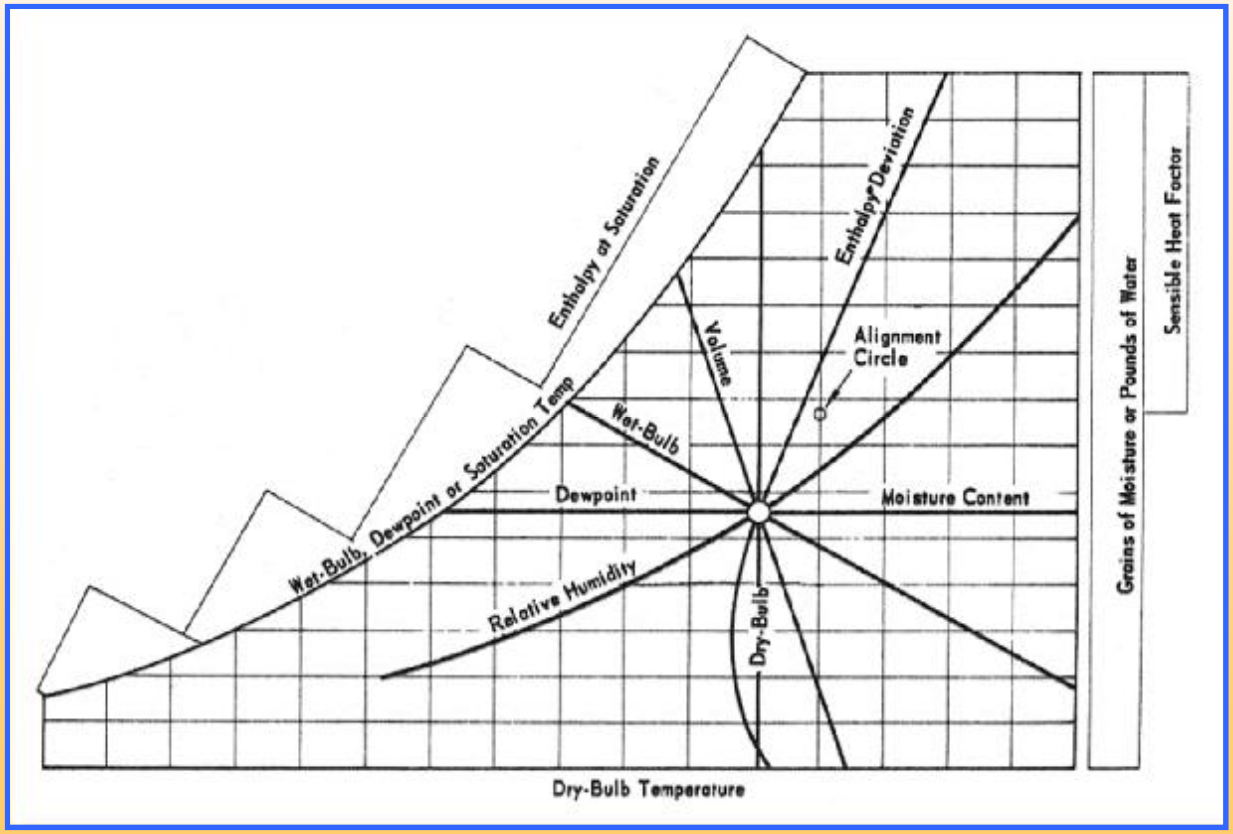
طرح سیستم های تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

نیمسال دوم 92-93

رطوبت سنجی

§ رطوبت‌سنجی (سایکرومتریک) علمی است که به مطالعه خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب، اثرات رطوبت هـوا بـر روی مواد و آسایش انسان و روش‌های کنترل خواص حرارتی هوای مرطوب می‌پردازد.

