

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 7212 : 2009

ISO 8996 : 2004

Xuất bản lần 2

**ECGÔNÔMI MÔI TRƯỜNG NHIỆT –
XÁC ĐỊNH MỨC CHUYỂN HÓA**

Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate

HÀ NỘI – 2009

Lời nói đầu

TCVN 7212 : 2009 thay thế TCVN 7212 : 2002

TCVN 7212 : 2009 hoàn toàn tương đương với ISO 8996 : 2004.

TCVN 7212 : 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.

Ecgonômi môi trường nhiệt – Xác định mức chuyển hóa

Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate

1 Phạm vi áp dụng

Mức chuyển hóa là một dạng chuyển đổi từ năng lượng hóa học sang năng lượng cơ học và nhiệt, được đo bằng tiêu hao năng lượng của gánh nặng cơ bắp và cho biết chỉ số hoạt động được lượng hóa. Mức chuyển hóa là yếu tố quyết định quan trọng đối với sự thoải mái hoặc căng thẳng do phơi nhiễm với môi trường nhiệt. Đặc biệt, trong môi trường khí hậu nóng, sự sinh nhiệt cao do chuyển hóa liên quan tới lao động cơ bắp làm tăng thêm stress nhiệt vì vậy một lượng lớn nhiệt cần được giải phóng, chủ yếu do bay hơi mồ hôi.

Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp khác nhau để xác định mức chuyển hóa trong phạm vi ecgonômi về môi trường khí hậu làm việc. Tiêu chuẩn này cũng được áp dụng cho các ứng dụng khác, ví dụ: đánh giá thực hành lao động, tiêu hao năng lượng của các nghề hay hoạt động thể thao cụ thể, tổng tiêu hao năng lượng của hoạt động v.v...

Các đánh giá, bảng biểu hoặc các số liệu khác trong tiêu chuẩn này liên quan tới một cá thể "trung bình":

- nam 30 tuổi; nặng 70 kg; cao 1,75 m (diện tích da cơ thể 1,8 m²)
- nữ 30 tuổi; nặng 60 kg; cao 1,70 m (diện tích da cơ thể 1,6 m²)

Người sử dụng nên có những điều chỉnh phù hợp khi tiến hành áp dụng đối với các nhóm người riêng biệt kể cả: chủng tộc, trẻ em, người già, người khuyết tật v.v...

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 7439 (ISO 9886), Ecgonômi – Đánh giá sự căng thẳng nhiệt bằng phép đo sinh lý.

ISO 15265, Ergonomics of the thermal environment – Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in the thermal working conditions (Ecgonômi môi trường nhiệt – Chiến lược đánh giá nguy cơ nhằm phòng ngừa stress hay không thoải mái khi làm việc trong điều kiện nhiệt).

3 Nguyên lý và độ chính xác

Hiệu suất cơ học của lao động cơ bắp - còn gọi là "công hữu ích", W - là rất nhỏ. Trong hầu hết các dạng của lao động công nghiệp, hiệu suất cơ học rất nhỏ (chỉ một vài phần trăm) và có thể được coi như bằng 0. Điều này có nghĩa là tổng mức tiêu hao năng lượng trong khi làm việc bằng với sự sinh nhiệt. Trong tiêu chuẩn này, mức chuyển hóa được coi như bằng với mức sinh nhiệt.

Bảng 1 liệt kê các cách tiếp cận khác nhau được đưa ra trong tiêu chuẩn này nhằm xác định mức chuyển hóa.

Các cách tiếp cận này được xây dựng theo triết lý đưa ra trong ISO 15265 liên quan đến việc đánh giá phơi nhiễm. Bốn mức độ được quan tâm ở đây là:

Mức 1, phân loại: Hai phương pháp đơn giản và dễ sử dụng được trình bày để mô tả nhanh giá trị gánh nặng lao động trung bình của một nghề hoặc một hoạt động nào đó:

- phương pháp 1A là cách phân loại theo nghề nghiệp
- phương pháp 1B là cách phân loại theo loại hoạt động

Cả hai phương pháp đều chỉ cung cấp cách đánh giá sơ bộ và vẫn còn sai số. Điều này hạn chế đáng kể độ chính xác. Ở mức này, không cần tiến hành khảo sát nơi làm việc.

Mức 2, quan sát: Hai phương pháp được giới thiệu cho người hiểu biết đầy đủ về điều kiện làm việc nhưng chưa được huấn luyện về ecgonômi, để mô tả và tính toán trung bình trạng thái làm việc tại một thời điểm xác định:

- ở phương pháp 2A, mức chuyển hóa được xác định bằng cách đưa thêm vào mức chuyển hóa cơ bản mức chuyển hóa đối với tư thế cơ thể, mức chuyển hóa đối với loại lao động và mức chuyển hóa đối với cử động cơ thể có liên quan đến tốc độ lao động (sử dụng Bảng đánh giá nhóm)
- ở phương pháp 2B, mức chuyển hóa được xác định bằng cách tra bảng các giá trị đối với các hoạt động khác nhau.

Các hoạt động được mô tả để ghi chép lại các hoạt động theo thời gian và tính toán mức chuyển hóa trung bình theo thời gian, trên cơ sở sử dụng dữ liệu từ hai phương pháp trên.

Có khả năng mắc sai số cao. Cần nghiên cứu về thời gian và vận động để xác định mức chuyển hóa trong tình huống làm việc khi trong một chu kỳ có các hoạt động khác nhau.

Mức 3, phân tích: Một phương pháp dành cho người đã được tập huấn về sức khỏe nghề nghiệp và ecgonômi môi trường nhiệt. Mức chuyển hóa được xác định từ nhịp tim trong một khoảng thời gian đại

diện. Phương pháp này để xác định gián tiếp mức chuyển hóa dựa trên mối tương quan giữa lượng oxy tiêu thụ và nhịp tim ở những điều kiện xác định.

Mức 4, chuyên gia: Có ba phương pháp được giới thiệu. Ba phương pháp này được thực hiện bởi các chuyên gia với các phép đo chuyên nghiệp.

- ở phương pháp 4A, lượng oxy tiêu thụ được đo trong những khoảng thời gian ngắn (từ 10 min đến 20 min) (cần nghiên cứu chi tiết về thời gian và vận động để chỉ rõ tính đại diện của khoảng thời gian tiến hành đo);
- phương pháp 4B được gọi là phương pháp "đánh dấu bằng nước nặng" nhằm mô tả mức chuyển hóa trung bình trong những khoảng thời gian dài hơn nhiều (từ 1 tuần đến 2 tuần);
- phương pháp 4C là phương pháp đo lượng calo trực tiếp.

Các yếu tố chính ảnh hưởng tới độ chính xác của việc đánh giá như sau:

- biến số cá nhân;
- các sự khác biệt về thiết bị làm việc;
- các sự khác biệt về tốc độ làm việc;
- các sự khác biệt về kỹ thuật và kỹ năng làm việc;
- các sự khác biệt về giới và đặc điểm nhân trắc;
- các sự khác biệt về phong tục tập quán;
- các sự khác biệt giữa người quan sát và mức độ huấn luyện khi sử dụng các bảng;
- khi sử dụng mức 3, độ chính xác của mối tương quan giữa nhịp tim và oxy tiêu thụ, cũng như các yếu tố stress khác cũng ảnh hưởng đến nhịp tim;
- độ chính xác của phép đo (xác định thể tích khí thở và tỷ lệ oxy) tại mức 4.

Độ chính xác của các kết quả, cũng như các chi phí nghiên cứu, tăng từ mức 1 đến mức 4. Phép đo tại mức 4 cho các giá trị chính xác nhất. Nên sử dụng phương pháp nào có độ chính xác cao nhất trong điều kiện có thể.

