

TCVN xxxxx:2020

ISO 10456:2007

Xuất bản lần 1

**VẬT LIỆU VÀ SẢN PHẨM XÂY DỰNG – CÁC TÍNH CHẤT
NHIỆT ẨM – CÁC GIÁ TRỊ THIẾT KẾ DẠNG BẢNG VÀ CÁC
QUY TRÌNH XÁC ĐỊNH CÁC GIÁ TRỊ NHIỆT CÔNG BỐ
VÀ THIẾT KẾ**

*Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values
and procedures for determining declared and design thermal values*

HÀ NỘI - 2020

Mục lục

Trang

Lời nói đầu.....	4
Lời giới thiệu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và đơn vị.....	7
3.1 Thuật ngữ và định nghĩa.....	7
3.2 Ký hiệu và đơn vị.....	8
4 Phương pháp thử và điều kiện thử nghiệm.....	9
4.1 Phép thử về các tính chất nhiệt.....	9
4.2 Thử nghiệm về các tính chất ẩm.....	9
5 Xác định các giá trị nhiệt công bố.....	9
6 Xác định các giá trị nhiệt thiết kế.....	10
6.1 Tổng quát.....	10
6.2 Làm tròn các giá trị thiết kế.....	10
6.3 Giá trị thiết kế suy ra từ giá trị công bố.....	10
6.4 Giá trị thiết kế suy ra từ giá trị đo.....	11
7 Chuyển đổi các giá trị nhiệt.....	11
7.1 Tổng quát.....	11
7.2 Chuyển đổi đối với nhiệt độ.....	11
7.3 Chuyển đổi đối với độ ẩm.....	11
7.4 Chuyển đổi theo sự lão hóa.....	12
7.5 Đối lưu tự nhiên.....	12
8 Giá trị nhiệt ẩm thiết kế dạng bảng.....	13
8.1 Tổng quát.....	13
8.2 Giá trị nhiệt thiết kế.....	13
8.3 Giá trị độ ẩm thiết kế.....	14
Phụ lục A (Quy định) Các hệ số chuyển đổi cho nhiệt độ.....	26
Phụ lục B (Tham khảo) Các ví dụ tính toán.....	30
Phụ lục C (Tham khảo) Các tính toán thống kê.....	33
Thư mục tài liệu tham khảo.....	35

Lời nói đầu

TCVN xxxxx:2020 hoàn toàn tương đương với ISO 10456:2007 (E).

TCVN xxxxx:2020 do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp để đánh giá sự tác động của các sản phẩm và các dịch vụ tòa nhà đến bảo tồn năng lượng và hiệu quả năng lượng tổng thể của tòa nhà.

Các tính toán truyền nhiệt và truyền ẩm đòi hỏi phải có các giá trị thiết kế của các tính chất nhiệt và ẩm của các loại vật liệu được sử dụng trong xây dựng tòa nhà.

Các giá trị thiết kế có thể được suy ra từ các giá trị công bố trên cơ sở dữ liệu đo về sản phẩm liên quan, thường là đối với trường hợp các loại vật liệu cách nhiệt. Khi các điều kiện thiết kế khác so với các điều kiện của giá trị công bố thì cần phải chuyển đổi dữ liệu về các điều kiện áp dụng. Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp và dữ liệu để thực hiện việc chuyển đổi này.

Đối với các loại vật liệu không có sẵn các giá trị đo, có thể lấy các giá trị thiết kế theo các bảng. Tiêu chuẩn này cung cấp các thông tin theo dạng bảng trên cơ sở biên tập dữ liệu có sẵn (xem các tài liệu tham khảo liệt kê trong phần Thư mục tài liệu tham khảo).

Vật liệu và sản phẩm xây dựng – Các tính chất nhiệt ẩm – Các giá trị thiết kế dạng bảng và các quy trình xác định các giá trị nhiệt công bố và thiết kế

Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp xác định các giá trị nhiệt công bố và thiết kế cho các vật liệu và sản phẩm xây dựng đồng nhất về nhiệt, cùng với các quy trình chuyển đổi các giá trị thu được ở một tập hợp các điều kiện sang các giá trị ở một tập hợp các điều kiện khác. Các quy trình này áp dụng cho nhiệt độ thiết kế môi trường xung quanh nằm trong dải nhiệt độ từ -30 °C đến 60 °C.

Tiêu chuẩn này quy định các hệ số chuyển đổi đối với nhiệt độ và độ ẩm. Các hệ số chuyển đổi này được áp dụng đối với các nhiệt độ trung gian nằm trong dải nhiệt độ từ 0°C đến 30 °C.

Tiêu chuẩn này cũng cho biết dữ liệu thiết kế ở dạng bảng phục vụ mục đích tính truyền nhiệt và truyền ẩm, cho các vật liệu và sản phẩm xây dựng đồng nhất về nhiệt được sử dụng phổ biến trong kết cấu xây dựng tòa nhà.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố áp dụng thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9313 (ISO 7345), *Cách nhiệt – Các đại lượng vật lý và định nghĩa*

ISO 8990, *Thermal insulation – Determination of steady-state thermal transmission properties – Calibrated and guarded hot box (Cách nhiệt – Xác định tính chất truyền nhiệt ở trạng thái ổn định – Hộp nóng được bảo vệ và hiệu chuẩn)*

ISO 12572, *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties (Đặc trưng nhiệt ẩm của vật liệu và sản phẩm xây dựng – Xác định các tính chất truyền hơi nước)*

3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và đơn vị

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong TCVN 9313 (ISO 7345) và các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1.1

Giá trị nhiệt công bố (Declared thermal value)

Giá trị dự kiến của một tính chất nhiệt của một vật liệu hoặc sản phẩm xây dựng được đánh giá từ dữ liệu đo đạc ở các điều kiện tham chiếu về nhiệt độ và độ ẩm, đã cho đối với một thành phần và mức độ tin cậy đã định và tương ứng với tuổi thọ phục vụ dự kiến ở các điều kiện bình thường.

TCVN xxxxx:2020

3.1.2

Giá trị nhiệt thiết kế (Design thermal value)

Hệ số dẫn nhiệt thiết kế hoặc nhiệt trở thiết kế.

CHÚ THÍCH: Một sản phẩm đã cho có thể có nhiều giá trị thiết kế tương ứng với các ứng dụng hoặc điều kiện môi trường khác nhau.

3.1.3

Hệ số dẫn nhiệt thiết kế (Design thermal conductivity)

Giá trị hệ số dẫn nhiệt của một vật liệu hoặc sản phẩm xây dựng ở điều kiện bên ngoài và bên trong cụ thể được coi là giá trị điển hình đặc trưng của vật liệu hoặc sản phẩm đó khi được đưa vào sử dụng trong một bộ phận tòa nhà.

3.1.4

Nhiệt trở thiết kế (Design thermal resistance)

Giá trị nhiệt trở của một sản phẩm xây dựng ở điều kiện bên ngoài và bên trong cụ thể có thể được coi là giá trị điển hình đặc trưng của sản phẩm đó khi được đưa vào sử dụng trong một bộ phận tòa nhà.

3.1.5

Vật liệu (Material)

Phần của một sản phẩm không kể đến hình thức cung cấp, hình dạng và kích thước của nó, không có bất cứ lớp phủ mặt hoặc lớp phủ bảo vệ nào.

3.1.6

Sản phẩm (Product)

Hình thức cuối cùng của vật liệu sẵn sàng cho việc sử dụng có hình dạng và kích thước xác định và bao gồm cả lớp phủ mặt hoặc lớp phủ bảo vệ.

3.2 Ký hiệu và đơn vị

Ký hiệu	Đại lượng	Đơn vị
c_p	Nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi	J/(kg.K)
F_a	Hệ số chuyển đổi lão hóa	–
F_m	Hệ số chuyển đổi ẩm	–
F_T	Hệ số chuyển đổi nhiệt độ	–
f_T	Hệ số chuyển đổi nhiệt độ	K ⁻¹
f_u	Hệ số chuyển đổi hàm lượng ẩm theo khối lượng ^a	kg/kg
f_ψ	Hệ số chuyển đổi thể tích ẩm theo thể tích ^a	m ³ /m ³
R	Nhiệt trở	m ² .K/W
s_d	Chiều dày lớp không khí tương đương-khuếch tán hơi nước	m
T	Nhiệt độ nhiệt động học	K
u	hàm lượng ẩm theo khối lượng	J/(m ² .K)
λ	Hệ số dẫn nhiệt	W/(m.K)
μ	Hệ số kháng hơi nước	–
ρ	Khối lượng riêng	kg/m ³

Ký hiệu	Đại lượng	Đơn vị
ψ	Thể tích hàm lượng ẩm theo thể tích	m ³ /m ³
^a cho việc chuyển đổi các tính chất nhiệt		

4 Phương pháp thử và điều kiện thử nghiệm

4.1 Phép thử về các tính chất nhiệt

4.1.1 Phương pháp thử

Sử dụng các phương pháp sau sẽ thu được các giá trị đo hệ số dẫn nhiệt hoặc nhiệt trở:

- tấm nóng được bảo vệ phù hợp với ISO 8302 hoặc phương pháp quốc gia tương đương;
- thiết bị đo dòng nhiệt phù hợp với ISO 8301 hoặc phương pháp quốc gia tương đương;
- hộp nóng được bảo vệ và hiệu chuẩn phù hợp với ISO 8990.

