



XÁC ĐỊNH ĐỘ BỀN CỦA ĐĨA GẮN CÁC CÁNH ĐỘNG ĐUÔI HÌNH CHỮ T CỦA TUABIN

Trương Ngọc Tuấn¹, Nguyễn Hải Hà¹, Nguyễn Khắc Thông²

¹ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

² Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường

Ngày nhận: 09/06/2016

Ngày sửa chữa: 02/08/2016

Ngày xét duyệt: 05/09/2016

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu xác định độ bền của đĩa gắn các cánh động tuabin hơi, kết quả nghiên cứu làm cơ sở cho việc thiết kế và vận hành tuabin, tránh xảy ra rung động thậm trí sự cố gãy cánh tuabin.

Từ khóa: Độ bền, cánh động tuabin hơi, cánh động đuôi hình chữ T.

Đặt vấn đề

Đĩa chịu tác động của lực ly tâm của khối lượng của chính nó và khối lượng cánh và cả áp suất hơi đi qua cánh [1].

Phần đầu cánh tuabin và máy nén cần tính độ kéo của lực ly tâm và độ uốn do lực tác dụng của áp suất hơi. Nếu tâm trọng lực của tất cả các mặt cắt của cánh không nằm trên đường thẳng đi qua trục quay thì cần xác định lực uốn xuất hiện do lực ly tâm. Lực xoắn có thể xuất hiện ở cánh thường được bỏ qua. Phần đầu cánh tuabin cần được tính toán độ uốn do sự tác động kết hợp các lực ly tâm và áp suất hơi.

Cũng những lực như vậy cần tính cho phần đuôi của cánh tuabin hoặc máy nén khí, hơn nữa phụ thuộc vào kết cấu đuôi, còn có thể xuất hiện lực cắt và lực nén ngoài lực kéo và lực uốn đã nêu.

Khi tính toán đuôi cánh thường chỉ xác định lực ly tâm có thể tạo nên lực kéo, uốn, nén và cắt cho đuôi cánh. Lực uốn xuất hiện do lực khí thường không được tính đến vỡ khi lắp khít đuôi các cánh cạnh nhau thì lực này không lớn.

Ở đây, ta nghiên cứu phương pháp tính toán cho Đuôi dạng chữ T, một trong những kết cấu đuôi phổ biến nhất của phần vành đĩa tuabin.

Mô hình hóa bài toán

1) Phân bố lực ở đuôi cánh chữ T

Lực kéo lớn nhất xuất hiện ở tiết diện AB của đuôi.

Ký hiệu tổng các lực ly tâm đầu cánh và vành, nghĩa là lực do khối lượng nằm trên tiết diện MN là ΣC ; lực ly tâm phần đuôi bị chặn bởi các đường MN và AB là C'_x .

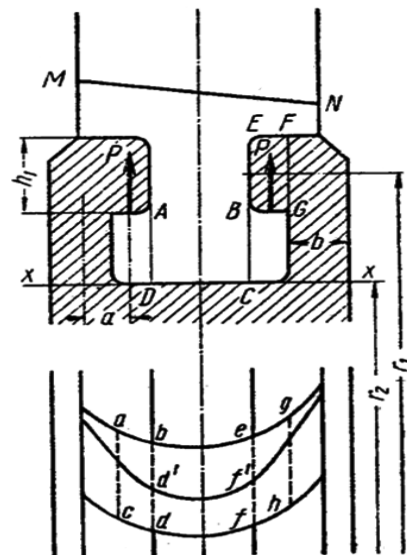
Trong trường hợp đó, lực kéo sẽ là [3]:

$$\sigma_k = \frac{\Sigma C + C'_x}{2f_1} \quad (1)$$

ở đây ΣC - Trọng lực của cánh của cánh, N

C'_x - Lực ly tâm của đuôi cánh, N

f_1 - Diện tích hình befd, cm^2



Hình 1. Đuôi dạng chữ T của cánh động

Lực cắt ở tiết diện AD và BC của đuôi là [3]:

$$\tau = \frac{\Sigma C + C'_x + C''}{2f_2} \quad (2)$$

ở đây C'' - lực ly tâm của đoạn ABCD, N

f_2 - diện tích cắt, bằng $\overline{AD} \cdot \overline{bd}$

Theo các diện tích abdc và egfh (ở cánh phay liền với miềng đệm) ở đuôi xuất hiện lực nén:

$$\sigma_{nén} = \frac{\Sigma C + C'_x}{2f_3} \quad (3)$$

ở đây C_x là toàn bộ lực ly tâm của đuôi (giữa các tiết diện MN và xx);

f_3 là diện tích abdc hay egfh (diện tích thực tế của đuôi không tính gờ và góc lượn).

