

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC RA CÁNH DẪN ĐẾN HIỆU QUẢ LÀM VIỆC VÀ TUỔI THỌ CỦA MÁY BƠM LY TÂM Ở CÁC NHÀ MÁY TUYỂN THAN VÙNG QUẢNG NINH

PGS.TS. VŨ NAM NGẠN, ThS. VŨ NGỌC TRÀ

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

ThS. VŨ VĂN THỊNH - Trường Cao đẳng nghề mỏ Hồng Cẩm

**T**rong dây chuyền công nghệ ở các nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh người ta sử dụng các máy bơm cấp liệu chuyên dùng để vận chuyển dòng hỗn hợp bao gồm: than nguyên khai lẫn đất đá, cát, sỏi... với nước, gọi là dòng hỗn hợp bùn than (dòng hai pha rắn-lỏng). Do tính phức tạp và không ổn định về tính chất và nồng độ của pha rắn trong dòng hỗn hợp bùn than khi bơm tuyển mà sự va đập của pha rắn lên bề mặt cánh dẫn bánh công tác của máy bơm ở phía cửa đẩy gây ra sự mòn hỏng tăng lên và hiệu quả làm việc kém đi. Vì vậy, cần phải nghiên cứu xác định góc cấu tạo cánh dẫn ở lối ra của bánh công tác sao cho hợp lý để phù hợp với quỹ đạo của hạt rắn đi ra khỏi bánh công tác không va đập với bề mặt cánh dẫn, từ đó góp phần làm giảm tốc độ mòn hỏng và tăng hiệu quả làm việc của máy bơm.

## 1. Dòng hỗn hợp bùn than trong bơm cấp liệu ở các nhà máy tuyển than

Ở các Nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh (Vàng Danh, Cửa Ông, Hòn Gai) và một số phân xưởng tuyển than của các mỏ hiện đang sử dụng nhiều loại máy bơm khác nhau của một số nước như Việt Nam, Nga, Australia, Nam Phi... trong dây chuyền công nghệ tuyển than và thải bùn đất. Các máy bơm này có mã hiệu: LTS-250; ПБ-100/31; ГРАТ-170/85; 5ГПК-8; WARMAN66EG, WARMAN100E-MP, WARMAN100EG-MP, WARMAN66EG; METSO-HM200-C5; METSO-HM150-C5; METSO-HM250; METSO-HR200;

Theo hướng kính:

$$W_{r,h} = \frac{dw_{r,h}}{dr} = (k_2 - k_1 k_4) (w_r^2 - g \cos \theta) - 2\omega (k_2 w_{u,h} - k_1 k_4 w_{u,n}) - k_4 \frac{w_{r,n}^2}{r} + \frac{1}{r} (k_2 w_{u,h}^2 - k_1 k_4 w_{u,n}^2) - k_3 \sqrt{(w_{r,n} - w_{r,h})^2 + (w_{u,n} - w_{u,h})^2} (w_{r,n} - w_{r,h}) \quad (1)$$

METSO-V8-80; DENVER-ORION 200/150F-CSA....

Dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng đi qua bơm bao gồm: pha rắn và pha nước. *Pha rắn*: là tập hợp các loại hạt rắn, gồm: than (là chủ yếu), manhêtit, đất đá, sỏi, cát..., chúng rất đa dạng về kích cỡ. Nồng độ pha rắn:  $C_v = 25 \div 45 \%$ ; khối lượng riêng của dòng hỗn hợp:  $\rho_{hh} = 1250 \div 1500 \text{ kg/m}^3$ .

Đặc tính cơ học của các hạt rắn, bao gồm: khối lượng riêng  $\rho_h$ ; cỡ hạt (đường kính trung bình)  $d_h$  từ 0,1 đến 60 mm và hình dáng hạt (độ sắc cạnh). Tất cả những yếu tố nói trên đều ảnh hưởng đến quỹ đạo chuyển động của nó khi đi qua máy bơm, gây ảnh hưởng lớn đến hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy bơm.

Nhưng vấn đề này lại phụ thuộc nhiều vào kết cấu của máy bơm. Một trong những thông số quan trọng trong kết cấu máy bơm là góc cấu tạo cánh dẫn ở lối ra của bánh công tác (thường gọi là góc ra cánh dẫn-ký hiệu là  $\beta_2$ ). Góc  $\beta_2$  có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy bơm.