4.1.2 Điều kiện thử nghiệm

Để tránh các chuyển đổi thì khuyến nghị thực hiện các phép đo ở các điều kiện tương ứng với tập hợp các điều kiện lựa chọn đã cho nêu trong Bảng 1.

Nên chọn nhiệt độ thử trung gian sao cho việc áp dụng các hệ số nhiệt độ không dẫn đến sự thay đổi lớn hơn 2 % từ giá trị đo.

Các điều kiện thử yêu cầu như sau:

- chiều dày đo và khối lượng riêng để nhận biết;
- nhiệt độ thử trung gian;
- hàm lượng ẩm của mẫu trong quá trình thử nghiệm;
- (đối với các vật liệu lão hóa) tuổi của mẫu thử và các quy trình dưỡng hộ trước khi thử nghiệm.

4.2 Thử nghiệm về các tính chất ẩm

Áp dụng ISO 12572 sẽ có được các giá trị đo hệ số kháng hơi nước hoặc chiều dày lớp không khí tương đương-khuếch tán hơi nước.

5 Xác định các giá trị nhiệt công bố

Bảng 1 cho biết giá trị nhiệt công bố ở một trong các tập hợp điều kiện a) hoặc b) với nhiệt độ tham chiếu I (10 °C) và II (23 °C).

Bảng 1 – Các điều kiện giá trị công bố

Tính chất	Các tập hợp điều kiện			
	I (10 °C)		II (23 °C)	
	a)	b)	a)	b)
Nhiệt độ tham chiếu	10 °C	10 °C	23 °C	23 °C
Độ ẩm	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$
Sự lão hóa	lão hóa	lão hóa	lão hóa	lão hóa
^a u_{dry} là hàm lượng ẩm thấp đạt được bằng sấy khô tuân theo các chỉ dẫn kỹ thuật hoặc các tiêu chuẩn cho vật liệu có liên quan. ^b $u_{23,50}$ là hàm lượng ẩm khi đạt đến sự cân bằng với không khí ở 23 °C và độ ẩm tương đối 50 %.				

Các giá trị công bố sẽ được xác định với một chiều dày đủ lớn để bỏ qua ảnh hưởng của chiều dày hoặc các giá trị công bố cho các chiều dày nhỏ hơn sẽ được xác định dựa trên cơ sở các phép đo với các chiều dày đó.

Các dữ liệu được sử dụng phải là:

TCVN xxxxx:2020

- giá trị đo trực tiếp theo phương pháp thử đã nêu trong Điều 4, hoặc
- giá trị thu được gián tiếp được suy ra từ mối tương quan được thiết lập với một tính chất có liên quan như khối lượng riêng.

Khi tất cả dữ liệu không được đo ở cùng một tập hợp các điều kiện, trước tiên chúng sẽ được chuyển đổi sang cùng một tập hợp điều kiện (xem Điều 7). Sau đó tính ước lượng giá trị thống kê đơn. Phụ lục C nêu ra các tiêu chuẩn về thống kê có thể sử dụng.

Trong quá trình tính toán, giá trị phải được làm tròn không nhỏ hơn ba chữ số có nghĩa.

Giá trị công bố là giá trị ước tính của giá trị thống kê đơn được làm tròn theo từng quy tắc hoặc cả hai quy tắc sau:

- Đối với hệ số dẫn nhiệt, λ , tính bằng $W/(m.K)$:
 - Nếu $\lambda \leq 0,08$: làm tròn đến giá trị lớn hơn gần nhất đến một phần nghìn;
 - Nếu $0,08 \leq \lambda \leq 0,20$: làm tròn đến giá trị lớn hơn gần nhất một phần năm nghìn;
 - Nếu $0,20 < \lambda \leq 20$: làm tròn đến giá trị lớn hơn gần nhất đến một phần trăm;
 - Nếu $2,00 < \lambda$: làm tròn đến một phần chục;
- Đối với nhiệt trở, R , tính bằng $(m^2.K)/m$, là giá trị nhỏ hơn gần nhất được làm tròn không quá hai chữ số thập phân hoặc ba chữ số có nghĩa.

Các quy tắc xác định giá trị công bố cho các sản phẩm cụ thể có thể được quy định trong các tiêu chuẩn sản phẩm thích hợp.

6 Xác định các giá trị nhiệt thiết kế

6.1 Tổng quát

Từ các giá trị công bố, các giá trị đo hoặc các giá trị dạng bảng có thể tính được các giá trị nhiệt thiết kế (xem Điều 8).

Dữ liệu đo phải là

- giá trị đo trực tiếp theo phương pháp thử đã nêu trong Điều 4, hoặc
- giá trị thu được gián tiếp được suy ra từ mối tương quan được thiết lập với một tính chất có liên quan như khối lượng riêng.

Nếu tập hợp các điều kiện đối với các giá trị công bố, giá trị đo hoặc giá trị dạng bảng có thể được xem là phù hợp với ứng dụng thực tế thì các giá trị này có thể sử dụng trực tiếp làm giá trị thiết kế. Nếu không thì phải thực hiện việc chuyển đổi dữ liệu theo quy trình đã nêu trong Điều 7.

6.2 Làm tròn các giá trị thiết kế

Giá trị nhiệt thiết kế phải được làm tròn tuân theo các quy tắc nêu trong Điều 5:

- đối với hệ số dẫn nhiệt, làm tròn đến giá trị lớn hơn gần nhất, tính bằng $W/(m.K)$;
- đối với nhiệt trở, làm tròn đến giá trị nhỏ hơn gần nhất, tính bằng $m^2.K/m$.

6.3 Giá trị thiết kế suy ra từ giá trị công bố

Khi tính giá trị thiết kế từ giá trị công bố và giá trị thiết kế dựa trên cơ sở cùng một đánh giá thống kê, giá trị công bố phải được chuyển đổi sang các điều kiện thiết kế.

Phụ lục C đưa ra phương pháp làm thế nào để suy ra các giá trị thiết kế trên cơ sở đánh giá thống kê khác so với đánh giá thống kê áp dụng cho giá trị công bố.

6.4 Giá trị thiết kế suy ra từ giá trị đo

Khi cần thiết, trước hết tất cả dữ liệu phải được chuyển đổi sang các điều kiện thiết kế. Sau đó thực hiện tính ước lượng giá trị thống kê đơn. Phụ lục C nêu ra các tiêu chuẩn về thống kê có thể sử dụng.

7 Chuyển đổi các giá trị nhiệt

7.1 Tổng quát

Việc chuyển đổi các giá trị nhiệt từ một tập hợp điều kiện này (λ_1, R_1) sang tập hợp điều kiện khác (λ_2, R_2) được thực hiện theo các phương trình sau:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T F_m F_a} \quad (2)$$

Có thể lấy các hệ số chuyển đổi từ các bảng thích hợp trong tiêu chuẩn này. Một cách khác, chúng có thể được suy ra từ dữ liệu đo thu được theo các phương pháp thử được nêu trong 4.1, miễn là quy trình xác định các hệ số chuyển đổi khác với các hệ số nêu trong Bảng 4 được xác thực bởi các tổ chức thử nghiệm độc lập.

7.2 Chuyển đổi đối với nhiệt độ

Hệ số F_T đối với nhiệt độ được xác định theo:

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)} \quad (3)$$

trong đó:

f_T là hệ số chuyển đổi nhiệt độ;

T_1 là nhiệt độ của tập hợp điều kiện thứ nhất;

T_2 là nhiệt độ của tập hợp điều kiện thứ hai.

Các giá trị của hệ số chuyển đổi nhiệt độ đối với các vật liệu cách nhiệt và vật liệu khối xây được nêu trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến các tính chất nhiệt của các vật liệu khác về cơ bản không đáng kể đối với các tính toán truyền nhiệt, và thường thường có thể bỏ qua.

Các giá trị nhiệt thiết kế nên được lấy cho nhiệt độ trung gian dự kiến của các vật liệu như được lắp đặt vào bộ phận trong vùng khí hậu áp dụng.

