

۱۳۸۸، ۷، ۱۴

محاسبات سرانگشتی تهویه مطبوع و انتخاب سیستم‌ها

تألیف: مهندس رامین تابان

www.ketab.ir

روشن

سرشناسه:	تابان، رامین، ۱۳۶۴
عنوان و نام پدیدآور:	محاسبات سرانگشتی تهویه مطبوع و انتخاب سیستم‌ها / تالیف: رامین تابان، ویراستار: مریم فرغانی
مشخصات نشر:	تهران: خانه روشنا، ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری:	۱۳۲ ص. ۱۴/۵ × ۲۱/۵، س.م.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۸۳۱-۶۴-۹
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیا
موضوع:	تهویه مطبوع، Air Conditioning
موضوع:	گرمایش - وسایل و تجهیزات، Heating - Equipment and Supplies
موضوع:	سردسازی و دستگاه‌های سردکننده، Refrigeration and Refrigerating Machinery
رده‌بندی کنگره:	TH۷۶۸۷
رده‌بندی دیویی:	۳۹/۷۹۶
شماره کتابشناسی ملی:	۴۷۵۳۹۸۵



محاسبات سرانگشتی تهویه مطبوع و انتخاب سیستم‌ها

تالیف: مهندس رامین تابان

ناشر: خانه روشنا
چاپ اول: ۱۴۰۰

آماده‌سازی قبل از چاپ: خانه روشنا

ویراستار: مریم فرغانی

طراحی جلد: آتلیه خانه روشنا

قطع و تعداد صفحات: رقعی - ۱۳۲

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

قیمت: ۶۰,۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۸۳۱-۶۴-۹ ISBN: 978-600-7831-64-9

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی

تهران - خیابان مطهری - بین سهروردی و شریعتی - خیابان وزوانی - کوچه بخشایش

پلاک ۲ - واحد ۱ - کد پستی: ۱۵۶۶۸۴۶۳۱۱

دورنگار: ۰۲۱-۸۸۴۴۶۳۸۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۴۲۹۰۶۴

سامانه پیامک: ۱۰۰۰۶۶۴۲۲۱۲۲

۰۲۱-۶۶۴۲۲۱۲۲

WWW.ROSHANAPUB.IR

وبسایت و فروشگاه اینترنتی خانه روشنا:

INFO@ROSHANAPUB.IR

کلیه حقوق چاپ و نشر این اثر محفوظ و محفوظات نامشروع است. به موجب قانون حمایت از حقوق مولفان، مصنفان و هنرمندان، عضو 1348:10/11 و قانون ترجمه و تکثیر کتب، نشریات و آثار صوتی، تصویری، کلیه حقوق این اثر به اثر حقوق برای نامشر محفوظ است. هرگس تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه مکتوب نامشر، نشر، بخش و غرضه کند، مجرم بکسر قانونی قرار خواهد گرفت.

پیش‌گفتار	۱۴
فصل ۱: اصول و مبانی تهویه مطبوع	۱۹
تعریف تهویه مطبوع	۱۹
اختصار HVAC-R	۱۹
شاخص‌های موثر بر تهویه مطبوع	۲۰
منطقه آسایش (Comfort Zone)	۲۰
دما (Temp)	۲۰
تبدیل واحدهای دما	۲۱
انواع دما	۲۱
تعریف دمای خشک	۲۲
تعریف دمای مرطوب	۲۲
تعریف دمای نقطه شبنم	۲۳
رطوبت (Humidity)	۲۳
انواع رطوبت	۲۳
تعریف رطوبت نسبی	۲۴
تعریف نسبت رطوبت	۲۵
واحدهای نسبت رطوبت	۲۵
تعریف رطوبت ویژه یا مخصوص	۲۵
تعریف رطوبت مطلق	۲۶
تعریف درصد رطوبت یا درجه اشباع	۲۶
تعریف درجه خلوص یا پاکیزگی هوا	۲۶
تعریف جریان هوا	۲۶
گرما (Heat)	۲۶

