

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM KHẢ NĂNG LÀM VIỆC CỦA BƠM HOẠT ĐỘNG NHIỆT

EXPERIMENTAL STUDY OF A THERMO-OSCILLATING TWO-PHASE HEAT TRANSFER DEVICE FOR WATER PUMPING

Bùi Mạnh Tú^{1,*}

TÓM TẮT

Bơm hoạt động nhiệt là thiết bị trao đổi nhiệt có biến đổi pha (lỏng - hơi) hoạt động mà không có sự tham gia của các kết cấu cơ khí, chuyển động, không sử dụng điện mà sử dụng hiệu ứng nhiệt. Việc phân loại thiết bị này tương đối phức tạp do sự đa dạng về cấu tạo của chúng, tuy nhiên đặc điểm đặc trưng của thiết bị này so với các thiết bị trao đổi nhiệt hai pha khác là sự luân chuyển của lưu chất trong hệ thống được diễn ra theo chu kỳ, đầu tiên chất lỏng được tích đầy, sau đó được tiêu thụ hết, và quá trình này được lặp đi lặp lại.

Từ khóa: Bơm hoạt động nhiệt, thiết bị trao đổi nhiệt có biến đổi pha, lưu chất.

ABSTRACT

Thermal pump is a two phase heat transfer device (liquid-vapour) that works without the mechanical and moving structures, without using electricity but thermal effects. The classification of this device is complicated due to the variety of their construction, but the typical character of this device compared to other two-phase heat transfer devices is the circulation of the fluid in the system.

Keywords: Thermal pump, two phase heat transfer device, fluid.

¹Trường Đại học Điện lực

*Email: tubm@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/8/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 09/10/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2021

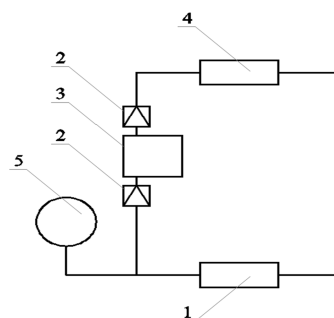
1. KHÁI QUÁT VỀ BƠM HOẠT ĐỘNG NHIỆT

1.1. Cấu tạo

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy bơm hoạt động dựa trên nguyên lý nhiệt động, máy bơm này có thể hoạt động với các tính năng tương đương với các máy bơm hoạt động dựa trên nguyên lý mao dẫn, hay các máy bơm hoạt động bằng điện năng, trong các hệ thống truyền nhiệt hai pha, phục vụ các mục đích khác nhau [1-6].

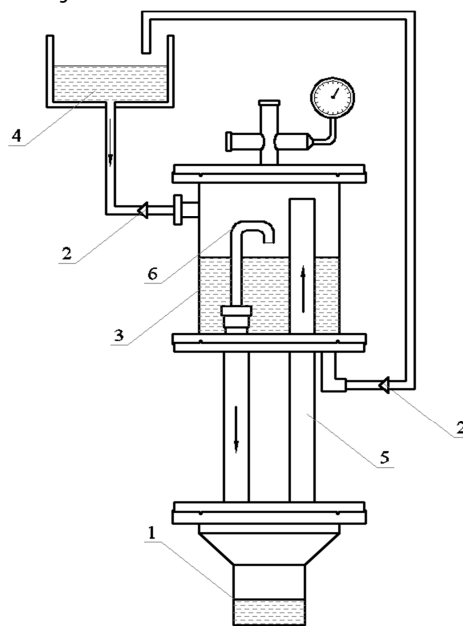
Sơ đồ mô tả thiết bị của máy bơm hoạt động nhiệt như hình 1 [2].

Hình 2 mô tả cấu tạo của một máy bơm hoạt động nhiệt điển hình kiểu truyền thống.



Hình 1. Sơ đồ mô tả thiết bị của một máy bơm hoạt động nhiệt

1 - Thiết bị ngưng tụ; 2 - Van một chiều; 3 - Bơm hoạt động nhiệt; 4 - Thiết bị bay hơi; 5 - Đồng hồ đo



Hình 2. Bơm hoạt động nhiệt kiểu truyền thống

1 - Bộ tạo hơi; 2 - Van một chiều; 3 - Khoang làm việc; 4 - Bình chứa chất lỏng; 5 - Ống dẫn hơi nước; 6 - Xi phông

1.2. Nguyên lý hoạt động

Máy bơm hoạt động dựa trên nguyên lý nhiệt động, cụ thể là quá trình biến đổi của quá trình ngưng tụ và bay hơi. Thiết bị này được cấp nhiệt một cách liên tục hoặc theo chu kỳ tạo ra một quá trình tuần hoàn giữa bay hơi và

