

NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN VÀ ĐỀ XUẤT THIẾT BỊ LỌC BỤI ƯỚT HƯỚNG TÂM TIÊU CHUẨN

Đinh Xuân Thắng

Viện Môi trường & Tài nguyên – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 11 tháng 01 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 17 tháng 02 năm 2005)

TÓM TẮT: Xử lý bụi và khí độc là hai vấn đề quan tâm hàng đầu hiện nay đối với ô nhiễm không khí do các nguồn thải gây ra. Với đặc thù của khí thải trong điều kiện nền sản xuất công nghiệp vừa và nhỏ, nguyên, nhiên liệu tận dụng và tái chế..., các thiết bị lọc ướn (tháp rửa khí rỗng, tháp đệm, tháp sủi bọt, ...) thường làm việc với hiệu suất không ổn định và dễ gây tắc nghẽn thiết bị... Do đó việc nghiên cứu và đề xuất thiết bị và phương pháp lọc mới nhằm khắc phục các nhược điểm nêu trên là hết sức cần thiết và cấp bách. Kết quả nghiên cứu của tác giả nhằm lựa chọn và thiết kế thiết bị lọc ướn hướng tâm có hiệu suất cao, chế tạo và vận hành đơn giản, chi phí vận hành thấp, đặc biệt thiết bị này làm việc với hiệu suất khá ổn định.

1. Đặt vấn đề

Quá trình lọc bụi và khí độc thực chất là quá trình lôi kéo bụi và khí độc ra khỏi dòng khí bị ô nhiễm trước khi thải ra môi trường và có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau. Trong thực tế người ta thường kết hợp xử lý bụi và khí độc bằng phương pháp ướn với các thiết bị: tháp rửa khí rỗng, tháp đệm, sủi bọt, ly tâm, thiết bị lọc quán tính và thiết bị Ventury.

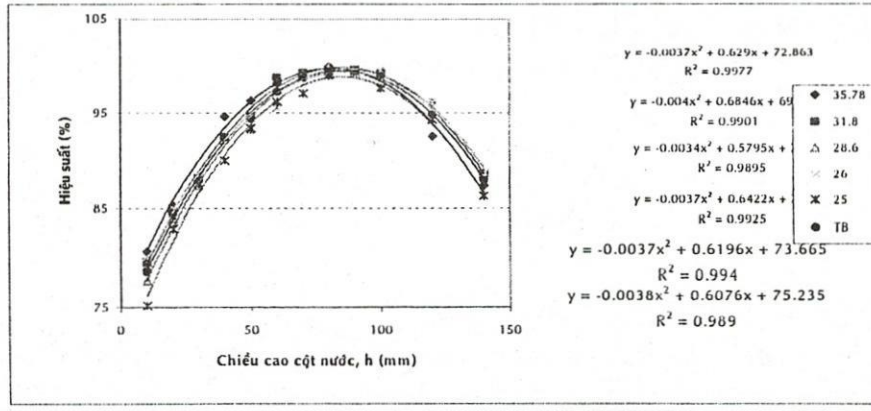
Việc nâng cao hiệu quả lọc, khắc phục các nhược điểm thường thấy như trên bằng cách ứng dụng hiệu ứng xoáy của dòng không khí kết hợp với việc tạo sương bằng xung va đập là nội dung của Luận án Tiến Sĩ mà tác giả đã nghiên cứu và bảo vệ thành công đạt loại xuất sắc. Kết quả nghiên cứu này đã được tác giả đăng trên tạp chí "Tạp chí phát triển khoa học công nghệ" của ĐHQG TP. HCM phát hành 11/2004.