Bảng 1 – Các mức xác định chuyển hóa

Mức	Phương pháp	Độ chính xác	Khảo sát nơi làm việc
1 Phân loại	1A: Phân loại theo nghề nghiệp	Thông tin sơ bộ Nguy cơ sai số rất lớn	Không cần thiết, nhưng cần có thông tin về thiết bị kỹ thuật, tổ chức lao động
	1B: Phân loại theo hoạt động		
2 Quan sát	2A: Các Bảng đánh giá nhóm	Nguy cơ sai số cao	Cần nghiên cứu về thời gian và vận động
	2B: các Bảng cho các hoạt động riêng biệt	Độ chính xác: $\pm 20\%$	
3 Phân tích	Phép đo nhịp tim ở các điều kiện xác định	Nguy cơ sai số trung bình Độ chính xác: $\pm 10\%$	Yêu cầu nghiên cứu để xác định một khoảng thời gian đại diện
4 Chuyên gia	4A: Phép đo lượng oxy tiêu thụ	Sai số trong các giới hạn chính xác của phép đo hoặc nghiên cứu về thời gian và vận động	Cần nghiên cứu về thời gian và vận động
	4B: Phương pháp đánh dấu bằng nước nặng		Không cần khảo sát nơi làm việc, nhưng phải đánh giá các hoạt động lúc giải trí.
	4C: Đo lượng calo trực tiếp	Độ chính xác: $\pm 5\%$	Không cần khảo sát nơi làm việc

4 Mức 1, phân loại

4.1 Bảng dùng để ước tính chuyển hóa theo nghề nghiệp

Bảng A.1 trong Phụ lục A cho thấy mức chuyển hóa đối với một số nghề nghiệp khác nhau. Những giá trị này là những giá trị trung bình cho toàn bộ khoảng thời gian làm việc, không tính đến những khoảng nghỉ dài, ví dụ: nghỉ ăn trưa. Có thể xuất hiện sự biến động đáng kể do có sự khác biệt về công nghệ, các yếu tố lao động, tổ chức lao động v.v...

4.2 Phân loại mức chuyển hóa theo cấp độ

Mức chuyển hóa có thể ước tính gần đúng bằng cách sử dụng phân loại đưa ra trong Phụ lục A. Bảng A.2 định ra năm loại mức chuyển hóa: mức nghỉ ngơi, mức chuyển hóa thấp, mức chuyển hóa trung bình, mức chuyển hóa cao và mức chuyển hóa rất cao. Đối với mỗi loại, có một giá trị trung bình và khoảng giá trị của mức chuyển hóa cũng như một con số trong ví dụ. Các hoạt động này bao gồm cả khoảng nghỉ ngắn. Các ví dụ trong Bảng A.2 minh họa cho sự phân loại này.

5 Mức 2, quan sát

5.1 Ước tính mức chuyển hóa theo các yêu cầu công việc

Ở đây, mức chuyển hóa được ước tính theo các quan sát như sau:

- bộ phận cơ thể tham gia trong công việc: cả bàn hai tay, một cánh tay, hai cánh tay, toàn bộ cơ thể;

- gánh nặng công việc đối với bộ phận cơ thể đó: nhẹ, trung bình, nặng, khi được người quan sát đánh giá một cách chủ quan;
- tư thế của cơ thể: ngồi, quỳ, cúi, đứng, đứng khom người;
- tốc độ làm việc.

Bảng B.1 tại Phụ lục B đưa ra giá trị trung bình và phạm vi các mức chuyển hóa đối với một người chuẩn, được ngồi, trong khi một bộ phận cơ thể đang hoạt động và gánh nặng công việc. Bảng B.2 đưa ra những điều chỉnh được bổ sung ở tư thế khác với tư thế ngồi.

5.2 Mức chuyển hóa cho các hoạt động điển hình

Bảng B.3 tại Phụ lục B cung cấp các khoảng giá trị của mức chuyển hóa đối với các hoạt động điển hình. Những giá trị này được căn cứ trên các phép đo đã được tiến hành trong các phòng thí nghiệm.

5.3 Mức chuyển hóa của một chu trình lao động

Để xác định mức chuyển hóa của một chu trình lao động cần phải tiến hành nghiên cứu thời gian và vận động làm việc bao gồm một bản mô tả chi tiết công việc đó. Điều này bao gồm việc phân loại từng hoạt động, có tính đến các yếu tố như khoảng thời gian của mỗi loại hoạt động, khoảng cách đi lại, chiều cao phải trèo, trọng lượng mang vác, số động tác tiến hành v.v...

Mức chuyển hóa trung bình tính theo thời gian cho một chu trình lao động có thể được xác định từ mức chuyển hóa của hoạt động tương ứng và của khoảng thời gian tương ứng sử dụng công thức:

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i t_i \quad (1)$$

Trong đó

M mức chuyển hóa trung bình đối với chu trình lao động, tính bằng oát trên mét vuông;

M_i mức chuyển hóa đối với hoạt động i , tính bằng oát trên mét vuông;

t_i khoảng thời gian hoạt động, tính bằng phút;

T khoảng thời gian, tính bằng phút, của chu trình lao động được xét đến, và bằng tổng từng khoảng thời gian t_i

Việc ghi chép các hoạt động nghề nghiệp và khoảng thời gian thực hiện các hoạt động cho một ngày làm việc hoặc cho một thời điểm riêng biệt có thể được đơn giản hóa bằng cách sử dụng nhật ký được mô tả tại Bảng B.4 và Bảng B.5. Các hoạt động được ghi lại khi chúng bị thay đổi, sử dụng mã phân loại lấy từ các Bảng để ước tính mức chuyển hóa theo các thành phần công việc. Số lượng các thành phần được xét tới sẽ thay đổi phụ thuộc vào mức độ phức tạp của hoạt động.

TCVN 7212 : 2009

Quy trình thực hiện như sau:

- a) điền đầy đủ tên và các chi tiết khác của người được nghiên cứu;
- b) quan sát công việc của người được nghiên cứu (tối thiểu từ 2 đến 3 tiếng đồng hồ);
- c) Xác định từng thành phần công việc cá nhân và mức chuyển hóa tương ứng được ước tính ở Bảng B.1 hoặc B.3;
- d) luôn luôn ghi nhật ký khi thành phần công việc bị thay đổi;
- e) tính tổng độ dài thời gian dành cho từng thành phần công việc;
- f) nhân độ dài thời gian dành cho từng thành phần công việc với mức chuyển hóa tương ứng;
- g) cộng các giá trị;
- h) chia tổng giá trị cho độ dài thời gian quan sát.

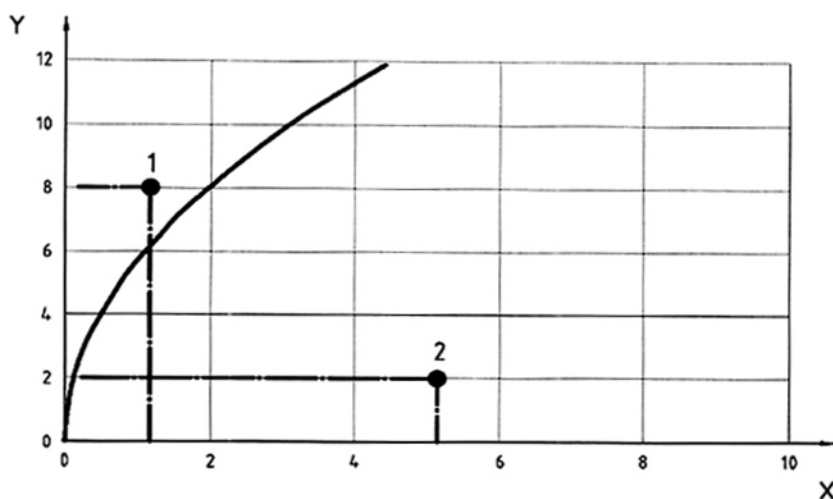
Các biểu mẫu đánh giá tại Bảng B.4 và B.5.

5.4 Ảnh hưởng của độ dài thời gian nghỉ ngơi và thời gian lao động

Các Bảng tại Phụ lục B không thể sử dụng cho việc đánh giá mức chuyển hóa trung bình đối với các điều kiện lao động với một chuỗi không liên tục các khoảng hoạt động ngắn và các khoảng nghỉ dài. Trong trường hợp này, kỹ thuật được mô tả ở điều 5.3 sẽ dẫn tới việc đánh giá thấp hơn mức chuyển hóa, được biết đến với tên gọi hiệu ứng Simonson. Giới hạn giá trị của sự kết hợp giữa khoảng thời gian làm việc và khoảng thời gian nghỉ ngơi được biểu thị bằng đường cong trong Hình 1. Ví dụ 1 đề cập đến một chu trình của 8 min nghỉ ngơi và 1 min làm việc. Trong trường hợp này, kỹ thuật được mô tả trong điều 5.3 có thể dẫn đến việc đánh giá không đầy đủ đối với mức chuyển hóa và các Bảng tại Phụ lục B cũng có thể không được áp dụng. Đối với các chu trình làm việc – nghỉ ngơi như ở ví dụ 2, các Bảng có thể được sử dụng với độ chính xác như yêu cầu.

