

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ LẮP ĐẶT HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM CHO THIẾT BỊ NGUNG TỤ KÊNH MICRO A STUDY ON DESIGN AND EXPERIMENTAL SETUP FOR MICROCHANNEL CONDENSERS

Đoàn Minh Hùng, Nguyễn Trọng Hiếu, Đặng Thành Trung
 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

Ngày tòa soạn nhận bài 02/02/2015, ngày phản biện đánh giá 31/3/2015, ngày chấp nhận đăng 8/4/2015

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả xây dựng hệ thống thí nghiệm phục vụ cho các nghiên cứu về thiết bị ngưng tụ kênh micro. Ngoài ra bài báo còn trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên hai mẫu thiết bị ngưng tụ kênh micro với lưu chất được sử dụng là nước cho trường hợp kênh micro đặt thẳng đứng và nằm ngang. Các kết quả thực nghiệm từ hệ thống này đáng tin cậy, nên hệ thống thí nghiệm này có thể được dùng để thực hiện các thí nghiệm truyền nhiệt micro, ...

Từ khóa: Thiết kế, lắp đặt, kênh micro, thiết bị ngưng tụ, nhiệt độ.

ABSTRACT

The developing an experimental setup for microchannel condensers was done in this study. In addition, the paper also showed experimental results on two microchannel condensers with water as the working fluid for the cases of vertical and horizontal microchannels. These experimental results obtained from this system are reliable, so this system can be used for experiments of microchannel heat transfer, etc.

Keywords: Design, experimental setup, microchannel, condenser, temperature.

I. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, nhiều sản phẩm công nghệ cao đã ra đời, đặc biệt là các thiết bị, linh kiện điện tử có kích thước nhỏ đến cỡ nanomet. Các thiết bị này yêu cầu có kích thước nhỏ nhưng với mật độ dòng nhiệt lớn. Do đó nhu cầu nghiên cứu các thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) càng được quan tâm để giảm kích thước tương ứng nhưng công suất phải lớn mới có thể đáp ứng nhu cầu cấp thiết về lĩnh vực công nghệ cao này. Vì vậy, truyền nhiệt micro/nano là một trong những lĩnh vực mới và được nhiều nhà khoa học quan tâm trong những năm gần đây.

Liên quan đến các nghiên cứu về thiết lập các thiết bị thí nghiệm, Fiorot cùng cộng sự [1] đã nghiên cứu thiết lập một hệ thống đo lường những hiện tượng sóng lãn cho dòng chảy tầng trong kênh hở. Manimuthu cùng cộng sự [2] đã nghiên cứu thiết lập một hệ thống thí nghiệm đơn giản để đo chất điện môi

và từ tính. Günther cùng cộng sự [3] đã thiết lập hệ thống kiểm tra sự rò rỉ của dòng chảy trong một hệ thống phân phối nước. Vevelstad cùng cộng sự [4] đã nghiên cứu ảnh hưởng của hệ thống thí nghiệm lên sự suy giảm amin. Salas-Cabrera cùng cộng sự [5] đã lắp đặt một hệ thống thí nghiệm cho giảng dạy các vấn đề động lực học. Ở Việt Nam, trên các công bố khoa học chính thống, hệ thống thí nghiệm cho các thiết bị ngưng tụ kênh micro chưa được nơi nào nghiên cứu và sử dụng.

Từ những nghiên cứu liên quan trên, các tác giả chưa nghiên cứu hay công bố chi tiết về một hệ thống thí nghiệm cho thiết bị ngưng tụ kênh micro. Do vậy, việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo một hệ thống thí nghiệm cho các thiết bị ngưng tụ kênh micro đạt các yêu cầu kỹ thuật và đáp ứng các nhu cầu trên là một thách thức và cấp bách hiện nay. Nghiên cứu sẽ phục vụ cho phòng thí nghiệm Truyền nhiệt

