

TCVN 13050:2020

ISO 16345:2014

Xuất bản lần 1

**THÁP GIẢI NHIỆT NƯỚC –
THỬ VÀ XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ TÍNH NĂNG NHIỆT**

*Water-cooling towers –
Testing and rating of thermal performance*

HÀ NỘI – 2020

Mục lục

Lời nói đầu	5
1 Phạm vi áp dụng	7
2 Thuật ngữ và định nghĩa	7
3 Ký hiệu và chữ viết tắt.....	16
4 Các phép thử tính năng – Tổng quan	21
4.1 Ứng dụng của tiêu chuẩn	21
4.2 Kế hoạch thử nghiệm	21
4.3 Các thỏa thuận trước thử nghiệm	22
4.4 Độ linh hoạt	23
5 Mục đích của các phép thử	23
5.1 Quy định chung	23
5.2 Cơ sở của đảm bảo	23
5.3 Mẫu của các tài liệu đảm bảo	24
6 Chuẩn bị thử nghiệm	29
6.1 Mục đích	29
6.2 Kế hoạch thử nghiệm và chuẩn bị địa điểm	30
6.3 Điều kiện vật lý của tháp	31
6.4 Quy định cho các dụng cụ đo	32
6.5 Công suất động cơ quạt	36
6.6 Điều kiện địa điểm	36
6.7 Điều kiện khác	37
7 Thiết bị đo và thiết lập thử nghiệm	37
7.1 Hiệu chuẩn	37
7.2 Đo lưu lượng	38
7.3 Đo nhiệt độ	38
7.4 Đo áp suất	41
7.5 Công suất truyền động quạt/bơm	41
7.6 Vận tốc gió (tốc độ và hướng)	41
7.7 Cột áp bơm của tháp	42
7.8 Phân tích lưu chất làm việc hoặc nước	43
8 Tiến hành thử nghiệm	43
8.1 Các yêu cầu cho loại thử nghiệm	43
8.2 Các thử nghiệm cơ bản	43
8.3 Thử nghiệm mở rộng	48
9 Đánh giá thử nghiệm	51

9.1 Quy định chung	51
9.2 Tính toán các giá trị khoảng thời gian thử nghiệm từ các giá trị đọc	51
9.3 Đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt cơ bản (cho tất cả các loại tháp)	55
9.4 Đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt mở rộng (áp dụng được cho tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, chỉ khi được yêu cầu theo hợp đồng)	69
10 Báo cáo kết quả	73
10.1 Quy định chung	73
10.2 Báo cáo chính thức	73
10.3 Bảo mật	73
10.4 Các giới hạn	74
11 Thông số tính năng được công bố	74
Phụ lục A (Quy định) Dụng cụ đo và phép đo	75
Phụ lục B (Quy định) Xác định bầu ướt	82
Phụ lục C (Quy định) Vị trí đo nhiệt độ không khí cấp vào	88
Phụ lục D (Quy định) Tính chất nhiệt động học của không khí ẩm	91
Phụ lục E (Tham khảo) Giá trị hệ số hiệu chỉnh dòng giao cắt	104
Phụ lục F (Tham khảo) Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hở sử dụng phương pháp đường cong tính năng	105
Phụ lục G (Tham khảo) Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hở sử dụng phương pháp đường đặc tính	115
Phụ lục H (Quy định) Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên sử dụng phương pháp đường cong tính năng	122
Phụ lục I (Quy định) Đánh giá mẫu của tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên sử dụng phương pháp thử mở rộng	139
Phụ lục J (Quy định) Đánh giá mẫu của tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, ướt/khô, kiểu hở	144
Phụ lục K (Quy định) Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt kín sử dụng phương pháp đường cong tính năng	157
Phụ lục L (Tham khảo) Các phép đo thay thế khác của L/G thử nghiệm	164
Phụ lục M (Tham khảo) Danh sách kiểm tra sơ bộ	167
Thư mục tài liệu tham khảo	170

Lời nói đầu

TCVN 13050:2020 hoàn toàn tương đương với ISO 16345:2014.

TCVN 13050:2020 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 86 *Máy lạnh và điều hòa không khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Tháp giải nhiệt nước – Thử và xác định thông số tính năng nhiệt

Water-cooling towers – Testing and rating of thermal performance

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này bao gồm phép đo tính năng nhiệt và cột áp bơm của các tháp giải nhiệt thông gió cơ khí kín, hở dạng ướt và ướt/khô và các tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên hoàn toàn, tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên có sử dụng quạt dạng ướt và ướt/khô. Phạm vi xác định thông số tiêu chuẩn cho loạt các tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, hở và kín được quy định trong tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho việc thử nghiệm và xác định thông số của các tháp giải nhiệt kín mà lưu chất làm việc có xảy ra sự chuyển pha khi đi qua thiết bị trao đổi nhiệt hoặc tính chất nhiệt động học của lưu chất làm việc chưa được xác định.

2 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây. Các kí hiệu sử dụng để nhận biết các thuật ngữ trong tiêu chuẩn này được định nghĩa và liệt kê ở Điều 3.

2.1

Lưu lượng không khí (airflow rate)

Lưu lượng không khí khô và lượng hơi nước kèm theo đi qua tháp giải nhiệt.

2.2

Điều kiện môi trường (ambient air conditions)

Môi trường không khí xung quanh, nhưng không bị ảnh hưởng bởi tháp giải nhiệt.

2.3

Hiệu nhiệt độ ướt (approach)

Chênh lệch giữa nhiệt độ nước lạnh (tái làm lạnh) và nhiệt độ bầu ướt của không khí vào.

2.4

Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (approach deviation)

Độ lệch giữa nhiệt độ tiếp cận đảm bảo và nhiệt độ tiếp cận thử nghiệm được điều chỉnh.

2.5

Gradient nhiệt độ (atmospheric gradient – lapse rate)

Tốc độ thay đổi trung bình của nhiệt độ bầu khô với sự thay đổi độ cao tính từ miệng bể nước lạnh hoặc ngưỡng nước trong bể tới khoảng hai lần chiều cao của tháp giải nhiệt.

CHÚ THÍCH: Các ứng dụng thông thường trong tiêu chuẩn này dùng giá trị âm cho sự giảm nhiệt độ khi độ cao tăng lên.

2.6

Hướng gió trung bình (average wind direction)

Hướng chủ yếu của gió trong suốt thời gian thử nghiệm.

2.7

Vận tốc gió trung bình (average wind speed)

Trung bình cộng của các vận tốc gió đo được trong suốt thời gian thử nghiệm.

2.8

Áp suất khí quyển (barometric pressure)

Áp suất không khí xung quanh đo được trong suốt thời gian thử nghiệm.

2.9

Bể nước (basin)

Phần kết cấu mở đặt phía dưới tháp giải nhiệt được dùng để chứa nước tuần hoàn và dẫn nước trực tiếp tới bình hứng hoặc đường hút của bơm tuần hoàn.

2.10

Miệng bể (basin curb)

Vị trí cao nhất trong bể chứa nước của tháp.

CHÚ THÍCH: thông thường, các điểm chuẩn của chiều cao tháp đã được đo đạc.

2.11

Nước xả (blowdown)

Nước được xả khỏi hệ thống nhằm kiểm soát nồng độ muối hoặc các tạp chất khác trong nước tuần hoàn.

2.12**Hiệu suất lưu lượng (capability)**

Hiệu suất lưu lượng đo được của tháp giải nhiệt, được biểu diễn dưới dạng phần trăm của lưu lượng nước thiết kế.

2.13**Lỗ đệm (cell)**

Khối chia nhỏ nhất của tháp giải nhiệt, được bao bọc bởi các vách ngoài và vách phân vùng, có thể hoạt động như một đơn vị độc lập.

CHÚ THÍCH: mỗi khối đệm có thể có một hoặc nhiều quạt, nhiều ngăn, nhiều hệ thống phân phối.

2.14**Các kích thước lỗ đệm (cell dimensions)**

Các kích thước nhằm biểu diễn kích cỡ của một lỗ đệm tháp giải nhiệt.

CHÚ THÍCH 1: Các kích thước bao gồm:

- a) kích thước có phương vuông góc với trục đứng của tháp và thường ở góc bên cửa không khí vào
- b) chiều dài: kích thước song song với trục đứng và mặt phẳng đặt cửa không khí vào, và
- c) chiều cao: với tháp giải nhiệt hút gió vào, khoảng cách từ miệng bể tới sàn quạt trên cùng, nhưng không bao gồm giá quạt

CHÚ THÍCH 2: Đối với các tháp giải nhiệt cưỡng bức và giải nhiệt tự nhiên, khoảng cách từ miệng bể tới mặt thoát của tháp.

2.15**Tháp giải nhiệt kín (closed-circuit cooling tower)**

Tháp giải nhiệt bao gồm một vòng nước chảy tuần hoàn qua bề mặt ngoài các thiết bị trao đổi nhiệt kín có lưu chất luân chuyển bên trong.

CHÚ THÍCH: Không khí được thổi qua nước chảy ở bề mặt ngoài các thiết bị trao đổi nhiệt kín, tạo ra quá trình làm lạnh bằng bay hơi. Không có sự tiếp xúc trực tiếp diễn ra giữa vòng lưu chất bên trong thiết bị trao đổi nhiệt và vòng làm mát bay hơi hở.

2.16**Nước lạnh (nhiệt độ nước tái làm mát) (cold (re-cooled water temperature) water)**

Trong tháp giải nhiệt hở, là nhiệt độ trung bình của nước cấp vào bể nước.

CHÚ THÍCH 1: Từ đây, các sử dụng thông dụng sẽ là thuật ngữ "nước lạnh" trong tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 2: Trong trường hợp việc đo đạc được thực hiện với dòng chảy xuống dưới bể hoặc bơm, cần thiết phải có sự hiệu chỉnh cho các ảnh hưởng của bơm hay bất kì các dòng nước bổ xung, xả ra hay nguồn

TCVN 13050:2020

hiệt xâm nhập vào bể.

2.17

Hiệu nhiệt độ nước vào ra (cooling range)

Chênh lệch giữa nhiệt độ nước nóng vào và nước lạnh ra hoặc lưu chất làm việc.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ "dải" cũng được áp dụng cho định nghĩa này nhưng không ưu tiên sử dụng.

2.18

Tháp giải nhiệt (cooling tower)

Thiết bị mà trong đó lưu chất làm việc lưu chất làm việc được làm mát bằng trao đổi nhiệt bay hơi với môi trường không khí.

2.19

Dòng ngược chiều (counter-flow)

Trường hợp trong đó dòng không khí và dòng nước chuyển động ngược chiều bên trong tháp giải nhiệt.

2.20

Dòng ngang (cross-flow)

Trường hợp trong đó dòng khí vuông góc với dòng nước bên trong tháp giải nhiệt.

2.21

Sương mù cửa ra (discharge plume)

Khối hơi nước ở cửa ra của tháp giải nhiệt xảy ra khi nhìn thấy được (toàn bộ hoặc một phần) sự ngưng tụ hơi nước khi luồng không khí ẩm được làm mát đến nhiệt độ môi trường.

2.22

Hệ thống phân phối (distribution system)

Hệ thống tiếp nhận nước vào tháp giải nhiệt và phân phối nước trên toàn bộ phần diện tích tiếp xúc với môi trường không khí.

2.23

Tám chắn nước (drift eliminator)

Lắp đặt ở phía cuối dòng của thiết bị trao đổi nhiệt nhằm mục đích giảm nước thất thoát.

2.24

Tỷ lệ tổn thất nước (drift loss)

Một phần lưu lượng nước thất thoát khỏi tháp dưới dạng các hạt nước mịn hòa lẫn vào trong dòng khí ra khỏi tháp, thường được biểu diễn dưới dạng khối lượng trên đơn vị thời gian hoặc phần trăm

của lưu lượng nước tuần hoàn.

CHÚ THÍCH: đại lượng này độc lập với lượng nước tổn thất do bay hơi.

2.25

Nhiệt độ bầu khô (dry-bulk temperature)

Nhiệt độ của hỗn hợp khí-hơi đo bởi một nhiệt kế sử dụng một thành phần cảm biến sạch, khô và được bảo vệ khỏi các ảnh hưởng của bức xạ.

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ bầu khô còn có thể được phân loại bằng các cách khác sau đây:

- a) Nhiệt độ bầu khô môi trường: Nhiệt độ bầu khô của không khí thổi vào tháp và không bị ảnh hưởng bởi tháp, hoặc
- b) Nhiệt độ bầu khô đầu vào: Nhiệt độ bầu khô của không khí đi vào tháp, bao gồm cả ảnh hưởng của bất kì khí quẩn và/hoặc khí hòa trộn nào.

2.26

Điều kiện không khí vào (entering air conditions)

Các đặc tính trung bình của không khí đi vào tháp giải nhiệt.

2.27

Công suất quạt (fan power)

Điện năng tiêu thụ bởi động cơ quạt, có thể bao gồm hoặc không bao gồm hiệu suất của động cơ tùy thuộc theo hợp đồng.

2.28

Khối đệm (fill (pack))

Thiết bị đặt trong phần trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt nhằm mục đích tăng cường diện tích bề mặt và/hoặc tốc độ trao đổi nhiệt từ nước sang không khí.

2.29

Kết quả thử cuối cùng (final test result)

Trung bình các kết quả thu được từ số lần nhỏ nhất các khoảng thời gian thử nghiệm hợp lệ.

2.30

Lưu lượng (flow rate)

Lượng lưu chất làm việc ở nhiệt độ cao được làm mát bởi tháp.

2.31

Loại lưu chất (fluid type)

Loại lưu chất làm việc được làm mát bởi tháp.

2.32

Hệ số đóng cặn (fouling factor)

Biểu diễn sự giảm khả năng truyền nhiệt gây ra bởi sự nhiễm cặn bên trong và bên ngoài thiết bị trao đổi nhiệt.

2.33

Sụt áp trong thiết bị trao đổi nhiệt (heat exchanger pressure drop)

Sự sụt áp của lưu chất làm việc giữa đầu vào và đầu ra của một hoặc nhiều thiết bị trao đổi nhiệt trong tháp giải nhiệt kín hoặc tháp giải nhiệt dạng khô/ướt, được điều chỉnh theo cao độ và vận tốc.

2.34

Tải nhiệt (heat load)

Lượng nhiệt được mang đi bởi lưu chất làm việc bên trong tháp.

2.35

Nhiệt độ lưu chất nóng đầu vào (hot process fluid temperature)

Nhiệt độ trung bình của chất lưu hoạt động chảy vào thiết bị trao đổi nhiệt trong tháp giải nhiệt kín.

2.36

Nhiệt độ nước vào (hot water temperature)

Nhiệt độ trung bình nước đầu vào trong tháp hồ.

2.37

Nhiễu (interference)

Nhiệt tạp ẩn trong không khí vào tháp giải nhiệt gây ra bởi các nguồn bên ngoài, thông thường đến từ các tháp giải nhiệt khác.

2.38

L/G

Tỷ số giữa tổng lưu lượng lỏng (nước) trên lưu lượng khí (không khí khô) trong tháp giải nhiệt hồ.

2.39

Nước bổ sung (makeup)

Lượng nước bổ sung vào hệ thống để thay thế cho lượng nước thất thoát do bay hơi, thất thoát, nước xả và rò rỉ.

2.40**Tháp giải nhiệt thông gió kiểu cơ khí (mechanical draft cooling tower)**

Dạng tháp giải nhiệt mà không khí được tuần hoàn bởi quạt.

CHÚ THÍCH: Tháp giải nhiệt cơ khí có thể phân loại chi tiết hơn như sau

- a) loại cưỡng bức: quạt được đặt ở đầu vào dòng khí, hoặc
- b) loại hút: quạt được đặt ở đầu ra của dòng khí.

2.41**Tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên (natural draft cooling tower)**

Dạng tháp mà không khí tuần hoàn được luân chuyển bởi sự khác nhau của tỷ trọng giữa không khí lạnh hơn bên ngoài tháp giải nhiệt và không khí ấm và ẩm hơn bên trong.

CHÚ THÍCH: tháp giải nhiệt tự nhiên có thể sử dụng quạt hỗ trợ.

2.42**Loại không nối tiếp (non-series type)**

Thiết kế, thông thường tại nơi lắp đặt, có hiệu suất phụ thuộc vào dự án.

2.43**Tháp giải nhiệt hở (ướt) (open-circuit (wet) cooling tower)**

Tháp giải nhiệt mà lưu chất làm việc là nước ấm và được làm lạnh bởi trao đổi nhiệt và trao đổi chất thông qua tiếp xúc trực tiếp với môi trường không khí.

2.44**Vách ngăn vùng (partition wall)**

Vách đứng bên trong, gồm cả xà ngang, dọc hay tám tròn, chia tháp giải nhiệt thành các khối tiêu chuẩn.

2.45**Lưu chất làm việc (quá trình) (process fluid)**

Lưu chất dùng để truyền tải nhiệt từ nguồn nhiệt tới tháp giải nhiệt.

CHÚ THÍCH: lưu chất làm việc lưu chất làm việc có thể là nước hoặc bất kì thành phần hóa học, hợp chất hoặc hỗn hợp, lỏng hoặc khí ở trạng thái 1 pha.

2.46**Cột áp bơm (pump head)**

Trong tháp hở, tổng của áp suất tĩnh và áp suất động tính từ đầu vào đến đầu ra của hệ thống phân phối tới áp suất khí quyển.

2.47

Khí quần (re-circulation)

Một phần không khí thổi ra quay ngược trở lại tháp.

2.48

Độ ẩm tương đối (relative humidity)

Tỷ số của số mol hơi nước trong một mẫu không khí xác định chia cho số mol hơi nước của không khí bão hòa ở cùng nhiệt độ và áp suất đó, thường được biểu diễn dưới dạng phần trăm.

2.49

Loại nối tiếp (series type)

Kết cấu mà các thông số cố định như trong danh mục của nhà sản xuất, thường được lắp ráp ở nhà máy và các dữ liệu về tính năng đã được dự đoán trước.

2.50

Dòng nước phun (spray water flow)

Lượng nước phun bên ngoài thiết bị trao đổi nhiệt ở bên trong tháp giải nhiệt kín.

2.51

Người thử nghiệm (test agent)

Cá nhân hay tập thể có trách nhiệm thực hiện công tác thử nghiệm.

2.52

Khoảng thời gian thử nghiệm (test period)

Khoảng thời gian mà việc lấy và ghi kết quả đo phải là giá trị trung bình và các kết quả khoảng thời gian thử nghiệm có thể tính toán được.

2.53

Giá trị đọc (test readings)

Các bộ dữ liệu riêng lẻ được ghi tại các khoảng thời gian xác định cho mỗi thiết bị hoặc điểm đo yêu cầu.

2.54

Trễ nhiệt (thermal lag)

Khoảng thời gian trước khi nhiệt độ của nước không bị ảnh hưởng bởi không khí lạnh được phát hiện khi đo nhiệt độ nước lạnh.

2.55**Dung sai (tolerance)**

Giá trị được định nghĩa trong các tài liệu liên quan hoặc chứng chỉ, biểu diễn dưới dạng phần trăm hoặc độ Celcius và có thể được sử dụng để xác định kết quả đo là đạt hay không đạt.

CHÚ THÍCH: Về cơ bản, một giá trị dung sai được chấp nhận để xem xét các biến đổi thử nghiệm.

2.56**Vận tốc gió đỉnh tháp (top of shell wind speed)**

Với tháp giải nhiệt tự nhiên hoặc tháp giải nhiệt tự nhiên có sử dụng quạt hỗ trợ, vận tốc gió tại độ cao của mặt phẳng trên đỉnh tháp và nằm trong khoảng cách đã xác định từ tháp.

2.57**Tổng lượng các chất rắn hòa tan (total dissolved solids)**

Khối lượng của chất vô cơ và hữu cơ trong dung dịch thực trên một đơn vị thể tích nước.

CHÚ THÍCH: Về cơ bản, hơn 90 % các chất rắn hòa tan trong nước bao gồm sáu loại ion khác nhau. Canxi, magiê, natri, clorua, sunfat, và các loại cacbonat thường được biểu thị bằng mg/l.

2.58**Tổng lượng chất rắn lơ lửng (total suspended solid)**

Khối lượng các hạt không tan, lơ lửng, bao gồm cả hữu cơ và vô cơ trên một đơn vị thể tích nước.

CHÚ THÍCH: tổng lượng chất rắn lơ lửng thường được biểu thị bằng mg/l.

2.59**Độ không đảm bảo đo (uncertainty, random)**

Ước lượng đặc trưng của dải giá trị trong đó nó được xác định với một độ tin cậy sao cho giá trị thực của phép đo được kì vọng sẽ nằm trong đó.

2.60**Thời gian thử nghiệm hiệu lực (valid test period)**

Thời gian thử nghiệm sao cho tính bất biến và giá trị của các thông số đo nằm trong giới hạn của tiêu chuẩn này.

2.61**Lưu lượng nước (water flow rate)**

Lượng nước nóng chảy vào bên trong tháp giải nhiệt hồ.

2.62

Chất tải nước (water loading)

Lượng nước được biểu thị dưới dạng lượng điền đầy diện tích bề của tháp giải nhiệt.

2.63

Nhiệt độ bầu ướt (wet-bulb temperature)

Nhiệt độ không khí được chỉ thị bằng nhiệt kế, bao bọc khỏi bức xạ, với phần tử cảm biến được bọc bởi bức hoàn toàn ẩm và đủ thông thoáng.

CHÚ THÍCH: Với cách đo thông thường, nó gần như xấp xỉ với nhiệt độ của một trạng thái bão hòa đoạn nhiệt và có thể phân loại cụ thể hơn như một trong các cách sau

- a) Nhiệt độ bầu ướt môi trường: nhiệt độ bầu ướt của không khí được đo phía có gió của tháp giải nhiệt và không bị ảnh hưởng bởi tháp giải nhiệt;
- b) Nhiệt độ bầu ướt đầu vào: nhiệt độ bầu ướt của không khí vào tháp, bao gồm cả các ảnh hưởng của bất kì dòng khí quần và/hoặc khí giao thoa nào.

2.64

Tháp giải nhiệt ướt/khô (wet/dry cooling tower)

Tháp giải nhiệt kết hợp cả hai chế độ trao đổi nhiệt đồng thời: ẩm hay bay hơi và khô hay nhiệt hiện

CHÚ THÍCH: Tháp ướt/khô có thể là dạng hở hoặc kín và thường được sử dụng để điều khiển hoặc giới hạn lượng khí thải, nhưng cũng có thể được sử dụng để giảm lượng nước sử dụng.

2.65

Thông số thiết kế (design)

Bộ các thông số được định nghĩa bởi thông số kĩ thuật hoặc hợp đồng (cam kết) và được sử dụng để làm cơ sở phân tích tính năng của tháp giải nhiệt.

3 Ký hiệu và chữ viết tắt

A_c	Tổng diện tích bên trong của ống dẫn nước nóng tại cửa nạp của tháp, đo bằng mét vuông, m^2
A_{FILL}	Diện tích toàn bộ mặt của tấm ướt, vuông góc với hướng của dòng không khí, đo bằng mét vuông, m^2
a	Diện tích của bề mặt trao đổi cho mỗi đơn vị thể tích tấm ướt, xác định bằng mét vuông trên mét khối, m^2/m^3
C	Hệ số truyền nhiệt, được đo bằng $W/(m^2K)$
C_{CAP}	Năng suất của tháp, được biểu diễn bằng tỉ lệ phần trăm (%) của lưu lượng (nước)

thiết kế

C_F	Hệ số tổn thất áp suất, được biểu diễn bằng một đơn vị không thứ nguyên
C_p	Nhiệt dung riêng của chất lưu tại áp suất cố định, được diễn tả bằng kJ/(kgK) CHÚ THÍCH: Giá định đối với nước giá trị sẽ là 4,186 kJ/(kgK)
D	Đường kính của ống, được đo bằng mét, m
d	Đường kính của bầu ướt và lớp phủ ngoài, được đo bằng milimét, mm
ΔE	Chênh lệch độ cao giữa cửa nạp và các vòi xả của thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín, được đo bằng mét, m
G	Lưu lượng khối lượng của không khí khô qua tháp giải nhiệt, được đo bằng kilôgam của không khí khô cho mỗi giây, kilôgam không khí khô/s
g_c	Gia tốc trọng trường, được đo bằng mét cho mỗi giây bình phương, m/s ²
H	Chênh lệch độ cao giữa đỉnh của vỏ tháp giải nhiệt tự nhiên và trung điểm của chiều cao tấm ướt, được đo bằng mét, m
H_p	Cột áp bơm tháp của dòng chất lưu, được đo bằng mét, m
h	Entanpy, được xác định bằng kilôjun cho mỗi kilôgam không khí khô, kJ/kg không khí khô
h	Chênh lệch Entanpy, được xác định bằng kilôjun cho mỗi kilôgam không khí khô, kJ/kg không khí khô
h_A	Entanpy của không khí, được xác định bằng kilôjun cho mỗi kilôgam không khí khô, kJ/kg không khí khô
h_{HA}	Entanpy của hỗn hợp hơi nước-không khí tại nhiệt độ không khí của bầu, được xác định bằng kilôjun cho mỗi kilôgam không khí khô, kJ/kg không khí khô
h_M	Entanpy của hỗn hợp hơi nước – không khí bão hòa tại nhiệt độ nước của bầu, được xác định bằng kilôjun cho mỗi kilôgam không khí khô, kJ/kg không khí khô
I_{CAP}	Dung sai đối với độ không đảm bảo đo của các thử nghiệm về tính năng của năng suất tháp, được biểu diễn bằng tỉ lệ phần trăm, %
I_{TEMP}	Dung sai đối với độ không đảm bảo đo của các thử nghiệm về sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, được biểu diễn bằng độ C, °C
K	Hệ số truyền nhiệt - truyền chất tổng hợp, được biểu diễn bằng kilo gram cho mỗi giây, kg/(m ² s)
KaV/L	Đặc tính tháp, được biểu diễn bằng các đơn vị không thứ nguyên
kW_{FM}	Công suất đầu vào cho một động cơ quạt điện, được xác định bằng kilôoát, kW

kW_{PM}	Công suất đầu vào cho một động cơ bơm điện, được xác định bằng kilôoát, kW
$K_0; K_1$	Các hằng số trong công thức, được suy ra bằng kết hợp các giá trị đã biết của K_2
L	Lưu lượng khối lượng của nước đi vào tháp giải nhiệt, được đo bằng kilo gram cho mỗi giây, kg/s
L/G	Tỉ lệ lưu lượng khối lượng của nước so với lưu lượng khối lượng của không khí, được biểu diễn bằng các đơn vị không thứ nguyên
n	Một số nguyên, diễn đạt cho giá trị thứ n trong một dãy số
P_B	Áp suất khí quyển, được đo bằng pascan, Pa
P_{HE}	Tổn thất áp suất đi qua thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín hoặc tháp giải nhiệt khô/ướt, được đo bằng kilôpascan, kPa
P_t	Áp suất tĩnh của lưu chất quá trình tại vòi hút vào tới thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín, được đo bằng pascan, Pa
P_o	Áp suất tĩnh của lưu chất quá trình tại vòi xả tới thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín, được đo bằng pascan, Pa
P_T	Tổng áp suất đối chiếu với khí quyển, được đo bằng pascan, Pa
P_{ST}	Áp suất tĩnh tại đường tâm của ống dẫn nước nóng vào tháp, được đo bằng mét của lưu lượng chất lưu, m
P_v	Áp suất động (được tính từ $v^2/2g_c$) tại đường tâm của ống dẫn nước nóng vào tháp, được đo bằng mét của lưu lượng chất lưu, m
P_1	Áp suất tĩnh của nước hoặc lưu chất làm việc khi hút vào của bơm tuần hoàn chính, được đo bằng kilôpascan, kPa
P_2	Áp suất tĩnh của nước hoặc lưu chất làm việc tại dòng xả của bơm tuần hoàn chính, được đo bằng kilôpascan, kPa
Q_A	Lưu lượng thể tích không khí, được đo bằng mét khối cho mỗi giây, m^3/s
Q_{BD}	Lưu lượng thể tích nước xả, được đo bằng lưu lượng khối lượng của nước cho mỗi giây, L/s
Q_{MU}	Lưu lượng thể tích nước bổ sung, được đo bằng lưu lượng khối lượng của nước cho mỗi giây, L/s
Q_{PF}	Lưu lượng thể tích của lưu chất làm việc, được đo bằng lưu lượng khối lượng của nước cho mỗi giây, L/s
Q_{RW}	Lưu lượng thể tích nước tái tuần hoàn tràn qua mặt ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín, được đo bằng lưu lượng khối lượng của nước cho mỗi giây, L/s

Q_w	Lưu lượng thể tích nước tuần hoàn trong một tháp giải nhiệt hồ, được đo bằng lưu lượng khối lượng của nước cho mỗi giây, L/s
q	Tốc độ truyền nhiệt từ nước/chất lưu quá trình tới không khí xung quanh, được xác định bằng kilôjun cho mỗi giây, kJ/s
q_{DRY}	Năng suất truyền nhiệt khô cho tháp giải nhiệt khô/ướt, được xác định bằng kilôjun cho mỗi giây, kJ/s
q_{WET}	Năng suất truyền nhiệt ướt trong tháp giải nhiệt khô/ướt, được xác định bằng kilôjun cho mỗi giây, kJ/s
q_{TOT}	Tổng năng suất truyền nhiệt cho tháp giải nhiệt ướt/khô, được xác định bằng kilôjun cho mỗi giây, kJ/s
R	Hiệu nhiệt độ nước vào ra, được biểu diễn bằng độ C, °C
RH	Độ ẩm tương đối, được đo bằng phần trăm, %
S	Trễ nhiệt, được đo bằng giây, s
T_{App}	Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, được đo bằng độ C, °C
T_{BD}	Nhiệt độ, nước xả, được đo bằng độ C, °C
T_{CW}	Nhiệt độ, nước lạnh xả khỏi tháp, được đo bằng độ C, °C
T_{CPF}	Nhiệt độ, lưu chất làm việc lạnh rời khỏi tháp, được đo bằng độ C, °C
T_{DB}	Nhiệt độ, không khí ở bầu khô, được đo bằng độ C, °C
T_{HW}	Nhiệt độ, nước nóng đi vào tháp giải nhiệt, được đo bằng độ C, °C
T_{HPF}	Nhiệt độ, lưu chất làm việc nóng đi vào tháp giải nhiệt, được đo bằng độ C, °C
T_{MU}	Nhiệt độ, nước bổ sung, được đo bằng độ C, °C
T_{RW}	Nhiệt độ, nước tái tuần hoàn của tháp giải nhiệt kín được đo tại bơm xả, được đo bằng độ C, °C
T_{WB}	Nhiệt độ, không khí ở bầu ướt, được đo bằng độ C, °C
T_{am}	Nhiệt độ xung quanh bầu khô, được đo bằng độ C, °C
T_{ent}	Nhiệt độ trung bình khi đi vào bầu khô, được đo bằng độ C, °C
tex	Mật độ khối lượng tuyến tính của các sợi, được đo bằng khối lượng trên gam cho mỗi 1000 mét (1 tex = 10^{-6} kg/m)
V	Thể tích hiệu dụng khối đệm tháp giải nhiệt, được xác định bằng mét khối, m ³
V_A	Vận tốc không khí, được xác định bằng mét cho mỗi giây, m/s

TCVN 13050:2020

V_{avg}	Vận tốc gió trung bình
VFD	Biến tần
V_L	Vận tốc của chất lỏng, được đo bằng mét cho mỗi giây, m/s
V_w	Vận tốc của gió, được đo bằng mét cho mỗi giây, m/s
V_A	Thể tích riêng của không khí (ẩm), được biểu diễn bằng mét khối của hỗn hợp cho mỗi kilôgam của không khí khô, m ³ hỗn hợp/kg không khí khô
W_{FM}	Công suất đầu ra động cơ quạt, được biểu diễn bằng kilô oát, kW
$X_{x, adj}$	Biểu thị giá trị đã được điều chỉnh, ví dụ như công suất quạt, nhiệt độ nước bổ sung, v.v
$X_{x, amb}$	Biểu thị giá trị gắn liền với không khí môi trường xung quanh tháp
$X_{x, 1}$	Biểu thị giá trị gắn liền với không khí đi vào của tháp
$X_{x, 2}$	Biểu thị giá trị gắn liền với không khí ra khỏi tháp (xả)
$X_{x, d}$	Biểu thị giá trị gắn liền với điều kiện thiết kế
$X_{x, dry}$	Biểu thị giá trị gắn liền với khu vực khô của tháp giải nhiệt ướt/khô
$X_{x, i}$	Biểu thị giá trị thu được từ hệ số chặn của 2 đường cong
$X_{x, (n)}$	Bộ đếm số, ví dụ số thứ tự thứ n
$X_{x, PF}$	Biểu thị giá trị gắn liền với lưu chất làm việc tuần hoàn qua thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín
$X_{x, pred}$	Biểu thị giá trị dự kiến được xác định từ số liệu thực của nhà sản xuất
$X_{x, t}$	Biểu thị giá trị gắn liền với một điều kiện kiểm tra đã đo được
$X_{x, w}$	Biểu thị giá trị gắn liền với nước tuần hoàn qua tháp giải nhiệt hở
$X_{x, wet}$	Biểu thị giá trị gắn liền với phân đoạn ướt của một hệ thống ướt/khô
x	Số mũ được áp dụng với tỉ lệ L/G trong tháp giải nhiệt theo công thức vận hành, được diễn tả bằng đơn vị không thứ nguyên CHÚ THÍCH: Thông thường lấy theo giá trị bậc -0,6
y	Số mũ được áp dụng cho tỉ lệ của thiết kế để kiểm tra công suất động cơ quạt để điều chỉnh năng suất làm khô của tháp ướt/khô, được diễn tả bằng đơn vị không có thứ nguyên
Z_i	Khoảng cách theo chiều dọc tính từ miệng bể tới đường tâm của đường ống nạp của tháp, được đo bằng mét, m

z	Số mũ được áp dụng cho tỉ lệ của thiết kế để kiểm tra công suất động cơ quạt để điều chỉnh năng suất của tháp giải nhiệt kín, được diễn tả bằng đơn vị không có thứ nguyên CHÚ THÍCH: thông thường lấy giá trị bậc 0,2
γ	Trọng số, được biểu diễn bằng các đơn vị không thứ nguyên
ρ_w	Khối lượng riêng của nước, được biểu diễn bằng kilôgam cho mỗi mét khối, kg/m^3
γ	Hệ số điều chỉnh cho các tháp dòng ngang, theo Phụ lục E, được biểu diễn bằng các hệ số không thứ nguyên
η_{FM}	Hiệu suất của động cơ quạt, được biểu diễn bằng tỉ lệ phần trăm, %
η_P	Hiệu suất của bơm tuần hoàn chính (không phải động cơ), được biểu diễn bằng tỷ lệ phần trăm, %
ρ	Khối lượng hoặc mật độ riêng, được đo bằng kilôgam cho mỗi đơn vị mét khối, kg/m^3
ρ_A	Khối lượng riêng của không khí, được đo bằng kilôgam cho mỗi đơn vị mét khối, kg/m^3
ρ_{PF}	Khối lượng riêng của lưu chất làm việc, được đo bằng kilôgam cho mỗi đơn vị mét khối, kg/m^3
τ_1	Thời điểm bắt đầu thời gian thử nghiệm, được đo bằng giờ và phút, hr-min
τ_2	Thời điểm kết thúc thời gian thử nghiệm, được đo bằng giờ và phút, hr-min
φ_A	Độ ẩm tuyệt đối của không khí (ẩm), được đo bằng kilôgam của hỗn hợp cho mỗi kilôgam của không khí khô, $\text{kg hỗn hợp/kg không khí khô}$

4 Các phép thử tính năng – Tổng quan

4.1 Ứng dụng của tiêu chuẩn

Phép thử tính năng tạo thành đối tượng của tiêu chuẩn này có thể được thực hiện như là một kiểm tra nghiệm thu theo hợp đồng hoặc một thử nghiệm chất lượng hoặc kiểm tra xác nhận lại, là một phần của chương trình chứng nhận. Tiêu chuẩn này còn có thể được sử dụng làm hướng dẫn để giám sát tính năng của thiết bị trong quá trình vận hành. Phương pháp được mô tả trong tiêu chuẩn này để xác minh tính năng áp dụng cho toàn bộ các tháp giải nhiệt được mô tả trong phạm vi áp dụng.

4.2 Kế hoạch thử nghiệm

Các thử nghiệm nghiệm thu được thực hiện trong khoảng một năm sau khi khởi động, thích hợp nhất sau khi đặt mua. Để đạt được hoàn toàn tính năng nhiệt của các tháp giải nhiệt hồ với khối đệm màng, tháp giải nhiệt phải vận hành dưới tải nhiệt trong một khoảng thời gian vừa đủ với điều kiện khối đệm. Vì lí do này, phải đạt được sự thỏa thuận lẫn nhau về lịch trình thử nghiệm dự kiến giữa người sở hữu/người mua, đơn vị thử nghiệm, và nhà sản xuất.

Đối với các tháp giải nhiệt kín, ưu tiên thực hiện thử nghiệm càng ngắn càng tốt sau khi khởi động, để tránh ảnh hưởng của việc bị bắn bề mặt trao đổi nhiệt. Điều này có thể áp dụng cho các hình dạng khô/ướt, nơi mà nước được phun lên bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt.

4.3 Các thỏa thuận trước thử nghiệm

4.3.1 Quy định chung

Nếu thử nghiệm được thực hiện để thiết lập tính tuân thủ với các ràng buộc theo cam kết/hợp đồng, các đơn vị tham gia được khuyến nghị thỏa thuận cam kết với một vài khía cạnh của thử nghiệm trước khi tiến hành kiểm tra.

4.3.2 Dung sai và độ không đảm bảo đo của thử nghiệm

Khi thử nghiệm được tiến hành theo qui định này, các kết quả trình bày đánh giá tốt nhất có thể đạt được về tính năng thực tế của thiết bị mà không có sự hiệu chỉnh cho độ không đảm bảo đo. Các đơn vị tham gia thử nghiệm nên đồng ý trước khi bắt đầu một thử nghiệm và lý tưởng nhất là trước khi ký kết một hợp đồng về bất kỳ dung sai nào mà có thể được sử dụng vào các kết quả thử nghiệm cuối cùng được đo đạc. Sự thỏa thuận cũng nên được đưa ra trước khi thử nghiệm để dù như thế nào và bởi ai một phép tính độ không đảm bảo đo phải được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng của thử nghiệm được hướng dẫn, bao gồm bất kỳ tiêu chuẩn nào bác bỏ việc thử nghiệm dựa trên độ không đảm bảo đo.

4.3.3 Hệ số đóng cặn

Trên các tháp giải nhiệt kín nơi mà hệ số đóng cặn được bao gồm vào trong đảm bảo tính năng, người đặt hàng và nhà sản xuất cần thỏa thuận về mức độ đóng cặn, được giả định xuất hiện tại thời điểm thử nghiệm và phương pháp điều chỉnh kết quả thử nghiệm lượng đóng cặn cho phép được chỉ rõ.

4.3.4 Thử nghiệm bổ sung và thử nghiệm được bố trí lại

Các bên tham gia thử nghiệm cần thỏa thuận sự phân bổ của các chi phí bổ sung phát sinh nếu vì một vài lý do việc thử nghiệm bị tạm dừng và tái thực hiện vào một thời gian khác hoặc nếu một hoặc nhiều bên tham gia yêu cầu các thử nghiệm bổ sung.

4.3.5 Phạm vi của thử nghiệm và phương pháp đánh giá

Các bên tham gia thử nghiệm cần thỏa thuận phạm vi của phép thử, nghĩa là sử dụng một hoặc nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực, mức độ khảo sát hay kỹ thuật, phương pháp thử nghiệm mở rộng, và phương pháp đánh giá thử nghiệm, hoặc bởi xác định năng suất của tháp hoặc bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt. Đối với các tháp giải nhiệt kín ướt/khô, cần phải xác định liệu việc thử nghiệm cũng bao gồm xác minh tính năng của chế độ vận hành khô.

4.3.6 Tài liệu

Trước khi ký kết thử nghiệm và phù hợp với đề xuất tháp ban đầu, nhà sản xuất phải đệ trình các

tài liệu về tính năng định tuyến các đặc điểm được đảm bảo như chức năng của các thông số ảnh hưởng có thể chấp nhận được (xem 5.3).

4.4 Độ linh hoạt

Cần phải nhận thấy rằng các giới hạn của số liệu được chỉ định xuyên suốt quá trình thử nghiệm này tương ứng với các điều kiện mong muốn, điều kiện mà không thể tồn tại tại thời điểm thử nghiệm được thực hiện. Trong các trường hợp như vậy, các điều kiện hiện hành có thể được sử dụng cho thử nghiệm tính năng, nếu chúng được thỏa thuận lẫn nhau bởi các đại diện có thẩm quyền của nhà sản xuất, người mua và đơn vị thực hiện thử nghiệm (nếu có). Trong những trường hợp đó, không yêu cầu tính chính xác của thử nghiệm được thỏa hiệp (xem 10.4) và tuân thủ hoàn toàn theo qui định này.

5 Mục đích của các phép thử

5.1 Quy định chung

Mục đích của việc thử nghiệm là để xác minh các đặc điểm thủy lực và nhiệt được đảm bảo cho tháp giải nhiệt đã được cung cấp, bao gồm việc xác minh các vấn đề sau đây:

- a) Xác định năng suất tháp hoặc sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các thời điểm đo;
- b) Cột áp bơm, lưu lượng và các tổn thất áp suất.

5.2 Cơ sở của đảm bảo

Nhiệt độ của nước lạnh (lưu chất làm việc) là một hàm:

- a) Lưu lượng dòng nước chảy (lưu chất làm việc);
- b) Nhiệt độ bầu ướt hoặc độ ẩm tương đối và bầu khô;
- c) Hiệu nhiệt độ nước vào ra, hoặc nhiệt độ nước nóng, và trong trường hợp có thể áp dụng được, như là tính năng của các thông số khác
 - Nhiệt độ bầu khô,
 - Công suất tiêu thụ động cơ quạt (như động cơ đầu vào hoặc đầu ra được chấp thuận theo hợp đồng),
 - Áp suất môi trường,
 - Gradient nhiệt độ môi trường theo chiều thẳng đứng,
 - Tốc độ gió,
 - Hướng gió;
- d) Cột áp bơm tháp giải nhiệt hoặc tổn thất áp suất thiết bị trao đổi nhiệt được định nghĩa bởi kiểu tháp trong Bảng 1;
- e) Các thông số khác có thể là đối tượng được đảm bảo trong hợp đồng.

5.3 Mẫu của các tài liệu đảm bảo

5.3.1 Quy định chung

Các tài liệu đảm bảo phải lấy dạng của các đường đặc tính hoặc các đường cong tính năng và các dữ liệu dạng bảng liên hợp, hoặc các bảng tính, đường cong, công thức, chương trình máy tính, v.v. Một khối dữ liệu sẽ dựa trên các đường cong bao hàm các thông số đảm bảo cho các sản phẩm ước lượng được định nghĩa theo Bảng 1. Nếu dữ liệu được cung cấp dưới dạng bảng tính, công thức, lập trình máy tính, v.v, thông tin sẽ tương đương với phạm vi và chi tiết cho các yêu cầu của các đường cong từ 5.3.2 tới 5.3.6 và các phương trình đặc tính tại 5.3.7.

5.3.2 Các đường đặc tính – Thông gió cơ khí

Nhà sản xuất tháp phải đưa ra dữ liệu tính năng tháp dưới dạng của một tập hợp các đường cong tính năng bao gồm ít nhất ba nhóm dữ liệu cho mỗi ba đường biểu diễn. Một nhóm sẽ áp dụng tới 90 %, một nhóm tới 100 %, và cái còn lại tới 110 % của lưu lượng thiết kế dòng lưu chất làm việc. Mỗi nhóm sẽ được biểu diễn bằng một đồ thị nhiệt độ bầu ướt ở hoành độ so với nhiệt độ nước lạnh ở tung độ, cùng với thông số hiệu nhiệt độ nước vào ra. Đường cong biểu diễn sẽ được dựa trên tốc độ và cường độ quạt không đổi.

- a) Bên cạnh đường cong hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế, tối thiểu 2 đường cong khung/giới hạn (bracket curves) tại xấp xỉ 80 % và 120 % hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế sẽ được đi kèm. Điểm mẫu sẽ được chỉ rõ trên đường biểu diễn tương ứng.
- b) Đường cong biểu diễn sẽ bao hàm toàn bộ (không nhất thiết bị giới hạn) các giá trị cho phép từ thiết kế được chỉ rõ trong 8.2.4.2.
- c) Trên các tháp tải nhiệt kín, bao gồm ướt/khô, nơi mà lưu chất làm việc là một hỗn hợp (ví dụ một dung dịch glycol lỏng), đường cong tính năng sẽ được mở rộng để bao gồm nồng độ dung dịch như là một thông số với các đường cong cho ít nhất ba nồng độ: thiết kế, các điểm cao hơn 5 % so với thiết kế và thấp hơn 5 % so với thiết kế (ví dụ cho một nồng độ thiết kế là 25 %, đường đặc tính sẽ được đưa ra cho các nồng độ 20 %, 25 % và 30 %). Những đường cong biểu diễn này sẽ được nội suy cho các nồng độ đo được tại thời điểm đánh giá thử nghiệm.
- d) Đối với tháp giải nhiệt kín ướt/ khô, nhà sản xuất sẽ ghi rõ các điều kiện vận hành, và cài đặt điều khiển tháp để đạt yêu cầu năng suất cao nhất tại chế độ vận hành ướt/ khô. Nếu việc xác minh tính năng trong chế độ vận hành khô được yêu cầu, nhà sản xuất sẽ ghi rõ các điều kiện vận hành và các cài đặt điều khiển ở chế độ này và đưa ra đường cong tính năng như được chỉ rõ ở trên nhưng trục hoành là nhiệt độ bầu khô.

5.3.3 Các đường đặc tính – Tháp giải nhiệt tự nhiên có quạt hỗ trợ và ướt/khô

Nhà sản xuất tháp sẽ đưa ra một tập hợp các đường cong liên quan đến các biến số tính năng phù hợp, bao gồm tối thiểu một nhóm đường cong biểu diễn cho mỗi ba giá trị lưu lượng lưu chất làm

việc, một tại 90 % giá trị thiết kế, một tại 100 % giá trị thiết kế, một tại 110 % giá trị thiết kế. Mỗi nhóm sẽ bao gồm ba đường cong hiệu nhiệt độ nước vào ra trở lên, và ít nhất bốn đường cong độ ẩm tương đối, được sắp xếp để biểu thị các ảnh hưởng của nhiệt độ bầu ướt, độ ẩm tương đối và hiệu nhiệt độ nước vào ra đối với nhiệt độ lưu chất lạnh. Các đường cong sẽ được dựa trên tốc độ và cường độ quạt không đổi.

CHÚ THÍCH: Trong các trường hợp đặc biệt nơi mà đảm bảo tính năng bị giới hạn đối với các hướng gió đặc biệt, việc đo đặc hướng gió sẽ trở thành bắt buộc.

Bảng 1 - Các thông số đo đặc đảm bảo với các loại tháp

	Nổi tiếp			Không nổi tiếp			Thông gió tự nhiên	Thông gió được hỗ trợ bởi quạt
	Hồ	Ướt/khô hồ và kín	Ướt/khô hồ	Hồ	Ướt/khô hồ và kín	Ướt/khô hồ		
Lưu lượng	M	M	M	M	M	M	M	M
Loại lưu chất	M	M	M	M	M	M	M	M
Công suất quạt	M	M ^c	M	M	M	M	-	M
Nhiệt độ làm lạnh hoặc dải và nhiệt độ chênh lệch	M	M	M	M	M	M	M	M
Nhiệt độ bầu ướt vào hoặc độ ẩm tương đối và nhiệt độ bầu khô	M	M	M	M	M	M	M	M
Nhiệt độ bầu khô vào	M	M	M	M	M	M	M	M
Nhiệt độ làm nóng, hoặc dải và nhiệt độ chênh lệch	M	M	M	M	M	M	M	M
Áp suất khí quyển	M	M	M	M	M	M	M	M
Tốc độ gió trung bình	M	M	M	M	M	M	M	M
Hướng gió trung bình	S ^d	S ^d	S ^d	S ^d	S ^d	S ^d	S ^d	S ^d
Vận tốc gió đỉnh vò	-	-	-	-	-	-	M ^b	M ^b
Nhiệt độ bầu khô	-	-	-	-	-	-	M	M
Gradien khí quyển	-	-	-	-	-	-	M	M
Tỷ lệ lỏng khí (L/G)	O	O	O	O	O	O	-	O
Cột áp bơm	S	S	S	M	M	M	M	M
Tổn thất áp suất trao đổi nhiệt	-	M	S ^a	-	M	S ^a	-	-
Công suất bơm phun	-	M	-	-	M	-	-	-
Chất rắn lơ lửng và hòa tan	M	M	M	M	M	M	M	M
Hệ số lắng cặn	-	S	S	-	S	S	-	-
Các đặc tính chất lưu	-	M	-	-	M	-	-	-

CHÚ THÍCH 1: Các thông số được đánh dấu M là bắt buộc

CHÚ THÍCH 2: Các thông số được đánh dấu O được yêu cầu cho các tháp thông gió bởi nó cần cho các hiệu chỉnh của công suất quạt

CHÚ THÍCH 3: Các thông số được đánh dấu S là không bắt buộc, nhưng được đề xuất cho các mục đích tìm hiểu thông tin.

^a Được yêu cầu cho tháp giải nhiệt ướt/khô với thiết bị trao đổi nhiệt khô trên các nguồn nhiệt tách riêng.

^b Bắt buộc nhưng không thích hợp để đo đặc ở hầu hết các trường hợp. Thông số này nên được đánh giá thông qua các tiêu chuẩn trực quan trong trường hợp các thử nghiệm dựa trên ngày đêm, và không liên quan đến các thử nghiệm được mở rộng.

^c Đối với tháp giải nhiệt ướt/khô kín, yêu cầu công suất quạt trong chế độ vận hành khô có thể được chỉ thị nếu việc xác minh tính năng khô được bao gồm trong thử nghiệm.

^d Trong các trường hợp đặc biệt, nơi mà các đảm bảo tính năng bị giới hạn bởi gió từ các hướng đặc biệt, việc đo đặc hướng gió sẽ trở thành bắt buộc.

Ngoài đường cong hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế, tối thiểu hai đường cong giới hạn tại giá trị xấp xỉ 80 % và 120 % của hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế sẽ được bao gồm. Điểm thiết kế sẽ được chỉ rõ trên đường cong biểu diễn tương ứng.

Đường biểu diễn độ ẩm tương đối sẽ được biểu thị bằng các đường cong có khoảng cách tương đối bằng nhau và sẽ bao hàm phạm vi của các điều kiện kỳ vọng (ví dụ 20 %, 40 %, 60 %, và 100 % độ ẩm tương đối, hoặc 60 %, 70 %, 80 %, và 100 % độ ẩm tương đối). Mỗi đường biểu diễn sẽ bao gồm nhiệt độ bầu khô được diễn tả bởi một hàm của nhiệt độ bầu ướt và độ ẩm tương đối mà trên đó đường cong biểu diễn dựa vào.

Các đường biểu diễn sẽ bao hàm toàn bộ (nhưng không nhất thiết phải bị giới hạn) các biến có thể chấp nhận được từ thiết kế chỉ định tại 8.2.4.2.

Trong trường hợp mà nhiều chế độ điều khiển lưu lượng của không khí và/hoặc nước được đảm bảo, các nhóm bổ sung của đường biểu diễn phải được đưa ra.

5.3.4 Đường đặc tính – Tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên

Nhà sản xuất phải đưa ra một tập hợp các đường cong biểu diễn liên quan đến các biến tính năng tương ứng, bao gồm tối thiểu một nhóm các đường cong của mỗi ba giá trị lưu lượng lưu chất làm việc, một tại 90 % giá trị thiết kế, một tại 100 % giá trị thiết kế, một tại 110 % của giá trị thiết kế. Từng nhóm bao gồm ba đường cong biểu diễn hiệu nhiệt độ nước vào ra trở lên và bốn đường biểu diễn độ ẩm tương đối trở lên, được sắp xếp để thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ bầu ướt, độ ẩm tương đối và hiệu nhiệt độ nước vào ra lên nhiệt độ làm lạnh lưu chất làm việc.

- Bên cạnh đường cong hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế, tối thiểu 2 đường cong khung/giới hạn tại giá trị xấp xỉ 80 % và 120 % hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế sẽ được đi kèm. Điểm mẫu sẽ được chỉ rõ trên đường biểu diễn tương ứng.
- Đường cong độ ẩm tương đối được biểu thị bằng các đường cong có khoảng cách tương đối bằng nhau và bao trùm phạm vi của các điều kiện kỳ vọng (ví dụ, 20 %, 40 %, 60 %, và 100 % độ ẩm tương đối, hoặc 60 %, 70 %, 80 %, và 100 % độ ẩm tương đối). Mỗi đường cong bao gồm nhiệt độ bầu khô được diễn tả bởi một hàm của nhiệt độ bầu ướt và độ ẩm tương đối mà trên đó đường cong biểu diễn dựa vào.
- Đường cong biểu diễn sẽ bao trùm toàn bộ (không nhất thiết bị giới hạn) các giá trị cho phép từ thiết kế được định nghĩa trong 8.2.4.2.

5.3.5 Đường đặc tính – Thang chia

Thang chia nhiệt độ ở tung độ và hoành độ sẽ có độ tăng không quá 0,2 °C và khoảng cách chia không quá gần 0,1 °C/mm để có thể đọc giá trị chính xác.

5.3.6 Các đặc tính (thông gió cơ khí cho các thử nghiệm cơ bản)

Khi tính năng của một tháp giải nhiệt hở được đánh giá bởi phương pháp đường cong đặc tính, nhà sản xuất phải đưa ra các số liệu tính năng tháp dưới dạng một đường cong biểu diễn hoặc một tập hợp các đường cong liên quan đến đặc tính tháp ($K\alpha V/L$) đối với tỷ lệ nước/không khí (L/G), chỉ rõ giá trị L/G thiết kế được sử dụng cho đánh giá thử nghiệm. Mỗi quan hệ này có thể được đưa ra dưới dạng một công thức, với toàn bộ hằng số được liệt kê, hoặc dưới dạng một đường cong hoặc

tập hợp các đường cong được xác định chính xác, biểu diễn ảnh hưởng của các biến (như nhiệt độ nước nóng và lưu lượng không khí) mà có thể có ảnh hưởng đáng kể tới kết quả. Các dữ liệu được đưa ra phải bao trùm dải giá trị L/G mở rộng từ 80 % hoặc ít hơn so với giá trị thiết kế tới 120 % hoặc cao hơn.

5.3.7 Đường đặc tính – Thang chia

Nếu mỗi quan hệ được biểu diễn dưới dạng một đường cong, thang chia trên đồ thị cho phép xác định K_a/L có độ chính xác tối thiểu tới ba chữ số có nghĩa.