Hình 1 chỉ áp dụng nếu không có gánh nặng lao động thể lực trong suốt các khoảng thời gian nghỉ ngơi.

Mức chuyển hóa tăng do hiệu ứng này phụ thuộc vào loại công việc và các nhóm cơ được sử dụng. Các thông tin cụ thể hơn về vấn đề này không được đưa ra trong tiêu chuẩn này, bởi vì sự phức tạp của nó và vì nó ít liên quan đến mức đánh giá này.

**Chú giải:**

X độ dài của khoảng thời gian làm việc, tính bằng phút

Y độ dài của lúc nghỉ giải lao, tính bằng phút

1 Ví dụ 1

2 Ví dụ 2

Hình 1 – Đường cong biểu thị giới hạn giá trị của việc kết hợp giữa khoảng thời gian làm việc và nghỉ ngơi khi ước tính mức chuyển hóa

5.5 Tính toán các giá trị bằng phép nội suy

Có thể tính toán được các giá trị mức chuyển hóa bằng phép nội suy. Khi tốc độ lao động khác với những giá trị được nêu trong các bảng tại Phụ lục B, thì chỉ có thể thay đổi trong khoảng $\pm 25\%$ của tốc độ được nêu.

5.6 Những yêu cầu đối với việc áp dụng các bảng mức chuyển hóa

Nhằm cho phép so sánh giá trị của các nguồn khác nhau, các giá trị được báo cáo trong các bảng tại Phụ lục A và B được tiêu chuẩn hóa đối với người chuẩn đang làm việc trong môi trường nhiệt dễ chịu.

Mức chuyển hóa cho một người đang thực hiện một công việc có thể thay đổi trong giới hạn xung quanh các giá trị trung bình đưa ra trong các bảng, do có sự ảnh hưởng của các yếu tố được đề cập đến trong Điều 3.

Tuy nhiên, mức chuyển hóa có thể được ước tính:

- đối với cùng một công việc và dưới cùng điều kiện làm việc, thì mức chuyển hóa có thể biến động từ người này đến người kia trong khoảng $\pm 5\%$;
- đối với một người đã được huấn luyện trong lao động, sự biến động có thể vào khoảng 5% trong điều kiện phòng thí nghiệm;

TCVN 7212 : 2009

- trong điều kiện hiện trường, nghĩa là khi hoạt động được đo không lặp lại chính xác qua mỗi lần thử nghiệm, sự biến động có thể lên tới 20 %.

Xét về nguy cơ sai số trong trường hợp này, thường thì không được chứng minh, tại mức đánh giá này, cần tính đến sự khác biệt về chiều cao và giới tính.

Việc tính đến trọng lượng của đối tượng được đảm bảo chỉ đối với các hoạt động bao gồm các chuyển động của toàn bộ cơ thể, ví dụ: đi lại, leo trèo, nâng vật nặng.

Trong điều kiện nóng, có thể xảy ra sự tăng tối đa từ 5 W/m² tới 10 W/m² do tăng nhịp tim và bài tiết mồ hôi. Việc điều chỉnh như vậy không được chứng minh.

Mặt khác, ở điều kiện lạnh đến mức rung mình có thể xảy ra sự tăng tối đa tới 200 W/m², việc mặc quần áo dày cũng sẽ làm tăng mức chuyển hóa, do tăng trọng lượng của đối tượng và giảm tốc độ di chuyển của đối tượng.

6 Mức 3, phân tích

6.1 Ước tính mức chuyển hóa bằng sử dụng nhịp tim

Nhịp tim tại một thời điểm đã cho có thể xem như tổng của một số thành phần:

$$HR = HR_0 + \Delta HR_M + \Delta HR_S + \Delta HR_T + \Delta HR_N + \Delta HR_E \quad (2)$$

Trong đó

- HR_0 nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, lúc nghỉ trong tư thế nằm trong điều kiện nhiệt độ bình thường;
- ΔHR_M sự tăng nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, do gánh nặng vận cơ động trong điều kiện nhiệt độ bình thường;
- ΔHR_S sự tăng nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, do lao động vận cơ tĩnh (thành phần này phụ thuộc vào mối tương quan giữa lực được sử dụng động tối đa của nhóm cơ làm việc);
- ΔHR_T sự tăng nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, do stress nhiệt (thành phần nhiệt được đề cập trong TCVN 7439 (ISO 9886));
- ΔHR_N sự tăng nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, do gánh nặng tinh thần;
- ΔHR_E sự thay đổi của nhịp tim, tính bằng nhịp trên phút, do các yếu tố khác, ví dụ do ảnh hưởng của hô hấp, các nhịp ngày đêm, sự mất nước.

Trong trường hợp lao động vận cơ động sử dụng các nhóm cơ lớn, với chỉ gánh nặng vận cơ tĩnh thấp và trong trường hợp không có căng thẳng nhiệt và các gánh nặng tinh thần, thì mức chuyển hóa có thể ước tính được bằng cách đo nhịp tim trong lúc làm việc. Trong các điều kiện như vậy thì mức chuyển hóa và nhịp tim có mối tương quan tuyến tính. Nếu những hạn chế đã đề cập ở phần trên đã được tính

đến, thì phương pháp này có thể chính xác hơn các phương pháp ước tính mức 1 và mức 2 (xem Bảng 1) và ít phức tạp hơn phép đo lượng oxy tiêu thụ, phương pháp này cho kết quả chính xác nhất.

Nhịp tim có thể được ghi lại liên tục, ví dụ bằng cách sử dụng thiết bị đo từ xa, hoặc cách ít chính xác hơn là đo bằng tay bằng cách đếm nhịp động mạch [xem TCVN 7439 (ISO 9886)].

Nhịp tim trung bình HR có thể được tính qua các khoảng thời gian cố định, ví dụ như trong một phút, qua các chu trình làm việc khác nhau hoặc qua toàn bộ ca làm việc.

Khi xuất hiện gánh nặng nhiệt đáng kể, lao động vận cơ tĩnh, lao động vận cơ động với các nhóm cơ nhỏ và/ hoặc các gánh nặng tâm thần, độ dốc và dạng biểu đồ của nhịp tim trong mối tương quan của mức chuyển hóa có thể thay đổi mạnh. Quy trình áp dụng để hiệu chỉnh các phép đo nhịp tim đối với hiệu ứng nhiệt được quy định trong TCVN 7439 (ISO 9886).

6.2 Tương quan giữa nhịp tim và mức chuyển hóa

Tương quan giữa nhịp tim và mức chuyển hóa có thể đo được bằng ghi lại nhịp tim ở các giai đoạn khác nhau của gánh nặng cơ đã được định rõ trong suốt quá trình thí nghiệm trong môi trường khí hậu bình thường. Nhịp tim và lượng oxy tiêu thụ hoặc thực hiện lao động thể lực được đo trong thời gian lao động vận cơ động ở các giai đoạn gánh nặng khác nhau. Như đối với loại công việc (xe đạp lực kế, thử nghiệm bước bục, băng chuyền đi bộ), loại hình công việc theo trình tự và thời gian của các trạng thái gánh nặng có ảnh hưởng đến cả hai thông số, do đó cần sử dụng một quy trình được tiêu chuẩn hóa.

Nói chung, sự tuyến tính thực còn giữ được trong khoảng mở rộng:

- Từ giới hạn thấp hơn 120 nhịp tim/ min (bpm), bởi vì gánh nặng tinh thần có thể bỏ qua.
- Thấp hơn 20 nhịp tim so với nhịp tim tối đa của người đó, vì nếu trên giá trị này, nhịp tim có xu hướng cân bằng.

Trong khoảng này, mối tương quan giữa nhịp tim và mức chuyển hóa có thể được viết như sau:

$$HR = HR_0 + RM \times (M - M_0) \quad (3)$$

Trong đó

M mức chuyển hóa, tính bằng oát trên mét vuông;

M₀ mức chuyển hóa lúc nghỉ, tính bằng oát trên mét vuông;

RM sự tăng nhịp tim trên đơn vị mức chuyển hóa;

HR₀ nhịp tim lúc nghỉ, trong điều kiện nhiệt bình thường.

Mối tương quan này được sử dụng để tính mức chuyển hóa từ nhịp tim đo được.

