وسایل اندازه گیری و ارزیابی "استرس حرارتی"

وسایل سنجش استرس حرارتی

یکی از مهم ترین اقدامات جهت ارزیابی استرس حرارتی سنجش کمیات اصلی شرایط جوی می باشد. با اندازه گیری این کمیات می توان مقادیر شاخص‌های مختلف استرس حرارتی را جهت انجام ارزیابی صحیح محاسبه نمود. همچنین می توان با استفاده از مقادیر کمیات اندازه گیری شده شاخص های سایکرومتریک هوا را نیز تعیین نمود. کمیات اصلی در ارزیابی شرایط جوی محیط کار عبارتند از:

۱. درجه حرارت
۲. سرعت جریان هوا
۳. رطوبت سنجی
۴. فشار هوا

سرعت جریان هوا

جریان هوا یکی از مهم ترین پارامترها در انتقال حرارت بوده و دارای مشخصه سرعت و جهت می باشد. سرعت جریان هوا عبارت است از حرکت مولکول‌های هوا از نقاط پر فشار به نقاط کم فشار محیط، از این رو سنجش آن از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تعیین سرعت جریان هوا روش‌های مختلفی وجود دارد.

- الف – روش قرائت مستقیم

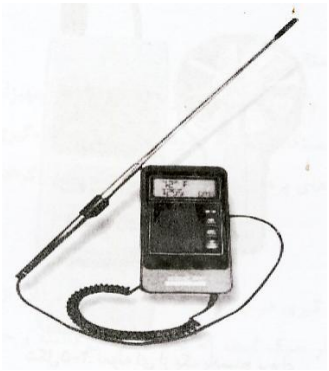
ساده ترین روش و کاربردی ترین روش، استفاده از تجهیزات قرائت مستقیم می باشد که توسط دستگاهی به نام آنمومتر یا بادسنج اندازه گیری صورت می گیرد.

این کار توسط بارسنج های پره ای یا بادسنج حرارتی انجام می گردد.

بادسنج پره ای

اساس کار اندازه گیری در این وسیله تغییرات فشارهوا در اثر عبور جریان هوا از طریق پروانه ای بسیار سبک است که قابلیت گردش داشته و حساس به جریان هوا است. انتهای پروانه به یک دینامو‌ی حساس متصل است که متناسب با سرعت چرخش پره که خود تابعی از سرعت جریان هوا می باشد جریان الکتریکی تولید می نماید. جریان خروجی از دینامودر پردازشگر بادسنج متناسب سازی شده و در نمایشگر عقربه ای یا دیجیتال سرعت جریان هوا نمایش داده می شود در اینجا سرعت گردش پروانه ارتباط مستقیمی با سرعت جریان هوا دارد. از این وسایل در اندازه گیری جریان هوا جهت دار و محیط باز استفاده می گردد و برای کانال‌های هوا به علت مقاومتی هوای جهت

دار و محیط باز استفاده می گردد و برای کانال‌های هوا به علت مقاومتی که در مسیر ایجاد می کند و سبب آشفتگی بیشتر جریان می گردد توصیه نمی شود این وسایل در دامنه خاصی از سرعت جریان هوا کاربرد دارند.



بادسنج حرارتی

بادسنج (جریان سنج) حرارتی دارای یک سنسور حرارتی است که به یک پردازشگر وصل گردیده است. روش اندازه گیری به روش الکتریکی و براساس استفاده از پل واتسون و اندازه گیری مقاومت مجهول در برابر مقاومت‌های معلوم است. در اینجا مقاومت‌های معلوم ثابت و مقاومت متغیر همان مقاومتی است که در مقبال عبور جریان هوا قرار دارد. گرمای تلف شده توسط جریان هوا عبوری از یک جسم بسیار گرم متناسب با سرعت جریان هوای عبوری از روی سطح آن است. در این مکانیسم میزان کاهش دمای سنسور در اثر عبور جریان هوا توسط پردازشگر دریافت و پس از متناسب سازی توسط نمایشگر عقربه ای یا دیجیتال نشان داده می شود. البته باید توجه داشت که دستگاه‌های مذکور باید همواره کالیبره شوند و از دقت و صحت اندازه گیری با آنها اطمینان حاصل شود یک نمونه باد سنج حرارتی در ذیل مشاده می کنید.