انواع گرما..... ۲۷

تعریف گرمای محسوس..... ۲۷

تعریف گرمای نهان..... ۲۷

تعریف گرمای کل..... ۲۸

برخی از واحدهای پرکاربرد گرما..... ۲۸

بی‌تی‌یو..... ۲۸

کیلوکالری..... ۲۹

تبدیل واحدهای پرکاربرد واحدهای گرما..... ۳۰

تن تبرید..... ۳۰

تبدیل واحدهای پرکاربرد سرما..... ۳۰

سایکرومتریک (Psychrometric)..... ۳۱

۷ کمیت اصلی سایکرومتریک..... ۳۱

فصل ۲: طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌های تهویه مطبوع..... ۳۳

تعریف تجهیزات و سیستم‌ها..... ۳۳

منطق طبقه‌بندی تجهیزات تهویه مطبوع..... ۳۳

طبقه‌بندی تجهیزات مولد..... ۳۴

طبقه‌بندی تجهیزات انتقال و توزیع..... ۳۵

طبقه‌بندی تجهیزات تبادل حرارت..... ۳۸

فصل ۳: دیگ‌های چدنی و فولادی..... ۳۹

دیگ‌ها یا بویلرها..... ۳۹

دیگ‌های چدنی..... ۳۹

دیگ‌های فولادی..... ۴۱

محاسبه سرانگشتی دیگ‌ها..... ۴۲

اعداد سرانگشتی پیشنهادی برای چند شهر..... ۴۳

فصل ۴: کوره هوای گرم..... ۴۴

انواع کوره هوای گرم..... ۴۴

کاربردهای متداول کوره هوای گرم..... ۴۴

- ۴۴ مزایای کوره هوای گرم
- ۴۵ معایب کوره هوای گرم
- ۴۶ محاسبه سرانگشتی کوره هوای گرم

فصل ۵: پکیج‌های آب گرم مصرفی ۴۷

- ۴۷ انواع پکیج‌های آب گرم مصرفی
- ۴۸ پکیج‌های زمینی یا مخزن دار
- ۴۸ کاربردهای متداول پکیج آب گرم مصرفی
- ۴۹ مزایای پکیج‌های آب گرم مصرفی
- ۴۹ معایب پکیج‌های آب گرم مصرفی
- ۴۹ محاسبه سرانگشتی پکیج آب گرم مصرفی

فصل ۶: واحدهای گرمایش تابشی ۵۱

- ۵۱ انواع واحدهای گرمایش تابشی
- ۵۲ کاربردهای متداول واحدهای گرمایش تابشی
- ۵۲ مزایای واحدهای گرمایش تابشی
- ۵۲ معایب واحدهای گرمایش تابشی
- ۵۳ محاسبات سرانگشتی واحدهای گرمایش تابشی

فصل ۷: طبقه‌بندی تجهیزات مولد سرما ۵۴

فصل ۸: تقسیم‌بندی تجهیزات تبرید تراکمی ۵۵

- ۵۵ تجهیزات سرمایش تراکمی
- انواع تجهیزات سرمایش تراکمی از نظر نوع کندانسور (روش خنک کردن کندانسور
- ۵۶ در جریحه تبرید)
- انواع تجهیزات سرمایش تراکمی از نظر نوع کمپرسور
- ۵۷ تجهیزات تراکمی تولیدکننده هوای سرد با سیستم‌های انبساط مستقیم (DX) ... ۵۷

فصل ۹: کولرهای گازی ۵۸

- ۵۸ انواع کولر گازی

پیش‌گفتار

کتاب «محاسبات سرانگشتی و انتخاب سیستم‌های تهویه مطبوع» با رویکردی خلاصه بر سه محور اصلی به رشته تحریر درآمده است و سه هدف عمده زیر را دنبال می‌کند:

- اصول و مبانی تهویه مطبوع (با رویکردی خلاصه و کاربردی)
- طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌های تهویه مطبوع
- محاسبات سرانگشتی تهویه مطبوع