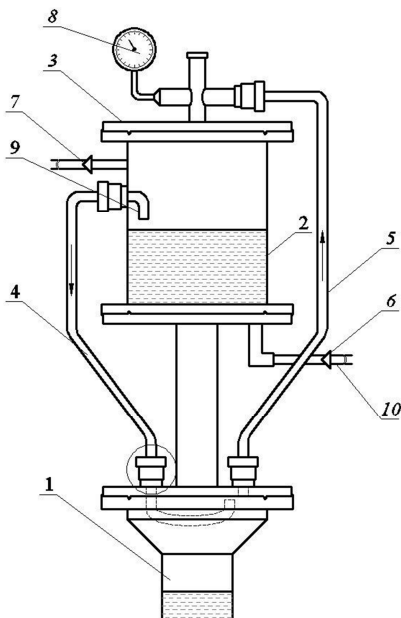
ngưng tụ, xảy ra bên trong buồng công tác của máy bơm, kết quả của quá trình này là chất lỏng được bơm qua bơm ra ngoài, hoàn thành một quá trình bơm chất lỏng [2].

Tùy thuộc vào thiết kế của máy bơm, nhiệt có thể được cung cấp một cách liên tục hoặc gián đoạn. Khi áp suất trong bơm giảm xuống, chất lỏng được nạp đầy thể tích bên trong qua đường ống hút và khi áp suất tăng, chất lỏng được đẩy ra ngoài qua đường ống đẩy. Việc tăng và giảm áp suất trong máy bơm đạt được tương ứng với quá trình bay hơi hoặc ngưng tụ của chất lỏng qua bơm (do bật tắt bộ gia nhiệt).

Ưu điểm của bơm là có bình chứa chất lỏng, tuy nhiên, mô hình này cũng tồn tại một nhược điểm đáng kể, đó là việc khó khăn kiểm soát quá trình cấp chất lỏng cho thiết bị tạo hơi, vì khi một lượng nhỏ đầu tiên của chất lỏng đi vào bộ phận tạo hơi, áp suất trong hệ thống tăng lên, nhưng thể tích hơi được tạo ra không đủ để làm rỗng hoàn toàn bình chứa.

Hơi từ bộ tạo hơi 1 qua đường ống dẫn hơi 5, ống xi phông 6 được nối với khoang công tác 3 của hệ thống bơm. Giả thiết rằng khi cung cấp nhiệt lượng Q cho chất lỏng làm việc thì trong bộ sinh hơi 1 xảy ra quá trình hóa hơi. Hơi nước qua ống 5 đi vào khoang làm việc 3, tại đây, áp suất tăng lên, dưới tác dụng của áp suất, chất lỏng trong bình chứa được đẩy ra ngoài qua van một chiều 2. Mặc dù vậy, quá trình này sẽ bị ngăn cản nếu xuất hiện hiện tượng ngưng tụ trong ống dẫn hơi 5, xi phông 6 tiếp xúc với chất lỏng ở nhiệt độ thấp, quá trình thoát nước liên tục từ khoang công tác về bộ tạo hơi, kết quả là không thể tăng được áp suất trong khoang công tác.

2. CẢI TIẾN THIẾT BỊ

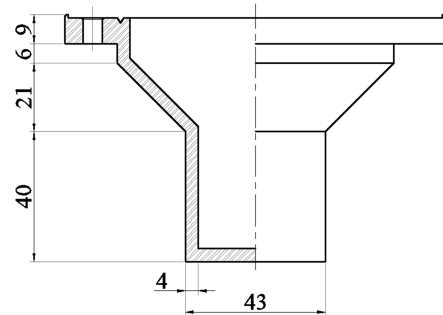


Hình 3. Mô hình Bơm hoạt động nhiệt cải tiến

- 1 - Thiết bị bay hơi; 2 - Bình chứa; 3 - Nắp; 4 - Đường ống hồi gắn xi phông;
- 5 - Đường ống hơi; 6, 7 - Van một chiều; 8 - Khí áp kế; 9 - Đầu xi phông;
- 10 - Đường ống ra của bơm

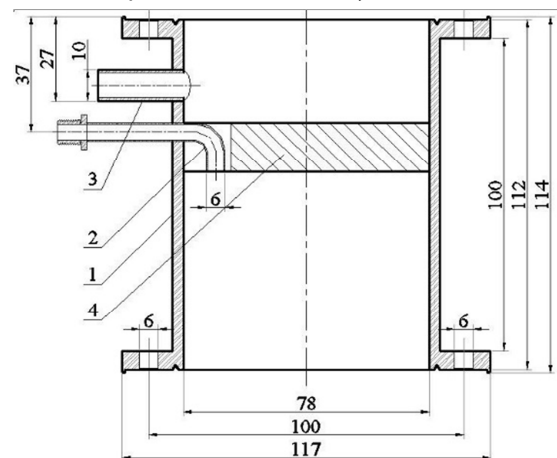
Để khắc phục nhược điểm trên, từ mô hình ban đầu tác giả tiến hành cải tiến thiết bị. Trong mô hình cải tiến, phần hơi và phần lỏng đã được tổ chức thành các kênh riêng biệt, chi tiết được mô tả ở hình 3.