Bằng mô hình thực nghiệm có kích thước thiết bị giống như công trình ngoài thực tế nhằm xử lý bụi cho các xí nghiệp công nghiệp vừa và nhỏ (lưu lượng dòng khí $L = 4.000 - 4.500 \text{ m}^3/\text{h}$, đường kính thiết bị sẽ là 880mm, chiều cao $H = 1.750 \text{ mm}$, công suất của quạt gió: $N_{qg} = 6\text{HP}$, và thiết bị phun sương có công suất quạt 0,5HP), nghiên cứu được thực hiện với bụi Cao lạnh có thành phần của hạt bụi được xác định với các thông số như sau:

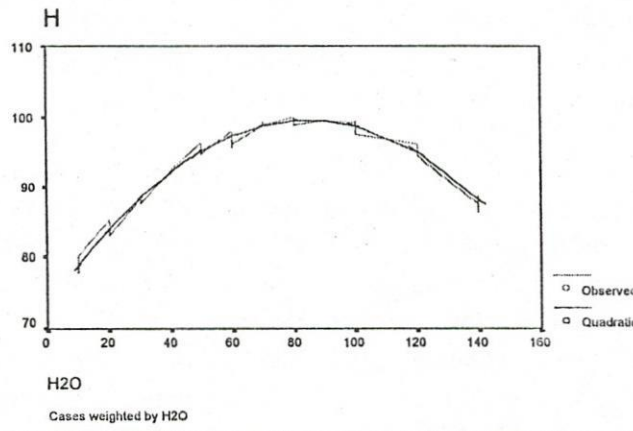
- Dung trọng rời tự nhiên : $\gamma_{\mu} = 0,899 \text{ g/cm}^3$
- Độ ẩm : $w = 4,88 \%$
- Dung trọng khô : $\gamma_k = 0,065 \text{ g/cm}^3$

Thiết bị làm việc trên nguyên tắc: Không khí có chứa bụi được đưa vào phía dưới thiết bị theo nguyên lý tạo ngẫu lực ngược chiều nhằm tạo sự xáo trộn và cường hoá quá trình tiếp xúc giữa dòng khí và dòng chất lỏng chuyển động trong lõi dòng. Bụi sẽ được giữ lại trong chất lỏng theo các nguyên tắc va đập, tiếp xúc hoặc khuếch tán. Khí thải sau khi tiếp xúc với dung môi, khử bụi sẽ được thải ra phía trên thiết bị qua lớp ngăn ẩm. Dòng chất lỏng sau khi tiếp xúc rơi xuống đáy thiết bị vào hệ thống thu gom. Chất lỏng này được tuần hoàn với chu kỳ được tính toán để duy trì hiệu suất lọc ướn của thiết bị. Quá trình thí nghiệm được thực hiện 4 lần lặp lại với các thông số được thay đổi: Tốc độ của dòng khí vào w (m/s), chiều cao lớp nước đáy thiết bị h (m), nồng độ bụi đầu vào thay đổi từ vài trăm mg/m^3 cho tới gần 10.000 mg/m^3 . Dùng nguyên lý xác suất thống kê và các phần mềm Exell và SPSS for Window để xử lý số liệu, các kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu suất của thiết bị phụ thuộc vào các yếu tố như trên biểu đồ H.1.1 trình bày.

Sử dụng phần mềm SPSS for Window để xử lý số liệu và vẽ biểu đồ, ta cũng có thể xác định được sự phụ thuộc của hiệu suất của thiết bị vào chiều cao của lớp nước dưới đáy thiết bị như hình 1.2 dưới đây.



Hình 1.1. Hiệu suất thiết bị ở các vận tốc khác nhau



Hình 1.2 : Sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao lớp nước ở đáy thiết bị

Phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao lớp nước có dạng

$$\eta = -0,003759 x^2 + 0,636346 x + 72,731 \quad R^2 = 0,9883$$

NHẬN XÉT:

1. Hiệu suất xử lý bụi của thiết bị đạt rất cao và không phụ thuộc vào nồng độ bụi đầu vào (vài trăm mg/m³ cho đến gần 10.000 mg/m³).
2. Tuy nhiên vận tốc hợp lý cho hiệu quả xử lý ổn định nhất nằm trong khoảng 26 ÷ 32 m/s. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với các giá trị vận tốc mà tác giả đã áp dụng ngoài thực tế ở một số công trình.
3. Hiệu suất đạt cực đại ở H = 80mm trong hầu hết các lần thí nghiệm.
4. Qua quan sát bằng thực tế trên mô hình cho thấy chiều cao của xoáy lốc rộng tối đa đạt ở khoảng 700 ÷ 800mm. Điều này cho thấy với chiều cao của các thiết bị xử lý thông thường (tháp đệm, mâm, sủi bọt...) thiết bị này có thể có chiều cao thấp hơn và sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao thường là không đáng kể.
5. Tất cả các phương trình hồi quy trong cả hai phương pháp xử lý số liệu Excel và SPSS for Window đều có dạng giống nhau. Đặc biệt là hệ số hồi quy R² đều đạt giá trị trên 0,98 ÷ 0,99. Điều này cho thấy kết quả này hoàn toàn có thể chấp nhận được với độ tin cậy rất cao.
6. Nếu sử dụng thiết bị này chỉ để xử lý bụi hoặc hỗn hợp khí thải chứa cả bụi và khí độc ở nồng độ thấp thì không cần sử dụng thiết bị tạo sương bằng nguyên tắc tạo xung như trên.
7. Tổn thất áp lực của thiết bị khá nhỏ từ 80 đến tối đa 100 mm H₂O. Công suất điện tiêu tốn thấp hơn rất nhiều so với các loại thiết bị khác (gần 5,5, HP so với 7,5 HP ở các thiết bị khác).
8. Tiếng ồn của thiết bị khi tiến hành thí nghiệm đo được giá trị cao nhất là 87 dBA, thấp nhất là 76,6 dBA. Các giá trị này còn thấp hơn tiêu chuẩn cho phép của tiếng ồn trong xưởng sản xuất (theo TCVN. 1995 tiếng ồn trong xưởng sản xuất là 90 dBA).

Những tồn tại cần giải quyết:

Qua quan sát các thí nghiệm, tác giả cho rằng: chiều cao và đường kính thiết bị ảnh hưởng không đáng kể đến hiệu suất của thiết bị. Tuy nhiên để có cơ sở thực tế chứng minh nhận định trên, việc nghiên cứu nó trên mô hình là rất cần thiết. Đề tài này sẽ tập trung giải quyết vấn đề đó. Trên cơ sở đó đề xuất mẫu thiết bị chuẩn với bảng tra cứu các thông số thiết kế thiết bị ứng dụng nguyên lý hướng tâm này.

2. Phương hướng giải quyết

Để giải quyết mục tiêu trên nội dung nghiên cứu của đề tài là tập trung nghiên cứu các nội dung chính sau:

- Nghiên cứu ảnh hưởng đường kính thiết bị đến hiệu suất lọc.
- Nghiên cứu ảnh hưởng chiều cao thiết bị đến hiệu suất lọc bụi.
- Đề xuất thiết bị lọc ướt hướng tâm tiêu chuẩn.

Kế thừa các kết quả nghiên cứu trong Luận án Tiến sỹ, tác giả tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của chiều cao và đường kính của thiết bị đến hiệu suất lọc. Với các thông số đã lựa chọn thích hợp (tốc độ của dòng khí đầu vào, tốc độ dòng khí qua tiết diện ngang, chiều cao lớp nước dưới đáy thiết bị..., hiệu suất (η) thiết bị bây giờ còn phụ thuộc vào hai thông số H và D:

$$\eta = f(H, D); \quad (1-1)$$

Trong đó: η – hiệu suất lọc bụi của thiết bị (%);

H – chiều cao thiết bị (mm)

D – đường kính thiết bị (mm)

Phương trình (1-1) chưa thể giải được bằng phương pháp toán học thông thường vì chưa xác định được quy luật của mối quan hệ giữa các thông số và chưa xác định được các điều kiện đơn trị. Bằng thực nghiệm, tác giả sẽ dùng mô hình thực nghiệm để giải bài toán này.

