بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه آموزشی استرس های دمایی درمحیط کار

ارائه دهنده : محمدرضا نژادمحمدی
کارشناس بهداشت حرفه ای
گروه بهداشت حرفه ای معاونت بهداشتی گیلان
تیرماه ۱۴۰۱

توجه به گرمایش جهانی کره زمین و تاثیر آن در افزایش استرس های حرارتی محیط کار در آینده

- رشد صنایع و به موجب آن مصرف بیش از حد سوخت های فسیلی از یک سو، و افزایش جمعیت جهان و تغییر کاربری اراضی از سوی دیگر، موجب شده است تا پس از انقلاب صنعتی به تدریج تغییرات مشهودی در اقلیم کره زمین به وجود آید.

- مصرف سوختهای فسیلی توسط انسان سبب افزایش در انتشار گاز دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه ای شده است. همه سناریوهای دول بین المللی تغییر اقلیم و مدلهای گردش عمومی پیش بینی می کنند که افزایش در غلظت گازهای گلخانه ای می تواند سطح دمای کره زمین را بالا ببرد.

منابع تولید گرما

- وسایل و ماشین آلات گوناگون
- فرایندهای تولید
- تابش خورشید
- وسایل روشنایی مصنوعی
- انسان و شرایط جوی خارج از محیط کار

