

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 7321 : 2009

ISO 7933 : 2004

Xuất bản lần 2

**ECGÔNÔMI MÔI TRƯỜNG NHIỆT – XÁC ĐỊNH BẰNG
PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH VÀ GIẢI THÍCH STRESS NHIỆT
THÔNG QUA TÍNH TOÁN CĂNG THẲNG NHIỆT DỰ ĐOÁN**

*Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of
heat stress using calculation of the predicted heat strain*

HÀ NỘI – 2009

Lời nói đầu

TCVN 7321 : 2009 thay thế TCVN 7321 : 2003

TCVN 7321 : 2009 hoàn toàn tương đương với ISO 7933 : 2004.

TCVN 7321 : 2009 do Ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 159 *Ecgônômi* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Những tiêu chuẩn khác trong loạt các tiêu chuẩn này mô tả cách thức tiến hành tính toán và định lượng ảnh hưởng của các thông số tới sự điều nhiệt của con người trong một môi trường nhất định. Một số tiêu chuẩn khác quy định cách thức kết hợp giữa các thông số để từ đó dự đoán được mức độ không thoải mái hoặc nguy cơ về sức khỏe trong những điều kiện môi trường khác nhau. Tiêu chuẩn này được biên soạn nhằm tiêu chuẩn hóa các phương thức mà những chuyên gia về sức khỏe nghề nghiệp nên sử dụng để tiếp cận một vấn đề và liên tục thu thập thông tin cần thiết phục vụ công tác kiểm soát và phòng ngừa những vấn đề phát sinh.

Phương pháp ước tính và giải thích cân bằng nhiệt được thực hiện dựa trên thông tin khoa học cập nhật nhất. Những cải thiện trong tương lai liên quan đến việc tính toán các thuật ngữ khác nhau của phương trình cân bằng nhiệt, hay cách giải thích phương trình đó, sẽ được tính đến khi chúng trở nên có giá trị. Thông qua tình hình hiện tại, phương pháp đánh giá này không được áp dụng cho các trường hợp có trang bị quần áo bảo vệ đặc biệt (quần áo phản xạ, thoáng mát, thông khí tốt, không thấm nước và có trang bị phương tiện bảo vệ cá nhân).

Ngoài ra, các chuyên gia về sức khỏe nghề nghiệp chịu trách nhiệm đánh giá rủi ro của một cá thể được chỉ định gặp phải, chú trọng tới các đặc điểm riêng có thể khác với những người được coi là đối tượng nghiên cứu chuẩn. TCVN 7439 (ISO 9886) mô tả cách thức các thông số sinh lý được sử dụng để giám sát biểu hiện sinh lý của một đối tượng riêng biệt, ISO 12894 mô tả cách thức tổ chức tiến hành giám sát y tế.

Ecgônômi môi trường nhiệt – Xác định bằng phương pháp phân tích và giải thích stress nhiệt thông qua tính toán căng thẳng nhiệt dự đoán

Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp đánh giá phân tích và giải thích stress nhiệt thực nghiệm bởi đối tượng trong môi trường nóng. Nó mô tả phương pháp dự đoán lượng mồ hôi và nhiệt độ lõi bên trong mà cơ thể con người sẽ đạt tới khi phản ứng với môi trường lao động.

Các thuật ngữ khác nhau được sử dụng trong mô hình dự đoán này, và trong cân bằng nhiệt nói riêng, biểu thị ảnh hưởng của các thông số vật lý khác nhau của môi trường có stress nhiệt mà đối tượng đã trải nghiệm. Bằng cách đó, việc thực hiện tiêu chuẩn này có thể xác định được thông số hoặc nhóm thông số cần được thay đổi, và thay đổi tới mức nào, để giảm bớt các nguy cơ căng thẳng sinh lý.

Mục tiêu chính của tiêu chuẩn này là:

- a) đánh giá stress nhiệt trong điều kiện có khả năng dẫn tới tăng nhiệt độ lõi quá mức hoặc mất nước ở đối tượng chuẩn;
- b) xác định thời gian tiếp xúc mà căng thẳng sinh lý chấp nhận được (không có dự báo tổn hại về sức khỏe). Trong trường hợp của mô hình dự báo này, thời gian tiếp xúc được gọi là “thời gian tiếp xúc cho phép tối đa”.

Tiêu chuẩn này không dự đoán sự đáp ứng sinh lý của các cá thể riêng lẻ, mà chỉ xét các đối tượng chuẩn có sức khỏe tốt và phù hợp với công việc họ làm. Do vậy nó dự định cho các chuyên gia ecgônômi và vệ sinh công nghiệp v.v...sử dụng để đánh giá điều kiện làm việc.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên 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 các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 7212 (ISO 8996), Ergonomi môi trường nhiệt – Xác định mức chuyển hóa

TCVN 7439 (ISO 9886), Ergonomi – Đánh giá căng thẳng nhiệt bằng các phép đo sinh lý

ISO 7726, Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities (Ergonomi môi trường nhiệt – Dụng cụ đo các đại lượng vật lý)

ISO 9920, Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble (Ergonomi môi trường nhiệt – Đánh giá về cách nhiệt và trở bay hơi của quần áo).

3 Các ký hiệu

Một số ký hiệu và thuật ngữ viết tắt được chỉ rõ ở các “Ký hiệu” cũng như đơn vị tính của chúng được sử dụng trong tiêu chuẩn này phù hợp với tiêu chuẩn ISO 7726. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này cũng được bổ sung một số ký hiệu nhằm diễn giải căng thẳng nhiệt dự đoán.

Danh sách các ký hiệu được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1 – Các ký hiệu và đơn vị tính

Ký hiệu	Thuật ngữ	Đơn vị
-	Nếu vận tốc đi bộ nhập code =1, trường hợp khác bằng 0	-
-	Nếu hướng đi bộ nhập code =1, trường hợp khác bằng 0	-
α	Tỉ lệ của khối lượng cơ thể trên nhiệt độ da	không thứ nguyên
α_t	Trọng số nhiệt độ lõi - da tại thời điểm t_i	không thứ nguyên
α_{t-1}	Trọng số nhiệt độ lõi - da tại thời điểm t_{i-1}	không thứ nguyên
ε	Độ bức xạ	không thứ nguyên
θ	Góc giữa hướng đi và hướng gió	độ
A_{Du}	Diện tích bề mặt cơ thể DuBois	mét vuông
A_p	Tỷ lệ bề mặt cơ thể được che phủ bởi quần áo phản xạ	không thứ nguyên
A_r	Vùng bức xạ có hiệu quả của cơ thể	không thứ nguyên
C	Dòng nhiệt đối lưu	oát trên mét vuông
c_e	Sự bay hơi của nước ẩn nhiệt	jun trên kilogam
$C_{orr,cl}$	Hệ số hiệu chỉnh tổng độ cách nhiệt khô động tại hoặc trên mức 0,6 clo	không thứ nguyên
$C_{orr,la}$	Hệ số hiệu chỉnh tổng độ cách nhiệt khô động tại mức 0 clo	không thứ nguyên

Ký hiệu	Thuật ngữ	Đơn vị
$C_{orr,tot}$	Hệ số hiệu chỉnh độ cách nhiệt động của quần áo như một hàm số của quần áo thật	không thứ nguyên
$C_{orr,E}$	Hệ số hiệu chỉnh chỉ số thấm động	không thứ nguyên
C_p	Tỷ nhiệt của không khí khô tại áp suất không đổi	Jun trên kilogam khí khô Kelvin
C_{res}	Dòng nhiệt đối lưu qua đường hô hấp	oát trên mét vuông
C_{sp}	Tỷ nhiệt cơ thể	oát trên mét vuông trên Kelvin
D_{lim}	Thời gian tiếp xúc tối đa cho phép	phút
$D_{lim,tre}$	Thời gian phơi nhiễm tối đa cho phép đối với sự tích nhiệt	phút
$D_{lim,loss50}$	Thời gian tiếp xúc tối đa cho phép đối với sự mất nước, đối tượng trung bình	phút
$D_{lim,loss95}$	Thời gian tiếp xúc tối đa cho phép đối với sự mất nước, 95 % lực lượng lao động	phút
D_{max}	Lượng mất nước tối đa	gam
D_{max50}	Lượng mất nước tối đa để bảo vệ một đối tượng trung bình	gam
D_{max95}	Lượng mất nước tối đa để bảo vệ 95 % lực lượng lao động	gam
DRINK	Nếu người lao động có thể uống thoải mái thì nhập 1; trường hợp khác thì nhập 0	không thứ nguyên
dS_i	Tích nhiệt cơ thể trong khoảng số gia thời gian cuối	oát trên mét vuông
dS_{eq}	Mức tích nhiệt của cơ thể làm tăng nhiệt độ lõi tham gia vào mức chuyển hóa	oát trên mét vuông
E	Dòng nhiệt bay hơi trên da	oát trên mét vuông
E_{max}	Dòng nhiệt bay hơi tối đa trên bề mặt da	oát trên mét vuông
E_p	Dòng nhiệt bay hơi dự đoán	oát trên mét vuông
E_{req}	Dòng nhiệt bay hơi đáp ứng	oát trên mét vuông
E_{res}	Dòng nhiệt bay hơi qua đường hô hấp	oát trên mét vuông
f_{cl}	Hệ số diện tích quần áo	Không thứ nguyên
$F_{cl,R}$	Hệ số giảm trao đổi nhiệt bức xạ do mặc quần áo	Không thứ nguyên
F_r	Độ bức xạ của quần áo phản xạ	Không thứ nguyên
H_b	Chiều cao cơ thể	mét
h_{cdyn}	Hệ số chuyển đổi nhiệt đối lưu động	oát trên mét vuông trên Kelvin
h_r	Hệ số chuyển đổi nhiệt bức xạ	oát trên mét vuông trên Kelvin
I_{ast}	Độ cách nhiệt của lớp bao tĩnh	mét vuông kelvin trên oát
$I_{cl, st}$	Độ cách nhiệt tĩnh của quần áo	mét vuông kelvin trên oát
I_{cl}	Độ cách nhiệt của quần áo	clo
$I_{tot, st}$	Tổng độ cách nhiệt tĩnh của quần áo	mét vuông kelvin trên oát
$I_{a, dyn}$	Độ cách nhiệt của lớp bao động	mét vuông kelvin trên oát
$I_{cl, dyn}$	Độ cách nhiệt động của quần áo	mét vuông kelvin trên oát
$I_{tot, dyn}$	Tổng độ cách nhiệt động toàn phần	mét vuông kelvin trên oát
I_{mst}	Chỉ số thấm hơi ẩm tĩnh	không thứ nguyên
I_{mdyn}	Chỉ số thấm hơi ẩm động	không thứ nguyên

