thiết để thải nhiệt thừa

$$L = \frac{Q_T}{0,24.\rho_{kk}.(t_r - t_v)} \quad (m^3/h) \quad (13)$$

Trong đó:  $Q_T = 3219$  kCal/h - lượng nhiệt thừa trong không gian chứa

$t_r, t_v$  - nhiệt độ không khí thổi ra (45°C) và hút vào (40°C)

$\rho_{kk}$  - khối lượng riêng của không khí.

– Cột áp tạo nên sự chuyển động của không khí:

$$H = g.h.(\gamma_N - \gamma_T) \quad (14)$$

Trong đó:  $h = h_1 + h_2$  là khoảng cách giữa cửa cấp gió vào và thổi ra

$t_T, t_{\gamma_T}, \gamma_N$  - nhiệt độ và trọng lượng riêng của không khí bên trong và ngoài silo.

$\gamma_T = 1,125$  kg / m<sup>3</sup> ứng với  $t_T \leq 43$  °C

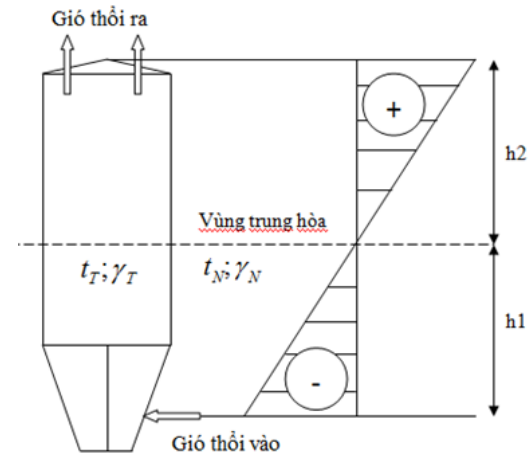
$\gamma_N = 1,135$  kg / m<sup>3</sup> ứng với  $t_N = 38$  °C

– Cột áp tạo nên sự chuyển động không khí vào:

$$H_1 = g.h_1(\gamma_N - \gamma_T) \quad (15)$$

– Cột áp xả khí ra:

$$H_2 = g.h_2(\gamma_N - \gamma_T) \quad (16)$$



Hình 7: Sơ đồ thông gió trong silo

– Tốc độ chuyển động không khí qua cửa vào  $w_1$  và cửa thổi  $w_2$  của silo:

$$w_1 = \sqrt{\frac{2H_1}{\gamma_N}} = \sqrt{\frac{2g.h_1(\gamma_N - \gamma_T)}{\gamma_N}} = 1,36 \text{ m/s}$$

$$w_2 = \sqrt{\frac{2H_2}{\gamma_T}} = \sqrt{\frac{2g.h_2(\gamma_N - \gamma_T)}{\gamma_T}} = 1,55 \text{ m/s}$$

– Lưu lượng không khí qua cửa vào:

$$L_1 = F_1.w_1.\mu_1 = 492 \text{ m}^3/\text{h}$$

– Lưu lượng không khí qua cửa thổi:

$$L_2 = F_2.w_2.\mu_2 = 631 \text{ m}^3/\text{h}$$

Trong đó:  $F_1, F_2$  – diện tích tiết diện cửa vào ( $d = 0,4$  m) và cửa thổi ( $2 \times 0,3$  m)

$\mu_1 = \mu_2 = 0,8$  - hệ số lưu lượng không khí qua cửa vào và cửa thổi

$h_1, h_2$  - khoảng cách giữa cửa cấp gió vào, gió ra với đường trung hòa.

### 4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

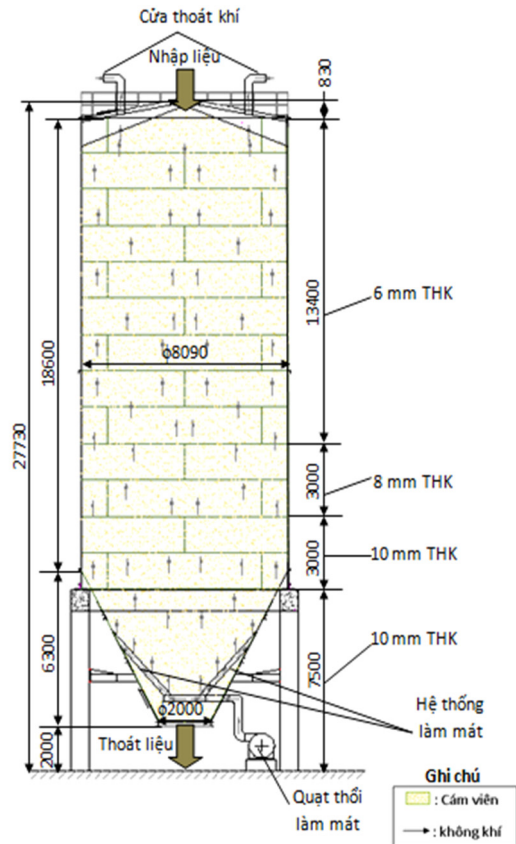
Nghiên cứu đã tính toán và thiết kế được silo theo tiêu chuẩn Eurocode. Các thông số về vật liệu tồn trữ và những kích thước của silo được thể hiện trong Bảng 1. Vật liệu chế tạo silo được chọn bằng thép CT3. Sơ đồ bản vẽ silo thiết kế được thể hiện trong Hình 8. Hệ thống thông gió trong silo có thể giải quyết được vấn đề đang tồn đọng hiện nay tại các nhà máy sản xuất dầu cám, giảm được lượng tồn thất, tránh được hiện tượng vón cục, kết dính vào thành silo.

