تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان

رشته معماری

استاد :
دکتر صدر واقفی

پاییز۱۴۰۱

سرفصل مطالب:

تاسیسات مکانیکی:

- مقدمه
- آشنایی با اصول تهویه مطبوع
- اصول طراحی تاسیسات مکانیکی بر مبنای معماری ساختمان
- تاسیسات سرمایشی
- تاسیسات گرمایشی
- استانداردهای لوله کشی

تاسیسات الکتریکی:

- مقدمه
- اصول طراحی تاسیسات الکتریکی بر مبنای معماری ساختمان
- سیستم روشنایی
- چاه ارت

تاسیسات مکانیکی ساختمان

- **تاسیسات سرمایشی (برودتی)**
- **تاسیسات گرمایشی (حرارتی)**
- **سیستم آب سرد و گرم بهداشتی**
- **سیستم فاضلاب و آب باران**
- **لوله کشی گاز**
- **سیستم آتش نشانی**
- **سیستم تهویه ی هوا**
- **و ...**

مقدمه

در صنعت تهویه مطبوع، هدف تأمین شرایط آسایش در داخل ساختمان و یا تأمین شرایطی خاص در فضای مورد نظر است. فضای مورد نظر می‌تواند ساختمان مسکونی، اداری، هتل، بیمارستان، داخل هواپیما و داخل قطارهای مسافری، فضاهای خاص تولید از جمله تولید داروها، آنتی‌بیوتیک، کشت میکروارگانیسم، فضاهای تولید تراشه‌ها و تجهیزات الکترونیکی، گلخانه‌ها، محل نگهداری حیوانات و غیره باشد. این فهرست می‌تواند بازهم ادامه یابد. خلاصه آنکه صنعت تهویه مطبوع دامنهٔ وسیعی دارد. لیکن مبانی کار محدود است.

به منظور انجام هدف فوق، سیستمهای مختلفی طراحی و اجرا شده‌اند. سیستمهای بسیار دیگری نیز می‌توانند طراحی شوند. هریک از سیستمهای تهویه مطبوع مزایا و معایبی دارد، لیکن همواره چند سیستم می‌توانند به منظور خاصی مورد استفاده قرار گیرند. برخی معیارها که مبنای مقایسه سیستمها را تشکیل می‌دهند عبارتند از:

برخی از معیارهایی که مبنای مقایسهٔ سیستم های تهویه مطبوع را تشکیل می دهند عبارتند از :

چگونگی تأمین شرایط آسایش (انرژی مصرفی چیست؟)

میزان و درجهٔ آسایش مورد نظر (ساختمان لوکس یا معمولی؟)

ظرفیت سیستم (چیلر؟ دیگ؟)

وضعیت جاگیری و اشغال فضا توسط سیستم

هزینه های تهیه و نصب (هزینه های اولیه)

هزینه بهره برداری (running cost)مانند مصرف گاز، آب، برق و...

قابل اتکا بودن سیستم

قابل انعطاف بودن سیستم

تعمیر و نگهداری سیستم و هزینه های آن

تهویه مطبوع

تهویه مطبوع شاخه‌ای از مهندسی مکانیک است . وظیفه آن تأمین شرایطی است که:

موجب رفاه انسان شود

برای نگهداری محصول یا فرآیند خاصی مورد نیاز باشد.

تهویه مطبوع معمولاً شامل : سرمایش، گرمایش، رطوبت زنی و رطوبت زدائی وتصفیه هوا می‌باشد.