انواع محیط های گرم

- گرم و مرطوب
- گرم و خشک
- گرم و تابشی

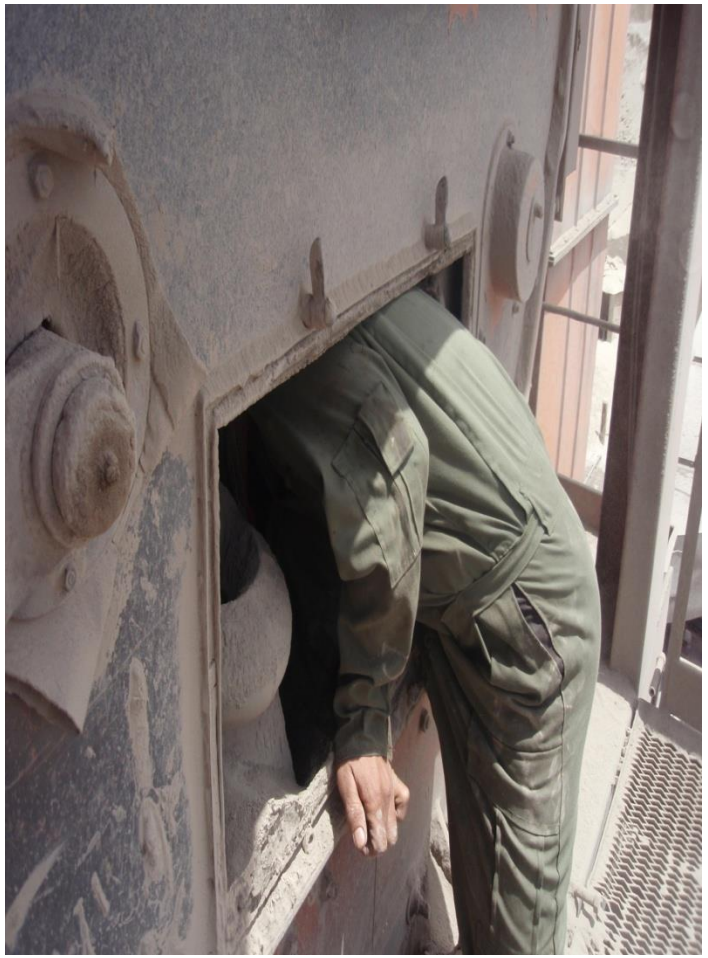
Heat stress
in in door environment

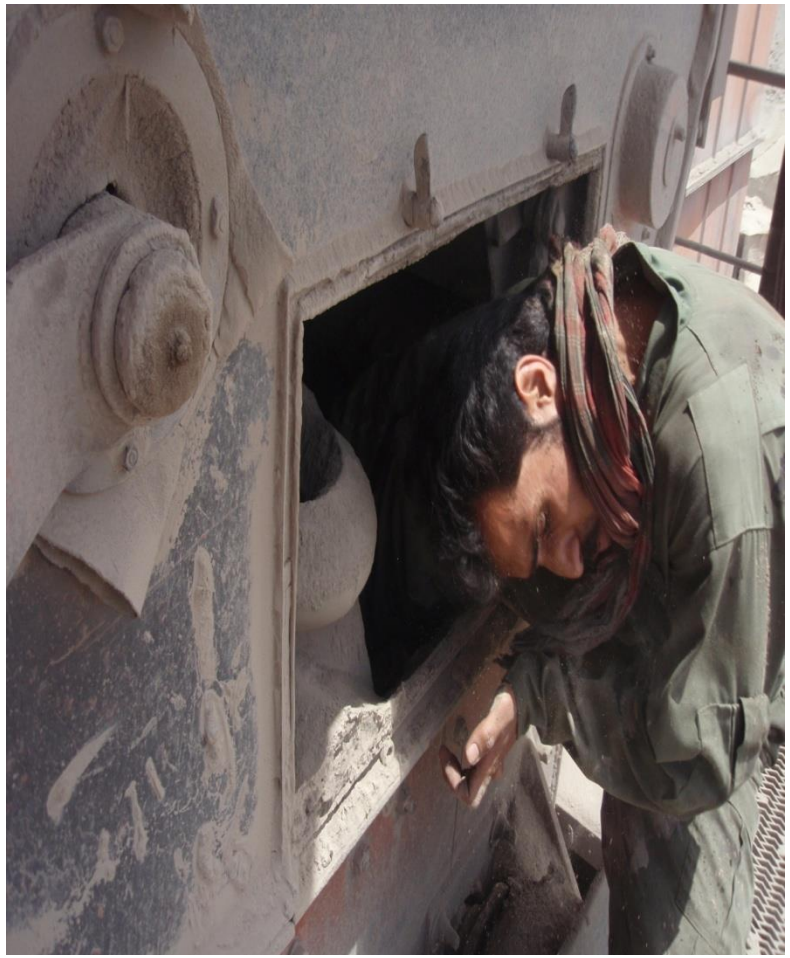
zzsl.cn.alibaba.com

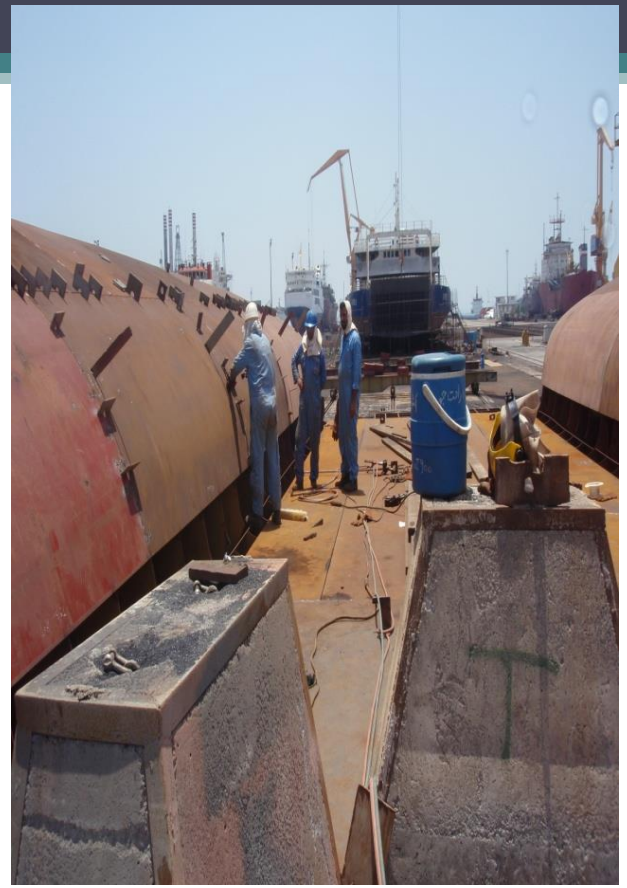
Heat stress
in out door environment

F285

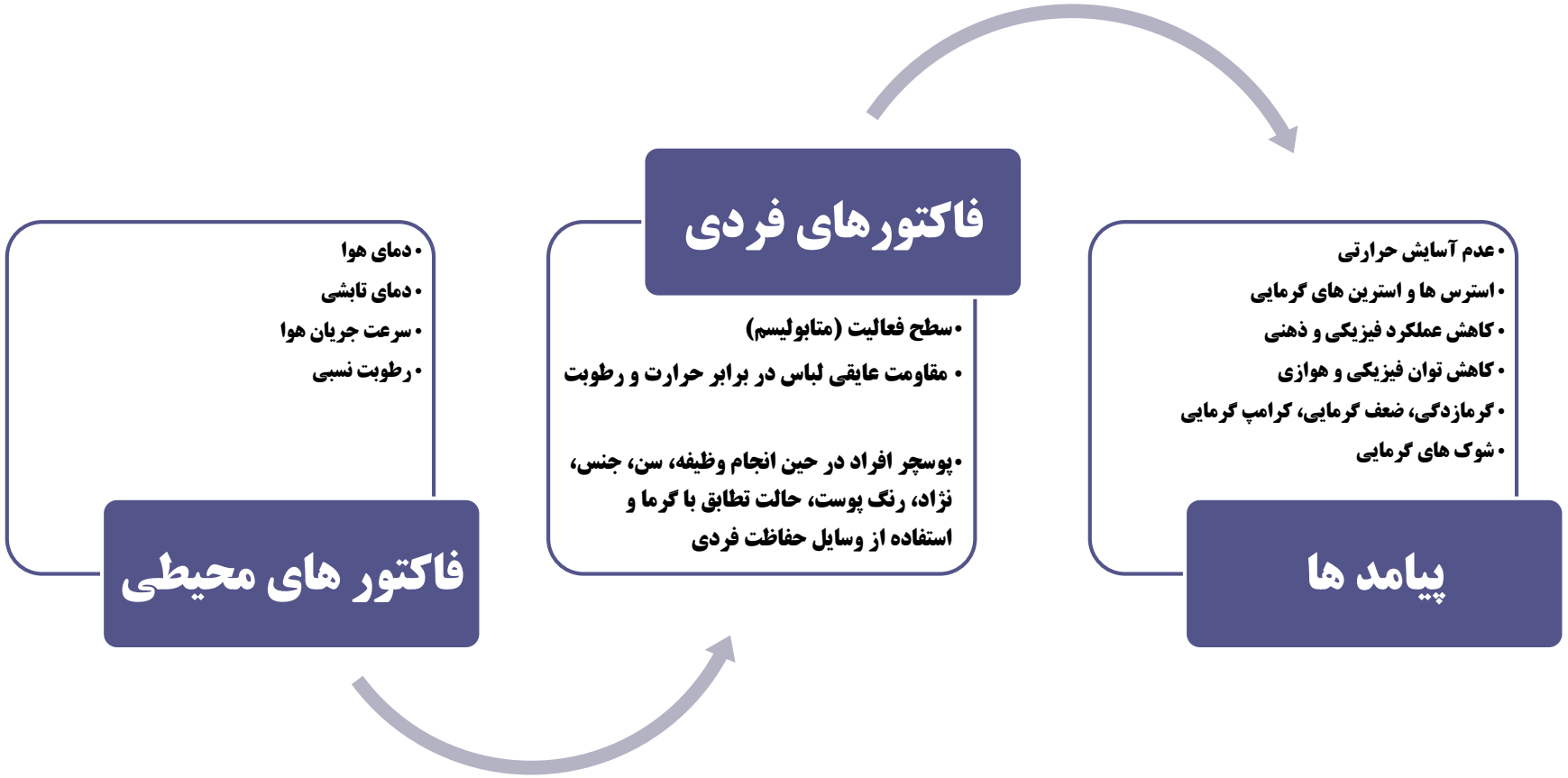
221553
221538
221556
221533







استرس های حرارتی بعنوان یک عامل زیان آور شغلی در محیط های کار



PPE

Clothing and Personal Protective Equipment (PPE)

Heavy clothing

Multiple layers

Dark colored clothing

Protective clothing

Vapor barrier clothing

Chemical resistant suits

Respiratory protection

دمای هوا

- دمای هوا با استفاده از ترمومتر های رایج و معمولی (دماسنج خشک) اندازه گیری می شوند.

- گستره دماسنج خشک بین ۱۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد با دقت $\pm$ ۱°C باشد.
- جریان هوا در اطراف دماسنج خشک نباید قطع یا محدود شود، سنسور دماسنج باید در برابر تابش آفتاب و سایر سطوح بازتاب دهنده محافظت گردد .

Temperature scale conversion formulas

To convert ºFahrenheit to ºCelsius use the following formula:

$$T_C = (5/9)(T_F - 32)$$

To convert ºCelsius to ºFahrenheit use the following formula:

$$T_F = (9/5)(T_C) + 32$$

Where:

T_C = temperature in degrees Celsius

T_F = temperature in degrees Fahrenheit

دماي تر
Wet Bulb Temperature

- حداقل دمایی است که بتوان در آن هوا را در فشار ثابت با تبخیر آب خشک نمود.

روش و وسیله اندازه گیري آن:

- دماسنج معمولی که سنسور آن با فیتیله ای مرطوب نگه داشته می شود.

به منظور کاهش خطا در دماسنج های تر باید موارد زیر را رعایت کرد:

- فتیله قابلیت رسانایی آب را داشته و به صورت آستین بدون درز باشد.
- برای مرطوب کردن فتیله آب مقطر استفاده گردد.
- فتیله در اندازه ای باشد که نه چندان محکم و نه چندان گشاد روی قسمت حساس دماسنج قرار گیرد.
- فتیله باید همیشه تمیز باشد و با توجه به آلودگی هوا و شدت آن نسبت به تعویض آن اقدام کرد.
- باید تمامی رویه قسمت حساس دماسنج را بپوشاند و اگر روی دماسنج عمق غوطه وری مشخص شده باشد باید فتیله تا آن محل را بپوشاند.

- فاصله آزاد فتیله باید حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر باشد تا از تاثیر دمای آب بر روی دماسنج جلوگیری شود و از خشک شدن فتیله در اثر فاصله زیاد نیز پرهیز شود.

- به منظور رسیدن به تعادل دمایی در این دماسنج توصیه می گردد که حداقل ۲۰ دقیقه صبر نمود و در صورت قرائت یکسان دما پس از سه مرتبه آن را به عنوان دمای تر یادداشت کرد.

- باید دقت نمود که فاصله آزاد فتیله با هوای محیط در ارتباط باشد و در فضای محصور ظرف قرار نگیرد.

دمای تر طبیعی

- اثر خنک کنندگی تبخیر و حرکت هوا با اندازه گیری دمای تر طبیعی و اعمال آن در شاخص WBGT، در نظر گرفته می شود.

- گستره دماسنج تر بین ۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد با دقت ۰/۵ باشد ضمن آنکه نباید جریان هوا در اطراف دماسنج تر قطع یا محدود شود، دماسنج باید در برابر تابش آفتاب و سایر سطوح بازتاب دهنده محافظت گردد .

- در روش دیگر می توان فتیله را حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت بوسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب نمود . فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود.

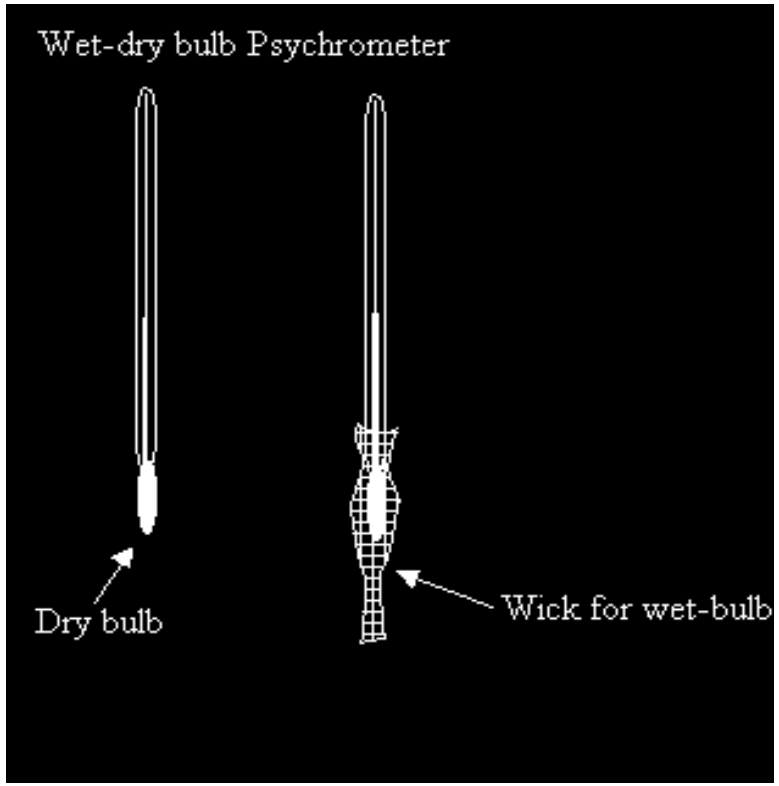
- همچنین برای پرکردن مخزن از آب مقطر استفاده شود. در چنین شرایطی، فیتیله مرطوب بطور مداوم، آب مورد نیاز برای تبخیر را فراهم می کند.