7.3 Chuyển đổi đối với độ ẩm

Chỉ số, F_m , về hàm lượng ẩm được xác định như sau:

a) Chuyển đổi hàm lượng ẩm theo khối lượng:

$$F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)} \quad (4)$$

trong đó:

f_u là hệ số chuyển đổi hàm lượng ẩm theo khối lượng;

u_1 là hàm lượng ẩm theo khối lượng của tập hợp điều kiện thứ nhất;

u_2 là hàm lượng ẩm theo khối lượng của tập hợp điều kiện thứ hai;

b) Chuyển đổi hàm lượng ẩm theo thể tích:

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad (5)$$

trong đó:

F_ψ là hệ số chuyển đổi thể tích ẩm theo thể tích;

TCVN xxxxx:2020

Ψ_1 là thể tích hàm lượng ẩm theo thể tích của tập hợp điều kiện thứ nhất;

Ψ_2 là thể tích hàm lượng ẩm theo thể tích của tập hợp điều kiện thứ hai.

Bảng 4 cho biết các giá trị của hệ số chuyển đổi ẩm cho các vật liệu cách nhiệt và vật liệu khối xây.

7.4 Chuyển đổi theo sự lão hóa

Sự lão hóa phụ thuộc vào loại vật liệu, lớp phủ mặt, cấu trúc, chất tạo khí, nhiệt độ và chiều dày của vật liệu. Đối với một vật liệu xác định, ảnh hưởng lão hóa có thể xác định từ các mô hình lý thuyết đã được xác thực bằng các dữ liệu thực nghiệm. Đối với một vật liệu xác định thì không có các quy tắc đơn giản để thiết lập tương quan về sự lão hóa theo thời gian.

Nếu các giá trị công bố đã tính đến cả sự lão hóa thì sẽ không áp dụng việc chuyển đổi lão hóa thêm nữa cho các giá trị nhiệt thiết kế.

Nếu sử dụng hệ số chuyển đổi F_a . Nó cho phép tính giá trị lão hóa của tính chất nhiệt tương ứng với một thời gian không nhỏ hơn một nửa tuổi thọ phục vụ của sản phẩm trong ứng dụng có liên quan.

CHÚ THÍCH 1: Tuổi thọ phục vụ thường được lấy là 50 năm.

CHÚ THÍCH 2: Trong tiêu chuẩn này không đưa ra các hệ số chuyển đổi để suy ra hệ số chuyển đổi lão hóa F_a . Quy trình thiết lập các giá trị lão hóa hoặc hệ số lão hóa được đưa ra trong một số các tiêu chuẩn sản phẩm.

7.5 Đối lưu tự nhiên

Sự xâm nhập của đối lưu tự nhiên trong một vật liệu cách nhiệt với các cấu trúc hở phụ thuộc vào độ thấm, chiều dày và chênh lệch nhiệt độ. Lực dẫn động cho sự đối lưu tự nhiên được mô tả bằng hệ số Rayleigh sửa đổi, Ra_m , là một đại lượng không thứ nguyên được xác định trong tiêu chuẩn này bằng công thức sau:

$$Ra_m = 3 \times 10^6 \frac{dk\Delta T}{\lambda} \quad (6)$$

trong đó:

ΔT là chênh lệch nhiệt độ qua lớp cách nhiệt, tính bằng K;

d là chiều dày của lớp cách nhiệt, tính bằng m;

k là độ thấm của lớp cách nhiệt, tính bằng m^2 ;

λ là hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt không có đối lưu, tính bằng W/(m.K).

Nếu Ra_m không vượt quá giá trị tới hạn nêu trong Bảng 2, thì sẽ không cần thực hiện hiệu chỉnh đối với đối lưu tự nhiên.

CHÚ THÍCH 1: Định nghĩa chính thức của Ra_m như sau:

$$Ra_m = \frac{g\beta\rho c_p}{v} \times \frac{dk\Delta T}{\lambda} \quad (7)$$

trong đó:

g là gia tốc trọng trường (9,81 m/s²);

β là hệ số giãn nở nhiệt của không khí;

ρ là khối lượng riêng của không khí;

c_p là nhiệt dung riêng của không khí ở áp suất không đổi;

v là độ nhớt động học cho không khí (bằng độ nhớt động lực chia cho khối lượng riêng).

Phương trình (6) thu được bằng cách thay các tính chất của không khí ở nhiệt độ 10 °C được nêu trong ISO 10292.

CHÚ THÍCH 2: Độ thấm được xác định cho các điều kiện ở trạng thái ổn định một chiều bằng phương trình:

$$\frac{\Delta P}{d} = \frac{\eta}{k} \times \frac{V}{A} \quad (8)$$

trong đó:

- ΔP là chênh lệch áp suất;
- η là độ nhớt động lực của không khí;
- V là lưu lượng thể tích không khí;
- A là diện tích.

Nó có thể thu được từ các phép đo của điện trở suất dòng khí của sản phẩm, r , tuân theo ISO 9053 theo công thức sau:

$$k = \frac{\eta}{r} \quad (9)$$

CHÚ THÍCH 3: Trong vùng khí hậu lạnh, nguy cơ của sự đối lưu sẽ lớn hơn đối với một vật liệu xác định bởi vì giá trị ΔP trong phương trình (6) là lớn hơn.

Bảng 2 – Hệ số Rayleigh sửa đổi tới hạn

Hướng dòng nhiệt ^a	Ra_m
Đi ngang	2,5
Đi lên, bề mặt trên hở	15
Đi lên, bề mặt trên được bảo vệ chống gió (không thấm khí)	30
^a Sử dụng phép nội suy tuyến tính của hệ số Rayleigh sửa đổi cho các góc trung gian dựa trên cơ sở $\cos \theta$ với phương nằm ngang thì $\theta = 0$.	

Hiện tại thì không có một quy trình chung được chấp nhận để xem xét sự đối lưu trong các vật liệu cách nhiệt. Nếu Ra_m vượt quá giá trị tới hạn nêu trong Bảng 2 thì cần phải có các phân tích hoặc các phép đo chi tiết để định lượng ảnh hưởng của sự đối lưu.

8 Giá trị nhiệt ẩm thiết kế dạng bảng

8.1 Tổng quát

Bảng 3, 4 và 5 cho biết các giá trị thiết kế điển hình phù hợp để sử dụng trong các tính toán truyền nhiệt và truyền ẩm khi thiếu các thông tin cụ thể về các sản phẩm liên quan. Khi sẵn có các giá trị, nên ưu tiên sử dụng các giá trị được xác nhận bởi nhà sản xuất thay cho các giá trị lấy theo các bảng.

Bảng 3 cho biết các giá trị thiết kế của hệ số dẫn nhiệt, nhiệt dung riêng và hệ số kháng hơi nước đối với các vật liệu sử dụng phổ biến trong các ứng dụng xây dựng tòa nhà. Khi một dải của các giá trị được đưa ra cho một loại vật liệu phụ thuộc vào khối lượng riêng thì có thể sử dụng phép nội suy tuyến tính.

Bảng 4 cho biết giá trị thiết kế đối với nhiệt dung riêng và thông tin về hàm lượng ẩm, các hệ số chuyển đổi ẩm và các hệ số kháng hơi nước cho các vật liệu cách nhiệt và các vật liệu khối xây. Hàm lượng ẩm của các vật liệu và các sản phẩm được đưa ra ở trạng thái cân bằng với không khí ở nhiệt độ 23 °C và độ ẩm tương đối 50 % và 80 %. Các dải dữ liệu về khối lượng riêng và hàm lượng ẩm được nêu trong Bảng 4 cho biết phạm vi áp dụng của dữ liệu.

Bảng 5 cho biết chiều dày lớp không khí tương đương-khuếch tán hơi nước cho các lớp mỏng.

CHÚ THÍCH: EN 1745 cho biết thông tin về hệ số dẫn nhiệt của các khối xây ở trạng thái khô.

8.2 Giá trị nhiệt thiết kế

Các giá trị nhiệt thiết kế cho vật liệu cách nhiệt và vật liệu khối xây nên được chuyển đổi sang các điều kiện thiết kế thích hợp bằng cách sử dụng các hệ số chuyển đổi nêu trong Phụ lục A và Bảng 4 một cách tương ứng.

Dữ liệu về các hàm lượng ẩm nêu trong Bảng 4 (ở nhiệt độ 23 °C và độ ẩm tương đối 50 % và 80 %) biểu thị hàm lượng ẩm cân bằng của các vật liệu liên quan trong các ứng dụng công trình xây dựng điển hình. Chúng không áp dụng cho các trạng thái ẩm cao, ví dụ như trường hợp ngầm dưới nền đất. Các

TCVN xxxxx:2020

dữ liệu về hàm lượng ẩm cân bằng cho các ứng dụng đặc biệt có thể được cung cấp trong các bảng cấp độ quốc gia.