TCVN 7321 : 2009

Ký hiệu	Thuật ngữ	Đơn vị
$incr$	Khoảng số gia thời gian từ thời điểm t_{i-1} tới thời điểm t_i	phút
k_{sw}	Tỷ lệ k của mức mồ hôi dự đoán	không thứ nguyên
K	Dòng nhiệt dẫn truyền	oát trên mét vuông
M	Mức chuyển hóa	oát trên mét vuông
p_a	áp suất hơi riêng phần	kilo pascal
$p_{sk,s}$	áp suất hơi nước bão hòa tại nhiệt độ da	kilo pascal
R	Dòng nhiệt bức xạ	oát trên mét vuông
r_{req}	Hiệu suất bay hơi đáp ứng khi ra mồ hôi	không thứ nguyên
R_{tdyn}	Tổng trở bay hơi động của quần áo và lớp không khí bao quanh	mét vuông kilo pascal trên oát
S	Mức tích nhiệt cơ thể	oát trên mét vuông
S_{eq}	Sự tích nhiệt cơ thể để làm tăng nhiệt độ lõi tham gia vào mức chuyển hóa	oát trên mét vuông
SW_{max}	Mức mồ hôi tối đa	oát trên mét vuông
SW_p	Mức mồ hôi dự đoán	oát trên mét vuông
$SW_{p,i}$	Mức mồ hôi dự đoán tại thời điểm t_i	oát trên mét vuông
$SW_{p,i-1}$	Mức mồ hôi dự đoán tại thời điểm t_{i-1}	oát trên mét vuông
SW_{req}	Mức mồ hôi đáp ứng	oát trên mét vuông
t	Thời gian	phút
t_a	Nhiệt độ không khí	độ C
t_{cl}	Nhiệt độ bề mặt quần áo	độ C
t_{cr}	Nhiệt độ lõi	độ C
$t_{cr,eqm}$	Giá trị ở trạng thái ổn định của nhiệt độ lõi là một hàm phụ thuộc mức chuyển hóa	độ C
$t_{cr,eq}$	Nhiệt độ lõi là một hàm phụ thuộc mức chuyển hóa	độ C
$t_{cr,eqi}$	Nhiệt độ lõi là một hàm phụ thuộc của mức chuyển hóa tại thời điểm t_i	độ C
$t_{cr,eqi-1}$	Nhiệt độ lõi là một hàm phụ thuộc mức chuyển hóa tại thời điểm t_{i-1}	độ C
$t_{cr,i}$	Nhiệt độ lõi tại thời điểm t_i	độ C
$t_{cr,i-1}$	Nhiệt độ lõi tại thời điểm t_{i-1}	độ C
t_{ex}	Nhiệt độ khí thở ra	độ C
t_r	Nhiệt độ bức xạ trung bình	độ C
t_{re}	Nhiệt độ trực tràng	độ C
$t_{re,max}$	Nhiệt độ trực tràng cho phép tối đa	độ C
$t_{re,i}$	Nhiệt độ trực tràng tại thời điểm t_i	độ C
$t_{re,i-1}$	Nhiệt độ trực tràng tại thời điểm t_{i-1}	độ C
$t_{sk,eq}$	Nhiệt độ da trung bình ở trạng thái ổn định	độ C
$t_{sk,eq nu}$	Nhiệt độ da trung bình ở trạng thái ổn định đối với đối tượng không mặc quần áo	độ C

Ký hiệu	Thuật ngữ	Đơn vị
$t_{sk,eq\ cl}$	Nhiệt độ da trung bình ở trạng thái ổn định đối với đối tượng mặc quần áo	độ C
$t_{sk,i}$	Nhiệt độ da trung bình tại thời điểm t_i	độ C
$t_{sk,i-1}$	Nhiệt độ da trung bình tại thời điểm t_{i-1}	độ C
V	Lượng thông khí hô hấp	lít trên phút
v_a	Vận tốc không khí	mét trên giây
v_{ar}	Vận tốc không khí tương đối	mét trên giây
v_w	Vận tốc đi bộ	mét trên giây
w	Độ ướt của da	không thứ nguyên
W	Năng lượng sinh công	oát trên mét vuông
W_a	Tỷ suất ẩm độ	kilogram nước trên kilogram không khí khô
W_b	Khối lượng cơ thể	kg
W_{ex}	Tỷ suất ẩm độ đối với khí thở ra	kilogram nước trên kilogram không khí khô
w_{max}	Độ ướt da tối đa	không thứ nguyên
w_p	Độ ướt da dự đoán	không thứ nguyên
w_{req}	Độ ướt da đáp ứng	không thứ nguyên

4 Nguyên lý của phương pháp đánh giá

Phương pháp đánh giá và giải thích tính toán cân bằng nhiệt của cơ thể từ:

a) Các thông số của môi trường nhiệt:

- Nhiệt độ không khí, t_a ;
- Nhiệt độ bức xạ trung bình, t_r ;
- Áp suất hơi riêng phần, p_a ;
- Vận tốc không khí, v_a .

(Các thông số này được tính hoặc đo theo ISO 7726)

b) Các đặc tính trung bình của các đối tượng tiếp xúc với tình huống lao động này:

- Mức chuyển hóa, M , được tính toán dựa trên TCVN 7212 (ISO 8996);
- Các đặc tính nhiệt của quần áo được tính toán dựa trên ISO 9920.

Điều 5 mô tả các nguyên lý tính toán sự trao đổi nhiệt khác nhau xuất hiện trong phương trình cân bằng nhiệt, cũng như lượng mồ hôi mất đi cần thiết để đạt được cân bằng nhiệt của cơ thể. Các biểu thức toán học của các tính toán này được trình bày trong Phụ lục A.

TCVN 7321 : 2009

Điều 6 mô tả phương pháp giải thích để xác định lượng mồ hôi dự đoán, nhiệt độ trực tràng dự đoán, thời gian tiếp xúc tối đa cho phép và chế độ làm việc – nghỉ ngơi để đạt được lượng mồ hôi dự đoán. Sự xác định này dựa trên hai chuẩn cứ: sự tăng nhiệt độ lõi tối đa và mất nước tối đa của cơ thể. Các giá trị tối đa của tiêu chuẩn này được trình bày tại Phụ lục B.

Độ chính xác khi đánh giá lượng mồ hôi dự đoán và thời gian tiếp xúc là các đại lượng của mô hình tính toán (nghĩa là các biểu thức được đề xuất trong Phụ lục A) và các giá trị cực đại đã được chấp nhận. Nó cũng là một hàm số về độ chính xác của phép tính và phép đo các thông số vật lý đánh giá mức chuyển hóa và độ cách nhiệt của quần áo.

5 Các bước tính toán chính

5.1 Phương trình cân bằng nhiệt tổng quát

5.1.1 Tổng quát

Phương trình cân bằng nhiệt tổng quát của cơ thể có thể được viết dưới dạng:

$$M - W = C_{res} + E_{res} + K + C + R + E + S \quad (1)$$

Phương trình này chỉ ra rằng sự sinh nhiệt bên trong cơ thể tương ứng với mức chuyển hóa (M) trừ đi năng lượng sinh công (W), được cân bằng với sự trao đổi nhiệt do đối lưu (C_{res}) và bay hơi (E_{res}) qua đường hô hấp, cũng như trao đổi nhiệt trên da do dẫn truyền (K), do đối lưu (C), do bức xạ (R), và do bay hơi (E), và được cân bằng bởi thành phần cuối cùng, là sự tích nhiệt (S), tích lũy trong cơ thể.

Các số hạng khác nhau của phương trình này (1) sẽ lần lượt được xem xét trong các phương pháp tính toán (các biểu thức chi tiết được trình bày trong Phụ lục A).

5.1.2 Mức chuyển hóa, M

Phép tính hoặc đo mức chuyển hóa được mô tả trong tiêu chuẩn TCVN 7212 (ISO 8996).

Các chỉ số để đánh giá mức chuyển hóa được trình bày tại Phụ lục C.

5.1.3 Năng lượng sinh công, W

Trong hầu hết các tình huống công nghiệp, năng lượng sinh công nhỏ và có thể bỏ qua.

5.1.4 Dòng nhiệt do đối lưu qua đường hô hấp, C_{res}

Dòng nhiệt đối lưu qua đường hô hấp có thể được xác định qua công thức sau:

$$C_{res} = 0,072 c_p \times V \times \frac{t_{ex} - t_a}{A_{Du}} \quad (2)$$

5.1.5 Dòng nhiệt do bay hơi qua đường hô hấp, E_{res}

Dòng nhiệt do bay hơi qua đường hô hấp có thể được xác định qua công thức sau:

$$E_{res} = 0,072 c_e \times V \times \frac{W_{ex} - W_a}{A_{Du}} \quad (3)$$

5.1.6 Dòng nhiệt do dẫn truyền: K

Vi tiêu chuẩn này để cập tới nguy cơ khử nước toàn bộ cơ thể và tăng thân nhiệt cao, dòng nhiệt do dẫn truyền qua bề mặt cơ thể khi tiếp xúc với các vật thể rắn có thể so sánh với nhiệt mất do dẫn truyền và bức xạ, xảy ra nếu các bề mặt này không tiếp xúc với bất kỳ vật thể rắn nào. Do vậy, dòng nhiệt do dẫn truyền không được xem xét trực tiếp.

ISO 13732-1 đặc biệt để cập tới các nguy cơ gây đau và bỏng cho phần cơ thể tiếp xúc với các bề mặt nóng.

5.1.7 Dòng nhiệt do đối lưu ở bề mặt da, C

Dòng nhiệt do đối lưu ở bề mặt da có thể được biểu thị qua công thức

$$C = h_{cdyn} \times f_{cl} \times (t_{sk} - t_a) \quad (4)$$

Trong đó hệ số truyền nhiệt đối lưu động giữa quần áo và không khí bên ngoài, h_{cdyn} , có tính đến đặc tính quần áo, chuyển động của đối tượng và không khí.

Phụ lục D cung cấp một vài chỉ số phục vụ việc đánh giá các đặc tính nhiệt của quần áo.

5.1.8 Dòng nhiệt do bức xạ ở bề mặt da, R

Dòng nhiệt do bức xạ ở bề mặt da có thể được biểu thị qua công thức

$$R = h_r \times f_{cl} \times (t_{sk} - t_a) \quad (5)$$

Trong đó hệ số truyền nhiệt do bức xạ giữa quần áo và không khí bên ngoài, h_r , có tính đến đặc tính của quần áo, chuyển động của đối tượng và không khí.

5.1.9 Dòng nhiệt do bay hơi trên bề mặt da, E

Dòng nhiệt tối đa do bay hơi trên bề mặt da, E_{max} , có thể đạt được theo giả thuyết trong trường hợp da hoàn toàn ướt. Trong những điều kiện này:

$$E_{max} = \frac{P_{sk,s} - P_a}{R_{tdyn}} \quad (6)$$

Trong đó tổng trở bay hơi của lớp không khí giới hạn và quần áo, R_{tdyn} , có tính đến đặc tính quần áo, chuyển động của đối tượng và không khí.