## 2. Phương trình quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong bánh công tác (BCT) máy bơm ly tâm khi bơm bùn than

Khi máy bơm ly tâm bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng thì các hạt rắn (đặc trưng cho pha rắn) chuyển động trong BCT có các thành phần tốc độ tương đối được xác định theo hai phương của BCT và có các phương trình là [2]:

Theo hướng vòng:

$$W_{r,h} = \frac{dw_{r,h}}{dr} = 2\omega(k_2 w_{r,h} - k_1 k_4 w_{r,n}) - g \sin\theta (k_2 - k_1 k_4) - k_4 w_{r,n} \frac{w_{r,n}^2}{r} - \frac{1}{r} (k_2 w_{u,h} w_{r,h} - k_1 k_4 w_{u,n} w_{r,n}) - k_3 \sqrt{(w_{r,n} - w_{r,h})^2 + (w_{u,n} - w_{u,h})^2} (w_{r,n} - w_{r,h}) \quad (2)$$

Trong đó:  $w_h, w_n, w_{r,h}, w_{r,n}, w_{u,h}, w_{u,n}$  - Tương ứng là tốc độ tương đối, tốc độ hướng kính, tốc độ hướng vòng của hạt rắn và của nước;  $r$  - Bán kính vị trí của hạt rắn đang xét;  $\omega$  - Tốc độ góc của bánh công tác;  $g$  - Gia tốc trọng trường;  $\theta$  - Góc tạo bởi giữa phương của trọng lực tác dụng lên hạt rắn và bán kính vị trí của hạt rắn trong BCT.

$$k_1 = \rho_n / \rho; k_2 = (1 - k_1 C_v) / (1 - C_v); k_3 = 4c_\alpha \rho_n / [3(1 - C_v) d_h \rho_n]; k_4 = (\rho_n / \rho) \quad (3)$$

Ở đây:  $\rho, \rho_n, \rho_h$  - Tương ứng là khối lượng riêng của dòng hỗn hợp của nước và của hạt rắn;  $C_v$  - Nồng độ vận tải thể tích của pha rắn;  $d_h$  - Đường kính trung bình của hạt rắn;  $c_\alpha$  - Hệ số cản động học của hạt rắn.

Để giải hệ phương trình vi phân (1) và (2), ta lập chương trình tính toán theo phần mềm TurboPascal. Kết quả nhận được từ chương trình tính toán này có thể xây dựng được quỹ đạo chuyển động của hạt rắn đi qua máy bơm ly tâm từ cửa hút đến cửa đẩy của nó.

Theo chương trình tính toán của phần mềm này, ta có thể áp dụng cho bất cứ loại máy bơm nào dùng để bơm dòng hỗn hợp bùn than theo 3 thông số chính của hạt rắn, đó là: khối lượng riêng ( $\rho_h$ ), đường kính trung bình ( $d_h$ ) và nồng độ vận tải ( $C_v$ ).

Để thấy rõ được ảnh hưởng của 3 thông số này đến quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong máy bơm ly tâm, ta có thể lần lượt thay đổi một trong 3 thông số đó và giữ nguyên 2 thông còn lại. Mặt khác, cũng từ chương trình tính toán này có thể thay đổi các thông số kết cấu của máy bơm như: đường kính cửa hút  $D_1$ , cửa đẩy  $D_2$ ; chiều dày cánh dẫn ( $s$ ); số cánh dẫn ( $z$ ); chiều rộng cánh dẫn ở cửa hút ( $b_1$ ), ở cửa đẩy ( $b_2$ ); góc vào ( $\beta_1$ ) và góc ra ( $\beta_2$ ) của cánh dẫn. Hoặc có thể thay đổi các thông số làm việc của máy bơm, như: lưu lượng ( $Q$ ), cột áp ( $H$ ), tốc độ quay ( $n$ ).

Để xem xét ảnh hưởng của quỹ đạo hạt rắn đến sự làm việc và tuổi thọ của máy bơm khi bơm hỗn hợp bùn than, ta áp dụng tính toán cho các máy bơm đang dùng ở Công ty Tuyển than Hòn Gai và Cửa Ông, trong trường hợp chỉ thay đổi góc ra của cánh dẫn  $\beta_2$ , còn các thông số khác không thay đổi (xem H.1 đến H.6).