8.3 Giá trị độ ẩm thiết kế

Bảng 3 và 4 cho biết các giá trị của hệ số kháng hơi nước đối với các điều kiện “cốc khô” và “cốc ướt” (được xác định theo ISO 12572).

Tại môi trường xung quanh có độ ẩm tương đối thấp, hơi nước di chuyển qua các vật liệu rỗng chủ yếu bằng khuếch tán hơi nước. Khi độ ẩm tương đối tăng lên, nước sẽ bắt đầu lấp đầy các lỗ rỗng và dòng chất lỏng trở thành yếu tố quan trọng gia tăng cơ chế chuyển động. Vì thế độ kháng hơi nước biểu kiến sẽ giảm theo sự gia tăng của độ ẩm tương đối. Tác động này được tóm lược bằng các giá trị cốc khô áp dụng khi độ ẩm tương đối trung gian qua một vật liệu nhỏ hơn 70 %, và các giá trị cốc ướt áp dụng khi độ ẩm tương đối trung gian qua một vật liệu lớn hơn hoặc bằng 70 %. Đối với các tòa nhà được sưởi ấm, các giá trị cốc khô nhìn chung thường được áp dụng cho các vật liệu ở phía trong của một lớp cách nhiệt, và các giá trị cốc ướt áp dụng cho các vật liệu ở phía ngoài của một lớp cách nhiệt. Nếu không có mặt lớp cách nhiệt cụ thể (ví dụ: các tường khối xây) thì áp dụng giá trị cốc khô khi bộ phận được làm ướt từ một trạng thái khô và các giá trị cốc ướt được áp dụng khi bộ phận được sấy khô từ một trạng thái ướt.

Bảng 3 – Các giá trị nhiệt thiết kế cho các vật liệu trong các ứng dụng xây dựng phổ thông

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Atfan (Asphalt)		2100	0,70	1000	50000	50000
Bitum (Bitumen)	Nguyên chất (pure)	1050	0,17	1000	50000	50000
	Vải tấm bitum/ tấm bitum (Felt/sheet)	1100	0,23	1000	50000	50000
Bê tông ^a (Concrete)	Khối lượng riêng trung bình (Medium density)	1800	1,15	1000	100	60
		2000	1,35	1000	100	60
		2200	1,65	1000	120	70
	Khối lượng riêng lớn (high density)	2400	2,00	1000	130	80
	cốt thép 1 % (reinforced with 1% of steel)	2300	2,3	1000	130	80
	cốt thép 2 % (reinforced with 1% of steel)	2400	2,35	1000	130	80

Bảng 3 (tiếp theo)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Lớp trải sàn (Floor covering)	Cao su (Rubber)	1200	0,17	1400	10000	10000
	Nhựa (plastic)	1700	0,25	1400	10000	10000
	Lớp lót, cao su dạng tổ ong hoặc nhựa (Underlay, cellular rubber or plastic)	270	0,10	1400	10000	10000
	Lớp lót, vải chống ẩm (Underlay, felt)	120	0,05	1300	20	15
	Lớp lót, sợi bông (Underlay, wool)	200	0,06	1300	20	15
	Lớp lót, gỗ bần (Underlay, cork)	<200	0,05	1500	20	10
	Ván lát sàn, gỗ bần (Tiles, cork)	>400	0,065	1500	40	20
	Thảm/ trải thảm vải (carpet/ textile floorings)	200	0,06	1300	5	5
	Vải sơn lót sàn nhà (Linoleum)	1200	0,17	1400	1000	800
Chất khí (Gases)	Không khí (air)	1,23	0,025	1008	1	1
	Các bon đi ô xít (carbon dioxide)	1,95	0,014	820	1	1
	Argon	1,7	0,017	519	1	1
	Sulphur hexafluoride	6,36	0,013	614	1	1
	Krypton	3,56	0,0090	245	1	1
	Xenon	5,68	0,0054	160	1	1
Thủy tinh (Glass)	Thủy tinh thông thường gồm cả kính nổi (Soda lime glass (including "float glass"))	2500	1,00	750	∞	∞
	Thủy tinh thạch anh (Quart glass)	2200	1,40	750	∞	∞
	Thủy tinh mosaic (Glass mosaic)	2000	1,20	750	∞	∞

Bảng 3 (tiếp theo)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Nước (Water)	Nước đá ở -10 °C (Ice)	920	2,30	2000	–	–
	Nước đá ở 0 °C (Ice)	900	2,20	2000	–	–
	Tuyết, vừa rơi (<30mm) (Snow, freshly fallen)	100	0,05	2000	–	–
	Tuyết xốp mềm (30 đến 70mm) (Snow, soft)	200	0,12	2000	–	–
	Tuyết, đầm nén nhẹ (70 đến 100mm) (Snow, slightly compacted)	300	0,23	2000	–	–
	Tuyết, đầm nén chặt (Snow, compacted) (<200mm)	500	0,60	2000	–	–
	Nước ở 10 °C	1000	0,60	4190	–	–
	Nước ở 40 °C	990	0,63	4190	–	–
	Nước ở 80 °C	970	0,67	4190	–	–
Kim loại	Hợp kim nhôm (Aluminium alloys)	2800	160	880	∞	∞
	Đồng thiếc (Bronze)	8700	65	380	∞	∞
	Đồng thau (Brass)	8400	120	380	∞	∞
	Đồng đỏ (copper)	8900	380	380	∞	∞
	Sắt (iron, cast)	7500	50	450	∞	∞
	Chì (lead)	11300	35	130	∞	∞
	Thép (steel)	7800	50	450	∞	∞
	Thép không gỉ ^b (stainless steel, austenitic or austenitic-ferritic)	7900	17	500	∞	∞
	Thép không gỉ ^b (stainless steel, ferritic or martensitic)	7900	30	460	∞	∞
Kẽm (zinc)	7200	110	380	∞	∞	

Bảng 3 (tiếp theo)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Plastic, dạng rắn (Plastics, solid)	Acrylic	1050	0,20	1500	10000	10000
	Polycarbonate	1200	0,20	1200	5000	10000
	Polytetrafluoroethylen (PTFE)	2200	0,25	1000	10000	5000
	Polyvinylchloride (PVC)	1390	0,17	900	50000	10000
	Polymethylmethacrylate (PMMA)	1180	0,18	1500	50000	50000
	Polyacetate	1410	0,30	1400	100000	50000
	Polyamide (nylon)	1150	0,25	1600	50000	100000
	Polyamide 6.6 với 25% sợi thủy tinh	1450	0,30	1600	50000	50000
	Polyethylene, khối lượng riêng lớn	980	0,50	1800	100000	50000
	Polyethylene, khối lượng riêng nhỏ	920	0,33	2200	100000	100000
	Polystyrene	1050	0,16	1300	100000	100000
	Polypropylene	910	0,22	1800	10000	10000
	Polyethylene với 25% sợi thủy tinh	1200	0,25	1800	10000	10000
	Polyurethane (PU)	1200	0,25	1800	6000	6000
	Nhựa epoxy (Epoxy resin)	1200	0,20	1400	10000	10000
	Nhựa phenolic (phenolic resin)	1300	0,30	1700	100000	100000
Nhựa polyester (polyester resin)	1400	0,19	1200	10000	10000	
Cao su (Rubber)	Tự nhiên (Natural)	910	0,13	1100	10000	10000
	Neoprene (polychloroprene)	1240	0,23	2140	10000	10000
	Butyl, (isobutene), thể rắn, nóng chảy (solid, hot melt)	1200	0,24	1400	200000	200000
	Bọt cao su (Foam rubber)	60–80	0,06	1500	7000	7000
	Cao su cứng (hard rubber)	1200	0,17	1400	∞	∞
	Ethylen propylene diene monomer (monome) hóa dầu (EPDM)	1150	0,25	1000	6000	6000
	Polyisobutylene	930	0,20	1100	10000	10000
	Polysulfide	1700	0,40	1000	10000	10000
	Butadiene	980	0,25	1000	100000	100000