Trong trường hợp da ướt từng phần, dòng nhiệt bay hơi, E , tính bằng W/m^2 , được biểu thị bằng công thức

$$E = w \times E_{max} \quad (7)$$

TCVN 7321 : 2009

5.1.10 Sự tích nhiệt để làm tăng nhiệt độ lõi tham gia vào mức chuyển hóa, dS_{eq}

Ngay cả trong môi trường trung tính, nhiệt độ lõi tăng đến một giá trị trạng thái ổn định $t_{cr,eq}$ là một hàm số phụ thuộc mức chuyển hóa liên quan tới khả năng hiếu khí tối đa của mỗi cá thể.

Nhiệt độ lõi đạt tới nhiệt độ trạng thái ổn định này theo hàm số mũ với thời gian. Sự tích nhiệt tham gia vào sự tăng nhiệt này, dS_{eq} , không góp phần vào giai đoạn bắt đầu ra mồ hôi và vì vậy phải được trừ đi trong phương trình cân bằng nhiệt.

5.1.11 Sự tích nhiệt, S

Sự tích nhiệt của cơ thể là tổng đại số của các dòng nhiệt đã chỉ ra ở các phần trên.

5.2 Tính toán dòng nhiệt bay hơi đáp ứng, độ ướt da đáp ứng và mức mồ hôi đáp ứng

Xem xét giả thiết liên quan đến dòng nhiệt do dẫn truyền, phương trình cân bằng nhiệt tổng quát (1) có thể được viết như sau:

$$E + S = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R \quad (8)$$

Dòng nhiệt bay hơi đáp ứng, E_{req} , là dòng nhiệt bay hơi yêu cầu để duy trì cân bằng nhiệt của cơ thể và vì vậy khi sự tích nhiệt bằng không (zero) thì:

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R - dS_{eq} \quad (9)$$

Độ ướt da đáp ứng, w_{req} , là tỉ lệ giữa dòng nhiệt bay hơi đáp ứng và dòng nhiệt bay hơi tối đa tại bề mặt da:

$$w_{req} = \frac{E_{req}}{E_{max}} \quad (10)$$

Tính toán mức mồ hôi yêu cầu được tiến hành trên cơ sở dòng nhiệt bay hơi đáp ứng, nhưng cũng nên xem xét đến tỉ lệ mồ hôi nhỏ giọt bởi vì độ ẩm da ở các khu vực khác nhau rất lớn. Mức mồ hôi đáp ứng được tính bằng công thức:

$$Sw_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}} \quad (11)$$

CHÚ THÍCH Mức mồ hôi tính bằng W/m^2 biểu thị sự tương đương về nhiệt của lượng mồ hôi biểu thị bằng gam mồ hôi/ m^2 bề mặt da và trên giờ. $1 W/m^2$ tương ứng với dòng nhiệt $1.47 g/(m^2.h)$ hoặc $2.67 g/h$ đối với đối tượng chuẩn (có diện tích bề mặt cơ thể là $1,8 m^2$).

6 Giải thích mức mồ hôi đáp ứng

6.1 Cơ sở của phương pháp giải thích

Giải thích các giá trị được tính bởi phương pháp giải thích đã khuyến nghị dựa trên hai tiêu chí stress:

- độ ướt da tối đa, w_{max}
- mức mồ hôi tối đa, Sw_{max}

Và hai tiêu chí căng thẳng

- nhiệt độ trực tràng tối đa, $t_{re, max}$
- lượng mất nước tối đa, D_{max}

Mức mồ hôi đáp ứng, S_{req} , không thể vượt quá mức mồ hôi tối đa, Sw_{max} , có thể đạt được bởi đối tượng. Độ ướt da đáp ứng, w_{req} , không thể vượt quá độ ướt da tối đa, w_{max} , có thể đạt được bởi đối tượng. Hai giá trị tối đa này là đại lượng phụ thuộc vào sự thích nghi của đối tượng.

Trong trường hợp không cân bằng nhiệt, nhiệt độ trực tràng tăng phải được giới hạn ở một giá trị tối đa, $t_{re, max}$, và như vậy khả năng ảnh hưởng do bất kỳ bệnh lý nào đều được hạn chế tuyệt đối.

Cuối cùng, bất kể cân bằng nhiệt thế nào, mất nước phải được hạn chế tới một giá trị D_{max} , có thể so sánh với sự duy trì cân bằng điện giải của cơ thể.

Phụ lục B bao gồm các giá trị tham khảo cho tiêu chí của stress (w_{max} và Sw_{max}) và tiêu chí của căng thẳng ($t_{re, max}$ và D_{max}). Các giá trị khác nhau được đưa ra cho đối tượng thích nghi và không thích nghi, và theo mức độ bảo vệ mong muốn [mức trung bình hoặc mức (cảnh báo) 95 %].

6.2 Phân tích tình huống lao động

Các trao đổi nhiệt được tính ở thời điểm, t_i , từ các điều kiện cơ thể tại lần tính trước và là một hàm số của điều kiện chuyển hóa và khí hậu phổ biến trong suốt khoảng số gia thời gian.

- dòng nhiệt bay hơi đáp ứng (E_{req}), độ ướt da đáp ứng (w_{req}), và mức mồ hôi đáp ứng (Sw_{req}) được tính đầu tiên.
- sau đó dòng nhiệt bay hơi dự đoán (E_p), độ ướt da dự đoán (w_p) và mức mồ hôi dự đoán (Sw_p) được tính, có tính đến các giới hạn của cơ thể (w_{max} và Sw_{max}) cũng như đáp ứng của tuyến mồ hôi theo biểu thức hàm số mũ (tự nhiên).
- mức tích nhiệt tính toán được qua sự khác nhau giữa dòng nhiệt bay hơi đáp ứng và dòng nhiệt bay hơi dự đoán. Nhiệt này góp phần làm tăng hoặc giảm nhiệt độ da và nhiệt độ cơ thể. Và sau đó cả hai thông số này và nhiệt độ trực tràng đều được tính.
- từ các giá trị này, các trao đổi nhiệt trong khoảng thời gian tăng tiếp theo sẽ được tính.

Sự gia tăng của Sw_p và t_{re} được tính lặp đi lặp lại theo cách này.

Quy trình này tạo khả năng tính tới không chỉ các điều kiện lao động không đổi, mà còn tới bất kỳ điều kiện nào với các thông số môi trường hoặc các đặc tính gánh nặng công việc thay đổi theo thời gian.

TCVN 7321 : 2009

6.3 Xác định thời gian tiếp xúc tối đa cho phép (D_{lim})

Thời gian tiếp xúc tối đa cho phép D_{lim} đạt được khi nhiệt độ trực tràng hoặc mắt nước tích lũy đạt tới các giá trị tối đa tương ứng..

Trong các tình huống lao động khi:

- hoặc dòng nhiệt bay hơi tối đa tại bề mặt da, E_{max} , là âm, dẫn đến ngưng tụ hơi nước trên da,
- hoặc thời gian tiếp xúc cho phép đã tính được ít hơn 30 min, do vậy hiện tượng bắt đầu đổ mồ hôi đóng vai trò chính trong việc tính toán mất nước do bay hơi của đối tượng.

Cần tiến hành các biện pháp phòng ngừa đặc biệt, và cần có biện pháp giám sát sinh lý trực tiếp đối với từng người lao động. Điều kiện để tiến hành việc khảo sát và các kỹ thuật đo cần áp dụng theo tiêu chuẩn TCVN 7439 (ISO 9886).

6.4 Tổ chức lao động trong môi trường nóng

Tiêu chuẩn này cho phép tiến hành so sánh những cách thức khác nhau trong việc tổ chức lao động và lập thời gian biểu nghỉ ngơi nếu cần.

Một chương trình máy tính viết bằng ngôn ngữ Quick Basic được trình bày tại Phụ lục E. Chương trình này cho phép tính toán và giải thích bất kỳ sự kết hợp các trình tự khi mức chuyển hóa, các đặc tính nhiệt quần áo và các thông số khí hậu đã biết.

Phụ lục F cung cấp một số dữ liệu (dữ liệu đầu vào và kết quả) sử dụng để đảm bảo tính đúng đắn của các chương trình máy tính khác được phát triển dựa trên mô hình tính toán trình bày tại Phụ lục A.

Phụ lục A

(quy định)

Dữ liệu cần thiết để tính cân bằng nhiệt**A.1 Phạm vi giá trị**

Các giá trị và công thức đưa ra trong Phụ lục này phù hợp với kiến thức hiện tại. Một số cần được sửa đổi cho phù hợp với các kiến thức cập nhật hơn.

Các thuật toán được miêu tả trong Phụ lục này đã được xác nhận trên một cơ sở dữ liệu gồm 747 thí nghiệm tiến hành trong phòng thí nghiệm và 366 thí nghiệm tiến hành ngoài hiện trường, của 8 tổ chức nghiên cứu. Bảng 1 trình bày các phạm vi điều kiện mà mô hình Cân bằng Nhiệt Dự đoán (PHS) có thể được công nhận. Khi một hoặc nhiều thông số vượt ra ngoài các phạm vi này, khuyến cáo nên sử dụng mô hình hiện thời với sự thận trọng và lưu tâm đặc biệt tới những người tiếp xúc.