مباحث این کتاب با موضوع «اصول و مبانی تهویه مطبوع» شروع می‌شود. در این بخش از کتاب سعی بر آن شده است که با شیوه‌ای کاربردی و البته در مختصرترین شکل ممکن، اصول و مبانی کلیدی تهویه مطبوع که تسلط بر آن‌ها برای کار حرفه‌ای در این عرصه یک ضرورت به شمار می‌رود را مطرح نماییم. بنابراین سعی بر آن بوده است که مطالب این فصل با غلظت مناسبی که هم دربرگیرنده مباحث فنی و تخصصی باشد و هم در دنیای مهندسی، کاربردی باشد مطرح شود.

مبحث «طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌های تهویه مطبوع» از جمله کاربردی‌ترین، کلیدی‌ترین و جذاب‌ترین مباحث این کتاب به شمار می‌رود. رویکرد ارائه مطالب در مباحث مرتبط با طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌های تهویه مطبوع، دیدگاهی کاربردی است. عدد از معرفی هر یک از دستگاه‌ها نیز محاسبه سرانگشتی مربوط به آن ارائه شده است.

محاسبات سرانگشتی چیست و چه کاربردی دارد؟

محاسبات سرانگشتی از جمله مباحث جذاب، کاربردی و راهگشا در میان اهالی صنعت تاسیسات است. از یک مهندس فروش گرفته تا یک مشاور تاسیسات، ناظر، مجری و ... ضروری است که با این سبک از محاسبات آشنا باشد.

محاسبه سرانگشتی یا تقریبی، یعنی یک عدد مختصر، مفید و کاربردی برای هر یک از محاسبات خود داشته باشیم تا با استفاده از آن بتوانیم بدون نیاز به محاسبات دقیق و تنها با یک ضرب و تقسیم ساده به پاسخی تقریبی از نیازها و ظرفیت‌های هر پروژه برسیم.

وقتی صحبت از محاسبات سرانگشتی می‌کنیم، نه به نقشه‌های نهایی پروژه نیاز داریم و نه به هیچ نوع جزئیات دیگری، بلکه صرفاً با پرسیدن یک سوال کلیدی: «متر از پروژه چقدر است؟»، متناسب با اقلیم و کاربری پروژه، می‌توانیم ظرفیت‌های تجهیزات مورد نیاز را به صورت تقریبی برآورد کنیم.

اگر بخواهیم گستره‌ای برای کاربردهای محاسبات سرانگشتی معرفی کنیم می‌توان این موارد را به شکل زیر جمع‌بندی کرد:

1. مشخص شدن کلیاتی از طرح و ظرفیت‌های مورد نیاز به منظور شفاف شدن صورت مساله و رفع ابهام‌های اولیه
2. پر کردن خلا تجربه برای افراد کم‌تجربه‌تر و پاسخ دادن به پرسش‌های آتی در جلسات مشاوره، فروش، بازدید و برآوردهای فنی اولیه
3. برآورد مالی اولیه پروژه به منظور تأمین مالی و ورود به قرارداد اجرایی و خرید تجهیزات

