گرمایش

به اهتمام:

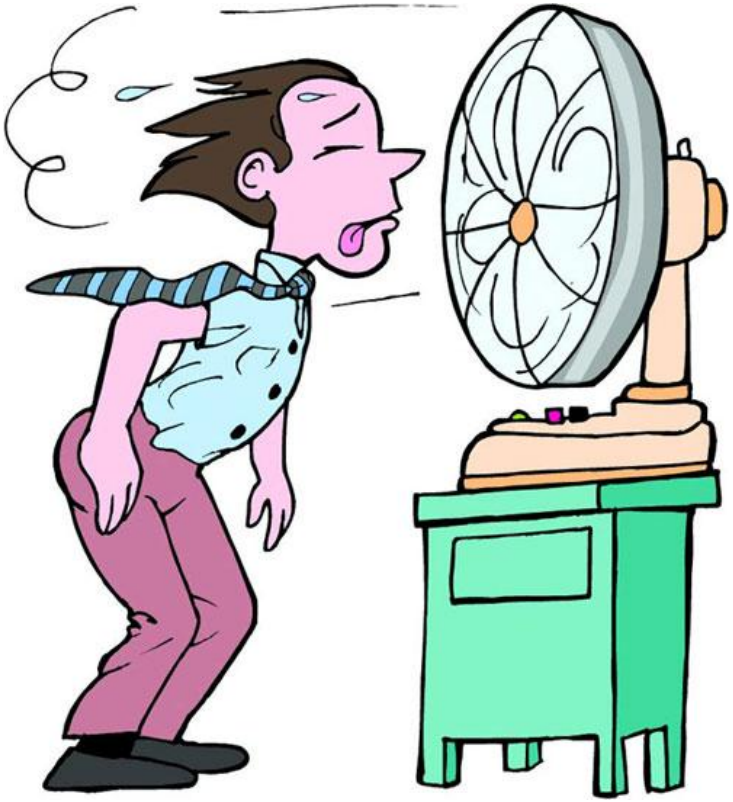
مهندس مجتبی محمدی

Mojtaba Mohamadi
HVAC Engineerig Expert

کارشناس مهندسی مکانیک

آسایش حرارتی:

- ترکیب مطلوبی از دمای هوا،رطوبت نسبی، حرکت هوا ودمای متوسط تشعشعی محدوده مشخصی را ارائه می کند که اکثریت افراد در آن محدوده احساس آسایش میکنند.



- بدن انسان در اثر فعالیت های مختلف حرارت تولید میکند و این حرارت به راحتی باید دفع شود.
  نه کمتر نه بیشتر.

دمای طبیعی بدن ۳۷°

دمای سطح پوست ۳۲°

همرفت ٪۳۰ تشعشع ٪۴۵ تبخیر٪۲۵

Mojtaba Mohamadi
HVAC Engineerig Expert

عوامل موثر بر آسایش حرارتی:

دما

رطوبت

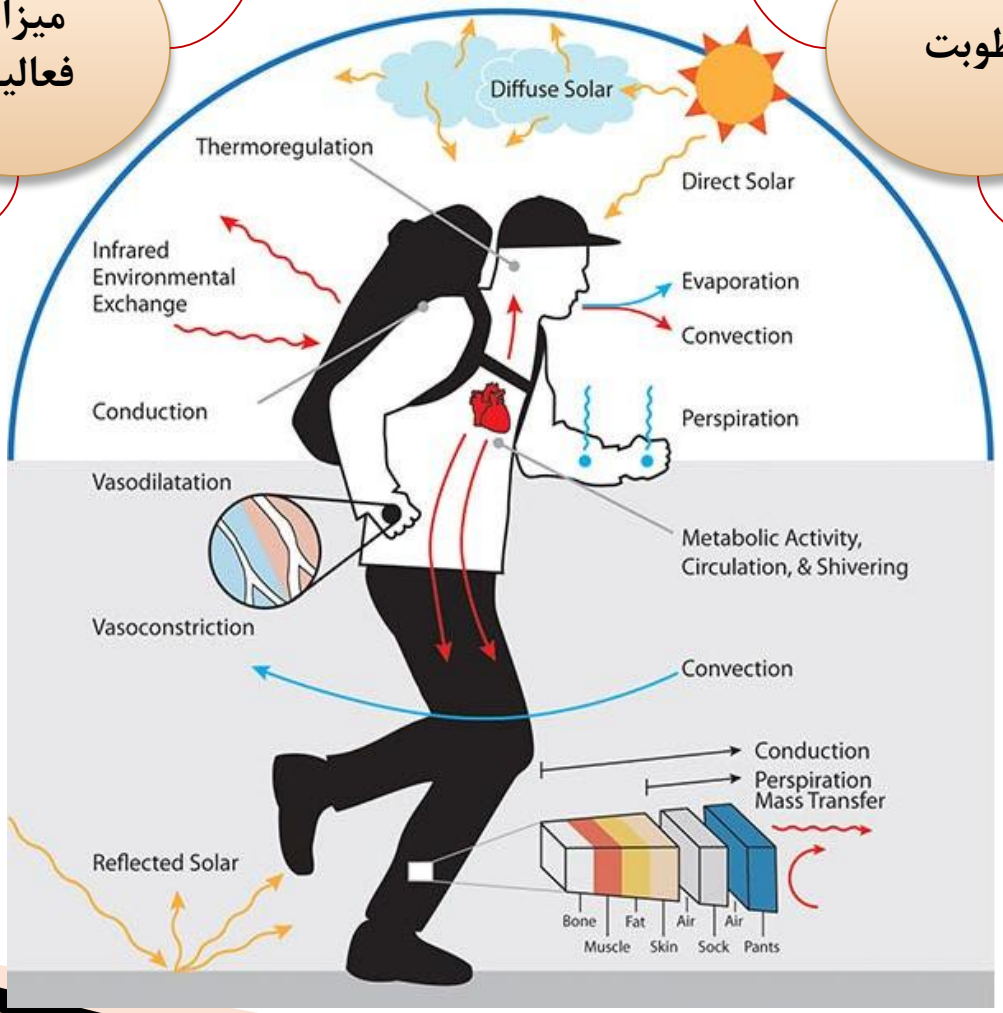
سرعت هوا

تشعشع

میزان فعالیت

نوع پوشش

حساسیت و انتظارات



دما:

- ✓ همان دمای خشک است که توسط دماسنج اندازه گیری می شود.
- ✓ دفع حرارت با دمای خشک ارتباط مستقیم دارد.

میزان فعالیت:

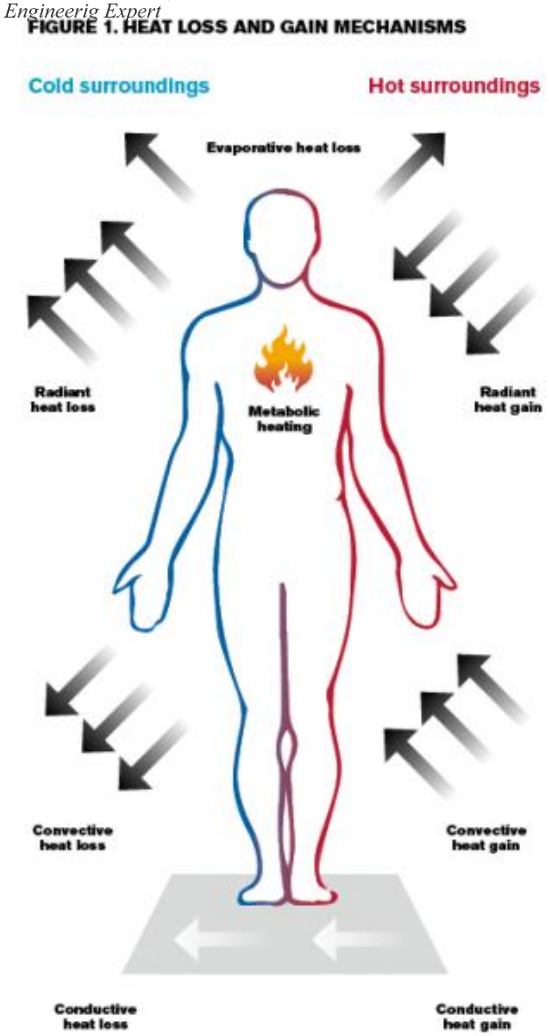
- ✓ حرارت تولیدی بدن با واحد وات بر مترمربع پوست سنجیده می شود.
- ✓ بستگی به نوع فعالیت و سطح پوست انسان دارد.

$$A_{du} = 0.202W^{0.425} * h^{0.725}$$

A_{du} سطح پوست بر حسب متر مربع

W وزن بدن بر حسب کیلوگرم

h اندازه قد بر حسب متر



میزان فعالیت:

- ✓ η کارایی مکانیکی

شدت کار به شدت متابولیزم است و در کارهای ساده به حساب نمی آید.

- ✓ met واحد دیگر میزان فعالیت است.
- ✓ معادل متابولیزم ۱ نفر درحالت نشسته(۵۸) است.

فعالیت	شدت متابولیزم (W/m^2)	میزان حرارت تولیدشده (W)	کارایی مکانیکی η
خوابیدن	۴۱	۷۹/۵۴	۰
نشستن	۵۸	۱۱۲/۵۲	۰
ایستادن	۷۰	۱۳۵/۸	۰
قدم زدن با سرعت ۴/۸ Km/h	۱۵۱	۲۹۲/۹۴	۰
کار منزل	۱۱۶-۱۹۸	۲۲۵-۳۸۴/۱۲	۰-۰/۱
تایپ کردن	۷۰-۸۱	۱۳۵/۸-۱۵۷/۱۴	۰
ژیمناستیک	۱۷۵-۲۳۳	۳۳۹/۵-۴۵۲	۰-۰/۱
کار سنگین	۲۰۴-۲۶۲	۳۹۵/۷۶-۵۰۸/۲۸	۰-۰/۱

جدول ۱- شدت متابولیزم، میزان حرارت تولید شده و کارایی مکانیکی به وسیله فعالیت های مختلف برای انسانی با قد ۱۸۰ سانتیمتر و وزن ۷۵ کیلوگرم (ASHRAE,1985).

نوع پوشش:

- ✓ I_{cl} ضریب نارسایی لباس بوده و با واحد clo نشان داده می شود.
- ✓ برابر است با مقدار لباسی که یک نفر در محیطی با دمای و جریان هوای $0.1\ m/s$ بپوشد و احساس آسایش کند.

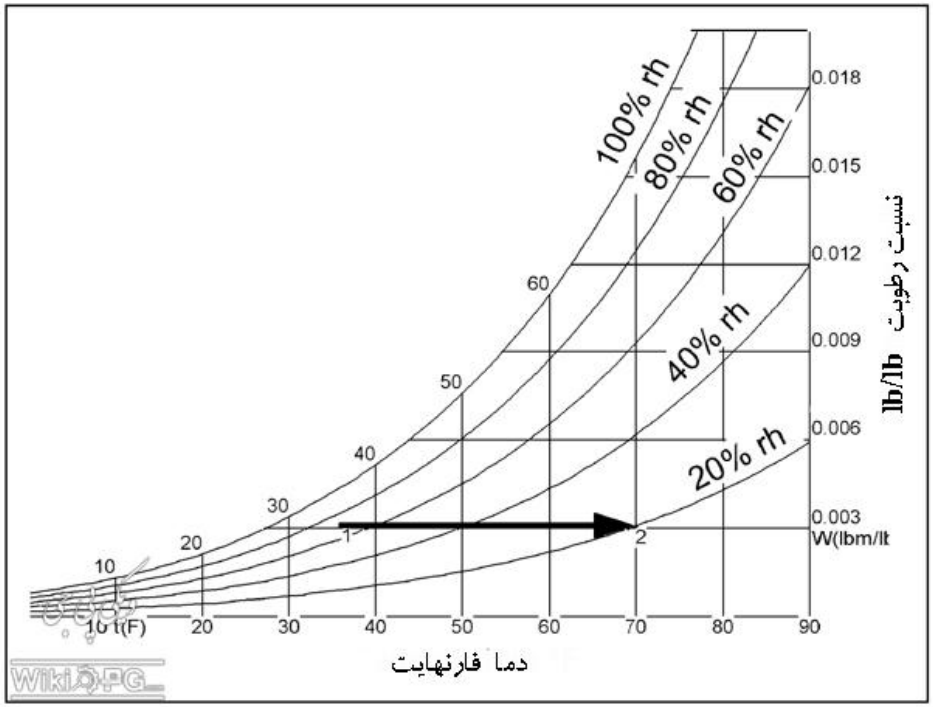
نوع پوشش	ضریب نارسانایی لباس I_{cl} (clo)	نسبت قسمت‌های پوشیده بدن به کل سطح پوست f_{cl}
برهنه	۰	۱
شلوار کوتاه	۰/۱	۱
پوشش سبک	۰/۶-۰/۴	۱/۱
بلوز و شلوار	۱	۱/۱۵
بلوز و شلوار + کت کتانی	۱/۵	۱/۱۵
لباس پشمی	۴-۳	۱/۵-۱/۳

جدول ۲-مقادیر ضریب نارسانایی لباس نسبت به نوع پوشش(ASHRAE,1985).

رطوبت:

- ✓ رطوبت مطلق(نسبت رطوبت): نسبت جرم بخار آب به حجم هوای خشک $AH = \frac{m_{vapor}}{V_{air}}$
- ✓ رطوبت نسبی: $\frac{\text{رطوبت مطلق هوا}}{\text{بیشترین رطوبت مطلق که می تواند در همان دما در خود جای دهد}}$

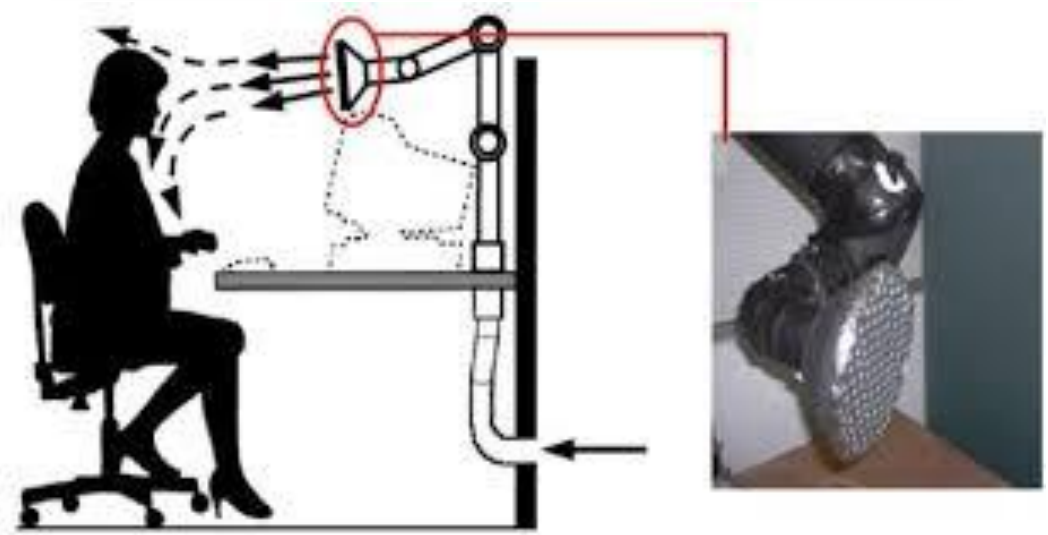
- ✓ بر انتقال حرارت از طریق تبخیر تاثیر می گذارد.
- ✓ رطوبت نسبی با تغییرات دما به صورت معکوس تغییر می کند.



سرعت هوا:

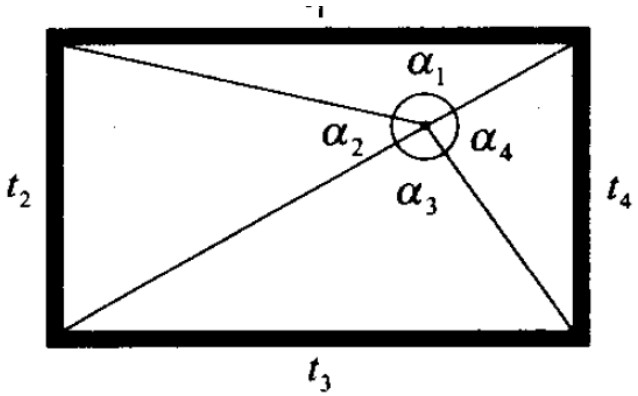
- ✓ در هوای گرم سرعت $1m/s$ خوشایند است و تا $1.5m/s$ ممکن است قابل قبول باشد.
- ✓ در هوای سرد سرعت هوا باید بین $0.1m/s$ تا $0.25m/s$ باشد تا قابل تحمل باشد.

این عامل بر انتقال حرارت از طریق همرفتی تاثیر می گذارد.



- دمای متوسط تشعشعی: متوسط دمای سطوح موجود در فضا نسبت به فاصله ی زاویه تابش با نقطه مورد نظر.

$$t_{mrt} = \frac{t_1\alpha_1 + t_2\alpha_2 + t_3\alpha_3 + \dots}{360}$$

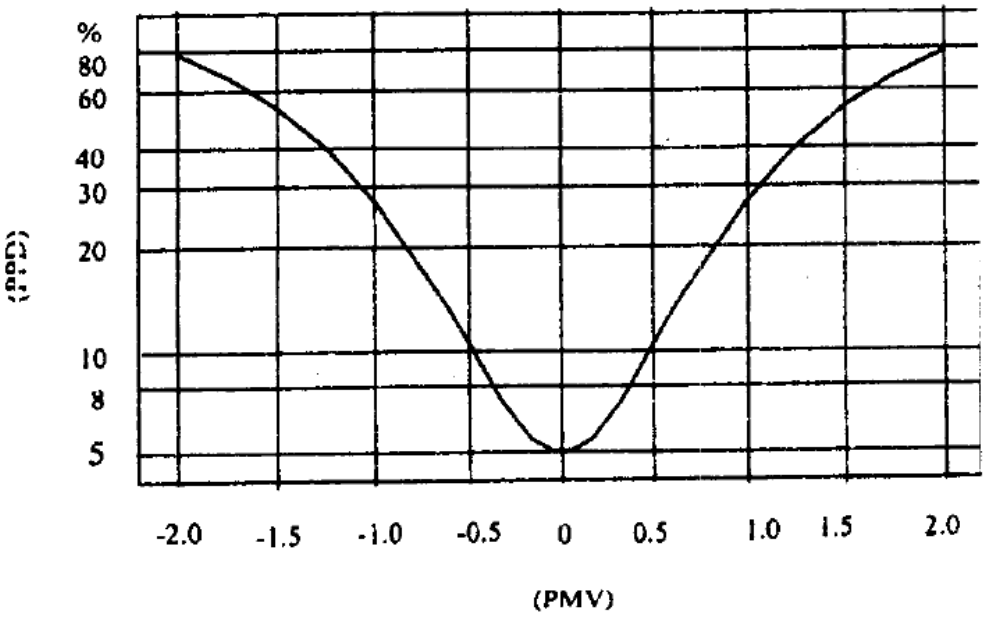


زوایای نفوذ برای محاسبه دمای متوسط تشعشعی.

تعیین محدوده آسایش:

$$PMV = (0.352\, e^{-0.042(M/A_{DU})} + 0.032)\,[M/A_{DU}\,(1-\eta) - 0.35\,(43 - 0.061\,M/A_{DU}\,(1-\eta) - p_a) - 0.42\,(M/A_{DU}\,(1-\eta) - 50) - 0.0023\,M/A_{DU}\,(1-Pa) - 0.0014\,M/A_{DU}\,(34 - t_a) - 3.410^{-8}\,f_{cl}\,((t_{cl}+273)^4 - (t_{mrt}+273)^4) - f_{cl}\,h_c\,(t_{cl} - t_a)]\neg$$

احساس	میزان
خیلی گرم	+۳
گرم	+۲
کمی گرم	+۱
خنثی	۰
کمی خنک	-۱
خنک	-۲
سرد	-۳

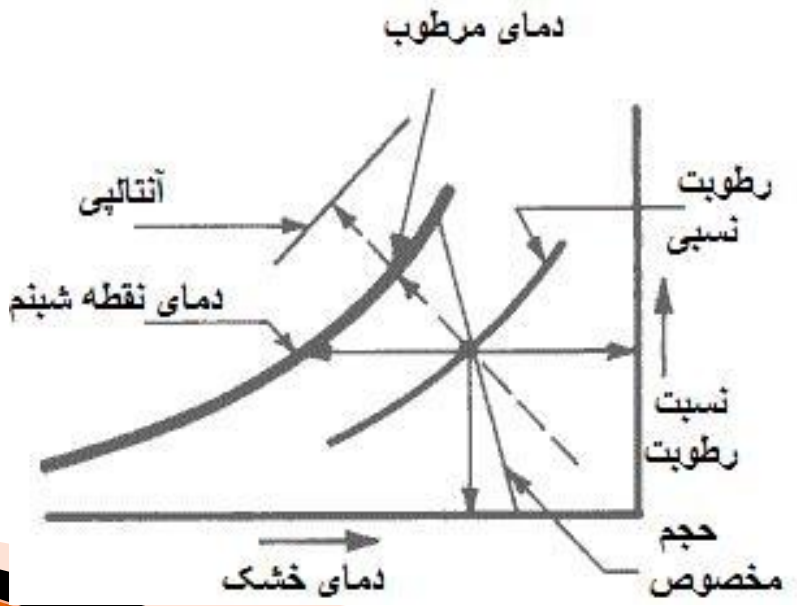


تصویر ۳-درصد نارضایتی PPD بر حسب PMV.

مشخصات هوا:

- ✓ هوای معمولی ترکیبی از گازهای مختلف می باشد و همچنین دارای درصدی بخار آب می باشد.

- ✓ **دمای حباب خشک:** دمایی است که توسط دماسنج که از تابش مستقیم خورشید جلوگیری شده است، اندازه گیری می شود.
- ✓ **دمای حباب تر:** دمایی که توسط دماسنج خیس اندازه گیری میشود و همواره کوچکتر از دمای خشک است. مگر اینکه رطوبت نسبی هوای اطراف ٪۱۰۰ باشد.
- ✓ **دمای نقطه شبنم:** دمای اشباع بخار موجود در هوا، در این دما بخار موجود د هوا تقطیر می شود.