Ở vành đĩa, ngoài lực ly tâm của cánh và khối lượng vành, còn xuất hiện lực kéo và lực uốn. Khi tính toán các lực này, có thể bỏ qua độ cong của vành và coi nó như dầm phẳng.

Mặt cắt tròn theo trục xx có diện tích $2\pi r_2 b$ chịu lực ly tâm của cánh cùng đuôi, nghĩa là $z_2(\Sigma C + C_x)$ và lực ly tâm $C_{vành}$ của khối lượng vành trên tiết diện xx (không có đuôi cánh). Lực cuối cùng có thể mang hệ số $2/3$, vì vành là vòng tròn và lực ly tâm tạo ra không chỉ là lực hướng tâm mà còn tiếp tuyến. Như vậy [3],

$$\sigma_u = \frac{z_2(\Sigma C + C_x) + \frac{2}{3} C_{vành}}{2\pi r_2 b} \quad (4)$$

Lực P gây uốn vành là tổng hai lực (qua một cánh):

$$P = \frac{\Sigma C + C_x}{2} + \frac{2}{3} \frac{C_{vành}}{z_2} \quad (5)$$

Ở đây z_2 – Số cánh được lắp trên vành

$C_{vành}$ – Lực ly tâm của vòng tròn BEFG, như trên đã nói đưa vào với hệ số $2/3$

R_2, b – Các kích thước lấy theo hình vẽ 1, cm

Mômen uốn ở tiết diện xx là:

$$M = Pa \quad (6)$$

Với a – Kích thước trên hình vẽ 1, cm

Mômen cản của tiết diện này được xác định [4] (bỏ qua độ cong của vành):

$$W = \frac{\pi r_2 b^2}{3z_2} \quad (7)$$

$$\text{Lực uốn: } \sigma_u = \frac{M}{W} \quad (8)$$

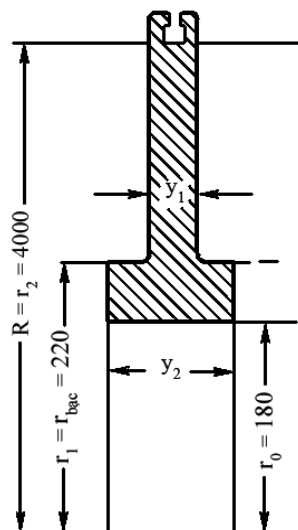
Tổng các lực ở tiết diện xx là: $\sigma = \sigma_p + \sigma_u$

Trong kết cấu đuôi thể hiện trên Hình 1, đại lượng σ_u thấp hơn nhiều. Cuối cùng cần xác định lực cắt ở tiết diện FG của vành:

$$\sigma_{cp} = \frac{0.5(\Sigma C + C_x) + \frac{2}{3} C_{vành}}{2\pi r_1 h_1} \quad (9)$$

ở đây r_1, h_1 – các kích thước hình học trên Hình 1, cm

2) Phân bố lực trên vành Đĩa gắn đuôi chữ T



Hình 2. Vành Đĩa gắn đuôi chữ T

Ứng suất hướng kính trên bề mặt vành đĩa tại bán kính r_2 (xem Hình 2) với hệ số giảm tải x được xác định theo công thức [4]

$$\sigma_{r2} = \frac{C_L + x C_{vành}}{2\pi r_2 y_1} \quad (10)$$

ở đây: C_L – Lực ly tâm của các cánh động, N

$C_{vành}$ – Lực ly tâm của vành đĩa, N

x – Hệ số giảm tải

r_2, y_1 – các kích thước hình học trên Hình 2, cm

Ứng suất tại vòng mỏng

$$\text{Tại bán kính đai R: } \sigma_u = \rho_M u_2 \quad (11)$$

ở đây σ_u – Ứng suất tiếp tuyến tại phần mỏng của vành, N/cm²

ρ_M – Tỷ trọng của kim loại làm đĩa, N

u_2 – Vận tốc vòng ở đai được xác định theo công thức

$$u_2 = \frac{\pi R n}{30} \quad (12)$$

n – Số vòng quay của tuabin trong 1 phút.

