

# ỨNG DỤNG CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG MAISOTSENKO CHO HOẠT ĐỘNG CỦA THÁP GIẢI NHIỆT

## APPLICATION OF MAISOTSENKO CYCLE FOR OPERATION OF COOLING TOWER

Bùi Mạnh Tú, Đặng Văn Bình

### TÓM TẮT

Tháp giải nhiệt là một trong những thiết bị trao đổi nhiệt trao đổi chất được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật lạnh và điều hòa không khí, cũng như trong các nhà máy nhiệt điện. Nhiệm vụ của tháp giải nhiệt là làm mát nước, thông thường, nước sau khi ra khỏi tháp giải nhiệt được dẫn vào bình ngưng của máy lạnh, bình ngưng trong chu trình nhà máy nhiệt điện. Nhiệt độ nước làm mát ra khỏi tháp giải nhiệt đóng vai trò quyết định đến hiệu suất làm việc của bình ngưng, cũng như tác động trực tiếp đến hiệu suất năng lượng của hệ thống. Với tháp giải nhiệt kiểu truyền thống, nhiệt độ nước làm mát ra khỏi tháp bị giới hạn bởi giá trị nhiệt độ nhiệt kế ướt của không khí môi trường. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả muốn giới thiệu một phương pháp mới, tháp giải nhiệt hoạt động theo nguyên lý chu trình nhiệt động Maisotsenko (hay còn gọi là chu trình M), với chu trình nhiệt động này nhiệt độ nước ra khỏi tháp giải nhiệt có thể được giảm xuống gần với nhiệt độ điểm sương của không khí ngoài môi trường.

**Từ khóa:** Chu trình nhiệt động, Maisotsenko, nhiệt độ nhiệt kế ướt, nhiệt độ điểm sương, tháp giải nhiệt.

### ABSTRACT

Cooling tower is a heat and mass transfer device, which is widely used in refrigeration and air conditioning system, as well as in thermal power plants. The task of the cooling tower is to cool the water. The cold water from cooling tower enters the condenser of HVAC system or the condenser in a thermal power plant. The cold water temperature from cooling tower impacts on the performance of the condenser, as well as the energy efficiency of the system. With typical cooling towers, the temperature of the cold water produced is limited to the outside air wet bulb temperature. In this article, the authors introduce a new method, the cooling tower operates according to the principle of Maisotsenko cycle (also known as M-cycle M), with M-cycle, cold water produced can be reduced to close to the outside air dewpoint temperature.

**Keywords:** Thermodynamic cycle, Maisotsenko, wet bulb temperature, dewpoint temperature, cooling tower.

**Bùi Mạnh Tú**

Trường Đại học Điện lực

**Đặng Văn Bình**

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: tubm@epu.edu.vn

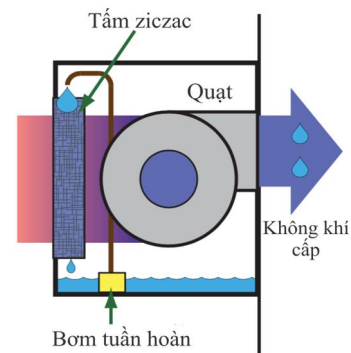
Ngày nhận bài: 25/08/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/10/2017

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2017

Chu trình nhiệt động Maisotsenko (hay được gọi là chu trình M) là một khái niệm tương đối mới, hoạt động dựa trên nguyên lý bay hơi làm mát. Do đó, để tìm hiểu về chu trình nhiệt động Maisotsenko, trước hết cần hiểu rõ bản chất của quá trình bay hơi làm mát. Từ đó xem xét khả năng ứng dụng chu trình nhiệt động Maisotsenko trong việc nâng cao hiệu quả năng lượng cho tháp giải nhiệt.

