



وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

مقررات ملی ساختمان ایران

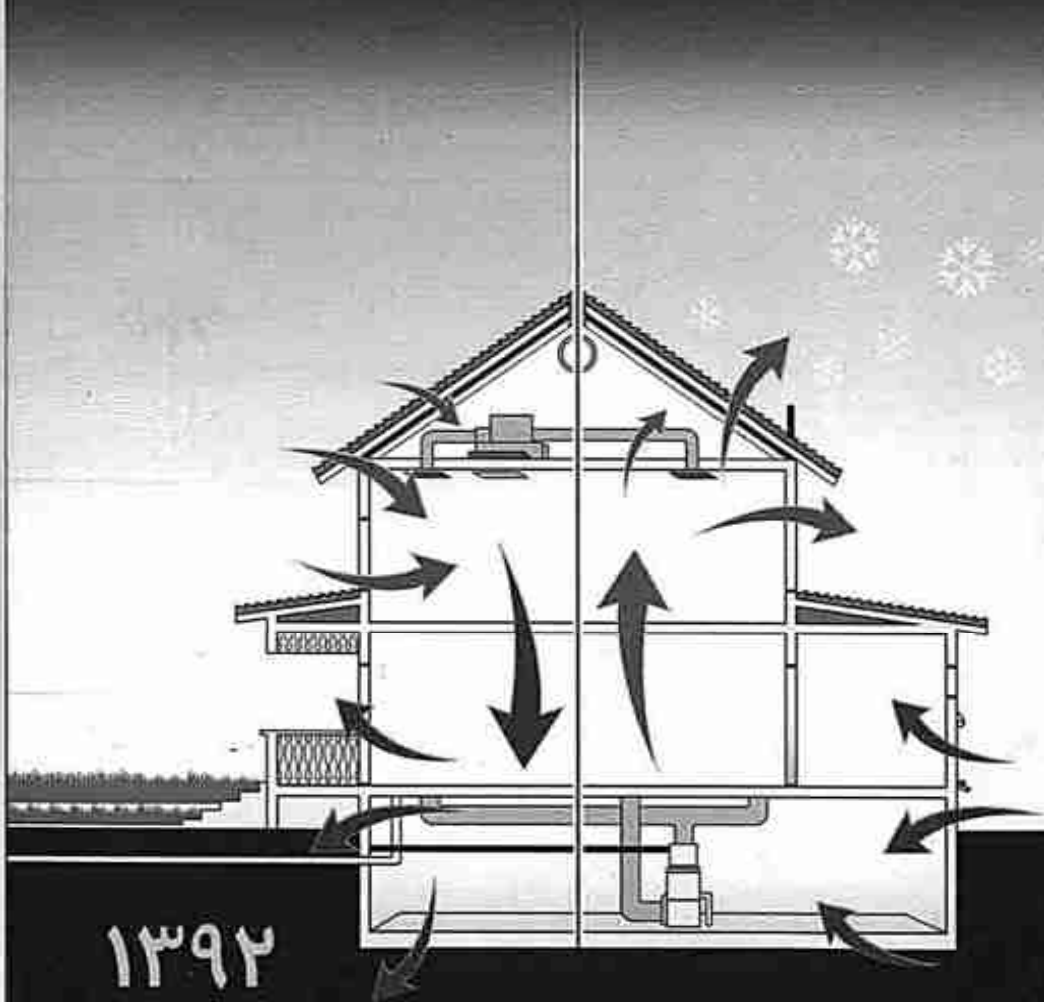
راهنمای مبحث نوزدهم
صرفه جویی در مصرف انرژی

دفتر مقررات ملی ساختمان
۱۳۹۲



وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان
دفتر مقررات ملی ساختمان

راهنمای مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی



عنوان و نام پدیدآور:	راهنمای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (صرفه جویی در مصرف انرژی) دفتر مقررات ملی ساختمان.
وضعیت ویراست:	ویراست ۲.
مشخصات نشر:	تهران: نشر توسعه ایران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری:	ز. ۳۵۶: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی).
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۳۰۱-۰۰۴-۸
وضعیت فهرست نویسی:	فبا
پادداشت:	کتابخانه
موضوع:	ساختمان سازی -- مصرف انرژی
موضوع:	ساختمان سازی -- قوانین و مقررات -- ایران
شماره افزود:	ایران. وزارت راه و شهرسازی. دفتر امور مقررات ملی ساختمان
رده بندی کنگره:	۱۳۹۲ ۲۶/۲۱ KMHT
رده بندن دیویی:	۲۴۲
شماره کتابشناسی ملی:	۳۱۷۰۲۲۹

پیش گفتار

وزارت راه و شهرسازی بر اساس ماده ۲۲ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان را که بخشی از مدارک فنی ساختمانی لازم الاجرا محسوب می‌شوند و شامل ضوابط حداقل برای طراحی، اجرا و نگهداری ساختمانهاست را بر عهده دارد. از آنجائیکه ضوابط مندرج در مقررات ملی ساختمان با رعایت ایجاز و اختصار تدوین می‌شود، بمنظور درک صحیح تر "مقررات ملی ساختمان" استفاده از راهنماها و مدارک توضیحی، به شفاف سازی مقررات کمک خواهد کرد.

دفتر مقررات ملی ساختمان ضمن تدوین مباحث بیست و یک گانه مقررات ملی ساختمان، تهیه راهنماهای مباحث را نیز در دستور کار خود قرار داده است. از این رو راهنمای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۸۹)، که اختصاص به صرفه جویی در مصرف انرژی دارد، با هدف کمک به مهندسين در طراحی و اجرای ساختمان و همچنین استفاده دانشجویان و سایر علاقه مندان، تهیه شده است.

با توجه به تغییرات صورت گرفته در ویرایش سوم مبحث نوزدهم، لازم بود که یک بازبینی اساسی برای انطباق راهنمای این مبحث با ویرایش جدید و مطرح کردن روش ها و فناوری های روز جهان در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی صورت گیرد. امید است با رفع ابهامات موجود در ویرایش قبلی و ارائه اطلاعات تکمیلی مورد نیاز، زمینه هر چه بهتر اجرایی شدن این مبحث در ساخت و ساز کشور، بیش از پیش فراهم گردد.

در کتاب پیش رو برای سهولت استفاده کاربران محترم شماره گذاری بندهای مختلف این راهنما مطابق شماره گذاری مبحث نوزدهم تنظیم شده است. یادآوری این نکته ضروری است این راهنما اعتبار و مرجعیت قانونی نداشته و جایگزین مقررات ملی ساختمان نمی باشد.

نام کتاب: راهنمای مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی

تهیه کننده:	دفتر مقررات ملی ساختمان
ناشر:	نشر توسعه ایران
شمارگان:	۳۰۰۰ جلد
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۳۰۱-۰۰۴-۸
نوبت چاپ:	سوم
تاریخ چاپ:	۱۳۹۲
چاپ و صحافی:	کانون
قیمت:	۱۶۰,۰۰۰ ریال

حق چاپ برای تهیه کننده محفوظ است.

فرصت را مفتنم شمرده از زحمات و تلاشهای جناب آقای دکتر غلامرضا هوالی، مدیرکل محترم مقررات ملی ساختمان و سرکار خانم مهندس سهیلا پاکروان (معاون مدیرکل) و جناب آقای دکتر بهنام مهرپرور و همچنین از تهیه کننده متن نهایی، جناب آقای دکتر بهروز محمدکاری و همکاران ارجمندشان که مسئولیت مطالب فنی مندرج در این مجلد نیز بر عهده ایشان است و نیز از داوران محترم این راهنما و سایر افرادی که به نحوی در تدوین این کتاب همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌نمایم.

از استفاده کنندگان، صاحب نظران و مطالعه کنندگان محترم تقاضا دارد ضمن ارائه نظرات و پیشنهادات ارزشمند خود، این دفتر را در تکمیل هر چه بیشتر این راهنما یاری نمایند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱-۱۹ کلیات
۱	۱-۱-۱۹ دامنه کاربرد
۳	۲-۱-۱۹ تعاریف
۱۷	۲-۱۹ مقررات کلی طراحی و اجرا
۱۷	۱-۲-۱۹ مندرک مورد نیاز برای اخذ پروانه ساختمان
۱۷	۱-۱-۲-۱۹ گواهی صلاحیت مهندس یا شرکت طراح
۱۷	۲-۱-۲-۱۹ چک لیست انرژی
۱۸	۲-۲-۱۹ نقشه های ساختمان
۱۸	۴-۱-۲-۱۹ مشخصات فیزیکی مصالح و سیستم های عایق حرارت
۱۹	۵-۱-۲-۱۹ مشخصات فنی سیستم های مکانیکی و روشنایی
۱۹	۲-۲-۱۹ عوامل ویژه اصلی و گروه بندی ساختمان ها
۲۰	۱-۲-۲-۱۹ گونه بندی کاربری (یا نحوه تصرف) ساختمان
۲۰	۲-۲-۲-۱۹ گونه بندی نیاز سالانه انرژی محل استقرار ساختمان
۲۱	۳-۲-۲-۱۹ گونه بندی سطح زیربنای مفید ساختمان
۲۱	۴-۲-۲-۱۹ گونه بندی شهر محل استقرار ساختمان
۲۱	۵-۲-۲-۱۹ گروه بندی ساختمان ها از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

۶۵	۴-۱۹ تأسیسات مکانیکی	۲۱	۳-۲-۱۹ عوامل ویژه فرعی
۶۸	۱-۴-۱۹ مقررات کلی	۲۲	۱-۳-۲-۱۹ گونه‌بندی اثر نظر شرایط بهره‌گیری از انرژی خورشیدی
۷۶	۲-۴-۱۹ تأسیسات سرمایش و گرمایش	۲۴	۲-۳-۲-۱۹ گونه‌بندی نحوه استفاده از ساختمان‌های غیرمسکونی
۷۶	۱-۲-۴-۱۹ تأمین سرمایش و گرمایش	۲۶	۴-۲-۱۹ روش‌های طراحی پوسته خارجی ساختمان
۸۱	۴-۲-۴-۱۹ منارهای توزیع	۲۷	۵-۲-۱۹ طراحی سیستم‌های مکانیکی
۸۴	۲-۲-۴-۱۹ پایانه‌های سرمایش و گرمایش	۲۷	۶-۲-۱۹ طراحی سیستم روشنایی
۸۴	۳-۴-۱۹ سیستم‌های تهویه		
۸۴	۱-۳-۴-۱۹ تأمین هوای تازه	۲۹	۳-۱۹ پوسته خارجی ساختمان
۸۵	۲-۳-۴-۱۹ کیفیت درزبندی بازوها	۲۹	۱-۳-۱۹ روش الف - روش کارکردی
۸۶	۴-۴-۱۹ تأسیسات آب گرم مصرفی	۳۲	۱-۱-۳-۱۹ محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع
۸۶	۱-۴-۴-۱۹ ملاحظات کلی	۳۶	۲-۱-۳-۱۹ ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی پوسته خارجی
۸۸	۲-۴-۴-۱۹ عایق کاری لوله و مخزن	۳۷	۳-۱-۳-۱۹ محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح و کنترل مشخصات پوسته
		۴۲	۲-۳-۱۹ روش ب - روش تجویزی
۹۱	۵-۱۹ سیستم روشنایی و انرژی الکتریکی	۴۴	۱-۲-۳-۱۹ الزامات در راه‌حل‌های فنی روش تجویزی
۹۱	۱-۵-۱۹ سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی	۴۴	۲-۲-۳-۱۹ اثر بهره‌گیری مناسب از نور خورشید
۹۲	۲-۵-۱۹ سیستم‌های کنترل روشنایی	۴۴	۳-۲-۳-۱۹ اثر بهره‌گیری از سایه‌بان مناسب
۹۲	۱-۲-۵-۱۹ روشنایی فضاهای	۴۵	۴-۲-۳-۱۹ نکاتی درباره مجموعه راه‌حل‌های فنی روش تجویزی
۹۲	۲-۲-۵-۱۹ سیستم‌های کاهش میزان و یا مدت روشنایی	۴۶	۵-۲-۳-۱۹ مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۱ (یا پنجره برتر)
۹۳	۲-۲-۵-۱۹ کنترل خاموش کردن روشنایی	۵۴	۶-۲-۳-۱۹ مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۲ (یا پنجره ساده)
۹۴	۳-۵-۱۹ شدت روشنایی فضاهای	۶۰	۳-۳-۱۹ اصول کلی و توصیه‌ها در زمینه طراحی ساختمان
۹۴	۴-۵-۱۹ روشنایی محوطه و بیرون ساختمان	۶۰	۱-۳-۳-۱۹ جهت‌گیری ساختمان
۹۴	۱-۴-۵-۱۹ لامپ‌ها	۶۰	۲-۳-۳-۱۹ حجم و فرم کلی ساختمان
۹۴	۲-۴-۵-۱۹ کنترل روشنایی محوطه و خارج ساختمان	۶۱	۳-۳-۳-۱۹ جنبه‌های فضاهای داخلی
۹۴	۵-۵-۱۹ کنترل	۶۱	۴-۳-۳-۱۹ جدارهای نورگیر
۹۵	۶-۵-۱۹ موتورها	۶۲	۵-۳-۳-۱۹ سایبان‌ها
		۶۴	۶-۳-۳-۱۹ اینرسی حرارتی
		۶۴	۷-۳-۳-۱۹ تهویه طبیعی

۱۴۱	پ ۸-۳-۲ آجر توپر (دیوار)
۱۴۲	پ ۸-۳-۳ آجر سوراخ دار (دیوار)
۱۴۲	پ ۸-۳-۴ بلوک سفالی (دیوار)
۱۴۳	پ ۸-۳-۵ بلوک سیمانی (دیوار)
۱۴۳	پ ۸-۳-۶ تیرچه و بلوک سفالی (سقف)
۱۴۴	پ ۸-۳-۷ تیرچه و بلوک سیمانی (سقف)
۱۴۴	پ ۸-۳-۸ تیرچه و بلوک پلی استایرن منبسط (سقف)

پیوست ۹ ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر و بازشوها

۱۴۹	پ ۹-۱-۱ ضریب انتقال حرارت شیشه‌ها
۱۵۰	پ ۹-۱-۱-۱ شیشه‌های ساده
۱۵۱	پ ۹-۱-۲ شیشه‌های دو جداره عمودی
۱۵۲	پ ۹-۱-۳ شیشه‌های دو جداره افقی (سقفی)
۱۵۴	پ ۹-۲-۱ ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر
۱۵۴	پ ۹-۲-۱-۱ جدارهای نورگذر دارای شیشه تک جداره ساده
۱۵۴	پ ۹-۲-۱-۲ جدارهای نورگذر دارای انواع شیشه دو جداره
۱۶۲	پ ۹-۳-۱ مثال‌های تعیین ضریب انتقال حرارت جدارهای نورگذر
۱۶۴	پ ۹-۴ ضرایب انتقال حرارت درها

پیوست ۱۰ سایه بان‌ها

۱۸۱	پیوست ۱۱ روش‌های محاسبه پل‌های حرارتی
۱۸۳	پ ۱۱-۱ گونه‌های مختلف پل‌های حرارتی
۱۸۳	پ ۱۱-۲ روند محاسبات عددی

پیوست ۱ روش تعیین گروه اینرسی حرارتی ساختمان

۹۷	پ ۱-۱ تعیین جرم سطحی مؤثر جدار
۹۷	پ ۱-۱-۱ جدار در تماس با خارج
۹۸	پ ۱-۱-۲ جدار مجاور خاک
۹۹	پ ۱-۱-۳ جدار در تماس با ساختمان مجاور یا فضای کنترل نشده
۹۹	پ ۱-۱-۴ جدارهای داخل فضای کنترل شده ساختمان
۱۰۰	پ ۱-۲ جرم سطحی مؤثر ساختمان در واحد سطح زیربنای مفید

پیوست ۲ روش محاسبه شاخص خورشیدی

پیوست ۳ گونه‌بندی نیاز سالانه انرژی شهرهای ایران

پیوست ۴ گونه‌بندی کاربری ساختمان‌ها

پیوست ۵ تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

پیوست ۶ مقادیر فیزیکی اصلی، تعاریف، علائم

پیوست ۷ ضرایب هدایت حرارت مصالح متداول

پیوست ۸ مقاومت حرارتی لایه‌های هوا و قطعات ساختمانی

۱۳۹	پ ۸-۱ مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطوح داخلی و خارجی
۱۴۰	پ ۸-۲ مقاومت حرارتی لایه‌های هوای محبوس
۱۴۱	پ ۸-۳ مقاومت حرارتی برخی لایه‌های عناصر ساختمانی متداول
۱۴۱	پ ۸-۳-۱ آجر پلاک (نما)

۲۰۴	پ ۱۲-۲-۲ دیوار مجاور خاک
۲۰۴	پ ۱۲-۲-۴ مرحله چهارم: محاسبه ضرایب انتقال حرارت اجزای پوسته
۲۰۸	پ ۱۲-۲-۵ مرحله پنجم: استخراج ضرایب انتقال حرارت خطی پل های حرارتی
۲۰۸	پ ۱۲-۲-۶ مرحله ششم: تعیین ضرایب کاهش فضاهای کنترل نشده
۲۰۹	پ ۱۲-۲-۷ مرحله هفتم: محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح و مقایسه با ضریب انتقال حرارت مرجع
	پ ۱۲-۲-۸ مرحله هشتم: انتخاب روشهای بهینه سازی پوسته ساختمان به منظور دستیابی
۲۱۲	به ضوابط میحت نوزدهم
۲۱۳	پ ۱۲-۲-۸-۱ روش اول بهینه سازی ساختمان نمونه
۲۲۲	پ ۱۲-۲-۸-۲ روش دوم بهینه سازی
۲۲۹	پیوست ۱۳ راهکارهای کاهش نیاز انرژی ساختمان
۲۲۹	پ ۱۳-۱ روش های مطرح بهینه سازی مصرف انرژی
۲۳۰	پ ۱۳-۲ سیستم های فعال و غیرفعال خورشیدی
۲۳۱	پ ۱۳-۲-۱ حالت های مختلف دریافت انرژی خورشیدی
۲۳۶	پ ۱۳-۲-۲ انواع مختلف سیستم های فعال و غیرفعال خورشیدی
۲۳۶	پ ۱۳-۲-۱-۱ دیوار ترموپ
۲۳۷	پ ۱۳-۲-۲-۱ دیوار آبی
۲۳۸	پ ۱۳-۲-۲-۳ دیوار بار - کنتانتینی
۲۳۸	پ ۱۳-۲-۲-۴ بام آبی
۲۳۹	پ ۱۳-۲-۲-۵ فضای خورشیدی (گلخانه)
۲۴۴	پ ۱۳-۲-۲-۶ کلکتور (جمع کننده) هوایی خورشیدی
۲۴۷	پ ۱۳-۲-۲-۷ پنجره یا جریان هوا
۲۴۸	پ ۱۳-۲-۲-۸ نمای دویوسته

۱۸۳	پ ۱۱-۳ ضرایب انتقال حرارت پل های حرارتی متداول
۱۸۳	پ ۱۱-۳-۱ کف های زیرین مجاور خاک
۱۸۳	پ ۱۱-۳-۱-۱ کف روی خاک بدون عایق حرارتی
۱۸۴	پ ۱۱-۳-۱-۲ کف روی خاک با عایق حرارتی
۱۸۸	پ ۱۱-۳-۲ دیوارهای مجاور خاک
۱۸۹	پ ۱۱-۳-۳ اتصالات متداول کفهای مجاور خارج یا فضای کنترل نشده
۱۹۱	پ ۱۱-۳-۴ اتصالات متداول سقف های میانی
۱۹۱	پ ۱۱-۳-۵ اتصالات متداول بام ها و دیوار
۱۹۲	پ ۱۱-۳-۶ اتصال دیوارهای داخلی و خارجی
۱۹۲	پ ۱۱-۳-۷ اتصالات بین بازوها و جناح های غیرنورگیر
۱۹۵	پیوست ۱۲ مثال محاسبه و طراحی پوسته خارجی ساختمان طبق روش کارکردی
۱۹۵	پ ۱۲-۱ اطلاعات مورد نیاز
۱۹۷	پ ۱۲-۲ مراحل انجام محاسبات به روش کارکردی
۱۹۷	پ ۱۲-۲-۱ مرحله اول: تعیین گروه بندی ساختمان
۱۹۸	پ ۱۲-۲-۲ مرحله دوم: محاسبه مساحت اجزای مختلف جناح های ساختمانی
۱۹۸	پ ۱۲-۲-۲-۱ دیوارهای خارجی
۲۰۰	پ ۱۲-۲-۲-۲ دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده
۲۰۱	پ ۱۲-۲-۲-۳ پنجره ها
۲۰۲	پ ۱۲-۲-۲-۴ درها
۲۰۲	پ ۱۲-۲-۲-۵ سقف
۲۰۳	پ ۱۲-۲-۲-۶ کفها
۲۰۳	پ ۱۲-۲-۳ مرحله سوم: محاسبه طول پل های حرارتی پوسته خارجی
۲۰۴	پ ۱۲-۲-۳-۱ کف مجاور خاک

۲۸۹	پ ۱۳-۵-۱۱ مبدل حرارتی صفحهای
۲۹۰	پ ۱۳-۵-۱۲ مبدل گردان هوا به هوا - چرخ آنتالپی
۲۹۲	پ ۱۳-۵-۱۳ سیکل بازیافت همراه با کویل
۲۹۳	پ ۱۳-۵-۱۴ سیکل بازیافت آنتالپی دو برجی
۲۹۳	پ ۱۳-۶ سیستم های ذخیره سازی
۲۹۳	پ ۱۳-۶-۱ سیستم ذخیره کن سنگین
۲۹۴	پ ۱۳-۶-۲ جدار ذخیره کننده تغییر فازی
۲۹۵	پ ۱۳-۶-۳ سیستم تهویه شبانه
۲۹۵	پ ۱۳-۶-۴ سیستم های پیش گرمایش یا پیش سرمایش با بهره گیری از ذخیره سازی خاک
۲۹۶	پ ۱۳-۷ تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با بازدهی انرژی بالا
۲۹۶	پ ۱۳-۷-۱ پمپ های حرارتی متصل به زمین
۳۰۰	پ ۱۳-۷-۲ سیستم های تولید همزمان گرما / سرما و برق
۳۰۲	پ ۱۳-۸ سیستم های هوشمند برای انطباق هر چه بیشتر تولید انرژی با نیازهای مقطعی
۳۰۲	پ ۱۳-۸-۱ اجزای اصلی یک سیستم هوشمند
۳۰۳	پ ۱۳-۸-۱-۱ ورودی ها
۳۰۴	پ ۱۳-۸-۱-۲ نرم افزار پردازش و تحلیل اطلاعات
۳۰۵	پ ۱۳-۸-۱-۳ خروجی ها
۳۰۵	پ ۱۳-۸-۴ ملاحظات زمانی
۳۰۶	پ ۱۳-۸-۵ ویژگی تجربه آموزی یا توانایی یادگیری
۳۰۶	پ ۱۳-۸-۶ سیستم های کنترل هوشمند تأسیسات گرمایی و سرمایی
۳۰۸	پ ۱۳-۸-۷ پوسته هوشمند
۳۱۰	پ ۱۳-۸-۸ سیستم ها و عناصر تأثیرگذار بر طراحی یک پوسته هوشمند

۲۵۰	پ ۱۳-۲-۹ دیوارهای خورشیدی صلب مجوف
۲۵۱	پ ۱۳-۲-۱۰ دودکش خورشیدی
۲۵۲	پ ۱۳-۲-۱۱ سلول فتوولتائیک
۲۶۱	پ ۱۳-۲-۱۲ کلکتور (جمع کننده) خورشیدی با سیال مایع
۲۶۹	پ ۱۳-۲-۱۳ سیستم ترکیبی فتوولتائیک و کلکتور خورشیدی
۲۷۰	پ ۱۳-۲-۱۴ پمپ گرمایی با انرژی خورشیدی
۲۷۴	پ ۱۳-۲-۱۵ چیلر جذبی با انرژی خورشیدی
۲۷۵	پ ۱۳-۳ تولید انرژی با استفاده از دیگر انرژی های تجدیدپذیر
۲۷۵	پ ۱۳-۳-۱ توربین بادی
۲۷۶	پ ۱۳-۴ سیستم نوین تهویه
۲۷۶	پ ۱۳-۴-۱ فن خروج هوا با حسگر رطوبت نسبی هوا
۲۷۷	پ ۱۳-۴-۲ دریچه ورود هوا با حسگر رطوبت نسبی هوا
۲۷۷	پ ۱۳-۵ سیستم های بازیافت انرژی
۲۷۸	پ ۱۳-۵-۱ بویلر بازیافت حرارت
۲۷۹	پ ۱۳-۵-۲ سیستم بازیافت گرمایی برای پیش گرمایش هوای احتراق
۲۸۰	پ ۱۳-۵-۳ اوله حرارتی
۲۸۰	پ ۱۳-۵-۴ مبدل اوله حرارتی
۲۸۲	پ ۱۳-۵-۵ مبدل حرارتی ترموسیفتی
۲۸۴	پ ۱۳-۵-۶ رکوپراتور
۲۸۵	پ ۱۳-۵-۷ کونومایزر
۲۸۵	پ ۱۳-۵-۸ سیستم بازیافت متناوب حرارت
۲۸۶	پ ۱۳-۵-۹ سیستم بازیافت انرژی از هوای خروجی
۲۸۷	پ ۱۳-۵-۱۰ مبدل حرارتی هوا به هوا

۳۳۷	پ ۱۵-۲-۲ روش‌های کاهش مدت روشنایی	۳۱۵	پیوست ۱۴ تشریح برخی سیستم‌های تأسیساتی مطرح
		۳۱۵	پ ۱-۱۴ اصول سیستم سرمایش تبخیری مستقیم
۳۳۹	فهرست منابع	۳۱۸	پ ۱۴-۲ تشریح برخی سیستم‌های سرمایش تبخیری بهبود یافته
		۳۱۸	پ ۱۴-۱ سیستم‌های سرمایش جذبی جامد (چرخ دسکنت)
		۳۳۱	پیوست ۱۵ اصول بهره‌گیری بهینه از روشنایی طبیعی و مصنوعی
		۳۳۱	پ ۱-۱۵ سیستم‌های نورپردازی با نور طبیعی
		۳۳۱	پ ۱-۱۵-۱ روشنایی طبیعی و مزایای آن
		۳۳۲	پ ۱-۱۵-۲ طاقچه نوری
		۳۳۲	پ ۱-۱۵-۳ لوله نوری
		۳۳۴	پ ۱-۱۵-۴ سیستم متمرکزکننده سهموی
		۳۳۶	پ ۱-۱۵-۵ لوور آیینهای
		۳۳۶	پ ۱-۱۵-۶ پازل یا پرش لیزری
		۳۳۸	پ ۱-۱۵-۷ پازل منشوری
		۳۳۸	پ ۱-۱۵-۸ ابزارهای طراحی روشنایی طبیعی در ساختمان
		۳۴۰	پ ۱۵-۲ سیستم‌های نورپردازی با نور مصنوعی
		۳۴۰	پ ۱۵-۲-۱ انواع مختلف لامپ‌ها
		۳۴۰	پ ۱۵-۲-۱-۱ لامپ‌های الکتلی
		۳۴۲	پ ۱۵-۲-۱-۲ لامپ‌های تخلیه در گاز
		۳۴۴	پ ۱۵-۲-۱-۳ لامپ‌های دیودی ساطع کننده نور (ال‌ای‌دی)
		۳۴۵	پ ۱۵-۲-۲ روش‌های کاهش میزان روشنایی
		۳۴۵	پ ۱۵-۲-۲-۱ کاهش دهنده‌های نور لامپ‌ها
		۳۴۶	پ ۱۵-۲-۲-۲ کلیدهای مستقل روشن و خاموش کردن لامپ

۱-۱۹ کلیات

راهنمای حاضر از مقررات ملی ساختمان با هدف ارائه توضیحات و اطلاعات تکمیلی لازم در خصوص ضوابط طرح، محاسبه و اجرای عایق کاری حرارتی پوسته خارجی، سیستم‌های تأسیسات گرمایی، سرمایی، تهویه، تهویه مطبوع، تأمین آب گرم مصرفی، و الزامات طراحی سیستم روشنایی در ساختمان‌ها تهیه شده است.

در بخش اول راهنما، توضیحات تکمیلی در باره کلیات و تعاریف میبحث و در بخش دوم مقررات کلی طرح و اجرا تشریح شده است. در بخش سوم، توضیحات تفصیلی، به همراه نمونه مثال‌های عددی، در خصوص روش‌های طراحی عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان و توصیه‌های طراحی معماری ارائه شده است. در بخش چهارم و پنجم، توضیحات تکمیلی در مورد ضوابط مربوط به تأسیسات مکانیکی، سیستم روشنایی و تأسیسات الکتریکی بیان شده است.

شایان ذکر است که در کنار رعایت الزامات تعیین شده در میبحث ۱۹، باید همواره تأمین حداقل تهویه مورد نیاز برای سلامت ساکنان ساختمان‌ها منظور شود، و پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از بروز میعان در جدارهای ساختمانی صورت گیرد [۱].

۱-۱-۱۹ دامنه کاربرد

راهنمایی‌های ارائه شده در مورد پوسته خارجی (بخش ۱۹-۳) برای تمام ساختمان‌های جدیدالاحداث، به جز ساختمان‌های گروه چهار، از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ر. ک. به بخش ۱۹-۲-۵)، قابل استفاده است. دو روش مطرح برای طراحی پوسته خارجی ساختمان

روش الف (کارکردی^۱) و روش ب (تجویزی^۲) می‌باشد. از روش کارکردی می‌توان در مورد تمام ساختمان‌ها استفاده کرده؛ اما کاربرد روش تجویزی به ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، با زیربنای مفید زیر ۲۰۰۰ مترمربع، و ساختمان‌های گروه سه از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی محدود می‌شود.

به عبارت دیگر، مواردی که می‌توان از روش تجویزی استفاده کرد مطابق جدول ۱ تعریف می‌گردد:

جدول ۱ مواردی که می‌توان از روش تجویزی استفاده کرد

تعداد طبقات	زیربنای مفید (متر مربع)	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
۱ تا ۹	کمتر از ۲۰۰۰	✓	✓	✓
	بیش از ۲۰۰۰	x	x	✓
۱۰ یا بیشتر	کمتر از ۲۰۰۰	x	x	✓
	بیش از ۲۰۰۰	x	x	✓
غیر مسکونی				
		x	x	✓

همچنین، رعایت ضوابط مربوط به سیستم‌ها و تجهیزات مکانیکی (بخش ۱۹-۴) و سیستم روشنایی (بخش ۱۹-۵) در مورد تمامی ساختمان‌ها، با کاربری‌های مندرج در پیوست ۴ این میبخت، الزامی است.

در اینجا لازم است به این نکته اشاره نماییم که برخی انتظارات کلی در خصوص سیستم‌ها و تجهیزات مکانیکی و سیستم‌های روشنایی برای تمامی ساختمان‌ها تعریف شده‌اند، و بعضی دیگر، تنها برای گروه‌های خاصی از ساختمان‌ها الزامی هستند.

کلیه ضوابط این میبخت می‌تواند، با رعایت سایر مباحث مقررات و ضوابط فنی، برای ساختمان‌های موجود نیز استفاده شود.

البته در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که اجرای بعضی انتظارات تعیین‌شده برای ساختمان‌های جدیدالاحداث در ساختمان‌های موجود نیز به سادگی قابل اجراء است ولی اجرای

۱. System Performance Method

۲. Prescriptive Method

برخی دیگر از انتظارات تعریف شده برای ساختمان‌های جدیدالاحداث در میبخت ۱۹، در ساختمان‌های موجود، می‌تواند غیر عملی یا بسیار هزینه‌بر باشد.

۱-۱۹-۲ تعاریف

تعاریف این بخش فقط برای این میبخت ارائه شده است.

آسایش حرارتی

Thermal comfort

رضایت بخش قابل توجهی از افراد (بیش از ۸۰ درصد) از احساس حرارتی در محیط داخل، که از دما، رطوبت نسبی و سرعت هوا، و همچنین دمای سطوح داخلی جدارها ناشی می‌شود، و به نوع و میزان پوشش و همچنین نوع فعالیت افراد بستگی دارد [۲].

احداث

Construction

بنا کردن ساختمان بر زمین خالی.

انرژی‌های تجدیدپذیر

Renewable energy

انرژی‌هایی که توسط مجموعه فرایندها، مکانیزم‌ها و سیستم‌هایی تولید می‌شوند که به‌صورت دائمی قابل تکرار و بازسازی هستند. این انرژی‌ها توسط طبیعت به‌وجود می‌آیند و در جهت جایگزینی تمام و یا بخشی از انرژی موردنیاز برای تأمین آسایش (گرمایش، سرمایش، تهویه و آب‌گرم مصرفی)، ایمنی، بهداشت، پخت و پز و نظایر اینها (که معمولاً توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شوند)، در انواع ساختمان‌ها (با کاربری‌های مختلف) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بخش اعظم انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشید، باد، باران، جزر و مد، امواج، زمین

گرمایی، و هیدروژن (سوخت) باعث تولید انواع آلاینده‌های زیست محیطی نمی‌شوند.

انرژی‌های حاصل از موادی همچون چوب و گیاهان نیز تجدیدپذیر محسوب می‌شود.

اینرسی حرارتی

Thermal inertia

قابلیت کلی پوسته خارجی و جدارهای داخلی در ذخیره انرژی، باز پس دادن آن و تأثیرگذاری بر نوسان‌های دما و بار گرمایی و سرمایی فضاهای کنترل شده ساختمان. اینرسی حرارتی ساختمان با استفاده از جرم سطحی مفید ساختمان گروه‌بندی می‌شود (ر.کد به پیوست ۱).

بازده نوری

Luminous Efficacy

سنجهای برای تعیین میزان کارایی نوری منابع روشنایی مصنوعی. بازده نوری با محاسبه نسبت میزان توان نوری (مهرنی) به توان الکتریکی دریافت شده توسط لامپ (منبع نوری) به دست می‌آید.

بازسازی

Renovation

دوباره‌سازی بخش‌های عمده‌ای از ساختمان که در اثر سانحه یا فرسودگی آسیب دیده است.

بازشو

Opening

همه سطوح قابل باز شدن در پوسته ساختمان، که برای دسترسی، تأمین روشنایی، دید به خارج، خروج گاز حاصل از سوخت، تهویه و تعویض هوا ایجاد می‌گردند؛ مانند درها، پنجره‌ها و تورگیرها.

بام تخت

Flat roof

پوشش نهایی ساختمان که شیبی کمتر از ۱۰ درجه یا مساوی آن، نسبت به افق دارد.

بام شیب‌دار

Pitched roof

پوشش نهایی ساختمان که شیبی بیشتر از ۱۰ درجه و کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی دارد. بر روی سقف شیب‌دار، فضای خارج و در زیر آن، فضای کنترل شده یا کنترل نشده قرار دارد. اگر شیب جدار بیش از ۶۰ درجه باشد، از دید این مبحث دیوار تلقی می‌شود.

برچسب انرژی

Energy label

برچسب تعیین شده توسط مقامات ذیصلاح، به منظور نصب بر روی تولیدات صنعتی مورد استفاده در ساختمان، برای مشخص کردن حد کیفیت محصولات از نظر مصرف انرژی.

پایانه حرارتی

Thermal terminal

بخشی از یک سیستم مرکزی سرمایی یا گرمایی که در آخر مدار قرار دارد و انرژی منتقل شده توسط مدار توزیع را به فضا یا فضاهای کنترل شده انتقال می‌دهد (مانند رادیاتور).

پل حرارتی

Thermal bridge

نقاطی از ساختمان که، به علت ناپیوستگی عایق حرارتی پوسته خارجی، مقاومت حرارتی در آنها کاهش می‌یابد و باعث افزایش موضعی میزان انتقال حرارت می‌گردد.

پوسته خارجی

Building envelope

تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نورگذر و مانند آنها، که از یک طرف یا فضای خارج یا فضای کنترل نشده، و از طرف دیگر با فضای کنترل شده داخل ساختمان در ارتباط هستند.

پوسته خارجی در تمام موارد الزاماً با پوسته کالبدی ساختمان یکی نیست، زیرا پوسته کالبدی ممکن است دربرگیرنده فضاهای کنترل نشده نیز باشد. پوسته خارجی ساختمان همچنین شامل عناصری است که، در وجه خارجی خود، مجاور خاک و زمین هستند.

پوسته کالبدی

Physical envelope

تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوار، سقف، کف، بازشو و مانند آنها، که از یک طرف با فضای خارج و از طرف دیگر با فضای کنترل شده یا فضای کنترل نشده در ارتباط هستند.

تعویض هوا

Air exchange (air change)

تأمین شرایط بهداشتی هوای داخل فضای کنترل شده، با عوض کردن میزان مشخصی از آن هوا با هوای تازه، در یک دوره زمانی.

تغییر کاربری

Change of occupancy

تغییر نوع بهره‌برداری از ساختمان موجود.

گسترش ساختمان موجود در سطح، یا افزودن به طبقات آن.

روند دمیدن یا مکیدن هوا، از طریق طبیعی یا مکانیکی، به هر فضایی یا از هر فضایی، برای تأمین شرایط بهداشت و آسایش (از قبیل کنترل دما و میزان رطوبت هوا، جلوگیری از بروز میعان، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و مانند آنها)، چنین هوایی ممکن است مطلوب شده باشد.

نوعی از تهویه همراه با تنظیم عواملی همچون دما و رطوبت، همراه با حذف آلاینده‌های مختلف (مانند بو، گرد و غبار، میکروارگانیسم‌ها) برای تأمین شرایط تعیین شده.

جداری که ضریب عبور نور مرئی آن بزرگتر از ۰.۰۵ است. جدار نورگذر بر دو نوع شفاف و مات است و شامل پنجره‌ها، نماها و درهای خارجی نورگذر، نورگیرها و مشابه آنهاست.

جرم متوسط یک متر مربع از سطح پوسته داخلی یا خارجی ساختمان.

جرم سطحی بخش رو به داخل جدار تشکیل دهنده پوسته خارجی یا جدارهای داخلی ساختمان، که در محاسبه جرم مؤثر و اینرسی حرارتی ساختمان در نظر گرفته می‌شود (ر.ک. به پیوست ۱).

حاصل ضرب جرم سطحی مؤثر در سطح جدار.

مجموع جرم مؤثر جدارهای تشکیل‌دهنده پوسته خارجی یا جدارهای داخلی ساختمان که در محاسبه اینرسی حرارتی ساختمان در نظر گرفته می‌شود (ر.ک. به پیوست ۱).

نسبت جرم مؤثر ساختمان به سطح زیربنای مفید (ر.ک. به پیوست ۱).

بخشی از پوسته خارجی یا داخلی غیرنورگذر ساختمان که عمودی است، یا زاویه بیش از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی قرار گرفته است.

واحدی براساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار سرمایشی یک ساختمان در اوقات گرم سال به کار می‌رود. روز درجه سرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۲۱ درجه سلسیوس، در اوقاتی از سال که دمای متوسط روزانه از ۲۱ درجه سلسیوس بالاتر است.

واحدی براساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار گرمایشی یک ساختمان در اوقات سرد سال به کار می‌رود. روز درجه گرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۱۸ درجه سلسیوس، در اوقاتی از سال که دمای متوسط روزانه از ۱۸ درجه سلسیوس پایین‌تر است.

مجموع سطح زیربنای فضاهای کنترل‌شده در یک ساختمان.

ساختمان مستقل کم‌ارتفاع Individual (detached or semi-detached) dwelling
ساختمانی حداکثر دو طبقه که از چهار طرف با ساختمان‌های مجاور فاصله دارد، یا دارای فصل مشترکی با مساحت کمتر از ۱۵ متر مربع با آنهاست. در این مبحث، هر جا به اختصار عبارت «ساختمان مستقل» ذکر شود، منظور «ساختمان مستقل کم‌ارتفاع» است.

ساختمان غیرمستقل Attached Building
در این مبحث، هر ساختمانی که در قالب تعریف «ساختمان مستقل کم‌ارتفاع» نگنجد، ساختمان غیرمستقل شناخته می‌شود.

سیستم خورشیدی Solar (energy) system
سیستم خورشیدی (فعال و غیرفعال) با هدف تأمین تمامی یا بخشی از نیاز گرمایی، سرمایی، تهویه، تأمین آب گرم مصرفی و روشنایی ساختمان، با بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سیستم فعال خورشیدی Active solar (energy) system
سیستم خورشیدی که بر خلاف سیستم غیرفعال خورشیدی نیازمند به تجهیزات مکانیکی و یا الکتریکی انرژی‌بر، برای تبدیل، ذخیره‌سازی، انتقال، تغییر وضعیت سیستم، و یا کنترل و تنظیم میزان انرژی با نیاز است. سیستم‌های پیش گرمایش با حرارت خاک، سیستم‌های سرمایش یا پیش‌سرمایش با پرودت خاک، آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی (غیر ترموسیفونی)، سلول‌های خورشیدی، پمپ‌های گرمایی یا ابرگرمایش خورشیدی، سیستم‌های جزیی خورشیدی، چرخ‌های رطوبت‌گیر خورشیدی، سیستم‌های ذخیره‌سازی حرارت یا پرودت در زمین از جمله سیستم‌های فعال خورشیدی هستند.

سیستم غیر فعال خورشیدی Passive solar (energy) system
سیستم خورشیدی که بی‌نیاز به تجهیزات انرژی‌بر یا سیستم‌های تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته است. گلخانه خورشیدی، دیوار ترومب، نمای دو پوسته، پنجره یا جریان هوا، جدارهای ذخیره‌کننده (از نوع سنگین و تغییر فازی)، سایبان‌های منعکس‌کننده، و آب‌گرم‌کن خورشیدی از نوع ترموسیفونی از جمله سیستم‌های خورشیدی غیر فعال هستند.

سیستم قطع و کنترل اتوماتیک Automatic control (& cut out) system
سیستمی که، با روشن و خاموش کردن تأسیسات گرمایی یا سرمایی، دمای رفت سیال یا دمای فضاها را، در محدوده تعیین‌شده، به صورت خودکار تنظیم می‌کند.

شاخص نمود رنگ (CRI) Color rendering index
شاخصی که نشان می‌دهد منبع نوری تا چه حد قابلیت بازتولید رنگ‌های مختلف را، در مقایسه با یک منبع نوری ایدئال، دارد. عناوین دیگری که در بعضی منابع برای این مقدار فیزیکی استفاده شده است عبارتند از: شاخص رنگ‌نمایی، شاخص رنگ‌دهی و شاخص تبیین رنگ.

شاخص خورشیدی (I_s) Solar index
شاخصی که، براساس آن، مقدار بهره‌گیری ساختمان از انرژی تابشی خورشید تعیین می‌شود.

شیشه کم‌گسیل Low-E (Emissivity) glass
شیشه‌ای که، به علت وجود پوشش‌های پایه فلزی میکروسکوپی خاص بر روی یک یا دو سطح آن، تابش فروسرخ سطح گرم شیشه به سطوح سرد پیرامون، و در نتیجه ضریب انتقال حرارت آن، نسبت به شیشه‌های شفاف، کاهش یافته است. شیشه‌های شفاف به‌طور معمول گسیلندگی (ضریب گسیل) حدود ۰٫۸۵ دارند، اما گسیلندگی شیشه کم‌گسیل، در سطحی که پوشش کم‌گسیل بر آن نشانداده شده است، می‌تواند تا میزان ۰٫۰۵ کاهش یابد.

ضریب انتقال حرارت طرح (H) Building heat loss (transfer) coefficient
ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان، یا بخشی از آن، برابر است با مجموع انتقال حرارت از جدارهای فضاها کنترل‌شده، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت [W/K] است. در روش کارکردی، این ضریب با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه می‌گردد.

ضریب انتقال حرارت خطی (Ψ) Linear thermal transmittance

ضریب انتقال حرارت خطی بخشی یک بعدی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از یک متر طول آن عنصر، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت خطی $[W/m.K]$ است.

ضریب انتقال حرارت سطحی (U) Thermal transmittance

ضریب انتقال حرارت سطحی بخشی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از آن با مساحت یک مترمربع، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت $[W/m^2.K]$ است.

ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع (Ū) Required thermal transmittance

ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع، ضریب انتقال حرارت سطحی انواع مختلف جدارهای تشکیل دهنده پوسته خارجی ساختمان (مانند دیوار، سقف، کف، جدار نورگذر، در) است، که در این مبحث برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع به کار می‌رود. واحد ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع $[W/m^2.K]$ است.

ضریب انتقال حرارت مرجع (Ĥ) Required heat loss (transfer) coefficient

ضریب انتقال حرارت مرجع، حداکثر ضریب انتقال حرارت مجاز ساختمان یا بخشی از آن است، و با استفاده از روابط ارائه شده در این مبحث محاسبه می‌گردد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت $[W/K]$ است.

ضریب تبادل حرارت در سطح جدار (h) Surface heat transfer coefficient

نسبت شدت جریان حرارت سطحی به اختلاف دمای سطح جدار و هوای محیط مجاور، در حالت پایدار (ر.ک. به پیوست ۸).

ضریب تصحیح انتقال حرارت مرجع (γ) Required heat transfer correction factor

ضریبی که، در صورت طراحی مناسب و بهره‌گیری بهینه از انرژی خورشیدی در مناطق سردسیر، برای تصحیح مقادیر انتقال حرارت مرجع محاسبه می‌گردد.

ضریب کاهش انتقال حرارت (τ) Thermal transmittance reduction factor

از آنجا که اختلاف دمای فضای داخل و فضایی کنترل نشده کمتر از اختلاف دمای میان فضاهای داخل و خارج است، در محاسبه انتقال حرارت از سطوح مجاور فضاهای کنترل نشده، ضریبی به عنوان ضریب کاهش انتقال حرارت در نظر گرفته می‌شود (ر.ک. به ۱۹-۳-۱-۵).

ضریب عبور (گذر) خورشیدی سطح نورگذر (S) Solar transmittance

نسبت انرژی خورشیدی عبور کرده از سطح نورگذر به انرژی خورشیدی تابیده شده به آن.

ضریب هدایت حرارت (λ) Thermal conductivity

مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متر، در حالت پایدار، می‌گذرد، در زمانی که اختلاف دمای دو سطح طوقین عنصر برابر یک درجه کلوین است. واحد ضریب هدایت حرارت $[W/m.K]$ است.

عایق (عایق حرارت) Thermal insulation (Insulating material)

مصالح یا سیستم ترکیبی که انتقال گرما را از محیطی به محیطی دیگر به طور مؤثر کاهش دهد، در مواردی، عایق حرارت می‌تواند، علاوه بر کاهش انتقال حرارت، کاربردهای دیگری نیز مانند باربری، صدازدی داشته باشد. در این مبحث، کلمه «عایق» معادل عایق حرارت به کار می‌رود. تحت شرایط ویژه، عوازل می‌تواند عایق حرارت محسوب شود.

عایق حرارت قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می‌شود که دارای ضریب هدایت حرارت کمتر یا مساوی $0.065 W/m.K$ و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از $0.5 m^2.K/W$ باشد.

عایق کاری حرارتی (گرمابندی) Thermal insulation

استفاده از عایق‌های حرارتی برای محدود کردن میزان انتقال حرارت در اجزای ساختمانی. سیستم عایق کاری حرارتی باید دو شرط زیر را دارا باشد:

- مقاومت حرارتی کل پوسته خارجی به همراه عایق حرارتی از حد مشخص شده‌ای بیشتر باشد؛
- ضریب هدایت حرارتی عایق مصرفی از حد مشخص شده‌ای بیشتر نباشد.

در برخی موارد، با انتخاب مناسب مصالح مورد نیاز در پوسته خارجی، می‌توان مقاومت حرارتی یادشده در مقررات را بدون استفاده از عایق حرارتی تأمین کرد.

در صورت عایق‌کاری حرارتی مناسب عناصر ساختمان، تأمین و حفظ آسایش حرارتی در فضاهای کنترل‌شده به آسانی و با صرفه‌جویی در مصرف انرژی امکان‌پذیر می‌گردد.

عایق‌کاری حرارتی به وسیله یک ماده یا مصالح خاص یا با سیستمی با چندین کارایی صورت می‌گیرد. برای مثال، یک دیوار باربر می‌تواند در عین حال نقش عایق حرارتی را نیز داشته باشد. ولی در بیشتر موارد، لازم است لایه‌ای ویژه، صرفاً به‌عنوان عایق حرارت، به جدار اضافه شود.

عایق‌کاری حرارتی از داخل

Internal thermal insulation

عایق‌کاری حرارتی اجزای ساختمانی، که با افزودن یک لایه عایق حرارت در سمت داخل صورت می‌گیرد.

عایق‌کاری حرارتی از خارج

External thermal insulation

عایق‌کاری حرارتی اجزای ساختمانی، که با افزودن یک لایه عایق حرارت در سمت خارج صورت می‌گیرد.

عایق‌کاری حرارتی پیرامونی

Peripheral thermal insulation

عایق‌کاری حرارتی با عرضی محدود در کف روی خاک، در مجاورت و امتداد دیوارهای پوسته خارجی ساختمان.

عایق‌کاری حرارتی همگن

Distributed thermal insulation

نوعی عایق‌کاری حرارتی که در آن مصالح ساختمانی مصرف شده، اعم از سازه‌ای و غیر سازه‌ای، در بخش اعظم ضخامت پوسته خارجی (دیوار، سقف، کف)، مقاومت حرارتی زیادی داشته‌باشد.

عناصر ساختمانی

Building elements

بخش‌هایی از ساختمان که برای تأمین نیازهای سازه‌ای یا غیر سازه‌ای طراحی و ساخته شده است و در پیوند با یکدیگر، یکپارچگی ساختمان را تأمین می‌کند (مانند بام، سقف، دیوار و بازشو).

عوامل ویژه

Specific factors

عواملی که وضعیت ساختمان را، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تعیین می‌کنند. این عوامل شامل دو نوع اصلی و فرعی است (ر.ک. به ۱۹-۲ و ۱۹-۳).

فضای زیستی

Living space

فضای مورد استفاده روزمره افراد، اعم از فضای مسکونی، فضای کار و مانند آن‌ها.

فضای کنترل‌شده

Conditioned space

بخش‌هایی از فضای داخل ساختمان، از فضای زیستی و غیر آن، که به علت عملکرد خاص، به طور مداوم تا دمایی برابر، بالاتر یا پایین‌تر از دمای زیست‌گاه گرم یا سرد می‌شوند.

فضای کنترل‌نشده

Unconditioned space

بخش‌هایی از فضای ساختمان که تعریف فضای کنترل‌شده در بر گیرنده آنها نیست (همانند درز انقطاع هواپندشده بین دو ساختمان، راه پله‌ها، دالان‌ها و پارکینگ‌هایی که فاقد پایانه‌های گرمایشی و سرمایشی‌اند).

کاربری ساختمان

Building occupancy

نوع کاربرد ساختمان طبق گروه‌بندی ارائه‌شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (ر.ک. به پیوست ۴). شایان ذکر است که در برخی مباحث مقررات ملی ساختمان، به‌جای واژه «کاربری» عبارت «نحوه تصرف» به کار رفته است.

کف

Floor

عناصر ساختمانی افقی که در بالا یا فضایی کنترل‌شده، و در پایین با خاک، فضای کنترل‌نشده یا فضای خارجی در تماس است. کف بخشی از پوسته خارجی ساختمان محسوب می‌شود.

گرمایش پایه

Background heating

گرمایش اصلی ساختمان که با دمای خارج تنظیم می‌گردد.

گرمایش تکمیلی

Complementary heating

گرمایش فرعی ساختمان که برای جابجایی به نیازهای گرمایی کوتاه مدت، در مواقعی که گرمایش پایه به تنهایی کافی نیست، پیش‌بینی می‌گردد.

گرمایش مرکب

Composite heating

گرمایش تشکیل‌شده از دو مؤلفه پایه و تکمیلی.

لامپ کم‌مصرف (پر بازده)

Low consumption (high efficiency) lamp

لامپ با بازده بیش از ۵۵ لومن بر وات.

محدوده آسایش (حرارتی)

Thermal comfort zone

شرایط حرارتی و رطوبتی که حدود ۸۰٪ ساکنان یا استفاده‌کنندگان در آن احساس آسایش دارند.

محدوده دمای متعارف

Normal temperature interval

محدوده دمایی که در فضاهای دارای عملکرد خاص باید حفظ گردد.

مراجع ذی صلاح

Competent authorities

مراجعی که صلاحیت آنها در زمینه‌های تعیین‌شده در این مبحث مورد تأیید رسمی است، مانند مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

مقاومت حرارتی

Thermal resistance

نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارتی آن. مقاومت حرارتی جدار متشکل از چند لایه مساوی یا مجموع مقاومت‌های هر یک از لایه‌هاست.

مقاومت حرارتی مشخص‌کننده قابلیت عایق بودن یک یا چند لایه از پوسته یا کل پوسته از نظر حرارتی است. مقاومت حرارتی با R نمایانده می‌شود و واحد آن $[m^2K/W]$ است.

نشست هوا

Air leakage

ورود یا خروج هوا در ساختمان، از منافذ و مجراهایی غیر از محل‌هایی که برای تعویض هوا پیش‌بینی شده است.

واحد مسکونی

Residential unit

یک واحد خانه، متشکل از یک اتاق یا بیشتر، که امکانات کامل و مستقل (خواب، خوراک، پخت و پز و بهداشت) برای زندگی یک نفر یا بیشتر در آن فراهم باشد.

هوابندی

Air tightening

جلوگیری از ورود و خروج هوا، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل‌دهنده آن.

۲-۱۹ مقررات کلی طراحی و اجرا

۱-۲-۱۹ مدارک مورد نیاز برای اخذ پروانه ساختمان

در زمان اخذ پروانه ساختمان، لازم است مدارک زیر، برای تأیید ساختمان از نظر ضوابط صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ارائه گردد:

۱-۱-۲-۱۹ گواهی صلاحیت مهندس یا شرکت طراح

۲-۱-۲-۱۹ چک لیست انرژی

چک لیست انرژی باید حاوی خلاصه اطلاعات زیر باشد:

- ۱- مشخصات پرونده ساختمانی و مهندس طراح؛
- ۲- عوامل ویژه اصلی:
 - گونه‌بندی کاربری ساختمان (مطابق ۱-۲-۱۹)؛
 - گونه‌بندی نیاز انرژی سالانه محل استقرار ساختمان (مطابق ۲-۲-۱۹)؛
 - گونه‌بندی سطح زیربنای مفید ساختمان (مطابق ۳-۲-۱۹)؛
 - گونه‌بندی شهر محل استقرار ساختمان (مطابق ۴-۲-۱۹)؛
- ۳- گروه ساختمان از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی (که بر اساس عوامل ویژه اصلی یاد شده و مطابق بند ۵-۲-۱۹ تعیین می‌شود)؛
- ۴- گونه‌بندی نحوه استفاده از ساختمان (منقطع یا غیرمنقطع، مطابق ۲-۳-۱۹)؛
- ۵- روش مورد استفاده برای طراحی عایق‌کاری حرارتی پوسته ساختمان؛
- ۶- مشخصات حرارتی مصالح و عایق‌های حرارتی مصرفی در ساختمان؛

۷- مشخصات حرارتی انواع جدارهای تشکیل دهنده پوسته خارجی ساختمان؛

۸- ضرایب انتقال حرارت طرح و مرجع ساختمان (در صورت استفاده از روش کارکردی)؛

۹- مجموعه راه حل های فنی مورد استفاده و الزامات تعیین شده در آن با توجه به موقعیت جدارها و نحوه عایق کاری حرارتی آن ها (در صورت استفاده از روش تجویزی)؛

۱۰- مشخصات فنی مرتبط با مصرف انرژی سیستم مکانیکی گرمایی و سرمایی، تهویه و تهویه مطبوع و تأمین آب گرم؛

۱۱- شدت روشنایی فضاها و نحوه کنترل آن.

۱۹-۲-۱-۳ نقشه های ساختمان

نقشه های ساختمان، شامل پلان طبقات، پلان بام، نماها، مقاطع و جزئیات اجرایی پوسته خارجی ساختمان هستند. در نقشه های پلان طبقات، پلان بام، نماها و مقاطع، باید محل عایق کاری حرارتی مشخص شده باشد (ر.ک. به پیوست ۱۲).

در صورت احداث ساختمان، نقشه های مربوط به تمامی طبقات آن باید ارائه گردد؛ و در موارد بهسازی، بازسازی، تغییر کاربری، یا توسعه ساختمان، تنها ارائه اطلاعات مربوط به واحد یا واحدهای مستقل که تغییر در آنها صورت خواهد گرفت کافی است. تمامی نقشه های نام برده و مشخصات فنی مربوط باید به تأیید و امضای مهندس یا شرکت طراح برسد.

جزئیات اجرایی پوسته خارجی ساختمان باید با مقیاس هایی از قبیل ۱:۱، ۱:۲، ۱:۵ یا ۱:۱۰ (بر حسب نیاز) تهیه شوند؛ و در آنها نحوه اجرای عایق کاری حرارتی و مشخصات فنی مصالح تشکیل دهنده پوسته خارجی مشخص شده باشد.

۱۹-۲-۱-۴ مشخصات فیزیکی مصالح و سیستم های عایق حرارت

در طراحی و اجرای ساختمان اگر از مصالح و سیستم های عایق حرارت سنتی و متعارف استفاده شود، لازم است مشخصات فنی مورد نیاز، مانند چگالی و پوشش محافظ احتمالی، به همراه نقشه ها و دیگر مدارک، برای تعیین ضرایب انتقال حرارت و مقاومت های حرارتی این نوع مصالح و سیستم های مورد استفاده در پوسته خارجی ساختمان، مطابق دستورالعمل های داده شده در مراجع معتبر و یا جداول پیوست های ۷ و ۸ این مبحث، ارائه شود.

در صورتی که مقادیر مربوط به مصالح یا اجزای ساختمانی به خصوصی در مراجع ذی صلاح یافت نشود، یا سازنده ای مدعی باشد که تولیداتی یا مقادیر و مشخصات حرارتی بهتر از مقادیر تعیین شده در مراجع معتبر عرضه کرده است، لازم است گواهی فنی معتبر آن محصولات ضمیمه مدارک گردد. این گواهی فنی باید حاوی ضرایب هدایت حرارت، یا مقاومت های حرارتی محصول، با ضخامت های مورد استفاده در طراحی ساختمان، و دیگر مشخصات فنی مورد نیاز برای ارزیابی همه جانبه محصول و آیین نامه اجرای آن باشد.

در این صورت، مقادیر ذکر شده در گواهی فنی، تا زمان اعتبار آن، در طراحی و محاسبات ملاک عمل خواهد بود. از طرف دیگر، باید به این نکته توجه شود که بهره گیری از محصولات دارای برجسب انرژی، مانند عایق های حرارتی یا در و پنجره های عایق، تا حد امکان در اولویت قرار گیرد، و در زمان انتخاب، حتی الامکان مصالح، فرآورده ها و سیستم هایی در نظر گرفته شود که دارای برجسب انرژی هستند.

۱۹-۲-۱-۵ مشخصات فنی سیستم های مکانیکی و روشنایی

مشخصات فنی مرتبط با مصرف انرژی سیستم های مکانیکی مورد استفاده در ساختمان ها، اعم از سیستم های گرمایی، سرمایی، تهویه، تهویه مطبوع و تأمین آب گرم مصرفی، و همچنین سیستم روشنایی، باید توسط مراجع معتبر تعیین شده باشد، تا در محاسبات و طراحی مورد استفاده قرار گیرد. در صورت فقدان گواهی مشخصات فنی، ضروری است پیش از بهره برداری از این تجهیزات اقدامات لازم برای تعیین مشخصات فنی مورد نیاز صورت گیرد.

۱۹-۲-۲ عوامل ویژه اصلی و گروه بندی ساختمان ها

حداقل میزان صرفه جویی الزامی در مصرف انرژی، که در این مبحث برای پوسته خارجی ساختمان ها مشخص شده است، به چهار عامل ویژه اصلی وابسته است. براساس این عوامل ساختمان ها از نظر میزان صرفه جویی الزامی در مصرف انرژی گروه بندی می شوند. عوامل ویژه اصلی تعیین کننده گروه ساختمان، از نظر میزان صرفه جویی الزامی در مصرف انرژی، به قرار زیر است:

- گونه بندی کاربری ساختمان؛

- گونه بندی نیاز سالانه انرژی گرمایی - سرمایی محل استقرار ساختمان؛

- گونه‌بندی سطح زیربنای مفید ساختمان؛

- گونه‌بندی شهر محل استقرار ساختمان.

در این بخش، ابتدا به گونه‌بندی هر یک از عوامل فوق و سپس به گروه‌بندی ساختمان‌ها، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پرداخته می‌شود.

۱۹-۲-۱-۱ گونه‌بندی کاربری (یا نحوه تصرف) ساختمان

ساختمان‌ها از نظر نوع کاربری یا نحوه تصرف به چهار گروه الف، ب، ج، د تقسیم می‌شوند. برای تعیین گونه‌بندی ساختمان از نظر نوع کاربری به پیوست ۴ رجوع شود.

در صورتی که بخش یا بخش‌هایی از ساختمان، با مساحت بیش از ۱۵۰ مترمربع، و یا نحوه تصرف متفاوت با کاربری عمومی ساختمان (کاربری بخش اصلی ساختمان) جزو فضاهای داخلی ساختمان محسوب شود، باید برای هر بخش گروه‌بندی جداگانه منظور شود و مقررات مربوط به آن گروه‌بندی رعایت شود، و در صورت لزوم عایق‌کاری حرارتی بین قسمت‌های با استفاده مداوم و منقطع صورت گیرد.

۱۹-۲-۲-۲ گونه‌بندی نیاز سالانه انرژی محل استقرار ساختمان

در این مبحث، مناطق مختلف کشور، از نظر سطح نیاز انرژی گرمایی - سرمایی سالانه، سه گونه‌اند:

- مناطق دارای نیاز سالانه انرژی کم؛
- مناطق دارای نیاز سالانه انرژی متوسط؛
- مناطق دارای نیاز سالانه انرژی زیاد.

لازم به توضیح است نیاز سالانه انرژی زیاد در مناطقی مطرح می‌شود که یا سردسیر هستند و نیاز گرمایی بالایی دارد، یا بسیار گرم یا گرم و مرطوب هستند و نیاز سرمایی بالایی دارند.

در پیوست سوم، گونه‌بندی نیاز سالانه انرژی ۲۴۵ شهر کشور، که دارای ایستگاه هواشناسی‌اند، درج شده است. در صورتی که شهر محل استقرار ساختمان در این پیوست ذکر نشده باشد، باید داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی مندرج در این پیوست ملاک عمل قرار گیرد.

۱۹-۲-۳-۳ گونه‌بندی سطح زیربنای مفید ساختمان

در این مبحث، ساختمان‌ها، از نظر سطح زیربنای مفید، دو گونه‌اند:

- ساختمان‌های دارای زیربنای مفید کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ مترمربع؛

- ساختمان‌های دارای زیربنای مفید بیش از ۱۰۰۰ مترمربع.

۱۹-۲-۴-۴ گونه‌بندی شهر محل استقرار ساختمان

شهرها، در این مبحث، به دو گونه‌اند:

- شهرهای بزرگ: مراکز استان‌ها و شهرهای دارای بیش از یک میلیون نفر جمعیت؛

- شهرهای کوچک: شهرهایی با جمعیت کمتر از یک میلیون نفر که مرکز استان نیستند.