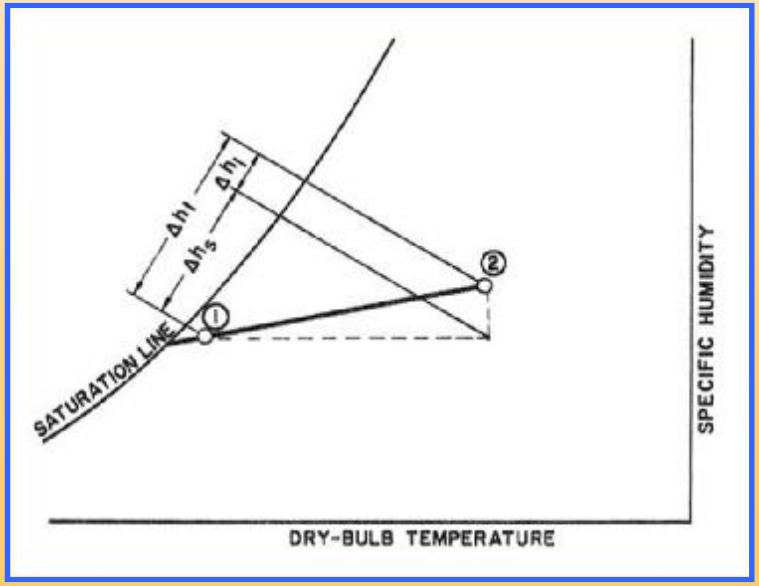


رطوبت سنجی

§ منظور از SH مقدار حرارتی است که به هوا داده شده یا از آن گرفته می‌شود تا درجه حرارت هوا به مقدار معینی برسد و در این تحول مقدار رطوبت هوا تغییر نخواهد کرد.

§ منظور از LH مقدار حرارتی است که باید به صورت رطوبت به هوا داده یا از آن گرفته شود تا مقدار رطوبت آن به اندازه معینی برسد. در این تحول درجه حرارت هوا ثابت خواهد بود.

§ هرگاه در یک تحول هم درجه حرارت و هم مقدار رطوبت هوا تغییر کند، مقدار کل حرارتی را که در این تحول به هوا داده شده یا از آن گرفته می‌شود را می‌توان مجموع دو نوع حرارت SH و LH دانست.



$$SH = 1.08 \times cfm \times (t_2 - t_1)$$

$$LH = 0.68 \times cfm \times (w_2 - w_1)$$

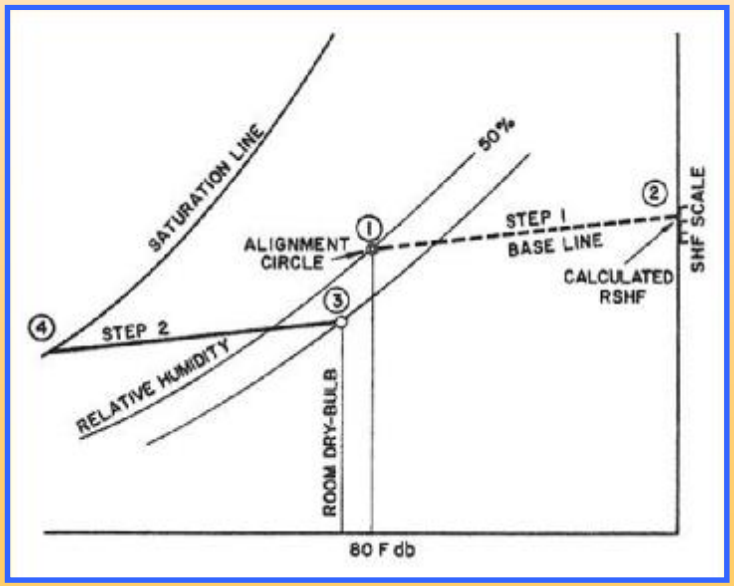
$$TH = SH + LH = 4.45 \times cfm \times (h_2 - h_1)$$

رطوبت سنجی

§ نسبت SH به TH، Sensible Heat Factor نامیده شده و با SHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$SHF = \frac{SH}{TH} = \frac{SH}{SH + LH}$$

§ در منحنی سایکرومتریک برای پیدا کردن SHF هر تحول کافی است از دایره مبنی خطی به موازات تحول رسم کرد تا محور SHF را قطع کند و بالعکس، مسئله مهم در تحولات این است که صرفنظر از مسیر واقعی یک تحول، می‌توان آن را با خطی که شرایط اولیه و نهایی تحول را در منحنی سایکرومتریک به هم وصل می‌کند، نشان داد.