Khi biểu thức này được rút ra từ các phép đo *HR* và *M* trong quá trình thực nghiệm, thì độ chính xác có thể ước tính vào khoảng 10 %.

Với độ chính xác giảm nhiều hơn nữa, biểu thức có thể được rút ra từ những ước tính về:

TCVN 7212 : 2009

- nhịp tim lúc nghỉ trong điều kiện nhiệt bình thường HR_0
- mức chuyển hóa lúc nghỉ M_0 (= 55 oát trên mét vuông);
- hiệu suất làm việc tối đa MWC, được ước tính bằng cách sử dụng công thức sau như một hàm số của tuổi tác (A, tính bằng năm) và khối lượng cơ thể (P, tính bằng kilogam):

$$\text{Nam : } MWC = (41,7 - 0,22A)P^{0,666} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \quad (4)$$

$$\text{Nữ : } MWC = (35,0 - 0,22A) P^{0,666} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \quad (5)$$

- nhịp tim tối đa HR_{\max} , được tính bằng công thức sau:

$$HR_{\max} = 205 - 0,26A \quad (6)$$

- $RM = (HR_{\max} - HR_0)/(MWC - M_0)$ (7)

Bảng C.1 trong Phụ lục C trực tiếp đưa ra những ước tính về mối quan hệ HR-M đối với các lứa tuổi từ 20 tuổi đến 60 tuổi và cân nặng từ 50 kg đến 90 kg. Trong trường hợp này, độ chính xác giảm nhiều hơn.

7 Mức 4, chuyên gia

7.1 Xác định mức chuyển hóa qua phép đo lượng oxy tiêu thụ

7.1.1 Phương pháp từng phần và phương pháp tích hợp

Mức chuyển hóa có thể được xác định bằng hai phương pháp chính:

- phương pháp từng phần, được áp dụng đối với công việc nhẹ và không quá nặng;
- phương pháp tích hợp, được áp dụng đối với công việc nặng trong khoảng thời gian ngắn.

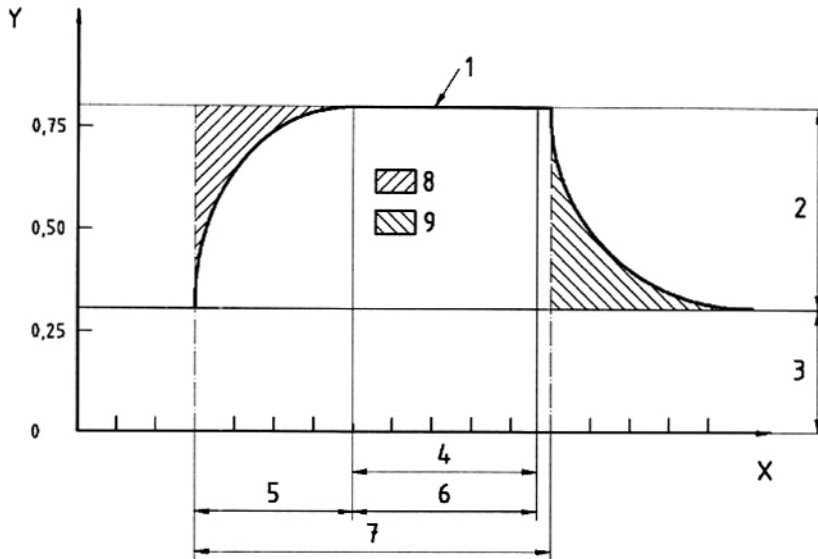
Việc áp dụng hai phương pháp trên được đưa ra như sau:

- trong trường hợp công việc nhẹ và không quá nặng, lượng oxy tiêu thụ đạt tới trạng thái ổn định bằng với nhu cầu oxy sau một khoảng thời gian làm việc ngắn.
- trong trường hợp công việc nặng, nhu cầu về oxy vượt trên mức giới hạn dài về khả năng cung cấp oxy và trong trường hợp công việc cực kỳ nặng thì nhu cầu về oxy sẽ vượt trên mức khả năng cung cấp oxy tối đa. Trong quá trình làm việc nặng, lượng khí oxy cung cấp không thể đáp ứng được nhu cầu về oxy tiêu thụ của cơ thể. Lượng oxy thiếu hụt sẽ được cân bằng sau khi ngừng công việc. Phương pháp tích hợp sẽ được sử dụng đối với mức tiêu thụ oxy lớn hơn 60 lít oxy trên giờ (60 lít O_2/h), tương đương 1 lít oxy trên phút.

Hình 2 chỉ ra quy trình thực hiện khi áp dụng phương pháp từng phần.

Vi trạng thái ổn định chỉ đạt được sau khi thở từ 3 min đến 5 min, nên việc lấy mẫu khí thở ra bắt đầu sau khoảng 5 min (giai đoạn ban đầu), công việc không ngắt quãng. Công việc tiếp tục trong khoảng từ

5 min đến 10 min (giai đoạn chính). Việc lấy mẫu khí có thể hoặc lấy mẫu hoàn toàn (ví dụ với một túi Douglas) hoặc lấy mẫu thông thường (ví dụ với một dụng cụ đo khí). Việc lấy mẫu khí dừng lại khi công việc kết thúc.



Chú giải

- X thời gian, tính bằng min
- Y lượng oxy tiêu thụ, tính bằng l/min
- 1 lượng oxy yêu cầu
- 2 sự tăng mức chuyển hóa do công việc
- 3 giới hạn mức chuyển hóa
- 4 khoảng thời gian đo
- 5 giai đoạn ban đầu
- 6 giai đoạn chính
- 7 khoảng thời gian làm việc
- 8 lượng oxy thiếu hụt (nợ oxy)
- 9 lượng oxy hoàn trả

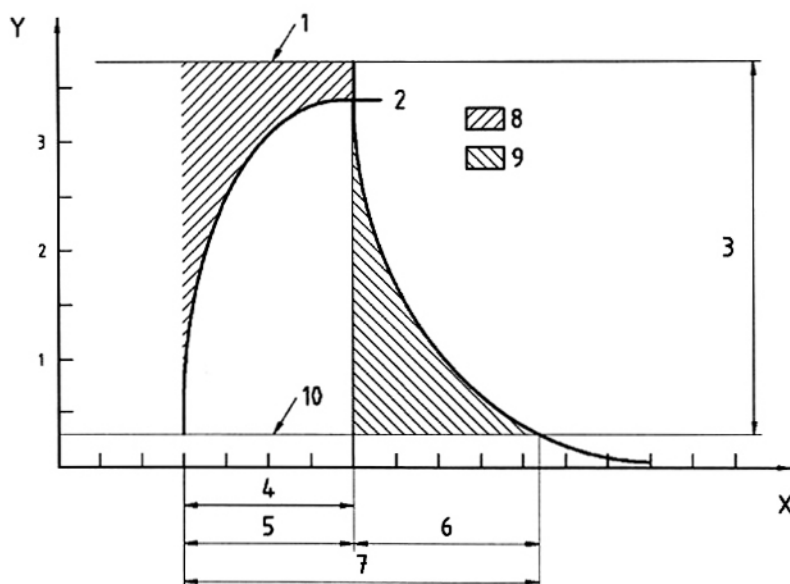
Hình 2 – Đo mức chuyển hóa bằng cách áp dụng phương pháp từng phần

Với phương pháp tích hợp (xem Hình 3), việc lấy mẫu khí thở ra được tiến hành ngay tại khoảng thời gian bắt đầu công việc và công việc được tiếp tục trong một khoảng thời gian nhất định, thường thì không nhiều hơn 2 min đến 3 min (giai đoạn chính). Cuối giai đoạn làm việc, người đó sẽ được yêu cầu ngồi xuống và lấy mẫu liên tục đến khi đạt giá trị nghỉ ngơi. Trong quá trình phục hồi này, lượng oxy thiếu hụt (nợ ôxy) trong quá trình làm việc sẽ được hoàn trả. Vì phương pháp đo gồm giai đoạn hoạt động làm việc (giai đoạn chính) và giai đoạn ngồi nghỉ (giai đoạn hồi phục), nên mức chuyển hóa cho

TCVN 7212 : 2009

giai đoạn nghỉ ngơi phải được trừ bớt đi từ giá trị được đo để thu được một mình mức chuyển hóa của giai đoạn hoạt động làm việc.