### 1. CHU TRÌNH BAY HƠI LÀM MÁT TRỰC TIẾP



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý quá trình bay hơi làm mát trực tiếp

Không khí ngoài trời được quạt gió hút qua một kết cấu tấm phẳng, được tưới nước nhờ hệ thống bơm nước tuần hoàn (hình 1). Khi qua kết cấu tấm phẳng (tấm ziczac), nước nhận nhiệt từ không khí ngoài trời, bay hơi làm giảm nhiệt độ của không khí đầu vào. Tuy nhiên lượng hơi nước này lại di chuyển vào dòng không khí, do đó làm tăng ẩm của dòng không khí đầu ra. Đây chính là nhược điểm của phương pháp bay hơi làm mát trực tiếp. Theo [4], hiệu suất của quá trình này được xác định bằng công thức:

$$e = \frac{t_v - t_r}{t_v - t_u}$$

Trong đó:

$t_v, t_r$ : Nhiệt độ không khí vào, ra khỏi thiết bị bay hơi làm mát trực tiếp, °C.

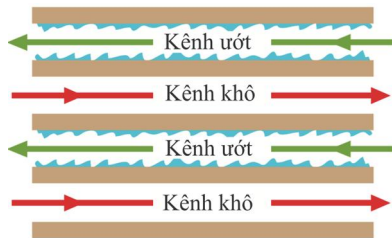
$t_u$ : Nhiệt độ nhiệt kế ướt của không khí vào, °C.

Hiệu suất của trình sẽ chịu ảnh hưởng của chiều dày lớp ziczac và tốc độ dòng không khí.

Thử nghiệm với tấm ziczac có chiều dày khoảng 50mm, hiệu suất làm mát của quá trình vào khoảng từ 55 - 70% và khi tăng chiều dày của tấm ziczac lên khoảng 6 lần, thì hiệu

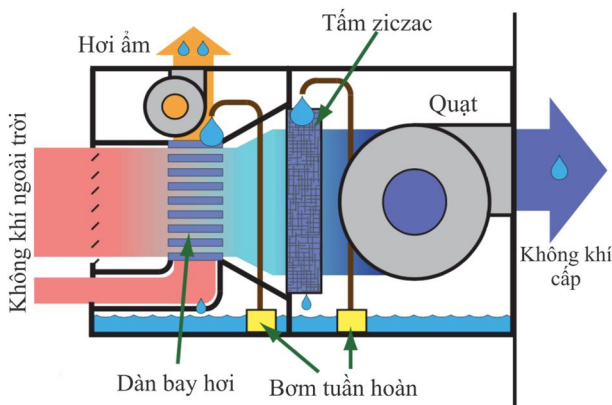
suất đạt được của quá trình có thể lên đến 90%. Quá trình này phù hợp áp dụng cho các khu vực có khí hậu nóng và khô, có nhiệt độ nhiệt kế ướt không lớn hơn 20°C.

Để khắc phục nhược điểm của quá trình bay hơi làm mát trực tiếp, làm tăng ẩm trong không khí đầu ra, người ta sử dụng chu trình bay hơi làm mát gián tiếp. Sơ đồ nguyên lý quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa kênh khô và kênh ướt trong quá trình bay hơi làm mát gián tiếp được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Chu trình bay hơi làm mát gián tiếp

Chu trình bay hơi làm mát gián tiếp sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt không khí - không khí để làm mát không khí đầu vào mà không làm tăng ẩm. Không khí đầu vào đi bên trong các ống nằm ngang của bộ trao đổi nhiệt không khí - không khí, các ống này được tưới nước nhờ các bơm nước tuần hoàn, các phân tử nước bên ngoài ống nhận nhiệt của không khí đi bên trong ống, nhiệt của không khí đầu vào làm bay hơi nước bên ngoài ống, dòng không khí thứ cấp sẽ thổi cắt ngang các hàng ống, đưa lượng không khí nóng, ẩm sát bên ngoài các hàng ống ra ngoài. Như vậy, không khí đầu ra vừa được làm mát, lại không bị tăng ẩm. Quá trình trao đổi nhiệt ẩm ở đây diễn ra giữa các dòng lưu chất: không khí (kênh khô) và nước (kênh ướt). Hiệu suất của chu trình bay hơi làm mát gián tiếp thông thường vào khoảng 77%.