بارهای اتاق (RSH، RLH، RTH و RSHF)

§ منظور از RSH جمع اتلاف حرارتی آشکار یک اتاق و یا مجموعه اتاق‌ها یا کل ساختمان است. این حرارت صرف بالا بردن درجه حرارت (تابستان) یا پایین آوردن درجه حرارت (زمستان) می‌شود.

§ منظور از RLH جمع اتلاف حرارتی نهان یک اتاق یا مجموعه اتاق‌های یک ساختمان است. در تابستان این حرارت به صورت رطوبت وارد اتاق‌ها شده و در زمستان به علت کم بودن اتلافات رطوبت از محاسبه آن صرفنظر می‌شود. جمع RLH و RSH را با RTH نشان می‌دهند.

§ نسبت RSH به RTH، Room Sensible Heat Factor نامیده شده و با RSHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$RSHF = \frac{RSH}{RTH} = \frac{RSH}{RSH + RLH}$$

§ خطی که شرایط هوای تغذیه و هوای اتاق را روی نمودار رطوبت‌سنجی به هم متصل می‌کند، خط RSHF نامیده شده و نشان‌دهنده فرآیندی است که هوای تغذیه در اتاق طی می‌کند. شیب این خط نشان‌دهنده نسبت بار محسوس به بار نهان اتاق است.

بارهای اتاق (RSH، RLH، RTH و RSHF)

§ اگر در سیستم تهویه مطبوع از هوا استفاده شود، شرایط هوا هنگام ورود به اتاق‌ها (از دریچه‌ها) باید طوری باشد کـه بعـد از اضافه شدن RTH به آن (در تابستان) یا از دست رفتن RSH (در زمستان) از آن، به شرایط ایده‌آل داخلی، که برای اتاق درنظر گرفته شده، برسد. در تهویه تابستانی یا زمستانی با هوا کافی است از نقطه‌ای روی منحنـی سـایکرومتریک کـه نشـان دهنده شرایط داخلی است خطی با RSHF معین (که از روی بار برودتی معلوم است و در زمستان مقدارش 1 اسـت) رسـم شود. هوای وردی به اتاق‌ها باید توسط نقطه‌ای روی این خط مشخص گردد.

HEATING COOLING

$$RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{rm} - t_{sa})$$

$$RLH = 0.68 \times cfm_{sa} \times (w_{rm} - w_{sa})$$

$$RTH = RSH + RLH = 4.45 \times cfm_{sa} \times (h_{rm} - h_{sa})$$

$$RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{sa} - t_{rm})$$

$$RLH = 0$$

$$RTH = RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{sa} - t_{rm})$$

بارهای کل (TSH، TLH، GTH و GSHF)

§ منظور از TSH مقدار حرارت محسوسی است که در دستگاه هواساز بایستی به هوا داده یا از آن گرفته شود تا بـه هنگـام خروج از دستگاه به شرایط لازم برسد.

§ منظور از TLH حرارتی است که باید در دستگاه به صورت رطوبت از هوا گرفته یا به آن اضـافه نمـود تـا رطوبـت آن بـه میزان معین برسد. جمع TLH و TSH را با GTH نشان می‌دهند.

§ نسبت TSH به GTH، Grand Sensible Heat Factor نامیده شده و با GSHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$GSHF = \frac{TSH}{GTH} = \frac{TSH}{TSH + TLH}$$

§ خطی که شرایط هوای ورودی به دستگاه (مخلوط هوای برگشت و هوای تازه) و هوای خروجی از دسـتگاه را روی نمـودار رطوبت‌سنجی به هم متصل می‌کند، خط GSHF نامیده شده و نشان‌دهنـده فرآینـدی اسـت کـه هـوای تغذیـه در عبـور از دستگاه طی می‌کند. شیب این خط نشان‌دهنده نسبت بار محسوس به بار نهان کل است.