Đặc điểm của các máy bơm này là đều bơm hỗn hợp bùn than có các thành phần hạt rắn rất

phức tạp, như  $Fe_3O_4$ , than, cát sỏi, bùn đất... mà chúng rất khác nhau về kích thước, khối lượng riêng và nồng độ vận tải, như: thành phần  $Fe_3O_4$ :  $d \leq 0.1$  mm,  $d_h = 6 \div 60$  mm,  $\rho_h = 1080 \div 1550$  kg/m<sup>3</sup>,  $c_v = 35 \div 45$  %; bùn đất chiếm khoảng 4 ÷ 7 %. Khối lượng riêng trung bình của tất cả các thành phần chất rắn này vào khoảng 1200 ÷ 1450 kg/m<sup>3</sup>.

Kết quả tính toán là nhận được các thành phần tốc độ tương đối của pha rắn và pha nước theo hai phương của BCT; các góc vị trí và góc bao quỹ đạo của hạt rắn phụ thuộc vào bán kính vị trí ( $r$ ) trong BCT:  $w_{r,n}, w_{u,n}, w_{r,h}, w_{u,h}, w_h, \beta_n, \varphi_n$ . Với kết quả này, ta vẽ được quỹ đạo chuyển động của pha rắn như trên các hình từ H.1 đến H.6. Đó là các quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT của 2 máy bơm ly tâm METSO-HM250 và DENVER-ORION 200/150F, khi ta thay đổi góc ra cánh dẫn  $\beta_2$ .

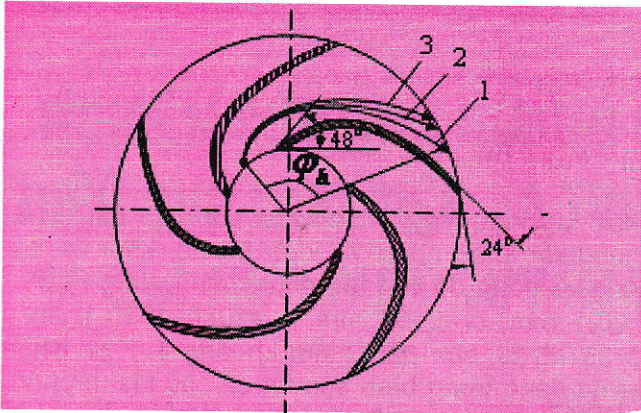
### 3. Nhận xét

Quan sát quỹ đạo chuyển động của 03 loại hạt rắn có đường kính trung bình khác nhau ( $d_{h1}, d_{h2}, d_{h3}$ ) từ H.1 đến H.6, chúng ta đều nhận thấy rằng khi thay đổi góc ra cánh dẫn  $\beta_2$  (từ H.1 đến H.3:  $\beta_2 = 24^\circ, 27^\circ$  và  $30^\circ$ ; từ H.4 đến H.6:  $\beta_2 = 28^\circ, 32^\circ$  và  $35^\circ$ ) thì sự tiếp xúc và va đập của các hạt rắn với bề mặt cánh dẫn ở lối ra là khác nhau.

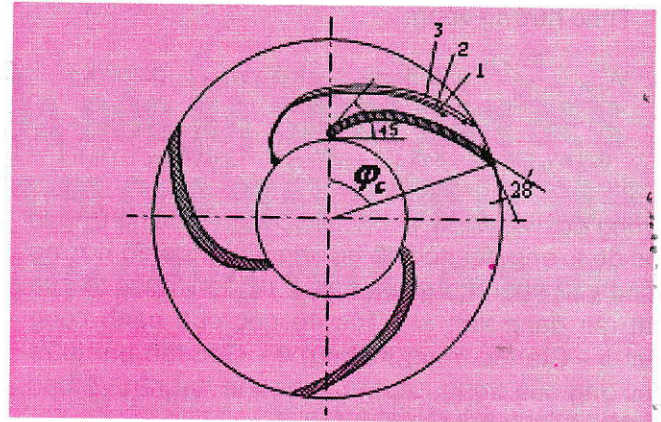
Cụ thể là khi góc  $\beta_2$  tăng dần thì các hạt rắn có xu hướng tiếp xúc, va đập vào bề mặt cánh dẫn ở lối ra của BCT sớm hơn và tăng lên cả về số lượng hạt cũng như cường độ va đập. Điều đó sẽ làm cho các cánh dẫn nhanh mòn hỏng hơn và do đó làm giảm hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy bơm [2, 5, 6].