Việc ghi lại các giá trị đo trong suốt quá trình làm việc là rất cần thiết (nghiên cứu về thời gian và vận động) và tần suất lặp lại của các hoạt động để đánh giá kết quả và so sánh mức chuyển hóa với dữ liệu có trong tài liệu. Ví dụ về tính mức chuyển hóa được đưa ra trong Phụ lục D.



Chú giải

X thời gian, tính bằng min

Y lượng oxy tiêu thụ, tính bằng l/min

1 lượng oxy yêu cầu

2 khả năng cung cấp oxy tối đa

3 sự tăng mức chuyển hóa do công việc

4 khoảng thời gian làm việc

5 giai đoạn chính

6 giai đoạn phục hồi

7 khoảng thời gian thực hiện phép đo

8 sự bù lại lượng oxy thiếu hụt

9 lượng oxy hoàn trả

10 mức chuyển hóa cơ bản

Hình 3 – Đo mức chuyển hóa bằng cách áp dụng phương pháp tích hợp

7.1.2 Xác định mức chuyển hóa từ tiêu thụ oxy

Cơ thể con người chỉ có thể trữ được một lượng oxy rất nhỏ, nên oxy cần được lấy vào liên tục từ khí quyển qua hít thở. Các cơ chỉ có thể hoạt động trong khoảng thời gian ngắn mà không cần oxy cung cấp trực tiếp (hoạt động yếm khí), nhưng với giai đoạn làm việc dài hơn, chuyển hóa oxy là nguồn năng lượng chính.

Mức chuyển hóa có thể được xác định bằng cách đo lượng oxy tiêu thụ. Đương lượng năng lượng (EE) của oxy được sử dụng để chuyển đổi oxy tiêu thụ thành mức chuyển hóa.

Đương lượng năng lượng phụ thuộc vào dạng chuyển hóa được biểu thị bằng thương số hô hấp (RQ). Trong việc xác định mức chuyển hóa, việc sử dụng một giá trị trung bình RQ bằng 0,85 và sau đó một đương lượng năng lượng (EE) = 5,68 W.h/l O₂ là đủ cơ sở để xác định mức chuyển hóa. Trong trường hợp đó, không cần thiết phải đo mức cacbon dioxit sinh ra. Sai số tối đa có thể là ± 3,5% nhưng thông thường sai số không vượt quá 1%.

Mức chuyển hóa có thể được xác định theo các công thức sau:

$$RQ = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{O_2}} \quad (8)$$

$$EE = (0,23RQ + 0,77) 5,88 \quad (9)$$

$$M = EE \times \dot{V}_{O_2} \times \frac{1}{A_{Du}} \quad (10)$$

Trong đó

RQ thương số hô hấp;

\dot{V}_{O_2} lượng oxy tiêu thụ, tính bằng lít oxy trên giờ;

\dot{V}_{CO_2} mức cacbon dioxit sản sinh, tính bằng lít cacbon dioxit trên giờ;

M mức chuyển hóa, tính bằng oát trên mét vuông;

A_{Du} diện tích cơ thể, tính bằng mét vuông, theo công thức Du Bois;

EE đương lượng năng lượng, tính bằng oát giờ trên một lít oxy (W.h/l O₂).

$$A_{Du} = 0,202 \times W_b^{0,425} \times H_b^{0,725} \quad (11)$$

Trong đó

W_b khối lượng cơ thể, tính bằng kilogam;

H_b chiều cao cơ thể, tính bằng mét.

TCVN 7212 : 2009

7.1.3 Xác định lượng oxy tiêu thụ

Quy trình xác định lượng oxy tiêu thụ được mô tả trong các điều dưới đây:

7.1.3.1 Tính toán hệ số giảm STPD

Việc xác định lượng nhu cầu oxy tiêu thụ yêu cầu dữ liệu được đo hoặc được ghi lại:

- a) dữ liệu cá nhân: giới tính, cân nặng, chiều cao, tuổi;
- b) phương pháp đo;
- c) khoảng thời gian đo: phương pháp từng phần hoặc phương pháp tích hợp như đã mô tả tại điều 7.1.1;
- d) áp suất khí quyển;
- e) thể tích của khí thở ra;
- f) nhiệt độ của khí thở ra;
- g) phân áp oxy trong khí thở ra;
- h) phân áp cacbon dioxit trong khí thở ra nếu cần xác định RQ.

Thể tích khí phải liên quan đến $t = 0^\circ \text{C}$, $p = 101,3 \text{ kPa}$ (áp suất khí quyển thông thường) với khí khô (các điều kiện STPD: nhiệt độ áp suất và độ khô tiêu chuẩn). Vì không khí thu được bão hòa hơi nước (áp suất bão hòa của nhiệt độ hơi nước) và nhiệt độ của nó được xác định bằng nhiệt độ xung quanh (điều kiện ATPS: nhiệt độ khí quyển và áp suất, bão hòa), hệ số giảm f có thể được tính bằng công thức sau, sử dụng áp suất riêng phần của hơi nước (xem Bảng 2).

$$f = \frac{273 \times (p - p_{H_2O})}{(273 + \theta) \times 101,3} \quad (12)$$

trong đó

- f hệ số giảm STPD;
- p áp suất khí quyển đo được, tính bằng kilopascal;
- θ nhiệt độ không khí thở ra, tính theo độ Celsius ($^\circ\text{C}$), được đo bằng đồng hồ đo khí hoặc giả định bằng nhiệt độ môi trường xung quanh khi sử dụng túi Douglas;
- p_{H_2O} áp suất riêng phần của hơi nước bão hòa, tính bằng kilopascal, tương ứng với nhiệt độ θ (xem Bảng 2).

**Bảng 2 – Áp suất hơi nước bão hòa (tính bằng kPa) đối với nhiệt độ giữa 10°C và 37°C
(theo từng mức 1°C)**

Nhiệt độ (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,23	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70	1,82	1,94	2,06	2,20
20	2,34	2,49	2,64	2,81	2,98	3,17	3,36	3,56	3,78	4,00
30	4,24	4,49	4,75	5,03	5,32	5,62	5,94	6,27	-	-

Nếu không khí thở ra thu được bị làm nóng lên bởi môi trường tới nhiệt độ vượt quá 37 °C, thì áp suất hơi nước bão hòa bằng 6,27 kPa ở nhiệt độ 37 °C sẽ được sử dụng.

7.1.3.2 Tính thể tích thở ra tại STPD

$$V_{ex} STPD = V_{ex} ATPS \times f \quad (13)$$

trong đó

- $V_{ex} STPD$ thể tích thở ra, tính bằng lít, ở điều kiện STPD;
- $V_{ex} ATPS$ thể tích thở ra, tính bằng lít, ở điều kiện ATPS;
- f được định nghĩa ở phần 7.1.3.1.

7.1.3.3 Tính mức lưu lượng theo thể tích

$$\dot{V}_{ex} = \frac{V_{ex} STPD}{t} \quad (14)$$

trong đó

- \dot{V}_{ex} mức lưu lượng theo thể tích, tính bằng lít trên giờ;
- t thời gian thử nghiệm, nghĩa là giai đoạn chính tính bằng giờ đối với phương pháp từng phần và giai đoạn chính và phục hồi đối với phương pháp tích hợp.

7.1.3.4 Tính mức tiêu thụ oxy

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex} \times (0,209 - F_{O_2}) \quad (15)$$

trong đó

- \dot{V}_{O_2} mức tiêu thụ oxy, tính bằng lít trên giờ;
- F_{O_2} phân áp oxy trong khí thở ra.

7.1.3.5 Tính mức cacbon dioxit sinh ra

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{ex} \times (F_{CO_2} - 0,0003) \tag{16}$$

trong đó

\dot{V}_{CO_2} mức cacbon dioxit sinh ra, tính bằng lít trên giờ;

F_{CO_2} phân áp cacbon dioxit trong khí thở ra.

7.1.3.6 Ảnh hưởng của sự giảm thể tích thở ra

Thể tích hít vào và thở ra không tương đương nếu RQ \neq 1. Sự giảm thể tích được tính theo công thức:

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex} \times [0,265(1 - F_{O_2} - F_{CO_2}) - F_{O_2}] \tag{17}$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{ex} \times [F_{CO_2} - (1 - F_{O_2} - F_{CO_2})0,380 \times 10^{-3}] \tag{18}$$

7.1.4 Tính mức chuyển hóa

7.1.4.1 Phương pháp từng phần

Mức chuyển hóa được xác định từ lượng oxy tiêu thụ và đương lượng năng lượng được tính theo công thức (10).