Quá trình sôi và hóa hơi của chất lỏng diễn ra trong thiết bị bay hơi 1. Thiết bị bay hơi (hình 4) là một bình hình trụ bằng thép không gỉ mở rộng về phía trên, đường kính 43/35mm, cao 40mm. Việc gia nhiệt của nó chỉ được thực hiện trên phần hình trụ bằng cách sử dụng bộ gia nhiệt điện trở. Toàn bộ bề mặt của thiết bị bay hơi được bọc cách nhiệt bằng sợi amiăng với độ dày lớp cách nhiệt là 10mm.



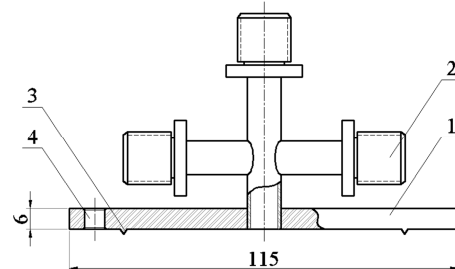
Hình 4. Bộ tạo hơi của bơm hoạt động nhiệt

Bình ngưng - Bình chứa (hình 5) là một hình trụ bằng thép không gỉ có đường kính 83/78 mm và cao 114mm với đầu hydrosiphon được hàn phía trong, có ống thoát nước được nối với nắp trên của thiết bị bay hơi.



Hình 5. Thiết bị ngưng tụ, bình chứa của bơm hoạt động nhiệt

- 1 - Bình ngưng tụ, bình chứa; 2 - Xi phông; 3 - Ống vào

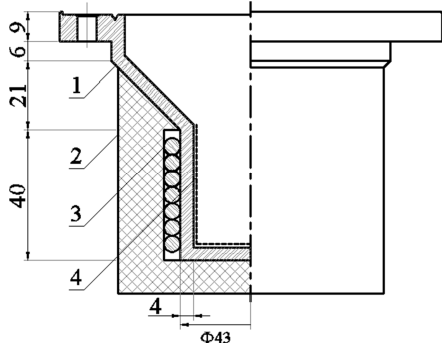


Hình 6. Nắp bình ngưng, bình chứa

- 1 - Nắp; 2 - Đầu chờ tiện ích; 3 - Gân giữ vòng đệm; 4 - Lỗ lắp ghép

Trên nắp của bộ ngưng tụ - tích lũy (hình 6), có một lỗ phun với các vòi phun để cung cấp hơi nước, để khử khí sơ bộ của hệ thống và làm đầy nó bằng chất lỏng làm việc. Trên bề mặt dưới cùng của bình chứa có rãnh làm kín và các phần nhô ra, làm cứ để lắp đặt miếng đệm.

Để cung cấp nhiệt cho thiết bị bay hơi trên mặt trụ của nó, một bộ gia nhiệt kiểu băng uốn điện có đường kính 45/43mm và chiều cao 40mm được lắp đặt (hình 7). Bộ gia nhiệt điện trở có công suất tối đa 250W.



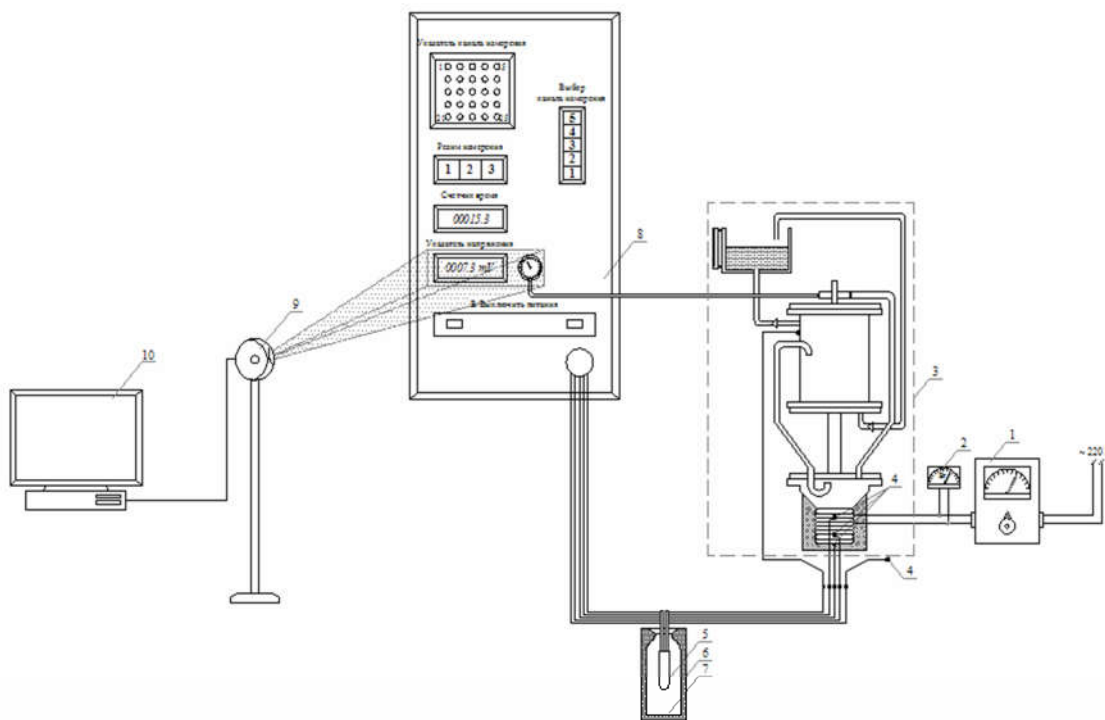
Hình 7. Bộ gia nhiệt điện trở

- 1 - Vỏ thiết bị bay hơi; 2 - Cách nhiệt; 3 - Bộ gia nhiệt điện trở;
- 4 - Lớp cách nhiệt