Bảng 3 (tiếp theo)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Vật liệu xấp khe,	Vật liệu hút ẩm (Silica gel (desiccant))	720	0,13	1000	∞	∞
băng keo chịu thời tiết và rào cản nhiệt	Silicon, nguyên chất (Silicone, pure)	1200	0,35	1000	5000	5000
	Silicon, chèn đầy (Silicone, filled)	1450	0,50	1000	5000	5000
	Bọt silicon (Silicone foam)	750	0,12	1000	10000	10000
	Urethane, polyurethane (rào cản nhiệt -thermal break)	1300	0,21	1800	60	60
(Sealant materials, weather stripping and thermal break)	Polyvinylchloride (PVC), flexible with 40 % softene (hóa chất dùng làm mềm)	1200	0,14	1000	100000	100000
	Bọt nhựa đàn hồi (Elastomeric foam, flexible)	60–80	0,05	1500	10000	10000
	Bọt xốp Polyurethane (PU)	70	0,05	1500	60	60
	Bọt xốp Polyethylene	70	0,05	2300	100	100
Thạch cao (Gypsum)	Thạch cao	600	0,18	1000	10	4
	“	900	0,30	1000	10	4
	“	1200	0,43	1000	10	4
	“	1500	0,56	1000	10	4
	Tấm thạch cao ^c (Gypsum plasterboard)	700	0,21	1000	10	4
	“	900	0,25	1000	10	4
Vữa trát thạch cao và vữa trát (Plasters And renders)	Vữa thạch cao cách nhiệt (Gypsum insulating plaster)	600	0,18	1000	10	6
	Lớp trát thạch cao (Gypsum plastering)	1000	0,40	1000	10	6
	Lớp trát thạch cao (Gypsum plastering)	1300	0,57	1000	10	6
	Thạch cao, cát (Gypsum, sand)	1600	0,80	1000	10	6
	Vôi, cát (Lime, sand)	1600	0,80	1000	10	6
	xi măng, cát (Cement, sand)	1800	1,00	1000	10	6

Bảng 3 (tiếp theo)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Đất (Soil)	Sét hoặc bùn (clay or silt)	1200-1800	1,5	1670 - 2500	50	50
	Cát hoặc sỏi (sand or gravel)	1700-2200	2,0	910 - 1180	50	50
Đá (Stone)	Tự nhiên, đá kết tinh (Natural, crystalline rock)	2800	3,5	1000	10000	10000
	Tự nhiên, đá trầm tích (Natural, sedimentary rock)	2600	2,3	1000	250	200
	Tự nhiên, đá trầm tích, nhẹ (Natural, sedimentary rock, light)	1500	0,85	1000	30	20
	Đá tự nhiên, rỗng, ví dụ: dung nham (Natural, porous, e.g. lava)	1600	0,55	1000	20	15
	Đá bazan (Basalt)	2700 - 3000	3,5	1000	10000	10000
	đá gơnai (Gneiss)	2400 - 2700	3,5	1000	10000	10000
	Đá hoa (Marble)	2800	3,5	1000	10000	10000
	Đá phiến (Slate)	2000 - 2800	2,2	1000	1000	800
	Đá vôi, siêu mềm (Limestone, extra soft)	1600	0,85	1000	30	20
	Đá vôi, mềm (Limestone, soft)	1800	1,1	1000	40	25
	Đá vôi, bán cứng (Limestone, semi-hard)	2000	1,4	1000	50	40
	Đá vôi, cứng (Limestone, hard)	2200	1,7	1000	200	150
	Đá vôi, siêu cứng (Limestone, extra hard)	2600	2,3	1000	250	200
	Đá cát kết (Sandstone (silica))	2600	2,3	1000	40	30
	Đá dăm tự nhiên (Natural pumice)	400	0,12	1000	8	6
Đá nhân tạo (artificial stone)	1750	1,3	1000	50	40	

Bảng 3 (kết thúc)

Nhóm sản phẩm hoặc ứng dụng		Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt thiết kế λ W/(m.K)	Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)	Hệ số kháng hơi nước μ	
					Khô	Ướt
Ngói lợp mái (tiles) roofing)	đất sét (clay)	2000	1,0	800	40	30
	bê tông (concrete)	2100	1,0	1000	100	60
Ngói (khác) Tiles (other)	Ceramic/porcelain	2300	1,5	840		∞
	Nhựa (plastic)	1000	0,20	1000	10000	10000
Gỗ ^d		450	0,12	1600	50	20
		500	0,13	1600	50	20
		700	0,18	1600	200	50
Panen làm từ gỗ (Wood-based Panels)	Gỗ dán (plywood) ^e	300	0,09	1600	150	50
		500	0,13	1600	200	70
		700	0,17	1600	220	90
		1000	0,24	1600	250	110
	Tấm ván sợi xi măng (Cement-bonded particleboard)	1200	0,23	1500	50	30
	Tấm ván sợi (particleboard)	300	0,10	1700	50	10
		600	0,14	1700	50	15
		900	0,18	1700	50	20
	Ván dăm định hướng OSB Oriented strand board (OSB)	650	0,13	1700	50	30
	Ván sợi gồm cả MDF ^f (Fibreboard including MDF)	250	0,07	1700	5	3
“	400	0,10	1700	10	5	
“	600	0,14	1700	20	12	
“	800	0,18	1700	30	20	

CHÚ THÍCH 1: Vì mục đích sử dụng máy điện toán nên giá trị ∞ có thể phải thay bằng giá trị lớn hơn tùy ý, ví dụ: 106.

CHÚ THÍCH 2: Các hệ số kháng hơi nước được đưa ra như giá trị cốc khô và giá trị cốc ướt, xem 8.3.

^a Khối lượng đơn vị của bê tông là khối lượng đơn vị khô.

^b EN 1008-1 có danh mục mở rộng các tính chất của thép không gỉ có thể sử dụng khi biết trước thành phần chính xác của thép không gỉ.

^c Hệ số dẫn nhiệt bao gồm cả ảnh hưởng của lớp giấy phủ trên bề mặt.

^d Khối lượng riêng của gỗ và các sản phẩm chế tạo từ gỗ là khối lượng riêng ở trạng thái cân bằng ở nhiệt độ 20 °C và độ ẩm tương đối 65 % bao gồm cả khối lượng của nước do hút ẩm.

^e Là một ước số tạm thời, cho đến khi sẵn có các dữ liệu đầy đủ đối với các tấm panen gỗ cứng (SWP) và ván nhiều lớp veneer laminate thì có thể sử dụng các giá trị được đưa ra cho gỗ dán.

^f MDF: tấm gỗ sợi có khối lượng riêng trung bình, chế biến theo công nghệ khô

Bảng 4 – Các tính chất ẩm và nhiệt dung riêng của các loại vật liệu xây dựng và vật liệu khối xây

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 50% RH ^a		Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 80% RH ^a		Hệ số chuyển đổi ẩm ^b				Hệ số kháng hơi nước μ		Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)
		u kg/kg	ψ m ³ /m ³	u kg/kg	ψ m ³ /m ³	Hàm lượng ẩm u kg/kg	f_u	Hàm lượng ẩm ψ m ³ /m ³	f_ψ	Khô	Ướt	
Polystyren trương nở (Expanded polystyrene)	10 – 50		0		0			<0,01	4	60	60	1450
Bọt xốp Polystyren đùn ép (Extruded polystyrene foam)	20 – 65		0		0			<0,01	2,5	150	150	1450
Bọt xốp polyurethan, dạng cứng (polyurethan foam, rigid)	28 – 55		0		0			<0,15	6	60	60	1400
Bông khoáng (Mineral wool)	10 – 200		0		0			<0,15	4 ^c	1	1	1030
Bọt xốp phenolic (phenolic foam)	20 – 50		0		0			<0,15	5	50	50	1400
Bọt thủy tinh (Cellular glass)	100 – 150	0		0		0	0			∞	∞	1000
Ván perlit (Perlite board)	140 – 240	0,02		0,03		0 đến 0,03	0,8			5	5	900
Gỗ mềm li-e trương nở (expanded cork)	90 – 140		0,008		0,011			<0,01	6	10	5	1560
Tấm bông gòn (wood wool board)	250 – 450		0,03		0,05			<0,01	1,8	5	3	1470
Ván sợi gỗ ép (wood fibreboard)	40 – 250	0,1		0,16				<0,05	1,4	5	3	2000
Bọt xốp urea-formadehyde (urea-formadehyde foam)	10 – 30	0,1		0,15		<0,15	0,7			2	2	1400

Bảng 4 (tiếp theo)