7.1.4.2 Phương pháp tích hợp

Công thức tính dưới đây chỉ được thực hiện khi sử dụng phương pháp tích hợp, chỉ có sự khác biệt duy nhất giữa mức tổng mức chuyển hóa đo được và mức chuyển hóa đã biết của hoạt động trong giai đoạn hồi phục, có nghĩa trong giai đoạn ngồi nghỉ, có liên quan đến bản thân công việc.

Trước hết, mức chuyển hóa nhận được theo phương pháp từng phần, và sau đó thực hiện phép chuyển đổi dưới đây:

$$M = \left(M_p \times \frac{t_m + t_r}{t_m} \right) - \left(M_s \times \frac{t_r}{t_m} \right) \tag{19}$$

trong đó

M mức chuyển hóa, tính bằng oát trên mét vuông;

M_p mức chuyển hóa, tính bằng oát trên mét vuông, đối với phương pháp từng phần;

M_s mức chuyển hóa, tính bằng oát trên mét vuông, trong giai đoạn ngồi nghỉ;

t_m thời gian của giai đoạn chính, tính bằng phút;

t_r thời gian của thời gian hồi phục, tính bằng phút.

7.2 Phương pháp đánh dấu bằng nước nặng đối với phép đo kéo dài

Trong điều này chỉ mô tả nguyên lý của phương pháp

Sau khi lấy mẫu chuẩn nước tiểu, người tham gia thí nghiệm được uống một liều lượng chính xác nước nặng $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$.

Đơteri (^2H) đánh dấu lượng nước trong cơ thể và tốc độ thải ra khỏi cơ thể con người (k_2) cho phép ta xác định được lượng nước quay vòng ($r_{\text{H}_2\text{O}}$).

^{18}O đánh dấu cả lượng nước và bicacbonat trong nước tiểu nó sẽ nhanh chóng trở lại trạng thái cân bằng thông qua các phản ứng anhydrit cacbonic hóa.

Tốc độ thải bỏ của ^{18}O (k_{18}) cho ta xác định được lượng nước và bicacbonat quay vòng ($r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{CO}_2}$). Do đó, sự quay vòng của bicacbonat (nghĩa là tốc độ sinh ra CO_2 của người tham gia thí nghiệm) có thể được tính toán dựa trên sự chênh lệch của hai hằng số tốc độ ($k_{18} - k_2$).

Tốc độ sinh ra cacbon dioxit (CO_2) có thể được chuyển đổi thành năng lượng được tiêu thụ thông qua việc tính toán lượng calo gián tiếp. Sự giảm hàm lượng đồng vị phóng xạ cho phép xác định được vị trí của ^2H và ^{18}O , việc này sẽ giúp ích trong việc tính toán cho các thành phần hoạt động của cơ thể.

Phương pháp yêu cầu các phép đo phải được tiến hành ít nhất qua hai chu kỳ bán phân rã của các chất đồng vị; ở trẻ em, khoảng thời gian tiến hành thử nghiệm tối thiểu là 6 ngày, ở người trưởng thành khoảng từ 12 ngày đến 14 ngày, và đối với người lớn tuổi có thể lâu hơn.

Phương pháp đánh dấu bằng nước nặng (DLW) đã được thẩm định chéo với phép đo nhiệt lượng toàn bộ cơ thể và các quy trình đưa vào/ cân bằng trong một số nghiên cứu. Không có nghiên cứu nào ghi lại sự khác nhau đáng kể giữa DLW và phương pháp dùng máy so sánh mẫu ở các đối tượng trong các điều kiện trạng thái ổn định. Độ chính xác tổng thể của phương pháp này khoảng $\pm 5\%$, tùy thuộc vào hoàn cảnh.

Mặc dù kỹ thuật DLW về khái niệm rất đơn giản, nhưng có một số chi tiết đòi hỏi người sử dụng phải hiểu thật kỹ.

7.3 Phép đo lượng calo trực tiếp – Nguyên lý cơ bản

Phép đo lượng calo trực tiếp đo năng lượng tiêu hao do mức mất nhiệt từ cơ thể vào trong môi trường. Nhiệt lượng này được chuyển qua sự mất nhiệt không bay hơi (bức xạ, đối lưu, truyền dẫn) và qua sự bay hơi của nước. Phép đo lượng calo trực tiếp thường là phép đo toàn bộ cơ thể được tiến hành bên trong một phòng kín, nhưng cũng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bộ quần áo trao đổi nhiệt. Các thành phần không bay hơi trong việc trao đổi nhiệt được đo thụ động bằng gradien nhiệt độ qua tường của một căn phòng cách ly kém (phép đo nhiệt lượng qua lớp gradien), hoặc trực tiếp bằng cách đo mức lấy nhiệt ra khỏi phòng để tránh mất nhiệt qua các bức tường được cách ly tốt (phép đo nhiệt lượng qua bốn nhiệt). Sự mất nhiệt qua bay hơi ảnh hưởng tới lượng độ ẩm của môi trường và yêu cầu

TCVN 7212 : 2009

có phép đo độc lập. Nó được đo bằng cách làm ngưng tụ nước xuất hiện trong phòng và đo hàm lượng nước có trong không khí (không làm ngưng tụ) hoặc tính đến nhiệt bay hơi của nước trong không khí. Tổng lượng nhiệt bị mất được ước tính bằng tổng các thành phần bay hơi và không bay hơi.

Phụ lục A

(tham khảo)

Đánh giá về mức chuyển hóa tại mức 1, phân loại

Phụ lục này cung cấp dữ liệu sử dụng cho công việc mô tả đơn giản và dễ dàng giá trị trung bình của gánh nặng công việc cho một nghề nghiệp hoặc một hoạt động, phù hợp với hai phương pháp đã cho ở mức 1, phân loại:

Phương pháp 1A: Phân loại dựa theo nghề nghiệp**Bảng A.1 – Mức chuyển hóa đối với các nghề nghiệp khác nhau**

Nghề nghiệp		Mức chuyển hóa ($W \cdot m^{-2}$)
Công việc văn phòng	Công việc ngồi một chỗ	Từ 55 đến 70
	Công việc văn thư	Từ 70 đến 100
	Trông coi nhà cửa	Từ 80 đến 115
Thợ thủ công	Thợ xây	Từ 110 đến 160
	Thợ mộc	Từ 110 đến 175
	Thợ lắp kính	90 đến 125
	Thợ sơn	100 đến 130
	Thợ làm bánh	110 đến 140
	Thợ giết mổ gia súc	105 đến 140
	Thợ sửa chữa đồng hồ	55 đến 70
Công nghiệp mỏ	Thợ đẩy goòng	70 đến 85
	Thợ quốc lò	110
	Thợ lò luyện cốc	115 đến 175
Công nghiệp sắt và thép	Thợ lò cao	170 đến 220
	Thợ lò điện	125 đến 145
	Thợ đúc bằng tay	140 đến 240
	Thợ đúc bằng máy	105 đến 165
	Thợ xưởng đúc	140 đến 240
Công nghiệp gia công sắt-thép	Thợ rèn	90 đến 200
	Thợ hàn	75 đến 125
	Thợ tiện	75 đến 125
	Thợ điều khiển máy khoan	80 đến 140
	Thợ cơ khí chính xác	70 đến 110
Nghề đồ họa	Thợ sắp chữ	70 đến 95
	Thợ đóng sách	75 đến 100
Nông nghiệp	Làm vườn	115 đến 190
	Lái máy kéo	85 đến 110
Giao thông	Lái xe con	70 đến 100
	Lái xe buýt	75 đến 125
	Lái tàu điện	80 đến 115
	Thợ điều khiển cần trục	65 đến 145
	Trợ lý phòng thí nghiệm	85 đến 100
Các nghề nghiệp khác	Giáo viên	85 đến 100
	Nhân viên bán hàng	100 đến 120
	Thư ký	70 đến 85