5.3.8 Các phương trình đặc tính (tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên cho các thử nghiệm bổ sung)

Khi các thử nghiệm bổ sung được thực hiện, đường đặc tính không thích hợp cho việc đánh giá thử nghiệm. Thay vào đó, hiệu suất của tháp được giả định như mô tả bằng công thức (1) (phương trình vận hành) và công thức (2) (phương trình luồng không khí) và nhà sản xuất đưa ra các đa thức hoặc giá trị hệ số được bao gồm trong các phương trình đặc tính sau đây.

$$\frac{KaV}{L} = C \left(\frac{L}{G} \right)^x \quad (1)$$

$$\rho_{A,1} - \rho_{A,2} = (0.5) \frac{\rho_{A,1}}{g_c H} C_F v_A^2 \quad (2)$$

Hệ số truyền nhiệt, C, và hệ số tổn thất áp suất, C_F, được cung cấp bởi nhà sản xuất dưới dạng một hàm của vận tốc gió tại 10 m và của các thông số khác ảnh hưởng tới hiệu suất tháp, như vận tốc trung bình của không khí, V_A. Các yếu tố C, C_F, và h được ứng dụng trong khoảng giá trị 90 % và 110 % của lưu lượng nước, và trong khoảng 80 % và 120 % giá trị của hiệu nhiệt độ nước vào ra thiết kế. Các giá trị độ cao luồng không khí, H, và toàn bộ diện tích mặt cắt bằng của khối đệm, A_{FILL}, cũng được cung cấp bởi nhà sản xuất. Vận tốc không khí trung bình đi qua khối đệm được tính toán theo công thức (3).

$$\overline{V}_A = G \frac{(1 + \phi_A)}{\rho_{A,1} A_{FILL}} \quad (3)$$

CHÚ THÍCH: Năng suất nhiệt của tháp thu được tính bằng cách giải các phương trình đặc tính là một xấp xỉ của năng suất nhiệt thực, mà các đường đặc tính thể hiện khi vẽ theo một phương pháp chính xác. Tuy nhiên, xấp xỉ này nhìn chung là chấp nhận được và có hiệu lực trong tiêu chuẩn này nếu nhiệt độ nước nóng không vượt quá 50 °C.

5.3.9 Dữ liệu dạng bảng

Một bảng biểu phải được bao gồm hoặc đi kèm đường cong biểu diễn tính năng hoặc đặc tính trong các điều kiện thiết kế sau:

- Loại lưu chất làm việc và nếu chất lỏng khác nước, thành phần,

- b) Lưu lượng lưu chất làm việc,
- c) Nhiệt độ của lưu chất làm việc nóng đi vào tháp,
- d) Nhiệt độ của lưu chất làm việc lạnh ra khỏi tháp,
- e) Nhiệt độ bầu ướt và bầu khô đi vào,
- f) Tỷ lệ lỏng/khí thiết kế (L/G),
- g) Các điều kiện gió thiết kế và gradien khí quyển, nếu có, và
- h) Áp suất khí quyển hoặc độ cao.

Và, bổ sung cho các tháp giải nhiệt cơ khí:

- a) Công suất động cơ quạt thiết kế (giá trị đầu vào và đầu ra được chấp thuận theo hợp đồng);
- b) Hiệu suất của động cơ quạt (nếu có);
- c) Khối lượng riêng không khí đi vào quạt tại điểm vận hành theo thiết kế;
- d) Số mũ (EXP) được sử dụng để xác định việc thử nghiệm đã được điều chỉnh lưu lượng trong tháp giải nhiệt kín hoặc; nói cách khác, một đường cong biểu diễn liên quan đến % công suất tới % công suất động cơ quạt theo thiết kế bao gồm, tối thiểu trong dải từ 90 % tới 110 % công suất quạt thiết kế. Trong trường hợp khi không có giá trị nào được đưa ra cho số mũ trong hợp đồng, 1/3 có thể được sử dụng là đối tượng cho thỏa thuận chung;
- e) Đối với tháp giải nhiệt cơ khí kiểu hút, lưu lượng thể tích không khí theo vào quạt tại điều kiện vận hành theo thiết kế;
- f) Đối với các tháp giải nhiệt kín bao gồm ướt/khô, công suất điện đầu ra và hiệu suất động cơ của bơm tái tuần hoàn tuần hoàn bên ngoài khi bơm và ống dẫn được cung cấp bởi nhà sản xuất. Trong trường hợp khi bơm và/hoặc ống được cung cấp bởi đơn vị khác, nhà sản xuất phải ghi rõ lưu lượng của nước tái tuần hoàn và áp suất tĩnh được yêu cầu tại đầu nối vào của nước tái tuần hoàn (hoặc cột áp tĩnh của hệ thống trọng lực) để đạt được lưu lượng thiết kế;
- g) Trong trường hợp đặc biệt của các quạt riêng biệt dùng trong các phần khô và ướt của một tháp hoặc các tháp riêng biệt, nhà sản xuất phải đưa ra tổn thất áp suất bề mặt khô và số mũ truyền nhiệt theo yêu cầu sử dụng cho việc đánh giá số mũ công suất đầu ra động cơ quạt (γ) trong công thức (66);
- h) Đối với các tháp giải nhiệt kín kiểu ướt/khô, nhà sản xuất phải cung cấp yêu cầu công suất quạt trong chế độ vận hành khô, nếu việc xác minh tính năng khô được bao gồm trong thử nghiệm.

6 Chuẩn bị thử nghiệm

6.1 Mục đích

Mục đích của điều này là để cung cấp trước

- a) Trách nhiệm của người sở hữu hoặc nhà thầu và nhà trung gian thử nghiệm trong việc chuẩn bị tháp giải nhiệt cho phạm vi tính năng hoặc thử nghiệm nghiệm thu, và
- b) Các điều kiện được diễn tả tại thời điểm thử nghiệm để đảm bảo các kết quả thử phản ánh chính xác công suất của tháp.

6.2 Kế hoạch thử nghiệm và chuẩn bị địa điểm

Sự chuẩn bị tháp giải nhiệt phù hợp và lên kế hoạch thử nghiệm sẽ giải quyết nhanh chóng và hiệu quả cho việc thử nghiệm thực tế, kiểm soát chi phí thử nghiệm, và đảm bảo các số liệu đo đạc phản ánh chính xác năng suất thực của tháp giải nhiệt.

6.2.1 Trách nhiệm

Người sở hữu tháp giải nhiệt hoặc người đại diện có trách nhiệm giúp đỡ sắp xếp thời gian thử nghiệm với những người tham gia thử nghiệm, chuẩn bị tháp thử nghiệm, và chuẩn bị phương án an toàn và chủ động để tiếp cận tháp và toàn bộ thiết bị cũng như các vị trí vận hành trong quá trình thử nghiệm. Quá trình thực hiện thử nghiệm được định rõ theo hợp đồng và tốt nhất là nên được thực hiện bởi đơn vị trung gian độc lập được đồng thuận bởi người sở hữu và nhà sản xuất. Những người tham gia vào thử nghiệm nghiệm thu là đại diện của người sở hữu, đại diện nhà sản xuất và đơn vị thử nghiệm, nếu là bên thứ ba độc lập.

6.2.2 Kế hoạch thử nghiệm

Ngày thử nghiệm thực tế nên được bố trí chỉ sau khi đảm bảo:

- a) Tháp trong điều kiện vận hành tốt;
- b) Những chuẩn bị cần thiết cho việc đo đạc tất cả các thông số thử nghiệm yêu cầu đã được thiết lập (xem 6.4);
- c) Nhân viên vận hành được hướng dẫn cho việc thử nghiệm và tháp được dự tính vận hành trong các sai số từ các điều kiện theo thiết kế được cho phép bởi qui tắc thử nghiệm (xem 8.2.4 và 8.3.5);
- d) Tháp được vận hành càng sát theo các điều kiện thiết kế trong quá trình thử nghiệm thực tế, các kết quả thử nghiệm sẽ phản ánh càng đúng với công suất thực của tháp. Vì lý do này, các qui tắc thử nghiệm yêu cầu tháp được vận hành trong các sai lệch cho phép tối đa và cụ thể so với thiết kế. Trong các tháp bao gồm nhiều khối tiêu chuẩn đồng nhất, nếu thích hợp với các đơn vị tham gia thử nghiệm, số lượng khối tiêu chuẩn trong vận hành có thể được điều chỉnh trước khi thử nghiệm để đưa ra các khối tiêu chuẩn được thử nghiệm trong các giới hạn cho phép;
- e) Tất cả các đơn vị tham gia thử nghiệm, bao gồm người sở hữu, người mua và nhà sản xuất và cơ quan thử nghiệm phải được thông báo ngày thử nghiệm dự kiến và có thể có mặt tại hiện trường nếu muốn;

- f) Xác nhận cuối cùng của ngày thử nghiệm được quyết định sau khi xem xét dự báo thời tiết khu vực. Đối với các thử nghiệm cơ bản, các điều kiện nên được tránh bao gồm gió trên 4,5 m/s (trừ trường hợp được ghi rõ theo hợp đồng), mưa liên tục, giông bão, nhiệt độ bầu khô dưới 5 °C, và khả năng cao xuất hiện thời tiết ẩm hoặc lạnh di chuyển qua khu vực.

Trong các trường hợp không thể đo vận tốc gió ở đỉnh vỏ, một chỉ thị của các điều kiện gió tại đỉnh vỏ phải là sự xuất hiện sương mù ở cửa ra. Đối với một thử nghiệm nghiệm thu, các quan sát bằng mắt sương mù phải chỉ ra rằng sương mù này hoàn toàn lấp đầy lối ra của vỏ và đi lên theo chiều thẳng đứng với một khoảng cách tối thiểu xấp xỉ một nửa đường kính ngoài.

6.3 Điều kiện vật lý của tháp

6.1 Quy định chung

Đối với tháp giải nhiệt sinh ra năng suất danh định, toàn bộ các bộ phận riêng lẻ được vận hành phù hợp và làm sạch các vận chuyển hoặc nghẽn ống. Nhà sản xuất phải có cơ hội tiến hành kiểm tra chi tiết về tháp, trước ngày thử nghiệm dự kiến.

6.3.2 Môi trường truyền nhiệt

Môi trường truyền nhiệt cần phù hợp với điều kiện vận hành.

6.3.2.1 Các tháp giải nhiệt hồ khối đệm dạng màng

Bề mặt khối đệm được làm việc một cách thích hợp trong ít nhất 500 h (đối với PVC) với nhiệt độ nước nóng tối thiểu 32 °C. Các vật liệu khác có thể yêu cầu khoảng thời gian làm việc lâu hơn.

6.3.2.2 Toàn bộ môi trường khối đệm tuần hoàn mở

Khối đệm được vận hành theo phương thức không bị cản trở, không có bụi nhìn thấy được, tảo, chất nhờn hay các tích tụ khác cản trở dòng chảy trong kênh dẫn. Những kênh dẫn như vậy thỉnh thoảng để lại những vùng lưu lượng nước thấp và cao nhìn thấy được tại cửa ra của khối đệm, biểu thị cho sự lắng cặn nghiêm trọng. Trong bất kỳ trường hợp nào, phương thức hiệu quả nhất để phát hiện tích tụ của bất kỳ loại cặn nào là kiểm tra lớp bên trong, nếu khối đệm có cấu trúc lớp, bằng cách loại bỏ bớt lớp phía trên.

6.3.2.3 Các tháp giải nhiệt kín (bao gồm ướt/khô)

Các thiết bị trao đổi nhiệt được vận hành mà không có đóng cặn bên trong quá mức, nguyên nhân hạn chế truyền nhiệt vượt quá giá trị đã được ghi rõ. Các bề mặt bên ngoài của các thiết bị trao đổi nhiệt phải được vận hành không có bụi/bùn, tảo, chất nhờn, lớp gỉ hay các tích tụ khác cản trở truyền nhiệt hoặc làm chậm hoặc tạo kênh dẫn đối với lưu lượng bình thường của không khí và nước.

6.3.3 Hệ thống phân phối nước

Lưu lượng thiết kế và phân phối nước không bị cản trở sẽ được cung cấp trên khắp môi trường truyền nhiệt (khối đệm) nếu tháp sinh ra năng suất danh định. Vì thế, các điều kiện sau phải được

kiểm chứng trước khi thực hiện thử nghiệm tính năng nhiệt.

- a) Hệ thống phân phối hoạt động trong điều kiện tốt, không có tảo, chất nhờn hoặc không đóng cặn trong chất lưu.
- b) Toàn bộ vòi phun được lắp đặt chính xác, sạch và trong điều kiện hoạt động tốt.
- c) Nước tuần hoàn không chứa dầu hay các vật liệu lạ.
- d) Lưu lượng chất lưu tới tháp (hoặc các khối tiêu chuẩn được thử nghiệm) trong khoảng $\pm 10\%$ giá trị thiết kế.
- e) Dòng chảy tới các bể chứa nước nóng/khối tiêu chuẩn được cân bằng.

CHÚ THÍCH: Nếu cân bằng là cần thiết, mở toàn bộ van cân bằng và kiểm tra mức nước trong mỗi bể chứa nước nóng (các tháp kiểu dòng ngang) hoặc áp suất phun tại mỗi chỗ nối cửa vào (tháp kiểu dòng ngược chiều). Sau đó, tại bể chứa/chỗ nối với áp suất/mức cao nhất, giảm từ từ dòng chảy cho đến khi toàn bộ áp suất/các mức về cơ bản bằng nhau. Các mắt cân bằng nghiêm trọng có thể yêu cầu nhiều hơn một sự điều chỉnh.

- f) Toàn bộ van bypass được vận hành chính xác với không có sự rò rỉ tại van khi đóng. Tại thời điểm thử nghiệm, toàn bộ van bypass bị khóa tại vị trí đóng để không rò rỉ.

6.3.4 Thiết bị cơ khí

Thiết bị cơ khí trên mỗi bộ phận nên được kiểm tra để xác minh

- a) Các quạt và động cơ đang hoạt động trong điều kiện tốt, quay tự do không bị kẹt hay va chạm,
- b) Các quạt quay theo hướng chính xác,
- c) Khi vận hành với các sai số so với điều kiện thiết kế được chấp nhận bởi qui tắc thử nghiệm, các động cơ quạt sẽ phải tải trong khoảng $\pm 10\%$ công suất tiêu thụ theo thiết kế của quạt.

6.3.5 Tắm chắn nước

Các tắm chắn nước sẽ được lắp đặt chính xác và vận hành trong điều kiện tốt, không có tảo, chất nhờn hay các vật cản trở luồng không khí.

6.3.6 Các đường vào không khí

Các đường vào của không khí trong tháp sẽ không có sự cản trở hay tắc nghẽn đã không được cân nhắc hoặc tính toán trong thiết kế và lựa chọn tháp. Các cửa thông hơi, nếu có, được lắp đặt vào vị trí thích hợp.

6.4 Quy định cho các thiết bị đo

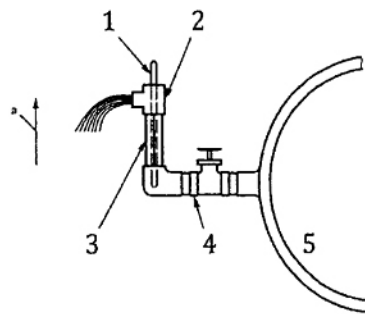
6.4.1 Mô tả

Trừ khi được ghi rõ trong các tài liệu hợp đồng hoặc thông qua các thỏa thuận trước đó, đơn vị trung gian thực hiện thử nghiệm sẽ cung cấp toàn bộ thiết bị đo được yêu cầu để thực hiện chính xác thử nghiệm. Tuy nhiên, thông thường, trách nhiệm của đơn vị sở hữu tháp và/hoặc đơn vị thầu

địa điểm cần cung cấp lỗ nhiệt độ, giếng đo nhiệt, các ống pitot, nguồn cho các thiết bị đo, và các dụng cụ khác cần thiết cho thử nghiệm, theo thông tin chi tiết tại Điều 7.

6.4.2 Đo nhiệt độ

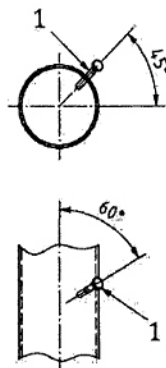
Trong ống dẫn kín, các đo đặc nhiệt độ có thể được thực hiện khi sử dụng lỗ cho dòng chảy trong đường ống dẫn (xem Hình 1) hoặc với một giếng nhiệt (xem Hình 2) được lắp đầy hỗn hợp nhão hoặc lưu chất. Các trạm đo nên đặt ở một điểm mà nước được trộn đều, và, nếu các lỗ được sử dụng, tại áp suất dương.



CHÚ DẪN:

- 1 Nhiệt kế
- 2 Phụ kiện chữ T (tùy chọn)
- 3 Nút, 12,5 mm x 150 mm
- 4 Van cổng, 12,5 mm
- 5 Ống
- a Trực thẳng đứng

Hình 1 – Điểm đo nhiệt độ



CHÚ DẪN:

- 1 Giếng nhiệt độ

Hình 2 – Giếng nhiệt độ

CHÚ THÍCH: Các lỗ không nên sử dụng nếu việc xả nước liên tục từ lỗ vượt quá thời gian thử nghiệm sẽ gây ra vấn đề về môi trường hoặc hệ thống. Trong các kênh dẫn mở, một cấu trúc dạng lưới có thể được yêu cầu để hỗ trợ và định vị trí các cảm biến nhiệt. Để cấp nguồn cho ảm kế, nguồn xoay chiều tới vị trí tháp với dây cáp kéo dài đủ để tiếp cận toàn bộ cửa nạp của tháp. Kiểm tra cùng với đơn vị trung gian thử nghiệm đối với hiệu điện thế cung cấp thích hợp.

6.4.3 Đo dòng chảy

6.4.3.1 Quy định chung

Đo đặc chính xác lưu lượng dòng chảy trong tháp giải nhiệt là cần thiết để xác định chính xác năng suất của tháp và bảo trì phù hợp sẽ được tiến hành khi lựa chọn cả thiết bị để sử dụng và điểm cần đo đặc.

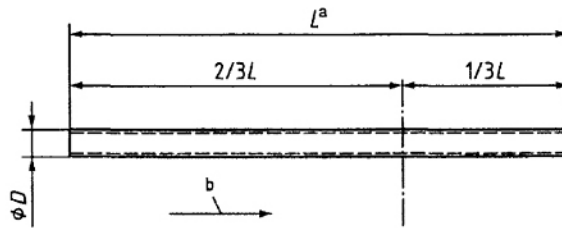
6.4.3.2 Địa điểm đo

Khi lưu lượng của nước tuần hoàn hoặc chất lưu hoạt động được đo đặc trong ống dẫn kín, trạm đo đặc có thể được đặt ở vị trí trên thực tế dây dẫn dễ tiếp cận được với một áp suất dương, thông thường trên ống góp nước nóng chính hoặc ống đứng riêng biệt cho từng khối tiêu chuẩn. Nếu ống góp chính được lựa chọn, dòng chảy xác định được đo đặc chỉ dành cho tháp dưới sự thử nghiệm hoặc không có thêm dòng hơi được thêm vào hoặc bỏ đi giữa trạm đo và ống nối đầu vào của tháp. Các đo đặc dòng chảy tại ống đứng riêng lẻ yêu cầu tốn nhiều thời gian hơn, nhưng chúng đảm bảo chỉ có dòng đi vào tháp được thử nghiệm sẽ được đo đặc và, nơi có nhiều hơn một ống đứng sẽ được sử dụng, chúng cung cấp thông tin về cân bằng dòng chảy giữa các khối tiêu chuẩn.

6.4.3.3 Vị trí

Hầu hết các thiết bị đo đặc dòng được sử dụng thông thường yêu cầu đặc tính vận tốc được trình bày đầy đủ tại điểm đo. Để đảm bảo đo đặc chính xác, các trạm đo dòng chảy sẽ được đặt tại vị trí khu vực ống thẳng, không có bất kì van hay ống nối góc, kéo dài tới độ dài 20 lần đường kính ống. Các trạm đo sẽ được đặt tại vị trí 2/3 độ dài ống thẳng ngược dòng và 1/3 độ dài xuôi dòng (xem Hình 3). Các thỏa thuận với qui định này sẽ ảnh hưởng ngược lại tính chính xác của đo dòng chảy và kết quả thử nghiệm.

Bên cạnh việc xem xét tính chính xác, vị trí đo đặc có thể tiếp cận an toàn đối với nhân viên thử nghiệm là điều kiện bắt buộc trong quá trình thử nghiệm. Người sở hữu tháp và/hoặc đơn vị đấu thầu vị trí cần cung cấp thang, giá đỡ và dây an toàn.



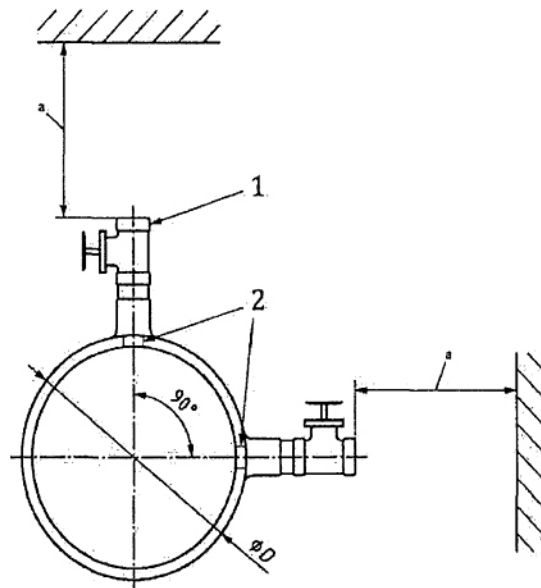
CHÚ DẪN:

- a lý tưởng $20D$, tối thiểu $10D$
- b dòng chảy

Hình 3 – Vị trí đo dòng chảy

6.4.3.4 Đo đặc dùng ống Pitot

Khi lưu lượng dòng chảy tới tháp được đo bằng ống Pitot, lắp đặt hai van tại điểm đo đặc với cùng tuyến bản đặc qua ống, tách rời bởi góc 90° , và lắp vào chúng 30 mm hoặc 40 mm, van cổng đầy đủ như minh họa tại Hình 4. Trên các đường ống cỡ lớn, một ống Pitot bổ sung có thể được yêu cầu và kích thước của các kích thước của lỗ và van cũng theo đó tăng lên. Nếu có bất kỳ vấn đề gì về kích thước, phối hợp với đơn vị trung gian thử nghiệm. Thêm vào đó, đảm bảo khe hở không phù hợp có sẵn vượt quá mỗi van để tương thích với chiều dài của ống Pitot cho việc đặt vào và rút ra. Theo như Chú dẫn tại Hình 4, với ống dẫn đường kính 600 mm hoặc bé hơn, chuẩn bị khe ít nhất 1,3 m. Đối với ống dẫn lớn hơn 600 mm, chuẩn bị một khe gấp 3 lần đường kính ống dẫn.



CHÚ DẪN:

- 1 2 van cổng đầy đủ, 30 mm hoặc 40 mm
- 2 2 lỗ khoan không có bavaria đường kính 30 mm
- 3 Khe hở tối thiểu: đối với $D \leq 600$ mm, sử dụng 1,3 m; đối với $D \geq 760$ mm, sử dụng $3D$.

Hình 4 – Các lỗ ống Pitot và khe hở được yêu cầu

6.4.3.5 Đo đặc dòng chảy bằng các phương pháp khác

Các thiết bị ngoài ống Pitot có thể được sử dụng cho việc đo dòng chảy, một vài thiết bị không thể xâm nhập. Trong những trường hợp đó, đơn vị sở hữu tháp hoặc đơn vị thầu địa điểm phải làm việc với đơn vị trung gian thử nghiệm để đảm bảo cho các chuẩn bị phù hợp như được mô tả trong tiêu chuẩn tương ứng, được đưa ra cho việc đo đặc dòng chảy trước ngày thử nghiệm theo dự kiến.

6.4.3.6 Dòng nước bổ sung

Nếu dòng nước bổ sung không được đóng trong nhiều giờ trong thời gian thử nghiệm, một lưu lượng kế thể tích hoặc thiết bị đo lưu lượng phù hợp cần được lắp đặt trên đường nước bổ sung theo hướng tới tháp.

6.5 Công suất động cơ quạt

Đối với các động cơ điện, cung cấp lối vào tại thiết bị ngắt điện hoặc bộ khởi động cho động cơ từng quạt để đo đặc giá trị nguồn đầu vào với thiết bị đo điện năng cầm tay. Nếu điện áp động cơ quạt vượt quá 600 V, động cơ quạt được trang bị biến tần (VFD), hoặc nếu các quạt không được truyền động bằng các động cơ điện, đơn vị sở hữu tháp/hoặc đơn vị thầu địa điểm phải làm việc với đơn vị thử nghiệm trung gian để chuẩn bị các thiết bị cần thiết để đo đặc một cách chính xác công suất đầu vào cho quạt.

6.6 Điều kiện địa điểm

6.6.1 Quy định chung

Thông thường, các thử nghiệm tháp giải nhiệt được lên kế hoạch chạy thử bởi đơn vị mua kiêm định trước thời gian thử nghiệm thực. Ngày chạy thử sẽ được chọn là ngày có khả năng cao các điều kiện vận hành tháp được yêu cầu và điều kiện thời tiết tuân theo các yêu cầu qui tắc thử nghiệm.

6.6.2 Các điều kiện vận hành tháp

Tháp vận hành càng gần với các điều kiện thiết kế trong quá trình thử nghiệm thật, các kết quả của thử nghiệm sẽ càng phản ánh đúng năng suất thực của tháp. Chính vì lý do đó, các qui tắc thử nghiệm yêu cầu tháp vận hành với các sai lệch có thể chấp nhận tối đa, đặc trưng so với thiết kế.

Các sai lệch có thể chấp nhận được là nhóm thứ tư trong 8.2.4 và 8.3.5 của tiêu chuẩn này, và mỗi kết quả đạt được nên được đối chiếu với giá trị tại thời điểm thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Trong các tháp bao gồm nhiều khối tiêu chuẩn đồng nhất, nếu có thể đồng thuận của các đơn vị tham gia thử nghiệm, số lượng khối tiêu chuẩn trong vận hành có thể được điều chỉnh tương ứng thử nghiệm để mang các khối tiêu chuẩn được thử nghiệm trong các giới hạn cho phép.

6.6.3 Điều kiện thời tiết

Đối với thử nghiệm cơ bản, xác nhận cuối cùng của ngày thử nghiệm sẽ được quyết định chỉ sau

khi xem xét dự báo thời tiết địa phương. Các điều kiện nên tránh bao gồm:

- a) Gió trên 4,5 m/s trừ khi điều kiện được ghi rõ theo hợp đồng,
- b) Mưa liên tục,
- c) Bão,
- d) Nhiệt độ bầu khô dưới 5 °C, và
- e) Khả năng cao xảy ra điều kiện thời tiết ẩm hoặc lạnh di chuyển qua khu vực thử nghiệm.

6.7 Điều kiện khác

Có một vài vấn đề khác trong công việc chuẩn bị cho một thử nghiệm mà không được bao hàm trong tiêu chuẩn này, nhưng cũng cần được đưa ra để đảm bảo quá trình thử nghiệm được diễn ra thuận lợi, vào ngày được chỉ định. Nó bao gồm các vấn đề sau:

- a) Khi các đo đặc nguồn vào sẽ được tạo ra từ quạt điện và các động cơ bơm, sắp xếp cho thợ điện đến khu vực thi công vào ngày thử nghiệm để hỗ trợ những đo đặc này.
- b) Tương tự, những người vận hành có mặt vào ngày thử nghiệm để điều chỉnh các van hoặc tạo ra các điều chỉnh nhỏ cho hệ thống hoặc tháo để đơn giản hóa thử nghiệm.
- c) Sắp xếp các đặc quyền bảo mật và xe cộ đi lại cho các nhân viên thử nghiệm và quan sát viên cũng như bất kỳ định hướng an toàn nhà máy, đào tạo đặc biệt, chứng nhận bảo hiểm, v.v.
- d) Lắp đặt toàn bộ thang, giá đỡ, hàng rào và các thiết bị bảo hộ cần thiết để đảm bảo ra vào an toàn tới tháp và tất cả các trạm đo đặc, đặc biệt trạm đo dòng chảy trong quá trình thử nghiệm.
- e) Danh sách kiểm tra, Phụ lục M.

7 Dụng cụ đo và thiết lập thử nghiệm

7.1 Hiệu chuẩn

Tất cả các dụng cụ được sử dụng trong quá trình thử nghiệm phải được hiệu chuẩn trước khi tiến hành thử nghiệm. Việc hiệu chuẩn phải liên kết với các chuẩn chính hoặc chuẩn phụ được hiệu chuẩn bởi các tổ chức được công nhận như tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc gia, hoặc được bắt nguồn từ các giá trị được chấp nhận của các hằng số vật lý tự nhiên. Thiết bị sẽ được hiệu chuẩn lại dựa trên các phương pháp phù hợp với từng dạng thiết bị tương ứng và các kết quả hiệu chuẩn sẽ được lưu. Tần suất hiệu chuẩn tối thiểu được liệt kê ở Bảng A.1.1. Một thiết bị cũng sẽ được hiệu chuẩn lại trong trường hợp bị hỏng hóc hay độ chính xác của nó bị nghi ngờ vì bất cứ lý do gì. Thêm vào đó, phụ thuộc vào yêu cầu và chi phí của bên yêu cầu thử nghiệm, bất kỳ thiết bị hoặc tất cả thiết bị đo sử dụng trong thử nghiệm có thể được hiệu chuẩn trước và/hoặc sau khi thử nghiệm.

7.2 Đo lưu lượng

7.2.1 Quy định chung

Tất cả các thử nghiệm yêu cầu đo đặc lưu lượng tuần hoàn chính của nước hoặc lưu chất làm việc. Đo đặc lưu lượng nước bơm xung hoặc nước xả có thể cần thiết phụ thuộc vào chế độ vận hành của tháp trong quá trình thử nghiệm.

Lưu lượng sẽ được đo sử dụng bất kì phương pháp nào được liệt kê trong A.2.2. Phương pháp được sử dụng, vị trí, và số lần đo được tiến hành dựa trên đặc tính lắp đặt, tầm quan trọng của phép đo và loại hình thử nghiệm.

7.2.2 Đo lưu lượng

Lưu lượng của nước hoặc lưu chất làm việc sẽ được đo tại điểm có biên dạng dòng chảy phát triển hoàn toàn, ưu tiên các ống chính dẫn tới tháp. Các vị trí đo nên đặt cách 20 lần đường kính cho dòng chảy xuống và 10 lần đường kính ống cho dòng chảy lên tại bất kì vị trí có nghẽn hoặc nổi ống. Các trạm đo với các khoảng cách dòng xuống và lên không đủ sẽ tác động bất lợi đáng kể đến biên dạng dòng chảy và độ chính xác của phép đo, do vậy nên tuyệt đối tránh.

7.2.3 Kiểm tra các thiết bị đo

Các thiết bị đo, dù là được lắp đặt tạm thời hoặc lâu dài, sẽ được kiểm tra tính thao tác hoặc tính năng trước khi thử nghiệm.

7.3 Đo nhiệt độ

7.3.1 Quy định chung

Nhiệt độ sẽ được đo sử dụng bất kì phương pháp nào được liệt kê trong Phụ lục A. Các thiết bị nhạy nhiệt nên được bảo quản cẩn thận để đảm bảo phép đo thể hiện đúng nhiệt độ bầu ướt của chất lưu tại điểm đo.

Thiết bị hiển thị hoặc ghi phải có độ chia tăng không quá 0,1 °C và có thể đọc tới 0,05 °C. Thiết bị nhạy nhiệt phải có độ chính xác tới 0,05 °C.

7.3.2 So sánh tại hiện trường

Trước khi tiến hành thử nghiệm, so sánh hiện trường của tất cả các thiết bị đo phải được thực hiện. Đối với các hệ thống đo đặc dữ liệu điện tử, phép so sánh này phải được thực hiện sau khi các tín hiệu được kết nối. Trong trường hợp có nghi ngờ, một thiết bị đo sẽ được so sánh với thiết bị đo tương tự và thay thế nếu cần.

7.3.3 Nhiệt độ lưu chất làm việc/nước

7.3.3.1 Quy định chung

Nhiệt độ của lưu chất làm việc/nước được đo tại cửa xả dòng tràn, trực tiếp tại dòng hoạt động hoặc trong các giếng nhiệt kế được lắp tại các điểm đo. Các giếng nhiệt kế sẽ được điền đầy bằng

chất lưu có khả năng dẫn nhiệt hoặc bột nhão để đảm bảo các thiết bị cảm biến nhiệt được đặt vào nhiệt độ đại diện.

7.3.3.2 Nhiệt độ lưu chất làm việc hoặc nước nóng

Nhiệt độ của nước nóng hoặc lưu chất làm việc đi vào tháp sẽ được đo tại các ống đứng của tháp hoặc tại cửa xả của ống nạp đứng vào trong hệ thống phân phối, hoặc đối với tháp nhiều khối tiêu chuẩn, trong hạ lưu của ống góp cấp của ống đứng đầu tiên. Đối với tháp giải nhiệt kín, bao gồm ướt/khô, nhiệt độ của lưu chất làm việc nóng đi vào tháp sẽ được đo tại cửa nạp cho đến thiết bị trao đổi nhiệt hoặc, đối với tháp có nhiều thiết bị trao đổi nhiệt hoặc khối tiêu chuẩn, trong hạ lưu ống góp của đầu nối vào tới thiết bị trao đổi nhiệt đầu tiên. Đối với mỗi dạng tháp, nếu nguồn là hỗn hợp của hai hoặc nhiều dòng chảy ở các nhiệt độ khác nhau, việc hòa trộn hoàn toàn sẽ được đảm bảo tại điểm đo hoặc lưu lượng dòng chảy đủ và đo đặc nhiệt độ của các dòng chảy riêng lẻ sẽ được thực hiện để đảm bảo nhiệt độ trung bình chất lưu chính xác.

7.3.3.4 Nhiệt độ lưu chất làm việc hoặc nước lạnh

Mặc dù các vị trí khác có thể được sử dụng, nhiệt độ của nước lạnh đi ra khỏi tháp sẽ được đo đặc thích hợp tại dòng xả bơm tuần hoàn để đảm bảo hòa trộn tốt nhất, và giá trị đo trung bình được hiệu chỉnh cho nhiệt đã thêm vào bơm theo 9.2.4. Đối với các tháp giải nhiệt kín bao gồm ướt/khô, nhiệt độ của lưu chất lạnh rời khỏi tháp sẽ được đo tại cửa xả của thiết bị trao đổi nhiệt hoặc, đối với tháp có nhiều thiết bị trao đổi nhiệt hoặc khối tiêu chuẩn, tại hạ lưu ống góp của đầu nối cửa xả cuối cùng. Đối với mỗi loại tháp, nếu đo đặc có giá trị tốt nhất được lấy tại vị trí như máng xả nước nơi nhiệt độ và vận tốc không đồng nhất vượt quá mặt cắt ngang dòng chảy, các đo đặc lưu lượng dòng chảy đủ nên và các đo đặc nhiệt độ sẽ được tiến hành để đảm bảo nhiệt độ trung bình chất lưu chính xác.

7.3.3.4 Nhiệt độ nước bổ sung

Nếu hệ thống bổ sung được chạy trong quá trình thử nghiệm, nhiệt độ của nước bổ sung sẽ được đo tại điểm nước bổ sung đi vào hệ thống.

7.3.4.5 Nhiệt độ nước xả

Nếu hệ thống nước xả vận hành trong quá trình thử nghiệm, nhiệt độ của nước xả sẽ được đo tại điểm nước xả đi ra khỏi hệ thống.

7.3.4 Nhiệt độ không khí đi vào

7.3.4.1 Nhiệt độ không khí đi vào theo yêu cầu

Nhiệt độ không khí đi vào bầu ướt được yêu cầu cho toàn bộ thử nghiệm tháp giải nhiệt. Nhiệt độ không khí đi vào bầu ướt được yêu cầu cho các tháp giải nhiệt cưỡng bức và tự nhiên để xác định các đặc tính nhiệt động học của không khí đi vào hoặc xung quanh tháp và cho các hệ thống gió kiểu hút để tạo điều kiện xác minh các đặc tính của không khí ẩm đi vào quạt và/hoặc khi ước tính tỷ lệ bay hơi.

7.3.4.2 Các trạm đo

Các trạm đo nhiệt độ không khí sẽ được đặt 1,5 m từ lỗ hút không khí của tháp giải nhiệt. Số lượng trạm đo đủ sẽ được ứng dụng để đảm bảo trung bình các lần đọc kết quả thử nghiệm đem lại một mô hình chính xác của nhiệt độ bầu ướt thực ở lối vào. Các yêu cầu cho số lượng tối thiểu và vị trí trạm đo được chỉ rõ tại Phụ lục C.

7.3.4.3 Nhiệt độ bầu khô

Khi việc đo đặc nhiệt độ không khí đi vào bầu khô với mục đích duy nhất là xác định các đặc tính vật lý của không khí đi vào trên tháp giải nhiệt cơ khí, điều này có thể đạt được, trong hầu hết các trường hợp, bằng bình quân của một trạm đo đơn lẻ, hoặc nhiều nhất là hai trạm.

7.3.5 Nhiệt độ không khí xung quanh

Nhiệt độ không khí khô xung quanh, T_{am} , được yêu cầu cho các tháp giải nhiệt tự nhiên. Việc đo đặc này sẽ được bố trí tại một cột khí tượng cố định với chiều cao 10 m, đặt tại vị trí ít nhất 300m từ tháp, và tại địa điểm không bị cản trở và mở.

7.3.6 Gradient khí quyển cho giải nhiệt hút tự nhiên

Gradient nhiệt độ bầu khô lối vào là đo đặc then chốt trên các tháp giải nhiệt tự nhiên bởi nó được sử dụng để xác định khối lượng riêng không khí nạp vào lần lượt là một phần của động lực khiến cho tháp giải nhiệt hoạt động. Các nội dung dưới đây là những yêu cầu đo nhiệt độ bầu khô cho tháp giải nhiệt tự nhiên.

- a) Đối với việc đo trực tiếp gradient nhiệt độ bầu khô của không khí xung quanh theo chiều thẳng đứng, vị trí dự kiến của các thiết bị sẽ không theo hướng gió thổi cũng không trong sự ảnh hưởng của tháp giải nhiệt hay bất cứ nguồn của dòng chảy rối hoặc gradient nhiệt mà ảnh hưởng cơ bản đến các dữ liệu đo đặc. Các độ cao thẳng đứng được ghi rõ ở Phụ lục A. Vị trí trang thiết bị đo và kỹ thuật sẽ tuân theo đặc thù hiện trường và sẽ được dựa trên các thỏa thuận chung trước khi việc thử nghiệm.
- b) Như một dụng cụ chỉ thị của gradient nhiệt độ theo chiều thẳng đứng của bầu khô trong tháp giải nhiệt tự nhiên, hai thiết bị bầu khô sẽ được đặt tại cùng vòng tròn gần hoặc phía trên đỉnh của cửa nạp không khí. Thiết bị được đặt gần hoặc phía trên đỉnh của cửa nạp không khí có thể được nằm ở trên cầu thang tại hoặc phía trên độ cao của đỉnh của cửa nạp không khí nếu vị trí thỏa mãn tiêu chuẩn trong tài liệu này. Các thiết bị sẽ không được đặt theo hướng gió thổi của tháp giải nhiệt. Mỗi kết quả đạt được sẽ làm việc đặt thiết bị tại địa điểm thí công không là chủ thể cho những ảnh hưởng bức xạ hoặc nhiệt đối lưu không khí do nhiệt bức xạ mặt trời lên vỏ thiết bị. Việc thay thế thiết bị chỉ thị gradient sẽ được đồng thuận chung bởi các đơn vị tham gia thử nghiệm.
- c) Như một thiết bị chỉ thị khác, ta phải so sánh nhiệt độ không khí khô, T_{am} (được định nghĩa tại 7.3.5) với nhiệt độ đi vào bầu khô trung bình, T_{ent} , và chỉ xem xét khoảng thử nghiệm như sau:

$$-1 < T_{ent} - T_{am} < 0.$$

7.4 Đo áp suất

7.4.1 Quy định chung

Áp suất phải được đo bằng các thiết bị được liệt kê trong Phụ lục A tương ứng với giá trị áp suất đo.

7.4.2 Các vòi áp suất

Khoan lỗ trong ống dẫn cho việc đo đặc áp suất nên là 3 mm hoặc ít hơn và không có bavia hoặc hình dạng không đồng đều.

7.4.3 Tổn thất áp suất thiết bị trao đổi nhiệt

Các đo đặc cho việc xác định tổn thất áp suất của lưu chất làm việc qua thiết bị trao đổi nhiệt của tháp ướt/khô hoặc giải nhiệt kín được thực hiện theo A.4. Các trạm đo sẽ được đặt càng gần vị trí cửa nạp và xả của thiết bị trao đổi nhiệt càng tốt. Các hiệu chỉnh được thực hiện cho các tổn thất ống nối, thay đổi kích thước ống, v.v. khiến cho áp suất khác giữa các trạm đo và vị trí theo hợp đồng.

7.5 Công suất truyền động quạt/bơm

7.5.1 Quy định chung

Công suất tiêu thụ của động cơ quạt/bơm phải được đo. Nếu tính năng tháp được dựa trên đầu ra động cơ, công suất đầu vào đo được phải được điều chỉnh cho phù hợp với động cơ sử dụng hiệu suất được cung cấp bởi nhà sản xuất động cơ.

7.5.2 Động cơ điện

Trong trường hợp động cơ điện, công suất đầu vào sẽ được xác định bằng đo đặc trực tiếp kW đầu vào tại vị trí mà thiết bị đo có thể đo chính xác tổng công suất đầu vào tới thiết bị. Sự hiệu chỉnh tổn thất đường dây phải được thực hiện, trừ khi có thỏa thuận khác của tất cả các bên tham gia.

7.5.3 Biến tần

Nếu động cơ điện được trang bị một biến tần (VFD) hoặc thiết bị biến đổi nguồn khác, các thao tác tương ứng (như thiết bị chuyển dòng) được thực hiện để đảm bảo việc đo đặc chính xác và không thay đổi tốc độ làm cho quạt vượt quá khoảng thử nghiệm.

7.6 Vận tốc gió (tốc độ và hướng)

7.6.1 Quy định chung

Vận tốc gió được đo bằng bất kỳ thiết bị được ghi rõ trong Phụ lục A, ưu tiên thiết bị đọc và ghi từ xa. Số lượng trạm đo và vị trí của chúng phụ thuộc vào loại tháp dưới sự thử nghiệm và loại thử nghiệm.

7.6.2 Tháp giải nhiệt cơ khí

Đối với các tháp giải nhiệt cơ khí, đo vận tốc gió được thực hiện tại vị trí không có vật cản và mở, theo chiều gió thổi của tháp và dưới sự ảnh hưởng của vận tốc tiếp cận không khí vào. Việc bảo dưỡng được thực hiện để đảm bảo vận tốc và hướng gió đã được ghi lại biểu thị cho điều kiện gió tác động lên tháp. Sự phân bố thiết bị đo gió sẽ là đối tượng trong thỏa thuận chung bởi tất cả các đơn vị tham gia thử nghiệm. Hướng gió sẽ được ghi lại bằng độ la bàn với mốc hướng bắc được ghi rõ ràng.

7.6.2.1 Chiều cao tháp thấp hơn hoặc bằng 6 m

Đối với tháp giải nhiệt có chiều cao tổng cộng không quá 6 m tính giữa miệng bể và độ cao dòng xả, vận tốc gió được đo ở độ cao 1,5 m phía trên độ cao của miệng bể, tại một điểm trong phạm vi 15 m tới 30 m của tháp (nếu có).

7.6.2.2 Chiều cao tháp lớn hơn 6 m

Khi khoảng cách giữa miệng bể và chiều cao dòng xả lớn hơn 6 m, vận tốc gió được đo tại chiều cao trên độ cao bể xấp xỉ một nửa độ chênh lệch giữa bể và độ cao dòng xả và tại khoảng cách ít nhất 30 m so với tháp (nếu có).

7.6.3 Tháp giải nhiệt tự nhiên

7.6.3.1 Cửa vào

Đối với các tháp giải nhiệt tự nhiên, vận tốc gió được đo tại chiều cao bằng một nửa chiều cao cửa vào và khoảng cách từ tháp làm lạnh ít nhất hai lần chiều cao cửa nạp không khí và không ít hơn một phần bốn đường kính cơ bản của tháp. Khi thực hiện các thử nghiệm mở rộng, một cột/tháp khí tượng cố định, thông thường cao 10 m, có thể được sử dụng nếu được đặt tại vị trí ít nhất 300 m tính từ tháp và tại vị trí không có vật cản và mở.

7.6.3.2 Cửa ra

Đối với các tháp giải nhiệt tự nhiên, vận tốc gió được đo tại mặt phẳng nằm ngang mở rộng qua cửa xả, mở tại đỉnh vỏ tại điểm trong phạm vi 45 m và 450 m từ góc của vỏ (nếu có). Các tình huống mà gió mạnh tại cửa xả và gió nhẹ hoặc không có gió tại cửa vào cần được tránh xa.

Thiết bị chỉ thị của các điều kiện gió tại đỉnh vỏ phải có hình dạng của đám mây hơi nước tại cửa ra. Đối với thử nghiệm nghiệm thu, các quan sát nhìn thấy được của đám mây hơi nước chỉ ra rằng đám mây này hoàn toàn lấp đầy lối ra của vỏ và đi lên theo hướng dọc trục cho khoảng cách tối thiểu xấp xỉ một nửa đường kính ngoài.

Trong trường hợp các thử nghiệm mở rộng, các thông số vận tốc gió đỉnh vỏ là không liên quan.

7.7 Cột áp bơm của tháp

Có hai phép đo được yêu cầu để xác định cột áp bơm của tháp:

- a) Áp suất tĩnh trên đồng hồ đo tại đường tâm của chỗ nối cửa nước vào;
- b) Khoảng cách đo được thẳng đứng giữa đỉnh của miệng bể và đường tâm của chỗ nối cửa nước nóng vào.

7.8 Phân tích lưu chất làm việc hoặc nước

Một mẫu nước tuần hoàn và, nếu áp dụng, lưu chất làm việc sẽ được lấy mẫu trong quá trình thử nghiệm nếu bất kỳ đơn vị tham gia kiểm định hỏi chất lượng nước. Mẫu sẽ được phân tích bởi phòng thí nghiệm thử nghiệm uy tín để xác định thành phần lưu chất.

8 Tiến hành thử nghiệm

8.1 Các yêu cầu cho loại thử nghiệm

Tiến hành hai loại thử nghiệm, cơ bản và mở rộng, được miêu tả trong điều này. Quyết định thực hiện một loại thử nghiệm thay vì loại còn lại phụ thuộc vào loại tháp (thử nghiệm mở rộng thường chỉ áp dụng trên loại tháp giải nhiệt tự nhiên) và theo hợp đồng (các thông số đảm bảo được đính kèm). Các thử nghiệm cơ bản diễn ra trong một khoảng thời gian ngắn. Các thử nghiệm mở rộng yêu cầu khoảng thời gian dài hơn và sự thu thập số liệu không được giám sát được yêu cầu.

8.2 Các thử nghiệm cơ bản

Các thử nghiệm cơ bản tương ứng cho tất cả các loại tháp giải nhiệt.

8.2.1 Độ dài của thời gian thử nghiệm

Một khoảng thời gian thử nghiệm (xem định nghĩa tại Điều 3) kéo dài 1 h cộng thêm bất kỳ thời gian trễ nhiệt (nếu cần).

Khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực đáp ứng tất cả các yêu cầu được liệt kê tại 8.2.4.

Chỉ có các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực mới được xem xét là thử nghiệm nghiệm thu.

8.2.2 Số lượng yêu cầu các giai đoạn thử nghiệm có hiệu lực

Số lượng tối thiểu của các giai đoạn thử nghiệm có hiệu lực được yêu cầu cho thông gió cơ khí là một và cho thông gió tự nhiên là sáu, được thu thập quá 2 d. Giai đoạn thử nghiệm không trùng nhau. Kết quả của các giai đoạn thử nghiệm có hiệu lực sẽ được đưa vào trong bản kê khai của thử nghiệm nghiệm thu.

8.2.3 Các đo đạc trong thử nghiệm

Các thử nghiệm có thể được phân loại thành bậc kỹ thuật hoặc bậc khảo sát phụ thuộc vào phương pháp và tần suất thu thập các thông số thử nghiệm.

8.2.3.1 Bậc kỹ thuật

Bậc kỹ thuật là phương pháp thu thập dữ liệu thử nghiệm được ưa thích và chặt chẽ hơn. Việc thu thập dữ liệu điện tử được tự động hóa được ứng dụng để quét toàn bộ thiết bị đo tại khoảng cách

thời gian thông thường không lớn hơn 15 s. Đọc thông số thử nghiệm được bao gồm không ít hơn bốn lần quét cho từng thiết bị yêu cầu trung bình trong chu kỳ 1 min (xem Bảng 2). Bậc kỹ thuật được khuyến nghị cho các thử nghiệm được chấp nhận và cấp chứng chỉ.

8.2.3.2 Bậc khảo sát

Trong các thử nghiệm bậc khảo sát, đọc thông số được diễn ra và ghi lại thủ công tại khoảng thời gian trong thời gian thử nghiệm, được ghi rõ tại Bảng 2.

8.2.4 Các điều kiện có hiệu lực đối với thử nghiệm nghiệm thu cơ bản

Thời gian thử nghiệm sẽ có hiệu lực chỉ khi đạt các yêu cầu dưới đây.

8.2.4.1 Các yêu cầu điều kiện thời tiết trong thời gian thử nghiệm

- a) Không mưa, tuyết, hoặc mưa đá.
- b) Không sương mù; sự khác nhau về nhiệt độ giữa bầu khô và bầu ướt không lớn hơn 0,5 °C.
- c) Nhiệt độ bầu ướt của không khí xung quanh không lớn hơn hơn hoặc bằng 2 °C.
- d) Nếu không có giới hạn khác được ghi rõ trong hợp đồng, vận tốc gió trung bình (xem 7.6) không vượt quá 3 m/s đối với thông gió tự nhiên và 4,5 m/s đối với thông gió cơ khí. Gió giật không quá 5 m/s đối với thông gió tự nhiên và 7 m/s đối với thông gió cơ khí không xuất hiện vượt quá 10 lần trong vòng một giờ.
- e) Khi kiểm tra các tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, các điều kiện khí hậu sau được khuyến nghị cũng đạt được trong một giờ có trước khi bắt đầu bất kỳ giai đoạn thử nghiệm có hiệu lực: gradien nhiệt độ môi trường xung quanh bầu khô trung bình, G , trong phạm vi 0 °C/100 m chiều cao và giảm 1 °C/100 m chiều cao. Tham khảo tại 7.3.6.
- f) Nếu thiết bị chỉ thị được định nghĩa tại 7.3.6 c) được sử dụng, điều kiện có hiệu lực là:
 $-1 < T_{ent} - T_{am} < 0$.

8.2.4.2 Các thay đổi so với thiết kế

Thử nghiệm được thực hiện trong phạm vi giới hạn sau.

Các thay đổi sau đây không được vượt quá so với các điều kiện thiết kế:

- a) Nhiệt độ bầu ướt: $\pm 8,5$ °C;
- b) Nhiệt độ bầu khô (nếu thích hợp): $\pm 14,0$ °C;
- c) Phạm vi: ± 20 %;
- d) Dòng nước tuần hoàn: ± 10 %;
- e) Áp suất khí quyển: $\pm 3,5$ kPa;
- f) Công suất động cơ quạt: ± 10 %;
- g) Chất lượng lưu chất làm việc/nước: Chất lượng lưu chất làm việc/nước, hoặc trong trường

hộp tháp giải nhiệt kín, nước phun tái tuần hoàn như sau:

- 1) Chất rắn lơ lửng hoặc hòa tan không vượt quá 5,000 mg/l, hoặc khi được ghi rõ trong các tài liệu hợp đồng; 1,1 lần giá trị được đề ra.
- 2) Hàm lượng dầu, hắc ín, hoặc các chất béo, được xác định bằng tiêu chuẩn quốc gia đã được công nhận, không vượt quá 10 mg/L đối với tấm ướt dạng lưới và 1 mg/L đối với tấm ướt dạng màng.
- 3) Đối với các tháp ướt/khô, các giới hạn cho thay đổi điều kiện thiết kế trong quá trình vận hành khô và đối với các chất lạ trong nước tuần hoàn sẽ được ưu tiên trong thỏa thuận chung giữa đơn vị mua và nhà sản xuất.

Bảng 2 – Các thử nghiệm cơ bản – Số lần ghi (lưu) thông số và các đơn vị đo đặc

Thông số	Đọc thông số trên mỗi giờ, phút		Đơn vị	Ghi lại giá trị gần nhất
	Bậc kỹ thuật	Bậc khảo sát		
Nhiệt độ vào bầu ướt ^a	60	12	°C	0.05
Nhiệt độ vào bầu khô	60	12	°C	0.05
Nhiệt độ nước lạnh	60	12	°C	0.05
Nhiệt độ nước nóng	60	12	°C	0.05
Lưu lượng dòng chảy nước ^b	1	1	m ³ /h	0,5%
Cột áp bơm của tháp	1	1	M	0,01
Công suất đầu vào động cơ quạt	1	1	kW	0,5%
Vận tốc gió	60	Cont.	m/s	0,5
Nhiệt độ bổ sung	60	2	°C	0,05
Dòng chảy bổ sung ^d	2	2	m ³ /h	0,5%
Nhiệt độ nước xả	60	2	°C	0.05
Dòng chảy xả ^d	2	2	m ³ /hr	0,5%
Áp suất khí quyển	60	1	kPa	0,01
Gradien khí quyển ^e	1	1	°C/100m	0,05
Tốc độ gió tại cửa ra tháp ^e	1	1	m/s	0,5
Nhiệt độ nước phun ^f	60	12	°C	0,05
Tổn thất áp suất thiết bị trao đổi nhiệt	3	3	kPa	0,1
Công suất bơm phun	1	1	W	0,5%
Loại lưu chất	1	1	X	X

^a Hoặc độ ẩm tương đối và bầu khô.

^b Đọc ba tâm điểm cho mỗi một giờ để so sánh với đọc đường giao nhau hoàn toàn (khi thiết bị đo là ống Pitot đặt nằm ngang) để khẳng định các biến thiên trong dòng chảy không vượt quá giới hạn cho phép.

^c Nếu có thể áp dụng được hoặc yêu cầu. Đối với tháp giải nhiệt kín trong quá trình vận hành khô, các yêu cầu giống hệt sẽ chỉ thị trong biểu đồ trên.

^d Nếu dòng bổ sung hay dòng xả không thể tắt trong quá trình thử nghiệm.

^e Đối với thông gió tự nhiên hoặc thông gió tự nhiên có hỗ trợ quạt.

^f Đối với tháp giải nhiệt kín.

CHÚ THÍCH: phụ thuộc vào loại chất lưu, thành phần chất hóa học có thể được phân tích. Trong trường hợp dung dịch glycol với đặc tính glycol đã biết. Việc đo nồng độ glycol là đủ.

8.2.4.3 Tính ổn định của các điều kiện thử nghiệm

Sự phân tán là sự thay đổi lớn nhất cho phép của bất kỳ quan trắc nào. Nó thể hiện hiệu số lớn nhất cho phép giữa các lần đọc phép đo lớn nhất và nhỏ nhất trong một khoảng thời gian.

