

طراحی تأسیسات ساختمان (۱)

دیباجه و تهیه گزارش فازیک

تألیف: محمدرضا سلطاندوست



www.ketab.ir

سرشناسه	: سلطاندوست، محمدرضا، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: دیباچه و تهیه‌ی گزارش فاز یک/ تألیف محمدرضا سلطاندوست.
مشخصات نشر	: تهران، یزدا، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۸۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: طراحی تأسیسات ساختمان؛ ۱.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۱۱-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
عنوان دیگر	: طراحی تأسیسات ساختمان.
موضوع	: تأسیسات - طرح و ساختمان
موضوع	: Buildings -- Mechanical equipment -- Design and construction
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۷ ط ۴۷۴ س/ ۷۴۶۰۱ TH۶
۱۰۰ میندی دیویی	: ۶۹۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۲۴۵۸۳

طراحی تأسیسات / اخذ ن (*) دیباچه و تهیه‌ی گزارش، فاز یک

تألیف: محمدرضا سلطاندوست

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۷ / قطع: وزیری / تعداد صفحات ۱۸۲ - حه /
آماده‌سازی قبل از چاپ: نشریه تهویه و ریب /
مدیر تولید: قاسم حسینی / طرح روی جلد: سهیل سلط و سست /
چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۵۰۰ نسخه / بهای: ۳۷۰۰۰ توم .

SBN: 978-600-165-611-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۱۱-۸

نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه‌ی ستاری،
شماره‌ی ۲۲، ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) تلفن: ۵۰-۲۲۸۸۵۶۴۷ (۰۲۱)

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین
قانون ترجمه و تکتیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای مؤلف
محفوظ است. نشر و پخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از مؤلف، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

www.yazdamarket.com

خرید آنلاین:

<https://www.instagram.com/yazdarmarket/>

اینستاگرام:

فهرست

۷	یادداشت
۹	دیباچه
۱۴	مفاهیم و تعاریف
۶۷	سایکرومتریک
۸۵	گفتار اول: تهیه‌ی گزارش و طراحی مرحله‌ی اول
۹۳	گزارش مرحله‌ی اول تأسیسات مکانیکی
۱۲۰	روش تخمین بار گرمایی
۱۲۰	روش تخمین بار سرمایی
۱۳۵	گفتار دوم: فصل‌بندی گزارش مرحله‌ی اول
۱۴۳	پیوست: تبدیل واحدهای اندازه‌گیری
۱۷۹	منابع و مراجع

یادداشت

این کتاب بخشی از سلسله کتاب‌های «طراحی تأسیسات ساختمان» است که پیش از این و در سال ۱۳۹۳ در یک مجموعه دوجلدی منتشر شده بود. انعام چاپ نخست آن مجموعه دوجلدی از یک سو و ضرورت چاپ مجدد از سوی دیگر موجب شد تا ویرایش جدیدی تهیه و ارائه شود. اما از آنجا که در شرایط موجود کتاب با دو جلد کتاب حجیم نسبتاً زیاد خواهد شد، چاره در آن دیدم که کتاب پیشین را در جلد‌های متعدد ویرایش و آماده چاپ مجدد کنم تا از این رهگذر عارفه‌مندان متناسب با موضوع دلخواه قابلیت انتخاب بیشتری داشته باشند. امیدوارم همه و یا تعدادی از کتاب‌های این مجموعه مانند قبل مورد استقبال و استفاده قرار گیرد.