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

3.1. Hệ thống thiết bị thí nghiệm

Hệ thống thiết bị thí nghiệm được mô tả trong hình 8 gồm mô hình của bơm hoạt động nhiệt 3, được kết nối với



Hình 8. Hệ thống thiết bị thí nghiệm

- 1 - Máy biến thế; 2 - Đồng hồ đo công suất điện (Watt kế); 3 - Bơm hoạt động nhiệt; 4 - cặp nhiệt điện; 5 - Bầu nối nguội của cặp nhiệt điện; 6 - Bình Dyura; 7 - Nước đá; 8 - Bộ tổ hợp thiết bị đo đa năng; 9 - Camera kỹ thuật số; 10 - Máy tính cá nhân

mạch ngoài theo dạng mạch hở. Một bình hình trụ có chia độ, từ đó chất lỏng đi vào bình chứa - bình ngưng qua van một chiều, được trang bị một ống thủy tinh đo, giúp xác định thể tích của chất lỏng đã xả với độ chính xác 2,5ml, tương ứng với sự thay đổi mực chất lỏng trong bình 0,5mm. Để đo áp suất hơi trong bình chứa - bình ngưng, một áp kế có ống Bourdon với độ chính xác đo là 0,025.10⁵Pa được gắn vào chốt trên nắp trên. Nguồn cung cấp của thiết bị bay hơi được thực hiện bằng một máy biến thế, với công suất được cung cấp được ghi lại bằng Watt kế 2.

Đo nhiệt độ dọc theo chiều cao của thiết bị bay hơi được thực hiện bằng đầu đo nhiệt độ, được hàn vào bề mặt bên ngoài của thiết bị bay hơi. Các cặp nhiệt điện tương tự được sử dụng để đo nhiệt độ môi trường xung quanh và nhiệt độ thành bình ngưng. Các cặp nhiệt điện có tiếp điểm 5 được nối với thiết bị đo 8 và sau khi chuyển mạch ở tần số thấp, được đưa đến màn hình của vôn kế (mV).

Tất cả các điểm đo được ghi lại bởi một camera kỹ thuật số, kết nối máy tính, các thông số được ghi lại, các yếu tố chính cần lưu trữ, tổng hợp là sự thay đổi áp suất hơi theo nhiệt độ ở bình bay hơi bay hơi hoặc thành bình ngưng trong thời gian thực, khoảng cách giữa các lần đo là 1 giây.

3.2. Trình tự tiến hành thí nghiệm

- Bộ gia nhiệt của thiết bị bay hơi được bật ở mức công suất thấp (20 ÷ 30W) để làm ấm lên đến 40 ÷ 50°C.

- Thông qua kết nối phía trên trên nắp của bể chứa, hệ thống được đổ đầy chất lỏng đến thể tích mà chất lỏng được xả hết qua xi phông về thiết bị bay hơi. Thời điểm này được ghi lại bằng sự giảm nhiệt độ trên bề mặt vỏ ngoài thiết bị bay hơi.

- Tiếp theo, đầu nạp được đóng lại và bộ gia nhiệt được bật theo công suất định mức, khi đó áp suất trong hệ thống theo thời gian tăng lên, cho đến khi đạt giá trị để tác động đến van một chiều ở đầu ra (đối với máy bơm mô hình đang nghiên

cứ, công suất này là 150W). Quá trình này tương tự như quá trình truyền nhiệt, truyền chất thông thường với thể tích cố định của pha hơi trong bình ngưng.

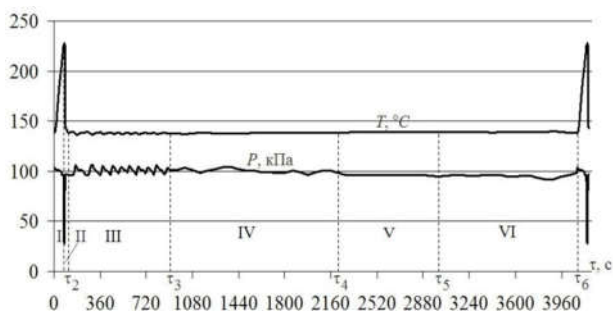
- Khi van đầu ra được kích hoạt, có thể nhìn thấy bọt khí thoát ra từ ống thoát được đặt trong bình chứa, đầu nạp sẽ mở trong 2 - 3 phút để loại bỏ không khí nhanh hơn (mang theo một phần hơi nước).

