

مرجع کاربردی طراحی و اجرای سیستم‌های هوارسان ایرواشر و فن کویل

HANDBOOK HVAC V



مؤلفان:

دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی
(هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران)
مهندس احمد رضا ملاکاظمی
مهندس هاشم جاویدان فر
مهندس نادر موحدیان عطار



ابراهیمی ناغانی، پیمان ۱۳۵۴ -
مرجع کاربردی طراحی و اجرای سیستم‌های هوارسان ایرواشر و فن کویل / مولفان پیمان ابراهیمی
ناغانی، احمدرضا ملاکاظمی، هاشم جاویدان‌فر، نادر موحدیان عطار
تهران : نوآور.
۴۱۶ص.
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۷۱۳-۶
فیپای مختصر
ملاکاظمی، احمدرضا، ۱۳۷۷ -
جاویدان‌فر، هاشم، ۱۳۷۶ -
موحدیان عطار، نادر، ۱۳۶۸ -
۹۸۲۵۱۲۳

سرشناسه:
عنوان و نام پدیدآور:
مشخصات نشر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
وضعیت فهرست نویسی:
شناسه افزوده:
شناسه افزوده:
شناسه افزوده:
شماره کتابشناسی ملی:

مرجع کاربردی طراحی و اجرای سیستم‌های هوارسان ایرواشر و فن کویل

مؤلفان: دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی، مهندس احمدرضا ملاکاظمی



نشر نوآور

مهندس هاشم جاویدان‌فر، مهندس نادر موحدیان عطار

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۷۱۳-۶

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخر رازی، خیابان شهدای ژاندارمری
نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول، واحد ۳
تلفن: ۹۲ - ۰۲۱۶۶۴۸۴۱۹۱
www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به
نشر نوآور می‌باشد. لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب
(از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی،
هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی
یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً
حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

@Noavarpub



صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

فهرست مطالب

۷	..... مقدمه
۹	..... فصل اول: هوارسان چیست؟
۹	..... ۱-۱ مقدمه
۱۲	..... ۱-۲ انواع هوارسان
۱۳	..... ۱-۲-۱- هوارسان پکیجی، مرکزی و سفارشی
۱۶	..... ۱-۲-۲ انواع هوارسان از نظر دمش فن
۱۶	..... ۱-۲-۳ انواع هوارسان از نظر جانمایی
۱۹	..... ۱-۲-۴ انواع هوارسان از نظر ساختمان
۲۲	..... فصل دوم: تحلیل فرآیند انتقال حرارت در هوارسان بر اساس سایکرومتریک
۲۲	..... نمودار سایکرومتریک
۲۲	..... ۱-۲ هوا
۲۳	..... ۳-۲ مشخصات هوا
۲۳	..... ۲-۳-۱ درجه حرارت خشک هوا (Dry Bulb Temperature) (Tdb)
۲۳	..... ۲-۳-۲ درجه حرارت هوای مرطوب (T _{wb})
۲۴	..... ۲-۳-۳ دمای نقطه شبنم هوا (T _{dp})
۲۴	..... ۲-۳-۴ نسبت رطوبت * رطوبت مخصوص * رطوبت مطلق
۲۵	..... ۲-۳-۵ رطوبت نسبی
۲۵	..... ۲-۳-۶ آنتالپی هوا
۲۷	..... ۲-۳-۷ حجم مخصوص هوا
۲۷	..... ۲-۴ انواع حرارت
۲۷	..... ۲-۴-۱ حرارت محسوس
۲۷	..... ۲-۴-۲ حرارت نهان
۲۷	..... ۲-۴-۳ حرارت کلی
۲۷	..... ۲-۴-۴ ضریب حرارت محسوس
۲۷	..... ۲-۵ دیاگرام سایکرومتریک
۲۸	..... ۲-۵-۱ محور دمای خشک و خطوط دمای خشک ثابت
۲۸	..... ۲-۵-۲ محور نسبت رطوبت هوا
۲۸	..... ۲-۵-۳ خط اشباع یا منحنی اشباع
۲۸	..... ۲-۵-۴ خطوط رطوبت نسبی (RH)
۲۹	..... ۲-۵-۵ خطوط حجم مخصوص (ϑ)
۲۹	..... ۲-۵-۶ خطوط درجه حرارت مرطوب (WBT)
۲۹	..... ۲-۵-۷ خطوط آنتالپی ثابت و محور آنتالپی (h)
۳۰	..... ۲-۶ فرایندهای پایه در تهویه مطبوع
۳۱	..... ۲-۶-۵ سرد کردن و رطوبت‌گیری از هوا
۳۲	..... ۲-۶-۶ فرآیند رطوبت‌زنی و گرمایش
۳۳	..... ۲-۶-۷ رطوبت‌گیری و گرمایش
۳۳	..... ۲-۷ سایر فرایندهای سایکرومتریک
۳۳	..... ۲-۷-۱ اختلاط ادیاباتیک دو جریان هوای مرطوب
۳۳	..... ۲-۷-۲ اختلاط ادیاباتیک آب تزریق شده به هوای مرطوب
۳۴	..... ۲-۷-۳ جذب حرارت و افزایش رطوبت فضا
۶۸	..... فصل سوم: اجزای تشکیل‌دهنده‌ی هوارسان
۶۸	..... ۳-۱ کویل