محمد رضا سلطانی دوست

شهریور ۱۳۹۷

دیباچه

دامی اوقات طراحی تا حد ترسیم نقشه و انجام محاسبات
تخلیه شده می‌شود و از این رو، برخی افراد مجموعه‌ای از
عملیات ترسیمی و محاسباتی را بدون روح دمیده شده در
آنها طراحی قلمداد می‌کنند. اگرچه انجام محاسبات و ترسیم
نقشه‌ها هر یک از اجزای حیاتی و مهارت ویژه‌ای است و فراگرفتن
آنها تلاش و ممارست فراوانی می‌طلبد؛ اما هر دوی آنها تنها
ابزارهایی هستند برای به نمایش درآوردن و عینیت بخشیدن
به نتیجه‌ای مشخص که خرد حاصل نوعی تفکر مبتنی بر
فرایندی تحلیلی است. فرایندی که در آن نوعی خلاقیت در
هم‌آمیزی متناسب موارد متعدد اثرگذار امکان بروز می‌یابد. به
زبان ساده هر طراحی در مواجهه با یک پروژه با انبوهی از عوامل
مانند شرایط اقلیمی، بافت اجتماعی، دوام و پایداری، صرفه‌ی
اقتصادی، سهولت تعمیر و نگهداری، چگونگی امکان توسعه،
کاهش مصرف انرژی، امکان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر،
مقررات ساخت و ساز، رعایت استانداردها، انطباق تأسیسات
مکانیکی با طرح معماری، روزآمدی تجهیزات و سیستم‌های
منتخب روبرو می‌شود که می‌باید بین آنها توازنی به وجود آورد تا

جایگاه هر یک به درستی حفظ شود. برای حفظ هر یک در جایگاه شایسته خود باید ارزش هر کدام از عوامل نزد طراح مشخص باشد.

تمامی عوامل دخیل در یک پروژه دارای ارزشی ذاتی و منتزع از شرایط هستند و در عین حال در تعامل با سایر عوامل ابعاد اثرگذاری آنها متفاوت می‌شود. بنابراین طراح موظف است عیار هر عامل را در ارتباط با سایر عوامل سنجیده و نقطه بهینه‌ای را تعیین کند.

تعیین راهکارها خود را در انتخاب تجهیزات و چیدمان منطقی آنها در قالب سیستم‌ها نمایان می‌کند. ارزیابی و تحلیل عوامل مختلف و استنتاج منطقی که منجر به یافتن کارآمدترین شیوه در میان گزینه‌های متفاوت می‌شود، آن چیزی است که خود را در قالب گزارش‌های توجیهی، دفترچه‌های محاسباتی و مجموعه نقشه‌های اجرایی به عنوان کار طراحی عرضه می‌کند.

فرایند طراحی با ایده‌پردازی شروع می‌شود و با متناسب‌سازی ایده نسبت به شرایط واقعی ادامه می‌یابد و پس از انطباق آن با معیارها، در خطوط نقشه‌ها قابل انتقال و درک می‌شود.

تسلط بر محاسبات، پیرویه‌دستی در ترسیم نقشه‌ها اعم از دو بعدی یا سه بعدی تنها زمانی ارزش واقعی خود را به رخ می‌کشد که در بین تفکری عمیق و جامع باشند.

اندیشیدن به تمامی ابعاد یک پروژه و یافتن راهکارهای مناسب نه تنها متکی به دانش و شناخت کافی از تجهیزات و سیستم‌هاست، بلکه نیازمند تجربه نیز هست. آن بخش از تجربه را که مدون و تبدیل به دانسته و دانش شده‌اند از طریق نوشته‌ها و متن منتقل کرد؛ اما بخش ارزشمندی از آن تنها و تنها با تمرین و انجام مستمر کار طراحی به دست خواهد آمد. بنابراین اگرچه مطالب این مجموعه کتاب‌ها حول محور چگونگی طراحی متمرکز شده است، اما هیچ ادعایی مبنی بر انتقال آن بخش از تجربیات که فقط با مواجهه مستقیم با پروژه‌های به دست می‌آید، بیان نیست. با این وجود سعی شده است با حل مثال‌های مختلف تا حدودی بخشی از این جنبه‌های تجربیات منتقل شود.