- Với sự trợ giúp của camera kỹ thuật số, nhiệt độ của thành thiết bị bay hơi và áp suất hơi được ghi lại cho đến khi nó đi vào một quá trình tuần hoàn, lặp đi lặp lại sự thay đổi các thông số, được gọi là chu kỳ làm việc của bơm.

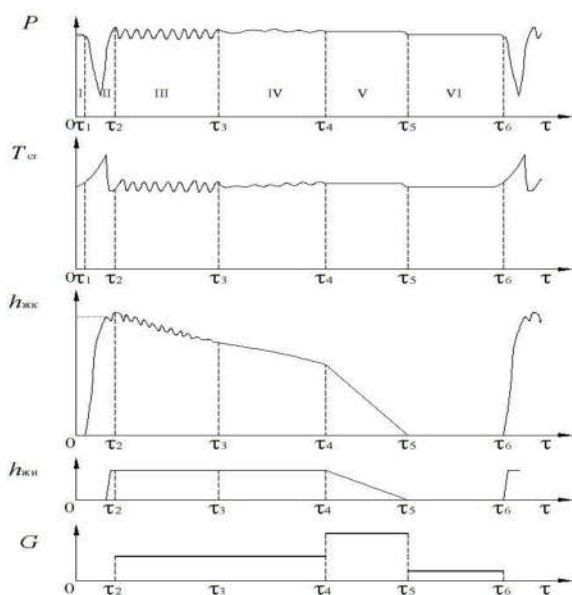
4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1. Các giai đoạn làm việc của bơm

Đặc tính hoạt động của bơm là một hàm phụ thuộc vào các thông số: áp suất hơi P , nhiệt độ của bình bay hơi theo thời gian thực, được thể hiện trong hình 9, cho thấy tính chất chu kỳ ổn định của sự thay đổi các thông số và giúp xác định được các giai đoạn đặc trưng của chu kỳ dao động, được thể hiện một cách định tính trong hình 10 đối với sự thay đổi áp suất hơi P , nhiệt độ thành thiết bị bay hơi T_{cs} , mức chất lỏng trong thiết bị bay hơi và bình ngưng, cũng như tốc độ dòng chảy của chất lỏng G qua bơm kể từ thời điểm chất lỏng trong thiết bị bay hơi hoàn toàn và kết thúc quá trình sinh hơi.



Hình 9. Các quá trình tự dao động trong bơm theo thời gian thực



Hình 10. Các giai đoạn của một chu kỳ tự dao động

Nếu bơm đã qua giai đoạn khởi động và đi vào hoạt động ổn định theo chu kỳ thì các thông số thay đổi theo chu kỳ một cách ổn định.

Không kể giai đoạn khởi động, quá trình truyền nhiệt và truyền chất ổn định trong bơm tự dao động bao gồm sáu giai đoạn khác nhau về bản chất, cường độ của các quá trình truyền nhiệt và khối lượng, một số giai đoạn có thể được coi là tĩnh và phần còn lại là động, mà các khái niệm về truyền nhiệt và truyền chất không tồn tại.

Ở giai đoạn I, do tổn thất nhiệt trong hệ thống ra môi trường, áp suất hơi bắt đầu giảm, và nhiệt độ của thành thiết bị bay hơi tăng lên khi giữ cố định nguồn nhiệt cấp vào. Giai đoạn này tiếp tục cho đến khi mức chất lỏng trong bể chứa vượt quá mức tối thiểu trên xi phông, sau đó chất lỏng được qua xi phông xả về thiết bị bay hơi. Cần lưu ý rằng nhiệt độ của thành thiết bị bay hơi ở cuối giai đoạn không được vượt quá nhiệt độ của bộ quá nhiệt lớn nhất, được xác định theo [1] ở khoảng 280°C.

Ở giai đoạn II, nhiệt độ của thành thiết bị bay hơi giảm xuống kể từ thời điểm xả chất lỏng có nhiệt độ thấp từ bình chứa sang thiết bị sinh hơi. Áp suất ở một số phần của giai đoạn này vẫn thấp do hơi nước ngưng tụ mạnh trên bề mặt của chất lỏng đi vào và sau đó bắt đầu tăng lên do sự sinh hơi trong thiết bị bay hơi. Dòng chảy của chất lỏng từ bồn chứa sẽ tiếp tục cho đến khi vượt quá ngưỡng của van một chiều đầu vào. Thiết bị bay hơi sẽ được lấp đầy hoàn toàn bằng chất lỏng. Không có sự dịch chuyển của chất lỏng khỏi máy bơm trong giai đoạn I và II.