Phương pháp 1B: Phân loại theo loại hoạt động

Bảng A.2 – Phân loại mức chuyển hóa theo phạm trù

Loại	Mức chuyển hóa trung bình (trong phạm vi ngoặc đơn)		Ví dụ
	W/m ²	W	
0 Nghỉ ngơi	65 (55 đến 70)	115 (100 đến 125)	Nghỉ ngơi và ngồi trong lúc nghỉ
1 Mức chuyển hóa thấp	100 (70 đến 130)	180 (125 đến 235)	Lao động bằng tay nhẹ (viết lách, đánh máy, vẽ, may vá, giữ sách); lao động bằng bàn tay và cánh tay (ngồi trên ghế, kiểm tra, lắp ráp hoặc phân loại những vật liệu nhẹ); lao động bằng cánh tay và chân (lái xe trong điều kiện bình thường, điều khiển pê-đan hoặc ngắt chuyển mạch bằng chân). Đứng khoan (chi tiết nhỏ); máy cắt gọt (chi tiết nhỏ); máy cuộn nhỏ, thao tác có sử dụng dụng cụ điện; đi bộ bình thường (vận tốc dưới 2,5 km/h).
2 Mức chuyển hóa trung bình	165 (130 đến 200)	295 (235 đến 360)	Lao động phải nâng bàn tay và cánh tay (đập đinh, đổ rớt); lao động bằng cánh tay và chân (thao tác điều khiển xe tải, máy kéo hoặc thiết bị xây dựng); cánh tay và cơ thể (làm việc với búa nén khí, lắp ráp máy kéo, trát vữa, nâng nhấc vật nặng trung bình nhiều lần, đẩy cỏ, quóc xới, thu hái rau quả); đẩy xe hoặc kéo xe trọng lượng nhẹ hoặc xe cút kít; đi bộ với vận tốc từ 2,5 km/h đến 5,5 km/h; rên.
3 Mức chuyển hóa cao	230 (200 đến 260)	415 (360 đến 465)	Lao động bằng thân và cánh tay với cường độ cao; bốc vác/mang vác vật nặng; xúc bằng xẻng; công việc dùng búa tạ bở gỗ; cưa bào hoặc đục gỗ cứng, gặt bằng tay; đào xới; đi bộ với tốc độ 5,5 km/h đến 7 km/h. Đẩy hoặc kéo xe nặng trọng lượng cao hoặc xe bánh hơi; đổ bê tông.
4 Mức chuyển hóa rất cao	290 (>260)	520 (>465)	Lao động với cường độ rất cao và vận tốc nhanh tối đa; bở bằng ri; xúc hoặc đào bới với cường độ lớn; leo gác, hoặc leo thang gác; đi bước nhỏ nhanh, chạy, đi bộ với vận tốc lớn hơn 7 km/h.

Phụ lục B

(tham khảo)

Ước tính mức chuyển hóa ở mức 2, quan sát

Phụ lục này cung cấp dữ liệu sử dụng cho việc mô tả một tình huống lao động trung bình tại một thời điểm xác định phù hợp với hai phương pháp đưa ra ở mức 2, quan sát:

- Phương pháp A: mức chuyển hóa được xác định bằng cách làm tăng mức chuyển hóa chuẩn đối với tư thế cơ thể, mức chuyển hóa đối với loại hình công việc và mức chuyển hóa đối với cử động cơ thể liên quan tới tốc độ lao động (sử dụng nhóm các Bảng đánh giá).
- Phương pháp B: mức chuyển hóa được xác định bằng giá trị trung bình của các giá trị được lập Bảng đối với những hoạt động khác nhau.

Bảng B.1 – Mức chuyển hóa (tính bằng $W \cdot m^{-2}$) đối với người ngồi trong khi một bộ phận cơ thể đang hoạt động

Bộ phận cơ thể		Gánh nặng công việc		
		Nhẹ	Trung bình	Nặng
Cả hai bàn tay	Trung bình	70	85	95
	Trong khoảng	< 75	75 đến 90	> 90
Một cánh tay	Trung bình	90	110	130
	Trong khoảng	< 100	100 đến 120	> 120
Cả hai cánh tay	Trung bình	120	140	160
	Trong khoảng	< 130	130 đến 150	> 150
Thân	Trung bình	180	245	335
	Trong khoảng	< 210	210 đến 285	> 285

Bảng B.2 – Bổ sung cho mức chuyển hóa (tính bằng $W \cdot m^{-2}$) đối với các tư thế cơ thể

Tư thế cơ thể	Mức chuyển hóa ($W \cdot m^{-2}$)
Ngồi	0
Quỳ	10
Cúi	10
Đứng	15
Đứng khom lưng	20

Bảng B.3 – Mức chuyển hóa đối với các hoạt động cụ thể

Hoạt động	W·m ⁻²
Ngủ	40
Ngồi tựa lưng	45
Lúc nghỉ ngơi, trong tư thế ngồi	55
Lúc nghỉ ngơi, trong tư thế đứng	70
Đi bộ trên mặt đất, đường phẳng, mặt bằng cứng	
1. không tải với vận tốc 2 km/h	110
Với vận tốc 3 km/h	140
Với vận tốc 4 km/h	165
Với vận tốc 5 km/h	200
2. chịu tải 10 kg, 4 km/h	185
30 kg, 4 km/h	250
Đi bộ lên dốc, đường phẳng, mặt bằng cứng	
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 với vận tốc 5 km/h, không tải nghiêng 5°,	135
Nghiêng 15°	140
Nghiêng 25°	180
Thang nghiêng 70°, leo ở mức 11,2 m/min	
Không tải	290
Chịu tải 20 kg	360
Đẩy hoặc kéo xe ba gác, vận tốc 3,6 km/h, trên đường bằng, mặt bằng cứng	
Lực đẩy: 12 kg	290
Lực kéo: 16 kg	375
Đẩy xe cút kít, trên đường bằng, vận tốc 4,5 km/h, sử dụng lốp cao su, tải trọng 100 kg	230
Giũa sắt 42 nhát giũa/min	100
60 nhát giũa/min	190
Làm việc với búa, bằng 2 tay, trọng lượng của búa là 4,4 kg, 15 nhát búa/min	290
Nghề mộc Cưa tay	220
Cưa máy	100
Bào tay	300
Xây tường bằng gạch, 5 viên gạch/min	170
Siết đinh ốc	100
Đào mương rãnh	290
Hoạt động ngồi làm (văn phòng, nhà ở, trường học, phòng thí nghiệm)	70
Hoạt động đứng, nhẹ (mua sắm, phòng thí nghiệm, công nghiệp nhẹ)	95
Hoạt động đứng, vừa phải (bán hàng, công việc nội trợ, công việc vận hành máy móc)	115
Làm việc trên công cụ bằng máy	
Nhẹ (điều chỉnh, lắp ráp)	100
Vừa phải (mang vác)	140
Nặng	210
Làm việc với công cụ bằng tay	
Nhẹ (đánh bóng nhẹ)	100
Vừa phải (đánh bóng)	160
Nặng (khoan nặng)	230

Bảng B.4 – Mẫu nhật ký dùng để ghi chép các hoạt động

Ngày	
Đối tượng	
Nơi làm việc	
Nhiệt độ không khí, °C	
Nhiệt độ cầu đen, °C	
Độ ẩm không khí, RH %	
Vận tốc không khí, m/s	
Quần áo	

Bảng B.5 – Bảng tóm tắt kết quả nhật ký

Nghề nghiệp/nhiệm vụ công tác.....Ngày.....						
Phân loại		M		Thời gian		Tổng
		$W \cdot m^{-2}$		min		
1	Nhiệm vụ 1	M_1	x		=	
2	Nhiệm vụ 2	M_2	x		=	
	x		=	
i	Nhiệm vụ i	M_i	x		=	
	x		=	
n	Nhiệm vụ n	M_n	x		=	
	Tổng				
	Mức chuyển hóa trung bình tính theo thời gian				

Phụ lục C

(tham khảo)

Ước tính mức chuyển hóa tại mức 3, phân tích

Phụ lục này cung cấp dữ liệu sử dụng cho việc ước tính mức chuyển hóa từ nhịp tim ghi được trong một khoảng thời gian đại diện phù hợp với phương pháp đưa ra ở mức 3, phân tích:

Bảng C.1 - Mối quan hệ giữa mức chuyển hóa (tính bằng $W \cdot m^{-2}$) và nhịp tim (tính bằng nhịp trên min), được dự báo như một hàm phụ thuộc lứa tuổi và cân nặng của đối tượng (đối với nữ giới và nam giới)

(để nhận được mức chuyển hóa, nhân nhịp tim HR với số ở phía bên trái trong từng trường hợp và sau đó trừ đi số bên phải)