Khi giá trị được diễn tả bằng tỷ lệ phần trăm, thay đổi lớn nhất được phép là tỷ lệ phần trăm được xác định của giá trị trung bình cộng của các quan trắc. Trong một khoảng thời gian có hiệu lực, các thay đổi không được vượt quá các giới hạn sau:

- a) Lưu lượng dòng nước tuần hoàn không biến đổi quá $\pm 1,5 \%$ so với giá trị trung bình theo thời gian.
- b) Tải nhiệt không biến đổi hơn quá $\pm 2,5 \%$ so với giá trị thời gian trung bình.
- c) Dải nhiệt không biến đổi hơn quá $\pm 2,5 \%$ so với giá trị thời gian trung bình.
- d) Hơn nữa, một số ghi riêng lẻ của nhiệt độ không khí vào (ví dụ giá trị trung bình của toàn bộ chỉ số ẩm kể tại một chu trình) sẽ không lệch khỏi giá trị trung bình toàn bộ cho khoảng thời gian định kỳ nhiều hơn các giới hạn sau:

- 1) Nhiệt độ bầu ướt: $\pm 1,5 ^\circ\text{C}$;
- 2) Nhiệt độ bầu khô: $3 ^\circ\text{C}$ trên mỗi giờ (nếu thích hợp, ví dụ thử nghiệm tháp ướt/khô trong chế độ khô);
- 3) Các xu hướng: Nhiệt độ của không khí đi vào, đã được đo tại các ẩm kế riêng lẻ hoặc được xác định tại các cảm biến bầu khô và ẩm kế, có thể dao động trong khoảng thời gian, nhưng bình phương bé nhất tuyến tính trong giá trị chỉ số trung bình (trung bình của tất cả các trạm) trong khoảng thời gian thử nghiệm không vượt quá giới hạn sau:
 - i. Nhiệt độ bầu ướt: $1 ^\circ\text{C}$ cho mỗi giờ;
 - ii. Nhiệt độ bầu khô: $3 ^\circ\text{C}$ cho mỗi giờ (nếu thích hợp, ví dụ thử nghiệm tháp ướt/ khô trong chế độ khô);
 - iii. Hiệu nhiệt độ nước vào ra: $1 ^\circ\text{C}$ cho mỗi giờ hoặc 10% của dải thử nghiệm, bất cứ cái nào có giá trị nhỏ hơn;
 - iv. Việc giới hạn quy mô của những xu hướng này là rất quan trọng bởi các lí do sau. Một xu hướng giảm dần đều và đủ lớn trong bầu ướt hoặc bầu khô (ướt/ khô, mở hoặc kín, thông gió tự nhiên và thông gió tự nhiên được trợ giúp bởi quạt) sẽ dẫn đến việc làm cho kết quả của tháp trông tệ hơn so với kết quả tháp ở bầu ướt có trạng thái ổn định. Cũng như thế, một xu hướng lớn dần đều và đủ lớn sẽ khiến cho tháp trông tốt hơn so với ở nhiệt độ bầu ướt ổn định. Tương tự, một xu thế giảm dần đều và đủ lớn trong hiệu nhiệt độ nước vào ra sẽ khiến cho kết quả tháp có vẻ xấu hơn so với hiệu nhiệt độ nước vào ra ổn định. Ngược lại, một xu hướng tăng dần đều và đủ lớn trong hiệu nhiệt độ nước vào ra sẽ khiến kết quả tháp có vẻ tốt hơn so với hiệu nhiệt độ nước vào ra ổn định.

8.2.5 Ghi dữ liệu

Các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực có thể liên tục nhưng chồng lấn nhau, cho đến các yêu cầu có hiệu lực hoàn thành.

Khi một phép đo yêu cầu một vài đầu đo, dữ liệu từ mỗi đầu đo được ghi lại một cách độc lập và giá trị của thông số bằng với giá trị trung bình cộng của tất cả các giá trị đọc. Sau đó, giá trị của mỗi thông số đối với thời gian thử nghiệm là giá trị trung bình cộng của những giá trị đọc liên tiếp trong khoảng thời gian thử nghiệm (xem Điều 9).

8.3 Thử nghiệm mở rộng

8.3.1 Quy định chung

Các thử nghiệm mở rộng cho phép kiểm chứng thực tế ảnh hưởng của gió lên tính năng của tháp. Chúng chỉ phù hợp khi hợp đồng yêu cầu rằng nhà cung cấp phải đảm bảo nhiệt độ nước lạnh trung bình (hoặc tiếp cận) như một hàm của tất cả các thông số chính, bao gồm tốc độ gió.

8.3.2 Độ dài của khoảng thời gian thử nghiệm

Một khoảng thời gian thử nghiệm (xem định nghĩa ở Điều 3) kéo dài 10 min.

8.3.3 Số lượng của các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực cần có

Tối thiểu 300 khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được yêu cầu cho một phép thử công nhận. Toàn bộ các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được ghi lại phải được đưa vào bản kê khai trong thử nghiệm thu.

8.3.4 Tần suất phép đo trong một thử nghiệm mở rộng

Các phép đo sẽ được thực hiện và ghi lại trong một khoảng thời gian đều đặn trong một chu kỳ (xem Bảng 3). Các ghi chép được yêu cầu do trong thực tế, các thử nghiệm mở rộng diễn ra tới vài tuần.

8.3.5 Các điều kiện có hiệu lực cho thử nghiệm mở rộng

Một chu trình thử nghiệm sẽ có hiệu lực khi các yêu cầu dưới đây được thỏa mãn.

8.3.5.1 Các yêu cầu về điều kiện thời tiết trong khoảng thời gian thử nghiệm

- a) Không mưa, tuyết, hoặc mưa đá.
- b) Không sương mù; sự khác nhau về nhiệt độ giữa bầu khô và bầu ướt không lớn hơn 0,5 °C.
- c) Nhiệt độ không khí môi trường xung quanh của bầu ướt sẽ không lớn hơn hơn hoặc bằng 2 °C.
- d) Trong trường hợp vật cản lớn (tháp giải nhiệt khác, nhà để tuabin) ở trong vùng phụ cận của tháp giải nhiệt, chỉ có những chu trình thử nghiệm mà gió không đến từ hướng của những vật cản đó mới được đưa vào bản kê khai.
- e) Sai số chuẩn, s , của vận tốc gió trung bình (V_{avg}) trong chu trình sẽ ít hơn giá trị giới hạn:

$$s < (0,5 V_{avg} + 0,2 V_{avg}).$$

f) Gradient nhiệt độ môi trường xung quanh bầu khô theo chiều thẳng đứng trung bình, G , sẽ trong phạm vi $0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ chiều cao và giảm $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ chiều cao (xem 7.3.6); nếu thiết bị chỉ thị được định nghĩa tại 7.3.6 b) được sử dụng, nhiệt độ trung bình tại bầu khô gần đỉnh của cửa nạp khí vào sẽ không được cao hơn giá trị trung bình của bầu khô đo được trên cùng đường vành đai $1,5\text{ m}$ phía trên mặt đất.

g) Duy trì mức bể không đổi với lưu lượng dòng chảy bổ sung.

8.3.5.2 Những thay đổi so với thiết kế

Những thay đổi sau so với các điều kiện thiết kế sẽ không được vượt quá trong một chu trình thử nghiệm:

- a) Nhiệt độ bầu ướt: $\pm 8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) Nhiệt độ bầu khô: $\pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) Lưu lượng dòng nước tuần hoàn: $\pm 10\text{ }%$;
- d) Hiệu nhiệt độ nước vào ra: $\pm 20\text{ }%$;
- e) Áp suất khí quyển: $\pm 3,5\text{ kPa}$;
- f) Chất lượng lưu chất làm việc/nước: Chất lượng của lưu chất làm việc/nước, hoặc trong trường hợp tháp giải nhiệt kín, nước phun tái tuần hoàn, phải như sau:
 - 1) Chất rắn dạng hòa tan hay lơ lửng không được vượt quá $5,000\text{ mg/l}$, hoặc nếu được quy định trong các tài liệu hợp đồng, không được quá $1,1$ lần giá trị được quy định,
 - 2) Hàm lượng dầu, hắc ín hoặc các chất béo, được xác định bởi tiêu chuẩn quốc gia không vượt quá 10 mg/L đối với tấm ướt dạng lưới và 1 mg/L đối với tấm ướt dạng màng,
 - 3) Đối với các tháp ướt/ khô, giới hạn cho các chất lạ trong nước tuần hoàn sẽ có ưu tiên thỏa thuận chung giữa đơn vị mua và nhà sản xuất.

Bảng 3 – Thử nghiệm mờ rộng – Số lần ghi chép tối thiểu và các đơn vị của phép đo

Thông số	Số lần ghi chép /chu kỳ thử nghiệm cho mỗi trạm	Đơn vị	Làm tròn đến
Nhiệt độ vào bầu ướt ^a	10	°C	0,05
Nhiệt độ vào bầu khô	10	°C	0,05
Nhiệt độ môi trường xung quanh bầu khô	10	°C	0,05
Nhiệt độ nước lạnh	10	°C	0,05
Nhiệt độ nước nóng	10	°C	0,05
Lưu lượng dòng chảy nước ^b	1	m ³ /h	0,5 %
Cột áp bơm của tháp	Một lần cho mỗi thử nghiệm	m	0,01
Vận tốc gió	60	m/s	0,5
Nhiệt độ bổ sung	10	°C	0,05
Dòng chảy bổ sung ^b	1	m ³ /h	0,5 %
Nhiệt độ nước xả	10	°C	0,05
Dòng chảy xả ^b	1	m ³ /h	0,5 %
Áp suất khí quyển	10	kPa	0,01
Gradien khí quyển ^c	1	°C/100m	0,05
Tốc độ gió tại cửa ra tháp ^c	1	m/s	0,5
^a Hoặc độ ẩm tương đối và bầu khô. ^b Trong trường hợp lưu lượng dòng nước không đổi (dòng được tạo bởi bơm, không có điều chỉnh cơ học nào lên vòng tuần hoàn). Lưu lượng dòng chảy này sẽ được đo duy nhất một lần cho toàn bộ thử nghiệm nghiệm thu, ưa thích hơn cả tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm. ^c Phép đo trực tiếp (nếu thực tế) hoặc qua vật chỉ thị (xem A.6.2).			

8.3.5.3 Tính ổn định của các điều kiện thử nghiệm

Trong khoảng thời gian đến trước khi kết thúc thời gian thử nghiệm:

- Hiệu số giữa các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của hiệu nhiệt độ nước vào ra trong tháp không vượt quá 5 % giá trị trung bình.
- Hiệu số giữa các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của nhiệt độ nước lạnh không vượt quá 1 °C.
- Trong khoảng thời gian của chu trình thử nghiệm, thay đổi từ lớn nhất đến nhỏ nhất của giá trị đọc nhiệt độ nước lạnh trung bình không vượt quá 0,2 °C.

8.3.6 Tiến hành thử nghiệm tính năng mở rộng

Một khoảng thời gian thử nghiệm kéo dài trong 10 min. Các chu trình thử nghiệm có hiệu lực có thể liên tục nhưng không chồng lấn nhau cho đến khi các yêu cầu có hiệu lực được hoàn thành.

Khi một phép đo yêu cầu một vài đầu đo, dữ liệu từ mỗi đầu đo sẽ được ghi lại một cách độc lập và giá trị của thông số bằng với giá trị trung bình cộng của tất cả các giá trị đọc. Sau đó, giá trị của từng thông số đối với thời gian thử nghiệm là giá trị trung bình cộng của những giá trị đọc liên tiếp trong khoảng thời gian thử nghiệm (Xem Điều 9).

9 Đánh giá thử nghiệm

9.1 Quy định chung

Tính năng nhiệt của tháp giải nhiệt là khả năng của nó tạo ra các nhiệt độ nước lạnh được đảm bảo dưới các điều kiện vận hành đã được ghi rõ và điều kiện không khí đầu vào. Điều này có thể được xác minh bằng cách so sánh trực tiếp giữa kết quả thử nghiệm và các Đường đặc tính của nhà sản xuất hoặc bằng cách tham khảo các kết quả thử nghiệm với các điều kiện thiết kế sử dụng phân tích đường cong đặc tính. Khi các thử nghiệm mở rộng được thực hiện, nhiệt độ đảm bảo được tính bởi một hàm số của các thông số đo đạc khác nhau cho từng khoảng thời gian thử nghiệm.

9.2 Tính toán các giá trị thời gian thử nghiệm từ các giá trị đọc

9.2.1 Xác định các giá trị thử nghiệm đo được

Các giá trị đọc liên tục và riêng lẻ cho từng thông số sẽ được lấy trung bình cộng trên khoảng thời gian của thời gian thử nghiệm để thu được giá trị thử nghiệm đo được cho thông số đó. Các giá trị đọc phải được hiệu chỉnh cho việc hiệu chuẩn thiết bị.

9.2.2 Trễ nhiệt

Nếu độ dài thời gian thử nghiệm kéo dài từ τ_1 sang τ_2 bao gồm việc mở rộng (S) đối với trễ nhiệt, theo 4.4, các giá trị đọc sau được lấy trung bình trong khoảng thời gian đầu tiên kéo dài từ τ_1 đến $(\tau_2 - S)$:

- Nhiệt độ (T_{HW}) nước nóng (lưu chất làm việc);
- Nhiệt độ bầu khô (T_{DB});
- Nhiệt độ bầu ướt (T_{WB}) hoặc độ ẩm tương đối (RH) và nhiệt độ bầu khô (T_{DB});
- Lưu lượng dòng chảy của nước tuần hoàn (lưu chất làm việc) (Q_W);
- Lưu lượng dòng chảy và nhiệt độ của bất kỳ nước nào ngoài nước tuần hoàn đi vào bể tháp (ví dụ bổ sung (Q_{MU} và T_{MU}));
- Công suất động cơ quạt (W_{FM}).

Các phép đo còn lại sẽ được lấy trung bình trên chu kỳ muộn hơn kéo dài từ (τ_1+S) sang τ_2 :

- a) Nhiệt độ của nước lạnh (lưu chất làm việc) rời tháp (T_{CW});
- b) Lưu lượng dòng chảy và nhiệt độ của bất kỳ dòng chảy nào rời khỏi bể tháp [ví dụ nước xả (Q_{BD} và T_{BD})].

9.2.3 Nhiệt độ nước nóng (lưu chất làm việc)

Nhiệt độ nước nóng (lưu chất làm việc) thử nghiệm (T_{HW}) thường sử dụng để đánh giá tính năng tháp phải là các giá trị đọc nhiệt độ đo được của dòng chảy vào, được lấy trung bình trên khoảng thời gian của thời gian thử nghiệm. Trong trường hợp có nhiều dòng chảy, nhiệt độ trung bình trọng số lưu lượng được sử dụng.

9.2.4 Nhiệt độ nước lạnh (lưu chất làm việc)

Nhiệt độ nước lạnh (lưu chất làm việc) thử nghiệm (T_{CW}) thường sử dụng để đánh giá tính năng tháp phải là các giá trị đọc nhiệt độ đo được của dòng chảy rời tháp, được lấy trung bình trên khoảng thời gian của thời gian thử nghiệm. Trong trường hợp có nhiều dòng chảy, nhiệt độ trung bình trọng số lưu lượng được sử dụng. Các kết quả cuối cùng được hiệu chỉnh nếu cần thiết đối với các ảnh hưởng của nước bổ sung, nước xả và bất kỳ phần nhiệt thêm vào hoặc loại bỏ giữa tháp và điểm đo.

- a) Nếu nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm được đo tại điểm nằm giữa ống nối cửa xả trên tháp và đầu hút của bơm tái tuần hoàn, điều chỉnh nhiệt độ đo được cho năng lượng bơm là không cần thiết.
- b) Nếu nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm được đo ở đầu xả của bơm tái tuần hoàn sử dụng dòng xả thông với môi trường khí quyển, nhiệt độ đo được được điều chỉnh cho quá trình tiết lưu theo công thức (4).

$$T_{CW,adj} = (T_{CW,t}) - 0,00239 \left(\frac{P_2}{\eta_P} \right) \quad (4)$$

- c) Nếu nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm được đo tại đầu xả của bơm tái tuần hoàn sử dụng một giếng kín, nhiệt độ đo phải được điều chỉnh cho nhiệt thêm vào do tính không hiệu quả của bơm theo công thức (5).

$$T_{CW,adj} = (T_{CW,t}) - 0,00239(P_2 - P_1) \left(\frac{1 - \eta_P}{\eta_P} \right) \quad (5)$$

9.2.5 Những điều chỉnh nước xả và nước bổ sung

Đối với các tháp giải nhiệt hở, nếu nước bổ sung được bơm vào và/hoặc nước xả được loại bỏ hướng lên khu vực đo nước lạnh, sau đó nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm được điều chỉnh đối với ảnh hưởng của nước bổ sung và/hoặc nước xả theo công thức (6)

$$T_{CW} = \left[\frac{(Q_W)(T_{CW,adj}) + (Q_{BD})(T_{BD}) - (Q_{MU})(T_{MU})}{(Q_W) + (Q_{BD}) - (Q_{MU})} \right] \quad (6)$$

Đối với tháp giải nhiệt kín, qui trình đánh giá được yêu cầu cho lưu lượng của lưu chất làm việc được điều chỉnh để giải thích cho ảnh hưởng của nước bổ sung và/hoặc nước xả, sử dụng công thức (7)

$$Q_{PF,T,adj,i} = (Q_{PF,i}) - \left[\frac{(T_{RW} - T_{MU})(\rho_W)(C_{p,W})}{(T_{HPF} - T_{CPF})(\rho_{PF})(C_{p,PF})} \right] (Q_{MU}) \quad (7)$$

9.2.6 Nhiệt độ không khí vào

Các giá trị thử nghiệm cho nhiệt độ bầu ướt không khí vào (T_{WB}) và, khi được yêu cầu, nhiệt độ bầu ướt là trung bình cộng của các giá trị đọc tiêu biểu trên khoảng thời gian thử nghiệm để tương ứng với các yêu cầu của 8.2.4.3.

$$|T_{WB(n)} - \bar{T}_{WB}| \leq 1,5^\circ \quad (8)$$

và

$$|T_{DB(n)} - \bar{T}_{DB}| \leq 4,5^\circ \quad (9)$$

và độ nghiêng $\Delta T/\Delta t$ của một bình phương tối thiểu phù hợp với các nhiệt độ đo được trên khoảng thời gian của thời gian thử nghiệm sẽ không vượt quá:

- a) $\pm 1^\circ \text{C}$ cho mỗi giờ đối với các nhiệt độ bầu ướt
- b) $\pm 3^\circ \text{C}$ cho mỗi giờ đối với các nhiệt độ bầu khô

CHÚ THÍCH: Những điều kiện này không phù hợp cho các thử nghiệm mở rộng (xem 9.3).

9.2.7 Nhiệt độ môi trường xung quanh

Các giá trị thử nghiệm cho các nhiệt độ bầu ướt và bầu khô của môi trường là giá trị trung bình của các giá trị đọc trên khoảng thời gian thử nghiệm.

9.2.8 Công suất đầu ra động cơ quạt

Nếu có thể áp dụng, công suất đầu ra động cơ quạt sẽ được tính toán theo công thức (10):

$$W_{FM,i} = (kW_{FM,i})(\eta_{FM}) \quad (10)$$

9.2.9 Tính hiệu lực của thử nghiệm

$$\left| \frac{q_{t,(n)}}{q_t} - 1 \right| \leq 0,025 \quad (11)$$

$$\left| \frac{R_{t,(n)}}{R_t} - 1 \right| \leq 0,025 \quad (12)$$

$$\left| \frac{W_{FM,i}}{W_{FM,d}} - 1 \right| \leq 0,1 W_{FM,d} \quad (13)$$

9.2.10 Vận tốc gió

9.2.10.1 Các giá trị ghi lại được đối với vận tốc và hướng gió được xem xét cho tương thích với 8.2.4 hoặc 8.3.4 nếu có thể áp dụng được.

9.2.10.2 Gradient nhiệt độ bầu khô theo chiều thẳng đứng, bởi thực tế hoặc vật chỉ thị, được tính toán bằng 100 lần giá trị nhiệt độ (°C) ở độ cao hơn trừ nhiệt độ ở độ cao thấp hơn chia cho độ cao cao hơn (m) trừ độ cao thấp hơn (m). Kết quả được biểu diễn bằng °C/100m.

9.2.11 Cột áp bơm tháp

Khi các chỉ số đọc áp suất được lấy từ nhiều cửa vào, các giá trị thử nghiệm đo được phải được hiệu chỉnh từ tâm của ống nối cửa vào, nếu cần thiết, và được kết hợp bởi trung bình cộng của giá trị đọc của từng giá trị đơn.

$$\overline{P_{ST}} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n P_{ST(i)} \quad (14)$$

Sau đó xác định giá trị thử nghiệm của vận tốc tại (các) chỗ nối cửa vào của tháp dựa trên giá trị đo được lưu lượng dòng chảy và tổng diện tích của các chỗ nối cửa vào.

$$v_{L,i} = \frac{1000 \times Q_{W,i}}{A_c} \quad (15)$$

Tiếp theo, xác định áp suất của vận tốc dòng nước tái tuần hoàn tại cửa vào của tháp

$$P_{v,i} = \left(\frac{\rho_w \times v_{L,i}^2}{2g_c} \right) \quad (16)$$

và xác định tổng cột áp bơm của tháp đo được tại dòng chảy thử nghiệm

$$H_{P,t} = P_{v,t} + P_{ST,t} + \gamma Z_i \quad (17)$$

Cột áp bơm được hiệu chỉnh so với dòng chảy thiết kế

$$H_{P,d} = \left[\left(P_{v,i} + P_{ST,i} \right) \left(\frac{Q_{W,d}}{Q_{W,i}} \right)^2 \right] + \gamma Z_i \quad (18)$$

9.2.12 Tổn thất áp suất thiết bị trao đổi nhiệt tháp giải nhiệt kín

Áp suất tĩnh tại vòi phun cửa vào và ra của thiết bị trao đổi nhiệt được đo dựa theo A.4.

$$\Delta P_{HE,adj} = \Delta P_{HE,i} \left(\frac{Q_{PF,d}}{Q_{PF,i}} \right)^{1,8} \quad (19)$$

9.3 Đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt cơ bản (cho tất cả các loại tháp)

Tính năng của tháp giải nhiệt có thể được đánh giá từ kết quả đo thử nghiệm sử dụng phương pháp Đường đặc tính (được ưa chuộng) hoặc đường cong đặc tính, và được chấp thuận bởi các đơn vị tham gia thử nghiệm, trước khi thử nghiệm.

9.3.1 Phương pháp luận, một ý kiến thảo luận

Phân tích đường đặc tính thông thường bao gồm các giả thiết đơn giản hóa trong đó độ không chính xác của kết quả tăng lên bởi sai lệch giữa các điều kiện thử nghiệm đo được và theo thiết kế tăng lên. Sự không chính xác tăng thêm càng nhiều khi cố gắng sử dụng phương pháp dòng ngược để đánh giá các tháp giải nhiệt dòng ngang, mặc dù điều này giảm nhẹ một phần thông qua sử dụng các hệ số hiệu chỉnh. Vì vậy, phân tích đặc tính được giới thiệu trong qui tắc thử nghiệm này cho các tháp giải nhiệt hồ, kiểu thông gió cơ khí chủ yếu để đánh giá tính năng của một tháp giải nhiệt có sẵn mà các dữ liệu tính năng của nhà sản xuất không có. Điều này không nên áp dụng cho các thử nghiệm nghiệm thu hoặc thử chứng nhận.

9.3.2 Biểu đồ trạng thái không khí ẩm

Một nhóm đơn lẻ các công thức tính toán trạng thái của không khí ẩm được thông qua và được bao gồm trong qui định dưới dạng bảng để dễ dàng sử dụng và mã nguồn cho ứng dụng máy tính. Mục đích của việc bao gồm những kết quả này không phải để xác nhận bất kỳ nhóm công thức tính toán không khí ẩm nào, nhưng phải có được một nền tảng về máy tính và khả dụng, để toàn bộ nhân viên tính toán các kết quả thử nghiệm từ qui định này sẽ nhận được đáp án giống nhau từ cùng dữ liệu đầu vào. Thông tin về biểu đồ trạng thái không khí ẩm này được trình bày trong Phụ lục D.

9.3.3 Tháp giải nhiệt hồ, kiểu thông gió cơ khí - Phương pháp đường đặc tính

Các định dạng cho các đường cong đặc tính và dữ liệu được gửi tới bởi nhà sản xuất được mô tả trong 5.3.2, 5.3.5 và 5.3.9.

9.3.3.1 Đánh giá bởi lưu lượng dòng

Tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá theo quan điểm của dung lượng dòng chảy ở đó tính năng đo được phải được diễn tả bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng, dự đoán bởi dữ liệu của nhà sản xuất cho các điều kiện thử nghiệm đo được. Một ví dụ của phương pháp này được đưa ra trong Phụ lục F.

9.3.3.1.1 Xác định lưu lượng dự đoán

Lưu lượng dự đoán cho các điều kiện thử nghiệm đo được phải được xác định bởi việc vẽ biểu đồ chéo các đường đặc tính của nhà sản xuất. Một phương thức thích hợp bao gồm: trước tiên vào các đường cong của nhà sản xuất tại nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm đo được và xác định nhiệt độ nước lạnh được liên kết cho từng tổ hợp của hiệu nhiệt độ nước vào ra và lưu lượng dòng chảy. Sử dụng những dữ liệu này, chuẩn bị một biểu đồ chéo liên quan đến hiệu nhiệt độ nước vào ra

đối với nhiệt độ nước lạnh với ba tỷ lệ tuần hoàn nước như là các tham số. Vào biểu đồ chéo này tại dải thử nghiệm đo được và xác định nhiệt độ nước lạnh liên kết với từng lưu lượng dòng chảy. Sử dụng những dữ liệu này, phát triển một biểu đồ chéo thứ hai liên quan đến nhiệt độ nước lạnh tới tỷ lệ tuần hoàn nước. Vào đường cong cuối cùng tại nhiệt độ thử nghiệm nước lạnh đã được hiệu chỉnh và từ giao điểm với đường cong biểu diễn, xác định lưu lượng dòng chảy dự đoán cho các điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.3.1.2 Xác định các đặc tính của biểu đồ không khí ẩm tại các quạt

Cấu hình tháp thông gió cưỡng bức và kiểu hút yêu cầu các phương thức khác nhau để xác định các đặc tính của không khí ẩm đi vào quạt

9.3.3.1.2.1 Các tháp thông gió cưỡng bức

Đối với các tháp thông gió cưỡng bức, các điều kiện không khí đi vào quạt giống với các điều kiện không khí đi vào tháp. Chính vì vậy, khối lượng riêng không khí khi thử nghiệm ($\rho_{A1,i}$) và thể tích riêng không khí khi thử nghiệm ($v_{A1,i}$) được tính toán trực tiếp từ nhiệt độ bầu ướt, nhiệt độ bầu khô, và áp suất khí quyển đo được khi thử nghiệm. Các điều kiện thiết kế tại cửa vào không khí của tháp được cung cấp bởi nhà sản xuất.

9.3.3.1.2.2 Các tháp thông gió kiểu hút

Đối với tháp thông gió kiểu hút, điều kiện của không khí tại cửa vào tới quạt là điều kiện dòng khí ra khỏi tháp và cả các đặc tính dòng ra thử nghiệm hoặc thiết kế được xác định bởi tính toán cân bằng nhiệt.

Công thức cân bằng nhiệt biểu diễn bằng lượng nhiệt thu được của không khí di chuyển qua tháp giải nhiệt bằng lượng nhiệt mất đi của nước như sau:

$$L \times (C_{p,w}) \times (T_{HW} - T_{OW}) = G \times (h_{A,2} - h_{A,1}) \quad (20)$$

Sắp xếp lại các thành phần để tách biệt giá trị cho enthalpy không khí tại cửa ra, công thức cân bằng nhiệt trở thành:

$$h_{A,2} = \left(\frac{L}{G} \right) \times (C_{p,w}) \times (T_{HW} - T_{OW}) + h_{A,1} \quad (21)$$

Công thức này có thể được tính trực tiếp enthalpy của không khí đi ra tại các điều kiện theo thiết kế, bằng cách đưa ra các dữ liệu được cung cấp bởi nhà sản xuất. Không khí rời tháp và đi vào quạt được giả định ở trạng thái bão hòa tại giá trị entalpy này, và các đặc tính còn lại có thể được tìm thấy thông qua các đặc tính nhiệt động của không khí ẩm theo Phụ lục D.

Các đặc tính thử nghiệm của không khí ra được tính bằng việc thay toàn bộ các giá trị đã biết vào công thức (21) và giảm các thành phần để biểu thức thử nghiệm $(L/G)_i$ như là một hàm của khối lượng riêng và thể tích riêng của không khí ra. Biểu thức của $(L/G)_i$ sau đó được thay vào trong công thức cân bằng nhiệt (20) cùng với các giá trị đã biết cho nhiệt dung riêng, nhiệt độ và

enthalpy của không khí vào, và kết hợp các điều kiện cho biểu thức entanpy của không khí ra như một hàm của khối lượng riêng ($\rho_{A2,t}$) và thể tích riêng ($v_{A2,t}$) của không khí ra:

$$h_{A2,t} = (K_1) \times (v_{A2,t}) + K_2 \quad (22)$$

Trong đó K_1 và K_2 là hằng số được suy ra bởi kết hợp các giá trị số đã biết.

Tại điểm này, nhiệt độ không khí ra được giả sử và các giá trị của khối lượng riêng ($\rho_{A2,t}$) và thể tích riêng ($v_{A2,t}$) của không khí bão hòa tại nhiệt độ đó được sử dụng để giải công thức cho entanpy. Giá trị tính toán cho enthanpy sau này được so sánh với enthanpy thực của không khí bão hòa tại nhiệt độ được giả định và quá trình lặp lại với nhiệt độ không khí giả định mới cho đến khi giá trị tính được gần khớp với giá trị thực. Sau đó các đặc tính của không khí ẩm bão hòa tại nhiệt độ đó được sử dụng để tính toán khối lượng và thể tích riêng của không khí đi vào quạt. Một ví dụ chi tiết được đưa ra tại Phụ lục E.

9.3.3.1.3 Xác định lưu lượng dòng chảy thử nghiệm được điều chỉnh

Lưu lượng dòng chảy thử nghiệm được xác định từ công thức (23) dưới đây, sử dụng qui trình phương thức được mô tả trong 9.3.3.1.2 để xác định khối lượng của không khí đi vào quạt.

$$Q_{W,t,adj} = Q_{W,t} \left(\frac{W_{FM,d}}{W_{FM,t}} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho_{A,t}}{\rho_{A,d}} \right)^{1/3} \quad (23)$$

9.3.3.1.4 Xác định hiệu suất lưu lượng thấp

Hiệu suất lưu lượng, C_{CAP} , được biểu diễn bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng tính toán theo thiết kế, sau đó được tính toán theo công thức (24).

$$C_{CAP} = 100 \left(\frac{Q_{W,t,adj}}{Q_{W,pred}} \right) \quad (24)$$

9.3.3.1.5 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực để lấy trung bình, công thức (25) sẽ được sử dụng.

$$\bar{C}_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(n)} \quad (25)$$

9.3.3.1.6 Tuân thủ đúng

Tháp đạt được điều kiện đảm bảo nếu:

$$C_{CAP} + I_{CAP} \geq 100 \% \quad (26)$$

Trong đó $I_{CAP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.3.2 Đánh giá bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

Một cách thay thế, tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá trong các điều kiện của sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, hiệu số giữa nhiệt độ nước lạnh hiệu chỉnh và nhiệt độ nước lạnh dự đoán bởi dữ liệu của nhà sản xuất. Sự so sánh này có thể được thực hiện tại các điều kiện thử nghiệm đo được hoặc tại các điều kiện theo thiết kế. Tuy nhiên, khi một điểm phạt được ghi rõ theo hợp đồng như một hàm số của các bậc sai số, đánh giá phải được làm theo các giá trị thiết kế theo mục 9.3.3.2.2 dưới đây.

9.3.3.2.1 Nhiệt độ nước lạnh dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm đo được

Sử dụng biểu đồ chéo cuối cùng tại 9.3.3.1.1 liên quan đến nhiệt độ nước lạnh tới tỉ lệ tuần hoàn nước, nhập đồ thị tại dòng chảy thử nghiệm được điều chỉnh, xác định theo 9.3.1.3, và chiếu một đường thẳng thẳng đứng tới giao điểm của đường cong. Đọc giá trị cho nhiệt độ dòng nước lạnh được dự đoán ($T_{CW,pred}$) tại giao điểm đó.

9.3.3.2.1.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh đo được

So sánh giá trị nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm hiệu chỉnh ($T_{CW,t}$) với nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW,pred}$) được xác định ở trên thì sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$\Delta T_{App} = (T_{OW,corr}) - (T_{OW,pred}) \quad (27)$$

9.3.3.2.2 Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế

Để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế, trước tiên xác định nhiệt dung tháp theo mô tả trong 9.3.3.1. Sau đó, sử dụng các đường cong đặc tính của nhà sản xuất, xây dựng một đồ thị của nhiệt độ nước ra như một hàm số của năng suất tháp theo dải thiết kế của nhà sản xuất và nhiệt độ bầu ướt. Một phương thức phù hợp bao gồm: trước tiên ghi các đường cong biểu diễn của nhà sản xuất tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế và xác định nhiệt độ nước lạnh tại dải nhiệt thiết kế với mỗi lưu lượng dòng. Sử dụng những dữ liệu này, chuẩn bị một biểu đồ chéo liên quan đến nhiệt độ nước lạnh đối với nghịch đảo của phần trăm tỉ lệ tuần hoàn nước, được biểu diễn dưới dạng số thập phân (ví dụ, 90 % dòng chảy cân bằng với 111,11 % nhiệt dung, 110 % dòng chảy cân bằng với 90,91 % nhiệt dung). Ghi đồ thị này tại năng suất tháp như được xác định tại 9.3.3.1.4 và chiếu một đường thẳng đứng tới giao điểm của đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh được dự đoán ($T_{CW,pred}$) của tháp tại nhiệt dung thử nghiệm.

9.3.3.2.2.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh theo thiết kế

So sánh nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW,pred}$) được xác định dựa trên giá trị theo thiết kế với nhiệt độ nước lạnh ($T_{CW,d}$) với sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$(\Delta T_{App}) = (T_{CW,pred}) - (T_{CW,d}) \quad (28)$$

9.3.3.2.2.2 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi dữ liệu từ nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực đang được sử dụng để đánh giá tính

năng tháp, sai lệch hiệu nhiệt độ ướt cho các thử nghiệm riêng lẻ được lấy giá trị trung bình bằng công thức (29).

$$\overline{\Delta T}_{App} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n T_{App(i)} \quad (29)$$

Điều này được khuyến nghị, tuy nhiên, nếu có bất kỳ sai lệch đáng kể giữa các điều kiện vận hành cho từng thử nghiệm có hiệu lực (như có thể trong trường hợp nếu các thử nghiệm có hiệu lực được thực hiện trong các ngày khác nhau), thì các sai lệch hiệu nhiệt độ ướt riêng lẻ có thể được đánh giá tại điều kiện thử nghiệm theo thiết kế, chứ không phải giá trị đo được.

9.3.3.2.3 Tính toán thử

Tháp sẽ đạt được các điều kiện đảm bảo nếu:

$$\Delta T_{App} - I_{TEMP} \leq 0 \quad (30)$$

Trong đó $I_{TEMP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.4 Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hở - Phương pháp đường đặc tính

Định dạng của đường cong được yêu cầu và dữ liệu dạng bảng biểu được mô tả trong 5.3.6, 5.3.7 và 5.3.9. Một ví dụ của qui trình này được trình bày tại Phụ lục G.

9.3.4.1 Xác định khối lượng và thể tích riêng của không khí tại quạt

Sử dụng phương thức được mô tả trong 9.3.3.1.2 xác định các đặc tính ẩm nhiệt động của không khí đi vào quạt.

9.3.4.2 Xác định L/G thử nghiệm

Giá trị thử nghiệm của L/G được tính toán từ công thức (31) sử dụng các giá trị thử nghiệm đo được của lưu lượng nước tái tuần hoàn, công suất động cơ quạt và các đặc tính ẩm kế của không khí tại cửa vào quạt như được mô tả trong 9.3.4.1.

$$\left(\frac{L}{G} \right)_t = \left(\frac{L}{G} \right)_d \left(\frac{Q_{W,t}}{Q_{W,d}} \right) \left(\frac{W_{FM,d}}{W_{FM,t}} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho_{A,t}}{\rho_{A,d}} \right)^{1/3} \left(\frac{v_{A,t}}{v_{A,d}} \right) \quad (31)$$

9.3.4.3 Xác định giá trị thử nghiệm của KaV/L

Sử dụng giá trị thử nghiệm trung bình của nước nóng, lạnh và nhiệt độ bầu ướt trong liên kết với giá trị thử nghiệm của L/G được xác định ở phía trên, tính toán giá trị thử nghiệm của KaV/L từ công thức (32).

$$KaV / L = \left(C_{p,w} \right) \int_{T_{CW}}^{T_{HR}} \frac{dT}{h_M - h_A} \quad (32)$$

Phương pháp Tchebycheff bốn điểm có thể được sử dụng để đánh giá về phép tích phân, hình thành nên công thức (33).

$$K\alpha V / L = (C_{p,w}) \left(\frac{T_{HW} - T_{CW}}{4} \right) \left[\left(\frac{1}{\Delta h_1} \right) + \left(\frac{1}{\Delta h_2} \right) + \left(\frac{1}{\Delta h_3} \right) + \left(\frac{1}{\Delta h_4} \right) \right] \quad (33)$$

Trong đó:

Δh_1 là giá trị của $(h_M - h_A)$ tại $T_{CW} + 0,1(L/G)$ ($T_{HW} - T_{CW}$);

Δh_2 là giá trị của $(h_M - h_A)$ tại $T_{CW} + 0,4(L/G)$ ($T_{HW} - T_{CW}$);

Δh_3 là giá trị của $(h_M - h_A)$ tại $T_{HW} - 0,4(L/G)$ ($T_{HW} - T_{CW}$);

Δh_4 là giá trị của $(h_M - h_A)$ tại $T_{HW} - 0,1(L/G)$ ($T_{HW} - T_{CW}$).

Các giá trị cho entanpy, h_M và h_{HA} , có thể được lấy từ các bảng trong Phụ lục D hoặc được tính cho áp suất riêng phần của không khí hoặc độ cao địa điểm sử dụng chương trình được cung cấp.

9.3.4.4 Xác định hiệu suất lưu lượng của tháp

Điểm đại diện các giá trị của L/G và $K\alpha V/L$ được tính từ dữ liệu thử nghiệm phải được vẽ đồ thị trên biểu đồ đặc tính tháp của nhà sản xuất. Vẽ một đường cong qua điểm thử nghiệm của cùng định dạng và song song với bản gốc được cung cấp bởi nhà sản xuất. Một cách thay thế, các điểm trên đường cong này có thể được tính toán bởi công thức (34). Giao điểm của đặc tính thử nghiệm này với đường cong tiếp cận theo thiết kế xác định giá trị của chỗ giao nhau $(L/G)_i$ tại điểm mà tháp có nhiệt độ nước lạnh vận hành ở điều kiện thiết kế. Nhiệt dung tháp, theo phần trăm của lượng nước thiết kế, là tỷ số của "hệ số chặn" $(L/G)_i$ với giá trị thiết kế $(L/G)_d$, nhân với 100.

$$C_{CAP} = 100 \left[\frac{(L/G)_i}{(L/G)_d} \right] \quad (34)$$

Nếu nhiều đường đặc tính được đưa ra, giá trị theo thiết kế này (L/G) sẽ được điều chỉnh để phù hợp với đường đặc tính cho các điều kiện thử nghiệm.

9.3.4.5 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực được lấy trung bình, công thức (35) được áp dụng.

$$\bar{C}_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(n)} \quad (35)$$

9.3.4.6 Tính tuân thủ

Tháp sẽ đạt được các điều kiện đảm bảo nếu:

$$C_{CAP} + I_{CAP} \geq 100 \% \quad (36)$$

Trong đó $I_{CAP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.5 Tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, kiểu hồ - Phương pháp đường cong tính năng

Tính năng của các tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên được đánh giá từ các dữ liệu sử dụng phương

pháp đường cong biểu diễn tính năng. Định dạng cho các đường cong theo yêu cầu và dữ liệu được mô tả trong 5.3.2, 5.3.5 và 5.3.9. Một ví dụ của phương pháp này được đưa ra tại Phụ lục H.

9.3.5.1 Đánh giá hiệu suất lưu lượng

Tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá theo điều kiện của hiệu suất lưu lượng dòng chảy nơi mà tính năng đo được diễn tả bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng dự đoán bởi dữ liệu của nhà sản xuất cho các điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.5.1.1 Xác định lưu lượng dòng chảy thử nghiệm hiệu chỉnh

Lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đo được được sử dụng trực tiếp trong việc đánh giá. Không cần thiết có các hiệu chỉnh.

9.3.5.1.2 Xác định lưu lượng dự đoán

Đường đặc tính của nhà sản xuất được vẽ đồ thị chéo để xác định lưu lượng dòng dự đoán cho các điều kiện thử nghiệm đo được. Sử dụng nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm, độ ẩm tương đối, và hiệu nhiệt độ nước vào ra, một đồ thị chéo được chuẩn bị liên quan đến nhiệt độ nước rời tháp đối với lưu lượng nước của nước tuần hoàn. Ghi biểu đồ chéo này tại nhiệt độ thử nghiệm nước lạnh đã hiệu chỉnh ($T_{CW, corr}$) và từ giao điểm với đường cong, xác định lưu lượng nước dự đoán cho các điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.5.1.3 Xác định hiệu suất lưu lượng tháp

Năng suất của tháp, C_{CAP} , biểu diễn trong tỷ lệ phần trăm của dòng tuần hoàn theo thiết kế, sau đó được tính toán theo công thức (37).

$$C_{CAP} = 100 \left[\frac{Q_{W, f}}{Q_{W, pred}} \right] \quad (37)$$

9.3.5.1.4 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Nơi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực được đánh giá, nhiệt dung trung bình của các thử nghiệm có hiệu lực được tính toán sử dụng công thức (38).

$$\bar{C}_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(i)} \quad (38)$$

9.3.5.1.5 Tính tuân thủ

Tháp đạt điều kiện được đảm bảo nếu:

$$C_{CAP} + I_{CAP} \geq 100 \% \quad (39)$$

Trong đó $I_{CAP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.5.2 Đánh giá bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

Một cách thay thế, tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá trong các điều kiện của sai lệch

hiệu nhiệt độ ướt, hiệu số giữa nhiệt độ nước lạnh hiệu chỉnh và nhiệt độ nước lạnh dự đoán bởi dữ liệu nhà sản xuất. Sự so sánh này có thể được hoàn thành tại các điều kiện thử nghiệm đo được hoặc tại các điều kiện theo thiết kế. Tuy nhiên, khi một điểm phạt được ghi rõ theo hợp đồng như một hàm số của các bậc sai số, đánh giá phải được làm theo các giá trị thiết kế theo 9.3.5.2.2 dưới đây.

9.3.5.2.1 Nhiệt độ nước rời tháp dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm đo được

Sử dụng đồ thị chéo cuối cùng được phát triển trong 9.3.5.1.2 liên quan đến nhiệt độ nước lạnh tới tỷ lệ tuần hoàn nước, ghi đồ thị tại dòng chảy thử nghiệm đã chỉnh sửa, như được xác định trong 9.3.5.1, và chiều một đường thẳng đứng để giao với đường biểu diễn. Đọc giá trị nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) tại giao điểm.

9.3.5.2.1.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh đo được

So sánh giá trị nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm hiệu chỉnh ($T_{CW, corr}$) với nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) được xác định ở trên thì sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$\Delta T_{App} = (T_{CW, corr}) - (T_{CW, pred}) \quad (40)$$

9.3.5.2.2 Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế

Để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế, trước tiên xác định nhiệt dung tháp theo mô tả trong mục 9.3.5.1.3. Sau đó, sử dụng các Đường đặc tính của nhà sản xuất, xây dựng một đồ thị của nhiệt độ nước ra như hàm số của nhiệt dung tháp cho dải thiết kế, độ ẩm tương đối và nhiệt độ bầu ướt. Một phương thức phù hợp bao gồm, trước tiên, ghi các đường cong của nhà sản xuất tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế và xác định nhiệt độ nước lạnh tại dải thiết kế và độ ẩm tương đối cho từng lưu lượng. Sử dụng những dữ liệu này, chuẩn bị một biểu đồ chéo liên quan đến nhiệt độ nước lạnh đối với giá trị nghịch đảo thập phân của phần trăm tỷ lệ tuần hoàn nước (ví dụ, 90 % dòng chảy cân bằng với 111,11 % nhiệt dung, 110 % dòng chảy cân bằng với 90,91 % nhiệt dung). Ghi đồ thị này tại nhiệt dung tháp như được xác định trong 9.3.5.1.3 và chiều đường thẳng đứng để giao cắt với đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh được dự đoán ($T_{CW, pred}$) của tháp tại công suất thử nghiệm.

9.3.5.2.2.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh thiết kế

So sánh nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) được xác định ở trên với giá trị thiết kế cho nhiệt độ nước lạnh ($T_{CW, d}$) với sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$(\Delta T_{App}) = (T_{CW, pred}) - (T_{CW, d}) \quad (41)$$

9.3.5.2.3 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi dữ liệu từ nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được sử dụng để đánh giá tính năng tháp, sai lệch hiệu nhiệt độ ướt cho các thử nghiệm riêng lẻ được lấy giá trị trung bình bằng công thức (42).

$$\overline{\Delta T}_{App} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta T_{App(i)} \quad (42)$$

CHÚ THÍCH: Nếu có bất kỳ sai lệch đáng kể giữa các điều kiện vận hành cho từng thử nghiệm có hiệu lực (như có thể trong trường hợp nếu các thử nghiệm có hiệu lực được thực hiện trong các ngày khác nhau), thì các sai lệch hiệu nhiệt độ ướt riêng lẻ có thể được đánh giá tại điều kiện thử nghiệm theo thiết kế, chứ không phải điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.5.2.4 Tính toán thử

Điều kiện đảm bảo đạt được nếu:

$$\Delta T_{App} - I_{TEMP} \leq 0 \quad (43)$$

Trong đó $I_{TEMP} = 0$, trừ khi được chỉ rõ khác biệt trong hợp đồng.

9.3.6 Tháp ướt/khô (kiểu hờ) – Phương pháp đường đặc tính

Tính năng của tháp giải nhiệt hờ - kín, ướt/khô được đánh giá bởi phương pháp Đường đặc tính, với kết quả được biểu diễn trong điều kiện năng suất làm lạnh nước hoặc sai lệch hiệu nhiệt độ ướt. Các định nghĩa “ướt” và “khô” chỉ các yếu tố thiết bị trao đổi nhiệt không bay hơi hoặc bay hơi riêng rẽ liên quan tới dạng này của tháp giải nhiệt. Định dạng của đường cong và dữ liệu dạng bảng theo yêu cầu trong 5.3.3, 5.3.5 và 5.3.9. Một ví dụ của phương pháp đánh giá này được đưa ra tại Phụ lục I.

9.3.6.1 Đánh giá bởi hiệu suất lưu lượng

Tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá theo điều kiện của hiệu suất lưu lượng dòng chảy nơi tính năng đo được diễn tả bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng dòng dự đoán bởi dữ liệu của nhà sản xuất cho các điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.6.1.1 Xác định lưu lượng dòng dự đoán

Đường đặc tính của nhà sản xuất được vẽ đồ thị chéo để xác định lưu lượng dòng dự đoán cho các điều kiện thử nghiệm đo được. Sử dụng nhiệt độ thử nghiệm bầu ướt, độ ẩm tương đối, và hiệu nhiệt độ nước vào ra, một đồ thị chéo được chuẩn bị liên quan đến nhiệt độ nước ra đối với lưu lượng của nước tuần hoàn. Phương thức giống với cho cả tháp hờ trừ một bước trung gian được yêu cầu đồ thị chéo của độ ẩm tương đối tại nhiệt độ bầu ướt và hiệu nhiệt độ nước vào ra không đổi. Từ đồ thị này, lưu lượng dòng dự đoán của nước tuần hoàn được xác định tại nhiệt độ nước ra thử nghiệm.

9.3.6.1.2 Xác định lưu lượng thử hiệu chỉnh

Đối với các cấu hình tháp ướt/khô nơi mà một quạt đơn di chuyển không khí qua cả vùng ướt và khô, lưu lượng dòng chảy thử nghiệm hiệu chỉnh được xác định từ công thức (23) sử dụng quy trình được diễn tả tại 9.3.3.1.2 để xác định khối lượng riêng của không khí đi vào quạt.

$$Q_{W,t,adj} = Q_{W,t} \left(\frac{W_{FM,d}}{W_{FM,t}} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho_{A,t}}{\rho_{A,d}} \right)^{1/3} \quad (44)$$

Đối với trường hợp đặc biệt nơi các quạt riêng rẽ được sử dụng để di chuyển không khí qua các đoạn ướt và khô của một tháp đơn, hoặc qua các tháp ướt và khô riêng rẽ, công thức (45) được sử dụng:

$$Q_{W,t,adj} = Q_{W,t} \left[\left(\frac{q_{WET}}{q_{TOT}} \right) \left(\frac{W_{FM,WET,d}}{W_{FM,WET,t}} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho_{A,WET,t}}{\rho_{A,WET,d}} \right)^{1/3} + \left(\frac{q_{DRY}}{q_{TOT}} \right) \left(\frac{W_{FM,DRY,d}}{W_{FM,DRY,t}} \right)^y \left(\frac{\rho_{A,DRY,t}}{\rho_{A,DRY,d}} \right)^{1/3} \right] \quad (45)$$

9.3.6.1.3 Xác định năng suất của tháp

Năng suất của tháp, C_{CAP} , biểu diễn trong tỷ lệ phần trăm của dòng tuần hoàn theo thiết kế, sau đó được tính toán theo công thức (24).

$$C_{CAP} = 100 \left(\frac{Q_{W,t,adj}}{Q_{W,pred}} \right)$$

9.3.6.1.4 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Nơi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực được lấy trung bình, công thức (46) được sử dụng.

$$\bar{C}_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(n)} \quad (46)$$

9.3.6.1.5 Tính tuân thủ

Tháp sẽ đạt điều kiện đảm bảo nếu:

$$C_{CAP} + I_{CAP} \geq 100 \% \quad (47)$$

Trong đó $I_{CAP} = 0$, trừ khi được chỉ rõ khác biệt trong hợp đồng.

9.3.6.2 Đánh giá bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

Một cách thay thế, tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá trong các điều kiện của sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, hiệu số giữa nhiệt độ nước lạnh hiệu chỉnh và nhiệt độ nước lạnh dự đoán bởi dữ liệu nhà sản xuất. Sự so sánh này có thể được hoàn thành tại các điều kiện thử nghiệm đo được hoặc tại các điều kiện theo thiết kế. Tuy nhiên, khi một điểm phạt được ghi rõ theo hợp đồng như một hàm số của các bậc sai số, đánh giá sẽ được làm theo các giá trị thiết kế theo 9.3.5.2.2 dưới đây.

9.3.6.2.1 Nhiệt độ nước được dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm đo được

Sử dụng đồ thị chéo cuối cùng được phát triển trong 9.3.6.1.1 liên quan đến nhiệt độ nước lạnh tới tỷ lệ tuần hoàn nước, ghi đồ thị tại dòng chảy thử nghiệm đã được chỉnh sửa, như được xác định trong 9.3.6.1.2, và chiều một đường thẳng đứng để giao cắt với đường biểu diễn. Đọc giá trị cho

hiệu nhiệt độ nước lạnh được dự đoán ($T_{CW, pred}$) tại giao điểm.

9.3.6.2.1.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh đo được

So sánh giá trị nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm hiệu chỉnh ($T_{CW, corr}$) với nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) được xác định ở trên thì sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$\Delta T_{App} = (T_{CW, corr}) - (T_{CW, pred}) \quad (48)$$

9.3.6.2.2 Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế

Để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện theo thiết kế, trước tiên xác định nhiệt dung tháp theo mô tả trong 9.3.6.1. Sau đó, sử dụng các đường đặc tính của nhà sản xuất, phát triển một đồ thị của nhiệt độ nước ra như một hàm số của công suất tháp cho dải nhiệt theo thiết kế và nhiệt độ bầu ướt. Một phương thức phù hợp bao gồm: trước tiên ghi các đường cong biểu của nhà sản xuất tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế và nhiệt độ nước lạnh xác định tại dải thiết kế cho từng lưu lượng. Sử dụng dữ liệu này, chuẩn bị một biểu đồ chéo liên quan đến nhiệt độ nước lạnh đối với giá trị nghịch đảo thập phân của phần trăm tỷ lệ tuần hoàn nước (ví dụ, 90 % dòng chảy cân bằng với 111,11 % nhiệt dung, 110 % dòng chảy cân bằng với 90,91 % nhiệt dung). Ghi đồ thị này tại nhiệt dung tháp như được xác định trong 9.3.6.1.3 và chiếu đường thẳng đứng để giao cắt với đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) của tháp tại nhiệt dung thử nghiệm.

9.3.6.2.2.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh theo thiết kế

So sánh nhiệt độ nước lạnh dự đoán ($T_{CW, pred}$) được xác định dựa trên giá trị theo thiết kế cho nhiệt độ nước lạnh ($T_{CW, a}$) với sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$\Delta T_{App} = (T_{CW, pred}) - (T_{CW, a}) \quad (49)$$

9.3.6.2.3 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực để lấy giá trị trung bình, công thức (50) được sử dụng

$$\Delta \bar{T}_{App} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta T_{App(i)} \quad (50)$$

9.3.6.2.4 Tính tuân thủ

Tháp sẽ đạt điều kiện đảm bảo nếu:

$$\Delta T_{App} - I_{TEMP} \leq 0 \quad (51)$$

Trong đó $I_{TEMP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.7 Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu kín – Phương pháp đường đặc tính

Tính năng của các tháp giải nhiệt kín được đánh giá từ dữ liệu thử nghiệm sử dụng phương pháp đường cong tính năng. Định dạng của các đường cong biểu diễn theo yêu cầu và dữ liệu dạng

bằng được đề xuất trong 5.3.2, 5.3.5 và 5.3.9. Một ví dụ của phương pháp đánh giá này được đưa ra tại Phụ lục K.

9.3.7.1 Đánh giá bởi hiệu suất lưu lượng

Tính năng tháp giải nhiệt có thể được đánh giá theo điều kiện của nhiệt dung dòng chảy nơi tính năng đo được diễn tả bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng dòng dự đoán bởi dữ liệu của nhà sản xuất cho các điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.7.1.1 Xác định lưu lượng thử nghiệm hiệu chỉnh

Lưu lượng thử nghiệm hiệu chỉnh được biến đổi từ công thức (23), thay thế lưu lượng của lưu chất làm việc cho dòng chảy tái tuần hoàn của tháp hồ và một số mũ (Z) được cung cấp bởi nhà sản xuất như diễn tả dưới đây. Quy trình mô tả trong 9.3.7.1.2 được sử dụng để xác định khối lượng riêng của không khí đi vào quạt.

$$Q_{PF,I,adj} = Q_{PF,I} \left(\frac{W_{FM,d}}{W_{FM,I}} \right)^Z \left(\frac{\rho_{A,I}}{\rho_{A,d}} \right)^Z \quad (52)$$

9.3.7.1.2 Xác định khối lượng riêng không khí đi vào quạt

Khối lượng riêng không khí đi vào quạt được ước lượng như sau:

- Sử dụng các giá trị thử nghiệm đo được của nhiệt độ bầu khô của không khí vào ($T_{DB,I}$) và nhiệt độ bầu ướt đi vào ($T_{WC,I}$), xác định các đặc tính nhiệt ẩm của không khí vào tại áp suất cột áp của địa điểm thử nghiệm từ dữ liệu tại Phụ lục D. Đối với các tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức, khối lượng riêng này có thể được sử dụng trực tiếp cho ($\rho_{A,I}$) trong công thức (37). Đối với các tháp giải nhiệt kiểu hút gió, tiếp tục với 9.3.7.1.2 b) tới 9.3.7.1.2 d).
- Sử dụng các điều kiện thử nghiệm đo được liên quan với công thức (37), ước lượng độ tăng entanpy của không khí thổi qua tháp ($\Delta h_{A,I}$) và giải bài toán về sự thay đổi enthanpy trong điều kiện thể tích riêng ($v_{A2,I}$), sau khi thay toàn bộ điều kiện đã biết và đơn giản hóa, trở thành:

$$\Delta h_{A,I} = (K_1)(v_{A2,I}) \quad (53)$$

- Xác định entanpy của không khí rời tháp ($h_{A2,I}$) như sau:

$$h_{A2,I} = h_{A1,I} + \Delta h_{A,I} \quad (54)$$

- Tại điểm này, nhiệt độ không khí rời tháp được giả định và là giá trị được liên kết cho thể tích riêng của khí bão hòa tại nhiệt độ đó ($v_{A2,I}$) được thay thế trong $\Delta h_{A,I}$ và công thức giải cho $h_{A2,I}$. Giá trị được tính toán này cho enthanpy sau đó được so sánh với enthanpy thực tế đối với không khí bão hòa tại nhiệt độ giả định và quá trình lặp lại với một nhiệt độ không khí giả định mới cho đến khi giá trị tính toán gần khớp với giá trị thực. Sau đó khối lượng riêng của không khí bão hòa tại nhiệt độ đó được sử dụng cho khối lượng riêng ($\rho_{A,I}$) trong công thức (36).