Với mô hình thí nghiệm trên, mô hình được gia công lại phần thân thiết bị thành các modul có thể nối ghép dễ dàng và thay đổi trong quá trình thí nghiệm nhưng vẫn giữ được các nguyên tắc như đã trình bày ở trên. Tổ hợp các modul cho ta bảng chiều cao thiết bị như trong bảng 1.1 sau:

Bảng 1.1. Thay đổi chiều cao của thiết bị

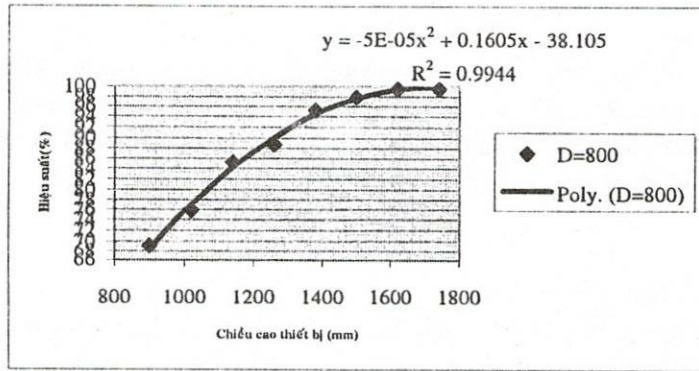
Chiều cao (m)	Số modul kết hợp	Chiều cao(mm)
Ho(Hmin)	a1+a4	900
H1	a1+a4+a2	1020
H2	a1+a4+a3	1140
H3	a1+a4+a2+a3	1260
H4	a1+a4+2a3	1380
H5	a1+a4+2a3+a2	1500
H6	a1+a4+3a3	1620
H7(Hmax)	a1+a4+3a3+a2	1740

Trong đó: a1-a4 là các modul có chiều cao như sau: a1=a4=450mm, a2=120mm, a3=240mm.

Đối với đường kính của thiết bị, sau khi thí nghiệm với mô hình thay đổi chiều cao, tìm chiều cao tối ưu cho hiệu suất cao nhất, mô hình được gia công có các đường kính là 650mm, 700mm, 750mm, 800mm có cùng chiều cao tối ưu trên.

3. Kết quả thí nghiệm**3.1. Thí nghiệm thay đổi chiều cao thiết bị**

Thí nghiệm được tiến hành với bụi Caolan ở từng độ cao từ Hmin đến Hmax. Ở từng độ cao thí nghiệm được thực hiện 10 lần, đo nồng độ bụi vào và ra đồng thời, tính hiệu suất trung bình cho từng độ cao, và dùng phần mềm Excel cho phương trình hồi quy như trong hình 3.1



Hình 3.1. Sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao

Từ kết quả Hình 3.1 cho thấy phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao thiết bị như sau:

$$\eta = -5 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,1605x - 38,105 \quad \text{với} \quad R^2 = 0,9944 \quad (1.2)$$

Trong đó: η là hiệu suất thiết bị(%).

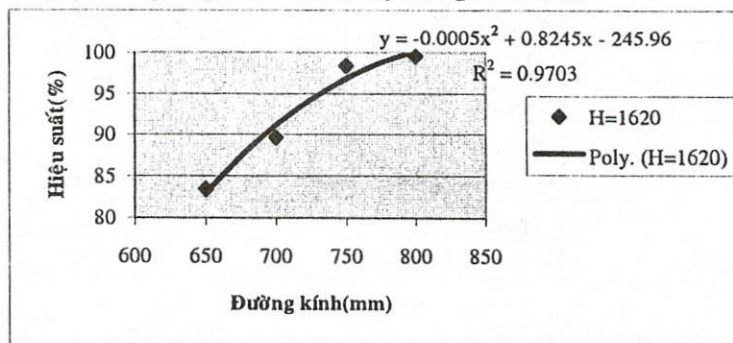
x là chiều cao thiết bị(mm).