- **ب – استفاده از دماسنج کاتا برای سنجش سرعت جریان هوا**

چون در محیط‌های کار معمولاً جریان هوا دارای جهت های گوناگون است لذا از وسیله ای که میانگین سرعت هوا را مستقل از جهت آن نشان می دهد. استفاده می شود این وسیله دماسنج کاتا نام دارد.

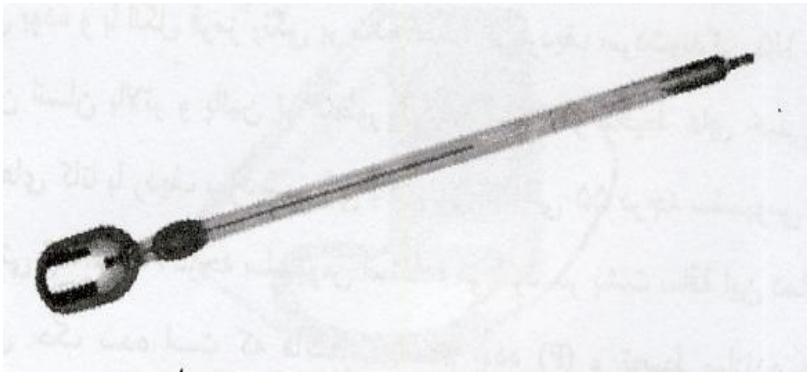
اندازه گیری غیرمستقیم سرعت جریان هوا توسط دماسنج کاتا و با کمک نموگرام‌های مربوطه انجام می شود دماسنج کاتا اولین بار در سال ۱۹۱۶ م توسط هیل و همکاران ارائه گردید. دماسنج کاتا دارای مخزنی با حجم بزرگ نسبت به دماسنج‌های مایعی متداول می باشد. دماسنج کاتا برای اندازه گیری توان سردشوندگی هوا محیط یا میزان آسایش در هوا موجود مناسب بوده و برای اندازه گیری سرعت جریان هوای ملایم بسیار مناسب است.

استفاده از دماسنج کاتا برای سنجش سرعت جریان هوا

دماسنج کاتا اولین بار در سال ۱۹۱۶ توسط هبل وهمکاران ارائه گردید. دماسنج کاتا دارای مخزنی با حجم بزرگ نیز به دماسنج های مایعی متداول می باشد. دماسنج کاتا برای اندازه گیری توان سرد شوندگی هوا محیط یا میزان آسایش در هوا موجود مناسب بوده وبرای اندازه گیری سرعت جریان هوای ملایم بسیار مناسب است. کاتاها انواع گوناگون دارند که ساختمان همگی یکسان و متشکل از یک دماسنج الکلی با مخزن بزرگ است. ردیف سردشوندگی آنها نیز متفاوت می باشد و بر روی ساقه این دماسنج دو علاومت حک شده است. (B.A) که معرف ردیف سردشوندگی یا محدوده دمایی عملکرد کاتا است.

دماسنج کاتای نوع خشک استاندارد دارای ردیف سردشوندگی ۳۸-۳۵ درجه سلسیوس بوده و با الکل قرمزرنگی پر شده است. این ردیف سردشوندگی ۱/۵ درجه از دمای بدن انسان بالاتر و پائین تر منظور گردیده است. در محیط‌های خیلی گرم از دماسنج های کاتا با ردیف سرد شوندگی بالا یعنی ۵۲ الی ۵۵ درجه سلسیوس به رنگ آبی و حتی ۶۳ الی ۶۶ درجه سلسیوس استفاده می شود. در پشت ساقه این دماسنج ها نیز عددی حک شده است که فاکتور دماسنج بوده (F) و توسط سازنده مشخص می گردد. در بالای ساقه دماسنج نیز مخزن کوچکی وجود دارد دماسنج کاتا دارای سه نوع دماسنج کاتای خشک، کاتای تر،

کاتای نقره اندود است. این سه نوع کاتا از نظر ساختمانی مشابه هم بوده و تنها تفاوت آنها در مخزن بزرگ آن ها است. دماسنج کاتای خشک دارای مخزن شبه ای بوده و کاتای نقره اندود همانند کاتای خشک است با این تفاوت که مخزن بزرگ آن برای بازتاب تابش های حرارتی، با پوشش نقره ای رنگ پوشش داده شده است.