۱۹-۲-۵-۵ گروه‌بندی ساختمان‌ها از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی

برای طراحی ساختمان، طبق ضوابط مندرج در این مبحث، لازم است ابتدا گروه ساختمان، از نظر میزان صرفه‌جویی الزامی در مصرف انرژی تعیین گردد. در این مبحث گروه‌های چهارگانه ساختمان‌ها به قرار زیر است:

- گروه ۱: ساختمان‌های ملزم به صرفه‌جویی زیاد در مصرف انرژی؛

- گروه ۲: ساختمان‌های ملزم به صرفه‌جویی متوسط در مصرف انرژی؛

- گروه ۳: ساختمان‌های ملزم به صرفه‌جویی کم در مصرف انرژی؛

- گروه ۴: ساختمان‌های بدون نیاز به صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

گروه ساختمان‌ها، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پس از تعیین عوامل ویژه اصلی و براساس جدول مندرج در پیوست پنجم این مبحث، تعیین می‌شود. در این مبحث، مراد از «ساختمان گروه ۱، ۲، ۳ یا ۴» گروه‌بندی فوق است.

۱۹-۲-۳ عوامل ویژه فرعی

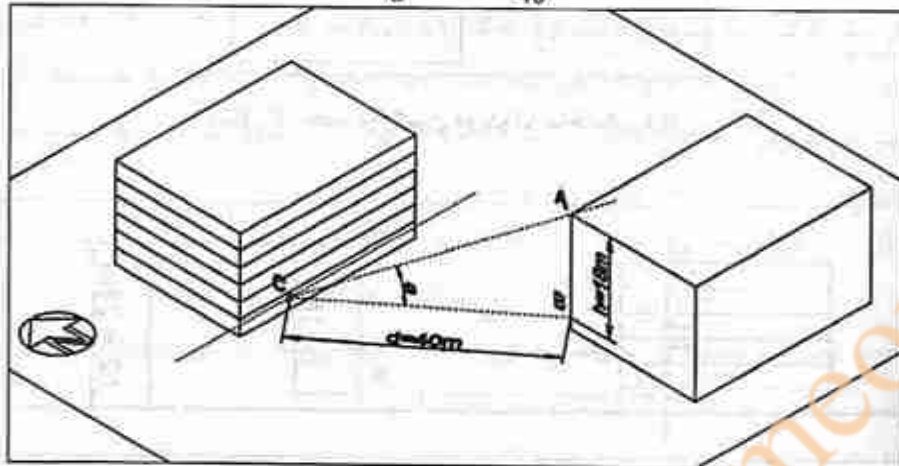
حداقل میزان صرفه‌جویی الزامی در مصرف انرژی مشخص شده در این مبحث، به عوامل ویژه دیگری نیز وابسته است، که عوامل ویژه فرعی نامیده می‌شوند. عوامل ویژه فرعی عبارتند از:

مثال ۱: در شکل ۲ تا شکل ۴، محل قرارگیری دو بلوک ساختمانی هر یک به ارتفاع ۲۰ متر نشان داده شده است. در این مثال، زاویه دید در نقطه C مدنظر است. این نقطه در طبقه همکف یکی از بلوکها به فاصله ۱۰ متر از لبه ساختمان و در ارتفاع ۲ متری از کف زمین واقع شده است. در این مثال، فاصله افقی دو نقطه برابر با ۴۰ متر و فاصله عمودی برابر است با:

$$20 - 2 = 18m$$

تعیین زاویه دید در نقطه C به شرح زیر صورت می گیرد:

$$\alpha = \arctan \frac{h}{d} = \arctan \frac{18}{40} = 24.23^\circ$$



شکل ۲ نحوه قرارگیری دو بلوک ساختمانی (سه بعدی)

- شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی؛

- نحوه استفاده از ساختمان با کاربری غیرمسکونی.

۱۹-۲-۳-۱ گونه بندی از نظر شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی

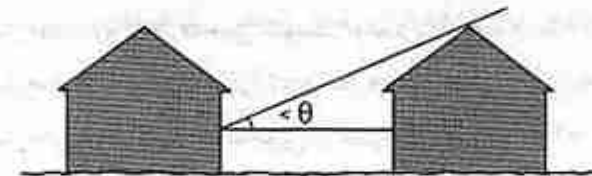
ساختمان ها، از نظر شرایط بهره گیری از انرژی خورشیدی، به دو گونه تقسیم می شوند:

- ساختمان های دارای امکان بهره گیری مناسب از انرژی خورشیدی؛

- ساختمان های دارای محدودیت در بهره گیری از انرژی خورشیدی.

ساختمانی دارای امکان بهره گیری مناسب از انرژی خورشیدی شناخته می شود که، مطابق پیوست ۳، دارای نیاز غالب سرمایی نباشد، مساحت جدارهای نورگذر آن در جهت جنوب شرقی تا جنوب غربی بیش از یک نهم زیربنای مفید ساختمان باشد، و همچنین موانع تابش نور خورشید به ساختمان با زاویه ای کمتر از ۲۵ درجه نسبت به افق دیده شود (ر. ک. به پیوست ۲).

ساختمانی که فاقد یکی از شرایط فوق باشد، ساختمان دارای محدودیت در بهره گیری از انرژی خورشیدی تلقی می شود.



شکل ۱ تعیین زاویه موانع تابش نور خورشید

در ادامه، به کمک یک مثال ساده، نحوه محاسبه زاویه دید ساختمان موردنظر نسبت به سطح افق تشریح می گردد. همان طور که توضیح داده شد، در صورتی که این زاویه کمتر از ۲۵ درجه باشد، ساختمان موردنظر به عنوان ساختمانی شناخته می شود که دارای امکان بهره گیری مناسب از انرژی خورشیدی می باشد.

- استفاده مداوم: استفاده از ساختمان (یا بخشی از آن) به گونه‌ای که تعریف استفاده منقطع بر آن صادق نباشد.

مثال ۲: تعیین نوع استفاده از ساختمان

ساختمان اداری که ساعات کار رسمی آن از ۸ صبح تا ۴ بعد است، حتی اگر فرض نماییم که از ساعت ۶ تا ۸ صبح و از ساعت ۴ تا ۶ بعد از ظهر نیز بخشی از کارمندان در ساختمان حضور دارند، وقفه استفاده از ساختمان ۱۲ ساعت خواهد بود، و می‌توان ساختمان را با استفاده منقطع محسوب نمود.

بدیهی است در اوقات سرد سال، کاهش میزان گرمایش فضاها در زمان‌های عدم بهره‌برداری (برای مثال ساعات تعطیلی یک ساختمان اداری) باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود. انجام این کار، با در نظر گرفتن سیستم‌های برنامه‌ریزی امکان‌پذیر می‌گردد (ر.ک. به ۱۹-۴-۲-۱-۱). البته، کاهش میزان گرمایش در هیچ شرایطی نباید باعث ایجاد خطر یخ‌زدگی در جدارها یا سیستم‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان گردد. در اوقات گرم سال نیز، کاهش میزان سرمایش در اوقات عدم حضور بهره‌برداران کاهش مصرف انرژی را به دنبال دارد.

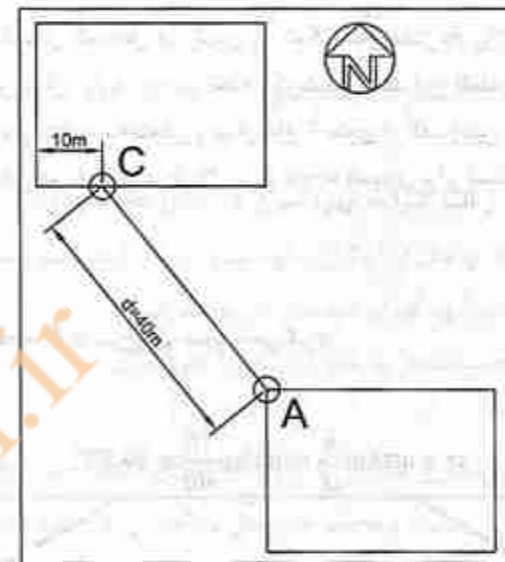
اگر از برخی فضاهای ساختمان به صورت مداوم و از برخی دیگر به صورت منقطع استفاده شود، نوع استفاده از بخش بزرگ‌تر ملاک تصمیم‌گیری در مورد کل ساختمان است، مگر آنکه مساحت بخش یا بخش‌های کوچک‌تر بیش از ۱۵۰ مترمربع باشد. در این صورت لازم است محاسبات حرارتی هر بخش به صورت مستقل صورت پذیرد.

در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که در زمان‌هایی که به دلیل عدم حضور بهره‌برداران، میزان گرمایش یا سرمایش بخشی از فضاها کاهش می‌یابد، انتقال حرارت از جدارهای مابین فضاهای با استفاده مداوم و منقطع افزایش می‌یابد. در نتیجه، برای جلوگیری از افزایش مصرف انرژی در فضاهای با استفاده مداوم، لازم است عایق کاری حرارتی جدارهای بین فضاهای با استفاده مداوم و منقطع صورت گیرد.

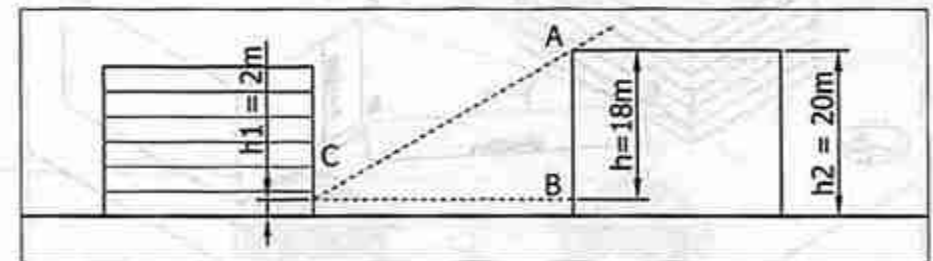
در حالت‌های زیر، فضاهای با استفاده منقطع، با استفاده مداوم تلقی می‌شوند:

- اینرسی حرارتی زیاد جدارهای فضاهای مربوط (ر.ک. به پیوست ۱)؛

- عدم امکان کاهش (در اوقات سرد) یا افزایش (در اوقات گرم) دمای هوای فضا، بیش از ۷ درجه سلسیوس، فراتر از محدوده دمای تعیین‌شده برای زمان‌های بهره‌برداری از ساختمان.



شکل ۳ نحوه قرارگیری دو بلوک ساختمانی (پلان)



شکل ۴ نحوه قرارگیری دو بلوک ساختمانی (مقطع)

۱۹-۲-۳-۲ گونه‌بندی نحوه استفاده از ساختمان‌های غیرمسکونی

ساختمان‌های غیر مسکونی، از نظر نحوه استفاده، به دو گونه تقسیم می‌گردد:

- استفاده منقطع: استفاده از ساختمان (یا بخشی از آن)، به گونه‌ای که در هر شبانه‌روز، دست‌کم ده ساعت در روند استفاده وقفه بیفتد و بتوان کنترل دما در محدوده متعارف زمان اشغال فضاها را متوقف کرد.

لازم به توضیح است اینرسی حرارتی زیاد برای فضاهای با استفاده منقطع توصیه نمی‌شود، زیرا برای رسانیدن جدارهای سنگین این فضاها به دمای مورد نظر، باید انرژی قابل توجهی مصرف شود، و این امر اثر کاهش میزان گرمایش یا سرمایش در زمان‌های عدم بهره‌برداری را بسیار کم‌رنگ می‌کند.

این گونه‌بندی در تعیین ضرایب انتقال حرارت مرجع (روش کارکردی، بند ۱۹-۳-۱) تأثیرگذار است.

۱۹-۲-۴ روش‌های طراحی پوسته خارجی ساختمان

ضوابط طراحی پوسته خارجی ساختمان‌ها، برای کاهش انتقال حرارت، در بخش ۱۹-۳ بیان شده است. طراحی و تعیین میزان عایق‌کاری حرارتی اجزای پوسته ساختمان‌ها، به جز ساختمان‌های گروه چهارم، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی (رک به بخش ۱۹-۲-۵)، باید با یکی از دو روش زیر صورت گیرد:

- روش الف (کارکردی) که در مورد همه ساختمان‌ها کاربرد دارد و مبنای آن میزان کل نیاز انرژی سالانه است (بخش ۱۹-۳-۱).

- روش ب (تجویزی) که تنها در مورد ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، به صورت منفرد یا مجتمع و با زیربنای کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع، و ساختمان‌های گروه ۳ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی به کار می‌رود. در این روش، دو مجموعه راه حل فنی ب-۱ و ب-۲ ارائه شده است (بخش ۱۹-۳-۲).

لازم به توضیح است روش ب (تجویزی) تنها در مورد ساختمان‌های کوچک (با حجم سرمایه‌گذاری اندک) دارای توجیه است، و در صورتی که طراح اقتصادی‌ترین راه‌حل‌ها را مد نظر داشته باشد، لازم است طراحی را با استفاده از روش کارکردی انجام دهد.

۱۹-۲-۵ طراحی سیستم‌های مکانیکی

ضوابط طراحی و انتخاب تجهیزات برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های مکانیکی و آب گرم مصرفی ساختمان‌ها در بخش ۱۹-۴ ارائه شده است. رعایت این ضوابط در مورد تمامی ساختمان‌های دارای کاربری‌های اعلام‌شده در پیوست ۴ الزامی است.

۱۹-۲-۶ طراحی سیستم روشنایی

در روشنایی یا استفاده از انرژی الکتریکی، در ساختمان‌های دارای کاربری‌های اعلام‌شده در پیوست ۴، لازم است، علاوه بر الزامات مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، موارد مندرج در بخش ۱۹-۵ این مبحث نیز مد نظر قرار گیرد.

لازم به توضیح است اینرسی حرارتی زیاد برای فضاهای با استفاده منقطع توصیه نمی‌شود، زیرا برای رسانیدن جدارهای سنگین این فضاها به دمای مورد نظر، باید انرژی قابل توجهی مصرف شود، و این امر اثر کاهش میزان گرمایش یا سرمایش در زمان‌های عدم بهره‌برداری را بسیار کم‌رنگ می‌کند.

این گونه‌بندی در تعیین ضرایب انتقال حرارت مرجع (روش کارکردی، بند ۱۹-۳-۲) تأثیرگذار است.

۴-۲-۱۹ روش‌های طراحی پوسته خارجی ساختمان

ضوابط طراحی پوسته خارجی ساختمان‌ها، برای کاهش انتقال حرارت، در بخش ۱۹-۳ بیان شده است. طراحی و تعیین میزان عایق‌کاری حرارتی اجزای پوسته ساختمان‌ها، به جز ساختمان‌های گروه چهار، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی (رک به بخش ۱۹-۲-۵)، باید با یکی از دو روش زیر صورت گیرد:

- روش الف (کارکردی) که در مورد همه ساختمان‌ها کاربرد دارد و مبنای آن میزان کل نیاز انرژی سالانه است (بخش ۱۹-۳-۱).

- روش ب (تجویزی) که تنها در مورد ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، به صورت منفرد یا مجتمع و با زیربنای کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع، و ساختمان‌های گروه ۳ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی به کار می‌رود. در این روش، دو مجموعه راه حل فنی ب-۱ و ب-۲ ارائه شده است (بخش ۱۹-۳-۲).

لازم به توضیح است روش ب (تجویزی) تنها در مورد ساختمان‌های کوچک (با حجم سرمایه‌گذاری اندک) دارای توجیه است، و در صورتی که طراح اقتصادی‌ترین راه‌حل‌ها را مد نظر داشته باشد، لازم است طراحی را با استفاده از روش کارکردی انجام دهد.

۵-۲-۱۹ طراحی سیستم‌های مکانیکی

ضوابط طراحی و انتخاب تجهیزات برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های مکانیکی و آب گرم مصرفی ساختمان‌ها در بخش ۱۹-۴ ارائه شده است. رعایت این ضوابط در مورد تمامی ساختمان‌های دارای کاربری‌های اعلام‌شده در پیوست ۴ الزامی است.

۶-۲-۱۹ طراحی سیستم روشنایی

در روشنایی با استفاده از انرژی الکتریکی، در ساختمان‌های دارای کاربری‌های اعلام‌شده در پیوست ۴، لازم است، علاوه بر الزامات میحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، موارد مندرج در بخش ۱۹-۵ این میحث نیز مد نظر قرار گیرد.

۳-۱۹ پوسته خارجی ساختمان

بخش قابل توجهی از تبادل حرارت ساختمان از طریق پوسته خارجی آن صورت می‌گیرد. میزان انتقال حرارت از جدارهای پوسته خارجی ساختمان به ضریب هدایت حرارت مصالح به کار رفته و ضخامت لایه‌های مختلف آن بستگی دارد.

در این قسمت، ضوابط طراحی پوسته خارجی ساختمان‌ها، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، توضیح داده می‌شود. این ضوابط در قالب دو روش الف (کارکردی) و روش ب (تجویزی)، در بندهای ۱۹-۳ و ۱۹-۳-۲، ارائه می‌گردد.

در محاسبه و طراحی عایق‌کاری حرارتی پوسته انواع ساختمان‌ها می‌توان از روش کارکردی بهره گرفت، اما روش تجویزی تنها در موارد مطرح شده در جدول ۱ (صفحه ۲) به کار برده می‌شود (برای محاسبه عایق‌کاری حرارتی پوسته ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، به صورت منفرد یا مجتمع و با زیربنای کمتر از ۲۰۰۰ متر مربع، و ساختمان‌های گروه ۳، از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی).

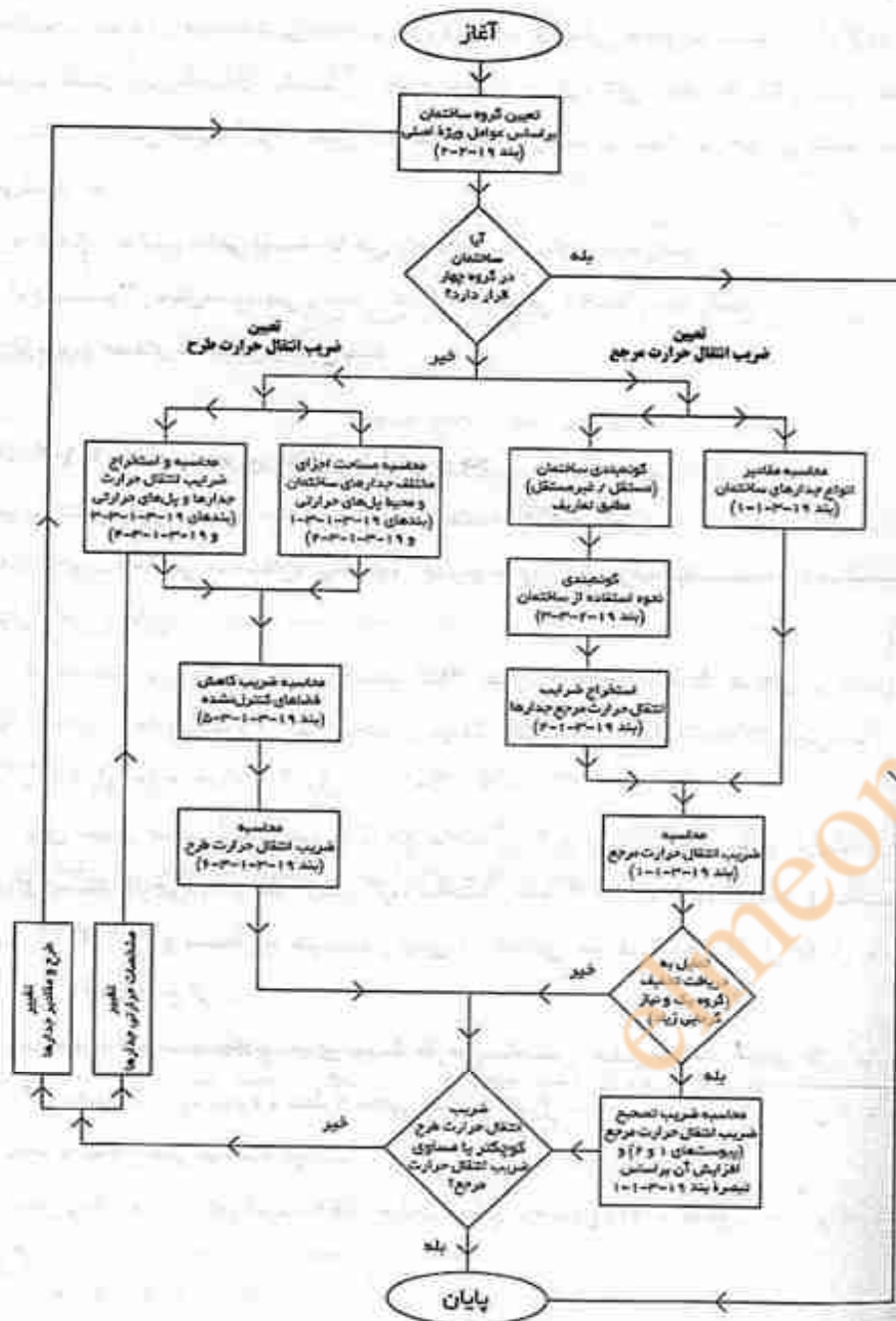
۱۹-۳-۱ روش الف - روش کارکردی

روش کارکردی را می‌توان برای تمام ساختمان‌ها به کار برد، اما طراحی با آن نیازمند محاسبات انتقال حرارت پوسته خارجی ساختمان است. در مواردی که در جدول ۱ (صفحه ۲) مشخص شده است، می‌توان از روش تجویزی (بند ۱۹-۳-۲) استفاده کرد.

برای محاسبه عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌ها به روش کارکردی، ابتدا باید گروه ساختمان، از لحاظ میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تعیین گردد. گروه ساختمان با توجه به عوامل ویژه اصلی (بند ۱۹-۳-۲) و پیرامونی جدول مندرج در پیوست ۵ این مبحث تعیین می‌گردد. پس از آن، باید

میزان عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌ها، با محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح، و مقایسه آن با حداکثر مقدار مجاز (ضریب انتقال حرارت مرجع) تعیین شود.

روش محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع و ضریب انتقال حرارت طرح به ترتیب در بندهای ۱۹-۱-۱ و ۱۹-۳-۳ توضیح داده شده است. در شکل ۵ نیز نمودار گردشی مراحل محاسبات عایق کاری حرارتی پیوسته ساختمان در روش کارکردی نشان داده شده است.



شکل ۵ نمودار گردش مراحل محاسبه عایق کاری حرارتی پوسته ساختمان مطابق روش کارکردی

$$\dot{H} = (A_W \times \dot{U}_W) + (A_R \times \dot{U}_R) + (A_F \times \dot{U}_F) + (P \times \dot{U}_P) + (A_G \times \dot{U}_G) + (A_D \times \dot{U}_D) + (A_{WB} \times \dot{U}_{WB})$$

در این رابطه تعاریف مقادیر فیزیکی به شرح زیر است:

A_W -	مساحت کل دیوارهای مجاور فضای خارج	$[m^2]$
\dot{U}_W -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع دیوارها	$[W/m^2K]$
A_R -	مساحت کل بام‌های تخت یا شیب‌دار مجاور فضای خارج	$[m^2]$
\dot{U}_R -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع بام تخت یا شیب‌دار	$[W/m^2K]$
A_F -	مساحت کل کف زیرین در تماس با هوای خارج	$[m^2]$
\dot{U}_F -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع کف زیرین در تماس با هوا	$[W/m^2K]$
P -	محیط کل کف زیرین در تماس با خاک، مجاور فضای خارج	$[m]$
\dot{U}_P -	ضریب انتقال حرارت خطی مرجع کف زیرین در تماس با خاک	$[W/mK]$
A_G -	مساحت کل جدارهای نورگذر مجاور خارج (سطوح شیشه و قاب)	$[m^2]$
\dot{U}_G -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع جدارهای نورگذر با قاب‌های آنها	$[W/m^2K]$
A_D -	مساحت کل درهای مجاور فضای خارج	$[m^2]$
\dot{U}_D -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع درها	$[W/m^2K]$
A_{WB} -	مساحت کل سطوح در تماس با فضای کنترل‌نشده	$[m^2]$
\dot{U}_{WB} -	ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع جدارهای در تماس با فضای کنترل‌نشده	$[W/m^2K]$

توضیحات:

- ۱- سطوح تمام جدارهای ساختمانی (A_W, A_D, A_F, A_R, A_G) و محیط کف زیرین در تماس با خاک (P) از طرف داخل ساختمان محاسبه می‌شوند.
- ۲- تمام ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی در بخش ۱۹-۳-۱ ارائه شده است.
- ۳- منظور از «جدار مجاور فضای خارج» جدار است که بین یک فضای کنترل‌شده و فضای خارج قرار گرفته است. همچنین، منظور از «جدار مجاور فضای کنترل‌نشده» جدار است که بین یک فضای کنترل‌شده و یک فضای کنترل‌نشده قرار گرفته است (شکل ۶). در محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع، سطوح جدارهای بین فضای کنترل‌نشده و فضای خارج در نظر گرفته نمی‌شود.

محاسبات باید برای هر ساختمان منفرد و برای هر واحد آپارتمانی به صورت مستقل انجام گردد. در صورت یکسان بودن واحدهای ساختمان از نظر مشخصات حرارتی، کافی است محاسبات براساس بعضی واحدهای شاخص صورت گیرد. شایان ذکر است واحدهای یک ساختمان در صورتی یکسان تلقی می‌شوند که:

- مشخصات حرارتی تمامی پوسته خارجی واحدهای ساختمان مشابه باشد؛
- نوع سیستم گرمایش، سرمایش و تأمین آب گرم در تمامی واحدها مشابه باشد؛
- کاربری واحدهای ساختمان یکسان باشد.

۱۹-۳-۱-۱ محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع

ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان (\dot{H}) بر حسب $[W/K]$ برابر است با حداکثر انتقال حرارت مجاز از پوسته خارجی ساختمان، در شرایط پایدار و به ازای یک درجه سلسیوس اختلاف دما بین هوای داخل و خارج.

در محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع، انتقال حرارت از بام‌ها، دیوارها، کف‌های در تماس با هوا یا خاک، درها و سطوح نورگذر ساختمان در نظر گرفته می‌شود. این جدارها ممکن است در تماس با فضای خارج، فضاهای کنترل‌نشده یا خاک باشند.

برای تعیین ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان، لازم است ضرایب انتقال حرارت مرجع اجزای پوسته خارجی، با در نظر گرفتن گروه ساختمان (بند ۱۹-۲-۲)، نحوه استفاده از ساختمان (بند ۱۹-۲-۳-۲) و مستقل یا غیرمستقل بودن آن (مطابق تعاریف صفحه ۸)، از جداول بخش ۱۹-۳-۱-۲ استخراج گردد.

در ضمن، لازم است مقادیر اجزای پوسته خارجی ساختمان (شامل مساحت خالص کل دیوارها، بام، کف مجاور هوا، در، پنجره و سطوح مجاور فضاهای کنترل‌نشده و محیط کف در تماس با خاک) با توجه به ابعاد داخلی محاسبه گردد.^۱

پس از طی مراحل بالا، ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان (\dot{H}) از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

۱. در محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع، تنها پل حرارتی کف در تماس با خاک در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲ محاسبه ضریب γ برای ساختمان‌های غیرمستقل - فضاهای با استفاده مداوم
بر حسب اینرسی حرارتی ساختمان و شاخص خورشیدی

اینرسی حرارتی	شاخص خورشیدی I_s		
	$I_s \geq 0.2$	$0.1 < I_s \leq 0.2$	$I_s \leq 0.1$
کم	۰.۰۶	۰.۰۳	۰
متوسط	۰.۱۰	۰.۰۵	۰
زیاد	۰.۱۲	۰.۰۶	۰

جدول ۳ محاسبه ضریب γ ساختمان‌های غیرمستقل - فضاهای با استفاده منقطع
بر حسب اینرسی حرارتی ساختمان و شاخص خورشیدی

اینرسی حرارتی	شاخص خورشیدی I_s		
	$I_s \geq 0.2$	$0.1 < I_s \leq 0.2$	$I_s \leq 0.1$
اختیاری	۰.۰۸	۰.۰۴	۰

جدول ۴ ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی* برای ساختمان‌های گروه یک
(ساختمان‌های ملزم به صرفه‌جویی زیاد در مصرف انرژی)

نوع ساختمان و نحوه استفاده	ساختمان مستقل	ساختمان غیرمستقل با استفاده مداوم	ساختمان غیرمستقل با استفاده منقطع
دیوار	۰.۷۰	۰.۸۰	۱.۱۰
بام تخت یا شیب‌دار	۰.۳۰	۰.۵۰	۰.۵۵
کف در تماس با هوا	۰.۴۵	۰.۵۰	۰.۵۵
کف در تماس با خاک	۱.۴۵	۱.۴۵	۱.۶۰
جدار نورگذر	۲.۷۰	۲.۷۰	۳.۴۰
در	۳.۵۰	۳.۵۰	۳.۵۰
جدارهای مجاور فضای کنترل‌نشده	۰.۵۵	۰.۵۵	۰.۷۰

* ضرایب بر حسب $W/m^2.K$ داده شده است، غیر از \dot{U}_p که بر حسب $W/m.K$ است.



شکل ۶ موقعیت جدارهای مجاور خارج و مجاور فضای کنترل‌نشده در پلان شماتیک سه نمونه ساختمان

تبصره ۱: در مناطق دارای نیاز گرمایی زیاد (مطابق پیوست ۳)، می‌توان ضریب انتقال حرارت مرجع محاسبه‌شده را به میزان 0.7γ (بر حسب وات بر کلونین) افزایش داد. در این رابطه، V حجم فضای مفید ساختمان و γ ضریب تصحیح انتقال حرارت مرجع است.

مقادیر ضریب γ براساس اینرسی حرارتی ساختمان و شاخص خورشیدی تعیین می‌گردد. برای ساختمان‌های غیرمستقل با فضاهای مورد استفاده مداوم، ضریب γ از جدول ۲ و برای ساختمان‌های غیرمستقل با فضاهای مورد استفاده منقطع، ضریب γ از جدول ۳ استخراج می‌شود. روش تعیین اینرسی حرارتی ساختمان و شاخص خورشیدی به ترتیب در پیوست ۱ و پیوست ۲ ارائه گردیده است. در این پیوست‌ها، مثال‌هایی نیز برای تعیین جرم موثر جدارها و رده اینرسی حرارتی ساختمان ارائه شده است.

جدول ۶ ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی* برای ساختمان های گروه سه (ساختمان های ملزم به صرفه جویی کم در مصرف انرژی)

نوع ساختمان و نحوه استفاده	ساختمان مستقل	ساختمان غیرمستقل با استفاده مداوم	ساختمان غیرمستقل با استفاده منقطع
دیوار \dot{U}_w	۱,۰۲	۱,۱۷	۱,۶۱
بام تخت یا شیب دار \dot{U}_R	۰,۴۴	۰,۷۳	۰,۸۰
کف در تماس با هوا \dot{U}_F	۰,۶۶	۰,۷۳	۰,۸۰
کف در تماس با خاک \dot{U}_P	۲,۱۲	۲,۱۲	۲,۳۴
جدار نورگذر \dot{U}_G	۳,۹۴	۳,۹۴	۴,۹۶
در \dot{U}_D	۵,۱۱	۵,۱۱	۵,۱۱
جدارهای مجاور فضای کنترل نشده \dot{U}_{WB}	۰,۸۰	۰,۸۰	۱,۰۲

* ضرایب بر حسب $W/m^2.K$ داده شده است، غیر از \dot{U}_P که بر حسب $W/m.K$ است.

۱۹-۳-۳ محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح و کنترل مشخصات پوسته

پس از تعیین ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان، لازم است ضریب انتقال حرارت طرح محاسبه و با مقدار مرجع مقایسه گردد. ضریب انتقال حرارت طرح باید با طی مراحل مندرج در بندهای ۱۹-۳-۱-۳ تا ۱۹-۳-۱-۶ تعیین و مطابق توضیحات بند ۱۹-۳-۱-۳ با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه شود.

۱۹-۳-۱-۳ محاسبه مساحت اجزای پوسته خارجی

برای محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح، باید مقادیر تمام اجزای پوسته خارجی، که دارای مشخصات حرارتی متفاوتی هستند یا در مجاورت فضاهای متفاوتی از نظر کنترل دما قرار گرفته اند، به صورت جداگانه محاسبه گردد. این مقادیر شامل مساحت خالص انواع دیوارها، بامها، کفهای مجاور هوا، درها و پنجره ها است، که در مجاورت فضای خارج، یا فضاهای کنترل نشده، قرار گرفته اند. در محاسبه این سطوح، باید ابعاد داخلی قضاها ملاک قرار گیرد.

۱۹-۳-۲ ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی پوسته خارجی

ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر پوسته خارجی، براساس گروه ساختمان، نحوه استفاده از آن، و مستقل یا غیرمستقل بودن ساختمان، در جدول ۴ تا جدول ۶ درج شده است. برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان (\dot{H})، لازم است ضرایب انتقال حرارت اجزای پوسته ساختمان از جداول مذکور استخراج و در رابطه بخش ۱۹-۳-۱-۱ قرار داده شوند.

جدول ۵ ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی* برای ساختمان های گروه دو (ساختمان های ملزم به صرفه جویی متوسط در مصرف انرژی)

نوع ساختمان و نحوه استفاده	ساختمان مستقل	ساختمان غیرمستقل با استفاده مداوم	ساختمان غیرمستقل با استفاده منقطع
دیوار \dot{U}_w	۰,۸۸	۱,۰۱	۱,۳۹
بام تخت یا شیب دار \dot{U}_R	۰,۳۸	۰,۶۳	۰,۶۹
کف در تماس با هوا \dot{U}_F	۰,۵۷	۰,۶۳	۰,۶۹
کف در تماس با خاک \dot{U}_P	۱,۸۳	۱,۸۳	۲,۰۲
جدار نورگذر \dot{U}_G	۳,۴	۳,۴	۴,۲۸
در \dot{U}_D	۴,۴۱	۴,۴۱	۴,۴۱
جدارهای مجاور فضای کنترل نشده \dot{U}_{WB}	۰,۶۹	۰,۶۹	۰,۸۸

* ضرایب بر حسب $W/m^2.K$ داده شده است، غیر از \dot{U}_P که بر حسب $W/m.K$ است.

تبصره ۲: چنانچه ساختمانی، مطابق پیوست ۳، دارای نیاز غالب سرمایی باشد و تمام جدارهای نورگذر پوسته خارجی آن از سایه بان های معین شده در پیوست ۱۰ برخوردار باشند، می توان ضرایب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی را با ضریب ۱,۱ افزایش داد.

۱۹-۳-۱-۳-۲ محاسبه محیط پل‌های حرارتی پوسته خارجی

همراه با محاسبه مساحت اجزای مختلف پوسته خارجی، لازم است طول پل‌های حرارتی پوسته خارجی ساختمان محاسبه گردد [۳]. مقادیر پل‌های حرارتی شامل موارد زیر است:

- محیط کف و دیوار مجاور خاک؛

- محیط کف‌های زیرین؛

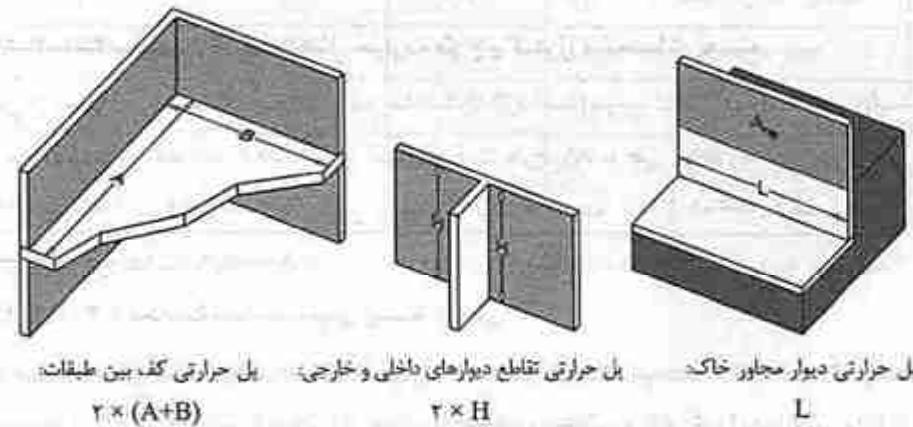
- محیط سقف‌های میانی (که باید در عدد ۲ ضرب شود)؛

- محیط سقف‌های نهایی؛

- طول اتصالات دیوارهای داخلی و خارجی (که باید در عدد ۲ ضرب گردد)؛

- طول اتصالات بازشوها و جدارهای غیرنور گذر.

باید متذکر شد که چنانچه برای تسریع و ساده‌سازی عملیات، حذف محاسبات دقیق و تفکیکی پل‌های حرارتی مد نظر باشد، می‌توان از محاسبه طول پل‌های حرارتی صرف‌نظر کرد؛ اما در این صورت، لازم است ضریب انتقال حرارت اجزای ساختمانی دارای پل حرارتی، براساس مقادیر داده‌شده در جدول ۷۹ پیوست ۱۱، افزایش یابد.



شکل ۷ طرح برخی از پل‌های حرارتی در پوسته خارجی ساختمان

۱۹-۳-۱-۳-۳ محاسبه و استخراج ضرایب انتقال حرارت اجزای پوسته

اقدام دیگر در تعیین ضریب انتقال حرارت طرح، محاسبه یا استخراج ضرایب انتقال حرارت سطحی تمامی اجزای پوسته خارجی است.

ضریب انتقال حرارت جدارهای کدر ساختمان باید با استفاده از ضرایب هدایت حرارت مصالح متداول (پیوست ۷) و مقاومت‌های حرارتی قطعات ساختمانی، لایه‌های هوا و سطوح داخلی و خارجی پوسته خارجی (پیوست ۸) محاسبه گردد.

لازم است ضریب انتقال حرارت بازشوها و جدارهای نورگذر پوسته خارجی ساختمان نیز براساس جداول پیوست ۹ این مبحث تعیین گردد.

در صورتی که مقادیر مربوط به مصالح، یا اجزایی، در پیوست‌های مذکور نیامده باشد و یا سازنده‌ای مدعی باشد که محصولاتی با مشخصات حرارتی بهتر از مقادیر مندرج در منابع معتبر عرضه کرده است، لازم است گواهی فنی معتبر محصول مورد نظر ضمیمه مدارک گردد.

این گواهی فنی باید مشتمل بر ضرایب هدایت حرارت یا مقاومت‌های حرارتی محصول، با ضخامت‌های مورد استفاده در طراحی ساختمان، و همچنین دیگر مشخصات فنی مورد نیاز برای ارزیابی همه‌جانبه محصول و آیین اجرای آن باشد. در این حالت، مقادیر مذکور در گواهی فنی، تا زمان اعتبار آن، ملاک طراحی و محاسبات خواهد بود.

در بخش پ ۱۲-۲-۴ (ص ۲۰۴) مثال‌های محاسبه ضرایب انتقال حرارت سطحی جدارهای مختلف ارائه شده است.

۱۹-۳-۱-۳-۴ استخراج ضرایب انتقال حرارت خطی پل‌های حرارتی

علاوه بر محاسبه ضرایب انتقال حرارت سطحی اجزای پوسته، ضروری است ضرایب انتقال حرارت خطی پل‌های حرارتی ساختمان نیز، با استفاده از پیوست ۱۱ این مبحث، تعیین گردد.

در صورتی که، به منظور تسریع و ساده‌سازی عملیات، تمایلی به انجام محاسبات دقیق و تفکیکی پل‌های حرارتی وجود نداشته باشد، می‌توان با صرف‌نظر از استخراج ضرایب انتقال حرارت خطی پل‌های حرارتی، ضریب انتقال حرارت سطحی اجزای ساختمانی دارای پل حرارتی را، با استفاده از مقادیر تعیین‌شده در جدول ۷۹ پیوست ۱۱، افزایش داد.

۱۹-۳-۱-۳-۵ محاسبه ضریب کاهش انتقال حرارت فضاهای کنترل‌نشده

علاوه بر موارد یادشده در فوق، آنچه باید در محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح انجام گیرد، تعیین ضریب کاهش انتقال حرارت تمام فضاهای کنترل‌نشده ساختمان است.

دهد در این حالت، در مورد جدارهای میان آن فضای کنترل نشده و خارج، باید به جای ضریب کاهش انتقال حرارت U_i ، ضریب U_{fi} در محاسبه وارد گردد. اگر ضریب کاهش انتقال حرارت فضای کنترل نشده محاسبه نشده باشد، لازم است عدد یک، به عنوان ضریب کاهش انتقال حرارت این اجزاء مفروض و در رابطه بالا قرار داده شود.

چنانچه، به ملاحظه ساده سازی عملیات، از محاسبه دقیق ضریب کاهش انتقال حرارت فضایی کنترل نشده صرف نظر شود، ضریب کاهش انتقال حرارت آن فضا برابر یک فرض می شود. در بخش ب ۱۲-۲-۶ (ص ۲۰۸) نمونه محاسبه ضرایب کاهش انتقال حرارت فضاهای کنترل نشده ارائه شده است.

۱۹-۳-۱-۳-۶ محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح

پس از مراحل فوق، باید ضریب انتقال حرارت طرح (H) با محاسبه مجموع حاصل ضرب های مساحت اجزای مختلف پوسته در ضریب انتقال حرارت و ضریب کاهش انتقال حرارت متناظر هر کدام از آنها، و همچنین مجموع حاصل ضرب های محیط پل های حرارتی در ضریب انتقال حرارت خطی و ضریب کاهش انتقال حرارت متناظر یا آنها تعیین گردد، که در رابطه زیر بیان شده است:

$$H = \sum_{i=1}^n (A_{wi} \times U_{wi} \times T_i) + \sum_{i=1}^n (A_{ri} \times U_{ri} \times T_i) + \sum_{i=1}^n (A_{fi} \times U_{fi} \times T_i) + \sum_{i=1}^n (A_{gi} \times U_{gi} \times T_i) + \sum_{i=1}^n (A_{di} \times U_{di} \times T_i) + \sum_{i=1}^n (P_i \times \Psi_i \times T_i)$$

در این رابطه تعاریف مقادیر فیزیکی به شرح زیر است:

A_{wi}	مساحت خالص هر یک از انواع دیوارهای مجاور خارج یا فضای کنترل نشده	$[m^2]$
U_{wi}	ضریب انتقال حرارت سطحی متناظر با هر کدام از انواع دیوارها	$[W/m^2K]$
A_{ri}	مساحت خالص هر کدام از انواع بام تخت یا شیب دار مجاور خارج یا فضای کنترل نشده	$[m^2]$
U_{ri}	ضریب انتقال حرارت سطحی متناظر با انواع بام تخت یا شیب دار	$[W/m^2K]$
A_{fi}	مساحت خالص هر کدام از انواع کف زیرین در تماس با هوای خارج یا کنترل نشده	$[m^2]$
U_{fi}	ضریب انتقال حرارت سطحی متناظر با انواع کف زیرین در تماس با هوا	$[W/m^2K]$
A_{gi}	مساحت خالص انواع جدارهای نورگذر و قاب آنها، مجاور خارج یا کنترل نشده	$[m^2]$
U_{gi}	ضریب انتقال حرارت سطحی متناظر با انواع جدارهای نورگذر	$[W/m^2K]$
A_{di}	مساحت خالص هر کدام از انواع درهای خارجی یا مجاور فضای کنترل نشده	$[m^2]$
U_{di}	ضریب انتقال حرارت سطحی متناظر با انواع درهای خارجی	$[W/m^2K]$

با توجه به آنکه اختلاف دمای فضای داخل با فضاهای کنترل نشده کمتر از اختلاف دمای فضاهای داخل و خارج است و در نتیجه مقدار انتقال حرارت از جدارهای مجاور فضای کنترل نشده کمتر از مقدار انتقال حرارت از جدارهای مجاور خارج است، لازم است این موضوع، با استفاده از یک ضریب کاهش، در محاسبات لحاظ شود.

به این ترتیب، تعیین ضریب کاهش انتقال حرارت هر یک از فضاهای کنترل نشده ساختمان و منظور کردن آن در محاسبه انتقال حرارت اجزای مجاور این فضاها، ضرورت می یابد. از رابطه زیر، ضریب کاهش یک فضای کنترل نشده به دست می آید:

$$\tau = \frac{\sum A_e U_e}{\sum A_e U_e + \sum A_i U_i}$$

τ : ضریب کاهش انتقال حرارت فضای کنترل نشده

$[m^2]$

A_e : مساحت خالص جدار بین فضای کنترل نشده و خارج

$[W/m^2K]$

U_e : ضریب انتقال حرارت سطحی جدار بین فضای کنترل نشده و خارج

$[m^2]$

A_i : مساحت خالص جدار بین فضای کنترل نشده و فضای کنترل شده

$[W/m^2K]$

U_i : ضریب انتقال حرارت سطحی جدار بین فضای کنترل نشده و فضای کنترل شده

توضیحات:

۱- منظور از جدار مجاور فضای خارج جداري است که بین یک فضای کنترل شده و فضای خارج قرار گرفته باشد. همچنین منظور از جدار مجاور فضای کنترل نشده جداري است که بین فضای کنترل شده و فضای کنترل نشده قرار می گیرد (شکل ۶). در رابطه بالا، سطوح جدارها و پل های حرارتی بین فضاهای کنترل شده و فضای خارج در نظر گرفته نمی شود.

۲- ضریب کاهش انتقال حرارت جدارهای مجاور فضای خارج برابر یک است.

۳- ضریب کاهش انتقال حرارت هر یک از جدارهای مجاور فضای کنترل نشده برابر ضریب کاهش انتقال حرارت محاسبه شده برای آن فضای کنترل نشده است (بند ۱۹-۳-۱-۳-۵). در صورت عدم تمایل به انجام محاسبه فوق، ضریب کاهش انتقال حرارت جدارهای مجاور آن فضا باید برابر یک در نظر گرفته شود.

۴- اگر طراح بخواهد جدارهای میان فضایی کنترل نشده و فضای خارج را عایق کاری حرارتی نماید (شکل ۸ب)، باید در محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح، به جای جدارهای میان آن فضای کنترل نشده و فضاهای کنترل شده، تمام جدارهای میان فضای کنترل نشده مذکور و فضای خارج را در رابطه فوق قرار

در این روش، حداقل مشخصات حرارتی قابل قبول جدارهای پوسته خارجی، براساس گروه ساختمان از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ر. ک. به بخش ۱۹-۲-۵)، در دو مجموعه راه‌حل فنی زیر ارائه می‌شود و لازم‌الاجراست:

ب-۱) مجموعه راه‌حل‌های فنی، با بهره‌گیری از پنجره‌های برتر (ص ۴۶ تا ۵۳)؛ که برای ساختمان‌های دارای شرایط استفاده از روش تجویزی و واقع در گروه‌های ۱، ۲ یا ۳ از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در نظر گرفته شده است.

ب-۲) مجموعه راه‌حل‌های فنی، با بهره‌گیری از پنجره‌های ساده (ص ۵۴ تا ۵۹)؛ که برای ساختمان‌های دارای شرایط استفاده از روش تجویزی و واقع در گروه‌های ۲ یا ۳ از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در نظر گرفته شده است.

جدول ۷ رده‌بندی کیفی پنجره‌ها در عایق‌کاری حرارتی ساختمان مطابق روش تجویزی*

رده	جنس پنجره	نوع شیشه	کیفیت پنجره
۱	یوپی‌وی‌سی	دوجداره ساده یا کم‌گسیل	با گواهی‌نامه فنی
	آلومینیومی حرارت‌شکن	دوجداره کم‌گسیل	با گواهی‌نامه فنی
۲	یوپی‌وی‌سی	دوجداره ساده یا کم‌گسیل	-
	آلومینیومی حرارت‌شکن	دوجداره ساده	با گواهی‌نامه فنی
	چوبی	دوجداره ساده یا کم‌گسیل	با گواهی‌نامه فنی
۳	تمام انواع	تمام انواع تک‌جداره	-

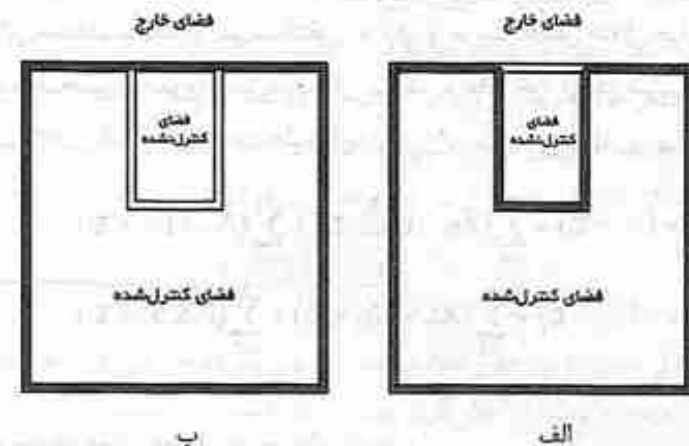
* لازم است توضیح داده شود که دسته‌بندی فوق تنها از لحاظ انتقال حرارت است و میزان نشت هوا ملاک نبوده است.

مطابق مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱، جدارهای نورگذر ساختمان باید به لحاظ مشخصات حرارتی از انواع برتر این جدارها باشند؛ در حالی که براساس مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۲، استفاده از پنجره‌های ساده نیز مجاز است، ولی دیوارهای ساختمان باید مقاومت حرارتی بیشتری نسبت به

- P_i - محیط انواع کف در تماس با خاک و پل‌های حرارتی
 Ψ_i - ضریب انتقال حرارت خطی متناظر با انواع کف در تماس با خاک و پل‌های حرارتی [W/mK]
 T_i - ضریب کاهش انتقال حرارت هر جدار

۳-۱۹-۷ مقایسه ضریب انتقال حرارت طرح و مرجع

پس از محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح، این ضریب با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه می‌شود. در روش کارکردی، عایق‌کاری حرارتی ساختمان باید به گونه‌ای طراحی شود که ضریب انتقال حرارت طرح (H) کوچکتر از یا مساوی ضریب انتقال حرارت مرجع (\hat{H}) باشد در صورت بیشتر بودن ضریب انتقال حرارت طرح از ضریب انتقال حرارت مرجع، باید با اصلاح مشخصات حرارتی و یا مقادیر اجزای پوسته خارجی، ضریب انتقال حرارت طرح را تا مقداری کمتر از یا مساوی ضریب انتقال حرارت مرجع، کاهش داد.



شکل ۸ الف: عایق‌کاری حرارتی دیوارهای مجاور خارج و دیوارهای مجاور فضای کنترل‌نشده
 ب: عایق‌کاری حرارتی دیوارهای مجاور خارج و دیوارهای بین فضای کنترل‌نشده و خارج

۳-۱۹-۲ روش ب - روش تجویزی

طراحی با روش تجویزی، در مقایسه با روش کارکردی، به مراتب ساده‌تر است. این روش در مورد ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، به صورت منفرد یا مجتمع و با زیربنای کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع، و ساختمان‌های گروه ۳، از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، قابل استفاده است.

۱۹-۲-۳-۴ نکاتی دربارهٔ مجموعه راه‌حل‌های فنی روش تجویزی

در مورد مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی، که در بخش‌های ۱۹-۲-۳-۵ و ۱۹-۲-۳-۶ آمده است، در نظر گرفتن موارد زیر لازم است:

- در عایق‌کاری حرارتی جدارهای خارجی ساختمان‌های غیرمسکونی گروه ۳، از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، که به صورت منقطع استفاده می‌شوند (ر. که. به ۱۹-۲-۳-۲)، تنها می‌توان از روش‌های عایق‌کاری حرارتی از داخل و مقادیر متناظر با آنها استفاده نمود.

- مقادیر مقاومت حرارتی داده‌شده در مورد دیوار، بام و کف مجاور هوا مربوط به تمامی ضخامت جدارها است. بنابراین، لازم است مقاومت حرارتی عایق، با استفاده از مقادیر بیان‌شده در راه‌حل فنی و با در نظر گرفتن مقاومت حرارتی دیگر لایه‌های جدار، تعیین شود.

- مقادیر مقاومت حرارتی داده‌شده در مورد کف روی خاک تنها مربوط به لایهٔ عایق حرارتی است. در مورد فضاهای کنترل‌نشده، طراح می‌تواند، به جای عایق‌کاری حرارتی جدارهای مجاور فضای کنترل‌نشدهٔ ساختمان (شکل ۸ الف، ص ۴۲)، به عایق‌کاری حرارتی تمام جدارهای میان آن فضای کنترل‌نشده و فضای خارج (شکل ۸ ب، ص ۴۲)، یا استفاده از مقادیر و مشخصات تعیین‌شده برای جدارهای مجاور خارج، بپردازد.

- در مورد آن بخش از جدارهای جانبی ساختمان که، با درز انقطاع از ساختمان قطعه مجاور جدا شده است، لازم است نکات زیر مد نظر قرار گیرد:

الف- در صورت پوشیده بودن کامل فضای درز انقطاع، و نیز یقین داشتن به کنترل‌شده بودن فضاهای ساختمان مجاور، نیازی به عایق‌کاری حرارتی آن جدارها نیست، اما در صورتی که اطلاعاتی در مورد نحوهٔ کنترل دمایی ساختمان مجاور در دست نباشد، جدار مجاور آن ساختمان مانند جدار مجاور فضای کنترل‌نشده در نظر گرفته می‌شود.

ب- در صورت پوشیده نشدن درز میان دو ساختمان، جدار مجاور آن مانند جدار مجاور فضای خارج در نظر گرفته می‌شود.

- در مورد آن بخش از جدارهای جانبی ساختمان که بدون درز انقطاع به پناهی قطعه مجاور چسبیده‌اند، اگر فضاهای بنای مجاور کنترل‌شده باشند، نیاز به عایق‌کاری حرارتی این جدارها نیست. اما اگر نحوهٔ کنترل دمایی ساختمان مجاور معلوم نباشد، جدار مجاور آن ساختمان مانند جدار مجاور فضای کنترل‌نشده در نظر گرفته می‌شود.

مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱ داشته باشند، در جدول ۷، رده‌بندی کیفی پنجره‌ها در عایق‌کاری حرارتی ساختمان مطابق روش تجویزی درج شده است.

۱۹-۲-۳-۵ الزامات در راه‌حل‌های فنی روش تجویزی

در هر یک از مجموعه راه‌حل‌های فنی، الزامات زیر در مورد مشخصات حرارتی جدارهای ساختمان تعیین شده است:

- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها، در دو حالت مجاورت دیوار با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوهٔ عایق‌کاری حرارتی (خارجی، داخلی، میانی، همگن)؛
- حداقل مقاومت حرارتی بام، در دو حالت مجاورت بام با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوهٔ عایق‌کاری حرارتی بام و دیوارهای ساختمان؛
- رده‌بندی کیفی جدارهای نورگذر ساختمان؛
- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا، در دو حالت مجاورت کف با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوهٔ عایق‌کاری حرارتی کف مجاور هوا و دیوارهای ساختمان؛
- روش قابل قبول عایق‌کاری حرارتی کف روی خاک (سراسری یا پیرامونی) و حداقل مقاومت حرارتی عایق حرارتی مورد استفاده.

۱۹-۲-۳-۶ اثر بهره‌گیری مناسب از نور خورشید

در صورتی که ساختمان دارای شرایط استفاده از روش تجویزی، مطابق پیوست ۳ دارای نیاز غالب گرمایی باشد و مطابق توضیحات بند ۱۹-۲-۳-۱ امکان بهره‌گیری مناسب از انرژی خورشیدی وجود داشته باشد، می‌توان حداقل مقاومت‌های حرارتی ارائه‌شده در راه‌حل‌های فنی را با ضریب ۰.۹۵ کاهش داد.

۱۹-۲-۳-۷ اثر بهره‌گیری از سایه‌بان مناسب

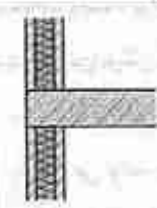
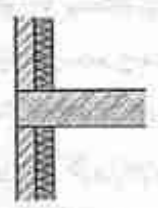
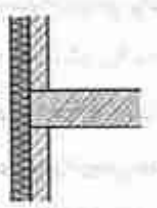

در صورتی که ساختمان دارای شرایط استفاده از روش تجویزی، مطابق پیوست ۳ دارای نیاز غالب سرمایی باشد و تمامی جدارهای نورگذر پوستهٔ خارجی ساختمان نیز سایه‌بان‌های معین‌شده در پیوست ۱۰ را داشته باشند، می‌توان حداقل مقاومت‌های حرارتی ارائه‌شده در راه‌حل‌های فنی را با ضریب ۰.۹ کاهش داد.

۱۹-۳-۲-۵ مجموعه راه حل های فنی تجویزی ب-۱ (با پنجره برتر)

۱۹-۳-۲-۵-۱ ساختمان های گروه ۱ از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

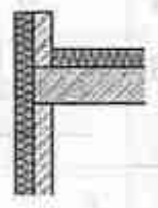
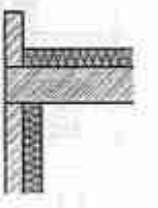
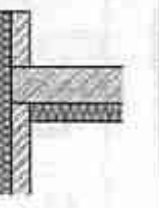

 الف- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها $[m^2.K/W]$

جدول ۸ حداقل مقاومت حرارتی دیوارها در ساختمان های گروه ۱ با پنجره برتر در روش تجویزی

دیوار مجاور فضای کنترل نشده	دیوار مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی خارجی	عایق حرارتی همگن
				
۱/۰	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۱

 ب- حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف $[m^2.K/W]$

جدول ۹ حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف در ساختمان های گروه ۱ با پنجره برتر در روش تجویزی

بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	بام یا سقف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف	عایق حرارتی داخلی بام یا سقف	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف	عایق حرارتی داخلی بام یا سقف
	با عایق کاری داخلی بام یا سقف	با عایق کاری خارجی بام یا سقف	با عایق کاری داخلی بام یا سقف	با عایق کاری خارجی بام یا سقف
				
۱/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۲/۱

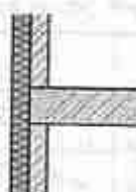
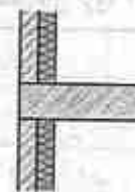
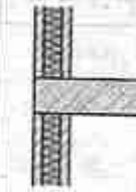
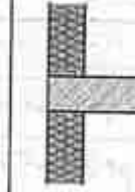
ج- حداقل مشخصات جدارهای نورگذر

همه جدارهای نورگذر مجاور خارج باید مطابق جدول ۷ دارای رده کیفی یک باشند جدارهای نورگذر مجاور فضاهای کنترل نشده را می توان از هر کدام از رده های کیفی ۱، ۲ یا ۳ انتخاب کرد.

۳-۱۹-۲-۵-۲ ساختمان‌های گروه ۲ از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

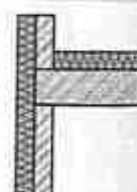
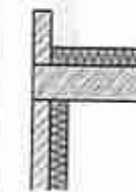
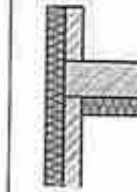
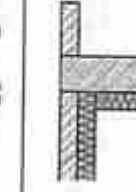
الف- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها $[m^2.K/W]$

جدول ۱۲ حداقل مقاومت حرارتی دیوارها در ساختمان‌های گروه ۲ با پنجره برتر در روش تجویزی

دیوار مجاور فضای کنترل نشده	دیوار مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی همگن
				
۰/۸	۰/۹	۱/۵	۱/۵	۱/۴

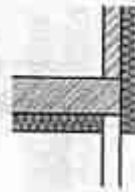

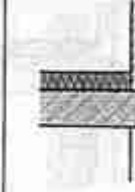

ب- حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف $[m^2.K/W]$

جدول ۱۳ حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف در ساختمان‌های گروه ۲ با پنجره برتر در روش تجویزی

بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	بام یا سقف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف	عایق حرارتی داخلی بام یا سقف	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی همگن
				
۰/۸	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۱/۶

د- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا $[m^2.K/W]$

جدول ۱۰ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا در ساختمان‌های گروه ۱ با پنجره برتر در روش تجویزی

کف مجاور فضای کنترل نشده	کف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی کف	عایق حرارتی داخلی کف	عایق حرارتی میانی کف	عایق حرارتی همگن کف
				
۰/۹	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۲/۱

ه- حداقل مقاومت حرارتی عایق کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده $[m^2.K/W]$

جدول ۱۱ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده در ساختمان‌های گروه ۱

با پنجره برتر در روش تجویزی

موقعیت کف ساختمان		
بیش از ۴۰ سانتی‌متر	کمتر از ۴۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه، یا هم‌تراز با محوطه، یا پایین‌تر از محوطه	عایق کاری سراسری
بالاتر از محوطه	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی
۰/۹	۰/۷	با عرض حداقل ۷۰ سانتی‌متر
۱/۱		

ه - حداقل مقاومت حرارتی عایق کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده $[m^2.K/W]$

جدول ۱۵ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده در ساختمان های گروه ۲

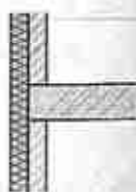
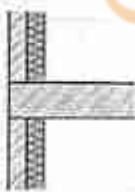
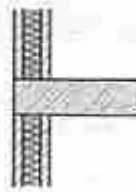
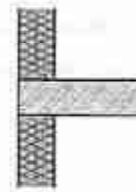
با پنجره برتر در روش تجویزی

موقعیت کف ساختمان					
بیش از ۱۰۰ سانتی متر بالاتر از محوطه		به میزان ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی متر بالاتر از محوطه		پایین تر از محوطه، هم تراز با محوطه، یا کمتر از ۴۰ سانتی متر بالاتر از محوطه	
عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۱۰۰ سانتی متر	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۷۰ سانتی متر	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۵۰ سانتی متر
۰٫۷	۰٫۹	۰٫۵	۰٫۷	۰٫۳	۰٫۵

۱۹-۳-۲-۳-۵-۳ ساختمان های گروه ۳ از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

الف - حداقل مقاومت حرارتی دیوارها $[m^2.K/W]$

جدول ۱۶ حداقل مقاومت حرارتی دیوارها در ساختمان های گروه ۳ با پنجره برتر در روش تجویزی

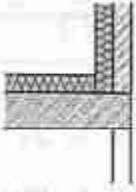
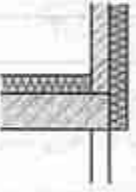
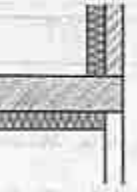
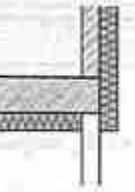
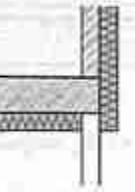
دیوار مجاور فضای کنترل نشده	دیوار مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی همگن
				
۰٫۷	۰٫۸	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۱

ج - حداقل مشخصات جدارهای نورگذر

جدارهای نورگذر مجاور خارج باید، مطابق جدول ۷، دارای رده کیفی ۲ یا ۱ باشند. جدارهای نورگذر مجاور فضاهای کنترل نشده را می توان از رده های کیفی ۱، ۲ یا ۳ انتخاب کرد.

د - حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا $[m^2.K/W]$

جدول ۱۴ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا در ساختمان های گروه ۲ با پنجره برتر در روش تجویزی

کف مجاور فضای کنترل نشده	کف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی داخلی کف		عایق حرارتی خارجی کف	
	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار
				
۰٫۷	۱٫۵	۲٫۲	۲٫۲	۲٫۲

ب- حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف $[m^2.K/W]$

جدول ۱۷ حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف در ساختمان‌های گروه ۳ با پنجره برتر در روش تجویزی

بام یا سقف مجاور فضای کنترل شده	بام یا سقف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف		عایق حرارتی داخلی بام یا سقف	
	با عایق کاری خارجی	با عایق کاری داخلی	با عایق کاری خارجی	با عایق کاری داخلی
	یا میان دیوار	یا میان دیوار	یا میان دیوار	یا میان دیوار
۰٫۷	۱٫۴	۱٫۷	۱٫۷	۱٫۷

ج- حداقل مشخصات جدارهای نورگذر

تمام جدارهای نورگذر مجاور خارج باید، مطابق جدول ۷، دارای رده کیفی ۲ یا ۱ باشند. جدارهای نورگذر مجاور فضاهای کنترل‌نشده را می‌توان از هر کدام از رده‌های کیفی ۱، ۲ یا ۳ انتخاب کرد.