۷۱	۳-۱-۱ فرایندهای کویل
۷۷	۳-۱-۲ انواع کویل گرمایشی و سرمایشی
۸۳	۳-۱-۳ اجزای تشکیل دهنده کویل
۸۹	۳-۱-۴ خوردگی کویل
۹۳	۳-۱-۵ طراحی کویل
۱۱۰	۳-۲ سینی درین
۱۱۲	۳-۳ فن هوارسان
۱۱۳	۳-۳-۱ فن هوای رفت
۱۱۵	۳-۳-۳ فن هوای تخلیه (اگزاست)
۱۲۴	۳-۴ فیلتر
۱۲۵	۳-۴-۱ انواع فیلترها و درجه‌بندی آنها
۱۲۹	۳-۵ دریچه‌های بازدید و پلنیوم هوارسان
۱۲۹	۳-۵-۱ دمپر
۱۳۵	۳-۵-۲ انواع دمپر از نظر کاربری
۱۳۸	۳-۶ محفظه اختلاط (Mixing Box)
۱۳۸	۳-۷ محفظه تخلیه و اکونومایزر
۱۳۹	۳-۸ رطوبت‌زن‌ها
۱۳۹	۳-۸-۱ رطوبت‌زن اسپری
۱۳۹	۳-۸-۲ رطوبت‌زن اسپری اتمی
۱۳۹	۳-۸-۳ رطوبت‌زن بخار
۱۴۰	۳-۹ لامپ‌های ماوراء بنفش Germicidal
۱۴۱	۳-۹ باز یافت انرژی
۱۴۳	۳-۱۰ پروفیل‌های آلومینیومی هوارسان
۱۶۱	۳-۱۱ تجهیزات کنترلی هوارسان
۱۶۲	۳-۱۱-۱ استراتژی سیستم کنترل هوارسان
۱۶۷	۳-۱۱-۳ شیرآلات کنترلی
۱۶۹	فصل چهارم: سیستم‌های تهویه مطبوع تمام هوا CAV & VAV
۱۶۹	۴-۱ سیستم‌های تمام هوا
۱۷۱	۴-۱-۱ سیستم تک کاناله (Single Duct)
۱۷۱	۴-۱-۲ سیستم دو کاناله (Dual Duct)
۱۷۲	۴-۲ مزایای سیستم تمام هوا
۱۷۲	۴-۲-۱ سرمایه‌ش رایگان در هوارسان (جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی)
۱۷۲	۴-۳ معایب سیستم تمام هوا
۱۷۲	۴-۴ طراحی سیستم‌های توزیع (Distribution System)
۱۷۵	۴-۵ سیستم‌های یک کانالی (single-duct systems)
۱۷۵	۴-۵-۱ سیستم‌های حجم ثابت (constant volume)
۱۸۵	فصل پنجم: انواع هوارسان از نظر کاربری
۱۸۵	۵-۱ آلودگی هوا چیست؟
۱۸۶	۵-۲ تهویه مطبوع در بیمارستان
۱۸۶	۵-۲-۱ شرایط طرح خارج
۱۸۷	۵-۲-۲ شرایط طرح داخل
۱۸۸	۵-۲-۳ سایر ملاحظات در تهویه مطبوع بیمارستانی
۱۸۹	۵-۳ هوارسان بیمارستانی (Hygienic)
۱۹۱	۴-۵ ساختار هوارسان هایژنیک
۱۹۴	۵-۵ باز یافت انرژی