اگرچه همین دو سطر پیش درباره‌ی کاستی این مجموعه در زمینه‌ی انتقال تجربه نوشتیم؛ اما مایلیم تجربه‌ای را به صورت توصیه‌ی خاطرنشان کنم و آن این است که جدای از مطالعات و آموختن رموز طراحی تنها به موارد نظری بسنده نکنند؛ بلکه پیش از آزمودن بخش‌های عرصه‌ی طراحی، حداقل دو سال به امور اجرایی مهندسی در کارگاه‌ها بپردازند. اصولاً کسانی که پیش از نظریه‌پردازی و طراحی، از نزدیک با معضلات و مشکلات اجرایی دست و پنجه نرم کرده‌اند و به موازات آن دانش کافی اندوخته‌اند، طراحان خوش‌فکتری می‌شوند و برعکس، جوانانی که از همان ابتدا، فعالیت‌های خود را با طراحی شروع می‌کنند و در عین حال در تماس با فعالیت‌های اجرایی قرار نمی‌گیرند، دچار نوعی جمود و جزم‌گرایی فکری می‌شوند که نتیجه‌ی آن ایجاد فاصله‌ای زیاد بین طرح و نظر آنها با امکانات و محدودیت‌ها در عمل است و آنان به مرور زمان در تخیلات برگرفته از متون خشک غوطه‌ور و اسیر می‌شوند؛ به نحوی که قابلیت انطباق آنچه را که از کتب راهنما و آئین‌نامه‌های

مختلف آموخته‌اند با شرایط واقعی از دست می‌دهند و پویایی لازم را برای دستیابی به رهیافت‌های جدید برای موقعیت‌های خاص نخواهند داشت.

بی‌تردید پیش‌نیاز آموختن اصول طراحی و سپس انجام آن، فارغ از آشنایی با امور اجرایی و شناخت تجهیزات و سیستم‌های مکانیکی ساختمان، تسلط بر پارهای مباحث نظری است. زیرا بدون داشتن درک درست و روشنی از این اصول، امکان فراگیری طراحی سلب خواهد شد. از این رو موضوعات مربوط به انجام محاسبات و طراحی در سه مرحله فاز صفر، یک و دو در این مجموعه مورد بررسی قرار گرفته است و مطالب مدرسی و نظری شامل تعاریف و سایکرومتریک در همین جلد جای گرفته‌اند.

در هیچ یک از کتاب‌های این مجموعه به هیچ یک از تجهیزات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع به صورت مفاهیمی مبتنی بر مباحث تعاریف، ساختار و مزایا و معایب آنها نباشد پرداخته نشده است. بلکه به تمامی تجهیزات و سیستم‌های مکانیکی در لابلای مباحث مربوط به محاسبات و طراحی اشاره شده است. اصولاً فرض بر این بوده که مخاطب آشنایی نسبی با تجهیزات در حد تعاریف و شناخت معایب و مزایای آنها دارد. به همین دلیل در این مجموعه، بیشتر چگونگی انتخاب تجهیزات مورد نظر مدد است. البته علاقه‌مندان برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه‌ی شناخت دستگاه‌ها می‌توانند به کتاب‌های طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌ها (ویرایش سوم)^۱ و طراحی موتورخانه (ویرایش سوم)^۲ مراجعه کنند.

از سوی دیگر اشاره به این نکته نیز ضروری است که پرداختن به نقشه‌های اجرایی و جزئیات تجهیزات و سیستم‌ها از نقطه نظر یادآوری اصول ترسیم متناسب با عنوان این مجموعه بود و شاید بیش از آنچه به کار گرفته شده باید به آن توجه می‌شد. اما به دلیل چاپ و نشر کتاب جزئیات تأسیسات ساختمان^۳ پیش از انتشار این مجموعه و اجتناب از تکرار و با فرض این که علاقه‌مندان برای تکمیل اطلاعات خود می‌توانند به آن کتاب مراجعه کنند، سخن چنانچه در نقشه‌های اجرایی و جزئیات تجهیزات در این کتاب به میان نیامده است. در واقع می‌توان کتاب جزئیات تأسیسات ساختمان را نیز بخشی از این مجموعه قلمداد کرد.