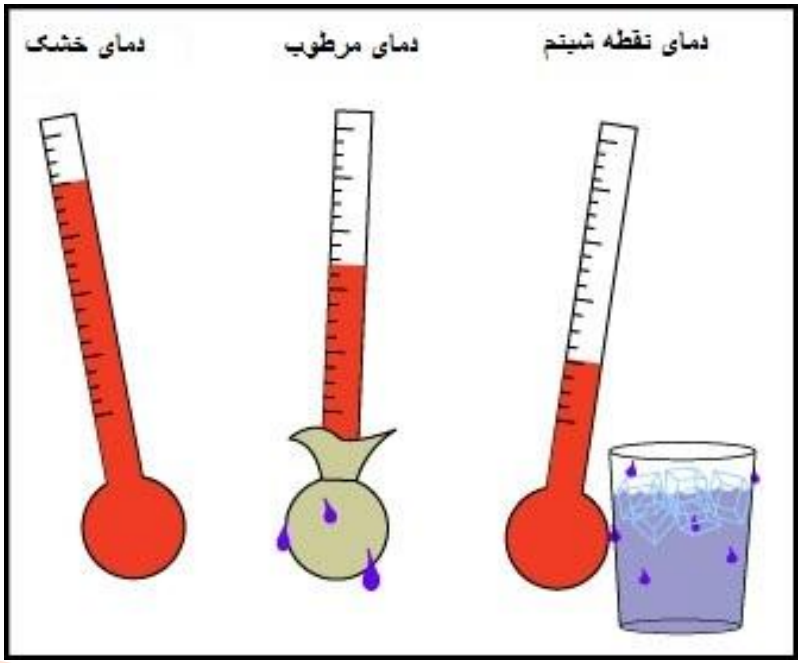


سایکرومتر:

✓ دستگاهی که علاوه بر دمای خشک، دمای مرطوب را نیز اندازه می گیرد و بر ۲ نوع است:

۱. **Sling psychrometer** که وزش باد به صورت دستی ایجاد می شود.

۲. **Power psychrometer** که وزش باد با یک فن ایجاد می شود.



- ✓ **رطوبت مطلق:** رطوبت مطلق به مقدار جرم بخار آب m_v، در واحد حجم کل مخلوط هوا و بخار آب V_{net}، گفته می شود و داریم:

$$\mathbf{AH} = \frac{m_v}{V_{net}}$$

- ✓ **رطوبت مطلق:** رطوبت نسبی به نسبت فشار جزئی بخار آب به فشار اشباع بخار موجود در هوا در همان شرایط (دما) گفته می شود. رطوبت نسبی هوا تابعی از میزان رطوبت موجود در هوا و دمای آن می باشد.

$$\mathbf{RH} = \frac{P_v}{P_s} * 100\%$$

- ✓ **رطوبت مخصوص:** رطوبت مخصوص یا نسبت رطوبت نسبت جرم بخار به وزن هوای خشک گفته می شود.

$$SH = \frac{m_v}{m_a}$$

$$SH = 0.622\frac{P_v}{P_a}$$

- ✓ **آنتالپی هوا:** یک خاصیت حرارتی که میزان انرژی حرارتی موجود در یک جسم را نسبت به یک مبداء دلخواه که انتالپی آن صفر فرض میشود، نشان میدهد.
- ✓ **انحراف آنتالپی:** اختلاف بین انتالپی در حالت اشباع و حالت غیر اشباع را وقتی که دمای مرطوب یکسان است، انحراف انتالپی مینامند.
- ✓ **حرارت نهان:** مقدار حرارتی که به جسم داده شود تا در دمای ثابت حالت جسم تغییر یابد.
- ✓ **حرارت محسوس:** مقدار حرارتی که به جسم داده میشود تا بدون تغییر حالت دمای آن عوض شود.

برای تعیین خواص هوا میتوان با داشتن دو مختصه سایر خواص را بدست آورد. برای این کار یکی از دو روش زیر مورد استفاده قرار میگیرد:

۱- استفاده از روابط و جداول ترمودینامیکی

۲- استفاده از منحنی رطوبی یا نمودار سایکرومتری

نمودار سایکرومتری و فرایندهای تهویه مطبوع:

خواص هوا و روابط سایکرومتریک بصورت ترسیمی و در یک نمودار بنام منحنی رطوبی یا نمودار سایکرومتریک نمایش داده شده است که در شکل زیر آورده شده است.

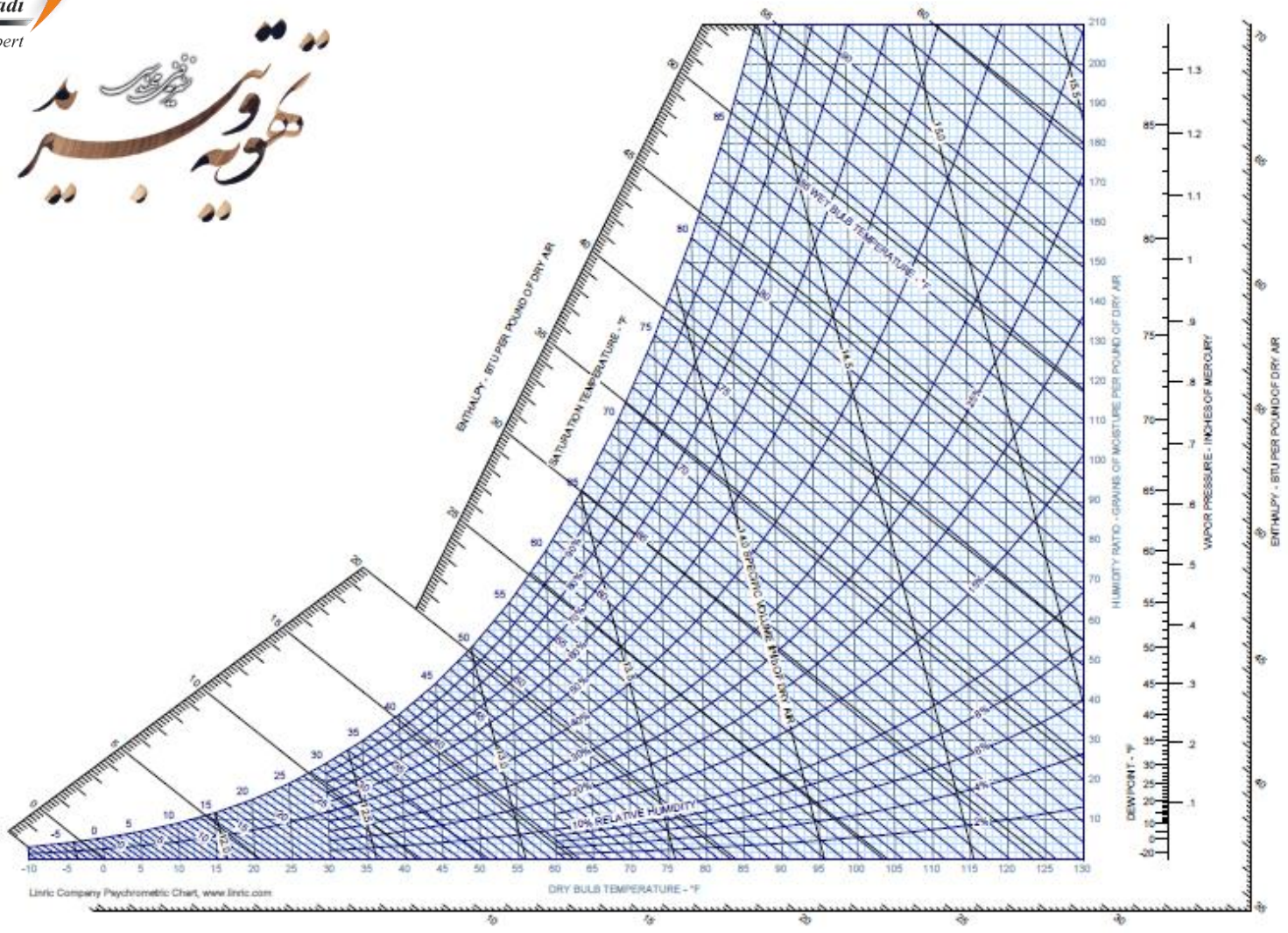
سایکرومتری (Psychrometry): به علمی که خواص حرارتی هوای مرطوب را بررسی کرده، اندازه‌گیری و کنترل رطوبت هوا را مورد توجه قرار داده و اثر رطوبت هوای محیط را بر آسایش ساکنین و شرایط مواد مطالعه میکند، اطلاق میگردد.

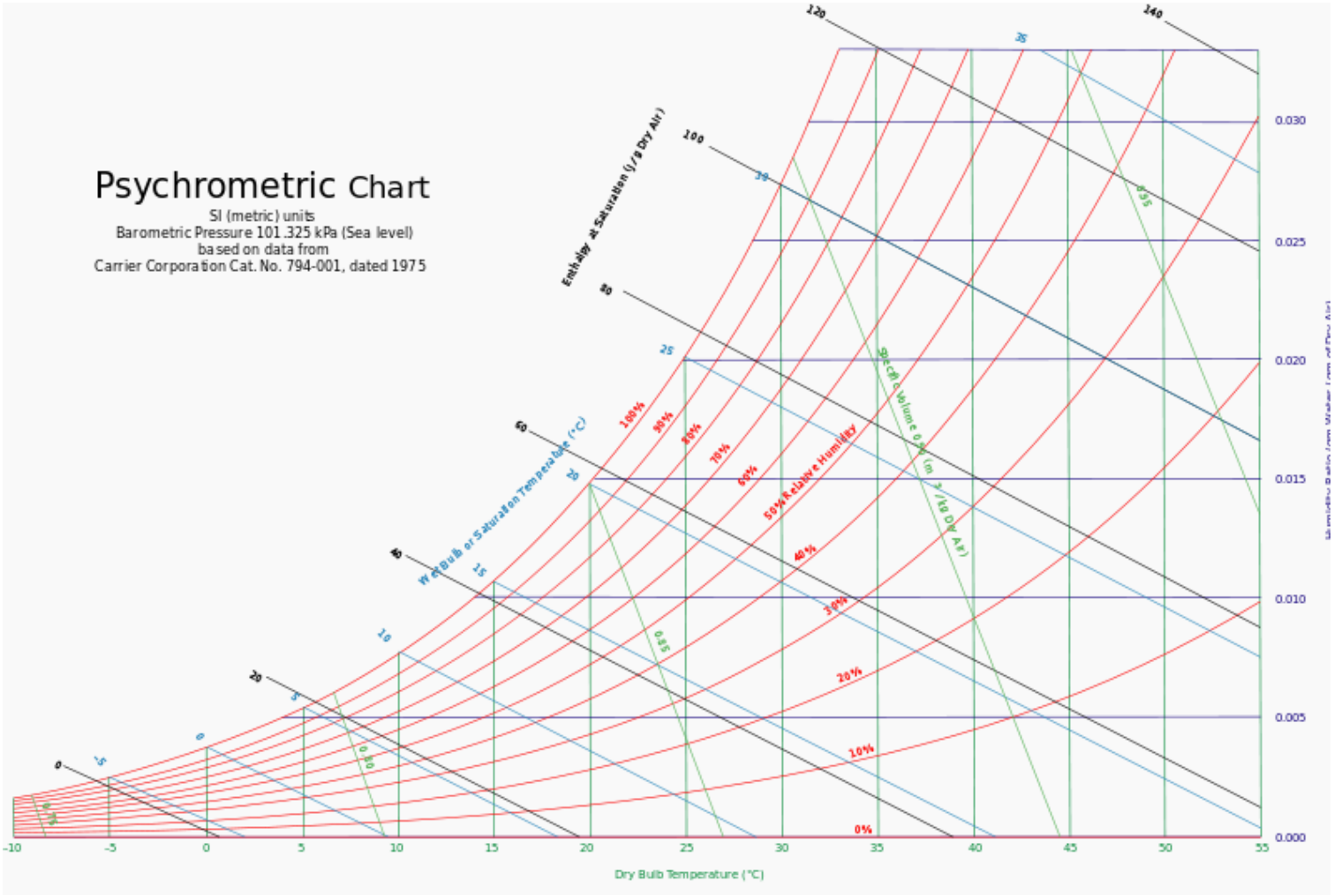
- ✓ بیشتر فرایندهای تهویه مطبوع ناشی از تغییر در انرژی هوا هستند که دو عامل اصلی آن تغییر دما و تغییر رطوبت موجود در هواست . رابطه بین دما ، رطوبت و انرژی به خوبی در نمودار سایکرومتریک نشان داده شده است .

- ✓ **نمودار سایکرومتریک بر دو مفهوم کلیدی استوار است:**

۱. هوای داخل ساختمان مخلوطی از هوای خشک و بخار آب است.

۲. در هر دما و فشار مشخص، انرژی این مخلوط مقداری منحصر به فرد است.


ENTHALPY - BTU PER POUND OF DRY AIR
SATURATION TEMPERATURE - °F
WET BULB TEMPERATURE - °F
SPECIFIC VOLUME - ft³ OF DRY AIR
10% RELATIVE HUMIDITY
HUMIDITY RATIO - GRAINS OF MOISTURE PER POUND OF DRY AIR
VAPOR PRESSURE - INCHES OF MERCURY
DEW POINT - °F
ENTHALPY - BTU PER POUND OF DRY AIR
DRY BULB TEMPERATURE - °F
Linric Company Psychrometric Chart, www.linric.com


Psychrometric Chart
SI (metric) units
Barometric Pressure 101.325 kPa (Sea level)
based on data from
Carrier Corporation Cat. No. 794-001, dated 1975
Enthalpy at Saturation (kJ/kg Dry Air)
Wet Bulb or Saturation Temperature (°C)
Specific Volume (m³/kg Dry Air)
Humidity Ratio (gm Water / gm of Dry Air)
Dry Bulb Temperature (°C)
100% Relative Humidity
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.85
0.90
0.95
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
0.000
0.005
0.010
0.015
0.020
0.025
0.030

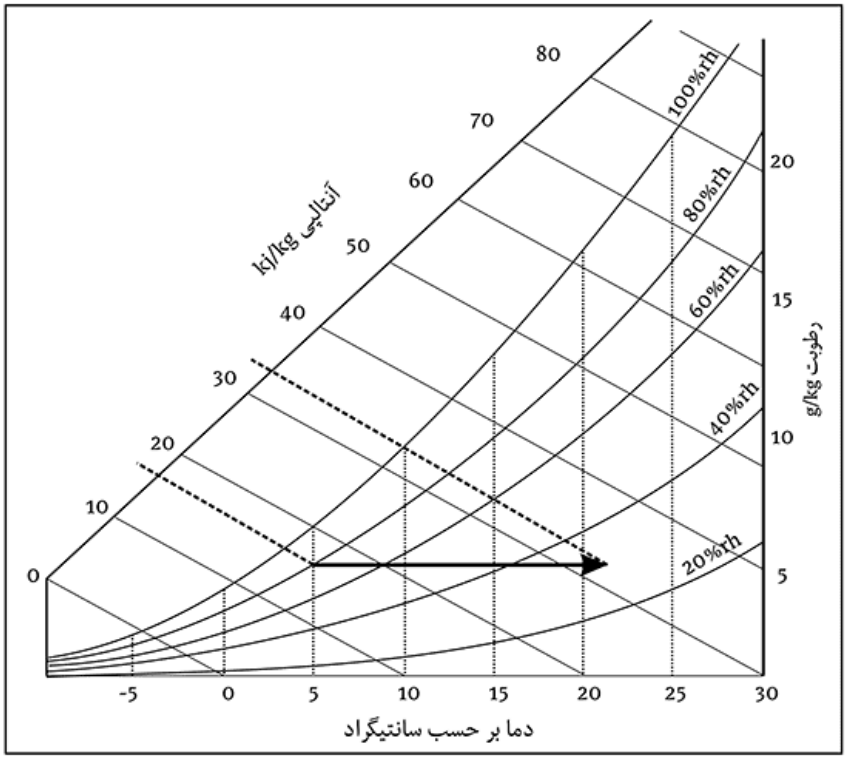
فرآیندهای تهویه مطبوع:

گرمایش محسوس(عبور از کویل داغ):

فرآیند گرمایش به افزایش گرمای محسوس گفته می شود

سرمایش محسوس(عبور از کویل سرد):

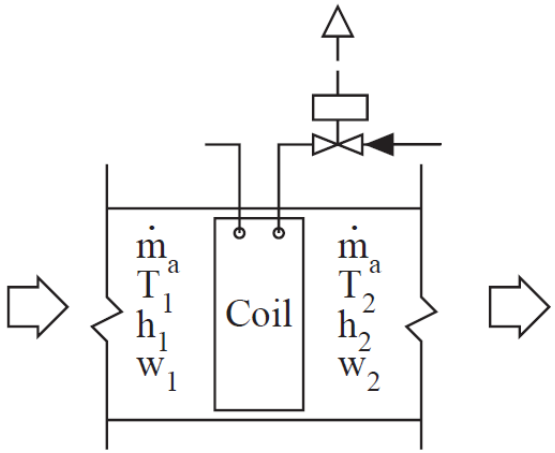
عکس فرایند فوق می باشد.



$$T_2 > T_1 \quad , \quad W_2 = W_1 \quad , \quad h_2 > h_1$$

$$q = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$q = \dot{m}(C_{da} + C_{wv}W)(T_2 - T_1)$$

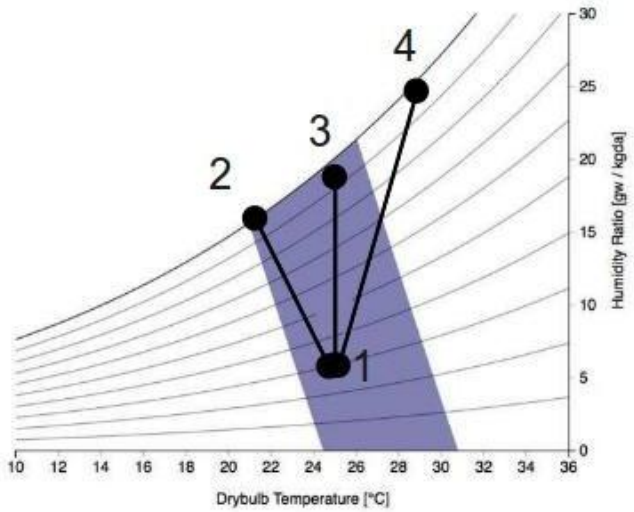


فرآیندهای تهویه مطبوع:

گرمایش با رطوبت زنی(رطوبت زن حرارتی)

با دادن گرما به آب ، آب تبخیر شده و با هوا مخلوط می گردد .

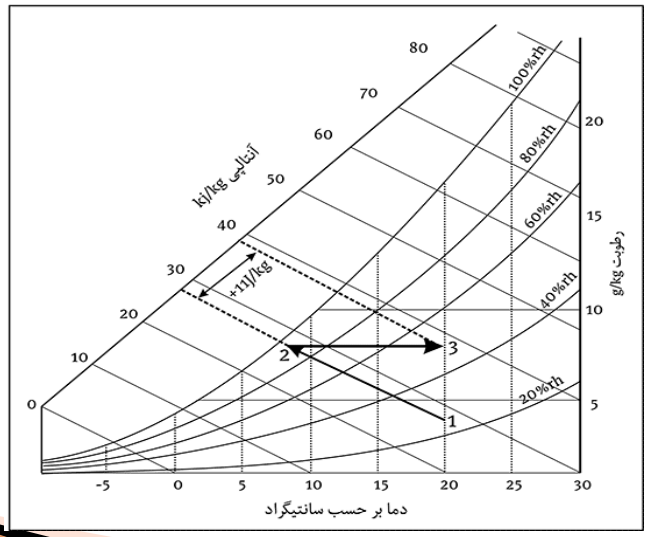
حالت های مختلفی ممکن است برای دما بوجود آید.



سرمایش با رطوبت زنی(سرمایش تبخیری)

پاشش آب با دمای بیش از دمای نقطه شبنم هوا از طریق افشانکها

- ✓ روی خط آنتالپی ثابت دما کم می شود.
- ✓ اساس کار کولرهای تبخیری است.



رطوبت گیری:

معمولا رطوبت‌گیری از هوا به یکی از سه روش زیر صورت می پذیرد:

۱- پاشش آب با دمای کمتر از دمای نقطه شبنم هوا به داخل جریان هوا

۲- عبور هوا از روی سطوح سرد یا از درون رادیاتورهای با دمای کمتر از دمای نقطه شبنم هوا

۳- عبور هوا از درون مخازن پر از مواد جاذب رطوبت نظیر سیلیکاژن، آلومینیوم فعال شده و یا اتیلن گلیکول

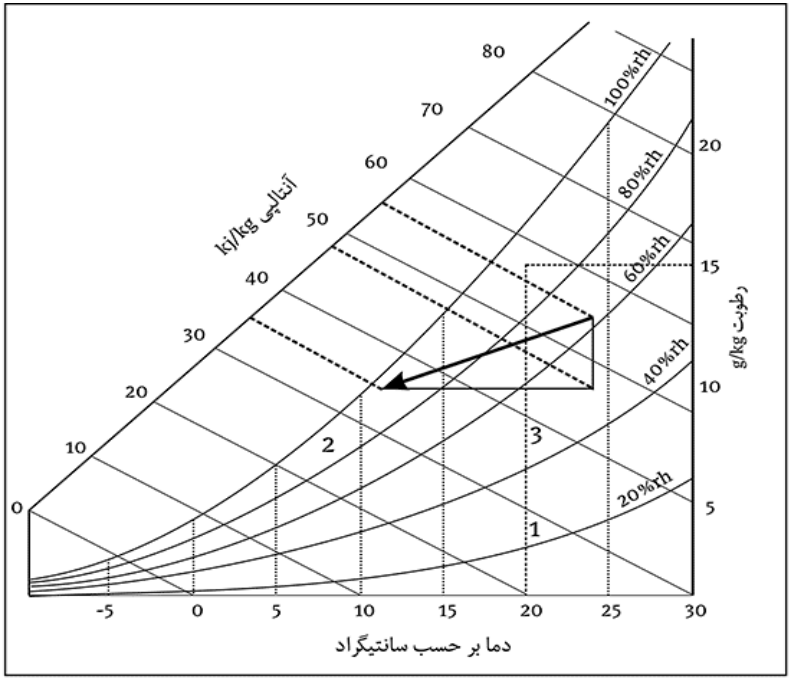
سرمایش و رطوبت گیری:

با عبور دادن هوای مرطوب از روی کویل سرمایی صورت می گیرد

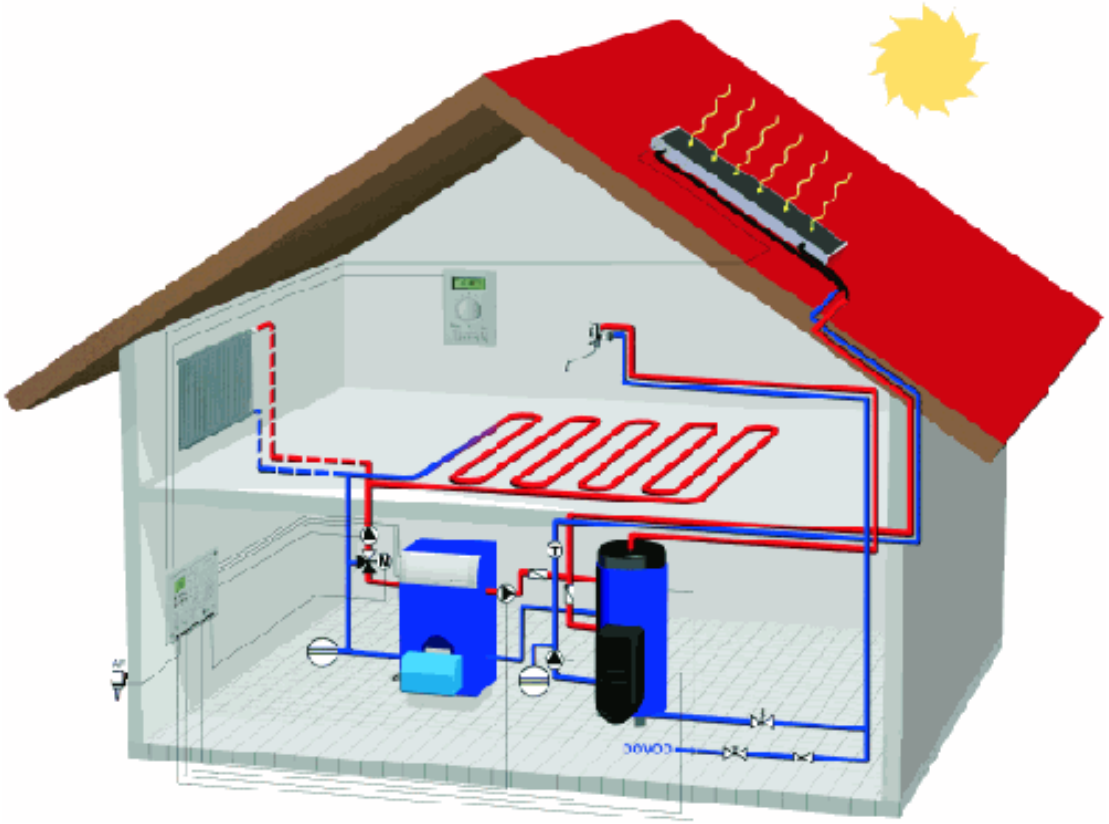
در اینجا دو پدیده رخ می دهد.