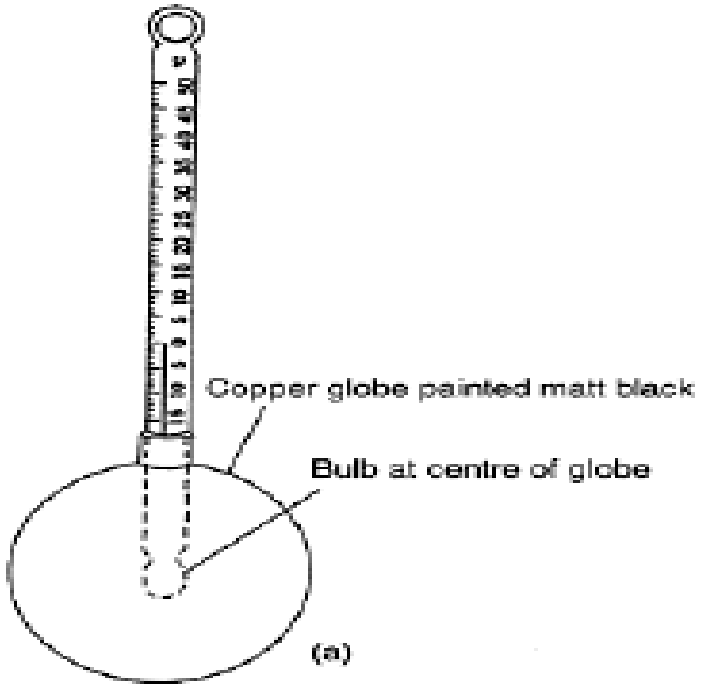
دمای تابشی Radiant Temperature

- دمایی است که با گرمای تابشی منتشره از سطوح داغ متناسب باشد. (این تابش بیشتر در ناحیه مادون قرمز قرار دارد.)

- دمای تابشی با استفاده از یک دماسنج گویسان استاندارد (کره ای توخالی، معمولا از جنس مس(متوسط ضریب نشر ۰/۹۵) و مشکی، به قطر ۱۵ سانتی متر یا ۶ اینچ که در مرکز آن مخزن یک دماسنج معمولی خشک قرار گرفته است) اندازه گیری می شود.
- گستره دماسنج تابشی بین ۲۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد با دقت ۰/۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد و دقت ۱ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد باشد.

- زمان لازم برای به تعادل رسیدن دماسنج گویسان با محیط و قرائت دماسنج، حداقل ۲۰ دقیقه است.


Wet-dry bulb Psychrometer
Dry bulb
Wick for wet-bulb


Copper globe painted matt black
Bulb at centre of globe
(a)

رطوبت

- رطوبت مطلق:

وزن بخار آب در واحد حجم هوا (g/cm^3)

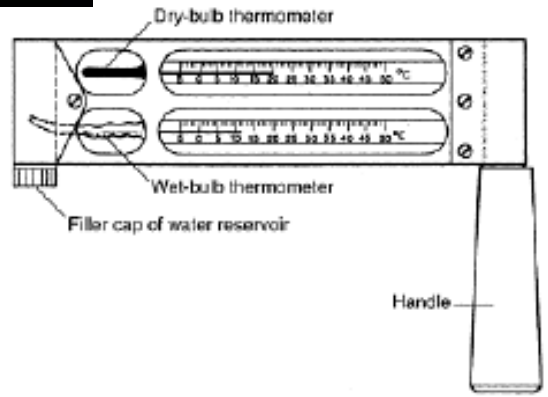
- رطوبت نسبی: Relative Humidity

نسبت فشار بخار آب موجود در هوای محیط به فشار بخار آب اشباع شده در همان درجه حرارت

$$RH= (P/Ps) \times 100$$

روش و وسایل اندازه گیری رطوبت نسبی

- روش مستقیم
  - ترمو هیدرومتر دیجیتالی



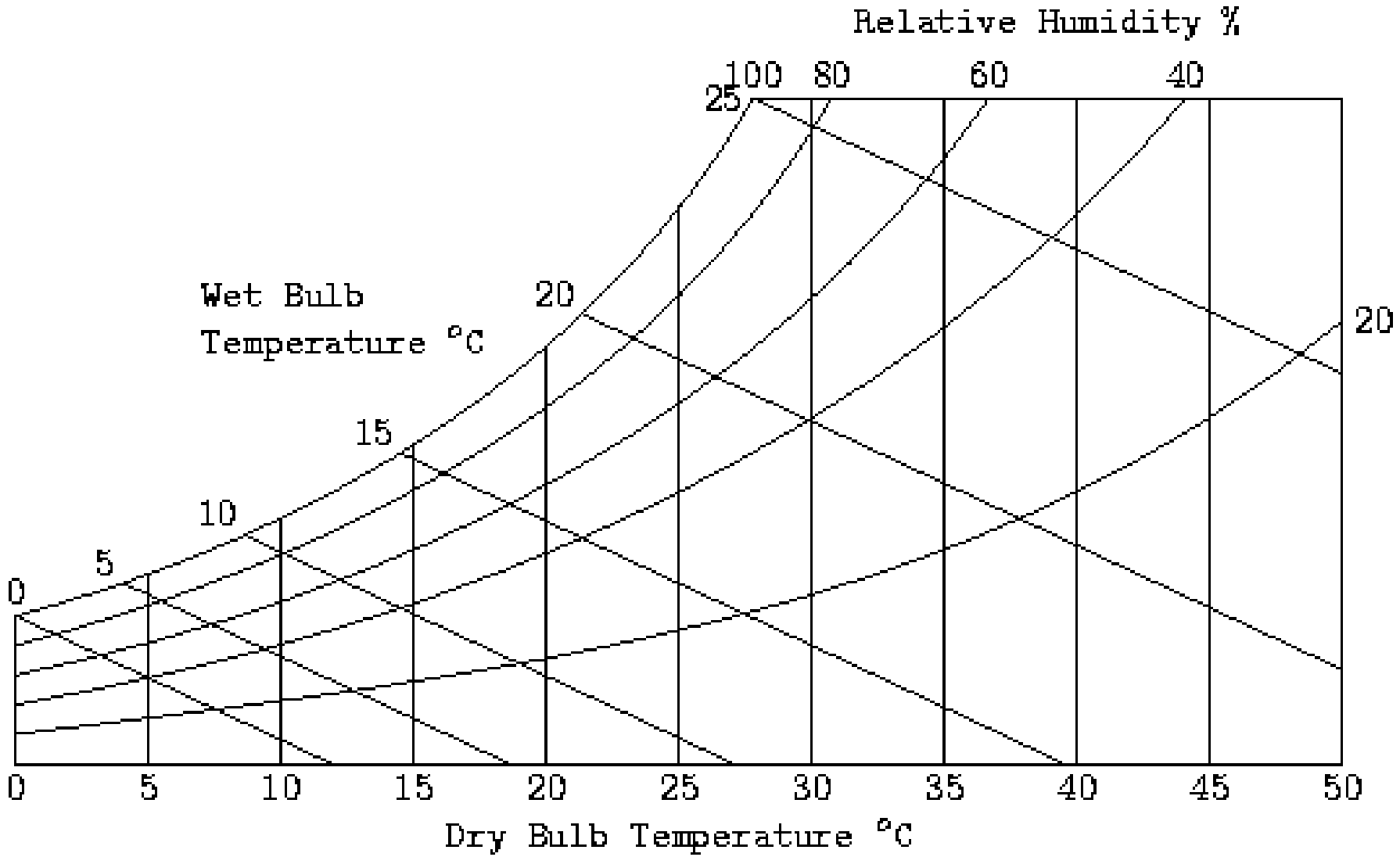
- روش غیر مستقیم
  - رطوبت سنج چرخان
  - رطوبت سنج مکشی (آسمن)

Whirring Hygrometer

Assman (Aspirated) Hygrometer

روشهاي مختلف محاسبه رطوبت نسبي

- محاسبه بر اساس روابط ریاضی
- محاسبه بر اساس جداول
- محاسبه بر اساس خط کش
- محاسبه با استفاده از نمودارهای سایکرومتری


Relative Humidity %
100
80
60
40
25
20
Wet Bulb
Temperature °C
15
10
5
0
20
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Dry Bulb Temperature °C

سرعت جریان هوا

- وسایلی که برای اندازه گیری سرعت جریان هوا استفاده می شوند باید دارای سه مشخصه زیر باشند:
  - حساسیت دستگاه به جهت جریان هوا
  - حساسیت دستگاه به نوسانات جریان هوا
  - توانایی تعیین میانگین سرعت جریان هوا در دوره زمانی مشخص

برخی روش ها و وسایل اندازه گیری سرعت جریان هوا:

- بادسنج پره ای : حساس به تغییر فشار هوا یا گاز
- بادسنج حرارتی : بر اساس تغییرات دما بر اثر عبور جریان هوا
- دماسنج کاتا : بر اساس میزان توان سرد شوندگی در اثر عبور جریان هوا

آنمومتر حرارتی

نقش سرعت جریان هوا
در ارزیابی استرس حرارتی

- با توجه به آنکه در ارزیابی نهایی شاخص WBGT و مقایسه مقدار اندازه گیری شده با مقادیر استاندارد، وضعیت سرعت جریان هوا نیز مورد نیاز می باشد، می بایست سرعت جریان هوا نیز توسط دماسنج کاتا و یا آنمومتر حرارتی کالیبره شده به دقت اندازه گیری و در گزارش نهایی اعلام گردد.