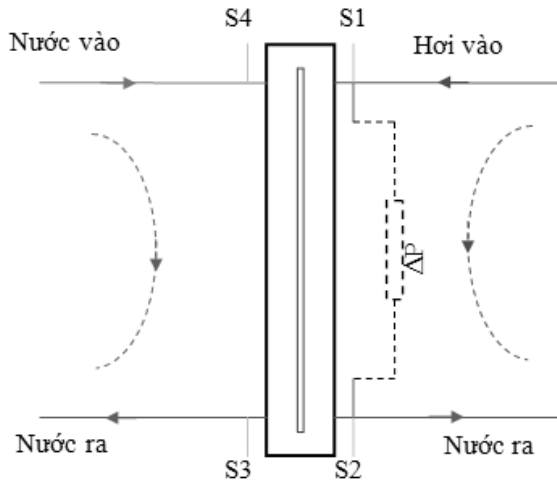
Micro. Phòng thí nghiệm này tại Xưởng Nhiệt – Điện lạnh được trang bị một số thiết bị đo, thiết bị thí nghiệm có thể đáp ứng một số nhu cầu nghiên cứu khoa học trong lĩnh vực trên cho cán bộ giảng dạy, học viên cao học và các nhà khoa học trong và ngoài Trường.

II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM

1. Hệ thống thí nghiệm

a. Nguyên lý làm việc của TBTĐN

Hơi được cấp từ lò hơi mini vào bộ trao đổi nhiệt (Hình 1) nhằm nhiệt cho nước giải nhiệt ngưng lại thành lỏng hoàn toàn trước khi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt. Nước giải nhiệt được cấp bởi bơm mini điều khiển được lưu lượng.



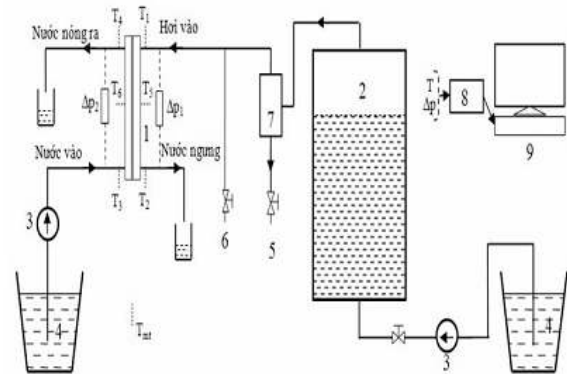
Hình 1: Sơ đồ nguyên lý của TBTĐN micro [6]

Cảm biến chênh áp được sử dụng để xác định độ chênh áp của thiết bị khi hơi vào thiết bị và nước ngưng ra khỏi thiết bị. Bốn cảm biến đo nhiệt độ loại T có kích thước đầu cảm biến là 200 μ m để đo nhiệt độ hơi và nước từ 2 phía vào và ra của bộ trao đổi nhiệt, ngoài ra còn một số cảm biến khác được bố trí để đo nhiệt độ của bề mặt bên ngoài thiết bị và môi trường xung quanh.

b. Thiết kế hệ thống thí nghiệm

Hệ thống thí nghiệm được thiết kế như hình 2, ở đây nước từ bình chứa 4 được bơm vào lò hơi mini, rồi được đun

sôi nhờ điện trở, hơi ra khỏi lò hơi mini được đưa vào bình ổn áp 7 nhằm ổn định áp suất để cấp vào thiết bị ngưng tụ kênh micro. Tại đây hơi nóng nhả nhiệt cho nước giải nhiệt, thực hiện quá trình ngưng tụ đẳng áp trở thành lỏng hoàn toàn trước khi rời khỏi thiết bị ngưng tụ kênh micro.



Hình 2: Sơ đồ hệ thống thí nghiệm các BTĐN kênh micro [6-8]

1. Bộ trao đổi nhiệt (thiết bị ngưng tụ kênh micro);
2. Lò hơi mini;
3. Bơm mini;
4. Bình chứa nước;
5. Van xả nước ngưng;
6. Van điều chỉnh;
7. Bình tách lỏng;
8. Bộ thu dữ liệu;
9. Máy vi tính.

Nước giải nhiệt được bơm từ bình chứa đầy vào thiết bị trao đổi nhiệt để nhận nhiệt từ hơi nóng, nhiệt độ nước tăng lên sau đó được đẩy vào bình chứa để làm mát. Trong suốt quá trình này, tất cả các thông số về nhiệt độ và độ chênh áp được bộ lưu trữ dữ liệu ghi nhận và lưu trữ vào máy tính.