9.3.7.1.3 Xác định lưu lượng dự đoán

Các đường cong đặc tính của nhà sản xuất được vẽ đồ thị chéo tại các điều kiện thử nghiệm để xác định lưu lượng của lưu chất làm việc dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm đo được. Một phương thức phù hợp bao gồm việc chuẩn bị trước tiên một biểu đồ chéo, dựa trên nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm, liên quan đến hiệu nhiệt độ nước vào ra tới nhiệt độ lưu chất lạnh hoạt động với lưu lượng dòng chảy ba lưu chất làm việc như các thông số. Từ nhóm đường cong này, chuẩn bị một đồ thị chéo thứ hai, dựa trên hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm, bao gồm một đường cong đơn liên quan đến nhiệt độ lưu chất làm việc lạnh đối với tỷ lệ tuần hoàn lưu chất làm việc. Ghi đường cong cuối cùng tại nhiệt độ thử nghiệm lưu chất làm việc lạnh và từ giao điểm với đường cong, xác định lưu lượng lưu chất làm việc dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm.

9.3.7.1.4 Xác định năng suất của tháp

Năng suất của tháp, C_{CAP} , biểu diễn bằng tỷ lệ phần trăm của lưu lượng lưu chất làm việc theo thiết kế, sau đó được tính toán theo công thức (24) thay thế lưu lượng lưu chất làm việc thay cho nước tuần hoàn của tháp hở.

$$C_{CAP} = 100 \left(\frac{Q_{PF,1,adj}}{Q_{PF,pred}} \right) \quad (55)$$

9.3.7.1.5 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực được lấy trung bình, công thức (56) được sử dụng.

$$\overline{C}_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(n)} \quad (56)$$

9.3.7.1.6 Tính tuân thủ

Tháp đạt được điều kiện đảm bảo nếu:

$$C_{CAP} + I_{CAP} \geq 100 \% \quad (57)$$

Trong đó $I_{CAP} = 0$, trừ khi có các qui định khác trong hợp đồng.

9.3.7.2 Đánh giá bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

Tính năng tháp giải nhiệt kín có thể được đánh giá một cách khác bằng sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, hiệu số giữa nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc đo được và nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc dự đoán bởi dữ liệu nhà sản xuất. Sự so sánh này có thể được thực hiện tại các điều kiện thử nghiệm đo được hoặc tại các điều kiện theo thiết kế. Tuy nhiên, khi một điểm phạt được ghi rõ theo hợp đồng như một hàm số của các bậc sai số, đánh giá sẽ được làm theo các giá trị thiết kế trong 9.3.7.2.2 dưới đây.

9.3.7.2.1 Nhiệt độ lưu chất lạnh dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm

Sử dụng đồ thị chéo cuối cùng được xây dựng trong 9.3.7.2.1 liên quan đến nhiệt độ lưu chất lạnh hoạt động tới tỷ lệ tuần hoàn lưu chất làm việc, ghi đồ thị tại dòng chảy thử nghiệm đã được chỉnh sửa, như được xác định trong 9.3.7.1.1, và chiều một đường thẳng đứng giao với đường biểu diễn. Đọc giá trị cho nhiệt độ lưu chất lạnh hoạt động tương ứng với điểm tại giao điểm.

9.3.7.2.1.1 So sánh với nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc đo được

So sánh giá trị nhiệt độ thử nghiệm đo được của lưu chất lạnh ($T_{CPF,t}$) với nhiệt độ lưu chất lạnh được dự đoán ($T_{CPF,pred}$) được xác định ở trên thì sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$\Delta T_{App} = (T_{CPF,t}) - (T_{CPF,pred}) \quad (58)$$

9.3.7.2.2 Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện thiết kế

Để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tại các điều kiện thiết kế, trước tiên, xác định nhiệt dung thấp theo mô tả trong 9.3.7.1. Sau đó, sử dụng các đường cong biểu diễn tính năng của nhà sản xuất, phát triển một đồ thị của nhiệt độ lưu chất làm việc đi ra như một hàm số của công suất thấp cho dải nhiệt theo thiết kế và nhiệt độ bầu ướt. Một phương thức phù hợp bao gồm: trước tiên ghi các đường cong biểu của nhà sản xuất tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế và nhiệt độ lưu chất lạnh hoạt động xác định tại dải thiết kế cho từng lưu lượng dòng. Sử dụng những dữ liệu này, chuẩn bị một biểu đồ chéo liên quan đến nhiệt độ lưu chất lạnh đối với giá trị nghịch đảo thập phân của phần trăm tỷ lệ tuần hoàn nước (ví dụ, 90 % dòng chảy cân bằng với 111,11 % hiệu suất lưu lượng, 110 % dòng chảy cân bằng với 90,91 %). Ghi đồ thị này tại nhiệt dung thấp như được xác định tại 9.3.7.1.3 và chiều đường thẳng đứng để giao cắt với đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ lưu chất làm việc lạnh được dự đoán ($T_{CPF,pred}$) của tháp tại công suất thử nghiệm.

9.3.6.2.2.1 So sánh với nhiệt độ nước lạnh theo thiết kế

So sánh nhiệt độ nước lạnh được dự đoán ($T_{CW,pred}$) được xác định dựa trên giá trị theo thiết kế cho nhiệt độ nước lạnh ($T_{CW,d}$) với sai lệch hiệu nhiệt độ ướt (ΔT_{App}) bằng:

$$(\Delta T_{App}) = (T_{CW,pred}) - (T_{CW,d}) \quad (59)$$

9.3.6.2.3 Nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi có nhiều kết quả thời gian thử nghiệm có hiệu lực để lấy giá trị trung bình, công thức (60) được sử dụng.

$$\overline{\Delta T_{App}} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \Delta T_{App(i)} \quad (60)$$

CHÚ THÍCH: Nếu có bất kỳ sai lệch lớn giữa các điều kiện vận hành đối với giai đoạn thử nghiệm hiệu lực (chẳng hạn trong trường hợp các thử nghiệm hiệu lực được tiến hành trong các ngày khác nhau), sai lệch hiệu nhiệt độ ướt riêng lẻ được đánh giá tại thiết kế, không phải điều kiện thử nghiệm đo được.

9.3.7.2.4 Tính toán thử

Điều kiện đảm bảo đạt được nếu:

$$\Delta T_{App} - I_{TEMP} \leq 0 \quad (61)$$

Trong đó $I_{TEMP} = 0$, trừ khi được chỉ rõ một cách khác biệt trong hợp đồng.

9.3.7.3 Các tháp giải nhiệt kín ướt/khô sử dụng một chế độ vận hành ướt hoặc khô

Nếu các yêu cầu của vận hành và cài đặt kiểm soát được chỉ rõ bởi nhà sản xuất được đáp ứng trong quá trình thử nghiệm, các phương thức được chỉ rõ trong 9.3.7.2 và sau đây có thể được áp dụng.

9.4 Đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt được mở rộng (áp dụng được cho tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, chỉ khi được yêu cầu theo hợp đồng)

9.4.1 Phương pháp luận

Kết quả thử nghiệm bao gồm một xác minh thực tế ảnh hưởng của gió tới các tính năng tháp (xem 8.2). Với từng khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực, tính toán hiệu số giữa hiệu nhiệt độ ướt đo được và hiệu nhiệt độ ướt đảm bảo được điều chỉnh theo các điều kiện thời gian thử nghiệm, sử dụng dữ liệu được cung cấp bởi nhà sản xuất (xem 5.3.8 và 5.3.9).

Sau đó các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được xếp nhóm với nhau thành n lớp như một hàm số của vận tốc gió tham khảo tại 10 m trong thời gian thử nghiệm. Trong từng trường hợp, tính toán giá trị trung bình sai lệch hiệu nhiệt độ ướt.

Các kết quả thử nghiệm cuối cùng là sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình trọng số, các kết quả đo từ trọng số sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình cho từng lớp gió (các hệ số trọng lượng sẽ được chỉ rõ theo hợp đồng, xem 5.3.8).

Vì hơn 300 khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được yêu cầu, sử dụng biểu đồ cột không thích hợp, vì vậy tính toán bằng máy tính sử dụng các phương trình đặc tính Merkel (Viện Tháp giải nhiệt - CTI) được đề xuất. Chỉ có đánh giá bởi sai lệch hiệu nhiệt độ ướt được đề nghị.

9.4.2 Hiệu nhiệt độ ướt được đảm bảo thời gian thử nghiệm

Một giá trị hiệu nhiệt độ ướt được đảm bảo (điều chỉnh theo các điều kiện thử nghiệm) được tính toán cho từng khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực.

9.4.2.1 Các phương trình đặc tính của tháp giải nhiệt

Các hệ số được cung cấp bởi nhà sản xuất tại thời gian đưa ra đầu thẩu (xem 5.3.8). Trong trường hợp các thử nghiệm được chấp nhận, các hệ số theo hợp đồng.

Công thức vận hành:

$$\frac{KaV}{L} = C \left(\frac{L}{G} \right)^x \quad (62)$$

Công thức dòng không khí:

$$\rho_{A,1} - \rho_{A,2} = 0,5 \left(\frac{\rho_{A,1}}{g_c H} \right) C_F v_A^2 \quad (63)$$

9.4.2.2 Đơn giản hóa các giả định

a) Không khí nóng ở trạng thái bão hòa.

b) Sự thay đổi trong lưu lượng nước đi qua tháp giải nhiệt được kiểm tra trong cân bằng năng lượng. Nhiệt truyền ở đầu ra là $L \times C_p (t_h - t_c)$ và entanpy của không khí nóng là:

$$h_{A,2} = h_{A,1} + \frac{L}{G} c_{p,w} (T_{HW} - T_{CW}) \quad (64)$$

9.4.2.3 Tính toán KaV/L

Giá trị của KaV/L được sử dụng để tính toán hiệu nhiệt độ ướt đảm bảo thời gian thử nghiệm. Sử dụng các giả định trong 9.4.2.2, KaV/L được để tính toán giữa lối vào khối đệm và đầu ra từ

$$\frac{KaV}{L} = c_{p,w} \frac{1}{\gamma} \int_{T_{CW}}^{T_{HW}} \frac{dT}{h_M - h_A} \quad (65)$$

Trong đó, γ là một hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào loại thiết bị, được định nghĩa tại Phụ lục E.

Qui tắc Simpson có thể được sử dụng để tính tích phân trên. Trong tiêu chuẩn này, qui tắc tính tích phân 8 điểm được sử dụng theo công thức (66):

$$\int_{t_c}^{t_h} f(t) dt = \frac{\rho}{3} [f(t_c) + 4f(t_c + p) + 2f(t_c + 2p) + \dots + 2f(t_c + 2k - 2p) + 4f(t_c + ((2k - 1)p) + f(t_h)] \quad (66)$$

với

$$p = \frac{T_{HW} - T_{CW}}{8} \quad (67)$$

Vì

$$f(t) = \frac{1}{h_s(t) - h(t)} \quad (68)$$

Enthalpy của không khí phải được biểu diễn dưới dạng biểu thức cơ học và là hàm của các giá trị đo. Các biểu thức này được trình bày trong Phụ lục D.

9.4.2.4 Tính toán của nhiệt độ chênh lệch đảm bảo theo khoảng thời gian thử nghiệm, $a_{pr, guar}$

Chênh lệch đảm bảo được hiệu chỉnh theo các điều kiện thử nghiệm: lưu lượng dòng nước, hiệu nhiệt độ nước vào ra, nhiệt độ không khí ướt đi vào, vận tốc gió, áp suất khí quyển và độ ẩm tương đối.

a) Lưu lượng khối không khí khô được điều chỉnh và khối lượng riêng của không khí nóng được

tính toán bởi các xấp xỉ liên tiếp sử dụng công thức (2) và công thức (3) và biểu thức của C_r (xem 5.3.8).

- b) $K\alpha V/L$ sẽ được tính toán từ công thức (34) và biểu thức của C (xem 5.3.8).
- c) Nhiệt độ ước lạnh đảm bảo được điều chỉnh sau đó được thu được bằng những xấp xỉ liên tiếp như được minh họa tại Hình I.1.
- d) Chênh lệch đảm bảo khoảng thời gian thử nghiệm, $a_{pr, guar}$, là hiệu số giữa nhiệt độ nước lạnh đảm bảo và nhiệt độ không khí ướt đi vào trung bình theo khoảng thời gian thử nghiệm.

9.4.3 Chênh lệch đo được theo khoảng thời gian thử nghiệm, $a_{pr, tp}$

Đối với từng khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực, đó là hiệu số giữa giá trị nhiệt độ nước lạnh được hiệu chỉnh trung bình và nhiệt độ không khí ướt đi vào trung bình.

9.4.4 Sai lệch theo khoảng thời gian thử nghiệm, $\Delta a_{pr, tp}$

Đối với từng khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực, đó là hiệu số giữa hiệu nhiệt độ ướt đo được và hiệu nhiệt độ ướt đảm bảo, như sau:

$$\Delta a_{pr, tp} = (\Delta a_{pr, tp}) - (\Delta a_{pr, guar}) \quad (69)$$

9.4.5 Kết quả thử nghiệm – “Sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình có trọng số”, Δa_{pr}

Đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt mở rộng yêu cầu thực hiện ít nhất 300 khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực.

9.4.5.1 Phân loại khoảng thời gian thử nghiệm

Các khoảng thời gian thử nghiệm và các sai lệch hiệu nhiệt độ ướt tương ứng được lập nhóm với nhau thành n cấp ($n \leq 5$) như là một hàm của vận tốc gió trung bình thời gian thử nghiệm tại 10 m trong suốt thời gian thử nghiệm, như sau:

- a) Cấp 1: $0 \leq V_{10} < 2$ m/s khoảng thời gian thử nghiệm m1;
- b) Cấp 2: $2 \leq V_{10} < 4$ m/s khoảng thời gian thử nghiệm m2;
- c) Cấp 3: $4 \leq V_{10} < 6$ m/s khoảng thời gian thử nghiệm m3;
- d) Cấp 4: $6 \leq V_{10} < 8$ m/s khoảng thời gian thử nghiệm m4;
- e) Cấp 5: $8 \leq V_{10} < 10$ m/s khoảng thời gian thử nghiệm m5.

Khoảng cách của từng cấp là 2 m/s.

Số lượng các cấp và hệ số trọng lượng của từng nhóm được chỉ rõ theo hợp đồng, hiểu rằng nếu $n < 5$, các nhóm coi rằng bao gồm nhóm đầu tiên và liên tiếp.

CHÚ THÍCH: Các giá trị được ghi rõ của các cấp thực tế bố trí vận tốc trung bình tối thiểu cho một khoảng thời gian thử nghiệm để có hiệu lực. Ví dụ, nếu $n = 3$, $V_{10} < 6$ m/s cho bất kì khoảng thời gian thử nghiệm nào có hiệu lực.

9.4.5.2 Số lượng chu thử nghiệm có hiệu lực trong một cấp

a) Chỉ các cấp được lấp đầy với đủ số lượng của các khoảng thời gian thử nghiệm có giá trị mới được xét đến; một phân nhóm bao gồm bốn khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực hoặc ít hơn sẽ được coi là chưa được lấp đầy.

b) Nếu một cấp chưa đầy, hệ số trọng lượng tương ứng với nhóm được lấp đầy phải được hiệu chỉnh vì thể tích của chúng đạt 100 %, bởi có liên quan đến lượng ban đầu của mỗi phân nhóm lấp đầy/hoàn thành.

c) Đối với từng cấp gió được lấp đầy, các khoảng thời gian thử nghiệm hiệu lực có thể được chia làm hai nhóm, được cung cấp số lượng các khoảng thời gian thử nghiệm trong cả hai nhóm vượt quá 30 % của tổng số lượng các khoảng thời gian thử nghiệm nhóm gió (nếu không, toàn bộ các khoảng thời gian thử nghiệm của một lớp gió được coi như một nhóm): ghi nhiệt độ không khí ướt đi vào tăng lên trong chu kì và nhiệt độ không khí ướt đi vào giảm trong chu kì (so sánh giá trị ghi đầu và cuối của chu kì).

9.4.5.3 Tính toán sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình của cấp, $\Delta a_{pr,i}$

Một sai lệch được tính toán cho từng cấp.

a) Nếu cấp được chia làm hai nhóm, bao gồm các khoảng thời gian thử nghiệm $m_{i,1}$ và $m_{i,2}$ ($m_{i,1} + m_{i,2} = m_i$):

$$\overline{\Delta a_{pr_{m_i}}} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{n=1}^n \Delta a_{pr_{m_i}}(n) \quad (70)$$

và

$$\overline{\Delta a_{pr_{A_n}}} = \left(\frac{1}{2} \right) (\Delta a_{pr_{A_n,1}} + \Delta a_{pr_{A_n,2}}) \quad (71)$$

b) Nếu tất cả các khoảng thời gian thử nghiệm của cấp được coi như một nhóm:

$$\overline{\Delta a_{pr_m}} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{n=1}^n \Delta a_{pr_m}(n) \quad (72)$$

9.4.5.4 Tính toán sai số chênh lệch trung bình trọng số

Các hệ số trọng lượng $\pm n$ (xem 9.4.5.1) được giới thiệu.

$$\overline{\Delta a_{pr}} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{n=1}^n \alpha_i \Delta a_{pr,i} \quad (73)$$

9.4.5.5 Tính tuân thủ

Tháp sẽ đạt điều kiện đảm bảo nếu:

$$\Delta a_{pr} - I_{TEMP} \leq 0 \quad (74)$$

Trong đó $I_{TEMP} = 0$, trừ khi được chỉ rõ một cách khác biệt trong hợp đồng.

10 Báo cáo kết quả

10.1 Quy định chung

Sau khi hoàn thành thử nghiệm, các tờ phiếu kết quả thử nghiệm phải được xác nhận bởi các chữ kí của người đại diện của các bên tham gia vào thử nghiệm, có thể là nhà sản xuất, đơn vị mua thử nghiệm, và tổ chức thử nghiệm, từng người trong đó sẽ nhận một bản sao. Một xác định sơ bộ các kết quả thử cũng được chuẩn bị và phân phối tới các đại diện được ủy quyền của các bên tham gia thử nghiệm.

10.2 Báo cáo chính thức

Sau khi hoàn thành thử nghiệm, đơn vị thử nghiệm phải chuẩn bị và đưa ra cho các đơn vị tham gia bản báo cáo chính thức thử nghiệm của kết quả thử nghiệm tính năng, bao gồm:

- a) Giải thích ngắn gọn về mục định của thử nghiệm, kết quả và kết luận;
- b) Một danh sách các đơn vị tham gia thử nghiệm và mối quan hệ của họ trong dự án;
- c) Một mô tả tháp giải nhiệt được thử nghiệm bao gồm các điều kiện thiết kế và kích thước cơ bản;
- d) Một bản phác thảo lắp đặt chỉ rõ vị trí của các điểm đo đặc dòng nước và nhiệt độ cũng như các tòa nhà, vật cản hoặc thiết bị khác trong vùng lân cận gần nhất của tháp được thử nghiệm. Ghi chú riêng nên được tạo cho bất kì thiết bị hoặc các bộ phận xả nhiệt hoặc bay hơi trong vùng lân cận gần nhất của tháp;
- e) Một mô tả của các thiết bị được sử dụng và bất kỳ phương pháp đo đặc nào mà không được thừa lệnh bởi qui định này;
- f) Danh sách được đưa ra bởi nhà sản xuất cái mà được sử dụng để đánh giá thử nghiệm;
- g) Một danh sách của dữ liệu thử nghiệm đo được, một bản tóm tắt các đo đặc được sử dụng để đánh giá thử nghiệm, các tính toán và phép tính thực hiện trong đánh giá thử nghiệm, và kết quả thử nghiệm và kết luận;
- h) Tuyên bố của sự tuân thủ với các điều khoản của tiêu chuẩn này và, khi thích hợp, một bản mô tả những đối tượng này mà thử nghiệm tham chiếu từ các điều khoản của tiêu chuẩn này (nghĩa là TCVN 13050 (ISO 16345)).

10.3 Bảo mật

Thông tin về thử nghiệm phải có sẵn chỉ đối với đơn vị mua thử nghiệm, nhà sản xuất và tổ chức thử nghiệm. Không được phát tán thông tin mà không có sự đồng ý chính thức bằng văn bản của tất cả các bên tham gia thử nghiệm.

10.4 Các giới hạn

Sự gắn kết tới các giới hạn được đặt ra bởi tiêu chuẩn này lên nhiệt độ bầu ướt, nhiệt độ bầu khô, hiệu nhiệt độ nước vào ra, tuần hoàn lưu lượng nước tuần hoàn, v/v sẽ mang lại các kết quả với độ chính xác tương xứng với độ ổn định của các điều kiện thử nghiệm và tính chính xác của thiết bị được chỉ rõ cho các đo đạc. Khi các điều kiện thử nghiệm đi ra ngoài những giới hạn này, các sai số có thể được giới thiệu do một nhiều hơn các lý do sau (phù hợp với 4.4).

Công thức và/hoặc các đồ thị sử dụng để điều chỉnh dữ liệu thử nghiệm không thể cung cấp đầy đủ cho các ảnh hưởng của sai số rọng từ thiết kế trong các biến số sau:

- a) Tỷ lệ tuần hoàn nước;
- b) Nhiệt độ nước;
- c) Lưu lượng dòng khí;
- d) Nhiệt độ không khí ướt;
- e) Nhiệt độ không khí khô;
- f) Gió mạnh và/hoặc giặt có thể ảnh hưởng bất lợi tới tính năng tháp giải nhiệt;
- g) Phân bố không khí và/hoặc nước thừa thớt tạo nên tính năng kém.

11 Thông số tính năng được công bố

Thuật ngữ "các thông số tính năng được công bố", được sử dụng trong tiêu chuẩn này, có quan hệ các thông số tính năng nhiệt của các dòng sản phẩm tháp giải nhiệt (được trình bày dưới dạng bản in hoặc dữ liệu đầu ra máy tính) khi được làm cho có sẵn để dùng theo các đề nghị từ các chủ thầu, nhà phân phối, chuyên viên tư vấn, kỹ sư và chủ sử hữu cho việc lựa chọn thiết bị cho các ứng dụng. Các thông số tính năng được công bố cho tháp giải nhiệt thông gió cơ khí phải bao gồm các thông số tính năng được sắp đặt, các thông số tính năng ứng dụng, được diễn tả bằng công suất lưu lượng dòng chảy nước hoặc lưu chất làm việc tại kết hợp cụ thể của nước/lưu chất làm việc vào và đi ra, ở một kết hợp cụ thể của nhiệt độ nước/lưu chất làm việc đi vào và đi ra, nhiệt độ bầu khô và bầu ướt không khí đi vào, công suất quạt tiêu thụ.

Phụ lục A

(Quy định)

Thiết bị đo và phép đo

A.1 Hiệu chuẩn

A.1.1 Quy định chung

Toàn bộ các trang thiết bị đo được sử dụng trong quá trình thử nghiệm phải được hiệu chuẩn trước khi thử nghiệm. Hiệu chuẩn phải được thiết lập theo các chuẩn chính hoặc phụ được hiệu chuẩn bởi các tổ chức được công nhận, như tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc gia, hoặc được lấy từ các giá trị được chấp nhận của các hằng số vật lý tự nhiên. Các thiết bị sẽ được hiệu chuẩn lại theo một kế hoạch định kỳ phù hợp cho từng thiết bị và các hồ sơ hiệu chuẩn đầy đủ sẽ được lưu giữ lại. Tần suất hiệu chuẩn tối thiểu được chỉ ra trong Bảng A.1. Một thiết bị cũng sẽ được hiệu chuẩn lại khi có hỏng hóc hoặc có nghi vấn về độ chính xác bởi bất kỳ nguyên nhân nào khác. Thêm vào đó, theo yêu cầu và chi phí của đơn vị mua thử nghiệm, bất kì và toàn bộ trang thiết bị đo được sử dụng trong một thử nghiệm có thể được hiệu chuẩn trước và/hoặc sau thử nghiệm.

Bảng A.1 – Tần suất hiệu chuẩn

Thiết bị	Tần suất hiệu chuẩn tối thiểu
Các cảm biến nhiệt độ	Trong vòng 3 tháng trước khi sử dụng
Các thiết bị áp suất	Hàng năm
Các thiết bị đo dòng chảy	3 năm nếu không có hỏng hóc
Các đồng hồ đo công suất điện	Hàng năm
Các thiết bị hướng và vận tốc gió	Hàng năm

A.1.2 Hồ sơ hiệu chuẩn

Tổ chức thử nghiệm phải có một quy trình dạng văn bản để hiệu chuẩn từng thiết bị, phải duy trì các hồ sơ thể hiện lịch sử hiệu chuẩn cho từng thiết bị, và sẵn sàng cung cấp theo yêu cầu của các bên tham gia thử nghiệm. Nhận dạng (ví dụ số seri) và vị trí của từng thiết bị riêng lẻ được sử dụng trong thử nghiệm phải được ghi chép lại và được đính kèm trong báo cáo thử nghiệm sao cho ngày và lịch sử hiệu chuẩn có thể tra lại.

A.2 Đo dòng chảy

A.2.1 Quy định chung

Toàn bộ thử nghiệm yêu cầu đo đặc lưu lượng nước tuần hoàn chính hoặc lưu lượng lưu chất làm việc. Việc đo đặc lưu lượng nước bổ sung và lưu lượng nước xả có thể cần thiết, phụ thuộc vào chế độ vận hành tháp trong quá trình thử nghiệm. Các lưu lượng nước sẽ được đo sử dụng bất kỳ phương pháp nào được chỉ rõ tại A.2.2. Phương pháp áp dụng và vị trí đo đặc sẽ phụ thuộc trên bản chất của việc cài đặt và tầm quan trọng của phép đo tới kết quả thử nghiệm.

A.2.2 Đo lưu lượng nước tái tuần hoàn/lưu chất làm việc

Lưu lượng của nước tái tuần hoàn/lưu chất làm việc động sẽ được đo tại điểm biên dạng dòng chảy phát triển hoàn toàn, ưu tiên ống dẫn vào tháp. Các trạm đo với các khoảng cách dòng xuống và lên không đủ sẽ tác động bất lợi đáng kể đến biên dạng dòng chảy và độ chính xác của phép đo, do vậy nên phải tuyệt đối tránh.

Thiết bị đo sẽ phải chính xác tới 1,0 % của giá trị đang được đo, với điều chỉnh và hiệu chỉnh cần thiết để tính tới yếu tố nhiệt độ và các đặc tính vật lý của chất lưu. Với những hiệu chuẩn như vậy, tổng bình quân sai số khi đo đặc lưu lượng dòng chảy nên trong khoảng từ 2,5 % tới 3 %. Các phương pháp và thiết bị đo phù hợp bao gồm ống Pitot (phương pháp ống nằm ngang), tấm đo đục lỗ (orifice plates), ống venturi, vòi, và các lưu lượng kế mà chứng minh khả năng đo lưu lượng dòng một cách hoàn toàn chính xác và đúng đắn. Những điều này bao gồm, nhưng không bị giới hạn, Coriolis, tua bin, từ thông kế, máy đo siêu âm thời gian thực, với các hệ thống liên kết điện tử. Thông tin chi tiết và có căn cứ của việc sử dụng các lưu lượng kế khác nhau được mô tả trong thư lục tài liệu tham khảo từ [1] tới [32].

Các lưu lượng kế, trong bất cứ trường hợp được cài đặt tạm thời hoặc lâu dài, sẽ được kiểm tra về sự phù hợp của kích thước và chức năng trước khi lắp đặt để thử nghiệm.

A.2.3 Đo lưu lượng dòng bổ sung và dòng xả

Nếu không phải dừng trong khoảng thời gian thử nghiệm, lưu lượng dòng bổ sung và dòng xả có thể được đo bởi một thiết bị đo độ chính xác lên tới 2,0 % của giá trị được đo. Với sự hiệu chuẩn như vậy, tổng bình quân sai số khi đo đặc dòng chảy nên trong khoảng từ 4,0 % tới 5,0 %.

A.3 Các phép đo nhiệt độ

A.3.1 Quy định chung

Đo đặc nhiệt độ sẽ được thực hiện sử dụng bất kì thiết bị đo hoặc các hệ thống thiết bị đạt các yêu cầu sau:

- Các thiết bị hiển thị hoặc bộ ghi sẽ phải đảm bảo bước tăng không lớn hơn 0,1 °C và có thể đọc được tới $\pm 0,05$ °C.
- Các nguyên tố nhạy nhiệt độ sẽ phải chính xác tới $\pm 0,05$ °C.

- c) Các nguyên tố nhạy nhiệt độ sẽ phải được đặt vị trí cẩn thận để đảm bảo đo đặc giá trị nhiệt độ thực trung bình của lưu chất đúng tại điểm của đo.

A.3.2 Nhiệt độ không khí ướt đi vào

Nhiệt độ không khí ướt đi vào sẽ được đo với các ẩm kế thông gió cơ khí, mỗi thiết bị phải đạt các yêu cầu sau:

- Phần tử nhạy cảm nhiệt độ phải được bảo vệ khỏi ánh nắng mặt trời trực tiếp hoặc các nguồn nhiệt bức xạ đáng kể khác. Thiết bị bảo vệ phải trong khoảng $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ của nhiệt độ xung quanh bầu khô.
- Phần tử nhạy cảm nhiệt độ phải được phủ bằng một bắc được làm ướt liên tục từ một bể của nước cất.
- Nhiệt độ của nước cất được sử dụng để làm ướt bắc phải xấp xỉ nhiệt độ bầu ướt đang được đo đặc. Phương pháp này có thể đạt được trong thực tiễn bằng việc cho các bắc lưu thông phù hợp giữa nguồn nước cấp và phần tử nhạy cảm nhiệt độ.
- Bắc sẽ lắp khít qua phần tử nhạy nhiệt độ và kéo dài thêm ít nhất 2 cm qua phần tử tới phần thân. Bắc phải được giữ sạch trong khi sử dụng.
- Vận tốc không khí qua phần tử nhạy nhiệt độ sẽ phải được duy trì trong khoảng 3 m/s và 6 m/s.

Nhiệt độ không khí đi vào bầu ướt cũng sẽ được xác định với một phép đo của không khí đi vào bầu khô và của độ ẩm tương đối của không khí.

A.3.3 Ghi chỉ số thủ công

Đối với dữ liệu được ghi lại thủ công, ba quan sát liên tiếp tại các khoảng thời gian 10 s sẽ được lấy tại từng trạm đo, giá trị trung bình của các quan sát mà sẽ được coi là chỉ số nhiệt độ tại thời điểm đó, tại trạm thiết bị đo đó.

A.3.4 Nhiệt độ bầu khô của không khí đi vào

Nhiệt độ bầu khô đầu vào được đo bằng thông gió cơ khí, ẩm kế không bắc, mỗi thiết bị phải đạt các yêu cầu sau.

- Thiết bị hiển thị và thiết bị ghi phải được đảm bảo với độ tăng không lớn hơn $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Phần tử nhạy nhiệt độ sẽ phải chính xác tới $\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Phần tử nhạy nhiệt độ sẽ được bảo vệ khỏi ánh sáng mặt trời trực tiếp hoặc từ các nguồn nhiệt bức xạ đáng kể khác. Nhiệt độ của thiết bị bảo vệ sẽ trong khoảng $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ của nhiệt độ xung quanh bầu khô.
- Trong trường hợp sử dụng đầu dò nhiệt độ bầu khô, thiết bị bảo vệ sẽ có thể khởi động tuần hoàn không khí gây ra từ tháp xung quanh đầu dò.

A.3.5 Môi trường xung quanh bầu khô

Nhiệt độ của không khí xung quanh bầu khô sẽ được đo, nếu bắt buộc, tại một cột khí tượng cố định cao 10 m, được đặt tại vị trí cách tháp ít nhất 300 m. Yêu cầu ít nhất một đầu đo nhưng ưu tiên sử dụng ba đầu đo. Các đầu đo sẽ được che chắn và bảo vệ khỏi mưa giống như được lắp đặt cho các mục đích khí tượng.

A.3.6 Gradien khí quyển (hút gió tự nhiên và hút gió tự nhiên được trợ giúp bởi quạt)

Gradien khí quyển, nơi có thể đo đặc trực tiếp, sẽ được xác định bằng sử dụng nhiệt độ bầu khô, việc đo đặc được thực hiện với độ lớn không hơn 60 m theo chiều thẳng đứng sử dụng tháp khí tượng, phong vũ tính khí áp (tethersonde), hoặc các dụng cụ tương tự.

A.3.7 Độ chính xác đo đặc bầu

Khi đo nhiệt độ không khí đi vào bầu khô là đại diện cho phương pháp duy nhất của việc xác định các đặc tính vật lý của không khí đi vào trong tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, độ chính xác của phép đo từ 1 °C tới 3 °C cho nhiệt độ trung bình bầu khô thường là chấp nhận được. Trong hầu hết các trường hợp, điều này có thể đạt được bằng các giá trị trung bình của một trạm đo riêng lẻ, hoặc với hầu hết hai trạm đo. Một ẩm kế hút khí cơ học của loại được miêu tả ở phía trên sẽ được sử dụng, với bậc được loại bỏ. Từng giá trị sẽ đạt các yêu cầu sau.

- a) Phần tử nhạy cảm nhiệt độ được bảo vệ khỏi ánh sáng mặt trời trực tiếp hoặc các nguồn của nhiệt bức xạ đáng kể. Thiết bị bảo vệ nằm trong khoảng 1 °C của nhiệt độ xung quanh bầu khô.
- b) Vận tốc không khí qua phần tử nhạy cảm nhiệt độ nên đạt ít nhất 2 m/s và tốt nhất là giống với ẩm kế bầu ướt.

A.4 Các phép đo áp suất

A.4.1 Áp dụng chung

Áp suất sẽ được đo bằng áp kế, máy đo, bộ cảm biến, hoặc các thiết bị đo hoặc hệ thống thiết bị phù hợp với quy mô của áp suất cần đo.

A.4.2 Độ chính xác và thang chia

Độ chính xác của thiết bị và thang chia tối đa sẽ tuân theo các giá trị được liệt kê trong Bảng A.2 cho phạm vi đo của thiết bị.

Bảng A.2 – Độ chính xác thiết bị đo và khoảng thang đo

Dải áp suất Pa	Độ chính xác Pa	Khoảng thang chia tối đa Pa
250 đến 500	2	5
501 đến 1000	5	10
1000	10	20

A.4.3 Vòi áp lực

Các vòi trong các ống dẫn cao áp cho các phép đo áp suất phải nhỏ nhất có thể và không có gờ (burr) cũng như không có tính bất đồng đều.

A.4.4 Sụt áp của thiết bị trao đổi nhiệt

Các trạm cho việc đo đặc độ sụt áp của lưu chất làm việc đi qua thiết bị trao đổi nhiệt của tháp giải nhiệt kín hoặc tháp ướt/khô sẽ được đặt càng gần càng tốt với các vòi nạp và xả theo thiết kế của (các) thiết bị trao đổi nhiệt. Khi lưu chất làm việc không thay đổi trạng thái, kích thước ống dẫn áp sẽ giống nhau tại cả hai trạm đo cửa nạp và cửa xả, hoặc các chỉ số sẽ được hiệu chỉnh cho sự khác nhau trong vận tốc ở các điểm của phép đo. Các hiệu chỉnh sẽ được thực hiện cho việc điều chỉnh cho các đoạn nối ống hoặc bất kì tổn thất khác gây ra những chênh lệch áp suất giữa điểm đo đặc và các vòi. Nếu các đo đặc riêng biệt được tiến hành tại các vòi cửa nạp và xả, chênh lệch đo sẽ được điều chỉnh theo chênh lệch về độ cao giữa hai điểm đo.

A.4.5 Áp suất khí quyển

Áp suất khí quyển sẽ được đo bằng một khí áp kế chuẩn, độ chính xác tới $\pm 0.1 \%$ của chỉ số đọc.

A.5 Công suất động cơ quạt

A.5.1 Quy định chung

Công suất đầu ra của động cơ quạt đầu ra sẽ được xác định từ công suất đo đầu vào, được điều chỉnh cho hiệu suất của bộ dẫn động và động cơ.

A.5.1.1 Công suất đầu vào

Trong trường hợp các động cơ điện, công suất đầu vào sẽ được xác định bằng phép đo trực tiếp công suất đầu vào động cơ bằng kilowatt tại vị trí mà thiết bị đo có thể đo một cách chính xác công suất đầu vào tổng của thiết bị. Trang thiết bị đo được sử dụng sẽ đo giá trị bình phương trung bình công suất gốc thực (giá trị hiệu dụng) với một độ chính xác 0,1 % của giá trị đo được. Nếu có khoảng cách giữa điểm của phép đo và các động cơ, một hiệu chỉnh tổn hao trên đường dây sẽ được ước lượng, trừ khi phương án khác được đồng ý bởi toàn bộ đơn vị tham gia.

A.5.1.2 Bộ đổi biến đổi tần số

Nếu động cơ điện được trang bị một bộ đổi biến tần (VFD) hoặc thiết bị biến đổi công suất khác, các phương pháp tương ứng (như nối tắt thiết bị - bypassing the device) sẽ được thực hiện để đảm bảo phép đo chính xác và không tác động thay đổi tốc độ nào được thực hiện với quạt trong khoảng thời gian của thử nghiệm.

A.5.2 Hiệu suất

Hiệu suất được công bố bởi nhà sản xuất của động cơ quạt có thể được sử dụng để tính toán đầu ra động cơ từ đầu vào phép đo.

A.6 Vận tốc gió

A.6.1 Quy định chung

Vận tốc gió sẽ được đo với một phong kế dạng khí tượng và mũi tên gió, ưu tiên việc đọc và ghi từ xa. Số trạm đo và vị trí của chúng phụ thuộc vào loại tháp được thử nghiệm.

A.6.2 Các tháp giải nhiệt thông gió cơ khí

Đối với các tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, phép đo vận tốc gió sẽ được thực hiện tại vị trí mở và không có bị cản trở, theo chiều gió thổi của tháp và xa vùng ảnh hưởng của vận tốc không khí tiếp cận tại cửa nạp. Công tác bảo dưỡng sẽ được thực hiện để đảm bảo vận tốc và hướng gió được ghi chép miêu tả của các điều kiện gió ảnh hưởng tháp. Công tác bố trí của thiết bị đo đặc gió là nội dung nằm trong thỏa thuận chung của các đơn vị tham gia vào thử nghiệm. Hướng gió sẽ được ghi chép trong các bộ la bàn với điểm quy chiếu hướng bắc được chỉ báo rõ ràng.

A.6.2.1 Đối với các tháp giải nhiệt với chiều cao tổng 6 m hoặc ít hơn, vận tốc gió sẽ được đo cách 1,5 m phía trên độ cao của miệng bể, tại điểm trong khoảng 15 m tới 30 m của tháp, nếu có thể.

A.6.2.2 Khi khoảng cách giữa miệng bể và độ cao cửa xả vượt quá 6 m, vận tốc gió sẽ được đo tại độ cao phía trên độ cao miệng bể xấp xỉ một nửa hiệu số giữa miệng bể và chiều cao cửa xả, và tại khoảng cách ít nhất 30 m từ tháp, nếu có thể.

A.6.3 Tháp giải nhiệt hút gió tự nhiên

A.6.3.1 Đối với tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, vận tốc gió sẽ được đo tại hai vị trí.

A.6.3.2 Mờ vỏ

Tại một mặt phẳng nằm ngang mờ rộng qua cửa xả mờ tại đỉnh của vỏ tại một điểm trong khoảng 45 m tới 450 m từ rìa vỏ, nếu có thể.

A.6.3.2.1 Trong các trường hợp nơi mà đo đặc tốc độ gió tại đỉnh vỏ là không khả thi, một thiết bị chỉ thị của các điều kiện gió tại đỉnh vỏ sẽ biểu thị cột khí tại cửa xả. Với một thử nghiệm được chấp nhận, việc quan sát các cột khí sẽ chỉ ra rằng chúng có hoàn toàn điền đầy vỏ cửa xả (shell outlet) và đi lên theo chiều thẳng đứng cho khoảng cách tối thiểu xấp xỉ một nửa đường kính cửa xả. Vận tốc đỉnh vỏ sẽ không liên quan cho trường hợp của các thử nghiệm mờ rộng.

A.6.3.2.2 Tại một độ cao bằng một nửa độ cao cửa nạp và khoảng cách từ tháp giải nhiệt mà tại đó ít nhất gấp đôi chiều cao cửa nạp không khí và không ít hơn một phần tư đường kính cơ bản của tháp.

A.7 Các phép đo cho cột áp bơm tháp

Hai phép đo được yêu cầu cho việc xác định cột áp bơm tháp:

a) Dụng cụ đo áp suất tĩnh tại đường tâm của ống nối đầu vào nước tái tuần hoàn, được biểu thị

bằng đồng hồ đo nước.

- b) Khoảng cách theo chiều thẳng đứng đo được giữa đỉnh của miệng bể và đường tâm của ống nối đầu vào nước tái tuần hoàn, được biểu thị trên đồng hồ đo.

A.8 Phép đo thời gian

Các phép đo thời gian, nếu được sử dụng để xác định lưu lượng dòng chảy, sẽ được thực hiện bằng các thiết bị có độ chính xác $\pm 0,5 \%$ của thời gian trôi qua đo được. Độ chính xác này sẽ bao gồm bất kỳ sai số bất định liên quan đến bắt đầu và kết thúc thiết bị đo.

A.9 Phân tích nước

Một mẫu của nước tuần hoàn và, nếu có thể áp dụng được, lưu chất làm việc, sẽ được lấy trong quá trình thử nghiệm. Nếu có bất kỳ câu hỏi liên quan đến chất lượng nước tuần hoàn hay lưu chất làm việc, mẫu sẽ được phân tích bởi phòng thí nghiệm uy tín để xác định thành phần của lưu chất.

Phụ lục B

(Quy định)

Xác định bầu ướt

B.1 Quy định chung

Phụ lục B quy định các phương pháp và trang thiết bị để đo nhiệt độ/độ ẩm tương đối của bầu ướt một cách chính xác cho mục đích thử nghiệm tháp giải nhiệt. Phụ lục không quy định các chi tiết đầy đủ của các thiết bị được yêu cầu để đảm bảo các thiết bị được thiết kế tốt mà đã được sự chấp thuận tại nhiều nước khác nhau, không bị loại trừ một cách tùy tiện.

Phương pháp này, chỉ ghi rõ các đặc tính cần thiết của một vài loại quan trọng của ẩm kế đo độ ẩm bằng so nhiệt độ trên bầu khô và ướt và ẩm kế khí quyển, cần thiết có vài giới hạn. Vì vậy, nên hiểu rằng, một qui trình chuẩn phải tuân theo cả các yêu cầu liệt kê trong Phụ lục B và các khía cạnh chi tiết của thiết kế và qui trình không được chỉ rõ trong phụ lục này.

B.2 Định nghĩa

Cho các mục đích của Phụ lục B, các định nghĩa sau sẽ được sử dụng:

Nhiệt ẩm kế kiểu hút (aspirated psychrometer): một nhiệt ẩm kế bao gồm đầy đủ tính năng hút gió một cách cơ học đi qua các nhiệt kế tại vài vận tốc được định trước.

Điểm sương (dewpoint): nhiệt độ tại đó hơi nước đã đạt đến điểm bão hòa (độ ẩm tương đối 100 %);

Nhiệt độ bầu khô (wet-bulb temperature): Nhiệt độ của không khí đo được bởi một nhiệt kế với một cảm biến khô, được bảo vệ khỏi bức xạ bên ngoài;

Ẩm kế (hygrometer): Một thiết bị đo để xác định trực tiếp mức độ độ ẩm tương đối của không khí ẩm;

Nhiệt ẩm kế (psychrometer): Một thiết bị dùng việc xác định độ ẩm tương đối bằng việc sử dụng hai nhiệt kế để đo nhiệt độ không khí tại bầu ướt và bầu khô;

Độ ẩm tương đối (Relative humidity): Tỷ lệ, bằng phần trăm, của tỷ lượng mol của hơi nước trong một mẫu không khí đối với tỷ lượng mol của mẫu đã được bão hòa tại cùng nhiệt độ và áp suất;

Áp suất hơi nước bão hòa (saturation vapour pressure): Áp suất hơi nước tối đa có thể được ứng hợp bởi một mẫu không khí tại một nhiệt độ và áp suất đã cho;

Nhiệt ẩm kế dây văng (sling psychrometer): Một nhiệt ẩm kế ở trong ấy sự di chuyển của không khí qua nhiệt kế được tạo bởi sự chuyển động xoay nhanh thiết bị, thông thường được làm thủ công;

Thân (Stem): Phần của nhiệt kế mà không chứa cảm biến;

Nhiệt kế (thermometer): bất kỳ thiết bị hoặc hệ thống đo nhiệt độ;

Áp suất hơi nước (Vapour pressure): một số phần của áp suất môi trường xung quanh là bởi vì số phần của hơi nước trong mẫu không khí;

Độ hạ bầu ướt (Wet-bulb depression): Chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ bầu khô và bầu ướt của mẫu không khí;

Nhiệt độ bầu ướt (wet-bulb temperature): Nhiệt độ cân bằng được đo bởi một nhiệt kế với một cảm biến, được bảo vệ khỏi bức xạ bên ngoài và được che phủ bằng một bầu ướt, được đặt trong một dòng không khí đang di chuyển. Nó gần xấp xỉ, nhưng không bằng, nhiệt động học nhiệt độ bầu ướt (phần đo nhiệt hoàn toàn).

B.3 Tài liệu tham khảo

Xem các tài liệu tham khảo [33] đến [36].

B.4 Nhiệt ẩm kế

B.4.1 Quy định chung

B.4 hướng tới sử dụng các nhiệt ẩm kế kiểu hút cơ học để xác định nhiệt độ bầu ướt và/hoặc bầu khô của không khí vượt quá biên độ của nhiệt độ không khí trong dải từ $\pm 5^\circ\text{C}$ của các điều kiện thử nghiệm được mong chờ.

B.4.2 Nguyên lý

Các nhiệt ẩm kế công nghiệp, nếu được thiết kế và tối ưu, thì phù hợp và thích hợp cho thử nghiệm tháp giải nhiệt. Thông thường, chúng bao gồm một hoặc hai nhiệt kế, một trong hai nhiệt kế được duy trì trong điều kiện ướt với một bầu được làm ẩm ở trên cảm biến. Các phần cảm biến của nhiệt kế được bảo vệ tốt khỏi bức xạ nhiệt bên ngoài và một quạt thổi được sử dụng để lưu thông không khí trong thiết bị tại một vận tốc xác định qua các cảm biến. Sự bay hơi từ bề mặt của cảm biến ướt vào dòng khí làm mát cảm biến đến nhiệt độ ổn định mà tại đó có sự cân bằng giữa nhiệt mất đi qua quá trình bay hơi và nhiệt tăng lên qua quá trình đối lưu và bức xạ.

CHÚ THÍCH: Việc bảo vệ bức xạ là cực kỳ cần thiết trong nhiệt ẩm kế được sử dụng trong liên kết với thử nghiệm tháp giải nhiệt tại hiện trường bởi nhiệt ẩm kế luôn phơi trần dưới ánh sáng mặt trời mạnh và độ hạ bầu ướt lớn đến 20°C có thể được bắt gặp.

B.4.3 Nhiệt kế

B.4.3.1 Quy định chung

Nhiệt kế có thể là dạng thủy ngân trong thủy tinh (trong trường hợp mà chúng sẽ loại nhúng chìm một phần), điện trở, hoặc các loại khác chiếu theo A.3.1 với dải nhiệt mở rộng ít nhất 5°C phía trên và dưới dải nhiệt độ được kì vọng của phép đo thử nghiệm. Độ chính xác sẽ là độ bất định trong

giá trị của độ hạ bầu ướt không lớn hơn $\pm 0,1$ °C, bao gồm bất kì độ bất định liên kết với hiệu chuẩn.

B.4.3.2 Các cảm biến nhiệt độ

Các cảm biến nhiệt độ về cơ bản có dạng hình trụ, được gắn vào phần thân, đồng trục với cảm biến. Đường kính của cảm biến, thông thường khoảng 6 mm, do một phần nào cần cho độ khít, sẽ không khác biệt về bản chất so với cái ở phần thân. Đầu tự do của cảm biến nên là tròn nhẵn.

B.4.3.3 Lắp ráp nhiệt kế

Nhiệt kế sẽ được lắp ráp với các trục của cảm biến song song và tách biệt bởi một khoảng cách không ít hơn ba lần tổng đường kính của cảm biến ướt (bao gồm lớp bao phủ bên ngoài bầu ướt) và vì thế một đường được vẽ để nối đầu tự do của cảm biến là vuông góc với các trục.

B.4.3.4 Độ hở nhiệt kế

Phần thân của từng nhiệt kế sẽ phải loại bỏ cấu trúc cản trở và được tiếp xúc tự do tới dòng không khí trên một độ dài, được đo từ một cảm biến, có chiều dài không nhỏ hơn 1,5 lần chiều dài của bậc che phủ cảm biến được miêu tả trong B.4.4.4.

B.4.3.5 Dây nối điện

Các dây nối của nhiệt kế điện sẽ được bao gồm bên trong đuôi tựa và sẽ được cô lập khỏi độ ẩm trong lớp vỏ bọc bầu ướt.

B.4.4 Lớp vỏ bọc bầu ướt, bắc và bầu nước

B.4.4.1 Lớp vỏ bọc bầu ướt

Lớp vỏ bọc bầu ướt sẽ được chế tạo từ vải muxolin bông, chưa xử lý, hút nước được làm từ sợi chỉ có mật độ trong khoảng 1 tex và 15 tex (tex – đơn vị mật độ của sợi) và có 20 đến 25 sợi chỉ cho mỗi cm sợi dọc và sợi ngang. Ống bọc ngoài liền một mảnh được ưu tiên, nhưng một đường may nối được cho phép vì điều này không làm tăng đáng kể độ nhám mà dẹt gây ra cho bề mặt.

B.4.4.2 Vệ sinh lớp vỏ bọc được chế tạo

Sau khi chế tạo, lớp vỏ bọc và bắc sẽ được giặt trong một dung dịch loãng của natri carbonat và rửa hoàn toàn với nước cất. Sau quá trình này, không nên chạm tay vào bắc.

B.4.4.3 Lắp lớp vỏ bọc được chế tạo

Lớp bọc sẽ che phủ hoàn toàn và khít với cảm biến. Nó sẽ mở rộng lên trên phần thân một khoảng cách mà lõi trong nhiệt độ bầu ướt được quan sát bởi độ dẫn nhiệt dọc theo phần thân không vượt quá 0,05 °C. Tấm bắc sẽ được buộc với sợi chỉ bông, và quay mặt bên trong ra ngoài, vì thế phần dư/độ dôi vượt qua tie-off nằm bên trong đối diện đầu của cảm biến. Điều này làm giảm độ hở giữa đầu của cảm biến và bắc.

B.4.4.4 Lắp đặt bắc

Bắc nối với lớp bọc tới bề chứa nước sẽ bao gồm các sợi chỉ bông trắng xoắn lại và có mặt cắt tối thiểu phù hợp với một bầu nước đầy đủ cung cấp cho bầu ướt cho tỷ lệ bay hơi cao nhất. Độ dài tự do của bắc sẽ bằng ít nhất hai lần đường kính bầu ướt và ít nhất ba lần đường kính bắc để đảm bảo nước đến lớp vỏ bọc đã gần bằng nhiệt độ bầu ướt. Bắc phải được làm mềm.

B.4.4.5 Loại bỏ tiếp xúc không khí với bầu ướt

Khác với trong vùng lân cận trực tiếp của kết nối tới lớp vỏ bọc, không khí mà di chuyển bỏ qua bắc sẽ không chạm đến bầu ướt. Với sự thông gió chiều trục, bắc sẽ được gắn với phần của lớp vỏ bọc mở rộng lên trên phần thân.

B.4.4.6 Hệ thống bầu chứa nước

Bầu chứa nước sẽ phải chứa đủ thể tích nước để cung cấp đủ nước cho bắc và lớp vỏ bọc bầu ướt trong khoảng thời gian ít nhất một giờ tại tốc độ bay hơi cao nhất. Để đảm bảo một dòng chảy đủ của nước tới lớp vỏ bọc, mức nước trong bầu sẽ không ít hơn 25 mm dưới mức của thấp nhất của bầu ướt.

B.4.4.7 Loại dòng không khí với bề nước

Bề nước sẽ không được cản trở dòng không khí qua nhiệt ẩm kế và nước chứa của nó không được ảnh hưởng đến độ ẩm của mẫu không khí.

B.4.5 Dòng không khí**B.4.5.1 Hút gió của nhiệt ẩm kế**

Nhiệt ẩm kế sẽ được hút gió cơ học (cưỡng bức), ưu tiên sử dụng một quạt điện, tạo ra một vận tốc không khí ổn định trên bầu ướt và khô trong dải giữa 3 m/s và 6 m/s.

B.4.5.2 Hướng của dòng không khí

Hướng của dòng không khí sẽ từ đầu tự do của từng cảm biến hướng đến đầu trụ đỡ. Mẫu không khí sẽ không đi qua bất kì vật cản nào hoặc qua quạt trước khi nó đi qua bầu ướt và khô.

B.4.5.3 Loại bỏ dòng không khí trên bầu khô

Không để không khí được làm lạnh bởi bầu ướt hoặc bởi bắc tiếp xúc với bầu khô. Không khí được xả từ thiết bị sẽ không được tuần hoàn cục bộ hòa trộn với không khí mới đến.

B.4.6 Tấm chắn bức xạ**B.4.6.1 Kích thước của lớp tấm chắn bức xạ**

Các tấm chắn bức xạ sẽ phải là kim loại, dày 0,4 đến 0,8 mm. Bề mặt phải được làm bóng và phải được làm từ một kim loại trần duy trì độ bóng.

B.4.6.2 Tấm chắn bức xạ đồng tâm hướng thông gió

Với sự thông gió chiều trục, các tấm chắn bức xạ đồng tâm, được làm bóng mặt trong và ngoài, sẽ được bổ sung cho bầu ướt và khô (Tấm chắn quanh bầu ướt đóng một vai trò sống còn trong việc giảm truyền nhiệt bức xạ giữa bầu và không khí xung quanh, xấp xỉ hệ số ba). Đường kính của tấm chắn sẽ không nhỏ hơn 1,8d và không lớn hơn 2,5d, trong đó d là đường kính tổng bầu ướt, bao gồm cả lớp vỏ bọc. Chiều dài và vị trí của nó sẽ là phần nhô phía trên từng đầu của lớp vỏ bọc ướt không nhỏ hơn d và không lớn hơn 3d. Cửa vào tấm chắn sẽ là được loe ra với hình dạng hình loe để ngăn ngừa sự tách biên dòng chảy bên trong tấm chắn. Tấm chắn cũng có sử dụng như một ống dẫn cho dòng không khí.