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 50% RH ^a		Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 80% RH ^a		Hệ số chuyển đổi ẩm ^b				Hệ số kháng hơi nước μ		Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)
		u kg/kg	ψ m ³ /m ³	u kg/kg	ψ m ³ /m ³	Hàm lượng ẩm u kg/kg	f_u	Hàm lượng ẩm ψ m ³ /m ³	f_ψ	Khô	Ướt	
Bọt phun bằng polyurethan (Spray applied polyurethane foam)	30 – 50		0		0			<0,15	6	60	60	1400
Bông khoáng nhồi đầy (Loose-fill mineral wool)	15 – 60		0		0			<0,15	4	1	1	1030
Sợi cellulose nhồi đầy (Loose-fill cellulose fibre)	20 – 60	0,11		0,18		<0,02	0,5			2	2	1600
Peclit nhồi đầy (Loose - fill expanded perlite)	30 – 150	0,01		0,02		0 đến 0,02	3			2	2	900
Chất khoáng dạng mica nở (Exfoliate verculite)	30 – 150	0,01		0,02		0 đến 0,02	2			3	2	1080
Đất sét trương nở nhồi đầy (Loose - fill expanded clay)	200 – 400	0		0,001		0 đến 0,02	4			2	2	1000
Khối xốp polystyren trương nở nhồi đầy (Loose-fill expanded polystyrene beads)	10 – 30		0		0	<0,01		4	4	2	2	1400
Đất sét nung (Fired clay)	1000 – 2400		0,007		0,012			0 đến 0,25	10	16	10	1000
Canxi silicat (Calcium silicate)	900 – 2200		0,012		0,024			0 đến 0,25	10	20	15	1000

Bảng 4 (tiếp theo)

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 50% RH ^a		Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 80% RH ^a		Hệ số chuyển đổi ẩm ^b				Hệ số kháng hơi nước μ		Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)
		u kg/kg	ψ m ³ /m ³	u kg/kg	ψ m ³ /m ³	Hàm lượng ẩm u kg/kg	f_u	Hàm lượng ẩm ψ m ³ /m ³	f_ψ	Khô	Ướt	
Bê tông chỉ sử dụng đá bọt (Concrete with no other than pumice)	500 – 1300		0,02		0,035			0 đến 0,25	4	50	40	1000
Bê tông cốt liệu nặng và đá xây dựng (dense aggregate concrete and manufactured stone)	1600 – 2400		0,025		0,04			0 đến 0,25	4	150	120	1000
Bê tông với cốt liệu polystyren (Concrete with polystyrene aggregates)	500 – 800		0,015		0,025			0 đến 0,25	5	120	60	1000
Bê tông với cốt liệu đất sét nở (Concrete with no other than expanded clay)	400 – 700	0,02		0,03		0 đến 0,25	2,6			6	4	1000
Bê tông với cốt liệu chủ yếu đất sét nở (Concrete with expanded clay as predominant aggregate)	800 – 1700	0,02		0,03		0 đến 0,25	4			8	6	1000
Bê tông với hơn 70 % cốt liệu xỉ lò trường nở (Concrete with more than 70 % expanded blast-furnace slag aggregate)	1100 – 1700	0,02		0,04		0 đến 0,25	4			30	20	1000

Bảng 4 (kết thúc)

Vật liệu	Khối lượng riêng ρ kg/m ³	Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 50% RH ^a		Hàm lượng ẩm ở 23 °C, 80% RH ^a		Hệ số chuyển đổi ẩm ^b				Hệ số kháng hơi nước μ		Nhiệt dung riêng c_p J/(kg.K)
		u kg/kg	ψ m ³ /m ³	u kg/kg	ψ m ³ /m ³	Hàm lượng ẩm u kg/kg	f_u	Hàm lượng ẩm ψ m ³ /m ³	f_ψ	Khô	Ướt	
Bê tông với cốt liệu chủ yếu lấy từ quá trình nhiệt luyện chế biến vật liệu (Concrete with the predominant aggregate derived from pyroprocessed colliery material)	1100 – 1500	0,02		0,04		0 đến 0,25	4		15		10	1000
Bê tông khí trung áp (Autoclaved aerated concrete)	300 – 1000	0,026		0,045		0 đến 0,25	4			10	6	1000
Bê tông với cốt liệu nhẹ khác (Concrete with other lightweight aggregate)	500 – 2000		0,03		0,05			0 đến 0,25	4	15	10	1000
Vữa (vữa xây và vữa trát) (Mortar-masonry mortar and rendering mortar)	250 – 2000		0,04		0,06			0 đến 0,25	4	20	10	1000

Các giá trị thông thường được đưa ra trong bảng này. Các giá trị khác có thể được quy định trong các bảng của quốc gia phụ thuộc vào vật liệu và việc áp dụng.

^a xem 8.2.

^b các dữ liệu này không bao hàm ảnh hưởng do chuyển khối bởi nước và hơi nước và các ảnh hưởng chuyển đổi pha của nước. Hàm lượng ẩm nằm trong dải có hiệu lực cho các hệ số.

^c dữ liệu không có hiệu lực khi xảy ra việc cung ẩm liên tục tới bề mặt ẩm của lớp cách nhiệt.

Bảng 5 – Chiều dày lớp không khí tương đương-khuyếch tán hơi nước

Sản phẩm/ vật liệu	Chiều dày lớp không khí tương đương- khuyếch tán hơi nước S_d m
Polyethylene 0,15 mm	50
Polyethylene 0,25 mm	100
Màng Polyester (Polyester film) 0,2 mm	50
Màng PVC (PVC foil)	30
Lá nhôm (Aluminium foil) 0,05 mm	1500
Lá PE (PE foil (stapled) 0,15 mm	8
Giấy bitum (Bituminous paper) 0,1 mm	2
Giấy nhôm (Aluminium paper) 0,4 mm	10
Màng thoáng khí (breather membrane)	0,2
Sơn nhũ tương (Paint – emulsion)	0,1
Sơn bóng (Paint– gloss)	3
Giấy dán tường Vinyl (Vinyl wallpaper)	2

CHÚ THÍCH 1: Chiều dày lớp không khí tương đương-khuyếch tán hơi nước của một sản phẩm là chiều dày của lớp không khí đứng im có cùng hệ số kháng hơi nước như sản phẩm. Nó biểu thị lực cản đối với sự khuyếch tán hơi nước.

CHÚ THÍCH 2: Chiều dày của sản phẩm trong bảng này thường là không đo được và chúng có thể được coi như là các sản phẩm rất mỏng với một hệ số kháng hơi nước. Bảng trích dẫn các giá trị chiều dày danh định như một công cụ hỗ trợ để nhận biết sản phẩm.

Phụ lục A

(Quy định)

Các hệ số chuyển đổi cho nhiệt độ

Sử dụng phép nội suy tuyến tính để xác định các giá trị của hệ số dẫn nhiệt nằm giữa các giá trị đã nêu trong các Bảng từ A.1 đến A.15.

Trừ phi có các qui định khác, áp dụng các hệ số chuyển đổi cho cả các sản phẩm sản xuất tại nhà máy và các vật liệu nhồi đầy.

Các giá trị của hệ số dẫn nhiệt đã cho chỉ được coi là các thông số nhận biết và không sử dụng cho bất kỳ mục đích nào khác. Các giá trị nêu trong các Bảng từ A.1 đến A.15 được áp dụng cho các nhiệt độ trung gian trong dải nhiệt độ từ 0 °C đến 30 °C.

Dữ liệu cho polystyren đùn ép (XPS) và polyurethan (PU) được áp dụng cho tất cả các chất tạo khí.

Bảng A.1 – Bông khoáng (mineral wool)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Đá phiến sét, đệm lót và nhồi đầy (Batts, mats and loos-fill)	0,035	0,0046
	0,040	0,0056
	0,045	0,0062
	0,050	0,0069
Tấm (Board)	0,032	0,0038
	0,034	0,0043
	0,036	0,0048
	0,038	0,0053
Tấm cứng (Rigid board)	0,030	0,0035
	0,033	0,0035
	0,035	0,0035

Bảng A.2 – Polystyren trương nở (Expanded polystyrene)

Chiều dày d mm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
$d < 20$	0,032	0,0031
	0,035	0,0036
	0,040	0,0041
	0,043	0,0044
$20 < d < 40$	0,032	0,0030
	0,035	0,0034
	0,040	0,0036

Bảng A.2 – (kết thúc)

Chiều dày d mm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
$40 < d < 100$	0,032	0,0030
	0,035	0,0033
	0,040	0,0036
	0,045	0,0038
	0,050	0,0041
$d > 100$	0,032	0,0030
	0,035	0,0032
	0,040	0,0034
	0,053	0,0037

Bảng A.3 – Polystyren đùn ép (Extruded polystyrene)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Không có lớp màng phủ (without skin)	0,025	0,0046
	0,030	0,0045
	0,040	0,0045
Với lớp màng phủ, các sản phẩm có phần tử mịn không có màng phủ (With skin, fine cell products without skin)	0,025	0,0040
	0,030	0,0036
	0,035	0,0035
Với lớp phủ không thấm (With impemeable cover)	0,025	0,0030
	0,030	0,0028
	0,035	0,0027
	0,040	0,0026