Bảng A.1 – Phạm vi giá trị mô hình PHS

Thông số	Đơn vị	Cực tiểu	Cực đại
t_a	°C	15	50
p_a	kPa	0	4,5
$t_r - t_a$	°C	0	60
v_a	ms ⁻¹	0	3
M	W	100	450
I_{cl}	clo	0,1	1,0

A.2 Xác định dòng nhiệt do đối lưu qua đường hô hấp, C_{res}

Dòng nhiệt do đối lưu qua đường hô hấp có thể được tính qua phương trình thực nghiệm sau:

$$C_{res} = 0,00152 M (28,56 + 0,885 t_a + 0,641 p_a) \quad (A.1)$$

A.3 Xác định dòng nhiệt do bay hơi qua đường hô hấp, E_{res}

Dòng nhiệt do bay hơi qua đường hô hấp có thể được tính qua phương trình thực nghiệm sau:

$$E_{res} = 0,00127 M (59,34 + 0,53 t_a - 11,63 p_a) \quad (A.2)$$

A.4 Xác định nhiệt độ da trung bình ở trạng thái ổn định

Trong điều kiện khí hậu mà tiêu chuẩn này có thể áp dụng, nhiệt độ da trung bình ở trạng thái ổn định có thể được tính như một hàm số của các thông số về tình huống lao động, sử dụng phương trình thực nghiệm sau:

Các đối tượng không mặc quần áo ($I_{cl} \leq 0,2$)		Các đối tượng có mặc quần áo ($I_{cl} \geq 0,6$)	
$t_{sk,eq nu} = 7,19$	+ 0,064 t_a	$t_{sk,eq cl} = 12,17$	+ 0,020 t_a
	+ 0,061 t_r		+ 0,044 t_r
	- 0,348 v_a		- 0,253 v_a
	+ 0,198 p_a		+ 0,194 p_a
	+ 0,000 M		+ 0,005 346 M
	+ 0,616 t_{re}		+ 0,512 74 t_{re}

Đối với các giá trị I_{cl} giữa 0,2 và 0,6 nhiệt độ da ở trạng thái ổn định được ngoại suy giữa hai nhóm giá trị đó sử dụng biểu thức:

$$t_{sk,eq} = t_{sk,eq nu} + 2,5 \times (t_{sk,eq cl} - t_{sk,eq nu}) \times (I_{cl} - 0,2) \quad (A.3)$$

A.5 Xác định giá trị tức thời của nhiệt độ da

Nhiệt độ da $t_{sk,i}$ tại thời điểm t_i có thể được tính

- từ nhiệt độ da $t_{sk,i-1}$ tại thời điểm t_{i-1} trước đó một khoảng số gia thời gian, và
- từ nhiệt độ da ở trạng thái ổn định $t_{sk,eq}$ được dự đoán từ các điều kiện phổ biến trong suốt khoảng số gia thời gian cuối cùng qua các phương trình được mô tả trong (A.4).

Khi hằng số thời gian phản ứng của nhiệt độ da bằng 3 min, thì phương trình sau được sử dụng:

$$t_{sk,i} = 0,716 5 t_{sk,i-1} + 0,283 5 t_{sk,eq} \quad (A.4)$$

A.6 Xác định sự tích nhiệt tham gia vào mức chuyển hóa, S_{eq}

Trong môi trường trung tính, nhiệt độ lõi tăng theo thời gian vận động là một hàm số phụ thuộc mức chuyển hóa liên quan đến khả năng hiếu khí tối đa của một cá thể.

Đối với một đối tượng trung bình, có thể cho rằng nhiệt độ lõi cân bằng tăng như một hàm số của mức chuyển hóa, theo phương trình sau:

$$t_{cr,eq} = 0,003 6 (M - 55) + 36,8 \quad (A.5)$$

Nhiệt độ lõi đạt tới nhiệt độ lõi cân bằng theo phương trình bậc nhất với hằng số thời gian tương ứng là 10 min:

$$t_{cr} = 36,8 + (t_{cr,eq} - 36,8) \times (1 - \exp \frac{-t}{10}) \quad (A.6)$$

Phương trình này có thể diễn giải như sau

$$t_{cr,eq i} = t_{cr,eq i-1} \times k + t_{cr,eq} \times (1-k) \quad (A.7)$$

Trong đó $k = \exp\left(\frac{-inc_r}{10}\right)$

Sự tích nhiệt tham gia vào sự tăng này được tính như sau:

$$dS_{eq} = c_{sp} \times (t_{cr,eqi} - t_{cr,eqi-1}) \times (1 - \alpha) \quad (A.8)$$

A.7 Xác định đặc tính cách nhiệt tĩnh của quần áo

Đối với một đối tượng không mặc quần áo và điều kiện tĩnh là không có chuyển động nào của không khí cũng như cơ thể, các trao đổi nhiệt cảm nhận được ($C+R$) có thể tính như sau:

$$C + R = \frac{t_{sk} - t_a}{I_{tot\ st}} \quad (A.9)$$

Trong đó nhiệt trở tĩnh cho đối tượng không mặc quần áo, có thể được tính bằng $0,111 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Đối với một đối tượng có mặc quần áo, nhiệt trở tĩnh, $I_{tot\ st}$, có thể được tính như sau

$$I_{tot\ st} = I_{cl\ st} + \frac{I_{ast}}{f_{cl}} \quad (A.10)$$

Trong đó tỉ lệ diện tích bề mặt có quần áo và không có quần áo của đối tượng, f_{cl} , được tính như sau:

$$f_{cl} = 1 + 1,97I_{cl\ st} \quad (A.11)$$

A.8 Xác định đặc tính cách nhiệt động của quần áo

Hoạt động và thông khí làm thay đổi đặc tính cách nhiệt của quần áo và lớp không khí liền kề. Do cả gió và chuyển động đều làm giảm cách nhiệt, nên rất cần có sự hiệu chỉnh. Hệ số hiệu chỉnh đối với sự cách nhiệt tĩnh của quần áo và cách nhiệt của lớp không khí bên ngoài có thể được tính theo các phương trình sau:

$$I_{tot\ dyn} = C_{orr,tot} \times I_{tot\ st} \quad (A.12)$$

$$I_{a\ dyn} = C_{orr,la} \times I_{a\ st} \quad (A.13)$$

$$C_{orr,tot} = C_{orr,cl} = e^{(0,043 - 0,398v_{ar} + 0,066v_{ar}^2 - 0,378v_w + 0,094v_w^2)} \quad (A.14)$$

Đối với $I_{cl} \geq 0,6 \text{ clo}$ cho đối tượng không mặc quần áo hoặc lớp không khí liền kề, bằng

$$C_{orr,tot} = C_{orr,la} = e^{(-0,472v_{ar} + 0,047v_{ar}^2 - 0,342v_w + 0,117v_w^2)} \quad (A.15)$$

Và đối với $0 \text{ clo} \leq I_{cl} \leq 0,6 \text{ clo}$, bằng

TCVN 7321 : 2009

$$C_{\text{orr,tot}} = (0,6 - I_{cl})C_{\text{orr,la}} + I_{cl} \times C_{\text{orr,cl}} \quad (\text{A.16})$$

Với v_{ar} được giới hạn tới $3 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ và v_w giới hạn tới $1,5 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$

Khi vận tốc đi bộ không xác định hoặc người đó không di chuyển, giá trị đối với v_w có thể được tính như

$$v_w = 0,0052 (M - 58) \quad \text{với } v_w \leq 0,7 \text{ m/s} \quad (\text{A.17})$$

Cuối cùng, $I_{cl \text{ dyn}}$ có thể nhận được như sau

$$I_{cl \text{ dyn}} = I_{\text{tot dyn}} - \frac{I_{a \text{ dyn}}}{f_{cl}} \quad (\text{A.18})$$

A.9 Xác định trao đổi nhiệt qua đối lưu và bức xạ

Các trao đổi nhiệt khô có thể được tính bằng phương trình sau:

$$C + R = f_{cl} \times [h_{\text{cdyn}} \times (t_{cl} - t_a) + h_r \times (t_{cl} - t_r)] \quad (\text{A.19})$$

Miêu tả sự trao đổi nhiệt giữa quần áo và môi trường, và

$$C + R = \left(\frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{cl \text{ dyn}}} \right) \quad (\text{A.20})$$

Miêu tả sự trao đổi nhiệt giữa da và bề mặt quần áo

Sự trao đổi nhiệt thông qua đối lưu động, h_{cdyn} , có thể được tính như giá trị lớn nhất của

$$2,38 |t_{sk} - t_a|^{0,25} \quad (\text{A.21})$$

$$3,5 + 5,2 v_{ar} \quad (\text{A.22})$$

$$8,7 v_{ar}^{0,6} \quad (\text{A.23})$$

Sự trao đổi nhiệt thông qua bức xạ, h_r , có thể ước tính bằng phương trình sau:

$$h_r = 5,67 \times 10^{-8} \varepsilon \times \frac{A_r}{A_{Du}} \times \frac{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4}{t_{cl} - t_r} \quad (\text{A.24})$$

Tỷ lệ bề mặt da tham gia trao đổi nhiệt bằng bức xạ, $\frac{A_r}{A_{Du}}$, bằng 0,67 đối với một đối tượng ở tư thế gập

người; 0,70 đối với một đối tượng đang ngồi và 0,77 đối với đối tượng đang đứng.

Khi mặc quần áo phản quang, h_r phải được điều chỉnh bằng hệ số $F_{cl,R}$ theo biểu thức

$$F_{cl,R} = (1 - A_p) 0,97 + A_p \times F_r \quad (\text{A.25})$$

Cả hai biểu thức tính $C+R$ phải được giải lặp lại để tìm ra t_{cl} .

A.10 Tính dòng nhiệt bay hơi tối đa tại bề mặt da, E_{max}

Dòng nhiệt bay hơi tối đa tại bề mặt da được tính theo biểu thức

$$E_{max} = \frac{P_{sk,s} - P_a}{R_{ldyn}} \quad (A.26)$$

Trở bay hơi, R_{ldyn} , được tính từ biểu thức

$$R_{ldyn} = \frac{I_{tot,dyn}}{\frac{i_{mdyn}}{16,7}} \quad (A.27)$$

Trong đó chỉ số thấm động của quần áo, i_{mdyn} , bằng chỉ số thấm tĩnh của quần áo, i_{mst} được hiệu chỉnh đối với ảnh hưởng của chuyển động không khí và cơ thể.

$$i_{mdyn} = i_{mst} \times C_{orr,E} \quad (A.28)$$

Với

$$C_{orr,E} = 2,6 C_{orr,tot}^2 - 6,5 C_{orr,tot} + 4,9 \quad (A.29)$$

Trong biểu thức này, i_{mdyn} được giới hạn đến 0,9.

A.11 Xác định lượng mồ hôi dự đoán (Sw_p) và dòng nhiệt bay hơi dự đoán (E_p)

Biểu đồ tại Hình A.1 cho thấy cách tiến hành các đánh giá

Biểu đồ này yêu cầu những giải thích sau đây:

R1: khi dòng nhiệt bay hơi đáp ứng E_{req} lớn hơn lượng bay hơi tối đa, da sẽ được xem là đã ướt hoàn toàn: w_{req} lớn hơn 1. w_{req} chỉ độ dày của lớp nước trên da, chứ không phải là tỷ lệ tương đương của da, bị mồ hôi bao phủ. Theo lý thuyết w_{req} lớn hơn 1, thì hiệu quả bay hơi sẽ thấp hơn.

Với $w_{req} \leq 1$, hiệu quả được tính bằng công thức

$$r_{req} = \frac{1 - w_{req}^2}{2}$$

Với $w_{req} \geq 1$, hiệu quả được tính bằng công thức

$$r_{req} = \frac{2 - w_{req}^2}{2}$$

Tuy nhiên, giá trị này ở mức tối thiểu 5 %. Điều này đạt được đối với độ ẩm theo lý thuyết là 1,684.