Nếu cặp thứ hai của tấm chắn bức xạ dạng trụ đồng tâm được bổ sung bên ngoài trước, chúng phải được làm bóng mặt trong và ngoài và tấm chắn bên trong sẽ phải là các ống trụ đồng nhất toàn bộ chiều dài. Lối vào của mỗi tấm chắn ngoài cùng sẽ hơi tiến về phía lối vào của tấm chắn bên trong và có dạng hình loe. Thiết kế nên tạo một vận tốc không khí giữa tấm bên trong và bên ngoài tương đương với vận tốc khí của tấm bên trong.

B.4.6.3 Tấm chắn bức xạ dạng tấm song song cho thông gió ngang

Với dạng thông gió ngang, các tấm chắn bức xạ dưới dạng các tấm song song sẽ được bổ sung để bảo vệ cảm biến ướt và khô khỏi bức xạ bên ngoài. Một tấm chắn bảo vệ cũng có thể được bổ sung giữa các cảm biến. Các tấm chắn sẽ được loe ra hướng bên ngoài lối ra để ngăn ngừa sự phân tách biên dòng chảy bên trong và định hướng hướng dòng không khí đến toàn bộ cảm biến và phần thân và bắc nằm trong tấm chắn bảo vệ. Bất kỳ bề mặt tấm chắn nào đối mặt với một hoặc hai cảm biến sẽ phải có dạng phẳng màu đen; tất cả các bề mặt còn lại sẽ được làm bóng.

B.5 Âm kế

B.5.1 Quy định chung

B.5 hướng tới sử dụng âm kế để xác định độ ẩm tương đối của không khí đi vào hoặc môi trường xung quanh. Dải xác định phụ thuộc vào địa điểm, và có thể được ghi rõ theo hợp đồng. Nếu không âm kế có thể mở rộng không ít hơn 30 % tới 95 % trên một biên độ của nhiệt độ của không khí trong dải từ $\pm 5^{\circ}\text{C}$ với các điều kiện thử nghiệm mong đợi.

B.5.2 Khái quát các thiết bị hiện có

B.5.2.1 Âm kế

Âm kế là các thiết bị công nghiệp, phù hợp cho thử nghiệm các tháp giải nhiệt, miễn là chúng được sử dụng hợp lý. Một vài loại âm kế có sẵn, loại phổ biến hơn là âm kế có điện trở và âm kế điện dung.

B.5.2.2 Sự cần thiết của việc hiệu chỉnh âm kế

Nguyên tắc của việc đo đạc dựa trên hướng dẫn của nhà sản xuất, việc đảm bảo không có bất kỳ

giá trị nào đo được vượt quá một biên độ riêng của nhiệt độ bầu khô và độ ẩm tương đối. Tuy nhiên, cần thiết để kiểm tra sự điều chỉnh những thiết bị như thế trước khi sử dụng do thực tế các tín hiệu đầu ra có thể khác nhau giữa hai thiết bị từ cùng một loại. Việc kiểm tra sự điều chỉnh của bất kì ẩm kế nào đều tiêu tốn thời gian và tiền bạc bởi nó yêu cầu điều chỉnh một cách lý tưởng nhiều giá trị độ ẩm tương đối cho bất kì nhiệt độ bầu khô nào.

B.5.3.2 Lựa chọn ẩm kế

Kinh nghiệm chỉ ra rằng ẩm kế điện dung đáng tin cậy và thông thường có chất lượng tốt hơn ẩm kế điện trở. Theo đó, cho đến nay dường như ẩm kế nhiệt dung là thiết bị phù hợp nhất cho phép đo độ ẩm tương đối hoặc thử nghiệm tháp giải nhiệt.

B.5.3 Ẩm kế điện dung

B.5.3.1 Dải đo

Dải đo của biên độ sử dụng của chúng từ 0 % tới 100% độ ẩm tương đối, cho một dải đo của nhiệt độ bầu khô từ - 40 °C tới 100 °C. Thời gian đáp ứng của chúng trong vòng vài giây, nhưng có thể lâu hơn khi độ ẩm tương đối vượt quá 90 %. Thông thường, độ chính xác là $\pm 3,0$ %.

B.5.3.2 Điều chỉnh

Điều chỉnh thực tế chỉ yêu cầu kiểm tra ba điểm: nó phù hợp để điều chỉnh độ ẩm tương đối 20 %, 50 % và 80 % tại giá trị duy nhất của nhiệt độ bầu ướt, có thể 23 °C, hoặc bất kì giá trị nào phụ thuộc vào vị trí lắp đặt.

B.5.3.3 Tắm chắn bảo vệ

Ẩm kế điện dung sẽ được chắn bảo vệ khỏi bức xạ bên ngoài và được bảo vệ khỏi mưa cũng như gió mạnh, để tránh bất kì sự rung lắc của cảm biến mà có thể dẫn đến các giá trị điện dung sai. Tuân hoàn không khí quanh ẩm kế bên trong thiết bị bảo vệ được cho phép.

B.5.3.4 Lắp đặt

Khi ẩm kế đặt ở cửa nạp không khí để đo độ ẩm tương đối không khí đi vào, sự tuân hoàn không khí thích hợp được thực hiện trực tiếp từ hệ thống thông gió. Khi ẩm kế đặt lên đỉnh cột khí tượng để đo độ ẩm tương đối không khí xung quanh, một quạt thổi nên được sử dụng để thông gió ẩm kế bên trong thiết bị bảo vệ, với vận tốc của không khí khoảng 2 m/s.

B.5.3.5 Các lỗi được gây ra bởi sự ngưng tụ

Người sử dụng thiết bị điện dung nên nhận thức rằng nếu sự ngưng tụ xảy ra trên thiết bị (ví dụ dưới điểm sương), giá trị đọc là không đáng tin cho đến khi thiết bị trở nên hoàn toàn khô ráo.

Phụ lục C

(Quy định)

Vị trí đo nhiệt độ không khí vào

C.1 Vị trí thiết bị đo bầu ướt (hoặc bầu khô và độ ẩm tương đối)

C.1.1 Nhiệt độ không khí vào bầu ướt (hoặc bầu khô và độ ẩm tương đối)

Đối với việc đo đặc nhiệt độ cửa vào bầu ướt, các thiết bị sẽ được đặt xấp xỉ 1,5 m bên ngoài cửa không khí vào. Sự bảo dưỡng nên được thực hiện để đảm bảo rằng việc bắn tóe tại cửa nạp không khí không ảnh hưởng đến các thiết bị. Số lượng các trạm đo phải đủ để đảm bảo rằng trung bình kết quả thử nghiệm biểu diễn một cách chính xác nhiệt độ trung bình đầu vào bầu ướt. Số lượng các trạm thiết bị đo được xác định theo loại tháp. Tiếp đó, hệ thống đường dây nối các trạm có thể được phát triển cho các trạm bầu ướt trên cửa nạp không khí của tháp. Các nguyên lý giống nhau áp dụng tại vị trí của bầu khô, và các thiết bị độ ẩm tương đối được sử dụng thay thế vào thiết bị bầu ướt. Trong trường hợp đó, số lượng tối thiểu của các mức nằm ngang cho độ ẩm tương đối sẽ là một.

C.1.2 Các trạm đo

Số lượng tương đối các trạm đo đặc cần phải được lắp đặt trên mỗi mặt cửa vào tháp để đảm bảo đo đặc thử nghiệm là đại biểu cho nhiệt độ bầu ướt. Khi xác định số lượng các điểm đo trên một mặt đã biết, cần chú ý tới khả năng xuất hiện không khí quẩn (tái tuần hoàn) và vùng giao thoa. Trong bất kì trường hợp nào, số lượng các điểm đo đặc trên bất kì mặt cửa vào sẽ không ít hơn N_{wb} như được xác định phía dưới, được làm tròn lên tới số nguyên tiếp theo.

Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí	$N_{wb} = 0,65 (A)^{0,33}$	
Tháp giải nhiệt ướt/khô	$N_{wb} = 0,65 (A)^{0,33}$	
Tháp giải nhiệt kín	$N_{wb} = 0,65 (A)^{0,33}$	
Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí đa giác hoặc tròn	$N_{wb} = 0,65 (A)^{0,4}$	
Tháp giải nhiệt tự nhiên	$H_{ai} < 12 \text{ m}$	$N_{wb} = 12$
	$H_{ai} > 12 \text{ m}$	$N_{wb} = 16$

CHÚ THÍCH: Với N_{wb} = số nhỏ nhất của thiết bị bầu ướt và A = diện tích mặt cửa nạp không khí, được biểu diễn bằng mét vuông.

C.1.3 Các mức ngang

C.1.3.1 Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí

C.1.3.1.1 Đường lưới

Các trạm thiết bị đo bầu ướt nên được đặt tại giao điểm của đường lưới dọc và ngang được xác định từ tổng số các trạm bầu ướt ở trên và chiều cao cửa nạp không khí theo chiều thẳng đứng. Số của mức nằm ngang (GL_n) được xác định theo hướng dẫn sau:

Chiều cao của khí vào	Số lượng của mức lưới ngang (GL)
< 4 m	GL = 1
< 8 m	GL = 2
< 15 m	GL = 3
> 15 m	GL = 4

C.1.3.1.2 Các mạng lưới nằm ngang

Các đường lưới nằm ngang có thể được lắp đặt dựa trên các công thức sau:

Số các mức mạng lưới nằm ngang (G/L)	Chiều cao của mức mạng lưới (H_i)
GL = 1	$H1 = H_{ai} \times 0,5$
GL = 2	$H1 = H_{ai} \times 0,25; H2 = H_{ai} \times 0,5$
GL = 3	$H1 = H_{ai} \times 0,167; H2 = H_{ai} \times 0,75; H3 = H_{ai} \times 0,833$
GL = 4	$H1 = H_{ai} \times 0,125; H2 = H_{ai} \times 0,375;$
	$H3 = H_{ai} \times 0,625; H4 = H_{ai} \times 0,875$

Trong đó

$H1$ đến $H4$ là chiều cao của từng đường lưới nằm ngang;

H_{ai} là chiều cao cửa nạp không khí.

C.1.3.2 Hút gió tự nhiên

Các vị trí bầu ướt nên được đặt tại giao của lưới thẳng đứng và nằm ngang.

C.1.3.2.1 Các mức nằm ngang

Như trong C.1.3.1.1, số mức nằm ngang (GL) được xác định từ hướng dẫn sau

Chiều cao cửa nạp không khí	Số các mức mạng lưới nằm ngang (G/L)
< 12 m	GL = 3
> 12 m	GL = 4

C.1.3.2.2 Các mạng lưới nằm ngang

Các đường lưới nằm ngang là để định vị trí dựa trên công thức sau:

Số các mức mạng lưới nằm ngang (G/L)	Chiều cao của mức đường lưới (s)
GL = 3	H1 = H _{ai} x 0,167; H2 = H _{ai} x 5, H3 = H _{ai} x 0,833
GL = 4	H1 = H _{ai} x 0,125; H2 = H _{ai} x 0,375, H3 = H _{ai} x 0,625; H4 = H _{ai} x 0,875

C.1.4 Các dây đường lưới thẳng đứng

Số của dây lưới cách đều nhau (GS) được xác định từ công thức (C.1).

$$GS = N_{wb} / GL \tag{C.1}$$

Trong đó

GS là số lượng lưới;

N_{wb} là điểm đo;

GL là số lượng đường lưới.

C.1.5 Vị trí của các thiết bị trong những mặt cắt diện tích bằng nhau

Nếu có thể, nhiệt độ không khí sẽ phải được đo tại tâm của các mặt cắt cửa nạp không khí có diện tích bằng nhau. Trong trường hợp tháp giải nhiệt ướt/khô, các thiết bị đo nên được đặt phía trước cửa nạp không khí cả khu vực ướt và khô, được xử lý như từng mặt cắt riêng lẻ.

C.2 Vị trí của dụng cụ đo nhiệt độ bầu khô của không khí đầu vào

Đối với các đo đặc của nhiệt độ cửa nạp bầu khô trên các tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên có hỗ trợ quạt, thông gió tự nhiên và ướt/khô, các trang thiết bị nên được đặt trên cùng một giá đỡ như đối với nhiệt độ bầu ướt.

Phụ lục D

(Quy định)

Tính chất nhiệt động học của không khí ẩm**D.1 Quy định chung**

Phụ lục D cung cấp dữ liệu nhiệt ẩm kế tin cậy, được phát triển từ định luật khí lý tưởng cho không khí ẩm và khô với các hiệu chỉnh để giải thích cho ảnh hưởng của các khí hòa tan lên các đặc tính của pha ngưng tụ, ảnh hưởng của áp suất lên các đặc tính của pha ngưng tụ và ảnh hưởng của lực giữa các phân tử lên đặc tính của chính độ ẩm của nó. Dữ liệu được cung cấp theo hai dạng, chương trình máy tính liệt kê trong ngôn ngữ lập trình "BASIC" (dưới đây) và các giá trị bảng biểu đại diện.

D.2 Dữ liệu nhiệt ẩm kế

Những dữ liệu nhiệt ẩm kế được cung cấp, tin rằng chúng không chính xác hơn hệ thống khác, nhưng thay vào đó, phần nào cung cấp một nguồn tiện lợi cho tất cả các đơn vị tham gia để thử nghiệm, việc sử dụng chúng sẽ đảm bảo những đánh giá thử nghiệm có tính nhất quán và có thể lặp lại được.

Chương trình PSYCH v3.5	RSB 1/30/97
Chương trình tuân theo các đặc tính nhiệt ẩm kế cơ bản của không khí ẩm trình bày trong ASHRAI 1989 cơ sở. Giả định rằng định luật khí lý tưởng được điều chỉnh bởi hệ số thực nghiệm, Fs. Bảng Fs có một đường cong biểu diễn được hoàn thiện khớp với giá trị Hyland-Wexler bởi RHH (1-97). Các sửa đổi chủ yếu để phân tách các hàm tính chất hệ SI và tính toán toàn bộ một cách rõ ràng dựa theo các phương trình trong ASHRAE 1993. Công thức hệ SI vẫn sử dụng tính chỉnh RHH Fs (đơn vị IP). Tất cả giá trị khác hoàn toàn tuân theo ASHRAE 1993 SI.	

DEF FNFs (t, P)

NEW IMPROVED FS Enhancement Factor 0 – 200 °F — RHH 1-19-97

$$C1 = 1,000119$$

$$C2 = 9,184907E-06$$

$$C3 = 1,286098E-11$$

$$C4 = -1,593274E-13$$

$$C5 = 2,872637E-04$$

$$C6 = -1,618048E-06$$

$$C7 = 1,467535E-08$$

$$C8 = 2,41896E-12$$

TCVN 13050:2020

$$C9 = -1,371762E-10$$

$$C10 = -8,565893E-10$$

$$C11 = 1,229524E-10$$

$$C12 = -2,336628E-11$$

$$FS1\# = C1 + C2 * t + C3 * t^4 + C4 * t^5 + C5 * P + C6 * P * t$$

$$FS1\# = FS1\# + C7 * P * t^2 + C8 * P * t^4 + C9 * t * P^4$$

$$FNFs = FS1\# + C10 * t^2 * P^2 + C11 * t^2 * P^3 + C12 * P^2 * t^3$$

END DEF

Function calculates IP Vapour pressure of Water Vapour (-148 ° F to 392 ° F)

DEF FNIPPws (tair!)

Calculate saturation pressure at t!

IF tair! ≤ 32, then

$$C8 = -10\,440,397\,08\#$$

$$C9 = -11,294\,649\,6\#$$

$$C10 = -0,027\,022\,355\#$$

$$C11 = 0,000\,012\,890\,36\#$$

$$C12 = -0,000\,000\,002\,478\,068\#$$

$$C13 = 6,545\,967\,3\#$$

$$t = tair! + 459,67$$

$$\text{LnPws} = C8 / t + C9 + C10 * t + C11 * t * t + C12 * t * t * t + C13 * \text{LOG}(t)$$

$$\text{FNIPPws} = \text{EXP}(\text{LnPws}) \text{ 'ASHRAE Formula (4)}$$

ELSE

$$C1 = -10\,214,164\,62\#$$

$$C2 = -4,893\,503\,01\#$$

$$C3 = -0,005\,376\,579\,44\#$$

$$C4 = 0,000\,000\,192\,023\,769\#$$

$$C5 = 3,557\,583\,16D-10$$

$$C6 = -9,034\,468\,83D-14$$

$$C7 = 4,163\,501\,9\#$$

$$t = tair! + 459,67$$

$$\text{LnPws} = C1 / t + C2 + C3 * t + C4 * t * t + C5 * t * t * t + C6 * t * t * t * t + C7 * \text{LOG}(t)$$

$$\text{FNIPPws} = \text{EXP}(\text{LnPws}) \text{ 'ASHRAE Formula (3)}$$

END IF

END DEF

Function calculates SI Vapour pressure of Water Vapour (-100° to 200°)

DEF FNSIPws (tair!)

Calculate saturation pressure at t!

IF tair! >= 0 THEN

C8 = -5 800,220 6#

C9 = -5,516 256#

C10 = -0,048 640 239#

C11 = 0,000 041 764 768#

C12 = -0,000 000 014 452 093#

C13 = 6,545 967 3#

t = tair! + 273,15

 $\text{LnPws} = C8 / t + C9 + C10 * t + C11 * t * t + C12 * t * t * t + C13 * \text{LOG}(t)$

FNSIPws = EXP(LnPws) 'ASHRAE Formula (4)

ELSE

C1 = -5 674,535 9#

C2 = -0,515 230 58#

C3 = -0,009 677 843#

C4 = 0,000 000 622 157 01#

C5 = 0,000 000 002 074 782 5#

C6 = -9,484 024 000 000 001D-13

C7 = 4,163 501 9#

t = tair! + 273,15

 $\text{LnPws} = C1 / t + C2 + C3 * t + C4 * t * t + C5 * t * t * t + C6 * t * t * t * t + C7 * \text{LOG}(t)$

FNSIPws = EXP(LnPws) 'ASHRAE Formula (3)

END IF

END DEF

DIM UNIT\$(8)

UNIT\$(1) = "BTU/lbm dry air": UNIT\$(2) = "kJ/kg dry air"

UNIT\$(3) = "lb mix/ft^3": UNIT\$(4) = "kg mix/m^3"

UNIT\$(5) = "ft^3/lb dry air": UNIT\$(6) = "m^3/kg dry air"

UNIT\$(7) = "lb water/lb dry air": UNIT\$(8) = "kg water/kg dry air"

COLOUR 15, 1, 1

main:

CLS: PRINT: PRINT

INPUT "IP or SI Units (I or S)", UNIT\$

IF UCASE\$(UNIT\$) = "S" THEN

TCVN 13050:2020

I % = 2

INPUT "Barometric Pressure (kPa), Wet Bulb (C), Dry Bulb (C)= "; P!, wbC, dbC

GOTO SICalc

ELSE

I % = 1

INPUT "Barometric Pressure (in Hg), Wet Bulb (F), Dry Bulb (F) "; inHg, wbF, dbF

Psi = 14,696 * inHg / 29,921

GOTO IPCalc

END IF

Given WB and DB Calculate IP psychrometric properties routine

IPCalc:

P! = Psi: twb! = wbF: tdb! = dbF

Calculate vapour pressure and Fs factor at wb and db temperature

Pws.db = FNIPPws(tdb!)

Pws.wb = FNIPPws(twb!)

Fs.db = FNFs(tdb!, P!)

Fs.wb = FNFs(twb!, P!)

Calculate saturated humidity ratio at twb using saturation pressure (Pws) at twb,
and Fs correction factor at twb

Ws.wb = 0,621 98 x Pws.wb * Fs.wb / (P! - Pws.wb * Fs.wb) 'ASHRAE Formula (21a)

Calculate humidity ratio of the mixture

HUMIDRATIO = ((1 093 - 0,556 * twb!) * Ws.wb - 0,24 * (tdb! - twb!)) / (1 093 + 0,444 * tdb! - twb!) 'ASHRAE Formula (33)

IF HUMIDRATIO < 0, THEN PRINT "Humid Ratio < 0 INVALID CONDITIONS" GOTO CHOICE

Calculate saturated humidity ratio at tdb using saturation pressure(Pws) at tdb and correction factor Fs at tdb

Ws.db = 0,62198 * Pws.db * Fs.db / (P! - Pws.db * Fs.db) 'ASHRAE Formula (21a)

Calculate degree of saturation

DegofSat = HUMIDRATIO / Ws.db 'ASHRAE Formula (10)

Calculate relative humidity

RelHumid = DegofSat / (1 - (1 - DegofSat) * (Fs.db * Pws.db / P!)) 'ASHRAE Formula (23a)

Calculate specific volume

Ra = 53,352 / 144 ' to change gas constant to psi per foot

SpVolume = Ra * (tdb! + 459,67) * (1 + 1,6078 * HUMIDRATIO) / P! 'ASHRAE Formula (26)

Calculate density

$$\text{Density} = (1 + \text{HUMIDRATIO}) / \text{SpVolume}$$

Calculate enthalpy

$$\text{Enthalpy} = 0,24 * \text{tdb!} + \text{HUMIDRATIO} * (1\,061 + 0,444 * \text{tdb!}) \text{ 'ASHRAE Formula (30)}$$

GOTO PRINTVAL

Given WB and DB Calculate SI psychometric properties routine

SI Calc:

$$\text{twb!} = \text{wbC}; \text{tdb!} = \text{dbC}$$

Calculate vapour pressure and Fs factor at wb and db temperature

$$\text{Pws.db} = \text{FNSIPws}(\text{tdb!})$$

$$\text{Pws.wb} = \text{FNSIPws}(\text{twb!})$$

$$\text{tF!} = \text{tdb!} * 1,8 + 32$$

$$\text{Ppsi!} = 14,696 * \text{P!} / 101,325$$

$$\text{Fs.db} = \text{FNFs}(\text{tF!}, \text{Ppsi!})$$

$$\text{tF!} = \text{twb!} * 1,8 + 32$$

$$\text{Fs.wb} = \text{FNFs}(\text{tF!}, \text{Ppsi!})$$

Calculate saturated humidity ratio at twb using saturation pressure (Pws) at twb, and Fs correction factor at twb

$$\text{Ws.wb} = 0,62198 * \text{Pws.wb} * \text{Fs.wb} / (\text{P!} - \text{Pws.wb} * \text{Fs.wb}) \text{ 'ASHRAE Formula (21a)}$$

Calculate humidity ratio of the mixture

$$\text{HUMIDRATIO} = ((2\,501 - 2,381 * \text{twb!}) * \text{Ws.wb} - (\text{tdb!} - \text{twb!})) / (2\,501 + 1,805 * \text{tdb!} - 4,186 * \text{twb!}) \text{ 'ASHRAE Formula (33)}$$

IF HUMIDRATIO < 0, THEN PRINT "HumidRatio < 0 INVALID CONDITIONS": GOTO CHOICE

Calculate saturated humidity ratio at tdb using saturation pressure(Pws) at tdb and correction factor Fs at tdb

$$\text{Ws.db} = 0,62198 * \text{Pws.db} * \text{Fs.db} / (\text{P!} - \text{Pws.db} * \text{Fs.db}) \text{ 'ASHRAE Formula (21a)}$$

Calculate degree of saturation

$$\text{DegofSat} = \text{HUMIDRATIO} / \text{Ws.db} \text{ 'ASHRAE Formula (10)}$$

Calculate relative humidity

$$\text{RelHumid} = \text{DegofSat} / (1 - (1 - \text{DegofSat}) * (\text{Fs.db} * \text{Pws.db} / \text{P!})) \text{ 'ASHRAE Formula (23a)}$$

Calculate specific volume

$$\text{Ra} = 287,055 / 1\,000 \text{ 'to change gas constant units convert kPa to Pa}$$

$$\text{SpVolume} = \text{Ra} * (\text{tdb!} + 273,15) * (1 + 1,6078 * \text{HUMIDRATIO}) / \text{P!} \text{ 'ASHRAE Formula (26)}$$

Calculate density

$$\text{Density} = (1 + \text{HUMIDRATIO}) / \text{SpVolume}$$

Calculate enthalpy

Enthalpy = 1,006 * tdb! + HUMIDRATIO * (2 501 + 1,805 * tdb!) 'ASHRAE Formula (30)

PRINTVAL:

PRINT: PRINT USING "Enthalpy = ##### &"; Enthalpy; UNIT\$(I %)

PRINT USING "Density = ##### &"; Density; UNIT\$(I % + 2)

PRINT USING "Specific Volume = ##### &"; SpVolume; UNIT\$(I % + 4)

PRINT USING "Humidity Ratio = ##### &"; HUMIDRATIO; UNIT\$(I % + 6)

PRINT USING "Relative Humidity = ###.## percent"; RelHumid * 100

CHOICE:

PRINT: PRINT "Press any Key to Continue"

DO

CHOICE\$ = INKEY\$

LOOP UNTIL CHOICE\$ < > ""

GOTO main

Bảng D.1 – Enthalpy của không khí ẩm bão hòa tại 101,325 kPa (mức nước biển)

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	°C
0	9,4783	9,6490	9,8203	9,9920	10,164	10,337	10,510	10,684	10,858	11,032	0
1	11,207	11,383	11,559	11,736	11,913	12,090	12,268	12,447	12,626	12,805	1
2	12,985	13,166	13,347	13,529	13,711	13,894	14,077	14,261	14,445	14,630	2
3	14,816	15,002	15,188	15,375	15,563	15,751	15,940	16,129	16,319	16,510	3
4	16,701	16,892	17,085	17,277	17,471	17,665	17,859	18,055	18,250	18,447	4
5	18,644	18,842	19,040	19,239	19,438	19,638	19,839	20,041	20,243	20,445	5
6	20,649	20,853	21,057	21,263	21,469	21,675	21,883	22,091	22,299	22,509	6
7	22,719	22,930	23,141	23,353	23,566	23,780	23,994	24,209	24,424	24,641	7
8	24,858	25,076	25,294	25,514	25,734	25,954	26,176	26,398	26,621	26,845	8
9	27,070	27,295	27,521	27,748	27,976	28,204	28,434	28,664	28,895	29,126	9
10	29,359	29,592	29,826	30,061	30,297	30,533	30,771	31,009	31,248	31,488	10
11	31,729	31,971	32,213	32,457	32,701	32,946	33,192	33,439	33,687	33,936	11
12	34,185	34,436	34,687	34,939	35,193	35,447	35,702	35,958	36,215	36,473	12
13	36,732	36,992	37,253	37,515	37,777	38,041	38,306	38,572	38,838	39,106	13
14	39,375	39,645	39,915	40,187	40,460	40,734	41,009	41,285	41,562	41,840	14
15	42,119	42,399	42,680	42,962	43,246	43,530	43,816	44,103	44,390	44,679	15
16	44,969	45,260	45,553	45,846	46,141	46,436	46,733	47,031	47,330	47,631	16
17	47,932	48,235	48,539	48,844	49,150	49,458	49,767	50,077	50,388	50,700	17
18	51,014	51,329	51,645	51,963	52,282	52,602	52,923	53,246	53,569	53,895	18
19	54,221	54,549	54,878	55,209	55,541	55,874	56,208	56,544	56,882	57,220	19
20	57,560	57,902	58,245	58,589	58,935	59,282	59,630	59,980	60,332	60,685	20
21	61,039	61,395	61,752	62,111	62,471	62,833	63,196	63,561	63,927	64,295	21

Bảng D.1 (tiếp theo)

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	°C
22	64,664	65,035	65,408	65,781	66,157	66,534	66,913	67,293	67,675	68,059	22
23	68,444	68,831	69,220	69,610	70,001	70,395	70,790	71,187	71,585	71,986	23
24	72,388	72,791	73,197	73,604	74,012	74,423	74,835	75,250	75,666	76,083	24
25	76,503	76,924	77,347	77,772	78,199	78,628	79,058	79,491	79,925	80,361	25
26	80,800	81,240	81,682	82,125	82,571	83,019	83,469	83,920	84,374	84,830	26
27	85,287	85,747	86,209	86,673	87,138	87,606	88,076	88,548	89,022	89,499	27
28	89,977	90,457	90,940	91,425	91,912	92,401	92,892	93,385	93,881	94,379	28
29	94,879	95,381	95,886	96,392	96,902	97,413	97,927	98,443	98,961	99,482	29
30	100,01	100,53	101,06	101,59	102,12	102,66	103,19	103,73	104,28	104,82	30
31	105,37	105,92	106,47	107,02	107,58	108,14	108,70	109,27	109,84	110,41	31
32	110,98	111,55	112,13	112,71	113,30	113,88	114,47	115,06	115,66	116,25	32
33	116,85	117,46	118,06	118,67	119,28	119,89	120,51	121,13	121,75	122,38	33
34	123,01	123,64	124,27	124,91	125,55	126,19	126,84	127,49	128,14	128,79	34
35	129,45	130,11	130,78	131,44	132,12	132,79	133,47	134,15	134,83	135,52	35
36	136,21	136,90	137,60	138,29	139,00	139,70	140,41	141,13	141,84	142,56	36
37	143,29	144,01	144,74	145,48	146,21	146,95	147,70	148,45	149,20	149,95	37
38	150,71	151,47	152,24	153,01	153,78	154,56	155,34	156,13	156,91	157,71	38
39	158,50	159,30	160,11	160,91	161,72	162,54	163,36	164,18	165,01	165,84	39
40	166,68	167,52	168,36	169,21	170,06	170,92	171,78	172,64	173,51	174,38	40
41	175,26	176,14	177,03	177,92	178,81	179,71	180,62	181,52	182,44	183,35	41
42	184,27	185,20	186,13	187,07	188,01	188,95	189,90	190,85	191,81	192,78	42
43	193,74	194,72	195,70	196,68	197,67	198,66	199,66	200,66	201,67	202,68	43
44	203,70	204,72	205,75	206,78	207,82	208,87	209,91	210,97	212,03	213,09	44
45	214,16	215,24	216,32	217,41	218,50	219,60	220,70	221,81	222,93	224,05	45
46	225,18	226,31	227,45	228,59	229,74	230,89	232,06	233,22	234,40	235,58	46
47	236,76	237,95	239,15	240,36	241,57	242,78	244,01	245,24	246,47	247,71	47
48	248,96	250,22	251,48	252,75	254,02	255,30	256,59	257,89	259,19	260,50	48
49	261,81	263,14	264,47	265,80	267,14	268,50	269,85	271,22	272,59	273,97	49
50	275,36	276,75	278,15	279,56	280,98	282,40	283,83	285,27	286,72	288,18	50
51	289,64	291,11	292,59	294,07	295,57	297,07	298,58	300,10	301,63	303,16	51
52	304,71	306,26	307,82	309,39	310,97	312,55	314,15	315,75	317,36	318,99	52
53	320,62	322,25	323,90	325,56	327,23	328,90	330,59	332,28	333,98	335,70	53
54	337,42	339,15	340,89	342,64	344,41	346,18	347,96	349,75	351,55	353,36	54
55	355,18	357,01	358,86	360,71	362,57	364,44	366,33	368,22	370,13	372,04	55
56	373,97	375,91	377,86	379,82	381,79	383,77	385,77	387,77	389,79	391,82	56
57	393,86	395,91	397,98	400,05	402,14	404,24	406,36	408,48	410,62	412,77	57
58	414,93	417,11	419,29	421,49	423,71	425,94	428,18	430,43	432,70	434,98	58
59	437,27	439,58	441,90	444,23	446,58	448,95	451,32	453,72	456,12	458,54	59
60	460,98	463,43	465,89	468,37	470,87	473,38	475,90	478,44	481,00	483,57	60
61	486,16	488,76	491,38	494,02	496,67	499,34	502,02	504,72	507,44	510,18	61
62	512,93	515,70	518,49	521,29	524,12	526,96	529,81	532,69	535,58	538,50	62

Bảng D.1 (kết thúc)

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	°C
63	541,43	544,38	547,35	550,34	553,34	556,37	559,41	562,48	565,57	568,67	63
64	571,80	574,94	578,11	581,30	584,50	587,73	590,98	594,25	597,54	600,86	64
65	604,20	607,55	610,93	614,34	617,76	621,21	624,68	628,18	631,70	635,24	65
66	638,81	642,40	646,01	649,65	653,32	657,01	660,72	664,46	668,23	672,02	66
67	675,84	679,68	683,55	687,45	691,37	695,33	699,31	703,31	707,35	711,41	67
68	715,51	719,63	723,78	727,96	732,17	736,41	740,69	744,99	749,32	753,69	68
69	758,08	762,51	766,97	771,46	775,99	780,55	785,14	789,76	794,43	799,12	69
70	803,85	808,61	813,41	818,25	823,12	828,03	832,98	837,96	842,99	848,04	70

Bảng D.2 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa bão hòa tại 101,325 kPa (mức nước biển)

°C	Enlanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C	°C	Enlanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C
0	9,478 3	1,289 3	0,778 55	0,003 79	0	—	—	—	—	—	—
1	11,207	1,284 4	0,781 76	0,004 08	1	36	136,21	1,116 332	0,930 697 9	0,038 967 5	36
2	12,985	1,279 5	0,784 99	0,004 38	2	37	143,29	1,111 305	0,937 011 8	0,041 305 8	37
3	14,816	1,274 6	0,788 26	0,004 71	3	38	150,71	1,106 242	0,943 532 6	0,043 775 1	38
4	16,701	1,269 7	0,791 55	0,005 05	4	39	158,50	1,101 140	0,950 272 4	0,046 382 6	39
5	18,644	1,264 9	0,794 87	0,005 42	5	40	166,68	1,095 996	0,957 244 4	0,049 136 2	40
6	20,649	1,260 1	0,798 23	0,005 82	6	41	175,26	1,090 809	0,964 462 3	0,052 044 2	41
7	22,719	1,255 2	0,801 63	0,006 24	7	42	184,27	1,085 575	0,971 941 1	0,055 115 5	42
8	24,858	1,250 4	0,805 06	0,006 68	8	43	193,74	1,080 293	0,979 696 6	0,058 359 4	43
9	27,070	1,245 7	0,808 53	0,007 16	9	44	203,70	1,074 959	0,987 745 8	0,061 786 2	44
10	29,359	1,240 9	0,812 05	0,007 66	10	45	214,16	1,069 571	0,996 106 9	0,065 406 7	45
11	31,729	1,236 1	0,815 61	0,008 20	11	46	225,18	1,064 125	1,004 799	0,069 232 5	46
12	34,185	1,231 4	0,819 22	0,008 77	12	47	236,76	1,058 62	1,013 844	0,073 276 1	47
13	36,732	1,226 6	0,822 88	0,009 37	13	48	248,96	1,053 052	1,023 264	0,077 550 9	48
14	39,375	1,221 9	0,826 59	0,010 01	14	49	261,81	1,047 419	1,033 084	0,082 071 2	49
15	42,119	1,217 2	0,830 37	0,010 69	15	50	275,36	1,041 717	1,043 328	0,086 852 8	50
16	44,969	1,212 4	0,834 20	0,011 41	16	51	289,64	1,035 943	1,054 027	0,091 912 1	51
17	47,932	1,207 7	0,838 09	0,012 18	17	52	304,71	1,030 095	1,065 21	0,097 267 7	52
18	51,014	1,203 0	0,842 06	0,012 99	18	53	320,62	1,024 168	1,076 912	0,102 938 9	53
19	54,221	1,198 3	0,846 09	0,013 85	19	54	337,42	1,018 161	1,089 167	0,108 947 2	54
20	57,560	1,193 5	0,850 20	0,014 76	20	55	355,18	1,012 069	1,102 015	0,115 315 7	55
21	61,039	1,188 8	0,854 39	0,015 72	21	56	373,97	1,005 89	1,115 499	0,122 069 8	56
22	64,664	1,184 1	0,858 67	0,016 74	22	57	393,86	0,999 619 8	1,129 667	0,129 237 1	57
23	68,444	1,179 4	0,863 03	0,017 82	23	58	414,93	0,993 255 1	1,144 568	0,136 847 6	58
24	72,388	1,174 6	0,867 49	0,018 96	24	59	437,27	0,986 792 4	1,160 259	0,144 934 5	59
25	76,503	1,169 8	0,872 05	0,020 17	25	60	460,98	0,980 2282	1,176 802	0,153 534 1	60
26	80,800	1,165 1	0,876 72	0,021 45	26	61	486,16	0,973 5589	1,194 264	0,162 686 4	61
27	85,287	1,160 3	0,881 50	0,022 80	27	62	512,93	0,966 7809	1,212 721	0,172 435 7	62
28	89,977	1,155 5	0,886 39	0,024 22	28	63	541,43	0,959 8905	1,232 256	0,182 830 9	63
29	94,879	1,150 7	0,891 41	0,025 73	29	64	571,80	0,952 884	1,252 961	0,193 926 3	64
30	100,01	1,145 9	0,896 56	0,027 33	30	65	604,20	0,945 757 3	1,274 938	0,205 782 3	65
31	105,37	1,141 0	0,901 85	0,029 01	31	66	638,81	0,938 506 8	1,298 303	0,218 466 7	66

Bảng D.2 (kết thúc)

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C
32	110,98	1,136 1	0,907 29	0,030 79	32	67	675,84	0,931 128 4	1,323 185	0,232 055	67
33	116,85	1,131 2	0,912 89	0,032 67	33	68	715,51	0,923 618 3	1,349 727	0,246 632 6	68
34	123,01	1,126 3	0,918 65	0,034 66	34	69	758,08	0,915 972 4	1,378 093	0,262 295 2	69
35	129,45	1,121 3	0,924 58	0,036 75	35	70	803,85	0,908 18	1,408 46	0,279 15	70

Bảng D.3 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa tại 98,00 kPa

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	→ HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	→ HR	°C
0	9,800 8	1,246 9	0,805 13	0,003 92	0	—	—	—	—	—	—
1	11,555	1,242 1	0,808 46	0,004 21	1	36	139,81	1,078 866	0,964 319 1	0,040 371 3	36
2	13,359	1,237 4	0,811 82	0,004 53	2	37	147,12	1,073 96	0,970 984 9	0,042 799 4	37
3	15,218	1,232 6	0,815 21	0,004 87	3	38	154,80	1,069 017	0,977 873 7	0,045 364 1	38
4	17,133	1,227 9	0,818 63	0,005 23	4	39	162,85	1,064 035	0,984 998 9	0,048 073 1	39
5	19,108	1,223 2	0,822 09	0,005 61	5	40	171,31	1,059 01	0,992 374 7	0,050 934 7	40
6	21,148	1,218 6	0,825 58	0,006 02	6	41	180,19	1,053 941	1,000 016	0,053 957 7	41
7	23,255	1,213 9	0,829 11	0,006 45	7	42	189,52	1,048 824	1,007 94	0,057 151 5	42
8	25,433	1,209 2	0,832 68	0,006 91	8	43	199,33	1,043 658	1,016 162	0,060 526	43
9	27,686	1,204 6	0,836 29	0,007 40	9	44	209,65	1,038 44	1,024 703	0,064 0921	44
10	30,020	1,200 0	0,839 95	0,007 92	10	45	220,50	1,033 167	1,033 581	0,067 861 1	45
11	32,437	1,195 4	0,843 66	0,008 48	11	46	231,93	1,027 835	1,042 818	0,071 845 5	46
12	34,944	1,190 8	0,847 42	0,009 07	12	47	243,96	1,022 444	1,052 438	0,076 058 5	47
13	37,545	1,186 2	0,851 23	0,009 69	13	48	256,63	1,016 989	1,062 464	0,080 514 3	48
14	40,244	1,181 6	0,855 10	0,010 36	14	49	269,99	1,011 468	1,072 924	0,085 228 4	49
15	43,049	1,177 0	0,859 04	0,011 06	15	50	284,08	1,005 877	1,083 848	0,090 217 4	50
16	45,964	1,172 4	0,863 04	0,011 81	16	51	298,94	1,000 214	1,095 265	0,095 499 2	51
17	48,996	1,167 8	0,867 10	0,012 60	17	52	314,63	0,994 476	1,107 209	0,101 093 2	52
18	52,151	1,163 2	0,871 24	0,013 44	18	53	331,21	0,988 659 3	1,119 719	0,107 020 6	53
19	55,436	1,158 6	0,875 46	0,014 33	19	54	348,74	0,982 760 7	1,132 833	0,113 304 2	54
20	58,858	1,154 0	0,879 75	0,015 27	20	55	367,28	0,976 777 3	1,146 596	0,119 969 2	55
21	62,424	1,149 4	0,884 14	0,016 27	21	56	386,91	0,970 705 6	1,161 055	0,127 042 6	56
22	66,143	1,144 8	0,888 61	0,017 32	22	57	407,71	0,964 542 2	1,176 262	0,134 554 4	57
23	70,022	1,140 2	0,893 18	0,018 44	23	58	429,76	0,958 283 8	1,192 274	0,142 537 1	58
24	74,071	1,135 6	0,897 85	0,019 62	24	59	453,16	0,951 926 9	1,209 155	0,151 026 9	59
25	78,298	1,131 0	0,902 63	0,020 87	25	60	478,01	0,945 467 9	1,226 972	0,160 063	60
26	82,714	1,126 4	0,907 52	0,022 20	26	61	504,44	0,938 903 3	1,245 804	0,169 689 3	61
27	87,328	1,121 7	0,912 53	0,023 60	27	62	532,58	0,932 229 3	1,265 734	0,179 953 9	62
28	92,152	1,117 0	0,917 67	0,025 08	28	63	562,55	0,925 442 3	1,286 856	0,190 910 6	63
29	97,197	1,112 4	0,922 95	0,026 64	29	64	594,54	0,918 538 6	1,309 274	0,202 619	64
30	102,47	1,107 6	0,928 36	0,028 29	30	65	628,71	0,911 514 4	1,333 107	0,215 145 8	65
31	108,00	1,102 9	0,933 93	0,030 04	31	66	665,27	0,904 365 7	1,358 483	0,228 565 6	66
32	113,78	1,098 2	0,939 65	0,031 89	32	67	704,43	0,897 088 6	1,385 551	0,242 962 4	67
33	119,84	1,093 4	0,945 54	0,033 84	33	68	746,46	0,889 679 3	1,414 477	0,258 431 1	68

Bảng D.3 (kết thúc)

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	→ HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	→ HR	°C
34	126,18	1,088 6	0,951 61	0,035 90	34	69	791,65	0,882 133 7	1,445 448	0,275 078 7	69
35	132,83	1,083 7	0,957 86	0,038 07	35	70	840,30	0,874 44	1,478 67	0,293 02	70

Bảng D.4 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa tại 94,00 kPa

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C
0	10,219	1,195 9	0,839 62	0,004 09	0	—	—	—	—	—	—
1	12,005	1,191 3	0,843 11	0,004 39	1	36	144,50	1,033 795	1,008 131	0,042 208	36
2	13,844	1,186 7	0,846 63	0,004 72	2	37	152,12	1,029 035	1,015 268	0,044 753	37
3	15,739	1,182 2	0,850 18	0,005 08	3	38	160,12	1,024 236	1,022 651	0,047 446	38
4	17,694	1,177 7	0,853 77	0,005 45	4	39	168,52	1,019 397	1,030 293	0,050 282	39
5	19,711	1,173 1	0,857 40	0,005 85	5	40	177,34	1,014 515	1,038 212	0,053 285	40
6	21,795	1,168 6	0,861 06	0,006 27	6	41	186,62	1,009 588	1,046 423	0,056 465	41
7	23,950	1,164 2	0,864 77	0,006 73	7	42	196,37	1,004 612	1,054 945	0,059 812	42
8	26,179	1,159 7	0,868 52	0,007 21	8	43	206,63	0,999 586 2	1,063 797	0,063 364	43
9	28,486	1,155 2	0,872 32	0,007 72	9	44	217,42	0,994 507 1	1,072 999	0,067 116	44
10	30,878	1,150 8	0,876 17	0,008 26	10	45	228,79	0,989 372 1	1,082 576	0,071 072	45
11	33,357	1,146 3	0,880 07	0,008 84	11	46	240,76	0,984 178 5	1,092 549	0,075 265	46
12	35,929	1,141 9	0,884 02	0,009 46	12	47	253,37	0,978 923 4	1,102 946	0,079 70	47
13	38,599	1,137 5	0,888 04	0,010 11	13	48	266,67	0,973 604 3	1,113 794	0,084 399	48
14	41,373	1,133 0	0,892 12	0,010 80	14	49	280,70	0,968 217 9	1,125 124	0,089 371	49
15	44,257	1,128 6	0,896 27	0,011 54	15	50	295,51	0,962 761 5	1,136 968	0,094 635	50
16	47,256	1,124 2	0,900 49	0,012 32	16	51	311,14	0,957 231 9	1,149 361	0,100 208	51
17	50,378	1,119 8	0,904 78	0,013 14	17	52	327,67	0,951 626 3	1,162 342	0,106 121	52
18	53,628	1,115 4	0,909 15	0,014 02	18	53	345,14	0,945 941 3	1,175 953	0,112 386	53
19	57,014	1,110 9	0,913 60	0,014 95	19	54	363,63	0,940 173 7	1,190 24	0,119 033	54
20	60,543	1,106 5	0,918 15	0,015 93	20	55	383,20	0,934 320 6	1,205 252	0,126 097	55
21	64,224	1,102 1	0,922 78	0,016 98	21	56	403,95	0,928 378 3	1,221 044	0,133 599	56
22	68,064	1,097 6	0,927 52	0,018 08	22	57	425,96	0,922 343 7	1,237 676	0,141 567	57
23	72,073	1,093 2	0,932 36	0,019 25	23	58	449,31	0,916 213 2	1,255 214	0,150 044	58
24	76,259	1,088 7	0,937 31	0,020 48	24	59	474,14	0,909 983 6	1,273 729	0,159 078	59
25	80,632	1,084 3	0,942 38	0,021 79	25	60	500,54	0,903 651 1	1,293 303	0,168 698	60
26	85,203	1,079 8	0,947 58	0,023 17	26	61	528,64	0,897 212 3	1,314 024	0,178 963	61
27	89,982	1,075 3	0,952 90	0,024 64	27	62	558,61	0,890 663 6	1,335 99	0,189 923	62
28	94,981	1,070 8	0,958 36	0,026 19	28	63	590,59	0,884 001 1	1,359 311	0,201 632	63
29	100,21	1,066 2	0,963 97	0,027 82	29	64	624,77	0,877 221 2	1,384 11	0,214 174	64
30	105,69	1,061 7	0,969 74	0,029 55	30	65	661,34	0,870 320 1	1,410 524	0,227 611	65
31	111,42	1,057 1	0,975 67	0,031 38	31	66	700,54	0,863 293 9	1,438 707	0,242 034	66
32	117,43	1,052 5	0,981 77	0,033 31	32	67	742,62	0,856 138 9	1,468 835	0,257 532	67
33	123,72	1,047 9	0,988 06	0,035 35	33	68	787,88	0,848 850 9	1,501 106	0,274 225	68
34	130,32	1,043 2	0,994 54	0,037 51	34	69	836,64	0,841 426 1	1,535 743	0,292 214	69
35	137,24	1,038 5	1,001 2	0,039 79	35	70	889,28	0,833 86	1,573	0,311 67	70

Bảng D.5 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa tại 90,00 kPa

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C
0	10,675	1,144 9	0,877 19	0,004 27	0	—	—	—	—	—	—
1	12,496	1,140 5	0,880 86	0,004 59	1	36	149,64	0,988 724	1,056 113	0,044 204 5	36
2	14,373	1,136 1	0,884 55	0,004 94	2	37	157,60	0,984 109 2	1,063 784	0,0468 79 5	37
3	16,308	1,131 7	0,888 29	0,005 30	3	38	165,95	0,979 455 2	1,071 725	0,049 707	38
4	18,305	1,127 4	0,892 06	0,005 69	4	39	174,74	0,974 759 7	1,079 954	0,052 695 9	39
5	20,368	1,123 0	0,895 88	0,006 11	5	40	183,97	0,970 020 4	1,088 488	0,055 855 7	40
6	22,501	1,118 7	0,899 73	0,006 55	6	41	193,68	0,965 234 7	1,097 346	0,059 196 5	41
7	24,707	1,114 4	0,903 63	0,007 03	7	42	203,89	0,960 400 1	1,106 548	0,062 729 1	42
8	26,992	1,110 1	0,907 59	0,007 53	8	43	214,65	0,955 514 2	1,116 117	0,066 465 3	43
9	29,359	1,105 8	0,911 59	0,008 07	9	44	225,97	0,950 574 2	1,126 074	0,070 417 3	44
10	31,813	1,101 6	0,915 65	0,008 64	10	45	237,90	0,945 577 5	1,136 447	0,074 598 8	45
11	34,359	1,097 3	0,919 76	0,009 24	11	46	250,48	0,940 521 4	1,147 262	0,079 024	46
12	37,003	1,093 0	0,923 94	0,009 88	12	47	263,74	0,935 402 9	1,158 548	0,083 708 7	47
13	39,749	1,088 8	0,928 18	0,010 57	13	48	277,73	0,930 219 5	1,170 336	0,088 669 6	48
14	42,605	1,084 5	0,932 49	0,011 29	14	49	292,51	0,924 968 1	1,182 662	0,093 924 9	49
15	45,575	1,080 3	0,936 87	0,012 06	15	50	308,12	0,919 645 8	1,195 563	0,099 494 4	50
16	48,666	1,076 0	0,941 33	0,012 87	16	51	324,61	0,914 249 6	1,209 078	0,105 399 5	51
17	51,885	1,071 7	0,945 88	0,013 74	17	52	342,06	0,908 776 5	1,223 253	0,111 663 4	52
18	55,239	1,067 5	0,950 51	0,014 66	18	53	360,53	0,903 223 3	1,238 134	0,118 311 7	53
19	58,736	1,063 2	0,955 23	0,015 63	19	54	380,10	0,897 586 8	1,253 775	0,125 371 8	54
20	62,383	1,059 0	0,960 04	0,016 66	20	55	400,84	0,891 863 8	1,270 233	0,132 874 4	55
21	66,189	1,054 7	0,964 96	0,017 75	21	56	422,85	0,886 051	1,287 57	0,140 852 6	56
22	70,162	1,050 4	0,969 99	0,018 90	22	57	446,21	0,880 145 1	1,305 856	0,149 343	57
23	74,312	1,046 1	0,975 14	0,020 13	23	58	471,05	0,874 142 8	1,325 168	0,158 385 9	58
24	78,648	1,041 8	0,980 40	0,021 42	24	59	497,48	0,868 040 3	1,345 59	0,168 026	59
25	83,181	1,037 5	0,985 80	0,022 79	25	60	525,63	0,861 834 5	1,367 214	0,178 312 6	60
26	87,922	1,033 2	0,991 33	0,024 24	26	61	555,65	0,855 521 6	1,390 147	0,189 300 5	61
27	92,882	1,028 9	0,997 00	0,025 78	27	62	587,70	0,849 098	1,414 502	0,201 050 9	62
28	98,073	1,024 5	1,002 8	0,027 40	28	63	621,97	0,842 560 1	1,440 41	0,213 632 1	63
29	103,51	1,020 1	1,008 8	0,029 11	29	64	658,65	0,835 904 1	1,468 016	0,227 120 9	64
30	109,20	1,015 7	1,015 0	0,030 93	30	65	697,99	0,829 126 4	1,497 484	0,241 603 3	65
31	115,17	1,011 3	1,021 3	0,032 84	31	66	740,23	0,822 222 9	1,528 998	0,257 177	66
32	121,42	1,006 8	1,027 8	0,034 87	32	67	785,69	0,815 189 8	1,562 768	0,273 952 4	67
33	127,98	1,002 4	1,034 6	0,037 01	33	68	834,69	0,808 023 3	1,599 033	0,292 055 5	68
34	134,85	0,9978 5	1,041 5	0,039 28	34	69	887,61	0,800 719 3	1,638 065	0,311 630 2	69
35	142,07	0,993 30	1,048 7	0,041 67	35	70	944,91	0,793 27	1,680 17	0,332 84	70

Bảng D.6 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa tại 86,00 kPa

°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng riêng	Sp Vol	HR	°C
0	11,174	1,093 9	0,918 28	0,004 47	0	—	—	—	—	—	—
1	13,033	1,089 6	0,922 14	0,004 81	1	36	155,30	0,943 652 8	1,108 891	0,0464 086	36
2	14,950	1,085 4	0,926 04	0,005 17	2	37	163,63	0,939 183 4	1,117 169	0,0492 268	37
3	16,929	1,081 3	0,929 97	0,005 55	3	38	172,38	0,934 674	1,125 748	0,0522 07	38
4	18,974	1,077 1	0,933 95	0,005 96	4	39	181,58	0,930 122 1	1,134 645	0,0553 586	39
5	21,087	1,073 0	0,937 97	0,006 40	5	40	191,27	0,925 525 5	1,143 882	0,0586 92	40
6	23,273	1,068 8	0,942 04	0,006 86	6	41	201,46	0,920 881 7	1,153 479	0,0622 18	41
7	25,536	1,064 7	0,946 16	0,007 36	7	42	212,19	0,916 188	1,163 46	0,0659 484	42
8	27,881	1,060 6	0,950 33	0,007 88	8	43	223,49	0,911 442 1	1,173 849	0,069 895 8	43
9	30,313	1,056 4	0,954 56	0,008 45	9	44	235,41	0,906 641 3	1,184 673	0,074 073 8	44
10	32,836	1,052 3	0,958 85	0,009 04	10	45	247,97	0,901 782 8	1,195 961	0,078 497	45
11	35,456	1,048 2	0,963 20	0,009 68	11	46	261,22	0,896 864 2	1,207 743	0,083 181 1	46
12	38,178	1,044 2	0,967 62	0,010 35	12	47	275,21	0,891 882 4	1,220 052	0,088 143 1	47
13	41,008	1,040 1	0,972 12	0,011 06	13	48	289,98	0,886 834 7	1,232 926	0,093 401 5	48
14	43,953	1,036 0	0,976 68	0,011 82	14	49	305,59	0,881 718 3	1,246 403	0,0989 763	49
15	47,017	1,031 9	0,981 33	0,012 63	15	50	322,09	0,876 530 2	1,260 526	0,104 889 1	50
16	50,209	1,027 8	0,986 06	0,013 48	16	51	339,56	0,871 267 4	1,275 342	0,111 163 5	51
17	53,536	1,023 7	0,990 89	0,014 39	17	52	358,05	0,865 926 8	1,290 9	0,117 825 3	52
18	57,004	1,019 6	0,995 80	0,015 35	18	53	377,65	0,860 505 4	1,307 258	0,124 902 6	53
19	60,622	1,015 5	1,000 8	0,016 37	19	54	398,43	0,854 999 9	1,324 475	0,132 426 1	54
20	64,398	1,011 4	1,005 9	0,017 45	20	55	420,49	0,849 407 1	1,342 619	0,140 429 8	55
21	68,341	1,007 3	1,011 2	0,018 60	21	56	443,92	0,843 723 9	1,361 761	0,148 950 7	56
22	72,461	1,003 2	1,016 5	0,019 81	22	57	468,83	0,837 946 8	1,381 985	0,158 029 8	57
23	76,766	0,999 09	1,022 0	0,021 09	23	58	495,35	0,832 072 5	1,403 378	0,167 712 5	58
24	81,268	0,994 95	1,027 6	0,022 45	24	59	523,62	0,826 097 4	1,426 041	0,178 049 1	59
25	85,977	0,990 79	1,033 4	0,023 89	25	60	553,77	0,820 018 2	1,450 084	0,189 095 3	60
26	90,905	0,986 62	1,039 3	0,025 41	26	61	585,97	0,813 831 2	1,475 63	0,200 913 4	61
27	96,063	0,982 44	1,045 4	0,027 02	27	62	620,42	0,807 533	1,502 816	0,213 573 2	62
28	101,47	0,978 23	1,051 6	0,028 73	28	63	657,32	0,801 119 7	1,531 797	0,227153	63
29	107,13	0,974 00	1,058 0	0,030 53	29	64	696,90	0,794 587 7	1,562 748	0,241 740 7	64
30	113,06	0,969 75	1,064 6	0,032 44	30	65	739,44	0,787 933 3	1,595 866	0,257 436 1	65
31	119,28	0,965 48	1,071 4	0,034 45	31	66	785,23	0,781 152 5	1,631 374	0,274 352 3	66
32	125,80	0,961 17	1,078 5	0,036 58	32	67	834,63	0,774 241 6	1,669 528	0,292 618 3	67
33	132,65	0,956 84	1,085 7	0,038 84	33	68	888,02	0,767 196 6	1,710 62	0,312 381 9	68
34	139,83	0,952 48	1,0932	0,041 22	34	69	945,85	0,760 013 7	1,754 985	0,333 813	69
35	147,38	0,948 08	1,100 9	0,043 74	35	70	1 008,67	0,752 68	1,803 01	0,357 1	70

Bảng D.7 – Các tính chất của không khí ẩm bão hòa tại 82,00 kPa

°C	Entanpy	Khối lượng rỗng	Sp Vol	HR	°C	°C	Entanpy	Khối lượng rỗng	Sp Vol	HR	°C
0	11,721	1,042 8	0,963 41	0,004 69	0	—	—	—	—	—	—
1	13,623	1,038 8	0,967 49	0,005 04	1	36	161,55	0,898 581 6	1,167 222	0,048 844 5	36
2	15,585	1,034 8	0,971 60	0,005 42	2	37	170,29	0,894 257 7	1,1761 96	0,051 822 2	37
3	17,612	1,030 8	0,975 76	0,005 82	3	38	179,48	0,889 892 8	1,1855 05	0,054 972 4	38
4	19,708	1,026 8	0,979 97	0,006 25	4	39	189,16	0,885 484 5	1,1951 71	0,058 305 4	39
5	21,876	1,022 9	0,984 22	0,006 71	5	40	199,35	0,881 030 6	1,205 216	0,061 832 4	40
6	24,121	1,018 9	0,988 52	0,007 20	6	41	210,08	0,876 528 6	1,215 665	0,065 565 3	41
7	26,447	1,014 9	0,992 89	0,007 72	7	42	221,38	0,871 975 9	1,226 544	0,069 516 8	42
8	28,859	1,011 0	0,997 31	0,008 27	8	43	233,30	0,867 37	1,237 881	0,073 700 7	43
9	31,362	1,007 1	1,001 8	0,008 86	9	44	245,88	0,862 708 3	1,249 706	0,078 131 8	44
10	33,961	1,003 1	1,006 3	0,009 49	10	45	259,15	0,857 988 2	1,262 052	0,082 826	45
11	36,662	0,999 21	1,011 0	0,010 15	11	46	273,16	0,853 207	1,274 955	0,087 800 8	46
12	39,471	0,995 29	1,015 6	0,010 86	12	47	287,96	0,848 361 8	1,288 453	0,093 074 7	47
13	42,393	0,991 37	1,020 4	0,011 61	13	48	303,61	0,843 450 1	1,302 588	0,098 668 1	48
14	45,435	0,987 45	1,025 3	0,012 41	14	49	320,16	0,838 468 7	1,317 405	0,104 603	49
15	48,604	0,983 54	1,030 2	0,013 26	15	50	337,68	0,833 414 7	1,332 954	0,110 903 4	50
16	51,907	0,9796 2	1,035 3	0,014 16	16	51	356,24	0,828 285 2	1,349 288	0,117 595 6	51
17	55,351	0,975 70	1,040 4	0,015 11	17	52	375,91	0,823 077 3	1,366 467	0,124 708 2	52
18	58,945	0,971 77	1,045 6	0,016 12	18	53	396,79	0,817 787 6	1,384 556	0,132 272 5	53
19	62,697	0,967 84	1,051 0	0,017 19	19	54	418,95	0,812 413 2	1,403 624	0,140 323	54
20	66,616	0,963 91	1,056 5	0,018 33	20	55	442,50	0,806 950 7	1,423 752	0,148 897 7	55
21	70,711	0,959 96	1,062 1	0,019 53	21	56	467,56	0,801 397	1,445 024	0,158 038 3	56
22	74,992	0,956 00	1,067 8	0,020 81	22	57	494,25	0,795 748 8	1,467 538	0,167 791 3	57
23	79,469	0,952 04	1,073 7	0,022 16	23	58	522,70	0,790 002 5	1,491 398	0,178 208	58
24	84,153	0,948 05	1,079 7	0,023 59	24	59	553,07	0,784 154 9	1,516 723	0,189 345 6	59
25	89,056	0,944 06	1,085 8	0,025 10	25	60	585,53	0,778 202 4	1,543 645	0,201 267 8	60
26	94,190	0,940 04	1,092 2	0,026 70	26	61	620,26	0,772 141 5	1,572 311	0,214 046 3	61
27	99,569	0,936 01	1,098 7	0,028 40	27	62	657,49	0,765 968 6	1,602 887	0,227 761 2	62
28	105,21	0,931 96	1,105 4	0,030 19	28	63	697,45	0,759 68	1,635 561	0,242 503 1	63
29	111,12	0,927 89	1,112 3	0,032 09	29	64	740,43	0,753 272 1	1,670 545	0,25 8 3 74	64
30	117,31	0,923 79	1,119 4	0,034 10	30	65	786,72	0,746 741 1	1,708 078	0,275 492 1	65
31	123,82	0,919 66	1,126 7	0,036 23	31	66	836,68	0,740 083 2	1,748 437	0,293 988 6	66
32	130,64	0,915 51	1,134 3	0,038 47	32	67	890,73	0,733 294 5	1,791 936	0,314 016 8	67
33	137,80	0,911 33	1,142 1	0,040 85	33	68	949,34	0,726 371 2	1,838 939	0,335 752 5	68
34	145,33	0,907 12	1,150 2	0,043 37	34	69	1 013,03	0,719 309 4	1,889 867	0,359 399	69
35	153,24	0,902 87	1,158 6	0,046 03	35	70	1 082,46	0,712 1	1,945 21	0,385 19	70

Phụ lục E

(Tham khảo)

Giá trị hệ số hiệu chỉnh dòng giao cắt

Qui trình này có thể áp dụng cho các đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt mở rộng (xem 9.4).