 د- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا $[m^2.K/W]$

جدول ۱۸ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا در ساختمان‌های گروه ۳ با پنجره برتر در روش تجویزی

کف مجاور فضای کنترل شده	کف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی کف		عایق حرارتی داخلی کف	
	با عایق کاری خارجی	با عایق کاری داخلی	با عایق کاری خارجی	با عایق کاری داخلی
	یا میان دیوار	یا میان دیوار	یا میان دیوار	یا میان دیوار
۰٫۶	۱٫۳	۱٫۷	۱٫۷	۱٫۷

 ه- حداقل مقاومت حرارتی عایق کف مجاور خاک فضاهای کنترل‌شده $[m^2.K/W]$

جدول ۱۹ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور خاک فضاهای کنترل‌شده در ساختمان‌های گروه ۳

با پنجره برتر در روش تجویزی

موقعیت کف ساختمان				
کف ساختمان به میزان ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		کف ساختمان پایین‌تر از محوطه، هم‌تراز یا محوطه، یا کمتر از ۴۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		
عایق کاری پیرامونی	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی
با عرض حداقل ۷۰ سانتی‌متر	با عرض حداقل ۵۰ سانتی‌متر	کف روی خاک فضاهای کنترل‌شده ضرورت ندارد.	کف روی خاک فضاهای کنترل‌شده ضرورت ندارد.	کف روی خاک فضاهای کنترل‌شده ضرورت ندارد.
۰٫۵	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۲

ب- حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف $[m^2.K/W]$

جدول ۲۱ حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف در ساختمان‌های گروه ۲ با پنجره ساده در روش تجویزی

بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	بام یا سقف مجاور فضای خارج				توضیح: مقادیر مقاومت حرارتی بام مستقل از نسبت سطح جدارهای نورگذر به دیوارهای خارجی است.
	عایق حرارتی داخلی بام یا سقف		عایق حرارتی خارجی بام یا سقف		
	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میلانی دیوار	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میلانی دیوار	
۰/۸	۱/۶	۲/۱	۲/۱	۲/۱	

ج- حداقل مشخصات جدارهای نورگذر

چنانچه سطح جدارهای نورگذر فضاهای کنترل‌شده مساوی یا کمتر از ۲۰ درصد سطح کل دیوارهای خارجی ساختمان باشد، می‌توان، با رعایت الزامات تعیین‌شده در این بخش، از پنجره‌های رده کیفی ۳ (طبق جدول ۷) استفاده کرد. در غیر این صورت، لازم است از مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱ مربوط به این گروه (بند ۱۹-۳-۲-۵-۲) بهره‌جست.

۱۹-۳-۲-۶ مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۲ (با پنجره ساده)

۱۹-۳-۲-۶-۱ ساختمان‌های گروه ۲ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی

 الف- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها $[m^2.K/W]$


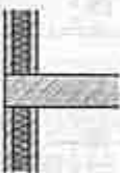

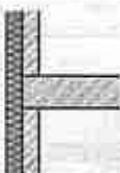
جدول ۲۰ حداقل مقاومت حرارتی دیوارها در ساختمان‌های گروه ۲ با پنجره ساده در روش تجویزی

دیوار مجاور فضای کنترل‌نشده	دیوار مجاور فضای خارج				درصد نسبت به دیوارهای خارجی نورگذر
	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی میلانی	عایق حرارتی همگن	عایق حرارتی خارجی	
۰/۸	غیرمجاز	غیرمجاز	غیرمجاز	۲/۵	۱۶-۲۰
۰/۸	۴/۱	۴/۹	۴/۹	۱/۷	۱۱-۱۵
۰/۸	۲/۸	۳/۲	۳/۲	۱/۴	۱۰ و کمتر

۱۹-۳-۲-۶-۲ ساختمان‌های گروه ۳ از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی


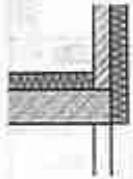
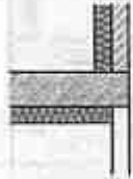

 الف- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها $[m^2.K/W]$

جدول ۲۴ حداقل مقاومت حرارتی دیوارها در ساختمان‌های گروه ۳ با پنجره ساده در روش تجویزی

دیوار مجاور فضای کنترل نشده	دیوار مجاور فضای خارج				نسبت به دیوارهای خارجی ترصد سطح چهارهای نورگذر
	عایق حرارتی همگن	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی خارجی	
					
۰٫۷	۴٫۶	۵٫۷	۵٫۷	۱٫۸	۲۱-۲۵
۰٫۷	۲٫۸	۳٫۲	۳٫۲	۱٫۴	۱۶-۲۰
۰٫۷	۲٫۱	۲٫۴	۲٫۴	۱٫۲	۱۱-۱۵
۰٫۷	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۰	۱٫۱	۱ و کمتر

 د- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا $[m^2.K/W]$

جدول ۲۲ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا در ساختمان‌های گروه ۲ با پنجره ساده در روش تجویزی

کف مجاور فضای کنترل شده	کف مجاور فضای خارج				توضیح: مقادیر مقاومت حرارتی کف، مستقل از نسبت سطح چارهای نورگذر به دیوارهای خارجی است.
	عایق حرارتی داخلی کف		عایق حرارتی خارجی کف		
	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	
					
۰٫۷	۱٫۵	۲٫۲	۲٫۲	۲٫۲	

 ه- حداقل مقاومت حرارتی عایق کف مجاور خاک فضاها کنترل‌شده $[m^2.K/W]$

جدول ۲۳ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور خاک فضاها کنترل‌شده در ساختمان‌های گروه ۲

با پنجره ساده در روش تجویزی

موقعیت کف ساختمان					
بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		تا ارتفاع ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		پایین‌تر از محوطه، هم‌تراز با آن، یا کمتر از ۴۰ سانتی‌متر	
عایق کاری سراسری با عرض حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۷۰ سانتی‌متر	عایق کاری سراسری با عرض حداقل ۷۰ سانتی‌متر	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۵۰ سانتی‌متر	عایق کاری سراسری با عرض حداقل ۵۰ سانتی‌متر	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۵۰ سانتی‌متر
۰٫۷	۰٫۹	۰٫۵	۰٫۷	۰٫۳	۰٫۵

ب- حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف $[m^2.K/W]$

جدول ۲۵ حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف در ساختمان‌های گروه ۳ با پنجره ساده در روش تجویزی

بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	بام یا سقف مجاور فضای خارج				توضیح: مقادیر مقاومت حرارتی بام مستقل از نسبت سطح جدارهای نورگیر به دیوارهای خارجی است.
	عایق حرارتی داخلی		عایق حرارتی خارجی		
	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	
۰٫۷	۱٫۷	۱٫۷	۱٫۷	۱٫۷	

ج- جدارهای نورگذر

چنانچه سطح جدارهای نورگذر فضاهای کنترل شده مساوی یا کمتر از ۲۵ درصد سطح کل دیوارهای خارجی ساختمان باشد، می‌توان، با رعایت الزامات تعیین شده در این بخش، از پنجره‌های رده کیفی ۳ (مطابق جدول ۷) استفاده کرد. در غیر این صورت، لازم است از مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱ مربوط به این گروه (بند ۱۹-۳-۲-۵-۳) استفاده گردد.

 د- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا $[m^2.K/W]$

جدول ۲۶ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا در ساختمان‌های گروه ۳ با پنجره ساده در روش تجویزی

کف مجاور فضای کنترل نشده	کف مجاور فضای خارج				توضیح: مقادیر مقاومت حرارتی کف مستقل از نسبت سطح جدارهای نورگذر به دیوارهای خارجی است.
	عایق حرارتی داخلی		عایق حرارتی خارجی		
	همراه با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	همراه با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	همراه با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار	همراه با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار	
۰/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷	

 د- حداقل مقاومت حرارتی عایق کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده $[m^2.K/W]$

جدول ۲۷ حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور خاک فضاهای کنترل شده در ساختمان‌های گروه ۳

با پنجره ساده در روش تجویزی

موقعیت کف ساختمان				
بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		تا ارتفاع ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بالاتر از محوطه		پایین‌تر از محوطه، هم‌تراز با آن، یا کمتر از ۴۰ سانتی‌متر
عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۷۰ سانتی‌متر	عایق کاری سراسری	عایق کاری پیرامونی با عرض حداقل ۵۰ سانتی‌متر	عایق کاری حرارتی کف روی خاک فضاهای کنترل شده ضرورت ندارد
۰/۲	۰/۵	۰/۲	۰/۳	

۱۹-۳-۳ اصول کلی و توصیه‌ها در زمینه طراحی ساختمان

طراحی معماری ساختمان باید حتی‌الامکان سازگار با اقلیم باشد، تا ساختمان از شرایط و امکان‌های مطلوب طبیعی بهره‌گیری نماید و در برابر شرایط نامطلوب اقلیمی محافظت گردد. این رویکرد در طراحی معماری ساختمان موجب می‌شود تا مقدار انرژی مورد نیاز برای تأمین شرایط آسایش حرارتی به حداقل برسد و بخشی از آن، از طریق طبیعی و در اکثر موارد با استفاده از سیستم‌های غیرفعال، تأمین شود. علاوه بر عایق‌کاری حرارتی، برخی از تدابیر مؤثر در بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی در ساختمان عبارتند از:

- جهت‌گیری ساختمان
- حجم و فرم کلی ساختمان
- جانمایی فضاهای داخلی
- جدارهای نورگذر
- سایبان‌ها
- اینرسی حرارتی جدارها
- تهویه طبیعی

۱۹-۳-۳-۱ جهت‌گیری ساختمان

جهت‌گیری ساختمان به سمت جنوب در بهره‌گیری ساختمان از انرژی خورشیدی بسیار مؤثر است. جهت‌گیری مناسب به این معنی است که جدارهای نورگذر جنوبی، برای بهره‌برداری بیشتر از انرژی تابشی خورشید در کوتاه‌ترین روز سال، از ۹ صبح تا ۳ بعدازظهر، در معرض تابش خورشید قرار گیرند. به‌علاوه، ساختمان به نحوی قرار گیرد، که در طول سال از بادهای نامطلوب محفوظ باشد و ضمناً، در فصل گرم سال، بتوان از نسیم‌ها و بادهای مطلوب برای تهویه طبیعی و حفظ شرایط آسایش حرارتی استفاده کرد.

۱۹-۳-۳-۲ حجم و فرم کلی ساختمان

حجم و فرم کلی ساختمان در انتقال انرژی حرارتی بسیار مؤثر است. هر قدر نسبت سطح پوسته خارجی ساختمان به زیربنای آن کمتر باشد، انتقال حرارت ساختمان نیز کمتر خواهد بود. توصیه

می‌شود در مناطق با نیاز انرژی زیاد (مطابق پیوست ۳)، ساختمان به صورت متراکم طراحی شود و از مقدار سطح پوسته خارجی نسبت به سطح زیربنای آن کاسته گردد. در اقلیم‌های گرم و مرطوب و یا با نیاز سرمایی زیاد (مطابق پیوست ۳) ساختمان باید به شکلی طراحی شود که امکان استفاده از تهویه طبیعی برای تمام فضاهای داخلی فراهم گردد.

۱۹-۳-۳-۳ جانمایی فضاهای داخلی

فضاهای داخلی ساختمان به دو دسته فضاهای اصلی و فضاهای حایل تقسیم می‌شوند. فضاهای اصلی فضاهایی هستند که در بیشتر اوقات شبانه‌روز مورد استفاده قرار می‌گیرند و افراد در آن سکونت دارند. فضاهای حایل ساکن ندارند و به طور مستمر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

بهرتر است فضاهای اصلی و فضاهای حایل به نحوی جانمایی شوند که فضاهای حایل بین فضاهای اصلی و جبهه‌های نامطلوب ساختمان (از نظر حرارتی) قرار گیرند، تا انتقال حرارت از فضاهای اصلی به خارج در اوقات سرد سال (یا از خارج به فضاهای اصلی در اوقات گرم سال) به حداقل برسد.

فضاهای اصلی باید حتی‌الامکان رو به جبهه‌های مطلوب ساختمان قرار داشته باشند. جبهه‌های مطلوب ساختمان به ترتیب اهمیت عبارتند از: جنوبی، شرقی، شمالی. با استقرار فضاهای اصلی رو به جنوب، در اوقات سرد بخشی از گرمای مورد نیاز ساختمان از طریق تابش آفتاب به داخل تأمین می‌شود.

۱۹-۳-۳-۴ جدارهای نورگذر

جدارهای نورگذر، شامل پنجره‌ها، نورگیرها و مانند آنها، باید از قاب‌های مرغوب و بدون درز مستقیم و دارای حداقل نشت هوا باشند. از طرف دیگر، این جدارها باید جوابگوی انتظارات تعریف‌شده در دیگر مباحث مقررات ملی، نظیر مقاومت در برابر باد و ایمنی در مقابل حریق نیز باشند. استفاده از شیشه‌های معمول، یا با مشخصات حرارتی برتر (کم‌گسیل، ...)، به صورت چندجداره و یا با دو قاب موازی برای این سطوح، به‌ویژه در مورد پنجره‌ها، توصیه می‌شود.

قاب‌های این جدارها باید از جنس مناسب، مانند چوب، پلیمرهای مرغوب و یا فلز، یا حداقل پل‌های حرارتی، باشد.

در صورت مناسب نبودن درزبندی دور قاب‌ها، باید با استفاده از نوارهای انعطاف‌پذیر از نشت هوا جلوگیری شود. قبل از انجام عملیات درزبندی، باید اطمینان حاصل شود که درجه‌های مخصوص ورود هوای تازه، به تعداد و اندازه مناسب، در تمامی فضاهای اصلی وجود دارد، و اقدامات درزبندی شرایط بهداشت فضاهای داخل ساختمان را تحت‌الشعاع قرار نمی‌دهد.

در مورد پنجره‌های کشویی ساده، که فاقد یراق‌آلات مخصوص درزبندی هستند، امکان بهبود درزبندی منتفی است. استفاده از این نوع بازوها در ساختمان‌های واقع در مناطق بادخیز و همچنین در ساختمان‌های بلند به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

مقدار سطوح نورگذر از نظر انتقال حرارت در ساختمان بسیار مؤثر است. به علت مقاومت حرارتی اندک سطوح نورگذر نسبت به دیگر اجزای پوسته خارجی، هر قدر مقدار سطوح نورگذر نسبت به سطح پوسته خارجی کمتر باشد، اتلاف حرارت از ساختمان کاهش خواهد یافت. در نتیجه، در نظر گرفتن مقدار کافی و مناسب سطوح نورگذر، ضمن تأمین نور مناسب برای فضاهای داخل، موجب کاهش انتقال حرارت به خارج خواهد شد.

البته در بین نماهای مختلف یک ساختمان، سطوح نورگذر جنوبی عملکرد حرارتی بهتری دارند و به جذب انرژی تابشی خورشید، برای تأمین بخشی از گرمای مورد نیاز در اوقات سرد کمک می‌کنند. بهتر است در جبهه‌های نامطلوب و سرد ساختمان، مقدار سطوح نورگذر، به حداقل میزان مورد نیاز برای تأمین روشنایی طبیعی کاهش یابد. مشخصات حرارتی برخی از انواع جدارهای نورگذر در پیوست ۹ آمده است.

۱۹-۳-۳-۵ سایبان‌ها

سایبان‌ها برای کنترل میزان تابش آفتاب به سطوح نورگذر ساختمان به کار می‌روند. در همه مناطق اقلیمی لزوماً به سایبان نیاز نیست. برای معلوم ساختن این نیاز، باید اقلیم منطقه به‌طور دقیق مطالعه شود. زاویه سایبان افقی یا عمودی^۱ باید با توجه به اوقات گرم سال و زوایای تابش خورشید در این اوقات تعیین شود. به این ترتیب، در اوقات گرم تمامی سطح پنجره در سایه قرار

می‌گیرد و سایبان مانع از ورود تابش مستقیم خورشید به داخل و افزایش دما و ایجاد شرایط نامطلوب حرارتی در فضای داخل می‌شود.

ابعاد سایبان باید به اندازه‌ای باشد که، در اوقات گرم سال، از تابش خورشید به داخل جلوگیری کند و در اوقات سرد، برای استفاده از گرمای تابشی خورشید، امکان ورود تشعشع خورشید را به داخل فراهم کند.

در پیوست ۱۰ این مبحث، زوایای مناسب برای سایبان پنجره‌ها، برای ۲۱۶ شهر کشور، ارائه شده است. در جدول‌های مندرج در این پیوست، برای هر شهر، زاویه سایبان افقی و زاویه سایبان عمودی، برای حالت‌های مختلف جهت‌گیری پنجره، تعیین شده است. با استخراج این زوایا و آگاهی از ابعاد پنجره، عمق سایبان‌های افقی و عمودی مشخص می‌گردد.

روش‌های دیگری نیز برای ایجاد سایه بر روی جدارهای مختلف وجود دارد. یکی از روش‌های مطرح استفاده از دیوارها و بام‌های سبز است.

۱۹-۳-۳-۶ دیوار سبز

دیوار سبز به دیواری گفته می‌شود که به صورت سازه مستقل و یا بخشی از یک ساختمان با پوشش گیاهی پوشانده شده باشد. دو گروه اصلی دیوار سبز عبارتند از: نماهای سبز و دیوار زنده.

کارایی دیوارهای سبز در اوقات گرم سال، در شهرهای واقع در مناطق گرم و خشک، در اثر سایه‌اندازی و تبخیر آب خاک و گیاهان بسیار بالاست. نوع گیاهانی که در این نوع دیوارها استفاده می‌شود، از نقطه نظر انطباق با شرایط اقلیمی محل، سایه‌اندازی و مصرف آب حائز اهمیت است.

بدیهی است هر چند کاربرد دیوارهای سبز باعث بهبود عملکرد حرارتی دیوارها، در اکثر موارد می‌شود، ولی این امر تأجیری بر مقاومت حرارتی یا ضریب انتقال حرارت تعیین‌شده برای دیوار ندارد.

۱۹-۳-۳-۷ بام سبز

کاربرد بام سبز نیز با هدفی مشابه کاربرد دیوارهای سبز صورت می‌گیرد. بدیهی است در صورت به‌کارگیری این عناصر، باید با در نظر گرفتن بار مرده مضاعف ناشی از آن و همچنین مشکلات عایق‌کاری رطوبتی و زه‌کشی متناسب با آن صورت گیرد.

۱. با توجه به این نکته که در اکثر متون فنی واژه «عمودی» به جای واژه «قائم» به کار رفته است، در این مبحث نیز از واژه «عمودی» استفاده شده است.

۱۹-۳-۶ اینرسی حرارتی

برخی عناصر ساختمان، مانند کف، سقف یا دیوارها، که دارای اینرسی حرارتی یا ظرفیت حرارتی زیاد (جرم زیاد) هستند، توانایی ذخیره سازی حرارت را دارند. گرما یا سرما موجود در فضا بر اثر وجود ظرفیت حرارتی، به آن عناصر منتقل می گردد و در ساعاتی که گرما یا سرما مورد نیاز است به محیط بازگردانده می شود. در نتیجه، به کمک ظرفیت حرارتی عناصر ساختمان، از نوسان شدید دما در فضای داخل کاسته می شود. میزان نیاز به عناصر حرارتی یا ظرفیت حرارت زیاد بستگی به نوع استفاده از فضا دارد. در فضاهایی که در طول شبانه روز به طور مداوم از آنها استفاده می شود اینرسی حرارتی زیاد مطلوب است و عایق کاری حرارتی در سمت خارجی پوسته ساختمان توصیه می گردد. اما در فضاهای با استفاده منقطع در طول شبانه روز، اینرسی حرارتی بهتر است تا حد ممکن کم باشد و عایق کاری حرارتی در سمت داخلی پوسته ساختمان صورت گیرد. جزئیات مربوط به محاسبه اینرسی حرارتی در پیوست ۱ آمده است.

۱۹-۳-۷ تهویه طبیعی

فراهم ساختن امکان تهویه طبیعی در ساختمان ها موجب تأمین بهتر آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی سیستم های مکانیکی می شود. این موضوع، به خصوص در اقلیم های مرطوب، اهمیت زیادی دارد.

در طراحی ساختمان در اقلیم های مرطوب، توصیه می شود که با تعبیه بازشوهای روبه رو و مسدود نکردن مسیر جریان هوا با عناصر داخلی، امکان ایجاد کوران در فضاها فراهم شود. در اقلیم گرم و مرطوب، بهتر است با تمهیداتی، مانند ایجاد سایه، دمای هوا، پیش از ورود به فضاهای داخلی ساختمان، کاهش یابد.

در اقلیم گرم و خشک، در اوقات گرم، تهویه طبیعی شبانه ساختمان موجب خنک سازی توده مصالح می شود. در طول روز نیز، تهویه فضاهای داخلی، با هوای خنک شده از طریق سیستم های ساده تبخیری، بخش قابل توجهی از نیازهای سرمایی ساختمان را تأمین می کند.

۱۹-۴ تأسیسات مکانیکی

علاوه بر رعایت احکام میحت چهاردهم مقررات ملی ساختمان، برای صرفه جویی در مصرف انرژی در تأسیسات مکانیکی، الزامات مندرج در این فصل نیز باید در همه گونه های کاربری ساختمان ها (مطابق پیوست ۴) رعایت شود.

طراحی دقیق سیستم تأسیسات مکانیکی و انتخاب اصولی تجهیزات مورد نیاز برای گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع و همچنین سیستم های کنترل و برنامه ریزی، نه تنها عملکرد را بهبود، دوام تجهیزات را افزایش و هزینه های اولیه را کاهش می دهد، بلکه شرایط آسایش حرارتی را نیز بهبود می دهد، و با بالا بردن بازده، مصرف انرژی را می کاهش دهد.

در شکل ۹ شمای کلی از تولید تا مصرف انرژی گرمایشی و اندرکنش انرژی تولید شده و نحوه مصرف آن برای رسیدن به شرایط آسایش در ساختمان ها نشان داده شده است.

انرژی لازم برای گرمایش و سرمایش ساختمان توسط سیستم های تهویه مطبوع تولید و توسط سیال حامل (آب یا هوا)، از طریق لوله یا کانال، به داخل ساختمان منتقل می شود.

انرژی مذکور باید علاوه بر غلبه بر اتلاف انرژی از جدار ساختمان (انتقال حرارت از نوع هدایت و نفوذ هوا) بر بارهای حاصل از تشعشع خورشید و بارهای داخلی (در تابستان) نیز غلبه نماید تا شرایط داخل ساختمان در محدوده آسایش باقی بماند.

از این رو، مقدار قابل ملاحظه ای از انرژی به گرمایش و سرمایش و تأمین آب گرم مصرفی داخل ساختمان اختصاص دارد.

تعیین اندازه صحیح تجهیزات سرمایشی و گرمایشی

عدم انتخاب اندازه مناسب تجهیزات سرمایشی و گرمایشی نیز مشکلات متعددی را به دنبال خواهد داشت.

در صورت دست‌پایین بودن بارهای محاسبه‌شده و یا اندازه تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، میزان گرمایش و سرمایش ساختمان ناکافی و تأمین شرایط آسایش در بخش قابل توجهی از سال غیرممکن خواهد بود. در این موارد، برای رفع این مشکل ساختاری، معمولاً اقدام به تهیه سیستمی مکمل و یا بزرگ‌تر می‌شود، که در تمامی حالت‌ها، علاوه بر صرف هزینه‌های بی‌رویه تجهیزات غیر هماهنگ با یکدیگر و ناسازگار با مدار توزیع و پایانه‌ها، افزایش هزینه‌های انرژی را نیز به دنبال خواهد داشت.

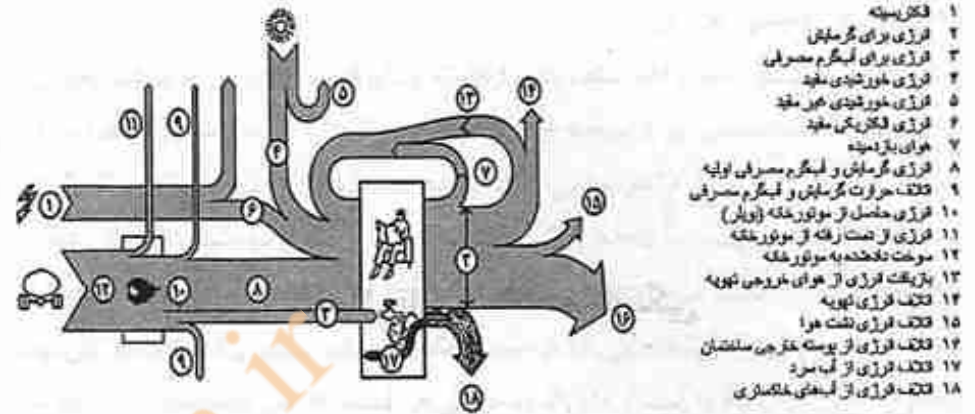
در صورت دست‌بالا بودن بار حرارتی تعیین‌شده و یا اندازه تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، هزینه‌های خرید و نگهداری از تجهیزات افزایش خواهد یافت و کارکرد تجهیزات در محدوده پایین‌تر از ظرفیت توصیه‌شده به بازدهی پایین آنها منجر می‌شود.

در شرایط آب و هوایی مرطوب، تعیین دقیق ظرفیت دستگاه‌ها اهمیت بیشتری دارد، زیرا انتخاب دستگاه‌های یا توان بیش از حد مورد نیاز، کاهش فاصله زمانی بین روشن و خاموش شدن دستگاه‌ها و سلب امکان کنترل مناسب میزان رطوبت نسبی هوا را در پی خواهد داشت. از طرف دیگر، روشن و خاموش شدن مکرر تجهیزات باعث کاهش بازده کل سیستم (تنظیم دستگاه‌های تهویه مطبوع، بویلر، پمپ) و افزایش خطر خرابی این گونه دستگاه‌ها خواهد گردید.

در سیستم‌های هوایی، استفاده از تجهیزات با ظرفیت‌های بالاتر از حدود مورد نیاز، به کارگیری فن‌های بزرگ‌تر و افزایش نشت هوا از کانال‌ها (به دلیل افزایش فشار داخل آنها) را به دنبال خواهد داشت. بدیهی است که این امر، علاوه بر افزایش هزینه‌های خرید و نگهداری از تجهیزات، باعث کاهش بازدهی سیستم و به تبع آن افزایش مصرف انرژی سالیانه نیز می‌شود.

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

کام مهم دیگر در صرفه جویی در مصرف انرژی، استفاده از سیستم‌های غیرفعال و فعال خورشیدی، توزین‌های بادی، بایو‌مس، زمین‌گرمایی و دیگر سیستم‌های کارآمد، برای بهره‌گیری حداکثر از



شکل ۹ روند کلی تولید تا مصرف انرژی گرمایی در ساختمان

در راستای بهبود بازده سیستم و کاهش هزینه‌ها، اقدامات مهمی که در فاز طراحی سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع باید صورت گیرد به شرح زیر است:

- محاسبه دقیق بارهای گرمایی و سرمایی بر اساس روشی استاندارد شده و با استفاده از نرم‌افزارهای معتبر، با در نظر گرفتن مشخصات حرارتی پوسته خارجی ساختمان و بر پایه شرایط استانداردسازی شده محیط بیرون (شامل دمای خشک، دمای مرطوب، سرعت و جهت باد، تابش خورشیدی مستقیم و پخش، دمای خاک) [۴] و داخل ساختمان (با در نظر گرفتن شرایط آسایش مطرح).

- تعیین اندازه صحیح تجهیزات سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌ها
- استفاده از سیستم‌های غیر فعال و فعال برای بهره‌گیری حداکثر از انرژی‌های تجدیدپذیر

محاسبه دقیق بارهای گرمایی و سرمایی

بدیهی است در صورتی که محاسبات و تحلیل‌ها با استفاده از داده‌های غیر دقیق آب و هوایی و مشخصات حرارتی تقریبی عناصر پوسته خارجی ساختمان، و بدون در نظر گرفتن اثر تابش خورشیدی صورت گیرد، بارهای تعیین‌شده دست‌پایین یا دست‌بالا خواهند بود.

انرژی‌های تجدیدپذیر است. توضیحات تکمیلی در خصوص مهم‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در پیوست ۱۲ ارائه شده است.

استفاده از سیستم‌های تاسیساتی با راندمان بالا

یکی از مهم‌ترین اقدامات در راستای بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های تاسیسات گرمایی و سرمایی ساختمان، استفاده از تجهیزات و سیستم‌های با راندمان بالاست. به همین منظور، لازم است تجهیزاتی در نظر گرفته شود که دارای مشخصات فنی معتبر و تأیید شده و حتی‌الامکان برچسب انرژی با رده بالا باشند.

استفاده از سیستم‌های کنترل و برنامه‌ریزی گرمایش و سرمایش

علاوه بر این، استفاده از تجهیزات کنترلی و همچنین هوشمندسازی ساختمان‌ها، به منظور منطقی کردن مصارف انرژی و انطباق تقاضای بار گرمایی و سرمایی با نیازهای متغیر کاربران، از دیگر اقداماتی است که نقشی تعیین‌کننده در بهینه‌سازی عملکرد حرارتی سیستم‌های گرمایی و سرمایی ایفا می‌کند. توضیحات تکمیلی در این خصوص، در بخش‌های بعدی (این فصل) ارائه خواهد شد.

۱۹-۴-۱ مقررات کلی

در این بخش ملاحظات و تدابیر کلی، برای کاهش نیاز انرژی تاسیسات مکانیکی ساختمان‌ها، بیان شده است.

الف) به کارگیری سیستم‌ها و تجهیزات فعال، یا غیرفعال که از منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند خورشید و زمین گرمایی، و باد بهره می‌برند، به خصوص در ساختمان‌های با زیربنای بیش از ۲۰۰۰ متر مربع، توصیه می‌شود.

با توجه به این نکته که در ساختمان‌های بزرگ، مصرف انرژی قابل توجه است، در این مبحث تأکید بیشتری بر روی این ساختمان‌ها مطرح شده است، زیرا هر چه ساختمان بزرگ‌تر باشد، توجه فنی و اقتصادی کاربرد سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی قوی‌تر می‌گردد.

البته در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که برگشت سرمایه برخی از سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی‌های تجدیدپذیر در میان مدت (کمتر از ۵ سال) و برخی دیگر در دراز مدت (تا ۱۵ سال) محقق می‌شود. بدیهی است این اطلاعات فنی باید در زمان طراحی و برآورد هزینه‌های ساخت به کارفرما منعکس شود، تا با اشراف کامل به مسائل مطرح، انتخاب مناسب را انجام دهد.

ب) تجهیزات تأمین نیازهای سرمایی و گرمایی، تهویه و آب گرم مصرفی، مانند انواع بخاری‌ها، کولرها، پمپ‌های حرارتی، پمپ‌ها، آب گرم‌گن‌ها، دمندها (فن‌ها)، و اجزای مختلف موتورخانه‌ها، باید دارای برچسب انرژی باشند.

همانطور که قبلاً بیان گردید پس از تخمین دقیق نیاز گرمایی و سرمایی ساختمان، لازم است سیستم‌ها، دستگاه‌ها و اجزای تاسیساتی بصورت دقیق انتخاب شوند. این امر زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که تجهیزاتی در نظر گرفته شود که دارای مشخصات فنی و بازده انرژی تعیین شده بر مبنای استانداردهای ملی و مورد تأیید مراجع ذیصلاح و برچسب انرژی با رده بالا هستند.

در صورت محقق شدن این انتظارات کلیدی، تخمین واقعی مصرف انرژی تجهیزات و کل ساختمان امکان‌پذیر خواهد بود.

ج) فضاهای کنترل‌شده ساختمان نباید به طور مستقیم با فضاهای کنترل‌نشده یا فضای خارج در ارتباط باشند و باید، به شکل مناسبی، با استفاده از در، جداکننده و مانند آنها، از این فضاها جدا شوند. در فضاهای کنترل‌شده پرتدد، لازم است در به صورت خودکار بسته شود.

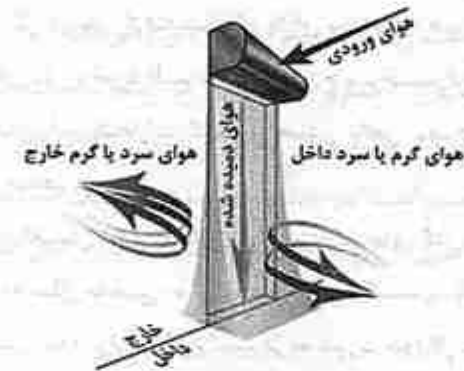
روشن است که عدم پیش‌بینی جداکننده‌های مناسب بین فضاهای کنترل‌شده و دیگر فضاها، میزان نشت و تعویض ناخواسته هوا را به صورت بی‌رویه‌ای افزایش، و بهینه‌سازی مصرف انرژی را تحت الشعاع قرار می‌دهد.

د) در هتل‌ها، بیمارستان‌ها، ادارات، مجتمع‌های تجاری و ساختمان‌های با کاربری مشابه، لازم است سیستمی برای توقف خودکار سرمایش و گرمایش، در صورت باز ماندن طولانی مدت بازشوهای خارجی، پیش‌بینی شود. در این نوع ساختمان‌ها، کاربرد سیستم‌های هوشمند توصیه می‌شود.

همانند وضعیت تشریح شده در بند ج، بازماندن طولانی مدت بازشوهای خارجی بار گرمایی یا سرمایی را به شدت افزایش می‌دهد. در نتیجه، لازم است با توقف خودکار سیستم سرمایی یا گرمایی، از مصرف بی‌رویه انرژی اجتناب شود.

در بسیاری از موارد، بازکردن بازشوها نتیجه الگوی بسیار غلط مصرف انرژی است، و با قطع شدن سیستم گرمایی یا سرمایی، بهره‌بردار به تبعات اقدام غیر اصولی خود پی می‌برد.

نکته مهم آن که ساختمان برای مطلوب نگه داشتن کیفیت هوای داخل نیازمند ورود مقداری هوا از بیرون است. این بدان معنی است که در فضاهای پرتدد میزان نفوذ هوا را نباید بیش از حد مناسبی کاهش داد و در صورتی که باز بودن طولانی مدت درب اجتناب ناپذیر است، با استفاده از درب‌های جداکننده خودکار و یا استفاده از سیستم پرده هوا (شکل ۱۰) تبادل هوا به‌طور چشمگیری محدود می‌گردد. البته در صورتی که مدت زمانی طولانی درب‌های ورودی و خروجی باز باشند و این معبرها مجهز به هیچگونه سیستم بسته شدن خودکار و یا پرده هوا نباشد باید پایانه‌های سیستم گرمایش و یا سرمایش فضای داخل به گونه ای باشد که به‌صورت خودکار خاموش شوند.



شکل ۱۰ شمایی از عملکرد پرده هوا

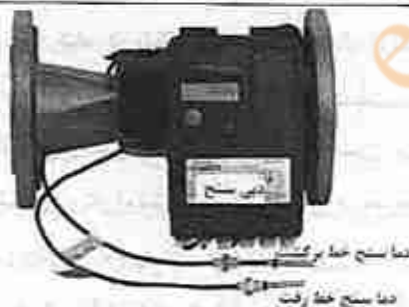
ه) در واحدهای مستقل ساختمانی که گرمایش، سرمایش یا آب گرم مصرفی آنها با یک سیستم مشترک تأمین می‌شود، توصیه می‌شود که برای هر یک از واحدها کنترل اندازه‌گیری مصرف انرژی نصب گردد، تا اثر تدابیر به کار برده شده برای کاهش مصرف انرژی در هر واحد، جداگانه محاسبه و عاید همان واحد گردد. بدیهی است در ساختمان‌های بزرگ، با توجه به تأثیر اندک رعایت الگوی مصرف توسط تک‌تک واحدها بر روی مصرف کل انرژی ساختمان، انگیزه‌های اصلاح الگوی مصرف توسط ساکنین و بهره‌برداران بسیار کم‌رنگ می‌شود، و در چنین شرایطی، مسئولیت‌پذیری واحدهای مختلف بی‌معنا و غیر قابل ارزیابی خواهد بود.

به همین علت، لازم است سعی شود تفکیک مصرف واحدها یا فضاهای مستقل ساختمان تا حد امکان صورت گیرد. یکی از راه‌های مطرح، در نظر گرفتن سیستم‌های مستقل گرمایی و سرمایی، یا سیستم‌های مرکزی با مدار گرمایی-سرمایی مستقل و کنترل‌دار برای هر واحد است. در مواردی که مدارهای سیستم‌های گرمایی-سرمایی ساختمان به‌صورت رایزری و مستقل از یکدیگر، برای اتاق‌های مختلف واحدها، طراحی شده باشند، تفکیک مصارف انرژی بسیار دشوار و هزینه‌بر خواهد بود.

و) در ساختمان‌های گروه یک، چنانچه نیاز انرژی بخشی از ساختمان، یا بخشی از سیستم‌های آن، زیاد باشد، نصب کنترل اندازه‌گیری جداگانه برای آن الزامی است. با توجه به مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های گروه یک، اهمیت تفکیک مصارف و اصلاح الگوی مصرف دوچندان است. در نتیجه، در مورد بخش‌هایی از ساختمان یا سیستم‌های گرمایی و سرمایی آن که مصرف انرژی بالایی دارند، نصب کنترل‌های مستقل الزامی است. این کنترل‌های اندازه‌گیری مصرف انرژی شامل تجهیزات زیر می‌باشند:

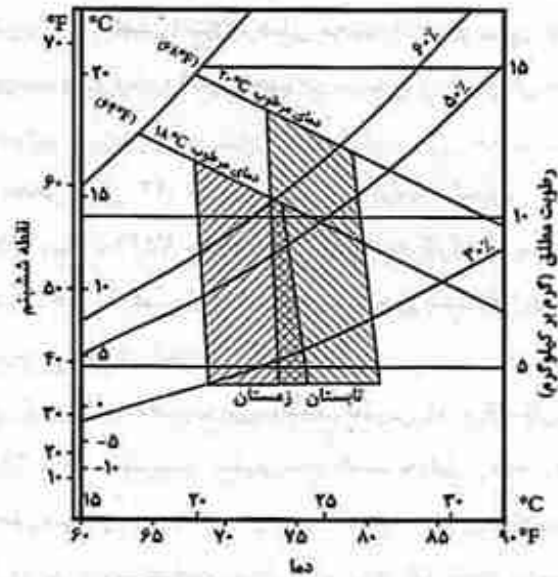
- یک دبی‌سنج همراه با دو دماسنج یا یک سیستم دماسنج تفاضلی برای مدار گرمایی یا سرمایی (شکل ۱۱).

- دو دبی‌سنج همراه با دو دماسنج برای مدار آب گرم مصرفی. کنترل‌های انرژی ساده تنها مصرف انرژی از زمان صفر شدن را نشان می‌دهند، در حالی که کنترل‌های پیشرفته مجهز به یک سیستم ثبت داده‌ها در زمان‌های مختلف شبانه‌روز هستند و به بهره‌بردار امکان تحلیل تغییرات مصرف در روزهای مختلف دوره گرمایش یا سرمایش را می‌دهند.



شکل ۱۱ نمونه‌ای از سیستم سنجش انرژی مدار گرمایی یا سرمایی

مصرف انرژی بیشتر خواهد بود. به عنوان مثال، در شهر تهران که دمای زمستانی محیط بیرون در حدود ۱/۵- درجه سلسیوس است، یا در نظر گرفتن دمای داخلی ۱ درجه سلسیوس بالاتر از کمینه استاندارد آسایشی، مصرف انرژی ۴/۷٪ افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۲ محدوده دمایی و رطوبتی آسایشی تابستانی و زمستانی

در شکل ۱۳، میزان توزیع تجمعی بازدهای دمایی سالیانه شهر تهران نشان داده شده است. در این نمودار، مشخص می‌شود که به طور متوسط در سال، هر دمایی چند ساعت را به خود اختصاص داده است. برای مثال، طبق مقادیر ارائه شده در این شکل، در طول یک سال، دمای خشک در شهر تهران، به مدت ۴۸۰۰ ساعت زیر ۲۰ درجه سلسیوس است و در این مدت، نیاز به کارکرد سیستم گرمایی مطرح می‌باشد. طبعاً اگر دمای آسایشی بالاتری در نظر گرفته شود، میزان کارکرد سیستم گرمایی و در نتیجه مصرف انرژی سالیانه افزایش می‌یابد. لذا منطقی است که کمترین دما در ناحیه آسایش زمستانی، یعنی ۲۰ درجه سلسیوس، به عنوان دمای آسایش داخل ساختمان، برای اوقات سرد سال در نظر گرفته شود.

کلیه اطلاعات مربوط به هر واحد، اعم از انرژی گرمایی و سرمایی پایانه‌های هر واحد و همچنین آب گرم مصرفی، از طریق کنتورهای هر واحد، به یک نمایشگر مقل مرکزی قابل ارسال و ثبت است. لازم به ذکر است که در ساختمان‌هایی که ملزم به صرفه جویی زیاد هستند (گروه یک)، لازم است بخش‌هایی از ساختمان که مصرف زیادی انرژی دارند، به صورت مستقل، مجهز به کنتورهای اندازه‌گیر انرژی باشند، تا بتواند با حساسیت بالا و به شکل پیوسته میزان مصرف انرژی را مورد پایش قرار دهند.

ز) دمای هوای داخل فضاها، در محل حضور افراد، باید در اوقات سرد سال حداکثر ۲۰ درجه سلسیوس و در اوقات گرم سال حداقل ۲۸ درجه سلسیوس تنظیم شود. در مناطق مرطوب، دمای هوای فضاها در اوقات گرم سال باید بسته به مورد تعیین شود، و در هیچ حالتی نباید کمتر از ۲۵ درجه سلسیوس باشد. برای فضاهای دارای شرایط خاص، رعایت مقادیر فوق لازم نیست و دماهای تنظیم گرمایش و سرمایش آنها را باید بسته به مورد تعیین کرد. تبصره: در مورد کولرهای آبی نیاز به رعایت مقررات دمای مبنای نیست.

همان گونه که قبلاً مطرح گردید، یکی از نکاتی که باید در طراحی و تخمین بارهای گرمایی و سرمایی مورد توجه قرار گیرد، شرایط آسایشی فضای داخل است. انسان، در شرایط ثابت، از نقطه نظر میزان و نوع لباس و فعالیت، در محدوده دمایی و رطوبتی مشخصی احساس آسایش می‌کند، و خارج شدن از این محدوده به منزله سلب آسایش حرارتی در فضاهای داخل ساختمان است. در شکل ۱۲ نمونه موردی ناحیه آسایش حرارتی تابستانی و زمستانی نشان داده شده است. لازم به توضیح است که این محدوده بسته به میزان لباس، فعالیت، سرعت هوا و دمای تابشی سطوح تغییر می‌کند، و در نمونه موردی ارائه شده در شکل ۱۲ میزان فعالیت افراد در حدود ۱/۲ met (انسان در حالت نشسته)، میزان عایق پوشش در تابستان ۰/۵ clo (لباس سبک و نازک)، میزان عایق پوشش زمستانی ۰/۹ clo (لباس آستین بلند و ژاکت) و همچنین سرعت وزش باد کمتر از ۱/۵ m/s است [۵]. در چنین شرایطی، در زمستان، در بازه دمایی در حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس (۶۸ تا ۷۶ درجه فارنهایت) و رطوبت نسبی ۳۰٪ تا ۷۰٪، انسان احساس آسایش می‌کند.

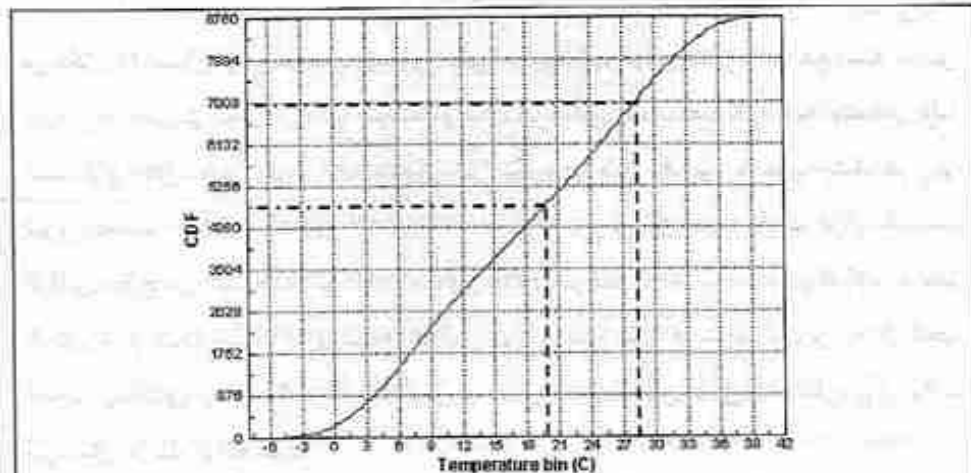
بدیهی است در زمستان در این بازه دمایی هرچه دمای داخل ساختمان بالاتر فرض شود، قطعاً میزان بار گرمایی بالاتر محاسبه شده و در نتیجه سیستم‌های گرمایی بزرگتری انتخاب می‌شود و

به همین ترتیب، در خصوص شرایط آسایش در اوقات گرم سال، با توجه به محدوده تعیین شده آسایش تابستانی، دمای خشک باید بین ۲۳ تا ۲۸ درجه سلسیوس (۷۴ تا ۸۲ درجه فارنهایت) و رطوبت نسبی بین ۲۰٪ تا ۷۰٪ باشد.

در اوقات گرم سال نیز، به منظور کاهش بار سرمایی، میزان دمای آسایش ۲۸ درجه سلسیوس در نظر گرفته می شود، تا با کاهش اختلاف دمای محیط داخل و بیرون به کمترین میزان، بار سرمایی به حداقل برسد، و در نهایت اندازه تجهیزات سرمایی و به تبع آن میزان مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد.

از سوی دیگر، مطابق شکل ۱۳، چنانچه دمای ۲۸ درجه سلسیوس به عنوان مرجع در نظر گرفته شود، تنها ۱۷۵۲ ساعت ($1752 = 7008 - 8760$) نیاز به کارکرد سیستم سرمایی خواهد بود. کاهش دمای آسایش داخل به کمتر از ۲۸ درجه سلسیوس باعث افزایش بار سرمایی و تعداد ساعات کارکرد سیستم سرمایی می شود.

البته، در مناطقی که مرطوب محسوب می شوند، در صورتی که در تابستان دمای داخل فضاهای ساختمان بر روی ۲۸ درجه سلسیوس تنظیم شده باشد، به دلیل رطوبت محیطی زیاد، شرایط آسایش حرارتی حاصل نمی شود. در چنین شرایطی، با توجه به ضوابط تعیین شده در میحت ۱۹، می توان به جای ۲۸ درجه، دمای فضاهای داخل را بر روی ۲۵ درجه سلسیوس تنظیم نمود، تا شرایط آسایش حرارتی مجدداً برقرار گردد.

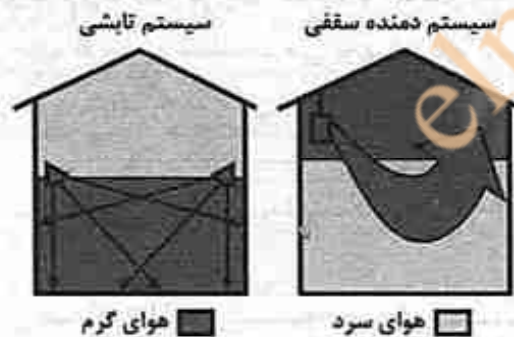


شکل ۱۳ توزیع تجمعی داده های دمای (دمای خشک) سالانه شهر تهران

البته باید دقت نمود که در خصوص سیستم های تبخیری، نظیر کولر آبی، تنظیم دمای محیط داخل امری بی معنی است، چرا که اساس کار کولر آبی آن است که با تبخیر آب توسط هوای تازه ورودی، در دمای مرطوب ثابت، باعث کاهش دمای خشک هوای ورودی به ساختمان می شود. در چنین فرایندی، هر چه هوا خشک تر باشد، به دلیل گرفتن رطوبت بیشتر، دمای خشک هوای ورودی کاهش بیشتری خواهد داشت. بالعکس، در شرایطی که دما و رطوبت نسبی هوای خارج بالاست، کاهش دمای خشک کمتری صورت می گیرد. به این ترتیب، دمای خشک هوایی که توسط کولر آبی به داخل فضا دمیده می شود وابسته به شرایط دما و رطوبت هوای بیرون، و غیرقابل کنترل است.

ج) در ساختمان هایی، مانند ساختمان های صنعتی، که کنترل دمای کل هوای داخل ضرورت ندارد، نیازهای آسایش حرارتی باید به صورت موضعی تأمین گردد.

در ساختمان های صنعتی، به دلیل نوع بهره برداری از آنها، نیازی به گرمایش یا سرمایش کل فضای داخل ساختمان نیست، و کافی است محدوده های فعالیت افراد به صورت موضعی، با استفاده از سیستم های تابشی، گرم یا سرد شوند. در چنین شرایطی، همان گونه که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، استفاده از سیستم های گرمایی دمنده، به هیچ وجه توصیه نمی شود، زیرا در فضاهای با سقف بلند، هوای گرم به طرف بالا حرکت می کند، در زیر سقف می ماند، و باعث می شود اثربخشی سیستم گرمایی دمنده به حداقل ممکن کاهش یابد.



شکل ۱۴ مقایسه عملکرد سیستم گرمایی هوایی و سیستم گرمایی تابشی در یک سوله صنعتی

سیستم‌های تابشی هوا را گرم نمی‌کنند و به‌جای آن، اجسام و کاربرانی که در معرض امواج فروسرخ سیستم‌های گرمایی هستند، انرژی تابشی را دریافت می‌نمایند و احساس آسایش می‌کنند. نمونه‌ای از انواع گازسوز این‌گونه سیستم‌ها در شکل ۱۵ ارائه شده است. در این نوع دستگاه‌ها، احتراق گاز در مشعل شعله‌ای بلندی را در لوله جلوی آن ایجاد می‌کند. این شعله موجب گرم شدن لوله و به تبع آن تابش طیف فروسرخ از لوله به سمت محیط زیر دستگاه می‌شود.



شکل ۱۵ نمونه‌ای از یک سیستم تابشی گاز سوز

۱۹-۴-۲ تأسیسات سرمایش و گرمایش

۱۹-۴-۲-۱ تأمین سرمایش و گرمایش

سرمایش و گرمایش ساختمان ممکن است به دو صورت مرکزی یا مستقل تأمین شود. موتورخانه‌ها و پکیج‌ها از سیستم‌های مرکزی به شمار می‌روند. بخاری‌ها و کولرهای پنجره‌ای از نوع سیستم‌های مستقل است. در هر حال، ظرفیت و مشخصات فنی تجهیزات باید براساس محاسبات بارهای گرمایشی و سرمایشی تعیین شود و تا حد امکان از به‌کارگیری تجهیزاتی با ظرفیت بالاتر از نیاز خودداری گردد.

الزامات هر یک از سیستم‌های مرکزی و مستقل، به ترتیب، در بندهای ۱۹-۴-۲-۱ و ۱۹-۴-۲-۱-۲ ارائه شده است.

سوالی قابل طرح این است که کدام یک از سیستم‌های مستقل یا سیستم‌های موتورخانه مرکزی نسبت به دیگری ارجح است؟ آیا در یک مجتمع یا یک بلوک ساختمانی بهتر است از یک سیستم موتورخانه مرکزی گرمایی یا سرمایشی استفاده شود یا در نظر گرفتن سیستم‌های مستقل گرمایی و سرمایشی برای تک تک واحدها؟ با توجه به این نکته که در اکثر موارد، بازده سیستم‌های مستقل، در

بازه طول عمرشان، از سیستم‌های مرکزی کمتر است. به‌کارگیری سیستم‌های مستقل گرمایی مصرف انرژی را به‌طور محسوسی افزایش می‌دهد.

۱۹-۴-۲-۱-۱ سیستم مرکزی

الف) در سیستم‌های مرکزی گرمایشی یا سرمایشی باید کنترل دمای هوا و یا آب خروجی هر یک از سیستم‌ها با استفاده از تجهیزات کنترل ترموستاتی انجام گیرد.

ب) کنترل دما باید از طریق تنظیم زمان‌های روشن و خاموشی تجهیزات گرمایشی، سرمایشی (مشعل، کمپرسور)، یا کنترل ظرفیت آنها و یا تنظیم جریان سیال فعال (توسط پمپ و شیر برقی) انجام گیرد.

ج) لازم است پمپ مربوط به سیال فعال، براساس دمای هوا و یا آب برگشتی، کنترل و روشن یا خاموش شود.

ترموستات‌ها، بر حسب دمای محیط داخل، و/یا خارج (اندازه‌گیری‌شده توسط حسگرها)، وضعیت کارکرد تجهیزات گرمایشی، سرمایشی و در بعضی موارد تنظیم شیرهای تعبیه شده روی پایانه‌های گرمایی یا سرمایشی را تعیین می‌کنند و با کم یا زیاد کردن جریان هوا یا آب داخل پایانه‌ها میزان گرما یا سرما دریافتی را تغییر می‌دهند.

به عنوان مثال، در سیستم تأسیساتی آبی (فن کویل) وجود شیر ترموستاتیک روی مسیر برگشت آب در فن کویل باعث می‌شود بر اساس دمای محیط داخل میزان سیال عبوری گرم یا سرد از داخل فن کویل کم یا زیاد شود و در نتیجه، میزان انرژی عبوری از فن کویل کنترل گردد. کاهش دبی عبوری فن کویل موجب می‌شود دستوری به پمپ سیرکولاسیون موتورخانه، بویلر یا چیلر داده شود تا از طریق خاموش و روشن کردن این تجهیزات، یا تغییر ظرفیت آنها (کارکرد پاره بار) عملکرد سیستم تأسیساتی کنترل گردد.

به عنوان مثالی دیگر، در سیستم هوایی (از نوع حجم هوا ثابت) معمولاً ترموستات بر روی کانال برگشت اصلی قرار می‌گیرد، تا بر اساس نیاز انرژی داخل ساختمان، دستوری به کویل سرد یا گرم هوا ساز داده شود و با تغییر میزان دبی عبوری از کویل سرد یا گرم و یا تغییر دمای آب کویل، میزان انرژی مبادله شده تغییر کند. تغییر دبی یا تغییر دور پمپ سیرکولاسیون و تغییر دمای کویل با افزایش و یا کاهش بار بویلر یا چیلر موتورخانه مرکزی رخ می‌دهد.

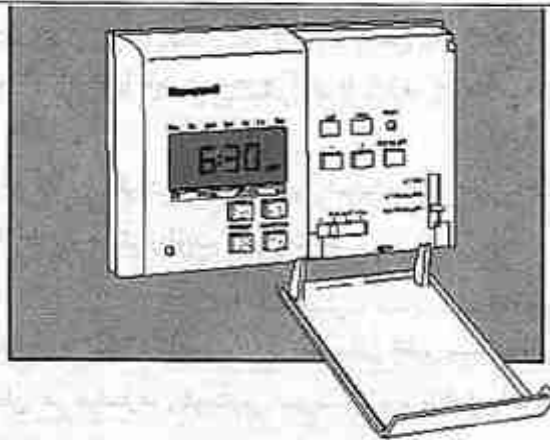
توضیحات تکمیلی در این زمینه در بخش‌های پ ۱۳-۸-۲ (ص ۳۰۶) و پ ۱۳-۸-۳-۱ ارائه شده است.

د) درجه تنظیم دما برای کنترل سیستم باید در ارتباط با دمای هوای بیرون ساختمان به صورت خودکار قابل تنظیم باشد.

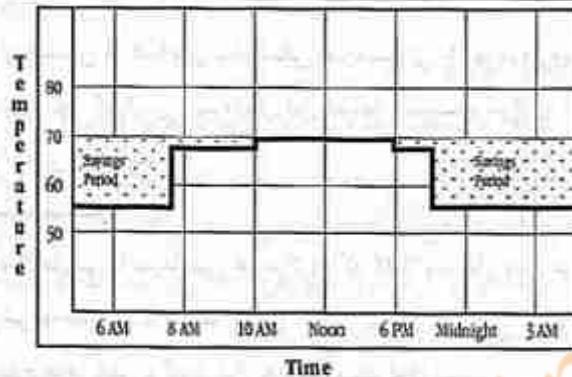
ه) برای همه ساختمان‌های گروه ۱ و ساختمان‌های گروه ۲ با زیربنای مفید بالای ۱۰۰۰ مترمربع (ر. ک. به پیوست ۵)، در نظر گرفتن سیستم برنامه‌ریزی کارکرد تجهیزات در ساعات شبانه روز، با در نظر گرفتن ساعات بهره‌برداری، الزامی است. برای دیگر گروه‌های ساختمانی نیز این اقدام توصیه می‌شود.

علاوه بر آنکه لازم است نیاز انرژی محیط داخل توسط سیستم‌های ترموستاتی تنظیم شود، یا توجه به این نکته که در بسیاری از ساعات سرد سال و یا ساعات گرم سال شرایط محیط بیرون از بدترین شرایطی که در طراحی، به عنوان شرایط طرح محیط بیرون در زمستان و تابستان در نظر گرفته شده است فاصله دارد، لازم است سیستم تأسیساتی، بر اساس کاهش نیاز، از حالت تمام بار به کارکرد پاره بار تغییر وضعیت دهد. این امر با قرار دادن حسگر دما در محیط خارج ساختمان محقق می‌شود. در چنین شرایطی، سیستم کنترل دستوری به تجهیزاتی نظیر بویلر یا چیلر می‌دهد، تا با کاهش فشار یا دمای آنها میزان گرمایی یا سرمایی کاهش یابد.

همچنین، در برخی ساختمان‌ها با نیاز به صرفه جویی انرژی و زیربنای زیاد، لازم است بر روی پایانه‌های سرمایی یا گرمایی شیرهای ترموستاتی تایمردار نصب شود تا در برخی ساختمان‌ها با استفاده منقطع (نحوه تصرف (کاربری) اداری، تجاری، ...) نیاز گرمایی و سرمایی در ساعات عدم حضور کاربران کاهش یابد. در شکل ۱۶، نمونه‌ای از یک سیستم کنترل ترموستاتی تایمردار بر روی پایانه‌های گرمایی یا سرمایی نشان داده شده است. در شکل ۱۷ نیز تأثیر سیستم کنترلی تایمردار کاملاً مشهود است.



شکل ۱۶ نمونه‌ای از ترموستات تایمردار در ساختمان



شکل ۱۷ نمودار مصرف انرژی در پایانه گرمایی مجهز به سیستم ترموستات تایمردار

و) در تمام سیستم‌های سرمایشی، ضریب انرژی مورد نیاز برای جابه‌جایی هوا، که مقدار آن با رابطه زیر محاسبه می‌شود، نباید هیچ‌گاه کمتر از ۵ باشد.

$$\text{ضریب انرژی جابه‌جایی هوا} = \frac{\text{بار سرمایشی محسوب جابه‌جا شده سیستم (W)}}{\text{انرژی الکتریکی ورودی به دمنده‌های سیستم (W)}}$$

رابطه بالا در تمام سیستم‌های تمام هوا و آب-هوا و فن کویل صادق است. انرژی الکتریکی پمپ‌ها برای سیستم‌های آب-هوا باید در مخرج کسر به انرژی الکتریکی ورودی به دمنده‌های سیستم اضافه شود.

ز) تجهیزاتی که، برای تامین رطوبت و حفظ شرایط آسایش در داخل ساختمان، نیاز به مصرف انرژی دارند باید از طریق حسگر رطوبت کنترل شوند.

در برخی از کاربری‌ها، لازم است در سیستم‌های تأسیساتی نظیر سیستم‌های هوایی، با توجه به شرایط کاری ساختمان، در هواسازها رطوبت‌زنی صورت گیرد و یا از ابرواش‌ها استفاده گردد. این امر، برای مثال در کارگاه‌ها و کارخانجات صنعتی نظیر صنعت نساجی و یا فضاهای بیمارستانی یا آزمایشگاهی بسیار حیاتی و مهم است، و بر اساس میزان رطوبت اندازه‌گیری شده در این فضاها، عملکرد رطوبت‌زن یا ابرواش کنترل می‌شود.

ج) در صورتی که از قسمتی از فضاهای ساختمانی غیرمسکونی با بهره‌برداری منقطع، به صورت مداوم استفاده شود، باید گرمایش و سرمایش این فضاها از سیستم مرکزی تفکیک گردیده و به صورت مستقل در نظر گرفته شود.

۱۹-۴-۲-۱-۲ سیستم مستقل

الف) هر نوع سیستم گرمایشی یا سرمایشی غیرمرکزی که کاملاً مستقل عمل می‌کند باید با کنترل ترموستاتیک روشن و خاموش یا تنظیم شود.

تبصره: در مورد بخاری‌های نفتی و گازی نیاز به رعایت بند فوق نیست.

همانند سیستم‌های موتورخانه مرکزی، در سیستم‌های مستقل گرمایی و سرمایی (نظیر انواع پکیج، آب‌گرم‌کن‌ها، انواع پمپ‌های گرمایی و کولرهای گازی و اسپلیت‌ها) نیز نیاز به سیستم کنترل ترموستاتی است. تا بر اساس شرایط محیط داخل ساختمان و نیاز انرژی، در فضای مذکور دستور لازم برای کارکرد تمام بار یا پاره‌بار سیستم مستقل گرمایی یا سرمایی صادر شود. معمولاً در این گونه سیستم‌ها، اساس کارکرد به‌صورت پاره‌بار، بر مبنای خاموش و روشن کردن متوالی دستگاه، به‌منظور کنترل نیاز انرژی محیط داخل می‌باشد.

البته در تجهیزاتی نظیر بخاری‌های گازی یا نفتی، معمولاً چنین سیستم‌های کنترلی در نظر گرفته نمی‌شود، چرا که علاوه بر هزینه بر بودن، ایمنی و عملکرد صحیح بخاری‌ها تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد.

ب) نصب شومینه در مجاورت دیوارهای داخلی مجاز است؛ و شومینه باید کاملاً جدا از دیوار خارجی ساختمان باشد. نصب سیستم کنترل اتوماتیک، برای بسته نگه‌داشتن دمبر در زمان خاموش بودن شومینه، توصیه می‌شود.

در خصوص نصب شومینه‌ها، لازم است اصول پایه که در دستورالعمل‌های مربوط آمده است رعایت گردد [۶].

بدیهی است در صورتی که، به غلط، شومینه متصل به دیوار پوسته خارجی ساختمان باشد، بخش اعظم حرارت تولید شده از طریق بدنه شومینه و دودکش آن به خارج منتقل می‌شود.

۱۹-۴-۲-۲ مدارهای توزیع

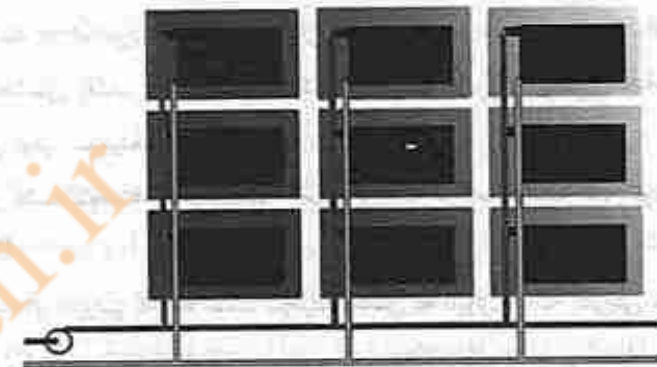
مدارهای توزیع کار انتقال و توزیع سرما و گرمای تولید شده به پایانه‌ها را انجام می‌دهند. بالانس کردن مدارهای سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی الزامی است. برای بالانس کردن، باید از تجهیزات مورد نیاز، اعم از دمبرها، دما سنچ‌ها، فشارسنج‌ها و شیرهای بالانس، استفاده گردد.