Mặt khác, khi đường kính của hạt rắn ( $d_h$ ) tăng lên thì đường cong quỹ đạo của nó sẽ ngắn đi (tương ứng với góc bao quỹ đạo của hạt rắn  $\varphi_n$  nhỏ lại), có nghĩa là sự tiếp xúc, va đập của nó vào bề mặt cánh dẫn ở lối ra sẽ nhanh hơn và do đó sẽ tăng lên cả về số lượng hạt cũng như cường độ va đập. Điều này cũng làm cho các cánh dẫn nhanh mòn hỏng hơn.

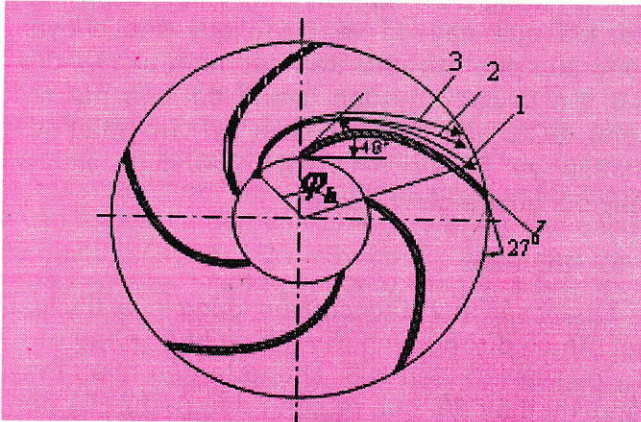
Cũng giải thích tương tự, nếu như khối lượng riêng ( $\rho_h$ ), hoặc nồng độ vận tải ( $C_v$ ) của hạt rắn tăng lên thì đều có hiện tượng và khả năng xảy ra như đối với khi tăng đường kính hạt rắn.



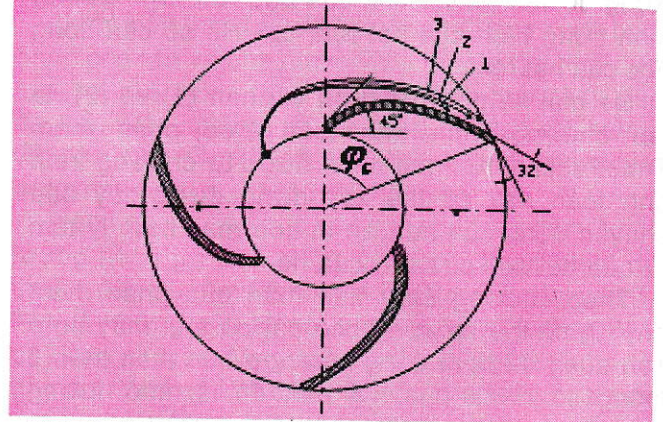
H.1. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250.  $Q=600 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=25 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1475 \text{ v/ph}$ ;  $N=75 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,67$ ;  $Z=5$ ,  $\beta_2=30^\circ$ .  $C_v=40 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=35 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=15 \text{ mm}$ .



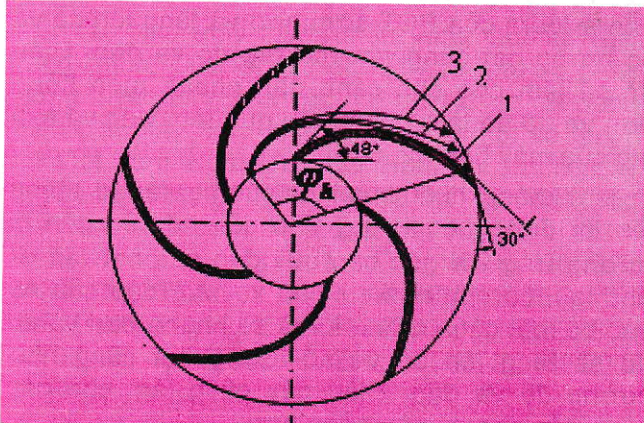
H.4. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F.  $Q=365 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=18 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1480 \text{ v/ph}$ ;  $N=110 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,85$ ;  $Z=3$ ,  $\beta_2=28^\circ$ ;  $C_v=45 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=45 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=30 \text{ mm}$ .