بارهای کل (TSH، TLH، GTH و GSHF)

§ چنانچه شرایط هوای ورودی به دستگاه هواساز مشخص باشد، می‌توان از آن نقطه خطی بـا شـیب GSHF رسـم نمـود. شرایط هوای خروجی از دستگاه باید توسط نقطه‌ای روی این خط مشخص می‌شود. شرایط هوای ورودی به اتاق‌هـا از کانـال تقریباً با شرایط هوای خروجی از دستگاه هواساز یکسان بوده و چون شرایط هوا ورودی به اتاق‌ها نیز روی خط RSHF قـرار دارد، لذا محل تلاقی این دو خطر شرایط خروج از دستگاه یا ورودی به اتاق‌ها خواهد بود.

HEATING COOLING

$$TSH = 1.08 \times cfm_{da} \times (t_e - t_l)$$

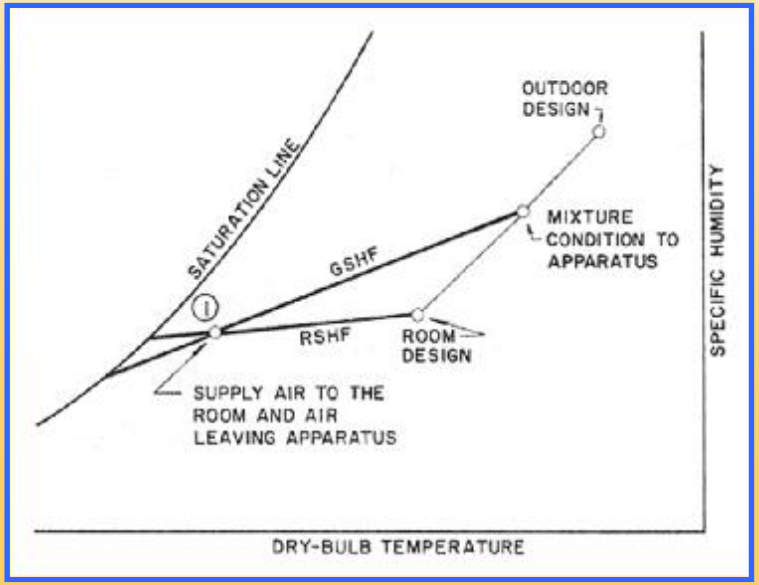
$$TLH = 0.68 \times cfm_{da} \times (w_e - w_l)$$