دماسنج کاتای نقره ای اندود

در کاتای تر، مخزن بزرگ دماسنج توسط پارچه کتانی پوشیده شده است و بدین ترتیب علاوه بر دو طریق انتقال گرما در کاتای خشک (جابجایی وتابش)، میزان انتقال گرما از راه تبخیر نیز در نظر گرفته می شود درکاتای نقره اندود پوشش نقره ای از خطای مربوط به دخالت دمای تابشی در اندازه گیری سرعت جریان هوا جلوگیری می کند. در صورتی که دما در محیط آن قدر زیادی باشد، که مدت زمان سرد شوندگی برای دماسنج کاتای با ردیف سرشوندگی پائین بیش از ۲ دقیقه شود باید از دماسنج های کاتای با ردیف سردشوندگی بالا استفاده نمود. بطور کلی دماسنج‌های با ردیف سردشوندگی بالا هم برای محیط‌های با دمای پائین و هم برای محیط‌های با دمای بالا کاربرد دارند .در صورتی که در محیط دما بسیار بالا باشد بهتر از دماسنج کاتای نوع تر استفاده شود که انتقال گرما از طریق تبخیر نیز در آن صورت گیرد.

ویژگی های هوای نم دار

هوا ترکیبی از هوای خشک و بخار آب است. میزان بخار آب موجود در هوا در دماهای مختلف تعیین کننده شرایط سایکرومتریک هوا محیط کار محسوب می شود ویژگی‌های هوا نم دار با اندازه گیری دمای تر و خشک از طریق چارت سایکرومتریک قابل تعیین می باشد در شکل ۱۲-۲ نحوه تعیین این ویژگی‌های نمایش داده شده است مقیاس عمومی نمودار نشان دهنده میزان نم موجود در هوا (ظرفیت رطوبت) برحسب کیلوگرم بخار آب در کیلوگرم هوای خشک می باشد. مقیاس افقی نمودار نشان دهنده دمای خشک هوا است را شل منحنی شکل سمت چپ نمودار دمای تر را نشان می دهد. از محل اتصال دمای تر و دمای خشک، میزان رطوبت هوا روی منحنی های مدرج شده در داخل چارت تعیین می گردد.

اگر دمای خشک و تر را به هم متصل گردد و به سمت راست چارت روی خط راست افقی ادامه داده شود میزان نم موجود در دمای خشک تعیین میگردد. اگر از محل تعیین دمای تر مستقیما به سمت راست ورودی خط افق ادامه داده شود، میزان نم اشباع در دمای ترتعیین می گردد. از چارت رطوبت سنجی استفاده های زیادی می شود لیکن براساس نیاز برخی از استفاده‌های آن در این مبحث خواهد آمد.

رطوبت نسبی هوا

رطوبت نسبی هوا عبارت است از خارج قسمت فشار بخار آب موجود در هوا در دمای خشک به فشار بخارآب اشباع در همان دما و با داشتن این مقادیر و تعیین آن ها از طریق چارت سایکرومتریک از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$RH\ (\%) = \frac{PV}{PS} \times 100$$

مثال :

اگر میزان فشار بخار آب در یک دمای مشخص برابر با kpa ۲ باشد و فشار بخار اشباع نیز برابر با kps ۲/۹ باشد، میزان رطوبت نسبی هوا چقدر است؟

$$RH\ (\%) = \frac{2}{2.9} \times 100$$

$$RH = 69\%$$

با اندازه گیری دما توسط دماسنج خشک و دماسنج تر، مقدار رطوبت به کمک روابط ، جداول، خط کش و نمودار رطوبت سنجی تعیین می شود .