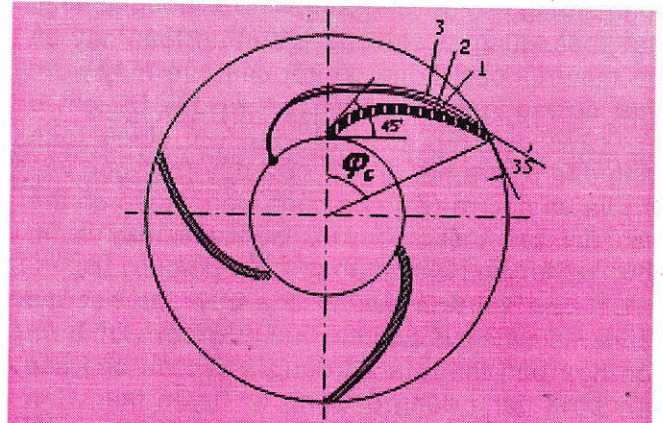
H.2. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250.  $Q=600 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=25 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1475 \text{ v/ph}$ ;  $N=75 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,67$ ;  $Z=5$ ,  $\beta_2=27^\circ$ .  $C_v=40 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=35 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=15 \text{ mm}$ .



H.5. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F.  $Q=365 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=18 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1480 \text{ v/ph}$ ;  $N=110 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,85$ ;  $Z=3$ ,  $\beta_2=32^\circ$ ;  $C_v=45 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=45 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=30 \text{ mm}$ .



H.3. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250.  $Q=600 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=25 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1475 \text{ v/ph}$ ;  $N=75 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,67$ ;  $Z=5$ ,  $\beta_2=24^\circ$ .  $C_v=40 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=35 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=15 \text{ mm}$ .



H.6. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F.  $Q=365 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H=18 \text{ mH}_2\text{O}$ ;  $n=1480 \text{ v/ph}$ ;  $N=110 \text{ kW}$ ;  $\eta_{tt}=0,85$ ;  $Z=3$ ,  $\beta_2=35^\circ$ ;  $C_v=45 \%$ ;  $\rho_h=1420 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{h1}=60 \text{ mm}$ ;  $d_{h2}=45 \text{ mm}$ ;  $d_{h3}=30 \text{ mm}$ .