۱- کاهش دما

۲- کاهش رطوبت



طراحی سیستم گرمایشی:



- محاسبه بار حرارتی
- انتخاب سیستم تهویه مطبوع
- انتخاب تجهیزات گرمایشی
- جانمایی تجهیزات
- طراحی شبکه لوله کشی
- طراحی شبکه کانال کشی
- سایزینگ لوله ها و کانال ها
- ترسیم و تهیه نقشه ها

محاسبه بار گرمایشی:

شرایط طرح داخل:

تعیین کننده شرایط آسایش افراد درون فضا می باشد و از جداول ارائه شده توسط ASHRAE استخراج می شود.

شرایط طرح داخل با توجه به نوع کاربری هر فضا متفاوت می باشد.

جدول ۱-٤ دمای خشک فضاهای مختلف ساختمان در فصل زمستان

مسکونی	دما °C	هتل	دما °C	بیمارستان	دما °C	مدرسه- سینما	دما °C	متفرقه	دما °C
هال و پذیرایی	۲۲	اتاق خواب	۲٤	اتاق مریض	۲۳-۲۲	کلاس	۲۳-۲۲	مغازه	۲۰-۱۸
آشپزخانه	۱۹	آشپزخانه	۱۹	اتاق جراحی خصوصی	۲۷-۲۱	سالن اجتماعات	۲۲-۲۰	کارگاه	۱۸-۱۵
هال	۲۰ ۲۲	رستوران	۲۱-۱۸	اتاق عمل	۳۵-۲۱	سالن ورزش	۱۸-۱٤	اتاق کوره	۱۵-۱۰
اتاق خواب	۲۳	حمام	۲۷	بخشها	۲۳-۲۱	سالن سینما	۲۲-۲۰	اتاق اداری	۲۲-۲۰
توالت دستشویی	۲۰	توالت دستشویی	۲۰	حمام	۲۷-۲۱	سالن انتظار	۲۲-۲۰		
حمام	۲۷	رختکن	۲۰-۱۸			سرویسها	۲۰		

شرایط طرح داخل:

نوع ساختمان	تابستان					زمستان				
	محل های لوکس		محل های معمولی			با رطوبت زنی			بدون رطوبت زنی	
	دمای خشک F	رطوبت نسبی %	دمای خشک F	رطوبت نسبی %	نوسان دما* F	دمای خشک F	رطوبت نسبی %	نوسان دما F	دمای خشک F	نوسان دما F
آپارتمان، منزل مسکونی، هتل، بیمارستان، اداره، مدرسه وغیره	74–76	50–45	77–79	50–45	2–4	74–76	35–30	4– تا 3–	75–77	4–
مکانهای بامدت اشغال محدود: بانک، آرایشگاه، فروشگاه، سوپرمارکت وغیره	76–78	50–45	78–80	50–45	2–4	72–74	35–30	4– تا 3–	73–75	4–
مکانهایی باگرمای نهان زیاد: تالار کنفرانس، مسجد، کلیسا، رستوران، تئاتر و سینما وغیره	76–78	55–50	78–80	60–65	1–2	72–74	40–35	3– تا 2–	74–76	4–
ساختمانهای صنعتی و کارخانجات: سالن اجتماعات، سالن ماشین آلات و غیره.	77–80	55–45	80–85	60–50	3–6	68–72	36–30	6– تا 4–	70–74	6–

C:\Users\Younes\Pictures\My Sc
Scan_Pic0001 - Cop

شرایط طرح خارج:

خصوصیات مربوط به هوای بیرون می باشد و با توجه به اطلاعات هواشناسی هر منطقه قابل دسترسی است.

شرایط طراحی زمستانی و تابستانی شهرهای ایران

منبع: نشریه ۲۷۱ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

شرایط طرح خارج:

ردیف	نام شهر	شرایط جغرافیایی								شرایط تابستانی در ساعت ۱۵				شرایط زمستانی ساعت ۶			وضعیت سرمایش تبخیری	
		عرض جغرافیایی deg	ارتفاع از سطح دریا ft	فشار بارومتریک in.hg	ضریب محسوس sen	ضریب نهان Lat	دمای خشک DB F	تغییرات روزانه DR F	دمای مرطوب WB F	رطوبت نسبی RH%		مقدار رطوبت gr/lb	نقطه شبنم DP F	دمای خشک DB F	رطوبت نسبی RH%	یک مرحله‌ای کولر آبی Tsup F	دو مرحله‌ای مطابق Ashrae Tsup f
										۱۲:۳۰	۱۵:۰۰							
۱	آبادان (سالنامه)	۳۰/۳۳	۷	۲۹/۹۱	۱/۰۸٤	۰/٦۸۳	۱۱٤	۳۱	۷٤/۷۱	۱۸	۱۵/٤۷	٦٦/۷۱	۵۵/۹۲	۳۷	۸۵/۵	۸۲/۵	۷۱/۵	
۲	آبادان (ASHRAE) ۱٪ تا ۹۹٪	۳۰/۳۵	۷	۲۹/۹۱	۱/۰۸٤	۰/٦۸۳	۱۱٦	۳۲	۸۱/۹۱	۲۸	۲۳/۹۸	۱۱۰/۵	۷۰/۰۲	٤۱	۸۵	۸۸/۷	۷۹/۹	
۳	آبادان (ASHRAE) ۱٪ تا ۹۷٫۵٪	۳۰/۳۵	۷	۲۹/۹۱	۱/۰۸٤	۰/٦۸۳	۱۱٦	۳۲	۸۰/۹۱	۲۸	۲۳/۹۸	۱۱۰/۵	۷۰/۰۲	۳۹	۸۵	۸۸/۷	۷۹/۹	
٤	آبادان (ASHRAE) ۲٫۵٪ تا ۹۷٫۵٪	۳۰/۳۵	۷	۲۹/۹۱	۱/۰۸٤	۰/٦۸۳	۱۱۳	۳۲	۸۰/۹۱	۳۰	۲۵/٦٤	۱۰۸/۵	٦۹/۵	۳۹	۸۵	۸۸/۳	۷۹	
۵	آبادان (ASHRAE) ۵٪ تا ۹۷٫۵٪	۳۰/۳۵	۷	۲۹/۹۱	۱/۰۸٤	۰/٦۸۳	۱۱۰	۳۲	۸۰/۸۳	۳٤	۲۹	۱۱۲/۷	۷۰/۵۹	۳۹	۸۵	۸٦/٦	۷۹/۱	
٦	آباده	۳۱/۱۸	٦۵۸۰	۲۳/٤۵	۰/۸۵	۰/۵۳۵	۹٤	۳۱	٦۰/۵۲	۱۸/۵	۱۵/٦۹	٤۷/۵۵	٤۰/٦۳	۱۹	٦۷/۵	٦۷/۲	۵۷/۱	
۷	آبعلی	۳۵/۷٦	۸۰۳۵	۲۲/۱۹	۰/۸۰٤	۰/۵۰٦	۷۹	۱۹/۵	۵۵/۲	۲۸	۲۵/۰۹	٤۹/۸۷	٤۰/٤۲	٤/۵	۷٤	۵۹/۹	۵۲/٤	
۸	آبیک (استان زنجان)	۳٦	٤۰۰۰	۲۵/۸٤	۰/۸۳٦	۰/۵۹	۹٤	٤۲	٦٤/۳۱	۳٦	۲۰/۷۹	۵۷/۳۱	٤۷/۹۲	۱۲	۷٦	۷۰/۲	٦۱/٤	
۹	آخر شهر	۳۷/۷۵	٤۵٦۰	۲۵/۳	۰/۸۱۷	۰/۵۷۷	۹۱/۵	۳۲/۵	٦۷/۵۱	۳۷	۳۱/۰۸	۸۱/٤۱	۵٦/۷۱	۱۰	۸۵	۷۲/۳	٦۵/۳	
۱۰	آران (کاشان)	۳٤/۱	۳۱۰۰	۳٦/۷۱	۰/۸۹٦۸	۰/٦۱	۱۰٦/۵	۳۰	۷۱/۱۲	۲۱/۵	۱۸/٤۸	۷۱/۹۸	۵٤/۸۷	۲٤	۸۱	۷۸/۱	٦۸/۳	
۱۱	آزاد شهر (شاه پسند)	۳۷/۰۸	٤۲۳	۲۹/٤٦	۱/۰٦۷	۰/٦۷۲	۹٦	۲۵/۵	۷۹/۰٤	۵۵	٤۸/۱۱	۱۲۵/٦	۷۳/۲۷	۲۷/۵	۸۳/۵	۸۲/٤	۷۸	
۱۲	آستارا	۳۸/٤۳	-۷۲	۲۹/۹۹	۱/۰۸۷	۰/٦۸٤	۹۰/۵	۲۰	۷۸/۸۳	٦۷	٦۰/۱۹	۱۳۰/۳	۷٤/۸۸	۲۸	۸۷/۵	۸۱/۱	۷۸/۱	
۱۳	آستانه (سرپند اراک)	۳۳/۹	٦۳۰۰	۲۳/۷	۰/۸۵۹	۰/۵٤۱	۹۰/۵	٤۳	۵۷/۷۲	۱۸	۱٤/۲۷	۳۸/۲۹	۳۵/۵۳	۲	۸۷	٦٤/۲	۵٤	
۱٤	آشتیان	۳٤/۵۵	۵۸۷۰	۲٤/۰۹	۰/۸۳۷	۰/۵۵	۹۰/۵	۳٦/۵	٦٤/۰۷	۳۰	۳٦/۰۲	٦۹/۱۸	۵۱	۱۵	٦۷	٦۹/۳	٦۱/٦	
۱۵	آطاجاری	۳۰/۷۵	۹۰	۲۹/۸۲	۱/۰۸	۰/٦۸	۱۱۵/۵	۳۷/۵	۷۳/۳۱	۱۵	۱۲/۵	۵٦/۲۷	۵۱/۳٦	۳٤	۸۵	۸۱/۷	٦۹/٦	

عوامل موثر بر اتلاف حرارت:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Q_1 ..... اتلاف از جداره های خارجی

Q_2 ..... اتلاف از طریق سقف

Q_3 ..... اتلاف حرارت از کف زمین

Q_4..... اتلاف از طریق درها و پنجره ها

Q_5 ..... اتلاف از طریق درزها

بار حرارتی ناشی از جداره های بیرونی: Q_1

✓ برای محاسبه بار حرارتی ناشی از جداره های (در،دیوار، پنجره ، سقف و...) مرتبط با هوای بیرون از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Q_1 = U * A * (T_o - T_i)$$

$$U^{-1} = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_o} \quad \#$$

U..... ضریب انتقال حرارت جداره

A..... مساحت سطح دیوار ها

T_i..... دمای خشک طرح داخل

T_o..... دمای خشک طرح خارج

MATERIAL	DESCRIPTION	THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R: Per Inch Thickness 1/k	RESISTANCE R: For Listed Thickness 1/c
	BUILDING MATERIALS					
BUILDING BOARD Boards, Panels, Sheathing, etc	Asbestos-Cement Board		120	—	0.25	—
	Asbestos-Cement Board	¼	120	1.25	—	0.03
	Gypsum or Plaster Board	⅜	50	1.56	—	0.32
	Gypsum or Plaster Board	½	50	2.08	—	0.45
	Plywood		34	—	1.25	—
	Plywood	¼	34	0.71	—	0.31
	Plywood	⅜	34	1.06	—	0.47
	Plywood	½	34	1.42	—	0.62
	Plywood or Wood Panels	¾	34	2.13	—	0.94
	Wood Fiber Board, Laminated or Homogeneous		26	—	2.38	—
			31	—	2.00	—
	Wood Fiber, Hardboard Type		85	—	0.72	—
	Wood Fiber, Hardboard Type	½	65	1.35	—	0.18
	Wood, Fir or Pine Sheathing	1⅛	33	2.08	—	0.98
	Wood, Fir or Pine	1¾	33	4.34	—	2.03
BUILDING PAPER	Vapor Permeable Felt		—	—	—	0.06
	Vapor Seal, 2 Layers of Mopped 15 lb felt		—	—	—	0.12
	Vapor Seal, Plastic Film		—	—	—	Negl
WOODS	Maple, Oak, and Similar Hardwoods		45	—	0.91	—
	Fir, Pine, and Similar Softwoods		32	—	1.25	—
MASONRY UNITS	Brick, Common	4	120	40	—	.80
	Brick, Face	4	130	43	—	.44
	Clay Tile, Hollow					
	1 Cell Deep	3	50	13	—	0.80
	1 Cell Deep	4	48	16	—	1.11
	2 Cells Deep	6	50	25	—	1.52
	2 Cells Deep	8	45	30	—	1.85
	2 Cells Deep	10	42	35	—	2.22
	3 Cells Deep	12	40	40	—	2.50
	Concrete Blocks, Three Oval Core Sand & Gravel Aggregate	3	76	19	—	0.40
		4	69	23	—	0.71
		6	64	32	—	0.91
		8	64	43	—	1.11
		12	60	60	—	1.28
	Cinder Aggregate	3	68	17	—	0.86
		4	60	20	—	1.11
		6	54	27	—	1.50
		8	56	37	—	1.72
		12	53	53	—	1.89
	Lightweight Aggregate (Expanded Shale, Clay, Slate or Slag, Pumice)	3	50	15	—	1.27
		4	52	17	—	1.50
		8	48	32	—	2.00
		12	42	43	—	2.27
	Gypsum Partition Tile:					
	3"x12"x30" solid	3	45	11	—	1.26
	3"x12"x30" 4-cell	3	35	9	—	1.35
	4"x12"x30" 3-cell	4	38	13	—	1.67
	Stone, Lime or Sand		160	—	0.08	—

Mojtaba Mohamadi
HVAC Engineerig Expert

MATERIAL	DESCRIPTION	THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
					Per Inch Thickness $\frac{1}{k}$	Per Listed Thickness $\frac{1}{c}$
	BUILDING MATERIALS, (CONT.)					
MASONRY MATERIALS Concretes	Cement Mortar		116	—	0.20	—
	Gypsum-Fiber Concrete 87½% gypsum, 12½% wood chips		51	—	0.60	—
	Lightweight Aggregates		120	—	0.19	—
	Including Expanded Shale, Clay or Slate		100	—	0.28	—
	Expanded Slag; Cinders		80	—	0.40	—
	Pumice; Perlite; Vermiculite		60	—	0.59	—
	Also, Cellular Concretes		40	—	0.86	—
			30	—	1.11	—
			20	—	1.43	—
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Oven Dried)		140	—	0.11	—
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Not Dried)		140	—	0.08	—
	Stone		116	—	0.20	—
PLASTERING MATERIALS	Cement Plaster, Sand Aggregate		116	—	0.20	—
	Sand Aggregate	½	116	4.8	—	0.10
	Sand Aggregate	⅝	116	7.2	—	0.15
	Gypsum Plaster					
	Lightweight Aggregate	½	45	1.88	—	0.53
	Lightweight Aggregate	⅝	45	2.34	—	0.59
	Lightweight Aggregate on Metal Lath	¾	45	2.80	—	0.47
	Perlite Aggregate		45	—	0.67	—
	Sand Aggregate		105	—	0.18	—
	Sand Aggregate	½	105	4.4	—	0.09
	Sand Aggregate	⅝	105	5.5	—	0.11
	Sand Aggregate on Metal Lath	¾	105	6.6	—	0.13
	Sand Aggregate on Wood Lath		105	—	—	0.40
	Vermiculite Aggregate		45	—	0.59	—
ROOFING	Asbestos-Cement Shingles		120	—	—	0.21
	Asphalt Roll Roofing		70	—	—	0.15
	Asphalt Shingles		70	—	—	0.44
	Built-up Roofing	⅜	70	2.2	—	0.33
	Slate	½	101	6.6	—	0.05
	Sheet Metal		—	—	Negl	—
	Wood Shingles		40	—	—	0.94
SIDING MATERIALS (On Flat Surface)	Shingles					
	Wood, 16", 7½" exposure		—	—	—	0.87
	Wood, Double, 16", 12" exposure		—	—	—	1.19
	Wood, Plus Insul Backer Board, ⅜"		—	—	—	1.40
	Siding					
	Asbestos-Cement, ¼" lapped		—	—	—	0.21
	Asphalt Roll Siding		—	—	—	0.15
	Asphalt Insul Siding, ½" Board		—	—	—	1.48
	Wood, Drop, 1"x8"		—	—	—	0.79
	Wood, Bevel, ½"x8", lapped		—	—	—	0.81
	Wood, Bevel, ¾"x10", lapped		—	—	—	1.05
	Wood, Plywood, ⅜", lapped		—	—	—	0.59
	Structural Glass		—	—	—	0.10
FLOORING MATERIALS	Asphalt Tile	⅛	120	1.25	—	0.04
	Carpet and Fibrous Pad		—	—	—	2.08
	Carpet and Rubber Pad		—	—	—	1.23
	Ceramic Tile	1	—	—	—	0.08
	Cork Tile		22	—	2.22	—
	Cork Tile	⅛	35	0.26	—	0.28
	Felt Flooring					0.06
	Floor Tile	⅛	—	—	—	0.05
	Linoleum	⅛	80	0.83	—	0.06
	Plywood Subfloor	⅜	34	1.77	—	0.78
	Rubber or Plastic Tile	⅛	110	1.15	—	0.02
	Terrazzo	1	140	11.7	—	0.08
	Wood Subfloor	¾	37	2.08	—	0.93
	Wood, Hardwood Finish	¾	45	2.81	—	0.68

MATERIAL	DESCRIPTION		THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
						Per Inch Thickness 1/k	For Listed Thickness 1/c
INSULATING MATERIALS							
BLANKET AND BATT	Cotton Fiber			0.8 - 2.0	—	3.85	—
	Mineral Wool, fibrous form processed from Rock, Slag, or Glass			1.5 - 4.0	—	3.70	—
	Wood Fiber			3.2 - 5.8	—	4.00	—
	Wood Fiber, Multilayer Stitched Expanded			3.5 - 5.0	—	3.70	—
BOARD AND SLABS	Glass Fiber			9.5	—	4.20	—
	Wood or Cane Fiber						
	Acoustical Tile		½	22.4	.93	—	1.19
	Acoustical Tile		¾	22.4	1.4	—	1.78
	Interior finish (Tile, Lath, Plank)			15.0	—	2.86	—
	Interior finish (Tile, Lath, Plank)		½	15.0	0.62	—	1.43
	Roof Deck Slab						
	Sheathing (Impreg or Coated)			20.0	—	2.50	—
	Sheathing (Impreg or Coated)		½	20.0	0.83	—	1.32
	Sheathing (Impreg or Coated)		1½	20.0	1.81	—	2.06
	Cellular Glass			9.0	—	2.50	—
	Cork Board (Without Added Binder)			6.5 - 8.0	—	3.70	—
	Hog Hair (With Asphalt Binder)			8.3	—	3.00	—
	Plastic (Foamed)			1.62	—	3.45	—
	Wood Shredded (Cemented in Preformed Slabs)			22.0	—	1.82	—
LOOSE FILL	Macerated Paper or Pulp Products			2.5 - 3.5	—	3.57	—
	Wood Fiber Redwood, Hemlock, or Fir			2.0 - 3.5	—	3.33	—
	Mineral Wool (Glass, Slag, or Rock)			2.0 - 5.0	—	3.33	—
	Sawdust or Shavings			8.0 - 15.0	—	2.22	—
	Vermiculite (Expanded)			7.0	—	2.08	—
ROOF INSULATION	All Types						
	Preformed, for use above deck						
	Approximately		½	15.6	.7	—	1.39
	Approximately		1	15.6	1.3	—	2.78
	Approximately		1½	15.6	1.9	—	4.17
	Approximately		2	15.6	2.6	—	5.26
	Approximately		2½	15.6	3.2	—	6.67
	Approximately		3	15.6	3.9	—	8.33
AIR							
AIR SPACES	POSITION	HEAT FLOW					
	Horizontal	Up (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.85
	Horizontal	Up (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.78
	Horizontal	Down (Winter)	¾	—	—	—	1.02
	Horizontal	Down (Winter)	1½	—	—	—	1.15
	Horizontal	Down (Winter)	4	—	—	—	1.23
	Horizontal	Down (Winter)	8	—	—	—	1.25
	Horizontal	Down (Summer)	¾	—	—	—	0.85
	Horizontal	Down (Summer)	1½	—	—	—	0.93
	Horizontal	Down (Summer)	4	—	—	—	0.99
	Sloping 45°	Up (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.90
	Sloping 45°	Down (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.89
	Vertical	Horiz. (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.97
	Vertical	Horiz. (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.86
AIR FILM	POSITION	HEAT FLOW					
	Horizontal	Up		—	—	—	0.61
	Sloping 45°	Up		—	—	—	0.62
Still Air	Vertical	Horizontal		—	—	—	0.68
	Sloping 45°	Down		—	—	—	0.76
	Horizontal	Down		—	—	—	0.92
15 Mph Wind	Any Position (For Winter)	Any Direction		—	—	—	0.17
7½ Mph Wind	Any Position (For Summer)	Any Direction		—	—	—	0.33