R2: mức mồ hôi đáp ứng có thể được miêu tả bằng một phương trình bậc nhất với hằng số thời gian là 10 min. Do vậy, lượng mồ hôi dự đoán (Sw_p) tại thời điểm t_i , bằng một tỷ lệ K_{sw} của mức mồ hôi dự đoán ($Sw_{p,t+1}$) tại thời điểm (t_{i+1}) trước đó một khoảng số gia thời gian cộng với tỷ lệ $(1 - K_{sw})$ của mức mồ hôi yêu cầu bởi các điều kiện phổ biến trong khoảng số gia thời gian cuối cùng (Sw_{req}), và K_{sw} được biểu thị bằng

$$K_{sw} = \exp(-inc/10)$$

TCVN 7321 : 2009

R3: như đã giải thích ở trên, độ ướt da đáp ứng được phép theo lý thuyết lớn hơn 1 khi tính lượng mồ hôi dự đoán. Vì mất nhiệt do bay hơi bị hạn chế bởi bề mặt lớp nước, có nghĩa là bề mặt cơ thể, nên độ ẩm da dự đoán không thể lớn hơn 1. Điều này xảy ra ngay khi lượng mồ hôi dự đoán lớn gấp đôi dòng nhiệt bay hơi tối đa.

A.12 Cách tính nhiệt độ trực tràng

Sự tích nhiệt trong khoảng số gia thời gian cuối tại thời điểm t_i được tính bằng biểu thức

$$S = E_{\text{req}} - E_p + S_{\text{eq}} \quad (\text{A.30})$$

Sự tích nhiệt này làm tăng nhiệt độ lõi, có tính tới sự tăng nhiệt độ da. Tỷ lệ của khối lượng cơ thể tại nhiệt độ lõi trung bình được tính bằng biểu thức

$$(1 - \alpha) = 0,7 + 0,09 (t_{\text{cr}} - 36,8) \quad (\text{A.31})$$

Tỷ lệ này bị giới hạn tới

$$0,7 \text{ đối với } t_{\text{cr}} < 36,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

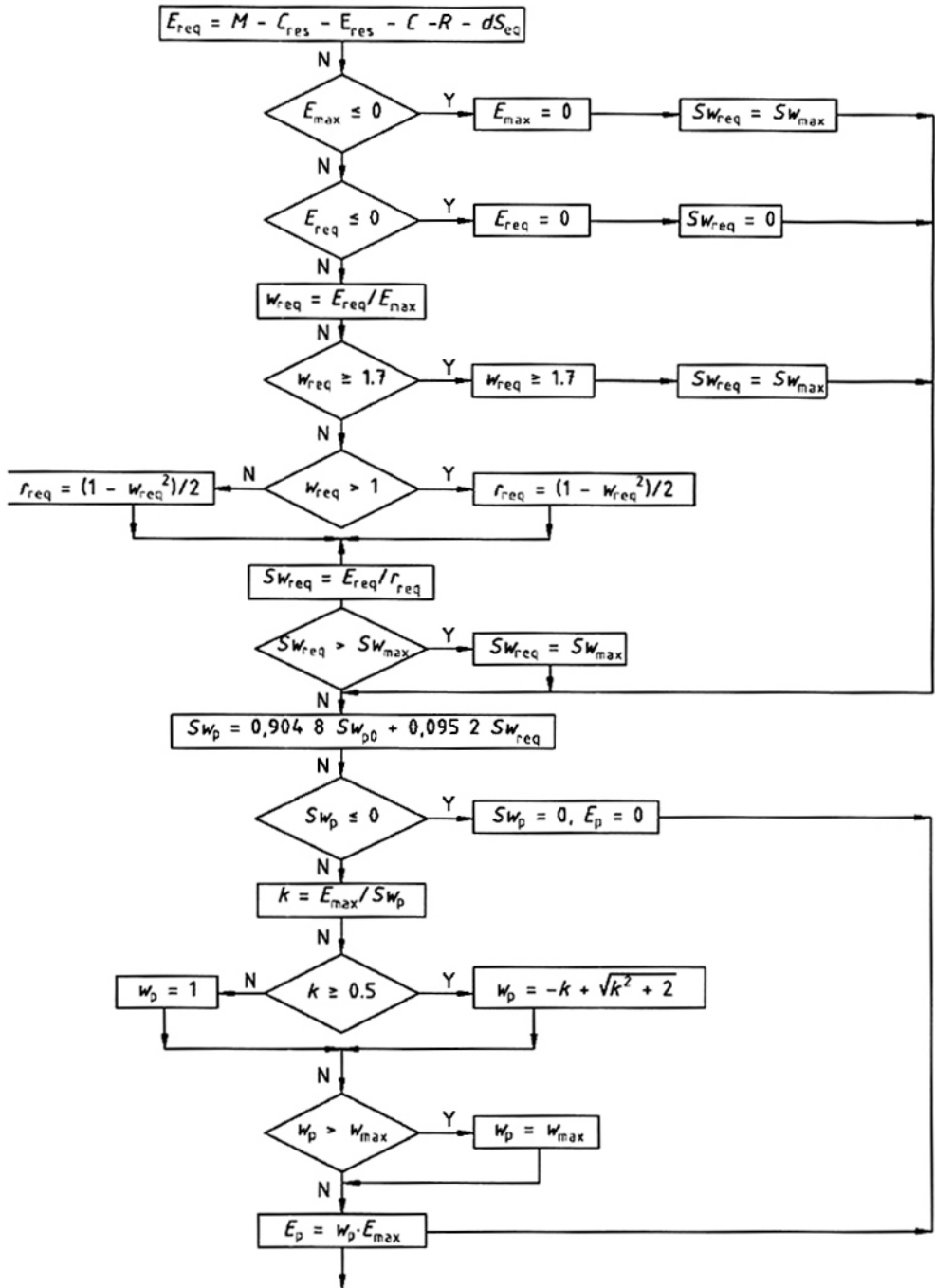
$$0,9 \text{ đối với } t_{\text{cr}} > 39,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Hình A.2 minh họa sự phân bố sự tích nhiệt trong cơ thể tại thời điểm $(t_{i,1})$ và thời điểm t_i . Từ đó, có thể tính được

$$t_{\text{cr},i} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{2}} \left[\frac{dS_i}{c_p W_b} + t_{\text{cr},i-1} - \frac{t_{\text{cr},i-1} - t_{\text{sk},i-1}}{2} \alpha_{i-1} - t_{\text{sk},i} \frac{\alpha_i}{2} \right] \quad (\text{A32})$$

Nhiệt độ trực tràng được tính theo biểu thức sau:

$$t_{\text{re},i} = t_{\text{re},i-1} + \frac{2 t_{\text{cr},i} - 1,962 t_{\text{re},i-1} - 1,31}{9} \quad (\text{A.33})$$

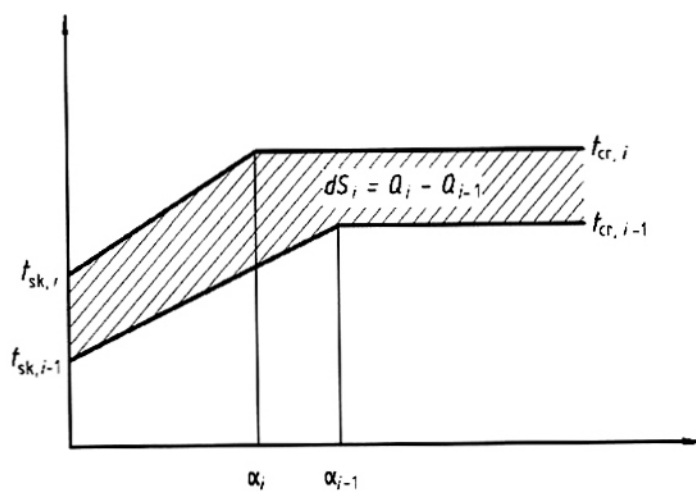


CHÚ GIẢI

N không

Y có

Hình A.1 – Biểu đồ xác định lượng mồ hôi dự đoán (Sw_p) và dòng nhiệt bay hơi dự đoán (E_p)



Hình A.2 – Phân bố sự tích nhiệt trong cơ thể tại thời điểm t_{i-1} và t_i

Phụ lục B

(tham khảo)

Các chỉ tiêu đánh giá thời gian tiếp xúc cho phép trong môi trường lao động nóng

B.1 Giới thiệu

Các chỉ tiêu sinh lý để xác định thời gian tiếp xúc tối đa cho phép như sau:

- đối tượng thích nghi và không thích nghi;
- độ ướt da tối đa, w_{max} ;
- mức mồ hôi tối đa, SW_{max}
- xem xét tới 50 % (đối tượng “trung bình” hoặc “giữa”) và 95 % lực lượng lao động (đại diện cho các đối tượng dễ bị ảnh hưởng nhất);
- lượng mất nước tối đa D_{max}
- nhiệt độ trực tràng tối đa.

B.2 Đối tượng thích nghi và không thích nghi

Các đối tượng thích nghi có thể ra mồ hôi nhiều hơn, đều hơn trên bề mặt cơ thể và sớm hơn so với các đối tượng không thích nghi. Trong một tình huống lao động cho trước, điều này dẫn đến sự tích nhiệt thấp hơn (nhiệt độ lõi thấp hơn) và căng thẳng tim mạch thấp hơn (nhịp tim thấp hơn). Ngoài ra, cũng mất ít muối hơn khi ra mồ hôi vì vậy có thể chịu được mất nước lớn hơn.

Do đó sự phân biệt giữa đối tượng thích nghi và không thích nghi là cần thiết. Điều này liên quan đến w_{max} , SW_{max} .

B.3 Độ ướt da tối đa, w_{max}

Độ ướt da tối đa được đặt ở mức 0,85 cho các đối tượng không thích nghi và 1,0 cho đối tượng thích nghi.

B.4 Mức mồ hôi tối đa, SW_{max}

Mức mồ hôi tối đa có thể được tính bằng các phương trình sau:

$$SW_{max} = 2,6 (M - 32) \times A_{Du} \quad \text{g}\cdot\text{h}^{-1} \quad \text{trong phạm vi từ } 650 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1} \text{ đến } 1\,000 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}.$$

hoặc

$$SW_{max} = (M - 32) \times A_{Du} \quad \text{W}\cdot\text{m}^{-2} \quad \text{trong phạm vi từ } 250 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ đến } 400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

TCVN 7321 : 2009

Đối với các đối tượng thích nghi, mức mồ hôi tối đa, tính trung bình, lớn hơn 25 % so với đối tượng không thích nghi.

B.5 Sự loại nước và mất nước tối đa

Sự loại nước ở mức 3 % làm tăng nhịp tim và giảm cảm giác ra mồ hôi, vì vậy được coi như sự loại nước tối đa trong công nghiệp (không phải đối với quân nhân hay vận động viên thể thao).