بهترین طرح، سیستمی است که ۴ پارامتر زیر را برای هوای اتاق، همزمان کنترل کند:

ـ دما

ـ رطوبت

ـ سرعت

ـ تمیزی

شرایط آسایش رطوبت نسبی ۵۵٪ ـ ۴۵٪ و دمای ۲۷ـ۲۱ درجه سلسیوس است

تهویه مطبوع به دو بخش تقسیم می شود :

تهویه مطبوع تابستانی

تهویه مطبوع زمستانی

از یک دیدگاه نوع سیستم تهویه مطبوع، می توان دسته بندی زیر را تعریف کرد:

سیستم های مرکزی

سیستم های مستقل

پارمترهای مهم برای داشتن تهویه ی مطبوع مناسب:

کنترل دمای هوا

کنترل رطوبت هوا

کاهش گرد و غبار (تمیزی هوا)

جریان مناسب هوا در اتاق

سر و صدای دستگاه در حد استاندارد

برآورد اقتصادی

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

گرما

طبق نظریه جنبشی - مولکولی همه اجسام از ذرات ریزی به نام مولکول تشکیل شده اند چون مولکول های اجسام حرکت می کنند، انرژی جنبشی، دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگردارند ، انرژی پتانسیل نیز دارند. وقتی جسمی را گرم می‌کنیم انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه جنبشی مولکولی، گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول هاست.

واحد اندازه‌گیری گرما در سیستم SI ژول (J) است.

۱Cal =۴/۱۸۶ J

۱Btu =۲۵۲ Cal

۱kcal =۱۰۰۰Cal

۱kcal = ۳/۹۷ Btu ≃ ۴Btu*

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

دما (درجه حرارت)

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم سرعت مولکول‌ها و انرژی داخلی آن‌ها افزایش می‌یابد. این افزایش به صورت افزایش دما بروز می‌کند.

با گرفتن گرما (انرژی) از جسم، سرعت مولکول‌ها و دمای جسم کاهش می‌یابد.

دما معرف میزان سرعت حرکت مولکول‌های یک جسم است.

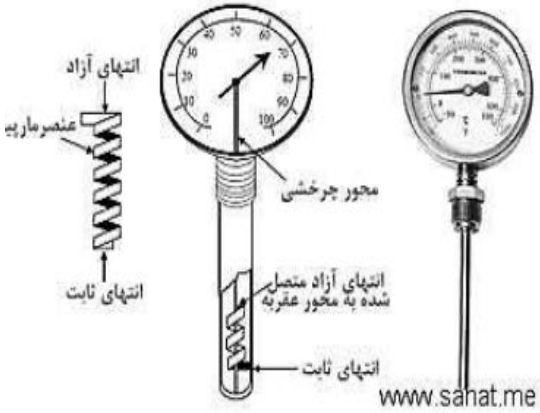
گرما نه تنها نشان دهنده میزان سرعت حرکت مولکولهاست بلکه تعیین کننده تعداد مولکول‌هایی است که تحت تاثیر آن قرار گرفته‌اند.

یک قاشق مسی (۱۰۰ گرمی) که دمای آن ۸۰۰°C است به اندازه یک شمش مسی ۵ کیلوگرمی که تا ۲۰۰°C گرم شده است، گرما ندارد ولی از آن گرم‌تر است.

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

ابزار اندازه‌گیری دما

دماسنج شیشه‌ای



دماسنج عقربه‌ای

دماسنج الکترونیکی

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

دماسنج جیوه‌ای: متداول ترین نوع دماسنج، دماسنج مایع در شیشه است و دارای لوله شیشه باریک و آب بندی شده با پیازی است که با جیوه، الکل (معمولا به رنگ قرمز است که مشاهده آن را به سادگی امکان پذیر می کند) یا بعضی مواد مایع دیگر پر شده است. همانطور که دما افزایش می یابد مایع منبسط می شود و در لوله بالا می رود. کاهش دما باعث می شود مایع منقبض شده و سطح آن در لوله پایین می آید.