Ở giai đoạn III, các xung biên độ thấp của nhiệt độ thành thiết bị bay hơi và áp suất hơi, liên quan đến việc vượt qua ngưỡng hoạt động của van một chiều đầu ra và đầu vào. Khi van đầu ra được mở, một phần chất lỏng được đẩy ra khỏi máy bơm và mức chất lỏng trong bình chứa giảm. Trong trường hợp này, cường độ hơi nước ngưng tụ thường cao hơn cường độ tạo ra nó dẫn đến việc mở van đầu vào, do đó, chất lỏng mới qua van sẽ đi vào bình chứa từ thùng cấp liệu. Thời gian mở van, tốc độ dòng chảy phụ thuộc vào đặc tính dòng chảy của van.

Ở giai đoạn IV, các hiện tượng tương tự xảy ra khi mực chất lỏng giảm xuống mức ngắt của xi phông. Ở cuối giai đoạn này, không còn dòng chảy của chất lỏng vào thiết bị bay hơi.

Ở giai đoạn V, ở áp suất trạng thái ổn định, cho phép van đầu ra được giữ ở trạng thái mở, việc đẩy chất lỏng ra khỏi bộ tích tụ - bình ngưng diễn ra nhiều nhất cho đến khi hết chất lỏng.

Ở giai đoạn VI, phần chất lỏng còn lại trong thiết bị bay hơi sẽ tiếp tục bay hơi, sau đó ngưng tụ trong khoang chứa, chất lỏng sẽ được đẩy ra ngoài qua van một chiều đầu ra.

Trong thời gian thực, các bước này trông ít rõ ràng hơn, nhiệt độ thành của thiết bị bay hơi và áp suất hơi đều thay đổi trong tất cả các quá trình. Các phép đo bổ sung bằng phương pháp thể tích của tốc độ dòng chất lỏng, cho phép

tính toán sự thay đổi của mức chất lỏng trong bình chứa - thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi sẽ làm rõ mối quan hệ giữa các khoảng thời gian của các giai đoạn.

4.2. Kết quả thử nghiệm

Bảng 1, 2, 3 trình bày kết quả thực nghiệm tương ứng với các mức công suất gia nhiệt cho thiết bị bay hơi 100, 150, 200W và các giá trị tính toán của nhiệt độ bề mặt ngoài thiết bị bay hơi trong điều kiện bỏ qua tổn thất ra môi trường.

Bảng 1. Kết quả tính toán và thực nghiệm ở công suất 100W

τ, s	$t_{wr}, ^\circ C$			
	$Q_n = 0$	$Q_n = const$	$Q_n = f(t_{we})$	Thực nghiệm
0	134,86	134,86	134,86	134,86
10	145,33	143,01	142,83	141,00
20	155,80	151,16	150,41	147,57
30	166,27	159,32	157,60	154,00
40	176,74	167,47	164,43	159,86
50	187,21	175,63	170,91	165,43
60	197,68	183,78	177,06	170,71
70	208,16	191,93	182,90	175,71
80	218,63	200,09	188,44	180,43
90	229,10	208,24	193,77	184,71
100	239,57	216,39	198,76	189,00
110	250,04	224,55	203,53	193,00
120	260,51	232,70	207,98	197,00
130	270,98	240,85	212,24	200,71
140	281,45	249,01	216,34	204,14
150	291,93	257,16	220,24	207,43
160	302,40	265,31	223,86	210,71
170	312,87	273,47	227,29	213,86
180	323,34	281,62	230,44	217,00
190	333,81	289,78	233,53	219,86
200	344,28	297,93	236,25	222,86
210	354,75	306,08	238,56	226,00
220	365,22	314,24	241,12	228,57
230	375,69	322,39	243,29	231,29
240	386,17	330,54	245,21	234,00
250	396,64	338,70	247,02	236,57
260	407,11	346,85	248,91	238,86
270	417,58	355,00	250,24	241,43
280	428,05	363,16	252,03	243,43
290	438,52	371,31	253,63	245,43
300	448,99	379,47	254,83	247,57
310	459,46	387,62	255,82	249,71