Đối với tiếp xúc kéo dài từ 4 đến 8 giờ, mức nước bù quan sát được trung bình tới 60 %, không phụ thuộc tổng lượng mồ hôi sinh ra, và lớn hơn 40 % trong 95 % các trường hợp.

Dựa trên các con số này, mất nước tối đa được đặt ở mức

- 7,5 % khối lượng cơ thể đối với một đối tượng trung bình (D_{max50}), hoặc
- 5 % khối lượng cơ thể đối với 95 % lực lượng lao động (D_{max95})

Do đó, khi các đối tượng có thể uống nước tự do (DRINK = 1), thì thời gian tiếp xúc tối đa cho phép có thể được tính cho một đối tượng trung bình dựa trên cơ sở mất nước tối đa bằng 7,5 % trọng lượng cơ thể và trên cơ sở 5 % trọng lượng cơ thể nhằm bảo vệ 95 % lực lượng lao động.

Nếu không được cung cấp nước (DRINK = 0), thì tổng lượng mất nước phải được giới hạn ở mức 3 %.

B.6 Giá trị cực đại của nhiệt độ trực tràng

Theo các khuyến cáo trong báo cáo kỹ thuật số 412 (1969)¹ của Tổ chức y tế thế giới – WHO: “Thông thường, từ nhiệt độ trực tràng tính toán thời gian cần để ngắt quãng khoảng tiếp xúc ngắn với nóng gắt trong phòng thí nghiệm” và “Không nên để nhiệt độ bên trong cơ thể vượt quá 38 °C kéo dài khi tiếp xúc với công việc nặng nhọc hàng ngày”.

Đối với một nhóm lao động làm việc trong điều kiện môi trường cho trước, khi nhiệt độ trực tràng trung bình là 38 °C, thì có thể ước tính xác suất một cá thể nhất định đạt tới nhiệt độ trực tràng được giới hạn như sau:

- đối với mức 42,0 °C ít hơn 10⁻⁷ (ít hơn 1 lần trong mỗi 40 năm một lần trong 1 000 công nhân) (250 ngày/năm)
- đối với mức 39,2 °C ít hơn 10⁻⁴ (ít hơn 1 người gặp nguy cơ trong 10 000 ca làm việc)

¹ WHO (1969) Các yếu tố sức khỏe liên quan khi làm việc trong điều kiện stress nhiệt. Báo cáo kỹ thuật 412. Nhóm nghiên cứu khoa học của WHO về Các yếu tố sức khỏe liên quan khi làm việc trong điều kiện Stress nhiệt. Ginevơ, Thụy Sĩ.

Phụ lục C
(tham khảo)

Mức chuyển hóa

Các phương pháp xác định mức chuyển hóa được trình bày trong tiêu chuẩn TCVN 7212 (ISO 8996). Bảng C.1 và Bảng C.2 mô tả 3 cách khác nhau (từ đơn giản đến chính xác hơn) để tính mức chuyển hóa đối với các hoạt động khác nhau.

Bảng C.1 – Phân loại mức chuyển hóa (theo đơn vị $W \cdot m^{-2}$) cho các loại hoạt động [sửa đổi từ TCVN 7112 (ISO 7243)]. Mức chuyển hóa đưa ra cho các công việc liên tục tính trung bình trong 60 min

Loại	$W \cdot m^{-2}$	Ví dụ
Nghỉ ngơi	70	Đứng hoặc ngồi khi nghỉ
Hoạt động rất nhẹ nhàng	90	Công việc chân tay nhẹ nhàng (viết, đánh máy, vẽ); việc làm bằng tay (các dụng cụ nghề nghiệp nhỏ, kiểm tra, lắp ráp, phân loại vật liệu nhẹ).
Hoạt động nhẹ	115	Công việc sử dụng cánh tay (lái xe trong điều kiện thông thường, vận hành cầu dao đập chân hoặc pê-đan); làm việc với máy công cụ công suất nhỏ, đẩy nhẹ.
Hoạt động vừa phải	145	Công việc liên tục dùng cánh tay và bàn tay (đóng đinh, giũa); công việc dùng chân và cánh tay (vận hành xe tải, máy kéo hoặc thiết bị xây dựng)
Hoạt động từ vừa phải đến cường độ cao	175	Công việc sử dụng cánh tay hoặc thân người; làm việc với búa khí nén, lắp ráp máy kéo, khuôn vác không liên tục vật liệu nặng vừa, đẩy hoặc kéo xe bò hoặc xe cút kít có trọng lượng nhẹ, đi bộ với vận tốc 4 km/h đến 5 km/h; lái xe trượt tuyết.
Hoạt động cường độ cao	200	Công việc sử dụng lực mạnh của cánh tay hoặc thân người, mang vác vật liệu nặng, xúc bằng xẻng, công việc sử dụng búa tạ, đốn cây bằng cưa xích, cắt cỏ bằng tay; đào; đi bộ với vận tốc 5 km/h đến 6 km/h Đẩy hoặc kéo xe bò hoặc xe cút kít chất đầy; giũa vật đúc; xếp khối bê tông; điều khiển xe trượt tuyết trên địa hình hiểm trở
Hoạt động cường độ rất cao	> 230	Hoạt động căng thẳng với nhịp độ từ nhanh tới mức tối đa; làm việc bằng rìu; đào hoặc dùng xẻng; leo cầu thang, dốc hoặc thang; đi bộ nhanh bước nhỏ; chạy; đi bộ với vận tốc lớn hơn 6 km/h, đi bộ trong tuyết đầy.

Bảng C.2 – Mối quan hệ giữa mức chuyển hóa (theo đơn vị $W \cdot m^{-2}$) với bộ phận cơ thể tham gia và cường độ công việc với bộ phận cơ thể đó

Bộ phận cơ thể liên quan	Công việc		
	Nhẹ	Vừa	Nặng
Cả hai bàn tay	65	85	95
Một cánh tay	100	120	140
Cả hai cánh tay	135	150	165
Toàn bộ cơ thể	190	255	345

Bảng C.3 – Mức chuyển hóa (theo đơn vị $W \cdot m^{-2}$) cho các hoạt động đặc thù

Hoạt động		$W \cdot m^{-2}$
Ngủ		40
Lúc nghỉ ngơi, ngồi		55
Lúc nghỉ ngơi, đứng		70
Đi bộ trên mặt bằng, đường bằng phẳng, rắn chắc		
1. không tải	2 km/h	110
	3 km/h	140
	4 km/h	165
	5 km/h	200
2. có tải	10 kg, 4 km/h	185
	30 kg, 4 km/h	250
Đi bộ lên dốc, đường bằng phẳng, rắn chắc		
1. không tải	nghiêng 5°, 4 km/h	180
	nghiêng 15°, 3 km/h	210
	nghiêng 25°, 3 km/h	300
2. chịu tải 20kg	nghiêng 15°, 4 km/h	270
	nghiêng 25°, 4 km/h	410
Đi bộ xuống dốc 5km/h, không tải		
	nghiêng 5°	135
	nghiêng 15°	140
	nghiêng 25°	180
Trèo thang nghiêng 70° với tốc độ 11,2 m/min		
	Không tải	290
	Chịu tải 20 kg	360
Đẩy hoặc kéo xe goòng lật, 3,6 km/h, đường bằng phẳng, rắn chắc		
	Lực đẩy: 12 kg	290
	Lực kéo: 16 kg	375
Đẩy xe cút kít, đường bằng phẳng, 4,5 km/h, lốp cao su, tải 100 kg		230
Giũa sắt	42 nhát/min	100
	60 nhát/min	190
Quai búa, hai tay, trọng lượng búa 4,4kg, 15 nhát/min		290
Nghề mộc	Cưa tay	220
	Cưa máy	100
	Bào tay	300
Xây gạch	5 viên/min	170
Vặn vít		100
Đào rãnh		290
Làm việc trên máy công cụ	Nhẹ (điều chỉnh, lắp ráp)	100
	Trung bình (chất tải)	140
	Nặng	210
Làm việc với công cụ cầm tay	Nhẹ (đánh bóng nhẹ nhàng)	100
	Trung bình (đánh bóng)	160
	Nặng (khoan nặng)	230

Phụ lục D

(tham khảo)

Các đặc tính nhiệt của quần áo**D.1 Tổng quan**

Các đặc tính nhiệt của quần áo phải được chú ý tới bao gồm:

- độ cách nhiệt;
- độ phản xạ bức xạ nhiệt;
- độ thấm hơi nước.

D.2 Độ cách nhiệt

Độ cách nhiệt được xác định theo đơn vị clo. Bảng D.1 đưa ra các giá trị cách nhiệt cơ bản đối với bộ quần áo làm việc được chọn.

Bảng D.1 – Các giá trị cách nhiệt cơ bản đối với bộ quần áo làm việc được chọn

Quần áo	I_a clo
Quần đùi, áo sơ mi ngắn tay, quần dài vừa, quần tất dài, giầy	0,5
Đồ lót, áo sơ mi, quần dài vừa, tất, giầy	0,6
Đồ lót, áo liền quần, tất, giầy	0,7
Đồ lót, áo sơ mi, áo liền quần, tất, giầy	0,8
Đồ lót, áo sơ mi, quần dài, áo blu, tất, giầy	0,9
Quần đùi, áo lót, đồ lót, áo sơ mi, áo khoác làm việc, quần tất dài, giầy	1,0
Đồ lót, áo lót, áo sơ mi, quần, áo khoác, áo vét, tất, giầy	1,1

D.3 Độ Phản xạ bức xạ nhiệt

Bảng D.2 đưa ra các hệ số phản xạ (F_r) đối với các vật liệu đặc biệt khác nhau được phủ một lớp nhôm để phản xạ bức xạ nhiệt.

Bảng D.2 – Các hệ số phản xạ, F_r , đối với các vật liệu đặc biệt khác nhau

Vật liệu	Xử lý	F_r
Vải bông	Sơn nhôm	0,42
Vải visco	Tráng nhôm bóng	0,19
Aramid (Kevlar)	Tráng nhôm bóng	0,14
Len	Tráng nhôm bóng	0,12
Vải bông	Tráng nhôm bóng	0,04
Vải visco	Bọc nhôm chân không	0,06
Aramid	Bọc nhôm chân không	0,04
Len	Bọc nhôm chân không	0,05
Vải bông	Bọc nhôm chân không	0,05
Sợi thủy tinh	Bọc nhôm chân không	0,07

Sự giảm nhiệt chỉ xảy ra đối với phần cơ thể được quần áo phản xạ che phủ. Bảng D.3 cung cấp thông tin phục vụ việc tính toán tỷ lệ (A_p) của phần cơ thể liên quan.