در اندازه گیری دمای تر و خشک چرخان لازم است که جریان هوای اجبای با سرعت حدود ۲/۵ متر بر ثانیه از سطح بخش حساس دماسنج ها عبور داده شود . یکی از دلایل آن این است که میزان سرعت جریان هوای یکسانی از اطراف مخزن دماسنج در شرایط مختلف جوی در محیط عبور نماید و از خطای اندازه گیری جلوگیری شود . رطوبت نسبی هوا را به روش های مختلف می توان اندازه گیری نمود. رطوبت سنج ها برای تعیین رطوبت نسبی استفاده می شوند و انواع آن شامل وسایل زیر است:

۱. رطوبت سنج اولیه مثل دیواری، آسمن و چرخان
۲. رطوبت سنج عقربه ای که براساس تغییر طول یک رشته (معمولاً مو) طراحی شده است.
۳. قرائت مستقیم (دیجیتال – عقربه ای)

رطوبت سنج دیواری، شامل قابی است که از در دماسنج تر و خشک تشکیل شده است . و به طور ثابت برروی دیوار در ارتفاع مناسب نصب می گردد.

با قرائت دمای تر و خشک طبیعی پس از ۲۵ دقیقه می توان با استفاده از خط کش محاسباتی مربوطه تعداد رطوبت نسبی هوا را به دست آورد.

رطوبت سنج چرخان و آسمن، عبارت از دو دماسنج تر و خشک است که در یک قابل قرار دارد و در نوع چرخان توسط دسته حول محور خود چرخانده می شود .

شکل دماسنج چرخان

و در نوع آسمن توسط پروانه برقی یا کوکی هوا در اطراف مخازن دماسنج ها به حرکت در می آید.

شکل دماسنج آسمن

تفاوت آنها با نوع دماسنج دیواری در مدت زمان قرائت است به طوری که با توجه به توصیه کارخانه سازنده در نوع چرخان مدت زمان یک الی دو دقیقه می باشد هنگام قرائت بایستی اول دماسنج تر و سپس دماسنج خشک قرائت گردد.

در قرائت مستقیم رطوبت نسبی از دستگاه های دیجیتال استفاده می شود که برای اطمینان از صحت و دقت مقدار نشان داده شده می بایستی دستگاه کالیبره شوند.برای مشخص نمودن رطوبت نسبی در صورتی که مقدار دمای تر طبیعی وجود داشته باشد فقط از خط کش محاسباتی استفاده می شود ولی در مورد دمای تر چرخان پس از قرائت دمای تر وخشک می توان به وسیله خط کش محاسباتی یا به وسیله چارت سایکرومتریک و جدول ذیل یا روابط محاسباتی، مقدار رطوبت نسبی هوا را بدست آورد .هر چه فاصله دمای تر و خشک کمتر باشد میزان رطوبت نسبی هوا بیشتر خواهد بود .

جدول تعیین رطوبت نسبی

دمای تر

دمای تر بنا به تعریف ، حداقل دمایی است که بتوان در آن هوا را در فشار ثابت با تبخیر آب خنک نمود .

دمای تر توسط دماسنج شیشه ای یا تر موکوپل که قسمت حساس آن به کمک یک فتیله مرطوب نگه داشته میشود، اندازه گیری می گردد. فتیله باید بصورت ؟ بافته شده باشد تا هیچ گونه درزی نداشته باشد. جهت مرطوب نگه داشتن فتیله از یک مخزن آب استفاده شده و انتهای فتیله درون آن قرار می گیرد.

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

- فتیله از جنسی تهیه شده باشد که قابلیت آب را داشته (نظیر کتان) و به صورت استین بدون درز باشد .
- برای مرطوب کردن فتیله از آب مقطر استفاده شود.
- فتیله باید در اندازه ای باشد که نه خیلی محکم و نه خیلی گشاد روی قسمت حساس دماسنج قرار گیرد .
- فتیله باید همیشه تمیز باشد و با توجه به وجود آلودگی هوا و شدت آن ، نسبت به تعویض فتیله اقدام گردد .
- فتیله باید تمامی رو به قسمت حساس دماسنج را بپوشاند و در صورتی که روی دماسنج، عمق غوطه وری مشخص شده باشد ، باید فتیله تا آن محل را بپوشاند .
- فاصله آزاد فتیله (فاصله سطح آب تا انتهای پایین مخازن) باید حدود ۳-۲ سانتی متر باشد تا از تاثیر دمای آب روی دماسنج جلوگیری شده 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 ۱۵ دقیقه صبر نمود و در صورت قرائت یکسان دما پس از سه مرتبه آن را به عنوان دمای تر ، قرائت و یادداشت کرد .
- باید دقت نمود که فاصله آزاد فتیله با هوای محیط در ارتباط باشد و در فضای محور ظرف قرار نگیرد . این مسئله در شکل ذیل نشان داده شده است .
- دماسنج هایی که برای اندازه گیری دمای تر طبیعی استفاده می گردند باید دارای شرایط زیر باشند .
- قسمت حساس دماسنج بصورت استوانه ای باشد .