Bảng A.4 – Bọt xốp Polyurethan (Polyurethane foam)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Sản phẩm không có lớp phủ mặt (Products without facings)	0,025	0,0055
	0,030	0,0050
Sản phẩm có lớp phủ mặt không thấm (Products with impemeable facings)	0,022	0,0055
	0,025	0,0055

Bảng A.5 – Bọt xốp Phenolic (Phenolic foam)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Bọt tạo phần tử kín (Closed cell foam) (> 90 %) từ 0 °C đến 20 °C, từ 0 °C đến 30 °C ^{a,b}	đến 0,025	0,0020 0,0050
Bọt tạo phần tử hở (open cell foam) từ 0 °C đến 30 °C	0,032	0,0029

^a Việc chuyển đổi sẽ được áp dụng riêng biệt giữa 0 °C và 20 °C và giữa 20 °C và 30 °C. Để chuyển đổi từ 10 °C sang 25 °C, đầu tiên phải chuyển đổi từ 10 °C sang 20 °C, sau đó chuyển đổi từ 20 °C sang 25 °C

^b Các hệ số chuyển đổi áp dụng cho các chất tạo bọt khí của peptane hoặc hydro-fluoro-carbon (HFC). Chúng có thể khác so với các chất tạo bọt khí khác

Bảng A.6 – Bọt thủy tinh (Cellular glass)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	0,035 0,040 0,045 0,050 0,055	0,0043 0,0037 0,0033 0,0030 0,0027

Bảng A.7 – Tấm cứng từ peclit, sợi và chất kết dính (Rigid board of perlite, fibres and binders)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	Tất cả	0,0033

Bảng A.8 – Tấm bông gòn (Wood wool board)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	0,070 0,080 0,090	0,0040 0,0041 0,0046

Bảng A.9 – gỗ mềm li-e trương nở (Expanded cork)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	Tất cả	0,0027

Bảng A.10 – Sợi xenlulo nhồi đầy (Loose-fill cellulose fibre)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Khối lượng riêng <40 kg/m ³	tất cả	0,0040
Khối lượng riêng \geq 40 kg/m ³	tất cả	0,0035

Bảng A.11 – Bê tông, đất sét nung và vữa (Concrete, fired clay and mortar)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Bê tông nhẹ	0,100	0,003
	0,150	0,002
	0,400	0,001
Bê tông nặng, đất sét nung và vữa	tất cả	0,001

Bảng A.12 – Canxi silicat (Calcium silicate)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	Tất cả	0,003

Bảng A.13 – Peclit trương nở nhồi đầy (Loose-fill expanded perlite)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	0,040	0,0041
	0,050	0,0033

Bảng A.14 – Đất sét trương nở nhồi đầy (Loose-fill expanded clay)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	0,070 đến 0,150	0,004

Bảng A.15 – Chất khoáng dạng mica nở nhồi đầy (Loose-fill exfoliate vermiculite)

Loại sản phẩm	Hệ số dẫn nhiệt λ W/(m.K)	Hệ số chuyển đổi f_T 1/K
Tất cả các sản phẩm	tất cả	0,003

Phụ lục B
(Tham khảo)
Các ví dụ tính toán

B.1 Giới thiệu

Phụ lục này đưa ra ba ví dụ minh họa quy trình tính các giá trị công bố hoặc thiết kế từ các dữ liệu đã có. Các dữ liệu đầu vào dạng số không được lấy từ tiêu chuẩn này hoàn toàn tuân theo chỉ định.

B.2 Giá trị công bố được xác định từ 10 mẫu đo

Một nhà sản xuất bông khoáng thực hiện phép đo xác định hệ số dẫn nhiệt của 10 mẫu thử được lấy từ các tấm bông khoáng. Các phép đo được thực hiện ở nhiệt độ trung gian 11 °C. Các mẫu thử đã được dưỡng hộ ở nhiệt độ 23 °C và độ ẩm tương đối 50 %.

Giá trị nhiệt công bố được đưa ra ở nhiệt độ 10 °C và hàm lượng ẩm bằng với giá trị mà vật liệu có ở trạng thái cân bằng với không khí ở nhiệt độ 23 °C và độ ẩm tương đối 50 %.

Các kết quả đo được nêu trong Bảng B.1

Bảng B.1 – Hệ số dẫn nhiệt của các mẫu đo

Mẫu số <i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hệ số dẫn nhiệt λ (W/m.K)	0,0331	0,0343	0,0346	0,0338	0,0336	0,0341	0,0334	0,0342	0,0335	0,0339

Giá trị công bố là phân vị 90 % với độ tin cậy 90 %. Công thức thống kê sử dụng để xác định giới hạn cho khoảng dung sai thống kê một phía, L_s , được thể hiện như sau (xem TCVN 8008-6:2009 (ISO 16269-6:2005), Phụ lục A):

$$L_s = \bar{\lambda} + k_2(n; p; 1 - \alpha)s \quad (\text{B.1})$$

trong đó:

$\bar{\lambda}$ là giá trị trung bình;

k_2 là hệ số sử dụng để xác định L_s khi cần ước lượng độ lệch chuẩn đối với hệ số dung sai một phía;

n là số mẫu;

p là phân vị cho biết tỷ lệ tối thiểu của tổng thể công bố nằm trong khoảng dung sai thống kê

$1 - \alpha$ là mức tin cậy của công bố là tỷ lệ của tổng thể nằm trong phạm vi khoảng dung sai lớn hơn hoặc bằng mức quy định p ;

s là độ lệch chuẩn.

Giá trị trung bình được tính theo công thức:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum \lambda_i}{10} = 0,03385 \quad (\text{B.2})$$

trong đó:

λ_i là giá trị đo thứ i .

Trong Phụ lục C, hệ số k_2 bằng 2,07 khi $n = 10$.

Tính độ lệch chuẩn theo công thức:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 0,000460 \quad (\text{B.3})$$

Giá trị giới hạn đối với khoảng dung sai được tính theo công thức:

$$L_s = 0,03385 + 2,07 \times 0,000460 = 0,03480 \quad (\text{B.4})$$

Áp dụng công thức (1) để chuyển đổi giá trị này sang nhiệt độ ở 10 °C:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T \quad (\text{B.5})$$

Hệ số chuyển đổi được tính theo công thức (3):

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)} \quad (\text{B.6})$$

Bảng A.1 cho biết hệ số chuyển đổi cho tấm bông khoáng có hệ số dẫn nhiệt 0,0348 W/(m.K) (sử dụng nội suy tuyến tính):

$$f_T = 0,0045 \quad (\text{B.7})$$

Hệ số chuyển đổi sẽ có giá trị như sau:

$$F_T = e^{0,0045(10-11)} = 0,99551 \quad (\text{B.8})$$

Giá trị chuyển đổi sau đó sẽ là:

$$\lambda_2 = 0,03480 \times 0,99551 = 0,03464 \quad (\text{B.9})$$

Làm tròn giá trị công bố đến một phần nghìn (W/m.K) sẽ được:

$$\lambda = 0,035 \text{ W/(m.K)} \quad (\text{B.10})$$

Giá trị này có thể sử dụng làm giá trị công bố cho sản phẩm này.

B.3 Xác định giá trị thiết kế từ giá trị công bố

B.3.1 Tổng quát

Tấm polystyren trương nở được sử dụng trong một ứng dụng ở đó giả thiết hàm lượng ẩm là bằng 0,02 m³/m³. Giá trị công bố cho sản phẩm này có giá trị 90/90, là 0,036 W/(m.K)

Yêu cầu có hai giá trị thiết kế khác nhau, một giá trị đại diện cho cùng một phân vị như giá trị đã công bố và một giá trị khác đại diện cho một giá trị trung bình.

B.3.2 Phân vị 90 %

Việc chuyển đổi chỉ cần thiết đối với hàm lượng ẩm và được tính theo công thức (5):

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2 - \psi_1)} \quad (\text{B.11})$$

Hệ số chuyển đổi ẩm được cho trong Bảng 4:

$$f_\psi = 4,0 \quad (\text{B.12})$$

Hệ số chuyển đổi ẩm, F_m , và hệ số dẫn nhiệt chuyển đổi, λ_2 sẽ là:

$$F_m = e^{[4,0(0,02-0)]} = 1,0833 \quad (\text{B.13})$$

$$\lambda_2 = 0,036 \times 1,0833 = 0,0389988 \quad (\text{B.14})$$

Làm tròn giá trị thiết kế đến một phần nghìn (W/m.K) sẽ được:

$$\lambda = 0,039 \text{ W/(m.K)} \quad (\text{B.15})$$

B.3.3 Giá trị trung bình

Giá trị trung bình được xác định theo công thức (C.1) được nêu trong phương trình (B.16):

$$\bar{\lambda} = \lambda_{90} - \Delta\lambda \quad (\text{B.16})$$

TCVN xxxxx:2020

Giá trị của $\bar{\lambda}$ có thể tính được nếu biết trước số phép đo và độ lệch chuẩn ước tính.