دماسنج عقربه‌ای: این دماسنج دارای نواری است که نوار از مواد فلزی متفاوت (فلزات یا آلیاژهای فلزی) است. نوار معمولا در فرم مارپیچی یا میله‌ای است در یک انتها ثابت است. هنگامی که دما تغییر می کند مواد فلزی بیش از دیگران منبسط یا منقبض می شوند که باعث می شود تا نوار بپیچد یا نپیچد یا خم شود. عقربه متصل شده به انتهای آزاد نوار دما را نشان می دهد. نوارهای دوفلزی به طور گسترده ای در دماسنج های عقربه ای و در ترموستات ها استفاده می شوند. نوع دیگر دماسنج که از فلزات غیرمشابه بهره می برند ترموکوپل است.

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

واحدهای سنجش دما:

سلسیوس °C

کلوین K

$$K = ۲۷۳ + °C$$

فارنهایت °F

$$\frac{°F - ۳۲}{۱۸۰} = \frac{°C}{۱۰۰}$$

رانکین R

$$R = °F + ۴۵۹/۶۷$$

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

گرمای محسوس: به گرمایی که سبب بالا رفتن دمای جسم شود گرمای محسوس گویند.

گرمای نهان: به گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می‌شود تا سبب تغییر حالت آن جسم شود گرمای نهان گفته می‌شود و به صورت گرمای نهان ذوب و گرمای نهان تبخیر وجود دارد.

$$Q_{Lf} = m \times h_{if}$$

Q_{Lf} مقدار گرمای آزاد شده حین ذوب

m جرم

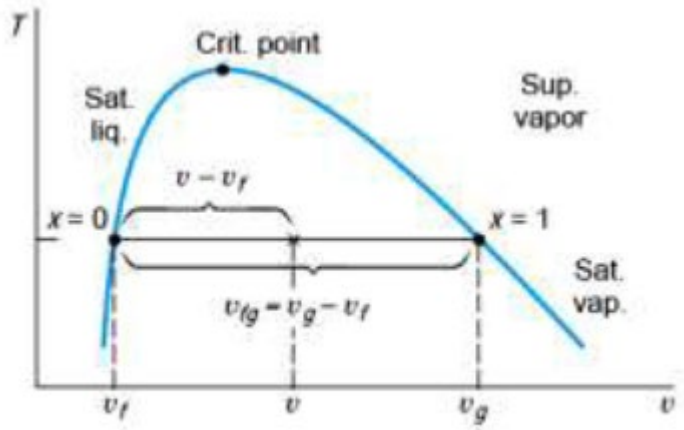
h_{if} گرمای نهان ذوب

$$Q_{Lv} = m \times h_{fg}$$

Q_{Lv} مقدار گرمای آزاد شده حین تبخیر

m جرم

h_{fg} گرمای نهان تبخیر



نمودار دما – حجم مخصوص

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

سیکل تبرید

مهم‌ترین کاربرد صنعت تبرید، نگهداری از مواد غذایی است.

سرعت فاسد شدن مواد غذایی با کند شدن حرکت مولکولی در نتیجه سرما کاهش می‌یابد زیرا کند شدن حرکت مولکولی، رشد باکتری فاسد کننده مواد غذایی را کم می‌کند.

تبرید (سرد سازی)

تبرید عبارت است از گرفتن گرما از محلی که می‌خواهیم آنرا خنک کنیم و انتقال آن به محیطی بزرگ‌تر که تغییر محسوسی در دمای آن ایجاد نمی‌شود.

تن تبرید

برای اندازه‌گیری قدرت سرمایی در دستگاه‌های سرد کننده کوچک از وات و در دستگاه‌های بزرگ‌تر از کیلووات استفاده می‌شود.

W

KW

واحد دیگری که برای ارزیابی قدرت دستگاه‌های سرد کننده کوچک وجود دارد بی‌تی‌یو در ساعت است.

$\frac{Btu}{hr}$

واحد دیگری که برای سنجش قدرت دستگاه‌های سرد کننده وجود دارد تن تبرید می‌باشد که امکان مقایسه آن‌ها را فراهم می‌سازد.