Bảng 2. Kết quả tính toán và thực nghiệm ở công suất 150W

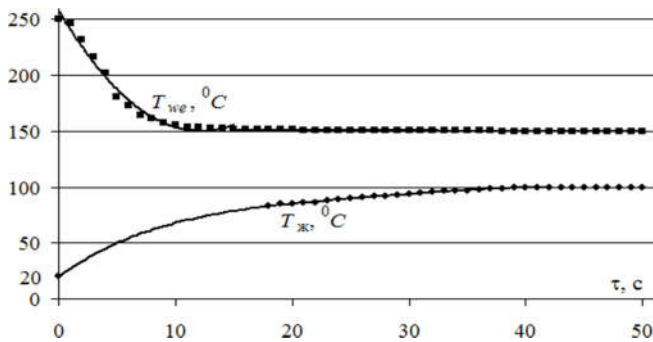
τ, s	$t_{wr}, ^\circ C$			
	$Q_n = 0$	$Q_n = const$	$Q_n = f(t_{we})$	Thực nghiệm
0	152,86	152,86	152,86	152,86
2	157,05	155,43	155,41	156,29
4	161,23	158,00	157,92	159,00
6	165,42	160,57	160,38	162,43
8	169,61	163,14	162,80	165,86
10	173,80	165,71	165,15	170,14
12	177,99	168,28	167,49	173,00
14	182,18	170,85	169,79	175,86
16	186,36	173,42	172,05	178,71
18	190,55	175,99	174,27	181,43
20	194,74	178,56	176,41	184,86
22	198,93	181,13	178,49	188,29
24	203,12	183,70	180,42	192,86
26	207,31	186,27	182,40	196,14
28	211,50	188,84	184,34	199,29
30	215,68	191,41	186,29	201,86
32	219,87	193,98	188,22	204,29
34	224,06	196,55	190,11	206,71
36	228,25	199,12	191,97	209,00
38	232,44	201,69	193,61	212,57
40	236,63	204,26	195,22	215,86
42	240,82	206,83	196,78	219,14
44	245,00	209,40	198,49	221,29
46	249,19	211,97	199,93	224,57
48	253,38	214,54	201,37	227,57
50	257,57	217,11	202,85	230,14
52	261,76	219,68	204,31	232,57
54	265,95	222,25	205,73	235,00
56	270,13	224,82	207,20	237,00
58	274,32	227,39	208,52	239,43
60	278,51	229,96	209,95	241,29
62	282,70	232,53	211,22	243,57
64	286,89	235,10	212,45	245,86
66	291,08	237,67	213,81	247,57
68	295,27	240,24	214,99	249,71

Bảng 3. Kết quả tính toán và thực nghiệm ở công suất 200W

τ, s	$t_{wr}, ^\circ C$			
	$Q_n = 0$	$Q_n = const$	$Q_n = f(t_{we})$	Thực nghiệm
0	167,43	167,43	167,43	167,43
2	171,62	170,95	170,94	169,43

4	175,81	174,47	174,39	173,57
6	179,99	178,00	177,80	177,00
8	184,18	181,52	181,21	178,71
10	188,37	185,04	184,55	181,86
12	192,56	188,57	187,88	184,00
14	196,75	192,09	191,13	187,14
16	200,94	195,61	194,32	190,43
18	205,12	199,14	197,46	193,86
20	209,31	202,66	200,63	196,00
22	213,50	206,18	203,60	200,29
24	217,69	209,71	206,67	202,57
26	221,88	213,23	209,63	205,71
28	226,07	216,75	212,53	208,86
30	230,26	220,28	215,38	212,00
32	234,44	223,80	218,32	214,00
34	238,63	227,32	221,08	217,00
36	242,82	230,84	223,80	220,00
38	247,01	234,37	226,62	222,00
40	251,20	237,89	229,23	225,00
42	255,39	241,41	231,82	227,86
44	259,58	244,94	234,35	230,71
46	263,76	248,46	236,86	233,43
48	267,95	251,98	239,46	235,43
50	272,14	255,51	241,87	238,14
52	276,33	259,03	244,23	240,86
54	280,52	262,55	246,54	243,57
56	284,71	266,08	248,82	246,14
58	288,89	269,60	251,28	247,86
60	293,08	273,12	253,47	250,43

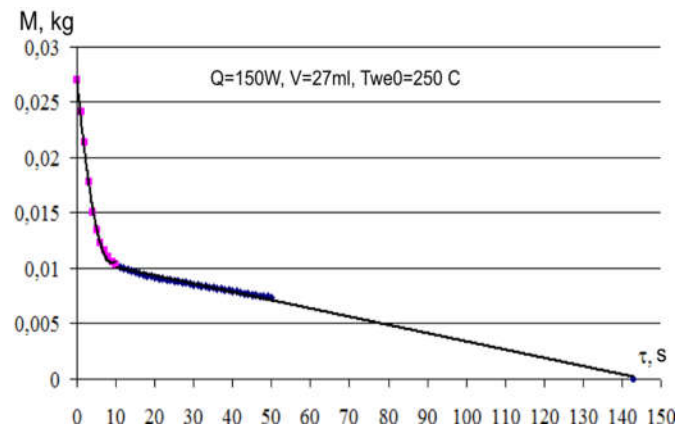
Từ các dữ liệu thu được thực nghiệm cũng cho thấy sự thay đổi nhiệt độ của bề mặt ngoài của thiết bị bay hơi và chất lỏng, hình 11 thể hiện sự thay đổi này trong điều kiện công suất nguồn nhiệt cấp $Q = 150W$, thể tích chất lỏng $V = 27ml$, áp suất $P = 10^5 Pa$.