Nếu không thì có thể tìm giá trị của $\Delta\lambda$ trong các tiêu chuẩn hoặc tài liệu cho biết các giá trị đối với $\bar{\lambda}$ và λ_{90} .

Trong ví dụ này, sử dụng giá trị $\Delta\lambda = 0,002$, vậy $\bar{\lambda}$ sẽ là:

$$\bar{\lambda} = 0,036 - 0,002 = 0,034 \quad (\text{B.17})$$

Sau đó hiệu chỉnh giá trị này với cùng một hệ số chuyển đổi đã được tính trong B.3.2:

$$\lambda_2 = 0,034 \times 1,0833 = 0,0368322 \quad (\text{B.18})$$

Làm tròn giá trị thiết kế đến một phần nghìn (W/m.K) sẽ được:

$$\lambda = 0,037 \text{ W/(m.K)} \quad (\text{B.19})$$

Phụ lục C

(Tham khảo)

Các tính toán thống kê

C.1 Hình thành các giá trị điểm phân vị

Thông thường thì không biết trước được dạng phân bố, nhưng giả thiết nó là phân bố Gaussian. Việc tính các khoảng dung sai thống kê (các phân vị tin cậy) được thực hiện theo TCVN 8008-6 (ISO 16269-6). Ước lượng của các số trung bình được thực hiện theo TCVN 10860 (ISO 2602) ^[1]. So sánh giữa hai số trung bình được thực hiện theo ISO 2854.

Bảng C.1 cho biết hệ số k_1 và k_2 đối với 90 % ($1 - \alpha$ mức tin cậy theo phần trăm) khoảng dung sai thống kê tin cậy (điểm phân vị, p) của 50 % và 90 %. k_1 là hệ số được sử dụng khi biết trước độ lệch chuẩn; k_2 là hệ số được sử dụng khi cần tiến hành ước lượng độ lệch chuẩn.

C.2 Chuyển đổi giữa các giá trị trung bình và phân vị

Nếu giá trị thiết kế được xác định như ước lượng thống kê khác (90 % hoặc trung bình), áp dụng công thức (C.1) và (C.2):

$$\lambda_f = \bar{\lambda} \pm \Delta\lambda_f \quad (\text{C.1})$$

$$R_f = \bar{R} \pm \Delta R_f \quad (\text{C.2})$$

trong đó:

λ_f , R_f là các giá trị phân vị cao hoặc thấp;

$\Delta\lambda_f$ hoặc ΔR_f là chênh lệch giữa giá trị trung bình và các phân vị đã chọn

Có thể lấy $\Delta\lambda_f$ và ΔR_f từ đánh giá thống kê của các giá trị đo hoặc có thể lấy theo các tiêu chuẩn hoặc tài liệu cho biết các giá trị trung bình và 90 % phân vị.

Bảng C.1 – Các hệ số cho các khoảng dung sai một phía

n	k_1 $1 - \alpha = 0,90$		k_2 $1 - \alpha = 0,90$	
	$p = 50 \%$	$p = 90 \%$	$p = 50 \%$	$p = 90 \%$
3	0,74	2,02	1,09	4,26
4	0,64	1,92	0,82	3,19
5	0,57	1,86	0,69	2,74
6	0,52	1,81	0,60	2,49
7	0,48	1,77	0,54	2,33
8	0,45	1,74	0,50	2,22
9	0,43	1,71	0,47	2,13
10	0,41	1,69	0,44	2,07
11	0,39	1,67	0,41	2,01
12	0,37	1,65	0,39	1,97
13	0,36	1,64	0,38	1,93
14	0,34	1,63	0,36	1,90
15	0,33	1,61	0,35	1,87
16	0,32	1,60	0,34	1,84
17	0,31	1,59	0,33	1,82
18	0,30	1,58	0,32	1,80
19	0,30	1,58	0,31	1,78
20	0,29	1,57	0,30	1,77
22	0,27	1,56	0,28	1,74
25	0,25	1,54	0,26	1,70
30	0,23	1,52	0,24	1,66
35	0,22	1,50	0,22	1,62
40	0,20	1,49	0,21	1,60
45	0,19	1,47	0,19	1,58
50	0,18	1,46	0,18	1,56
75	0,15	1,43	0,15	1,50
100	0,13	1,41	0,13	1,47
200	0,09	1,37	0,08	1,40
500	0,06	1,34	0,06	1,36
1000	0,04	1,32	0,04	1,34
∞	0,00	1,28	0,00	1,28

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 10860 (ISO 2602), Giải thích thống kê kết quả thử – Ước lượng trung bình – Khoảng tin cậy
- [2] ISO 2854, *Stastical interpretation of data – Techniques of estimation and tests relating to means and variances*
- [3] ISO 8301, *Thermal insulation – Determination of steady-state thermal resistance and related properties –Heat flow meter apparatus*
- [4] ISO 8320, *Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Guarded hot plate apparatus*
- [5] ISO 9053, *Acoustics – Materials for acoustical applications – Dtermination of airflow resistance*
- [6] ISO 9346, *Hygrothermal performance of buildings and building materials – Physical quantities for mass transfer – Vocabulary*
- [7] ISO 10292, *Glass in building – Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*
- [8] TCVN 8006-6:2009 (ISO 16269-6:2005), Giải thích các dữ liệu thống kê – Phần 6: Xác định khoảng dung sai thống kê
- [9] EN 1754, *Masonry and masonry products – Method for dertemining design thermal values*
- [10] EN 10088-1, *Stainless steels – Part 1: List of stainless steels*
- [11] EN 12524, *Building meterials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values*
- [12] EN 12664, *Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and hot flow meter methods – Dry and moisture products of medium and low thermal resistance*
- [13] EN 12667, *Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and hot flow meter methods – Dry and moisture products of high and medium thermal resistance*
- [14] EN 12939, *Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and hot flow meter methods – Thick products of high and medium thermal resistance*
- [15] ANDERSON, B.R. ET AL. *Analysis, selection and stastical treatment of thermal properties of building materials for the preparation of harmonised design values*, Final report of thermal Values Group, coordinated by Building Research Establisment (BRE), UK
- [16] CAMPANALE, M., *Determination of thermal resistance of thick specimens by means of a guarded hot plate or hot flow metetet*. Istituto di Fisica, Universita di Padova, Padua, Italy
- [17] CAMPANALE, M. and De Ponte, F., *Temperature effects on steady-state heat transfer properties of insulating materials. Theoretical and experimental characterization of insulating cork board*, Istituto di Fiica, Universita di Padova, Padua, Italy
- [18] BISIOL, B., CAMPANALE, M. and Moro, L., *Theoretical nand experimental characterization of insulating cork board*, Istituto di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria, Universita di Padova, Padua, Italy

TCVN xxxxx:2020

- [19] CAMPANALE, M., De Ponte, F., Moro, L. and Zardo, V., *Separation of radioactive contribution in heat transfer in polyurethanes*, Istituto di Fiica, Universita di Padova, Padua, Italy
 - [20] CAMPANALE, M., De Ponte, F., Moro, L., *Theoretical characterization of homogenous cellular plastic materials*, Istituto di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria, Universita di Padova, Padua, Italy
 - [21] De Ponte, F., *High tempretures – High presures, Vol. 19, 1987, pp 237-249, Combined radiation and conduction heat transfer in insulating materials*, ETPC Proceedings, p.349
 - [22] KUMARAN, M.K., IEA Annex 24, *Heat, air and moisture trnsfer in insulated envelope parts*, Volume 3 Task 3: Material Properties. Reviewed by Per Jostein Hovde; edited by Fatin Ali Mohamed. Final report. Leuven: Laboratorium Bouwfysica, Department Burgerlijke Bouwkundre, 1996, ISBN 90-75741-01-4
 - [23] ISO 10077-2, *Energy performance of window, door and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2; Numerical method for frames*
 - [24] ISO/TR 52000-2, *Energy performance of Buildings – Overarching EPB assessment – Part 2: Expalanation and justification of ISO 52000-1*
 - [25] ISO/TR 52019-2, *Energy performance of Buildings (EPB) – Building and Building Elements – Part2: Expalanation and justification*
 - [26] CEN/TS 16628, *Energy performance of Buildings – Basic principles for the set of EPB standarsds*
 - [27] CEN/TS 16629, *Energy performance of buildings – Detailed technical rules for the set EPB standards*
-