4. بررسی صحت محاسبات دقیق

در ادامه به توضیح هر یک از چهار مورد فوق می‌پردازیم. منظور از «مشخص شدن کلیاتی از طرح و ظرفیت‌های مورد نیاز به منظور شفاف شدن صورت مساله و رفع ابهام‌های اولیه» آن است که به منظور بررسی، ارائه طرح توجیهی، تأمین سرمایه، برآورد بودجه مورد نیاز، تعیین چشم‌انداز پروژه و مواردی از این دست می‌تواند از محاسبات سرانگشتی استفاده کرد. این محاسبات حدود کلی پروژه را با دقت قابل قبولی تعیین می‌کنند و این حدود می‌توانند دست‌مایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌ها و جهت‌گیری‌های آتی پروژه باشند. بسیاری از پروژه‌ها به دلیل نداشتن برآوردهای اولیه در حین عملیات اجرایی به مشکلات جدی از جمله مشکلات مالی، زمان‌بندی، نیروی اجرایی و ... برمی‌خورند. به عنوان مثال فرض کنید قرار است هتلی بسیار لوکس در یک شهر ساخته شود. با استفاده از محاسبات سرانگشتی، قبل از آن که وارد فاز اجرایی شویم، می‌توان ظرفیت تقریبی تمامی تجهیزات تهویه مطبوع و تأسیساتی که در این پروژه مورد نیاز خواهد بود را برآورد نمود. با مشخص شدن ظرفیت‌های تقریبی می‌توان هزینه‌های تقریبی مورد نیاز برای خرید هر یک از این تجهیزات را برآورد نمود. به همین ترتیب، زمان‌بندی اجرا، هزینه نیروهای اجرایی و ... نیز قابل برآورد است و این یکی از نقاط قوت محاسبات سرانگشتی در گزارش‌های اولیه پروژه‌ها به شمار می‌رود. حال فرض کنید، پروژه‌ای بدون این برآوردهای اولیه (که اغلب سرانگشتی و سریع است)، وارد فاز طراحی دقیق و سپس اجرا شود. به محض طراحی دقیق و مشخص شدن ظرفیت‌های دقیق هر یک از تجهیزات، برآوردهای مالی دقیق نیز انجام می‌شود و اگر سرمایه تأمین شده پروژه یا برآوردهای دقیق فعلی

هم‌خوانی نداشته باشد، پروژه با مشکلات مالی جدی روبه‌رو شده و چه‌بسا در همین نقطه متوقف شود و اگر هم متوقف نشود، اصلاح دوباره طرح‌ها و ... بسیار دشوار، پرهزینه و زمان‌بر است. اما محاسبات سرانگشتی در مراحل ابتدایی و پیش از آن که اتفاق خاصی در پروژه رخ داده باشد انجام می‌شود و بنابراین بسیار معطوف است و قابلیت اصلاح و تغییر در آن بسیار ساده است. ضمن آن که کارفرما نیز با دید روشنی نسبت به پروژه وارد سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با پروژه می‌شود.

اما دومین کاربرد محاسبات سرانگشتی، یعنی «بر کردن خلا تجربه افراد کم‌تجربه‌تر و پاسخ دادن به پرسش‌های آنان در جلسات مشاوره، فروش، بازدید و برآوردهای فنی اولیه»، فرض کنید یک مهندس فروش، یک مهندس مشاور، یک پیمانکار و ... در یک جلسه حضوری یا طی یک مذاکره تلفنی در خصوص یک پروژه با پرسش‌ها و کنجکاو‌های متعددی از جانب کارفرما و تیم وی مواجه می‌شود و باید به آن‌ها پاسخ بگوید. پرسش‌هایی مانند:

«ظرفیت چیلر برای هتل ما چقدر است؟»

«ظرفیت هواساز برای آمفی‌تئاتر چقدر باید باشد؟»

«برای موتورخانه پروژه چند متر مربع فضا باید در نظر بگیریم؟»

و سوالاتی از این قبیل که می‌تواند هر فرد کم‌تجربه‌ای را دچار تنگنا و دستیابی کند چرا که در آن لحظه، پاسخ مشخصی برای آن‌ها ندارد. مسلم است که هیچ کارفرمایی در یک مذاکره حضوری چند دقیقه‌ای انتظار ندارد که ظرفیت‌های دقیق تمامی تجهیزات را بداند، حتی با تجربه‌ترین افراد هم نمی‌توانند این کار را انجام دهند. هدف این پرسش‌ها می‌تواند موارد از این قبیل باشد:

- بررسی تجربه کافی مشاور و میزان تسلط وی بر پروژه‌ای که قرار است به وی محول شود.