برای تجهیزات سرمایش و گرمایش، عایق‌کاری حرارتی سیستم‌های توزیع بخار، آب و هوا الزامی است و بر اساس مقررات این بند انجام می‌گیرد.

در شکل ۱۸ یک سیستم آبی یا لوله کشی از نوع مستقیم به صورت شماتیک نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود اولین پایانه طبقه اول نزدیک به موتورخانه، به دلیل داشتن کوتاه‌ترین مسیر رفت و برگشت، کمترین افت فشار، و به تبع آن، بیشترین دبی و بهره حرارتی را داراست. در چنین شرایطی، به دورترین پایانه عملاً کمترین سهم انرژی تعلق می‌گیرد. به همین دلیل، متعادل (بالانس) نمودن مدارهای گرمایی و سرمایی، به‌صورت منظم، الزامی است.

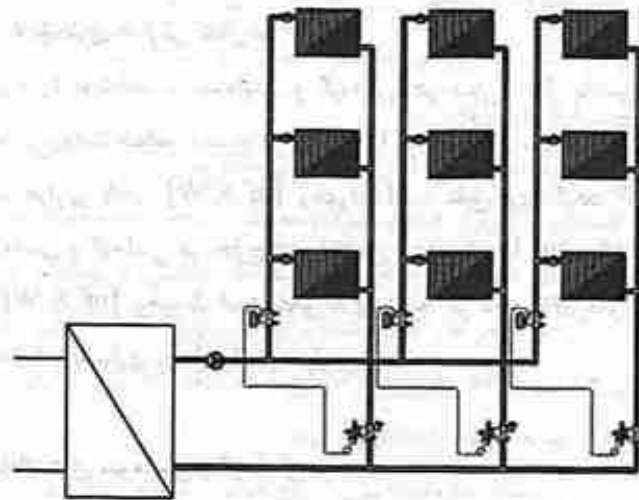
برای رفع این مشکل، یکی از راه‌ها استفاده از سیستم برگشت معکوس است، که این امر استفاده از یک خط لوله بیشتر را می‌طلبد. همچنین نکته منفی دیگر آن است که اگر از شیرهای ترموستاتی بر روی پایانه‌ها استفاده شود، ممکن است برخی از پایانه‌ها دارای افت بیشتری شوند (به دلیل بسته شدن مسیر آن پایانه در اثر نیاز انرژی کمتر). این نکته باز هم بالانس مسیر پایانه‌ها را

از بین می‌برد و توزیع انرژی نامناسب را موجب می‌شود. راه حل بهتر، نصب شیرهای بالانس روی رایزها می‌باشد.



شکل ۱۸ عملکرد یک سیستم گرمایشی بالانس نشده از نقطه نظر توزیع نامناسب انرژی در پایانه‌های گرمایی آن

همانطور که در شکل ۱۹ مشخص است، این شیرها بر روی رایز قرار می‌گیرد و در اولین رایز که بیشترین دبی را دارد، شیر بالانس، به دلیل فشار بالای اندازه‌گیری شده توسط حسگر، در مسیر برگشت افت فشاری بوجود می‌آورد به نحوی که بر روی هر سه رایز میزان افت‌ها و در نتیجه دبی سیال گرم برابر گردد.



شکل ۱۹ روش نصب و نحوه عملکرد شیرهای بالانس در سیستم گرمایی آبی

۱۹-۴-۲-۱ عایق کاری حرارتی لوله‌ها

تمام لوله‌های مورد استفاده در سیستم‌های سرمایش و گرمایش باید براساس بیشترین مقدار مشخص شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی و جدول ۲۸ این مبحث عایق کاری حرارتی گردد. برای تضمین حداقل ضخامت مفید عایق حرارتی، استفاده از عایق‌های حرارتی پیش‌ساخته توصیه می‌شود. در زمان نصب، باید از فشردن عایق و کاهش مقاومت حرارتی اسمی آن اجتناب شود.

جدول ۲۸ حداقل مقاومت حرارتی عایق لوله در سیستم‌های سرمایش و گرمایش [$m^2.K/W$]

نوع سیال	قطر لوله تا ۳۸ میلی‌متر	قطر لوله بیش از ۳۸ میلی‌متر
آب گرم	۰.۸۸	۱.۳۲
بخار	۱.۰۰	۲.۰۰
آب سرد، مبرد و براین	۰.۸۸	۱.۰۰

۱۹-۴-۲-۲-۲ عایق کاری حرارتی کانال ها

تمام کانال های مورد استفاده در سرمایش و گرمایش، در صورت قرار داشتن در فضای داخل ساختمان، علاوه بر رعایت ضوابط مندرج در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، باید با عایقی که از حداقل مقاومت حرارتی $0.88 [m^2.K/W]$ برخوردار است عایق کاری گردد. اگر کانال های مورد استفاده در سرمایش و گرمایش در خارج از ساختمان است، باید با عایقی که از حداقل مقاومت حرارتی $1.44 [m^2.K/W]$ برخوردار است عایق کاری شوند. در مورد کانال های کولر آبی واقع در فضای داخلی ساختمان، نیازی به عایق کاری حرارتی نیست.

۱۹-۴-۲-۳ پایانه های سرمایش و گرمایش

الف) توصیه می شود که برای تمام پایانه های سیستم های گرمایشی و سرمایشی مانند شوفاژ، فن کویل، و دمپر (در سیستم های هوا)، کنترل ترموستاتیک نصب گردد.

ب) دمنده های پایانه های حرارتی و برودتی باید قابلیت روشن و خاموش شدن توسط یک سیستم کنترل ترموستاتیک، با امکان تنظیم دماهای مختلف در شبانه روز، را داشته باشند.

ج) در ساختمان های غیرمسکونی، در نظر گرفتن سیستم کنترل مرکزی کارکرد دمنده ها در طی ساعات شبانه روز الزامی است.

۱۹-۴-۳ سیستم های تهویه

۱۹-۴-۳-۱ تأمین هوای تازه

تمام سیستم های تأمین هوای تازه، که با استفاده از دمنده یا فن کار می کنند، باید به کلید روشن-خاموش تجهیز شوند، تا در شرایط غیر کاری و هنگامی که به هوای تازه نیازی نیست خاموش شوند، مگر آنکه معجر به کنترل خودکار باشند.

در تمام نقاط ورود و خروج هوا در ساختمان، در نظر گرفتن سیستم های خودکار، که دمپر آنها فقط در زمان کار کردن باز می شود، الزامی است. در مواردی که درجه آلودگی هوای داخل تغییر می کند، تنظیم خودکار میزان هوای تازه الزامی است.

حداکثر میزان تهویه مکانیکی نباید بیش از ۲۰ درصد از حداقل تهویه تعیین شده از نظر سلامت و بهداشت بالاتر باشد. در صورتی که از سیستم های بازیافت انرژی از هوای خروجی استفاده شود، این محدودیت برطرف می گردد.

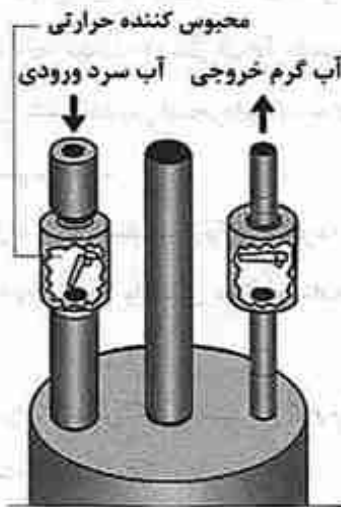
لازم به توضیح است که در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، حداقل میزان هوای دریافتی از فضای خارج، برای فضاهای با کاربری (نحوه تصرف) مختلف مشخص شده است. میزان تعیین شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان برای تأمین شرایط سلامتی و بهداشت در داخل فضاها می باشد. بدیهی است اگر میزان در نظر گرفته شده برای دبی تهویه از حداقل های تعیین شده قاصه گیرد، مصرف انرژی افزایش خواهد یافت و به همین علت، سقف افزایش ۲۰ درصد برای محدود کردن بازه تغییرات دبی تهویه در نظر گرفته شده است.

البته، در صورتی که از سیستم بازیافت انرژی از نوع هوایی استفاده شود، این محدودیت برطرف می شود، زیرا در این نوع مبدل های هوا به هوا^۱ (ر.ک. به پیوست ۱۳ ص ۲۸۷) بخش اعظم انرژی هوای خروجی به هوای ورودی به فضاهای ساختمان منتقل می شود.

در ساختمان هایی که فاقد سیستم مرکزی تهویه هستند، می توان با بهره گیری از سیستم های تهویه بهبود یافته، نظیر دریچه های ورود هوا و فن های خروج هوای حساس به رطوبت، میزان تهویه را در زمان هایی که ساکنین یا بهره برداران حضور ندارند، و سیستم های احتراقی و تولید رطوبت غیر فعال هستند، کاهش داد (ر.ک. به پ ۱۳-۴-۱ و پ ۱۳-۴-۲ ص ۲۷۶).

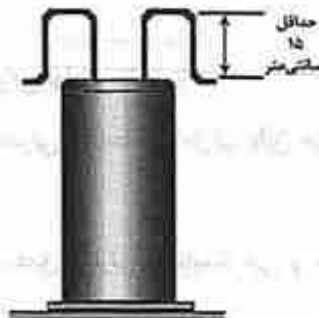
۱۹-۴-۳-۲ کیفیت درزبندی بازشوها

در هر واحد مستقل، چنانچه میزان تهویه ناخواسته هوا، که از طریق بازشوهایی مانند درها و پنجره ها صورت می گیرد، در شرایط عادی، از یک سوم حجم تعویض هوا در ساعت تجاوز نکند، ضریب انتقال حرارت مرجع H ، در بند ۱۹-۳-۱-۱، را می توان تا ۱۰٪ افزایش داد. میزان تهویه ناخواسته هوا از طریق مراجع مربوطه تعیین می گردد.



شکل ۲۰ شیرهای محبوس کننده حرارت

در صورتی که شیرهای محبوس کننده حرارت در دسترس نباشد، می توان از روش دیگری، مطابق شکل ۲۱، به عنوان جایگزین استفاده نمود. در این روش، خم های مضاعفی در مسیر آب سرد ورودی و آب گرم خروجی در نظر گرفته می شود تا اثر محرک ترموسیفون خنثی شود. ارتفاع خم رو به پایین لوله باید حداقل ۱۵ سانتی متر باشد.



شکل ۲۱ نحوه نصب حلقه های محبوس کننده حرارت

توجه: در صورتی که با استفاده از تمهیدات مختلف (مانند بهره گیری از پنجره های نوین و انواع درزبندها) میزان تهویه هوای ناخواسته از بازشوها کاهش یابد، باید هوای تازه مورد نیاز برای تأمین سلامتی و بهداشت، به صورت طبیعی یا مکانیکی، فراهم گردد.

پدیده ای است کاربرد بازشوهای هواوند (با درزبندی بهبود یافته) بدون در نظر گرفتن دریچه های مناسب ورود هوا، خصوصاً در فضاهایی که دارای تجهیزات احتراقی (بخاری گازی، آب گرم کن گازی، ...) هستند، خطرات جانی جدی را به دنبال دارد.

۴-۴-۱۹ تأسیسات آب گرم مصرفی

۱-۴-۴-۱۹ ملاحظات کلی

الف) در سیستم مرکزی گرمایش، طراحی و اجرای تأسیسات آب گرم مصرفی باید به طور مجزا انجام شود، یا عملکرد مجزای آن توسط شیرهای برقی با کنترل اتوماتیک امکان پذیر گردد.

ب) کاربرد سیستم های خورشیدی برای پیش گرم کردن آب و کاهش مصرف سوخت های فسیلی توصیه می گردد (ر.ک. به بخش پ ۱۳-۲-۲-۱۲ ص ۲۶۱).

ج) در ساختمان های عمومی یا زیربنای بیش از ۲۰۰۰ مترمربع، در آب گرم کن های مخزن دار بدون پمپ، استفاده از محبوس کننده حرارت^۱ الزامی است. کاربرد محبوس کننده در دیگر ساختمان ها نیز توصیه می شود.

در آب گرم کن های مخزن دار بدون پمپ، در زمان عدم استفاده از آب گرم، از آنجا که ورودی آب سرد و خروجی آب گرم در قسمت بالایی مخزن بزرگ آب گرم کن قرار دارد، در اثر پدیده ترموسیفون، آب گرم وارد لوله آب سرد می شود و با از دست رفتن تدریجی آب گرم ذخیره شده در مخزن، بازده آب گرم کن به طور قابل توجهی کاهش می یابد. برای جلوگیری از این جابجایی نامطلوب، از شیرهای یک طرفه در مسیر آب سرد ورودی و آب گرم خروجی استفاده می شود، که در واقع از حرکت ترموسیفون آب داخل مخزن جلوگیری می کند (شکل ۲۰). این امر موجب ثابت ماندن آب داخل مخزن، و در نتیجه کاهش تلفات گرما می شود.

د) تجهیزات سیستم آب گرم مصرفی باید مجهز به سیستم کنترل دما باشد. طراحی سیستم آب گرم مصرفی باید براساس ضوابط مبحث ۱۴ مقررات ملی انجام شود و دمای آب گرم مصرفی نباید از ۶۰ درجه سلسیوس بیشتر باشد. در استخرهایی که دمای آب کنترل می‌شود، دمای آب نباید بیش از ۲۷ درجه سلسیوس باشد.

ه) آب گرم‌کن‌های خاص مصارف ویژه، مانند آب گرم‌کن استخرها، برای آسانی و سهولت کار، باید مجهز به کلید روشن و خاموش بدون وابستگی به ترموستات، جهت راه‌اندازی و خاتمه کار، باشند.

و) استفاده از کنترلر خودکار برای خاموش کردن پمپ آب گرم برگشتی، در زمانی که پیش‌بینی شده به آب گرم نیازی نیست، الزامی است.

ز) برای به کارگیری پمپ تصفیه آب، استفاده از کنترلر ساعتی الزامی است. توصیه می‌شود در ساعات حداکثر بار شبکه، از پمپ استفاده نشود.

ح) آب‌دهی دستشویی و سردوشی‌های حمام در فشار ۵۵۰ kPa (حدود ۵/۵ بار یا اتمسفر) نباید بیش از ۰/۱۶ لیتر بر ثانیه باشد.

ط) در حد امکان از شیرهای مشترک آب گرم و سرد استفاده شود.

ی) در ساختمان‌هایی با کاربری عمومی، استفاده از شیرهای فنری یا شیرهای دارای چشم الکترونیکی الزامی است.

۱۹-۴-۴-۲ عایق‌کاری حرارتی لوله و مخزن

الف) در سیستم‌های آب گرم مصرفی، لوله‌ها باید دارای عایق حرارتی با مقاومت حرارتی بیش از ۰/۸۸ [m².K/W] باشند.

ب) مخزن‌های آب گرم باید دارای عایق حرارتی با مقاومت حرارتی بیش از ۱/۰۰ [m².K/W] باشند.

ج) در استخرهای عمومی، که از آب گرم استفاده می‌کنند، استفاده از پوشش الزامی است. در مورد استخرهای شخصی ساختمان‌های مسکونی، که از آب گرم استفاده می‌کنند، بهره‌گیری از این پوشش توصیه می‌شود.

۵-۱۹ سیستم روشنایی و انرژی الکتریکی

در تأمین روشنایی با استفاده از انرژی الکتریکی، لازم است علاوه بر الزامات میحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، موارد مندرج در این بخش نیز منظور شود. همچنین، علاوه بر الزامات این بخش، می‌توان، برای تأمین بخشی از انرژی الکتریکی ساختمان، از سلول‌های خورشیدی یا دیگر سیستم‌های فعال تولیدکننده انرژی الکتریکی، به صورت مستقل یا موازی با شبکه سراسری برق، بهره گرفت.

البته، روشن است که در اولویت اول، باید با طراحی مناسب، بهره‌برداری از روشنایی طبیعی تا حد امکان افزایش یابد، تا نیاز به انرژی الکتریکی برای تأمین روشنایی فضاهای داخل ساختمان به حداقل برسد. در اولویت دوم، لازم است از سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی با بهره‌نوری بالا استفاده گردد. در پیوست ۱۵، توضیحات تکمیلی در خصوص سیستم‌های نورپردازی با نور طبیعی و مصنوعی ارائه شده است.

۵-۱۹-۱ سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی

در فضاهای عمومی کلیه ساختمان‌ها که از روشنایی الکتریکی به صورت ممتد استفاده می‌شود، به‌کارگیری لامپ‌های کم‌مصرف (پَر بازده)، با حداقل بازده نوری ۵۵ لومن بر وات، الزامی است. بهره‌گیری از لامپ‌های کم‌مصرف در کلیه فضاهای داخلی ساختمان‌های مسکونی که از روشنایی الکتریکی به صورت ممتد استفاده می‌شود، به ویژه در فضاهای نشیمن و آشپزخانه، توصیه می‌شود. تمامی سیستم‌های روشنایی نصب‌شده درون یا روی سقف باید دارای بازتابنده‌هایی باشند، تا بیشترین روشنایی به فضا برسد.

سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی متداول و نوین که در نورپردازی مصنوعی فضاهای داخل ساختمان‌ها مطرح هستند عبارتند از:

- لامپ‌های التهای

- لامپ تخلیه در گاز

- لامپ‌های دیودی (ال.ای.دی)^۱

آنچه در انتخاب منابع روشنایی مصنوعی حائز اهمیت است، بالا بودن بازده نوری و شاخص نمود رنگ^۲ است، و در هیچ شرایطی، افزایش بازدهی سیستم‌های نورپردازی نباید باعث تحت‌الشعاع قرار گرفتن آسایش بصری بهره‌برداران گردد. در پیوست ۱۵، توضیحات تکمیلی در خصوص سیستم‌ها و تجهیزات روشنایی متداول و نوین مورد استفاده در نورپردازی مصنوعی ارائه شده است.

۱۹-۵-۲ سیستم‌های کنترل روشنایی

۱۹-۵-۲-۱ روشنایی فضاها

هر فضای مستقل باید یک کلید یا سیستم کنترل جداگانه داشته باشد که:

۱- در محل ورودی- خروجی فضاها قرار گیرد، رؤیت‌پذیر و در دسترس باشد.

۲- به گونه‌ای طراحی شده باشد که با رویت آن، خاموش یا روشن بودن چراغ‌ها معلوم شود.

این الزامات در مورد لامپ‌هایی که صرفاً برای تزئین مورد استفاده قرار می‌گیرند و نقشی در تأمین روشنایی مورد نیاز ندارند صادق نیست.

۱۹-۵-۲-۲ سیستم‌های کاهش میزان و یا مدت روشنایی

روشنایی فضاها محصور که مساحتی برابر ۱۰ متر مربع یا بیشتر دارد و بار الکتریکی روشنایی آن بیش از ۱۲ وات بر متر مربع است و یا بیش از یک منبع تأمین می‌گردد، باید به نحوی کنترل شود که بار الکتریکی روشنایی چراغ‌ها تا نصف قابل کاهش باشد، ضمن این‌که همچنان سطح

۱۹-۵ سیستم روشنایی و انرژی الکتریکی

روشنایی با یکنواختی قابل قبول در تمام فضا و یا جوابگویی به انتظارات تعیین‌شده در خصوص روشنایی موضعی محل‌های فعالیت، تأمین گردد. در پیوست ۱۵، توضیحات تکمیلی در خصوص روش‌های کاهش اصولی میزان روشنایی ارائه شده است.

کاهش روشنایی به صورت یکنواخت می‌تواند به یکی از روش‌های زیر تأمین گردد:

۱- استفاده از کاهش‌دهنده‌های نور^۱ برای کنترل تمام سیستم‌های روشنایی؛

۲- کنترل ردیف‌های زوج و فرد با دو کلید؛

۳- نصب کلید مستقل برای لامپ وسط سیستم‌های سه‌لامپی؛

۴- نصب کلید مستقل برای هر لامپ یا هر مجموعه لامپ؛

۵- استفاده از سیستم‌های تشخیص حضور و یا حرکت؛

۶- استفاده از سیستم‌های زمان‌دار قابل تنظیم و یا سیستم‌هایی که به صورت خودکار خاموش

می‌شوند.

در مورد فضاها محصور که در طول روز از نور طبیعی کافی بهره‌مند می‌شوند، علاوه بر موارد فوق، توصیه می‌گردد در صورت امکان حداقل یک سیستم کنترل نور مصنوعی داشته باشند که سیستم روشنایی را، در بخشی که از نور طبیعی بهره می‌گیرد، کنترل کند.

۱۹-۵-۲-۳ کنترل خاموش کردن روشنایی

در هر منطقه روشنایی ساختمان، سیستم‌های روشنایی باید توسط یک یا چند کلید مرکزی دستی نصب شده در محل قابل کنترل باشد. همچنین استفاده از کلید اتوماتیک (حسگر تشخیص حضور یا حرکت یا کنترل زمانی) توصیه می‌شود. در موارد زیر، رعایت این ضابطه لازم نیست:

الف) روشنایی راهروها، سراسراها (لایه‌ها) و فضاها محصور که فاقد روشنایی ایمنی باشند. در مورد سیستم‌های روشنایی ایمنی باید مطابق الزامات مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان عمل شود.
ب) فضاها با کاربری خاص مانند فروشگاه‌ها و مجتمع‌های تجاری، رستوران‌ها، مساجد، تئاترها، سینماها و ساختمان‌های مشابه.

۱. LED Lamp

۲. CRI : Color Rendering Index

۱۹-۵-۶ موتورها

هرگونه موتور الکتریکی باید مطابق با مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران باشد. استفاده از موتورهای دور متغیر در تجهیزاتی مانند پمپها و دمندهها و ابزار الکترونیک قدرت، و تنظیم فرکانس متناسب با بار متغیر و کاهش مصرف انرژی الکتریکی موتورها، توصیه می‌گردد.

اگر یک سیستم کلیدی زمان‌دار پیش‌بینی شده باشد، باید شرایط زیر برقرار باشد:

- به راحتی قابل رؤیت و در دسترس باشد

- در جایی باشد که بتوان به آسانی دانست که کلید مربوط به کدام فضا است؛

- به صورت دستی نیز کار کند.

در صورتی که از سیستم برنامه‌ریزی زمانی استفاده می‌شود، سیستم باید قابلیت دریافت برنامه‌های خاص بر اساس تقویم سالانه را داشته باشد.

۱۹-۵-۳ شدت روشنایی فضاها

شدت روشنایی فضاها و کاربری‌های مختلف در ساختمان‌ها باید براساس مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. برای تأمین این شدت روشنایی، باید توجه شود که از چراغ‌های با ضریب بهره بالا، لامپ‌های با راندمان بالا و امکانات متناسب دیگر به نحوی استفاده شود که چگالی انرژی الکتریکی (بر حسب وات بر مترمربع) برای تأمین روشنایی مورد نظر بهینه باشد.

۱۹-۵-۴ روشنایی محوطه و بیرون ساختمان

۱۹-۵-۴-۱ لامپ‌ها

لامپ‌های مورد استفاده برای روشنایی محوطه و بیرون ساختمان باید حداقل دارای راندمان ۵۰ لومن بر وات باشند.

۱۹-۵-۴-۲ کنترل روشنایی محوطه و خارج ساختمان

برای محوطه ساختمان‌هایی که در ۲۴ ساعت یا تمام هفته مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، بهره‌گیری از کنترل‌کننده اتوماتیک یا سلول نوری برای روشن و خاموش کردن لامپ‌ها الزامی است.

۱۹-۵-۵ کنتور

در مجتمع‌ها، تجهیز هر واحد مستقل به کنتور جداگانه، جهت تعیین میزان تفکیکی مصرف برق، الزامی است.

پیوست ۱ روش تعیین گروه اینرسی حرارتی ساختمان

برای تعیین گروه اینرسی حرارتی ساختمان، یا بخشی از آن، در وهله اول لازم است جرم سطحی مؤثر جدارهای مختلف آن محاسبه گردد. میزان جرم جدار، که در تعیین گروه اینرسی حرارتی در نظر گرفته می‌شود، به موقعیت جدار و لایه‌های مختلف تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. در این پیوست، روش محاسبه جرم سطحی مؤثر جدار در حالت‌ها و موقعیت‌های مختلف ارائه می‌گردد. پس از تعیین جرم سطحی مؤثر جدارهای مختلف، جرم مؤثر کل ساختمان یا بخشی از آن (M) محاسبه می‌گردد و، در پایان، مقدار جرم سطحی مؤثر ساختمان در واحد سطح زیربنا (m_0) تعیین می‌شود.

پ ۱-۱ تعیین جرم سطحی مؤثر جدار

پ ۱-۱-۱ جدار در تماس با خارج

چنانچه جدار مجاور خارج ساختمان، یا بخشی از آن، فاقد عایق حرارت باشد، یا اگر جدار عایق حرارت همگن باشد، در محاسبه جرم مؤثر سطحی جدار، یک دوم جرم آن جدار در نظر گرفته می‌شود.

اگر جدار دارای عایق حرارت باشد، تنها جرم بخشی از جدار که در طرف رو به داخل عایق حرارتی است در محاسبه جرم مؤثر جدار منظور می‌شود.

در تمام حالات، اگر جرم سطحی مؤثر محاسبه‌شده یک جدار بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در متر مربع باشد، به همین مقدار اکتفا می‌شود.

صورتی که جدار دارای عایق حرارت باشد، تنها جرم سطحی بخشی از جدار که در طرف رو به داخل عایق حرارت است در محاسبه جرم سطحی مؤثر جدار منظور می‌شود. اگر جرم سطحی مؤثر محاسبه شده آن جدار بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در متر مربع باشد، به همین مقدار بسته می‌شود.

جدول ۳۰ نحوه محاسبه جرم سطحی مؤثر کف روی خاک

بدون عایق حرارتی یا با عایق همگن	دارای عایق حرارتی
	
$m_i = 150$	$150 \geq m_i = m_{int}$

پ ۱-۱-۳ جدار در تماس با ساختمان مجاور یا فضای کنترل نشده جرم سطحی مؤثر جدارهای در تماس با ساختمان مستقل دیگر، یا فضایی کنترل نشده (راه پله، پارکینگ، انبار، ...)، اگر فاقد عایق حرارت باشد، برابر نصف جرم سطحی جدار و در غیر این صورت، برابر با جرم سطحی بخشی از لایه‌های جدار که در طرف رو به داخل عایق حرارتی است، در نظر گرفته می‌شود.

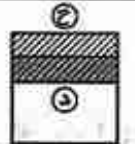
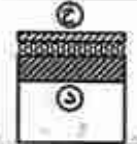
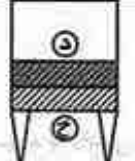



به عبارت دیگر، در خصوصی جدارهایی که بین فضای کنترل شده و کنترل نشده هستند، روش محاسبه مشابه روش محاسبه جرم مؤثر جدارهای بین فضاهای کنترل شده و خارج است.





پ ۱-۱-۴ جدارهای داخل فضای کنترل شده ساختمان

در صورتی که جرم سطحی جداری که داخل فضای کنترل شده ساختمان (یا بخشی از آن) واقع شده است کمتر از ۳۰۰ کیلوگرم در مترمربع باشد، جرم سطحی مؤثر مساوی با جرم سطحی جدار است؛ در غیر این صورت، جرم سطحی مؤثر مساوی با ۳۰۰ کیلوگرم در مترمربع در نظر گرفته می‌شود.

به عبارت دیگر، در صورتی که جدار داخل فضای کنترل شده قرار داشته باشد، تمام جرم سطحی به عنوان جرم سطحی مؤثر در نظر گرفته می‌شود، ولی مقدار محاسبه شده نباید از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع بیشتر باشد.

جدول ۲۹ نحوه محاسبه جرم سطحی مؤثر جدارهای پوسته خارجی

بدون عایق حرارتی یا با عایق همگن	دارای عایق حرارتی
	
	
	
$150 \geq m_i = m/2$	$150 \geq m_i = m_{int}$

	لایه‌های محسوب در جرم سطحی مؤثر
	لایه‌های غیر محسوب در جرم سطحی مؤثر
	عایق حرارتی محسوب در جرم سطحی مؤثر
	عایق حرارتی غیر محسوب در جرم سطحی مؤثر
Ⓐ	فضای کنترل شده یا داخل
Ⓑ	فضای کنترل نشده یا خارج

پ ۱-۱-۲ جدار مجاور خاک

جرم سطحی مؤثر بخش مجاور خاک دیوار، کف روی خاک یا گره‌رو یا فضای بسته مجاور خاک، در صورتی که فاقد عایق حرارت باشد، برابر ۱۵۰ کیلوگرم در متر مربع در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳۲ گروه اینرسی حرارتی ساختمان، بر حسب جرم سطحی مؤثر ساختمان در

واحد سطح زیربنای مفید

گروه اینرسی	جرم سطحی مؤثر ساختمان، بر مبنای واحد سطح زیربنای مفید m_a (kg/m^2)
کم	کمتر از ۱۵۰
متوسط	مساوی یا بیش از ۱۵۰ و کمتر از ۴۰۰
زیاد	مساوی یا بیش از ۴۰۰

مثال ۳: تعیین جرم سطحی مؤثر یک دیوار با عایق کاری حرارتی از خارج

در صورتی که دیواری دارای لایه‌هایی با مشخصات زیر (از خارج به داخل) باشد، محاسبه جرم سطحی و جرم سطحی مؤثر جدار به شرح زیر خواهد بود:

جدول ۳۳ نمونه محاسبه جرم سطحی و جرم سطحی مؤثر یک دیوار خارجی با عایق حرارتی از خارج

مصالح / فراورده	ضخامت (میلی‌متر)	چگالی ظاهری خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)	جرم سطحی (کیلوگرم بر متر مربع)
اندون نازک پایه‌سیمانی	۵	۱۷۰۰	۸.۵
عایق پشم‌معدنی	۵۰	۴۰	۲.۰
بخار بند	۱	۹۸۰	۱.۰
بلوک سالی	۱۵۰	۸۵۰	۱۲۷.۵
اندود گچ	۲۰	۱۳۰۰	۲۶.۰

جرم سطحی جدار: ۱۶۵.۰

جرم سطحی مؤثر جدار: $\frac{165.0}{1.05} = 157.14$
(\times) ۱۵۰.۰

(\times): طبق بند ۱-۱-۱ مبحث ۱۹ جرم سطحی مؤثر جدار مجاور خارج نمی‌تواند بیش از ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.

جدول ۳۱ نحوه محاسبه جرم سطحی مؤثر جدارهای داخلی

بدون عایق حرارتی یا با عایق همگن	دارای عایق حرارتی	
		سقف بین طبقات
		دیوار داخلی
$200 \geq m_i = m$	$200 \geq m_i = m$	

پ-۲ جرم سطحی مؤثر ساختمان در واحد سطح زیربنای مفید

اگر m_i جرم سطحی مؤثر قسمت i از پوسته خارجی و عناصر داخلی ساختمان و A_i مساحت مربوط به آن باشد، جرم مؤثر ساختمان برابر است با:

$$M = \sum (m_i \cdot A_i)$$

بدین ترتیب، جرم سطحی مؤثر ساختمان (یا بخشی از آن) m_a بر مبنای واحد سطح زیربنای مفید ساختمان (یا بخشی از آن) A_h براساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$m_a = M / A_h$$

گروه‌بندی اینرسی حرارتی ساختمان یا بخشی از آن

پس از تعیین جرم سطحی مؤثر ساختمان در واحد سطح زیربنای مفید (m_a)، گروه اینرسی حرارتی ساختمان، یا بخشی از آن، مطابق جدول ۳۲ تعیین می‌گردد:

مثال ۴: تعیین جرم سطحی مؤثر یک دیوار با عایق کاری حرارتی از داخل

در صورتی که به جای نصب عایق حرارتی از خارج، آنرا در طرف رو به داخل لایه بلوک سفالی متصل کنیم، تغییرات جرم سطحی مؤثر به شرح زیر خواهد بود:

جدول ۲۴ نمونه محاسبه جرم سطحی و جرم سطحی مؤثر یک دیوار خارجی با عایق حرارتی از داخل

مصلح / فراورده	ضخامت (میلی متر)	چگالی ظاهری خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)	جرم سطحی (کیلوگرم بر متر مربع)
اندون نازک پایه سیمانی	۵	۱۷۰۰	۸.۵
بلوک سفالی	۱۵۰	۸۵۰	۱۲۷.۵
عایق پشم معدنی	۵۰	۴۰	۲.۰
بخار بند	۱	۹۸۰	۱.۰
اندود گچ / آریستس	۲۰	۱۴۰۰	۲۸.۰

جرم سطحی جدار: ۱۶۷.۰

جرم سطحی مؤثر جدار: ۲۹.۰

مثال ۵: تعیین جرم سطحی مؤثر یک سقف با عایق کاری حرارتی از خارج

اگر بام (سقف نهایی) دارای لایه هایی با مشخصات زیر (از خارج به داخل) باشد، محاسبه جرم سطحی و جرم سطحی مؤثر جدار به شرح زیر خواهد بود:

جدول ۲۵ نمونه محاسبه جرم سطحی و جرم سطحی مؤثر یک بام با عایق حرارتی از خارج

مصلح / فراورده	ضخامت (میلی متر)	چگالی ظاهری خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)	جرم سطحی (کیلوگرم بر متر مربع)
شن بادامی	۵۰	۱۷۰۰	۸۵.۰
عایق حرارتی	۵۰	۴۰	۲.۰
عایق رطوبتی	۵	۱۰۰۰	۵.۰
بتن سبک شیب بندی	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰
بتن مسلح	۱۵۰	۲۳۰۰	۳۴۵.۰

جرم سطحی جدار: ۵۳۷.۰

جرم سطحی مؤثر جدار:

~~۴۵۰.۰~~
۱۵۰.۰ (%)

(x): طبق بند پ-۱-۱-۱ میحت ۱۹ جرم سطحی مؤثر جدار مجاور خارج نمی تواند بیش از ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.

مثال ۶: تعیین جرم سطحی مؤثر یک سقف بین طبقات

در صورتی که سقف بین طبقات دارای جرم سطحی برابر با ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد، با توجه به این نکته که طبق بند پ-۱-۱-۱ میحت ۱۹ جرم سطحی مؤثر جدار داخل فضای کنترل شده نمی تواند بیش از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد، در محاسبات جرم مؤثر سقف برابر با ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته خواهد شد.

مثال ۷: تعیین جرم مؤثر ساختمان

در صورتی که جرم سطحی و مساحت جدارها به شرح جدول ۲۶ باشد، جرم سطحی ساختمان مطابق روش ارائه شده در همین جدول تعیین می‌گردد:

جدول ۲۶ نمونه محاسبه جرم سطحی مؤثر ساختمان

نام جدار	جرم سطحی مؤثر جدار (m_i) (کیلوگرم بر متر مربع)	مساحت جدار (متر مربع)	$m_i \cdot A_i$ (کیلوگرم)
دیوارهای خارجی	۲۹	۲۲۵	۶۵۲۵
بام	۱۵۰	۱۵۰	۲۲۵۰۰
سقف‌های بین طبقات	۳۰۰	۱۵۰	۴۵۰۰۰
تیغه‌های داخلی	۲۱۰	۸۰	۱۶۸۰۰
پنجره‌ها و درها	۷۵	۴۰	۳۰۰۰
کف روی خاک	۱۵۰	۱۵۰	۲۲۵۰۰

جرم مؤثر ساختمان : ۱۱۶۳۲۵

زیربنای مفید ۲۷۰ مترمربع	جرم سطحی مؤثر ساختمان : ۴۳۱۰۰
-----------------------------	-------------------------------

با توجه به این نکته که جرم سطحی مؤثر ساختمان بیش از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است، طبق بند پ ۳-۱ این ساختمان با اینرسی زیاد تلقی می‌شود.

پیوست ۲ روش محاسبه شاخص خورشیدی

طراح، در صورت تمایل، می‌تواند از این ضریب برای ساختمان‌های گروه ۱، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، و در مناطق با نیاز گرمایی زیاد کشور (مطابق پیوست ۳) استفاده کند.

شاخص خورشیدی ساختمان، یا بخشی از آن، با علامت I_s نشان داده شده است و بر مبنای رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$I_s = \sum (A_i \cdot S_i \cdot \sigma_i) / V$$

A_i : مساحت بخش نورگذر i پوسته خارجی ساختمان به مترمربع

S_i : ضریب عبور (گذر) خورشیدی برای بخش نورگذر i ، مطابق جدول ۳۷

σ_i : ضریب کاهش مربوط به موقعیت سطح نورگذر، مطابق جدول ۳۸

V : حجم کل فضای کنترل‌شده ساختمان، یا بخش مورد نظر

جدول ۳۷ مقادیر ضریب انتقال خورشیدی برای انواع مختلف شیشه‌های ساختمانی متعارف

نوع شیشه	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$
رنگ	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$
ضخامت (میلی‌متر)	۴	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶-۴
S_i	۰.۸۶	۰.۸۳	۰.۶۲	۰.۷۰	۰.۶۲	۰.۳۳	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۲۳-۰.۵۲

جدول ۳۸ مقادیر ضریب کاهش σ_i مربوط به موقعیت سطح نورگذر

موقعیت و جهت ^۱ سطح نورگذر					زاویه متوسط رؤیت موانع روبروی پوسته (۵) (مطابق شکل ۱)
شمال	غرب		شرق	جنوب	
	فضاهای با استفاده منقطع	فضاهای با استفاده مداوم			
۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۱/۰	کمتر از ۱۵ درجه
۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۶	بزرگ‌تر از یا مساوی ۱۵ درجه و کمتر از ۲۵ درجه
۰	۰	۰	۰	۰	بزرگ‌تر از یا مساوی ۲۵ درجه

مثال ۸: تعیین شاخص خورشیدی ساختمان و ضریب اصلاح انتقال حرارت

اگر در ساختمانی غیر مستقل با انرژی زیاد و استفاده مداوم، دارای حجم کل فضای کنترل شده برابر با ۷۵۰ متر مکعب، و ۱۰۰ متر مربع جدار نورگذر (پنجره) با شیشه‌های ساده (بی‌رنگ) در هر یک از نماهای جنوبی، شرقی و غربی و ۱۰۰ متر مربع جدار نورگذر با شیشه‌های دوجداره بی‌رنگ در نمای شمالی باشد، شاخص خورشیدی I_a به روش ارائه شده در جدول زیر محاسبه می‌شود:

جهت	ضریب کاهش σ_i	ضریب اصلاح انتقال حرارت $U_{g,i}$	ضریب اصلاح انتقال حرارت $U_{g,i}$
جنوب	۱/۰	۰/۶	۰/۶
شرق	۰/۶	۰/۴	۰/۴
غرب	۰/۶	۰/۳	۰/۳
شمال	۰	۰	۰

۱. جهت‌ها به روش زیر تعیین می‌گردد:

- جنوب: جهت‌های بین جنوب شرقی و جنوب غربی
- شرق: جهت‌های بین شمال شرقی و جنوب شرقی
- غرب: جهت‌های بین شمال غربی و جنوب غربی
- شمال: جهت‌های بین شمال شرقی و شمال غربی

جدول ۳۹ نمونه محاسبه شاخص خورشیدی ساختمان و ضریب اصلاح انتقال حرارت

$A_i \cdot S_i \cdot \sigma_i$	σ_i	S_i	A_i	
۸۶۰۰	۱/۰	۰/۸۶	۱۰۰	پنجره‌های جنوبی
۵۱/۶	۰/۶	۰/۸۶	۱۰۰	پنجره‌های شرقی
۳۴/۴	۰/۴	۰/۸۶	۱۰۰	پنجره‌های غربی
۱۵/۶	۰/۳	۰/۵۲	۱۰۰	پنجره‌های شمالی
۱۸۷/۶	$= A_i \cdot S_i \cdot \sigma_i$			

$$\sum A_i \cdot S_i \cdot \sigma_i / V = 18.76 / 75 = 0.25$$

در صورتی که ضریب I_a ، جرم مؤثر ساختمان، مطابق مثال ۷ راهنما (صفحه ۱۰۴) محاسبه شده، و مقداری بیش از ۰/۰۲ به دست آمده باشد، طبق جدول ۱ میثت ۱۹ مقررات ملی ساختمان، ضریب γ مساوی با ۰/۱۲ خواهد بود.

پیوست ۳ گونه بندی نیاز سالانه انرژی شهرهای ایران

در این پیوست، گونه بندی نیاز انرژی ۲۴۵ شهر، که دارای ایستگاه هواشناسی اند، درج شده است. در صورتی که نام شهر محل استقرار ساختمان در این پیوست نیامده باشد، لازم است مشخصات نزدیک ترین شهر به آن، با آب و هوای مشابه، ملاک عمل قرار گیرد.

جدول ۴۰ رده بندی نیاز سالانه انرژی شهرهای ایران

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱	آبادان	زیاد	•	•
۲	آبادچی - فریدن	زیاد	•	•
۳	آبادیه	متوسط	•	•
۴	آبعلی	زیاد	•	•
۵	آجی بای	زیاد	•	•
۶	آزاد شهر	کم	•	•
۷	آستارا	متوسط	•	•
۸	آغاجاری	زیاد	•	•
۹	آمل	کم	•	•
۱۰	اوج	زیاد	•	•
۱۱	احمدآباد - درودزن	متوسط	•	•
۱۲	احمدوند	متوسط	•	•
۱۳	اختوان گلیایگان	متوسط	•	•

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱۴	اراک	متوسط	•	
۱۵	اردبیل	زیاد	•	
۱۶	اردستان	متوسط	•	
۱۷	اردکان	متوسط	•	
۱۸	ارومیه	زیاد	•	
۱۹	استور	متوسط	•	
۲۰	اسدآباد بیرجند	متوسط	•	
۲۱	اسکو	زیاد	•	
۲۲	اسلام آباد غرب	متوسط	•	
۲۳	اصفهان	متوسط	•	
۲۴	افراچال	کم	•	
۲۵	الیگودرز	زیاد	•	
۲۶	امام قیس	زیاد	•	
۲۷	امیدیه	زیاد	•	•
۲۸	امین آباد	متوسط	•	
۲۹	انار	کم	•	
۳۰	انارک	متوسط	•	
۳۱	اندیمشک	زیاد	•	
۳۲	اهر	زیاد	•	
۳۳	اهواز	زیاد	•	
۳۴	اهواز (ملاثانی)	متوسط	•	
۳۵	ایران شهر	زیاد	•	
۳۶	ایلام	متوسط	•	
۳۷	ایوانکی	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۳۸	بابل	کم	•	
۳۹	بابلسر	کم	•	
۴۰	باراندوز جای	زیاد	•	
۴۱	بارنیشابور	متوسط	•	
۴۲	باغ ملک	کم	•	•
۴۳	بافت	متوسط	•	
۴۴	بجستان	کم	•	
۴۵	بجنورد	متوسط	•	
۴۶	بروجرد	متوسط	•	
۴۷	بستان	زیاد	•	
۴۸	بستان آباد	زیاد	•	
۴۹	بم	متوسط	•	
۵۰	بمپور	متوسط	•	
۵۱	بن سیدان	متوسط	•	
۵۲	بندر انزلی	کم	•	
۵۳	بندر بوشهر	زیاد	•	
۵۴	بندر دیر	زیاد	•	
۵۵	بندر عباس	زیاد	•	
۵۶	بندر لنگه	زیاد	•	
۵۷	بندر ماهشهر	زیاد	•	
۵۸	بنکوه	متوسط	•	
۵۹	بوئین زهرا	متوسط	•	
۶۰	بی بالان	کم	•	
۶۱	بیاضه بیابانک	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۶۲	بیجار	زیاد	•	
۶۳	بیرجند	متوسط	•	
۶۴	پارس آباد مغان	متوسط	•	
۶۵	پل زمانخان	کم	•	
۶۶	پل کله	متوسط	•	
۶۷	پیرانشهر	زیاد	•	
۶۸	پيله سرا	کم	•	
۶۹	تازه کند	زیاد	•	
۷۰	تاشکویه کله گاه	متوسط	•	
۷۱	تاکستان	متوسط	•	
۷۲	تبریز	زیاد	•	
۷۳	تریت حیدریه	متوسط	•	
۷۴	تفرش	متوسط	•	
۷۵	تکاب	زیاد	•	
۷۶	تنگ پنج	زیاد	•	
۷۷	تهران	متوسط	•	
۷۸	جاسک	زیاد	•	
۷۹	جزیره ابوموسی	زیاد	•	
۸۰	جزیره خارک	متوسط	•	
۸۱	جزیره سیری	زیاد	•	
۸۲	جزیره قشم	متوسط	•	
۸۳	جزیره کیش	زیاد	•	
۸۴	جلفا	زیاد	•	
۸۵	جیرفت	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۸۶	چابهار	زیاد		•
۸۷	چقارت	متوسط		•
۸۸	چناران	متوسط	•	
۸۹	حاجی آباد (بندرعباس)	متوسط	•	
۹۰	حجت آباد (پیشکوه)	متوسط	•	
۹۱	حمیدیه	متوسط	•	
۹۲	حنا	متوسط	•	
۹۳	خاش	کم	•	
۹۴	خرم آباد	متوسط	•	
۹۵	خرم آباد تنکابن	کم	•	
۹۶	خرم دره	زیاد	•	
۹۷	خرمشهر	زیاد	•	
۹۸	خشکه داران تنکابن	کم	•	
۹۹	خفر	متوسط	•	
۱۰۰	خلخال	زیاد	•	
۱۰۱	خوانسار	زیاد	•	
۱۰۲	خوربیلانک	متوسط	•	
۱۰۳	خوی	زیاد	•	
۱۰۴	داراب	متوسط	•	
۱۰۵	داران	زیاد	•	
۱۰۶	داشبند بوکان	زیاد	•	
۱۰۷	دامغان	متوسط	•	
۱۰۸	دامنه قریندن	زیاد	•	
۱۰۹	درگز	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱۱۰	درود	متوسط	•	
۱۱۱	دره تخت	زیاد	•	
۱۱۲	دزفول	زیاد	•	
۱۱۳	دشت ناز	کم	•	
۱۱۴	دوگنبدان	متوسط	•	
۱۱۵	ده صومعه	متوسط	•	
۱۱۶	دهلران	زیاد	•	
۱۱۷	دیپوک	کم	•	
۱۱۸	راسر	کم	•	
۱۱۹	رامهرمز	زیاد	•	
۱۲۰	رشت	کم	•	
۱۲۱	روانسر	متوسط	•	
۱۲۲	رودبار گیلان	کم	•	
۱۲۳	زابل	متوسط	•	
۱۲۴	زاهدان	کم	•	
۱۲۵	زردگل سرخ آباد	متوسط	•	
۱۲۶	زرقان	متوسط	•	
۱۲۷	زربنه اویاتو	زیاد	•	
۱۲۸	زنجان	زیاد	•	
۱۲۹	ساوه	متوسط	•	
۱۳۰	سبزوار	متوسط	•	
۱۳۱	سپید دشت	متوسط	•	
۱۳۲	سد درودزن	متوسط	•	
۱۳۳	سر پل ذهاب	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱۳۴	سراب	زیاد	•	
۱۳۵	سراوان	متوسط	•	
۱۳۶	سرخس	متوسط	•	
۱۳۷	سرکت تجن	کم	•	
۱۳۸	سقز	زیاد	•	
۱۳۹	سمنان	متوسط	•	
۱۴۰	سنگ ترش	متوسط	•	
۱۴۱	سنگ سوراخ	متوسط	•	
۱۴۲	سنندج	متوسط	•	
۱۴۳	سوباتی	زیاد	•	
۱۴۴	سیرجان	متوسط	•	
۱۴۵	شاهرود	متوسط	•	
۱۴۶	شیانکاره	متوسط	•	
۱۴۷	شمس آباد اراک	زیاد	•	
۱۴۸	شمعون	متوسط	•	
۱۴۹	شوش	متوسط	•	
۱۵۰	شوشتر	زیاد	•	
۱۵۱	شهرابک	متوسط	•	
۱۵۲	شهرکرد	متوسط	•	
۱۵۳	شیراز	متوسط	•	
۱۵۴	شیرگاه	کم	•	
۱۵۵	شیروان بروجرد	متوسط	•	
۱۵۶	صفي آباد دزفول	زیاد	•	
۱۵۷	طیسی	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱۵۸	طرق کرتیان	متوسط	•	
۱۵۹	عباس آباد قم	متوسط	•	
۱۶۰	عدل	زیاد	•	
۱۶۱	فردوس	متوسط	•	
۱۶۲	فسا	متوسط	•	
۱۶۳	فومن	کم	•	
۱۶۴	فیروزآباد خلخال	زیاد	•	
۱۶۵	قائم شهر	کم	•	
۱۶۶	قائن	متوسط	•	
۱۶۷	قرآن تالار	کم	•	
۱۶۸	قراخیل قائم شهر	کم	•	
۱۶۹	قروه	زیاد	•	
۱۷۰	قره آغاج	متوسط	•	
۱۷۱	قزوین	متوسط	•	
۱۷۲	قصر شیرین	کم	•	•
۱۷۳	قطور جای	زیاد	•	
۱۷۴	قم	متوسط	•	
۱۷۵	قمشه (شهرضا)	متوسط	•	
۱۷۶	قوچان	متوسط	•	
۱۷۷	کازرون	متوسط	•	•
۱۷۸	کاشان	متوسط	•	•
۱۷۹	کاشمر	متوسط	•	
۱۸۰	کبوترآباد	متوسط	•	
۱۸۱	کرج	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۱۸۲	کرمان	کم	•	
۱۸۳	کرمانشاه	متوسط	•	
۱۸۴	کزنند	متوسط	•	
۱۸۵	کره سنگ	کم	•	
۱۸۶	کشف رود	متوسط	•	
۱۸۷	کنارک چابهار	زیاد	•	•
۱۸۸	کنگاور	متوسط	•	
۱۸۹	کوتیان صفی آباد	متوسط	•	•
۱۹۰	کوهرنگ	زیاد	•	
۱۹۱	کهنوج	زیاد	•	•
۱۹۲	گتوند	زیاد	•	•
۱۹۳	گچساران	متوسط	•	•
۱۹۴	گرگان آشتیان	متوسط	•	
۱۹۵	گرگان	متوسط	•	
۱۹۶	گرمسار	متوسط	•	
۱۹۷	گرمسار (داور آباد)	متوسط	•	
۱۹۸	گلستان	متوسط	•	
۱۹۹	گناباد	متوسط	•	
۲۰۰	گنبد قابوس	کم	•	
۲۰۱	گورگین - خبر	کم	•	
۲۰۲	گوشه نهاوند	متوسط	•	
۲۰۳	لار	زیاد	•	•
۲۰۴	لار - پلور	زیاد	•	
۲۰۵	لاهیجان	کم	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۲۰۶	لنجان	متوسط	•	
۲۰۷	لردگان	متوسط	•	
۲۰۸	لیقوان	زیاد	•	
۲۰۹	ماکو	زیاد	•	
۲۱۰	مراغه	زیاد	•	
۲۱۱	مرند	زیاد	•	
۲۱۲	مرودشت	متوسط	•	
۲۱۳	مسجد سلیمان	زیاد	•	
۲۱۴	مشهد	متوسط	•	
۲۱۵	مشیران	متوسط	•	
۲۱۶	ملایر	متوسط	•	
۲۱۷	موچان	زیاد	•	
۲۱۸	مهاباد	متوسط	•	
۲۱۹	مهرگرد	زیاد	•	
۲۲۰	میاندوآب	متوسط	•	
۲۲۱	میاندو جیرفت	متوسط	•	
۲۲۲	میانه	زیاد	•	
۲۲۳	میرجاوه	متوسط	•	
۲۲۴	میمه	زیاد	•	
۲۲۵	میناب	زیاد	•	
۲۲۶	نابین	متوسط	•	
۲۲۷	نجف آباد	متوسط	•	
۲۲۸	نطنز	متوسط	•	
۲۲۹	نورآباد ممسنی	متوسط	•	

شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۲۳۰	نورآباد	زیاد	•	
۲۳۱	نوشهر	کم	•	
۲۳۲	نهبندان	متوسط	•	•
۲۳۳	نی ریز	کم	•	
۲۳۴	نیشابور	متوسط	•	
۲۳۵	ورامین	متوسط	•	
۲۳۶	ورزنه	متوسط	•	
۲۳۷	ولد آباد	متوسط	•	
۲۳۸	هفت تپه	متوسط	•	•
۲۳۹	همدان	زیاد	•	
۲۴۰	همگین	متوسط	•	
۲۴۱	همند ابرد	زیاد	•	
۲۴۲	هون (چن)	متوسط	•	
۲۴۳	هویزه	متوسط	•	•
۲۴۴	باسوج	متوسط	•	
۲۴۵	برد	متوسط	•	•

پیوست ۴ گونه‌بندی کاربری ساختمان‌ها

در این مبحث، ساختمان‌ها از لحاظ نوع کاربری، مطابق جدول زیر، به چهار گونه تقسیم شده‌اند. این گونه‌بندی براساس سه عامل زیر تعیین شده است:

۱- تداوم استفاده از ساختمان در طول سال و در طول شبانه‌روز؛

۲- شدت اختلاف دمای احتمالی بین داخل و خارج ساختمان؛

۳- اهمیت تثبیت دمای فضاهای داخل ساختمان.

جدول ۴۱ رده‌بندی انواع کاربری (نحوه تصرف) ساختمان‌ها

نوع کاربری الف	مسکونی، بیمارستان، هتل، مهمانسرا، آسایشگاه، آزمایشگاه، مرکز تحقیقاتی، خوابگاه، زایشگاه، سردخانه
نوع کاربری ب	ایستگاه رادیو و تلویزیون، مرکز اصلی یا فرعی مخابرات، مرکز اصلی یا شعبه بانک، ایستگاه اصلی و مرکز کنترل مترو، بخش اداری ساختمان صنعتی، ساختمان آموزشی، خانه بهداشت، ساختمان پست و پلیس و آتش‌نشانی، مجتمع فنی - حرفه‌ای، سالن غذاخوری، دانشسرا و مرکز تربیت معلم، ساختمان آموزشی دانشگاهی، ساختمان اداری یا تجاری بزرگ، کتابخانه
نوع کاربری ج	مسجد و تکیه، اردوگاه جهانگردی، بنای یادبود، ترمینال فرودگاه بین‌المللی یا داخلی، استادیوم ورزشی سرپوشیده، فروشگاه تعمیرگاه بزرگ، کارخانه صنعتی (غیر از موارد ذکر شده در کاربری د)، نمایشگاه، باشگاه، تئاتر، سینما، سالن اجتماع و کنفرانس
نوع کاربری د	اتبار، تعمیرگاه کوچک، کارگاه کوچک، کارخانه صنعتی انومبیل‌سازی، نورد و ذوب فلزات، سیلو و مشابه آنها، پارکینگ در طبقات، آشیانه حفاظتی هواپیما، ساختمان ایستگاه وسایل نقلیه زمینی، ساختمان میدان‌های میوه و تره‌بار، ایستگاه فرعی مترو، ترمینال راه‌آهن، پناهگاه، ساختمان کشتارگاه

پیوست ۵ تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی

جدول ۴۲ تعیین گروه ساختمان‌ها از نظر مصرف انرژی بر حسب عوامل ویژه اصلی

گونه بندی کاربری ساختمان (از پیوست ۴)	نیاز انرژی محل استقرار ساختمان (از پیوست ۳)		شهرهای بزرگ (بر اساس بند ۱۹-۲-۴)		شهرهای کوچک (بر اساس بند ۱۹-۲-۴)
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	کم
نوع الف	زیاد	متوسط	کم	گروه ۱	گروه ۲
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۲	گروه ۳
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۳	گروه ۴
نوع ب	زیاد	متوسط	کم	گروه ۱	گروه ۲
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۲	گروه ۳
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۳	گروه ۴
نوع ج	زیاد	متوسط	کم	گروه ۲	گروه ۳
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۳	گروه ۴
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۴	گروه ۴
نوع د	زیاد	متوسط	کم	گروه ۲	گروه ۳
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۳	گروه ۴
	زیاد	متوسط	کم	گروه ۴	گروه ۴

مثال ۹: تعیین گروه ساختمان

در صورتی که ساختمانی مسکونی در شهر تهران، با سطح زیربنای مفید ۹۹۹ متر مربع مد نظر باشد، تعیین گروه ساختمان به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- نوع کاربری یا نحوه تصرف: الف (طبق جدول پیوست ۴)

- سطح نیاز انرژی گرمایی- سرمایی سالانه: متوسط (طبق جدول پیوست ۳)

- سطح زیربنای مفید کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ مترمربع

- شهر محل استقرار ساختمان: شهر بزرگ (تهران هم مرکز استان است و هم جمعیتی بیش از یک میلیون نفر دارد).

با توجه به موارد فوق، طبق جدول پیوست ۵، ساختمان مورد نظر جزو گروه ۲ محسوب می‌شود.

حال اگر ساختمانی اداری در شهر میانه، با سطح زیربنای ۱۲۰۰ متر مربع مد نظر باشد، تعیین

گروه ساختمان به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- نوع کاربری یا نحوه تصرف: ب (طبق جدول پیوست ۴)

- سطح نیاز انرژی گرمایی- سرمایی سالانه: زیاد (طبق جدول پیوست ۳)

- سطح زیربنای مفید: بیش از ۱۰۰۰ مترمربع

- شهر محل استقرار ساختمان: شهر کوچک (میانه نه مرکز استان است و نه جمعیتی بیش از یک میلیون نفر دارد).

با توجه به موارد فوق، طبق جدول پیوست ۵، ساختمان مورد نظر جزو گروه ۲ محسوب می‌شود.

پیوست ۶ مقادیر فیزیکی اصلی، تعاریف، علایم

مقادیر فیزیکی اصلی، تعاریف، علایم

جدول ۴۳ مقادیر فیزیکی اصلی، تعاریف، علایم

ردیف	مقادیر فیزیکی و تعاریف	معادل انگلیسی	علامت	واحد
۱	حرارت، مقدار حرارت	Heat, quantity of heat	Q	J
۲	توان حرارتی مقدار حرارتی که در واحد زمان منتقل می‌شود: $\Phi = dQ/dt$	Heat flow rate	Φ	W
۳	ضریب هدایت حرارتی توان حرارتی که از لایه‌ای به ضخامت یک متر می‌گذرد اگر اختلاف دما (در حالت پایدار) بین دو طرف لایه برابر یک درجه باشد: $q = -\lambda \cdot \text{grad } T$	Thermal conductivity	λ	W/(m.K)

ردیف	مقادیر فیزیکی و تعاریف	معادل انگلیسی	علامت	واحد
۴	مقاومت حرارتی سطحی قابلیت عایق حرارت بودن یک یا چند لایه از جدار و یا کل جدار. مقدار اختلاف دمای لازم، بین دو طرف یک متر مربع از یک لایه یا جدار (در حالت پایدار) تا توان حرارتی برابر با واحد از آن عبور کند: $R = (T_i - T_e) / q$ در مورد لایه‌ای با ضخامت d که در آن مقدار R ثابت است و یا رابطه خطی با دما دارد: $R = d / \lambda$	Thermal resistance	R	$m^2.K/W$
۵	ضریب تبادل حرارت در سطح جدار نسبت شدت جریان حرارت سطحی به اختلاف دما بین سطح جدار و هوای محیط مجاور در حالت پایدار.	Surface coefficient of heat transfer	h	$W/(m^2.K)$
۶	ضریب انتقال حرارت سطحی نسبت توان حرارتی به اختلاف دما بین محیط‌های واقع در دو طرف جداری به سطح یک مترمربع، در حالت پایدار: $U = \Phi / ((T_i - T_e) \cdot A)$	Thermal transmittance	U	$W/(m^2.K)$

ردیف	مقادیر فیزیکی و تعاریف	معادل انگلیسی	علامت	واحد
۷	ضریب انتقال حرارت خطی نسبت توان حرارتی به اختلاف دما بین محیط‌های واقع در دو طرف جدارهایی دارای یک پل حرارتی به طول یک متر، در حالت پایدار: $\Psi = \Phi / ((T_i - T_e) \cdot L)$	Linear thermal transmittance	Ψ	$W/(m.K)$
۸	ضریب انتقال حرارت ساختمان مقدار انتقال حرارت از ساختمان (یا بخشی از آن) در واحد زمان، اگر اختلاف دمای داخل و خارج آن برابر یک درجه باشد: $H = \Phi / \Delta T$	Coefficient of heat loss	H	W/K
۹	شاخص خورشیدی	Solar Index	I_s	m^{-1}

پیوست ۷ ضرایب هدایت حرارت مصالح متداول

مقادیر مندرج در این پیوست در محاسبات هر دو روش طراحی عایق کاری حرارتی (الف و ب) به کار می‌رود، مگر آنکه مراجع ذیصلاح، با رعایت استانداردهای ملی، ضرایب حرارتی دیگری برای مصالح، تعیین کرده باشد.