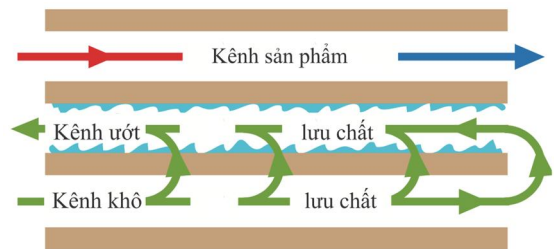
Hình 3. Nguyên lý quá trình bay hơi làm mát hỗn hợp (Gián tiếp - Trực tiếp)

Trong thực tế, tùy theo ứng dụng người ta có thể sử dụng chu trình bay hơi làm mát trực tiếp, gián tiếp một cách độc lập, hay kết hợp hai chu trình này với nhau. Hình 3 mô tả nguyên lý của chu trình kết hợp giữa bay hơi làm mát trực tiếp và bay hơi làm mát gián tiếp.

**2. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG MAISOTSENKO (CHU TRÌNH M)**

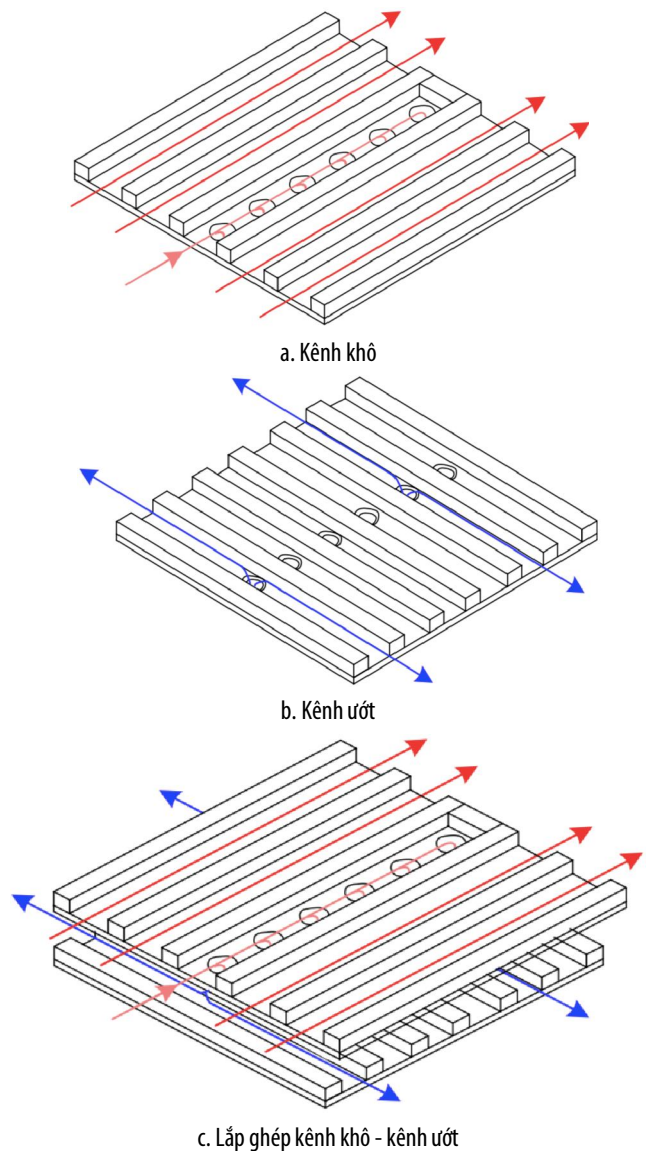
Chu trình M sử dụng nguyên lý trao đổi nhiệt - ẩm giữa các kênh khô, kênh ướt tương tự như chu trình bay hơi làm

mát gián tiếp, tuy nhiên có khác biệt rất lớn về cấu trúc hình học và sự di chuyển của dòng không khí (hình 4).



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa các lưu chất trong chu trình M

Chu trình M đã được tính toán, thử nghiệm trên thiết bị làm mát "Coolerado" [5], là một thiết bị trao đổi nhiệt đa kênh (kênh khô, kênh ướt) hoạt động theo nguyên lý chu trình nhiệt động Maisotsenko để làm mát không khí.