شاید این پرسش در ذهن مخاطب به وجود آید که چگونه درج مبانی و تعاریف به شرح تجهیزات برتری داده شده است؛ زیرا فرض بر این است که آشنایان با تجهیزات به طور قطع بر مبانی نظری وقوف دارند. در پاسخ به این پرسش می‌توان گفت اگرچه باید چنین باشد؛ اما در عمل این گونه نیست. بسیاری افراد دیگ، رادیاتور، فن کوئل و سایر تجهیزاتی از این قبیل را می‌شناسند و تا حدودی با عملکرد آنها هم آشنا هستند؛ اما درک روشنی از مبانی انتقال گرما، سایکرومتریک و یا

۱- طبقه‌بندی تجهیزات و سیستم‌ها (ویرایش سوم)، محمدرضا سلطاندوست، انتشارات یزدا

۲- طراحی موتورخانه (ویرایش سوم)، محمدرضا سلطاندوست، انتشارات یزدا

۳- جزئیات تأسیسات ساختمان، محمدرضا سلطاندوست، انتشارات یزدا

عوامل تأثیرگذار بر شرایط آسایش ندارند و به درستی نمی‌توانند ارتباط شفاف‌ی بین آنچه در عمل می‌بینند با اصول نظری برقرار کنند.

دلیل دیگری که باعث شد اصول نظری، تمامی جلد اول این مجموعه را به خود اختصاص دهد، ارتباط واضح و آشکار این مبانی با چگونگی محاسبات و طراحی است. به هر حال باید پذیرفت که نسبت محاسبات و طراحی به اجرا، قابل مقایسه با نسبت تئوری است به عمل. بنابراین آنچه جنبه‌ی نظری دارد، بستری مناسب برای محاسبات و طراحی محسوب می‌شود و یا حداقل مکمل آن است. از طرف دیگر تکرار این توضیح ضرورت دارد که اگرچه در این مجموعه به شرح و توضیح مقدماتی تجهیزات پرداخته نشده است؛ اما چگونگی محاسبه و انتخاب همه‌ی این تجهیزات مورد بررسی قرار گرفته و به طو غیرمستقیم به اجزاء، مزایا و معایب آنها پرداخته شده است.

نکته‌ی دیگری که مایل‌م در اینجا به آن بپردازم یک توصیه‌ی دیگر است. خوب است طراحان تأسیسات مکانیکی ساختمان با مطالعه و کسب تجربه، ارتباط عمیق‌تری با معماری برقرار کنند و از سوی دیگر شناخت به‌ر از روند طراحی برق بیابند. در هر حال تأسیسات مکانیکی جزئی از کلیت ساختمان است و نباید ساختار و عملکرد آن خارج از اهداف کلی که برای یک بنا در نظر گرفته شده است باشد. باید و باید در ایده‌های معمار، در برپا ساختن عمارتی، محور اصلی است و تأسیسات مکانیکی به عنوان جز مکمل باید در خدمت اهداف کلان پروژه باشد. واضح است که معماران نیز باید در فراهم‌سازی بسترهای مناسب برای طرح و اجرای تأسیسات مکانیکی که در راستای همان ایده‌هاست از خود انعطاف لازم را نشان دهند. اگرچه تأسیسات مکانیکی بنابه رسالت تأمین آسایش ساکنین، بیش از آن که گشاینده دست معمار باشد، موجب محدودیت در شکل‌گیری ایده‌ها می‌شود.