2. Các thiết bị

a. Mini Boiler

- Model: EMB-S-9

- Công suất: 9kW

- Điện áp: 240V

- Kích thước: 10 1/2”W x 8 5/8”D x 25”H

- Nhiệt độ: 90°F , 160°F

- Xuất xứ: USA



Hình 3: Lò hơi mini

Lò hơi mini có công suất điện trở tối đa đạt 9kW (hình 3), khi hệ thống làm việc ta hoàn toàn có thể điều chỉnh được công suất hơi ra sao cho phù hợp với công suất của thiết bị cần nghiên cứu.

b. Cân điện tử

- Model: TE214S
- Khối lượng đối đa: 201g.
- Độ phân giải: 0,0001g.
- Sai số: $\pm 0,0015g$
- Thời gian ghi nhận dữ liệu: 03 giây.



Hình 4: Cân điện tử

Cân điện tử này có sai số rất bé và độ phân giải cao rất phù hợp để xác định khối lượng hoặc lưu lượng khối lượng của lưu chất (Hình 4). Trước khi đo ta phải reset thiết bị để đảm bảo rằng trên màn hình thiết bị hiển thị 0,0000 g.

c. Bộ thu nhận và lưu trữ dữ liệu (MX 100)

- Số kênh: 20 kênh (nhiệt độ và áp suất).
- Tốc độ ghi nhận dữ liệu: 0,1 giây.



Hình 5: Bộ thu nhận và lưu trữ dữ liệu

Trong nhiều trường hợp nếu các nghiên cứu cần số lượng kênh nhiều hơn, vẫn có thể ghép nối thêm nhiều bộ Analog Input kèm theo và như vậy số lượng kênh để lắp cảm biến áp suất và nhiệt độ không còn bị hạn chế. Sự hiển thị kết quả đo được thể hiện ở hình 5.

d. Cảm biến chênh lệch áp suất

- Điện áp đầu ra: 1 to 5 V
- Độ chênh áp: 0~1 bar
- Độ chính xác: $\pm 0,025\% FS$
- Nhiệt độ hoạt động: -20 , 80°C



Hình 6: Cảm biến chênh lệch áp suất

Cảm biến này có độ chính xác cao sử dụng rất phù hợp để xác định độ chênh áp của lưu chất giữa đầu vào và đầu ra của thiết bị trao đổi nhiệt kênh micro. Tín hiệu đầu ra 0-5V được lắp vào bộ thu nhận dữ liệu MX100 và lưu trữ dữ liệu vào máy tính.

e. Cảm biến nhiệt độ

Cảm biến được sử dụng là loại T có kích thước rất nhỏ với đường kính dây và đầu cảm biến khoảng 200 μm . Với kích thước này, các cảm biến dễ dàng bố trí tại các đầu vào và đầu ra của thiết bị trao đổi nhiệt mà không gây ảnh hưởng lớn đến dòng chảy của lưu chất.

3. Một số thiết bị khác

Thiết bị an toàn dùng trong hệ thống điều khiển của lò hơi mini gồm:

- Van an toàn tự động được lắp cố định trên

đường hơi ra: van an toàn này làm việc khi áp suất hơi quá cao mà rơ le áp suất chưa hoặc không tác động.

- Rơ le áp suất được sử dụng để bảo vệ tự động cho lò hơi: nếu áp suất của hơi cao hơn giá trị cài đặt thì rơ le tác động ngắt nguồn điện cấp cho điện trở gia nhiệt của lò hơi.

- Rơ le nhiệt độ được sử dụng để đảm bảo an toàn trong trường hợp thiếu nước cấp vào lò hơi, lúc này phần điện trở sẽ gia nhiệt cho phần hơi bão hòa làm độ quá nhiệt của hơi tăng: nếu nhiệt độ hơi quá nhiệt hơn giá trị cài đặt thì rơ le nhiệt cũng tác động làm ngắt nguồn điện cấp cho điện trở gia nhiệt của lò hơi.

Lượng hơi và các thông số vật lý (*hiệt độ và áp suất*) được điều khiển ổn định để cấp vào bộ trao đổi nhiệt nhờ van giảm áp (*xả ra môi trường*) được điều chỉnh bằng tay. Mục nước trong lò hơi được duy trì nhờ bơm mini cấp nước, bơm này được điều chỉnh cấp nước đúng bằng lượng nước trong lò hơi đã hóa hơi.



Hình 7: Hệ thống thí nghiệm đã hoàn thiện và đưa vào vận hành thử nghiệm.