$$GTH = TSH + TLH = 4.45 \times cfm_{da} \times (h_e - h_l)$$

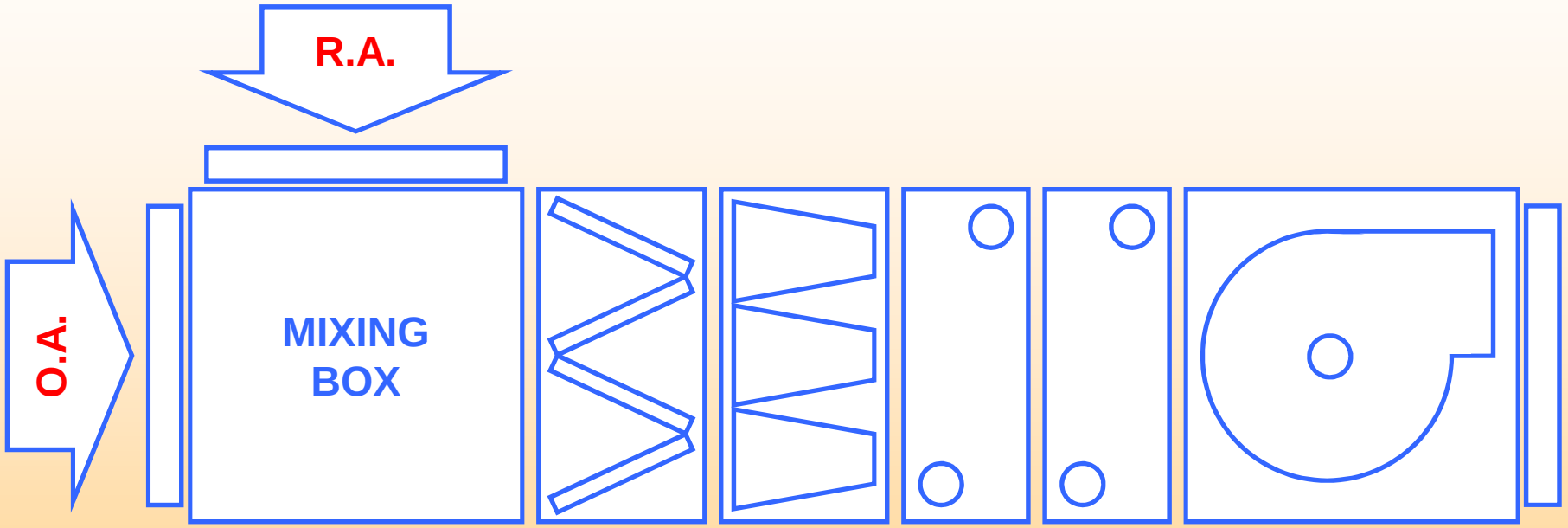
$$TSH = 1.08 \times cfm_{da} \times (t_l - t_e)$$

$$TLH = 0.68 \times cfm_{da} \times (w_l - w_e)$$

$$GTH = TSH + TLH = 1.08 \times cfm_{da} \times (h_l - h_e)$$



رطوبت سنجی



§ دستگاه‌های هواساز با کویل، واشر یا مخلوط آنها کار کرده و فوق‌العاده متنوع هستند. بحث در مورد تمامی انواع هواساز از حوصله این بخش خارج بوده و در اینجا فقط نوعی از دستگاه آن که بسیار متداول است، بررسی می‌گردد. این دستگاه از کویل یا واشر سرد برای تهویه تابستانی و از کویل یا واشر گرم برای تهویه زمستانی استفاده می‌کند. دستگاه ابتدا برای بار تابستانی طراحی شده و سپس برای کار زمستانی هم کمیات آن کنترل و بررسی شود.

بررسی شرایط برودتی

§ منظور از OASH، OALH و OATH حرارت‌هایی هستند که باید از هوای تازه گرفت تا به شرایط هوای برگشتی (یـا همان شرایط اتاق) برسد. لذا:

$$OASH = 1.08 \times cfm_{oa} \times (t_{oa} - t_{rm})$$

$$OALH = 0.68 \times cfm_{oa} \times (w_{oa} - w_{rm})$$

$$OATH = OASH + OALH = 4.45 \times cfm_{oa} \times (h_{oa} - h_{rm})$$

§ منظور از ERSH، ERLH و ERTH به ترتیب عبارت است از مجموع (RSH، RLH و RTH) با (SH، LH و TH) هوای تازه‌ای که تغییر نکرده از دستگاه عبور می‌کند. لذا:

$$ERSH = RSH + BF \times OASH$$

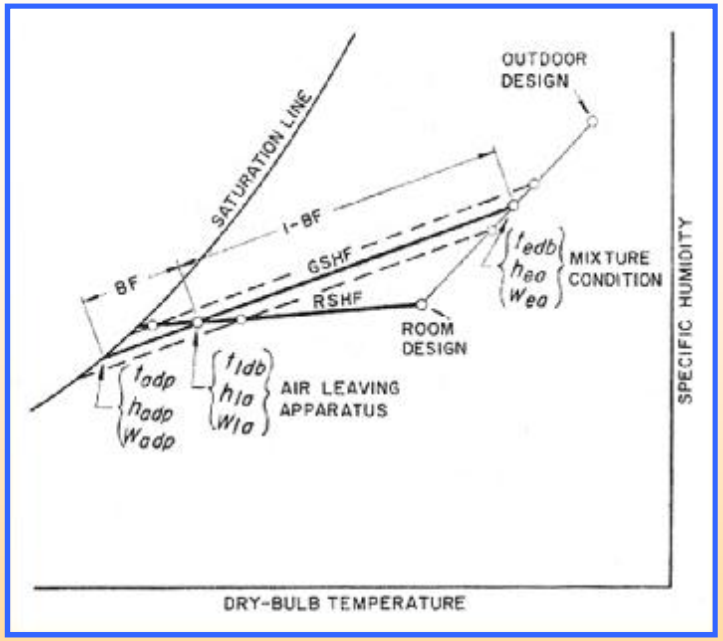
$$ERLH = RLH + BF \times OALH$$

$$ERTH = ERSH + ERLH = RTH + BF \times OATH$$

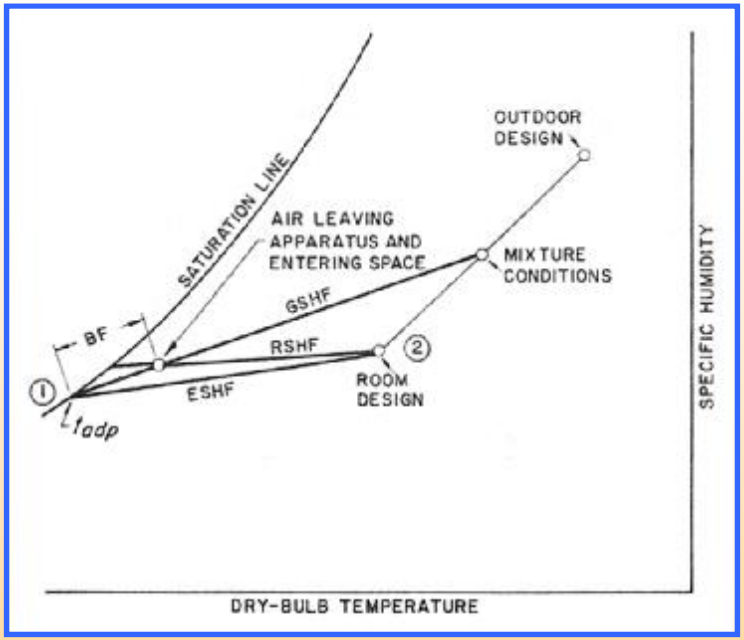
§ نسبت ERSH به ERTH، Effective Sensible Heat Factor نامیده شده و با ESHF نشان داده می‌شود. لذا:

$$ESHF = ERSH / ERTH$$

بررسی شرایط برودتی



BYPASS FACTOR



ESHF & ADP

§ مفهوم فیزیکی این حرارت‌ها آن است که فرض می‌شود هوا در شرایط اشباع از کویل سرد خارج و سپس باید علاوه بر سرد کردن هوایی که بدون تغییر از کویل عبور کرده، بار اتاق‌ها را نیز خنثی کند. هوایی که بدون تغییر از کویل عبور نموده مجموع دو نوع هواست: هوای برگشتی و هوای تازه. از آنجا که هوای برگشتی در شرایط اتاق بوده و باری ندارد، فقط بخش مربوط به هوای تازه باید سرد شود.

بررسی شرایط برودتی

§ اگر e هوای ورودی به دستگاه، rm شرایط اتاق، l شرایط واقعی خروج از دستگاه و adp شرایط ایده‌آل و تئوری خروجی از دستگاه (کویل سرد) باشد، تحول بین l و rm همان خط RSHF است ولی تحول بین adp و rm تحولی فرضی است که در آن هوا با شرایط adp خارج شده و علاوه بر تامین بارهای اتاق، قسمتی از هوای تازه که بدون تغییر از کویل عبور می‌کند، را نیز سرد می‌کند (همان حرارت‌های ERSH، ERLH و ...). بنابراین خط دوم همان خط ESHF خواهد بود. با پارامترهایی که انتخاب شده می‌توان نوشت:

$$TSH = RSH + OASH$$

$$TLH = RLH + OALH$$

$$GTH = TSH + TLH = RTH + OATH$$

§ به علاوه:

$$ERSH = 1.08 \times (1 - BF) \times cfm_{da} \times (t_{rm} - t_{adp})$$

بررسی شرایط برودتی (مثال)