طراحان تأسیسات مکانیکی ساختمان برای تعامل هرچه بیشتر، بخش معماری فارغ از اشراف کامل بر اهداف پروژه‌ای مشخص باید مطالعاتی در زمینه‌ی تاریخچه‌ی معماری، سبک‌های معماری، معماری اقلیمی، معماری پایدار، شیوه‌های غیرفعال و شناخت مواد مصالح داشته باشند. عدم وجود یک زبان معیار یا مشترک نباید بهانه‌ی نرسیدن به تفاهم باشد؛ بلکه درین می‌توانند زبان‌های یکدیگر را بیاموزند و در این صورت است که می‌توان به خلق زبان مشترکی امیدوار بود. اجازه دهید با مثالی این تعارض و تناقض پنهان را روشن کنم. فرض کنید یک معمار تمام دانش و هنر خود را به کار می‌گیرد تا ساختمانی مبتنی بر شرایط اقلیمی با ویژگی صرفه‌جویی در مصرف انرژی طراحی کند و از قضا در این شرایط مفروض موفق به پیاده‌سازی ایده‌های خود نیز می‌شود. آنگاه طراح بخش تأسیسات مکانیکی بدون لحاظ کردن ایده‌های به غایت خردمندانه معمار در انتخاب مصالح، فرم و تمامی شیوه‌های غیرفعال، محاسبات و طراحی خود را بر همان سبک و سیاق رایج انجام می‌دهد؛ و اگر بخواهد وقتی به ایده‌های معمار بگذارد، حداکثر تمامی تلاش‌های معمار را می‌گذارد به حساب

ضریب اطمینان ظرفیت سیستم طراحی شده خود و یا با انتخاب‌های ناصواب، سطح مصرف انرژی را در ساختمان افزایش می‌دهد و یا از عمر آن می‌کاهد.

علی‌رغم آنچه آمد و با وجود این‌که در هر حال مسئولیت کامل روند طراحی یک پروژه به عهده معمار است، طراحان بخش تأسیسات مکانیکی نباید با طرح معماری باری به هر جهت برخورد کنند. این‌که طراح بخش معماری بسترهای مناسب را برای یک طراحی خوب و بهینه‌ی تأسیسات مکانیکی مهیا نکرده است، دلیل نمی‌شود که طراح تأسیسات از هر امکانی صرفاً برای خاتمه دادن به روند طراحی استفاده کند و در نهایت نقصان طرح را به حساب کاستی‌های بخش معماری گذارد؛ بلکه او باید با اساس مسئولیت فراوان نسبت به آنچه صلاح پروژه است، اصرار بورزد و با پافشاری بر لزوم مهیا ساختن زمینه‌ی مورد نیاز به منظور انجام یک طراحی بهینه و مقرون به صرفه با توجه به شرایط اقلیمی تاکد کند. زیرا در مواردی ممکن است معماران بنابه دلایل مختلف، از جمله عدم اطلاع کافی از آثار و تبعات به کارگیری تجهیزات متنوع و سیستم‌های گوناگون تأسیسات مکانیکی، تصمیم‌هایی بگیرند که از کان یک طراحی خوب تأسیساتی را سلب کند. در این موارد، طراح تأسیسات مکانیکی موظف است که با تشریح تأثیرات ناخوشایند تصمیم‌های بخش معماری بر نحوه‌ی انتخاب تجهیزات و اجرای سیستم‌های مکانیکی در جهت اصلاح کل طرح عمل کند. اگرچه همواره اصل بر این است که معماران با درایت و درشکاری و همچنین اطلاع کافی از ساختار و عملکرد سیستم‌های مکانیکی، شرایط لازم و مناسب را برای اجرای طرح تأسیسات به وجود آورند؛ اما متأسفانه در برخی موارد این اصل آن‌طور که انتظار می‌رود جامه‌ی عمل به خود نمی‌پوشد. درست همین جاست که باید حس مسئولیت طراح تأسیسات مکانیکی بروز کند و با توصیه‌هایی راهگشا، شرایط را برای ارائه‌ی طرحی بسامان و بهینه مهیا کند؛ درست همین جاست که دانسته‌های او از معماری به کارش خواهد آمد و وی را از توصیه‌ها و تصمیمات یک سویه و افراطی که ممکن است احیاناً فقط تأمین‌کننده شرایط دلخواه گروه تأسیسات مکانیک باشد برحذر دارد.