۱۹۴.....	۶-۵ هوارسان پکیج یونیت / روف تاپ پکیج (Packaged Unit – Rooftop Package)
۱۹۶.....	۷-۵ ایرواشر (Air Washer)
۲۰۷.....	۵-۸ سیستم‌های تهویه مطبوع تبخیری
۲۰۸.....	۱-۸-۵ روش‌های خنک‌سازی تبخیری
۲۱۲.....	۲-۸-۵ امکان‌پذیری خنک‌سازی تبخیری در ایران
۲۱۴.....	۳-۸-۵ تجهیزات تبخیری
۲۲۴.....	۹-۵ لوپ بازیافت انرژی
۲۲۵.....	۱-۹-۵ چرخ بازیافت انرژی
۲۲۶.....	۲-۹-۵ میدل حرارتی صفحه ثابت
۲۲۷.....	۳-۹-۵ هیت پایپ Heat Pipe
۲۲۷.....	۱۰-۵ بررسی یک مفهوم مهم در هوارسان
۲۳۴.....	فصل ششم: فن در صنعت تهویه مطبوع
۲۳۴.....	۶-۱ مقدمه
۲۳۵.....	۶-۲ انواع فن
۲۳۵.....	۶-۲-۱ فن‌های محوری (توکار)
۲۳۷.....	۶-۲-۲ فن‌های گریز از مرکز
۲۴۲.....	۶-۳ طراحی فن
۲۴۹.....	۶-۴ رتبه‌بندی عملکرد و کارایی استاتیک
۲۵۰.....	۶-۵ قوانین فن
۲۵۳.....	۶-۶ منحنی سیستم، پایداری فن، اثر سیستم
۲۶۰.....	۶-۸ مباحث وابسته به فن
۲۶۷.....	فصل هفتم: کانال
۲۶۷.....	۷-۱ کانال هوا
۲۶۹.....	۷-۲ کانال‌های مورد علاقه طراحان جهت استفاده در صنعت و ساختمان
۲۷۰.....	۷-۲-۱ کانال‌های دایره‌ای
۲۷۰.....	۷-۲-۲ کانال‌های غیر دایره‌ای
۲۷۱.....	۷-۲-۳ کانال‌های چهارگوش
۲۷۱.....	۷-۳ مقاومت در برابر جریان سیالات
۲۷۱.....	۷-۳-۱ تلفات اصطکاکی
۲۷۳.....	۷-۳-۲ تلفات دینامیکی
۲۷۳.....	۷-۴ کانال کشی
۳۰۲.....	فصل هشتم: فن کوئل
۳۰۲.....	۸-۱ مقدمه
۳۳۶.....	پیوست‌ها
۳۳۶.....	آموزش طراحی کوئل با نرم افزار USA Coil
۳۳۷.....	سایز کردن لوله ورودی / خروجی و header کوئل
۳۴۱.....	آموزش نرم‌افزار USA Coil
۳۵۱.....	GMP (Good Manufacturing Practice)
۴۱۶.....	منابع و مأخذ

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، افست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذنین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،

از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۱۹۱۴۸۴۶۶۴۰۲۱ و ۰۲۱۰۸۹۹۹۱۰۲۹۱۰۹۱ (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

یکی از چالش‌های اساسی پیش روی مهندسان در سال‌های اخیر فراهم نمودن هوای مطبوع، متناسب با شرایط آسایش انسان در کاربری‌های گوناگون است.

در راستای تحقق این امر با توجه به صنعتی‌تر شدن جوامع بشری و به دنبال آن آلودگی هوای شهرها و کلان‌شهرها و همچنین اهمیت روز افزون انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن در زندگی انسان از اهمیتی دوچندان برخوردار است.

بررسی دقیق و اصولی تهویه مطبوع بدون شناخت و علم کامل به نمودار سایکرومتریک میسر نمی‌باشد از این رو در فصل دوم این کتاب با هدف آموزش اصولی سایکرومتریک به تشریح تمامی پارامترها و فرایندهای موجود در سایکرومتریک پرداخته شده است، که از این نظر کامل-ترین منبع محسوب خواهد شد.

از آنجایی که دستگاه‌های هوارسان با توانایی تامین هوای مطبوع به عنوان بهترین راه حل برای حل این مسئله شناخته می‌شود، کتاب حاضر با تلاش گسترده نویسندگان آن، گردآوری و در دسترس مخاطبان قرار گرفته است که همچون منابعی چون هندبوک اشری، کریر، ترین و ... جزو منابع بی بدیل در صنعت تهویه مطبوع به شمار می‌آید.

کتاب حاضر مرجع کاملی برای محاسبه، طراحی و اجرای اصولی سیستم‌های پایه هوایی علی‌الخصوص هوارسان‌ها می‌باشد، به نحوی که در پنج فصل این کتاب به بررسی هوارسان‌ها و سایر تجهیزات وابسته آن پرداخته شده است.

همچنین در سایر فصول آن به بررسی، محاسبه و انتخاب دقیق تجهیزات چون ایرواشر و فن کویل پرداخته شده است، تا مخاطبان آن بتوانند با علم کامل به طراحی سیستم‌های پایه هوایی بپردازند.

علاوه بر این روش‌های مختلف کانال‌کشی، جزئیات و اصول اجرایی سیستم‌های پایه هوایی در این کتاب بصورت مفصل تشریح شده است.

در انتهای کتاب کاتالوگ‌های انتخاب فن کویل کریر و انتخاب ایرواشر تهویه دماوند نیز آمده است.

امید است مطالعه و استفاده از آن گام بلندی در مسیر رشد سطح کیفی شرایط آسایش مردم عزیز ایران زمین باشد.