GLASS

	Vertical Glass							Horizontal Glass			
	Single	Double			Triple			Single		Double (¼")	
Air Space Thickness (in.)		¼	½	¾-4	¼	½	¾-4	Summer	Winter	Summer	Winter
Without Storm Windows	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34	0.86	1.40	0.50	0.70
With Storm Windows	0.54							0.43	0.64		

DOORS

Nominal Thickness of Wood (inches)	U Exposed Door	U With Storm Door
1	0.69	0.35
1 ¼	0.59	0.32
1 ½	0.52	0.30
1 ¾	0.51	0.30
2	0.46	0.28
2 ½	0.38	0.25
3	0.33	0.23
Glass (¾" Herculite)	1.05	0.43

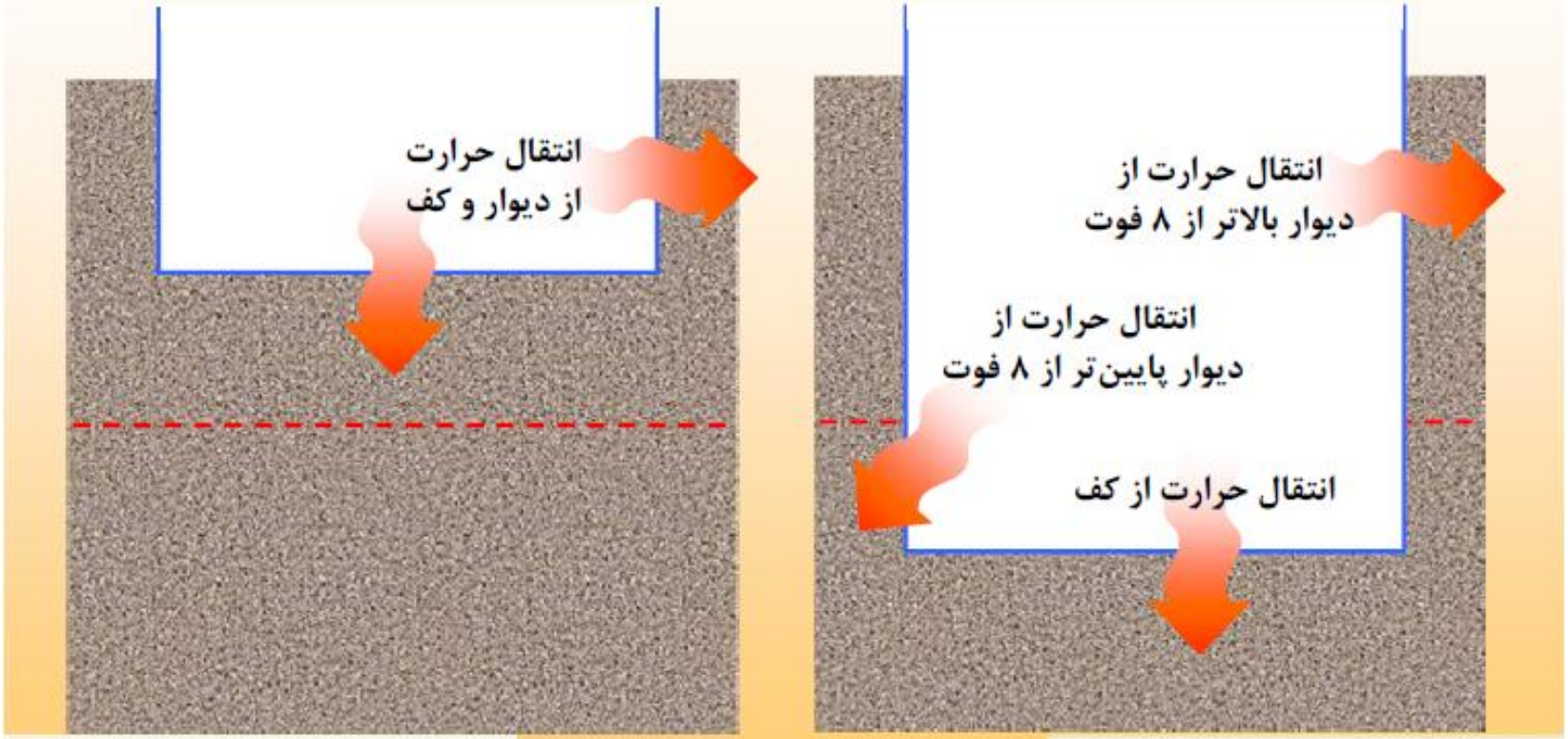
اتلافات حرارتی از زیرزمین و کف

- دمای داخلی زمین در نزدیک سطح تابع دمای محیط خارج بوده و این وابستگی با افزایش عمق به تدریج کاهش می‌یابد به نحوی که در عمق بیشتر از ۸ فوت دمای زمین در طول سال تقریباً ثابت می‌باشد.

- بنابراین در عمق کمتر از ۸ فوت، دمای زمین در مجاورت دیوارهای زیرزمین و نیز کف ساختمان یکنواخت نخواهد بود. به این ترتیب انتقال حرارت از دیوارهای زیرزمین و نیز کف ساختمان کاملاً سه‌بعدی بوده و لذا جهت تخمین آن از داده‌های آزمایشی استفاده می‌گردد.

Outdoor Design Temp (F)	−30	−20	−10	0	+10	+20
Ground Temp (F)	40	45	50	55	60	65

اتلافات حرارتی از زیرزمین و کف

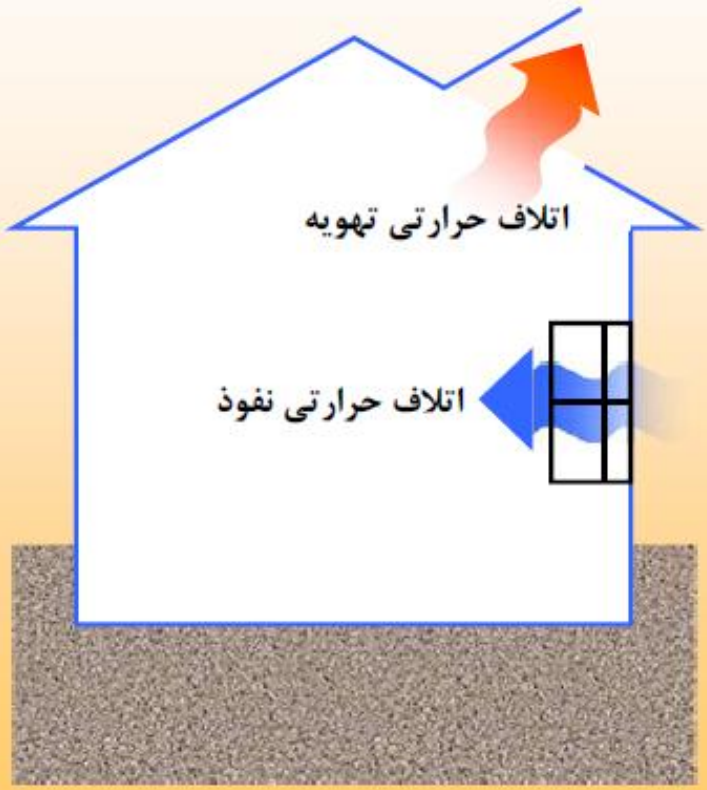


Floor or Wall	Transmission Coefficient U Btu/(hr) (sq ft) (deg F)
Basement Floor	.05
Portion of Wall exceeding 8 feet below ground level	.08

$$q = F_p L_p (T_i - T_o) + UA_b (T_i - T_g)$$

Distance of Floor From Ground Level	Perimeter Factor (q)
2 Feet above	.90
At ground level	.60
2 Feet below	.75
4 Feet below	.90
6 Feet below	1.05
8 Feet below	1.20

اتلافات حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه

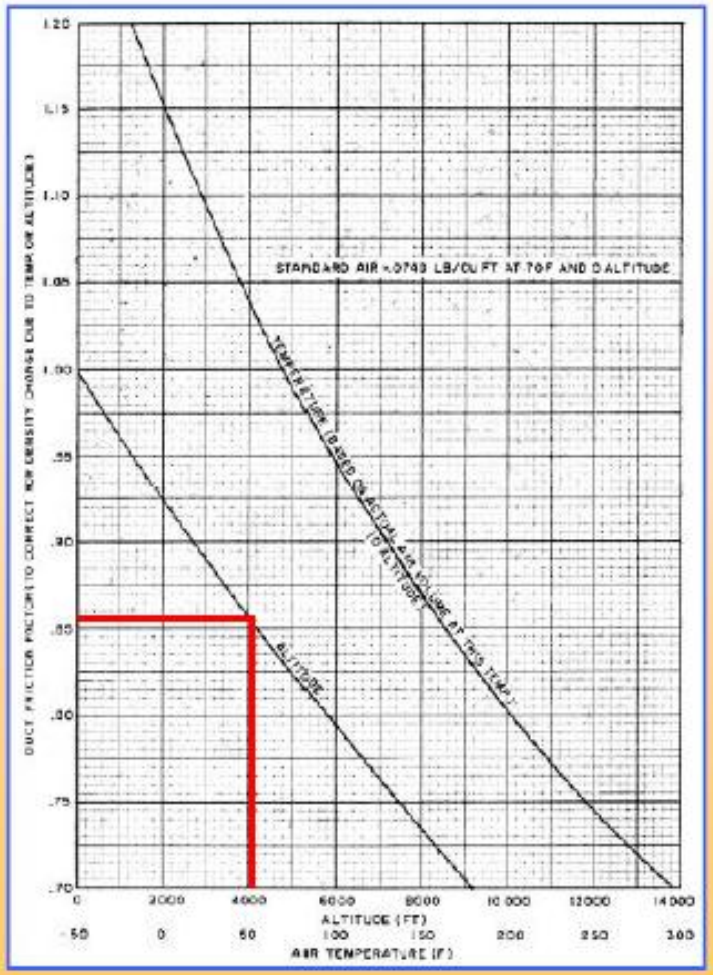


چنانچه گذر حجمی هوای نفوذ یا تهویه مشخص باشد، بار گرمایشی ناشی ورود هوای سرد عبارت است از:

$$q = 0.018 \times \dot{V} \times (T_i - T_o)$$

ضریب ۰۱۸/۰ در رابطه فوق برای هوا در شرایط استاندارد ۷۰ °F و فشار اتمسفر بوده و برای سایر شرایط باید از ضریب تصحیح چگالی، که در نمودار صفحه بعد داده شده است، استفاده نمود. در دمای ۳۰ تا ۱۲۰ °F و ارتفاع تا ۲۰۰۰ ft اثر تصحیح چگالی ناچیز بوده و رابطه به شکل ارایه شده، معتبر می‌باشد.

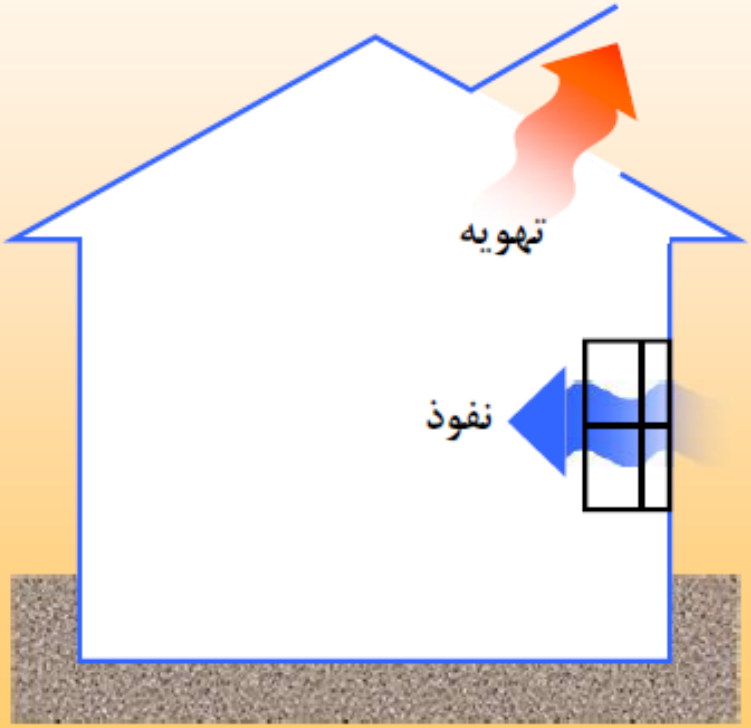
اتلافات حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه

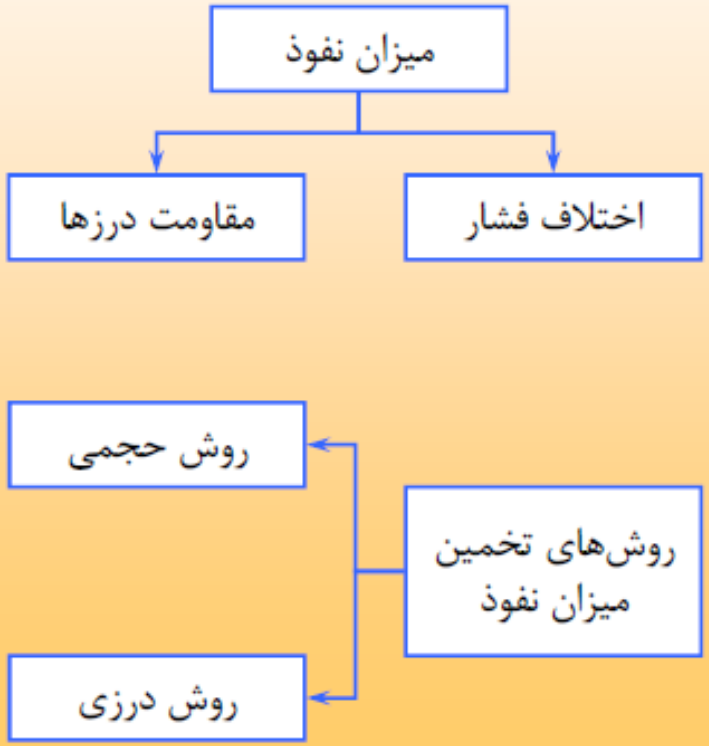


هر چند در بسیاری از موارد تصحیح چگالی ناشی از هوا ناچیز است، اما ارتفاع محل تاثیر به سزایی در چگالی هوا و به تبع آن میزان بار حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه دارد، به عنوان مثال برای شهر تهران، با ارتفاع ft ۴۰۰۰ از سطح دریا، ضریب تصحیح چگالی برابر ۸۶/۰ و لذا ضریب رابطه صفحه قبل برابر ۹۳/۰ خواهد بود.

برآورد میزان نفوذ

- نشت هوا از درز و شکاف اطراف پنجره‌ها، درها و نیز سقف و دیوارهای ساختمان را نفوذ می‌نامند.

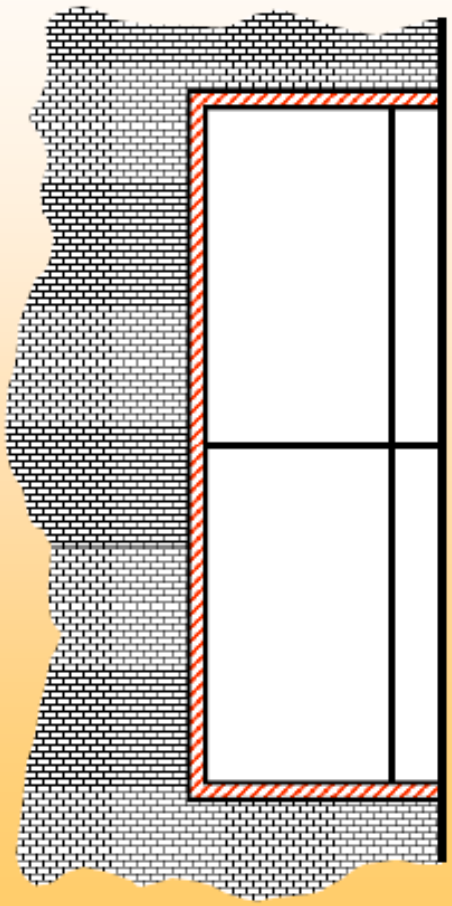




روش حجمی

نوع فضا	ACH
فضا با یک دیوار با در یا پنجره رو به خارج	۱
فضا با دو دیوار با در یا پنجره رو به خارج	۱.۵
فضا با بیش از دیوار با در یا پنجره رو به خارج	۲
فضاهای داخلی بدون دیوار با در یا پنجره رو به خارج	۰.۵
راهروی ورودی	۲

روش درزی



- در این روش برآورد حجم هوای نفوذی براساس اندازه‌گیری مشخصات اجزای ساختمانی و انتخاب اختلاف فشار وارد بر ساختمان صورت می‌گیرد.

- از آنجا که درز اطراف درها و پنجره‌ها عموماً اصلی‌ترین منبع نفوذ هواست، روش فوق به‌عنوان روش درزی شناخته می‌شود .

$$\dot{V} = C_D A \left(\frac{2\Delta p}{\rho}\right)^n \Rightarrow \dot{V} = C\Delta p^n$$

$$\Delta p = \Delta p_s + \Delta p_w + \Delta p_p$$

اثر دودکش — اثر تهویه — وزش باد

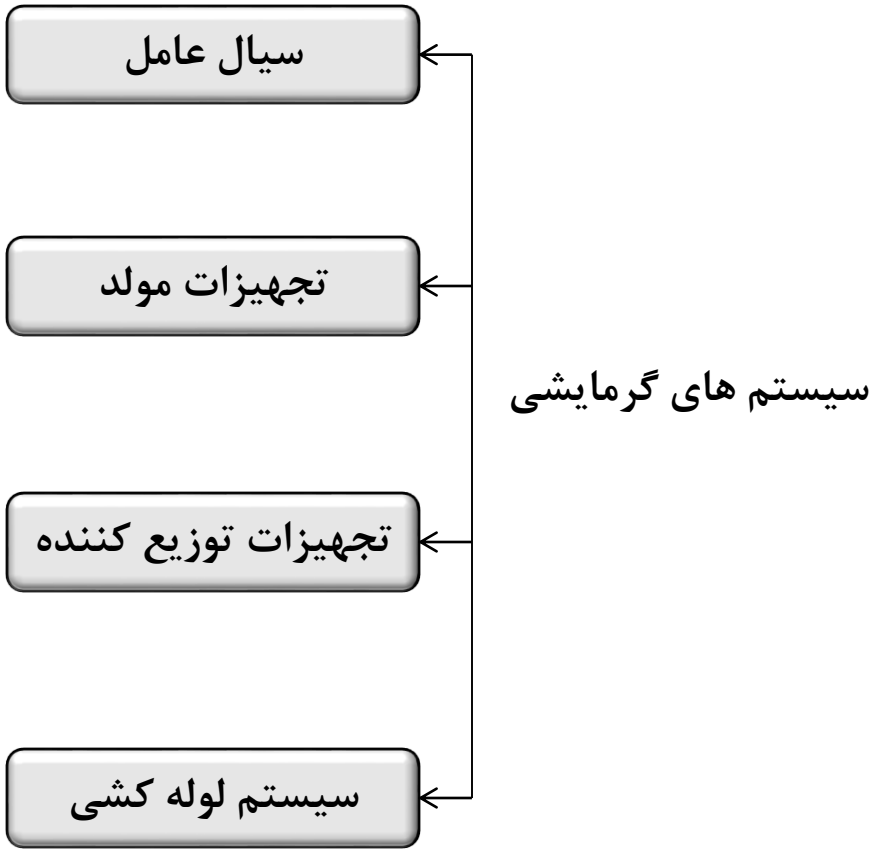
- مقدار ضریب جریان برای درز در و پنجره به صورت آزمایشی تعیین شده و به جای استفاده از آن با مشخص بودن اختلاف فشار می‌توان میزان نفوذ هوا از درها و پنجره‌ها را مستقیماً با استفاده از نمودارهای بعدی برآورد نمود.