TR

مقدمه ای بر تهویه مطبوع

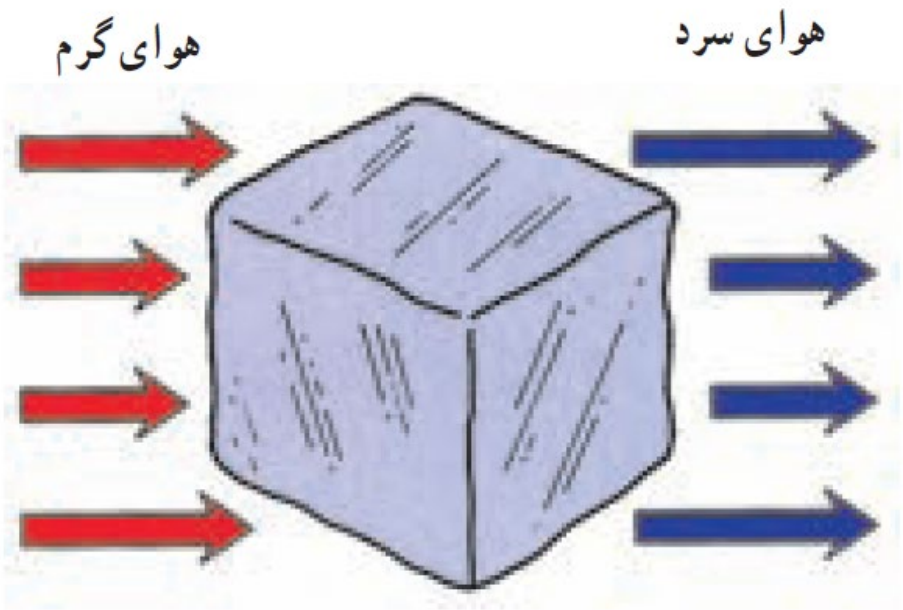
یک تن تبرید معادل سرمایی است که یک تن یخ در اثر ذوب شدن در ۲۴ ساعت تولید می‌کند و معادل ۱۲۰۰۰ بی‌تی‌یو در ساعت است.

$$1TR=12000\ \frac{BTU}{hr}$$

$$1TR=3000\ \frac{Kcal}{hr}$$

$$1TR=3480\ W=3500\ W$$

$$1TR\simeq 3/5\ KW$$



۱ تن یخ (۲۰۰۰ پوند)

تاریخچه پیدایش تهویه مطبوع

سال (میلادی)	کارهای انجام شده
قدمت تاریخی	به کارگیری نی در پنجره‌ها و ریختن آب روی آن توسط مصریان باستان ــ گذر آب درون دیوارها توسط رومی‌های باستان، کاربرد بادگیرها توسط ایرانیان
قرن نوزدهم	پیشرفت تهویه مطبوع به دلیل پیشرفت دانش شیمی
قرن دوم	ساخت بادزنی با هفت پره به قطر ۳ متر(گردش با نیروی دست) توسط دینگ هوان از سلسله هان چین
قرن هشتم	ساخت بادزنی که با نیروی آب به گردش درمی آمد و آب نیز در هوا اسپری می‌شد در زمان امپراطور ژوان سونگ از سلسله تانگ چین
۱۷۵۸	آزمایش‌های بنجامین فرانکلین و جان هدلی برای کشف اصل تبخیر (به عنوان وسیله‌ای برای سرد کردن یک شی به تندی) ــ آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سر حد مرگ در تابستان سرد کرد.
۱۸۲۰	کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده‌سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن
۱۸۴۲	به کارگیری جان گوری از کمپرسور و ماشین یخ ساز برای سرد کردن اتاق بیماران مبتلا به تب زرد و پایین آوردن رطوبت هوای اتاق‌ها
۱۹۰۲	ساخت دستگاه تهویه مطبوع برقی توسط ویلیس کریر
۱۹۰۴	طراحی نمودار سایکرومتریک توسط ویلیس کریر
۱۹۰۶	بررسی راه‌هایی برای اضافه کردن رطوبت به هوا درکارخانه نساجی توسط استوارت کرامر و ابداع اصطلاح «تهویه مطبوع»، و در نتیجه ابداع سیستم خنک‌کننده تبخیری
۱۹۴۵	اختراع کولرگازی پنجره‌ای توسط رابرت شرمن که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت گیری، رطوبت– زدایی و فیلتر کند.