موحدیان عطار

و سایر مولفان

با احترام

Noavar33@yahoo.com

@Noavarpub_com



صفحه رسمی انتشارات نوآور در اینستاگرام

فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خواننده فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید. لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

نیاز به استفاده از دستگاه‌هایی برای انتقال حجم مشخصی از هوا، افزایش یا کاهش دما، افزایش یا کاهش محتوای رطوبت هوا همواره جزو نیازهای مهندسی برای ساخت تجهیزاتی یکپارچه با کاربری‌های مختلف بوده است. دستگاه هوارسان یکی از پرمصرف‌ترین دستگاه‌های صنعت HVAC به شمار می‌رود که می‌تواند نیازهای متعددی را در این زمینه برآورده سازد و گستره وسیعی از کاربردها را پوشش دهد. به همین علت تنوع بسیاری در طراحی آن وجود دارد، اما بطور کلی می‌توان گفت، استفاده از دستگاه هوارسان برای فضاهایی که مساحت زیاد و یکپارچه‌ای داشته و یا به حجم قابل توجهی هوای تازه نیاز دارند، رایج است. با توجه به اینکه هوارسان‌ها غالباً به عنوان یک دستگاه مرکزی بکار گرفته می‌شوند، نمی‌توانند برای فضاهای تفکیک شده‌ای مثل واحدهای مسکونی و اداری یا مغازه‌های یک مرکز تجاری که نیاز به کنترل مستقلی دارند، انتخاب مناسبی باشند.

فقط دستگاه هوارسان است که می‌تواند علاوه بر تهویه و تأمین هوایی با دمای مناسب، هوایی تمیز با رطوبت مورد نیاز را برای هر فضا ایجاد کند.

استفاده از سیستم‌ها و ساختارهایی مشابه هوارسان به تهویه مطبوع در مصر باستان و قرن دوم در چین و همچنین ظهور بادگیرها در قرن پنجم در شهرهای کویری ایران بازمی‌گردد. اما به شکل مدرن، برای اولین بار در قرن هفدهم میلادی توسط کورنلیس دربیبل مخترع هلندی ساخت و استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع آغاز شد. در سال ۱۸۲۰ و با کشف توانایی آمونیاک به عنوان یک عامل سرمایش، تحول عظیمی در ایجاد بسترهای برودتی در سیستم‌های تهویه مطبوع صورت گرفت.

بیست و دو سال بعد، در سال ۱۸۴۲ جان گری در فلوریدا از ساختار کمپرسور برای تولید یخ استفاده کرد. با ایده خنک کردن هوا برای ساختمان‌ها به صورت متمرکز، او برای اولین بار سیستم تهویه مطبوع مرکزی را ارائه کرد. پس از درگذشت گری، به مدت ۵۰ سال تحول قابل توجهی در این عرصه صورت نگرفت.

نوع اولیه سیستم‌های تهویه مطبوع امروزی برای اولین بار توسط ویلیس کرییر مخترع آمریکایی ساخته شده است. در این نمونه اولیه علاوه بر کنترل دما، کرییر توانست ایده‌ای برای کنترل رطوبت هوا نیز ارائه دهد. بنابراین می‌توان گفت که اولین نمونه از دستگاه‌های تهویه مطبوع نوعی هوارسان بوده است، زیرا علاوه بر دما، رطوبت را نیز کنترل می‌کرده است. با افزایش تقاضا در این زمینه، شرکتی تحت عنوان *Carrier America* در ایالات متحده شروع به کار کرد، که آغازی بر تولید انبوه و استفاده گسترده از اولین انواع سیستم‌های تهویه مطبوع شد.

در سال ۱۹۰۶ استوارت کرامر در تحقیقات خود برای افزودن رطوبت به هوا در کارخانه نساجی، برای اولین بار اصطلاح تهویه مطبوع را به کار برد. در سال ۱۹۱۴ و با به کارگیری چنین ساختاری که توانایی کنترل دما و رطوبت هوا را دارد، اولین خانه شخصی با هوارسان در مینیاپولیس آمریکا تجهیز شد. این امر آغازی بر همگانی شدن استفاده از این نوع دستگاه‌ها و سیستم‌های تهویه مطبوع در محیط‌های مسکونی، صنعتی، اداری و... بود.

در سال ۱۹۴۵ با اختراع دستگاهی مانند هوارسان‌های امروزی که علاوه بر حرارت و برودت، می‌تواند کیفیت هوا را با فیلتراسیون افزایش دهد، رابرت شرمین توانست ساختار جدیدی از تهویه مطبوع در ساختمان را اجرایی کند. با پیشرفت تکنولوژی و استفاده بیشتر از تجهیزاتی از جمله هوارسان‌ها، این تجهیزات امروزه در گستره‌ی بسیار وسیعی از کاربری‌ها در صنعت بکار گرفته می‌شوند، که از جمله آنها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ✓ بیمارستان‌ها و مراکز درمانی
- ✓ اتاق‌های تمیز (*Clean Room*)