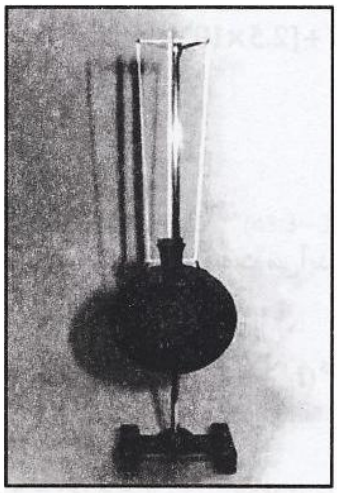
- قطر خارجی قسمت حساس دماسنج باید حدود ۰/۶ mm ± ۱ mm باشد .
- طول قسمت حساس و یا غوطه وری دماسنج حدود ۵ mm ± ۳۰ mm باشد .
- گستره دمایی دماسنج ۴۰ °C-۵ باشد .
- صحت دماسنج ۵۰ °C /± باشد .

یکی از عواملی که در اندازه گیری دمای تر باعث خطا می شود وجود تابش های حرارتی در محیط است . این تابش ها سبب بالا رفتن دمای آب ، گرم شدن دماسنج و نهایتاً اندازه گیری دمای تر بیش از مقدار واقعی می گردد . برای از بین بردن آن لازم است مخزن دماسنج بیرونی بازتاب دهنده تابش های حرارتی استفاده گردد .

دمای تابشی :

دمای تابشی ،دمایی است که با گرمای تابشی منتشره از سطوح داغ متناسب می باشد میزان گرمای تابشی دریافت شده توسط فرد در یک محیط به عوامل مختلفی نظیر منبع یا منابع گرمائی، ابعاد یا منابع ، وضعیت قرارگیری آنها نسبت به انسان و مشخصات جوی بستگی دارد .دمای تابشی را می توان به سه روش زیر اندازه گیری نمود .

استفاده از دماسنج گوی سان :



دماسنج گویسان جهت اندازه گیری دمای تابشی

استفاده از دماسنج گوی سان یکی از متداول ترین طرق اندازه گیری دمای تابشی محیط است. دماسنج گوی سان کره ای مسی است که رنگ سیاه مات رنگ آمیزی شده (جسم سیاه) و یک سنسور حساس به دما نظیر قسمت حساس دماسنج جیوه ای یا الکلی ، یک ترموکوبل و یا یک دماسنج مقاومتی در مرکز آن قرار گرفته است . کره مذکور با قطرهای مختلف ساخته شده و در دسترس می باشد. براساس استانداردهای موجود کلیه محاسبات براساس دماسنج گوی سان با کره ای به قطر ۱۵۰mm (۱۶ اینچ) پایه ریزی شده است. به منظور اندازه گیری دمای دماسنج گوی سان ، دماسنجی با مشخصات زیر توصیه شده است:

- قطره : ۱۵۰ mm
- در حد امکان نازک
- ردیف اندازه گیری دما: ۱۲۰ °C-۲۰
- صحت دماسنج : برای دماسنج های ۵۰ °C-۲۰ معادل ۰/۵ °C ± برای دماسنج های ۱۲۰ °C معادل ۱ °C ±

برای پوشش یکنواخت رنگ سیاه بر روی کره، توصیه شده است که از روشهای الکتروشیمیایی استفاده گردد. نمونه ای از دماسنج گوی سان در شکل زیر نشان داده شده است:

دماسنج گوی سان به راههای تابشی و جابجایی با محیط اطراف خود تبادل حرارتی نموده و به تعادل دمایی می رسد. زمان لازم برای رسیدن به تعادل ۳۰-۱۰ دقیقه برآورد شده است. نحوه قرائت دماسنج گوی سان مطابق دستورالعمل کلی قرائت دماسنج ها است که قبلاً اشاره گردیده است.