Nhận xét:

- Hiệu suất thiết bị tăng dần theo độ cao thiết bị, ở độ cao gần với độ cao vòi rồng hiệu suất còn thấp là do bụi chưa gom hết vào tâm và thời gian tiếp xúc giữa pha lỏng và pha khí chưa đủ.
- Ở độ cao từ 1500mm trở lên hiệu suất tăng rất chậm. Ở độ cao này trở lên ảnh hưởng của vòi rồng đã hết, nhưng vẫn còn một lượng nhỏ bụi đi theo dòng khí ra ngoài là do thời gian tiếp xúc giữa pha lỏng và pha khí chưa đủ.
- Từ độ cao 1620mm hiệu suất hầu như không tăng, ở độ cao này trở lên ảnh hưởng của vòi rồng không còn nữa. Vì vậy đây là chiều cao tối ưu được chọn để thiết kế thiết bị. Với chiều cao 1620mm sẽ tương ứng với đường kính thiết bị $D = 800\text{mm}$ theo công thức: $H = 2,025 \cdot D$ (làm tròn $H = 2D$). Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với những đề xuất trước đây của tác giả khi lựa chọn chiều cao của các thiết bị hấp thụ $H = (2 \div 2,5)D$ của thiết bị.

3.2. Thí nghiệm khi thay đổi đường kính của thiết bị.

Thí nghiệm được tiến hành với các mô hình có cùng chiều cao(1620mm) và đường kính khác nhau. Phương trình hồi quy tương ứng được trình bày trong Hình 3.2



Hình 3.2. Sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào đường kính

Từ kết quả Hình 3.2 cho thấy phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao thiết bị như sau:

$$\eta = -0,0005x^2 + 0,824x - 245,96 \quad \text{với} \quad R^2 = 0,9703 \quad (1.3)$$

Trong đó: η là hiệu suất thiết bị(%)

x là đường kính thiết bị(mm)

Nhận xét: hình 3.2 cho kết quả ở các đường kính nhỏ hơn 800mm hiệu suất thấp hơn nhiều, điều này hoàn toàn phù hợp bởi vì khi đường kính giảm cũng có nghĩa là vận tốc trong thiết bị tăng, hay nói

cách khác là thời gian lưu khí trong thiết bị giảm làm cho sự tương tác giữa pha lỏng và pha khí chưa hoàn tất và hiệu suất giảm là hoàn toàn đúng. Như vậy đường kính $D = 750 - 800$ mm (tương ứng $H = 2 - 2,02D$) là thích hợp.

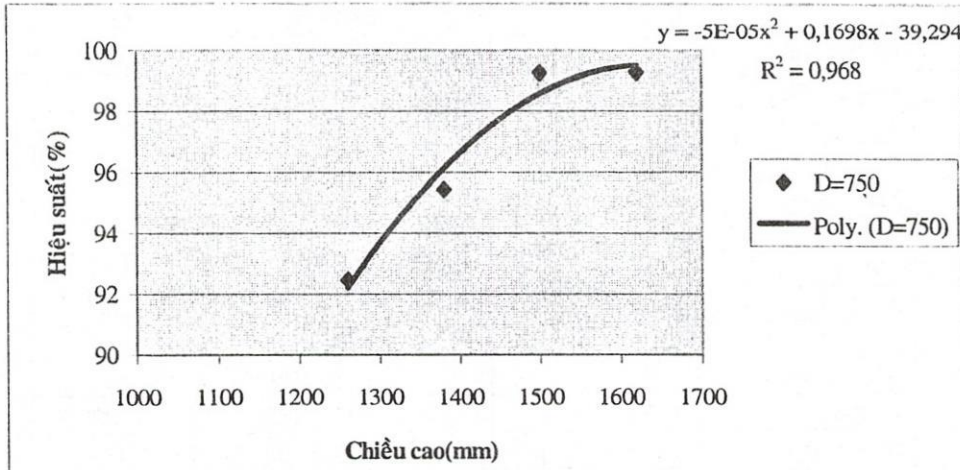
3.3. Thí nghiệm thay đổi cả đường kính và chiều cao theo các thông số đã chọn.