- ✓ تالارهای پذیرایی و رستوران‌ها
- ✓ دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی
- ✓ کارخانه و کارگاه‌های صنعتی
- ✓ فضای مشاع مراکز خرید (راهروها)
- ✓ فضای مشاع هتل‌ها و مراکز تفریحی
- ✓ سالن‌ها و باشگاه‌های ورزشی
- ✓ فروشگاه‌ها و مراکز خرید زنجیره‌ای
- ✓ سالن‌های سینما، سمینار و اجتماعات
- ✓ نمایشگاه‌ها

هوارسان (*Air Handling Units*) که به اختصار *AHU* و یا در مواردی نیز *Air Handler* نامیده می‌شوند، تجهیزاتی محفظه‌دار و مونتاژ شده در کارخانه هستند که شامل فن و سایر اجزای اصلی طبق استانداردهای مربوطه می‌باشند و یک یا چندین کاربرد گردش هوا، پاکسازی هوا، گرمایش، سرمایش، رطوبت‌زنی هوا، رطوبت‌زدایی از هوا، ترکیب هوا و غیره را در ساختمان‌های متوسط تا بزرگ اداری و تجاری و واحدهای صنعتی انجام می‌دهند. دستگاه هوارسان معمولاً از طریق دو کانال رفت و برگشت هوا به داخل ساختمان و توسط یک کانال به هوای تازه خارج ارتباط دارد. در هوارسان، هوای برگشتی از اتاق‌ها با هوای تازه در محفظه‌ی اختلاط دستگاه، مخلوط شده و سپس از روی کویل‌های سرمایی یا گرمایی عبور می‌کند.

هوارسان هوای تهویه شده را به سمت فضاهای مورد نظر در یک ساختمان انتقال می‌دهد. در واقع نقش یک هوارسان، تهویه و توزیع هوا درون یک ساختمان به منظور دستیابی به کیفیت رضایت بخش هوای داخل و شرایط آسایش داخلی ساکنان (شامل دما، رطوبت و فیلتراسیون هوا) می‌باشد.



شکل ۱- ۱: نمونه‌هایی از ساختمان هوارسان (از انواع معمولی، باز یافت حرارتی و های‌زنیک Multizone ساخت تهویه دماوند)

هوارسان‌ها تعدادی تجهیزات دارند که این تجهیزات شامل دمپره‌های ترکیب‌کننده (که هوای تازه را با هوای برگشتی از ساختمان ترکیب می‌کنند)، فیلترهای هوا، کویل‌های گرمایشی، کویل‌های سرمایشی، فن‌ها، موتورها و کاهنده سطح صدا (*Sound Attenuator*) (با نصب در کانال‌های خروجی و توزیع هوا) هستند. این اجزا در فصل مربوطه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

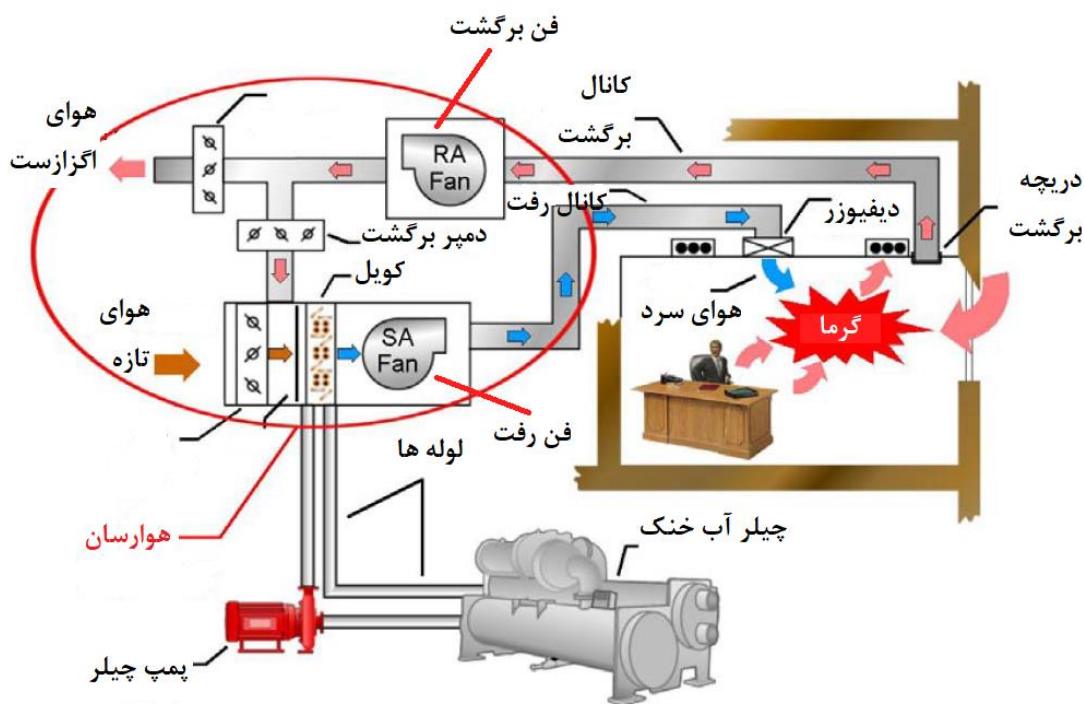
در هوارسان‌ها رطوبت هوا توسط کویل‌های سرمایشی که خنکی خود را از یک یا چند چیلر تأمین می‌نمایند، از هوای تهویه شده گرفته می‌شود. به محض اینکه هوای تهویه شده تا دمایی پایین‌تر از نقطه شبنم خود خنک می‌گردد، رطوبت موجود در هوا حذف می‌شود. علاوه بر این در برخی هوارسان‌ها رطوبت‌زنی‌هایی نصب شده است تا میزان رطوبت را افزایش دهند، هر چند که این گونه هوارسان‌ها در ساختمان‌های امروزی و با عملکرد بالا به دلیل مصرف انرژی و هزینه‌های زیاد، بسیار کم مشاهده می‌گردند.