- به دست آوردن برآوردی تقریبی از هزینه‌های اولیه پروژه و تامین سرمایه مرتبط با آن

- به دست آوردن برآوردی تقریبی از فضای موردنیاز برای داکت‌های تاسیساتی و فضای موتورخانه موردنیاز

- رفع ابهام‌های ذهنی برای شفاف شدن پروژه و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با آن به صورت سنتی، در مواجهه با این پرسش‌های آنان دو حالت بیشتر متصور نیست:

1. فردی که مورد سوال قرار می‌گیرد آنقدر باتجربه است که پیش از این، تعداد زیادی از پروژه‌های مشابه با پروژه مذکور را به چشم خود دیده و در بطن آن بوده است. چنین فردی می‌تواند با اتکا به تجربیات پیشین خود، ظرفیت حدودی دستگاه‌های مورد نظر را حدس بزند یا تقریبی از ظرفیت‌های موردنیاز این پروژه را در ذهن بیاورد و اعلام نماید.
2. فردی که مورد سوال قرار می‌گیرد تجربه کافی را ندارد و پیش از این پروژه‌ای مشابه

کار نکسوده است که در این صورت باید مخاطب را بی پاسخ بگذارد، از او عذرخواهی کند، کمی زمان بگذرد و دست به دامن دوستان باتجربه تر یا محاسبات دقیق شود که شاید چند ساعتی، چند روزی و شاید چند هفته ای به طول بیانجامد، البته این شیوه، راهکار مناسبی نیست و قطعاً تا پاسخ دقیق را به دست آورد، پروژه مذکور به سمت تیمی حرفه ای تر رفته است!

اما محاسبه سرانگشتی یک راهکار مناسب و حرفه ای برای این مساله است. فردی که تجربه خیلی زیادی ندارد، می تواند خلا تجربه خود را با تسلط بر محاسبات سرانگشتی پر کند و پاسخ های آنی و البته تقریبی به هر نوع پرسشی در خصوص ظرفیت سنجی دستگاه ها و کنجکوی هایی از این قبلی را ارائه کند.

در خصوص سومین کاربرد محاسبات سرانگشتی، یعنی «برآورد مالی اولیه پروژه به منظور تامین مالی و ورود به قرارداد اجرایی و خرید تجهیزات»، بدیهی است که قرار نیست ما بابت هر مذاکره ای که برای یک پروژه انجام می دهیم ساعت ها و روزها وقت بگذاریم تا محاسبات دقیق برای پروژه ای که هنوز سرنوشت آن معلوم نیست را انجام دهیم. در بسیاری از این مذاکرات لازم است گام به گام با پروژه پیش برویم. گاهی نیاز پروژه فقط یک برآورد تقریبی هزینه است. گاهی این برآورد است که تعیین می کند که پروژه ادامه خواهد داشت یا خیر. بنابراین در این مورد نیاز برای برآوردهای اولیه هزینه اجرا، هزینه تامین تجهیزات و برآوردهای مالی پروژه، لازم است که از محاسبات سرانگشتی و تقریبی بهره بگیریم. به این ترتیب می توانیم با سرعتی بالا و دقتی قابل قبول برای شروع کار، ظرفیت تقریبی تجهیزات و هزینه اولیه آن ها را برآورد و اعلام نماییم و متناسب با پیشرفت پروژه کم کم به سمت برآوردهای دقیق پیش برویم.

و در نهایت در خصوص آخرین کاربرد محاسبات سرانگشتی، یعنی «بررسی صحت محاسبات دقیق»، بسیار پیش می آید که افراد کم تجربه می پرسند: «از کجا معلوم که محاسبات من درست باشد؟ من اولین بار است که چنین محاسباتی را انجام می دهم و فرد باتجربه ای را ندارم که صحت محاسبات من را تایید کند». از سوی دیگر، حتی افراد با تجربه نیز نیازمند صحت سنجی محاسبات خود هستند. چرا که همواره احتمال خطای محاسباتی و انسانی وجود دارد. در این مورد نیز محاسبات سرانگشتی می توانند به عنوان نقطه شروع بررسی ها به کار گرفته شود. به این ترتیب که اگر دقیق محاسبه کردیم و با محاسبه سرانگشتی ما خیلی مغایرت داشت، یعنی در محاسبات دقیق، خطایی رخ داده است و باید به دنبال منشا خطا و رفع آن باشیم و اگر این محاسبات همگرا و نزدیک به هم بود، می توانیم دلگرم باشیم که محاسبات دقیق نیز بدون خطا انجام شده است.