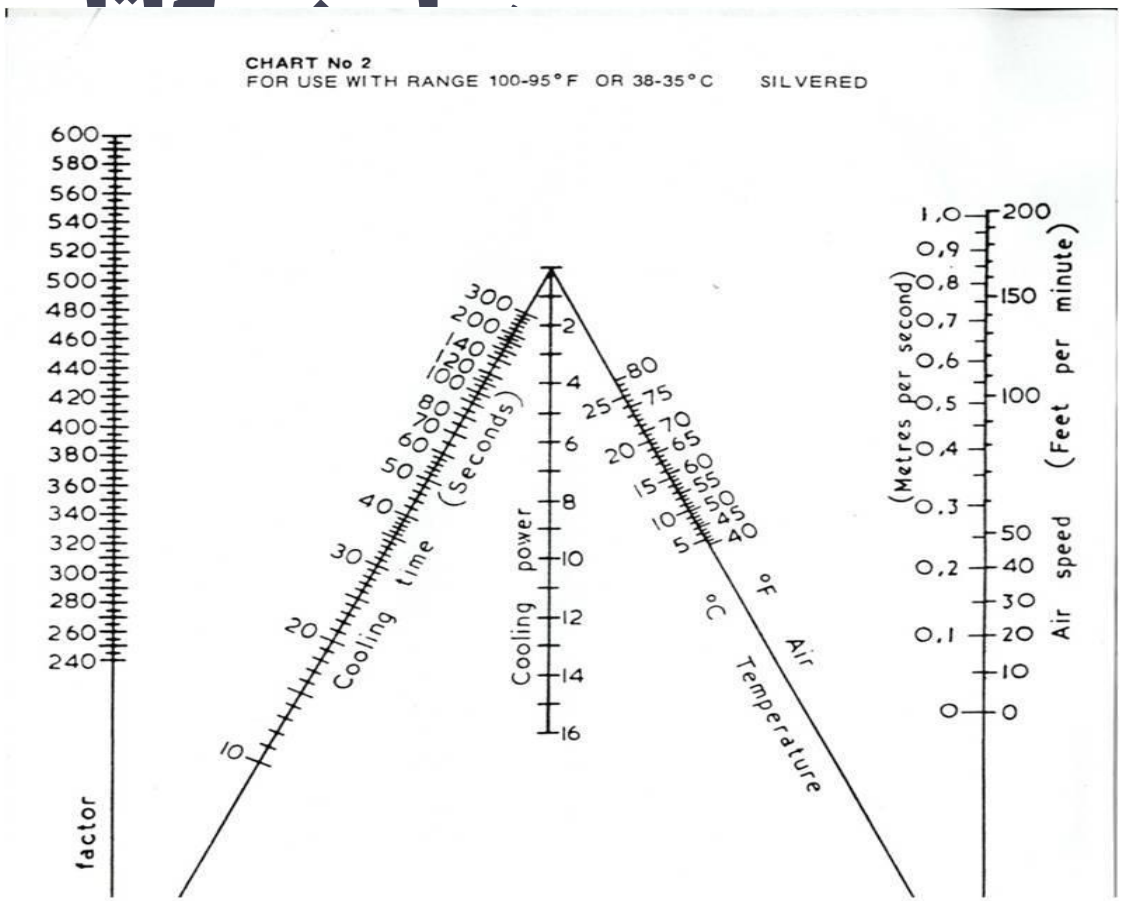


CHART No 2
FOR USE WITH RANGE 100-95°F OR 38-35°C SILVERED
factor
Cooling time (Seconds)
Cooling power
°F Air Temperature
°C
Air speed (Feet per minute)
(Metres per second)

دما سنج کاتا (kata thermometer)

- شبیه دماسنجهای معمولی(الکلی) است با این تفاوت که دارای یک مخزن نسبتا بزرگ به ابعاد ۱/۵ × ۰/۵۷اینچ در پایین است که از الکلهای رنگی پر شده است و یک مخزن کوچک در قسمت بالا که در هنگام گرم شدن و افزایش انبساط ، الکل در مخزن کوچک جمع میشود ونقش حفاظتی را برای دماسنج ایفا میکند.
- بر روی دماسنج ۲ شاخص a و b حک شده است که فاصله این دو را ردیف سردشوندگی گویند و اختلاف حرارتی این دو شاخص ۳ درجه سانتیگراد یا ۵ درجه فارنهایت است.

- در پشت دماسنج کاتا عددی نوشته شده که به فاکتور کاتا معروف است و برای دماسنجهای مختلف متفاوت است و هر کارخانه فاکتور مربوط به هر کاتا را روی آن حک میکند.
- فاکتور کاتا در واقع معرف مقدار انرژی تبادل یافته بین محیط و کاتا ترمومتر است .

انواع کاتا ترمومتر

۱) دماسنج کاتای خشک وتر
۲) دماسنج کاتای نقره اندود

این ۲ دماسنج از نظر ساختمان شبیه هم بوده و اختلافشان در مخزن آنهاست .
مخزن کاتای نقره اندود،با نقره پوشیده شده است که از این طریق پرتوها ی تابشی را منعکس کرده و خطاهایی که ممکن است، تابشها در زمان سردشوندگی ایجاد کنند را از بین میبرد.
در مکانهایی که منابع حرارتی یا سطوح داغ وجود دارند از دماسنج کاتای نقره اندود استفاده میشود .

ردیف سرد شوندگی در دماسنج های کاتا

۱) کاتای استاندارد با ردیف ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتیگراد یا ۹۵ تا ۱۰۰ درجه فارنهایت برای اندازه گیری سرعت جریان هوا در محیط معمولی یا محیطی که دمای آن پایین است بکار میرود.

۲) ۵۲ تا ۵۵ درجه سانتیگراد یا ۱۲۵ تا ۱۳۰ درجه فارنهایت برای اندازه گیری سرعت جریان هوا در محیط های گرم مناسب است.

۳) کاتا با ردیف ۶۳ تا ۶۶ درجه سانتیگراد یا ۱۴۵ تا ۱۵۰ درجه فارنهایت برای اندازه گیری سرعت جریان هوا در محیط خیلی گرم بکار میرود.

شاخص های ارزیابی استرس و استرین حرارتی

شاخص های تحلیلی

- شاخص تنش حرارتی (ITS)
- شاخص میزان تعریق مورد نیاز (SWreq)
- شاخص تنش گرمایی (HSI)

شاخص های تجربی

- شاخص دمای مؤثر (ET)
- شاخص دمای مؤثر تصحیح شده (CET)
- شاخص میزان عرق پیش بینی شده ۴ ساعت (P4SR)
- شاخص گرمایی دمای تر گویسان (WBGT)

HSI (Heat Stress Index)

- این شاخص در سال ۱۹۵۰ توسط هچ و بلدینگ تدوین شد . شاخص HSI بصورت زیر تعریف می شود :
- HSI مساوی است با نسبت مقدار عرقی که برای تنظیم دمای بدن باید بخار شود (Ereq) به حداکثر مقدار عرقی که در شرایط محیط کار می تواند از بدن دفع گردد (Emax) یعنی :

$$HSI = (Ereq/ Emax) \times 100$$

AET (Allowable Exposure Time)

- يكي ديگر از كاربردهاي شاخص HSI علاوه بر تعيين ميزان استرس گرما محاسبه زمان تماس مجاز با گرماست . براي تعيين زمان تماس مجاز از رابطه زير استفاده مي شود . در اين رابطه AET زمان تماس بر حسب دقيقه مي باشد .

$$AET= 2440/ E_{req}- E_{max}$$

Emax، Ereq بر حسب w/m2

AET بر حسب دقيقه

AET (Allowable Exposure Time)

- با بدست آورد مدت زمان مجاز مواجهه و کسر آن از ۸ ساعت کار، مدت زمان استراحت مشخص مي گردد که باید با نسبت هاي مساوي در ۸ ساعت تقسیم گردد.

$$AET = 250 \times 60 / E_{req} - E_{max}$$

Btu/h بر حسب Emax، Ereq

رابطه فوق زماني کاربرد دارد که مقدار HSI بالاتر از ۱۰۰ باشد یا Ereq > Emax باشد. در غیر اینصورت مقدار AET منفي مي باشد که نشان دهنده امکان انجام ۸ ساعت کار ممتد است.

SW_{req}

- شاخص SW_{req}، يک استرين حرارتي (عرق) را اندازه گيري مي کند.
- SW_{req} ميزان حرارتي است (W) که به ازاي هر گرم عرق در هر ساعت از واحد سطح پوست تبخير مي گردد.
- هر واحد آن (w/m2 ۱) با g/m2.h ۱.۴۷ عرق براي يک فرد استاندارد (سطح بدن برابر ۱.۸ متر مربع) و ۲.۶ گرم بر ساعت عرق، معادل مي باشد.

$$Swreq = E_{req} / r_{req}$$

r_{req}: کارايی تبخير عرق

Predicted Heat Strain (PHS)

- The standard ISO 7933 “Analytical Determination and Interpretation of the Thermal Stress based on the calculation of Required Sweat Rate” was published for the first time in 1989.