گرمایش مورد نیاز مصرف‌کننده در هوارسان‌ها، اغلب توسط کویل‌های گرمایشی که آب گرم درون آن‌ها از منبع گرمایش که معمولاً بویلرهای سیستم حرارت مرکزی ساختمان هستند، تأمین می‌شود. کویل‌های الکتریکی در برخی ساختمان‌ها پیش‌تر نصب می‌شدند ولی امروزه به دلیل مصرف برق بسیار بالای این نوع کویل، استفاده از آنها منسوخ شده است؛ مگر در موقعیت‌هایی که به گاز دسترسی نباشد.

هواساز یا هوارسان؟

در زبان انگلیسی به این دستگاه *Air Handling Unit* یا *Air Handler* گفته می‌شود که ترجمه‌ی درست و دقیق آن هوارسان است. در حقیقت این دستگاه، هوای دریافتی را مورد عملیات مختلف قرار می‌دهد و سپس از طریق کانال به فضاهای مورد نظر می‌رساند. ۵۰ سال قبل در نقشه‌های ساختمانی آمریکایی یا اروپایی از واژه *Weather Maker* نیز استفاده می‌گردید که ترجمه آن هواساز است؛ ولی با پیشرفت علم مهندسی و دقت در انتخاب واژه‌ها همگان به این نتیجه رسیده‌اند که هوا ساخته نمی‌شود ولی تحت عملیات مشخص به شرایط بهینه می‌رسد. پس در نتیجه هوارسان درست است ولی با توجه به فرهنگ گفتاری جامعه مهندسی ایران از واژه هواساز نیز به غلط استفاده می‌گردد.

انتخاب دستگاه هوارسان مرکزی به عنوان اولین قدم بعد از انجام محاسبات بارهای سرمایشی و گرمایشی در هر پروژه محسوب می‌شود. در زمان طراحی سیستم، با انتخاب یکی از منابع تولید سرما، مانند دستگاه چیلر یا دستگاه کندانسینگ یونیت هوایی، دمای خروجی از کویل مشخص شده و با در دست داشتن مقدار اختلاف دما (دمای خروجی از کویل و دمای ست پوینت اتاق)، حجم هوادهی سیستم به دست می‌آید و می‌توان به طراحی فن و کویل‌های دستگاه پرداخت و به دلیل تأثیر آن بر سایر اجزای سیستم، لازم است تا طراح درک کاملی از تجهیزات کنترلی دستگاه هوارسان مرکزی، نحوه انتخاب و کاربرد آن داشته باشد.



شکل ۱-۲ محل نصب هوارسان

در این کتاب، به روش‌های اصولی ساخت دستگاه‌های هوارسان رایج در بازار، انواع فن‌ها و مشخصات آن‌ها اشاره شده است. همچنین به بررسی اجزای هوارسان، پارامترهای اثر گذار بر کیفیت هوای داخل (IAQ)^۱ و تجهیزات جانبی چون بازیافت انرژی و... پرداخته شده است.

افزایش نگرانی در مورد شرایط بهداشت و ساختمان و پارامترهای مورد نیاز تهویه، سبب شده است که مبحث کیفیت هوای داخلی (IAQ)^۱، به معضلی در صنعت تهویه مطبوع تبدیل شود. در سیستم‌های هوایی، علاوه بر انتقال هوای تهویه شده در حجم و دمای مطلوب به فضاهای ساختمان، مواردی از جمله راندمان موثر فیلترها، کم کردن نشتی سیستم، مصرف انرژی و دسترسی آسان به هوارسان از دیگر موارد چالش برانگیز است. لذا طراح دیگر نمی‌تواند توجه خود را تنها به محاسبات کویل و فن هوارسان معطوف نماید. بدنه هوارسان نیز بایستی از نقطه نظر عملکردی حرارتی (عایق بودن جداره‌ها)، نشتی هوا و قابلیت سرویس دهی مورد بحث و بررسی قرار گیرد. لذا در این کتاب، هر دو مؤلفه اجزای سازنده هوارسان و نحوه ساخت آنها، بررسی شده است.