ساختمان به عنوان پدیده‌ای مرکب، عرصه‌ی سهم‌خواهی این گروه یا از آن به معنای عراچی نیست؛ بلکه حاصل تفکر و تلاشی جمعی است که همه دست‌اندرکاران آن با هر تخصصی باید دارای اهداف مشترکی مانند، استحکام، دوام، زیبایی، ایمنی، امنیت، آسایش، بدون تأثیرات مخرب زیست محیطی باشند. آن‌گاه با چنین نگاهی، برای طراح تأسیسات مکانیکی بسیار مهم خواهد بود که به عنوان مثال بداند، جنس نمایی که معمار برای ساختمان در نظر گرفته چیست؟ و این اهمیت نه برای این‌که او قادر به محاسبه‌ی ضریب انتقال حرارت و سپس تعیین بار گرمایی و سرمایی فضا باشد؛ بلکه برای این است که معمار ندانسته با پوسته‌ای بی‌کیفیت موجب افزایش بار نگردد که به تبع آن طراح تأسیسات مکانیکی مجبور به انتخاب تجهیزاتی پر ظرفیت‌تر و سیستم‌هایی گران‌تر شود.

از سوی دیگر طراحان تأسیسات مکانیکی به همان اندازه که باید از معماری بدانند، باید

محدودیت‌های طراحان برق را نیز بشناسند و تأمین انرژی لازم برای راهبری تجهیزات مکانیکی ساختمان را در نظر بگیرند. اصولاً تأسیسات مکانیکی و برقی نه تنها به دلیل تأمین توان لازم، بلکه برای چگونگی راهبری و کنترل تجهیزات به طور قابل ملاحظه‌ای در هم تنیده هستند و به همان اندازه که معماری بستری برای تأسیسات مکانیکی است، تأسیسات مکانیکی نیز تا حدود زیادی شرایط را برای چگونگی تأسیسات برقی تعیین می‌کند. قسمت عمده‌ای از طراحی تأسیسات برقی وابسته به نوع تجهیزات مکانیکی، پراکندگی و چیدمان آنها در سطح ساختمان است. بنابراین چگونگی تأسیسات مکانیکی به گونه قابل ملاحظه‌ای بر کمیت تأسیسات برقی تأثیرگذار است. به همین دلیل طراحان تأسیسات مکانیکی به عنوان حلقه‌ی واسطه بین دو بخش معماری و برق باید با توجه به قابلیت‌ها و همین‌طور محدودیت‌های دو بخش دیگر کار خود را به پیش برند.

با وجود اهداف مشترک که باید رنگ و بوی آن در کار تمام گروه‌های طراحی حفظ شود، وحدتی در پدیده‌ای به نام ساختمان متجلی خواهد شد. در این صورت حد دخالت گروه‌ها در طرح و نقشه‌ی یکدیگر و نیز محور بحثات آنها بر پایه‌ی نیل به اهداف مشخص تعریف می‌شود.

مفاهیم و تعاریف

شاید بسیاری در مواجهه با این عنوان ناخودآگاه چنین فرض کنند که تسلط کافی بر مفاهیم و تعاریف اولیه دارند و نیازی نیست که وقت خود را به مرور مطالعه این بخش کنند. اگر چنین تسلطی واقعی باشد؛ بهتر است از مطالعه‌ی این فصل بگذرند. اگر نه شایسته است که بارها این بخش مورد مطالعه قرار گیرد. زیرا بدون درک روشن و عمیق از مفاهیم پایه‌ای که ساده و شاید مکرر و ملال‌آور به نظر آیند؛ نمی‌توان سایر محاسبات گرمایش، سرمایش و ترمیم مطبوع را به آسانی فرا گرفت و به کار بست. برای عیان کردن اهمیت مطالعه این قسمت ضرورت است به پرسش‌های زیر توجه شود:

- چه مقدار گرما لازم است تا دمای 15.75 پوند آب، 22.5 درجه فارنهایت افزایش یابد؟
- هوایی با جرم 120 پوند با تغییر دما از 55 به 49 درجه فارنهایت سرد و رطوبت آن تقطیر می‌شود. جرم رطوبت تقطیر شده در این فرایند چه مقدار است؟
- اگر 2100 فوت مکعب هوا با دمای 45 درجه فارنهایت گرم شده و دمای آن به 125 درجه فارنهایت برسد، حجم آن چه مقدار خواهد بود؟
- 10 فوت مکعب هوا در فشار جو با دمای 85 درجه فارنهایت متراکم شده و فشارش به 30psig می‌رسد. چنانچه دمای نهایی هوا 125 درجه فارنهایت باشد؛ حجم نهایی هوا چه مقدار است؟
- جریان هوایی با دمای نقطه شبنم 55 درجه فارنهایت رطوبت‌زنی می‌شود. اگر دمای نقطه شبنم به 64 درجه فارنهایت افزایش یابد، گرمای نهان افزوده شده در دمای ثانویه چه مقدار

خواهد بود؟

- هوایی با دمای خشک 78 درجه فارنهایت و دمای شبنم 60 درجه فارنهایت تا جایی سرد می‌شود که دمای خشک و دمای نقطه شبنم آن به ترتیب به 58 و 55 درجه فارنهایت می‌رسد. در این صورت گرمای اخذ شده از یک پوند هوا چه مقدار است؟
- تلفات گرمایی اتاقی 150000 Btu/h است و بنابه شرایط مربوط به تهویه ضروری است که دبی حجمی هوا 5000cfm باشد. چنانچه بخواهیم دمای اتاق را در حد 70 درجه فارنهایت نگه داریم، دمای اولیه هوای رفت یا همان هوای ورودی به اتاق باید چه مقدار باشد؟
- 80 پوند بخار آب در هر ساعت در اتاقی منتشر می‌شود. چنانچه قرار باشد دمای نقطه شبنم هوای اتاق در حد 61 درجه فارنهایت نگه داشته شود. چه مقدار هوا با دمای نقطه شبنم 54 درجه فارنهایت باید وارد اتاق شود؟

کسانی که پاسخ‌ها را می‌دانند؛ نیازی به مطالعه این بخش ندارند. در غیر این صورت ضروری است که این بخش به دقت مورد مطالعه قرار گیرد. پاسخ به همین پرسش‌های به ظاهر ساده، کلید اصلی بسیاری از مسائل؛ از تعیین ظرفیت گرمایشی آب استخر گرفته تا تعیین ظرفیت کوئل یک هواساز است. همین مفاهیم بنیادین، استخوان‌بندی اصلی بسیاری از روابط محاسباتی را که به طور معمول طراحان تأسیسات مکانیکی با آن در رهای را به انجام می‌رسانند؛ تشکیل می‌دهند. نه تنها این قسمت، بلکه تمامی فصول این مجموعه دارای همین نقش و اهمیت هستند.

گرما

گرما به عنوان شکلی از انرژی، ناشی از حرکت اتم‌ها و مولکول‌های مواد است و همواره جهت جریان آن از سمت جسمی با دمای بیشتر به سوی جسمی با دمای کمتر است. کمیت یا مقدار گرما (Q)¹ براساس آحاد انگلیسی با Btu² و براساس آحاد بین‌المللی بر حسب ژول³ اندازه‌گیری می‌شود.

یک Btu مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک پوند (0.45kg) آب از دمای 59.5°F (15.3°C) به 60.5°F (15.8°C) در فشار ثابت جو استاندارد است. برای درک بهتر Btu می‌توان آن را با گرمای شعله یک چوب کبریت مقایسه کرد. یک Btu معادل 1055 ژول یا برابر با 0.293 وات-ساعت است:

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J (ژول)}$$

$$1 \text{ Btu} = 0.293 \text{ W-h (وات-ساعت)}$$

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ c (کالری)}$$

1- Quantity of heat (Q)

2- British thermal unit

3- Joules

$$1 \text{ J} = 0.00095 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ J} = 0.239 \text{ c (کالری)}$$

$$1 \text{ W-h (وات - ساعت)} = 3.413 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ kcal (کیلوکالری)} = 1000 \text{ c (کالری)}$$