- Đối với các thiết bị dòng ngược chiều, $\gamma = 1$.
- Đối với các thiết bị dòng giao cắt, giá trị của γ được cho bởi Bảng E.1 như một hàm của hai hệ số μ và ν được tính từ điều kiện đầu và điều kiện cuối của hai lưu chất.

Bảng E.1 – Hệ số điều chỉnh γ cho các tháp giải nhiệt dòng giao cắt ướt

ν	μ									
	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950
0,2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,970	0,930	0,875	0,750
0,3	0,990	0,985	0,985	0,975	0,955	0,930	0,895	0,855	0,790	0,650
0,4	0,968	0,966	0,952	0,940	0,917	0,875	0,840	0,786	0,720	0,590
0,5	0,942	0,937	0,919	0,890	0,855	0,820	0,776	0,729	0,665	0,540
0,6	0,915	0,900	0,878	0,855	0,825	0,780	0,732	0,680	0,620	0,500
0,7	0,875	0,860	0,834	0,805	0,775	0,735	0,691	0,636	0,580	0,470
0,8	0,838	0,816	0,790	0,764	0,728	0,690	0,655	0,600	0,550	0,440
0,9	0,795	0,773	0,748	0,726	0,690	0,655	0,621	0,569	0,520	0,420
1,0	0,750	0,733	0,712	0,688	0,658	0,625	0,591	0,541	0,490	0,390
1,2	0,682	0,663	0,645	0,624	0,595	0,570	0,536	0,493	0,450	0,360
1,4	0,620	0,610	0,590	0,568	0,540	0,510	0,489	0,451	0,420	0,330
1,6	0,555	0,544	0,535	0,519	0,496	0,473	0,450	0,418	0,380	0,300
1,8	0,505	0,500	0,490	0,480	0,465	0,440	0,420	0,385	0,360	0,285
2,0	0,450	0,445	0,440	0,436	0,425	0,410	0,390	0,360	0,334	0,270
2,5	0,380	0,375	0,370	0,360	0,355	0,345	0,330	0,310	0,174	0,230
3,0	0,325	0,320	0,315	0,310	0,305	0,300	0,290	0,270	0,260	0,210
4,0	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,235	0,230	0,220	0,210	0,175
5,0	0,196	0,196	0,196	0,194	0,194	0,194	0,191	0,182	0,175	0,150
7,0	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,140	0,135	0,130	0,120
10,0	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,090

CHÚ THÍCH 1: Bảng này đưa ra γ như một hàm của μ và ν . Các giá trị của các thông số μ và ν lần lượt là:

$$\mu = \frac{h_2 - h_1}{h_{s1} - h_1} \quad \text{và} \quad \nu = \frac{h_{s1} - h_{s2}}{h_2 - h_1}$$

Trong đó

h_2 là enthanpy của không khí nóng;

h_1 là enthanpiy của không khí lạnh;

h_{s1} là entanpy của không khí tại nhiệt độ nước nóng;

h_{s2} là entanpy của không khí tại nhiệt độ nước lạnh;

CHÚ THÍCH 2: Không khí được giả định là bão hòa.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hở sử dụng phương pháp đường cong tính năng

F.1 Quy định chung

Phụ lục F được đưa ra để mô tả và minh họa phương pháp đường cong tính năng cho việc đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt trên tháp giải nhiệt thông gió cơ khí kiểu hở, được mô tả trong 9.3.3 của tiêu chuẩn này.

F.2 Các giá trị thiết kế và thử nghiệm

Các giá trị thiết kế và thử nghiệm đo được cho tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hở được tóm tắt tại Bảng F.1.

Bảng F.1 – Thiết kế tháp giải nhiệt và giá trị thiết kế đo được

Thông số	Giá trị	Giá trị thử nghiệm
Lưu lượng dòng nước chảy (Q_w)	3 583 L/s	3623 L/s
Nhiệt độ nước nóng (T_{hw})	49,40 °C	46,50 °C
Nhiệt độ nước lạnh (T_{cw})	30,60 °C	29,04 °C
Hiệu nhiệt độ nước vào ra (R)	18,80 °C	17,46 °C
Nhiệt độ cửa nạp bầu ướt (T_{wb})	26,00 °C	24,53 °C
Nhiệt độ cửa nạp bầu khô (T_{db})	30,20 °C	25,50 °C
Công suất động cơ quạt (W)	107,00 kW	113,00 kW
Áp suất khí quyển (P_{bp})	101,325 kPa	98,80 kPa
Tỉ lệ giữa lỏng và khí (L/G)	1,300	-

Theo 5.3.2, nhà sản xuất đã đưa ra các đường cong tính năng với nước lạnh được trình bày dưới dạng một hàm của dải nhiệt độ bầu ướt và lưu lượng nước (xem các Hình F.1, F.2 và F.3).

F.3 Đánh giá bởi hệ số lưu lượng

F.3.1 Các bước đánh giá thử nghiệm

Các bước cần tuân theo trong đánh giá thử nghiệm với các điều kiện của khả năng lưu lượng dòng chảy như sau:

F.3.1.1 Bước 1: Xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán

Dựa vào các đường cong tính năng được đưa ra theo chiều thẳng đứng tại nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm (24,53 °C) để xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán tương ứng với thử nghiệm bầu ướt tại mỗi ba dải và ba điều kiện lưu lượng dòng chảy bao gồm trên đường cong tính năng.

Các giá trị của những nhiệt độ nước lạnh dự đoán ở dạng bảng trong Bảng F.2.

Bảng F.2 - Các điểm đường cong biểu diễn cho nhiệt độ nước lạnh và mức lưu lượng tại 24,53 °C bầu ướt thử nghiệm

Dải nhiệt độ	90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
17,0 °C	28,64	29,43	30,24
18,8 °C	28,86	29,65	30,50
21,0 °C	29,09	29,88	30,76

F.3.1.2 Bước 2: Đồ thị chéo thứ nhất

Tạo ra đồ thị chéo đầu tiên bằng cách đánh dấu những giá trị này của nhiệt độ nước lạnh như một hàm của dải sử dụng lưu lượng dòng chảy như một thông số (xem Bảng F.4).

Sau đó, vạch trên Hình F.4 theo chiều thẳng đứng tại dải thử nghiệm (17,46 °C) để xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán tại mỗi ba lưu lượng dòng chảy tuần hoàn. Giá trị của những nhiệt độ nước lạnh được dự đoán ở dạng bảng biểu trong Bảng F.3 dưới đây.

Bảng F.3 – Các điểm đường cong biểu diễn cho nhiệt độ nước lạnh và mức lưu lượng ở bầu ướt thử nghiệm 24,53 °C và dải thử nghiệm 17,46 °C

90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
28,69	29,49	30,31

F.3.1.3 Bước 3: Đồ thị chéo thứ hai

Sử dụng các giá trị nhiệt độ nước lạnh tại Bảng F.3, vẽ nhiệt độ như một hàm của lưu lượng dòng chảy, được biểu diễn bằng tỷ lệ phần trăm (Xem Hình F.5).

F.3.1.4 Bước 4: Xác định lưu lượng nước dự đoán

Trên Hình F.5, kẻ một đường thẳng tại nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm hiệu chỉnh giao với đường cong. Tại giao điểm, chiếu một đường thẳng theo hướng thẳng đứng đi xuống để tìm lưu lượng nước tái tuần hoàn được dự đoán tương ứng với bầu ướt thử nghiệm, dải và nhiệt độ nước lạnh.

$Q_{wpred} = 94,39$ % dòng thiết kế = 3382 L/s.

F.3.1.5 Bước 5: Tính toán lưu lượng dòng chảy thử nghiệm hiệu chỉnh

Lưu lượng dòng chảy thử nghiệm hiệu chỉnh được tính toán từ công thức (23), sử dụng các giá trị của khối lượng riêng không khí tại lỗ khí vào của quạt và công suất động cơ quạt, tại cả hai điều kiện thử nghiệm và theo thiết kế.

Để tuân theo tiêu chuẩn này, các giá trị thử nghiệm và theo thiết kế cho tỷ trọng (ρ), thể tích riêng (v) và enthanpy (h) của không khí phải được xác định sử dụng các bảng nhiệt ẩm kể tại Phụ lục D của tiêu chuẩn này hoặc được tính toán sử dụng chương trình liệt kê trong Phụ lục D. Trong ví dụ này, chương trình tính toán của Phụ lục D được sử dụng để đưa ra các đặc tính nhiệt ẩm kể.

Do đánh giá dựa trên các đặc tính nhiệt ẩm kể của không khí lại lỗ khí vào của quạt, các phương thức khác nhau sẽ được ứng dụng cho tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức và các tháp giải nhiệt cơ khí.

F.3.2 Tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức

Đối với tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức, các điều kiện không khí tại lỗ khí vào của quạt giống với các điều kiện không khí tại cửa nạp của tháp. Vì vậy, khối lượng riêng không khí thử nghiệm (ρ_i) và thể tích riêng thử nghiệm (v_i) được tính toán trực tiếp từ các giá trị thử nghiệm đo được của bầu ướt, bầu khô và áp suất khí quyển. Các điều kiện theo thiết kế tại cửa nạp không khí của tháp đã được cung cấp bởi nhà sản xuất, tuân theo 5.3 hoặc được suy ra theo Phụ lục D.

Bảng F.4 – Các giá trị thử nghiệm và theo thiết kế cho các đặc tính của không khí

Thông số	Giá trị theo thiết kế	Giá trị thử nghiệm
Áp suất khí quyển (P)	101,325 kPa	98,80 kPa
Nhiệt độ đi vào bầu ướt (T_{wb})	26,00 °C	24,53 °C
Nhiệt độ đi vào bầu khô (T_{db})	30,20 °C	25,52 °C
Độ chứa hơi (HR)	0,01966 kg/kg kk	0,01969 kg/kg kk
Thể tích riêng (v)	0,88656 m ³ /kg	0,89523 m ³ /kg
Enthanpy (h)	88,6307 kJ/kg	75,8211 kJ/kg
Khối lượng riêng (ρ)	1,5013 kg/m ³	1,13902 kg/m ³
Độ ẩm tương đối	71,98 %	92,36 %

F.3.3 Tháp thông gió kiểu hút

F.3.3.1 Đối với thông gió quạt thổi, các điều kiện quạt không khí là điều kiện dòng khí xả khỏi tháp. Các điều kiện không khí xả được xác định, cho cả các điều kiện theo thiết kế và thử nghiệm, bằng một tính toán cân bằng nhiệt lặp lại như được miêu tả bên dưới.

F.3.3.2 Công thức cân bằng nhiệt chỉ rõ nhiệt thu được của không khí khi nó di chuyển qua tháp giải nhiệt bằng với nhiệt mất đi của nước theo cách

$$L(C_{p,w})(T_{HW} - T_{CW}) = G(h_{A,2} - h_{A,1}) \quad (F.1)$$

Sắp xếp lại điều kiện để phân tách cho entanpy không khí cửa ra, công thức này trở thành

$$h_{A,2} = (L/G)(C_{p,w})(T_{HW} - T_{CW}) + h_{A,1} \quad (F.2)$$

Đối với các điều kiện theo thiết kế, tất cả các giá trị đưa ra bởi nhà sản xuất tháp giải nhiệt, trừ

enthalpy cửa ra. Ví dụ như, tính enthalpy không khí tại cửa ra bởi:

$$h_{A,2} = (1,3)(4,186)(49,40 - 30,60) + 80,6307 = 182,936 \text{ kJ / kg}$$

F.3.3.3 Giả định không khí xả tại enthalpy này là bão hòa, xác định dựa trên tính chất nhiệt động học đã cho tại Phụ lục D.

$$T_{fan,d} = 41,85^\circ\text{C}$$

$$\rho_{fan,d} = 1,08634 \text{ kg / m}^3$$

$$v_{fan,d} = 0,97084 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Tiếp theo chúng ta cần tính các đặc tính của khí xả tại các điều kiện thử nghiệm. Trước tiên, tính toán kiểm định L/G bằng thay thế toàn bộ giá trị đã biết vào công thức (31).

$$\left(\frac{L}{G}\right) = 1,300 \left(\frac{3632}{3583}\right) \left(\frac{\rho_t}{1,08634}\right)^{1/3} \left(\frac{107,0}{113,0}\right)^{1/3} \left(\frac{v_t}{0,97084}\right) = 1,2934(\rho_t)^{1/3} v_t \quad (\text{F.3})$$

Thay thế biểu thức L/G này vào trong công thức cân bằng nhiệt (F.2).

$$h_{A,2} = 1,2934(\rho_t)^{1/3} (v_t) 4,186(46,5 - 29,04) + 75,8211$$

$$h_{A,2} = 94,1250(\rho_t)^{1/3} (v_t) + 75,8211$$

Tại điểm này, ước chừng tại một nhiệt độ không khí xả và giả định khí ở trạng thái bão hòa, xác định ρ và v tại nhiệt độ đó. Sau đó thay thế các giá trị này vào trong biểu thức cân bằng nhiệt cuối cùng, tính toán một h_{exit} .

So sánh giá trị tính được này h_{exit} với giá trị thực cho enthalpy tại nhiệt độ đã giả định và nhiệt độ không khí xả lặp lại liên tục cho đến khi một nhiệt độ thích hợp được chọn cho giá trị tính toán h_{exit} khớp với giá trị thực.

Đối với khảo sát đầu tiên của nhiệt độ không khí rời tháp, sử dụng giá trị trung bình của THW và TCW tại các điều kiện thử nghiệm. Các giá trị lặp lại đặc trưng cho ví dụ này đã đề ra trong Bảng F.5 cho áp suất khí quyển là 98,80 kPa.

Bảng F.5 – Sự lặp lại trên enthalpy của không khí ra khỏi tháp

T_{ext}	ρ_t	v_t	h_{exit} thực	h_{exit} tính toán	% sai số
38,00	1,07797	0,96938	153,79	169,78	+10,40 %
40,00	1,06791	0,98369	170,16	170,87	+0,416 %
41,00	1,06281	0,99122	178,97	171,44	-4,2%
40,09	1,06745	0,98436	170,84	170,92	-0,009 %

F.3.4 Tính toán năng suất của tháp

Thay thế các giá trị nhiệt động học tại 40,09 °C vào công thức (23), lưu lượng dòng chảy hiệu chỉnh được tính toán sử dụng công thức F.4.

$$Q_{w_{adj}} = 3623 \left(\frac{107,0}{113,0} \right)^{1/3} \left(\frac{1,06745}{1,08634} \right)^{1/3} = 3537 \text{ L/s} \quad (\text{F.4})$$

Đối với thông gió cưỡng bức như được lấy ví dụ ở trên, lưu lượng dòng chảy hiệu chỉnh là

$$Q_{w_{adj}} = 3623 \left(\frac{107,0}{113,0} \right)^{1/3} \left(\frac{1,13902}{1,15013} \right)^{1/3} = 3546 \text{ L/s} \quad (\text{F.5})$$

Bước tiếp theo là giống nhau giữa thông gió cưỡng bức hoặc quạt thổi. Tiếp tục với ví dụ của một tháp thông gió quạt thổi.

Năng suất sau được tính bởi công thức (24)

$$C_{CAP} = 100 \left[\frac{3537}{3382} \right] = 104,6\% \quad (\text{F.6})$$

Sự đảm bảo tháp sau đó được xác định từ công thức (26) và giả định trong mẫu ví dụ này dung sai I_{TEM} đã được cài đặt theo hợp đồng tới 0:

$C_{CAP} + I_{TEM}$ lớn hơn 100 %: việc đảm bảo năng suất nhiệt mới đạt được.

F.4 Đánh giá bằng sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

F.4.1 Để đánh giá tính năng của tháp trong điều kiện nhiệt độ nước lạnh rời tháp, tuân thủ những bước giống như trên để xác định lưu lượng dòng chảy được hiệu chỉnh (công thức (23)).

Nhập Hình F.6 tại lưu lượng nước thử nghiệm đã được hiệu chỉnh (3537 m/s) và kẻ một đường theo chiều thẳng đứng hướng lên tới giao diện của đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh rời đi được dự đoán tương ứng là 29,39 °C.

So sánh nhiệt độ nước lạnh được điều chỉnh tới nhiệt độ hơi nước lạnh được dự đoán theo công thức (48).

$$\Delta T_{app} = (T_{CW, \text{out}} - T_{CW, \text{pred}}) = 29,04 - 29,39 = 0^\circ \text{C}$$

Giả định rằng không độ dung sai nào được chấp thuận ($I_{TEMP} = 0$), sự tuân thủ điều kiện trong công thức (61)

$$\Delta T_{APP} - I_{TEMP} = -0.35 \leq 0$$

Được kiểm chứng: các điều kiện bảo dưỡng đã đạt được.

F.4.2 Để đánh giá tính năng tháp trong điều kiện nhiệt độ nước lạnh rời đi, đi theo các bước y như trên để xác định lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đã được điều chỉnh (công thức (23)).

Nhập Hình F.6 tại lưu lượng nước thử nghiệm đã điều chỉnh (3466 L/s) và kẻ một đường thẳng theo chiều thẳng đứng hướng lên trên tới bề mặt giao cắt của đường cong. Tại điểm giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh rời đi dự đoán tương ứng với 29,18 °C.

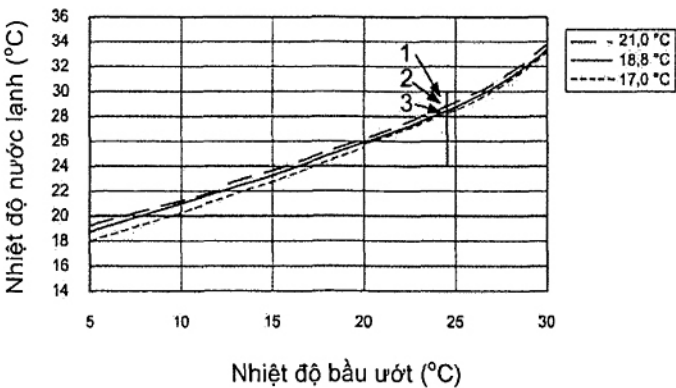
So sánh nhiệt độ nước lạnh dự đoán với giá trị thử nghiệm đo được của nhiệt độ ước lạnh sử dụng công thức (28),

$$\Delta T_{CW} = (T_{CW, pred}) - (T_{CW, t})$$
$$\Delta T_{CW} = (29,18) - (29,04) = +0,14$$

Và bởi vì: $\Delta t_{CW} = +0,14 - 0$, điều kiện bảo trì đã đạt được.

Bảng F.6 – Tính lặp lại cho enthanpy của không khí rời tháp

T _a	ρ _t	v _t	h _{o,t} thực	h _{o,t} tính toán	% sai số
38,00	1,07797	0,96938	153,79	176,34	+14,66 %
40,00	1,06791	0,98369	170,16	177,50	+4,32 %
41,00	1,06281	0,99122	178,97	178,12	-0,47 %
40,09	1,06332	0,99046	178,07	178,06	+0,01 %

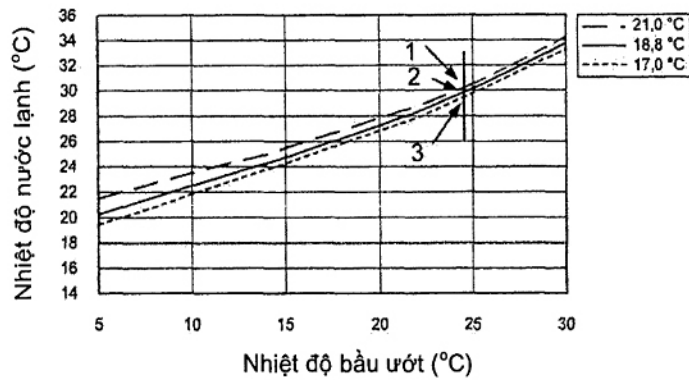


Hiệu nhiệt độ nước vào ra được ghi rõ trong hình minh họa	
Các điều kiện theo thiết kế:	
	Lưu lượng: 3583 L/s
	Hiệu nhiệt độ nước vào ra: 18,9 °C
	Nước lạnh: 30,6 °C
	Bầu ướt = 26,0 °C
	Bầu khô = 30,2 °C
	Áp suất khí quyển = 101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 29,09 °C tại dải 21,0
- 2 28,86 °C tại dải 18,8
- 3 28,64 °C tại dải 17,0

Hình F.1 – Hiệu nhiệt độ nước vào ra tại lưu lượng = 3225 L/s (90 %) với giá trị nhiệt độ thử nghiệm bầu ướt 24,54 °C

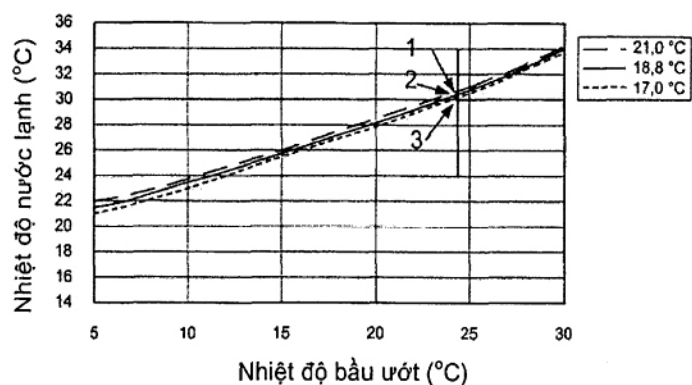


Hiệu nhiệt độ nước vào ra được ghi rõ trong hình minh họa	
Các điều kiện theo thiết kế:	
	Lưu lượng: 3583 L/s
	Hiệu nhiệt độ nước vào ra: 18,9 °C
	Nước lạnh: 30,6 °C
	Bầu ướt = 26,0 °C
	Bầu khô = 30,2 °C
	Áp suất khí quyển = 101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 29,88 °C tại dải 21,0
- 2 29,65 °C tại dải 18,8
- 3 29,43 °C tại dải 17,0

Hình F.2 – Hiệu nhiệt độ nước vào ra tại lưu lượng = 3583 L/s (100 %) với giá trị nhiệt độ thử nghiệm bầu ướt 24,54 °C

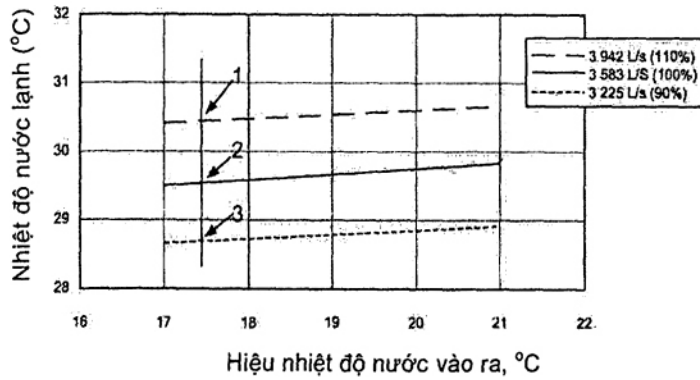


Hiệu nhiệt độ nước vào ra được ghi rõ trong hình minh họa	
Các điều kiện theo thiết kế:	
	Lưu lượng: 3583 L/s
	Hiệu nhiệt độ nước vào ra: 18,9 °C
	Nước lạnh: 30,6 °C
	Bầu ướt = 26,0 °C
	Bầu khô = 30,2 °C
	Áp suất khí quyển = 101,325 kPa
Thử nghiệm bầu ướt = 24,53 °C. Nhiệt độ nước lạnh	
	29,88 tại dải 21,00
	29,65 tại dải 18,8
	29,43 tại dải 17,0

CHÚ DẪN:

- 1 30,76 °C tại dải 21,0
- 2 30,50 °C tại dải 18,8
- 3 30,24 °C tại dải 17,0

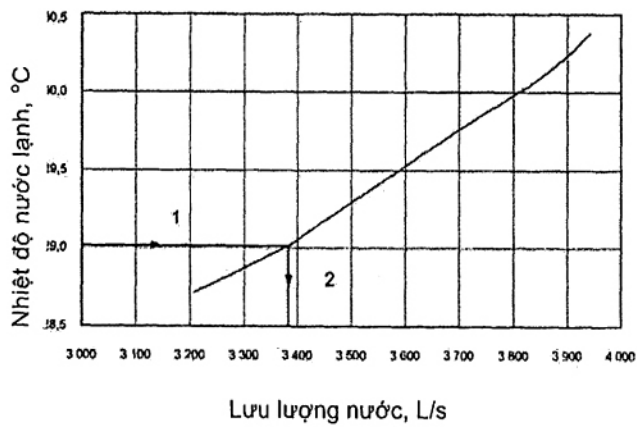
Hình F.3 – Hiệu nhiệt độ nước vào ra tại lưu lượng = 3942 L/s (110 %) với giá trị thử nghiệm bầu ướt 24,54 °C



CHÚ DẪN:

- 1 30,31 °C tại dải 110 %
- 2 29,49 °C tại dải 100 %
- 3 28,69 °C tại dải 90 %

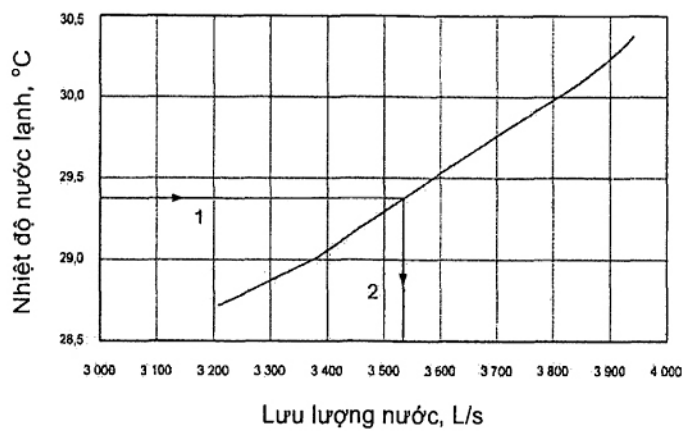
Hình F.4 – Đồ thị giao điểm 1, bầu uớt = 24,53 °C tại nhiệt độ bầu uớt thử nghiệm 24,54 °C



CHÚ DẪN:

- 1 Nước lạnh được dự đoán = 29,38 °C
- 2 Lưu lượng thử nghiệm đã được điều chỉnh = 3537 L/s

Hình F.5 – Đồ thị giao điểm 2, bầu uớt = 24,53 °C, dải = 17,46 °C



CHÚ DẪN:

- 1 Nước lạnh dự đoán = 29,38 °C
- 2 Lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đã được hiệu chỉnh = 3537 L/s

Hình F.6 – Đồ thị giao điểm 2, bầu ướt = 24,53 °C, dài = 17,46 °C

Phụ lục G

(Tham khảo)

Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu hồ sử dụng phương pháp đường đặc tính

G.1 Quy định chung

Mục đích của Phụ lục G là để miêu tả và minh họa phương pháp đường đặc tính cho việc đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt trên một tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, như được mô tả trong Điều 9 của tiêu chuẩn này.

G.2 Các giá trị theo thiết kế và thử nghiệm

Các thiết kế và giá trị thử nghiệm đo được cho tháp giải nhiệt thông gió cơ khí được tóm tắt theo bảng dưới đây.

Bảng G.1 - Tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, thiết kế và các giá trị thử nghiệm đã đo được

Thông số	Giá trị theo thiết kế	Giá trị thử nghiệm
Lưu lượng nước (Q_{wt})	220 L/s	209 L/s
Nhiệt độ nước nóng (T_{hw})	36 °C	33,4 °C
Nhiệt độ nước lạnh (T_{cw})	30 °C	27,1 °C
Nhiệt độ đi vào bầu ướt (T_{wb})	25 °C	21,1 °C
Nhiệt độ đi vào bầu khô (T_{db})	31 °C	30,6 °C
Tổng công suất động cơ quạt (W_f)	60 kW	57,6 kW
Áp suất khí quyển (P_{bp})	101,325 kPa	101,325 kPa
Tỉ lệ giữa lỏng và khí (L/G)	1,700	-

Theo 5.3.6 của tiêu chuẩn này, nhà sản xuất đã đưa ra đường đặc tính được thể hiện trên Hình G.1.

G.3 Qui trình đánh giá

G.3.1 Bước 1: Xác định L/G thử nghiệm

Giá trị thử nghiệm L/G được tính toán sử dụng các giá trị thử nghiệm của nhiệt độ nước nóng, nhiệt độ nước lạnh, nhiệt độ đi vào bầu ướt và bầu khô, áp suất khí quyển, dòng chảy thử nghiệm và tổng công suất động cơ quạt thử nghiệm.

Để tuân theo tiêu chuẩn này, các giá trị theo thiết kế và thử nghiệm cho khối lượng riêng (ρ), thể

tích riêng (v), và enthalpy (h) của không khí ẩm sẽ được xác định bằng cách sử dụng các bảng biểu nhiệt ẩm kế hoặc mã nguồn được đưa ra tại Phụ lục D. Ví dụ, mã nguồn của Phụ lục D đã được sử dụng để tạo ra toàn bộ các đặc tính nhiệt ẩm kế.

Bởi việc đánh giá dựa trên các đặc tính nhiệt ẩm kế của không khí tại cửa vào của quạt, các phương thức khác nhau sẽ được áp dụng để tính toán L/G cho các tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức và cảm ứng.

G.3.2 Tháp thông gió cưỡng bức

Đối với một tháp thông gió cưỡng bức, các điều kiện của lỗ không khí vào của quạt giống với điều kiện cửa không khí vào của tháp. Do đó, khối lượng riêng thử nghiệm (ρ_t) và thể tích riêng thử nghiệm (v_t) được tính toán trực tiếp từ nhiệt độ thử nghiệm đo được của bầu ướt, nhiệt độ bầu khô và áp suất khí quyển. Các điều kiện tại cửa nạp không khí của tháp sẽ được cung cấp bởi nhà sản xuất tại 5.3.

Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế đã cho đối với nhiệt độ bầu ướt và bầu khô và áp suất khí quyển, xác định mật độ và thể tích riêng của cửa nạp không khí.

Tại giá trị theo thiết kế ở 25 °C bầu ướt, 31 °C bầu khô, 101,325 kPa áp suất khí quyển:

$$\begin{aligned}\rho_t &= 1,1485 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ v_t &= 0,55309 \text{ m}^3 / \text{kg} \\ h &= 76,274 \text{ kJ} / \text{kg}\end{aligned}$$

Tại giá trị thử nghiệm ở 21,1 °C bầu ướt, 30,6 °C bầu khô, 101,325 kPa áp suất khí quyển:

$$\begin{aligned}\rho_t &= 1,1539 \text{ kg} / \text{m}^3 \\ v_t &= 0,87694 \text{ m}^3 / \text{kg} \\ h &= 61,102 \text{ kJ} / \text{kg}\end{aligned}$$

Sử dụng những dữ liệu này, tính toán L/G từ công thức (31) thay thế các giá trị r

$$\begin{aligned}\left(\frac{L}{G}\right)_t &= \left(\frac{L}{G}\right)_d \left(\frac{Q_{w,t}}{Q_{w,d}}\right) \left(\frac{Q_{FM,d}}{Q_{FM,t}}\right)^{1/3} \left(\frac{\rho_{A,t}}{\rho_{A,d}}\right)^{1/3} \left(\frac{v_{A,t}}{v_{A,d}}\right) \\ \left(\frac{L}{G}\right)_t &= (1,70) \left(\frac{209}{220}\right) \left(\frac{60,0}{57,6}\right)^{1/3} \left(\frac{1,1539}{1,1485}\right)^{1/3} \left(\frac{0,87694}{0,88609}\right) \\ \left(\frac{L}{G}\right)_t &= 1,623\end{aligned}$$

G.3.3 Tháp giải nhiệt kiểu hút gió

Đối với tháp giải nhiệt kiểu hút gió, các điều kiện tại cửa nạp đến quạt là điều kiện dòng xả của tháp. Mã code yêu cầu rằng đặc tính không khí dòng xả của cả theo thiết kế và thử nghiệm được xác định bằng tính toán cân bằng nhiệt. Tính toán các đặc tính không khí dòng xả theo thiết kế là một phương thức không phức tạp trong khi tính toán đặc tính không khí dòng xả theo thử nghiệm

yêu cầu kết hợp cân bằng nhiệt công thức (G.1) với công thức (31) và lập lại cho một lời giải.

Công thức cân bằng nhiệt (G.1) bên dưới được trình bày đơn giản rằng lượng nhiệt tăng lên của không khí bằng với lượng nhiệt mất đi của nước.

$$L(C_{p,w})(T_{HW} - T_{CW}) = G(h_{A,2} - h_{A,1}) \quad (G.1)$$

Sắp xếp lại để tác entanpy không khí cửa ra, công thức cân bằng nhiệt (G.1) trở thành

$$h_{A,2} = (L/G)(C_{p,w})(T_{HW} - T_{CW}) + h_{A,1}$$

Đối với các điều kiện theo thiết kế, tất cả các giá trị đã đưa bởi nhà sản xuất tháp giải nhiệt, entanpy không khí tại cửa nạp là được tính từ Phụ lục D. Ví dụ, cái đó tính entanpy không khí cửa ra bởi công thức (G.2).

$$h_{A,2} = (1,7)(4,186)(36 - 30) + 76,274 = 118,971 \text{ kJ/kg} \quad (G.2)$$

Giả định không khí dòng xả tại entanpy đó là bão hòa, xác định từ nhiệt động học đã cho trong Phụ lục D.

$$T_{fan,d} = 33,35^\circ \text{C}$$

$$\rho_{fan,d} = 1,08634 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{fan,d} = 0,9708 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Sau đó, tính toán các đặc tính không khí dòng xả tại các điều kiện thử nghiệm. Tính toán đầu tiên L/F thử nghiệm bằng cách thay thế toàn bộ giá trị đã biết vào trong công thức (31).

$$\left(\frac{L}{G}\right)_t = (1,700) \left(\frac{209}{220}\right) \left(\frac{\rho_t}{1,1295}\right)^{1/3} \left(\frac{60,0}{57,6}\right)^{1/3} \left(\frac{\frac{1}{2t}}{0,91488}\right) = 1,7183(\rho_t)^{1/3} \frac{1}{2t} \quad (G.3)$$

Thay thế biểu thức (L/G) này vào trong công thức cân bằng nhiệt (G.2).

Từ Phụ lục D, tính toán entanpy tại cửa nạp cho các điều kiện thử nghiệm = 61,102 kJ/kg

$$\begin{aligned} h_{A,2} &= 1,7183(\rho_t)^{1/3}(v_t)4,86(33,4 - 27,1) + 61,102 \\ h_{A,2} &= 45,3147(\rho_t)^{1/3}(v_t) + 61,102 \end{aligned} \quad (G.4)$$

Tại điểm này, ước đoán nhiệt độ không khí dòng xả và, giả định bão hòa, xác định p và v tại nhiệt độ đó. Sau đó, thay thế những giá trị này vào trong công thức cân bằng nhiệt cuối cùng (G.4). tính toán h_{exit} .

So sánh giá trị tính toán được h_{exit} với giá trị entanpy thực tại nhiệt độ đo được và tiếp tục lặp lại nhiệt độ không khí dòng xả cho đến khi một nhiệt độ thích hợp được chọn cho giá trị tính toán h_{exit} khớp với giá trị thực.

Đối với khảo sát đầu tiên của không khí rời tháp, sử dụng giá trị trung bình của T_{HW} và T_{CW} tại các

điều kiện thử nghiệm. Các giá trị lặp lại tiêu biểu cho ví dụ này được đưa ra tại Bảng G.2 cho áp suất khí áp 101,325 kPa.

Bảng G.2 – Sự lặp lại trên enthanpy của không khí rời tháp

T_{exit}	ρ_t	v_t	h_{exit} thực	h_{exit} tính toán	% sai số
30,00	1,1459	0,89656	100,005	103,616	+3,60 %
31,00	1,1410	0,90185	105,638	103,806	-1,48 %
30,70	1,1425	0,90025	103,733	103,749	+0,015%

Nhiệt độ không khí rời tháp 30,7 °C là đủ chính xác. Bây giờ xác định (L/G) thử nghiệm thay thế các giá trị nhiệt ẩm kế cho không khí bão hòa tại 30,7 °C vào trong công thức (G.3) và giải phương trình

$$\left(\frac{L}{G}\right) = (1,7183)(1,1428)^{1/3}(0,9002) = 1,617$$

G.3.4 Bước 2: Tính toán KαV/L tại L/G thử nghiệm

Một khi giá trị L/G thử nghiệm được xác định, phương thức cho tính KαV/L là đồng nhất cho tháp giải nhiệt thông gió cưỡng bức và hút gió. Việc tính toán KαV/L được tính toán sử dụng giá trị entanpy bão hòa tại nhiệt độ bầu ướt. Tiếp tục với ví dụ tháp giải nhiệt kiểu hút gió, giá trị KαV/L được tính bằng phương pháp sau theo 9.3.4.3.

Cho $T_{HW} = 33,4$ và $T_{CW} = 27,1$, enthanpy của không khí tại cửa ra được tính bởi

$$h_{A,2} = h_{A,1} + (L / G) * (C_{p,w}) * (T_{HW} - T_{CW}) = 61,395 + 4,186 \times 6,3 = 104,038$$

Tại một bước (x) đã cho của trao đổi nhiệt, enthanpy của không khí ra là

$$h_a = x * (L / G) * (C_{p,w}) * (T_{HW} - T_{CW})$$

Nhiệt độ nước là $T_w = T_{CW} + x * (T_{HW} - T_{CW})$

	x	Enthanpy không khí, h_a	Nhiệt độ nước, T_w	Enthanpy không khí tại T_w , h_w	$\Delta h = h_w - h_a$	$1/\Delta h$
Ban đầu	0	61,102	27,1			
Tại 10 %	0,1	65,659	27,73	88,690	23,031	0,04342
Tại 40 %	0,4	78,452	29,62	90,030	19,578	0,05108
Tại 60 %	0,6	86,981	30,88	104,711	17,731	0,05640
Tại 90 %	0,9	99,774	32,77	115,479	15,795	0,06367
Cuối cùng	1,0	104,038	33,4			$\sum \frac{1}{\Delta h} = 0,21457$

$$K\alpha V / L = (C_{p,w}) \left(\frac{T_{HW} - T_{CW}}{4} \right) \left(\sum \frac{1}{\Delta h} \right) = (4,186) \left(\frac{6,3}{4} \right) (0,21457) = 1,415$$

G.3.5 Bước 3: Xác định giao cắt $(L/G)_t$

Tại $(L/G)_t$ được tính từ G.3.1 bước 1 và KaV/L được tính từ G.3.4 bước 2, đánh dấu điểm tính năng thử nghiệm lên đường đặc tính của nhà sản xuất, như được chỉ rõ tại Hình G.2. Một đường cong được vẽ qua điểm này song song với đường đặc tính của tháp. Đường cong song song giao với đường cong hiệu nhiệt độ ướt theo thiết kế 5°C tại $(L/G)_p = 1,72$. Đó là L/G được dự đoán, hay còn gọi là giá trị L/G mà tháp sẽ tạo ra nếu vận hành ở các điều kiện theo thiết kế.

G.3.6 Bước 4: Tính toán năng suất của tháp

Như được trình bày tại 9.3.4.4, năng suất của tháp C , là tỉ lệ của giá trị L/G dự đoán với L/G theo thiết kế.

$$C = 100\{(L/G)_t / (L/G)_d\}$$

$$C = 100 (1,72 / 1,70) = 101,2 \%$$

Dựa vào thử nghiệm được thực hiện, tháp có khả năng giải nhiệt 223 L/s từ 36°C xuống 30°C tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế 25°C và tổng công suất động cơ quạt theo thiết kế 60 kW.

Nếu các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực tăng thêm là để lấy trung bình, chọn các khoảng thời gian thử nghiệm bổ sung với năng suất 100,5 và 101,9, giá trị trung bình được tính cho mỗi công thức (G,X) như sau.

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 \dots C_n}{n}$$

$$\bar{C} = (101,2 + 100,5 + 101,9) / 3 = 101,2$$

G.3.7 Bước 5: Tính tuân thủ

Giả định rằng không có dung sai trong hợp đồng, $T_{CAP} = 0$, tiêu chuẩn cần tuân thủ ở công thức (26).

$$C + T_{CAP} \geq 100 \%$$

$$101,2 + 0 \geq 100 \%$$

Vì vậy, tháp đạt điều kiện đảm bảo.

Sử dụng đồ thị cuối cùng giống như trong bước 3 điều G.3.5, nhập L/G thử nghiệm được điều chỉnh và đọc nhiệt độ nước lạnh được dự đoán trên đường cong gốc của nhà sản xuất. So sánh nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm với nhiệt độ nước lạnh đo được theo đó sai lệch hiệu nhiệt độ ướt bằng:

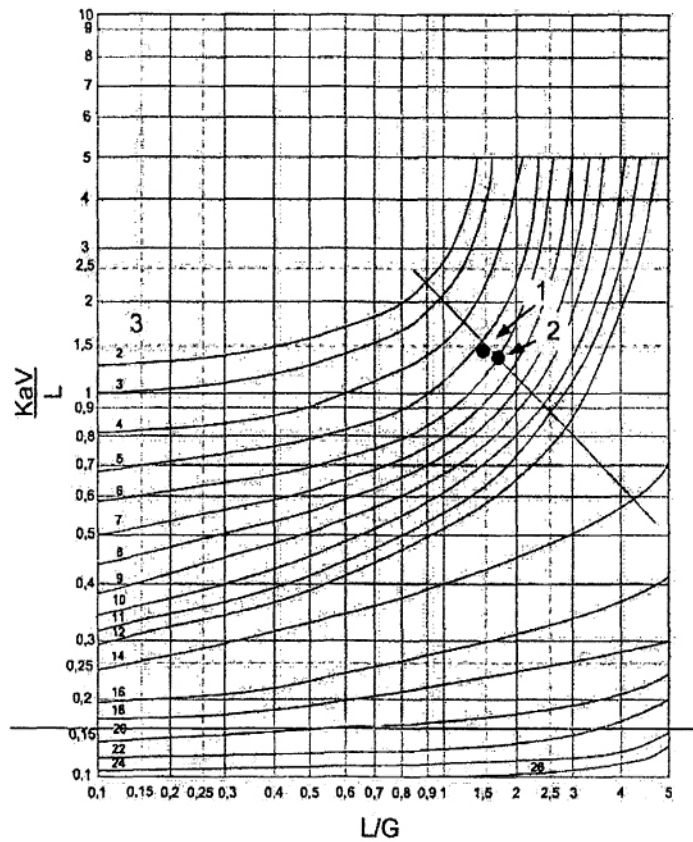
$$\Delta A_{CW} = (T_{CW,t}) - (T_{CW, pred})$$

Với thử nghiệm nhiều chu kỳ, giá trị trung bình có thể được tính theo 9.3.3.1.5.

$$\Delta \bar{A} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \Delta A_i$$

Tính tuân thủ đã đạt được nếu

$\Delta A = \tau_{temp} < 0$

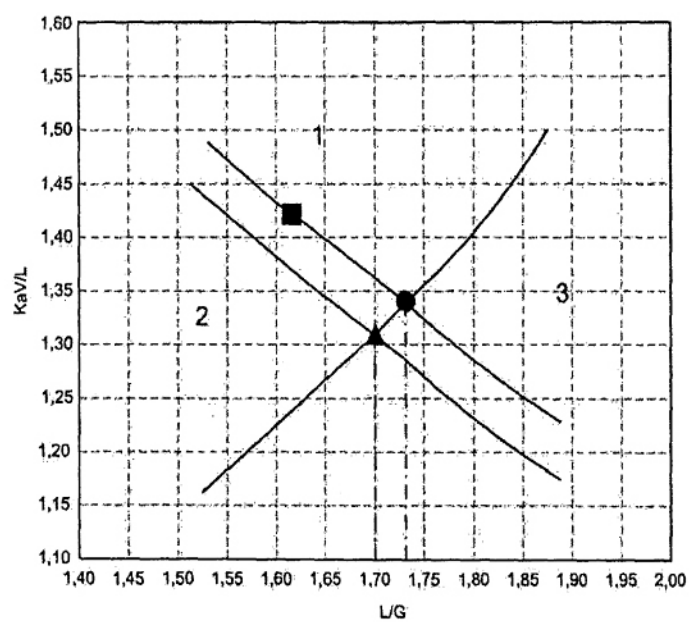


Các điều kiện theo thiết kế	
Dòng chảy	220 L/s
Nhiệt độ nước nóng	36 °C
Nhiệt độ nước lạnh	30 °C
Nhiệt độ bầu uớt	25 °C
Công suất quạt	60 kW
Hiệu suất động cơ	91 %
Chỉ số áp kế	101,3 kPa
L/G	1,70

CHÚ DẪN:

- 1 Điểm thử nghiệm
- 2 Điểm theo thiết kế
- 3 Nhiệt độ tiếp cận

Hình G.1 – Đồ thị chéo theo thiết kế



CHÚ DẪN:

- 1 L/G thử nghiệm = 1,617; $KaV/L = 1,415$
- 2 L/G theo thiết kế = 1,700; $KaV/L = 1,305$
- 3 Hệ số chặn với đường cong hiệu nhiệt độ ướt theo thiết kế: $L/G = 1,728$

Hình G.2 – Đồ thị chéo thử nghiệm

Phụ lục H

(Quy định)

Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên sử dụng phương pháp đường cong tính năng

H.1 Quy định chung

Mục đích của Phụ lục H là để miêu tả và minh họa phương pháp đường đặc tính cho đánh giá một thử nghiệm tính năng nhiệt trên tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, như được mô tả trong 9.3.5 của tiêu chuẩn này.

H.2 Các giá trị thử nghiệm theo thiết kế và đo được

Các giá trị thử nghiệm theo thiết kế và đo được cho tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên được tóm tắt tại Bảng H.1.

Bảng H.1 – Các giá trị thử nghiệm theo thiết kế và đo được của tháp giải nhiệt

Thông số	Giá trị theo thiết kế	Giá trị thử nghiệm
Lưu lượng nước (Q_{wt})	23,889 L/s	22,299 L/s
Nhiệt độ nước nóng (T_{hw})	38,80 °C	27,80 °C
Nhiệt độ nước lạnh (T_{cw})	25,40 °C	20,50 °C
Hiệu nhiệt độ nước vào ra (R)	7,40 °C	7,30 °C
Nhiệt độ đi vào bầu ướt (T_{wb})	16,00 °C	9,5 °C
Nhiệt độ đi vào bầu khô (T_{db})	18,20 °C	13,40 °C
Tổng công suất động cơ quạt (W_t)	60 kW	57,6 kW
Áp suất khí quyển (P_{bp})	101,325 kPa	101,70 kPa
Độ ẩm tương đối (RH)	80,17 %	60,42

Phù hợp với 5.3.4 của tiêu chuẩn này, nhà sản xuất đã đưa ra đường cong tính năng diễn tả nhiệt độ nước lạnh như một hàm số của nhiệt độ của không khí tại bầu khô với độ ẩm tương đối của không khí như một thông số (xem các Hình H.1 đến H.9).

Hình H.1 tới H.3 cho 90 % tỉ lệ tuần hoàn nước theo thiết kế

Hình H.4 tới H.6 cho 100 % tỉ lệ tuần hoàn nước theo thiết kế

Hình H.7 tới H.9 cho 110 % tỉ lệ tuần hoàn nước theo thiết kế

H.3 Đánh giá bởi hiệu suất lưu lượng dòng chảy

Các bước tiếp theo trong đánh giá thử nghiệm trong điều kiện của hiệu suất lưu lượng dòng chảy như sau.

H.3.1 Bước 1: Đồ thị giao điểm đầu tiên

Sử dụng chín đường cong tính năng, ba cho mỗi ba tỉ lệ tuần hoàn nước, nhập các đường cong tại Nhiệt độ khô thử nghiệm (13,40 °C) và xác định nhiệt độ nước lạnh cho độ ẩm tương đối 60 %, 80 %, và 100 % tại từng lưu lượng và hiệu nhiệt độ nước vào ra.

Bảng H.2 – Các điểm đặc tính cho nhiệt độ nước lạnh đối với hiệu nhiệt độ nước vào ra và độ ẩm tương đối tại 13,40 °C bầu ướt thử nghiệm

Hiệu nhiệt độ nước vào ra	Độ ẩm %	90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
6,70	60	20,24	21,11	21,94
	70	20,69	21,53	22,38
	80	21,10	21,94	22,78
	100	21,95	22,78	23,63
7,40	60	20,46	21,38	22,17
	70	20,90	21,79	22,60
	80	21,31	22,20	23,02
	100	22,16	23,03	23,86
8,10	60	20,59	20,59	22,41
	70	21,01	21,98	22,83
	80	21,44	21,44	23,24
	100	22,30	22,30	24,06

Sau đó cho từng dòng chảy và hiệu nhiệt độ nước vào ra, chuẩn bị một đồ thị chéo của nhiệt độ nước lạnh như một hàm số của độ ẩm tương đối, với hiệu nhiệt độ nước vào ra là một thông số (xem Hình H.10 tới H.12).

H.3.2 Bước 2: Đồ thị chéo thứ 2

Sử dụng những đường cong mới, nhập mỗi giá trị tại độ ẩm tương đối thử nghiệm (60,42 %) và xác định nhiệt độ nước lạnh cho mỗi lưu lượng dòng chảy và hiệu nhiệt độ nước vào ra.

Bảng H.3 – Các điểm trên đường cong cho nhiệt độ nước lạnh đối với dòng chảy tại 13,40 °C bầu ướt thử nghiệm và 60,42 % độ ẩm tương đối thử nghiệm

Hiệu nhiệt độ nước vào ra	90 % dòng chảy	100 % dòng chảy	110 % dòng chảy
6,70	20,26	21,13	21,95
7,40	20,48	21,39	22,19
8,10	20,61	20,58	22,43

Sau đó, dựng một đồ thị chéo thứ hai của nhiệt độ nước lạnh như một hàm số của hiệu nhiệt độ nước vào ra (xem Hình H.13).