تولید کنندگان دستگاه‌های هوارسان نیز در حال بهبود محصولات جدید و استفاده از فناوری‌های نوین برای رفع این نیازها می‌باشند. با توجه به نیاز کاربران، اکثر ویژگی‌هایی که قبلاً در هوارسان‌ها به صورت سفارشی اعمال می‌شد، امروزه به عنوان گزینه‌های اصلی و استاندارد ساخت، در بدنه هوارسان‌ها قرار داده می‌شود.

۱-۲ انواع هوارسان

توجه شود که در این فصل رایج‌ترین طبقه‌بندی موجود برای هوارسان‌ها آورده شده است. ممکن است در سایر کتب مواردی به این طبقه‌بندی اضافه یا کم شوند. لذا در این کتاب سعی شده همه مطالب در رابطه با هوارسان از تعاریف اولیه، اجزا مختلف، کاربردهای مختلف و متنوع به خصوص هوارسان‌های هایزنیک و بازیافت حرارتی و ... تا انتخاب و طراحی دقیق هوارسان به زبانی ساده آورده شود. لذا با مطالعه کامل این کتاب مخاطبان می‌توانند هر آنچه مربوط به هوارسان است را فرا گیرند.

هوارسان‌ها از نظر فیزیکی دارای دو نوع افقی (Horizontal) و عمودی (Vertical) دارند. همچنین از نظر سیستمی که هوارسان در آن کار می‌کند نیز هوارسان‌ها به طور کلی شامل دو نوع سیستم مجهز به هوارسان با حجم هوای ثابت (Constant Air Volume: CAV) و سیستم مجهز به هوارسان با حجم هوای متغیر (Variable Air Volume: VAV) می‌باشد. حجم هوای ورودی در سیستم‌های با حجم هوای متغیر بر اساس مقدار سرمایش و گرمایش (بار) مورد نیاز تنظیم می‌گردد و مصرف انرژی فن و اتلاف انرژی مربوط به بازگرمایش (Reheat) را در زمان تداخل سیستم گرمایشی و سرمایشی کاهش می‌دهد. در هوارسان از نوع حجم هوای ثابت، حجم ثابتی از هوا با توجه به نیاز دمایی هر منطقه در سیستم گردش خواهد کرد در حالیکه در نوع حجم هوای متغیر دمای هوای در گردش داخل هوارسان ثابت بوده و بار مورد نیاز هر منطقه را با تغییر حجم هوای ورودی به آن تامین می‌کند. در نوع دیگری از سیستم‌ها، سیستم مجهز به هوارسان با حجم - دما متغیر (VVT: Variable Volume-Variable Temperature) است که با توجه به نیاز هر منطقه دما و حجم هوای عبوری می‌تواند متغیر باشد.

برای ساختمان‌های اداری با بارهای تهویه مطبوع متغیر بر اساس فصل و حضور افراد، در صورتی که هوارسان‌های با حجم هوای متغیر (VAV) به درستی نصب و اجرا شوند، بسیار کارآمدتر از هوارسان‌های با حجم هوای ثابت هستند. در حالیکه بیشتر ساختمان‌های اداری مدرن توسط هوارسان‌های حجم متغیر تهویه می‌شوند، این سیستم‌ها گاهی به دلیل راندمان طراحی پایین، عدم فرمان‌دهی و بهره‌برداری صحیح و نگهداری ضعیف با اتلافات انرژی زیاد فعالیت می‌کنند. نتیجه نهایی اینک بسیاری از سیستم‌های با حجم هوای متغیر مانند سیستم‌های با حجم هوای ثابت عمل می‌کنند و موجب اتلاف انرژی و عدم آسایش ساکنان می‌گردند. البته یکی از روش‌های رایج در کنترل سرمایش و یا گرمایش خروجی از هر هوارسان، نصب شیر موتوری کنترلی سه‌راهه در ورودی جریان آب سرد چیلر به کویل سرمایشی یا آب گرم بویلر به کویل گرمایشی هوارسان است. طبیعتاً ترموستات فرمان این شیرهای موتوری، در داخل فضاهای مورد نظر ساختمان یا حتی کانال‌های توزیع هوای هوارسان نصب می‌گردد.

مصرف انرژی یک هوارسان عمده‌تاً مربوط به فن تأمین‌کننده هوای ورودی و همچنین فن هوای برگشت در ساختمان‌های بزرگ‌تر است. علاوه بر این هوارسان تأثیر قابل توجهی بر روی انرژی مصرفی توسط سایر تجهیزات تهویه مطبوع از قبیل چیلرها، بویلرها و رطوبت‌زن‌های نصب شده می‌گذارد، چرا که فعالیت نادرست هوارسان‌ها تقاضای تهویه را افزایش می‌دهد. طراحی، بهره‌برداری و نگهداری صحیح برای فعالیت کارآمد هوارسان‌ها و واحدهای در ارتباط با آنها ضروری هستند.