Tại bán kính của bạc vành đĩa r_{bac}

$$\sigma'_u = \rho_M u_{bac}^2 \quad (13)$$

ở đây σ'_u – Ứng suất tiếp tuyến tại phần bạc của vành, N/cm²

u_2 – Vận tốc vòng ở bạc của vành đĩa được xác định theo công thức

$$u_{bac} = \frac{\pi r_{bac} n}{30} \quad (14)$$

Ứng suất trên các đường biên của đĩa và tại nơi chuyển tiếp của phần mỏng sang bạc được xác định qua hệ phương trình

a) Đối với bạc đĩa [4]:

$$\sigma_{r0} = l^0 \sigma'_u = l_1^0 \frac{y_1}{y_2} \sigma_{r1} + l_2^0 \sigma_{bac} \quad (15)$$

$$\sigma_{t1} = \sigma_{t_{bac}} + \left(1 - \frac{y_1}{y_2}\right) v \sigma_{r1} \quad (16)$$

b) Đối với phần mỏng của đĩa [4]

$$\sigma_{t1} = k \sigma_u + k_1 \sigma_{r2} + k_2 \sigma_{t2} \quad (17)$$

$$\sigma_{r1} = l \sigma_u + l_1 \sigma_{r2} + l_2 \sigma_{t2} \quad (18)$$

trong đó

σ_u – Ứng suất tiếp tuyến bề mặt trong của bạc đĩa, N/cm²

r_{bac} – bán kính của bạc, cm

u_{bac} – Tốc độ vòng của bạc đĩa, m/s

σ_{r0} – Ứng suất hướng kính bề mặt trong của bạc đĩa, N/cm²

v – hệ số nén ngang

$\sigma_{r1}, \sigma_{r2}, \sigma_{t_{bac}}$ – Các ứng suất hướng kính tại các điểm có $r = r_1, r = r_2, r = r_{bac}$, N/cm².

$\sigma_{t1}, \sigma_{t2}, \sigma_{t_{bac}}$ – Các ứng suất tiếp tuyến tại các điểm có $r = r_1, r = r_2, r = r_{bac}$, N/cm²

$y_1, y_2, r_{bac}, r_0, R$ – Các kích thước của đĩa, xem trên Hình 2, cm

(r_2 – thay đổi từ r_{bac} tới R , còn r_1 thay đổi từ r_0 tới r_{bac})

Các hệ số $l^0, l_1^0, l_2^0, l, l_1, l_2, k, k_1$ và k_2 được xác định theo các công thức sau đây:

$$l^0 = \frac{3,3}{8} \cdot \left[0,7875 - \left(\frac{r_0}{r_1} \right)^2 + 0,2125 \cdot \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^2 \right] \quad (19)$$

$$l_1^0 = 0,5 \cdot \left[1 + \left(\frac{r_0}{r_1} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^2 \quad (20)$$

$$l_2^0 = -0,5 \cdot \left[1 - \left(\frac{r_0}{r_1} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^2 \quad (21)$$

$$l = \frac{3,3}{8} \cdot \left[0,7875 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 + 0,2125 \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \right] \quad (22)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot \left[1 + \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (23)$$