آنقدر از محاسن محاسبات سرانگشتی گفتیم که به نظر می رسد باید هشدارهای لازم

را هم در همینجا مطرح کنیم! چرا که برخی از افراد آنقدر مجذوب محاسبات سرانگشتی می‌شوند که با این ادعا که نتایج سرانگشتی و دقیق مشابه هم است، محاسبات دقیق را به طور کامل کنار می‌گذارند و در تمامی پروژه‌ها، فقط و فقط از محاسبات سرانگشتی استفاده می‌کنند.

قبل از پاسخ به این مورد، دو نکته را مرور کنیم:

۱. اساسا هر ابزاری مزایا و معایب و البته کاربردهای خاص خود را دارد.
۲. انتخاب ابزار و هدف باید متناسب با هم انجام شود و ابزار انتخاب شده باید با هدف مورد نظر سنخیت داشته باشد.

گستره کاربردهای محاسبات سرانگشتی در بخش پیش مطرح شد. محاسبه سرانگشتی به هیچ وجه جایگزین محاسبه دقیق نیست و ابزاری با هدف خاصی است که برای کاربردهای یادشده مناسب است. اما متأسفانه برخی از افراد بعد از چشیدن طعم جذاب محاسبات سرانگشتی، هرگز آن را رها نمی‌کنند و تمامی محاسبات دقیق را کنار می‌گذارند و به جای آن محاسبه سرانگشتی انجام می‌دهند که قطعاً اشتباه است گاهی برخی از افراد با پافشاری، محاسبات سرانگشتی را دقیق و کافی می‌دانند که در این خصوص باید گفت: «همان‌طور که محاسبات سرانگشتی، محاسبات تقریبی است و این تقریب معمولاً دست بالا انجام می‌شود. بنابراین جای تعجب نیست که اگر شما تمامی محاسبات دقیق را هم کنار بگذارید و فقط بر محاسبات سرانگشتی تکیه کنید، چون ظرفیت‌های شما بالاتر از آن چیزی هست که باید باشد، دستگاه شما پاسخگوی نیاز پروژه خواهد بود».

اما مسأله اینجاست که این دستگاه می‌توانست و باید دقیق و بهینه انتخاب شود چرا که انتخاب دستگاهی با ظرفیت بالاتر از حد نیاز، هزینه اولیه پروژه و هزینه‌های مصرف انرژی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین برای بهینه بودن طرح، محاسبات سرانگشتی کافی نیست و باید محاسبات دقیق را دنبال کرد. البته این جنبه محاسبات دقیق در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. چرا که با افزایش روزافزون هزینه‌های انرژی، اهمیت محاسبات دقیق بیش از پیش روشن شده است. حتی کار به جایی کشیده است که علاوه بر محاسبات دقیق و برآوردهای بهینه برای هر پروژه، مباحث مرتبط با بهینه‌سازی مصرف انرژی، سیستم‌های مدیریت انرژی و ... نیز جای خود را به خوبی در پروژه‌ها باز کرده و فرصت‌های شغلی مناسبی را برای حوزه تأسیسات ایجاد نموده است.

از طرفی، انتخاب ابزار و هدف باید متناسب با هم انجام شود و ابزار انتخاب شده باید با هدف مورد نظر سنخیت داشته باشد. برای شکار یک گنجشک، رفتن به سراغ توپ و تانک قطعاً اشتباه است و صرفاً پیچیدگی و هزینه‌های پروژه را زیاد می‌کند.