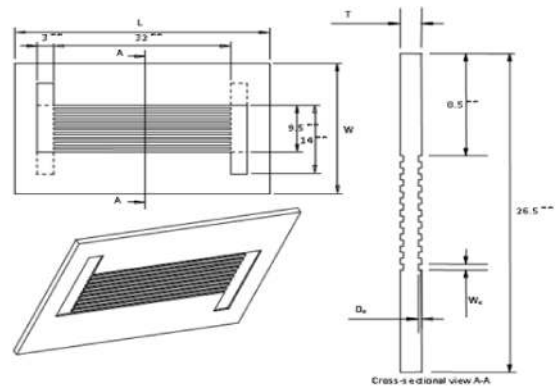
III. KẾT QUẢ THỰC HIỆN

Hệ thống thí nghiệm này đã được đưa vào sử dụng, các kết quả thí nghiệm cũng đã được công bố trên một số tạp chí và hội nghị khoa học có phản biện (như Hình 7). Sau đây là một số kết quả minh chứng từ ứng dụng của hệ thống này.

1. Nghiên cứu thực nghiệm quá trình ngưng tụ của thiết bị trao đổi nhiệt kênh micro.

Bảng 1: Mô tả hình học của hai thiết bị trao đổi nhiệt dùng trong thí nghiệm [6]

STT	Kích thước substrate (mm)			Kích thước các kênh micro (μm)			
				Phía hơi		Phía nước	
	L	W	T	W_c	D_c	W_c	D_c
T1	46	26,5	1,2	500	300	500	300
T2	46	26,5	1	500	300	500	180



Hình 8: Mô tả kích thước của các mẫu thí nghiệm [6-8]

Trong nghiên cứu này tác giả đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của chiều dòng chảy lên đặc tính truyền nhiệt của các bộ trao đổi nhiệt kênh micro cho 2 thiết bị ngưng tụ mẫu T1 và T2 (hình 8, bảng 1). Kết quả được thể hiện trên bảng 2.

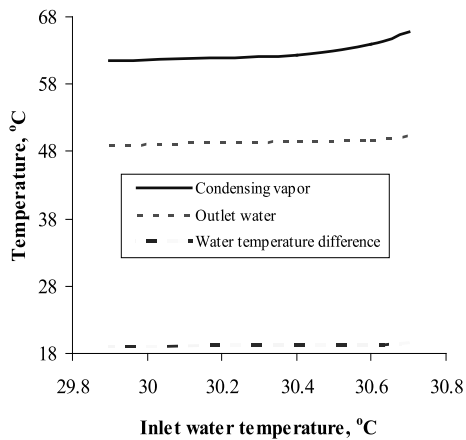
Bảng 2: Kết quả công suất thiết bị

TBTĐN	m_v g/s	m_w g/s	Công suất nhiệt (W)	
			Ngược chiều	Cùng chiều
T1	0,123	3,159	194,63	184,32
T2	0,0481	3,159	111,52	107,197

m_v : là lưu lượng hơi ngưng (g/s)

m_w : là lưu lượng nước giải nhiệt (g/s)

Trong quá trình thực nghiệm cả hai mô hình có cùng điều kiện làm việc: hơi có nhiệt độ 101°C và nước làm mát có nhiệt độ và lưu lượng khối lượng tương ứng là 32°C và $3,159\text{ g/s}$. Cả hai mô hình này được thí nghiệm khi cùng vị trí nằm ngang. Nó được khảo sát cho thấy rằng lượng nhiệt thu được từ sơ đồ ngược chiều luôn cao hơn giá trị thu được từ sơ đồ cùng chiều: Giá trị thu được từ sơ đồ ngược chiều gấp 1,04 đến 1,05 lần so với giá trị thu được từ sơ đồ cùng chiều. Kết quả này cũng đồng thuận với kết quả thu được trong truyền nhiệt một pha (single phase); tuy nhiên, nó chỉ ra rằng sự ảnh hưởng của chiều dòng chảy trong dòng hai pha không nhiều bằng ảnh hưởng trong dòng một pha [6].