Từ các kết quả trên, ta nhận thấy rằng khi góc cánh tạo cánh dẫn ở lối ra BCT ( $\beta_2$ ) mà lớn thì khả năng va đập của pha rắn vào bề mặt cánh dẫn sẽ tăng lên. Mặt khác, khi một trong ba, hoặc cả ba thông số của hạt rắn ( $\rho_h$ ,  $d_h$  và  $C_v$ ) mà tăng lên thì sự tiếp xúc và va đập của nó vào bề mặt cánh dẫn ở lối ra của BCT cũng đều sẽ tăng lên. Như vậy, đối với các máy bơm ly tâm khi bơm bùn than, góc ra cánh dẫn  $\beta_2$  càng nhỏ thì càng tránh được sự va đập của pha rắn. Tuy nhiên, khi góc  $\beta_2$  quá nhỏ thì sự va đập của các hạt rắn lại đến từ phía mặt bụng (mặt dưới) của cánh dẫn. Mặt khác, khi góc  $\beta_2$  nhỏ thì khả năng tạo áp suất toàn phần bị giảm đi và tổn thất áp suất của dòng chảy qua máy sẽ tăng lên, như vậy sẽ làm giảm hiệu suất của máy bơm. Một cách hợp lý nhất là ta phải lựa chọn góc  $\beta_2$  sao cho phù hợp với quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong BCT. Theo kinh nghiệm và kết quả của một số tài liệu nghiên cứu, góc vào và ra của cánh dẫn có thể chọn trong phạm vi:  $30^\circ \leq \beta_1 \leq 45^\circ$ ;  $20^\circ \leq \beta_2 \leq 30^\circ$ . Đối với máy bơm nước sạch, để bảo đảm tổn thất áp suất nhỏ, lấy  $\beta_2$  theo số vòng quay đặc trưng ( $n_s$ ), còn theo Stepanov thì có thể lấy  $\beta_2$  từ  $18-20^\circ$ . Ngoài ra góc  $\beta_2$  còn có ảnh hưởng quyết định đến các thành phần áp suất của máy bơm [1]. Trong thực tế, góc  $\beta_2$  được chọn sao cho phù hợp với góc vào  $\beta_1$  và cũng phải phù hợp với tính chất của pha rắn theo 3 thông số:  $\rho_h$ ,  $d_h$  và  $C_v$  [2, 4, 5, 6]. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Sương, Vũ Nam Ngạn. Giáo trình Máy thủy khí, Hà Nội-2010.
2. Vũ Nam Ngạn. Khảo sát sự mòn hỏng bánh công tác của máy bơm ly tâm khi bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng. Báo cáo tại Hội nghị Khoa học lần thứ 12 Trường Đại học Mỏ-Địa chất, tháng 11- 1996.
3. Vũ Nam Ngạn. Ảnh hưởng của góc vào cánh dẫn đến quỹ đạo của hạt rắn trong bánh công tác máy bơm ly tâm dùng để bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn lỏng. Tạp chí KHKH Mỏ-Địa chất, Số 16, tháng 10 -2006. Tr. 66-68.
4. Vũ Ngọc Trà. Nghiên cứu chế độ làm việc của bơm ly tâm dưới ảnh hưởng của hạt rắn trong dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng tại nhà máy tuyển than Hòn Gai. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật. Trường đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội-2011.
5. Vũ Văn Thịnh. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự làm việc của máy bơm ly tâm dùng để bơm cấp liệu tại Công ty tuyển than Cửa Ông và phương pháp nâng cao hiệu quả làm việc của chúng. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội-2010.
6. Gao Zhi-qing; Xu Hongyuan; Wu Yu-Lin. 1992. Experimental study on motion of solids particle in centrifugal pump impellers. International conference on pumps and systems. K3, p.504-512.

Người biên tập: Đào Đắc Tạo

### SUMMARY

The paper presents the research results on the effects of blade exit angle to the working efficiency and longevity of centrifugal pump used at Quảng Ninh coal preparation plants. The choice of suitable angle with its trajectory of particle in the centrifugal pump impellers will be improved the performance efficiency and longevity of them.

## NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ...

(Tiếp theo trang 53)

lấy theo kinh nghiệm của các nước là không phù hợp, vì vậy sau khi xác định phụ tải tính toán theo phương pháp này cần phải hiệu chỉnh với hệ số hiệu chỉnh có thể lấy trung bình bằng  $k_{hc}=0,4$ ;

❖ Một lượng lớn vốn đầu tư bị lãng phí do năng lực trang thiết bị chưa sử dụng triệt để (chỉ đạt 18,9 %) trong khi đó tính toán với điều kiện Việt Nam là 27,8 %. Như vậy một phần năng lực trang thiết bị chưa được sử dụng, một lượng khá lớn vốn đầu tư bị lãng phí. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Anh Nghĩa, Trần Bá Đê. Giáo trình Điện khí hóa mỏ. NXB Giao thông Vận tải, 1997.
2. Nguyễn Anh Nghĩa. Hệ thống cung cấp điện mỏ. NXB Giao thông Vận tải. Hà Nội, 2007.
3. Đỗ Như Ý. Nghiên cứu đánh giá tình trạng sử dụng trang thiết bị ở các mỏ lộ thiên. Tạp chí Công nghệ mỏ. Số 4. 2009.
4. Р.Г. Беккер, В.В. Дегтярев, Л. В. Седаков и др. Электрооборудование и электроснабжение участка шахты. Справочник/ - М.: Недра, 1983
5. П.Л. Светличный, Справочник энергетика угольной шахты, Издательство "Недра", Москва, 1971.

Người biên tập: Đào Đắc Tạo

### SUMMARY

The article shows some research results on current situation evaluation of using electric equipments at the underground mines in Quảng Ninh province.