- The Required Sweat Rate model was revised and renamed Predicted Heat Strain (PHS) ISO/FDIS7933:2004 as it predicts the physiological parameters (sweat rate and rectal temperature) minute per minute according to the working conditions.

شاخص آکسفورد OI (WD)

- این شاخص زمان تحمل را در مورد افراد سازش یافته برای کار کوتاه مدت در شرایط خیلی گرم پیش بینی می نماید.
- کاربرد: افراد ناجی، بویژه در معادن که با لباس مجهز به سیستم هوادهی، فعالیت می نمایند، کاربرد زیادی دارد.
- جایی که محیط دارای تابش های حرارتی بالایی است مناسب نیست.
- $WD= 0.15\ t_a + 0.85\ t_{nw}$

WD: شاخص آکسفورد (زمان مجاز مواجهه در محیط های خیلی گرم) (min)

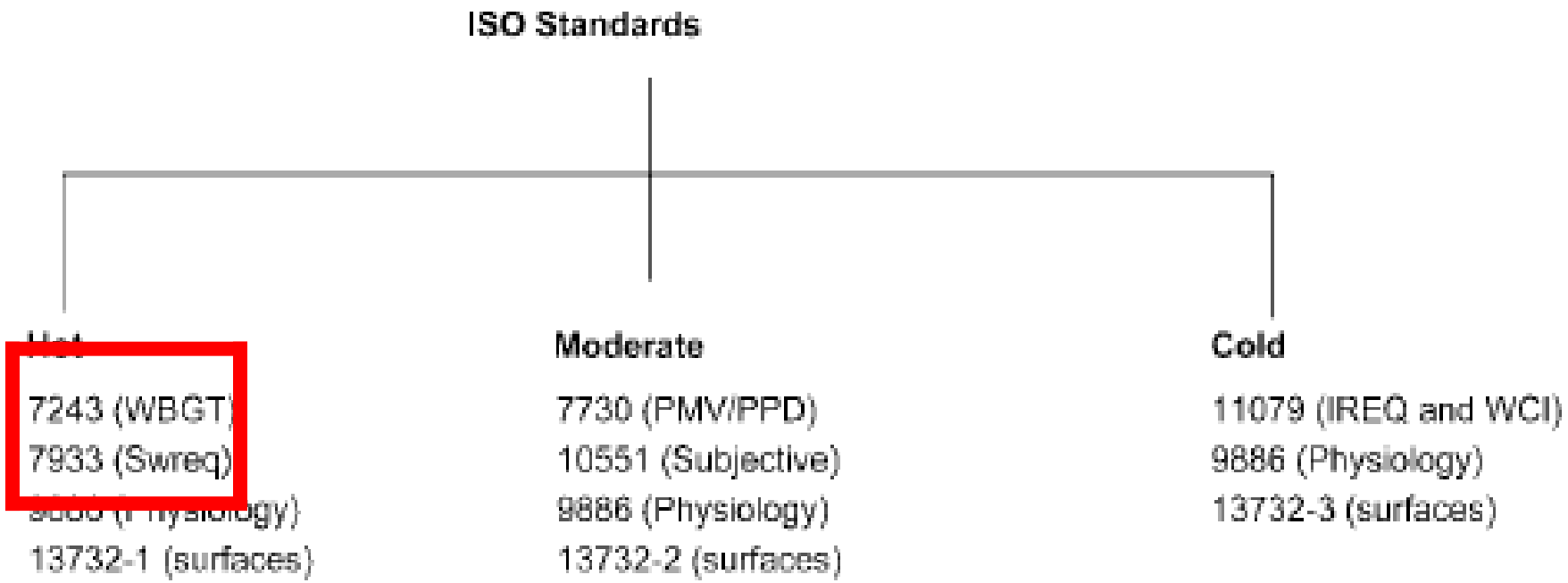
میزان عرق ۴ ساعته پایه (B4SR)

مقدار این شاخص برابر با میزان عرقی است که توسط یک فرد جوان سالم و سازش یافته که در محیطی گرم قرار گرفته در طی مدت ۴ ساعت تولید می شود (در واقع این شاخص با بررسی استرین به استرس پی می برد).

با تعیین B4SR با توجه به نوع لباس و فعالیت فرد، میزان P4SR (میزان عرق پیش بینی شده ۴ ساعته) قابل محاسبه است.

فاکتورهای مؤثر در محاسبه این شاخص:

- دمای خشک
- دمای تر
- سرعت جریان هوا
- دمای تابشی
- نوع لباس
- میزان متابولیسم کاری



Supporting Standards

11933 (Principles); 7726 (instruments); 8996 (metabolic rate); 9920 (clothing); 12894 (subject screening); 13731 (vocabulary and units).

Application

Vehicles: 14505-1 Principles, 14505-2 Teq, 14505-3 human subjects; 14415 (disabled, aged….); 15265 (risk assessment); 15743 (working practices in cold); 15742 (Combined envs).

Fig. 1. ISO Standards for assessing thermal environments.

دستورالعمل اجرایی اندازه گیری شاخص WBGT

شاخص WBGT با استفاده از فرمولی که عوامل زیر را در نظر می گیرد، محاسبه می شود:

- دمای هوا
- سرعت جریان هوا
- دمای تابشی
- خنک شدن بدن بخاطر تبخیر عرق

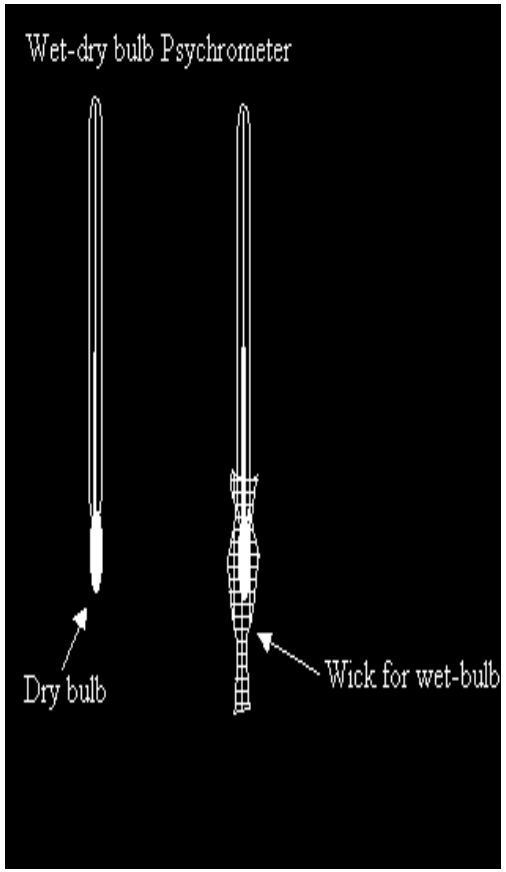
مرحله اول:
اندازه گیری پارامتر های محیطی

- بطور کلی مقدارWBGT را می توان توسط:

۱- دستگاه WBGT meter بصورت مستقیم

۲- یا با استفاده از سه دماسنج خشک، تر و گویسان، تعیین و پس از محاسبه از طریق فرمولWBGT، ارائه نمود.

تجهیزات مورد نیاز



برخی مدلهای رایج WBGT meter

زمان اندازه گیری

- در اندازه گیری پارامتر های مختلف تعیین شاخصهای استرس حرارتی، باید بد ترین شرایط زمانی و مکانی از لحاظ استرس حرارتی مد نظر قرار گیرد.
- به عنوان مثال چنانچه کارگران یک صنعت در کل سال کار یکسانی انجام می دهند، و کار آنها بگونه ای نیست که بصورت مقطعی و یا فصلی در معرض گرما قرار بگیرند، بدیهی است اندازه گیری استرس های حرارتی می بایست لزوما در فصل گرم سال که بیشترین استرسهای حرارتی را متحمل می شوند، اندازه گیری شود.

- **مناسب ترین روش اندازه گیری در ساعات متفاوت و ایستگاههای مختلف کاری در هر نوبت کاری است.**

زمان اندازه گیری در مشاغل روباز

- بطور کلی اندازه گیری استرس های حرارتی در مشاغل روباز به هیچ وجه در فصول سرد سال مورد تایید نمی باشد زیرا این مشاغل حتی در صورت وجود فرایند های گرمازا در ذات شغل (مانند آسفالت کاران)، بسیار تحت تاثیر شرایط جوی و محیطی قرار می گیرند.