مقدار هوای نفوذی از هر فوت طول درز درها و پنجره ها بر حسب فوت مکعب بر ساعت $[CFH]$

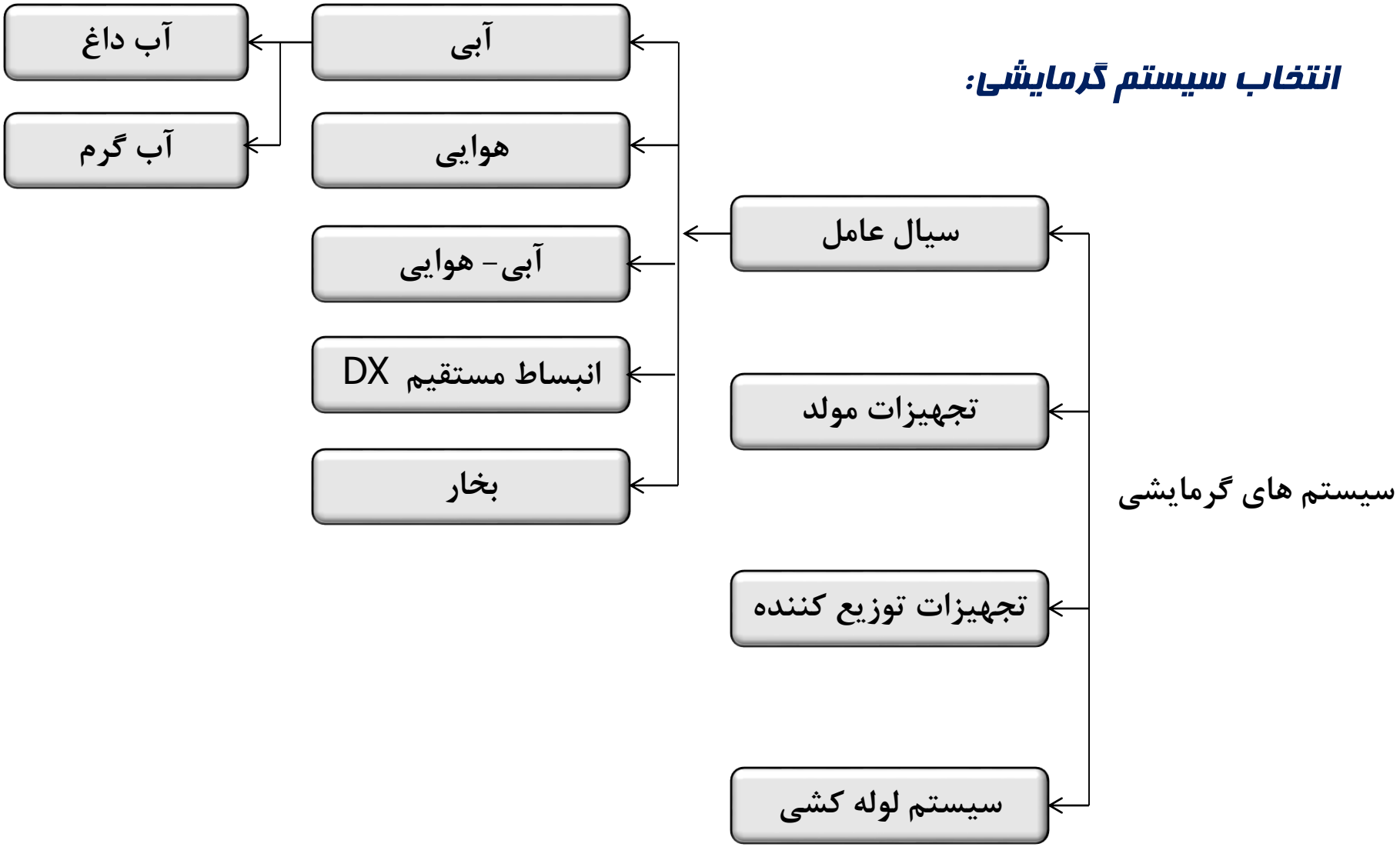
نوع پنجره یا در	توضیح	سرعت باد برحسب مایل بر ساعت				
		5	10	15	20	25
پنجره‌های دوبل چوبی (چفت نشده)	معمولی، بدون نوار*	7	21.4	39	59	80
	معمولی، با نوار	4	13	24	36	49
	خوب سوارنشده، بدون نوار	27	69	111	154	199
	خوب سوارنشده، با نوار	6	19	34	51	71
	اطراف قاب پنجره از مصالح بنّایی، بتونه نشده	3	8	14	20	27
	اطراف قاب پنجره از مصالح بنّایی، بتونه شده	1	2	3	4	5
	اطراف قاب پنجره از مصالح چوبی	2	6	11	17	23
پنجره‌های دوبل فلزی	بدون نوار، چفت نشده	20	47	74	104	137
	بدون نوار، چفت شده	20	45	70	96	125
	با نوار، چفت نشده	6	19	32	46	60
پنجره‌های سادهٔ فلزی	صنعتی، با لولای افقی	52	108	176	244	304
	قاب پنجرهٔ خانه‌های مسکونی	14	32	52	76	100
	با لولای عمودی	30	88	145	186	221
درها	خوب سوار شده	27	69	110	154	199
	خوب سوار نشده	54	138	220	308	398

* نواری که برای جلوگیری از نفوذ هوا روی درزهای پنجره می‌چسبانند.

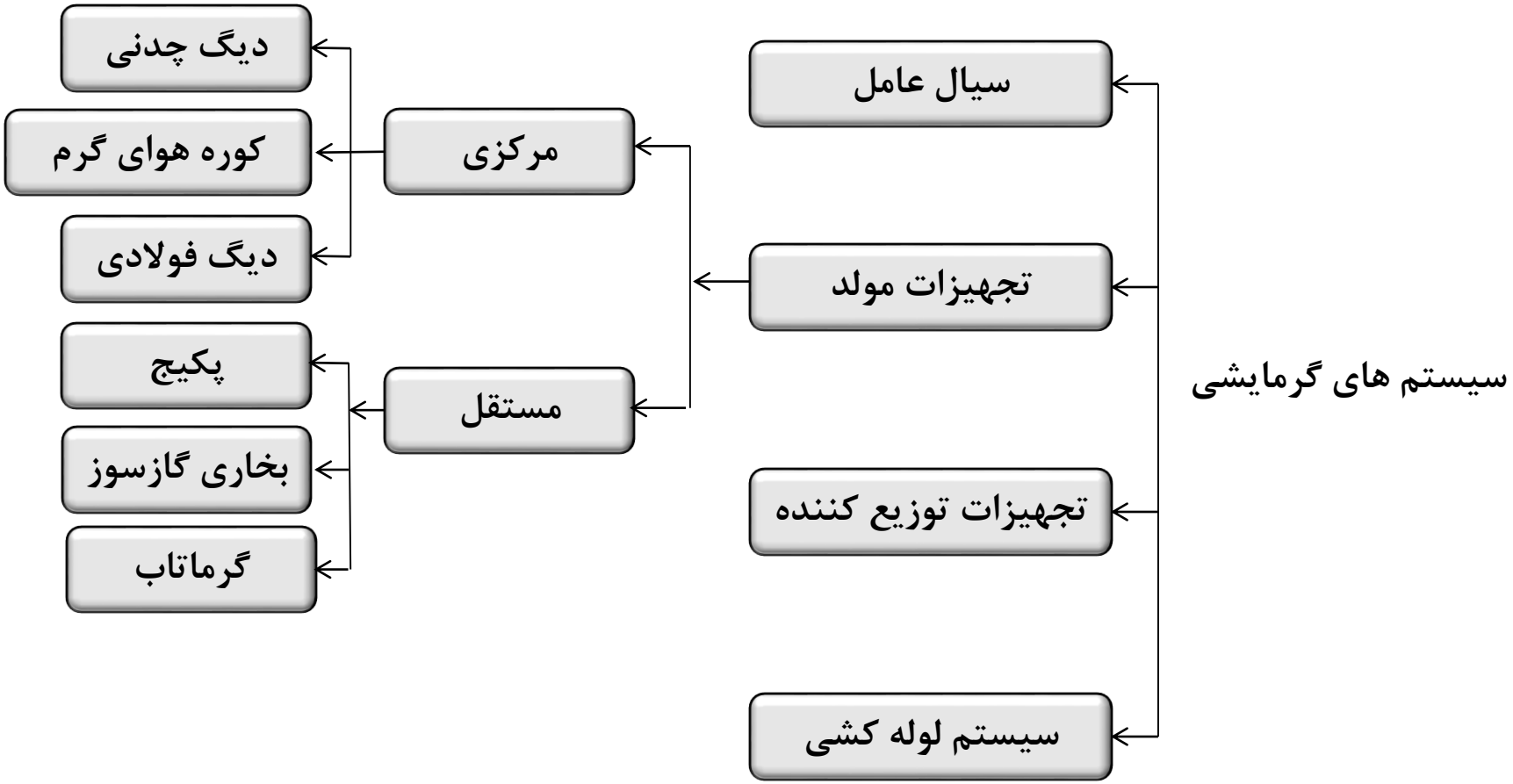
انتخاب سیستم گرمایشی:



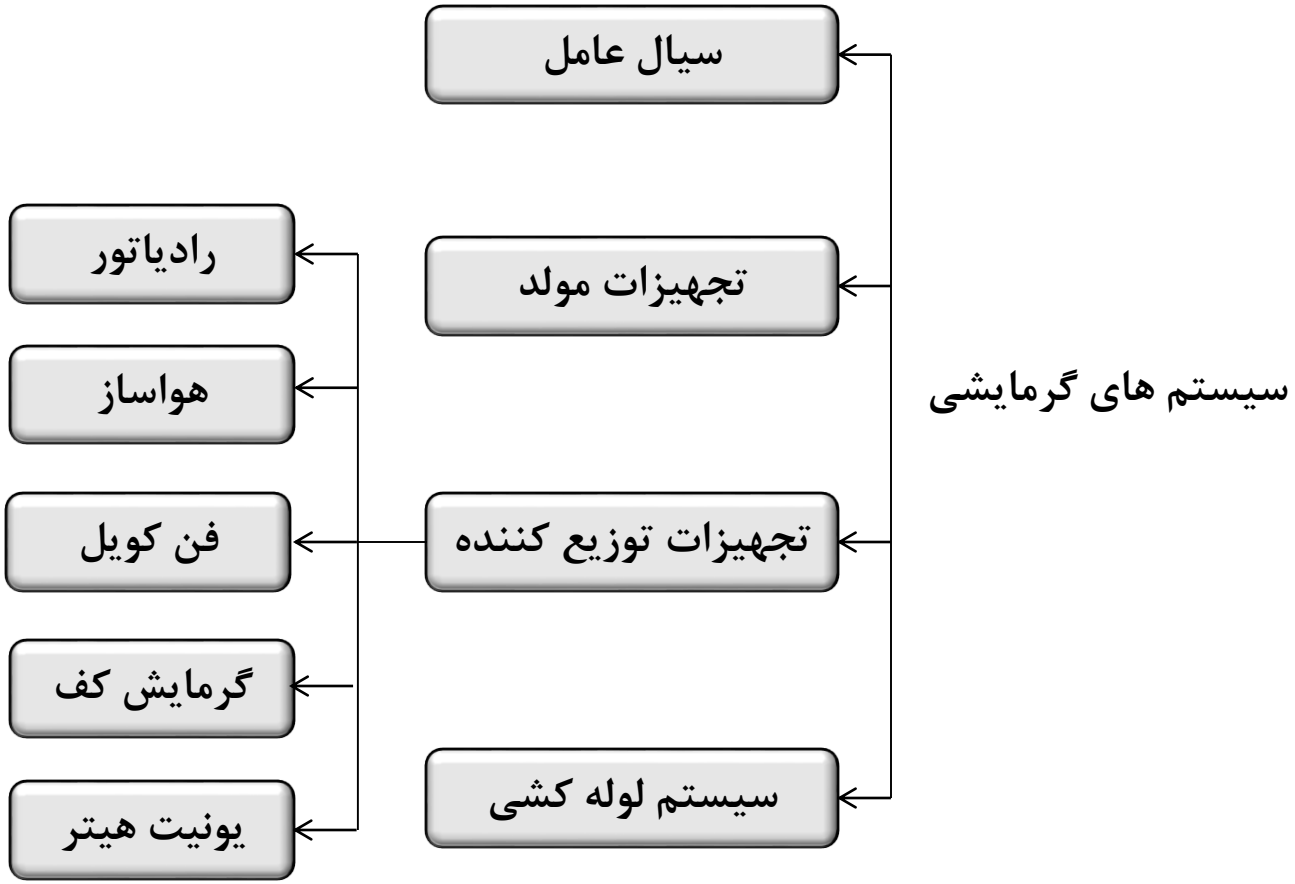
انتخاب سیستم گرمایشی:



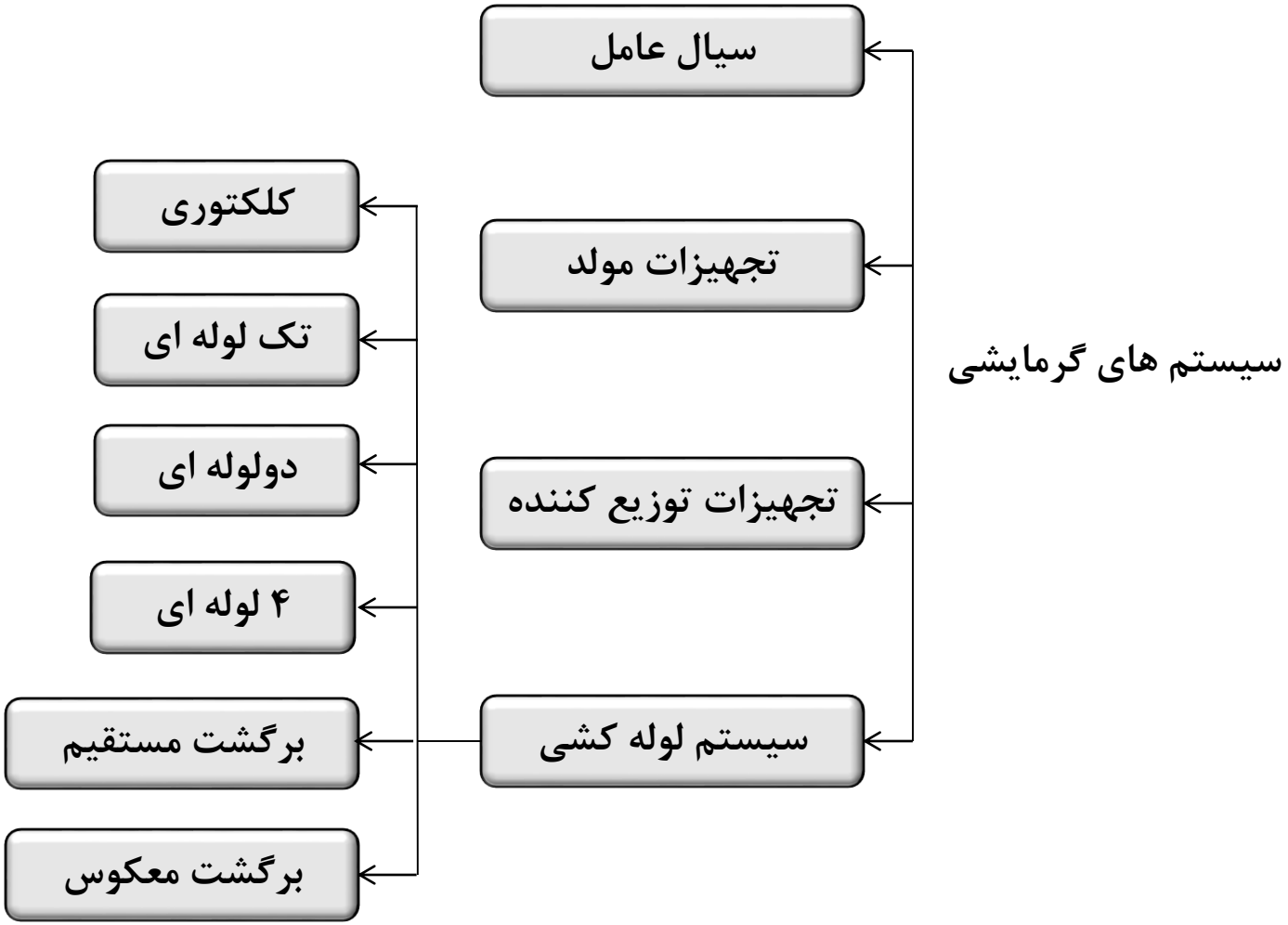
انتخاب سیستم گرمایشی:



انتخاب سیستم گرمایشی:



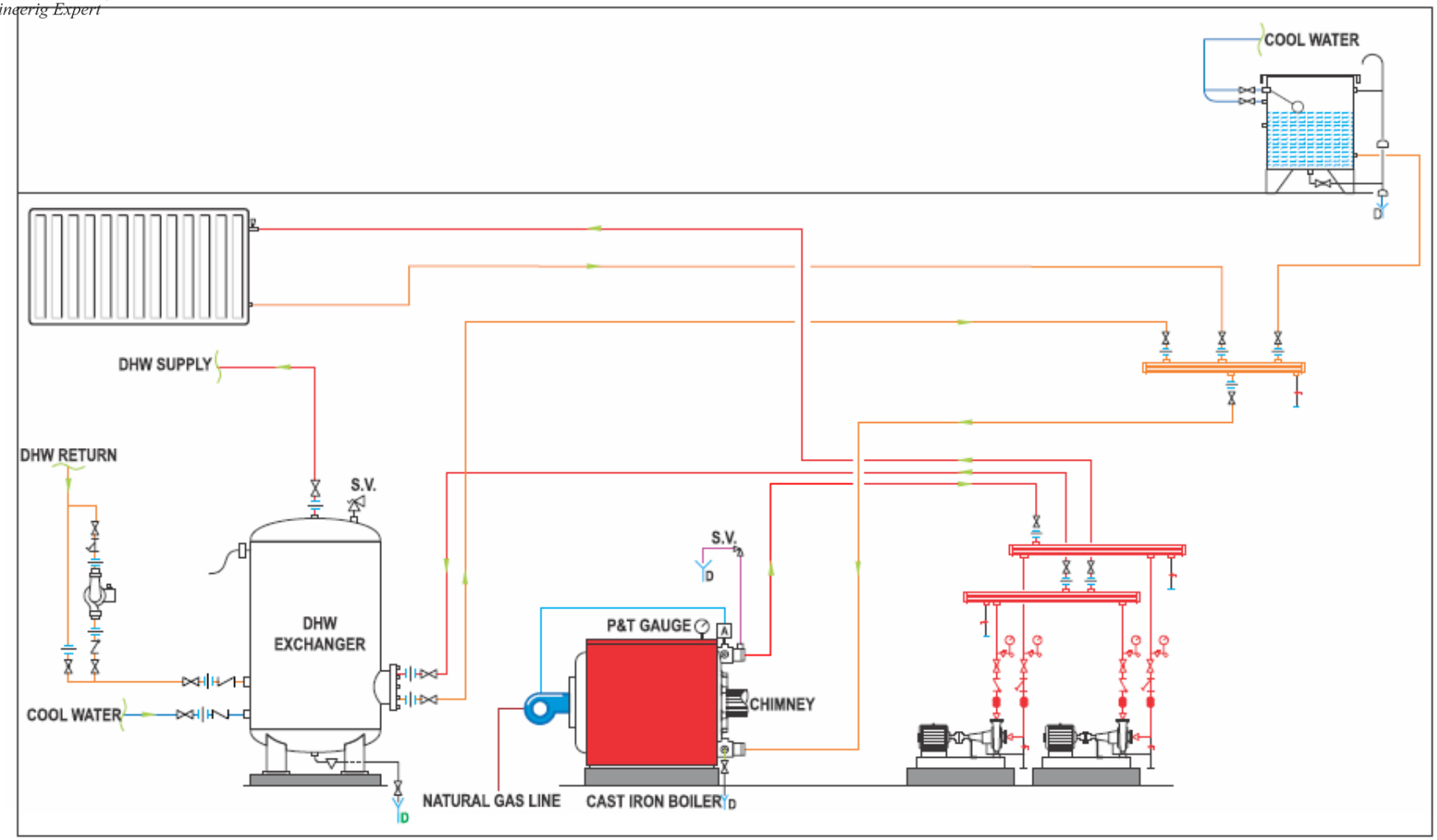
انتخاب سیستم گرمایشی:



معیارهای طراحی:

- کاربری ساختمان
- اقلیم منطقه
- معماری داخل ساختمان
- هزینه های اولیه و جاری پروژه
- عمر مفید بنا
- حساسیت ها و انتظارات استفاده کنندگان

سیستم گرمایش با آب گرم:



سیستم گرمایش با آب گرم:

- فشار کار سیستم در حدود فشار جو است
- با توجه به نقطه جوش ، دمای آب از 190°F تجاوز نمی کند.
- از نظر نحوه گردش آب ، دو دسته گردش اجباری و طبیعی دارد.

سیستم گرمایش با آب داغ:

- نسبت به سیستم آب گرم در تاسیسات بزرگتری کاربرد دارد.
- دمای کار آب از دمای جوش در فشار جو بیشتر است و تا حدود 400°F ممکن است برود.
- فشار کار سیستم برای افزایش دمای جوش توسط منبع انبساط بسته بالا میرود .
- فشار سیستم به دقت باید کنترل شود.

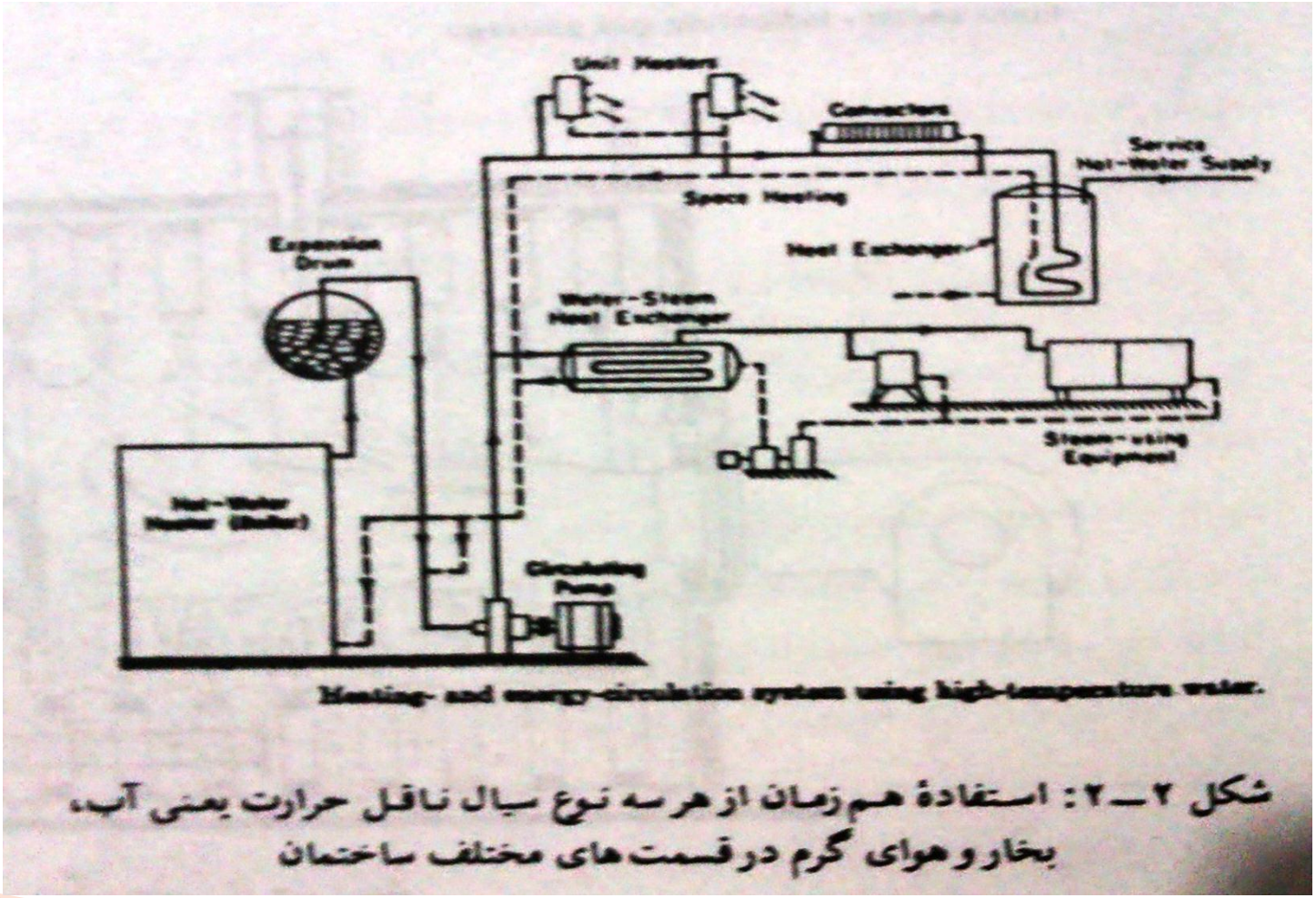
سیستم گرمایش با بخار:

- حرارت نهان حمل شده توسط بخار بسیار زیاد است.
- کار برد آن در مناطق سرد، آسمانخراش ها، کارخانجات بزرگ، گرمایش های منتطقه ای و ...
- خود به انواع بخار کم فشار، فشار متوسط و فشار بالا تقسیم میشود.