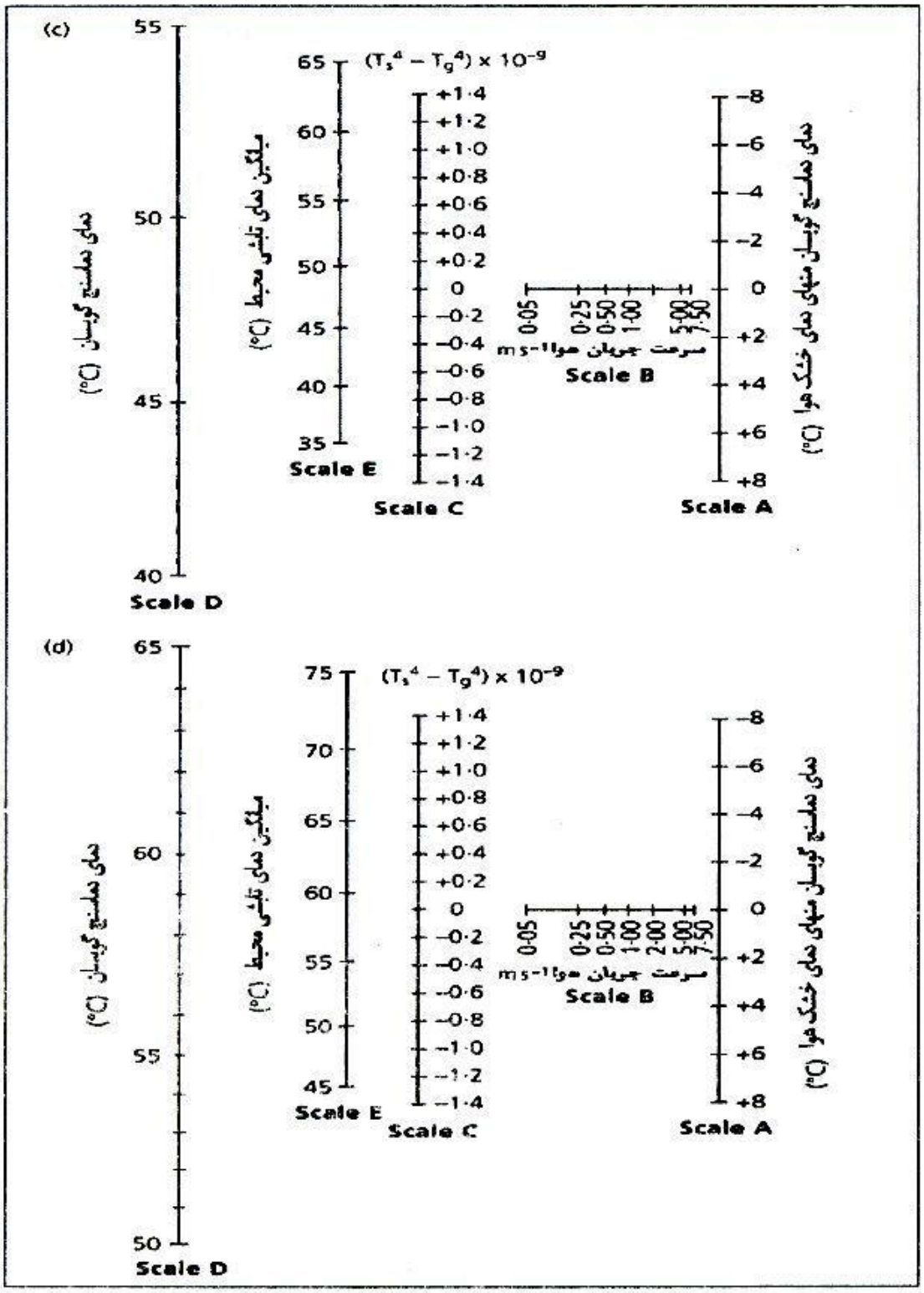
شاخص دمای ترگوی سان WBGT

این شاخص مهمترین شاخص برای ارزیابی تنش حرارتی محیط کار می باشد و به وسیله آن مجموع تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم دمای محیط، رطوبت، دمای تابشی، سرعت جریان هوا به صورت یک شاخص تعیین می گردد. در حال حاضر بیشترین کاربرد واحد ارزیابی تنش های گرمایی در محیط کاری دارد .