- محل: فروشگاه
- شرایط طرح خارج در تابستان: 95 °F DB و 75 °F WB
- شرایط طرح داخل در تابستان: 75 °F DB و 50% RH
- بار محسوس 200000 Btu/hr و بار نهان 50000 Btu/hr
- هوای لازم برای تهویه: 2000 cfm

$$cfm_{oa} = 2000$$

$$OASH = 1.08 \times cfm_{oa} \times (t_{oa} - t_{rm}) = 1.08 \times 2000 \times (95 - 75) = 43200 \quad Btu/hr$$

$$OALH = 0.68 \times cfm_{oa} \times (w_{oa} - w_{rm}) = 0.68 \times 2000 \times (99 - 65) = 46200 \quad Btu/hr$$

$$OATH = OASH + OALH = 43200 + 46200 = 89400 \quad Btu/hr$$

بررسی شرایط برودتی (مثال)

COIL BYPASS FACTOR	TYPE OF APPLICATION	EXAMPLE
0.30 to 0.50	A *small* total load or a load that is somewhat larger with a low sensible heat factor (high latent load).	Residence
0.20 to 0.30	Typical comfort application with a *relatively small* total load or a low sensible heat factor with a somewhat larger load.	Residence, Small Retail Shop, Factory
0.10 to 0.20	Typical comfort application.	Dept. Store, Bank, Factory
0.05 to 0.10	Applications with high internal sensible loads or requiring a large amount of outdoor air for ventilation.	Dept. Store, Restaurant, Factory
0 to 0.10	All outdoor air applications.	Hospital Operating Room, Factory

$BF = 0.15$

$ERSH = RSH + BF \times OASH =$

$200000 + 0.15 \times 43200 = 206480$ Btu/hr

$ERLH = RLH + BF \times OALH =$

$50000 + 0.15 \times 46200 = 56930$ Btu/hr

$ERTH = ERSH + ERLH =$

$206480 + 56930 = 263410$ Btu/hr

$ESHF = ERSH / ERTH = 206480 / 263410 = 0.785$

$t_{adp} = 50\ ^{0}F$

بررسی شرایط برودتی (مثال)

4

$$cfm_{da} = \frac{ERSH}{1.08 \times (1 - BF) \times (t_{rm} - t_{adp})} = \frac{20640}{1.08 \times (1 - 0.15) \times (75 - 50)} = 9000$$

$$t_{rm} - t_{sa} = \frac{RSH}{1.08 \times cfm_{da}} = \frac{200000}{1.08 \times 9000} = 20.5\ ^{0}F$$

$$cfm_{da} = cfm_{sa} = 9000$$

$$cfm_{ra} = cfm_{sa} - cfm_{oa} = 9000 - 2000 = 7000$$

5

$$t_{edb} = \frac{cfm_{oa}}{cfm_{sa}} t_{oa} + \frac{cfm_{ra}}{cfm_{sa}} t_{rm} = \frac{2000}{9000} 95 + \frac{7000}{9000} 75 = 79.5\ ^{0}F$$

$$t_{ewb} = 65.5\ ^{0}F$$

$$t_{ldb} = t_{sa} = t_{rm} - (t_{rm} - t_{sa}) = 75 - 20.5 = 54.5\ ^{0}F$$

$$t_{lwb} = 52.5\ ^{0}F$$

بررسی شرایط برودتی (مثال)

6

$$TSH = RSH + OASH = 200000 + 43200 = 243200 \quad \text{Btu/hr}$$

$$TLH = RLH + OALH = 50000 + 46200 = 96200 \quad \text{Btu/hr}$$

$$GTH = TSH + TLH = 243200 + 96200 = 339400 \quad \text{Btu/hr}$$