سیستم گرمایش با هوای گرم:

- سیال ناقل حرارت هوای گرم است.
- گرمایش هوا یا به صورت مستقیم در کوره هوای گرم است یا توسط آب گرم در هواساز.
- جریان هوا می تواند به صورت طبیعی برقرار شود یا اجباری.

سیستم های ترکیبی:



Heating and energy-circulation system using high-temperature water.

شکل ۲ــ۲: استفادهٔ هم‌زمان از هر سه نوع سیال ناقل حرارت یعنی آب، بخار و هوای گرم در قسمت های مختلف ساختمان

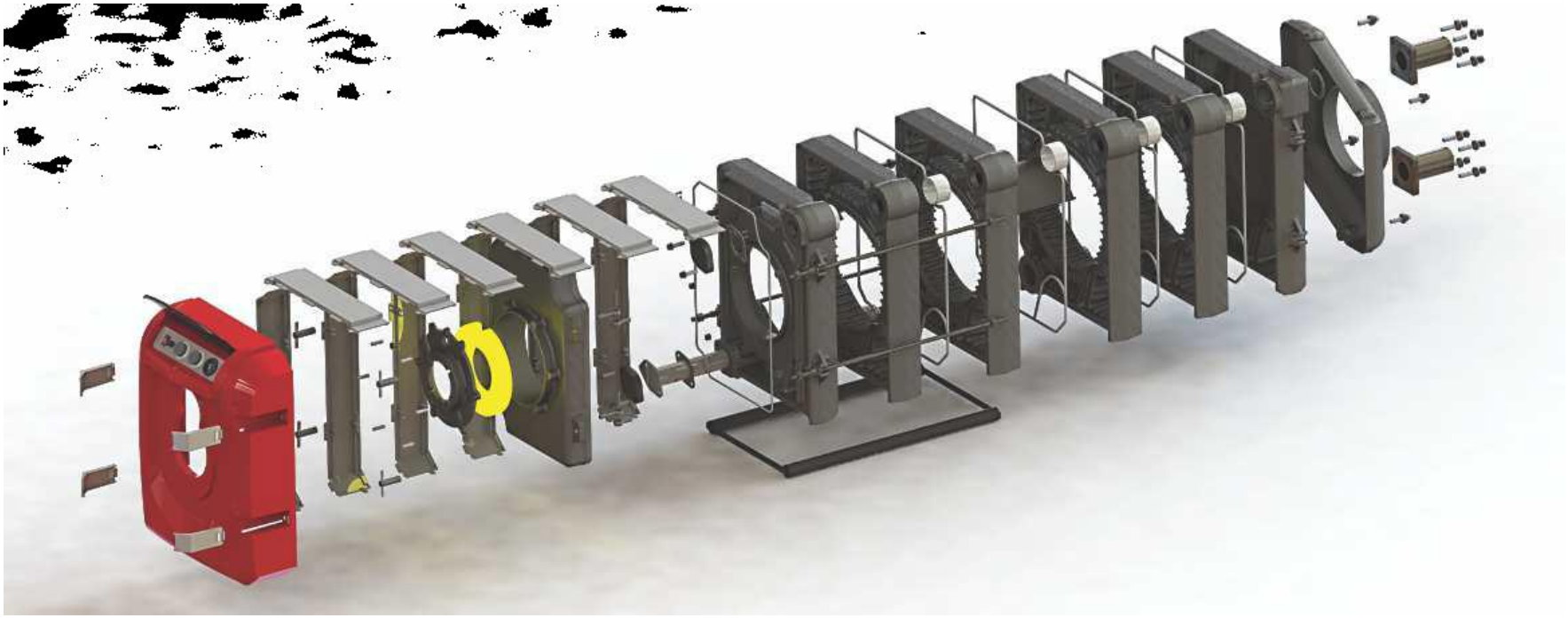
دیگ آب گرم چدنی:

- تشکیل شده از تعدادی پره مجزا است
- حمل و نقل و مونتاژ آسان دارد
- امکان تغییر ظرفیت دارد
- مقاومت بالا در برابر خوردگی دارد

- تحمل فشار پایین
- فقط در سیستم های آب گرم کابرد دارد
- در ساختمان هایی با ارتفاع کم کاربرد دارد
- پره ها شکننده اند

ساختار دیگ های چدنی:

fc1ce06bf2cd3031f19885371cfa8e92952336_30408.mp4



دیگ آب گرم فولادی:

- تحمل فشار بالا
- بیشتردر سیستم آب داغ استفاده می شود
- در طرفیت های بالا راندمان بیشتر
- دو نوع واترتیوب و فایر تیوب دارند

- سنگینی و مشکلات حمل و نقل
- گران بودن نسبت به نمونه چدنی
- زنگ زدن در مجاورت رطوبت

محاسبه و انتخاب دیگ:

$$Q_b = (Q_{heating} + Q_{dw} + Q_{pool} + Q_j) * 1.2$$

ظرفیت حرارتی دیگ	Q_{boiler} .....
بار گرمایش فضاها	$Q_{heating}$ .....
بار گرمایش آب مصرفی	Q_{dw} .....
بار گرمایش آب استخر	Q_{pool} .....
بار گرمایش آب جکوزی	Q_j .....

در تاسیسات بزرگ می توان از دو یا چند دیگ استفاده کرد تا:

- ✓ مصرف انرژی مدیریت شود
- ✓ استهلاک دیگ ها کم تر شود
- ✓ در صورت خرابی کل سیستم مختل نشود

انتخاب مشعل :

$q_{burner} = \frac{q_B}{\eta}$	$\dot{m} = \frac{q_{burner}}{1000}$ CFH	مشعل گازسوز
	$\dot{m} = \frac{q_{burner}}{140000}$ GPH	مشعل گازوئیل‌سوز

اگرچه در حال حاضر بسیاری از مناطق کشور از شبکه گاز شهری برخوردار است، اما چنانچه بنا به ملاحظات مکانی یا کاربردی استفاده از سوخت گازوئیل ضروری باشد، می‌توان حجم مخزن سوخت لازم از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$V = \dot{m} \times n \times h \times A$$

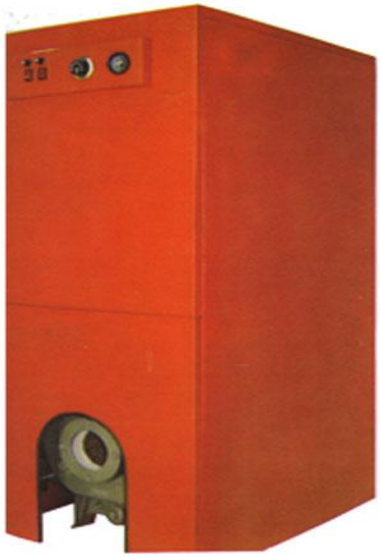
- V: حجم مخزن، gal
- $\dot{m}$: مصرف سوخت، GPH
- n: تعداد روزهای مورد نظر
- h: تعداد ساعات کار
- A: درصد انقطاع کار، ۵۰-٪۶۰

کوره هوای گرم (air heater):

- احتراق درون دستگاه انجام شده و هوا را گرم می کند
- برای اماکن صنعتی یا کارگاهی مناسب است
- برای انتخاب کافی است بار گرمایشی فضا ی مورد نظر را محاسبه کنیم.

انواع دیگر تجهیزات مولد گرما:

❖ پکیج چگالشی مدولار



❖ پکیج زمینی مخزن دار

تجهیزات توزیع کننده حرارت:

- هرچند انتخاب رادیاتورها باید با توجه به بار گرمایشی و با استفاده از کاتالوگ سازنده صورت می‌گیرد، اما تقریباً می‌توان به ازای هر ۵۰۰ Btu/hr بار گرمایشی یک پره برای رادیاتور در نظر گرفت.

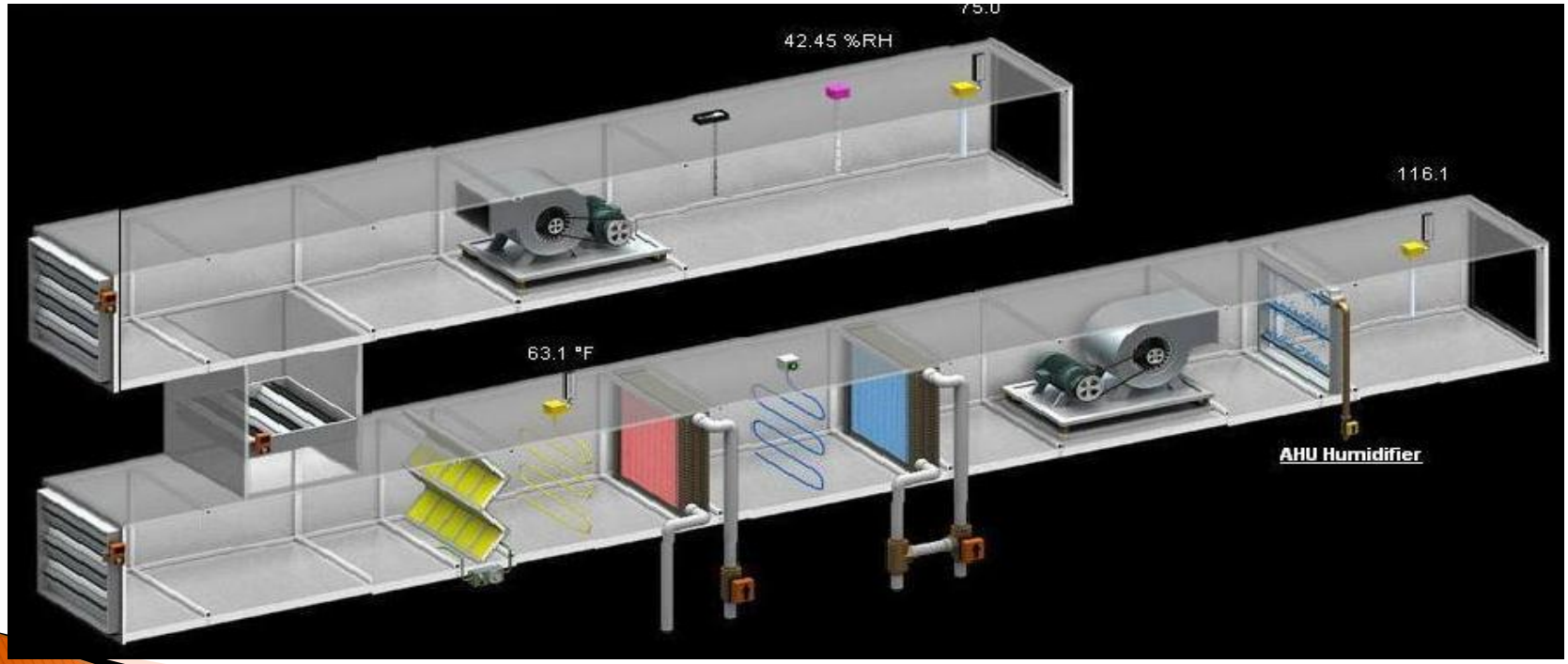
- بهترین محل نصب رادیاتور در زیر پنجره‌ها یا مجاورت دیوارهای سرد است تا از نفوذ هوای سرد جلوگیری کرده و دمای اتاق یکنواخت‌تر باشد.

- فاصله رادیاتور از دیوار و کف حداقل ۵ سانتیمتر است تا هوا به خوبی در اطراف آن جریان یابد. رادیاتورها را گاه برای زیبایی داخل فرورفتگی دیوار یا قاب قرار می‌دهند که این امر باعث کاهش راندمان حرارتی آنها می‌شود.

air handling unit.mp4

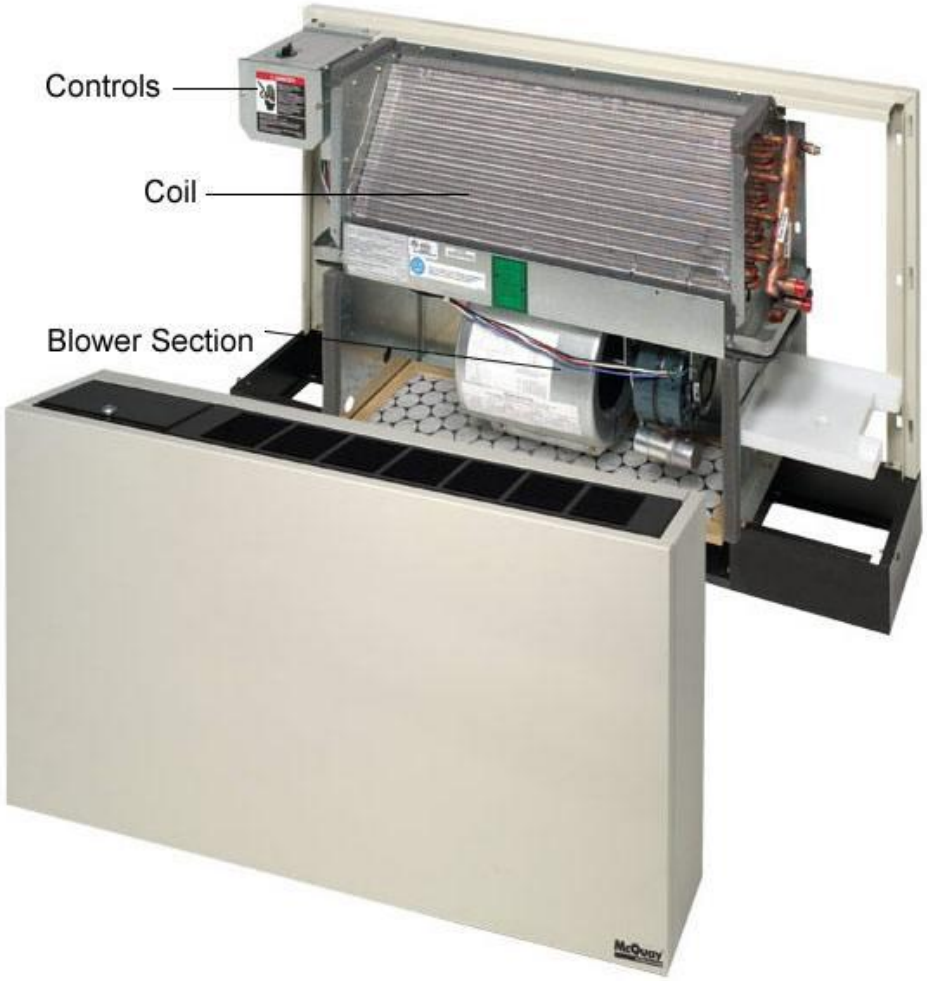
هواساز (air handling unit) :

- پکیج یک پارچه شامل فن، کویل های گرمایش و سرمایش، فیلتر ها و....
- ورودی آن ترکیب هوای تازه و هوای برگشت است و خروجی آن هوا با مشخصات دلخواه
- برای سالن های بزرگ و فضاهایی که نیاز به هوای تازه دارند مناسب است



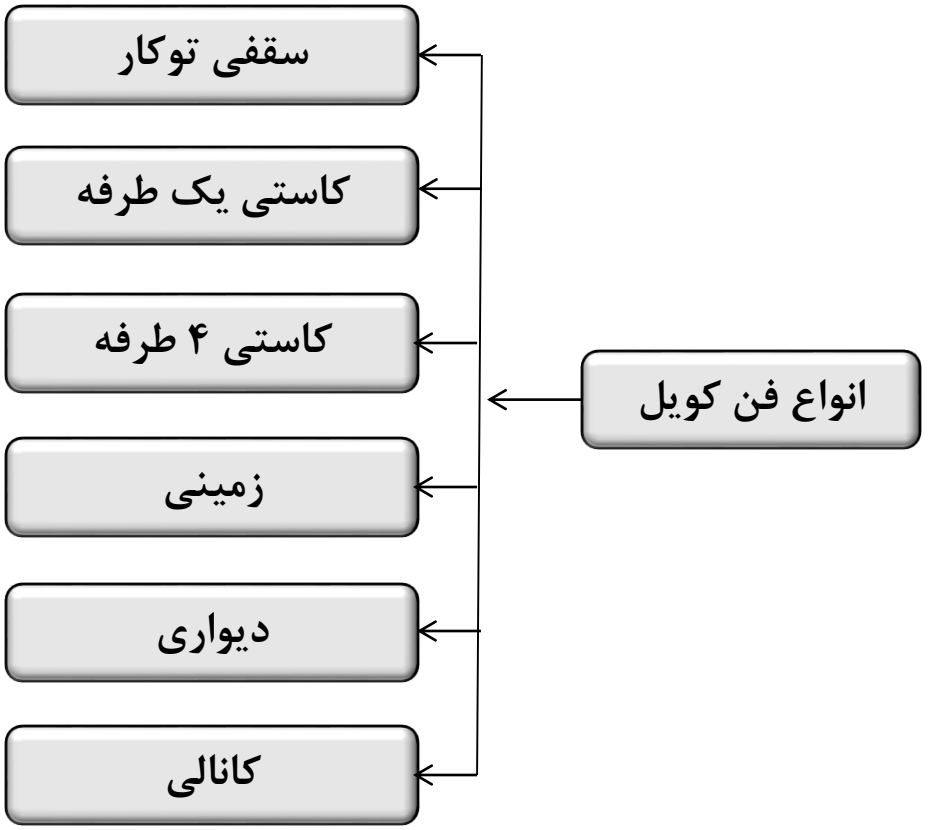
41732abc2385c2cab992b376be729098952563_35652.mp4

فن کویل:



فن کویل:

- چنانچه از فن‌کویل به عنوان وسیله سرمایشی استفاده شود، امکان تقطیر رطوبت هوا روی کویل‌ها وجود خواهد داشت. آب حاصل از تقطیر در سینی زیر کویل‌ها جمع شده و از طریق لوله تخلیه خارج می‌گردد. قطر لوله تخلیه اغلب ¾" و جنس آن از فولاد گالوانیزه است.



❖ سقفی توکار

❖ کاستی یک طرفه

❖ کاستی ۴ طرفه

❖ زمینی

❖ انتخاب فن کویل:

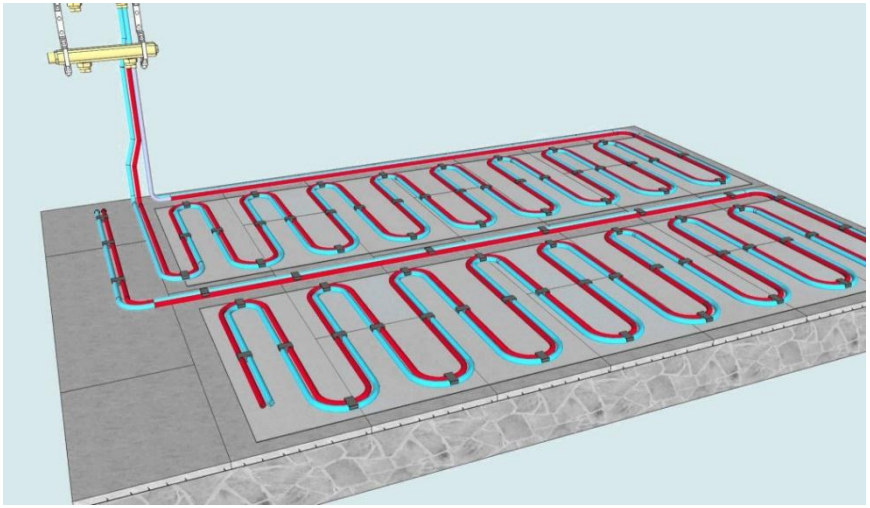
- انتخاب فن‌کویل با توجه به بار گرمایشی-سرمایشی و با مراجعه به کاتالوگ سازنده صورت می‌گیرد. از آنجا که اختلاف دمای بین آب و محیط در گرمایش تقریباً دو برابر سرمایش است، ظرفیت گرمایشی فن‌کویل‌ها به مراتب بیش از ظرفیت سرمایشی آنها بوده و لذا اغلب فن‌کویل برای بار برودتی انتخاب شده و برای بار گرمایی چک می‌شود.

- فن‌کویل‌ها در ظرفیت‌های ۲۰۰ تا ۱۲۰۰ cfm تولید می‌گردد، هرچند به دلیل مشکلات حمل و نقل، از ظرفیت‌های بالای ۱۰۰۰ cfm کمتر استفاده می‌شود.

- یکی از مزایای مهم فن‌کویل امکان کنترل دمای اتاق بوده و معمولاً از طریق روشن و خاموش کردن فن دستگاه با استفاده از ترموستات در شرایطی که آب پیوسته در کویل جریان دارد، صورت می‌گیرد.

- دیوار مقابل فن‌کویل بهترین محل برای نصب ترموستات بشمار می‌آید.