برای مقادیر زیاد از اصطلاحات کیلوپی‌تی‌یو یا هزار پی‌تی‌یو یا میلیون پی‌تی‌یو نیز استفاده می‌شود. هزار پی‌تی‌یو با نماد MBtu و یک میلیون پی‌تی‌یو با نماد MMBtu نمایش داده می‌شود. (M در سیستم عددی رومی برابر با 1000 است.)

$$1000 \text{ Btu} = 1 \text{ MBtu} = 1 \text{ kBtu}$$

$$1,000,000 \text{ Btu} = \text{MMBtu} = 1000 \text{ kBtu}$$

$$1 \text{ therm (ترم برای گاز طبیعی)} = 100,000 \text{ Btu}$$

$$1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ (کیلوژول)}$$

ارزش گرمایی بر حسب سوخت برای رایج که منبع اصلی تأمین انرژی محسوب می‌شوند؛ عبارتند از:
ذغال سنگ (قیری) به ازای هر تن: 18,100,000 Btu

سوخت نفتی سبک نمره 2 به ازای هر گالن: 140,000 Btu

گاز طبیعی به ازای هر 100 فوت مکعب: 100,000 Btu

پروپان (گاز مایع) به ازای هر گالن: 91,000 Btu

چوب کاج یا صنوبر به ازای هر 128^۱ فوت مکعب: 21,000,000 Btu

چوب بلوط به ازای هر 128 فوت مکعب: 30,700,000 Btu

در زیر، مصرف انرژی گرمایی در چند مورد مختلف ذکر شده تا شما بتوانید مقایسه، تصور بهتری از Btu به دست آید:²

(الف) مصرف سالیانه‌ی انرژی گرمایی یک خانه‌ی معمولی در اقلای معتدل: 100,000,000 Btu

(ب) انرژی گرمایی آپولو هفده برای رفتن به ماه: 600,000,000 Btu

(ج) انرژی بمب اتمی که در هیروشیما زاپین منفجر شد: 80,000,000,000 Btu

(د) مصرف انرژی سالیانه در 30 کشور آفریقایی در سال 2010 میلادی:

$$1000,000,000,000,000 \text{ Btu}$$

(ه) مصرف سالیانه‌ی انرژی در ایالات متحده آمریکا در سال 2010 میلادی:

$$100,000,000,000,000,000 \text{ Btu}$$

(و) مصرف سالیانه‌ی انرژی در جهان در سال 2010 میلادی: 470,000,000,000,000,000 Btu

۱- قطعه‌ای به ابعاد 8 فوت در 8 فوت در 4 فوت

2- MECHANICAL AND ELECTRICAL SYSTEMS in Architecture, Engineering, and Construction. JOSEPH B. WUJEK, FRANK R. DAGOSTINO.

دما نشانگر میانگین انرژی جنبشی ناشی از حرکت اتم‌ها و مولکول‌های مواد است که معیاری برای سنجش شدت گرمی محسوب می‌شود. مقیاس‌های قراردادی اندازه‌گیری دما اعم از فارنهایت و سلسیوس براساس دمای انجماد و جوش آب درجه‌بندی شده‌اند با این اختلاف که تقسیم‌بندی مقیاس فارنهایت 180 قسمتی از 32 تا 212 و درجه‌بندی سلسیوس 100 قسمتی از 0 تا 100 است. بنابراین برای تبدیل درجه فارنهایت به سلسیوس می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \div 1.8$$

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

مثال: 20 درجه سلسیوس برابر است با 68 درجه فارنهایت. زیرا:

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times 20^{\circ}\text{C}) + 32 = 68$$

در بسیاری از معادلات مهندسی از دمای مطلق یا مقیاس دمای ترمودینامیکی استفاده می‌شود که در آن مبنای درجه‌بندی، صفر مطلق مبنی بر عدم وجود حرکت مولکولی یا صفر بودن انرژی جنبشی ماده است. دمای $(-273.15^{\circ}\text{C})$ یا $(-459.67^{\circ}\text{F})$ به ترتیب، صفر مطلق مقیاس کلوین و رانکین است. بنابراین دمای انجماد آب در مقیاس کلوین 273.15 و در رانکین تقریباً 460 است.

$$\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$