$$l_2 = -0,5 \cdot \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (24)$$

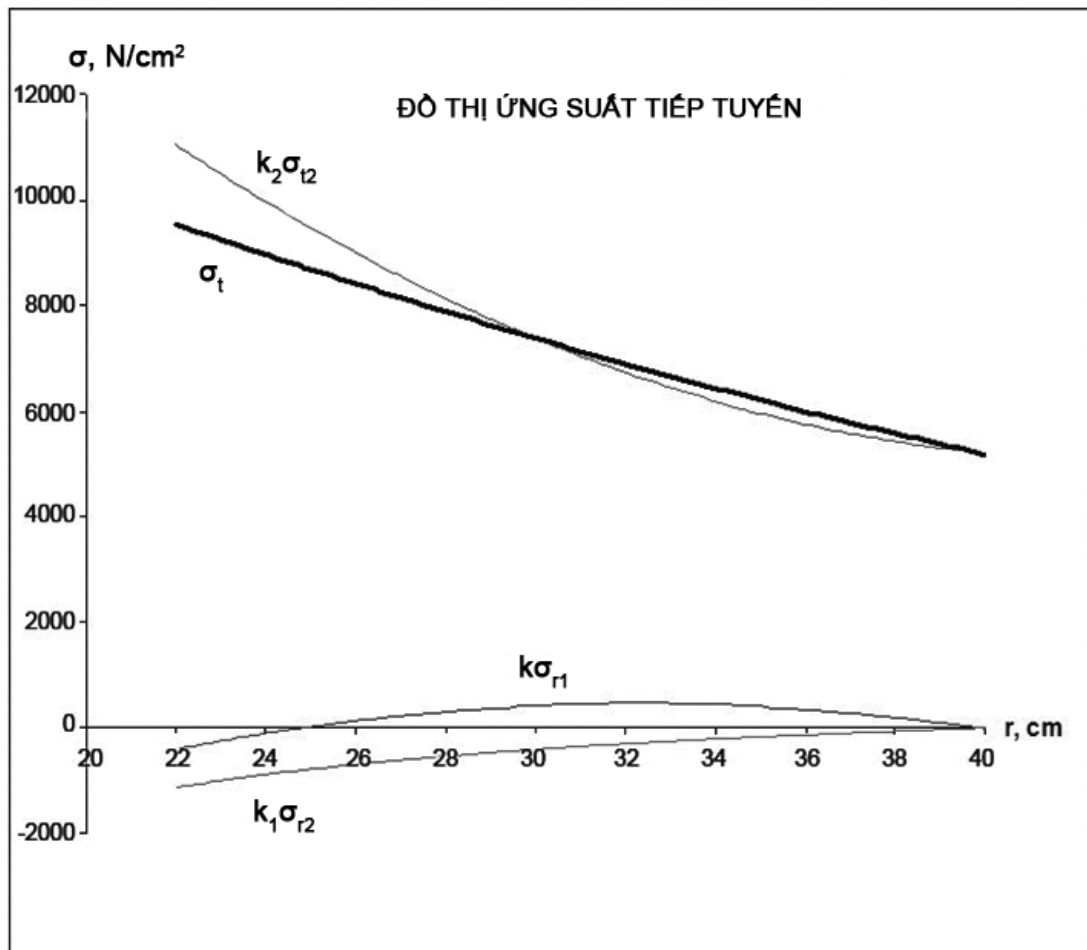
$$k = \frac{3,3}{8} \cdot \left[0,7875 - 0,575 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 - 0,2125 \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \right] \quad (25)$$

$$k_1 = -0,5 \cdot \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (26)$$

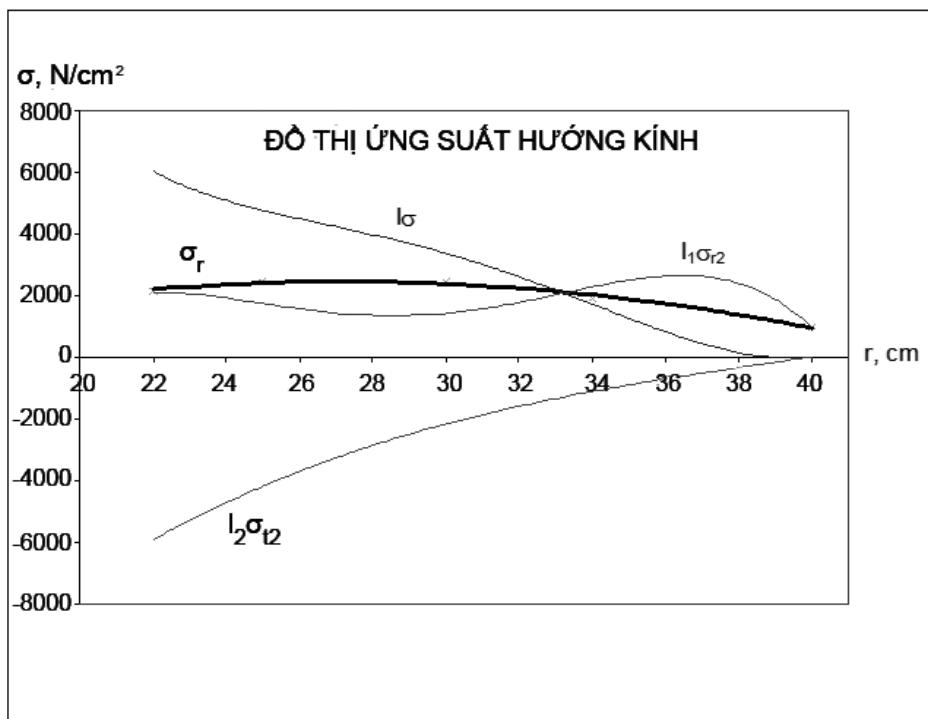
$$k_2 = 0,5 \cdot \left[1 + \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (27)$$