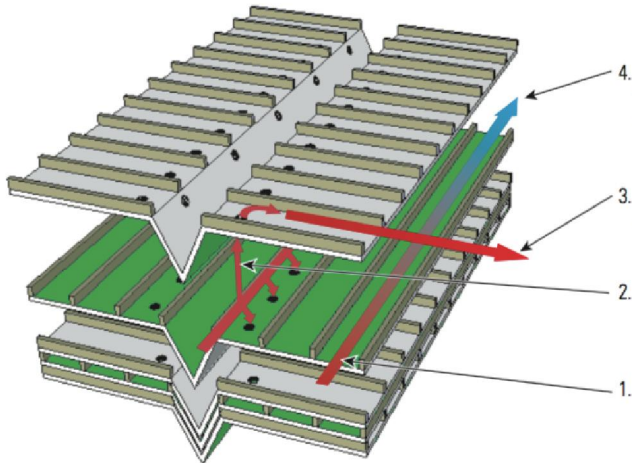


Hình 5. Cấu trúc của 1 tầng trong thiết bị làm mát "Coolerado"

Trong thiết bị này, không khí làm mát được cho tiếp xúc với lưu chất làm mát qua nhiều lớp, cấu tạo của một lớp

được thể hiện trên hình 5. Việc này có thể dẫn đến việc làm tăng trở lực cục bộ của thiết bị, từ đó dẫn đến việc đòi hỏi công suất quạt gió lớn hơn, tuy nhiên, hiệu suất của thiết bị này có thể đạt được từ 85% đến 100%, đồng nghĩa với việc không khí được làm mát có thể giảm nhiệt độ xuống dưới giá trị nhiệt độ nhiệt kế ướt.

Nguyên lý hoạt động của thiết bị làm mát "Coolerado" được mô tả trong hình 6.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của thiết bị làm mát "Coolerado"

- 1- Chất được làm mát và không khí đi vào phía khô của thiết bị
- 2- Dòng lưu chất được phân nhánh đi vào các kênh ướt của thiết bị làm mát một cách lặp đi lặp lại.
- 3- Nhiệt không khí nhận được từ chất được làm mát sẽ được thải ra ngoài nhờ quá trình bay hơi.
- 4- Chất được làm mát chuyển động dọc theo các kênh khô, đồng thời nhả nhiệt cho không khí chuyển động trong các kênh ướt, khi đó, chất được làm mát vẫn duy trì được trạng thái khô, còn nhiệt độ giảm dần đến giá trị nhiệt độ đọng sương của không khí vào.

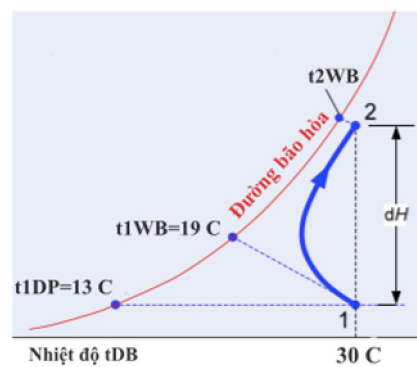
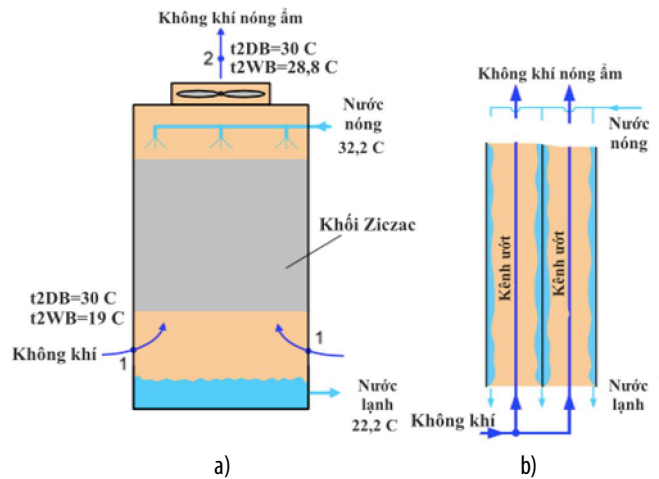
### 3. TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CỦA CHU TRÌNH M CHO THÁP GIẢI NHIỆT

Tháp giải nhiệt là thiết bị trao đổi nhiệt, trao đổi chất, có nhiệm vụ nhận nhiệt của môi chất cần làm mát và thải ra khí quyển. Ứng dụng phổ biến của tháp giải nhiệt là làm mát nước, được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống lạnh và điều hòa không khí hoặc trong các nhà máy nhiệt điện.