زمان اندازه گیری

- در مشاغل سرپوشیده نیز اندازه گیری ها می بایست در فصول گرم سال (بدترین وضعیت) انجام شود. در صورتی که احتمال می رود در برخی مشاغل سرپوشیده، حتی در فصل سرد سال نیز مقادیر WBGT بالاتر از حد مجاز باشد، اندازه گیری در فصل سرد سال نیز ضروری بوده ولیکن رافع اندازه گیری در فصل گرم نمی باشد.
- در هر صورت، دماسنجها باید در وضعیتی قرار داده شوند که مقادیر قرائت شده از روی آنها نمایانگر شرایطی باشد که شاغلین تحت آن شرایط کار یا استراحت می نمایند.

متوسط وزنی زمانی شاخص WBGT

- هنگامی که شرایط حرارتی کارگاه نوسانات شدیدی داشته باشد و یا کارگر در بازه های زمانی مختلف از شیفت کار خود با شرایط حرارتی متفاوتی مواجهه داشته باشد

$$WBGT = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \ldots + WBGT_1 \times t_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}$$

- WBGT1,WBGT2,....., WBGTn: مقدار WBGT اندازه گیری شده یا محاسبه شده
- t1,t2, ..., tn: مدت زمان متناظر با هر مقدار WBGT اندازه گیری شده یا محاسبه شده
- **در طول یک دوره زمانی یک ساعته (برای کارهای مداوم)**
- **و دو ساعته (برای کارهای متناوب)**

اندازه گیری WBGT
در دو محیط روباز و سرپوشیده

- **محیط های روباز با مواجهه مستقیم نور خورشید:**

$$WBGT = 0.7\ Tnw + 0.2\ Tg + 0.1\ Ta$$

- **محیط های سرپوشیده یا بدون مواجهه مستقیم با نور خورشید (فضاهای روباز سایه و یا هوای ابری):**

$$WBGT = 0.7\ Tnw + 0.3\ Tg$$

- Tnw: **دمای تر طبیعی** (°C)
- Tg: **دمای گویسان** (°C)
- Ta: **دمای هوا** (°C)

دقت در انتخاب نوع محیط در دستگاه اندازه گیری

سایر اطلاعات

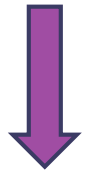
- سایر اطلاعاتی که برای ارائه یک گزارش مطلوب از وضعیت استرسهای حرارتی مورد نیاز می باشد عبارتند از:

- درصد رطوبت نسبی هوا
- میزان متابولیسم (بار کاری فرد یا میزان فعالیت)
- مقاومت عایقی لباس
- استفاده یا عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی
- اطلاع از وضعیت سازش افراد با گرما
- و برنامه کار و استراحت افراد می باشد

محدودیتهای شاخص WBGT

❖محیط های با رطوبت های بسیار بالا
❖سرعت جریان های بسیار کم

- از محدودیتهای کاربرد این شاخص محسوب می شود



اندازه گیری رطوبت هوا و سرعت جریان هوا قبل از سنجش WBGT توصیه می شود.

- خاطر نشان می گردد در چنین محیط هایی به علت رطوبت بالا و سرعت پایین جریان هوا، تبخیر عرق به خوبی صورت نمی گیرد و ممکن است علیرغم مناسب بودن و مجاز بودن شاخص WBGT، افراد همچنان از استرس های حرارتی رنج ببرند. برای چنین شرایطی استفاده از شاخص های استرین حرارتی مانند شاخص استرین حرارتی پیش بینی شده (PHS) توصیه می شود.

- - Predicted Heat Strain (PHS)

خطاهای اندازه گیری و کالیبراسیون

- خطای اندازه گیری فرد اندازه گیری کننده
- استفاده از وسایل سنجش غیر کالیبره
- و غیر استاندارد بودن وسایل سنجش استرس های حرارتی

هر یک می تواند خطاهای بزرگی را در برآورد استرس های حرارتی محیط کار ایجاد نماید.

- کالیبراسیونWBGT meter می بایست در اتاقهای کنترل شده دمایی که کلیه پارامتر های محیطی شامل دمای هوا، دمای تابشی، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی تحت کنترل باشد و امکان ایجاد شرایط ترکیبی این عوامل با دقت بالا فراهم باشد، انجام گیرد..

مرحله دوم:

برآورد میزان متابولیسم یا تعیین طبقه بار کاری

متابولیسم

- فرایندی بیومکانیکی است که به عنوان یک واکنش شیمیایی جامع برای تبدیل مواد غذایی و اکسیژن به کار مکانیکی تعریف می شود. سوخت و ساز بدن به معنی کلیه واکنش های شیمیایی در تمام سلول های بدن است.

- متابولیسم (میزان سوخت و ساز) به صورت انرژی در واحد سطح بدن در ساعت $kcal/hr.m^2$ بیان میگردد.

متابولیسم پایه
Basal Metabolic Rate

- میزان انرژی لازم برای حفظ اعمال حیاتی بدن در حالت استراحت و درازکش بعد از ۱۲ ساعت گرسنگی و ۸ ساعت استراحت است و به عواملی چون سن، جنس، قد و وزن بستگی دارد.

- متابولیسم بازال هر فرد برابر است با مقدار انرژی مصرفی تقسیم بر سطح بدن فرد

- با توجه به آنکه اندازه گیری مستقیم میزان متابولیسم در محیط کار به علت نیازمندی به تجهیزات پیشرفته، امکان پذیر نمی باشد، برآورد میزان گرمای تولید شده متابولیکی توسط استاندارد ISO-8996انجام می گیرد.

- ISO- 7243 روشی را برای انتخاب میزان متابولیسم در ۵ طبقه فراهم می کند. اطلاعات دقیق تر در این زمینه توسط استاندارد ISO- 8996 ارائه شده است.

- باید دقت شود تا میزان متابولیسم به نزدیکترین مقدار واقعی برآورد گردد، در غیر اینصورت خطای بزرگی در ارزیابی استرس حرارتی ایجاد خواهد شد.

- مقادیر میزان متابولیسم بر اساس حرفه، نوع کار، شدت کار، وضعیت قرارگیری بدن، و نوع فعالیت در جداولی ارائه شده است.

میزان متابولیسم بر اساس نوع فعالیت

طبقه	مقادیر مورد استفاده برای محاسبه میزان متابولیسم		مثال
O- استراحت	W/m^2	W	استراحت
	۶۵	۱۱۵	
میزان متابولیسم کم	۱۰۰	۱۸۰	نشسته بحالت راحت: کارسبک دست، کاردست و بازو مثل کار با ابزار دستی کوچک، رانندگی، اپراتوری ایستاده: حفاری، کار با ماشین آسیاب، سیم پیچی موتورهای کوچک، ابزار دستی برقی قدم زدن (سرعت تا ۳/۵کیلومتر بر ساعت)
میزان متوسط متابولیسم	۱۶۵	۲۹۵	کار با دست و بازو (میخ کوبیدن، معدنکاری)، رانندگی ماشین‌آلات بزرگ ساختمانی چیدن سبزی و میوه، هل دادن کشیدن ارابه سبک، قدم زدن ۵/۵ - ۳/۵ کیلومتر بر ساعت، آهنگری
میزان متابولیسم بالا	۲۳۰	۴۱۵	کار بازوئی شدید، حمل مواد سنگینی، بیل زدن، کار با چکش‌های بزرگ، اره کردن قدم زدن ۷ - ۵/۵ کیلومتر بر ساعت کشیدن و هل دادن ارابه سنگینی، ریخته‌گری
میزان متابولیسم خیلی زیاد	۲۹۰	۵۲۰	تبر زدن، بالارفتنی از سربالائی با پله یا سربالائی، قدم زدن با سرعت بیش از ۷ کیلومتر بر ساعت

جدول مقادیر استاندارد ISO در مورد شاخص WBGT بر اساس طبقه میزان متابولیسم

طبقه میزان متابولیسم	میزان متابولیسم		مقادیر استاندارد WBGT			
	بر اساس واحد سطح بدن	برای فردی با سطح بدن ۱/۸ متر مربع	افراد سازش یافته*		افراد سازش نیافته	
	W/m2	W	°C		°C	
۰ (استراحت)	M<65	M<117	۳۳		۳۲	
۱ (کار سبک)	65<M<130	117<M<234	۳۰		۲۹	
۲ (کار متوسط)	130<M< 200	234<M<360	۲۸		۲۶	
			حرکت هوا		حرکت هوا	
			نامحسوس	محسوس**	نامحسوس	محسوس
۳ (کار سنگین)	200<M<260	360<M<468	۲۵	۲۶	۲۲	۲۳
۴ (کار خیلی سنگین)	M>260	M>468	۲۳	۲۵	۱۸	۲۰

*منظور از فرد سازش یافته کسی است که ۷ روز با گرما مواجهه پیاپی داشته باشد.