جدول ۴۴ ضرایب هدایت حرارت مصالح متداول

ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	مصالح
۱٫۸۰	بیش از ۲۰۰۰	۱. اندود و ملات آهکی یا سیمانی
۱٫۳۰	۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰	
۱٫۲۰	۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰	
۰٫۸۰	۱۶۰۰ تا ۱۴۵۰	
۰٫۷۰	۱۴۵۰ تا ۱۲۵۰	
۰٫۵۵	۱۲۵۰ تا ۱۰۰۰	
۰٫۴۰	۱۰۰۰ تا ۷۵۰	
۰٫۳۰	۷۵۰ تا ۵۰۰	

مصالح	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
۲. بتن و فرآورده‌های بتنی بتن‌های با سنگدانه متداول (سیلیسی، سبیلیسی-آهکی و آهکی): - مترکم - متخلخل - مسلح ^۱	۲۳۰۰ تا ۲۶۰۰ ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ بیش از ۲۴۰۰	۲٫۰۰ ۱٫۶۵ ۱٫۳۵ ۱٫۱۵ ۲٫۳۰ ۲٫۵۰
بتن یا سنگدانه سرباره کوره آهن‌گدازی: - مترکم - با ماسه رودخانه‌ای یا معدنی - با سرباره دانه‌ان - متخلخل یا کمتر از ۱۰ درصد ماسه رودخانه	۲۰۰۰ تا ۲۴۰۰ ۲۱۰۰ تا ۲۳۰۰ ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰	۱٫۸ ۰٫۸ ۰٫۷
بتن سبک‌دانه: - با پوکه طبیعی یا سرباره متبسط متخلخل (چگالی ظاهری سنگدانه حدود ۷۵۰) ^۱ - یا ذرات ریز یا با ماسه - بدون ذرات ریز و بدون ماسه - یا خاکستر بادی سبتر شده (چگالی ظاهری سنگدانه حدود ۶۵۰) ^۱ - یا سنگدانه سبک پومیس (چگالی ظاهری سنگدانه حدود ۶۰۰) ^۱ - یا رس متبسط یا شیت متبسط: - چگالی ظاهری سنگدانه بیش از ۲۵۰ و عیار سیمان بیش از ۳۰۰ ^۱ - با ماسه رودخانه بدون ماسه سبک - با ماسه رودخانه و ماسه سبک - چگالی ظاهری سنگدانه بین ۲۵۰ و ۵۵۰ و عیار سیمان بیش از ۳۰۰ ^۱ - با ماسه سبک و حداکثر ۱۰٪ ماسه رودخانه	۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ۹۵۰ تا ۱۱۵۰ ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰	۰٫۵۲ ۰٫۴۴ ۰٫۳۵ ۰٫۳۵ ۰٫۴۶ ۱٫۰۵ ۰٫۸۵ ۰٫۷۰

مصالح	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
- با ماسه سبک و بدون ماسه رودخانه - چگالی ظاهری سنگدانه کمتر از ۲۵۰ و عیار سیمان کمتر از ۲۵۰ ^۱ - با ماسه سبک و بدون ماسه رودخانه - بدون ماسه و با عیار سیمان کم	۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ۸۰۰ تا ۶۰۰ کمتر از ۶۰۰	۰٫۴۶ ۰٫۳۳ ۰٫۲۵ ۰٫۲۰
بتن با سنگدانه بسیار سبک: - متشکل از پرلیت یا ورمیکولیت (از ۲ تا ۶ میلیمتر) اجرای درجه - نسبت ۱ به ۳	۸۰۰ تا ۶۰۰	۰٫۳۱
- نسبت ۱ به ۶ - لایه‌های بتن متشکل از ورمیکولیت ساخته شده در کارخانه بتن هوادار اتوکلاو شده ^۱ :	۴۰۰ تا ۶۰۰ ۴۰۰ تا ۲۵۰	۰٫۲۴ ۰٫۱۹
- چگالی اسمی: ۸۰۰ - چگالی اسمی: ۷۵۰ - چگالی اسمی: ۷۰۰ - چگالی اسمی: ۶۵۰ - چگالی اسمی: ۶۰۰ - چگالی اسمی: ۵۵۰ - چگالی اسمی: ۵۰۰ - چگالی اسمی: ۴۵۰ - چگالی اسمی: ۴۰۰	۷۷۵ تا ۸۲۵ ۷۲۵ تا ۷۷۵ ۶۷۵ تا ۷۲۵ ۶۲۵ تا ۶۷۵ ۵۷۵ تا ۶۲۵ ۵۲۵ تا ۵۷۵ ۴۷۵ تا ۵۲۵ ۴۲۵ تا ۴۷۵ ۳۷۵ تا ۴۲۵	۰٫۲۹ ۰٫۲۷ ۰٫۲۵ ۰٫۲۳ ۰٫۲۱ ۰٫۱۹ ۰٫۱۸ ۰٫۱۶ ۰٫۱۵
بتن یا خرده چوب: - ساخته شده با تراشه‌های چوب و سیمان موزاییک	۴۵۰ تا ۶۵۰ ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰	۰٫۱۶ ۱٫۶۵ ۱٫۳۵
۳. بتونه درزها، مواد آب‌بندی و گرماسکنی ^۲ سیلیکون خالص سیلیکون خمیری سیلیکون اسفنجی پلی‌یورتان پلی‌یورتان سی قابل انعطاف با ۴۰ درصد رول‌ساز پلی‌یورتان اسفنجی پلی‌اتیلن اسفنجی	۱۲۰۰ ۱۴۵۰ ۷۵۰ ۱۳۰۰ ۱۲۰۰ ۷۰ ۷۰	۰٫۳۵ ۰٫۵۰ ۰٫۱۲ ۰٫۲۱ ۰٫۱۴ ۰٫۰۵ ۰٫۰۵

مصلح	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
۴. پلیمرهای متراکم متداول در ساختمان		
کائوچو طبیعی	۹۱۰	۰٫۱۳
کائوچو اسفنجی	۷۰	۰٫۰۶
کائوچو سخت	۱۲۰۰	۰٫۱۷
پلی ایزو بوتیلن	۱۳۰	۰٫۲۰
پلی سولفور	۱۷۰۰	۰٫۴۰
پوتادیان	۹۸۰	۰٫۲۵
آکریلیک	۱۰۵۰	۰٫۲۰
پلی آمید (نایلون)	۱۱۵۰	۰٫۲۵
رزین فنلی	۱۳۰۰	۰٫۳۰
رزین پلی استر	۱۴۰۰	۰٫۱۹
پلی اتیلن چگالی زیاد (HD)	۹۸۰	۰٫۵۰
پلی اتیلن چگالی کم (LD)	۹۲۰	۰٫۳۳
پلی پروپیلن	۹۱۰	۰٫۲۲
پلی پروپیلن با ۲۰ درصد الیاف شیشه	۱۳۰۰	۰٫۲۵
پلی استایرن	۱۰۵۰	۰٫۱۶
پلی متیل متاکریلات (آلئوگلاس، پلکسی گلاس) (PMMA)	۱۱۸۰	۰٫۱۸
پلی وینیل کلراید (PVC)	۱۳۹۰	۰٫۱۷
پلی کلروپرن (نئوپرن)	۱۲۴۰	۰٫۲۳
بوتیل (ایزو بوتن) سخت با اجزای گرم	۱۲۰۰	۰٫۲۴
اتیلن پروپیلن دین منومر (EPDM)	۱۱۵۰	۰٫۲۵
پلی تترا فلورو اتیلن (PTFE)	۲۲۰۰	۰٫۲۵
رزین اپوکسی	۱۲۰۰	۰٫۲۰
پلی یورتان	۱۲۰۰	۰٫۲۵
پلی استات	۱۴۱۰	۰٫۳۰
پلی کربنات	۱۲۰۰	۰٫۲۰

مصلح	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
۵. چوب و فراورده های گیاهی		
چوب های طبیعی:		
- بلوط، الش، زبان گنجشک، زیرقون، قان باغوشه، درختان میوه دار:	۶۰۰ تا ۷۵۰	۰٫۲۳
- چگالی نرمال متوسط kg/m ³ ۶۵۰ تا ۸۰۰ و رطوبت ۱۵ درصد	۴۵۰ تا ۶۰۰	۰٫۱۵
- چگالی نرمال متوسط kg/m ³ ۵۰۰ تا ۶۵۰ و رطوبت ۱۵ درصد		
- چوب درخت های صغی بسیار سنگین (برگ ریز)		
چگالی طبیعی بیش از kg/m ³ ۷۰۰	۶۰۰ تا ۷۵۰	۰٫۲۳
- کاج نقره ای، کاج سواحل دریا	۴۵۰ تا ۶۰۰	۰٫۱۵
چگالی طبیعی kg/m ³ ۵۰۰ تا ۶۰۰		
- کاج یا صنوبر، ایس	۳۰۰ تا ۴۵۰	۰٫۱۲
چگالی طبیعی kg/m ³ ۳۵۰ تا ۵۰۰		
- تبریزی، اکومه	۳۰۰ تا ۴۵۰	۰٫۱۲
چگالی طبیعی kg/m ³ ۳۵۰ تا ۵۰۰		
چوب های طبیعی خاص:		
- بالزا	۶۰ تا ۱۲۰	۰٫۰۵۴
- چوب های سنگین	۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۰٫۲۹
	۲۵۰ تا ۳۰۰	۰٫۰۶۷
صفحات پایه چوبی:		
- صفحات نخته چندلا	۷۵۰ تا ۹۰۰	۰٫۲۴
	۶۰۰ تا ۷۰۰	۰٫۲۱
	۵۰۰ تا ۶۰۰	۰٫۱۷
	۴۵۰ تا ۵۰۰	۰٫۱۵
	۳۵۰ تا ۴۵۰	۰٫۱۳
	۲۵۰ تا ۳۵۰	۰٫۱۱
	کمتر از ۲۵۰	۰٫۰۹
	کمتر از ۶۵۰	۰٫۱۳
- صفحات با تراشه های یوتکی جهت بافته (OSB)	کمتر از ۱۲۰۰	۰٫۲۳
- صفحات با تراشه های چسبیده با سیمان	۶۴۰ تا ۸۲۰	۰٫۱۸
- صفحات با حرارت چوب (نئوپان)	۴۵۰ تا ۶۴۰	۰٫۱۵
	۲۷۰ تا ۴۵۰	۰٫۱۳
	۱۸۰ تا ۴۵۰	۰٫۱۰

ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]	وزن مخصوص خشک [kg/m³]	مصالح
۰.۱۱	۴۵۰ تا ۵۵۰	- پانل های ساخته شده از الیاف چوب
۰.۱۰	۴۵۰ تا ۴۵۰	
۰.۰۸	۲۵۰ تا ۲۵۰	
۰.۱۰	کمتر از ۵۰۰	چوب پنبه:
۰.۰۴۹	۱۵۰ تا ۱۵۰	- متراکم
۰.۰۵۵	۱۵۰ تا ۱۵۰	- انبساط یافته خالص
۰.۱۲	۳۰۰ تا ۳۰۰	- انبساط یافته به هم چسبیده یا قیر یا با صمغ های مصنوعی
		کاه فشرده
۲.۰	۱۷۰۰ تا ۲۲۰۰	۶ خاک و خشت
۱.۵	۱۸۰۰ تا ۱۲۰۰	شن و ماسه
۱.۱	۱۷۷۰ تا ۲۰۰۰	رس یا لای (سپت)
		خشت، گل، خاک تثبیت شده، بلوک های رسی متراکم
۱.۰۴	۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰	۷. سفال، کاشی
۰.۹۸	۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰	چکالی اسمی: ۲۴۰۰
۰.۹۲	۲۱۰۰ تا ۲۲۰۰	چکالی اسمی: ۲۳۰۰
۰.۸۵	۲۰۰۰ تا ۲۱۰۰	چکالی اسمی: ۲۲۰۰
۰.۷۹	۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰	چکالی اسمی: ۲۱۰۰
۰.۷۴	۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰	چکالی اسمی: ۲۰۰۰
۰.۶۹	۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰	چکالی اسمی: ۱۹۰۰
۰.۶۴	۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰	چکالی اسمی: ۱۸۰۰
۰.۶۰	۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰	چکالی اسمی: ۱۷۰۰
۰.۵۵	۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰	چکالی اسمی: ۱۶۰۰
۰.۵۰	۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰	چکالی اسمی: ۱۵۰۰
۰.۴۶	۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰	چکالی اسمی: ۱۴۰۰
۰.۴۱	۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰	چکالی اسمی: ۱۳۰۰
۰.۳۸	۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰	چکالی اسمی: ۱۲۰۰
۰.۳۴	کمتر از ۱۰۰۰	چکالی اسمی: ۱۱۰۰

ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]	وزن مخصوص خشک [kg/m³]	مصالح
		۸. سنگ ها
		سنگ های آذرین درونی و دگرگونی:
۲.۵	۲۳۰۰ تا ۲۹۰۰	- گنایس، پرقیر
۲.۸	۲۵۰۰ تا ۲۷۰۰	- گرانیت
۲.۲	۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰	- شیت، اسلیت (سنگ لوح)
		سنگ های آتشفشانی:
۱.۶	۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰	- بازالت
۱.۱	۲۷۰۰ تا ۲۷۰۰	- تراکیت، آندزیت
۰.۵۵	کمتر از ۱۶۰۰	- سنگ های طبیعی متخلخل (گدازه)
		سنگ های آهکی:
۲.۵	۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰	- مرمر
۲.۲	۲۲۰۰ تا ۲۵۹۰	- خیلی سخت
۱.۷	۲۰۰۰ تا ۲۱۹۰	- سخت
۱.۴	۱۸۰۰ تا ۱۹۹۰	- نیمه سخت
۱.۱	۱۶۰۰ تا ۱۷۹۰	- نرم یا سختی ۲ و ۳
۰.۸۵	کمتر از ۱۵۹۰	- خیلی نرم
		ماسه سنگ ها:
۲.۶	۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰	- کوآرتزی
۲.۳	۲۲۰۰ تا ۲۵۹۰	- سیلیسی
۱.۹	۲۰۰۰ تا ۲۷۰۰	- آهکی
		سنگ های چخماق (قلیت) و سنگ های ساینده و پومیس:
۲.۶	۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰	- قلینت
۱.۸	۱۹۰۰ تا ۲۵۰۰	- سنگ ساینده
۰.۹	۱۳۰۰ تا ۱۹۰۰	
۰.۱۲	کمتر از ۴۰۰	- پومیس
۱.۳	۱۷۵۰	- سنگ مصنوعی

مصارف	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
۹. شیشه و اسفنج شیشه شیشه اسفنج شیشه (شیشه منخلخل)	۲۷۰۰ ۱۳۰ تا ۱۳۰ ۱۴۰ تا ۱۳۰ ۱۸۰ تا ۱۴۰	۱/۱ ۰/۰۵ ۰/۰۵۵ ۰/۰۶۳
۱۰. صفحات سیمانی آلپانی سلولزی	۲۲۰۰ تا ۱۸۰۰ ۱۸۰۰ تا ۱۴۰۰ ۱۸۰۰ تا ۱۴۰۰ ۱۴۰۰ تا ۱۰۰۰	۰/۹۵ ۰/۶۵ ۰/۴۶ ۰/۳۵
۱۱. عایق‌های حرارتی پلیمری پلی‌استایرن منبسط (اصطلاحاً پونولیت یا پلاستوفوم): - پلی‌استایرن برش خورده در بلوک‌های قالبی تولید شده به صورت منقطع، یا قالب‌گیری شده مستعد بدون پوسته سطحی	۱۰ تا ۷ ۱۳ تا ۱۰ ۱۵ تا ۱۳ ۱۹ تا ۱۵ ۲۴ تا ۱۹ ۲۹ تا ۲۴ ۴۰ تا ۲۹ بیش از ۴۰	۰/۰۵۶ ۰/۰۵۰ ۰/۰۴۷ ۰/۰۴۴ ۰/۰۴۲ ۰/۰۴۰ ۰/۰۳۹ ۰/۰۳۸
- پلی‌استایرن اکستروده شده یا خفزه‌های پر از: - هوا یا گاز کربنیک: - ضخامت کمتر یا مساوی ۶۰ میلی‌متر - ضخامت بیش از ۶۰ میلی‌متر HCFC - CFC - بدون پوسته سطحی با پوسته سطحی	۴۰ تا ۲۸ ۴۰ تا ۲۸ ۴۰ تا ۲۵ ۴۰ تا ۲۵ ۴۰ تا ۲۵	۰/۰۴۱ ۰/۰۴۶ ۰/۰۳۵ ۰/۰۳۳ ۰/۰۳۱

مصارف	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
پلی‌وینیل کلراید (PVC) منبسط‌شده	۲۵ تا ۲۵ ۴۸ تا ۳۵	۰/۰۳۱ ۰/۰۲۴
اسفنج پلی‌یورتان یا پلی‌ایزوسیانورات مطابق استاندارد ملی ایران: - صفحات مستعد منبسط شده با گاز HCFC و / یا پنتان: - بین پوشش انعطاف‌پذیر نفوذپذیر - بین پوشش انعطاف‌پذیر آلومینیومی با ضخامت بیش از ۵۰ میکرون یا نفوذ ناپذیر در برابر گاز - صفحات مستعد برش خورده از بلوک‌های منبسط‌شده با گاز HCFC یا پنتان - صفحات با عایق تزریق شده به صورت مستعد بین دو ورق فلزی: - منبسط شده با گاز HCFC و / یا پنتان - منبسط شده با خفزه‌های پر شده از هوا یا گاز کربنیک	۴۰ تا ۲۷ ۴۰ تا ۲۷ ۶۵ تا ۳۷ ۶۰ تا ۲۷ ۶۰ تا ۲۷	۰/۰۳۵ ۰/۰۳۰ ۰/۰۴۱ ۰/۰۳۲ ۰/۰۳۵
۱۲. عایق‌های حرارتی معدنی پشم‌سنگ	۲۵ تا ۱۵ ۴۰ تا ۲۵ ۱۰۰ تا ۴۰ ۱۲۵ تا ۱۰۰ ۱۵۰ تا ۱۲۵ ۱۷۵ تا ۱۵۰ ۲۰۰ تا ۱۷۵	۰/۰۵۰ ۰/۰۴۴ ۰/۰۴۲ ۰/۰۴۴ ۰/۰۴۶ ۰/۰۴۷ ۰/۰۴۸
پشم‌شیشه	۱۰ تا ۷ ۱۵ تا ۱۰ ۲۰ تا ۱۵ ۳۰ تا ۲۰ ۴۰ تا ۳۰ ۸۰ تا ۴۰ ۱۲۰ تا ۸۰ ۱۵۰ تا ۱۲۰	۰/۰۵۵ ۰/۰۴۷ ۰/۰۴۴ ۰/۰۴۱ ۰/۰۳۹ ۰/۰۳۸ ۰/۰۳۹ ۰/۰۴۰

مصارف	وزن مخصوص خشک [kg/m ³]	ضریب هدایت حرارت مؤثر [W/m.K]
۱۳. عایق‌های رطوبتی قیر خالص آسفالت (قیر ماسه‌دار) ورق پیش‌ساخته قیر اصلاح‌شده یا مسلح‌کننده	کمتر از ۲۱۰۰ کمتر از ۲۱۰۰ ۱۱۰۰ تا ۱۰۰۰	۰٫۷۰ ۱٫۱۵ ۰٫۲۳
۱۴. فلزات و آلیاژها آهن خالص فولاد چدن آلومینیوم آلومینیوم آلیاژی سخت مس برنج سرب روی	۷۸۷۰ ۷۷۸۰ ۷۵۰۰ ۲۷۰۰ ۲۸۰۰ ۸۹۳۰ ۸۴۰۰ ۱۱۳۴۰ ۷۲۰۰	۷۲ ۵۲ ۵۶ ۳۲۰ ۱۶۰ ۳۸۰ ۱۲۰ ۳۵ ۱۱۰
۱۵. گچ گچ سخت با حداقل میزان آب لازم گچ آندود داخلی (زنده یا کشته) گچ و خاک گچ قطعات پیش‌ساخته گچی با روکش مقوایی گچ یا سبک‌دانه یا با الیاف معدنی گچ با روکش مقوایی ضدآتش و لایه‌های گچ تقویت‌شده با الیاف معدنی گچ آندود یا پرلیت یا ورمیکولیت (از ۱ تا ۲ میلی‌متر): - یک حجم پرلیت یا ورمیکولیت برای یک حجم گچ - دو حجم پرلیت یا ورمیکولیت برای یک حجم گچ	۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ ۱۲۰۰ تا ۹۰۰ ۱۳۰۰ تا ۱۰۰۰ کمتر از ۱۰۰۰ ۱۷۰۰ تا ۱۳۰۰ ۷۵۰ تا ۹۰۰ ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ۶۰۰ تا ۹۰۰ ۵۰۰ تا ۶۰۰	۰٫۵۶ ۰٫۴۳ ۰٫۵۷ ۰٫۴۰ ۱٫۱۰ ۰٫۲۵ ۰٫۲۵ ۰٫۳۰ ۰٫۱۸

پیوست ۸ مقاومت حرارتی لایه‌های هوا و قطعات ساختمانی

مقادیر ارائه‌شده در این پیوست در هر دو روش طراحی عایق‌کاری حرارتی (الف و ب) مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، مگر آنکه مراجع ذی‌صلاح، با رعایت استانداردهای ملی، ضرایب حرارتی دیگری تعیین کرده باشند.

پ ۸-۱ مقاومت حرارتی لایه‌های مجاور سطوح داخلی و خارجی

در این قسمت مقادیر مقاومت حرارتی بین سطوح داخلی و خارجی پوسته خارجی و هوای محیط داخلی یا خارجی (R_i , R_e) به دست داده می‌شود. مقادیر مقاومت حرارتی لایه‌های مجاور سطوح، بسته به زاویه جدار نسبت به سطح افقی، جهت جریان حرارت و نوع فضایی که جدار با آن در تماس است، در جدول ۴۵ آمده است. این مقادیر بر حسب $[m^2.K/W]$ هستند.

چنانچه دیوار خارجی دارای لایه یا لایه‌های هوای تهویه‌شده باشد، در محاسبات ضریب انتقال حرارت، تنها لایه‌های بین فضای داخل و لایه‌های هوای تهویه‌شده در نظر گرفته می‌شود. از سوی دیگر، لایه هوا مانند فضای خارج تلقی می‌شود، با این تفاوت که مقاومت حرارتی R_e بین سطح خارجی پوسته خارجی و لایه‌های هوای تهویه‌شده برابر با R_i در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۴۵ مقاومت حرارتی لایه‌های مجاور سطح داخلی (R_i) و لایه‌های مجاور سطح خارجی

(R_e) انواع جدارها

نسبت به سطح افقی	زاویه جدار	جهت جریان حرارت	جدار در تماس با فضای خارج		جدار در تماس با فضای کنترل نشده	
			لایه هوای داخلی	لایه هوای خارجی	لایه هوای داخلی	لایه هوای خارجی
عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه		افقی	۰.۱۱	۰.۰۶	۰.۱۷	۰.۱۱
افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه	رو به بالا		۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۱۴	۰.۰۹
	رو به پایین		۰.۱۷	۰.۰۵	۰.۲۲	۰.۱۷

پ ۸-۲ مقاومت حرارتی لایه‌های هوای محبوس

در جدول ۴۶ مقاومت‌های حرارتی لایه‌های هوای محبوس بین دو لایه جامد جدار پوسته خارجی، بسته به زاویه جدار و ضخامت لایه هوا، آمده است.

جدول ۴۶ مقاومت حرارتی انواع لایه‌های هوای محبوس بین دو لایه جامد جدار پوسته خارجی

نسبت به سطح افقی	زاویه لایه هوا	جهت جریان حرارت	ضخامت لایه هوا (میلی‌متر)						
			۵	۷.۱	۹.۱	۱۱.۱	۱۴	۲۵	۵۱
عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه		افقی	۷	۹	۱۱	۱۳	۲۴	۵۰	۱۰۰
افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه	رو به بالا		۰.۱۱	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۱۶	۰.۱۶	۰.۱۶
	رو به پایین		۰.۱۲	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰

پ ۸-۳ مقاومت حرارتی برخی لایه‌های عناصر ساختمانی متداول

در این بخش، مقادیر مقاومت‌های حرارتی برخی لایه‌های غیرهمگن عناصر ساختمانی متداول بر حسب $[m^2.K/W]$ آمده است.

پ ۸-۳-۱ آجر پلاک (نما)

جدول ۴۷ مقاومت حرارتی آجر پلاک در نما

لایه ساختمانی	ضخامت (سانتی‌متر)	مقاومت حرارتی
آجر پلاک در نما	۳ تا ۴	۰.۰۳

پ ۸-۳-۲ آجر توپر (دیوار)

ابعاد متداول هر آجر: ضخامت: ۵.۵ سانتی‌متر

عرض: ۱۰ تا ۱۱ سانتی‌متر

طول: ۲۰ تا ۲۲ سانتی‌متر

وزن مخصوص ماده آجر: ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

جدول ۴۸ مقادیر مقاومت حرارتی لایه‌های ساختمانی آجر توپر در دیوار

شکل آجرچینی	ضخامت جدار (سانتی‌متر)			
	۵.۵	۱۰.۵	۲۲	۳۵
مقطع افقی	۰.۰۵	۰.۰۹		
			۰.۲۰	
				۰.۳۰

پ ۳-۳-۸ آجر سوراخ‌دار (دیوار)

ابعاد متداول هر آجر: ضخامت: ۵٫۵ سانتی‌متر

عرض: ۱۰ تا ۱۱ سانتی‌متر

طول: ۲۰ تا ۲۲ سانتی‌متر

وزن مخصوص ماده سفالی: ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

درصد روزه‌ها: ۲۵ تا ۴۰ درصد

جدول ۴۹ مقادیر مقاومت حرارتی لایه ساختمانی آجر سوراخ‌دار در دیوار

ضخامت جدار (سانتی‌متر)			شکل آجر چینی
۲۵	۲۲	۱۰٫۵	مقطع افقی
		۰٫۱۳	
	۰٫۲۸		
۰٫۴۲			

پ ۴-۳-۸ بلوک سفالی (دیوار)

جدول ۵۰ مقادیر مقاومت حرارتی بلوک سفالی در دیوار

ضخامت جدار (سانتی‌متر)						شکل بلوک
۴۰	۲۰	۱۵	۱۲٫۵	۱۰٫۵	۷٫۵	مقطع افقی
				۰٫۲۰	۰٫۱۶	
		۰٫۳۰	۰٫۲۷			
۰٫۷۸	۰٫۳۹					یا 

پ ۵-۳-۸ بلوک سیمانی (دیوار)

جدول ۵۱ مقادیر مقاومت حرارتی بلوک سیمانی در دیوار

ضخامت جدار (سانتی‌متر)					شکل بلوک
۴۰	۲۰	۱۵	۱۰٫۵	۷٫۵	مقطع افقی
			۰٫۰۹	۰٫۰۷	
	۰٫۱۹	۰٫۱۴			
۰٫۳۲					

پ ۶-۳-۸ تیرچه و بلوک سفالی (سقف)



فاصله محور تا محور تیرچه‌ها: ۵۰ سانتیمتر

ضخامت بدنه سفالی بلوک: ۸ تا ۱۰ میلیمتر

وزن مخصوص خشک ماده سفالی بلوک: ۱۷۰۰ تا ۲۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب

پوشش بتنی روی تیرچه: ۵ سانتی‌متر بتن یا سنگدانه معمولی (سنگین)

جدول ۵۲ مقادیر مقاومت حرارتی سقف تیرچه بلوک سفالی

ارتفاع بلوک (سانتی‌متر)		شکل بلوک
۲۵	۲۰	مقطع افقی
	۰٫۲۶	
۰٫۳۵		

پ ۸-۳-۷ تیرچه و بلوک سیمانی (سقف)

فاصله محور تا محور تیرچه‌ها: ۵۰ سانتیمتر

ضخامت بدنه سفالی بلوک: ۱۵ تا ۳۰ میلیمتر

وزن مخصوص خشک ماده سیمانی بلوک: ۱۹۵۰ تا ۲۲۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب

پوشش بتنی روی تیرچه: ۵ سانتی‌متر بتن با سنگدانه معمولی (سنگین)

جدول ۵۳ مقادیر مقاومت حرارتی سقف تیرچه بلوک سیمانی

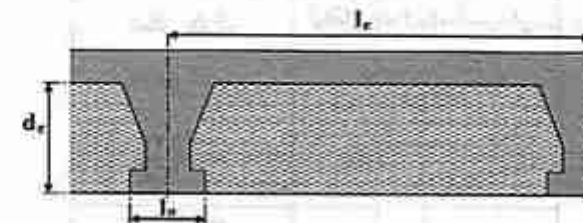
شکل بلوک مقطع افقی	ارتفاع بلوک (سانتی‌متر)	
	۲۵	۲۰
	۰٫۱۵	
	۰٫۲۵	

پ ۸-۳-۸ تیرچه و بلوک پلی‌استایرن منبسط (سقف)

با توجه کم بودن ضریب هدایت حرارتی پلی‌استایرن منبسط، شکل بلوک دارای اهمیت خاصی

است. برای تیرچه بلوک‌های ساده، با مقطعی مشابه شکل ۲۲، مقاومت‌های حرارتی سقف تیرچه و

بلوک با استفاده از جدول ۵۴ تعیین می‌شود.

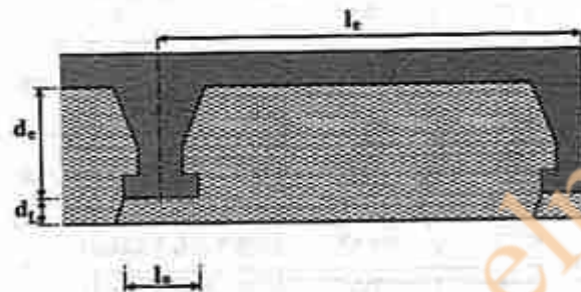


شکل ۲۲ تیرچه و بلوک پلی‌استایرن ساده

جدول ۵۴ مقادیر مقاومت حرارتی R_i سقف تیرچه و بلوک پلی‌استایرن ساده

ارتفاع بلوک d_e (cm)	عرض پاشنه تیرچه l (mm)			فاصله محور به محور تیرچه‌ها (cm)		
				۶۰ > l_e > ۵۵	۶۳ > l_e > ۶۱	l_e > ۶۴
۲۰	۱۲۴ > l_e > ۹۵			۰٫۶۸	۰٫۷۴	۰٫۷۷
	۱۴۰ > l_e > ۱۲۵			۰٫۵۹	۰٫۶۵	۰٫۶۸
۲۵	۱۲۴ > l_e > ۹۵			۰٫۷۹	۰٫۸۶	۰٫۹۰
	۱۴۰ > l_e > ۱۲۵			۰٫۶۹	۰٫۷۶	۰٫۷۹
۳۰	۱۲۴ > l_e > ۹۵			۰٫۹۱	۰٫۹۹	۱٫۰۳
	۱۴۰ > l_e > ۱۲۵			۰٫۷۹	۰٫۸۷	۰٫۹۱

در صورت وجود زبانه‌ای برای پوشش زیر تیرچه، در بخش تحتانی بلوک (شکل ۲۳)، مقاومت حرارتی سقف با استفاده از جدول ۵۵ تعیین می‌گردد.



شکل ۲۳ نمونه سقف تیرچه و بلوک پلی‌استایرن با پاشنه

جدول ۵۵ مقادیر مقاومت حرارتی سقف تیرچه و بلوک پلی‌استایرن با پاشنه

فاصله محور به محور تیرچه‌ها l_c (cm)			عرض پاشنه تیرچه l (mm)	ارتفاع بلوک از روی پاشنه d_c (cm)	ارتفاع پاشنه d_t (mm)
$l_c < 64$	$64 < l_c < 61$	$55 < l_c < 60$			
۱,۹۴	۱,۹۰	۱,۸۲	$124 > l_c > 95$	۱۲	۳۰
۱,۸۴	۱,۸۰	۱,۷۲	$140 > l_c > 125$		
۲,۰۸	۲,۰۳	۱,۹۴	$124 > l_c > 95$	۱۵	
۱,۹۳	۱,۸۹	۱,۸۲	$140 > l_c > 125$		
۲,۱۶	۲,۱۱	۲,۰۰	$124 > l_c > 95$	۱۷	
۲,۰۴	۱,۹۸	۱,۸۸	$140 > l_c > 125$		
۲,۱۶	۲,۱۹	۲,۰۸	$124 > l_c > 95$	۲۰	
۲,۱۲	۱,۰۶	۱,۹۵	$140 > l_c > 125$		
۲,۴۵	۲,۳۷	۲,۲۵	$124 > l_c > 95$	۲۵	
۲,۳۰	۱,۱۵	۲,۱۱	$140 > l_c > 125$		
۲,۶۲	۲,۵۴	۲,۴۱	$124 > l_c > 95$	۳۰	
۲,۴۶	۱,۲۳	۲,۲۷	$140 > l_c > 125$		
۲,۱۹	۲,۱۵	۲,۰۷	$124 > l_c > 95$	۱۲	۴۰
۲,۰۹	۲,۰۵	۱,۹۷	$140 > l_c > 125$		
۲,۳۴	۲,۲۹	۲,۲۰	$124 > l_c > 95$	۱۵	
۲,۲۱	۲,۱۷	۲,۰۸	$140 > l_c > 125$		
۲,۴۳	۲,۳۷	۲,۲۶	$124 > l_c > 95$	۱۷	
۲,۳۰	۲,۲۴	۲,۱۴	$140 > l_c > 125$		
۲,۵۳	۲,۴۶	۲,۳۵	$124 > l_c > 95$	۲۰	
۲,۳۹	۲,۳۳	۲,۲۱	$140 > l_c > 125$		
۲,۷۴	۲,۶۶	۲,۵۴	$124 > l_c > 95$	۲۵	
۲,۵۹	۲,۵۲	۲,۴	$140 > l_c > 125$		
۲,۹۳	۲,۸۵	۲,۷۳	$124 > l_c > 95$	۳۰	
۲,۷۷	۲,۷۰	۲,۵۸	$140 > l_c > 125$		

ادامه جدول ۵۵ مقادیر مقاومت حرارتی سقف تیرچه و بلوک پلی‌استایرن با پاشنه

فاصله محور به محور تیرچه‌ها l_c (cm)			عرض پاشنه تیرچه l (mm)	ارتفاع بلوک از روی پاشنه d_c (cm)	ارتفاع پاشنه d_L (mm)
$l_c < 64$	$64 < l_c < 61$	$55 < l_c < 60$			
۲,۴۴	۲,۴۰	۲,۳۲	$124 > l_c > 95$	۱۲	۵۰
۲,۳۵	۲,۳۰	۲,۲۲	$140 > l_c > 125$		
۲,۶۰	۲,۵۵	۲,۴۵	$124 > l_c > 95$	۱۵	
۲,۴۹	۲,۴۳	۲,۳۳	$140 > l_c > 125$		
۲,۶۹	۲,۶۲	۲,۵۱	$124 > l_c > 95$	۱۷	
۲,۵۷	۲,۵۰	۲,۳۹	$140 > l_c > 125$		
۲,۸۰	۲,۷۳	۲,۶۰	$124 > l_c > 95$	۲۰	
۲,۶۶	۲,۵۹	۲,۴۷	$140 > l_c > 125$		
۲,۰۳	۲,۹۶	۲,۸۱	$124 > l_c > 95$	۲۵	
۲,۸۸	۲,۸۰	۲,۶۸	$140 > l_c > 125$		
۲,۲۵	۲,۱۷	۲,۰۲	$124 > l_c > 95$	۳۰	
۲,۰۹	۲,۰۱	۲,۸۸	$140 > l_c > 125$		
۲,۶۷	۲,۶۳	۲,۵۵	$124 > l_c > 95$	۱۲	۶۰
۲,۵۸	۲,۵۳	۲,۴۵	$140 > l_c > 125$		
۲,۸۳	۲,۷۸	۲,۶۹	$124 > l_c > 95$	۱۵	
۲,۷۳	۲,۶۷	۲,۵۷	$140 > l_c > 125$		
۲,۹۲	۲,۸۶	۲,۷۵	$124 > l_c > 95$	۱۷	
۲,۸۰	۲,۷۴	۲,۶۳	$140 > l_c > 125$		
۲,۰۴	۲,۹۷	۲,۸۵	$124 > l_c > 95$	۲۰	
۲,۹۱	۲,۸۴	۲,۷۱	$140 > l_c > 125$		
۲,۳۹	۲,۳۱	۲,۰۹	$124 > l_c > 95$	۲۵	
۲,۱۵	۲,۰۸	۲,۹۴	$140 > l_c > 125$		
۲,۵۲	۲,۴۴	۲,۳۱	$124 > l_c > 95$	۳۰	
۲,۳۸	۲,۳۰	۲,۱۶	$140 > l_c > 125$		

پیوست ۹ ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر و بازشوها

در این پیوست، به ترتیب، ضرایب انتقال حرارت شیشه‌ها، جدارهای نورگذر و درها درج می‌گردد. برای تعیین ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر، باید به بخش‌های پ ۹-۱ و پ ۹-۲ که به ترتیب مربوط به شیشه‌ها و جدارهای نورگذر هستند، رجوع شود. نحوه تعیین ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر، در بخش پ ۹-۳، در قالب دو مثال، توضیح داده شده است. ضرایب انتقال حرارت درها نیز در بخش پ ۹-۴ آمده است.

مقادیر درج‌شده در این پیوست برای هر دو روش طراحی عایق‌کاری حرارتی (الف و ب) مبنای محاسبه است، مگر آنکه ضرایب انتقال حرارت دیگری، توسط مراجع ذی‌صلاح، با رعایت استانداردهای ملی، تعیین شده باشد. همه مقادیر بر حسب $W/m^2.K$ هستند.

پ ۹-۱ ضرایب انتقال حرارت شیشه‌ها

ضرایب انتقال حرارت شیشه‌ها (U_g)، که در جدول ۵۶ تا جدول ۶۱ این بخش آمده است، مربوط به شیشه‌های با ضخامت ۴ میلی‌متر، در دو حالت عمودی و افقی، است. مقادیر ضرایب انتقال حرارت مربوط به گسیلندگی‌های بینابینی را می‌توان با درون‌یابی مقادیر داده‌شده در جدول محاسبه کرد.

برای مجموعه شیشه‌های چندجداره، با گازی غیر از هوا در فضای بین دو شیشه، تنها غلظت ۸۵ درصد^۱ در نظر گرفته شده است. بدیهی است مقادیر مربوط تنها در صورتی ملاک عمل است

۱. ۸۵ درصد گاز خنثی و ۱۵ درصد هوای خشک

پ-۱-۹ شیشه‌های دوجداره عمودی

جدول ۵۶ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره عمودی پر شده با هوا (۱۰۰ درصد)

ضخامت لایه هوا [mm]	ضریب انتقال حرارت $U_{gl} [W/(m^2.K)]$							
	شیشه‌های کم‌گسل یا گسلندگی عمود مفید E_{gl}							
	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۵	۰٫۴۰
۶	۲٫۳	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۸	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹
۸	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۷
۱۰	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵
۱۲	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳
۱۴	۱٫۵	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۲
۱۶	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۱
۱۸	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۱
۲۰	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۱

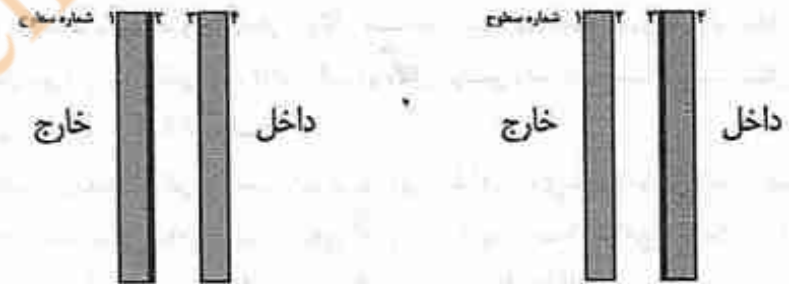
جدول ۵۷ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره عمودی پر شده با آرگون (۸۵ درصد)

ضخامت لایه هوا [mm]	ضریب انتقال حرارت $U_{gl} [W/(m^2.K)]$							
	شیشه‌های کم‌گسل یا گسلندگی عمود مفید E_{gl}							
	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۵	۰٫۴۰
۶	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۶
۸	۲٫۹	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴
۱۰	۲٫۸	۱٫۵	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲
۱۲	۲٫۷	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۱۴	۲٫۶	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۲٫۰
۱۶	۲٫۶	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۲٫۰
۱۸	۲٫۶	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۲٫۰
۲۰	۲٫۶	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۲٫۱

که تولیدات مربوط دارای گواهی‌نامه مؤید وجود گاز و حفظ آن در طول دوره بهره‌برداری باشد. در غیر این صورت، لازم است مقادیر مربوط به هوا ملاک قرار گیرد.

همچنین ضرایب گسلندگی عمود مفید شیشه‌ها، که توسط تولیدکننده اعلام می‌شود، باید به تأیید مرجعی معتبر رسیده باشد. در غیر این صورت، نباید گسلندگی کم برای شیشه منظور شود. لازم است توضیح داده شود که پوشش کم‌گسل را می‌توان، در مراحل تولید، مستقیماً روی شیشه، یا بر فیلمی که روی شیشه چسبانده می‌شود، نشانند.

برای آنکه مجموعه شیشه‌های کم‌گسل اثربخشی لازم را دارا باشد، ضروری است پوشش کم‌گسل، در مناطق با نیاز گرمایی زیاد روی سطح ۳ (شکل ۲۴، سمت راست) و در مناطق با نیاز سرمایی زیاد روی سطح ۲ قرار گیرد (شکل ۲۴، سمت چپ).



شکل ۲۴ محل قرارگیری پوشش کم‌گسل در مناطق سردسیر (سمت راست) و گرم‌سیر (سمت چپ)

پ-۱-۱-۹ شیشه‌های ساده

در مورد شیشه‌های ساده (تک‌جداره)، برای هر ضخامت، ضریب انتقال حرارت برابر است با:

$$U_{gl} = 5,8 [W/(m^2.K)] \quad \text{در حالتی که جدار عمودی است}$$

$$U_{gl} = 6,9 [W/(m^2.K)] \quad \text{در حالتی که جدار افقی است}$$

جدول ۵۸ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره عمودی پر شده با کریبتون (۸۵ درصد)

ضخامت لایه هوا [mm]	ضریب انتقال حرارت								U_{gl} [W/(m ² .K)]
	شیشه‌های کم‌گسیل با گسیلندگی عمود مفید ε_n							شیشه‌های عادی	
	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۵			۰٫۴۰
۶	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴
۸	۱٫۳	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲
۱۰	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۱۲	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۱۴	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۱۶	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۱۸	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱
۲۰	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۷	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱

پ ۹-۱-۳ شیشه‌های دوجداره افقی (سقفی)

جدول ۵۹ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره افقی (سقفی) پر شده با هوا (۱۰۰ درصد)

ضخامت لایه هوا [mm]	ضریب انتقال حرارت								U_{gl} [W/(m ² .K)]
	شیشه‌های کم گسیل با گسیلندگی عمود مفید ε_n							شیشه‌های عادی	
	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۵			۰٫۴۰
۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۳٫۰	۳٫۱	۳٫۲	۳٫۲	۳٫۲	۳٫۲
۸	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۱۰	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۱۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۱۴	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۱۶	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۱۸	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹
۲۰	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹	۲٫۹

جدول ۶۰ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره افقی (سقفی) پر شده با آرگون (۸۵ درصد)

ضخامت لایه هوا [mm]	ضریب انتقال حرارت								U_{gl} [W/(m ² .K)]
	شیشه‌های کم‌گسل با گسلندگی عمود مفید ε_n							شیشه‌های عادی	
۶	۲٫۴	۲٫۳	۲٫۵	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۷	۲٫۸	۲٫۹	
۸	۳٫۳	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۷	
۱۰	۳٫۲	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۷	
۱۲	۳٫۲	۱٫۹	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	
۱۴	۳٫۲	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	
۱۶	۳٫۲	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	
۱۸	۳٫۲	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۵	۲٫۶	
۲۰	۳٫۲	۱٫۸	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۶	

جدول ۶۱ مقادیر ضریب انتقال حرارت شیشه‌های دوجداره افقی (سقفی) پر شده با کریبتون (۸۵ درصد)

ضریب انتقال حرارت								شخصیات لایه هوا [mm]
شیشه‌های کم‌گسیل یا گسیلندگی عمود مفید ε_n							شیشه‌های عادی	
۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۵	۰٫۲۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۵			۰٫۴۰
۶	۱٫۹	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶	۲٫۶
۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶
۱۰	۱٫۸	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶
۱۲	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۶
۱۴	۱٫۸	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵	۲٫۵
۱۶	۱٫۷	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵
۱۸	۱٫۷	۱٫۹	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵
۲۰	۱٫۷	۱٫۸	۲٫۰	۲٫۱	۲٫۲	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۵

پ-۹-۲ ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر

پ-۹-۲-۱ جدارهای نورگذر دارای شیشه تک‌جداره ساده

اگر جدار نورگذر با شیشه تک‌جداره ساده و با قاب فولادی یا آلومینیومی معمولی ساخته شده باشد، ضریب انتقال حرارت متوسط بازشو برابر است با:

$$U_G = 5.8 [W/(m^2.K)] \quad \text{در حالتی که جدار عمودی است}$$

$$U_G = 6.9 [W/(m^2.K)] \quad \text{در حالتی که جدار افقی است}$$

در پنجره‌های چوبی، اثر قاب تنها با شیشه‌های چندجداره در نظر گرفته می‌شود و در صورت کاربرد آن با شیشه تک‌جداره، ضرایب همانند قاب‌های فولادی و آلومینیومی ساده به کار برده می‌شود.

پ-۹-۲-۲ جدارهای نورگذر دارای انواع شیشه دوجداره

برای محاسبه ضریب انتقال حرارت یک جدار نورگذر دارای شیشه دوجداره (U_G)، لازم است، علاوه بر مقدار ضریب انتقال حرارت متوسط بخشی شیشه‌ای (U_{fi})، ضریب انتقال حرارت قاب بازشو (U_{fr}) نیز مشخص شود. در تعیین ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر، نکات زیر باید در نظر قرار گیرد:

- برای ضریب انتقال حرارت متوسط قاب بازشو فلزی یا حرارت‌شکن، سه مقدار ۳۰، ۴۰ و ۵۰ $[W/(m^2.K)]$ در نظر گرفته شده است. در صورتی که مشخصات حرارتی قاب‌ها در گواهی‌نامه فنی ارائه نشده باشد، ضریب انتقال حرارت متوسط قاب فلزی با قطع حرارتی، برابر ۵۰ $[W/(m^2.K)]$ در نظر گرفته می‌شود.

- برای ضریب انتقال حرارت متوسط قاب بازشو پی‌وی‌سی، سه مقدار ۱/۵، ۱/۸ و ۲/۵ $[W/(m^2.K)]$ در نظر گرفته شده است. در صورتی که مشخصات حرارتی قاب‌ها در گواهی‌نامه فنی ارائه نشده باشد، ضریب انتقال حرارت متوسط قاب پی‌وی‌سی، برابر ۲/۵ $[W/(m^2.K)]$ در نظر گرفته می‌شود.

- برای ضریب هدایت حرارت متوسط قاب بازشو چوبی، دو مقدار ۰/۱۳ و ۰/۱۸ $[W/(m.K)]$ در نظر گرفته شده است. در صورتی که مشخصات حرارتی قاب‌ها در گواهی‌نامه فنی ارائه نشده باشد، ضریب هدایت حرارت متوسط قاب چوبی، برابر ۰/۱۸ $[W/(m.K)]$ در نظر گرفته می‌شود.

- در جدول‌های تعیین ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر (جدول ۶۲ تا جدول ۶۴)، ضریب انتقال حرارت متوسط بخش شیشه‌ای (ساده یا کم‌گسیل) بین ۱/۲ و ۲/۹ $[W/(m^2.K)]$ در نظر گرفته شده‌است. در صورتی که ضریب انتقال حرارت متوسط شیشه‌ای بیش از ۲/۹ باشد، در جدول مربوط به قاب مورد استفاده، ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با برون‌یابی اعداد ارائه‌شده تعیین می‌شود.

در جدول ۶۲ تا جدول ۶۴، ضرایب انتقال حرارت جدارهای نورگذر (U_G)، بر حسب نوع بازشو، ضریب انتقال حرارت شیشه (U_{fi}) و نوع و ضریب انتقال حرارت قاب (U_{fr})، درج شده است.

جدول ۶۲ (ص ۱۵۶) مربوط به پنجره‌های با قاب فلزی حرارت‌شکن. جدول ۶۳ (ص ۱۵۸) مربوط به پنجره‌های با قاب پی‌وی‌سی و جدول ۶۴ (ص ۱۶۱) مربوط به پنجره‌های با قاب چوبی است.

جدول ۶۲ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب فلزی حرارت شکن U_G بر حسب U_{fr} و U_{fr}

نوع جدار نورگذر	U_{fr} بخش نورگذر [W/m ² .K]	U_G جدار نورگذر بر حسب U_{fr} قاب [W/m ² .K]		
		$U_{fr} = 5.0$	$U_{fr} = 4.0$	$U_{fr} = 3.0$
پنجره	۱.۲	۲.۹	۲.۵	۲.۲
	۱.۳	۲.۹	۲.۶	۲.۳
	۱.۴	۳	۲.۷	۲.۳
	۱.۵	۳.۱	۲.۷	۲.۴
	۱.۶	۳.۱	۲.۸	۲.۵
	۱.۷	۳.۲	۲.۹	۲.۵
	۱.۸	۳.۳	۲.۹	۲.۶
	۱.۹	۳.۳	۳	۲.۷
	۲	۳.۴	۳	۲.۷
	۲.۱	۳.۴	۳.۱	۲.۷
	۲.۲	۳.۴	۳.۲	۲.۸
	۲.۳	۳.۵	۳.۲	۲.۸
لولایی	۲.۴	۳.۶	۳.۲	۲.۹
	۲.۵	۳.۶	۳.۳	۳
	۲.۶	۳.۷	۳.۴	۳
	۲.۷	۳.۸	۳.۴	۳.۱
	۲.۸	۳.۸	۳.۵	۳.۱
	۲.۹	۳.۹	۳.۶	۳.۲
	۱.۲	۲.۷	۲.۴	۲.۱
	۱.۳	۲.۸	۲.۵	۲.۲
	۱.۴	۲.۸	۲.۵	۲.۲
	۱.۵	۲.۹	۲.۶	۲.۳
	۱.۶	۳	۲.۷	۲.۴
	۱.۷	۳	۲.۷	۲.۵
در پنجره‌ای	۱.۸	۳.۱	۲.۸	۲.۵
	۱.۹	۳.۲	۲.۹	۲.۶
	۲	۳.۲	۲.۹	۲.۶
	۲.۱	۳.۲	۲.۹	۲.۶
	۲.۲	۳.۳	۳	۲.۷
	۲.۳	۳.۴	۳.۱	۲.۸
	۲.۴	۳.۴	۳.۱	۲.۹
	۲.۵	۳.۵	۳.۲	۲.۹
	۲.۶	۳.۶	۳.۳	۳
	۲.۷	۳.۶	۳.۴	۳.۱
	۲.۸	۳.۷	۳.۴	۳.۱
	۲.۹	۳.۸	۳.۵	۳.۲
لولایی	۲.۲	۳.۲	۲.۸	۲.۵
	۲.۳	۳.۳	۲.۹	۲.۶
	۲.۴	۳.۴	۳	۲.۷
	۲.۵	۳.۵	۳.۱	۲.۸
	۲.۶	۳.۶	۳.۲	۲.۹
	۲.۷	۳.۶	۳.۳	۳
	۲.۸	۳.۷	۳.۴	۳.۱
	۲.۹	۳.۸	۳.۴	۳.۱
	۳	۳.۸	۳.۵	۳.۲
	۳.۱	۳.۹	۳.۶	۳.۳
	۳.۲	۳.۹	۳.۶	۳.۳
	۳.۳	۴	۳.۷	۳.۴

 ادامه جدول ۶۲ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب فلزی حرارت شکن U_G بر حسب U_{fr} و U_{fr}

نوع جدار نورگذر	U_{fr} بخش نورگذر [W/m ² .K]	U_G جدار نورگذر بر حسب U_{fr} قاب [W/m ² .K]		
		$U_{fr} = 5.0$	$U_{fr} = 4.0$	$U_{fr} = 3.0$
پنجره	۱.۲	۲.۳	-	-
	۱.۳	۲.۴	-	-
	۱.۴	۲.۵	-	-
	۱.۵	۲.۵	-	-
	۱.۶	۲.۶	-	-
	۱.۷	۲.۷	-	-
	۱.۸	۲.۸	-	-
	۱.۹	۲.۸	-	-
	۲	۲.۹	-	-
	۲.۱	۲.۹	-	-
	۲.۲	۲.۹	-	-
	۲.۳	۳	-	-
کشویی	۲.۴	۳.۱	-	-
	۲.۵	۳.۲	-	-
	۲.۶	۳.۲	-	-
	۲.۷	۳.۳	-	-
	۲.۸	۳.۴	-	-
	۲.۹	۳.۴	-	-
	۳	۳.۵	-	-
	۳.۱	۳.۵	-	-
	۳.۲	۳.۶	-	-
	۳.۳	۳.۶	-	-
	۳.۴	۳.۷	-	-
	۳.۵	۳.۷	-	-
در پنجره‌ای	۱.۲	۲.۱	-	-
	۱.۳	۲.۲	-	-
	۱.۴	۲.۳	-	-
	۱.۵	۲.۴	-	-
	۱.۶	۲.۵	-	-
	۱.۷	۲.۵	-	-
	۱.۸	۲.۶	-	-
	۱.۹	۲.۷	-	-
	۲	۲.۸	-	-
	۲.۱	۲.۸	-	-
	۲.۲	۲.۸	-	-
	۲.۳	۲.۹	-	-
کشویی	۲.۴	۳	-	-
	۲.۵	۳.۱	-	-
	۲.۶	۳.۲	-	-
	۲.۷	۳.۲	-	-
	۲.۸	۳.۳	-	-
	۲.۹	۳.۳	-	-
	۳	۳.۴	-	-
	۳.۱	۳.۴	-	-
	۳.۲	۳.۵	-	-
	۳.۳	۳.۵	-	-
	۳.۴	۳.۶	-	-
	۳.۵	۳.۶	-	-

جدول ۶۳ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب پی‌وی‌سی U_G بر حسب U_{fr} و U_{fr}

نوع جدار نورگذر	U_{fr} بخش نورگذر [W/m ² .K]	U_G جدار نورگذر بر حسب U_{fr} قاب [W/m ² .K]		
		$U_{fr}=2.5$	$U_{fr}=1.8$	$U_{fr}=1.5$
پنجره	۱.۲	۱.۶	۱.۷	۲
	۱.۳	۱.۷	۱.۸	۲.۱
	۱.۴	۱.۷	۱.۹	۲.۱
	۱.۵	۱.۸	۱.۹	۲.۲
	۱.۶	۱.۹	۲	۲.۳
	۱.۷	۲	۲.۱	۲.۴
	۱.۸	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۱.۹	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۲	۲.۲	۲.۳	۲.۶
	۲.۱	۲.۲	۲.۳	۲.۶
لولایی	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۷
	۲.۳	۲.۴	۲.۵	۲.۸
	۲.۴	۲.۵	۲.۶	۲.۹
	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۳
	۲.۶	۲.۷	۲.۸	۳
	۲.۷	۲.۸	۲.۹	۳
	۲.۸	۲.۹	۳	۳
	۲.۹	۳	۳	۳
	۳	۳	۳	۳
	۳	۳	۳	۳
در پنجره‌ای	۱.۲	۱.۶	۱.۷	۲
	۱.۳	۱.۷	۱.۸	۲.۱
	۱.۴	۱.۷	۱.۹	۲.۱
	۱.۵	۱.۸	۱.۹	۲.۲
	۱.۶	۱.۹	۲	۲.۳
	۱.۷	۲	۲.۱	۲.۴
	۱.۸	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۱.۹	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۲	۲.۲	۲.۳	۲.۶
	۲.۱	۲.۲	۲.۳	۲.۶
لولایی	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۷
	۲.۳	۲.۴	۲.۵	۲.۸
	۲.۴	۲.۵	۲.۶	۲.۹
	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۳
	۲.۶	۲.۷	۲.۸	۳
	۲.۷	۲.۸	۲.۹	۳
	۲.۸	۲.۹	۳	۳
	۲.۹	۳	۳	۳
	۳	۳	۳	۳
	۳	۳	۳	۳

 ادامه جدول ۶۳ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب پی‌وی‌سی U_G بر حسب U_{fr} و U_{fr}

نوع جدار نورگذر	U_{fr} بخش نورگذر [W/m ² .K]	U_G جدار نورگذر بر حسب U_{fr} قاب [W/m ² .K]		
		$U_{fr}=2.5$	$U_{fr}=1.8$	$U_{fr}=1.5$
پنجره	۱.۲	-	-	-
	۱.۳	-	-	-
	۱.۴	-	-	-
	۱.۵	-	-	-
	۱.۶	-	-	-
	۱.۷	-	-	-
	۱.۸	-	-	-
	۱.۹	-	-	-
	۲	-	-	-
	۲.۱	-	-	-
کشویی	۲.۲	-	-	-
	۲.۳	-	-	-
	۲.۴	-	-	-
	۲.۵	-	-	-
	۲.۶	-	-	-
	۲.۷	-	-	-
	۲.۸	-	-	-
	۲.۹	-	-	-
	۳	-	-	-
	۳	-	-	-
در پنجره‌ای	۱.۲	-	-	-
	۱.۳	-	-	-
	۱.۴	-	-	-
	۱.۵	-	-	-
	۱.۶	-	-	-
	۱.۷	-	-	-
	۱.۸	-	-	-
	۱.۹	-	-	-
	۲	-	-	-
	۲.۱	-	-	-
کشویی	۲.۲	-	-	-
	۲.۳	-	-	-
	۲.۴	-	-	-
	۲.۵	-	-	-
	۲.۶	-	-	-
	۲.۷	-	-	-
	۲.۸	-	-	-
	۲.۹	-	-	-
	۳	-	-	-
	۳	-	-	-
بدون آستانه	۲.۲	-	-	-
	۲.۳	-	-	-
	۲.۴	-	-	-
	۲.۵	-	-	-
	۲.۶	-	-	-
	۲.۷	-	-	-
	۲.۸	-	-	-
	۲.۹	-	-	-
	۳	-	-	-
	۳	-	-	-

ادامه جدول ۶۳ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب پی‌وی‌سی U_w بر حسب U_g و U_f

نوع جدار نورگذر	U_g بخش نورگذر [W/m ² .K]	جدار نورگذر بر حسب U_g قاب [W/m ² .K]		
		$U_f = 1.5$	$U_f = 1.8$	$U_f = 2.5$
در پنجره‌ای	۱.۲	۱.۶	۱.۸	۲.۱
	۱.۳	۱.۷	۱.۸	۲.۱
	۱.۴	۱.۸	۱.۹	۲.۲
	۱.۵	۱.۸	۱.۹	۲.۲
	۱.۶	۱.۹	۲	۲.۳
کشویی	۱.۷	۱.۹	۲.۱	۲.۴
	۱.۸	۲	۲.۱	۲.۴
	۱.۹	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۲	۲.۱	۲.۲	۲.۵
	۲.۱	۲.۱	۲.۲	۲.۵
با آستانه	۲.۲	۲.۲	۲.۳	۲.۶
	۲.۳	۲.۲	۲.۳	۲.۶
	۲.۴	۲.۳	۲.۴	۲.۷
	۲.۵	۲.۴	۲.۵	۲.۷
	۲.۶	۲.۴	۲.۵	۲.۸
	۲.۷	۲.۵	۲.۶	۲.۸
	۲.۸	۲.۶	۲.۷	۲.۹
	۲.۹	۲.۶	۲.۷	۳
	۳	۲.۶	۲.۷	۳
	۳	۲.۶	۲.۷	۳

 جدول ۶۴ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب چوبی U_g بر حسب U_f و λ_{fr}

نوع جدار نورگذر	U_g بخش نورگذر [W/m ² .K]	جدار نورگذر بر حسب λ_{fr} قاب [W/m ² .K]	
		$\lambda_{fr} = 0.12$	$\lambda_{fr} = 0.18$
پنجره لولایی	۱.۲	۱.۸	۱.۹
	۱.۳	۱.۸	۲
	۱.۴	۱.۹	۲.۱
	۱.۵	۲	۲.۱
	۱.۶	۲	۲.۲
	۱.۷	۲.۱	۲.۲
	۱.۸	۲.۲	۲.۳
	۱.۹	۲.۲	۲.۴
	۲	۲.۳	۲.۴
	۲.۱	۲.۳	۲.۴
	۲.۲	۲.۴	۲.۵
	۲.۳	۲.۴	۲.۵
	۲.۴	۲.۵	۲.۶
	۲.۵	۲.۵	۲.۶
	۲.۶	۲.۶	۲.۷
	۲.۷	۲.۶	۲.۷
	۲.۸	۲.۷	۲.۸
	۲.۹	۲.۸	۲.۹
	۳	۲.۸	۳
	۳	۲.۸	۳
در پنجره‌ای لولایی بدون آستانه یا کشویی	۱.۲	۱.۷	۱.۹
	۱.۳	۱.۸	۱.۹
	۱.۴	۱.۹	۲
	۱.۵	۲	۲.۱
	۱.۶	۲	۲.۱
	۱.۷	۲.۱	۲.۲
	۱.۸	۲.۲	۲.۲
	۱.۹	۲.۲	۲.۴
	۲	۲.۳	۲.۴
	۲.۱	۲.۳	۲.۴
	۲.۲	۲.۴	۲.۵
	۲.۳	۲.۴	۲.۵
	۲.۴	۲.۵	۲.۶
	۲.۵	۲.۵	۲.۶
	۲.۶	۲.۶	۲.۷
	۲.۷	۲.۶	۲.۷
	۲.۸	۲.۷	۲.۸
	۲.۹	۲.۸	۲.۹
	۳	۲.۸	۳
	۳	۲.۸	۳

ادامه جدول ۶۴ ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر با قاب چوبی U_G بر حسب $U_{\text{بخش نورگذر}}$ و $\lambda_{\text{تر}}$

نوع جدار نورگذر	$U_{\text{بخش نورگذر}}$ [W/m ² .K]	U_G جدار نورگذر بر حسب $\lambda_{\text{تر}}$ قاب [W/m ² .K]	
		$\lambda_{\text{تر}} = 0,18$	$\lambda_{\text{تر}} = 0,13$
در	۱,۲	۱,۸	۲
	۱,۳	۱,۹	۲,۱
	۱,۴	۲	۲,۱
	۱,۵	۲	۲,۲
	۱,۶	۲,۱	۲,۲
پنجره‌ای	۱,۷	۲,۱	۲,۳
	۱,۸	۲,۲	۲,۴
	۱,۹	۲,۳	۲,۴
	۲	۲,۳	۲,۴
	۲,۱	۲,۳	۲,۴
لولایی	۲,۲	۲,۳	۲,۵
	۲,۳	۲,۴	۲,۶
	۲,۴	۲,۵	۲,۶
	۲,۵	۲,۵	۲,۷
	۲,۶	۲,۶	۲,۷
با آستانه	۲,۷	۲,۷	۲,۸
	۲,۸	۲,۸	۲,۹
	۲,۹	۲,۹	۲,۹
	۲,۹	۲,۹	۲,۹
	۲,۹	۲,۹	۲,۹

ابتدا باید ضریب انتقال حرارت شیشه تعیین شود (بخش پ ۹-۱). به این منظور، از بخش پ ۹-۱-۲، با عنوان شیشه‌های دوجداره عمودی، جدول ۵۷ مربوط به شیشه‌های دو جداره عمودی پر شده با ۸۵ درصد آرگون استفاده می‌شود. مطابق این جدول، و با توجه به فاصله ۱۰ میلی‌متری بین دو شیشه و عدم استفاده از پوشش کم‌گسیل، ضریب انتقال حرارت شیشه از ستون دوم جدول، ۲,۸ [W/(m².K)] تعیین می‌گردد.

این توضیح را باید افزود که اگر پنجره مورد استفاده فاقد گواهی‌نامه تأییدکننده وجود گاز و حفظ آن در طول دوره بهره‌برداری باشد، باید مقادیر مربوط به هوا ملاک محاسبه قرار گیرد (جدول ۵۶).

در مرحله بعد، باید به تعیین ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر پرداخت (بخش پ ۹-۲). در این مثال، قاب پنجره از جنس پی‌وی‌سی است، بنابراین برای آن از جدول ۶۳ استفاده می‌شود. در بخش مربوط به پنجره‌های لولایی این جدول، ردیف مربوط به شیشه دارای ضریب انتقال حرارت ۲,۸ [W/(m².K)] را در نظر می‌گیریم. در این ردیف، سه ضریب انتقال حرارت متفاوت برای پنجره داده شده است، که مربوط به سه ضریب انتقال حرارت متفاوت قاب پی‌وی‌سی است. با توجه به آنکه، مطابق گواهی‌نامه فنی، ضریب انتقال حرارت قاب پی‌وی‌سی ۱,۸ [W/(m².K)] است، ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر، از ستون چهارم جدول، برابر ۲,۷ [W/(m².K)] تعیین می‌شود.

مثال ۱۱: تعیین ضریب انتقال حرارت پنجره‌ای با مشخصات زیر:

- نوع قاب: آلومینیومی حرارت‌شکن، لولایی
- ضریب انتقال حرارت قاب مطابق گواهی‌نامه فنی: نامشخص
- نوع شیشه: دوجداره
- گاز موجود در فاصله میان دو شیشه: ۱۰۰ درصد هوا
- فاصله داخلی بین دو شیشه: ۱۲ میلی‌متر
- وضعیت گسیلندگی شیشه: گسیلندگی عمود مفید ۰,۲، مورد تأیید یک مرجع معتبر

برای تعیین ضریب انتقال حرارت شیشه، ابتدا از جدول ۵۶ بخش پ ۹-۱-۲، که مربوط به شیشه‌های دوجداره پر شده با هوا است، استفاده می‌شود. سپس با توجه به ضخامت ۱۲ میلی‌متری لایه هوا و گسیلندگی عمود مفید ۰,۲، ضریب انتقال حرارت شیشه برابر ۲,۱ [W/(m².K)] تعیین می‌گردد.