Thí nghiệm được lập lại với chiều cao thiết bị $H = 1620 = 2,02 \times D$ (làm tròn $2D$) và đường kính $D = 750$ mm, kết quả thí nghiệm cho thấy:

$$\eta = -0,0005x^2 + 0,1698x - 39,294 \quad \text{với } R^2 = 0,968 \quad (1.4)$$

Trong đó: η là hiệu suất thiết bị (%)

x là chiều cao thiết bị (mm)



Hình.3.3. Phụ thuộc của hiệu suất thiết bị vào chiều cao $h = 1.620$ mm và đường kính $d = 750$ mm

Qua kết quả các thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của chiều cao và đường kính đến hiệu suất thiết bị và dùng các phần mềm máy tính để xử lý số liệu, ta có các nhận xét sau:

1. Hiệu suất xử lý khá cao và ổn định ở hầu hết các lần thí nghiệm với nồng độ bụi thay đổi rộng.
2. Chiều cao thiết bị từ $H = 2D$ hiệu suất thiết bị rất cao, ổn định và ít thay đổi khi tăng chiều cao lớn hơn $2D$. So với các thiết bị lọc bụi ướt theo nguyên lý khác, chiều cao thiết bị theo nguyên lý hướng tâm thấp hơn đáng kể. Khi giảm đường kính của thiết bị nhỏ hơn $2D$ hiệu suất thiết bị giảm khá nhanh. Như vậy đường kính của thiết bị sẽ chọn để $v = 2,2$ m/s là hợp lý.
3. Các phương trình hồi quy sử dụng phương pháp xử lý số liệu Excel đều có hệ số hồi quy R^2 đạt giá trị trên 0.99. Điều này cho thấy kết quả có độ tin cậy cao.

Từ các kết quả trên đề tài xin đề nghị các thông số cơ bản để lựa chọn và tính toán thiết bị như sau:

- Chọn lưu lượng $L(m^3/h)$
- Chọn vận tốc trong thiết bị $V(2,2m/s)$
- Tính đường kính thiết bị D từ công thức $L = \Pi D^2/4 * v$
- Tính chiều cao thiết bị $H = 2D$
- Chọn vận tốc dòng khí vào thiết bị tại van bướm là $\omega = 32m/s$ (điều chỉnh kích thước van bướm là AxB).

Áp dụng công thức $I. = 2AB * \omega$ để tính kích thước AxB

Dựa vào kết quả nghiên cứu ở trên, đề tài đề xuất bảng tra cứu các thông số thiết kế thiết bị lọc bụi ướt hướng tâm một số lưu lượng khí như cho trong bảng 3.1

Để so sánh hiệu quả kinh tế – kỹ thuật của thiết bị hướng tâm với các thiết bị lọc ướt khác, chúng tôi đưa ra bảng 1.3. Các thiết bị từ 1 đến 5 do Stairmand C.J tổng hợp từ số liệu thực tế ở Mỹ. Tính toán được tiến hành với thiết bị có năng suất lọc là $100.000m^3/h$, làm việc liên tục $8000h/năm$ (Ô nhiễm không khí & xử lý khí thải-Trần Ngọc Chấn-Tập 2). Thiết bị 6 là thiết bị hướng tâm, chúng tôi tạm tính toán dựa trên mô hình $4000m^3/h$, làm việc $8000h/năm$ để có cơ sở so sánh. Việc so sánh

mang tính tương đối, bởi vì số liệu về giá thành chúng tôi đưa ra là dựa vào thời điểm năm 2004 tại Việt Nam, còn giá thành của các loại thiết bị khác là do các tác giả đề xuất từ vài chục năm trước đây. Tuy nhiên có thể dùng chúng để tạm so sánh về hiệu quả kinh tế để thấy được tính ưu việt của thiết bị lọc ướt hướng tâm.