Hiệu suất làm mát của tháp giải nhiệt tác động rất lớn đến hiệu suất năng lượng của hệ thống, trong đó thông số trực tiếp nhất là nhiệt độ của nước được làm mát ra khỏi tháp giải nhiệt.

Tháp giải nhiệt thông thường hoạt động theo nguyên lý bay hơi làm mát trực tiếp (hình 7). Như đã phân tích ở trên, hiệu quả của quá trình bay hơi làm mát trực tiếp sẽ bị giới hạn bởi giá trị nhiệt độ nhiệt kế ướt của không khí bên ngoài.

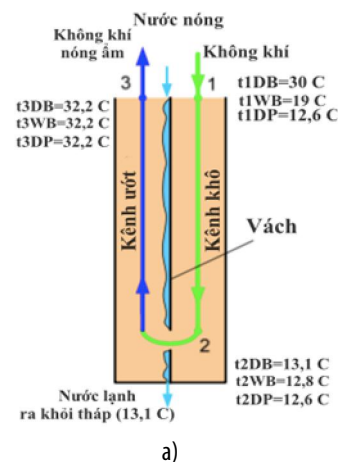
Tháp giải nhiệt kiểu truyền thống sẽ sử dụng kết cấu tấm ziczac được thành cụm, để tăng cường diện tích tiếp xúc giữa không khí và nước, thực hiện quá trình trao đổi nhiệt đối, nhiệt độ của lưu chất có thể được làm mát xuống gần với giá trị nhiệt độ nhiệt kế ướt.



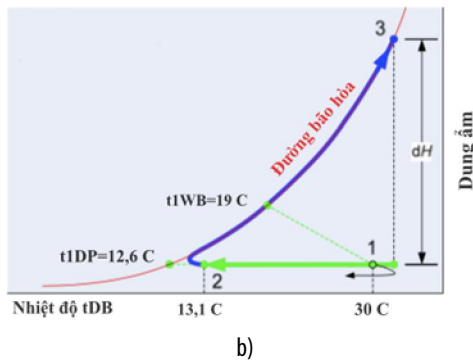
Hình 7. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của tháp giải nhiệt truyền thống

Chu trình Maisotsenko là chu trình duy nhất đến thời điểm này, theo tính toán, có thể làm giảm nhiệt độ lưu chất xuống gần với giá trị nhiệt độ điểm sương. Việc này, về lý thuyết, có thể áp dụng được cho các tháp giải nhiệt truyền thống nếu như thay đổi kết cấu của cơ cấu tấm ziczac để phân bố lại các kênh nước và không khí theo nguyên lý của chu trình Maisotsenko. Có thể cải tiến hoạt động của các tháp giải nhiệt truyền thống theo chu trình Maisotsenko theo các phương án sau:

#### 3.1. Tháp giải nhiệt chu trình hở (dựa trên nguyên lý chu trình M)







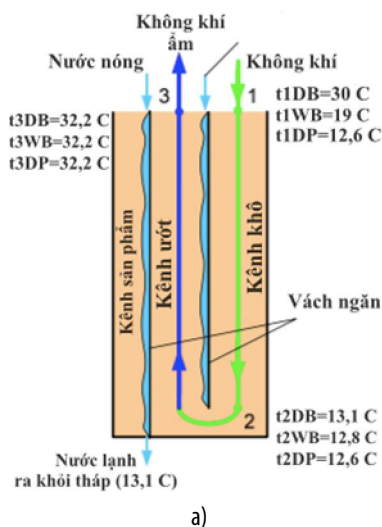
Hình 8. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của tháp giải nhiệt theo chu trình M hở

Thay đổi trong cấu trúc của kết cấu zigzag, nguyên lý hoạt động của tháp giải nhiệt theo chu trình M hở được thể hiện trong hình 8a, nước được làm mát từ 32°C xuống 14°C so với 23°C ở tháp giải nhiệt truyền thống, tốc độ bay hơi là 3,1% so với 1,5% và độ ẩm không khí đạt được là 0,0219 kg/kg không khí khô so với 0,0162 kg/kg không khí khô. Không khí ẩm thải ra ngoài ở trạng thái bão hòa (độ ẩm tương đối 100%) và nhiệt độ khoảng 32°C.