بار برودتی (سرمایشی)

بار برودتی به مقدار حرارتی گفته می شود که در فصل تابستان می بایست از فضای طرح داخل گرفته شود تا محیط داخل به دمای مناسب برسد.

محاسبه بار برودتی

جهت محاسبه بار برودتی در یک سیستم، حرارت های مختلفی که به طور طبیعی و غیرطبیعی جذب سیستم می شود، محاسبه می گردد. این موارد به طور کلی عبارتند از:

- کسب حرارت از خورشید به صورت تشعشع،
- کسب حرارت از فضای بیرون از طریق هدایت (اختلاف دمای داخل و خارج)،
- کسب حرارت از طریق منابع داخلی (چراغ، لوازم الکتریکی، افراد و ...)،
- کسب حرارت به دلیل نفوذ هوای خارج (بخشی از هوای تازه فرار کرده از کویل).

۱- تعیین شرایط طرح داخل و خارج ساختمان

شرایط طرح داخل و خارج را می توان از جداول استاندارد موجود در بیشتر کتابهای تهویه مطبوع بدست آورد.

- شرایط هوای خارج از آمارهای اداره هواشناسی تعیین می گردد.

برای گرمترین روز سال یعنی اول مرداد ماه (۲۳ جولای) در ساعت ۳ بعد از ظهر

برای ساعات دیگر روز با داشتن دامنه تغییرات روزانه و در نظر گرفتن مقدار تصحیح بدست می آید.

- شرایط هوای داخل نیز بستگی به کاربری فضاها دارد.

دمای خشک، دمای مرطوب، رطوبت نسبی، نسبت رطوبت و ...

جدول ۱۹-۱ : شرایط طرح خارج تابستانی و زمستانی برای چند شهر ایران

نام شهر	تابستان			زمستان	عرض جغرافیایی درجه	ارتفاع از سطح دریا فوت
	دمای خشک F	دمای مرطوب F	دامنه تغییرات* روزانه F (Daily Range)	دمای خشک F		
آبادان	115	81	32	39	30	7
اراک	97	70	30	8	34	5780
ارومیه	93	72	27	9	38	4400
اصفهان	100	68	29	14	33	5200
اهواز	115	80	35	37	31	66
ایرانشهر	115	84	29	37	27	1870
بابلسر	92	82	15	32	37	0
بندرانزلی	90	82	15	32	37	0
بندرعباس	105	90	16	50	27	30
بندرلنگه	110	98	15	47	27	43
بندرماهشهر	110	86	15	45	30	40
بوشهر	105	87	16	43	29	46
بیرجند	103	74	30	17	33	4800
تبریز	95	86	24	18	38	4500
تهران	100	74	27	22	35	4000
چابهار	104	90	12	50	25	20
خارک	105	90	16	55	28	0
خرم‌آباد	105	78	33	26	33	4000
خرمشهر	115	80	35	45	30	0
دزفول	115	79	31	30	32	500
رامسر	90	70	13	31	37	0