پ ۹-۳ مثال‌های تعیین ضریب انتقال حرارت جدارهای نورگذر

مثال ۱۰: تعیین ضریب انتقال حرارت یک پنجره با مشخصات زیر:

- نوع قاب: پی‌وی‌سی، لولایی
- ضریب انتقال حرارت قاب مطابق گواهی‌نامه فنی: $U_{\text{ف}} = 1,8$ [W/(m².K)]
- نوع شیشه: دوجداره
- گاز موجود میان دو شیشه: ۸۵ درصد آرگون
- فاصله داخلی بین دو شیشه: ۱۰ میلی‌متر
- وضعیت گسیلندگی شیشه: بدون لایه‌های کم‌گسیل

در مرحله بعد، به تعیین ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر، با استفاده از جدول ۶۲ بخش پ-۹، که مربوط به قاب‌های فلزی حرارت‌شکن است، پرداخته می‌شود. در بخش پنجره‌های لولایی این جدول، به ردیف مربوط به شیشه دارای ضریب انتقال حرارت $2.0 [W/(m^2.K)]$ توجه می‌شود. در این ردیف، سه ضریب انتقال حرارت متفاوت درج شده برای پنجره مربوط به سه ضریب انتقال حرارت متفاوت قاب فلزی با حرارت‌شکن است. اگر فرض کنیم قاب پنجره فاقد گواهی‌نامه فنی است، ضریب انتقال حرارت متوسط قاب را باید برابر ۵ در نظر بگیریم و به این ترتیب، ضریب انتقال حرارت جدار نورگذر، از ستون آخر جدول ۶۲ برابر $2.4 [W/(m^2.K)]$ تعیین می‌گردد.

پ-۹ ضرایب انتقال حرارت درها

مقادیر داده شده در این بخش مربوط به درهای متداول است. در صورتی که برای درها از عایق‌های حرارتی خاصی استفاده شود و در گواهی‌نامه فنی معتبر نیز ضرایب انتقال حرارت ارائه شده باشد، آن ضرایب می‌تواند ملاک محاسبه قرار گیرد. در غیر این صورت، لازم است مقادیر داده شده در جدول ۶۵ مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۶۵ ضرایب انتقال حرارت درها

جنس در	نوع در	ضریب انتقال حرارت در $U_D [W/m^2.K]$
در چوبی معمولی	توپر	۳.۵
	با شیشه تک‌جداره، سطح شیشه کمتر از ۳۰ درصد	۴.۰
	با شیشه تک‌جداره، سطح شیشه بین ۳۰ و ۶۰ درصد	۴.۵
در فلزی معمولی	با شیشه دوجداره با لایه هوای ۶ میلی‌متر یا بیشتر	۳.۳
	تمام فلز	۵.۸
	با شیشه تک‌جداره	۵.۸
	با شیشه دوجداره، سطح شیشه کمتر از ۳۰ درصد	۵.۸
در تمام‌شیشه‌ای	با شیشه دوجداره، سطح شیشه بین ۳۰ و ۶۰ درصد	۴.۸
	با شیشه تک‌جداره	۵.۸

پیوست ۱۰ سایه بان‌ها

در این پیوست، زوایای مناسب برای سایه بان پنجره‌ها، در جهات مختلف ساختمان، در ۲۱۶ شهر کشور، ارائه می‌گردد. در جدول‌های مندرج در این پیوست، برای هر شهر، زاویه سایه بان افقی و زاویه سایه بان عمودی، برای حالت‌های مختلف جهت‌گیری پنجره، بیان شده است. با استخراج این زوایا و آگاهی از ابعاد پنجره، عمق سایه بان‌های افقی و عمودی به سادگی مشخص می‌گردد. در شکل ۲۵، جهت‌گیری پنجره، نمای سایه بان‌ها، زاویه سایه بان عمودی و زاویه سایه بان افقی نشان داده شده است.

برای استفاده از جدول‌های مندرج در این پیوست، باید موارد زیر در نظر گرفته شوند:

- «ش» مخفف «شرقی» است و بیانگر آن است که سایه بان عمودی باید فقط در سمت شرق پنجره قرار گیرد.
- «غ» مخفف «غربی» است و بیانگر آن است که سایه بان عمودی باید فقط در سمت غرب پنجره قرار گیرد.
- «ل» مخفف «شمالی» است و بیانگر آن است که سایه بان عمودی باید فقط در سمت شمال پنجره قرار گیرد.
- «ج» مخفف «جنوبی» است و بیانگر آن است که سایه بان عمودی باید فقط در سمت جنوب پنجره قرار گیرد.
- «ط» مخفف «طرفین» است و بیانگر آن است که سایه بان عمودی باید در دو سمت پنجره قرار گیرد.

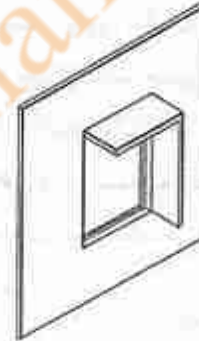
- «ع» جانشین عبارت «سایه بان عمودی متحرک مقابل تمام پنجره» است.

چنانچه برای یک پنجره هر دو زاویه سایه بان افقی و عمودی توصیه شده باشد، باید از هر دو نوع سایه بان استفاده گردد.

- در صورتی که محل استقرار ساختمانی در این پیوست درج نشده باشد، می‌توان سایه‌بان‌های مربوط به نزدیک‌ترین شهر را ملاک گرفت.

- در صورت ذکر نشدن زاویه جهت‌گیری پنجره در جدول‌ها، مقادیر زوایای سایه‌بان آن باید مطابق با مقادیر نزدیک‌ترین جهت‌گیری پنجره، یا از طریق درون‌یابی مقادیر تعیین گردد.

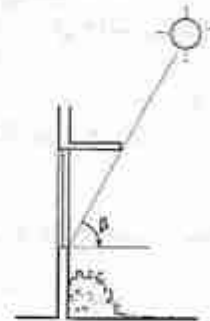
- در شهرهایی که با علامت * مشخص شده‌اند، با توجه به عمق زیاد سایه‌بان‌ها، توصیه می‌شود ضمن رعایت زوایای سایه‌بان ارائه شده، روی تمام نمای ساختمان سایه ایجاد شود.



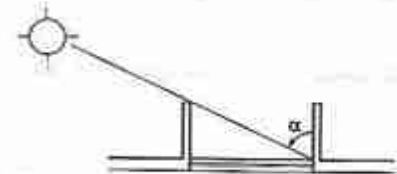
نمای پنجره و سایبان‌های افقی و عمودی



جهت گیری پنجره:



منقطع عمودی - زاویه سایه بان افقی



مقطع افقی - زاویه سایه بان عمودی

شکل ۲۵. زوایای جهت پنجره و زاویه سایه بان افقی و عمودی

جدول ۶۶ زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف

[illegible]

جدول ۶۷: زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۶۸. زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۶۹. زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۲۰. زوایای مناسب برای سایه بان پنجه ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۷۳. زوایای مناسب برای سایه‌بان پنجره‌ها، در جهت‌های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۷۴. زوایای مناسب برای سایه‌بان پنجره‌ها، در جهت‌های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۲۵. زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۷۶: زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

[illegible]

جدول ۷۷ زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

جهت پنجره	۱۵۰ درجه		۱۲۰ درجه		۹۰ درجه		۶۰ درجه		۳۰ درجه		شمال		جهت پنجره	زاویه سایه بان	زاویه
	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی			
۱۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۱۴۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰
۱۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰
۱۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
۱۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۹۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۰	۹۰	۹۰
۸۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۰	۸۰	۸۰
۷۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۷۰	۷۰	۷۰
۶۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰	۶۰	۶۰
۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵۰	۵۰	۵۰
۴۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴۰	۴۰	۴۰
۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۳۰	۳۰	۳۰
۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۰	۲۰	۲۰
۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	۱۰	۱۰
۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰	۰	۰

جدول ۷۸ زوایای مناسب برای سایه بان پنجره ها، در جهت های مختلف (ادامه)

جهت پنجره	۱۵۰ درجه		۱۲۰ درجه		۹۰ درجه		۶۰ درجه		۳۰ درجه		شمال		جهت پنجره	زاویه سایه بان	زاویه
	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی	شمال غربی	شمال شرقی	غربی	شرقی			
۱۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۱۴۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰
۱۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰
۱۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
۱۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۹۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۰	۹۰	۹۰
۸۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۰	۸۰	۸۰
۷۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۷۰	۷۰	۷۰
۶۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰	۶۰	۶۰
۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵۰	۵۰	۵۰
۴۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴۰	۴۰	۴۰
۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۳۰	۳۰	۳۰
۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۰	۲۰	۲۰
۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	۱۰	۱۰
۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰	۰	۰

پیوست ۱۱ روش‌های محاسبه پل‌های حرارتی

ایجاد پل‌های حرارتی در ساختمان دلایل مختلفی دارد، که مهم‌ترین آنها عبارت است از:

- وجود قطعات یا اجزایی با ضریب هدایت حرارت زیاد، در پوسته خارجی ساختمان که به صورت موضعی یا گسترده از داخل به خارج جدار ادامه می‌یابند، مانند پروفیل‌های فولادی در دیوارها و سقف‌ها؛

- تغییر ضخامت موضعی مصالح، خصوصاً عایق‌های حرارتی، که در بخش‌هایی از پوسته خارجی سبب کاهش مقاومت حرارتی می‌گردد؛

- نداشتن بعضی لایه‌ها، خصوصاً عایق‌های حرارتی، در محل‌های اتصال پوسته خارجی به جدارهای داخلی (کف طبقات، تیغه‌های داخلی، ...).

پل‌های حرارتی موجب می‌گردند انتقال حرارت از پوسته خارجی به میزان قابل توجهی افزایش یابد در برخی ساختمان‌ها، این افزایش می‌تواند حدود ۴۰ درصد از کل انتقال حرارت ساختمان را شامل شود. از دیگر تبعات پل‌های حرارتی، ایجاد یا تشدید میعان سطحی در اوقات سرد سال است. محاسبه پل‌های حرارتی را می‌توان با استفاده از استاندارد EN ISO ۱۰۲۱۱-۱ انجام داد.

در این پیوست، مقادیر مربوط به ضرایب انتقال حرارت پل‌های حرارتی متداول، که در طراحی عایق‌کاری حرارتی ساختمان به روش کارکردی استفاده می‌شود، آمده است.^۱ در صورت طراحی به روش تجویزی، نیاز به محاسبه پل‌های حرارتی نیست، زیرا اثر پل‌ها در مقادیر مقاومت حرارتی ارائه‌شده منظور شده است.

۱. در روش کارکردی، برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع، تنها انتقال حرارت از پل حرارتی کف روی خاک منظور می‌شود اما در محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح باید اثر پل‌های حرارتی با استفاده از مقادیر این پیوست محاسبه گردد.

در محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح، در روش کارکردی، دو امکان برای در نظر گرفتن انتقال حرارت ناشی از پل‌های حرارتی وجود دارد:

- عایق‌کاری حرارتی یکپارچه و بدون انقطاع در محل تقاطع جدارها: در این حالت اگر مقادیر اجزای پوسته خارجی ساختمان با توجه به ابعاد خارجی محاسبه گردد، پل‌های حرارتی قابل چشم‌پوشی خواهند بود. اما اگر در محاسبه مقادیر اجزای پوسته خارجی ابعاد داخلی ساختمان ملاک بوده باشد، فقط لازم است ضریب انتقال حرارت سطحی جدارهای متقاطع ایجادکننده پل حرارتی به میزان ۱۰ درصد افزایش یابد.

- عایق‌کاری حرارتی غیریکپارچه در محل اتصال برخی جدارها: در این حالت لازم است پل‌های حرارتی، بسته به مورد، با استفاده از روش‌ها و مقادیر ارائه شده در این پیوست محاسبه شوند. البته در این حالت نیز، برای تسریع و ساده‌سازی محاسبات، می‌توان به جای محاسبه پل‌های حرارتی، ضرایب انتقال حرارت سطحی اجزای مورد نظر پوسته خارجی را در مقادیر تعیین‌شده در یک ردیف از جدول ۷۹ ضرب کرد.

جدول ۷۹ ضرایب افزایشی معادل اثر پل‌های حرارتی، براساس ضریب انتقال حرارت سطحی

جدارهای پوسته خارجی

ضریب انتقال حرارت [W/m ² .K]	ضریب افزایش
کمتر از ۰٫۲۹	۳٫۵۰
بین ۰٫۳۰ و ۰٫۳۹	۲٫۹۳
بین ۰٫۴۰ و ۰٫۴۹	۲٫۴۵
بین ۰٫۵۰ و ۰٫۵۹	۲٫۱۶
بین ۰٫۶۰ و ۰٫۶۹	۱٫۸۳
بین ۰٫۷۰ و ۰٫۷۹	۱٫۵۸
بین ۰٫۸۰ و ۰٫۸۹	۱٫۳۹
بین ۰٫۹۰ و ۰٫۹۹	۱٫۲۹
بیش از ۱٫۰۰	۱٫۲۳

پ ۱۱-۱ گونه‌های مختلف پل‌های حرارتی

پل حرارتی، به‌طور کلی، دو گونه است:

۱- پل حرارتی خطی، یا دو بعدی، که با ضریب انتقال حرارت خطی Ψ به واحد [W/m.K] تعریف می‌شود. برای مثال، اتصال یک دیوار خارجی با عایق از داخل به کف طبقات. در این حالت، انتقال حرارت از این پل‌ها برابر حاصل ضرب ضریب انتقال حرارت خطی و طول پل حرارتی است.

۲- پل حرارتی موضعی، یا سه بعدی، که با ضریب انتقال حرارت نقطه‌ای χ به واحد [W/K] تعریف می‌شود. برای مثال، اتصال کف طبقه به دو دیوار متعامد پوسته خارجی.

پ ۱۱-۲ روند محاسبات عددی

محاسبات را می‌توان با مدل‌سازی پل‌های حرارتی به روش عناصر محدود، یا تفاضل محدود، انجام داد. لازم است انطباق نرم‌افزار مورد استفاده با انتظارات تعیین‌شده مطابق با پیوست A استاندارد ۱۰۲۱۱-۱ EN ISO کنترل شود.

پ ۱۱-۳ ضرایب انتقال حرارت پل‌های حرارتی متداول

در این بخش، ضرایب انتقال حرارت پل‌های حرارتی متداول آمده است. چنانچه پل‌های حرارتی مورد نظر با شرایط تعیین‌شده در این بخش انطباق کامل نداشته باشند، ضروری است محاسبات عددی طبق بند پ ۱۱-۲ صورت پذیرد.

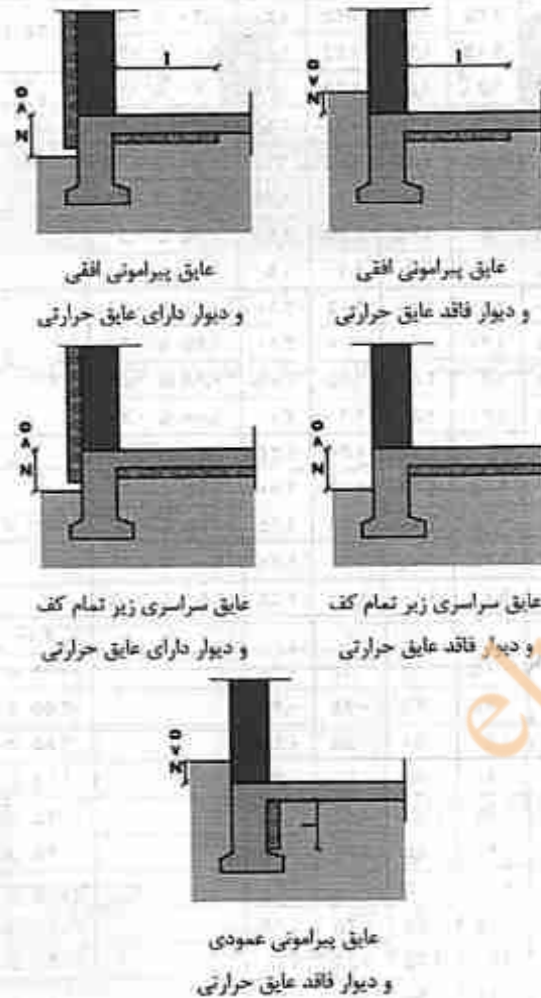
پ ۱۱-۳-۱ کف‌های زیرین مجاور خاک

پ ۱۱-۳-۱-۱ کف روی خاک بدون عایق حرارتی

در مواردی که دیوار و کف ساختمان فاقد هر گونه عایق حرارتی است، ضرایب انتقال حرارت خطی، در محل اتصال دیوار به کف روی خاک، برحسب اختلاف ارتفاع بین کف‌سازی داخل و محوطه‌سازی خارج از ساختمان (Z)، یا استفاده از جدول ۸۰ تعیین می‌گردد.

عایق حرارتی قطع شده

در مواردی که، در محل تلاقی کف و دیوار، عایق‌کاری حرارتی به صورت منقطع اجرا می‌گردد (مانند نمونه‌های شکل ۲۷)، ضریب انتقال حرارت خطی مربوط به اتصال کف را، با توجه به پارامترهایی، از جمله اختلاف ارتفاع کف‌سازی داخل و محوطه Z ، عرض عایق حرارتی L و مقاومت حرارتی آن R ، داده است.



شکل ۲۷ حالت‌های مختلف عایق‌کاری حرارتی کف روی خاک به صورت قطع شده در محل تلاقی دیوار و کف



شکل ۲۶ حالات مختلف اختلاف تراز کف داخلی و محوطه ساختمان

جدول ۸۰ ضرایب انتقال حرارت خطی در محل اتصال دیوار به کف روی خاک

Ψ به $[W/m.K]$	Z به متر
۰	کمتر از -۶۰۰
-۰٫۳۰	از -۶۰۰ تا -۴٫۰۵
-۰٫۴۰	از -۴۰۰ تا -۲٫۵۵
-۰٫۶۰	از -۲۵۰ تا -۱٫۸۵
-۰٫۸۰	از -۱۸۰ تا -۱٫۲۵
-۱٫۲۰	از -۱۲۰ تا -۰٫۷۵
-۱٫۲۰	از -۰٫۷۰ تا -۰٫۴۵
-۱٫۴۰	از -۰٫۴۰ تا -۰٫۲۵
-۱٫۷۵	از -۰٫۲۰ تا +۰٫۲۰
۲٫۱۰	از +۰٫۲۵ تا +۰٫۴۰
۲٫۳۵	از +۰٫۴۵ تا +۱٫۰۰
۲٫۵۵	از +۱٫۰۵ تا +۱٫۵۰

پ۱۱-۳-۱-۲ کف روی خاک با عایق حرارتی

برای کاهش انتقال حرارت از کف روی خاک، می‌توان در زیر تمام سطح کف، یا به صورت پیرامونی زیر کف، یا به صورت ادامه عایق حرارتی دیوار، عایق‌کاری حرارتی را اجرا کرد. در هر کدام از این حالات، بسته به نحوه عایق‌کاری در محل تلاقی کف و دیوار، سه حالت در نظر گرفته می‌شود: قطع شده، کاهش یافته و یکسره.

جدول ۸۱ ضریب انتقال حرارت خطی Ψ بر حسب $[W/m.K]$ در عایق کاری قطع شده

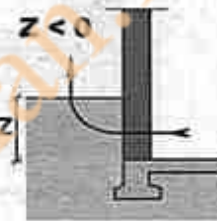
مقاومت حرارتی عایق $(m^2.K/W)$								عرض عایق (متر)	Z (متر)
۰.۲۰	۰.۴۰	۰.۶۰	۰.۸۰	۱.۰۵	۱.۵۵	۲.۰۵	۲.۱۰	تا ۰.۲۵	از ۰.۷۵ تا ۱.۲۰
۰.۲۵	۰.۵۵	۰.۷۵	۱.۰۰	۱.۵۰	۲.۰۰	۲.۱۰	۲.۱۵	تا ۰.۳۵	از ۰.۷۰ تا ۱.۱۵
۰.۳۵	۰.۹۵	۱.۲۵	۱.۵۰	۲.۰۰	۲.۱۵	۲.۲۵	۲.۳۰	تا ۰.۴۵	از ۰.۶۵ تا ۱.۱۰
۰.۴۵	۱.۱۵	۱.۴۵	۱.۷۵	۲.۲۵	۲.۳۵	۲.۴۵	۲.۵۰	تا ۰.۵۵	از ۰.۶۰ تا ۱.۰۵
۰.۵۵	۱.۲۵	۱.۵۵	۱.۸۵	۲.۳۵	۲.۴۵	۲.۵۵	۲.۶۰	تا ۰.۶۵	از ۰.۵۵ تا ۱.۰۰
۰.۶۵	۱.۳۵	۱.۶۵	۱.۹۵	۲.۴۵	۲.۵۵	۲.۶۵	۲.۷۰	تا ۰.۷۵	از ۰.۴۵ تا ۰.۹۵
۰.۷۵	۱.۴۵	۱.۷۵	۲.۰۵	۲.۵۵	۲.۶۵	۲.۷۵	۲.۸۰	تا ۰.۸۵	از ۰.۳۵ تا ۰.۸۵
۰.۸۵	۱.۵۵	۱.۸۵	۲.۱۵	۲.۶۵	۲.۷۵	۲.۸۵	۲.۹۰	تا ۰.۹۵	از ۰.۲۵ تا ۰.۷۵
۰.۹۵	۱.۶۵	۱.۹۵	۲.۲۵	۲.۷۵	۲.۸۵	۲.۹۵	۳.۰۰	تا ۱.۰۰	از ۰.۱۵ تا ۰.۶۵
۱.۰۵	۱.۷۵	۲.۰۵	۲.۳۵	۲.۸۵	۲.۹۵	۳.۰۵	۳.۱۰	تا ۱.۰۵	از ۰.۰۵ تا ۰.۵۵
۱.۱۵	۱.۸۵	۲.۱۵	۲.۴۵	۲.۹۵	۳.۰۵	۳.۱۵	۳.۲۰	تا ۱.۱۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۵۰
۱.۲۵	۱.۹۵	۲.۲۵	۲.۵۵	۳.۰۵	۳.۱۵	۳.۲۵	۳.۳۰	تا ۱.۱۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۴۵
۱.۳۵	۲.۰۵	۲.۳۵	۲.۶۵	۳.۱۵	۳.۲۵	۳.۳۵	۳.۴۰	تا ۱.۲۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۴۰
۱.۴۵	۲.۱۵	۲.۴۵	۲.۷۵	۳.۲۵	۳.۳۵	۳.۴۵	۳.۵۰	تا ۱.۲۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۳۵
۱.۵۵	۲.۲۵	۲.۵۵	۲.۸۵	۳.۳۵	۳.۴۵	۳.۵۵	۳.۶۰	تا ۱.۳۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۳۰
۱.۶۵	۲.۳۵	۲.۶۵	۲.۹۵	۳.۴۵	۳.۵۵	۳.۶۵	۳.۷۰	تا ۱.۳۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۲۵
۱.۷۵	۲.۴۵	۲.۷۵	۳.۰۵	۳.۵۵	۳.۶۵	۳.۷۵	۳.۸۰	تا ۱.۴۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۲۰
۱.۸۵	۲.۵۵	۲.۸۵	۳.۱۵	۳.۶۵	۳.۷۵	۳.۸۵	۳.۹۰	تا ۱.۴۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۱۵
۱.۹۵	۲.۶۵	۲.۹۵	۳.۲۵	۳.۷۵	۳.۸۵	۳.۹۵	۴.۰۰	تا ۱.۵۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۱۰
۲.۰۵	۲.۷۵	۳.۰۵	۳.۳۵	۳.۸۵	۳.۹۵	۴.۰۵	۴.۱۰	تا ۱.۵۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۵
۲.۱۵	۲.۸۵	۳.۱۵	۳.۴۵	۳.۹۵	۴.۰۵	۴.۱۵	۴.۲۰	تا ۱.۶۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۲۵	۲.۹۵	۳.۲۵	۳.۵۵	۴.۰۵	۴.۱۵	۴.۲۵	۴.۳۰	تا ۱.۶۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۳۵	۳.۰۵	۳.۳۵	۳.۶۵	۴.۱۵	۴.۲۵	۴.۳۵	۴.۴۰	تا ۱.۷۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۴۵	۳.۱۵	۳.۴۵	۳.۷۵	۴.۲۵	۴.۳۵	۴.۴۵	۴.۵۰	تا ۱.۷۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۵۵	۳.۲۵	۳.۵۵	۳.۸۵	۴.۳۵	۴.۴۵	۴.۵۵	۴.۶۰	تا ۱.۸۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۶۵	۳.۳۵	۳.۶۵	۳.۹۵	۴.۴۵	۴.۵۵	۴.۶۵	۴.۷۰	تا ۱.۸۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۷۵	۳.۴۵	۳.۷۵	۴.۰۵	۴.۵۵	۴.۶۵	۴.۷۵	۴.۸۰	تا ۱.۹۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۸۵	۳.۵۵	۳.۸۵	۴.۱۵	۴.۶۵	۴.۷۵	۴.۸۵	۴.۹۰	تا ۱.۹۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۲.۹۵	۳.۶۵	۳.۹۵	۴.۲۵	۴.۷۵	۴.۸۵	۴.۹۵	۵.۰۰	تا ۲.۰۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۰۵	۳.۷۵	۴.۰۵	۴.۳۵	۴.۸۵	۴.۹۵	۵.۰۵	۵.۱۰	تا ۲.۰۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۱۵	۳.۸۵	۴.۱۵	۴.۴۵	۴.۹۵	۵.۰۵	۵.۱۵	۵.۲۰	تا ۲.۱۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۲۵	۳.۹۵	۴.۲۵	۴.۵۵	۵.۰۵	۵.۱۵	۵.۲۵	۵.۳۰	تا ۲.۱۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۳۵	۴.۰۵	۴.۳۵	۴.۶۵	۵.۱۵	۵.۲۵	۵.۳۵	۵.۴۰	تا ۲.۲۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۴۵	۴.۱۵	۴.۴۵	۴.۷۵	۵.۲۵	۵.۳۵	۵.۴۵	۵.۵۰	تا ۲.۲۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۵۵	۴.۲۵	۴.۵۵	۴.۸۵	۵.۳۵	۵.۴۵	۵.۵۵	۵.۶۰	تا ۲.۳۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۶۵	۴.۳۵	۴.۶۵	۴.۹۵	۵.۴۵	۵.۵۵	۵.۶۵	۵.۷۰	تا ۲.۳۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۷۵	۴.۴۵	۴.۷۵	۵.۰۵	۵.۵۵	۵.۶۵	۵.۷۵	۵.۸۰	تا ۲.۴۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۸۵	۴.۵۵	۴.۸۵	۵.۱۵	۵.۶۵	۵.۷۵	۵.۸۵	۵.۹۰	تا ۲.۴۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۳.۹۵	۴.۶۵	۴.۹۵	۵.۲۵	۵.۷۵	۵.۸۵	۵.۹۵	۶.۰۰	تا ۲.۵۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۰۵	۴.۷۵	۵.۰۵	۵.۳۵	۵.۸۵	۵.۹۵	۶.۰۵	۶.۱۰	تا ۲.۵۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۱۵	۴.۸۵	۵.۱۵	۵.۴۵	۵.۹۵	۶.۰۵	۶.۱۵	۶.۲۰	تا ۲.۶۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۲۵	۴.۹۵	۵.۲۵	۵.۵۵	۶.۰۵	۶.۱۵	۶.۲۵	۶.۳۰	تا ۲.۶۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۳۵	۵.۰۵	۵.۳۵	۵.۶۵	۶.۱۵	۶.۲۵	۶.۳۵	۶.۴۰	تا ۲.۷۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۴۵	۵.۱۵	۵.۴۵	۵.۷۵	۶.۲۵	۶.۳۵	۶.۴۵	۶.۵۰	تا ۲.۷۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۵۵	۵.۲۵	۵.۵۵	۵.۸۵	۶.۳۵	۶.۴۵	۶.۵۵	۶.۶۰	تا ۲.۸۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۶۵	۵.۳۵	۵.۶۵	۵.۹۵	۶.۴۵	۶.۵۵	۶.۶۵	۶.۷۰	تا ۲.۸۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۷۵	۵.۴۵	۵.۷۵	۶.۰۵	۶.۵۵	۶.۶۵	۶.۷۵	۶.۸۰	تا ۲.۹۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۸۵	۵.۵۵	۵.۸۵	۶.۱۵	۶.۶۵	۶.۷۵	۶.۸۵	۶.۹۰	تا ۲.۹۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۴.۹۵	۵.۶۵	۵.۹۵	۶.۲۵	۶.۷۵	۶.۸۵	۶.۹۵	۷.۰۰	تا ۳.۰۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۰۵	۵.۷۵	۶.۰۵	۶.۳۵	۶.۸۵	۶.۹۵	۷.۰۵	۷.۱۰	تا ۳.۰۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۱۵	۵.۸۵	۶.۱۵	۶.۴۵	۶.۹۵	۷.۰۵	۷.۱۵	۷.۲۰	تا ۳.۱۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۲۵	۵.۹۵	۶.۲۵	۶.۵۵	۷.۰۵	۷.۱۵	۷.۲۵	۷.۳۰	تا ۳.۱۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۳۵	۶.۰۵	۶.۳۵	۶.۶۵	۷.۱۵	۷.۲۵	۷.۳۵	۷.۴۰	تا ۳.۲۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۴۵	۶.۱۵	۶.۴۵	۶.۷۵	۷.۲۵	۷.۳۵	۷.۴۵	۷.۵۰	تا ۳.۲۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۵۵	۶.۲۵	۶.۵۵	۶.۸۵	۷.۳۵	۷.۴۵	۷.۵۵	۷.۶۰	تا ۳.۳۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۶۵	۶.۳۵	۶.۶۵	۶.۹۵	۷.۴۵	۷.۵۵	۷.۶۵	۷.۷۰	تا ۳.۳۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۷۵	۶.۴۵	۶.۷۵	۷.۰۵	۷.۵۵	۷.۶۵	۷.۷۵	۷.۸۰	تا ۳.۴۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۸۵	۶.۵۵	۶.۸۵	۷.۱۵	۷.۶۵	۷.۷۵	۷.۸۵	۷.۹۰	تا ۳.۴۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۵.۹۵	۶.۶۵	۶.۹۵	۷.۲۵	۷.۷۵	۷.۸۵	۷.۹۵	۸.۰۰	تا ۳.۵۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۰۵	۶.۷۵	۷.۰۵	۷.۳۵	۷.۸۵	۷.۹۵	۸.۰۵	۸.۱۰	تا ۳.۵۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۱۵	۶.۸۵	۷.۱۵	۷.۴۵	۷.۹۵	۸.۰۵	۸.۱۵	۸.۲۰	تا ۳.۶۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۲۵	۶.۹۵	۷.۲۵	۷.۵۵	۸.۰۵	۸.۱۵	۸.۲۵	۸.۳۰	تا ۳.۶۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۳۵	۷.۰۵	۷.۳۵	۷.۶۵	۸.۱۵	۸.۲۵	۸.۳۵	۸.۴۰	تا ۳.۷۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۴۵	۷.۱۵	۷.۴۵	۷.۷۵	۸.۲۵	۸.۳۵	۸.۴۵	۸.۵۰	تا ۳.۷۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۵۵	۷.۲۵	۷.۵۵	۷.۸۵	۸.۳۵	۸.۴۵	۸.۵۵	۸.۶۰	تا ۳.۸۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۶۵	۷.۳۵	۷.۶۵	۷.۹۵	۸.۴۵	۸.۵۵	۸.۶۵	۸.۷۰	تا ۳.۸۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۷۵	۷.۴۵	۷.۷۵	۸.۰۵	۸.۵۵	۸.۶۵	۸.۷۵	۸.۸۰	تا ۳.۹۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۸۵	۷.۵۵	۷.۸۵	۸.۱۵	۸.۶۵	۸.۷۵	۸.۸۵	۸.۹۰	تا ۳.۹۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۶.۹۵	۷.۶۵	۷.۹۵	۸.۲۵	۸.۷۵	۸.۸۵	۸.۹۵	۹.۰۰	تا ۴.۰۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۰۵	۷.۷۵	۸.۰۵	۸.۳۵	۸.۸۵	۸.۹۵	۹.۰۵	۹.۱۰	تا ۴.۰۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۱۵	۷.۸۵	۸.۱۵	۸.۴۵	۸.۹۵	۹.۰۵	۹.۱۵	۹.۲۰	تا ۴.۱۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۲۵	۷.۹۵	۸.۲۵	۸.۵۵	۹.۰۵	۹.۱۵	۹.۲۵	۹.۳۰	تا ۴.۱۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۳۵	۸.۰۵	۸.۳۵	۸.۶۵	۹.۱۵	۹.۲۵	۹.۳۵	۹.۴۰	تا ۴.۲۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۴۵	۸.۱۵	۸.۴۵	۸.۷۵	۹.۲۵	۹.۳۵	۹.۴۵	۹.۵۰	تا ۴.۲۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۵۵	۸.۲۵	۸.۵۵	۸.۸۵	۹.۳۵	۹.۴۵	۹.۵۵	۹.۶۰	تا ۴.۳۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۶۵	۸.۳۵	۸.۶۵	۸.۹۵	۹.۴۵	۹.۵۵	۹.۶۵	۹.۷۰	تا ۴.۳۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۷۵	۸.۴۵	۸.۷۵	۹.۰۵	۹.۵۵	۹.۶۵	۹.۷۵	۹.۸۰	تا ۴.۴۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۸۵	۸.۵۵	۸.۸۵	۹.۱۵	۹.۶۵	۹.۷۵	۹.۸۵	۹.۹۰	تا ۴.۴۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۷.۹۵	۸.۶۵	۸.۹۵	۹.۲۵	۹.۷۵	۹.۸۵	۹.۹۵	۱۰.۰۰	تا ۴.۵۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۰۵	۸.۷۵	۹.۰۵	۹.۳۵	۹.۸۵	۹.۹۵	۱۰.۰۵	۱۰.۱۰	تا ۴.۵۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۱۵	۸.۸۵	۹.۱۵	۹.۴۵	۹.۹۵	۱۰.۰۵	۱۰.۱۵	۱۰.۲۰	تا ۴.۶۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۲۵	۸.۹۵	۹.۲۵	۹.۵۵	۱۰.۰۵	۱۰.۱۵	۱۰.۲۵	۱۰.۳۰	تا ۴.۶۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۳۵	۹.۰۵	۹.۳۵	۹.۶۵	۱۰.۱۵	۱۰.۲۵	۱۰.۳۵	۱۰.۴۰	تا ۴.۷۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۴۵	۹.۱۵	۹.۴۵	۹.۷۵	۱۰.۲۵	۱۰.۳۵	۱۰.۴۵	۱۰.۵۰	تا ۴.۷۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۵۵	۹.۲۵	۹.۵۵	۹.۸۵	۱۰.۳۵	۱۰.۴۵	۱۰.۵۵	۱۰.۶۰	تا ۴.۸۰	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۶۵	۹.۳۵	۹.۶۵	۹.۹۵	۱۰.۴۵	۱۰.۵۵	۱۰.۶۵	۱۰.۷۰	تا ۴.۸۵	از ۰.۰۰ تا ۰.۰۰
۸.۷۵	۹.۴۵	۹.۷۵	۱۰.۰۵</						

جدول ۸۳ مقادیر کاهش Ψ در حالت عایق حرارتی یک‌سره $[W/m.K]$

$R [m^2.K/W]$	0.20 تا 0.55	0.60 تا 1.00	1.05 تا 3.00
$Z [m]$	کمتر از یا مساوی با 0.45	.	.
بین 0.40 و 0.25	0.05	0.10	0.10
بیشتر از یا مساوی با 0.20	0.15	0.20	0.25

پ ۱۱-۳-۲ دیوارهای مجاور خاک

ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ دیوار مجاور خاک، بسته به عمق زیرزمین و ضریب انتقال حرارت سطحی دیوار، با استفاده از جدول ۸۴ تعیین می‌گردد.



شکل ۲۰ انتقال حرارت از دیوار مجاور خاک

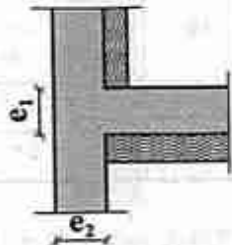
 جدول ۸۴ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ دیوارهای مجاور خاک $[W/(m.K)]$

$Z [m]$	ضرایب انتقال حرارت سطحی دیوار $[W/(m^2.K)]$									
	0.40	0.50	0.65	0.80	1.00	1.20	1.50	1.80	2.20	2.60
تا 0.49	0.49	0.64	0.79	0.99	1.19	1.49	1.79	2.19	2.59	3.09
کمتر از 0.00	1.40	1.65	1.85	2.05	2.25	2.45	2.65	2.80	3.00	3.40
از 0.00 تا 0.50	1.30	1.50	1.70	1.90	2.05	2.25	2.45	2.65	2.85	3.20
از 0.50 تا 1.00	1.15	1.35	1.50	1.65	1.90	2.05	2.25	2.45	2.65	3.00
از 1.00 تا 2.00	1.00	1.15	1.30	1.45	1.65	1.85	2.00	2.20	2.35	2.70
از 2.00 تا 3.00	0.85	1.00	1.15	1.30	1.45	1.65	1.80	2.00	2.15	2.50
از 3.00 تا 4.00	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.45	1.65	1.80	1.95	2.30
از 4.00 تا 5.00	0.60	0.70	0.85	1.00	1.10	1.25	1.40	1.55	1.75	2.05
از 5.00 تا 10.00	0.45	0.55	0.65	0.75	0.90	1.00	1.15	1.30	1.45	1.75
از 10.00 تا 20.00	0.35	0.40	0.50	0.60	0.65	0.80	0.90	1.05	1.15	1.40
از 20.00 تا 30.00	0.20	0.30	0.35	0.40	0.50	0.55	0.65	0.75	0.85	1.10
از 30.00 تا 40.00	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.55	0.70
از 40.00 تا 50.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

پ ۱۱-۳-۳ اتصالات متداول کف‌های مجاور خارج یا فضای کنترل نشده

اتصال کف با عایق از خارج با دیوار بتنی دارای عایق از داخل

ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار بتنی با عایق از داخل به کف با عایق از خارج بستگی به ضخامت کف e_1 و ضخامت دیوار e_2 دارد و با مقادیر جدول ۸۵ تعیین می‌گردد.



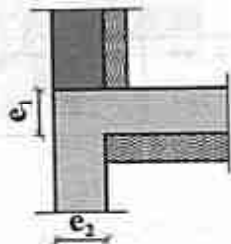
شکل ۳۱ اتصال دیوار بتنی با عایق از داخل به کف با عایق از خارج

جدول ۸۵ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار بتنی با عایق از داخل به کف زیرین با عایق از خارج $[W/(m.K)]$

$e_1 (cm)$	150	175	200	225	250	275	300
$e_2 (cm)$	تا 19	تا 24	تا 28	تا 31	تا 34	تا 36	تا 39
تا 20	0.22	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34	0.36

اتصال کف با عایق از خارج با دیوار بنایی دارای عایق از داخل

ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار بتنی با عایق از داخل به کف با عایق از خارج بستگی به ضخامت کف e_1 و ضخامت دیوار e_2 دارد و با مقادیر جدول ۸۶ تعیین می‌گردد.



شکل ۳۲ اتصال دیوار بنایی با عایق از داخل به کف با عایق از خارج

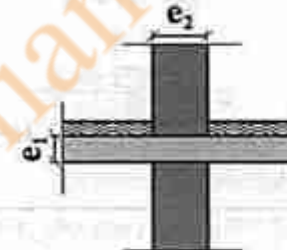
جدول ۸۶ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار بنایی با عایق از داخل به کف زیرین با

عایق از خارج $[W/(m.K)]$

e_1 (cm)	e_2 (cm)					
	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۱۵ تا ۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۲۸	۰.۳۱	۰.۳۶
۲۰ تا ۲۵	۰.۱۹	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۸	۰.۳۱

اتصال کف با عایق از داخل با دیوار داخلی

ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار بتنی داخلی به کف با عایق از داخل به ضخامت کف e_1 و ضخامت دیوار e_2 بستگی دارد و با مقادیر جدول ۸۷ تعیین می‌گردد.



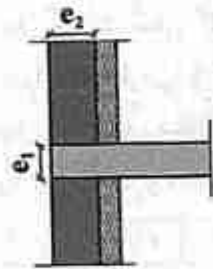
شکل ۳۳ اتصال دیوار داخلی به کف با عایق از داخل

جدول ۸۷ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار داخلی به کف زیرین با عایق از داخل $[W/(m.K)]$

e_1 (cm)	e_2 (cm)					
	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
۱۵ تا ۱۹	۰.۲۴	۰.۲۸	۰.۳۲	۰.۳۵	۰.۳۸	۰.۴۲
۲۰ تا ۲۵	۰.۲۲	۰.۲۶	۰.۳۰	۰.۳۴	۰.۳۸	۰.۴۲

پ ۱۱-۳-۴ اتصالات متداول سقف‌های میانی

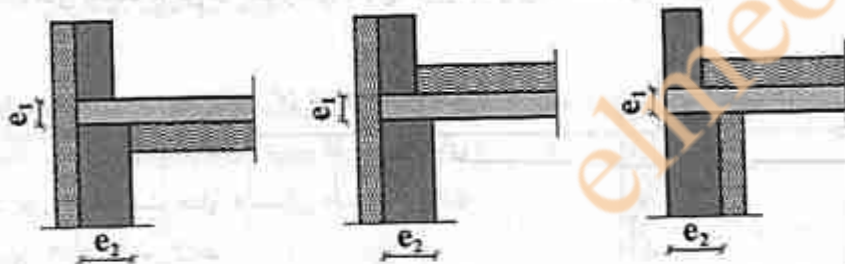
ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال سقف‌های بین طبقات به دیوارهای خارجی با عایق از داخل به ضخامت سقف e_1 و ضخامت دیوار e_2 بستگی دارد و با مقادیر جدول ۸۷ تعیین می‌گردد.



شکل ۳۴ اتصال دیوار با عایق حرارتی از داخل به سقف بین طبقات

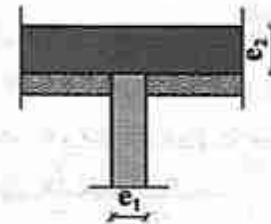
پ ۱۱-۳-۵ اتصالات متداول بام‌ها و دیوار

ضرایب انتقال حرارت خطی اتصال بام‌های تخت و دیوار، چنانچه عایق حرارتی دیوار و بام به یکدیگر متصل نگردد (مانند حالات مشخص شده در شکل ۳۵)، بسته به ضخامت سقف e_1 و ضخامت دیوار e_2 ، با مقادیر جدول ۸۷ تعیین می‌گردد. در صورتی که دیوار و سقف از داخل و به صورت یکپارچه عایق‌کاری حرارتی گردد، در محل اتصال بام و دیوار، پل حرارتی وجود نخواهد داشت.



شکل ۳۵ برخی حالت‌های عایق‌کاری حرارتی دیوار و بام که موجب ایجاد پل حرارتی می‌شوند

پ ۱۱-۳-۶ اتصال دیوارهای داخلی و خارجی



ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوارهای داخلی و دیوارهای خارجی با عایق از داخل به ضخامت دیوار داخلی e_1 و ضخامت دیوار خارجی e_2 بستگی دارد. این ضرایب با مقادیر جدول ۸۸ تعیین می‌گردد.

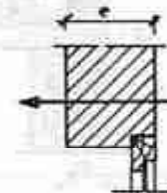
شکل ۳۶ اتصال دیوار خارجی با عایق حرارتی از داخل به دیوار (تیغه) داخلی

 جدول ۸۸ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال دیوار داخلی به دیوار خارجی با عایق از داخل $[W/(m.K)]$

e_1 (cm) / e_2 (cm)		۱۰۰	۱۲٫۵	۱۵٫۰	۱۷٫۵	۲۰٫۰	۲۲٫۵	۲۵٫۰
۱۵ تا ۱۹	۰٫۳۰	۰٫۲۴	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۳۶	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۴۲
	۰٫۱۹	۰٫۲۳	۰٫۲۷	۰٫۳۰	۰٫۳۴	۰٫۳۷	۰٫۴۰	۰٫۴۰

پ ۱۱-۳-۷ اتصالات بین بازشوها و جدارهای غیر نورگذر

بازشوهای همباد داخل در دیوارهای بدون عایق حرارتی یا با عایق همگن



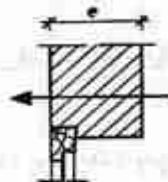
ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال بازشوهای همباد داخل به جدارهای غیرنورگذر (دیوارهای خارجی) به ضخامت جدار e بستگی دارد و با مقادیر جدول ۸۹ تعیین می‌گردد.

شکل ۳۷ اتصال بازشو همباد داخل به جدار غیرنورگذر (دیوار خارجی)

 جدول ۸۹ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال بازشوها به جدارهای خارجی غیرنورگذر $[W/(m.K)]$

e (cm)		۰٫۶۰	۰٫۸۵	۱٫۱۰	۱٫۳۵	۱٫۶۰	۱٫۸۵	۲٫۱۰
۲۰ تا ۲۴	۰٫۰۷	۰٫۰۸	۰٫۱۰	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۱۳
	۰٫۰۸	۰٫۱۰	۰٫۱۲	۰٫۱۳	۰٫۱۴	۰٫۱۴	۰٫۱۵	۰٫۱۶
۲۵ تا ۲۹	۰٫۰۹	۰٫۱۲	۰٫۱۴	۰٫۱۶	۰٫۱۷	۰٫۱۷	۰٫۱۸	۰٫۱۹
	۰٫۱۰	۰٫۱۴	۰٫۱۶	۰٫۱۸	۰٫۱۹	۰٫۲۰	۰٫۲۰	۰٫۲۱

بازشوهای همباد خارج در دیوارهای بدون عایق یا با عایق همگن



ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال بازشوهای همباد خارج به جدارهای غیرنورگذر (دیوارهای خارجی) به ضخامت جدار e بستگی دارد و با مقادیر جدول ۹۰ تعیین می‌گردد.

شکل ۳۸ اتصال بازشو همباد با عایق

حرارتی (از داخل) دیوار خارجی به جدار

غیرنورگذر (دیوار خارجی)

 جدول ۹۰ ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال بازشوها به جدارهای خارجی غیرنورگذر $[W/(m.K)]$

e (cm)		۰٫۶۰	۰٫۸۵	۱٫۱۰	۱٫۳۵	۱٫۶۰	۱٫۸۵	۲٫۱۰
۲۰ تا ۲۴	۰٫۱۰	۰٫۱۳	۰٫۱۵	۰٫۱۷	۰٫۱۸	۰٫۱۹	۰٫۲۰	۰٫۲۰
	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۹	۰٫۲۰	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۴	۰٫۲۴
۲۵ تا ۲۹	۰٫۱۵	۰٫۱۹	۰٫۲۲	۰٫۲۴	۰٫۲۶	۰٫۲۸	۰٫۲۹	۰٫۲۹
	۰٫۱۷	۰٫۲۲	۰٫۲۵	۰٫۲۸	۰٫۳۰	۰٫۳۲	۰٫۳۳	۰٫۳۳

پ ۱۲-۱ اطلاعات مورد نیاز

در این بخش یک ساختمان نمونه طبق روش کارکردی محاسبه می گردد. این ساختمان شامل ۲ طبقه می باشد و غرض می شود هیچ ساختمانی در همسایگی آن وجود ندارد.

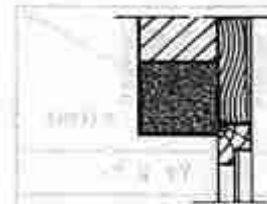
در شکل های زیر، نقشه های ساختمان شامل پلان طبقات، مقطع، و نماها نشان داده شده است.

جزئیات اجرایی مربوط به لایه های مختلف پوسته خارجی در کنار جداول مربوط به محاسبات ضرایب انتقال حرارت عناصر ساختمان آورده شده است.



شکل ۴۰ نقشه طبقه همکف

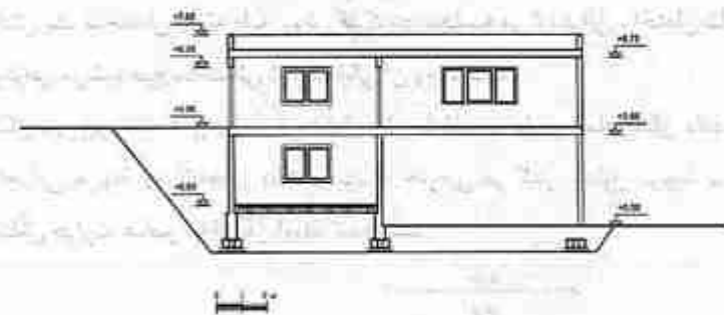
ضرایب انتقال حرارت خطی Ψ اتصال بازشوهای همباد با عایق حرارتی دیوار خارجی (به ضخامت جدار δ) برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.



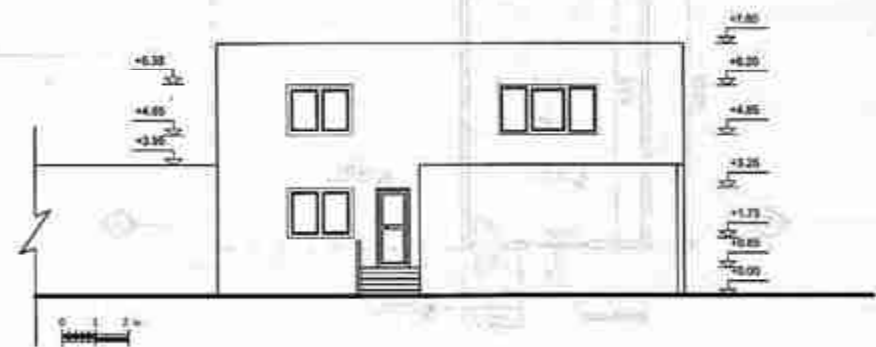
شکل ۳۹ اتصال باز شو همباد با عایق
حرارتی (از داخل) دیوار خارجی به جدار
غیر نفوذی (دیوار خارجی)



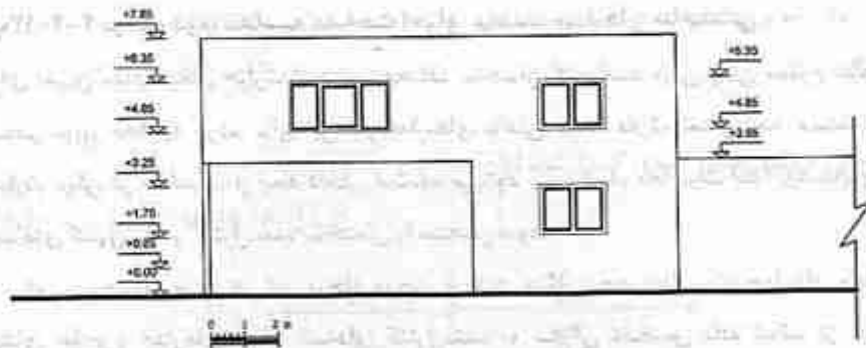
شکل ۴۱ نقشه طبقه اول



شکل ۴۲ مقطع A-A



شکل ۴۳ نمای جنوبی



شکل ۴۴ نمای شمالی

پ ۱۲-۲ مراحل انجام محاسبات به روش کارکردی

برای انجام محاسبات به روش کارکردی، مراحل زیر باید به ترتیب انجام شود.

پ ۱۲-۲-۱ مرحله اول: تعیین گروه‌بندی ساختمان

مطابق بند ۱۹-۳-۱ اولین قدم در محاسبه حرارتی یک ساختمان به منظور تطبیق آن با مبحث ۱۹ مقررات ملی، تعیین گروه‌بندی آن است. برای این کار با استفاده از پیوست ۳ مبحث ۱۹ ابتدا نیاز حرارتی منطقه استقرار ساختمان مشخص می‌شود. چون ساختمان موردنظر در تهران واقع شده است، لذا نیاز انرژی آن متوسط است. طبق پیوست ۴ مبحث ۱۹ چون ساختمان مسکونی است، کاربری آن در گروه الف قرار دارد. براساس پیوست ۵ مبحث ۱۹، و با توجه به کاربری نوع الف، نیاز انرژی متوسط، استقرار در شهر بزرگ، و بالاخره زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع، ساختمان جزو گروه ۲ خواهد بود.

از آنجایی که ساختمان موردنظر با کاربری مسکونی و زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع در تهران واقع شده است:

- | | | |
|-----------------------|---|------------------|
| مطابق پیوست ۳ مبحث ۱۹ | ← | نیاز انرژی متوسط |
| مطابق پیوست ۴ مبحث ۱۹ | ← | گروه الف |
| مطابق پیوست ۵ مبحث ۱۹ | ← | گروه ۲ |

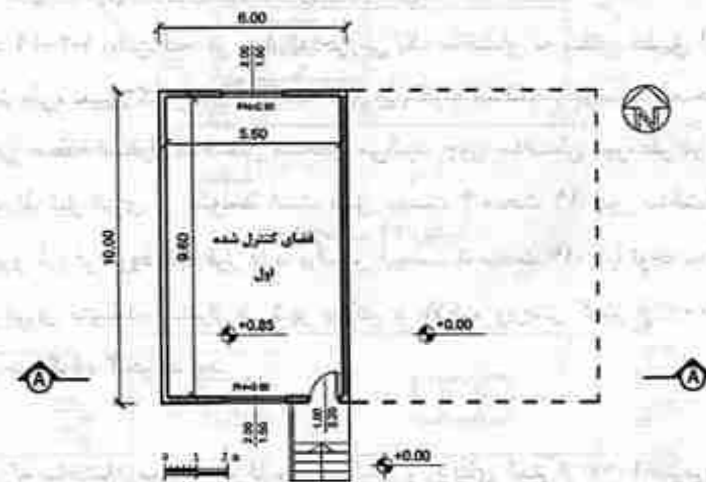
پ ۱۲-۲-۲ مرحله دوم: محاسبه مساحت اجزای مختلف جدارهای ساختمانی

برای تعیین مقدار انتقال حرارت از عناصر مختلف ساختمان لازم است پیش از آن سطوح خالص عناصر مزبور محاسبه گردد. برای این کار اندازه‌های داخلی فضاها ملاک تعیین ابعاد هستند. به عبارت دیگر، در محاسبات از ابعاد داخلی استفاده می‌شود. برای انجام محاسبات ابتدا باید محدوده فضاهای کنترل شده و کنترل نشده ساختمان را مشخص نمود.

تعیین محدوده مزبور در این مرحله موجب می‌شود هنگام انجام محاسبات، جدارهای مجاور فضای خارج و جدارهای مجاور فضاهای کنترل نشده به سادگی تشخیص داده شوند. در ادامه سطوح خالص عناصر مختلف ساختمان نمونه محاسبه شده است.

پ ۱۲-۲-۲-۱ دیوارهای خارجی

در ساختمان نمونه، برای انجام محاسبات، ضخامت تمامی دیوارها ۲۰ سانتی‌متر و ضخامت سقف و بام نهایی، ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است.



شکل ۴۵ دیوارهای مجاور فضای خارج در طبقه همکف

- دیوار شمالی مجاور فضای کنترل شده اول:

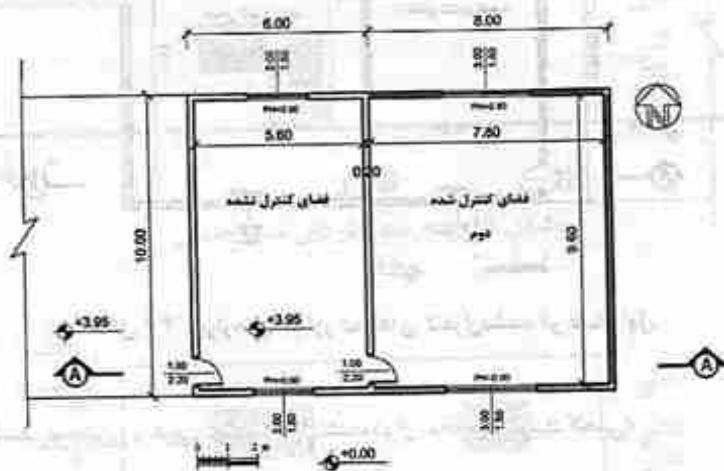
$$(5.60 \times 2.80) - (2.00 \times 1.50) = 12.68 [m^2]$$

- دیوار جنوبی، مجاور فضای کنترل شده اول:

$$[(1.00 \times 2.20) + (2.00 \times 1.50)] = 5.40 [m^2]$$

- دیوار شرقی، مجاور فضای کنترل شده اول:

$$(9.60 \times 2.80) = 26.88 [m^2]$$



شکل ۴۶ دیوارهای مجاور فضای خارج در طبقه اول

- دیوار شمالی، مجاور فضای کنترل شده دوم:

$$(7.80 \times 2.80) - (2.00 \times 1.50) = 19.34 [m^2]$$

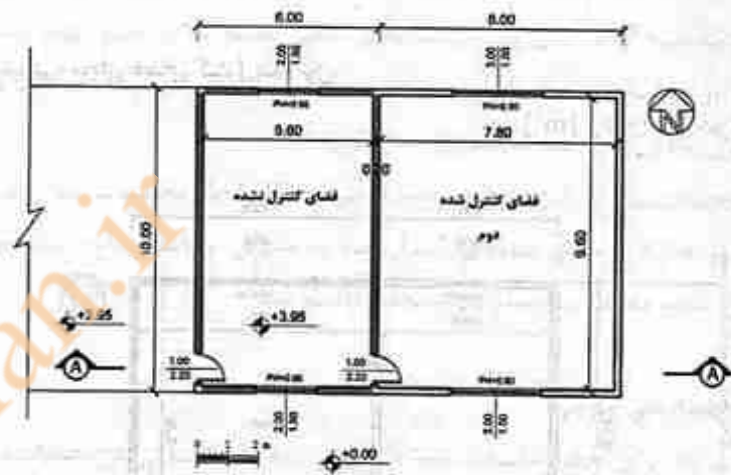
- دیوار جنوبی، مجاور فضای کنترل شده دوم:

$$(7.80 \times 2.80) - (2.00 \times 1.50) = 19.34 [m^2]$$

- دیوار شرقی، مجاور فضای کنترل شده دوم:

$$(9.60 \times 2.80) = 26.88 [m^2]$$

پ-۱۲-۲-۲ دیوارهای مجاور فضای کنترل نشده



شکل ۴۷ دیوارهای مجاور فضاهای کنترل نشده در طبقه اول

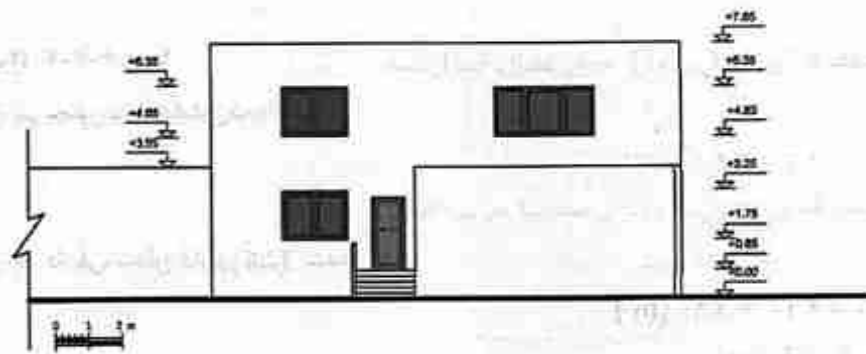
- دیوار شمالی و جنوبی و غربی فضای کنترل نشده، (برای محاسبه ضریب کاهش):

$$2 \times [(5.60 \times 2.80) - (2.00 \times 1.50)] + [(9.60 \times 2.80) - (1.00 \times 2.20)] = 50.04 \text{ [m}^2\text{]}$$

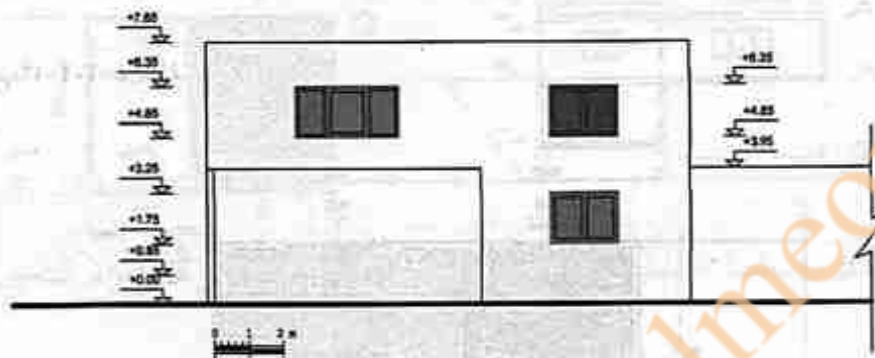
- دیوار داخلی مجاور فضای کنترل شده دوم و فضای کنترل نشده:

$$[(9.60 \times 2.80) - (1.00 \times 2.20)] = 24.68 \text{ [m}^2\text{]}$$

پ-۱۲-۲-۳ پنجره‌ها



شکل ۴۸ پنجره‌ها و درهای نمای جنوبی



شکل ۴۹ پنجره‌ها و درهای نمای شمالی

- پنجره‌های شمالی، مجاور فضای کنترل شده اول و دوم:

$$(2.00 \times 1.50) + (3.00 \times 1.50) = 7.50 \text{ [m}^2\text{]}$$

- پنجره‌های جنوبی، مجاور فضای کنترل شده اول و دوم:

$$(2.00 \times 1.50) + (3.00 \times 1.50) = 7.50 \text{ [m}^2\text{]}$$

- پنجره شمالی و جنوبی، مجاور فضای کنترل نشده (برای محاسبه ضریب کاهش):
 $(2.00 \times 1.50) \times 2 = 6.00 \text{ [m}^2\text{]}$

پ ۱۲-۲-۲-۴ درها

- در مجاور فضای کنترل شده اول:

$$1.00 \times 2.20 = 2.20 \text{ [m}^2\text{]}$$

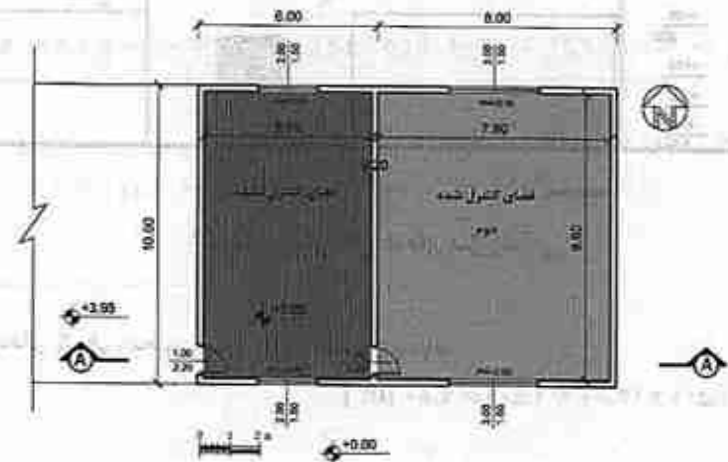
- در داخلی، مجاور فضای کنترل نشده:

$$1.00 \times 2.20 = 2.20 \text{ [m}^2\text{]}$$

- در مجاور فضای کنترل نشده (برای محاسبه ضریب کاهش):

$$1.00 \times 2.20 = 2.20 \text{ [m}^2\text{]}$$

پ ۱۲-۲-۲-۵ سقف



شکل ۵۰ سطح بام فضاهای کنترل شده دوم و فضای کنترل نشده

- سقف فضای کنترل شده دوم مجاور خارج:

$$7.80 \times 9.60 = 74.88 \text{ [m}^2\text{]}$$

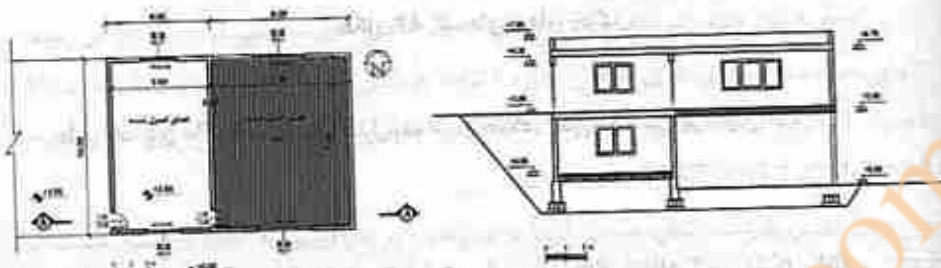
- سقف فضای کنترل شده اول مجاور فضای کنترل نشده

$$5.60 \times 9.60 = 53.76 \text{ [m}^2\text{]}$$

- سقف فضای کنترل نشده (برای محاسبه ضریب کاهش):

$$5.60 \times 9.60 = 53.76 \text{ [m}^2\text{]}$$

پ ۱۲-۲-۲-۶ کفها



شکل ۵۱ موقعیت کف مجاور هوا در مقطع

شکل ۵۲ موقعیت کف مجاور هوا در طبقه اول

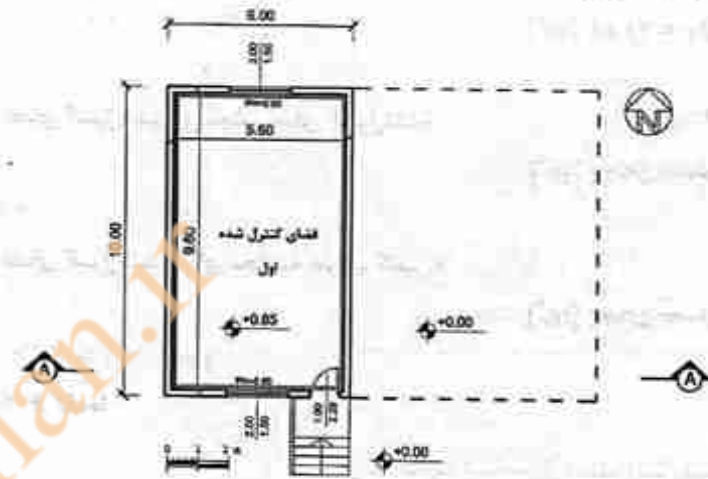
- کف فضای کنترل شده دوم مجاور هوای خارج:

$$7.80 \times 9.60 = 74.88 \text{ [m}^2\text{]}$$

پ ۱۲-۲-۳ مرحله سوم: محاسبه طول پل های حرارتی پوسته خارجی

مقادیر پل های حرارتی شامل موارد زیر است که برای ساختمان نمونه مورد محاسبه قرار می گیرد:

پ ۱۲-۲-۳-۱ کف مجاور خاک



شکل ۵۳ کف‌های مجاور خاک

- طول کف روی خاک مجاور فضای کنترل شده اول، با اختلاف ارتفاع ۸۵ سانتی‌متر (شکل ۵۳):

$$۵.۶۰ + ۹.۶۰ + ۵.۶۰ = ۲۰.۸۰ [m]$$

- طول کف روی خاک مجاور فضای کنترل شده اول، با اختلاف ارتفاع ۳ متر (شکل ۵۳):

$$۹.۶۰ [m]$$

پ ۱۲-۲-۳-۲ دیوار مجاور خاک

- طول دیوار مجاور خاک

$$۹.۶۰ [m]$$

پ ۱۲-۲-۴ مرحله چهارم: محاسبه ضرایب انتقال حرارت اجزای پوسته

در این مرحله، ضرایب انتقال حرارت عناصر ساختمان که در انتقال حرارت نقش دارند محاسبه می‌شوند. برای محاسبه ضرایب مزبور، لازم است جزئیات اجرایی هر عنصر ساختمان، شامل ضخامت و ضریب هدایت حرارت هر لایه، مشخص گردد. سپس، مقاومت حرارتی هر لایه از عنصر

حساب می‌شود، و در انتها، ضریب انتقال حرارت عنصر تعیین می‌گردد. محاسبات ضرایب انتقال حرارت اجزای ساختمان نمونه در ادامه آمده است.