گرمایش از کف:



- ✓ توزیع یکنواخت تر دما
- ✓ کاهش هزینه های انرژی
- ✓ عدم اشغال فضای مفید خانه

- ❖ مخاطرات طبی در منزل های مسکونی
- ❖ نیاز به کنترل دقیق دما
- ❖ از دسترس خارج شدن لوله ها برای تعمیرات
- ❖ نیاز به سیستم توزیع سرمایش جداگانه

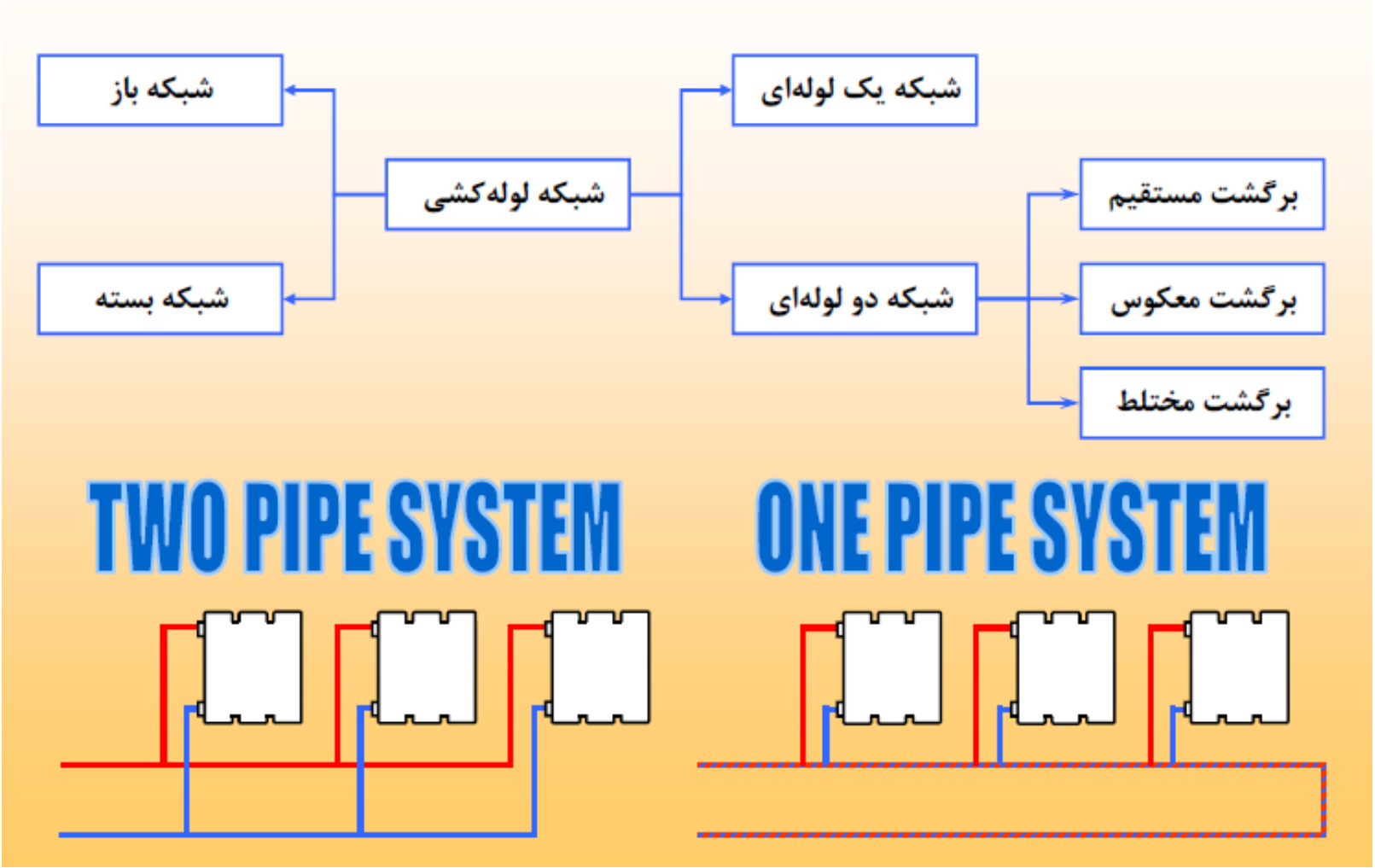
MP4

Visual 3 - Underfloor Heating Animation.mp4

یونیت هیتر و کنوکتور:

	رادیاتور	فن کویل	یونیت هیتر	کنوکتور
نوع سیال	آب	آب	آب، بخار	آب، بخار
نوع جریان	طبیعی	اجباری	اجباری	طبیعی

شبکه های لوله کشی:



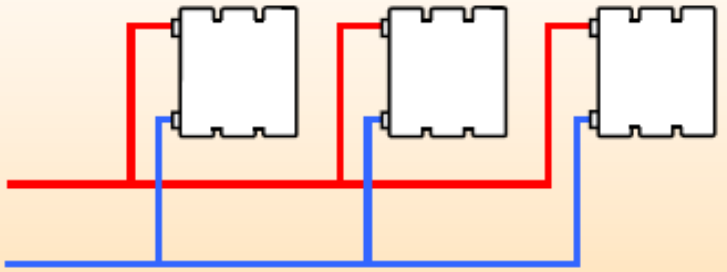
شبکه های لوله کشی:

DIRECT RETURN

- مزایا: هزینه کمتر، سادگی اجرا و کاهش فضای لازم
- معایب: عدم توازن شبکه

- چنانچه وسایل گرمایشی دارای اختلاف افت فشار قابل توجه بوده و یا شبکه به هر دلیل نیازمند تنظیم جریان باشد، استفاده از برگشت مستقیم اقتصادی است.

- لوله‌کشی شبکه‌های باز باید به صورت مستقیم اجرا شود.

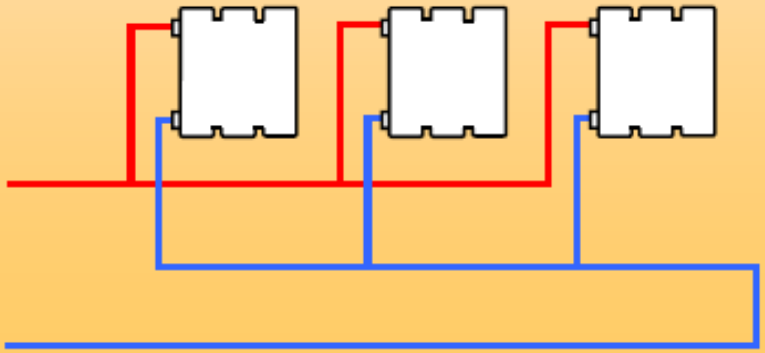


REVERSE RETURN

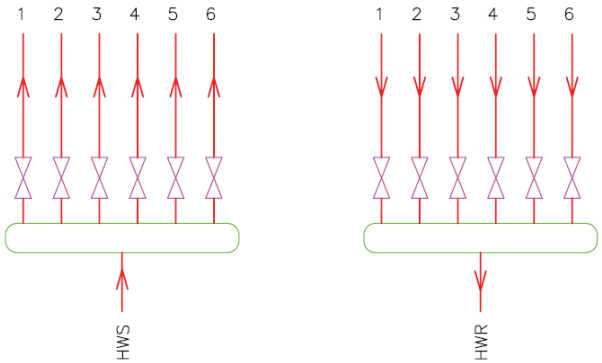
- مزایا: توازن شبکه
- معایب: هزینه بالاتر، سختی اجرا و افزایش فضای لازم

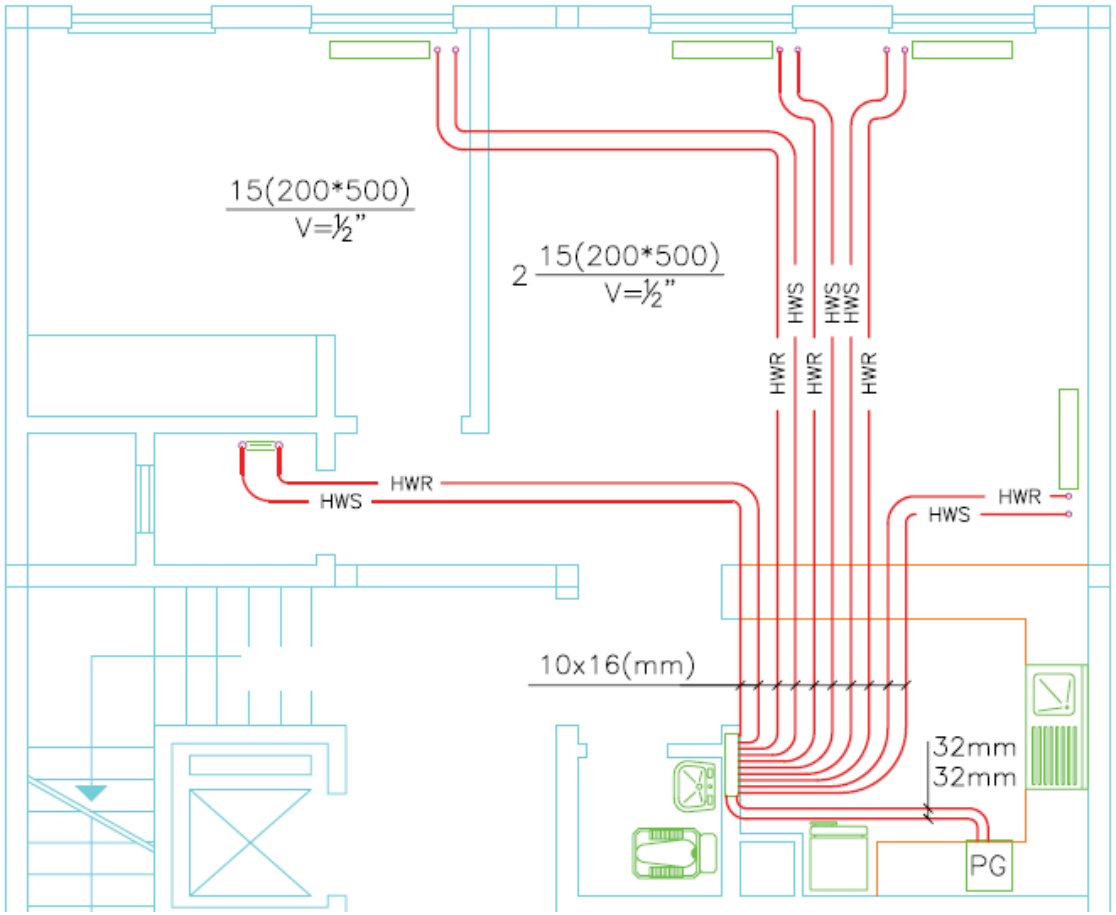
- چنانچه افت فشار در وسایل گرمایشی مختلف یکسان باشد، استفاده از روش برگشت معکوس توصیه می‌شود.

- در سیستم‌های باز استفاده از برگشت معکوس نامناسب بوده و مستلزم لوله‌کشی غیر ضروری است.

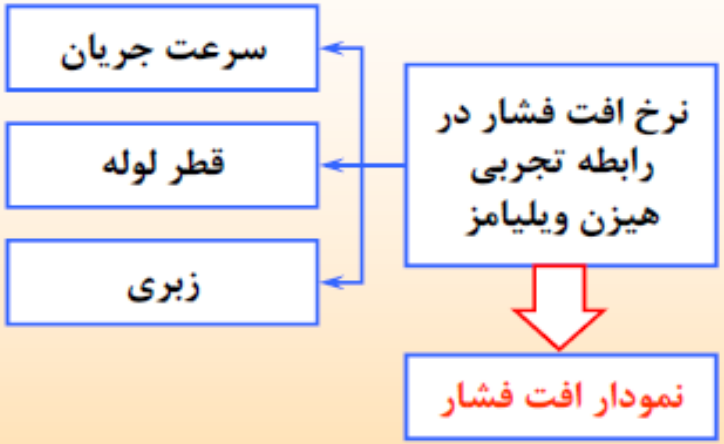


سیستم کلکتوری:





محاسبات شبکه لوله کشی:



- اثرات زبری لوله در نمودار افت فشار لحاظ شده و بنابراین نرخ افت فشار تنها تابع سرعت آب و قطر لوله می‌باشد.

- نمودار افت فشار شامل چهار مشخصه اصلی گذرحجمی، قطر لوله، سرعت و نرخ افت فشار بوده و با تعیین دو مورد از عوامل فوق، دو مورد دیگر با استفاده از نمودار محاسبه می‌گردد.

محاسبات شبکه لوله کشی:

گذر حجمی

$$Q = \frac{q}{C_p \times \Delta T} \Rightarrow Q = \frac{q}{8.33 \times 20} \times \frac{1}{60} \Rightarrow Q \approx \frac{q}{10000}$$

ضریب تبدیل

سرعت جریان

- سر و صدا، سایش و هزینه اولیه و کارکرد سیستم، حداقل و حداکثر سرعت در شبکه لوله‌کشی را محدود می‌کند.
- چنانچه اندازه لوله‌ها بیش از حد کوچک باشد، سرعت زیاد شده و باعث افزایش سر و صدا، سایش و هزینه پمپاژ می‌گردد. بزرگ بودن بیش از اندازه لوله‌ها نیز هزینه اولیه شبکه را افزایش می‌دهد. بنابراین اندازه لوله‌ها باید به نحوی تعیین شود که هزینه اولیه سیستم را کاهش داده و از اثرات مخرب سرعت بالای آب در شبکه جلوگیری کند.
- معمولاً گستره مناسب سرعت آب در تاسیسات ساختمانی بین ۲ تا ۴ fps بوده و برای مکان‌هایی مانند سالن‌های ورزشی و کارخانجات که سر و صدا اهمیت چندانی ندارد، می‌تواند تا حداکثر تا ۱۰ fps افزایش یابد.

محاسبات شبکه لوله کشی:

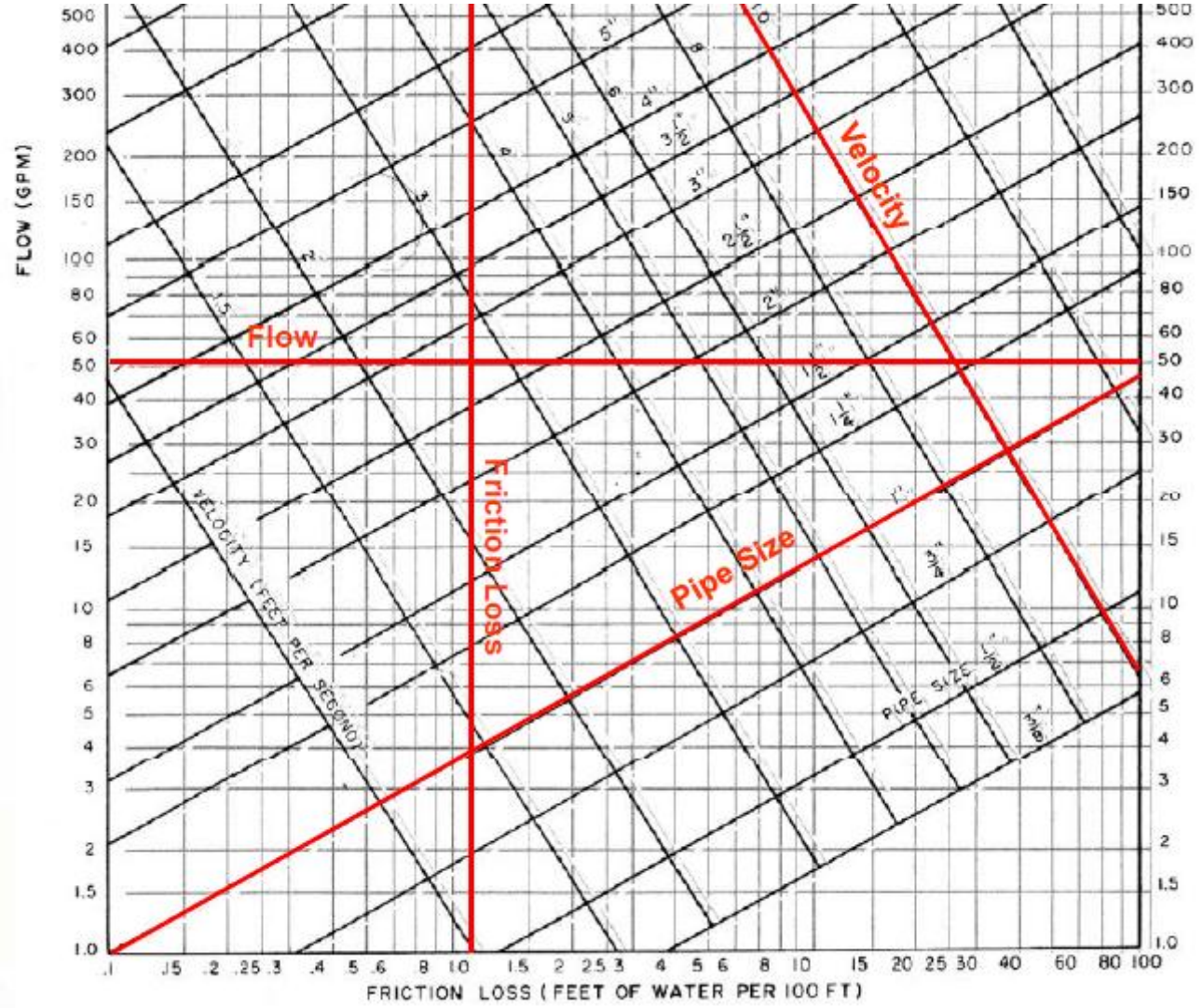
نرخ افت فشار

- حتی در صورتی که سرعت جریان آب در محدوده مناسب قرار داشته باشد، انتخاب نرخ افت فشار بالا موجب افزایش هزینه پمپاژ می‌شود. در مقابل پایین بودن بیش از حد نرخ افت فشار نیز باعث بزرگ شدن اندازه لوله‌ها و در نتیجه افزایش هزینه اولیه شبکه می‌گردد.
- به این ترتیب باید توازنی بین افزایش هزینه کارکرد ناشی از افت فشار بالا و افزایش هزینه اولیه ناشی از افت فشار پایین وجود داشته باشد. گستره مناسب نرخ افت فشار برای کاربردهای تاسیساتی معمولاً بین ۱ تا ۴٪ است.

روش طراحی

- متداول‌ترین روش استفاده از روش نرخ افت فشار ثابت است که در آن از نرخ افت فشاری ثابت در تمام شاخه‌های مسیر استفاده می‌شود. معمولاً نرخ افت فشار ۵/۲٪ برای انجام محاسبات مناسب است.
- اگر سرعتی که با استفاده از گذر حجمی و نرخ افت فشار ۵/۲٪ شبکه بدست می‌آید، در محدوده مجاز باشد، قطر بدست آمده قابل قبول بوده و در غیر این صورت سرعت fps ۴ باید مبنای انتخاب نرخ افت فشار در شبکه قرار گیرد.

سایزینگ لوله:



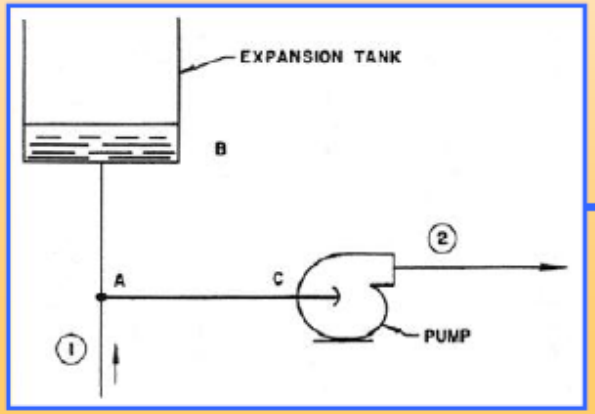
نکات:

نکات اجرایی

- جنس لوله‌ها در شبکه گرمایش با آب از فولاد سیاه بوده و برای جلوگیری از خوردگی و نیز کاهش اتلافات حرارتی باید حداقل با استفاده از ۱ اینچ پشم شیشه عایق‌پیچی گردد.
- برای جلوگیری از تغییر شکل لوله‌های افقی با طول بیش از 30 فوت، باید از اتصالات انبساطی استفاده نمود.
- در ورودی انشعاب واحدهای مجزا و نیز رایزرها نصب شیر فلکه ضروری است.
- تمامی تجهیزات نظیر دیگ و مبدل‌های حرارتی باید با شیر فلکه به شبکه متصل شده و دارای شیر تخلیه باشند.
- در بالای تمام وسایل گرمایشی و نیز در مرتفع‌ترین نقاط شبکه لوله‌کشی باید شیر هواگیری نصب گردد.

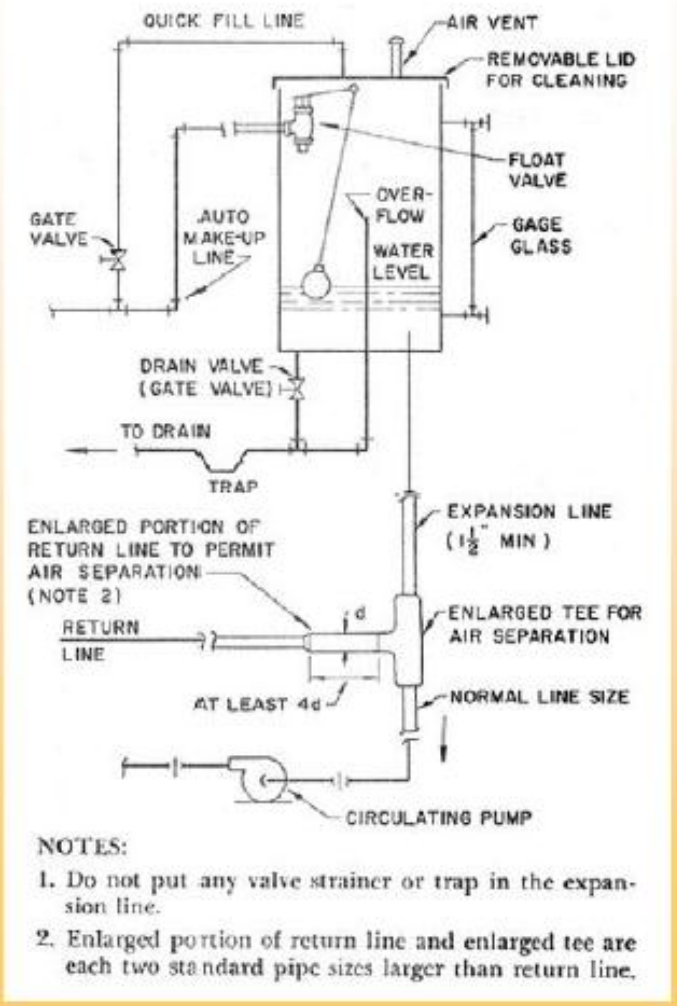
منبع انبساط

- منبع انبساط
  - امکان تغییر حجم آب
  - پر کردن شبکه
  - تنظیم فشار شبکه
- انواع منبع انبساط
  - منبع انبساط باز
  - منبع انبساط بسته



چنانچه فشار جریان در هیچ نقطه‌ای از شبکه مشخص نباشد، سیستم از نظر سیالاتی نامعین بوده و فشار در سایر نقاط شبکه نیز نامشخص خواهد بود. با استفاده از منبع انبساط، فشار شبکه در نقطه اتصال منبع مشخص شده و سیستم نیز معین خواهد شد. با همین توجیه در هر شبکه لوله‌کشی بسته تحت هیچ شرایطی نباید بیش از یک منبع انبساط نصب گردد زیرا در این صورت قیود سیالاتی سیستم بیش از اندازه بوده و جریان سیال در شبکه قابل پیش‌بینی نخواهد بود.

منبع انبساط باز



- منبع انبساط باز با هوای آزاد در ارتباط بوده و بنابراین باید حداقل ۲ تا ۳ متر بالاتر از آخرین مبدل حرارتی ساختمان نصب گردد تا حتی در شرایطی که پمپ سیرکولاسیون آب گرم خاموش است، شبکه لوله‌کشی پر از آب باشد.