Kết quả tính và thảo luận

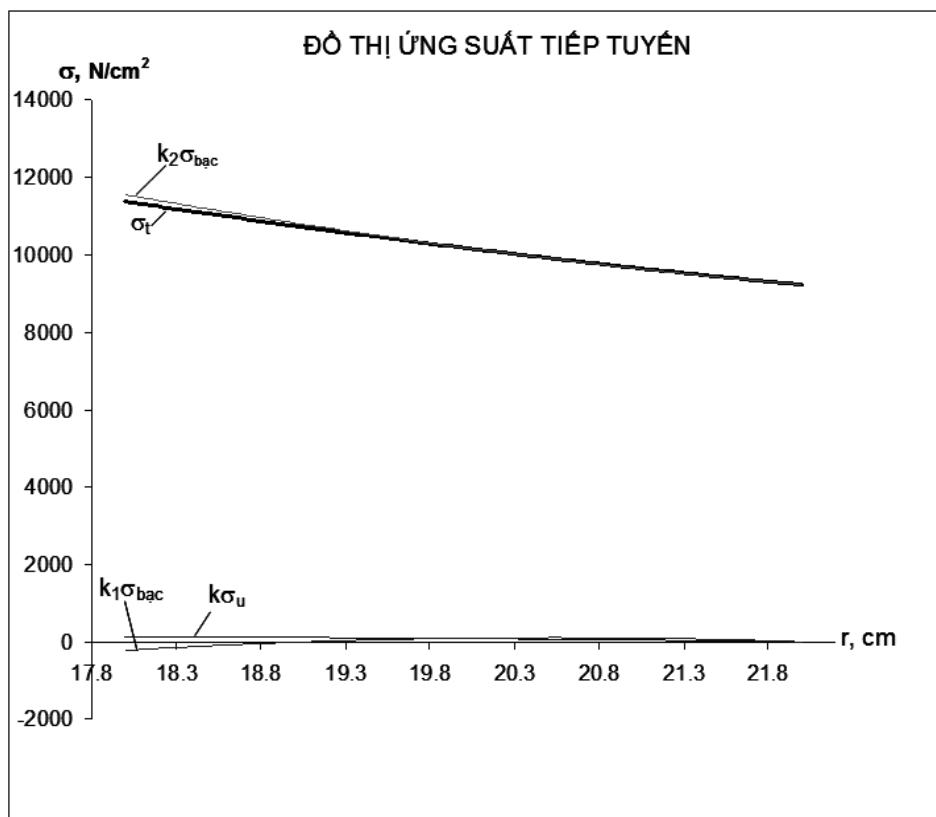
Kết quả tính toán cho tuabin hơi K-25-90 với các thông số [1, 2] $\sigma_u = 12250 \text{ N/cm}^2$; $\sigma_{r_2} = 981 \text{ N/cm}^2$; $\sigma_{t_2} = 5180 \text{ N/cm}^2$; $\sigma'_u = 3730 \text{ N/cm}^2$; $\sigma_{r_{bac}} = 898 \text{ N/cm}^2$; $\sigma_{t_{bac}} = 9220 \text{ N/cm}^2$; $\nu = 0,3$; $x = 0,5$; $r_0 = 18 \text{ mm}$; $r_{bac} = 22 \text{ mm}$; $R = 40 \text{ mm}$; $y_1 = 25 \text{ mm}$; $y_2 = 60 \text{ mm}$; $r_2 = r_{bac} \div R$; $r_1 = r_0 \div r_{bac}$;