هر جدول دارای ۴ ستون است. در ستون اول لایه‌های تشکیل دهنده عنصر ساختمانی ذکر شده‌اند. بهتر است نام لایه‌ها به ترتیب از داخل به خارج، یا از خارج به داخل نوشته شوند. در ستون دوم ضخامت لایه مربوطه بر حسب متر ذکر می‌شود. در ستون سوم ضریب هدایت حرارت ماده ساختمانی نشان داده شده است. مقادیر مربوط به ضریب هدایت حرارتی از پیوست ۷ مبحث ۱۹ استخراج گردیده است. مقاومت حرارتی هر لایه در ستون چهارم نوشته می‌شود، که برای محاسبه آن مقدار d بر مقدار λ تقسیم می‌شود. همان‌طور که در جدول ۹۱ تا جدول ۹۳ ملاحظه می‌شود، برای سقف تیرچه‌بلوک یا بلوک سفالی، مقدار مقاومت حرارتی مستقیماً نوشته شده است. این مقدار از پیوست ۸ مبحث ۱۹، با توجه به مشخصات سقف مورد نظر از نظر فاصله تیرچه‌ها، ابعاد بلوک‌ها، و مقدار بتن روی آنها تعیین می‌شود.

با توجه به این نکته که هدف نهایی تعیین ضریب انتقال حرارت یعنی U است، لذا در ردیف انتهایی، مقاومت لایه‌های هوای طرفین جدار، با توجه به شکل استقرار آن، از پیوست ۸ مبحث ۱۹ (جدول ۴۵ این راهنما) استخراج می‌شود. در پایان، با معکوس نمودن حاصل جمع کلیه اعداد ستون آخر جدول، ضریب انتقال حرارت عنصر به دست می‌آید.

برای تعیین ضرایب انتقال حرارت درها و جدارهای نورگذر نیازی به انجام محاسبه نیست، و این ضرایب با استفاده از جداول مندرج در پیوست ۹ مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌گردند. هم‌چنین ضرایب انتقال حرارت خطی کف روی خاک و پله‌های حرارتی، با استفاده از پیوست ۱۱ مبحث ۱۹ تعیین می‌گردند.

جدول ۹۱ محاسبه ضریب انتقال حرارت سقف تیرچه بلوک سفالی، مجاور فضای خارج

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
آسفالت	۰.۰۳	۱.۱۵	۰.۰۲۶
غایق رطوبتی	۰.۰۱	۰.۲۳	۰.۰۴۳
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
پوکه ریزی	۰.۰۵	۰.۲۵	۰.۲۰۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
اندود گچ	۰.۰۲	۰.۵۷	۰.۰۳۵
لایه های هوا	—	—	۰.۱۴۰
$R_T = ۰.۷۲۴$			
$U = ۱.۳۸$			

جدول ۹۲ محاسبه ضریب انتقال حرارت سقف تیرچه بلوک سفالی، مجاور فضای کنترل نشده

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
موزاییک	۰.۰۲	۱.۶۵	۰.۰۱۲
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
اندود سیمان	۰.۰۳	۱.۰۰	۰.۰۳۰
لایه های هوا	—	—	۰.۱۸۰
$R_T = ۰.۵۰۲$			
$U = ۱.۹۹$			

جدول ۹۳ محاسبه ضریب انتقال حرارت کف تیرچه و بلوک سفالی، مجاور فضای خارج

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
موزاییک	۰.۰۲	۱.۶۵	۰.۰۱۲
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
اندود سیمان	۰.۰۳	۱.۰۰	۰.۰۳۰
لایه های هوا	—	—	۰.۲۲۰
$R_T = ۰.۵۴۲$			
$U = ۱.۸۵$			

جدول ۹۴ محاسبه ضریب انتقال حرارت دیوار بلوک سفالی ۱۵ سانتی متری، پوشش اندود سیمان و گچ، مجاور خارج

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
اندود گچ	۰.۰۳۰	۰.۵۷	۰.۰۵۲
بلوک سفالی	۰.۱۵۰	—	۰.۳۰۰
اندود سیمان	۰.۰۲۰	۱.۰۰	۰.۰۲۰
لایه های هوا	—	—	۰.۱۷۰
$R_T = ۰.۵۴۲$			
$U = ۱.۸۵$			

جدول ۹۵ محاسبه ضریب انتقال حرارت دیوار بلوک سفالی ۱۵ سانتی متری، اندود گچ در طرفین، مجاور فضای کنترل نشده

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
اندود گچ	۰.۰۳۰	۰.۵۷	۰.۰۵۲
بلوک سفالی	۰.۱۵۰	—	۰.۳۰۰
اندود گچ	۰.۰۳۰	۰.۵۷	۰.۰۵۲
لایه های هوا	—	—	۰.۲۲۰
$R_T = ۰.۶۲۶$			
$U = ۱.۶۰$			

محاسبه $\sum A_e U_e$:

$$\text{در پنجره دیوارهای خارجی بام} \\ (52.76 \times 1.38) + (50.04 \times 1.84) + (6.00 \times 5.80) + (2.20 \times 3.50) = 208.76 \text{ [W/K]}$$

 محاسبه $\sum A_i U_i$:

$$\text{در دیوار داخلی} \\ (24.68 \times 1.60) + (2.20 \times 3.50) = 47.19 \text{ [W/K]}$$

بنابراین، خواهیم داشت:

$$\tau = 208.76 / (208.76 + 47.19) = 0.81$$

پ ۱۲-۲-۷ مرحله هفتم: محاسبه ضریب انتقال حرارت طرح و مقایسه با ضریب انتقال

حرارت مرجع

در این مرحله با استفاده از سطوح خالص، ضرایب انتقال حرارت و ضرایب کاهش به دست آمده، ضریب انتقال حرارت ساختمان محاسبه می‌گردد. همچنین، براساس همان سطوح به دست آمده و ضرایب انتقال حرارت مرجع، که با توجه به گروه ساختمان و عوامل ویژه فرعی از جداول مبث نوزدهم مقررات ملی ساختمان استخراج می‌گردد، ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان محاسبه می‌گردد. در صورتی که ضریب انتقال حرارت ساختمان بزرگتر از ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان باشد، باید با اتخاذ اقدامات بهینه‌سازی پوسته، ضریب انتقال حرارت ساختمان کمتر یا مساوی ضریب انتقال حرارت مرجع گردد. در ادامه، ضریب انتقال حرارت ساختمان نمونه و ضریب انتقال حرارت مرجع آن محاسبه گردیده است. جدول ۹۶ به منظور مقایسه وضع موجود ساختمان با ضوابط مبث ۱۹ تنظیم می‌شود. توضیح ستون‌های جدول ۹۶ به شرح زیر است:

ستون اول (نام عنصر): در ستون اول جدول، نام عناصر ساختمان ذکر می‌شود.

ستون دوم (موقعیت): در ستون دوم، موقعیت عنصر در ساختمان و نیز محل قرارگیری عنصر مربوطه مشخص می‌شود. مثلاً شمالی در ردیف مربوط به دیوار، مشخص می‌کند کلیه

پ ۱۲-۲-۵ مرحله پنجم: استخراج ضرایب انتقال حرارت خطی پل‌های حرارتی

در این مرحله، ضرایب انتقال حرارت خطی پل‌های حرارتی مطابق پیوست ۱۱ مبث ۱۹ از جداول مربوطه استخراج می‌گردد. در حالتی که هیچ‌گونه عایق‌کاری حرارتی انجام نشده باشد، پل‌های حرارتی ساختمان نمونه به شرح زیر می‌باشد.

محل پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
محل اتصال کف روی خاک مجاور فضای کنترل شده اول (با اختلاف ارتفاع ۸۵ سانتی‌متر)	۲/۳۵ (مطابق پیوست ۱۱، جدول ۳۳)
محل اتصال کف روی خاک مجاور فضای کنترل شده اول (با اختلاف ارتفاع ۳ متر)	۰/۳۰ (مطابق پیوست ۱۱، جدول ۳۳)
محل اتصال دیوار مجاور خاک (فضای کنترل شده اول)	۲/۰۰ (مطابق پیوست ۱۱، جدول ۳۳)

پ ۱۲-۲-۶ مرحله ششم: تعیین ضرایب کاهش فضاهای کنترل نشده

برای محاسبه توان حرارتی جدارهای مجاور فضاهای کنترل نشده باید ضریب کاهش این فضاها طبق رابطه زیر محاسبه شود. برای تعیین ضرایب کاهش طبق رابطه مندرج در بند ۱۹-۳-۱-۵-۵ مبث ۱۹ لازم است علاوه بر مقادیر و ضرایب انتقال حرارت سطوح مابین فضاهای کنترل شده و کنترل نشده، مقادیر مربوط به سطوح فضاهای کنترل نشده که مجاور خارج قرار گرفته‌اند نیز محاسبه شود. در این بخش ضرایب کاهش فضای کنترل نشده محاسبه می‌شوند.

$$\tau = \frac{\sum A_e U_e}{\sum A_e U_e + \sum A_i U_i}$$

لازم به توضیح است، به منظور انجام مراحل کار مساحت اجزای این سطوح نیز در مرحله دوم محاسبه شده است.

جدول ۹۶: محاسبه ضریب انتقال حرارت کل ساختمان، قبل از بهینه‌سازی، و ضریب انتقال

حرارت مرجع

نام عنصر	موقعیت	مشخصات جدار	ضریب انتقال حرارت	توان حرارتی [W/K]	ضریب انتقال حرارت	
					طرح مرجع	طرح
سقف	طبقه اول کنترل شده دوم	تیرچه‌بلوک سفالی	۷۴.۸۸	۱.۰۰	۱.۳۸	۰.۳۸
	طبقه همکف کنترل شده اول (مجاور کنترل شده)	تیرچه‌بلوک سفالی	۵۳.۷۶	۰.۸۱	۱.۹۹	۰.۶۹
کف	طبقه اول	تیرچه‌بلوک سفالی	۷۴.۸۸	۱.۰۰	۱.۸۵	۰.۵۷
دیوار	شمالی / کنترل شده اول	گچ-بلوک سفالی - اندود	۱۲.۶۸	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	جنوبی / کنترل شده اول	گچ-بلوک سفالی - اندود	۱۰.۴۸	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	شرقی / کنترل شده اول	گچ-بلوک سفالی - اندود	۲۶.۸۸	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	شمالی / کنترل شده دوم	گچ-بلوک سفالی - اندود	۱۷.۳۴	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	جنوبی / کنترل شده دوم	گچ-بلوک سفالی - اندود	۱۷.۳۴	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	شرقی / کنترل شده دوم	گچ-بلوک سفالی - اندود	۲۶.۸۸	۱.۰۰	۱.۸۴	۰.۸۸
	داخلی	گچ-بلوک سفالی - گچ	۲۴.۶۸	۰.۸۱	۱.۶۰	۰.۶۹
	در	چوبی	۲.۲۰	۱.۰۰	۳.۵۰	۰.۴۹
پنجره	در	چوبی	۲.۲۰	۰.۸۱	۳.۵۰	۰.۶۹
	سقف	شیشه سه لایه با قاب فولادی	۷.۵۰	۱.۰۰	۵.۸۰	۳.۴۰
پل حرارتی	همکف	اختلاف ارتفاع ۸۵ سانتی متر	۳۰.۸۰	۱.۰۰	۲.۳۵	۱.۸۳
	همکف	اختلاف ارتفاع ۳ متر	۹.۶۰	۱.۰۰	۰.۴۰	۱.۸۳
	دیوار مجاور خاک (بربی)		۹.۶۰	۱.۰۰	۲.۰۰	-

۳۲۱.۳۲	۷۳۸.۷۰
--------	--------

جمع

مقایسه دو عدد نهایی (توان حرارتی طرح و توان حرارتی مرجع) نشان می‌دهد که ضریب انتقال حرارت کل ساختمان نمونه، قبل از بهینه‌سازی، به چه میزان با ضوابط مبحث ۱۹ فاصله دارد.

اطلاعات این ردیف مربوط به دیوار شمالی است. آنجا که از کلمه داخلی استفاده شده است، منظور جدار مجاور یکی از فضاهای کنترل نشده است.

ستون سوم (مشخصات جدار): در ستون سوم، مشخصات اجرایی عنصر به طور خلاصه ذکر گردیده است. مثلاً در ردیف دیوار، عبارت گچ-بلوک سفالی - اندود بیان‌گر این است که این ردیف مربوط به دیواری است با اندود گچ و اندود سیمان در طرفین آن، و جنس خود دیوار از بلوک سفالی ۱۵ سانتیمتری است.

ستون چهارم (مساحت): در این ستون مساحت سطح خالص محاسبه شده در بخش‌های قبل نوشته می‌شود. در مورد کف، روی خاک و پل‌های حرارتی مقدار طول عنصر درج می‌شود. ستون پنجم (ضریب کاهش): در این ستون ضریب کاهش هر عنصر نوشته می‌شود. اگر عنصر مورد نظر مجاور فضای خارج باشد، ضریب کاهش مساوی با یک است. در غیر این صورت، ضریب کاهش براساس محاسبات صورت گرفته در مورد هر کدام از فضاهای کنترل نشده وارد می‌شود.

ستون ششم (ضریب انتقال حرارت): این ستون مربوط به مقادیر ضریب انتقال حرارت هر عنصر است، و خود به دو ستون تقسیم شده است. ستون سمت راست مربوط به مقدار وضع موجود ضریب انتقال حرارت است، و در ستون سمت چپ ضرایب انتقال حرارت مرجع مبحث ۱۹ نوشته می‌شود. مقادیر ضریب انتقال حرارت مرجع از ستون اول جدول ۴ بند ۱۹-۳-۱-۲ مبحث ۱۹، یعنی جدول مربوط به ساختمان‌های گروه دو استخراج شده است.

ستون هفتم (توان حرارتی): این ستون نیز به دو ستون دیگر تقسیم می‌شود. در جدول، ستون سمت راست به توان حرارتی هر عنصر اختصاص دارد و در ستون سمت چپ توان حرارتی هر عنصر براساس ضرایب مبحث ۱۹ نوشته می‌شود. مقدار توان حرارتی طرح، حاصل ضرب مساحت × ضریب کاهش × ضریب انتقال حرارت و مقدار توان حرارتی مرجع حاصل ضرب مساحت × ضریب انتقال حرارت مرجع مبحث ۱۹ می‌باشد. پس از محاسبه توان حرارتی هر عنصر در هر ردیف، مقادیر ستون سمت راست با یکدیگر، و مقادیر ستون سمت چپ نیز با یکدیگر جمع می‌شود و ضریب انتقال حرارت کل و ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان به دست می‌آید.

همان‌طور که در جدول ۹۶ مشاهده می‌گردد، توان حرارتی ساختمان قبل از بهینه‌سازی W/K ۷۰۲۸۰ است که به منظور دستیابی به ضوابط مبحث نوزدهم باید تا ۳۴۱۰۳۲ W/K کاهش یابد.

پ ۱۲-۲-۸ مرحله هشتم: انتخاب روش‌های بهینه‌سازی پوسته ساختمان به منظور

دستیابی به ضوابط مبحث نوزدهم

در این مرحله با توجه به شرایط کالبدی ساختمان مورد بررسی، روش‌های ممکن به منظور بهینه‌سازی پوسته ساختمان، از نظر انتقال حرارت، تعیین می‌گردند. این روش‌ها شامل عایق‌کاری حرارتی بام (از داخل یا وارونه)، عایق‌کاری حرارتی دیوارها (از داخل یا خارج)، عایق‌کاری حرارتی کف روی پیلوت، عایق‌کاری پیرامونی کف روی خاک و نیز استفاده از جدارهای نورگذر یا ضریب انتقال حرارت کمتر (مانند پنجره‌های با قاب پی‌وی‌سی یا ترمال‌بریک یا شیشه دوجداره) و ... می‌باشد.

در این مرحله، به منظور دستیابی به ضریب انتقال حرارت مرجع جدولی مشابه جدول ۹۶ تهیه می‌گردد. با این تفاوت که ضرایب انتقال حرارت و توان حرارتی پس از بهینه‌سازی در آن درج می‌گردد. پس طراح باید ضرایب انتقال حرارت پس از بهینه‌سازی جدارها را براساس گزینه‌های مختلف طراحی خود محاسبه کند.

پس از آن طراح، با روش سعی و خطا، و نیز با در نظر گرفتن مزایا و معایب هر اقدام، ضرایب انتقال حرارت پس از بهینه‌سازی مورد نظر خود را در جدارهای انتخابی وارد می‌کند، و ترکیبی از مناسب‌ترین اقدامات را، برای رساندن ضریب انتقال حرارت ساختمان به ضریب انتقال حرارت مرجع، انتخاب می‌کند. لازم به ذکر است که استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر Microsoft Excel فرایند سعی و خطای انتخاب اقدامات بهینه‌سازی را بسیار آسان می‌کند.

در واقع، روش و میزان عایق‌کاری هر جدار در روش کارکردی بستگی به انتخاب طراح دارد. هنگام تصمیم‌گیری در خصوص روش و میزان عایق‌کاری جدارها، باید به مساحت و ضریب انتقال حرارت آن‌ها، و نیز هزینه انجام عایق‌کاری توجه نمود. هر چه سطح عنصر و ضریب انتقال حرارت آن بیشتر باشد، نقش مهم‌تری در انتقال حرارت کل ساختمان ایفا می‌کند. بنابراین، با عایق‌کاری این سطوح، می‌توان به کاهش قابل توجه در توان حرارتی دست یافت. بنابراین، عموماً در اولین قدم

می‌توان نسبت به عایق‌کاری بام و دیوارها اقدام نمود. در مرحله بعد، پنجره‌های مجاور خارج به علت ضریب انتقال حرارت زیاد، اگر دارای سطوح وسیع باشند، می‌توانند بهینه‌سازی شوند. در مورد ساختمان نمونه، اقدامات بهینه‌سازی به دو روش مختلف انجام می‌گیرد:

روش اول بهینه‌سازی (عایق‌کاری حرارتی جدارهای ساختمان از خارج):

- عایق‌کاری حرارتی بام ساختمان از خارج با عایق پلی‌استایرن منبسط به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر و با چگالی بیش از ۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب، به روش بام وارونه

- عایق‌کاری حرارتی دیوارهای خارجی ساختمان با عایق پشم‌شیشه به ضخامت ۷ سانتی‌متر و با چگالی بالا، از خارج

- استفاده از پنجره‌های پی‌وی‌سی با شیشه دوجداره در جدارهای نورگذر فضاهای کنترل‌شده شمالی و جنوبی

روش دوم بهینه‌سازی (عایق‌کاری حرارتی جدارهای ساختمان از داخل):

- عایق‌کاری حرارتی بام ساختمان از داخل با عایق پشم‌معدنی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر

- عایق‌کاری حرارتی دیوارهای خارجی ساختمان با عایق پشم‌سنگ به ضخامت ۷ سانتی‌متر و با چگالی بالا، از داخل

- استفاده از پنجره‌های پی‌وی‌سی با شیشه دوجداره در جدارهای نورگذر فضاهای کنترل‌شده شمالی و جنوبی

پ ۱۲-۲-۸-۱ روش اول بهینه‌سازی ساختمان نمونه

در این روش، عایق‌کاری حرارتی جدارهای ساختمانی از خارج انجام می‌شود. در مورد ساختمان نمونه، به دو حالت الف و ب می‌توان عایق‌کاری را انجام داد.

حالت الف: عایق‌کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان

حالت ب: عایق‌کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل‌شده ساختمان

محل عایق‌کاری و پل‌های حرارتی دو حالت الف و ب مربوط به روش اول بهینه‌سازی در شکل ۵۴ و شکل ۵۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۰۲ ضریب انتقال حرارت ساختمان را پس از انجام اقدامات بهینه‌سازی فوق در مقایسه با ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان نشان می‌دهد. در این جدول، ردیف‌هایی که اقدامات بهینه‌سازی بر روی آن‌ها صورت گرفته است خاکستری‌رنگ شده‌اند. لازم به ذکر است که ضریب انتقال حرارت مربوط به پنجره پیشنهاد شده با استفاده از جدول مندرج در پیوست ۹ محبت نوزدهم و ضریب انتقال حرارت دیوارها و بام عایق‌کاری شده نیز، براساس مطالب بیان شده مطابق جدول ۹۷ تا جدول ۹۹ به دست آمده است.

جدول ۹۷ محاسبه ضریب انتقال حرارت سقف تیرچه بلوک سفالی مجاور فضای خارج با عایق حرارتی

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
عایق پلی استایرن	۰.۱۰	۰.۰۳۹	۲.۵۶۴
آسفالت	۰.۰۳	۱.۱۵	۰.۰۲۶
عایق رطوبتی	۰.۰۱	۰.۲۳	۰.۰۴۳
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
پوک‌ریزی	۰.۰۵	۰.۲۵	۰.۲۰۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
اندود گچ	۰.۰۲	۰.۵۷	۰.۰۳۵
لایه‌های هوا	—	—	۰.۱۴۰
$R_T = ۳.۲۸۸$			
$U = ۰.۳۰$			

جدول ۹۸ ضریب انتقال حرارت دیوار بلوک سفالی ۱۵ سانتی‌متری خارجی با عایق حرارتی

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
اندود گچ	۰.۰۳۰	۰.۵۷	۰.۰۵۳
بلوک سفالی	۰.۱۵۰	—	۰.۳۰۰
عایق پشم شیشه	۰.۰۷	۰.۰۳۷	۱.۸۹۱
اندود سیمان	۰.۰۲۰	۱.۰۰	۰.۰۲۰
لایه‌های هوا	—	—	۰.۱۷۰
$R_T = ۲.۴۳۴$			
$U = ۰.۴۱$			

جدول ۹۹ ضریب انتقال حرارت کف تیرچه و بلوک سفالی، مجاور فضای خارج با عایق حرارتی

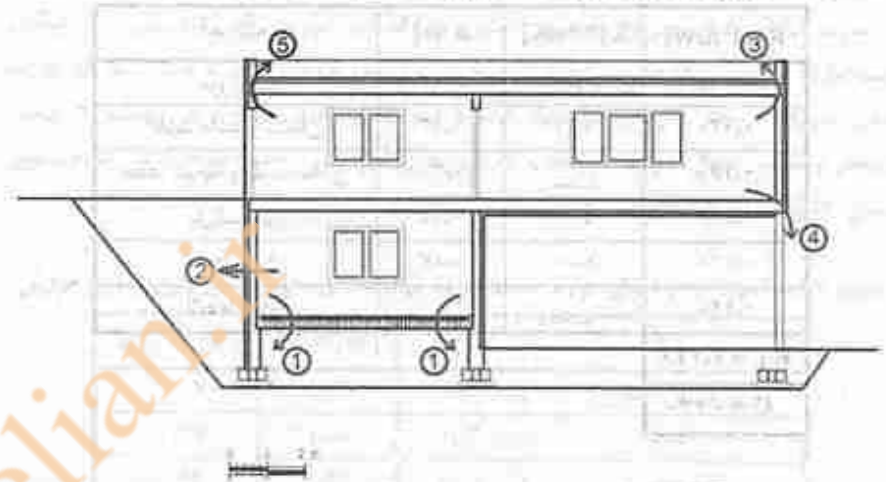
نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m^2K/W]
موزاییک	۰.۰۲	۱.۶۵	۰.۰۱۲
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
پلی استایرن	۰.۰۷	۰.۰۳۹	۱.۷۹۴
اندود سیمان	۰.۰۳	۱.۰۰	۰.۰۳۰
لایه‌های هوا	—	—	۰.۲۲۰
$R_T = ۲.۳۳۶$			
$U = ۰.۴۳$			

در اینجا، توجه به یک نکته دیگر ضروری است، و آن این‌که توجه به پل‌های حرارتی در حالتی که از عایق حرارتی در جدارهای ساختمان استفاده شده باشد، از اهمیت بیشتری نسبت به حالت قبل از بهینه‌سازی برخوردار است. زیرا در حالت قبل، قسمت قابل ملاحظه انتقال حرارت از طریق سایر عناصر ساختمان نظیر بام، و دیوارها، و غیره صورت می‌گیرد، و نقش پل‌های حرارتی در این حالت ناچیز است. در واقع، پس از عایق‌کاری ساختمان، در محل انقطاع عایق حرارتی، که عموماً محل تقاطع عناصر ساختمان با یکدیگر است، پل‌های حرارتی شکل می‌گیرند.

برای تعیین پل حرارتی هر قسمت، طول پل حرارتی محاسبه شده و ضریب انتقال حرارت خطی مربوط به آن از پیوست ۱۱ محبت نوزدهم استخراج می‌گردد.

در ادامه، پل‌های حرارتی هر قسمت از ساختمان نمونه، با توجه به نوع عایق‌کاری و محل آن محاسبه شده است.

حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان



شکل ۵۴ حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان

جدول ۱۰۰ پل های حرارتی فضاهای کنترل شده در حالت الف (روش اول بهینه سازی)

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
۱	کف مجاور خاک	$5.60 + 9.60 - 5.60 =$ (اختلاف ارتفاع ۰.۸۵ متر) 20.80 [m]	۲.۳۵
		9.60 [m] (اختلاف ارتفاع ۳ متر)	۰.۴۰
۲	دیوار مجاور خاک	9.60 [m]	۱.۱۵
۳	بام	$7.80 + 9.60 + 7.80 = 25.20 \text{ [m]}$	۰.۳۳
۴	کف مجاور هوا	$7.80 + 9.60 + 7.80 = 25.20 \text{ [m]}$	۰.۳۳

جدول ۱۰۱ پل های حرارتی فضاهای کنترل نشده در حالت الف (روش اول بهینه سازی) برای

محاسبه ضریب کاهش

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
۵	بام	$5.60 + 9.60 + 5.60 = 20.80 \text{ [m]}$	۰.۳۳

حال، ضریب کاهش فضای کنترل نشده به صورت زیر خواهد بود:

 محاسبه $\sum A_e U_e$:

$$\text{در پنجره دیوارهای خارجی بام} \\ (53.76 \times 0.30) + (50.04 \times 0.41) + (6.00 \times 5.80) + (2.20 \times 3.50) +$$

$$\text{پل حرارتی} \\ (20.80 \times 0.33) = 86.01 \text{ [W/K]}$$

 محاسبه $\sum A_i U_i$:

$$\text{در دیوار داخلی} \\ (24.68 \times 1.60) + (2.20 \times 3.50) = 47.19 \text{ [W/K]}$$

بنابراین، خواهیم داشت:

$$\tau = 86.01 / (86.01 + 47.19) = 0.65$$

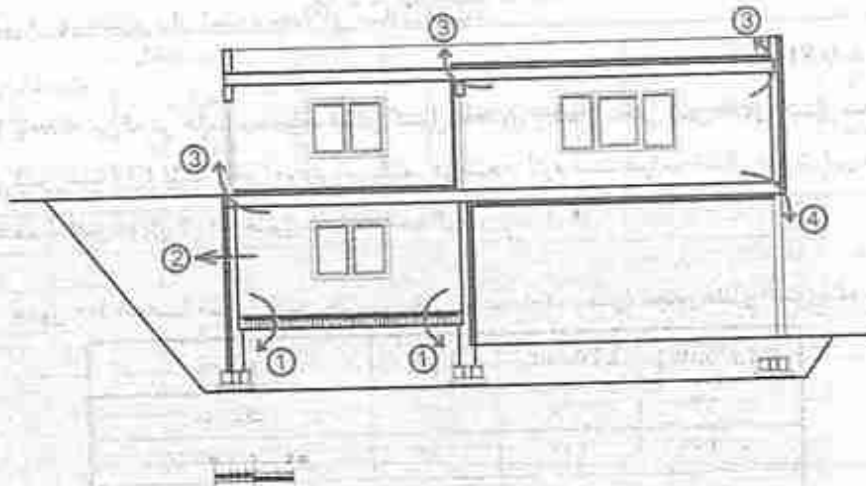
جدول ۱۰۲ محاسبه ضریب انتقال حرارت کل ساختمان، روش اول بهینه‌سازی (حالت الف)، و

ضریب انتقال حرارت مرجع

نام عنصر	موقعیت	مشخصات جدار	ضریب انتقال حرارت	توان حرارتی
			$[W/m^2K]$	$[W/K]$
			مرجع	طرح
سقف	طبقه اول / کنترل شده دوم	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۲۸	۲۲.۴۶
	طبقه همکف / کنترل شده اول (مجاور کنترل نشده)	تیرچه بلوک سفالی	۰.۶۹	۶۹.۵۴
کف	طبقه اول	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۲۳	۲۲.۴۶
دیوار	شمالی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۰.۲۱	۱۷.۲۴
	جنوبی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۰.۲۱	۱۷.۲۴
	شرقی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۰.۲۱	۱۷.۲۴
	غربی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۰.۲۱	۱۷.۲۴
در	شمالی	شیشه دوچهاره	۲.۲۰	۲۲.۴۶
	جنوبی	شیشه دوچهاره	۲.۲۰	۲۲.۴۶
	شرقی	شیشه دوچهاره	۲.۲۰	۲۲.۴۶
	غربی	شیشه دوچهاره	۲.۲۰	۲۲.۴۶
پل حرارتی	دیوار مجاور خاک (غریبی)	خاک	۱.۱۵	۱۱.۵۰
	پایه	پایه	۰.۲۲	۲.۲۰
	کف مجاور هوا	هوا	۰.۲۲	۲.۲۰
	پایه	پایه	۰.۲۲	۲.۲۰

جمع ۲۲۸.۱۵ ۲۲۱.۲۷

حالت ب: عایق کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل شده ساختمان



شکل ۵۵ حالت ب: عایق کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل شده ساختمان

جدول ۱۰۳ پلهای حرارتی فضاهای کنترل شده در حالت ب (روش اول بهینه‌سازی)

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت
۱	کف مجاور خاک	$۵.۶۰ + ۹.۶۰ + ۵.۶۰ = ۲۰.۸۰ [m]$	۲.۳۵
۲	دیوار مجاور خاک	$۹.۶۰ [m]$	۰.۴۰
۳	پایه	$۷.۸۰ + ۹.۶۰ + ۷.۸۰ + ۹.۶۰ + ۵.۶۰ + ۵.۶۰ + ۹.۶۰ = ۵۵.۶۰ [m]$	۰.۲۲
۴	کف مجاور هوا	$۷.۸۰ + ۹.۶۰ + ۷.۸۰ = ۲۵.۲۰ [m]$	۰.۲۲

از آنجا که فضای کنترل نشده فاقد پل حرارتی می باشد، ضریب کاهش فضای کنترل نشده با حالت قبل از بهینه سازی برابر است و مقدار آن مساوی است با

$$\tau = 0.81$$

با توجه به این که در حالت ب، سقف فضای کنترل شده اول و دیوار داخلی (بین فضای کنترل نشده و کنترل شده اول) دارای عایق حرارتی می باشد، در نتیجه، لازم است ضرایب انتقال حرارت این دو عنصر مطابق جدول ۱۰۴ و جدول ۱۰۵ محاسبه گردد.

جدول ۱۰۴ محاسبه ضریب انتقال حرارت سقف تیرچه بلوک سفالی، مجاور فضای کنترل نشده

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
موزاییک	۰.۰۲	۱.۶۵	۰.۰۱۲
ملات ماسه و سیمان	۰.۰۲	۱.۰۰	۰.۰۲۰
سقف تیرچه و بلوک سفالی	۰.۲۰	—	۰.۲۶۰
پلی استایرن	۰.۱۰	۰.۰۳۹	۲.۵۶۴
اندود سیمان	۰.۰۳	۱.۰۰	۰.۰۳۰
لایه های هوا	—	—	۰.۱۸۰

$$R_T = ۲.۰۶۶$$

$$U = ۰.۲۳$$

جدول ۱۰۵ محاسبه ضریب انتقال حرارت دیوار بلوک سفالی ۱۵ سانتی متری، اندود گچ در

طرفین، مجاور فضای کنترل نشده

نام لایه	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
اندود گچ	۰.۰۲۰	۰.۵۷	۰.۰۵۲
پشم شیشه	۰.۰۵	۰.۰۳۷	۱.۳۵۱
بلوک سفالی	۰.۱۵۰	—	۰.۳۰۰
اندود گچ	۰.۰۳۰	۰.۵۷	۰.۰۵۲
لایه های هوا	—	—	۰.۲۲۰

$$R_T = ۱.۹۷۷$$

$$U = ۰.۵۰$$

جدول ۱۰۶ محاسبه ضریب انتقال حرارت کل ساختمان، روش اول بهینه سازی (حالت ب)، و

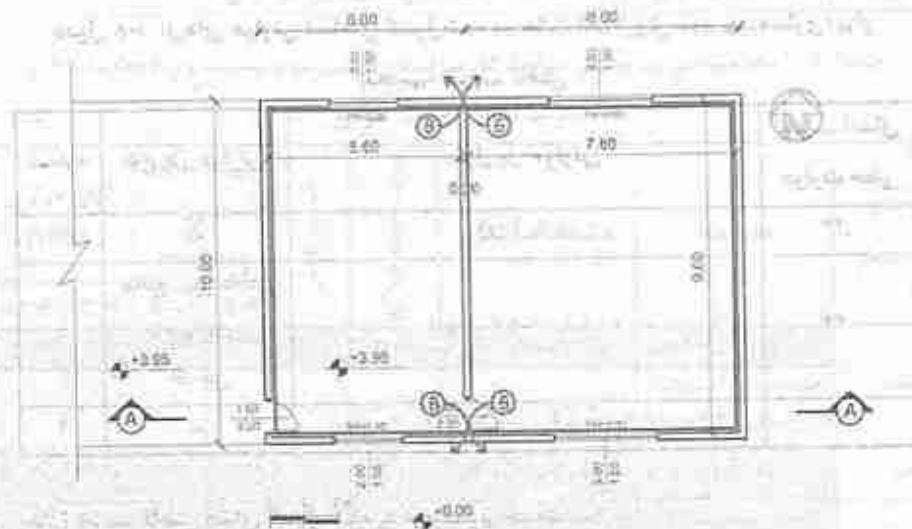
ضریب انتقال حرارت مرجع

نام عنصر	موقعیت	مشخصات جدار	ضریب انتقال حرارت مرجع	ضریب انتقال حرارت	توان حرارتی [W/K]
سقف	طبقه اول کنترل شده دوم	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۲۰	۰.۲۰	۲۸.۲۵
	طبقه همکف / کنترل شده اول (مجاور کنترل شده)	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۲۳	۰.۲۳	۳۷.۰۹
کف	طبقه اول	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۲۳	۰.۲۳	۲۲.۶۸
	شمالی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۴۱	۰.۴۱	۱۱.۱۶
دیوار	جنوبی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۲۱	۰.۲۱	۹.۲۲
	شرقی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۲۱	۰.۲۱	۲۳.۶۵
	شمالی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۴۱	۰.۴۱	۱۵.۲۴
	جنوبی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۴۱	۰.۴۱	۱۵.۲۴
	شرقی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - اندود	۰.۲۱	۰.۲۱	۲۳.۶۵
	داخلی	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۰.۸۱	۰.۸۱	۱۷.۰۳
	در خارجی / کنترل شده اول	چوبی	۲.۵۰	۲.۵۰	۹.۷۰
	در داخلی / کنترل شده دوم	چوبی	۲.۵۰	۲.۵۰	۱.۵۲
پنجره	شمالی	شیشه دو جداره	۲.۸۰	۲.۸۰	۲۵.۵۰
	جنوبی	شیشه دو جداره	۲.۸۰	۲.۸۰	۲۵.۵۰
پل حرارتی	همکف	اختلاف ارتفاع ۱۵ سانتی متر	۲.۳۵	۲.۳۵	۳۸.۰۶
	همکف	اختلاف ارتفاع ۳ متر	۰.۴۰	۰.۴۰	۱۷.۵۷
	دیوار مجاور جاک		۱.۱۵	۱.۱۵	-
	پل		۰.۲۳	۰.۲۳	-
	کف مجاور هوا		۰.۲۳	۰.۲۳	-

جمع

$$۲۷۱.۱۲$$

$$۲۲۱.۲۲$$



شکل ۵۷ حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان (پلان طبقه اول)

جدول ۱۰۷ پل های حرارتی فضاهای کنترل شده در حالت الف (روش دوم بهینه سازی)

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
۱	کف مجاور خاک	$(\text{اختلاف ارتفاع } ۰.۸۵ \text{ متر})$ $۵.۶۰ + ۹.۶۰ - ۵.۶۰ = ۹.۶۰ \text{ [m]}$	۱.۷۵
۲	دیوار مجاور خاک	$(\text{اختلاف ارتفاع } ۲ \text{ متر})$ ۹.۶۰ [m]	۰.۳۵
۳	سقف (کنترل شده اول)	$۹.۶۰ + ۵.۶۰ + ۵.۶۰ + ۹.۶۰ = ۳۰.۴۰ \text{ [m]}$	۰.۳۳
۴	کف مجاور هوا (کنترل شده دوم)	۹.۶۰ [m]	۰.۳۳
۵	سقف (کنترل شده دوم)	۹.۶۰ [m]	۰.۳۳
۶	تقاطع دیوار داخلی با دیوارهای خارجی	$۲ \times ۲.۸۰ = ۵.۶۰$	۰.۳۳

پ ۱۲-۲-۸ روش دوم بهینه سازی

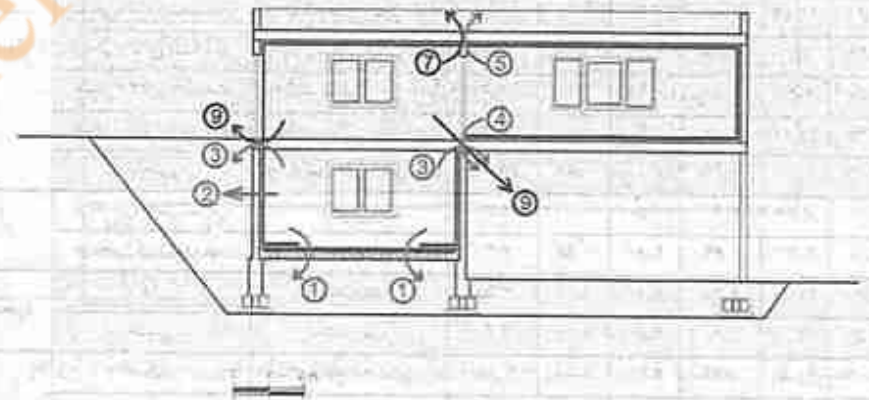
در این روش، عایق کاری حرارتی جدارهای ساختمانی از داخل انجام می شود. در مورد ساختمان نمونه، مانند روش قبل می توان به دو حالت الف و ب عایق کاری را انجام داد.

حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان

حالت ب: عایق کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل شده ساختمان

محل عایق کاری و پل های حرارتی دو حالت الف و ب مربوط به روش دوم بهینه سازی در شکل ۵۶، شکل ۵۷ و شکل ۵۸ نشان داده شده است.

حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان



شکل ۵۶ حالت الف: عایق کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان

پیوست ۱۲ مثال محاسبه و طراحی پوسته خارجی ساختمان طبق روش کارکردی

جدول ۱۰۹ محاسبه ضریب انتقال حرارت کل ساختمان، روش دوم بهینه‌سازی (حالت الف)، و

ضریب انتقال حرارت مرجع

نام عنصر	موقعیت	مشخصات جدار	ضریب انتقال حرارت [W/m ² K]	توان حرارتی [W/K]	ضریب انتقال حرارت [W/m ² K]	توان حرارتی [W/K]
سقف	طبقه اول / کنترل شده دوم	تیرچه‌بلوک سفالی - عایق	۷۴.۸۸	۲۸.۴۵	۰.۲۰	۲۲.۴۶
کف	طبقه اول	تیرچه‌بلوک سفالی - عایق	۷۴.۸۸	۲۲.۴۶	۰.۲۰	۲۲.۴۶
دیوار	شمالی / کنترل شده اول	کچ - بلوک سفالی - عایق - لندود	۱۳.۶۸	۱۱.۱۴	۰.۴۱	۵.۲۰
	جنوبی / کنترل شده اول	کچ - بلوک سفالی - عایق - لندود	۱۰.۲۸	۹.۲۲	۰.۴۱	۴.۳۰
دیوار	شرقی / کنترل شده اول	کچ - بلوک سفالی - عایق - لندود	۲۶.۸۸	۲۳.۶۵	۰.۴۱	۱۱.۰۲
	غربی / کنترل شده دوم	کچ - بلوک سفالی - عایق - لندود	۱۷.۳۴	۱۵.۲۶	۰.۴۱	۷.۱۱
دیوار	شرقی / کنترل شده دوم	کچ - بلوک سفالی - عایق - لندود	۲۶.۸۸	۲۳.۶۵	۰.۴۱	۱۱.۰۲
	داخلی	کچ - بلوک سفالی - کچ	۲۴.۶۸	۱۷.۰۳	۰.۶۹	۲۴.۰۶
در	در خارجی / کنترل شده اول	چوبی	۳.۲۰	۹.۷۰	۳.۵۰	۷.۷۰
پنجره	شیشه دوجداره	شیشه دوجداره	۷.۵۰	۲۵.۵۰	۳.۵۰	۲۱.۰۰
پل	همکف	اختلاف ارتفاع ۸۵ سانتی‌متر	۲۰.۸۰	۳۸.۰۶	۱.۸۳	۳۶.۴۰
پل	همکف	اختلاف ارتفاع ۳ متر	۹.۶۰	۱۷.۵۷	۰.۳۵	۲.۳۴
پل	دیوار بتنی خاک (لبر)	-	۹.۶۰	-	۱.۱۵	-
پل	سقف (کنترل شده اول)	-	۳۰.۴۰	-	۰.۲۳	-
پل	کف (کنترل شده دوم)	-	۹.۶۰	-	۰.۲۳	-
پل	سقف (کنترل شده دوم)	-	۹.۶۰	-	۰.۲۳	-
پل	تقاطع دیوار داخلی با دیوارهای خارجی	-	۲۵.۳۰	-	۰.۲۳	-

۲۲۷.۶۱

جمع

جدول ۱۰۸ پل‌های حرارتی فضاهای کنترل شده در حالت الف (روش دوم بهینه‌سازی) برای

محاسبه ضریب کاهش

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
۷	بام	۹.۶۰ [m]	۰.۲۳
۸	تقاطع دیوار داخلی با دیوارهای خارجی	۲×۲.۸۰ = ۵.۶۰ [m]	۰.۲۴
۹	کف	۹.۶۰ + ۵.۶۰ + ۵.۶۰ + ۹.۶۰ = ۳۰.۴۰ [m]	۰.۲۳

حال، ضریب کاهش فضای کنترل نشده به صورت زیر خواهد بود:

محاسبه $\sum A_e U_e$:

$$\begin{aligned} & \text{در پنجره دیوارهای خارجی بام} \\ & (53.76 \times 0.30) + (50.04 \times 0.41) + (6.00 \times 5.80) + (2.20 \times 3.50) + \\ & \text{پل حرارتی پل حرارتی پل حرارتی} \\ & [(9.60 \times 0.23) + (5.60 \times 0.24) + (30.40 \times 0.23)] = 94.25 \text{ [W/K]} \end{aligned}$$

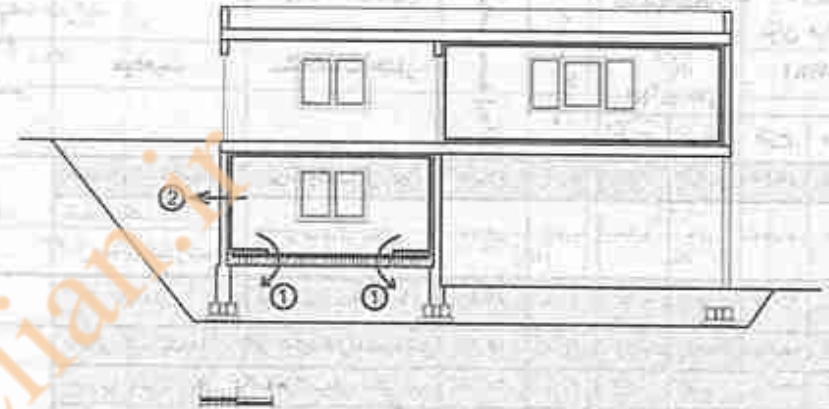
محاسبه $\sum A_i U_i$:

$$\begin{aligned} & \text{در دیوار داخلی} \\ & (24.68 \times 1.60) + (2.20 \times 3.50) = 47.19 \text{ [W/K]} \end{aligned}$$

بنابراین، خواهیم داشت:

$$\tau = 94.25 / (94.25 + 47.19) = 0.66$$

حالت ب: عایق کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل شده ساختمان



شکل ۵۸ حالت ب: عایق کاری حرارتی جدارهای خارجی فضاهای کنترل شده ساختمان

جدول ۱۱۰ پل های حرارتی فضاهای کنترل شده در حالت ب (روش دوم بهینه سازی)

شماره	نوع پل حرارتی	طول پل حرارتی	ضریب انتقال حرارت خطی
۱	کف مجاور خاک	$(\text{اختلاف ارتفاع } ۰.۸۵ \text{ متر}) = ۵.۶۰ + ۹.۶۰ + ۵.۶۰$	۱.۷۵
		۲۰.۸۰ [m]	
		$(\text{اختلاف ارتفاع } ۳ \text{ متر}) = ۹.۶۰ \text{ [m]}$	۰.۳۵
۲	دیوار مجاور خاک	۹.۶۰ [m]	۱.۱۵

از آن جا که فضای کنترل نشده فاقد پل حرارتی می باشد، ضریب کاهش فضای کنترل نشده با حالت قبل از بهینه سازی برابر است و مقدار آن مساوی است با

$$\tau = 0.81$$

جدول ۱۱۱ محاسبه ضریب انتقال حرارت کل ساختمان، روش دوم بهینه سازی (حالت ب)، و ضریب انتقال حرارت مرجع

نام عنصر	موقعیت	مشخصات جدار	ضریب انتقال حرارت $[W/m^2K]$	توان حرارتی $[W/K]$	
				طرح	مرجع
سقف	طبقه اول / کنترل شده دوم	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۷۴.۸۸	۲۳.۲۴	۲۸.۲۵
	طبقه همکف	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۵۳.۷۶	۱۴.۳۷	۲۷.۰۹
	کنترل شده اول (مجاور کنترل شده)	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۰.۸۱	۰.۳۳	۰.۶۹
کف	طبقه اول	تیرچه بلوک سفالی - عایق	۷۴.۸۸	۰.۴۳	۰.۵۷
دیوار	شمالی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۱۲.۶۸	۰.۴۱	۰.۸۸
	جنوبی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۱۰.۲۸	۰.۲۱	۰.۸۸
	شرقی / کنترل شده اول	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۲۶.۸۸	۰.۴۱	۰.۸۸
	شمالی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۱۷.۳۴	۰.۴۱	۰.۸۸
	جنوبی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۱۷.۳۴	۰.۴۱	۰.۸۸
	شرقی / کنترل شده دوم	گچ - بلوک سفالی - عایق - آلود	۲۶.۸۸	۰.۴۱	۰.۸۸
	داخلی	گچ - بلوک سفالی - عایق - گچ	۲۲.۶۸	۰.۵۰	۰.۶۹
در	در خارجی / کنترل شده اول	چوبی	۲.۲۰	۳.۵۰	۴.۹۱
	در داخلی / کنترل شده دوم	چوبی	۲.۲۰	۳.۵۰	۰.۶۹
پنجره	شمالی	شیشه دو جداره	۷.۵۰	۲.۸۰	۳.۴۰
	جنوبی	شیشه دو جداره	۷.۵۰	۲.۸۰	۳.۴۰
پل حرارتی	همکف	اختلاف ارتفاع ۸۵ سانتی متر	۲۰.۸۰	۱.۷۵	۱.۸۳
	همکف	اختلاف ارتفاع ۳ متر	۹.۶۰	۰.۳۵	۱.۸۳
	دیوار مجاور خاک (مجاور)		۹.۶۰	۱.۱۵	۱.۱۵
جمع				۲۲۱.۵۲	۲۲۱.۲۲

همان طور که در جدول ۱۱۲ مشاهده می گردد، هر چه میزان پل حرارتی کمتر باشد، توان حرارتی طرح کاهش می یابد. به همین دلیل، در هر دو روش بهینه سازی، توان حرارتی، در حالت ب کمتر می باشد و می توان از عایق حرارتی با ضخامت کمتر استفاده نمود اما، باید به این نکته توجه نمود

که اجرای برخی روش‌ها، دشوار است و منطقی به نظر نمی‌رسد، به عنوان مثال، حالت ب در روش اول بهینه‌سازی از لحاظ اجرایی، با پیچیدگی‌هایی همراه است.

جدول ۱۱۲ مقایسه توان حرارتی طرح با توان حرارتی مرجع در حالت‌های گوناگون

توان حرارتی طرح	توان حرارتی مرجع	حالت‌های گوناگون
۷۳۸.۷۰	۳۴۱.۳۲	قبل از بهینه‌سازی
۳۲۸.۱۵		روش اول بهینه‌سازی (حالت الف)
۲۷۱.۱۴		روش اول بهینه‌سازی (حالت ب)
۳۲۷.۶۱		روش دوم بهینه‌سازی (حالت الف)
۲۳۱.۵۲		روش دوم بهینه‌سازی (حالت ب)

پیوست ۱۳ راهکارهای کاهش نیاز انرژی ساختمان

ب ۱-۱۳ روش‌های مطرح بهینه‌سازی مصرف انرژی

در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان، علاوه بر اقدامات لازم برای کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان، و تمهیدات توصیه شده در بخش ۱۹-۳، می‌توان از سیستم‌ها و تجهیزاتی نیز بهره جست تا نیاز انرژی ساختمان تا حد امکان کاهش یابد. در حال حاضر، فناوری‌های مطرح در سطح جهانی امکان طراحی و ساخت ساختمان‌هایی را فراهم می‌نمایند که دارای نیاز انرژی کمی هستند. ساختمان‌هایی نیز طراحی و ساخته می‌شود که نه تنها تمامی نیاز انرژی سالانه را به صورت مستقل تأمین می‌نمایند، بلکه قادر هستند انرژی اضافی تولید شده را به شبکه برق سراسری منتقل کنند.

آنچه در این پیوست مدنظر می‌باشد، معرفی برخی فناوری‌های مطرح و قابل استفاده در ساختمان است، و به سیستم‌های مطرح برای تولید انرژی به صورت منطقه‌ای، با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته نمی‌شود.

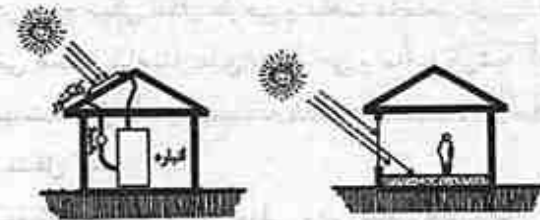
مهم‌ترین اقداماتی که باید در جهت دستیابی به اهداف تعیین شده در این زمینه مدنظر قرار گیرد عبارتند از:

- بهره‌گیری حداکثر از انرژی خورشیدی با استفاده از سیستم‌های فعال و غیر فعال
- بهره‌گیری حداکثر از دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر
- باز یافت انرژی
- ذخیره‌سازی
- کاربرد تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با بازدهی انرژی بالا
- بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند برای انطباق هر چه بیشتر تولید انرژی با نیازهای واقعی و مقطعی

پ ۱۳-۲ سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی

سیستم‌های فعال خورشیدی، به سیستم‌هایی گفته می‌شود که انرژی خورشیدی را به کمک تجهیزات مکانیکی و انرژی‌های دیگر (معمولاً الکتریکی) جمع‌آوری و ذخیره می‌کنند، تا در زمان مناسب به فضای داخلی ساختمان انتقال دهند.

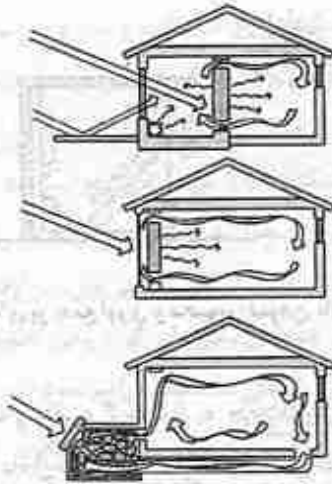
سیستم‌های غیرفعال خورشیدی به سیستم‌هایی گفته می‌شود که انرژی خورشیدی را بدون استفاده از سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی نظیر دمنده، پمپ یا کنترل‌کننده‌های پیچیده، جمع‌آوری، ذخیره و توزیع می‌کنند. با این شیوه، اجزای مختلف یک ساختمان به‌طور همزمان انتظارات مختلف مطرح در زمینه‌های معماری، سازه و انرژی را برآورده می‌سازند. در واقع زمانی که گردآوری انرژی و هزینه‌های ابتدایی دغدغه اصلی طراح می‌باشند، این سیستم‌ها در میان دیگر سیستم‌های خورشیدی کارآمدترین سیستم‌ها خواهند بود [۷]. نمونه‌ای از سیستم غیرفعال و فعال خورشیدی در شکل ۵۹ نشان داده شده است.



شکل ۵۹ نمونه‌ای از سیستم غیرفعال خورشیدی (سمت راست) و سیستم فعال خورشیدی (سمت چپ)

سیستم‌های غیرفعال را می‌توان در انواع «دریافت مستقیم»، «دریافت غیرمستقیم»^۱ و «دریافت مجزا»^۲ تقسیم نمود (شکل ۶۰) [۸].

- ۱. energy collection
- ۲. direct gain
- ۳. indirect gain
- ۴. isolated gain



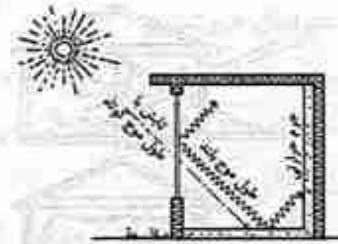
شکل ۶۰ سیستم‌های دریافت مستقیم، غیرمستقیم و مجزا (از بالا به پایین)

پ ۱۳-۲-۱ حالت‌های مختلف دریافت انرژی خورشیدی

سیستم‌های دریافت مستقیم

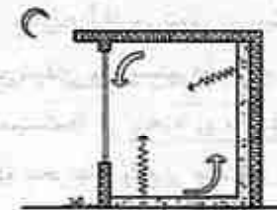
نخستین و ساده‌ترین روش دستیابی به گرمایش خورشیدی، استفاده از سیستم‌های دریافت مستقیم می‌باشد [۹].

در این سیستم‌ها، تابش خورشید از طریق پنجره‌ها وارد فضای داخل می‌شود و توسط مصالح سنگین ساختمان جذب شده و به تدریج آزاد می‌شود. در روش دریافت مستقیم، از این فضا به عنوان فضای زندگی، گردآور خورشیدی و سیستم ذخیره و توزیع گرما به طور یکجا استفاده می‌شود. به این ترتیب، در این سیستم‌ها هر پنجره رو به جنوب به عنوان یک سیستم دریافت مستقیم عمل می‌کند، در حالی که پنجره‌های واقع بر جهت‌های دیگر، در اکثر موارد، دریافت انرژی خورشیدی بیش از اتلاف حرارت است. در این سیستم‌ها، اثر گلخانه‌ای به صورت یک جریان یک طرفه گرما تابشی عمل می‌کند. این اثر، امکان ورود انرژی خورشیدی با طول موج کوتاه را فراهم می‌سازد، ولی مانع از خروج گرما تابشی با طول موج بلند می‌شود (شکل ۶۱).



شکل ۶۱ تأثیر اثر گلخانه‌ای بر جمع‌آوری و محبوس نمودن تابش خورشید در طول روز

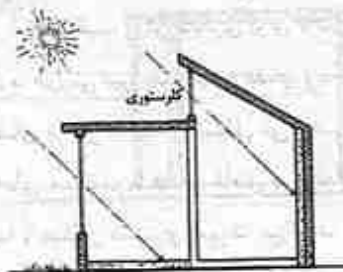
در این سیستم، به‌منظور جذب و ذخیره گرما، نیاز به جرم حرارتی کافی در داخل فضا می‌باشد. جرم حرارتی موجود در فضای داخل ساختمان گرما را جذب می‌کند، تا هم مانع از گرمایش بیش از حد فضا در هنگام روز شود و هم بهره‌گیری از آن در ساعات خنک شب را فراهم سازد (شکل ۶۲). به‌این ترتیب، جرم حرارتی موجب می‌شود نوسان‌های دما در اوقات مختلف سال، در طول شبانه‌روز، کاهش یابد. همچنین، یک تأخیر زمانی^۱ بین انرژی جذب‌شده در دیوار و انرژی ورودی در ساختمان ایجاد می‌کند، و باعث می‌شود حداکثر دمای سطوح داخل ساختمان چند ساعت بعد از حداکثر دمای سطوح خارجی مشاهده می‌شود. این امر باعث می‌شود نیاز گرمایی و سرمایی ساختمان به‌طور محسوسی کاهش یابد. البته افزایش بی‌رویه ضخامت و جرم سطحی دیوار (بیش از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع) می‌تواند اثربخشی ذخیره‌سازی در جدارها را کاهش دهد.



شکل ۶۲ ذخیره گرما در جرم حرارتی برای استفاده در هنگام شب

اگر ساختمان از مصالح سبک‌وزن ساخته شده باشد، لازم است که جرم حرارتی به فضای داخلی ساختمان اضافه شود تا ظرفیت ذخیره گرما در آن افزایش یابد.

در سیستم‌های دریافت مستقیم، برای ورود مستقیم تابش خورشید می‌توان از پنجره‌ها، کلرستوری‌های رو به جنوب (شکل ۶۳) و نورگیرهای بام استفاده نمود. نحوه استقرار کلرستوری، عمودی است و نسبت به نورگیرهای سقفی نور کمتری را دریافت می‌کنند. با مناسب‌سازی جانمایی نورگیرها و یا با در نظر گرفتن سایه‌بان در جلوی آنها می‌توان، در اوقات گرم سال، از تابش مستقیم آفتاب به داخل جلوگیری کرد. همچنین، می‌توان گرما و نور خورشید را، با جابجایی بخشی از سقف، برای اتاق‌های واقع در جبهه شمالی ساختمان فراهم نمود.



شکل ۶۳ استفاده از پنجره‌های کلرستوری برای ورود تابش مستقیم خورشید به فضاهای جبهه شمالی

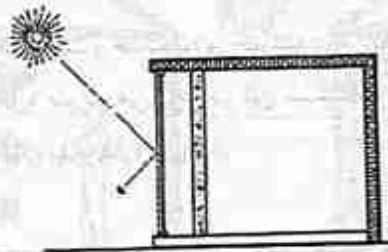
یک جرم حرارتی که به‌طور مستقیم تابش خورشید را دریافت می‌کند، برای ذخیره انرژی دارای بیشترین باردهی است. جرم‌های حرارتی که به‌طور مستقیم تابش خورشید را دریافت نمی‌کنند، از طریق تابش با طول موج بلند و جریان همرفت، توسط فضاهایی که با تابش خورشید گرم شده‌اند، می‌توانند در ذخیره‌سازی انرژی مشارکت نمایند. البته، در یک سیستم غیرفعال، جرم‌های حرارتی که به‌صورت مستقیم و یا انعکاسی در معرض تابش خورشید نیستند، غالباً اثربخشی ناچیزی دارند [۷].

به‌طور کلی، میزان تأثیر جرم حرارتی در ساختمان‌های با دریافت مستقیم، به ضخامت، مساحت و مشخصات حرارتی (ظرفیت گرمایی و ضریب هدایت حرارتی) لایه‌های تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد.

در این سیستم‌ها، یک عنصر ساختمانی می‌تواند با جذب گرمای تابیده‌شده از عناصر گرم‌تر (دیوارها و کفاها) یا از طریق همرفت هوای اطراف گرم شود.

در سیستم‌های دریافت غیرمستقیم، یک لایه شیشه در سطح خارجی دیوار یا دیگر عناصر ساختمانی که دارای ظرفیت حرارتی بالا و رو به جنوب هستند، قرار داده می‌شود. در صورتی که از دیوار به‌عنوان انباره گرمایی استفاده شود، به آن دیوار خورشیدی یا دیوار جرمی^۱ گفته می‌شود [۷].