Bảng D.3 – Tỷ suất phần cơ thể đối với tổng bề mặt cơ thể

Phần	A_p
Đầu và mặt	0,07
Ngực và bụng	0,175
Lưng	0,175
Hai cánh tay	0,14
Hai bàn tay	0,05
Hai bên đùi	0,19
Hai chân	0,13
Hai bàn chân	0,07

D.4 Độ thấm hơi nước

Sự chống bay hơi của quần áo chịu ảnh hưởng mạnh của độ thấm đối với áp suất hơi nước của chất liệu, có thể xác định bằng chỉ số thấm hơi nước tĩnh (i_{mst}). Vì tiêu chuẩn hiện tại không áp dụng đối với loại quần áo đặc biệt, nên có thể áp dụng giá trị trung bình của i_{mst} bằng 0,38.

Phụ lục E

(tham khảo)

Chương trình tính toán mô hình căng thẳng nhiệt dự đoán

E.1 Tổng quát

Sự tương ứng giữa các ký hiệu ở Bảng 1 và những ký hiệu được dùng trong chương trình máy tính sau đây được liệt kê chi tiết tại Bảng E.1

Bản sao chương trình máy tính phục vụ việc tính toán mẫu căng thẳng nhiệt dự đoán có thể được tải xuống tại địa chỉ:

<http://www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/iso793.txt>

Bảng E.1 – Sự tương ứng giữa các ký hiệu ở Bảng 1 và những ký hiệu được dùng trong chương trình máy tính

Ký hiệu	Ký hiệu trong chương trình
—	defspeed
—	defdir
α	—
α_i	TskTcrwg
α_{i-1}	TskTcrwg0
ε	—
θ	Theta
A_{Du}	Adu
A_p	Ap
A_r	Ardu
C	Conv
c_e	—
$C_{corr,cl}$	CORcl
$C_{corr,la}$	CORia
$C_{corr,tot}$	CORtot
$C_{corr,E}$	CORE
c_p	—
C_{res}	Cres
c_{sp}	spHeat
D_{lim}	Dlim
$D_{lim tre}$	Dlimtre
$D_{limloss50}$	Dlimloss50
$D_{limloss95}$	Dlimloss95
D_{max}	Dmax
D_{max50}	Dmax50
D_{max95}	Dmax95
DRINK	DRINK
dS_i	dStorage
dS_{eq}	dStoreq
E	—
E_{max}	E _{max}
E_p	Ep
E_{req}	E _{req}
E_{res}	E _{res}
f_{cl}	fcl

Ký hiệu	Ký hiệu trong chương trình
$F_{cl,R}$	FclR
F_r	Fr
H_b	height
h_{cdyn}	Hcdyn
h_r	Hr
$I_{a st}$	last
$I_{cl st}$	lclst
I_{cl}	lcl
$I_{tot st}$	ltotst
$I_{a dyn}$	ladyn
$I_{cl dyn}$	lcldyn
$I_{tot dyn}$	ltotdyn
i_{mst}	imst
i_{mdyn}	imdyn
i_{incr}	incr
K	—
M	Met
p_a	Pa
$p_{sk,s}$	Psk
R	Rad
r_{req}	E _{eff}
R_{tdyn}	R _{tdyn}
S	—
S_{eq}	—
$S_{w,max}$	SW _{max}
$S_{w,p}$	—
$S_{w,p,i}$	SW _p
$S_{w,p,i-1}$	SW _{p0}
$S_{w,req}$	SW _{req}
t	t
t_a	T _a
t_{cl}	T _{cl}
t_{cr}	T _{cr}
$t_{cr,eqm}$	T _{creqm}
$t_{cr,eq,i}$	T _{creq}

Ký hiệu	Ký hiệu trong chương trình
$t_{cr,eq,i-1}$	T _{creq0}
$t_{cr,i}$	T _{cr}
$t_{cr,i-1}$	T _{cr0}
t_{ex}	T _{exp}
t_r	T _r
t_{re}	—
$t_{re,max}$	—
$t_{re,i}$	T _{re}
$t_{re,i-1}$	T _{re0}
$t_{sk,eq}$	T _{skeq}
$t_{sk,eq,nu}$	T _{skeqnu}
$t_{sk,eq,cl}$	T _{skeqcl}
$t_{sk,i}$	T _{sk}
$t_{sk,i-1}$	T _{sk0}
V	—
v_a	V _a
v_w	Walksp
v_{ar}	V _{ar}
w	w
W	Work
W_a	—
W_b	weight
W_{ex}	—
w_{max}	w _{max}
w_p	w _p
w_{req}	w _{req}

E.2 Chương trình

' INITIALISATION

CLS

- ' The user must make sure that, at this point in the programme,
- ' the following parameters are available.
- ' Standard values must be replaced by actual values if necessary.
- ' The water replacement is supposed to be sufficient so that the workers can drink freely (DRINK=1), otherwise the value DRINK=0 must be used

weight = 75: ' body mass kilograms

height = 1.8: ' body height meters

Adu = .202 * weight ^ .425 * height ^ .725

spHeat = 57.83 * weight / Adu

SWp = 0

SWtot = 0: Tre = 36.8: Tcr = 36.8: Tsk = 34.1: Tcreq = 36.8: TskTcrwg = .3

Dlimtre = 0: Dlimloss50 = 0: Dlimloss95 = 0

Dmax50 = .075 * weight * 1000

Dmax95 = .05 * weight * 1000

' EXPONENTIAL AVERAGING CONSTANTS

' Core temperature as a function of the metabolic rate: time constant: 10 minutes

ConstTeq = EXP(-1 / 10)

' Skin Temperature: time constant: 3 minutes

ConstTsk = EXP(-1 / 3)

' Sweat rate: time constant: 10 minutes

ConstSW = EXP(-1 / 10)

Duration = 480: 'the duration of the work sequence in minutes

FOR time = 1 TO Duration

' INITIALISATION MIN PER MIN

Tsk0 = Tsk: Tre0 = Tre: Tcr0 = Tcr: Tcreq0 = Tcreq: TskTcrwg0 = TskTcrwg

' INPUT OF THE PRIMARY PARAMETERS

- ' The user must make sure that, at this point in the programme,
- ' the following parameters are available. In order for the user
- ' to test rapidly the programme, the data for the first case

TCVN 7321 : 2009

' in annex E of the ISO 7933 standard are introduced.

Ta = 40: 'air temperature degrees celsius

Tr = 40: 'mean radiant temperature degrees celsius

Pa = 2.5: 'partial water vapour pressure kilopascals

Va = .3: 'air velocity metres per second

Met = 150: 'metabolic rate Watts per square meter

Work = 0: 'effective mechanical power Watts per square metre

'Posture posture = 1 sitting, =2 standing, =3 crouching

posture = 2

Icl = .5: 'static thermal insulation clo

imst = .38: 'static moisture permeability index dimensionless

Ap = .54: 'fraction of the body surface covered

'by the reflective clothing dimensionless

Fr = .97: 'emissivity of the reflective clothing dimensionless

'(by default: Fr=0.97)

'Ardu dimensionless

defspeed = 0: 'code =1 if walking speed entered, 0 otherwise

Walksp = 0: 'walking speed metres per second

defdir = 0: 'code =1 if walking direction entered, 0 otherwise

THETA = 0: 'angle between walking direction and wind direction degrees

accl = 100: 'code =100 if acclimatised subject, 0 otherwise

' Effective radiating area of the body

IF posture = 1 THEN Ardu = .7

IF posture = 2 THEN Ardu = .77

IF posture = 3 THEN Ardu = .67

' EVALUATION OF THE MAXIMUM SWEAT RATE AS A FUNCTION OF THE METABOLIC RATE

SWmax = (Met - 32) * Adu

IF SWmax > 400 THEN SWmax = 400

IF SWmax < 250 THEN SWmax = 250

' For acclimatised subjects (accl=100), the maximum Sweat Rate is greater by 25%

IF accl >= 50 THEN SWmax = SWmax * 1.25

IF accl < 50 THEN Wmax = .85 ELSE Wmax = 1

' EQUILIBRIUM CORE TEMPERATURE ASSOCIATED TO THE METABOLIC RATE

$$T_{creqm} = .0036 * (Met-55) + 36.8$$

' Core temperature at this minute, by exponential averaging

$$T_{creq} = T_{creq0} * ConstT_{eq} + T_{creqm} * (1 - ConstT_{eq})$$

' Heat storage associated with this core temperature increase during the last minute

$$dStoreq = spHeat * (T_{creq} - T_{creq0}) * (1 - TskTcrwg0)$$

' SKIN TEMPERATURE PREDICTION

' Skin Temperature in equilibrium

' Clothed model

$$T_{skeqcl} = 12.165 + .02017 * Ta + .04361 * Tr + .19354 * Pa - .25315 * Va$$

$$T_{skeqcl} = T_{skeqcl} + .005346 * Met + .51274 * Tre$$

' Nude model

$$T_{skeqnu} = 7.191 + .064 * Ta + .061 * Tr + .198 * Pa - .348 * Va$$

$$T_{skeqnu} = T_{skeqnu} + .616 * Tre$$

' Value at this minute, as a function of the clothing insulation

$$\text{IF } I_{cl} \geq .6 \text{ THEN } T_{sreq} = T_{skeqcl}: \text{GOTO } Tsk$$

$$\text{IF } I_{cl} \leq .2 \text{ THEN } T_{sreq} = T_{skeqnu}: \text{GOTO } Tsk$$