H.3.3 Bước 3: Đồ thị thứ ba

Nhập Hình H.13 tại hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm (7,30 °C) và xác định nhiệt độ nước lạnh cho mỗi ba lưu lượng dòng chảy, như được liệt kê trong Bảng H.4

Bảng H.4 – Các điểm trên đường cong cho nhiệt độ nước lạnh đối với dòng chảy tại 13,40 °C bầu ướt thử nghiệm và 60,42 % độ ẩm tương đối thử nghiệm và hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm 7,30 °C

90 % dòng chảy	100 % dòng chảy	110 % dòng chảy
20,45	21,36	22,16

Sau đó, vẽ đồ thị chéo cho lưu lượng dòng nước chảy như một hàm số của nhiệt độ của nước lạnh (xem Hình H.14).

H.3.4 Bước 4: Xác định lưu lượng dòng chảy được dự đoán

Nhập Hình H.14 tại nhiệt độ nước lạnh đo được (20,50 °C) và từ giao điểm với đường cong, xác định lưu lượng dòng nước chảy được dự đoán tại nhiệt độ thử nghiệm nước lạnh là 21 639 L/s.

H.3.5 Bước 5: Xác định năng suất của tháp giải nhiệt

Sử dụng công thức (32), tìm năng suất tính năng nhiệt của tháp giải nhiệt như:

$$C = 100 \frac{Q_{wt,adj}}{Q_{pred}} = 100 \left(\frac{22299 \text{ L/s}}{21639 \text{ L/s}} \right) = 102,7\%$$

CHÚ THÍCH: Phép nội suy bằng đồ thị ở trên có thể thực hiện theo toán học.

H.4 Đánh giá nhiệt độ nước lạnh

Để đánh giá tính năng tháp theo điều kiện nhiệt độ nước lạnh rời tháp, theo sau các bước giống như trên để phát triển đồ thị chéo thứ 3 (Hình H.15).

Sau đó, nhập hình H.15 tại lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đo được (22299 L/s) và kẻ một đường theo phương thẳng đứng hướng lên trên giao với đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh được dự đoán tương ứng như 20,75 °C.

So sánh nhiệt độ nước lạnh được dự đoán với giá trị thử nghiệm đo được cho nhiệt độ nước lạnh như sau:

$$T_{CW} = (T_{CW,t}) - (T_{CW,pred})$$

$$T_{CW} = (20,50) - (20,75) = - 0,25$$

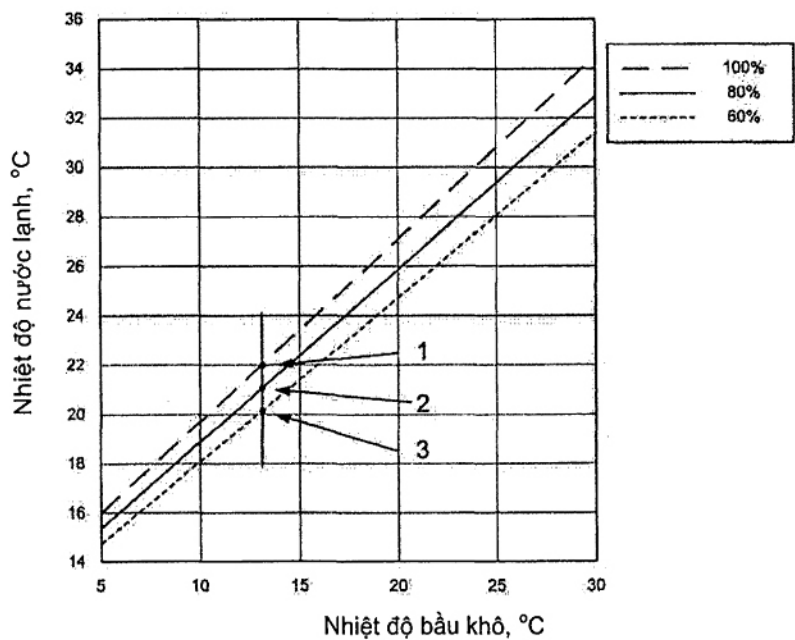
Và bởi $\Delta t_{CW} < 0$, điều kiện đảm bảo đã đạt được.

H.5 Năng suất trung bình

Cho nhiều điểm, xem công thức (38).

H.6 Nước lạnh trung bình

Cho đa điểm, xem công thức (41).

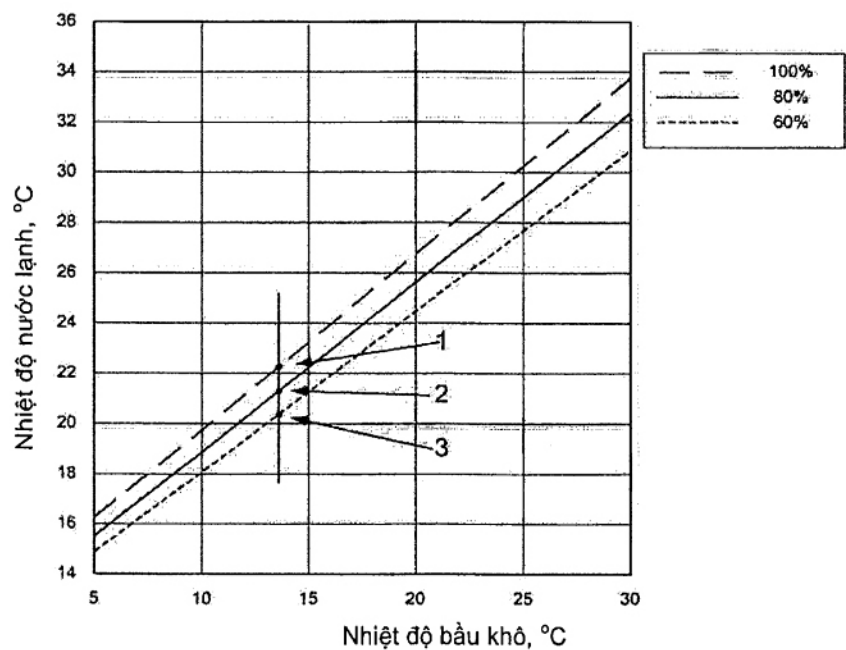


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23 889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 21,95 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 21,10 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 20,24 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.1 – Lưu lượng nước = 21500 L/s (90 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 6,7 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

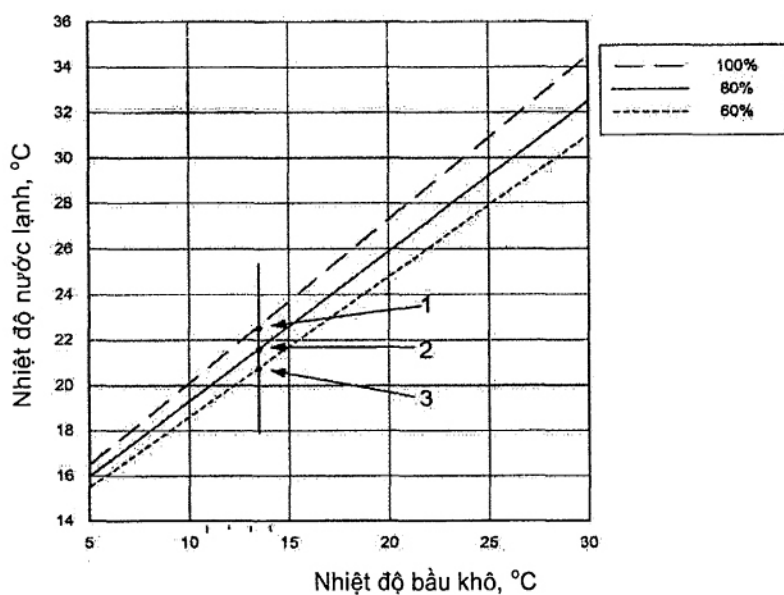


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 21,16 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 21,31 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 20,46 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.2 – Lưu lượng nước = 21500 L/s (90 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 7,4 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

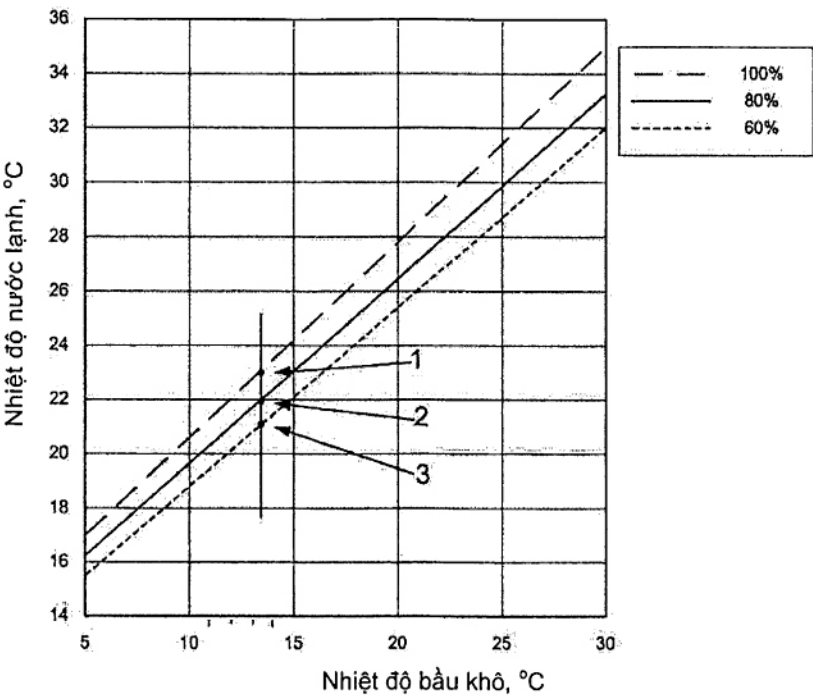


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 22,30 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 21,44 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 20,59 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.3 – Lưu lượng nước = 21500 L/s (90 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 8,1 °C tại
nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

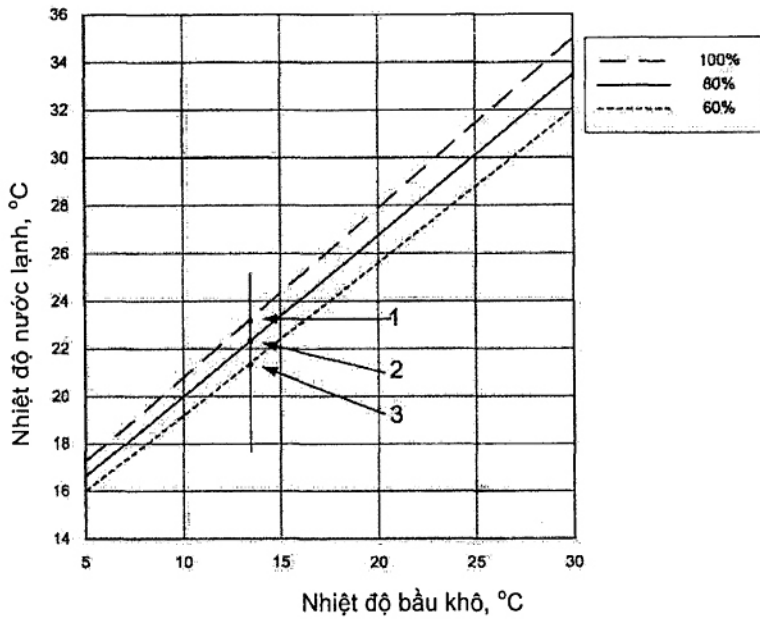


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 22,78 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 21,94 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 21,11 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.4 – Lưu lượng nước = 23889 L/s (100 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 6,7 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

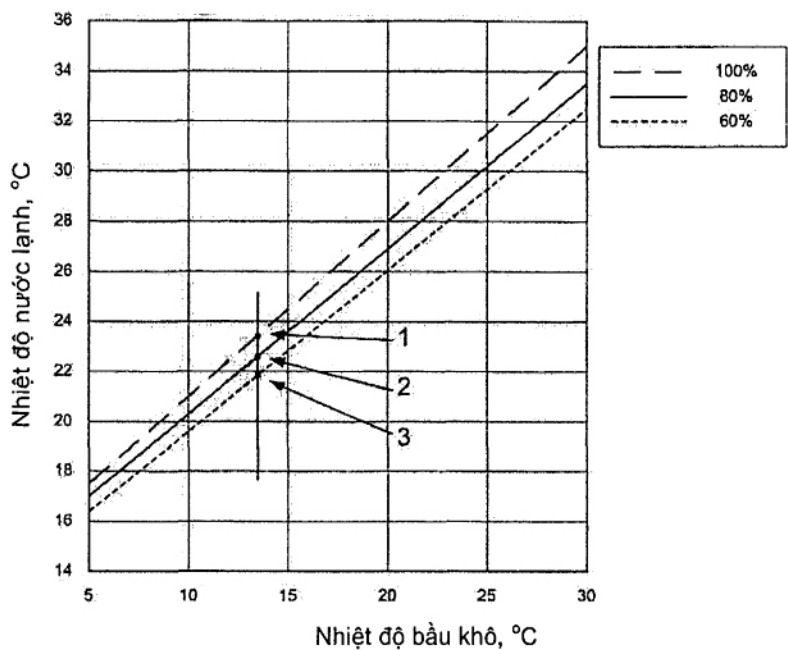


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 23,03 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 22,20 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 21,38 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.5 – Lưu lượng nước = 23889 L/s (100 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 7,4 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

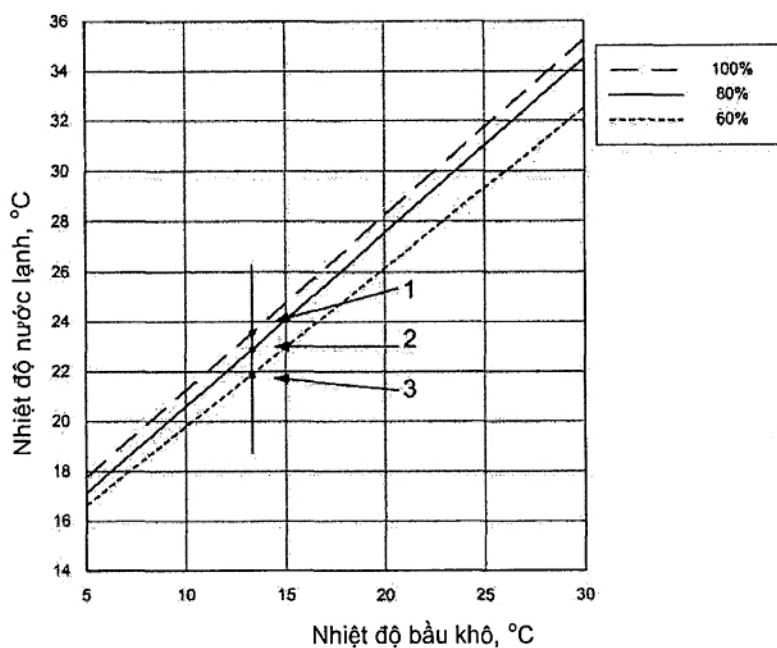


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 23,23 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 22,39 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 21,56 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.6 – Lưu lượng nước = 23889 L/s (100 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 8,1 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

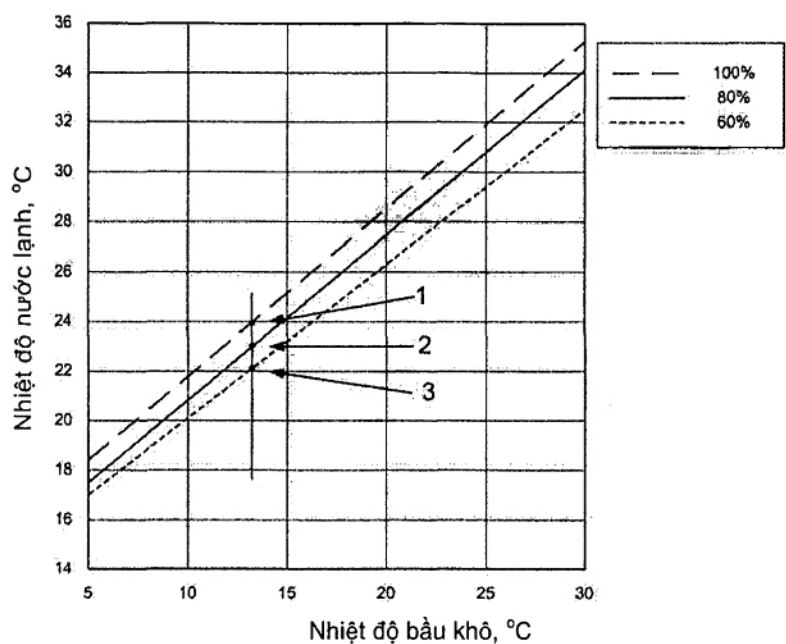


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 23,63 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 22,78 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 21,94 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.7 – Lưu lượng nước = 26278 L/s (110 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 6,7 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

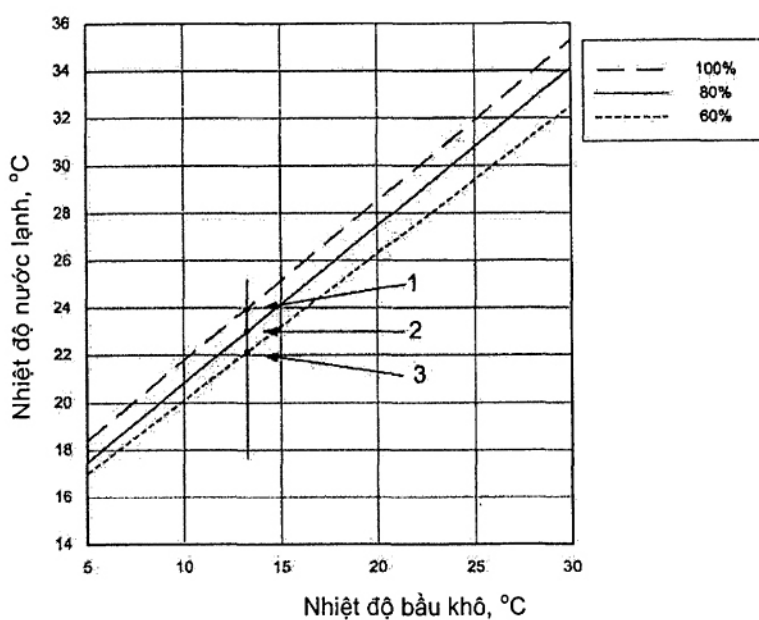


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 23,86 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 23,02 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 22,17 °C (nhiệt độ nước lạnh)

Hình H.8 – Lưu lượng nước = 26789 L/s (110 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 7,4 °C tại
nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C

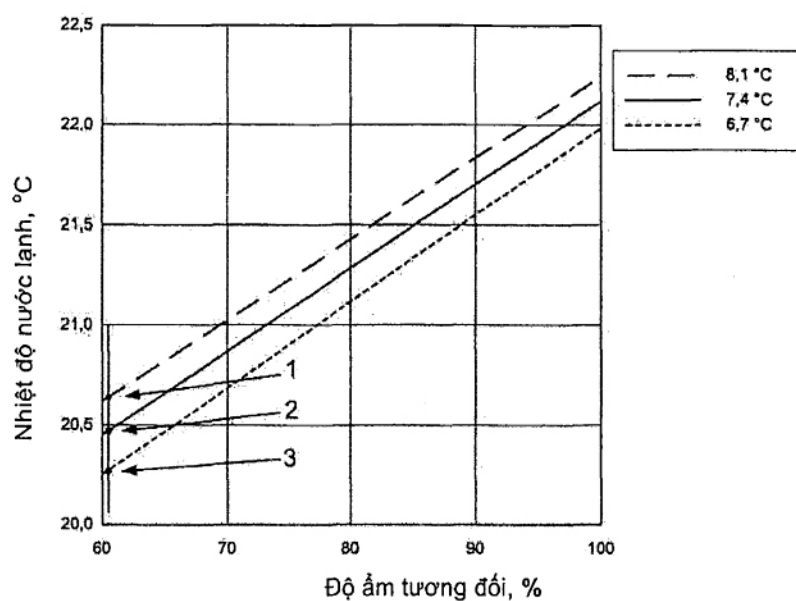


Các điều kiện theo thiết kế	
Lưu lượng nước	23889 L/s
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	7,4 °C
Nước lạnh	25,4 °C
Bầu ướt	16,0 °C
Bầu khô	18,2 °C
Độ ẩm tương đối	80,17 %
Áp suất khí quyển	101,325 kPa

CHÚ DẪN:

- 1 24,06 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 2 23,24 °C (nhiệt độ nước lạnh)
- 3 22,41 °C (nhiệt độ nước lạnh)

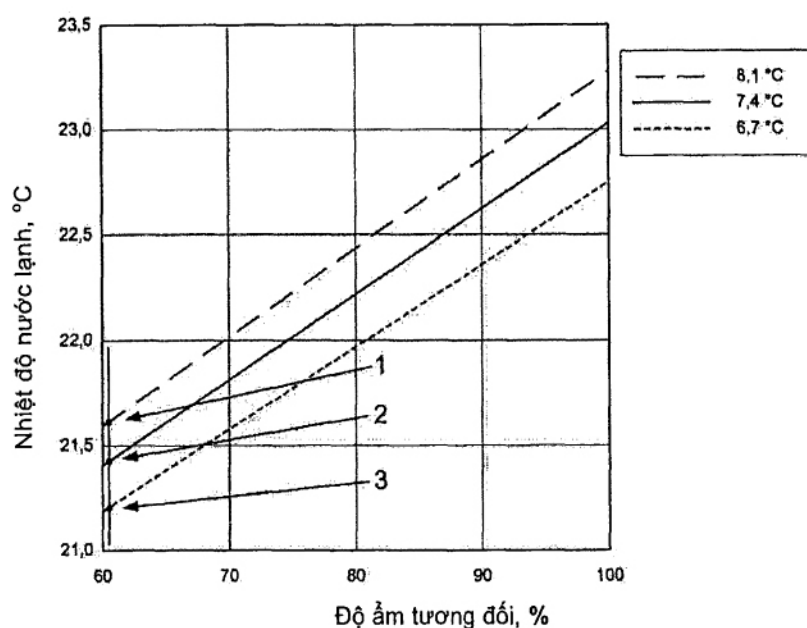
Hình H.9 – Lưu lượng nước = 26278 L/s (110 %) và hiệu nhiệt độ nước vào ra = 8,1 °C tại nhiệt độ bầu khô thử nghiệm = 13,4 °C



CHÚ DẪN:

- 1 20,61 °C tại dải 8,10
- 2 20,48 °C tại dải 7,40
- 3 20,26 °C tại dải 6,70

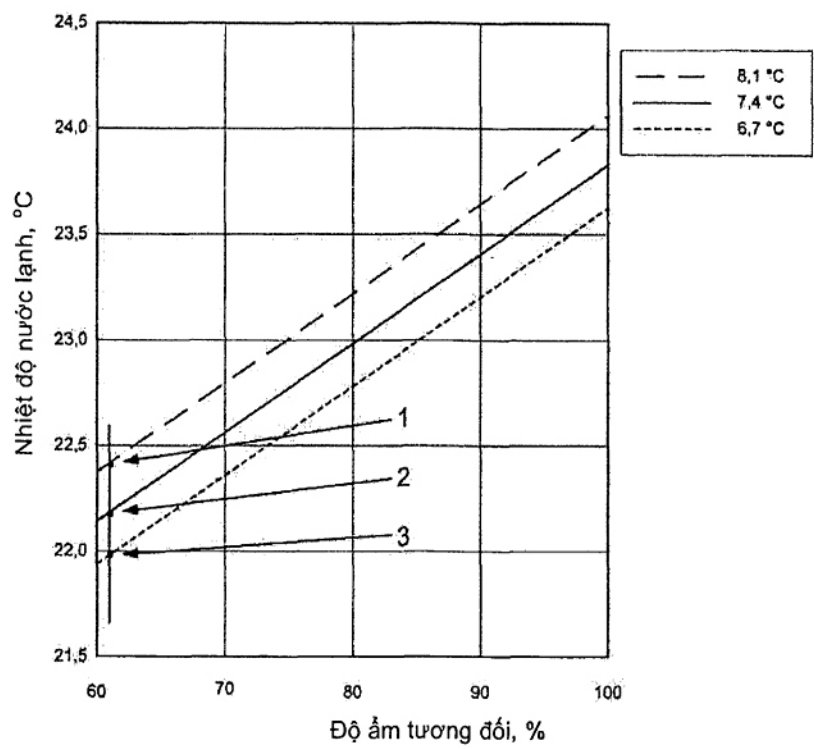
Hình H.10 – Đồ thị chéo 1a: Nhiệt độ bầu ướt = 13,4 °C và lưu lượng nước = 21500 L/s
(90 %) tại độ ẩm tương đối thử nghiệm = 60,42 %



CHÚ DẪN:

- 1 21,58 °C tại dài 8,10
- 2 21,39 °C tại dài 7,40
- 3 21,13 °C tại dài 6,70

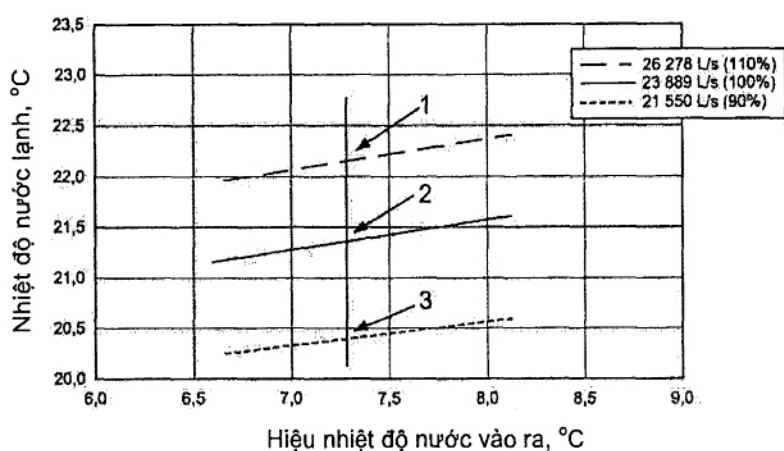
Hình H.11 – Đồ thị chéo 1b: Nhiệt độ bầu ướt = 13,4 °C và lưu lượng nước = 23889 L/s
(100 %) tại độ ẩm tương đối thử nghiệm = 60,42 %



CHÚ DẪN:

- 1 22,43 °C tại dải 8,10
- 2 22,19 °C tại dải 7,40
- 3 21,95 °C tại dải 6,70

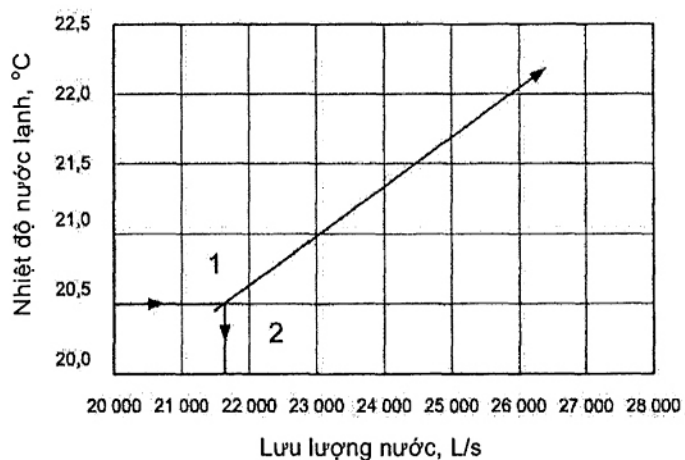
Hình H.12 – Đồ thị chéo 1c: Nhiệt độ bầu ướt = 13,4 °C và lưu lượng nước = 26278 L/s (110 %) tại độ ẩm tương đối thử nghiệm = 60,42 %



CHÚ DẪN:

- 1 22,16 °C tại 110 % lưu lượng
- 2 21,36 °C tại 100 % lưu lượng
- 3 21,95 °C tại 90 % lưu lượng

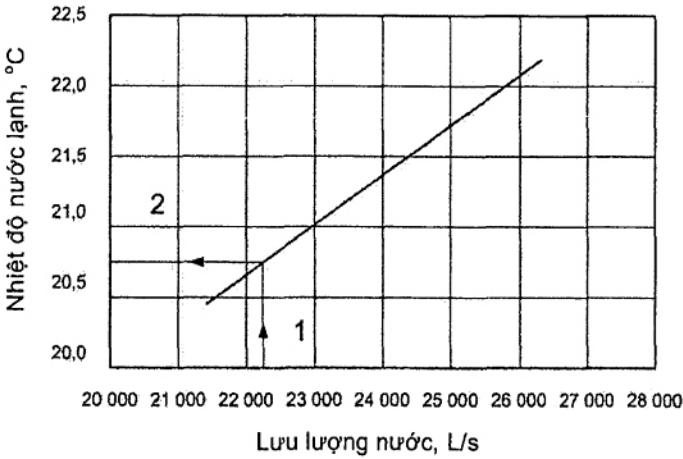
Hình H.13 – Đồ thị chéo 2: Nhiệt độ bầu ướt = 13,4 °C và độ ẩm tương đối = 60,42 % tại hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm = 7,3 °C



CHÚ DẪN:

- 1 Nhiệt độ thử nghiệm nước lạnh đo được = 20,50 °C
- 2 Lưu lượng nước theo dự đoán = 21 639 L/s

Hình H.14 – Đồ thị chéo 3: Nhiệt độ bầu ướt = 13,4 °C và độ ẩm tương đối = 60,42 % tại hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm = 7,3 °C



CHÚ DẪN:

- 1 Lưu lượng dòng nước chảy đo được = 22299 L/s
- 2 Nhiệt độ thử nghiệm nước lạnh được dự đoán = 20,75 °C

Hình H.15 – Đồ thị chéo 3: Nhiệt độ bầu uớt = 13,4 °C và độ ẩm tương đối = 60,42 % tại hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm = 7,3 °C

Phụ lục I

(Quy định)

Đánh giá mẫu của tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên sử dụng phương pháp thử mở rộng

I.1 Quy định chung

Phụ lục I mô tả và minh họa phương pháp thử nghiệm mở rộng cho việc đánh giá tính năng nhiệt trên tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên, kiểu hồ như được miêu tả trong 9.4 của tiêu chuẩn này.

I.2 Điều kiện thử nghiệm và thiết kế cho một khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Các điều kiện theo thiết kế cho tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên được đánh giá được tóm tắt trong Bảng I.1.

Bảng I.1 – Dữ liệu thử nghiệm và theo thiết kế của tháp giải nhiệt thông gió tự nhiên

Thông số	Giá trị theo thiết kế	Giá trị thử nghiệm
Lưu lượng nước (Q_{wt})	48350 L/s	48350 L/s
Nhiệt độ nước nóng (T_{hw})	35,15 °C	36,08 °C
Nhiệt độ nước lạnh (T_{cw})	21,65 °C	22,75 °C
Nhiệt độ bầu ướt vào (T_{wb})	10 °C	11 °C
Nhiệt độ bầu khô vào (T_{db})	11 °C	12,44 °C
Vận tốc gió (V_w)	4 m/s	0,1 m/s
Áp suất khí quyển (P_{bp})	100,400 kPa	101,580 kPa

I.3 Hiệu nhiệt độ ướt khoảng thời gian thử nghiệm trong một khoảng thời gian thử nghiệm đơn có hiệu lực

I.3.1 Tất cả các phương pháp sau được thực hiện trên một khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực theo các quy tắc được mô tả trong 8.1 của tiêu chuẩn này.

I.3.2 Các hệ số sau được cung cấp bởi nhà sản xuất tại thời điểm đưa ra đề nghị (xem 5.3.8).

Công thức vận hành (tính năng nhiệt)

$$\left(\frac{K\alpha V}{L}\right)_{pred} = C\left(\frac{L}{G}\right)^n \quad (I.1)$$

C và n được đưa ra bởi nhà sản xuất. L và G được đánh giá bằng tính toán sử dụng dữ liệu thử nghiệm và theo thiết kế.

a) C = 2,609126

b) $\Pi = -0,705710$

c) L được đánh giá bởi tính toán sử dụng Q_{wt} và ρ_w tại T_{hwA}

d) G: được đánh giá bởi tính toán (xem bước 2)

$(\frac{K\alpha V}{L})_t$ có thể được đánh giá trong điều kiện thử nghiệm sử dụng công thức (I.2).

$$(\frac{K\alpha V}{L})_t = C_{p,w} \frac{1}{\gamma} \int_{T_{cw}}^{T_{hw}} \frac{dT}{h_M - h_A} \quad (I.2)$$

Quy luật của Simpson được sử dụng để đánh giá về số lượng biểu thức tích phân (xem 9.4.2.3 cho lời giải thích sau của phương pháp này). Trong tiêu chuẩn này, γ bằng 1.

$\rho_{A,2,pred}$ được xác định bởi công thức thông gió:

$$\rho_{A,2,pred} = \rho_{A,1} (1 - \frac{1}{2} \frac{C_F}{g_c H} V_A^2) \quad (I.3)$$

Trong đó H và biểu thức của C_F được xác định bởi nhà sản xuất tại thời điểm đưa ra đề nghị.

Trong trường hợp này, H bằng với 164,62 m và biểu thức C_F như sau:

$$C_F = C_{FO} \times C_V$$

Với $C_{FO} = 499,7832 - 793,0068V_A + 538,5298V_A^2 - 19,28075V_A^4$

Và

$$C_V = 1 + 0,03461695 \frac{V_{10}}{V_A} - 0,04516010 (\frac{V_{10}}{V_A})^2 + 0,05912316 (\frac{V_{10}}{V_A})^3 - 0,01855341 (\frac{V_{10}}{V_A})^4 \\ + 0,002282291 (\frac{V_{10}}{V_A})^5 - 0,00009972423 (\frac{V_{10}}{V_A})^6$$

Trong đó V_{10} là vận tốc gió tại độ cao 10 m.

$\rho_{A,2,t}$ được cung cấp bởi các điều kiện thử nghiệm sử dụng giá trị của nhiệt độ không khí nóng được xác định bởi giá trị entanpy của không khí nóng.

Enthanpy của không khí nóng được tính bằng công thức (I.4).

$$h_{A,2} = h_{A,1} + C_{p,w} \frac{L}{G} (T_{hw} - T_{cw}) \quad (I.4)$$

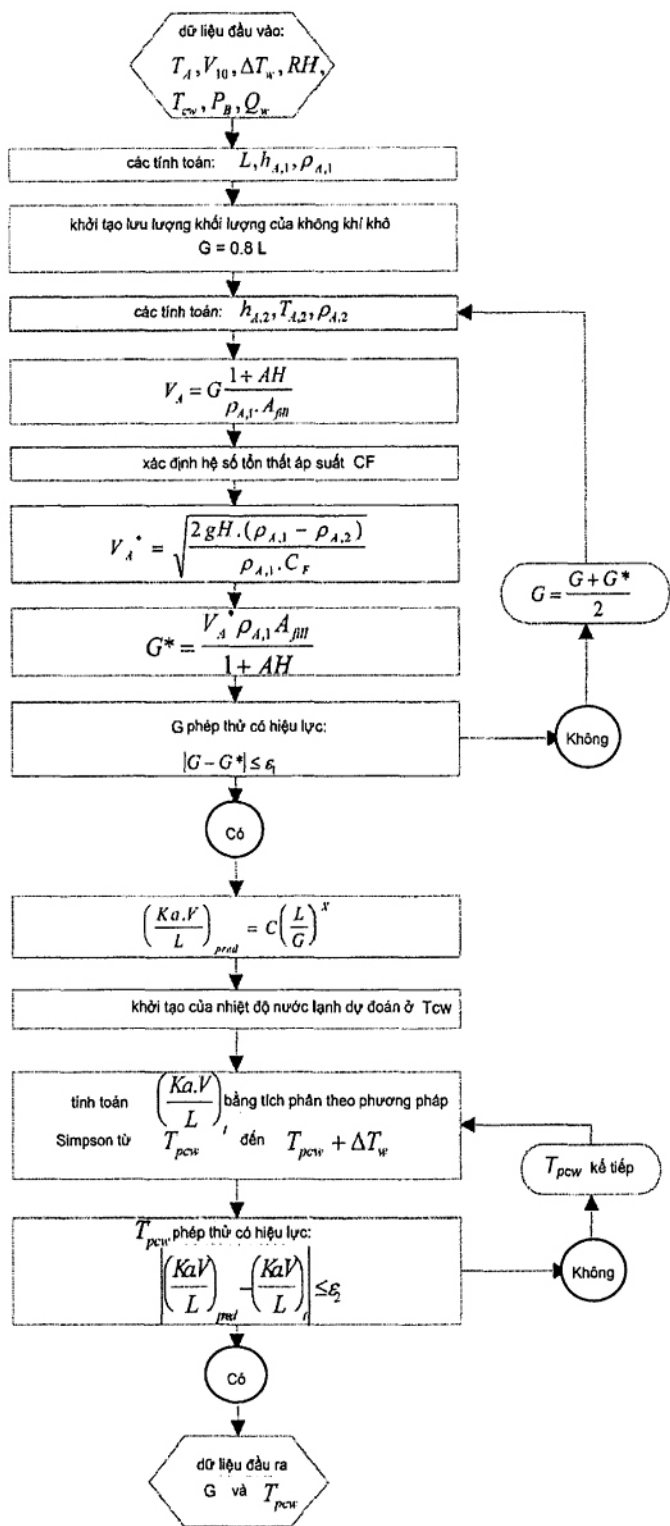
Trong đó $h_{A,2}$ là enthanpy của không khí nóng tại các điều kiện bão hòa, theo đơn giản hóa giả định được mô tả trong đoạn 9.4.2.2.

$h_{A,1}$ và hiệu nhiệt độ nước vào ra ($T_{hw} - T_{cw}$) được xác định bởi điều kiện thử nghiệm.

I.3.3 Bước 1: Tính toán nhiệt độ lạnh (nước lạnh) dự đoán

Nhiệt độ nước lạnh dự đoán được tính toán bằng cách sử dụng một chương trình dựa trên các bước lặp liên tiếp đối với $(K\alpha V/L)$ và giá trị G (tức là $\rho_{A,2}$).

Sơ đồ khối của chương trình được đưa ra bởi Hình I.1.



Hình 1.1 – Sơ đồ khối được sử dụng để đánh giá nhiệt độ nước lạnh được dự đoán

Như được miêu tả trong Hình I.1, phương pháp hai vòng lặp được sử dụng tại cùng một thời điểm. Chương trình chạy cho đến khi biểu thức sau được thỏa mãn.

$$\left| \left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_{pred} - \left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_t \right| \leq \varepsilon_1$$

$$|G - G^*| \leq \varepsilon_2$$

Trong ví dụ này, giá trị ε_1 và ε_2 đã cho là $1,10^{-3}$. Giá trị ε càng nhỏ, số lần vòng lặp càng lớn. Bảng I.2 đưa ra số vòng lặp liên tiếp của dữ liệu đầu ra thu được trong ví dụ này.

Bảng I.2 – Dữ liệu đầu ra trung gian và các kết quả được đưa ra bằng tính toán nhiệt độ nước lạnh trong các điều kiện thử nghiệm

Xác định G		
G	G*	G - G*
38436	37002	1434
37399	37113	286
37192	37135	57
37144	37140	4
37141	37140,5	0,5
37140,514	37149,15	-0,001
Xác định T _{cpw}		
$G^* = 37140,5 \text{ kg/s} \Rightarrow \left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_{pred} = 2,1757$		
T _{cpw}	$\left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_t$	$\left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_{pred} - \left(\frac{K\alpha V}{L} \right)_t$
38436	37002	1434
37399	37113	286
37192	37135	57
37144	37140	4
37141	37149,5	0,5
37140,514	37140,515	-0,001

I.3.4 Bước 2: đánh giá sự khác nhau giữa nhiệt độ nước lạnh của tháp đo được và dự đoán (bằng với sai lệch hiệu nhiệt độ ướt)

ΔT_A là sai số nhiệt độ nước lạnh của tháp. Sự đánh giá ΔT_{App} được cho bởi:

$$\Delta T_{App} = (T_{CW,t} - T_{CW,pred})$$

Trong đó, T_{CW} được đưa ra bởi các điều kiện thử nghiệm và $T_{CW,pred}$ (xem Bảng I.2) bằng tính toán.

1.4 Điều chỉnh dòng bổ sung và dòng xả

Sự điều chỉnh dòng bổ sung và dòng xả có thể được thực hiện với giá trị T_{CW} , sử dụng công thức (1.5).

$$T_{CW,corr} = \frac{(Q_W)(T_{CW,corr}) + (Q_{BD})(T_{BD}) - (Q_{MU})(T_{MU})}{(Q_W) + (Q_{BD}) - (Q_{MU})} \quad (1.5)$$

Phương pháp được miêu tả trong 1.3 kế tiếp sử dụng $T_{CW,adj}$ thay vì T_{CW} .

Biểu thức ΔT_{App} được đưa ra bởi biểu thức: $\Delta T_{App} = (T_{CW} - T_{CW,pred})$.

1.5 Tính toán sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình có trọng số

Như đã giả thích tại 9.4.1, cần nhiều hơn 300 khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt trung bình có trọng số, Δa_{pr} .

Trước tiên, tất cả các khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực thu được được phân loại thành n cấp ($n < 5$) như một hàm của khoảng thời gian thử nghiệm trung bình với vận tốc gió tại 10 m. Mỗi cấp được liên kết với một trọng số, α_m , như được chỉ rõ trong Bảng 1.3, trong đó giá trị ảnh hưởng tới mỗi cấp dựa theo các nguyên tắc được mô tả tại 9.3.5.1 và 9.3.5.2.

Bảng 1.3 – Cấp gió, trọng số và $\Delta \bar{T}_{App}$

Vận tốc gió	α_m	$\Delta \bar{T}_{App}$
$0 < V_{10} < 2$	0,14	0,679
$2 < V_{10} < 4$	0,29	0,557
$4 < V_{10} < 6$	0,27	0,256
$6 < V_{10} < 8$	0,18	0,275
$10 < V_{10}$	0,12	0,120

Trong ví dụ này, độ rộng của mỗi cấp là 2 m.s^{-2} và toàn bộ các khoảng thời gian thử nghiệm của mỗi cấp được coi như một nhóm.

Tính năng nhiệt của tháp giải nhiệt cơ khí sẽ được đánh giá bởi:

$$\Delta a_{pr} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_m \Delta a_{pr,i} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_m \Delta \bar{T}_{App}$$

Dựa theo các giá trị được cung cấp tại Bảng 1.3, trong trường hợp này, giá trị Δa_{pr} là 0,408.

Bất cứ khi nào điều kiện bảo trì đã gặp phụ thuộc vào điều kiện dung sai trong hợp đồng.

$$\Delta a_{pr} - I_{TEMP} \leq 0$$

Phụ lục J

(Quy định)

Đánh giá mẫu của tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, ướt/khô, kiểu hồ

J.1 Quy định chung

Mục đích của Phụ lục J là để miêu tả và minh họa phương pháp đường cong tính năng cho việc đánh giá một thử nghiệm tính năng nhiệt đối với tháp giải nhiệt cơ khí, ướt/ khô, kiểu hồ, như được mô tả trong 6.3 của tiêu chuẩn này.

J.2 Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế

Các điều kiện thử nghiệm và theo thiết kế cho tháp giải nhiệt cơ khí, ướt/ khô, kiểu hồ được tóm tắt trong Bảng J.1.

Bảng J.1 - Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế của tháp giải nhiệt

Thông số	Giá trị theo thiết kế	Giá trị thử nghiệm
Lưu lượng nước (Q_{wt})	1514,4 L/s	1521,2 L/s
Nhiệt độ nước nóng (T_{hw})	35,00 °C	28,26 °C
Nhiệt độ nước lạnh (T_{cw})	29,44 °C	23,45 °C
Hiệu nhiệt độ nước vào ra	5,56 °C	4,81 °C
Nhiệt độ cửa nạp bầu ướt (T_{wb})	26,11 °C	18,93 °C
Nhiệt độ cửa nạp bầu khô (T_{db})	34,96 °C	26,40 °C
Áp suất khí quyển (P_{bp})	101,325 kPa	99,89 kPa
Tỉ lệ giữa lỏng và khí (L/G)	1,485	-

Dựa theo 5.3.2, nhà sản xuất đã đưa ra các Đường đặc tính với nước lạnh được trình bày như một hàm của nhiệt độ bầu ướt với hiệu nhiệt độ nước vào ra và lưu lượng dòng nước chảy và độ ẩm tương đối là các thông số (xem Hình J.1 tới J.12).

J.3 Đánh giá bởi hiệu suất lưu lượng

Trình tự các bước trong việc đánh giá thử nghiệm trong các điều kiện của hiệu suất lưu lượng dòng chảy là như sau.

J.3.1 Bước 1: Xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán

Đánh dấu các đường đặc tính được đưa ra theo chiều thẳng đứng tại nhiệt độ thử nghiệm bầu ướt (18,93 °C) để xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán liên kết với bầu ướt thử nghiệm tại mỗi hiệu nhiệt độ nước vào ra trên đồ thị độ ẩm tương đối không đổi và lặp lại cho mỗi ba điều kiện lưu lượng dòng chảy được bao gồm trên đường đặc tính. Các giá trị của các nhiệt độ nước lạnh dự đoán được trình bày thành Bảng J.2.

Bảng J.2 - Các điểm trên đường cong cho nhiệt độ nước lạnh đối với hiệu nhiệt độ nước vào ra tại nhiệt độ thử nghiệm bầu ướt 18,93 °C

Hiệu nhiệt độ ướt	% lưu lượng	25 % Độ ẩm tương đối	50 % Độ ẩm tương đối	75 % Độ ẩm tương đối	100 % Độ ẩm tương đối
2,78	90	21,7	21,5	21,3	21,3
4,44	90	22,8	22,7	22,7	22,6
5,56	90	23,5	23,4	23,3	23,3
6,67	90	24,1	24	23,9	23,9
2,78	100	22,2	22,1	21,9	21,8
4,44	100	23,5	23,4	23,3	23,2
5,56	100	24,3	24,2	24,0	23,9
6,67	100	25	24,9	24,8	24,8
2,78	110	22,8	22,7	22,5	22,4
4,44	110	24,4	24,3	24,1	24,0
5,56	110	25,3	25,2	25,0	24,9
6,67	110	26,1	26	25,9	25,8

J.3.2 Bước 2: Các đồ thị giao điểm đầu tiên

Tạo một nhóm các đồ thị giao điểm bằng lập đồ thị những giá trị này của nước lạnh như một hàm của hiệu nhiệt độ nước vào ra tại mỗi độ ẩm tương đối cho một lưu lượng dòng chảy (xem các Hình J.13 tới J.15).

Sau đó, kẻ trên Hình J.13 đến J.15 theo chiều thẳng đứng tại hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm (4,81 °C) để xác định nhiệt độ nước lạnh dự đoán tại mỗi nhóm bốn giá trị độ ẩm tương đối và ba lưu lượng nước tuần hoàn.

Bảng J.3 - Các điểm của đường cong cho nhiệt độ nước lạnh đối với độ ẩm tại nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm bầu ướt 18,93 °C và hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm 4,81 °C

Độ ẩm tương đối %	90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
25	23,08	23,77	24,59
50	22,97	23,6	24,42
75	22,91	23,54	24,21
100	22,87	23,47	24,17

J.3.3 Bước 3: Đồ thị thứ 2

Tạo đồ thị thứ hai bằng lập đồ thị những giá trị của nước lạnh như một hàm số của độ ẩm tương đối đối với mỗi lưu lượng dòng chảy (xem Hình J.16).

Sau đó, kẻ Hình J.18 theo chiều thẳng đứng tại độ ẩm tương đối thử nghiệm (49,32 %) để xác định

nhiệt độ nước lạnh dự đoán tại mỗi ba lưu lượng dòng chảy tuần hoàn. Các giá trị được đưa ra trong Bảng J.4.

Bảng J.4 - Các điểm của đường cong cho nhiệt độ nước lạnh đối với lưu lượng nước tại nhiệt độ bầu ướt thử nghiệm 18,93 °C, hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm 4,81 °C và độ ẩm tương đối 43,32 %

90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
22,98	23,60	24,43

J.3.4 Bước 4: Đồ thị thứ ba

Tạo đồ thị thứ ba bằng cách vẽ đồ thị những giá trị nhiệt độ nước lạnh như một hàm số của lưu lượng dòng chảy (xem Hình J.17).

J.3.5 Bước 5: Xác định lưu lượng dòng chảy dự đoán

Trên Hình J.17, kẻ một đường nằm ngang tại nhiệt độ nước lạnh thử nghiệm tới giao cắt với đường cong. Tại giao điểm, kẻ một đường thẳng theo phương thẳng đứng hướng xuống dưới để tìm lưu lượng dòng nước chảy tuần hoàn dự đoán liên kết với công suất đầu ra động cơ quạt và cửa vào quạt, tại cả điều kiện thử nghiệm và thử nghiệm.

$$Q_{wpred} = 1480 \text{ L/s}$$

J.3.6 Bước 6: Tính toán lưu lượng nước thử nghiệm được hiệu chỉnh

Lưu lượng dòng nước tuần hoàn thử nghiệm hiệu chỉnh được tính toán từ công thức (44), sử dụng các giá trị của khối lượng riêng không khí tại công suất đầu ra động cơ quạt và cửa nạp của quạt tại cả điều kiện thử nghiệm và thử nghiệm.

$$Q_{w,t,adj} = Q_{w,t} \left(\frac{W_{FM,d}}{W_{FM,t}} \right)^{1/3} \left(\frac{A_{A,t}}{A_{A,d}} \right)^{1/3} \tag{J.1}$$

Để tuân theo tiêu chuẩn này, các giá trị thử nghiệm và thiết kế cho khối lượng riêng (ρ), thể tích riêng (v), và enthalpy (h) của không khí được xác định sử dụng bảng nhiệt ẩm kể trong Phụ lục D của tiêu chuẩn này hoặc tính toán sử dụng chương trình liệt kê trong cùng Phụ lục D. Ví dụ, chương trình máy tính của Phụ lục D được sử dụng để tính toán tất cả các đặc tính nhiệt động của không khí ẩm.

Các đặc tính nhiệt động của không khí dòng xả được xác định bởi tính toán cân bằng nhiệt lặp lại được mô tả trong F.3.1.5.

Đầu tiên sử dụng L/G thiết kế được cung cấp bởi nhà sản xuất tháp, thay thế toàn bộ giá trị đã biết vào công thức (F.3)

$$(L/G) = 1,485(1521,2/1514,4)(\rho_i/1,13122)^{0,333}(89,48/96,01)^{0,333}(v_i/88)$$

Và sau tối giản bằng kết hợp các điều kiện

$$(L/G) = 1,589(\rho_i)^{0,333}(v_i)$$

Sau đó, sử dụng cân bằng nhiệt công thức (F.2) trong liên kết với enthanpy của không khí đi vào khi đã xác định từ các điều kiện thử nghiệm đo được và hiệu nhiệt độ nước vào ra thử nghiệm, tính h_2 như sau:

$$h_{o,t} = 1,589(\rho_t)^{0,333}(v_t)(4,183)(4,81) + 54,3017$$

Tại điểm này, ước lượng nhiệt độ không khí dòng xả, giả định bão hòa, xác định ρ và v tại nhiệt độ đó. Sau đó thay thế những giá trị của ρ và v này vào trong biểu thức cân bằng nhiệt, tính $h_{o,t}$.

So sánh giá trị được tính toán cho $h_{o,t}$ với giá trị entanpy thực tại nhiệt độ được giả định và nhiệt độ không khí không khí tại dòng xả lặp lại liên tục cho đến khi một nhiệt độ thích hợp được lựa chọn cho giá trị $h_{o,t}$ được tính toán khớp với giá trị thực.

Đối với khảo sát đầu tiên của nhiệt độ không khí rời đi, sử dụng giá trị trung bình của T_{hw} và T_{cw} tại điều kiện thử nghiệm. Các giá trị lặp lại đặc trưng cho ví dụ này được đưa ra tại Bảng J.5.

Thay thế các giá trị nhiệt ẩm kế cho không khí tại 40,90 °C vào công thức (23), tính toán lưu lượng nước đã điều chỉnh như sau:

$$Q_{windj} = 1521,2(89,48/96,01)^{0,333}(1,14568/1,13122)^{0,333} = 1491,79 \text{ L/s}$$

Năng suất của tháp sau đó được tính toán từ công thức (24).

$$C = (1491,79/1480) \times 100 = 100,8 \%$$

J.4 Đánh giá bởi nhiệt độ nước lạnh

Để đánh giá tính năng tháp trong điều kiện nhiệt độ nước lạnh rời đi, theo dõi các bước giống như trên để phát triển đồ thị chéo thứ ba (Hình J.17) và xác định lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đã điều chỉnh bởi công thức (23).

Kể trên Hình J.17 tại lưu lượng dòng chảy thử nghiệm đã điều chỉnh (1491,79 L/s) và kẻ một đường thẳng theo chiều thẳng đứng hướng lên trên để giao cắt với đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ nước lạnh rời đi theo dự đoán tương ứng là 23,5 °C.

So sánh nhiệt độ nước lạnh dự đoán với giá trị thử nghiệm đo được cho nhiệt độ nước lạnh như sau:

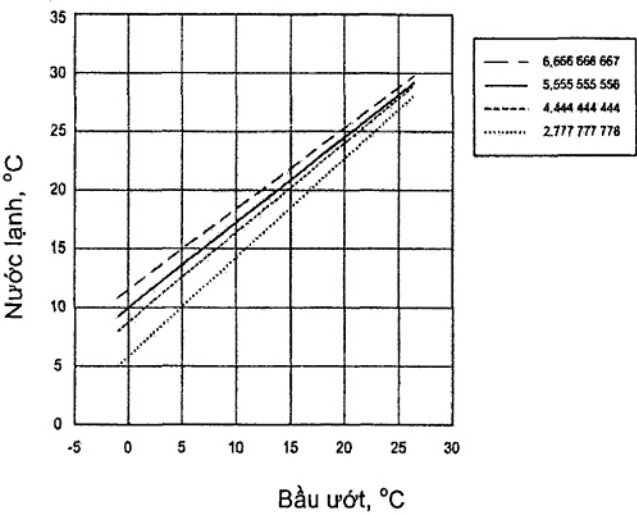
$$\Delta T_{CW} = (T_{CW,t}) - (T_{CW,pred})$$

Và bởi $\Delta T_{CW} = -0,05 < 0$, điều kiện đảm bảo đã đạt được.

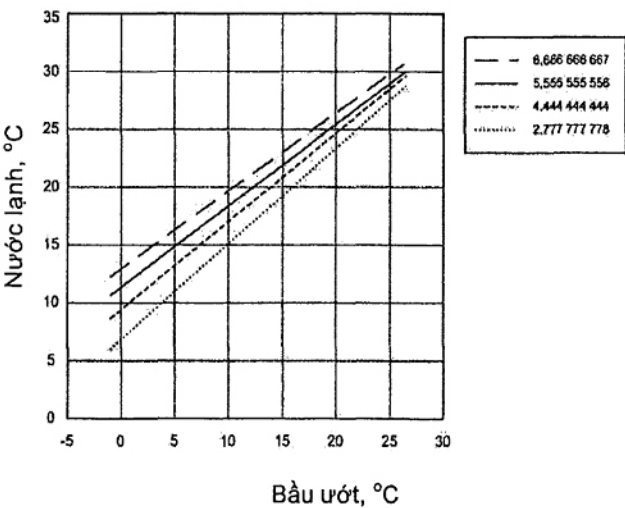
Bảng J.5 – Sự lặp lại của enthanpy không khí ra

T_a	ρ_t	v_t	$h_{o,t}$ thực	$h_{o,t}$ tính toán	Sai số %
25,85	1,145908	0,88903	84,07	80,9453	3,72 %
26,5	1,14601	0,89218	83,855	84,14	0,34 %
26,55	1,14577	0,89242	84,085	84,156	0,08 %
26,57	1,14568	0,89252	84,1736	84,158	0,02 %

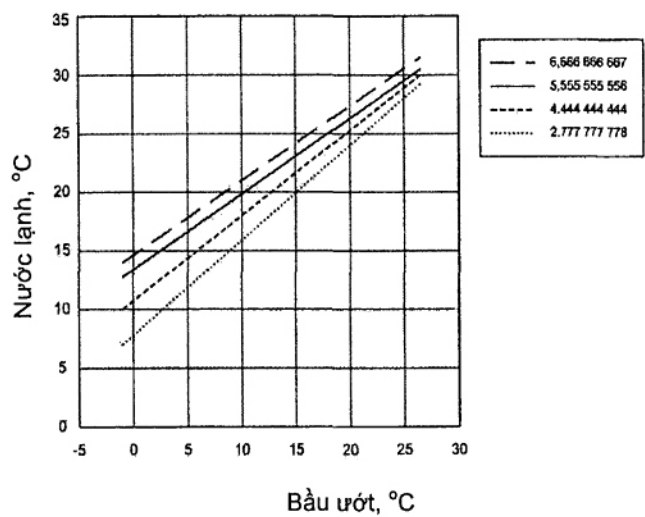
LƯU Ý: Các đồ thị sau đây được đưa ra là các ví dụ và chỉ là đồ thị minh họa.