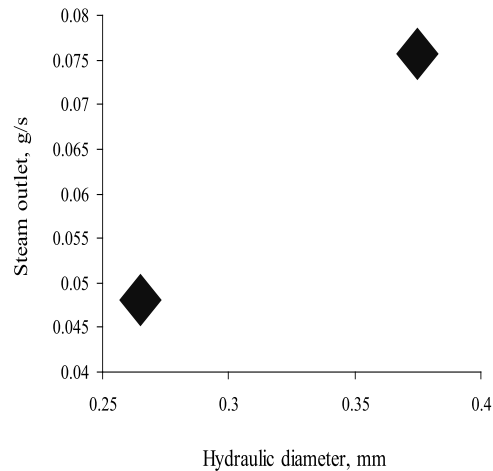
Hình 9: Ảnh hưởng nhiệt độ đầu vào của nước làm mát trong BTĐN T1 [6]

Ngoài ra, tác giả còn đánh giá sự ảnh của nhiệt độ nước giải nhiệt đến nhiệt độ đầu ra của cả phía hơi và nước cho bộ trao đổi nhiệt T1. Kết quả cho thấy rằng khi nhiệt độ nước đầu vào làm mát tăng, nhiệt độ đầu ra của nước làm mát tăng; tuy nhiên, độ chênh nhiệt độ giữa đầu vào và đầu ra này tăng chậm. Như một kết quả, độ chênh nhiệt độ của phía hơi giảm hay nhiệt độ đầu ra phía hơi tăng nhanh. Điều này có ý nghĩa rằng hiệu quả truyền nhiệt ngưng tụ trong các thiết bị ngưng tụ kênh micro này giảm khi tăng nhiệt độ đầu vào của nước giải nhiệt, như thể hiện ở hình 9.

2. Nghiên cứu ảnh hưởng kích thước kênh đến quá trình ngưng tụ của bộ trao đổi nhiệt kênh micro.

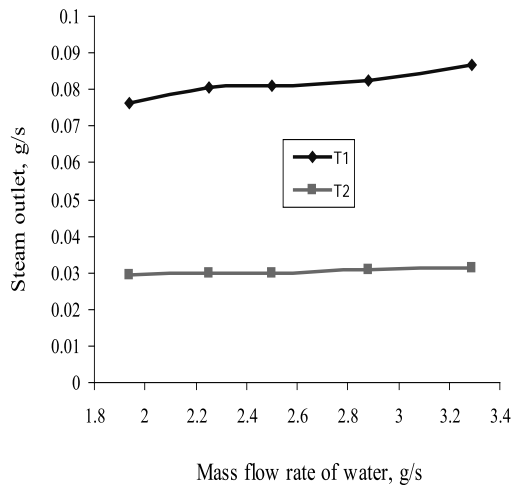
Trong nghiên cứu này tác giả đã sử dụng hai mô hình đứng và nằm ngang để đánh giá hiệu quả trao đổi nhiệt của hai thiết bị trên (bảng 1).

Kết quả thu được từ nghiên cứu này thể hiện rằng hơi ngưng tụ qua thiết bị giảm khi giảm đường kính quy ước của kênh, như thể hiện ở hình 10. Với bộ trao đổi nhiệt có đường kính quy ước của kênh $375\ \mu\text{m}$, sản lượng hơi qua thiết bị này được ngưng tụ ở $0,123\text{ g/s}$; với bộ trao đổi nhiệt có đường kính quy ước của kênh $265\ \mu\text{m}$, sản lượng hơi qua thiết bị này được ngưng tụ ở $0,0481\text{ g/s}$.



Hình 10: Mối quan hệ giữa hơi ngưng tụ và đường kính quy ước của kênh micro [7].

Đồng thời với kết quả hình 11 thể hiện một quy luật trong thiết bị này đó là khi lưu lượng khối lượng của nước làm mát giảm thì hơi ngưng tụ giảm tuy nhiên giảm không đáng kể. Thêm vào đó, với những số liệu thực hiện trên bộ trao đổi nhiệt T1, kết quả thực nghiệm thể hiện rằng một lượng nhiệt $269,21\text{ W}$ thu được ở trạng thái hơi có nhiệt độ và sản lượng hơi đầu vào tương ứng là 101°C và $0,1299\text{ g/s}$ và cho nước giải nhiệt có nhiệt độ và lưu lượng khối lượng tương ứng là 33°C và $3,1136\text{ g/s}$. So sánh giữa kết quả thu được trong nghiên cứu này với các kết quả thu được trong [7], nó đã thể hiện rằng lượng nhiệt trong quá trình ngưng tụ cao hơn so với nhiệt lượng trong quá trình truyền nhiệt một phase khi dùng cùng một bộ trao đổi nhiệt T1.



Hình 11: Mối quan hệ giữa hơi ngưng tụ và lưu lượng khối lượng của nước [7].