' Interpolation between the values for clothed and nude subjects, if $0.2 < I_{cl} < 0.6$

$$T_{sreq} = T_{skeqnu} + 2.5 * (T_{skeqcl} - T_{skeqnu}) * (I_{cl} - .2)$$

' Skin Temperature at this minute, by exponential averaging

Tsk:

$$Tsk = Tsk0 * ConstTsk + T_{sreq} * (1 - ConstTsk)$$

' Saturated water vapour pressure at the surface of the skin

$$Psk = .6105 * \text{EXP}(17.27 * Tsk / (Tsk + 237.3))$$

' CLOTHING INFLUENCE ON EXCHANGE COEFFICIENTS

' Static clothing insulation

$$I_{clst} = I_{cl} * .155$$

' Clothing area factor

$$f_{cl} = 1 + .3 * I_{cl}$$

' Static boundary layer thermal insulation in quiet air

$$I_{ast} = .111$$

TCVN 7321 : 2009

' Total static insulation

$$Itotst = Iclst + last / fcl$$

' Relative velocities due to air velocity and movements

IF defspeed > 0 THEN

IF defdir = 1 THEN

' Unidirectional walking

$$Var = ABS(Va - Walksp * COS(3.14159 * THETA / 180))$$

ELSE

' Omni-directional walking

$$IF Va < Walksp THEN Var = Walksp ELSE Var = Va$$

END IF

ELSE

' Stationary or undefined speed

$$Walksp = .0052 * (Met - 58); IF Walksp > .7 THEN Walksp = .7$$

$$Var = Va$$

END IF

' Dynamic clothing insulation

' Clothing insulation correction for wind (Var) and walking (Walksp)

$$Vaux = Var; IF Var > 3 THEN Vaux = 3$$

$$Waux = Walksp; IF Walksp > 1.5 THEN Waux = 1.5$$

$$CORcl = 1.044 * EXP((.066 * Vaux - .398) * Vaux + (.094 * Waux - .378) * Waux)$$

$$IF CORcl > 1 THEN CORcl = 1$$

$$CORia = EXP((.047 * Var - .472) * Var + (.117 * Waux - .342) * Waux)$$

$$IF CORia > 1 THEN CORia = 1$$

$$CORtot = CORcl$$

$$IF Icl <= .6 THEN CORtot = ((.6 - Icl) * CORia + Icl * CORcl) / .6$$

$$Itotdyn = Itotst * CORtot$$

$$IAdyn = CORia * last$$

$$Icldyn = Itotdyn - IAdyn / fcl$$

' Permeability index

' Correction for wind and walking

$$CORe = (2.6 * CORtot - 6.5) * CORtot + 4.9$$

$$imdyn = imst * CORe; IF imdyn > .9 THEN imdyn = .9$$

' Dynamic evaporative resistance

$$Rtdyn = Itotdyn / imdyn / 16.7$$

' HEAT EXCHANGES

' Heat exchanges through respiratory convection and evaporation

' temperature of the expired air

$$Texp = 28.56 + .115 * Ta + .641 * Pa$$

$$Cres = .001516 * Met * (Texp - Ta)$$

$$Eres = .00127 * Met * (59.34 + .53 * Ta - 11.63 * Pa)$$

' Mean temperature of the clothing: Tcl

' Dynamic convection coefficient

$$Z = 3.5 + 5.2 * Var$$

$$\text{IF } Var > 1 \text{ THEN } Z = 8.7 * Var ^ .6$$

$$Hcdyn = 2.38 * \text{ABS}(Tsk - Ta) ^ .25$$

$$\text{IF } Z > Hcdyn \text{ THEN } Hcdyn = Z$$

$$auxR = 5.67E-08 * Ardu$$

$$FclR = (1 - Ap) * .97 + Ap * Fr$$

$$Tcl = Tr + .1$$

Tcl:

' Radiation coefficient

$$Hr = FclR * auxR * ((Tcl + 273) ^ 4 - (Tr + 273) ^ 4) / (Tcl - Tr)$$

$$Tcl1 = ((fcl * (Hcdyn * Ta + Hr * Tr) + Tsk / Icdyn)) / (fcl * (Hcdyn + Hr) + 1 / Icdyn)$$

IF ABS(Tcl - Tcl1) > .001 THEN

$$Tcl = (Tcl + Tcl1) / 2$$

GOTO Tcl

END IF

' Convection and Radiation heat exchanges

$$Conv = fcl * Hcdyn * (Tcl - Ta)$$

$$Rad = fcl * Hr * (Tcl - Tr)$$

' Maximum Evaporation Rate

$$Emax = (Psk - Pa) / Rtdyn$$

' Required Evaporation Rate

$$Ereq = Met - dStoreq - Work - Cres - Eres - Conv - Rad$$

TCVN 7321 : 2009

' INTERPRETATION

' Required wettedness

$$w_{req} = E_{req} / E_{max}$$

' Required Sweat Rate

' If no evaporation required: no sweat rate

$$\text{IF } E_{req} \leq 0 \text{ THEN } E_{req} = 0: SW_{req} = 0: \text{GOTO } SW_p$$

' If evaporation is not possible, sweat rate is maximum

$$\text{IF } E_{max} \leq 0 \text{ THEN } E_{max} = 0: SW_{req} = SW_{max}: \text{GOTO } SW_p$$

' If required wettedness greater than 1.7: sweat rate is maximum

$$\text{IF } w_{req} \geq 1.7 \text{ THEN } w_{req} = 1.7: SW_{req} = SW_{max}: \text{GOTO } SW_p$$

' Required evaporation efficiency

$$E_{eff} = (1 - w_{req}^2) / 2$$

$$\text{IF } w_{req} > 1 \text{ THEN } E_{eff} = (2 - w_{req})^2 / 2$$

$$SW_{req} = E_{req} / E_{eff}$$

$$\text{IF } SW_{req} > SW_{max} \text{ THEN } SW_{req} = SW_{max}$$

SW_p:

' Predicted Sweat Rate, by exponential averaging

$$SW_p = SW_p * ConstSW + SW_{req} * (1 - ConstSW)$$

$$\text{IF } SW_p \leq 0 \text{ THEN } Ep = 0: SW_p = 0: \text{GOTO } Storage$$

' Predicted Evaporation Rate

$$k = E_{max} / SW_p$$

$$w_p = 1$$

$$\text{IF } k \geq .5 \text{ THEN } w_p = -k + \text{SQR}(k * k + 2)$$

$$\text{IF } w_p > W_{max} \text{ THEN } w_p = W_{max}$$

$$Ep = w_p * E_{max}$$

' Heat Storage

Storage:

$$dStorage = E_{req} - Ep + dStoreq$$

' PREDICTION OF THE CORE TEMPERATURE

$$T_{cr1} = T_{cr0}$$

```

TskTcr:
' Skin - Core weighting
  TskTcrwg = .3 - .09 * (Tcr1 - 36.8)
  IF TskTcrwg > .3 THEN TskTcrwg = .3
  IF TskTcrwg < .1 THEN TskTcrwg = .1
  Tcr = dStorage / spHeat + Tsk0 * TskTcrwg0 / 2 - Tsk * TskTcrwg / 2
  Tcr = (Tcr + Tcr0 * (1 - TskTcrwg0 / 2)) / (1 - TskTcrwg / 2)
  IF ABS(Tcr - Tcr1) > .001 THEN
    Tcr1 = (Tcr1 + Tcr) / 2: GOTO TskTcr
END IF
' PREDICTION OF THE RECTAL TEMPERATURE
  Tre = Tre0 + (2 * Tcr - 1.962 * Tre0 - 1.31) / 9
  IF Dlimtre = 0 AND Tre >= 38 THEN Dlimtre = time
' Total water loss rate during the minute (in W m-2)
  SWtot = SWtot + SWp + Eres
  SWtotg = SWtot * 2.67 * Adu / 1.8 / 60
  IF Dlimloss50 = 0 AND SWtotg >= Dmax50 THEN Dlimloss50 = time
  IF Dlimloss95 = 0 AND SWtotg >= Dmax95 THEN Dlimloss95 = time
  IF DRINK = 0 then Dlimloss95 = Dlimloss95 * 0.6: Dlimloss50 = Dlimloss95
' End of loop on duration
NEXT time
' Dlim computation
  IF Dlimloss50 = 0 THEN Dlimloss50 = Duration
  IF Dlimloss95 = 0 THEN Dlimloss95 = Duration
  IF Dlimtre = 0 THEN Dlimtre = Duration
PRINT "tre="; Tre
PRINT "SWtotg="; SWtotg
PRINT "Dlimtre="; Dlimtre
PRINT "Dlimloss50="; Dlimloss50
PRINT "Dlimloss95="; Dlimloss95
END

```

Phụ lục F

(quy định)

Các ví dụ tính toán mô hình căng thẳng nhiệt dự đoán

Phụ lục này cung cấp dữ liệu ban đầu và dữ liệu đầu ra chủ yếu cho 10 điều kiện lao động. Dữ liệu này nên sử dụng để kiểm tra bất kỳ phiên bản đặc biệt nào của chương trình tại Phụ lục E phải cung cấp các kết quả chính xác trong phạm vi độ chính xác tính toán là 0,1°C đối với nhiệt độ trực tràng dự đoán và 1 % đối với mất nước.

Thông số (đơn vị)	Ví dụ về điều kiện lao động									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thích nghi	Có	Có	Có	Không	Không	Có	Không	Không	Có	Có
Tư thế	Đứng	Đứng	Đứng	Đứng	Ngồi	Ngồi	Đứng	Đứng	Đứng	Đứng
t_a (°C)	40	35	30	28	35	43	35	34	40	40
p_a (kPa)	2,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
t_r (°C)	40	35	50	58	35	43	35	34	40	40
v_a (m/s)	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
M (W/m ²)	150	150	150	150	150	103	206	150	150	150
I_{cl} (clo)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,4	0,4
θ (độ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Vận tốc đi bộ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t_{re} cuối cùng (°C)	37,5	39,8	37,7	41,2	37,6	37,3	39,2	41,0	37,5	37,6
Mất nước (g)	6168	6935	7166	5807	3892	6763	7236	5548	6684	5379
$D_{lim\ tre}$ (min)	480	74	480	57	480	480	70	67	480	480
$D_{limloss50}$ (min)	439	385	380	466	480	401	372	480	407	480
$D_{limloss95}$ (min)	298	256	258	314	463	271	247	318	276	339

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 7112 (ISO 7243), Môi trường nóng – Đánh giá stress nhiệt đối với người lao động bằng chỉ số WBGT (nhiệt độ cầu ướt).
 - [2] MALCHAIRE J. (1999), Evaluation and control of warm working conditions, Proceedings of the BIOMED "Heat Stress" Conference, Barcelona, June 14-15
 - [3] MALCHAIRE J., GEBHARDT H.J., PIETTE A. (1999), Strategy for evaluation and prevention of risk due to work in thermal environment, The Annals of Occupational Hygiene, 43(5), pp.367-376
 - [4] HAVENITH G., HOLMR I., DEN HARTOG E.A., PARSONS K.C. (1999), Clothing evaporative heat resistance. Proposal for improved representation in standards and models, The Annals of Occupational Hygiene, July, 43(5), pp. 339-46 MALCHAIRE J., KAMPMANN B., HAVENITH G.,
 - [5] MEHNERT P., GEBHARDT H.J. (2000), Criteria for estimating acceptable exposure times in hot work environment, a review, International Archives of Occupational and Environmental Health, 73(4), pp. 215-220
 - [6] MALCHAIRE J., PIETTE A., KAMPMANN B., MEHNERT P., GEBHARDT H., HAVENITH G., DEN HARTOG E., HOLMER I., PARSONS K., ALFANO G., GRIEFAHN B. (2000), Development and validation of the predicted heat strain model, The Annals of Occupational Hygiene, 45(2), pp. 123-135
 - [7] MEHNERT P., MALCHAIRE J., KAMPMANN B., PIETTE A., GRIEFAHN B., GEBHARDT H.J. (2000), Prediction of the average skin temperature in warm and hot environments, European Journal of Applied Physiology, 82(1-2), pp. 52-60
 - [8] PARSONS K.C., HAVENITH G., HOLMÉR I., NILSSON H., MALCHAIRE J. (1999), The effects of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing, The Annals of Occupational Hygiene, 43(5), pp. 347-352
-