Tuổi (năm)	Cân nặng				
	50kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg
Nữ giới					
20	2,9 x HR - 150	3,4 x HR - 181	3,8 x HR - 210	4,2 x HR - 237	4,5 x HR - 263
30	2,8 x HR - 143	3,3 x HR - 173	3,7 x HR - 201	4,0 x HR - 228	4,4 x HR - 254
40	2,7 x HR - 136	3,1 x HR - 165	3,5 x HR - 192	3,9 x HR - 218	4,3 x HR - 244
50	2,6 x HR - 127	3,0 x HR - 155	3,4 x HR - 182	3,7 x HR - 207	4,1 x HR - 232
60	2,5 x HR - 117	2,9 x HR - 145	3,2 x HR - 170	3,6 x HR - 195	3,9 x HR - 219
Nam giới					
20	3,7 x HR - 201	4,2 x HR - 238	4,7 x HR - 273	5,2 x HR - 307	5,6 x HR - 339
30	3,6 x HR - 197	4,1 x HR - 233	4,6 x HR - 268	5,1 x HR - 301	5,5 x HR - 333
40	3,5 x HR - 192	4,0 x HR - 228	4,5 x HR - 262	5,0 x HR - 295	5,4 x HR - 326
50	3,4 x HR - 186	4,0 x HR - 222	4,4 x HR - 256	4,9 x HR - 288	5,3 x HR - 319
60	3,4 x HR - 180	3,9 x HR - 215	4,5 x HR - 249	4,8 x HR - 280	5,2 x HR - 311

Phụ lục D

(tham khảo)

Ước tính mức chuyển hóa tại mức 4, chuyên môn hóa – Ví dụ về tính mức chuyển hóa dựa trên số liệu đo

Ví dụ về việc tính mức chuyển hóa đối với cả phương pháp từng phần và phương pháp tích hợp được đưa ra dưới đây. Sử dụng đồng hồ đo khí để lấy mẫu khí thở.

D.1 Tính mức chuyển hóa bằng phương pháp từng phần**D.1.1 Dữ liệu cá nhân**

Giới tính: nam

Tuổi: 35

Chiều cao: 1,75 m

Cân nặng: 75 kg

 A_{Du} : 1,90 m²**D.1.2 Khoảng thời gian đo**

Giai đoạn ban đầu: 0,05 h (3 min)

Giai đoạn chính: 0,2 h (12 min)

D.1.3 Áp suất khí quyển: $p = 100,8$ kPa**D.1.4 Giá trị đo được****D.1.4.1 Đồng hồ đo khí**

Hệ số điều chỉnh đối với đồng hồ đo khí = 0,998

Nhiệt độ đồng hồ đo khí (nghĩa là nhiệt độ θ của khí thở ra) = 26,8 °C

Kết quả đọc cuối cùng trên đồng hồ đo khí = 7981,2 lít

Kết quả đọc lúc đầu trên đồng hồ đo khí = 7 775,0 lít

Thông khí = 206,2 lít

D.1.4.2 Phân áp oxy và cacbon dioxit trong không khí thởPhân áp oxy F_{O_2} 0,162Phân áp cacbon dioxit F_{CO_2} 0,042**D.1.5 Tính thể tích thở ra**

Thể tích thở ra V_{ex} ATPS được tính từ thông khí và hệ số hiệu chỉnh của đồng hồ đo khí

TCVN 7212 : 2009

$$V_{ex}ATPS = 206,2 \times 0,998 = 205,8 \text{ l}$$

Hệ số giảm STPD được tính theo công thức (12):

$$f = \frac{273 \times (100,8 - 3,52)}{(273 + 26,8) \times 101,3} = 0,874$$

Do đó

$$V_{ex}STPD = V_{ex}ATPS \times f = 205,8 \times 0,874 = 179,9 \text{ lít.}$$

D.1.6 Tính mức lưu lượng theo thể tích

$$V_{ex}STPD/t = 179,9/0,2 = 899,5 \text{ l/h}$$

D.1.7 Tính lượng oxy tiêu thụ

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex} \times (0,209 - F_{O_2}) = 899,5(0,209 - 0,162) = 42,3 \text{ l O}_2/\text{h}$$

D.1.8 Tính lượng cacbon dioxit sinh ra

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_{ex} \times (F_{CO_2} - 0,0003) = 899,5 (0,042 - 0,0003) = 37,5 \text{ l CO}_2/\text{h}$$

D.1.9 Tính sự giảm thể tích thở ra

$$\begin{aligned} V_{O_2} &= V_{ex} [0,265(1 - F_{O_2} - F_{CO_2}) - F_{O_2}] \\ &= 899,5[0,265(1 - 0,162 - 0,042) - 0,162] = 44,0 \text{ l O}_2/\text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_{CO_2} &= V_{ex} [F_{CO_2} - 0,00038(1 - F_{O_2} - F_{CO_2})] \\ &= 899,5[0,042 - 0,00038(1 - 0,162 - 0,042)] = 37,5 \text{ l CO}_2/\text{h} \end{aligned}$$

D.1.10 Tính mức chuyển hóa

$$RQ = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{O_2}} = 37,5/44,0 = 0,852$$

$$EE = (0,23RQ + 0,77) \times 5,88 = 5,68 \text{ W.h/l O}_2$$

$$M = EE \times \dot{V}_{O_2} \times \frac{1}{A_{Du}} = 5,68 \times 44,0/1,9 = 131,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

Do giới hạn của độ chính xác có thể nhận được, kết quả có thể làm tròn thành $132 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

D.2 Tính mức chuyển hóa sử dụng phương pháp tích hợp

Nồng độ của thể tích khí thở ra và tính toán RQ sử dụng lượng CO_2 sinh ra được loại trừ trong ví dụ này vì những điều chỉnh độ chính xác này không có ảnh hưởng đáng kể đến kết quả cuối cùng.

D.2.1 Dữ liệu cá nhân: giống như trong D.1.1**D.2.2 Khoảng thời gian đo**

Giai đoạn chính = 0,05 h (3 min)

Giai đoạn hồi phục = 0,15 h (9 min)

Thời gian thí nghiệm = 0,2 h (12 min)

D.2.3 Áp suất khí quyển: $p = 100,8$ kPa**D.2.4 Giá trị đo được****D.2.4.1 Đồng hồ đo khí**

Hệ số điều chỉnh đối với đồng hồ đo khí = 0,998

Nhiệt độ đồng hồ đo khí = 26,8 °C

Kết quả đọc cuối cùng trên đồng hồ đo khí = 5877,5 l

Kết quả đọc lúc đầu trên đồng hồ đo khí = 5707,0 l

Thông khí = 170,5 l

D.2.4.2 Phân áp oxy trong khí thở

Phân áp oxy $F_{O_2} = 0,155$

D.2.5 Tính thể tích thở ra

Thể tích thở ra V_{ex} ATPS được tính từ thông khí và hệ số hiệu chỉnh của đồng hồ đo khí:

$$V_{ex}ATPS = 170,5 \times 0,998 = 170,2 \text{ l}$$

Hệ số giảm STPD có cùng giá trị như trong D.1.5. Do đó

$$V_{ex}STPD = V_{ex}ATPS \times f = 170,2 \times 0,874 = 148,8 \text{ l}$$

D.2.6 Tính mức lưu lượng theo thể tích

$$\dot{V}_{ex} = V_{ex}STPD/t = 148,8/0,2 = 744,0 \text{ l/h}$$

D.2.7 Tính mức tiêu thụ oxy

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_{ex} \times (0,209 - F_{O_2}) = 40,2 \text{ l O}_2/\text{h}$$

D.2.8 Tính mức chuyển hóa

Sử dụng giá trị trung bình RQ bằng 0,85 và như vậy đương lượng năng lượng với 5,68 W.h/l O₂ thu được kết quả sau:

TCVN 7212 : 2009

$$M = EE \times V_{O_2} \times \frac{1}{A_{Du}} = 5,68 \times 40,2/1,9 = 120,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

Để liên hệ mức chuyển hóa với giai đoạn chính, thực hiện biến đổi theo công thức (18).

Mức chuyển hóa thu được khi ngồi là $55 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$M = 120,2 \times 0,2/0,05 - 55 \times 0,15/0,05 = 318,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

Do giới hạn của độ chính xác đạt được, kết quả có thể làm tròn thành $320 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