**حرکت هوا را زمانی محسوس در نظر می گیرند که میزان آن از ۰/۵ متر بر ثانیه بیشتر باشد.

توجه به سطح بدن در برآورد متابولیسم

- سطح بدن یک مرد استاندارد (قد= ۱/۷۰ ، وزن = ۷۰ کیلوگرم) ۱/۸ متر مربع می باشد. برای افرادی با قد و وزن متفاوت با مقادیر استاندارد، می توان سطح بدن را از رابطه زیر بدست آورد و مقادیر بدست آمده را در میزان متابولیسم وی ضرب نمود. در اینصورت طبقه بندی متابولیسم با توجه به جدول فوق انجام گیرد.

$$S = 0.007184 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$$

- W: وزن بدن (kg)
- H: قد (cm)
- S: سطح بدن بر حسب متر مربع

متوسط زمانی متابولیسم

- در صورتیکه افراد طی شیفت کار، فعالیت های مختلفی را در مدت زمانهای متفاوت انجام دهند، متوسط زمانی متابولیسم آنان را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود و مقدار M_{TWA} را در ارزیابی WBGT لحاظ نمود.

$$\mathbf{M_{TWA}= (M1\times T1)+ (M2\times T2)+\ldots\ldots+ (Mn\times Tn) / T1+T2+\ldots\ldots+Tn}$$

اثر لباس در برآورد میزان متابولیسم

- نوع لباسی که فرد به تن دارد برای مثال وزن لباس و مقاومتی که در برابر حرکت برای فرد ایجاد می کند، می تواند در برآورد میزان متابولیسم نقش داشته باشد.
- این مسئله بویژه زمانی که فرد از وسایل حفاظت فردی استفاده می کند باید مورد توجه قرار گیرد.
- استاندارد BS-7963 (2000) در جدولی میزان افزایش متابولیسم به خاطر استفاده از وسایل حفاظت فردی مختلف را ارائه نموده است

مرحله سوم:
برآورد مقاومت حرارتی لباس

- مقادیر استاندارد WBGT بر اساس پوشش معادل ۰/۶ کلو می باشد. در صورتی که فرد لباسی با مقاومت حرارتی متفاوت از مقدار فوق پوشیده باشد، مقادیر استاندارد تغییر می نماید.

- بنابراین توصیه می شود در مواردی که فرد لباسی غیر از لباس سبک (۰/۶ کلو) به تن دارد با استفاده از جدول ضریب اصلاحی مربوطه را در مقدار استاندارد WBGT اعمال نماید.

- برای اطلاع دقیق از مقدار مقاومت حرارتی لباس (کلو) می توان به مقادیر ارائه شده در استاندارد ISO-9920 مراجعه نمود.

اصلاح WBGT با توجه به نوع لباس

نوع لباس	مقدار کلو	مقداری که باید به شاخص WBGT محاسبه شده اضافه شود
لباس کار تابستانی	۰/۶	صفر
لباس کار یکسره نخی	۱	۲
لباس کار زمستانی	۱/۴	۴
لباس ضد آب	۱/۲	۶
لباس ضد بخارات شیمیایی	۱/۲	۱۰

مرحله چهارم:
تعیین نوع برنامه کار و استراحت افراد

- یکی دیگر از پارامتر هایی که در هنگام ارزیابی میزان WBGT می بایست مورد توجه قرار گیرد، نوع برنامه کار و استراحت افراد در معرض گرما است. برای این منظور جداول استانداردی ارائه شده است که با توجه به برنامه کار و استراحت، میزان متابولیسم و سازش یافته بودن یا نبودن افراد در معرض گرما، مقادیر مجاز WBGT تعیین خواهد شد.

- مقادیر ذکر شده برای کار مداوم وقتی قابل اجرا است که برنامه کار و استراحت برای ۵ روز در هفته و ۸ ساعت کار روزانه با دو توقف کوتاه مدت هر یک حدود پانزده دقیقه، یک نوبت در صبح و یک نوبت در بعد از ظهر و یک توقف طولانی تر حدود نیم ساعت برای ناهار همراه باشد .

مقادیر استاندارد WBGT
با توجه به برنامه کار و استراحت

درصد کار در برنامه کار و استراحت	سازش یافته				سازش نیافته (تراز عمل)			
	سبک	متوسط	سنگین	خیلی سنگین	سبک	متوسط	سنگین	خیلی سنگین
٪۷۵-۱۰۰	۳۱	۲۸	---	---	۲۸	۲۵	---	---
٪۵۰-۷۵	۳۱	۲۹	۲۷/۵	---	۲۸/۵	۲۶	۲۴	---
٪۲۵-۵۰	۳۲	۳۰	۲۹	۲۸	۲۹/۵	۲۷	۲۵/۵	۲۴/۵
٪۰-۲۵	۳۲/۵	۳۱/۵	۳۰/۵	۳۰	۳۰	۲۹	۲۸	۲۷

نکات مهم

- تراز عمل در واقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف میکند که درحدود توصیه شده برنامه های پیشگیرانه کنترل مدیریتی و پایش فردی در استرس حرارتی بکار گرفته شود.

- حدود فوق برای افراد سالم، با لباس سبک (کلو برابر ۰/۶) و در صورت مصرف کافی آب در حین فعالیت ارائه شده اند.

- برنامه ارائه شده در جدول فوق برای هر ساعت از کار می باشد.

- مقادیر ارائه شده در جدول با هدف حفظ اکثر کارگران از بیماریهای مرتبط با گرما معین شده اند. چنانچه هدف در محیط کار (بویژه محیط های اداری، بیمارستانی، رفاهی و غیره) فراهم نمودن آسایش حرارتی و جلوگیری از ایجاد ناراحتی یا عدم آسایش حرارتی باشد، می بایست مقادیر کمتر از آن مورد توجه قرار گیرد.

مرگ و میر ناشی از گرما

در امریکا در سال های ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۷، ۷۰۴۶ مورد مرگ ناشی از گرمازدگی گزارش شده است (۳۷۱ مرگ در سال) . مرگ و میر ناشی از گرما زدگی در تابستان با افزایش موج گرما افزایش می یابد مثلاً در سال ۱۹۸۰ (سالی که در آمریکا گرما شدید بود) ۱۷۰۰ مورد مرگ ناشی از گرمازدگی گزارش شده بود در مقایسه با سال بعد که ۱۴۸ مورد گزارش شده بود. افراد بالای ۶۵ سال ۴۴ ٪ موارد مرگ را شامل می شدند.

مرگ و میر ناشی از گرمازدگی به مدّت زمان قرار گرفتن در معرض گرما بستگی دارد. زمانی که درمان گرمازدگی تأخیری بوجود آید مرگ ناشی از گرمازدگی به ۸۰ ٪ می رسد با این وجود تشخیص زودرس و درمان سریع، مرگ ناشی از گرمازدگی را به ۱۰ ٪ می رساند. مرگ و میر در در افراد مسن، بیمارانی که بیماری زمینه ای دارند و بیماران بستری بیشتر است.

انواع بیماریهای ناشی از گرما

Heat rash : اغلب در قسمتهای زیر لباس اتفاق می افتد.
در محیط های گرم و مرطوب اتفاق می افتد.

علائم:
به علت بسته شدن مجاری عرق ایجاد می شود و همراه با علائمی همچون التهاب های قرمز و خارش پوست می باشد.

پیشگیری و درمان:
استراحت در مکانی خنک
خشک کردن پوست
توجه به عفونت پوست
تمیز نگاه داشتن پوست (دوش گرفتن پس از اتمام کار)

انواع بیماریهای ناشی از گرما

انواع بیماریهای ناشی از گرما

Heat cramps: در شکم، بازو ها و پاهای افرادی که فعالیتهای فیزیکی دارند.
می تواند به علت از دست دادن الکترولیت ها همراه عرق اتفاق افتد.

علائم:

اسپاسم دردناک

مشاهده پوسچر های غیر طبیعی بدن

چنگ زدن به ناحیه دردناک

پیشگیری و درمان:

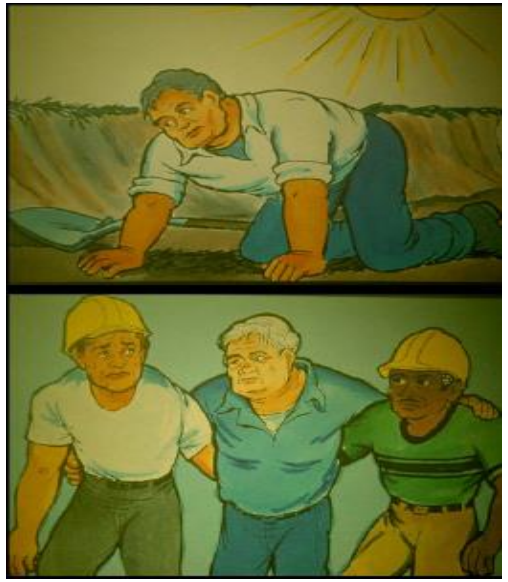
استراحت در مکانی خنک

نوشیدن آب فراوان

خوردن وعده های غذایی با نمک بیشتر

مراجعه به پزشک در صورت ادامه اسپاسم و درد شدید

انواع بیماریهای ناشی از گرما



Heat exhaustion: خستگی ناشی از گرما

علائم:

سردرد
سرگیجه
احساس ضعف بعلت خون رسانی ناکافی به مغز
بی حالی
گیجی و تحریک پذیری
تهوع
عرق بیش از اندازه
کاهش ادرار و تیره رنگ شدن آن
پوست سرد و مرطوب

انواع بیماریهای ناشی از گرما

Heat exhaustion:

پیشگیری و درمان:

انتقال فرد به محلی سایه و خنک

اجتناب از تنها گذاشتن فرد

اگر فرد احساس گیجی یا سبکی سر دارد وی را بخوابانید و به اندازه ۶ تا ۸ اینچ پاهای وی را بالاتر از سرش بگیرید

اگر فرد حالت تهوع دارد، وی را به بغل بخوابانید.