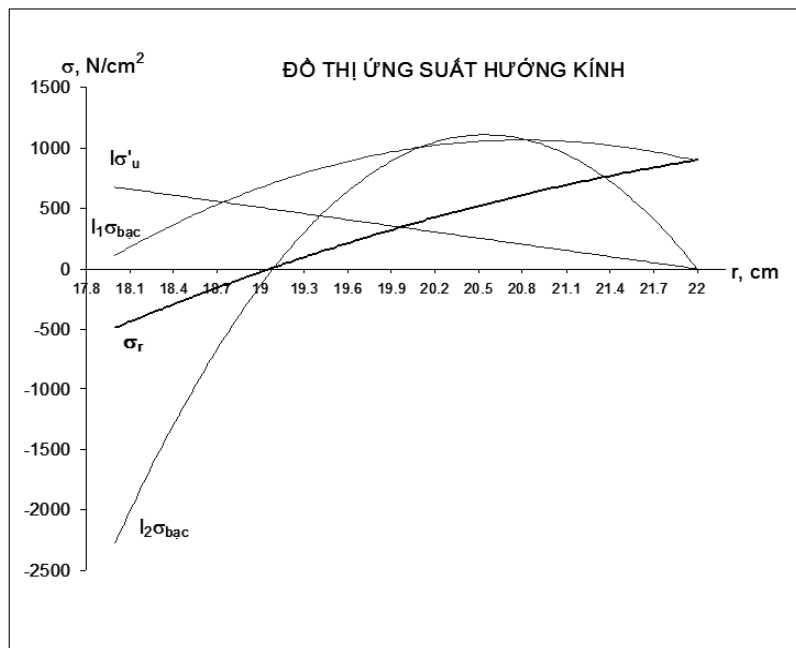
Hình 3. Phân bố ứng suất tiếp tuyến ở phần mỏng của đĩa



Hình 4. Phân bố ứng suất tiếp tuyến ở phần mỏng của đĩa



Hình 5. Phân bố ứng suất tiếp tuyến ở phần bạc của đĩa



Hình 6. Phân bố ứng suất hướng kính ở phần bạc của đĩa

Nhận xét và Kết luận

Trên Hình 3 ta thấy Phân bố ứng suất tiếp tuyến ở phần mỏng của đĩa thay đổi theo r_2 , khi $r_2 = r_{\text{bạc}} = 22\text{mm}$ thì Phân bố ứng suất tiếp tuyến lớn nhất đạt giá trị lớn nhất 9600 N/cm^2 , sau đó giảm dần khi r_2 tăng dần và đạt giá trị nhỏ nhất 5180 N/cm^2 tại $r_2 = R = 40\text{mm}$;

Hình 4 cho phân bố ứng suất hướng kính ở phần mỏng của đĩa thay đổi giảm dần từ 2155 N/cm^2 tới 981 N/cm^2 khi r_2 tăng dần từ gốc $r_2 = r_{\text{bạc}}$ tới đỉnh $r_2 = R$.

Hình 5 cho ta phân bố ứng suất tiếp tuyến ở

phần bạc của đĩa hầu như thay đổi không đáng kể $\sigma_t \approx 10000 \text{ N/cm}^2$ khi r_1 tăng dần từ gốc $r_1 = r_0$ tới đỉnh $r_1 = r_{\text{bạc}}$.

Trên Hình 6 ta thấy phân bố ứng suất hướng kính ở phần bạc của đĩa thay đổi mạnh mẽ theo r_1 , khi $r_1 = r_0 = 18 \text{ mm}$ thì phân bố ứng suất hướng kính lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất -490 N/cm^2 , sau đó tăng khi r_1 tăng và đạt giá trị lớn nhất 898 N/cm^2 tại $r_1 = r_{\text{bạc}} = 22\text{mm}$;

Quá trình tính sức bền của đĩa góp phần quan trọng trong thiết kế và xác định các thông số tối ưu cho quá trình vận hành của Tuabin hơi.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Hoàng Bá Chu, Trương Ngọc Tuấn, Nguyễn Ngọc Dũng, *Tính Nhiệt tuabin hơi*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [2]. Phạm Lương Tuệ, Trương Ngọc Tuấn, Bùi Thanh Hùng, *Bài tập Tuabin Hơi nước*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [3]. A.H.Xmolenxki, *Kết cấu và tính toán các chi tiết của tuabin hơi*, NXB Chế tạo máy, Mátxcova, 1964 (bằng tiếng Nga).
- [4]. A.B.Zurixki, B.A.Xtrukhin, *Kết cấu và tính toán sức bền các chi tiết của tuabin hơi*, NXB Chế tạo máy, Mátxcova, 1968 (bằng tiếng Nga).

DETERMINE THE DURABILITY OF THE WING DISCS MOUNTED ENGINE IN A T-SHAPED TURBINE

Abstract:

Research articles determining the reliability of the disk attached steam turbine rotor blades, research results as a basis for the design and operation of the turbine, avoiding vibration occurs even though the crash fractured turbine blades.

Keywords: The reliability, steam turbine rotor blades, the wing discs mounted engine in a T-shaped Turbine.