Bảng 3.1. Bảng tra cứu thiết bị lọc bụi ướt hướng tâm.

Số hiệu N ^o	Lưu lượng khí thải L(m ³ /h)	Kích thước cơ bản của thiết bị				Tốc độ dòng khí ω (m/s)
		Đường kính thiết bị D(mm)	Chiều cao thiết bị H(mm)	Kích thước van bướm AxB (mm)	Đường kính ống vào d(mm)	
QT1	1300÷1500	500	1000	50x135	145	28÷32
QT2	1600÷2000	550	1100	60x136	160	28÷32
QT3	2100÷2200	600	1200	70x138	170	28÷32
QT4	2300÷2500	650	1300	80x142	190	28÷32
QT5	2600÷3000	700	1400	90x146	200	28÷32
QT6	3100÷3500	750	1500	100x151	220	28÷32
QT7	3600÷4000	800	1600	110x157	230	28÷32
QT8	4100÷4500	850	1700	120x162	250	28÷32
QT9	4600÷5000	900	1800	130x168	260	28÷32
QT10	5100÷5500	950	1900	140x174	280	28÷32
QT11	5600÷6000	1000	2000	150x180	290	28÷32
QT12	6100÷6500	1050	2100	160x185	300	28÷32
QT13	6600÷7000	1100	2200	170x192	320	28÷32
QT14	7100÷8000	1150	2300	180x198	330	28÷32
QT15	8100÷8500	1200	2400	190x205	350	28÷32
QT16	8600÷9000	1250	2500	200x210	360	28÷32
QT17	9000÷10000	1300	2600	210x217	380	28÷32
QT18	10000÷11000	1350	2700	220x223	390	28÷32
QT19	11000÷12000	1400	2800	230x230	400	28÷32
QT20	12000÷13000	1450	2900	240x236	420	28÷32
QT21	13000÷14000	1500	3000	250x243	440	28÷32
QT22	13000÷15000	1550	3100	260x250	450	28÷32
QT23	15000÷16000	1600	3200	270x256	460	28÷32
QT24	16000÷17000	1650	3300	280x262	480	28÷32
QT25	17000÷18000	1700	3400	290x268	500	28÷32
QT26	18000÷19000	1750	3500	300x275	510	28÷32
QT27	19000÷20000	1800	3600	310x282	520	28÷32

Bảng 3.2. Bảng so sánh hiệu quả kinh tế của một số loại thiết bị

Stt	Thiết bị	Hiệu suất(%)	Kinh phí đầu tư cho 1m ³ /h (USD)	Tổn thất áp lực trung bình (mmH ₂ O)	Chi phí điện năng cho L= 1000m ³ /h (USD/năm)	Nhu cầu dùng nước kg/1000m ³	Tổng chi phí USD/1m ³ *
1	Xyclon ướt	91	0,45	98	48,70	800	0,113
2	Tháp phun	94,5	1,50	35	57,20	3600	0,250
3	Scrubber sủi bọt	95	0,40	60	37,20	2900	0,150
4	Ventery tròn vận tốc thấp	99,5	0,77	310	141,00	1400	0,255
5	Ventery vận tốc cao	99,9	0,89	790	358,00	1400	0,504
6	Thiết bị hướng tâm	99,9	0,47	100	122	250	0,269

* Bao gồm: chi phí điện, nước, sửa chữa và khấu hao thiết bị(10%/năm)