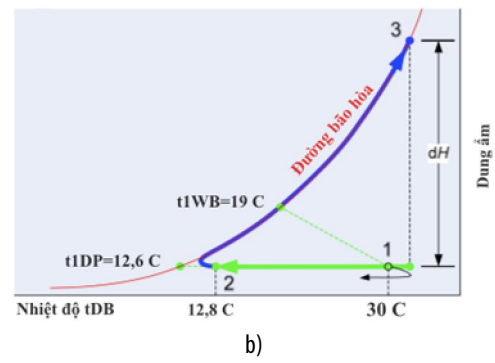
Vách ngăn giữa kênh ướt và kênh khô không nhất thiết phải là mặt phẳng, có thể sử dụng các hình dạng, cấu trúc khác nhau. Vật liệu làm vách ngăn làm từ vật liệu chống thấm, hoặc vật liệu có độ thấm thấu thấp như nhựa, kim loại hoặc gốm... Tháp giải nhiệt hoạt động theo chu trình M không chỉ hoạt động duy nhất bằng cách thải nhiệt ra môi trường không khí bên ngoài, mà còn có thể sử dụng Nitơ, carbon dioxide, hoặc nhiệt thải công nghiệp (nhiệt lạnh) để làm mát.

Với cấu trúc thẳng đứng, không khí được làm mát trong kênh khô, nó trở nên nặng hơn và chìm xuống. Ngược lại, không khí nóng lên, độ ẩm tăng trong kênh ướt, khiến nó trở nên nhẹ hơn vì vậy nó chuyển động lên trên, các dòng chuyển động này thuận theo chiều chuyển động tự nhiên của chu trình, điều này giúp cho việc giảm điện năng tiêu thụ của quạt tháp.

### 3.2. Tháp giải nhiệt chu trình kín (dựa trên nguyên lý chu trình M)



a)



Hình 9. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của tháp giải nhiệt theo chu trình M kín

Tháp giải nhiệt hoạt động theo chu trình khép kín được mô tả trong hình 9. Về nguyên lý làm việc, chu trình kín hoạt động tương tự như chu trình hở, tuy nhiên với chu trình kín, cấu tạo có hai mạch chất lỏng riêng biệt. Điểm khác biệt duy nhất giữa chu trình kín và chu trình hở là lưu chất được làm mát trong một chu trình khép kín, không tiếp xúc với môi trường. Tương tự như chu trình hở, nhiệt độ của lưu chất được làm mát có thể giảm tới giá trị nhiệt độ điểm sương.

## 4. KẾT LUẬN

Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả đã trình bày về chu trình nhiệt động Maisotsenko, ứng dụng của chu trình này trong việc nâng cao hiệu quả năng lượng của tháp giải nhiệt bằng cách giảm nhiệt độ nước được làm mát ra khỏi tháp. Tuy nhiên, các số liệu minh họa, số liệu được trích dẫn mới dừng lại trong việc thử nghiệm trong phòng thí nghiệm mà chưa được kiểm chứng trong thực tế trong điều kiện Việt Nam. Ở các bài báo tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiến hành nghiên cứu với mô hình thực nghiệm trong điều kiện khí hậu tại Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Demis Pandelidis, Sergey Anisimov, William M. Worek, 2015. *Performance study of the Maisotsenko Cycle heat exchangers in different air-conditioning applications*. International Journal of Heat and Mass Transfer 81, p.207-221.
- [2]. C.R.Patil, K.G.Hirde, P.R.M.I.T.&R., Badnera, 2013. *The Concept of Indirect Evaporative Cooling*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), volume 2, Issue 5.
- [3]. Hakan Caliskan, Arif Hepbasli, Ibrahim Dincer, Valeriy Maisotsenko, 2011. *Thermodynamic performance assessment of a novel air cooling cycle: Maisotsenko cycle*. International Journal of Refrigeration, 2011.
- [4]. *Evaporative Cooling: Saving Energy in More ways Than Ever*. E-News, issue 71, April 2010.
- [5]. Ken Wicker, 2003. *Life below the weat bulb: The Maisotsenko cycle*. Turbine Technology, 11-12/2003.
- [6]. Maisotsenko - Cycle Enhanced Cooling Towers, GAS TECHNOLOGY INSTITUTE.