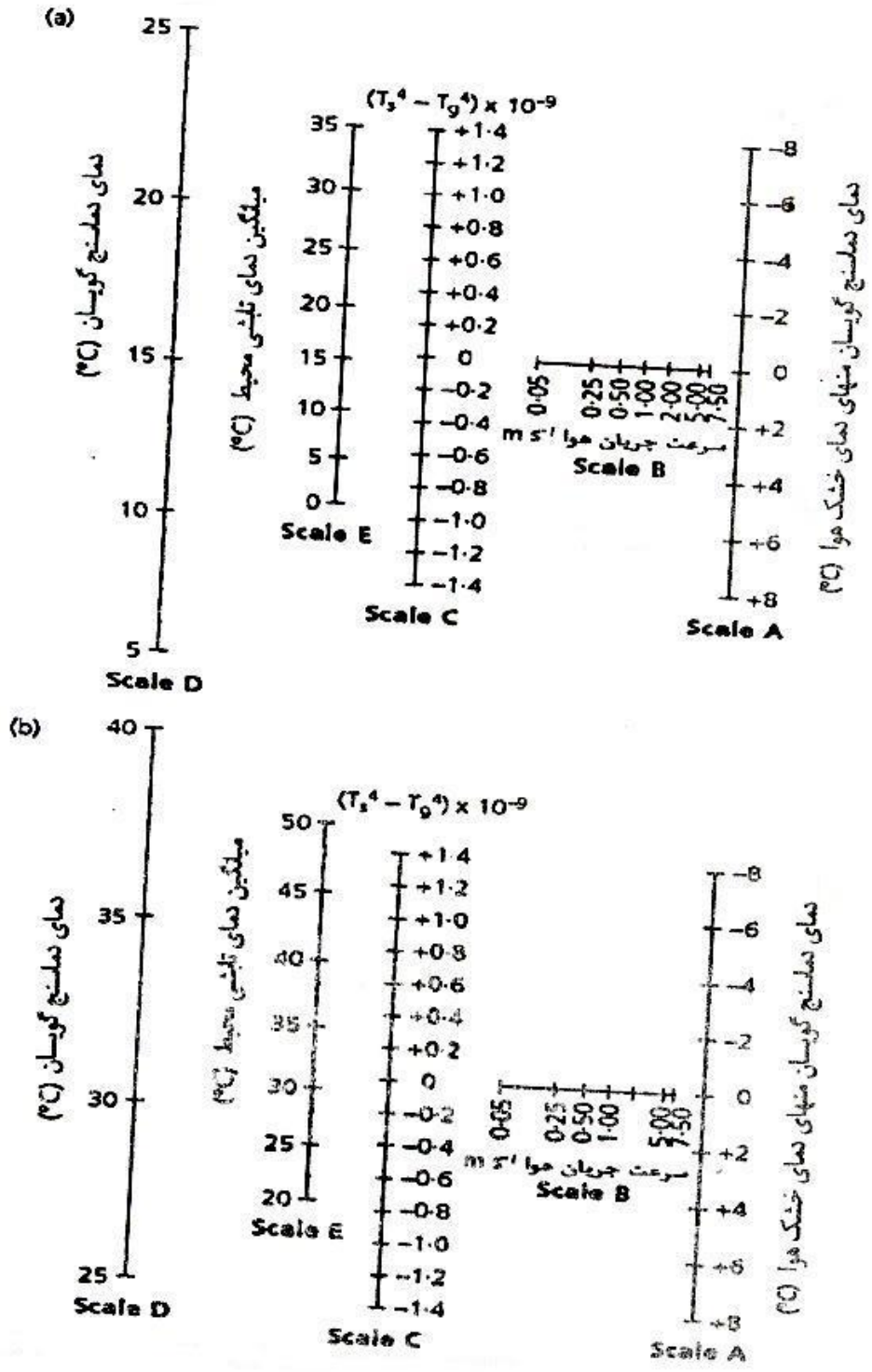
الف) دماسنج

ب) دماسنج تر

ج) دماسنج گوی سان



نمودار تعیین میانگین دمای تابشی (دماهای بالای محیط)



نمودار تعیین میانگین دمای تابشی (دمای پائین و متوسط محیط)