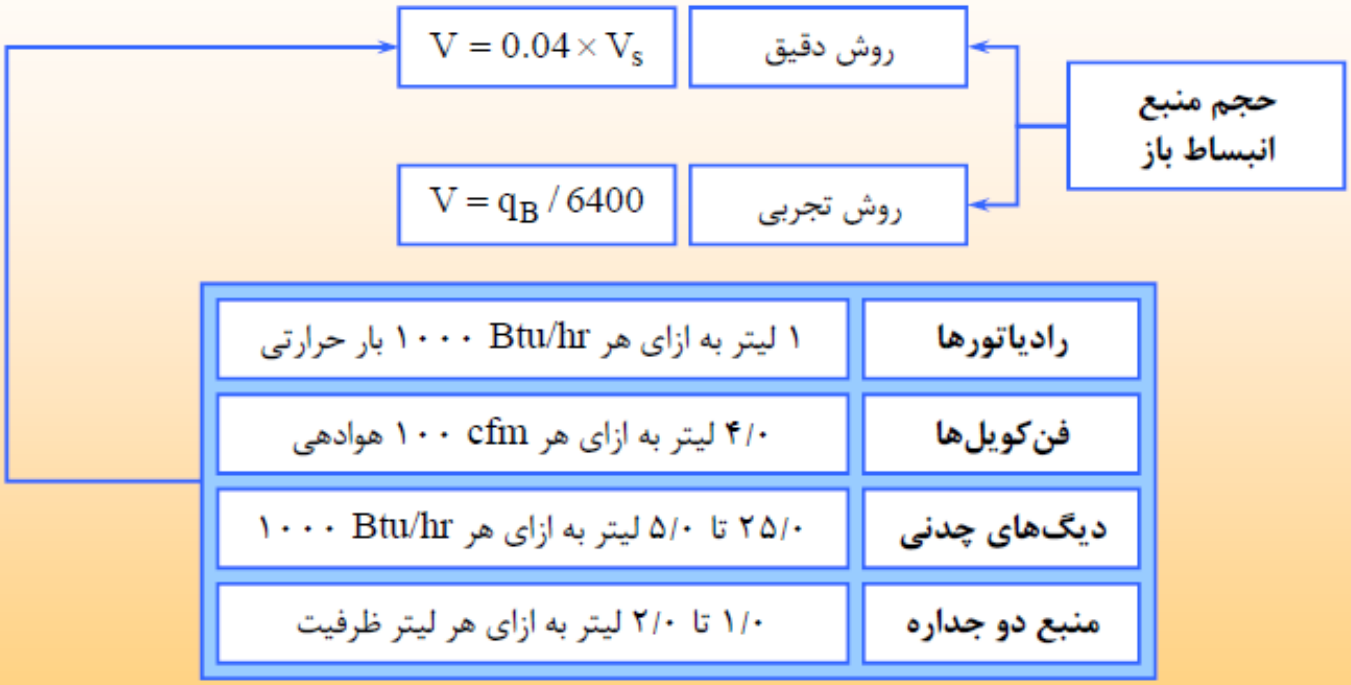
- با توجه به این که فشار سیستم در نقطه اتصال منبع انبساط برابر فشار اتمسفر است، طبیعی است که منابع باز تنها در سیستم‌های آب گرم با فشار پایین قابل استفاده می‌باشد.

- بدلیل تماس با هوا جنس منبع انبساط باز معمولاً از ورق فولاد گالوانیزه بوده و برای حداقل نمودن اتلافات حرارتی عایق می‌شود.

- هر چند از نظر تئوری می‌توان منبع انبساط را تنها با یک لوله با سیستم متصل نمود، اما معمولاً جهت چرخش آب گرم در منبع انبساط و جلوگیری از یخ زدن آب آن در زمستان، دو لوله رفت و برگشت برای منبع انبساط در نظر گرفته می‌شود.

- لوله رفت باید مستقیماً و بدون شیر فلکه به دیگ متصل گردد.

حجم منبع انبساط باز



قطر لوله برگشت منبع انبساط [in]

$$D_{min} = 0.59 + 0.04\sqrt{\frac{q_B}{4000}}$$

قطر لوله رفت منبع انبساط [in]

$$D_{min} = 0.59 + 0.059\sqrt{\frac{q_B}{4000}}$$

منبع انبساط بسته

- منبع انبساط بسته با هوای آزاد در ارتباط نبوده و لذا فشار داخل منبع می‌تواند بیش از یک اتمسفر باشد. بنابراین طبیعی است که منابع انبساط بسته را می‌توان در داخل موتورخانه نیز نصب نمود.

- در شرایط یکسان، منبع انبساط بسته بزرگتر بوده و هزینه نصب و نگهداری آن نیز بالاتر است، با این وجود در مواردی که امکان استفاده از منبع انبساط باز وجود نداشته باشد، بکارگیری آن ضروری خواهد بود. از جمله این موارد عبارت است:

الف) سیستم‌های آب داغ با فشار بالا
ب) محدودیت ارتفاع ساختمان جهت تامین فشار در آخرین مبدل حرارتی
پ) عدم دسترسی به فضای پشت بام
ت) مناطق بسیار سرد که امکان یخ زدن آب منبع انبساط باز وجود دارد

حجم منبع انبساط بسته

$$V = \frac{0.04 \times V_s}{\frac{P_a}{P_f} - \frac{P_a}{P_o}}$$

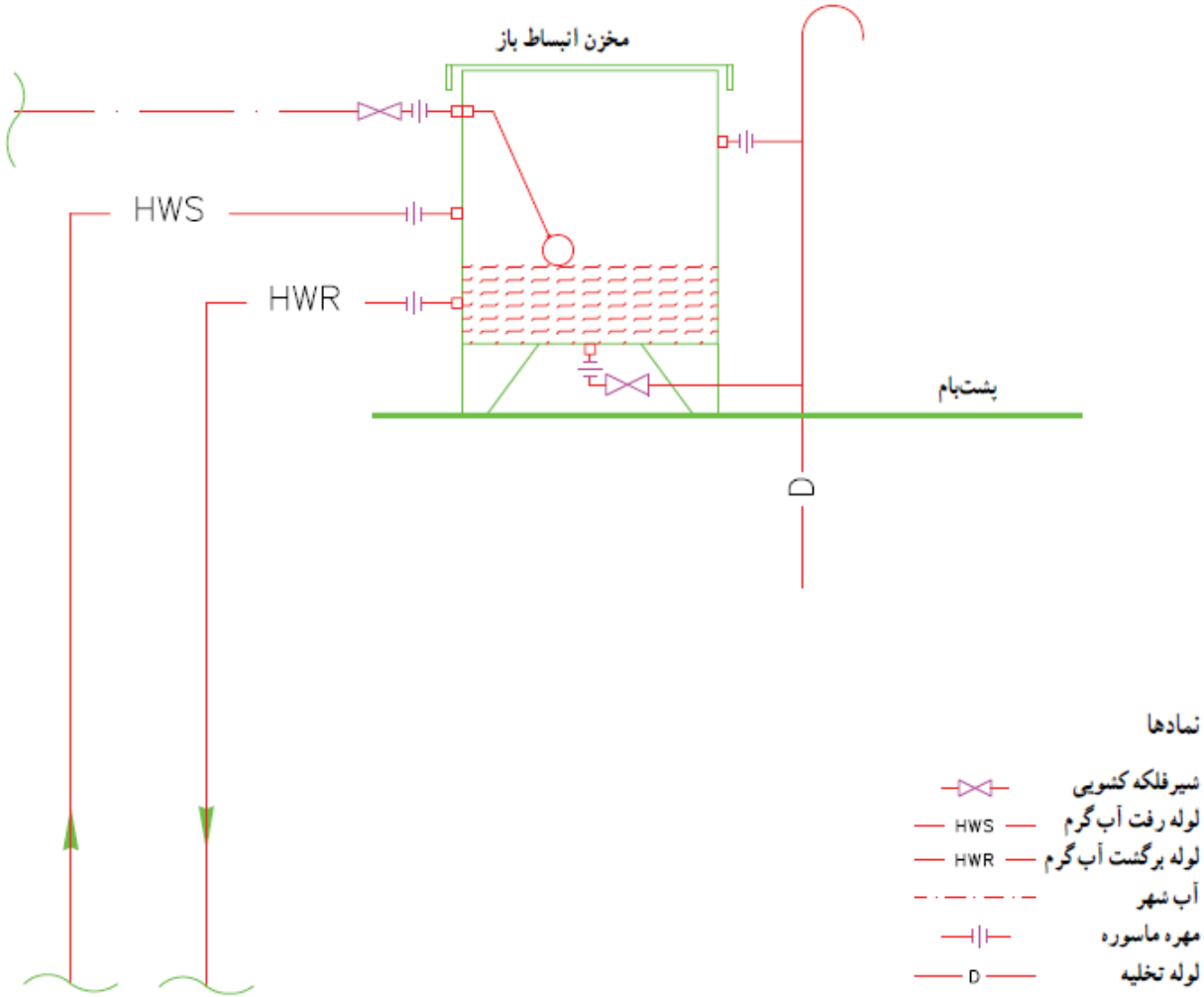
- P_a فشار مطلق منبع انبساط قبل از پر کردن سیستم بوده و معمولاً برابر فشار اتمسفر است.

- P_f فشار مطلق منبع انبساط پس از پر شدن و قبل از راه‌اندازی سیستم بوده و باید به اندازه‌ای باشد که هنگام خاموش بودن پمپ سیرکولاتور، بالاترین مبدل حرارتی را از آب پر کند. بنابراین:

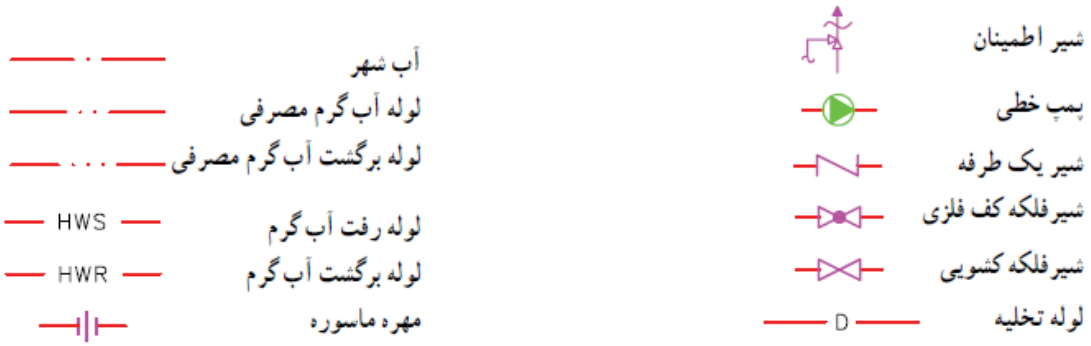
$$P_f = 0.43H + 14.7 + 4$$

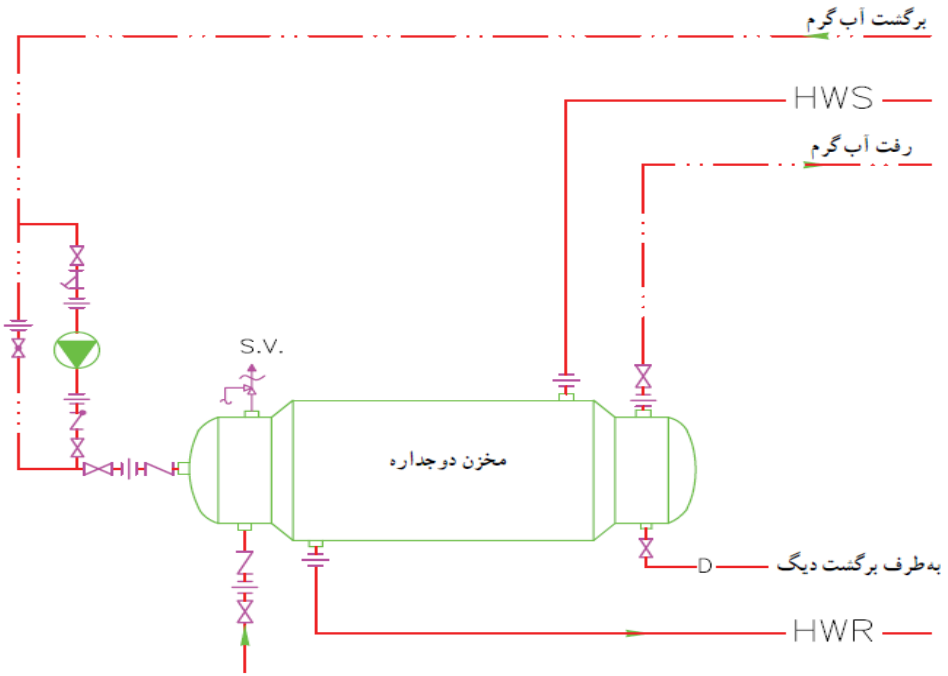
- P_o حداکثر فشار مطلق کاری سیستم بوده و از روی کاتالوگ دیگ تعیین می‌گردد. توجه به این نکته ضروری است که فشار کاری دیگ در کاتالوگ‌ها غالباً به صورت نسبی بیان شده و لذا برای استفاده در رابطه فوق باید با فشار اتمسفر جمع شود.

لوله کشی منبع انبساط باز:

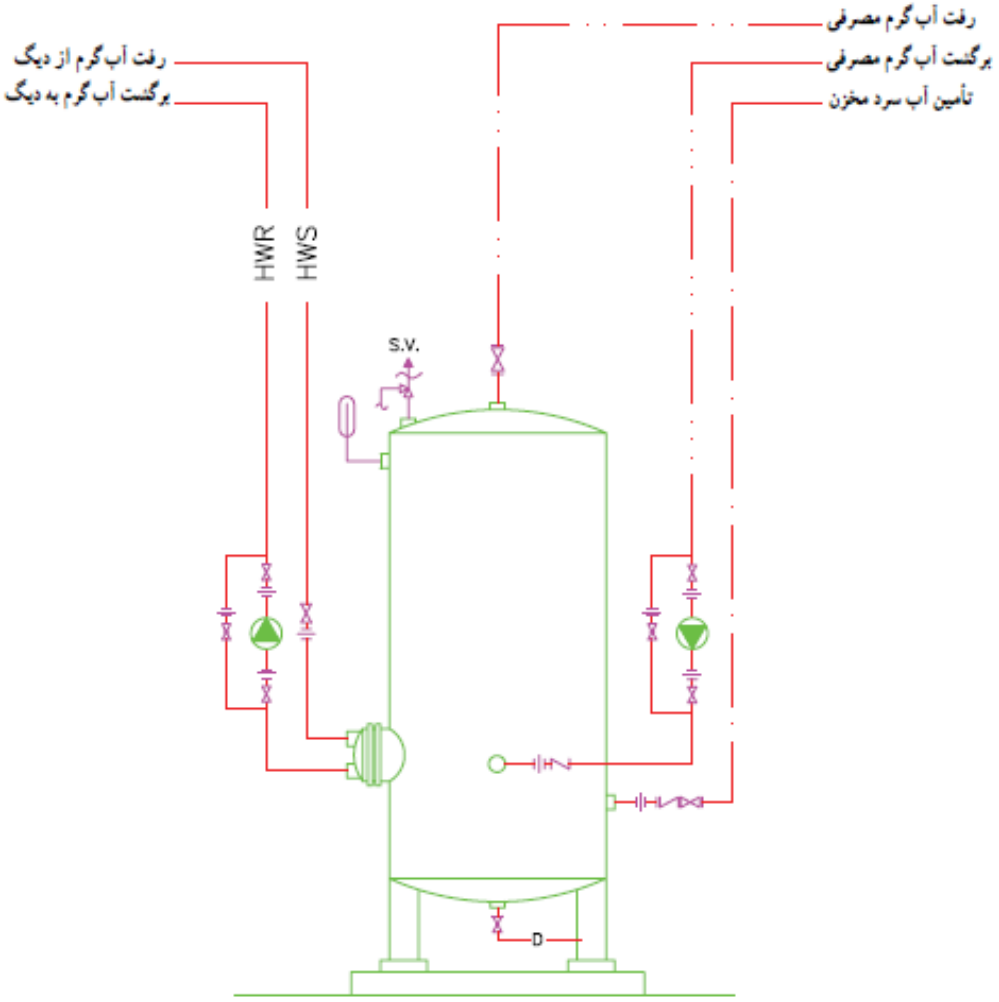


لوله کشی منبع دوجداره:





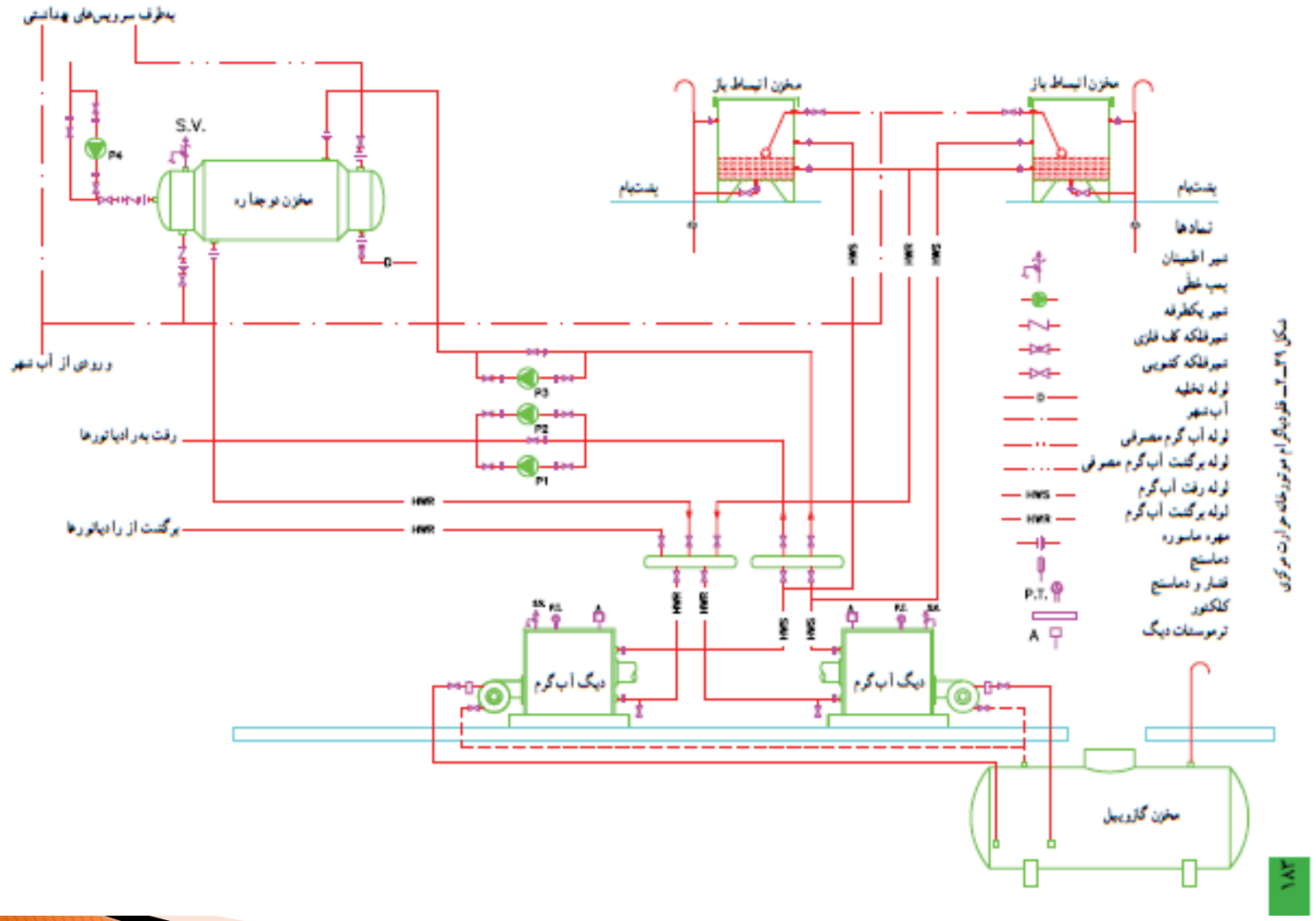
لوله کشی منبع کویلی ایستاده:



شکل ۳۲ـ۲ـ مخزن آب گرم کویلی

فلودیاگرام ساده موتورخانه آب گرم با

منبع انبساط باز:



درباره من:

مهندس مجتبی محمدی

کارشناس مهندسی مکانیک

- ✓ مشاوره، طراحی و اجرای تاسیسات مکانیکی ساختمانی و صنعتی
- ✓ تعمیرات و نگهداری تاسیسات مکانیکی موتورخانه و چیلر خانه
- ✓ طراحی و اجرای تاسیسات استخر، سونا و جکوزی
- ✓ تعمیرات و نگهداری تاسیسات استخر، سونا و جکوزی
- ✓ طراحی و تدریس خصوصی و عمومی دوره های تاسیسات مکانیکی

Mojtaba Mohamadi

HVAC Engineerig Expert

تماس با من:

وبسایت شخصی: www.thermofan.ir

ایمیل: info@thermofan.ir

اینستا گرام: @mojtaba.mohamadi86

کانال تلگرام: telegram.me/thermofan

تلفن همراه: +98912-021-1337

منابع و مآخذ:

- مباحث مقررات ملی ساختمان- رشته تاسیسات مکانیکی
- محاسبات تاسیسات ساختمان- مهندس مجتبی طباطبایی
- تاسیسات مکانیکی ساختمان- مهندس محمد حسین کاشانی حصار
- اسلاید های درس تهویه مطبوع- دکتر سعیدی- ددانشگاه صنعتی شریف
- اسلاید های آموزشی پمپ و پمپاژ- شرکت پمپ ابارا ایران
- ASHRAE HANDBOOKS
- *ashrafizaadeh.iut.ac.ir*

برای دسترسی به مفیدترین و کاربردی ترین اطلاعات در زمینه های تخصصی
مهندسی مکانیک ، پایپینگ و تاسیسات مکانیکی
هم اکنون از طریق آدرس زیر به برترین کانال مهندسی مکانیک در شبکه تلگرام بپیوندید :

انجمن مهندسان مکانیک

@MechEngineers

انجمن مهندسان مکانیک

کانال تخصصی مهندسین مکانیک در تلگرام
به مدیریت مهندس فرشاد سرایی

https://telegram.me/MechEngineers

برای دسترسی به مفیدترین و کاربردی ترین اطلاعات و جدیدترین اخبار و بخشنامه های
سازمان نظام مهندسی ساختمان در موضوع
طراحی ، اجرا ، نظارت و بازرسی لوله کشی گاز ، آبفا و آتش نشانی
هم اکنون از طریق آدرس زیر به برترین کانال گاز ، آبفا و آتش نشانی در شبکه تلگرام بپیوندید :

کانون بازرسان گاز – آبفا – آتش نشانی

@GasInspector