۱-۲-۱- هوارسان پکیجی، مرکزی و سفارشی

استاندارد AHRI¹ 430، دستگاه هوارسان مرکزی را به عنوان محفظه‌ای شامل یک یا چند فن و تجهیزات دیگری که وظیفه گردش هوا، تصفیه، سرمایش، گرمایش، رطوبت گیری، رطوبت زنی و ترکیب هوا را بر عهده دارد، تعریف می‌کند و بایستی که شامل یک منبع سرمایشی و گرمایشی غیر از مبرد باشد. این تجهیز می‌تواند شامل کانال‌کشی باشد و حداقل افت فشار استاتیکی تعریف شده برای آن (۰/۵ اینچ ستون آب) است.

اصطلاح "فن کوئل" نیز گاهی به جای هوارسان مورد استفاده قرار می‌گیرد و طبق تعریف ARI، فن کوئل‌ها، سیستم‌های بدون کانال‌کشی هستند و ماکزیمم افت فشار استاتیکی تعریف شده برای آنها (۰/۲۵ اینچ ستون آب) است. در صنعت تاسیسات، حجم هوادهی هوارسان از ساده‌ترین نوع آن یعنی نوع پکیجی با حجم ۱۵۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (CFM) شروع شده و تا ظرفیت‌های ۱۰۰,۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (CFM) برای هوارسان‌های سفارشی افزایش پیدا می‌کند. در ادامه به تفاوت آنها اشاره شده است.

هوارسان پکیجی

این نوع هوارسان‌ها معمولاً دارای یک فن حجم ثابت و کوئل‌های سرمایشی و گرمایشی هستند. کاربرد آنها برای سیستم‌های کوچک با افت فشار استاتیکی پایین و کمتر از (۲ اینچ ستون آب) است. بدنه این نوع هوارسان معمولاً تک جداره است. این دسته از هوارسان‌ها دارای محدودیت‌های بیشتری نسبت به نوع مرکزی بوده و اجزای اصلی آنها شامل کوئل گرمایش، جعبه اختلاط و پلنوم‌های هوای رفت هستند. ظرفیت این هوارسان‌ها معمولاً در گستره ۵ تا ۳۰ تن در نظر گرفته می‌شود و از لحاظ پایین بودن هزینه، انتخاب و نصب راحتی که دارند در بازار بسیار محبوب هستند، با توجه به اینکه تولید کننده‌ها، این نوع هوارسان را بیشتر در انبار خود دارند. لذا زمان تحویل پروژه و راه‌اندازی آن بسیار کاهش پیدا می‌یابد. شکل زیر یک دستگاه هوارسان پکیجی را نشان می‌دهد.

مشخصات

- موقعیت کوئل و فن ثابت است.
- ظرفیت کمتر از ۱۵,۰۰۰ سی اف ام (۳۰ تن تبرید)
- در کاربری‌های با افت فشار پایین
- کاربری‌های داخلی
- بدنه تک جداره
- به صورت انبوه در انبار سازندگان یافت می‌شود



شکل ۱-۳ هوارسان پکیجی

در بیشتر موارد، این نوع هوارسان را می‌توان در کنار کندانسینگ یونیت‌ها و یا پمپ‌های گرمایی استفاده کرد، اگر چه استفاده از کوئل آب چیلر نیز از دیگر امکانات آن می‌باشد. جهت استفاده از کندانسینگ یونیت‌ها به همراه این نوع هوارسان، تولید کنندگان ظرفیت سرمایشی دستگاه را با ظرفیت کندانسینگ یونیت تطابق داده و دستگاه تحت استاندارد ARI 340/360 گواهینامه دریافت می‌کند. به عنوان یک نتیجه کلی، هوارسان‌های پکیجی با ظرفیت نامی کوئل سرمایشی شناخته می‌شوند نه با عددی که برای حجم هوادهی (CFM) ارائه می‌شود.

هوارسان مرکزی

هوارسان مرکزی که گاهی با نام "سفارشی" نیز تعریف می‌شود، دارای طیف گسترده‌ای از اجزای مختلف برای تمام کاربری‌های صنعتی و تجاری هستند. هوارسان مرکزی دارای پیکربندی‌های متعددی است در نتیجه فن و کوئل‌های این هوارسان می‌تواند آرایش‌های مختلفی داشته باشد. در این نوع هوارسان حجم هوادهی از ۱۵۰۰ CFM در پروژه‌های کوچک تک زون تا ۱۰۰,۰۰۰ CFM در پروژه‌های تجاری بزرگ از نوع حجم ثابت یا حجم متغیر، تغییر می‌کند. اگر چه حجم هوادهی دارای گستره وسیعی است، بطور