KẾT LUẬN

1. Phương pháp lọc bụi hướng tâm áp dụng hiệu ứng của dòng không khí xoáy và tạo xung đánh toi dung môi thể hiện được tính ưu việt của mình. Dòng không khí xoáy có tác dụng gom bụi vào tâm của thiết bị, cùng với việc cường hoá quá trình tiếp xúc giữa nước và dòng khí kết hợp với phun sương bằng vành phân xạ đã cho diện tích tiếp xúc rất lớn. Đó là nguyên nhân chính tạo nên hiệu suất rất cao của thiết bị.
2. Qua các nghiên cứu của tác giả trong Luận án Tiến sỹ và kết quả nghiên cứu của đề tài đã hoàn thiện và đề xuất được một mẫu thiết bị lọc bụi mới theo nguyên lý lọc hướng tâm.
3. Thiết bị chế tạo từ nguyên lý lọc ướt này gọn nhẹ, dễ vận hành, dễ chế tạo, giá thành rẻ, hiệu suất xử lý rất cao. Điều đặc biệt là hiệu suất làm việc của thiết bị rất ổn định.
4. Kết quả của đề tài là đề xuất được một mẫu thiết bị mới với bảng tra cứu các thông số của thiết bị có thể giúp cho các nhà đầu tư, các kỹ sư lựa chọn và thiết kế thiết bị rất đơn giản và thuận tiện.

PERFECTIBLY RESEACHING AND PROPOSING THE STANDAD WET CYCLONE

Đinh Xuân Thang

The Institute For Environment and Resources – VNU-HCM

ABSTRACT: *Dust and poisonous gas treatment are two imperative matters for polluted air from many kinds of sources. With characters of small and medium industry, recycling material, wet cyclones work inefficiently, unstable and are easily to be congestion or flood in equipment. Therefore research and proposal a new kind of cyclone to limit these disadvantages is so much necessity. Our result will help choose and design an efficient cyclone. This equipment is simple and its charge of creating and working is low. Especially, it has high effectation and stable working condition.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đinh Xuân Thắng, Luận án Tiến sỹ “Nghiên cứu ứng dụng hiệu ứng của dòng không khí xoáy kết hợp với tạo xung đánh toi dung môi tăng hiệu quả lọc bụi và hơi khí độc”, 8/2001. Thư viện Viện Môi trường & Tài nguyên.
- [2] Trần Ngọc Chấn. 2000, *Ô nhiễm không khí và xử lý khí thải*. Tập 1, 2 và 3. Nxb KHKT.
- [3] Nguyễn Văn Quán. 1995, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH “*Thiết bị tạo sương bằng xung theo nguyên lý quạt đĩa*” TP.HCM.
- [4] Nguyễn Văn Quán. 4/1997, *Đặc thù phân bố bụi và khí độc trong thông gió xuyên phòng*.
- [5] Đinh Xuân Thắng. *Ô nhiễm không khí*. Tập 1, 2003.
- [6] Đinh Xuân Thắng. 2004, *Nghiên cứu hoàn thiện và đề xuất thiết bị lọc bụi ướt hướng tâm tiêu chuẩn*. Đề tài cấp Bộ, đã bảo vệ 12/2004.
- [7] Akhmedob. R.B. 1970, *Đubute zazogopelotnute uctroictva*. M. Nhedra.
- [8] Alimob. R.Z. 1976, *Ghidravlitreckôie xovrotripvlinhie I treplomaccoobmen v zakrytrenom votoke*. Inzenhernơ phizitreckii :uznal. T.10. N^o4.
- [9] Ianhisepxkii.V. 1976, *Bikhrevaia*. “*Obzor kolxkoi trekhnikhi*”. N^o6.
- [10] Xtepanov B. B. 1979, *Ixxledovanhie ephphektninoxtri mextnovo provetrivasiia v karutrax vikhrevum xnoxobom*. Aphotoreph. Dix. Na xoixk. Ytrei. xtrepenni kaid. Trekhi.Nauk. L.
- [11] Xui Kh. Ivanov. IO. 1966, *Vzaimodeixtvie xoizmerimuc ctrui v ogranhitreinom proctraictrie*. Izvectri AH ECCP. Cer. Phiz.Mat. I trekhi. Nauk. T.. N^o1.
- [12] American Institute of Chemical Engineering. 1972, *Air pollution and its control*.
- [13] CrossF L. 1973, *Handbook on air pollution control*. Technomic. USA.
- [14] Dorman R.G. 1974, *Dust control and Air cleaning*. Oxf.