دنباله جدول ۱۹-۱ : شرایط طرح خارج تابستانی و زمستانی برای چند شهر ایران

نام شهر	تابستان			زمستان	عرض جغرافیایی درجه	ارتفاع از سطح دریا فوت
	دمای خشک F	دمای مرطوب F	دامنه تغییرات* روزانه F (Daily Range)	دمای خشک F		
رشت	90	83	22	24	37	0
زابل	116	84	27	40	31	1600
زاهدان	105	76	32	17	29	4500
زنجان	95	72	31	3	37	5400
سبزوار	100	75	31	16	36	3100
سقز	97	75	37	2	36	4900
سمنان	105	79	25	23	36	3800
سنندج	100	72	33	9	35	5000
شاهرود	96	74	28	15	36	4500
شمیران	95	70	30	20	35	5600
شیراز	100	70	35	22	30	5000
طبس	113	78	33	25	34	3000
فسا	105	77	31	28	29	4600
قزوین	102	76	31	17	36	4300
کاشان	110	83	29	24	34	3150
کرمان	100	72	33	15	30	5800
کرمانشاه	100	65	42	13	34	4600
گرگان	102	85	19	30	37	400
مشهد	96	67	29	12	36	3104
همدان	95	63	38	14	35	5500
یزد	105	76	28	20	32	4000

* دامنهٔ تغییرات روزانهٔ دمای خشک (Daily Range) عبارتست از اختلاف دمای حداکثر و حداقل در طول مدت ۲۴ ساعت شبانه‌روز در شهر موردنظر.

جدول ۲۰-۱ : تصحیح دمای طرح خارج برای ساعات مختلف روز (در محاسبهٔ بارسرمایی ساختمان)

DAILY RANGE OF TEMPERATURE° (F)	DRY- OR WET-BULB	SUN TIME									
		AM			PM						
		8	10	12	2	3	4	6	8	10	12
10	Dry-Bulb	− 9	− 7	− 5	− 1	0	− 1	− 2	− 5	− 8	− 9
	Wet-Bulb	− 2	− 2	− 1	0	0	0	− 1	− 1	− 2	− 2
15	Dry-Bulb	− 12	− 9	− 5	− 1	0	− 1	− 2	− 6	− 10	− 14
	Wet-Bulb	− 3	− 2	− 1	0	0	0	− 1	− 1	− 3	− 4
20	Dry-Bulb	− 14	− 10	− 5	− 1	0	− 1	− 3	− 7	− 11	− 16
	Wet-Bulb	− 4	− 3	− 1	0	0	0	− 1	− 2	− 3	− 4
25	Dry-Bulb	− 16	− 10	− 5	− 1	0	− 1	− 3	− 8	− 13	− 18
	Wet-Bulb	− 4	− 3	− 1	0	0	0	− 1	− 2	− 3	− 5
30	Dry-Bulb	− 18	− 12	− 6	− 1	0	− 1	− 4	− 10	− 15	− 21
	Wet-Bulb	− 5	− 3	− 1	0	0	0	− 1	− 3	− 4	− 6
35	Dry-Bulb	− 21	− 14	− 7	− 1	0	− 1	− 6	− 12	− 18	− 24
	Wet-Bulb	− 6	− 4	− 2	0	0	0	− 1	− 3	− 5	− 7
40	Dry-Bulb	− 24	− 16	− 8	− 1	0	− 1	− 7	− 14	− 21	− 28
	Wet-Bulb	− 7	− 4	− 2	0	0	0	− 2	− 4	− 6	− 9
45	Dry-Bulb	− 26	− 17	− 8	− 2	0	− 2	− 8	− 16	− 24	− 31
	Wet-Bulb	− 7	− 5	− 2	0	0	− 1	− 2	− 4	− 8	− 10

فرمول : مقدار تصحیحی از جدول فوق + دمای طرح خارج از جدول ۱۹-۱ = دمای طرح خارج در ساعت موردنظر

جدول ۲۱ــ۱: شرایط طرح داخل تابستانی و زمستانی براساس شرایط آسایش انسان

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-تا3–	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–تا3–	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–تا2–	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–تا4–	70–74	–6

* مقادیر ارائه شده در ستون نوسان دما برای تنظیم ترموستات اتاقی بکار می‌روند.