**Bảng 1: Các thông số vật liệu tồn trữ và thông số thiết kế silo**

Thông số	Kết quả
Năng suất chứa của silo	500 tấn
Đường kính thiết kế silo	8,09 m
Đường kính đáy silo DB (cửa tháo)	2,0 m
Tổng chiều cao của silo	27,7 m
Chiều cao phần hình trụ	18,6 m
Chiều cao phần đáy côn	6,3 m
Chiều cao phần nắp silo	0,83 m
Chiều dày thành silo như Hình 8	10 mm – 8 mm – 6 mm
Tốc độ gió chọn cho thiết kế	160 km/giờ
	Công suất: N = 15 kW
Quạt thổi làm mát	Lưu lượng 2.000 ÷ 2.300 m <sup>3</sup> /h
Góc nghiêng của phần đáy côn silo	$\beta = 26^\circ$
Vật liệu chế tạo silo	Thép tấm CT3
Vật liệu là ống đường dẫn không khí vào	Thép ống $\varphi = 400$ mm
Vật liệu làm móng, cột cho silo	Bê tông cốt thép mác 250
Dự toán kinh phí chế tạo lắp đặt (Nguyễn Hoài Tân, 2013)	1,86 tỷ đồng

Quá trình tính toán thông gió theo điều kiện của Việt Nam ứng với nhiệt độ và ẩm độ của môi trường ở Đồng bằng sông Cửu Long. Quạt gió thông thoáng khí trong silo được thiết kế và đặt phía dưới, không khí thổi vào được phân phối đều trong silo nhờ vào hệ thống ống dẫn. Trong quá trình bảo quản, không khí này vừa làm nhiệm vụ giải nhiệt thừa khi bảo quản, vừa có tác dụng thông gió để tránh hiện tượng vón cục, hạn chế sự phát triển của vi sinh vật, và tránh được sự tồn thất trong quá trình tồn trữ. Khắc phục được yếu điểm

của các silo đang được sử dụng trong các nhà máy, công ty hiện nay. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm inventor để thiết kế, mô phỏng quá trình lắp đặt silo, cũng như quá trình thông gió trong silo với kết quả hoàn toàn khả thi cho chế tạo và vận hành.



**Hình 8: Sơ đồ silo được thiết kế**

### 5 KẾT LUẬN

Việc tính toán và thiết kế cải tiến silo năng suất chứa 500 tấn đã được thực hiện dựa trên những tiêu chuẩn Eurocode, quá trình thông gió được tính theo tiêu chuẩn Việt Nam, phù hợp với điều kiện khí hậu Việt Nam. Silo thiết kế với mục đích sử dụng để bảo quản và tồn trữ cám viên phục vụ quá trình trích ly dầu cám. Nghiên cứu thiết kế này giúp cho quá trình chế tạo thiết bị silo trong nước được thực hiện dễ dàng, góp phần cho việc phát triển và sử dụng thiết bị và công nghệ trong nước, giảm chi phí đầu tư gần 1 tỷ đồng so với thiết bị ngoại nhập. Với hệ thống thông gió, silo được thiết kế khắc phục được nguyên nhân dẫn đến hư hỏng và làm giảm chất lượng cám viên trước khi trích ly dầu, tăng hiệu quả của quá trình bảo quản và trích ly dầu cám.



## LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn các anh chị trong Công ty Trích ly dầu cám Cần Thơ đã giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi cho chúng tôi tham quan, khảo sát và hoàn thành nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Song Cầu, 2003. Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống silo bảo quản các hạt nông sản xuất khẩu qui mô 200 ÷ 300 tấn. Hội thảo "nghiên cứu công nghệ và silo bảo quản các nông sản xuất khẩu", Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh.
2. Escoe. A. Keith, 1986. Mechanical design of process systems – Volume 1: Piping and Pressure Vessels. Gulf Publishing Company, Houston, Texas. 324 pp.
3. Eurocode 1- Actions on structures- Part 4: Silo and tanks.
4. Hoàng Đình Tín, Bùi Hải, 2004. Nhiệt động học kỹ thuật và truyền nhiệt, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
5. Hongyu Li, 1994. Analysis of steel silo structure on discrete supports, Department of Civil Engineering & Building Science The University of Edinburgh Edinburgh, Scotland, UK.
6. Jesper Knijnenburg, 2008. Influence of vibrations on particle flow behavior. Master Thesis - CH3901, Institute of Building Engineering, Wroclaw University of Technology, Poland.
7. Nguyễn Hoài Tân, 2013. Thiết kế silo chứa cám viên 500 tấn phục vụ trích ly dầu. Luận văn Thạc sĩ, ĐH Bách Khoa TP HCM, 06/2013.
8. Nguyễn Tường Long và ctv., 2010. Xây dựng chương trình tính toán silo dùng APDL và Visual Basic. Journal of Science & Technology Development, Vol 13, No.K5, 28-40.
9. U.S. Grain Council, 2012. Grain Inventory and Silo Management. Technical Seminar, Ho Chi Minh City, 12/2012.
10. Wong Hong Wu, 1990. Static and Dynamic Analysis of the flow of bulk Materials Through Silos. University of Wollongong, Australia.
11. [www.wilmar-agro.com.vn/san-pham/dau-cam-gao/dau-chiet-xuat-tu-cam-gao-nguon-thuc-pham-chuc-nang-moi.aspx](http://www.wilmar-agro.com.vn/san-pham/dau-cam-gao/dau-chiet-xuat-tu-cam-gao-nguon-thuc-pham-chuc-nang-moi.aspx), truy cập ngày 02/06/2013.