لباسهای سنگین فرد را از تن خارج کنید (دکمه هایش را باز کنید).

اگر فرد احساس تهوع ندارد هر ۱۵ دقیقه به او یک فنجان آب خنک بخورانید.

با هر وسیله ای که می توانید فرد را خنک کنید (فن، اسپری آب، لباس خیس)

اگر فرد در مدت چند دقیقه بهتر نشد، به اورژانس اعزام کنید در غیر اینصورت امکان Heat stroke وجود دارد.

انواع بیماریهای ناشی از گرما

Heat stroke: می تواند کشنده باشد.

علائم:

پوست خشک و رنگ پریده

عرق کردن ممکن است همچنان وجود داشته باشد.

تهوع

پوست گرم و برافروخته

گیجی، تحریک پذیری

غش کردن

تشنج

بروز علائم ناگهانی

دمای بالا (۱۰۴ درجه فارنهایت یا بالاتر) (۴۰ درجه سانتیگراد)

پیشگیری و درمان:

انتقال فرد به محلی سایه و خنک
اجتناب از تنها گذاشتن فرد
اگر فرد تشنج دارد، اشیاء را از وی دور کنید تا با آنها برخورد نکند.
اگر فرد حالت تهوع دارد، وی را به بغل بخوابانید.
لباسهای سنگین فرد را از تن خارج کنید (دکمه هایش را باز کنید).
اگر فرد به اندازه کافی هوشیار نیست که خود آب بنوشد، به او به دفعات مقدار کمی آب بخورانید.
با هر وسیله ای که می توانید فرد را خنک کنید (فن، اسپری آب، لباس خیس)
اگر یخ در دسترس می باشد، از کیسه های یخ استفاده کنید

What are the most serious heat illnesses?

Heat exhaustion and Heat stroke

heat exhaustion heat stroke.

Note:
Heat exhaustion or heat stroke may develop over a few days.

Heat Exhaustion or Heat Stroke?

How do you tell the difference??

You can ask these 3 questions

1. "What is your name?"
2. "What day is this?"
3. "Where are we?"

If a worker can't answer these questions, assume it is heat stroke.

Control of Heat Exposure

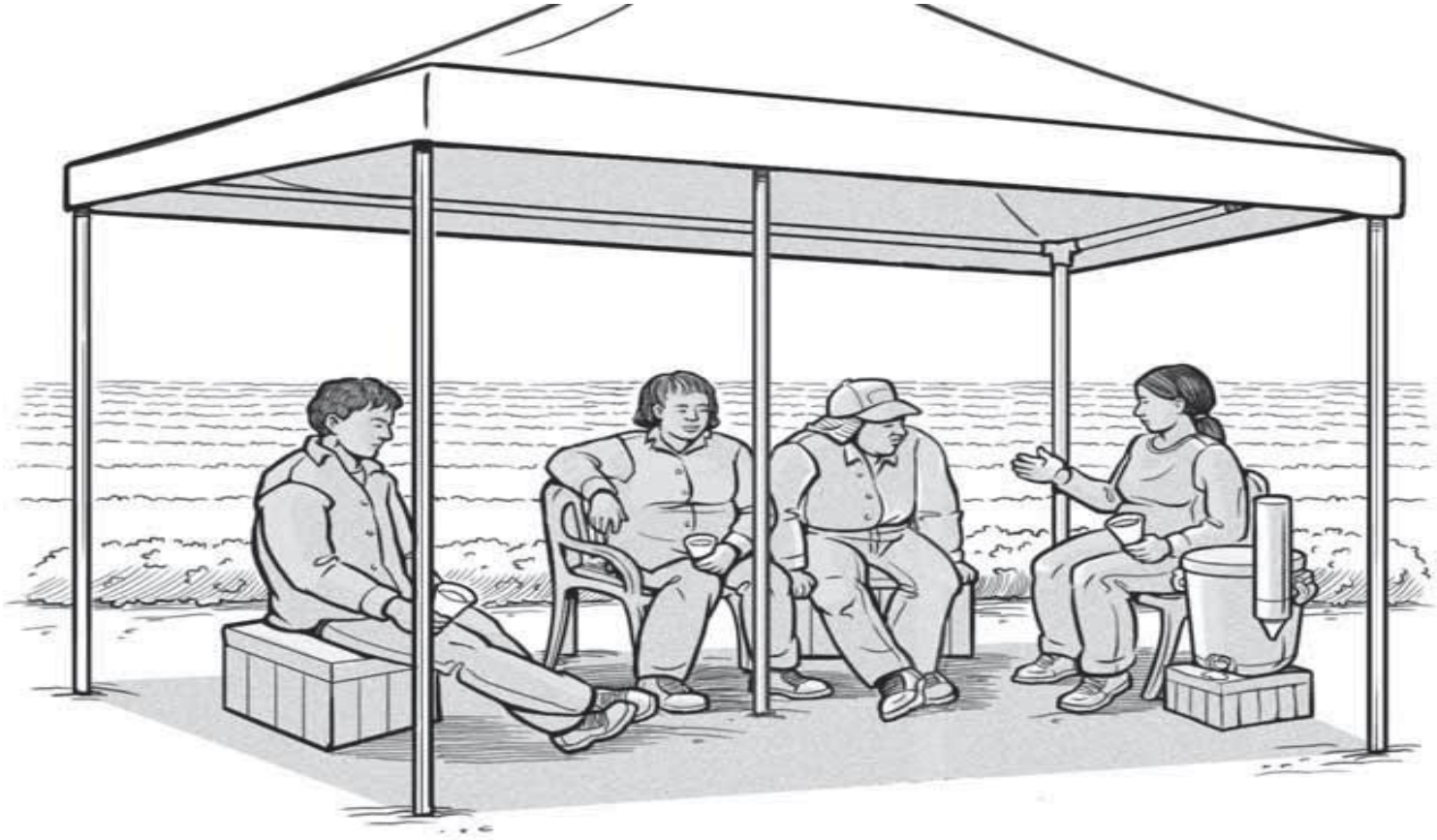
کنترلهای مهندسی

- ✓ از طریق اتوماسیون یا مکانیزاسیون فعالیتهای کاری کارگران کم شود.
- ✓ برای کاهش انرژی تشعشعی سطح اجسام داغ را عایق کردن یا بپوشانید.
- ✓ کارگران را از منبع انرژی تشعشعی حفاظت کنید.
- ✓ دستگاههای تهویه برای افزایش تهویه فراهم کنید تا هوای گرم را از محیط خارج کند.
- ✓ از فن هایی که قابلیت خنک سازی محیط را دارند استفاده نمایید.(توجه کنید که در نقاطی که دمای هوا بالاتر از ۳۵ در جه است فن های معمولی می تواند خطر استرس گرمایی را بیشتر کنند)
- ✓ کم کردن رطوبت هوابا استفاده از تهویه و رطوبت زدایی

کنترل های اداری (مدیریتی)

- ایجاد تطابق در کارگران
- می توانید سخت ترین کار را در خنک ترین قسمت روز انجام دهید.
- چرخاندن فعالیتهای کاری یا استفاده از کارگران بیشتر برای کم کردن تماس با گرما
- فرایند کار را از تماس مستقیم با نور خورشید یا منبع گرمایی تشعشعی در حد ممکن دور کنید.
- کارهای مربوط به تعمیر و سرویس ابزارآلات که در فضای باز صورت می گیرد را در خنکترین موقع سال انجام دهید.
- کارهای مربوط به تعمیر و سرویس ابزارآلات که در فضای بسته صورت می گیرد زمانی که پروسه داغ خاموش است صورت گیرد.
- نظارت بر کارگران (حضور حداقل ۲ نفر)
- نوشیدن آب
- آموزش

Take regular breaks



Wear proper clothing

- Light colored
- Light weight
- Natural fibers
- Hat with a brim
- Cooling vest may be helpful in some cases.

Remove PPE and excess clothing during breaks

Characteristics Leading to Heat Sensitivity

Very small body size.
Poor nutrition
Overweight
Over 40 years old (the older, the more sensitive)
Previous heat illness
Heart disease
High blood pressure
Diabetes
Skin disease
Liver, kidney, and lung problems

خدا
خوشا راهی که پایانش تو باشی