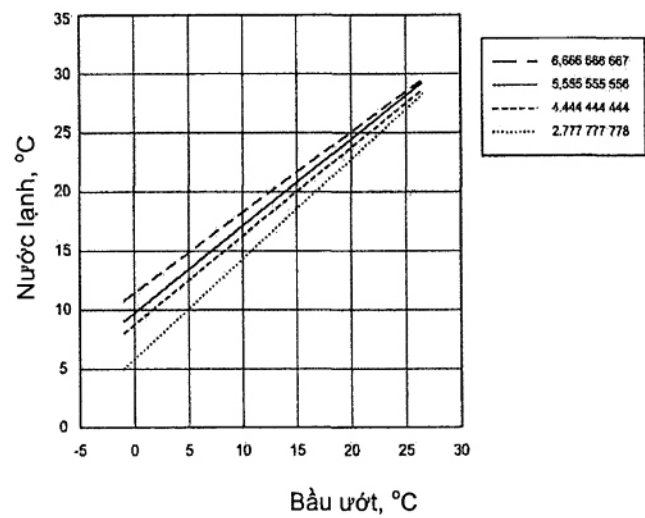
Hình J.1 – 90 % lưu lượng, 25 % độ ẩm tương đối



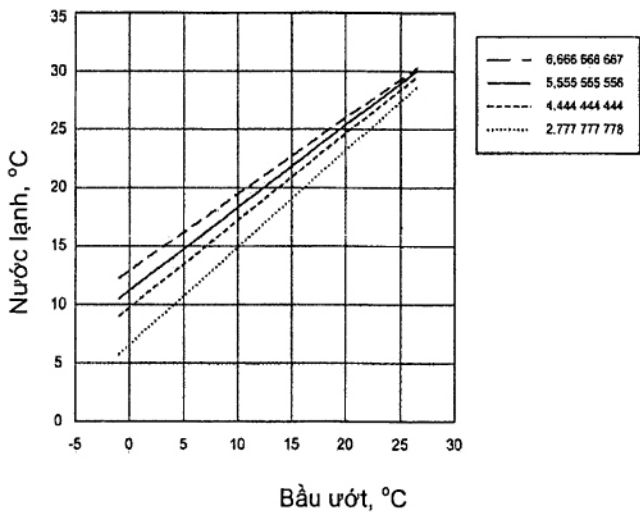
Hình J.2 – 100 % lưu lượng, 25 % độ ẩm tương đối



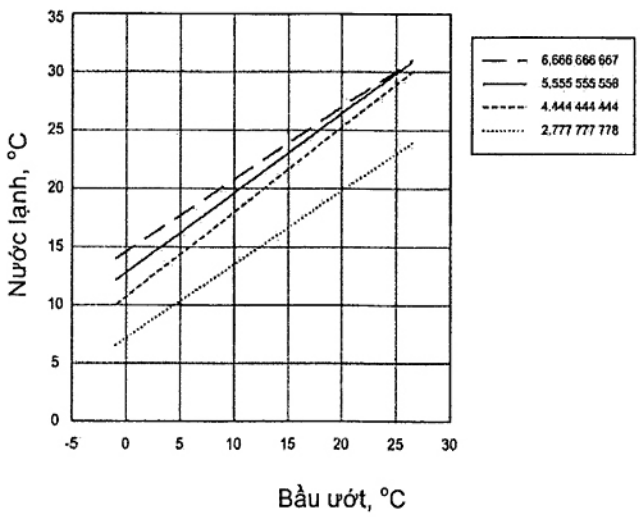
Hình J.3 – 110 % lưu lượng, 25 % độ ẩm tương đối



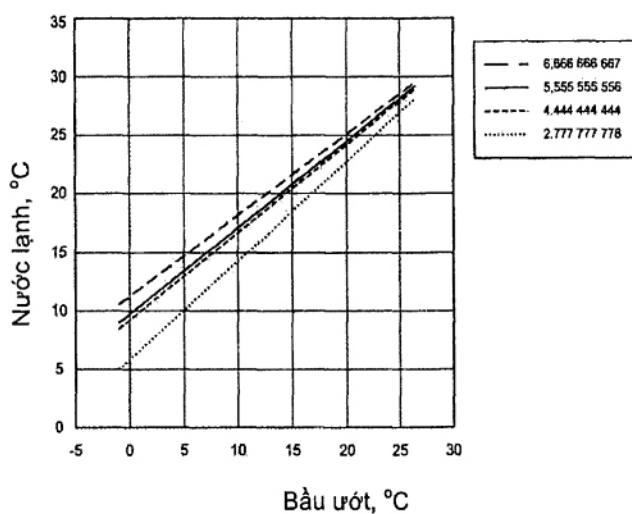
Hình J.4 – 90 % lưu lượng, 50 % độ ẩm tương đối



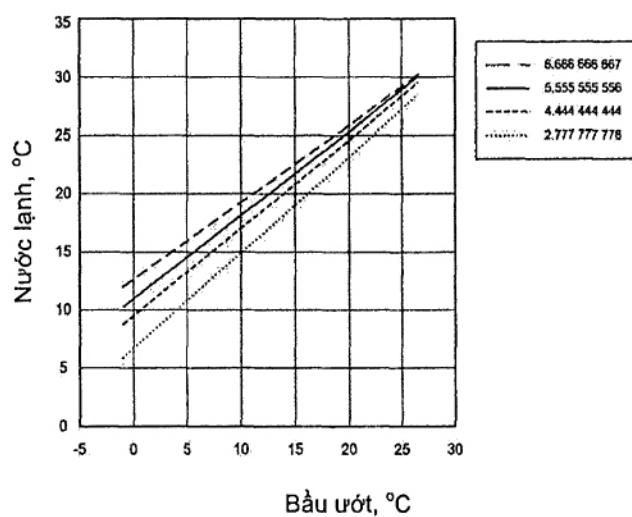
Hình J.5 – 100 % lưu lượng, 50 % độ ẩm tương đối



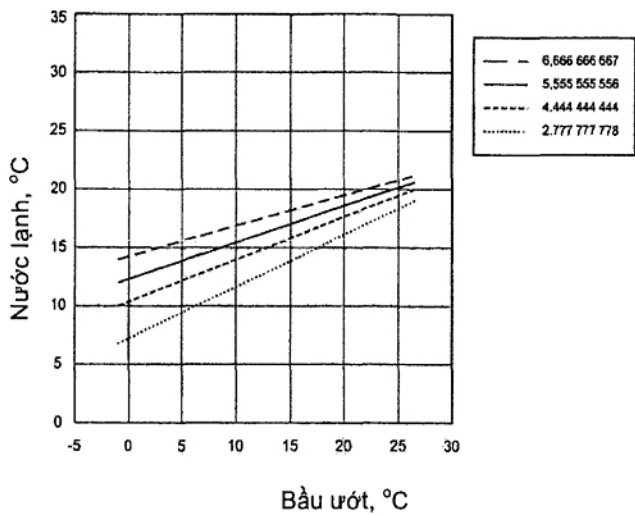
Hình J.6 – 110 % lưu lượng, 50 % độ ẩm tương đối



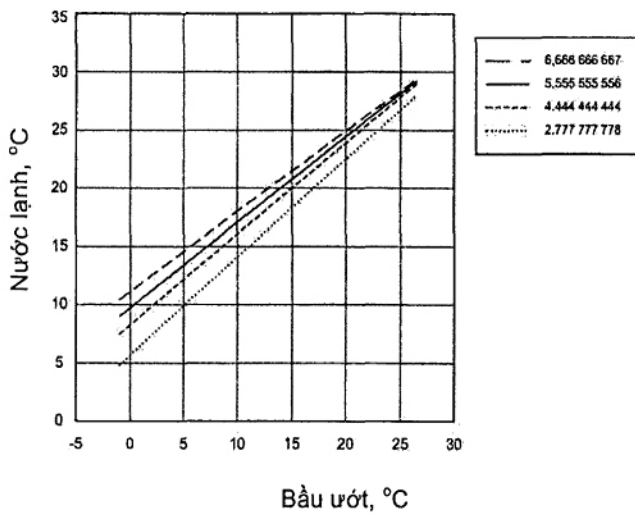
Hình J.7 – 90 % lưu lượng, 75 % độ ẩm tương đối



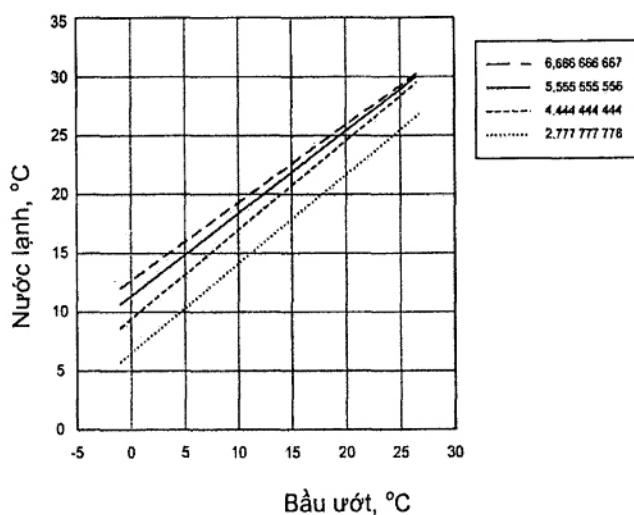
Hình J.8 – 100 % lưu lượng, 75 % độ ẩm tương đối



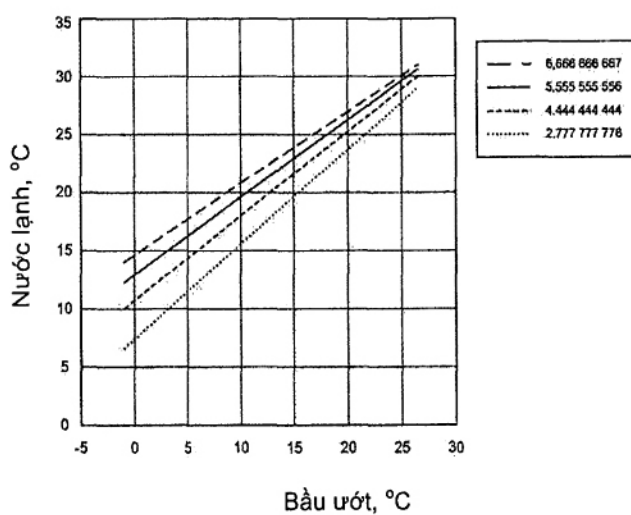
Hình J.9 – 110 % lưu lượng, 75 % độ ẩm tương đối



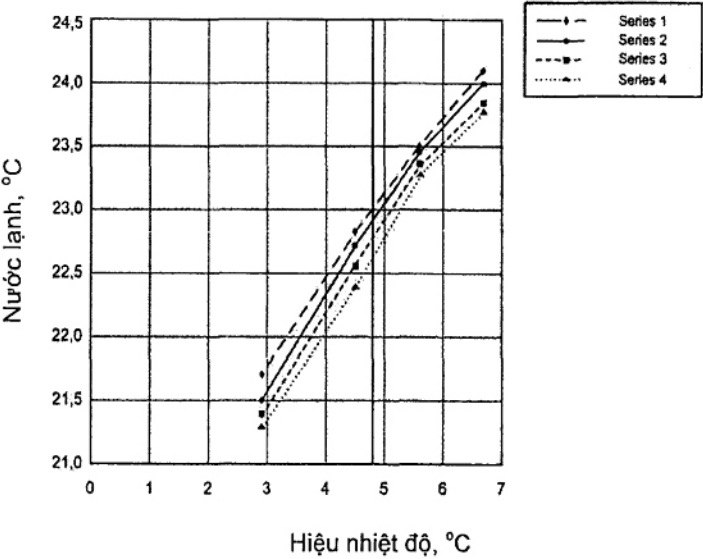
Hình J.10 – 90 % lưu lượng, 100 % độ ẩm tương đối



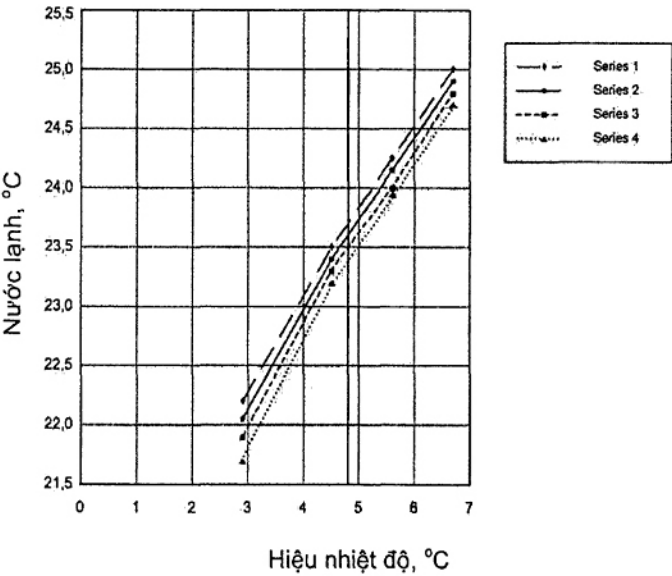
Hình J.11 – 100 % lưu lượng, 100 % độ ẩm tương đối



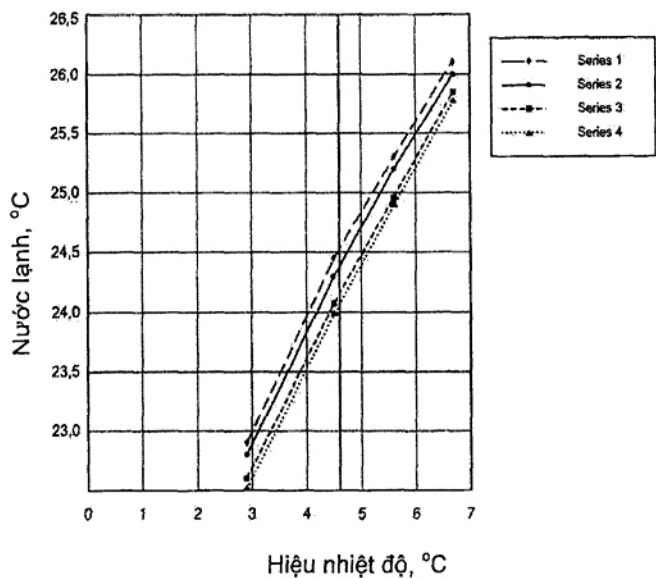
Hình J.12 – 110 % lưu lượng, 100 % độ ẩm tương đối



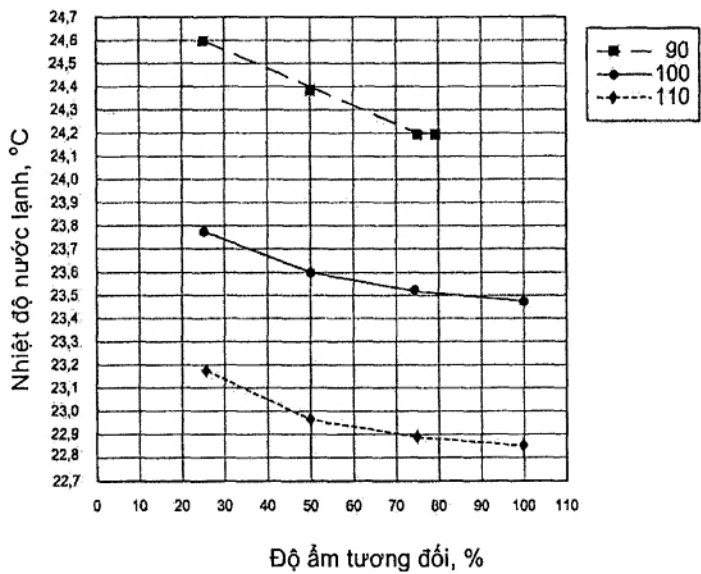
Hình J.13 – 90 % lưu lượng



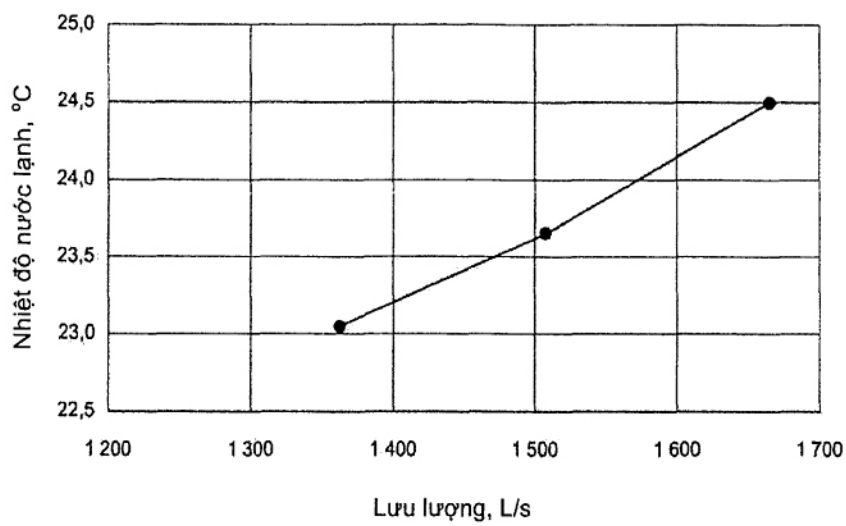
Hình J.14 – 100 % lưu lượng



Hình J.15 – 110 % lưu lượng



Hình J.16 – Dải thiết kế



Hình J.17 – Thiết kế

Phụ lục K

(Quy định)

**Đánh giá mẫu của phép thử tháp giải nhiệt kiểu kín sử dụng
phương pháp đường cong tính năng**

K.1 Quy định chung

Mục đích của Phụ lục K là để miêu tả và minh họa phương pháp đường cong tính năng cho việc đánh giá thử nghiệm tính năng nhiệt trên tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kín như được miêu tả trong 9.3.7 của tiêu chuẩn này.

K.2 Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế**K.2.1 Các giá trị thử nghiệm**

Đơn vị trong ví dụ này là tháp giải nhiệt thông gió cơ khí, kiểu kín với dung dịch propylene glycol 20 % như là lưu chất làm việc. Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế được tóm tắt trong Bảng K.1.

Bảng K.1 – Các giá trị thử nghiệm đo được và theo thiết kế của tháp giải nhiệt kiểu kín

Thông số	Các giá trị theo thiết kế	Các giá trị thử nghiệm đo được
Hệ số khúc xạ lưu chất làm việc (PF)	1,355	1,353
Lưu lượng lưu chất làm việc (Q_{PF})	29,0 L/s	31,1 L/s
Nhiệt độ lưu chất nóng làm việc (T_{Hfp})	41,0 °C	36,7 °C
Nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc (T_{Cfp})	25,5 °C	23,2 °C
Hiệu nhiệt độ nước vào ra (R)	15,5 °C	13,5 °C
Nhiệt độ bầu ướt vào (T_{wb})	2,0 °C	19,6 °C
Nhiệt độ bầu khô vào (T_{db})	0,0 °C	26,7 °C
Thể tích riêng không khí đi vào (v_{A1})	0,8773	0,8786
Dòng không khí tại quạt (Q_a)	237,7 m ³ /s	-
Công suất động cơ quạt (kW_o)	82,9 kW	80,3 kW
Số mũ công suất quạt (EXP)	0,222	-
Khối lượng riêng không khí tại quạt (ρ_{a2})	16003	-
Lưu lượng dòng nước tái tuần hoàn (Q_{rw})	194,4 L/s	-
Áp suất tại đầu nối vào (P_{st})	11,72 kPa	12,1 kPa
Nhiệt độ nước tái tuần hoàn (T_{rw})	-	22,9 °C
Lưu lượng nước bổ sung (Q_{mu})	1,009 L/s	0,86 L/s
Nhiệt độ nước bổ sung (T_{mu})	-	18,3 °C
Độ giảm áp suất trao đổi nhiệt (P_{HE})	72,2 kPa	-
Áp suất khí quyển (P_{bp})	101,33 kPa	99,8 kPa

K.2.2 Dữ liệu được cung cấp bởi nhà sản xuất

Ngoài các dữ liệu ở trên, nhà sản xuất cũng đã đưa ra các đường cong tính năng theo 5.3.2 của tiêu chuẩn này. Bao gồm một nhóm các đường cong, mỗi nhóm bao gồm propylene glycol 10 %, 20 % và 30 % trong nước, mỗi nhóm bao hàm 90 %, 100 % và 110 % lưu lượng dòng thiết kế.

K.3 Đánh giá bởi hiệu suất lưu lượng dòng lưu chất làm việc

K.3.1 Phương pháp thử nghiệm

Phần đầu tiên của đánh giá tính năng tháp trong điều kiện hiệu suất lưu lượng dòng chảy là để sử dụng một loạt các đồ thị chéo để xác định lưu lượng dòng nước bổ sung theo dự đoán ($Q_{PF,pred}$) tại các điều kiện thử nghiệm đo được như sau.

K.3.1.1 Bước 1: xác định nhóm đồ thị đầu tiên

Đánh dấu theo hướng thẳng đứng, mỗi nhóm gồm chín đường cong của nhà sản xuất tại nhiệt độ đầu vào bầu ướt (19,6 °C). Tại các giao điểm với đường cong, xác định nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp cho từng nồng độ của propylene glycol và lưu lượng dòng lưu chất làm việc.

Bảng K.2 - Nhiệt độ lưu chất làm việc ra khỏi tháp (°C) tại 19,6 °C

	90 % lưu lượng			100 % lưu lượng			110 % lưu lượng		
	Nồng độ propylene glycol			Nồng độ propylene glycol			Nồng độ propylene glycol		
Dải	10 %	20 %	30 %	10 %	20 %	30 %	10 %	20 %	30 %
12,5 C	22,3	22,4	22,6	22,7	22,8	23,9	22,9	23,1	23,3
15,5 °C	23,0	23,1	23,3	23,4	23,5	23,7	23,7	23,8	24,1
18,5 °C	23,6	23,7	23,9	24,0	41	24,3	24,4	24,6	24,8

Sử dụng những dữ liệu như tóm tắt trong Bảng K.2, phát triển ba đồ thị (mỗi một cho từng dòng chảy) hoặc nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp đối với nồng độ pyrene glycol, với hiệu nhiệt độ nước vào ra như là một thông số.

K.3.1.2 Bước 2: Dựng đồ thị thứ hai

Kẻ theo chiều thẳng đứng mỗi đường của đường cong đã phát triển trong K.3.1.1. Bước 1 tại nồng độ của propylene glycol đo được trong mẫu thử nghiệm (18,0 % theo khối lượng/ 17,4 % theo thể tích) và từ giao điểm với đường cong, xác định nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp cho từng tổ hợp lưu lượng nước và hiệu nhiệt độ nước vào ra.

Bảng K.3 – Nhiệt độ lưu chất ra khỏi tháp = s (°C) tại nồng độ propylene glycol 18 % theo khối lượng

Hiệu nhiệt độ	90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
12,5 °C	22,4 °C	22,7 °C	23,0 °C
15,5 °C	23,1 °C	23,4 °C	23,8 °C
18,5 °C	23,7 °C	24,1 °C	24,5 °C

Sử dụng những dữ liệu này khi được tóm tắt trong Bảng K.3, dựng một đồ thị thứ hai của nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp đối với hiệu nhiệt độ nước vào ra.

K.3.1.3 Bước 3: Dựng đồ thị thứ 3

Vạch theo chiều thẳng đứng mỗi đường của đường cong biểu diễn được phát triển trong K.3.1.2 tại dải thử nghiệm (13,5 °C) và xác định nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp cho mỗi đơn vị của ba lưu lượng lưu chất làm việc.

Bảng K.4 – Nhiệt độ lưu chất ra khỏi tháp tại hiệu nhiệt độ nước vào ra 13,5 °C

90 % lưu lượng	100 % lưu lượng	110 % lưu lượng
22,6 °C	23,0 °C	23,3 °C

Từ những dữ liệu đó, như được liệt kê trong Bảng K.4, dựng một đồ thị thứ ba của nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp đối với lưu lượng lưu chất hoạt động.

K.3.1.4 Bước 4: Xác định lưu lượng lưu chất làm việc dự đoán

Trên đồ thị chéo thứ ba, kẻ một đường ngang tại nhiệt độ lưu chất làm việc rời tháp (23,2 °C) và xác định lưu lượng lưu chất làm việc dự đoán tại các điều kiện thử nghiệm đo được ($Q_{PF, pred}$) tại 107,6 % hoặc 31,2 L/s.

K.3.2 Qui trình

Phần hai của việc đánh giá tính năng của tháp trong điều kiện hiệu suất lưu lượng dòng chảy là để xác định lưu lượng lưu chất làm việc thử nghiệm đã điều chỉnh ($Q_{PF, adj, 2}$) bằng việc điều chỉnh lưu lượng lưu chất đo được cho các ảnh hưởng của bất kì nhiệt thêm vào hoặc loại bỏ khỏi tháp bằng nước bổ sung hoặc bất kì sai số từ lưu lượng dòng khí thiết kế.

K.3.2.1 Bước A: Bước đầu tiên là để điều chỉnh lưu lượng lưu chất đo được ($Q_{PF, 1}$) cho nhiệt thêm vào hoặc mất đi bởi nước bổ sung, sử dụng công thức (7) từ 9.2.5.

$$Q_{PF, 1, adj, 1} = (Q_{PF, 1}) - \left[\frac{(T_{RW} - T_{MU})(\rho_W)(c_{p,W})}{(T_{HPF} - T_{CPF})(\rho_{PF})(c_{p,PF})} \right] (Q_{MU})$$

Bắt đầu với nồng độ đo được của dung dịch propylene glycol/nước (18 % theo khối lượng, bằng với 17,4 % theo thể tích), tham khảo số liệu kĩ thuật của nhà cung cấp glycol và tìm khối lượng riêng và nhiệt dung riêng (specific heat) của dung dịch tại nhiệt độ khối 30,2 °C lần lượt là 1012,1 kg/m³ và 4,020 kJ/kgK. Từ số liệu vật lý cho nước, tìm khối lượng riêng và nhiệt dung riêng của nước tái tuần hoàn tại 22,9 °C là 997,5 kg/m³ và 4,183 kJ/kgK. Sau đó, thay vào trong công thức (7) để tìm ra $Q_{PF, 1, adj, 1}$.

$$Q_{PF, 1, adj, 1} = (31,1) - \left[\frac{(22,9 - 18,3)(997,5)(4,183)}{(36,7 - 23,2)(1012,1)(4,020)} \right] (0,86) = 30,8 \text{ L/s}$$

K.3.2.2 Bước B: Để điều chỉnh lưu lượng lưu chất làm việc cho bất kì sai số nào trong lưu lượng

dòng khí, trước tiên, xác định các đặc tính của không khí rời tháp tại điều kiện thử nghiệm, sử dụng phương pháp được phác thảo trong 9.3.7.1.2.

a) Từ các giá trị nhiệt độ thử nghiệm đo được 26,7 °C tại bầu ướt và 19,6 °C tại bầu ướt và áp suất khí quyển 99,8 kPa cho không khí đi vào, sử dụng dữ liệu nhiệt ẩm kể từ Phụ lục D để xác định enthalpy của không khí đi vào là 56,5953 kJ/kg.

b) Sau đó, sử dụng công thức (53) từ 9.3.7.1.2 B và lưu lượng khí theo thiết kế (237,7 m³/s), ước lượng sự thay đổi enthalpy trong không khí (Δh_a) khi nó di chuyển qua tháp.

$$\Delta h_{A,t} = \left[\frac{(Q_{PF,t})(K_0)(T_{HPF} - T_{CPF})(c_{p,PF})(v_{A2,t})}{(Q_{A,d})} \right]$$

$$\Delta h_{A,t} = \left[\frac{(30,9)(0,001)(36,7 - 23,2)(4,020)(v_{A2,t})}{(237,7)} \right] = (7,14020)(v_{A2,t})$$

c) Sau đó sử dụng công thức (54) từ 9.3.7.1.2 c, ước lượng enthalpy không khí rời tháp:

$$h_{a,2} = h_{a,1} + \Delta h_a = 56,5953 + (7,1402)(v_{A2,t})$$

Giá trị $v_{A2,t}$ thỏa mãn công thức này được tìm thấy bằng việc giả thiết không khí bão hòa hoàn toàn tại áp suất khí quyển, sau đó ước tính nhiệt độ không khí rời tháp và sử dụng thể tích riêng thực tại nhiệt độ đó để tính h_{A2} sử dụng công thức trên. Khi nhiệt độ không khí rời tháp được ước lượng sinh ra một h_{A2} được tính toán bằng với enthalpy thực của không khí bão hòa, nhiệt độ đó chỉ rõ các điều kiện của không khí rời tháp.

Bảng K.5 – Sự lặp lại enthalpy và khối lượng riêng của dòng không khí rời tháp

Nhiệt độ	$v_{a,1}$	h_{a2} tính toán	h_{a2} thực	% sai số	$p_{a,2}$
21,0	0,8678	62,7916	61,6818	+1,80 %	1,17076
21,5	0,8700	62,8073	63,4969	-1,09 %	1,16842
21,4	0,8695	62,8435	63,1308	-0,46 %	1,16889

Sự lặp lại bao quát đầy đủ tại 21,4 °C và các đặc tính nhiệt ẩm tương ứng là:

Áp suất khí quyển	99,8 kPa
Nhiệt độ bầu khô/ướt	21,4 °C
Thể tích riêng	0,8695 m ³ /kg d.a.
Khối lượng riêng	1,16889 kg _{hỗn hợp} /m ³

d) Khi các đặc tính không khí rời tháp được xác định, công thức (52) từ 9.3.7.1.1 là được sử dụng để điều chỉnh lưu lượng lưu chất làm việc đo được cho bất kì biến thiên nào của dòng khí.

$$Q_{PF-adj2} = (Q_{PF-adj1}) \left(\frac{W_d}{W_t} \right)^z \left(\frac{\rho_{a-d}}{\rho_{a-t}} \right)^z$$

$$Q_{PF-adj2} = (30,8) \left(\frac{82,9}{80,3} \right)^{0,222} \left(\frac{1,16003}{1,16889} \right)^{0,222} = 30,97 L / s$$

K.3.3 Xác định năng suất của tháp

Khi đã xác định lưu lượng dòng chảy dự đoán của lưu chất làm việc cho điều kiện thử nghiệm đo được và điều chỉnh lưu lượng dòng chảy đo được cho cả nước bổ sung và dòng không khí, năng suất tháp được tính sử dụng công thức (55) từ 9.3.7.1.4.

$$C_{CAP} = 100 \left[\frac{Q_{PF,t,adj}}{Q_{PF,pred}} \right]$$

$$C_{CAP} = 100 \left[\frac{30,97 L / s}{31,2 L / s} \right] = 99,3\%$$

K.3.4 Năng suất của tháp với nhiều khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực

Khi nhiều hơn một khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực được thực hiện trên tháp, và năng suất của mỗi chu kì được xác định như trên, tổng năng suất trung bình có thể được xác định sử dụng công thức (56) từ 9.3.7.1.5.

Ví dụ, nếu năng suất tháp cho từng khoảng thời gian của bốn khoảng thời gian thử nghiệm có hiệu lực lần lượt là 99,3 %, 98,5 %, 100,2 % và 98,3 %, năng suất tổng trung bình sẽ là :

$$C_{CAP} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n C_{CAP(n)}$$

$$C_{CAP} = \left(\frac{1}{4} \right) (99,3 + 98,5 + 100,2 + 98,3) = 99,1\%$$

K.3.5 Xác định tính tuân thủ

Tính tuân thủ với một sự đảm bảo được diễn tả trong điều kiện của % của năng suất được xác định sử dụng công thức (56) tuân theo 9.3.7.1.6:

$$C_{CAP} + T_{CAP} \geq 100\%$$

Trong ví dụ này, dung sai của thử nghiệm có thể chấp nhận được, T_{CAP} , là 2 % trong hợp đồng và bởi

$$99,3\% + 2,0\% = 101,3\% \geq 100\%$$

Tháp tuân theo điều kiện đảm bảo.

K.4 Đánh giá bằng sai lệch hiệu nhiệt độ ướt

K.4.1 Xác định năng suất của tháp

Bước đầu tiên trong đánh giá tính năng tháp trong điều kiện của sai lệch hiệu nhiệt độ ướt là xác định % năng suất như được miêu tả trong K.3.3 ở trên.

K.4.2 Dựng đồ thị giao điểm

Tiếp theo, dựng một đồ thị của năng suất tháp đối với nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc như sau:

K.4.2.1 Bước 1: Trên mỗi đơn vị của ba đường cong lưu lượng dòng chảy được đưa ra bởi nhà sản xuất cho nồng độ propylene glycol (20 %) theo thiết kế, ghi giá trị hoành độ tại nhiệt độ bầu ướt theo thiết kế (22,0 °C) và chiếu một đường theo chiều thẳng đứng hướng lên trên để giao với đường cong hiệu nhiệt độ nước vào ra theo thiết kế (15,5 °C). Từ trục tung, đọc nhiệt độ lưu chất làm việc lạnh tương ứng cho mỗi giao điểm.

Bảng K.6 – Năng suất đối với nhiệt độ lưu chất lạnh làm việc

% Lưu lượng	% Năng suất [1/(% lưu lượng)]	T _{CPF} (°C)
90 %	111,11 %	23,1
100 %	100,00 %	23,5
110 %	90,91 %	23,8

K.4.2.2 Bước 2: Với lưu chất lạnh làm việc là trục tung và % năng suất là trục hoành, vẽ đồ thị dữ liệu của Bảng K.6 và khớp với một biểu đồ qua ba điểm. Phép ngoại suy ở xa dữ liệu được đưa ra là không được khuyến khích.

K.4.2.3 Bước 3: Nhập trục hoành tại % năng suất của tháp được xác định bằng thử nghiệm (99,3 %) và chiếu một đường thẳng theo chiều thẳng đứng để giao điểm đường cong. Tại giao điểm, đọc nhiệt độ lưu chất làm việc tương ứng là 23,52 °C. Sau đó, công thức (59) từ 9.3.7.2.2.1 là được sử dụng để xác định sai lệch hiệu nhiệt độ ướt, hiệu số giữa nhiệt độ lưu chất làm việc lưu chất làm việc dự đoán và giá trị thiết kế.

$$\Delta T_{App} = (T_{CPF, pred}) - (T_{CPF, d})$$

$$\Delta T_{dev} = (23,53^{\circ}C) - (23,50^{\circ}C) = +0,03^{\circ}C$$

K.4.3 Xác định tính tuân thủ

Tính tuân thủ với một đảm bảo diễn tả trong điều kiện của sai lệch hiệu nhiệt độ ướt được xác định bằng sử dụng công thức (61) từ 9.3.7.2.4:

$$\Delta T_{App} - T_{TEMP} \leq 0$$

Trong ví dụ này, dung sai thử nghiệm có thể chấp nhận được T_{temp} là 0,2 °C được ghi trong hợp

đồng và bởi vì:

$$+ 0,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,2\text{ }^{\circ}\text{C} = (-0,15) \leq 0$$

Tháp thỏa mãn điều kiện đảm bảo.

K.5 Đánh giá sự sụt áp thiết bị trao đổi nhiệt

K.5.1 Dữ liệu thử nghiệm đo được

Đối với mục đích của ví dụ này, giả định khoảng cách theo chiều thẳng đứng giữa vòi nạp và xả của thiết bị trao đổi nhiệt là 1450 mm và các đo đặc áp suất, lấy riêng lẻ tại từng vòi, là 235,8 kPa tại vòi trên (cửa nạp) và 165,6 kPa tại vòi thấp hơn (cửa xả).

K.5.2 Xác định sự sụt áp đo được

Tìm sự sụt áp đo được qua thiết bị trao đổi nhiệt bởi A.4.4 cho ví dụ này:

$$\Delta P_{HE} = P_I - P_O + \Delta E$$

Khối lượng riêng (ρ_p) của lưu chất làm việc tại nhiệt độ khối 35 °C là 1012,6 kg/ m³ cân bằng với cột áp tĩnh 10,06 kPa/m. Do đó, ΔE bằng (1,45m) · (10,06 kPa/m) = 14,6 kPa. Thay thế các giá trị đã biết vào trong công thức:

$$\Delta P_{HE} = 235,8 - 1,6 + 14,6 = 84,8\text{ kPa}$$

K.5.3 Điều chỉnh sự sụt áp tới lưu lượng thiết kế

Cuối cùng, bởi hạ áp thử nghiệm được đo tại lưu lượng lưu chất làm việc thử nghiệm, không phải lưu lượng dòng chảy thiết kế, do vậy, lưu lượng dòng chảy thiết kế sẽ được điều chỉnh có thể được so sánh với giá trị quy định. Điều này được thực hiện bởi công thức (19) từ 9.2.12:

$$\Delta P_{HE,adj} = \Delta P_{HE,t} \left(\frac{Q_{PF,d}}{Q_{PF,t}} \right)^{1,8}$$

$$\Delta P_{HE-adj} = 84,8 \left(\frac{23,20}{31,1} \right)^{1,8} = 74,8\text{ kPa}$$

Phụ lục L

(Tham khảo)

Các phép đo thay thế khác của L/G thử nghiệm

L.1 Quy định chung

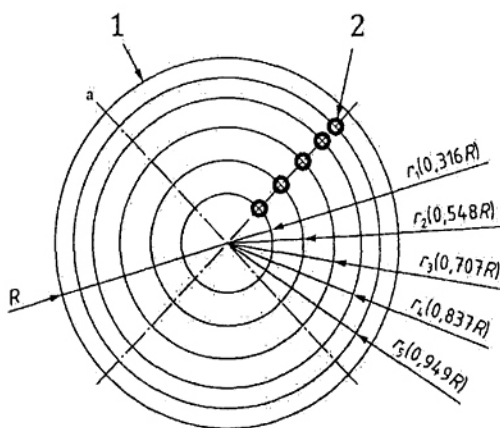
Phụ lục L cung cấp một giá trị trung bình thay thế khác để phân tích đường đặc tính của tháp giải nhiệt ướt thông gió cơ khí, kiểu hở.

L.2 Phương pháp

L.2.1 Ngoài các phương pháp khác yêu cầu cho phân tích đường cong đặc tính bởi 9.3.1, lưu lượng dòng khí xả (G_t) từ các tháp giải nhiệt mở sẽ được sử dụng cho việc sử dụng lưu lượng khối lượng thử nghiệm (L_t) được biến đổi từ lưu lượng thể tích thử nghiệm để tính toán tỉ lệ khí ga thử nghiệm $(L/G)_t$.

L.2.2 Đo đặc lượng khí phải được thực hiện xảy ra đồng thời với các đo đặc nhiệt trên tháp.

L.2.3 Đối với các vùng dòng xả hình tròn, các đo đặc sẽ được lấy trên hai đường kính, vuông góc với nhau, với 10 điểm trên mỗi đường kính tương ứng với bán kính trung điểm của các vùng diện tích bằng nhau. Một ví dụ được trình bày trong hình L.1.

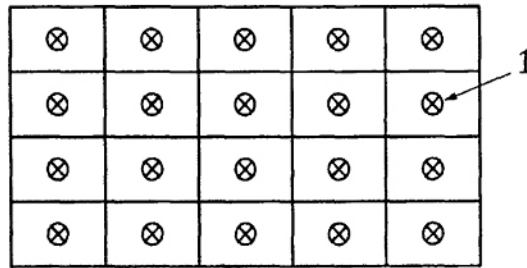


CHÚ DẪN:

- 1 Đường kính bên ngoài quạt
- 2 Điểm đo, 5 điểm trên mỗi bán kính

Hình L.1 - Hình minh họa đường tròn

L.2.4 Cho các vùng xả hình vuông hoặc chữ nhật, các đo đặc sẽ được thực hiện tại tâm điểm của 20 vùng bằng nhau. Một ví dụ được trình bày bên dưới.



CHÚ DẪN::

1 Tâm điểm

Hình L.2 – Hình minh họa phẳng

L.2.5 Vận tốc không khí, tốc độ và hướng gió sẽ được đo đặc tại từng điểm sử dụng trang thiết bị đo chính xác. Những trang thiết bị đo như vậy sẽ phù hợp cho việc sử dụng cho môi trường nhiều nước đọng giọt, ẩm và được đun nóng trong dòng thái của tháp giải nhiệt đang vận hành. Ống Pitot không khí với đường kính khe hở vòi cửa nạp đủ lớn và với năng suất làm sạch khí khô, được sử dụng đặc thù cho các ứng dụng như vậy. Áp kế điện tử cho việc đọc độ lệch đại lượng nhỏ được yêu cầu đặc thù. Quay thiết bị đo gió chong chóng tùy vào hai khó khăn cho kiểu đo đặc này:

- a) Ảnh hưởng quán tính của ảnh hưởng các giọt nước lên dòng không khí xả;
- b) Ảnh hưởng lực nâng khí động học lên thiết bị đo gió chong chóng khiến chúng vốn đã tăng tốc dễ dàng hơn làm chậm trong hệ thống với dòng chảy dao động hoặc dòng chảy biến thiên ví dụ trên các quạt chân vịt. Cả hai ảnh hưởng dẫn đến các giá trị được ghi lại cao hơn giá trị thực tồn tại.

L.2.6 Các giá trị điểm riêng lẻ cần được hiệu chỉnh đến thành phần theo chiều thẳng đứng của vận tốc sử dụng các góc chia và độ lệch hướng đo được.

L.2.7 Nhiệt độ bầu ướt sẽ được đo tại mỗi vùng cho độ chính xác tốt nhất, đặc biệt với quạt có đường kính lớn hơn 2,5 m.

L.3 Thử nghiệm lượng không khí

L.3.1 Khi nhiệt độ bầu ướt được đo cho mỗi vùng, khối lượng riêng được tính tại từng vùng

- a) cho một (1) khối:

$$\sigma_F = \left(\frac{1}{20}\right) \sum_{n=1}^{20} V_{F(n)}(\rho_n) \quad (\text{L.1})$$

Trong đó

$V_{F(n)}$ là vận tốc gió đo được, đo bằng mét/giây (m/s);

ρ_n là khối lượng riêng không khí, được đo bằng kilôgam/mét khối (kg/m³)

- b) Cho N khối:

$$G_i = \sum_{i=1}^N \sigma_F(i) x A_F(i) \quad (\text{L.2})$$

Trong đó:

N là số lượng khối;

A_F là diện tích mặt xả của dòng khí, vuông góc với hướng của dòng khí, được đo bằng đơn vị mét vuông (m^2).

L.3.2 Khi nhiệt độ bầu ướt và khối lượng riêng không đo được cho mỗi vị trí và enthalpy của không khí ra và thể tích riêng của không khí ra tại điểm đo đặc lượng không khí được giả định là tuyến tính trên đường đặc tính nhiệt động học của không khí ẩm, lưu lượng không khí xả sẽ được tính từ công thức (L.3).

$$G_i = \frac{3,31 \times 10^6 A_f V_{wm} - c_p L_m R}{728 + h_{Ai}} \quad (\text{L.3})$$

Trong đó:

A_f là diện tích mặt trước của phần đo đặc lượng không khí (m^2);

V_{wm} là trị số trung bình cộng của vận tốc gió đo được (m/s);

c_p là nhiệt dung riêng của nước, hằng số ($4,19 \text{ kJ/kgK}$);

L_m là lượng không khí đo được, diễn tả bằng kilo gram trên giờ (kg/h);

R là dải nhiệt độ nước đo được, diễn tả bằng độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

h_{Ai} là enthalpy của không khí vào, diễn tả bằng kilôjun cho mỗi kilôgam (kJ/kg (DA))

L.4 L/G thử nghiệm

$$(L/G)_t = \frac{L_t}{G_t} \quad (\text{L.4})$$

L/G thử nghiệm được sử dụng với KaV/L thử nghiệm trong 9.3.4.2.

Phụ lục M

(Tham khảo)

Danh sách kiểm tra sơ bộ

Ngày kiểm tra: _____

Được kiểm tra bởi: _____

Điều kiện vật lý của tháp:

		Có	Không
A	Các thiết bị cơ khí		
1	Toàn bộ quạt quay đúng hướng		
2	Các cánh trên toàn bộ quạt được lắp với cạnh trước tiếp xúc với chiều quay		
3	Các cạnh trước của toàn bộ cánh quạt phải sạch, không bị phá hủy và không bào mòn		
4	Bước cánh quạt là đồng nhất trên toàn bộ cánh quạt, sai khác không quá 0,5° từ cánh này sang cánh khác.		
5	Các cánh quạt trên mỗi rãnh quạt với một dải (band) 50 mm		
6	Các rãnh quạt và tấm chắn dòng xả không có vật cản		
7	Tiếng ồn và độ rung lắc bình thường		
8	Trong vận hành, công suất tiêu thụ của quạt trong khoảng $\pm 10\%$ theo thiết kế		
9	Khe hở nhỏ hơn 0,005 lần đường kính		
B	Phân phối nước		
1	Tất cả vòi/thiết bị phân phối được lắp đặt không bị vỡ		
2	Tất cả vòi/thiết bị phân phối được dọn sạch gỉ, mảnh vỡ hoặc vật thể lạ		
3	Trong vận hành, nước được phân phối tự do từ tất cả các vòi mà không có bất kì kiểu đóng chảy bất thường nào biểu hiện cho sự tắc nghẽn cục bộ		
4	Lưu lượng nước được cân bằng với tất cả các đầu chia/ bể chứa nước nóng		
C	Các khối đệm		
1	Khối đệm không có tảo, lớp gỉ, hoặc vật liệu lạ gây tắc hoặc làm cản trở dòng không khí (kiểm tra việc đi vào và đi ra)		
2	Toàn bộ các khối đệm phải nguyên vẹn và đầy đủ.		

D	Tấm chống thoát nước			
1		Tấm chống thoát nước không có tảo, gỉ, mảnh vụn hay vật lạ có thể làm tắc hoặc kênh không khí hoặc dòng nước chảy		
2		Không có tấm chống thoát nước nào bị phá hủy hay bị mất		
3		Tất cả đệm kín không khí và dây đai phải lắp đặt đúng chỗ và còn nguyên vẹn		
E	Các cửa nạp không khí			
		Tất cả các mái hắt (nếu có) ở trong vị trí bình thường và không có bất kì vật cản hay bao vây		
F	Nước (trong phần tiếp xúc tấm trao đổi nhiệt (falling water) hoặc khu vực rơi tự do (rain zone)) giữa mặt dưới của tấm ướt và bề mặt nước của bể nước lạnh trong một dòng chảy ngược)			
		Tháp được phân bố một cách đồng nhất không có các điểm khô hoặc vùng có lưu lượng cao bất thường.		

CHUẨN BỊ ĐỊA ĐIỂM:

A	Vị trí đo dòng chảy đã được lựa chọn với độ dài phù hợp của ống thẳng tại cả đầu dòng và cuối dòng, và các vòi và van được yêu cầu đã được lắp đặt.		
B	Các vòi đo nhiệt độ nước nóng đã được lắp đặt		
C	Các vòi đo nhiệt độ nước lạnh đã được lắp đặt		
D	Các vòi đo nhiệt độ nước bổ sung đã được lắp đặt		
E	Điều khoản đã được hoàn thành cho đo đặc dòng nước bổ sung		
F	Cung cấp điện sẵn sàng để dùng trong tháp cho nhiệt ẩm kế		
G	Tất cả giàn giáo, thang, dây an toàn, v.v, được yêu cầu để cung cấp sự di chuyển an toàn đến tháp và trang thiết bị thử nghiệm đặt đúng chỗ		

ĐIỀU KIỆN VẬN HÀNH THÁP:

CHÚ THÍCH: Trong các tháp có nhiều khối tiêu chuẩn đồng nhất, số lượng khối tiêu chuẩn trong vận hành có thể được điều chỉnh để mang các khối tiêu chuẩn đi thử nghiệm trong giới hạn cho phép.

A	Nước được phân bố đồng đều tới tất cả các khối tiêu chuẩn/ bể nước nóng tại một lưu lượng trong khoảng $\pm 10\%$ của lưu lượng thiết kế		
B	Tất cả các quạt có thể được vận hành tại vận tốc tối đa và trong khoảng $\pm 10\%$ công suất thiết kế trên toàn bộ thời gian thử nghiệm		
C	Mức nước trong bể nước lạnh tại mức thiết kế và có thể được duy trì như vậy trong suốt thời gian thử nghiệm		

D	Bất kì van rẽ đặt giữa trạm đo lưu lượng và chỗ nối cửa nạp tháp giải nhiệt có thể và sẽ được đóng kín trong suốt thời gian thử nghiệm		
E	Các tháp giải nhiệt không có bất kì đường nước chảy vòng (như bể nước lạnh hoặc nóng chảy tràn)		
F	Các tháp giải nhiệt không có bất kì đường khí phụ (như là một cửa công tác mở hoặc cửa sập)		
G	Hiệu nhiệt độ nước vào ra trên khắp tháp giải nhiệt trong khoảng $\pm 20\%$ theo thiết kế		
H	Nhiệt độ bầu ướt dự kiến trong khoảng $\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ của thiết kế		
I	Thời tiết tại thời gian thử nghiệm được kì vọng ổn định không fron, mưa to, hoặc bão trong khu vực này		
J	Gió tại thời gian thử nghiệm được kì vọng nhỏ hơn 4,5 m/s		
K	Đối với thử nghiệm chuẩn trên thông gió tự nhiên, điều kiện thời tiết được kì vọng, bao gồm áp suất ổn định, nên được dự đoán trong dải giá trị được yêu cầu		
L	Ống xả bể nước lạnh không có bọt		

KHÁC:

A	Tất cả các đơn vị tham gia thử nghiệm đã được thông báo sự đồng thuận về thời gian thử nghiệm		
B	Các điều khoản đã được lập ra cho một thợ điện ở hiện trường vào thời gian thử nghiệm để trợ giúp việc đo quạt và/hoặc đầu vào công suất động cơ		
C	Sự sắp xếp đã được thiết lập cho việc định hướng an toàn nhà máy, phạm vi bảo mật cho người thử nghiệm và thiết bị, chứng nhận bảo hiểm, xe cộ đi lại,...		
D	Nhu cầu về bất kì cá nhân bổ sung nào để trợ giúp thực hiện thử nghiệm đã được thảo luận với văn phòng thử nghiệm và sẽ có mặt khi cần.		
E	Nhà sản xuất tháp đã cung cấp toàn bộ dữ liệu tính năng và theo thiết kế được yêu cầu bởi tiêu chuẩn này		
F	Nếu có thể, văn phòng thử nghiệm sẽ được thông báo rằng hiệu điện thế động cơ quạt lớn hơn 600 V và/hoặc động cơ quạt được kiểm soát bởi một động cơ biến tần (VFD)		

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 2186:1973, *Fluid flow in closed conduits - Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements*
- [2] ISO 2975-1:1974, *Measurement of water flow in closed conduits - Tracer methods - Part 1: General*
- [3] ISO 2972-2:1975, *Measurement of water flow in closed conduits - Tracer methods - Part 2: Constant rate injection method using non-radioactive tracers*
- [4] ISO 2975-3:1976, *Measurement of water flow in closed conduits - Tracer methods - Part 3: Constant rate injection method using radioactive tracers*
- [5] ISO 2975-6:1977, *Measurement of water flow in closed conduits - Tracer methods - Part 6: Transit time method using non-radioactive tracers*
- [6] ISO 2975-7:1977, *Measurement of water flow in closed conduits - Tracer methods - Part 7: Transit time method using radioactive tracers*
- [7] ISO/TR 3313:1998, *Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments*
- [8] ISO 4006:1991, *Measurement of fluid flow in closed conduits - Vocabulary and symbols*
- [9] ISO 4185:1980, *Measurement of liquid flow in closed conduits - Weighing method*
- [10] ISO 4185:1980/Corr.1:1993, *Corrigendum to ISO 4185:1980*
- [11] ISO 5167-1:2003, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 1: General principles and requirements*
- [12] ISO 5167-2:2003, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 2: Orifice plates*
- [13] ISO 5167-3:2003, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 3: Nozzles and Venturi nozzles*
- [14] ISO 5167-4:2004, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 4: Venturi tubes*
- [15] ISO/TR 5168:1998, *Measurement of fluid flow - Evaluation of uncertainties*
- [16] ISO 6817:1992, *Measurement of conductive liquid flow in closed conduits - Method using electromagnetic flowmeters*
- [17] ISO 7066-2:1988, *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices - Part 2: Non-linear calibration relationships*

- [18] ISO 8316:1987, *Measurement of liquid flow in closed conduits - Method by collection of the liquid in a volumetric tank*
- [19] ISO 9300:1990, *Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles*
- [20] ISO 9368:1990, *Measurement of liquid flow in closed conduits by the weighing method – Procedures for checking installations - Part 1: Static weighing systems*
- [21] ISO/TR 9464:1998, *Guidelines for the use of ISO 5167-1:1991*
- [22] ISO 9551:1993, *Guidelines for the use of ISO 5167-1:1991*
- [23] ISO 10790:1999, *Measurement of fluid flow in closed conduits - Guidance to the selection, installation and use of Coriolis meters (mass flow, density and volume flow measurements)*
- [24] ISO 10790:1990/Corr.1:2003, *Guidelines for gas measurement*
- [25] ISO 11631:1998, *Measurement of fluid flow - Methods of specifying flowmeter performance*
- [26] ISO/TR 12764:1997, *Measurement of fluid flow in closed conduits - Flowrate measurement by means of vortex shedding flowmeters inserted in circular cross-section conduits running full*
- [27] ISO/TR 12767:1998, *Measurement of fluid flow by means of pressure-differential devices - Guidelines to the effect of departure from the specifications and operating conditions given in ISO 5167-1*
- [28] ISO 13359:1998, *Measurement of conductive liquid flow in closed conduits - Flanged electromagnetic flowmeters - Overall length*
- [29] ISO 14164:1999, *Stationary source emissions - Determination of the volume flowrate of gas streams in ducts - Automated method*
- [30] ISO 14511:2001, *Measurement of fluid flow in closed conduits - Thermal mass flowmeters*
- [31] ISO/TR 15377:1998, *Measurement of fluid flow by means of pressure-differential devices - Guidelines for the specification of nozzles and orifice plates beyond the scope of ISO 5167-1*
- [32] ISO/TR 15377:1998/Corr.1: 1999, *Corrigendum to ISO/TR 15377*
- [33] ISO 4677-1:1985, *Atmospheres for conditioning and testing - Determination of relative humidity - Part 1: Aspirated psychrometer method*
- [34] ANSI/ASHRAE 41.6-1994, *Method for Measurement of Moist Air Properties*
- [35] ASTM E337-84 (R1996), *Standard Test Method for Measuring Humidity with a Psychomotor (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures*
- [36] *Psychrometrics Theory and Practice*, ASHRAE