** برای اتاق‌هایی که سطح شیشهٔ آنها زیاد است و یا دیوارهای مشرف به خارج آنها خوب عایق کاری نشده‌اند، باید دمای خشک را برابر حداکثر میزانی که درجدول پیشنهاد شده در نظر گرفت.

عوامل تاثیرگذار در تعیین یک سیستم تهویه مطبوع:

۱- بارهای برودتی:

اولین قدم، تخمین میزان بارهای برودتی پروژه است، زیرا میزان این بارها به خودی خود می‌تواند تعدادی از سیستمهای رقیب را از میدان بدر کند. این بارها مشخص‌کننده ظرفیت دستگاهها و تجهیزات برودتی و نیز مشخص‌کننده سطوح زیربنای فضاهای تأسیساتی مانند موتورخانه و ابعاد کانالهای تأسیساتی و از آنجا مقدار ارتفاع بالای سقف کاذب و نظایر آن است.

عوامل تاثیرگذار در تعیین یک سیستم تهویه مطبوع:

۲- معماری ساختمان:

غالباً انتخاب سیستم تأسیساتی بر معماری ساختمان تأثیر دارد و برعکس. برای مثال، سیستمهای تمام هوایی که نیاز به کانال‌کشی دارند، طبعاً نیازمند فضای مناسب برای کانال‌کشی در راهروها هستند. باید دید که آیا در معماری ساختمان، بالای سقف کاذب فضای کافی و مناسب در نظر گرفته شده است یا خیر؟

از طرف دیگر، سیستمهای مرکزی نیازمند فضایی برای تجهیزات سرماده و گرماده مانند دیگها، چیلرها، هواسازها و غیره هستند. آیا چنین فضاهایی از طرف طراح معمار در نظر گرفته شده است؟

در مورد سیستمهای تهویه مطبوع تک واحدی، آیا محل مناسبی در ساختمان برای آنها در نظر گرفته شده است؟

عوامل تاثیرگذار در تعیین یک سیستم تهویه مطبوع:

۳- گرمایش و مقدار هوای تازه:

توانایی در تأمین سرمایش و نیز کنترل رطوبت یک طرف قضیه است. برخی اوقات لازم است گرمایش و هوای تازه به میزان زیادی برای فضای مورد نظر تأمین شود. همین امر محدودیتی را بر انواع مختلف سیستمها اعمال می کند.

در برخی مناطق به سبب طولانی‌بودن ماههای سرد و پایین‌بودن درجه حرارت هوا در زمستان، نیاز به گرمایش به مراتب بیشتر از نیاز به سرمایش است. این موضوع می تواند در انتخاب سیستم مناسب نقش مهمی داشته باشد.

عوامل تاثیرگذار در تعیین یک سیستم تهویه مطبوع:

٤- عوامل محدودکننده دیگر:

- دستگاههای تبرید چه میزان صدا تولید می‌کند و کدام گزینه بهتر می‌تواند میزان صدا را کاهش دهد؟
- آیا نیاز به کنترل رطوبت هست؟ در صورت مثبت‌بودن کدام گزینه بهتر به این هدف می‌رسد؟
- کدام گزینه باعث مطلوب‌تر شدن کیفیت هوا می‌شود؟
- اهمیت نازک‌کاری داخل ساختمان چقدر است؟ آیا بدون تخریب نازک‌کاریها امکان عبور لوله‌های آب در بالای سقف کاذب و غیره هست؟
- آیا لوله‌ها و تجهیزاتی که نیاز به تعمیر و نگهداری دارند، بدون آنکه در عملکرد فضای مورد نظر خللی وارد شود، قابل دسترسی هستند؟
- کدام گزینه از نظر مصرف انرژی مقرون به صرفه است؟
- کدام سیستم قابل اتکاءتر از سیستمهای دیگر است؟
- آیا نیاز به گسترش آتی هست؟ در صورت مثبت‌بودن کدام سیستم بهتر می‌تواند جوابگوی گسترش آتی باشد؟