Hình 11. Sự thay đổi nhiệt độ của thành thiết bị bay hơi và chất lỏng được gia nhiệt

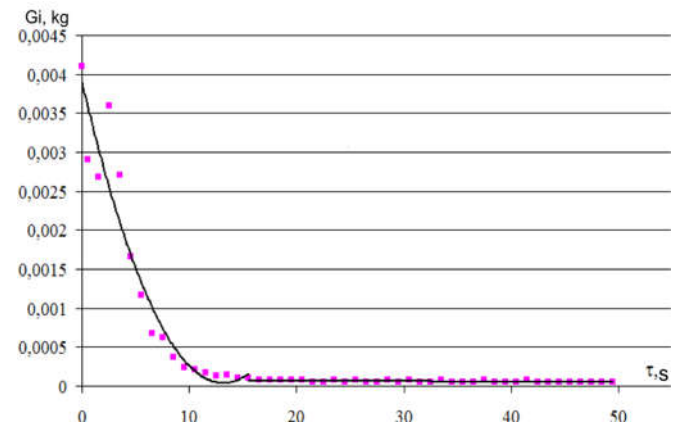
(■ - Nhiệt độ bề mặt ngoài thiết bị bay hơi; ◆ - Nhiệt độ chất lỏng)

Khối lượng của chất lỏng trong thiết bị bay hơi giảm dần theo thời gian từ giá trị lớn nhất, khi được chứa đầy trong thiết bị bay hơi, giảm về 0 khi toàn bộ chất lỏng bị hoá hơi hoàn toàn, quá trình thay đổi được thể hiện trên hình 12.



Hình 12. Sự thay đổi khối lượng chất lỏng ở bình bay hơi trong suốt quá trình hoá hơi

Tương ứng với sự thay đổi khối lượng chất lỏng trong quá trình bay hơi, giá trị tính toán của tốc độ tạo hơi G , được thể hiện trong hình 13.



Hình 13. Tốc độ hoá hơi của chất lỏng theo thời gian

Trong quá trình thực nghiệm kiểm tra khả năng hoạt động của máy bơm sau đó cho thấy thể tích của chất lỏng thoát ra phần lớn phụ thuộc vào nhiệt độ của chất lỏng ở mạch ngoài. Ở giá trị thấp, áp suất trong khoang chứa giảm đáng kể và nó bị lấp đầy, cao hơn nhiều so với mức ban đầu của chất lỏng. Thiết bị bay hơi và bình ngưng chứa đầy chất lỏng, đồng thời việc xả chất lỏng từ bình ngưng về thiết bị bay hơi diễn ra liên tục, quá trình này chỉ dừng khi mức lỏng ở bình ngưng thấp hơn mặt thoáng của dầu xi phông.

5. KẾT LUẬN

Từ thực tế hệ thống thiết bị thí nghiệm và các kết quả thu được sau quá trình thực nghiệm, có thể đưa ra được một số kết luận sau:

- Thiết lập thành công hệ thống thiết bị thí nghiệm, gồm có bơm hoạt động nhiệt, và hệ thống các thiết bị đo lường cho phép xác định các thông số nhiệt động lực học của máy bơm trong thời gian thực.

- Đã chứng minh được hiệu quả của máy bơm sử dụng bộ truyền động nhiệt (bơm hoạt động nhiệt), bơm gồm có bình chứa và các kênh dẫn riêng biệt cho hơi và chất lỏng nối giữa thiết bị bay hơi và thiết bị ngưng tụ

- Đã xác định được chu kỳ hoạt động của máy bơm bao gồm ít nhất sáu giai đoạn, khác nhau về các điều kiện vật lý, truyền nhiệt, truyền chất ở bên trong và ngoài thiết bị

- Đề xuất được một phương pháp kỹ thuật để xác định các thông số quan trọng về mặt chức năng của bơm hoạt động nhiệt: áp suất hơi, nhiệt độ bề mặt ngoài thiết bị bay hơi, tốc độ lưu chuyển chất lỏng.

- Ước tính được giá trị tổn thất nhiệt của thiết bị bay hơi ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình vận hành máy bơm.

- Giới thiệu một phương pháp tăng hiệu suất của bơm bằng cách thay đổi cấu trúc, thành phần cấu tạo của bơm

- Thực hiện mô hình hóa vật lý của các quá trình động học của quá trình sinh hơi

Các kết quả này có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo đầu vào cho các nghiên cứu tiếp theo về thiết bị bơm sử dụng bộ truyền động nhiệt (bơm hoạt động nhiệt).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Labuntsov D.A., Yagov V.V., 2000. *Mechanics of two-phase systems*. M.: Publishing house MEI, 373 p.

[2]. Borodkin A. A., Kotlyarov E. Yu., Serov G. P., 1995. *Evaporating condensing pump for providing of working Fluid circulation in two-phase heat transferring system*. International Conference on Environmental Systems (ICES).

[3]. Okeyasu Kenji, 1986. *Heat transport apparatus*. United States Patent № 4625790.

[4]. Reay D. A., Kew P. A, 2006. *Heat Pipes: Theory, Design And Applications, Fifth Edition*. Publisher: Butterworth-heinemann.

[5]. Sasin V. Ya, Shelginskii A. Ya, 1973. *Heat - transfer rate in the condenser section of a heatpipe*. Translated from Inzhernerno- Fizhicheskii zhurnal, vol.15, No.3, 436 - 439.

[6]. Tamburini P., 1978. *"T - System" proposal of a new concept heat transport system*. International Heat Pipe Conference, 3rd, Palo Alto, Calif.

AUTHOR INFORMATION

Bui Manh Tu

Electric Power University