Bảng 3 cho thấy rằng lượng nhiệt thu được từ vị trí nằm ngang không khác gì so với các giá trị thu được của bộ trao đổi nhiệt đặt ở vị trí thẳng đứng.

Bảng 3: Các giá trị thực nghiệm ở vị trí đứng và nằm ngang [7]

Vị trí	Công suất nhiệt Q (W)	
	Mẫu T1	Mẫu T2
Đứng	187,3	107,4
Nằm ngang	187,6	107,2

Các kết quả trong bảng 4 cho bộ trao đổi nhiệt T2 đạt được các giá trị trên ở điều kiện hơi có nhiệt độ và lưu lượng vào tương ứng là 101°C và 0,0481g/s và nước giải nhiệt có nhiệt độ và lưu lượng vào tương ứng là 31,9°C và 3,1904g/s. Từ các giá trị trong bảng 4, nó được thể hiện rằng lượng nhiệt thu được từ bộ trao đổi nhiệt T1 cao hơn giá trị thu được từ bộ trao đổi nhiệt T2 [2]. Lượng nhiệt 187,6 W thu được từ T1 ở điều kiện hơi có nhiệt độ và lưu lượng vào tương ứng là 101°C và 0,0758g/s và nước giải nhiệt có nhiệt độ và lưu lượng vào tương ứng là 32°C và 3,2004g/s.

Từ những kết quả thí nghiệm trên, hệ thống thí nghiệm này đáng tin cậy và hoàn toàn có khả năng đáp ứng cho các định hướng nghiên cứu khác trong tương lai.

IV. KẾT LUẬN

Hệ thống thí nghiệm đã được thiết kế và lắp đặt thành công, sẵn sàng phục vụ cho các nhu cầu thí nghiệm tương tự như những kết quả đã nghiên cứu ở trên.

Các kết quả thực nghiệm từ hệ thống này đáng tin cậy, nên hệ thống thí nghiệm này có thể được dùng để thực hiện các thí nghiệm truyền nhiệt micro,...

Ngoài ra, hệ thống này còn có thể phục vụ cho sự đánh giá hiệu quả các thiết bị trao đổi nhiệt khác nhau cho cả trường hợp lưu chất không chuyển pha hoặc chuyển pha từ trạng thái hơi ngưng tụ thành trạng thái lỏng và ngược lại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G.H. Fiorot, G.F. Maciel, E.F. Cunha, and C. Kitano, *Experimental setup for measuring roll waves on laminar open channel flows*, Flow Measurement and Instrumentation, Vol. 41, 2015, pp. 149–157
- [2] P. Manimuthu, N. Praveen Shanker, K. Saravana Kumar, and C. Venkateswaran, *A simple experimental setup for magneto-dielectric measurements*, Physica B: Condensed Matter, Vol. 448, 2014, pp. 354-355
- [3] M. Günther, D. Steffelbauer, M. Neumayer, and D. Fuchs-Hanusch, *Experimental Setup to Examine Leakage Outflow in a Scaled Water Distribution Network*, Procedia Engineering, Vol. 89, 2014, pp. 311-317
- [4] Solrun Johanne Vevelstad, Andreas Grimstvedt, Hanna Knuutila, Eirik Falck da Silva, and Hallvard F. Svendsen, *Influence of experimental setup on amine degradation*, International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol. 28, 2014, pp. 156-167

- [5] Salas-Cabrera, R.; Mayo-Maldonado, J.C. ; González-Hernández, J.G. ; Salas-Cabrera, E.N. ; García-Santiago, F.A. ; Martínez-Bernal, J.E. ; Castillo-Gutierrez, R., *An experimental setup for teaching dynamic systems, Electrical Communications and Computers (CONIELECOMP)*, 2011 21st International Conference on, Feb. 28 2011-March 2 2011, pp. 239-243
- [6] Thanhtrung Dang and Minhchung Doan - *An Experimental Investigation on Condensation Heat Transfer of Microchannel Heat Exchangers*, International Journal of Computational Engineering Research, Vol. 3, Issue 12, pp. 25-31(EI)
- [7] Thanhtrung Dang, Minhchung Doan, Ngoctan Tran, and Jyh-tong Teng - *Effect of Configuration on Efficiency of Condensation Heat Transfer in Microchannels – An Experimental Study*, ISEPD 2014.