در تابستان، باید با در نظر گرفتن تمهیدات لازم (نظیر یک صفحه شیشه‌ای)، بر روی این دیوارها سایه‌اندازی شود و انعکاس نور خورشید بر دیوار نیز تا حد امکان کاهش یابد (شکل ۶۵).



شکل ۶۵. لزوم سایه‌اندازی بر روی سیستم دریافت غیرمستقیم در تابستان در اقلیم‌های گرم

بر برخی از نمونه‌های اولیه این نوع سیستم، منافذی در جدار رو به داخل برای انتقال گرمای دریافت‌شده، در روزهای دوره سرد سال و منافذی در جدار رو به خارج، برای جلوگیری از بیش گرمایش در اوقات گرم سال در نظر گرفته می‌شد. اکنون آشکار شده که این منافذ، چه در تابستان و چه در زمستان، به‌خوبی عمل نمی‌کنند، و لازم است به‌جای آن از سامانه جذب مستقیم، برای کسب گرمای تابش خورشیدی، و از سایه‌انداز خارجی برای جلوگیری از جذب بی‌رویه گرما در تابستان بهره‌گیری شود.

با توجه به این نکته که سیستم دریافت غیرمستقیم به تنهایی قادر به تأمین روشنایی طبیعی نیست، معمولاً در ترکیب با سیستم‌های دریافت مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال، می‌توان این سیستم را به‌عنوان دیوار کوتاه زیر پنجره طراحی نمود [۷] (شکل ۶۶).

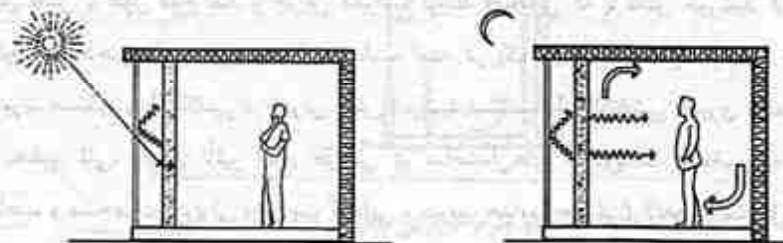
بهترین مصالح، برای این نوع کاربرد، دارای ظرفیت گرمایی و ضریب نفوذ (بخش) گرمایی بالایی هستند و می‌توانند به‌سهولت میزان زیادی گرما را از سطح به عمق لایه منتقل کنند، تا بیشترین میزان ذخیره‌سازی صورت گیرد. در زمان‌هایی که نیاز به گرمایش وجود دارد، تمامی یا بخشی از بار گرمایی ساختمان توسط حرارت ذخیره‌سازی در جدارها تأمین می‌گردد. فرایندی مشابه باعث خنک‌سازی ساختمان و کاهش بار سرمایی ساختمان در اوقات گرم سال می‌شود.

سیستم‌های دریافت غیرمستقیم

استفاده از سیستم‌های دریافت غیرمستقیم، روش دیگری برای تأمین گرمایش تیرفعال خورشیدی است. در این سیستم‌ها، یک جرم حرارتی بین خورشید و فضای زندگی تعبیه می‌شود. جرم حرارتی انرژی خورشید را جذب و به فضای داخل ساختمان منتقل می‌کند.

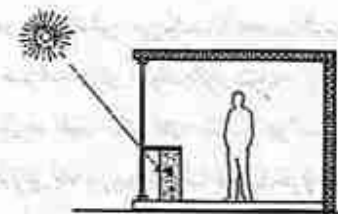
در این سیستم‌ها، انباره به‌طور مستقیم یا فضای داخل در ارتباط است. به این ترتیب، کنترل دمای فضای داخل و توزیع گرما با سادگی بیشتری صورت می‌گیرد.

در این سیستم‌ها، همانند سیستم دریافت مستقیم، اثر گلخانه‌ای امواج تابشی خورشید را محبوس می‌سازد. در طول روز، سطح خارجی دیوار رو به خورشید، با داشتن یک پوشش انتخابگر^۲ جاذب (ورقه سیاه یا تیره‌رنگ)، گرم می‌شود و حرارت را به سمت داخلی دیوار منتقل می‌کند. ضخامت دیوار باید متناسب با مصالح به‌کار رفته تعیین گردد، تا ورود گرما به داخل عصر هنگام آغاز گردد و تا حد امکان ادامه یابد (شکل ۶۴).



شکل ۶۴. عملکرد حرارتی سیستم‌های دریافت غیرمستقیم در طول روز و شب

۱. سطوحی که در طول موج‌های مختلف، ضرایب تابشی کاملاً متفاوتی دارند و عملاً یک رفتار گرمایی در طول موج‌های مختلف از خود نشان می‌دهند.



شکل ۶۶ ترکیب سیستم دریافت مستقیم و غیرمستقیم

سیستم‌های دریافت مجزا

در سیستم‌های دریافت مجزا، دریافت و جذب انرژی خورشیدی در یک فضا یا یک عنصر معماری حائل، مستقل از فضای داخل، صورت می‌گیرد. در این سیستم‌ها، از گرمای ذخیره‌سازی شده به‌صورت کنترل‌شده و بنا به نیاز، بهره‌برداری می‌شود.

پ ۱۳-۲-۲ انواع مختلف سیستم‌های فعال و غیر فعال خورشیدی

در این بخش، تنها به سیستم‌هایی پرداخته می‌شود که برای گرمایش، سرمایش، تهویه، و تأمین آب گرم مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های خورشیدی که برای تأمین روشنایی طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند در پیوست ۱۵ تشریح شده‌اند. مطلوب‌ترین سیستم‌های خورشیدی عبارتند از: دیوار ترومب، دیوار آبی، دیوار باراکنستانتینی، بام آبی، فضای خورشیدی (گلخانه)، جمع‌کننده (کلکتور) خورشیدی، پنجره یا جریان هوا، نمای دو پوسته، دیوار خورشیدی صلب مجوف، دودکش خورشیدی، سلول فتوولتائیک، پمپ گرمایی خورشیدی و چیلر جذبی خورشیدی.

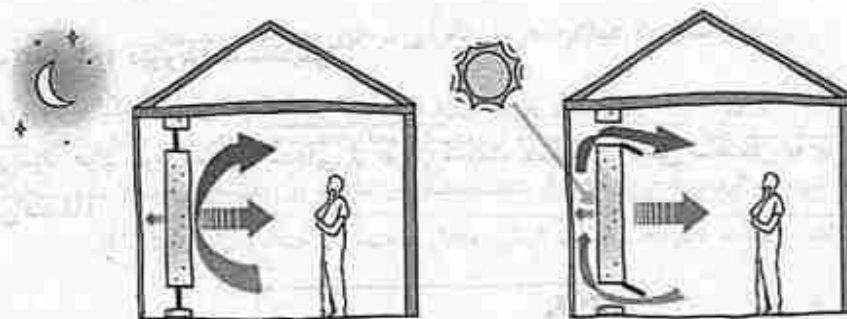
پ ۱۳-۲-۱ دیوار ترومب

دیوار ترومب^۱ پس از آن که فلیکس ترومب^۲ آن را در سال ۱۹۶۶ در فرانسه ابداع نمود، به این نام نامگذاری شد [۷]. این دیوار، نوعی سیستم غیرفعال خورشیدی که در پنجره‌های رو به جنوب اجرا می‌شود. در این سیستم، جرم حرارتی پشت شیشه ضلع جنوبی قرار داده می‌شود.

۱. Trombe wall (Trombe-Michel wall)

۲. Felix Trombe

این دیوار نوعی دیوار خورشیدی است که در بالا و پایین آن، دریچه‌های تهویه قابل کنترل در نظر گرفته می‌شود. تا انتقال گرما از طریق همرفت امکان‌پذیر گردد. با تابش خورشید به دیوار، گرما در فضای بین جدار و شیشه محبوس می‌شود و باعث افزایش جذب گرما توسط دیوار می‌گردد. شب‌هنگام، دریچه‌ها بسته می‌شوند و در اثر تأخیر زمانی، تابش گرما از دیوار به فضای داخل صورت می‌گیرد (شکل ۶۷).



شکل ۶۷ نحوه عملکرد دیوار ترومب هنگام روز (سمت راست) و هنگام شب (سمت چپ)

پ ۱۳-۲-۲-۲ دیوار آبی

در دیوار آبی^۱ به جای بتن یا مصالح بنایی، از آب استفاده می‌شود (شکل ۶۸). ظرفیت گرمایی آب از ظرفیت گرمایی اکثر مصالح ساختمانی بیشتر است. در نتیجه، این دیوار قابلیت ذخیره‌سازی بسیار بالایی دارد [۸]. البته در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که از طرفی ساخت دیوارهای آبی با مشکلات اجرایی همراه است، و از طرف دیگر، جریان آب در دیوار انتقال گرما به عمق جدار را سرعت می‌بخشد، و تأخیر زمانی دیوار به حداقل می‌رسد.

در دهه‌های اخیر، با مطرح شدن و گسترش کاربرد مصالح تغییر فاز دهنده^۲ (ر.ک به پ ۱۳-۶-۲)، با جرمی اندک و قابلیت ذخیره‌سازی بسیار بالا، کاربرد دیوارهای آبی به حداقل رسیده است.

۱. water wall

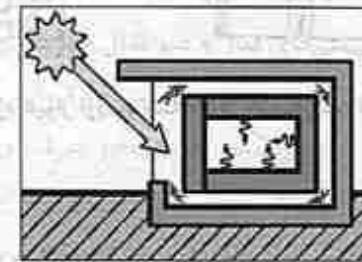
۲. phase-change material (PCM)



شکل ۶۸ نحوه عملکرد دیوار آبی

پ ۱۳-۲-۲ دیوار باراکنستانتینی

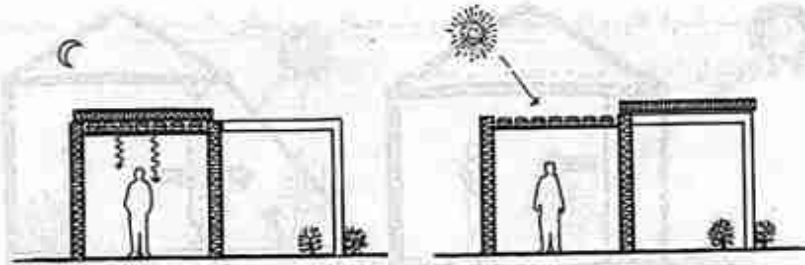
در دیوار باراکنستانتینی^۱ از کلکتورهای سبک وزن، که بر روی دیوار نصب می‌شوند، استفاده می‌شود. هوای گرم توسط داکت‌هایی از طریق همرفت طبیعی در داخل ساختمان به جریان می‌افتد [۸].



شکل ۶۹ نحوه عملکرد دیوار باراکنستانتینی

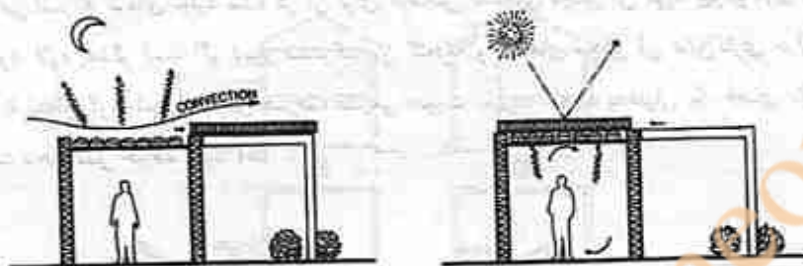
پ ۱۳-۲-۲-۴ بام آبی

این سیستم دارای مشابهت‌هایی با دیوار ترومپ است، و در آن آب در کیسه‌های پلاستیکی سیاه‌رنگ بر روی یک بام تخت فلزی ذخیره می‌شود. در طول روز زمستان، خورشید کیسه‌های آب را گرم می‌کند. گرما به سرعت به پایین جریان می‌یابد و از سقف به سمت داخل تابیده می‌شود. شب، عایق متحرک کیسه‌های آب را می‌پوشاند تا مانع از دفع گرما به سمت آسمان شب گردد (شکل ۷۰).



شکل ۷۰ عملکرد حرارتی بام آبی در طول روز و شب زمستانی

در تابستان، در طول شب عایق متحرک از روی کیسه‌ها برداشته می‌شود، تا در مقابل آسمان شب قرار گیرند، و گرمای ذخیره شده را از دست بدهند. در ساعات روز، کیسه‌های آب با عایق متحرک پوشانده می‌شوند، تا در نقش جاذب گرمایی داخل ساختمان را خنک سازند (شکل ۷۱).

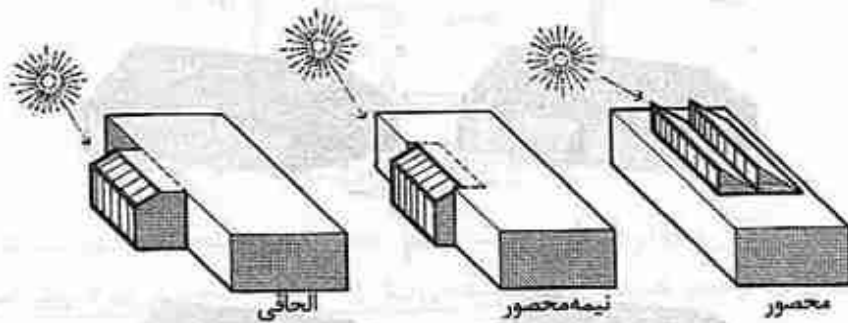


شکل ۷۱ عملکرد حرارتی بام آبی در طول روز و شب تابستان

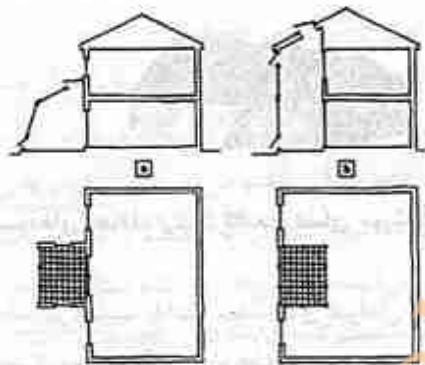
پ ۱۳-۲-۲-۵ فضای خورشیدی (گلخانه)

فضای خورشیدی، یکی از انواع سیستم‌های غیرفعال خورشیدی است که تابش خورشید را به طور مستقیم دریافت می‌کند و آن را در دیوارهای خود جذب و ذخیره می‌نماید. سپس، در زمان‌های مناسب، گرمای جذب شده را به فضاهای مجاور خود انتقال می‌دهد. در واقع، این سیستم همان سیستم «دیوار حرارتی» است که جدار شیشه‌ای آن با فاصله بیشتری از جرم حرارتی قرار می‌گیرد.

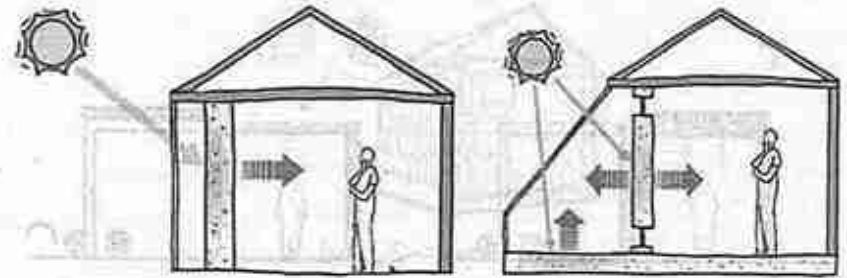
در شکل ۷۴ سه شیوه کلی برای ارتباط کالبدی یک فضای خورشیدی با ساختمان نشان داده شده است که عبارتند از الحاقی^۱، نیمه محصور^۲ و محصور^۳ (۷).



شکل ۷۴ شیوه کلی برای ارتباط کالبدی فضای خورشیدی و ساختمان اصلی

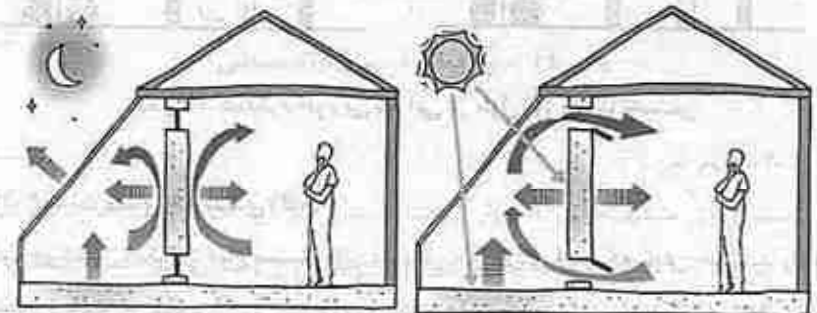


شکل ۷۵ پلان و مقطع نمونه‌ای از فضای خورشیدی نیمه محصور (سمت راست) و الحاقی (سمت چپ)



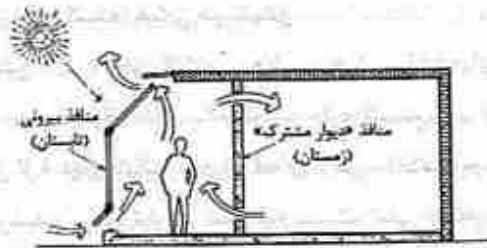
شکل ۷۲ سیستم گلخانه (سمت راست) و سیستم دیوار تروپ (سمت چپ)

در این سیستم، بخشی از گرما از طریق همرفت طبیعی به هوای گلخانه منتقل می‌شود و بخشی از آن به عناصری از گلخانه که دارای جرم حرارتی بالا هستند، منتقل می‌شود. از این‌رو، گلخانه به‌عنوان یک فضای دارای دریافت مستقیم عمل می‌کند، و گرمای تولید شده در آن در جهت حفظ دمای مطلوب استفاده می‌گردد. همچنین، گلخانه به‌عنوان یک فضای دارای دریافت غیرمستقیم رفتار می‌کند که گرمای تولید شده در آن برای گرمایش فضاهای مجاور آن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. لازم به‌ذکر است اگر دیوار مشترک بین گلخانه و فضاهای مجاور آن عایق‌کاری حرارتی شود، تا انتقال گرما تنها از طریق همرفت طبیعی صورت بگیرد، گلخانه به‌عنوان یک فضای دارای دریافت مجزا عمل خواهد نمود [۸].



شکل ۷۳ نحوه عملکرد گلخانه در هنگام روز (سمت راست) و هنگام شب (سمت چپ)

- ۱. attached
- ۲. Semi-enclosed
- ۳. enclosed



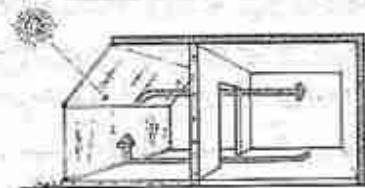
شکل ۷۷ ایجاد منافذ در دیوار داخلی و خارجی فضای خورشیدی

برای گرم کردن فضاهای داخلی در زمستان، در نظر گرفتن پنجره یا منافذی در دیوار مشترک بین فضای خانه و فضای خورشیدی، با سطح مقطعی بیش از ۱۰ درصد مساحت نورگیر ضروری است. مقدار جرم حرارتی مورد نیاز به عملکرد فضای خورشیدی بستگی دارد. اگر این فضا در اصل یک گردآور خورشیدی باشد، می‌بایست مقدار جرم حرارتی بسیار کم باشد، به طوری که بخش عمده گرما به فضای داخل راه یابد. از سوی دیگر، فضای خورشیدی، عنوان یک فضای زیستی، با دامنه نوسانی متعادل، باید اینرسی حرارتی بالایی داشته باشد.

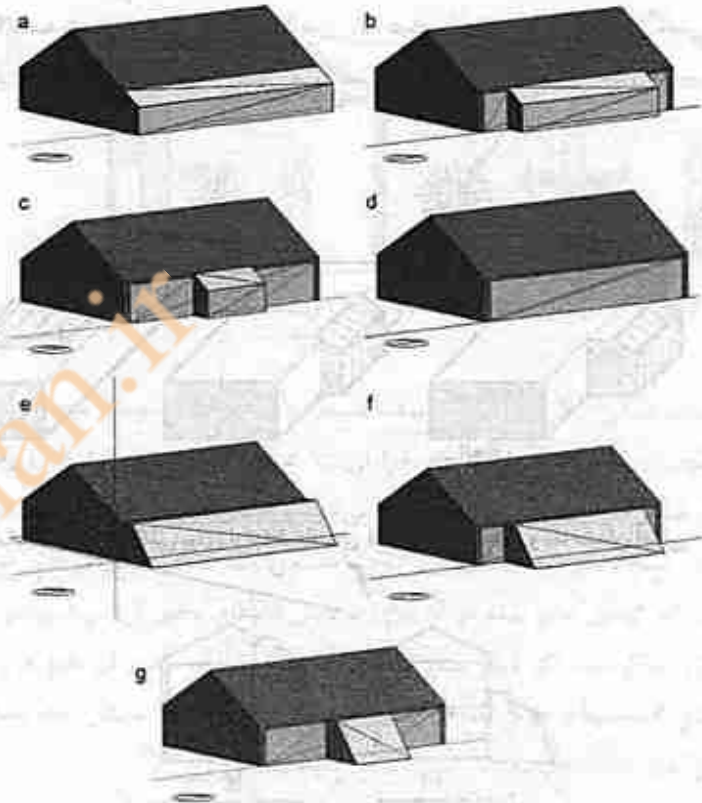
یک راه حل مناسب برای اقلیم معتدل، استفاده از یک دیوار مشترک ذخیره‌سازی حرارتی مطابق شکل ۷۸ می‌باشد. در اقلیم‌های بسیار گرم یا سرد ممکن است جدا نمودن کامل خانه از فضای خورشیدی مطلوب باشد. در این حالت می‌توان از یک دیوار عایق‌کاری حرارتی شده با جرم کمتر مطابق شکل ۷۹ استفاده نمود. هنگامی که استفاده از گرما مورد نظر باشد، درب‌ها، پنجره‌ها و یا منافذ دیوار مشترک باز می‌شوند. هنگامی که نیاز باشد فضای خورشیدی از ساختمان اصلی جدا شود، عایق‌کاری حرارتی دیوار مشترک و قرار گرفتن پنجره‌ها در حالت بسته، مانع از انتقال حرارت به دیگر فضاها می‌شود.



شکل ۷۹ استفاده از دیوار مشترک عایق‌کاری حرارتی شده بین فضای خورشیدی و فضای داخل



شکل ۷۸ استفاده از دیوار مشترک ذخیره‌سازی حرارتی بین فضای خورشیدی و فضای داخل



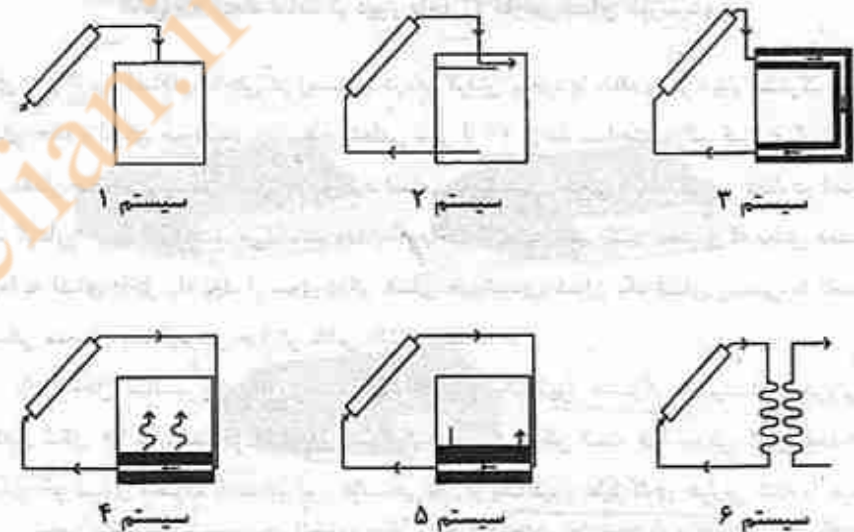
شکل ۷۶ نمونه‌هایی از شیوه‌های مختلف ارتباط کالبدی فضای خورشیدی با ساختمان اصلی

بازدهی گرمایشی گلخانه، در مقایسه با اکثر سیستم‌های غیرفعال خورشیدی، بیشتر است، زیرا در روزهای آفتابی انرژی خورشیدی جمع‌آوری و به فضاهای مجاور منتقل می‌شود، و در هنگام شب و روزهای سرد، به عنوان یک فضای کنترل‌شده^۱ عمل می‌کند و اتلاف گرما را کاهش می‌دهد. برای جلوگیری از بیش گرمایش، به خصوص در تابستان و پاییز، ایجاد منفذ در فضای خورشیدی به سمت خارج از ساختمان، مطابق شکل ۷۷، ضروری است. سطح مقطع مناسب برای منفذ ورودی در پایین و منفذ خروجی در بالا حدود ۵ درصد مساحت شیشه‌های رو به جنوب است. اگر از یک دمنده تخلیه هوا استفاده شود، سطح مقطع بازوها را می‌توان کاهش داد.

۱. buffer

پ ۱۳-۲-۶ کلکتور (جمع کننده) هوایی خورشیدی

در تابستان، با گرم شدن لایه خارجی کلکتور و هوای موجود در آن، هوای گرم شده به طرف بالا حرکت کرده و موجب می شود هوای داخل ساختمان به خارج کشیده شود. لازم به ذکر است در این سیستم، قسمت پایینی لایه هوای کلکتور با هوای فضای داخل ساختمان مرتبط می گردد [۱۰]. کلکتورهای هوایی خورشیدی^۱ را می توان در شش نوع سیستم اصلی دسته بندی نمود (شکل ۸۰).



شکل ۸۰ انواع کلکتورهای هوایی خورشیدی

«گرمایش خورشیدی هوای تهویه»^۲: در این سیستم، هوای خارج، پس از گذشتن از یک کلکتور خورشیدی نصب شده بر روی بام یا دیوار گرم می گردد و مستقیماً به داخل فضای وارد می گردد. پایین بودن نسبی دمای هوای ورودی به کلکتور باعث افزایش بازدهی سیستم می شود. «حلقه جمع آوری باز به همراه انبارهای که گرمای ذخیره شده در آن با تابش آزاد می شود»^۱: هوای درون اتاق وارد کلکتور خورشیدی شده، گرم شده و سپس، یا از طریق همرفت طبیعی (دودکش خورشیدی) یا به کمک یک فن به اتاق باز می گردد.

۱. solar air collectors
۲. solar heating of ventilation air

«سیستم دویوخته»^۲: هوای گرم شده توسط کلکتور خورشیدی در یک حلقه بسته از میان شکافی در پوسته ساختمان به گردش درمی آید. در این سیستم، استفاده از یک دیوار دویوخته اتلاف گرما از دیوارها را به طور محسوسی می کاهش دهد. در هنگام شب، به کمک دمپرهایی، جریان هوا مسدود می گردد. در تابستان، هوای گرم حاصل از کلکتور خورشیدی برای گرم کردن آب گرم مصرفی استفاده می شود.

این سیستم برای بهبود عملکرد ساختمان های آپارتمانی با عایق کاری حرارتی اندک بسیار مناسب است. این کار می تواند از طریق ساختن یک پوسته دوم بر روی پوسته اول صورت بگیرد. «حلقه جمع آوری بسته به همراه انبارهای که گرمای ذخیره شده در آن به طریق تابش آزاد می شود»^۳: هوای گرم شده توسط کلکتور خورشیدی، در یک حلقه بسته، از طریق کانال ها به داخل دیوارها و یا کف های بتنی به گردش درمی آید. دیوارها یا کف ها، به خاطر جرم بالایشان، می توانند گرما را با حداقل افزایش دما (و در نتیجه حداقل اتلاف) جذب نمایند. این گرما، در طول شب بازتابیده می شود. در صورت استفاده از فن برای به گردش درآوردن هوا، بازدهی کلکتور خورشیدی بیشتر می شود، چراکه هوا با سرعت بیشتری از کلکتور عبور می کند و در نتیجه، افزایش دمای کلکتور و اتلاف گرما را از طریق تابش یا همرفت کاهش می دهد.

«حلقه جمع آوری بسته به همراه حلقه آزادکننده باز»^۴: هوای گرم شده توسط کلکتور خورشیدی در یک حلقه بسته از طریق کانال ها به داخل جرم حرارتی به گردش درمی آید (مانند سیستم ۴)، اما هوای داخل اتاق از طریق کانال های مجزایی در داخل کف به گردش درمی آید. انباره می تواند در جای دیگری از اتاق قرار داده شود و عایق کاری حرارتی گردد و تا دماهای بالا، گرما در آن ذخیره شود، ولی به صورت کنترل شده و فعال گرما را به فضای داخل اتاق آزاد کند. می توان از یک بستر سنگی به جای جرم دیوار یا کف، به عنوان انباره استفاده نمود. در روزهای ابری که هوا به اندازه کافی گرم نمی شود که انباره را تغذیه نماید، هوای گرم شده به داخل فضای اشغال شده دمیده می شود (یک سیستم با حلقه باز را به وجود می آورد).

۱. open collection-loop with radiant discharge storage
۲. double-envelope system
۳. closed collection loop with radiant discharge storage
۴. closed collection loop with open discharge loop

«حلقه جمع‌آوری بسته و حلقه گرمایشی آبی»؛ هوای گرم‌شده توسط کلکتور خورشیدی از روی یک مبدل گرمایی هوا به آب عبور داده می‌شود. سپس، آب گرم به داخل رادیاتورها یا کف‌ها/ دیوارهای تابشی به گردش درمی‌آید.

این سیستم هنگامی مفید و کارساز است که قرار است گرما به مسافت قابل ملاحظه‌ای فرستاده شود (به دلیل اتلاف کمتر گرما و انرژی کمتری که در سیستم‌های آبی برای پمپ کردن مورد نیاز است). همچنین، در مواقعی که قرار می‌شود یک ساختمان با استفاده از سیستم آبی موجود، به‌سازی گردد.

کلکتورهای هوایی خورشیدی را می‌توان بر روی بام یا دیوارها نصب نمود و آنها را با سازه بام یا دیوار به‌عنوان بخشی از پوسته ساختمان ترکیب نمود.

در تمام سیستم‌های معرفی‌شده، با افزایش نسبت مساحت کلکتور به مساحت کف (A_c/A_f) یا کاهش بار حرارتی ساختمان (به‌خاطر طراحی پوسته بهتر برای ساختمان یا وجود هوای گرم‌تر) بخش بیشتری از بار حرارتی ساختمان تأمین می‌شود، اما:

- گرمای جمع‌آوری‌شده در هر واحد سطح کلکتور (Q/A_c) کاهش می‌یابد.

- بازدهی گرمای خورشیدی جمع‌آوری‌شده کاهش می‌یابد، و

- هزینه یک واحد گرمای خورشیدی افزایش می‌یابد.

اگر بار گرمایشی ساختمان افزایش یابد، گرمای بیشتری می‌تواند توسط یک کلکتور مشخص جمع‌آوری شود، چرا که هوای واردشده به کلکتور خنک‌تر است (با به گردش درآمدن هوا در فضای ساختمان، گرمای بیشتری از دست داده می‌شود) و در نتیجه آمادگی بیشتری برای جذب گرما هنگام عبور از کلکتور خواهد داشت.

سرعت بیشتر در جریان هوای عبوری از کلکتور نیز میزان گرمای جمع‌آوری‌شده را افزایش می‌دهد. زیرا هنگامی که سرعت عبور جریان هوا بیشتر است، افزایش دمای آن با عبور از کلکتور کمتر خواهد بود، در نتیجه میزان کمتری از گرمای جذب‌شده به محیط اطراف بازتابیده می‌شود.

بر اساس داده‌های ارائه شده در منابع موجود، بازدهی این سیستم‌ها ۳۰ تا ۷۰ درصد است و برای تأمین ۸۰ درصد یا درصد بیشتری از بار گرمایشی سالانه ساختمان‌هایی که به‌خوبی

عایق‌کاری حرارتی شده‌اند و مساحت کلکتور آنها ۱۶ درصد از مساحت کف آنها می‌باشد، کفایت می‌نماید [۱۰].

ب ۱۳-۲-۷ پنجره با جریان هوا

پنجره‌های با جریان هوا^۱، معمولاً شامل این بخش‌ها می‌باشند: یک شیشه دو جداره در طرف رو به خارج، شیشه یک یا دو جداره در طرف رو به داخل، شکاف‌هایی برای عبور هوا از فضای داخل ساختمان یا خارج آن به فضای بین شیشه‌ها از پایین پنجره، یک شکاف دیگر در بالا برای خارج شدن هوای ورودی بین شیشه‌ها و (در صورت لزوم) یک پرده قابل تنظیم جاذب/انعکاس‌دهنده در فضای هوا.

در زمستان، پرده موجود در فضای بین دو مجموعه شیشه داخلی و خارجی بالا برده یا پایین آورده می‌شود و سمت جاذب آن به‌طرف خارج قرار داده می‌شود، در حالی که در تابستان این پرده ممکن است پایین آورده شود و سمت انعکاس‌دهنده آن به‌طرف خارج قرار داده می‌شود. می‌توان گفت دو گونه پنجره با قابلیت جریان هوا شناخته شده است (شکل ۸۱).



شکل ۸۱ انواع پنجره‌های با قابلیت جریان هوا

در یک نوع از این پنجره‌ها، که با عنوان پنجره «هوای ورودی»^۲ شناخته شده، هوای خارج به فضای بین شیشه‌های پنجره کشیده می‌شود، سپس وارد فضای داخل ساختمان می‌شود تا بخشی از نیاز تهویه آن را (در زمستان) تأمین کند یا به فضای خارج (در تابستان) برگردانده می‌شود.

در زمستان، هوای واردشده، بخشی از گرمایی را که از پنجره تلف می‌شود و به خارج می‌رود، و همچنین گرمای جذب‌شده بین شیشه‌های داخل و خارج را به‌طرف بالا حرکت می‌دهد. در

۱. airflow windows

۲. supply air

تابستان، پرده بین شیشه‌ها در طول اوقاتی که خورشید به‌طور مستقیم می‌تابد، پایین آورده می‌شود و جریان هوای برقرارشده موجب می‌شود گرمای پنجره خارج شود.

در نوع دیگر این پنجره‌ها، که با عنوان پنجره «هوای خروجی»^۱ شناخته شده، هوای داخل از شکاف لایه داخلی پنجره و از پایین وارد شده و یکی از این حالت‌ها برای آن اتفاق می‌افتد:

- مستقیماً از شکاف لایه خارجی پنجره و از بالا به بیرون خارج می‌شود؛

- مستقیماً در فضای داخل ساختمان دوباره به گردش درمی‌آید؛

- از دال‌های کف بتنی سوراخ‌دار یا دیگر اتباده‌های حرارتی (مانند سنگ) عبور می‌کند پیش از آن که خارج شود؛

- به یک مبدل حرارتی هدایت می‌شود تا گرمای جمع‌آوری‌شده را به هوای ورودی تهویه منتقل کند پیش از آن که خارج شود.

در زمستان، یکی از سه حالت آخر بر حالت خروج مستقیم هوا (به خارج) ترجیح داده می‌شود، زیرا میزان اتلاف گرما از ساختمان به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد. اما در تابستان، هوای خروجی مستقیماً به خارج هدایت می‌شود.

هم در زمستان و هم در تابستان، این نوع پنجره موجب می‌شود هوای تازه خارج از دیگر بازشوه‌های ساختمان وارد شوند. هنگامی که هوای خارج برای تهویه مستقیم خیلی گرم باشد، پنجره می‌تواند هوای خارجی ورودی از بازشوه‌های زیری را از طریق بازشوه‌های بالایی مجدداً به خارج هدایت کند.

ب ۱۳-۲-۲-۸ نمای دوپوسته

یک نمای دوپوسته^۲ مانند یک پنجره با جریان هوا عمل می‌کند، با این تفاوت که نیازی نیست که تمام نقاط هر دو پوسته کاملاً نورگذر باشد و لایه هوای بین دو پوسته می‌تواند به اندازه کافی عریض باشد تا امکان دسترسی افراد به آن فراهم گردد [۱۰].

با گرم شدن هوای بین دو پوسته، هوای گرم بالا می‌رود. به کمک این شیوه می‌توان ساختمان را تهویه غیرفعال نمود. در ساختمان‌های چندطبقه، با استفاده از دریچه‌های تهویه کنترل هوشمند،

هوای بالا رونده در هر یک تا دو طبقه به‌سمت خارج هدایت می‌شود. از این طریق می‌توان افزایش دمای هوای بین دو پوسته را محدود نمود. نمای دوپوسته ضریب انتقال حرارت کمتری نسبت به پوسته داخلی به‌تنهایی دارد.

ابزار سایه‌اندازی بین نمای دوپوسته باید تا حدی از پوسته خارجی فاصله داشته باشد تا از گرم شدن بیش از حد این لایه جلوگیری نماید. اما، در عین حال، نباید فاصله آن با پوسته داخلی کمتر از این مقدار باشد و انتقال گرما را به فضای داخل در تابستان افزایش دهد. لازم به ذکر است گیاهان خزان‌پذیر، به‌عنوان یکی از گزینه‌های سایه‌اندازی قابل تنظیم بین دو نما، مورد توجه هستند.

در زمستان، این سیستم می‌تواند برای گرمایش مورد استفاده قرار گیرد، در صورتی که هوای تازه از پایین نمای جنوبی وارد شود و از طریق داکت بام، به داخل نمای شمالی و به‌سمت پایین جریان یابد و از سمت شمالی ساختمان از سطح سقف به هر طبقه وارد شود. لازم به ذکر این نکته است که هوای خروجی نباید دوباره وارد جریان هوای نمای جنوبی شود. به‌عبارت دیگر، هوای خروجی باید جمع‌آوری شود و بدون تماس با هوای بین دو پوسته به خارج هدایت شود. از این هوا می‌توان، به‌کمک یک مبدل حرارتی، برای پیش‌گرمایش هوایی که وارد نمای جنوبی می‌شود، استفاده نمود.

در شکل ۸۲ انواع نماهای دوپوسته از نظر هندسه نما نشان داده شده است که عبارتند از:

۱. نمای دو پوسته چند طبقه^۱: در این حالت هیچ تقسیم بندی افقی یا عمودی بین دو پوسته نیست بنابراین تهویه هوای لایه میانی از طریق دریچه‌های نزدیک به کف و نزدیک به سقف انجام می‌شود. (شکل الف)

۲. نما با تقسیم بندی افقی^۲: تقسیمات افقی در نما ایجاد می‌شود بخش‌های افقی برای اکوستیک، حفاظت در مقابل آتش یا برای تهویه ساخته شده است. (شکل ب)

۳. نما با تقسیم بندی افقی و عمودی^۳ (جمع‌های): تقسیمات افقی و عمودی در نما وجود دارد و نما به قطعات کوچکتر و مستقل از هم تقسیم می‌شود. (شکل پ)

۱. Multi Story Double Skin Façade

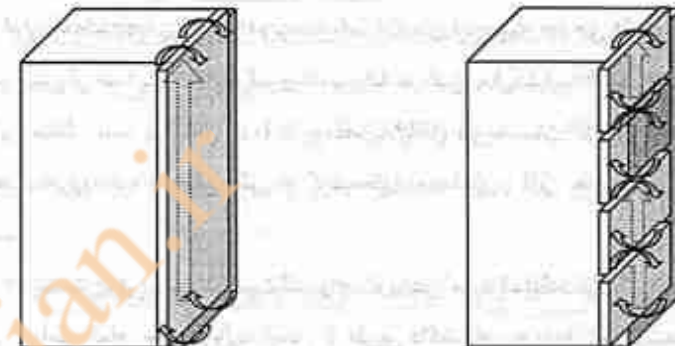
۲. Corridor Façade

۳. Box window type

۱. exhaust air

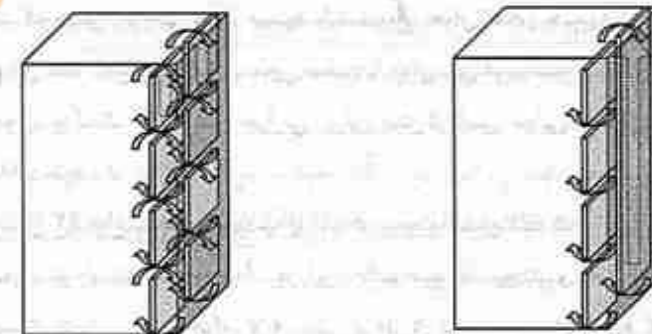
۲. double-skin facades

۴. نمای از نوع شفت جعبه‌ای^۱: ترکیبی از حالت ۱ و ۳ است. در این حالت محورهای نما اثر دودکش را افزایش می‌دهند. (شکل ت)



الف

ب



پ

ت

شکل ۸۲ انواع نماهای دودکشی از نظر هندسه نما

پ ۱۳-۲-۹ دیوارهای خورشیدی صلب مجوف^۲

این دیوارها شامل یک پوشش فلزی در خارج می‌باشند که مانند یک پاتل خورشیدی عمل می‌کنند. این پوشش توسط میلیون‌ها سوراخ کوچک مجوف شده است. این سیستم‌ها در حال

۱. Shaft Box Type

۲. perforated unglazed solar walls

حاضر از آلومینیوم ساخته می‌شوند. اما به دلیل گران بودن آلومینیوم و بالا بودن «انرژی دربر گرفته»^۱ در آن (برای تولید)، از مقاطع فولادی گالوانیزه و بعضی از پلاستیک‌ها استفاده می‌شود که کاهش اندک بازدهی سیستم را به دنبال دارد، و در عوض به میزان قابل توجهی هزینه‌ها را کاهش می‌دهد [۱۰].

هوای خارج از طریق سوراخ‌های پوشش خارجی داخل می‌شود و پیش از ورود به فضاهای داخل ساختمان گرم می‌شود. افزایش دمای ۲۵ تا ۳۰ کلون در یک روز آفتابی زمستانی مورد انتظار است.

این سیستم، با عنوان «کلکتور خورشیدی با جدار نفوذپذیر»^۲ نیز شناخته شده است. این سیستم برای ساختمان‌هایی، مانند کارخانه‌ها، با دیوارهای وسیع بدون پنجره یا با کم‌پنجره خیلی مناسب است [۱۰].

پ ۱۳-۲-۱۰ دودکش خورشیدی

تهویه طبیعی می‌تواند از طریق ایجاد اثر دودکش صورت بگیرد. در این حالت، هوای گرم‌شده که چگالی آن نیز کمتر می‌باشد، به طرف بالا و به سمت خارج ساختمان حرکت می‌کند و موجب می‌شود هوای خنک‌تر خارج وارد بخش‌های پایینی ساختمان شود (شکل ۸۳).

اختلاف فشار با بیرون را می‌توان به کمک زیاد کردن ارتفاع به سطحی بالاتر از سطح خنثی، افزایش داد. در نتیجه، اگر برج بلندی ساخته شود، تهویه غیرفعال بیشتری حاصل می‌گردد. برجی که با این هدف ساخته می‌شود، با عنوان «دودکش خورشیدی»^۳ نامیده می‌شود.

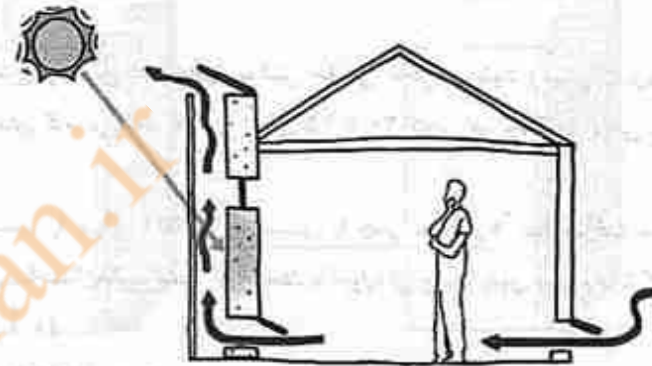
از گرمای هوایی که بالا می‌رود و خارج می‌شود، می‌توان برای گرم کردن هوای تازه ورودی بهره‌گیری نمود. از این طریق، دودکش خورشیدی می‌تواند برای تهویه، در مواقعی که گرمایش فضا مورد نیاز است، مورد استفاده قرار گیرد. در این سیستم، هرچه که سرعت جریان هوا پایین‌تر باشد، میزان بازدهی باز یافت گرما افزایش و افت فشار کاهش می‌یابد. باز یافت گرما توسط مبدل حرارتی مقاومت قابل توجهی در برابر جریان هوا ایجاد می‌کند و اکثراً منجر به کاهش دبی هوا می‌شود، که این موضوع باید در طراحی در نظر گرفته شود. این امر از طریق افزایش مقاومت در برابر جریان هوا

۱. embodied energy

۲. transpired solar collector

۳. solar chimneys

و خنک شدن هوایی که از دودکش خارج می‌شود، اتفاق می‌افتد. این مشکل را می‌توان با ساخت دودکش خورشیدی بزرگ‌تری برطرف نمود.



شکل ۸۳ نحوه عملکرد دودکش خورشیدی

اگر کلکتورهای خورشیدی با دیوار برج ترکیب شوند، در هنگام تابش خورشید، جریان هوای بیشتری به‌وجود می‌آید. همچنین، باکس‌های پله را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی نمود که به‌عنوان دودکش خورشیدی عمل کنند؛ به‌خصوص اگر بخشی از آنها شیشه شود و در لبه ساختمان و در برابر تابش خورشید قرار داده شوند. به‌علاوه، دودکش‌های خورشیدی را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی نمود که نور طبیعی فضای داخل ساختمان را تأمین نمایند. در خانه‌های مجزا، نیمه‌مجزا یا خانه‌های ردیفی، اثر دودکش در ساختمان‌های بلندتر بیشتر خواهد بود. از این‌رو، خانه‌های سه‌طبقه به خانه‌های یک یا دو طبقه ترجیح داده می‌شوند [۱۰].

پ ۱۳-۲-۱۱ سلول فتوولتائیک

سلول‌های فتوولتائیک^۱ که گاه نام سلول‌های خورشیدی نیز به آنها اطلاق می‌گردد، از پولک‌هایی ساخته می‌شوند که نور را مستقیماً به الکتریسته تبدیل می‌کنند [۷]. با استفاده از این سلول‌ها، می‌توان انرژی خورشیدی را به جریان برق مستقیم تبدیل نمود.

به‌طور کلی، اهم مزایای به‌کارگیری سلول‌های فتوولتائیک به‌شرح زیر است:

- منبع انرژی پاک است. برای مثال، جریان برقی که توسط هر مترمربع سلول‌های فتوولتائیک تولید می‌شود، می‌تواند منجر به کاهش بیشتر از دو تن دی‌اکسیدکربن شود. استفاده وسیع‌تر از برق فتوولتائیک می‌تواند به کاهش اثرات محیطی بخش ساختمان، که موجب انتشار بیش از ۵۰ درصد گازهای گلخانه‌ای می‌شود، کمک نماید.

- بازگشت سرمایه کوتاه می‌باشد (حدود دو تا پنج سال)، در حالی که طول عمر بهره‌برداری از پانل‌های فتوولتائیک بیشتر از ۲۰ سال است.

- انرژی در سایت تولید می‌شود، از این‌رو اتلاف بسیار ناچیزی در انتقال انرژی اتفاق می‌افتد.

- هزینه نگهداری آن پایین است.

- این پانل‌ها می‌توانند برق را در مناطقی که دور از شبکه برق‌رسانی می‌باشند، تولید کنند.

- قابل حمل و نقل می‌باشند [۸].

مزایای استفاده از سلول‌های خورشیدی

سلول‌های خورشیدی را می‌توان از تک‌کریستال (مونوکریستال) سیلیکون^۱، کریستال‌های چندگانه (پلی‌کریستال‌ها)^۲، سیلیکون آمرفس (غیرکریستال)^۳ یا از دیگر مصالح ساخت [۱۰]، در صورتی که از پانل‌های سیلیکونی آمرفس با بازدهی پایین‌تر و قیمت کم‌تر استفاده شود، نیاز به سطح بیشتری از آنها خواهد بود. در صورت استفاده از پانل‌های پلی‌کریستال که بازدهی بیشتری دارند، نیاز به مساحت کم‌تری خواهد بود. پانل‌های مونوکریستال پربازده‌ترین نوع فتوولتائیک می‌باشند، و نه تنها به سطح کم‌تری نیاز دارند، بلکه دارای دوام بیشتری نیز می‌باشند [۸] (جدول ۱۱۳).

سلول‌های خورشیدی معمولاً در ابعاد کوچک تولید می‌شوند. به همین علت، باید تعداد زیادی سلول در کنار هم قرار گیرند و سری یا موازی شوند تا یک مدول یا مساحت کافی (بین ۰/۴ تا ۱/۰ متر مربع) ساخته شود [۸]. مدول‌ها را نیز می‌توان با یکدیگر ترکیب کرد و صفحات خورشیدی را به‌وجود آورد که آنها نیز با یکدیگر ترکیب می‌شوند و آرایه‌ها را به‌وجود می‌آورند [۷] (شکل ۸۴).

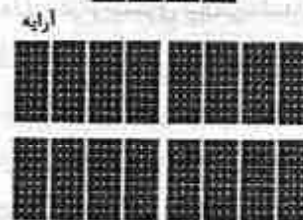
۱. a single crystal of silicon (x-Si)

۲. multiple crystals (polycrystalline) (p-Si)

۳. amorphous (non-crystalline) silicon (a-Si)

جدول ۱۱۳ انواع مدول‌های فتوولتائیک

نوع مدول	شکل ظاهری	رنگ	بازدهی (درصد)	دوام (سال)
مونوکریستال	ترکیبی از اشکال چند ضلعی و دایره‌ای	مشکی آبی	۱۰-۱۶	۲۵-۳۰
پلی کریستال	سطح بی‌نظم کریستالی درخشان	مشکی آبی	۸-۱۲	۲۰-۲۵
آمرقس	سطح مات	قرمز، سبز، نارنجی، مشکی آبی، زرد	۴-۸	۱۵-۲۰



شکل ۸۴ ترکیب سلول‌ها برای تشکیل مدول‌ها، ترکیب مدول‌ها برای تشکیل پانل‌ها و ترکیب پانل‌ها برای تشکیل آرایه‌ها

لازم به ذکر است، سلول‌های فتوولتائیک را می‌توان از طریق پوشاندن مستقیم یک لایه نازک (معمولاً شیشه) یا نیمه‌هادی ساخت. این سلول‌ها، تحت عنوان «سلول‌های لایه‌نازک»^۱ نامیده می‌شوند. در این سلول‌ها، کمتر از $1 \mu\text{m}$ (میکرون) مصالح نیمه‌هادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدول‌ها را می‌توان با استفاده از سیلیکون آمرقس (غیر کریستال)، ترکیب سیلیکون آمرقس و تک کریستال سیلیکون یا با استفاده از پلی کریستال‌ها ساخت.

انواع دیگری از سلول‌های خورشیدی نیز ساخته شده‌اند. از جمله مصالح مورد استفاده می‌توان به این موارد اشاره نمود: کادمیوم^۲، ایندیم^۳، تلوراید^۴، سلتیوم^۵، گالیوم^۶ و آرسنیک^۷.

«سلول‌های خورشیدی رنگی نانوکریستالین»^۸، شامل یک ماتریس متخلخل از کریستال‌های اکسید تیتانیوم است که با یک لایه ضخیم تک مدولی از رنگ اورگانومتالیکی روتنیوم^۹ پوشانده می‌شود. این سلول‌های خورشیدی را می‌توان بر روی ورق‌های فلزی چاپ کرد و آنها را با صرف هزینه ناچیزی سبک و انعطاف‌پذیر ساخت و آنها را برای استفاده در اشکال و فرم‌های دلخواه در معماری مناسب نمود. این رنگ می‌تواند بخشی از انرژی فوتون‌ها را جذب نماید. با استفاده از این مسئله می‌توان پنجره‌هایی را طراحی نمود که اشعه فروسرخ را به برق تبدیل می‌نمایند و در عین حال اجازه می‌دهند نور طبیعی وارد فضای داخل شود [۱۰].

برای استفاده از برق تولیدشده توسط پانل‌های فتوولتائیک، در ابتدا نیاز به اجرای ردیف‌های زیادی از این پانل‌ها در مکان‌های آفتابی و خشک بود، یا می‌بایست در مکان‌های دورافتاده و برای تولید در مقیاس کوچک، این کار صورت می‌گرفت. همچنین، نیاز به سازه‌های نگهدارنده بود و حتی اگر قرار بود که برق تولیدشده به شبکه برق وارد شود، تبدیل آن به جریان برق متناوب با فرکانس و ولتاژ مناسب نیز ضروری بود.

۱. thin-film cells

۲. cadmium (Cd)

۳. indium (In)

۴. telluride (Te)

۵. selenium (Se)

۶. gallium (Ga)

۷. arsenic (As)

۸. nanocrystalline dye cells

۹. ruthenium-based organometallic dye

اما، اکنون می‌توان مدول‌های خورشیدی را به‌عنوان بخشی از مصالح سازه‌ای ساختمان مانند مصالح بام، دیوار و پنجره ساخته. این مدول‌های فتوولتائیک که بخشی از سازه ساختمان را تشکیل می‌دهند، با عنوان «پانل‌های فتوولتائیک ترکیب‌شده با ساختمان»^۱ نامیده شده‌اند [۱۰]. استفاده از این پانل‌ها چندین مزیت مهم در بر دارد:

- حذف اتلاف انرژی در انتقال الکتریسته

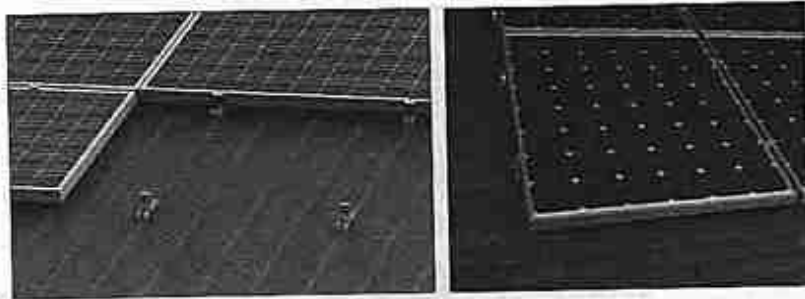
- عدم استفاده از فضای باز برای قرار دادن پانل‌های فتوولتائیک
- حذف بخشی از هزینه جداره ساختمان با استفاده از مدول‌های فتوولتائیک به‌جای آن
- عدم نیاز به یک سازه باربر به‌دلیل استفاده از سازه ساختمان موجود
- پتانسیل زیباشناختی در استفاده از نوع جدیدی از مصالح نما [۷]

در صورتی که مدول‌های فتوولتائیک از نمای ساختمان با ایجاد یک لایه هوا جدا شوند، نفوذ گرما به نمای ساختمان و در نتیجه بار سرمایشی ساختمان کاهش می‌یابد. این امر، به‌کمک ایجاد سایه بر روی نمای داخلی و تهویه غیرفعال لایه هوا اتفاق می‌افتد.

البته لازم به‌ذکر است، در مورد این مدول‌ها، متوسط خروجی انرژی به‌دلیل محدود شدن جهت‌گیری مدول‌ها به جهت‌گیری ساختمان، کاهش پیدا می‌کند.

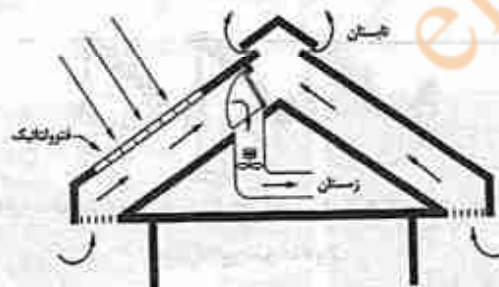
مدول‌های فتوولتائیک را می‌توان به مصالح معمول مورد استفاده برای بام یا نما متصل نمود، یا می‌توان آن‌ها را جایگزین مصالح متداول نمود. همچنین، می‌توان به‌عنوان نورگیر آتریوم، یا به‌عنوان ابزار ثابت یا قابل تنظیم برای ایجاد سایه از این مدول‌ها استفاده نمود [۱۰]. به‌طور کلی، در جداره ساختمان چهار بخش اصلی وجود دارد که پانل‌های فتوولتائیک می‌تواند با آن یکپارچه شود: دیوار، بام، نورگیر و سازه‌های کمکی نظیر پیشامدگی‌ها و سایبان‌ها [۷]. در ادامه، بعضی از این سیستم‌های ترکیب مدول‌های فتوولتائیک با ساختمان توضیح داده می‌شود.

«نصب مدول‌های فتوولتائیک بر روی بام شیبدار»، به‌دلیل سادگی اجرا (نیازی به سازه غیرقابل نفوذ در برابر آب ندارد) اغلب به‌عنوان ارزان‌ترین شیوه نصب مدول‌های فتوولتائیک می‌باشد. این مدول‌ها را می‌توان یا به پست‌هایی که به سقف‌های بام توسط پیچ متصل شده‌اند، متصل نمود یا به سقف‌های مخصوصی که دارای صفحاتی می‌باشند، متصل نمود. در این سیستم، یک لایه هوا در زیر مدول‌ها ایجاد می‌شود که باعث می‌شود از افزایش دمای مدول و اتلاف انرژی جلوگیری شود (شکل ۸۵).



شکل ۸۵ نصب مدول‌های فتوولتائیک بر روی بام شیبدار

«ترکیب مدول‌های فتوولتائیک با بام شیبدار»، جایگزین مصالح معمول مورد استفاده برای پوشش بام می‌شود. در این حالت، نیاز به ایجاد لایه‌ای غیرقابل نفوذ در برابر آب می‌باشد. این سیستم نسبت به سیستمی که مدول‌های فتوولتائیک بر روی بام نصب می‌شوند، زیباتر است. پانل‌ها را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی نمود که دارای همپوشانی باشند یا بدون همپوشانی باشند. در این سیستم، مدول‌ها گرم می‌شوند، مگر این‌که لایه‌ای در زیر مدول‌ها ایجاد شود و یک ورودی در پایین و یک خروجی در بالای بام طراحی شود تا تهویه صورت گیرد. از این‌رو، مدول‌های فتوولتائیک به‌عنوان لایه خارجی یک بام دوجوسته عمل می‌کنند، که می‌تواند برای پیش‌گرمایش هوای ورودی یا ایجاد نیروی محرکی برای تهویه داخل ساختمان (سرمایش فضا) مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۸۶). پانل‌های فتوولتائیک را می‌توان به‌کمک به گردش درآوردن آب در لوله‌هایی که به پشت پانل‌ها متصل می‌شوند، نیز خنک نمود. یا این روش، پیش‌گرمایش آب موردنیاز برای مصارف خانگی نیز صورت می‌گیرد.

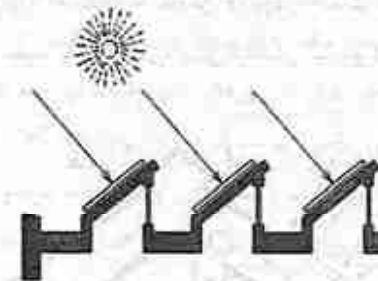


شکل ۸۶ تهویه لایه زیری مدول‌های فتوولتائیک در تابستان و استفاده از این گرما در زمستان برای گرمایش ساختمان



شکل ۸۷ ترکیب مدول های فتوولتائیک با بام شیبدار

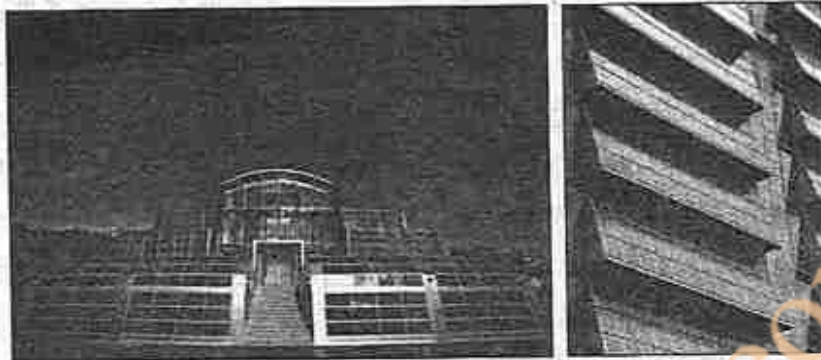
«مدول های فتوولتائیک شیبدار بر روی بام صاف» نیاز به یک سازه نگهدارنده دارند. در این سیستم، با جریان هوا از زیر مدول ها، امکان خنک سازی مدول ها و جلوگیری از کاهش بازده آنها فراهم می گردد. بار سرمایشی ساختمان نیز با ایجاد سایه بر روی بام کاهش پیدا می کند. شیبدار نمودن مدول ها به سمت نور خورشید، متوسط سالانه تابش خورشید بر روی مدول ها را افزایش می دهد اما انرژی الکتریکی کل تولید شده کاهش می یابد، چراکه تنها از بخشی از مساحت بام بهره گیری می شود، در این شرایط، استفاده از پنجره های کلاستوری نیز پیشنهاد می شود، تا شیب رو به شمال برای روشنایی طبیعی مورد استفاده قرار گیرد [۷] (شکل ۸۸).



شکل ۸۸ استفاده از پنجره های کلاستوری هم برای بهره گیری از نور طبیعی و هم برای نصب پانل های فتوولتائیک

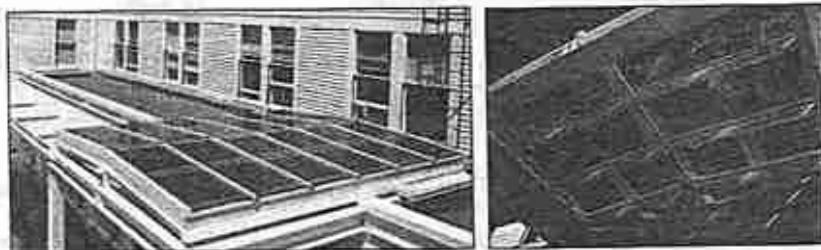
«مدول های فتوولتائیک افقی بر روی بام صاف» می توانند به جای مصالح معمول مورد استفاده برای بام، مورد بهره برداری قرار گیرند. این مدول ها، می توانند دارای عایق حرارتی باشند که از داخل به یکدیگر چفت و بست می شوند. همچنین، می توان این مدول ها را با فاصله ای از بام نصب نمود تا امکان خنک سازی سلول ها از طریق تهویه فراهم گردد.

«مدول های فتوولتائیک بر روی نما» می توانند به طور کالبدی یا تنها به طور بصری با نمای ساختمان ترکیب شوند (شکل ۸۹). هنگامی که از این مدول ها در نماهای پرده ای استفاده می شود، مدول های فتوولتائیک را می توان با سطوح شبیه ای پنجره ها ترکیب نمود. این مدول ها را می توان به عنوان سایه بان های ثابت یا قابل تنظیم در نمای ساختمان ها یا پوسته بیرونی نمای دوبسته مورد استفاده قرار داد.



شکل ۸۹ ترکیب مدول های فتوولتائیک با نما به صورت کالبدی

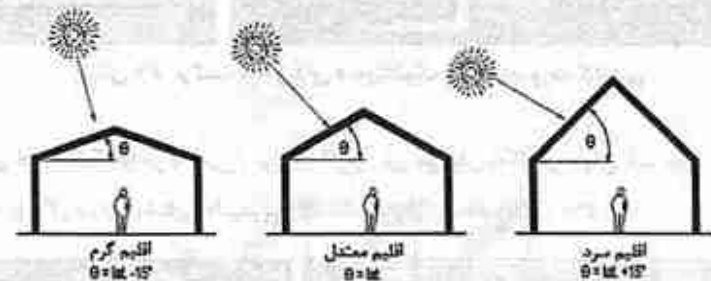
مدول های فتوولتائیک را در بخشی از نورگیر آتریوم نیز می توان به کار برد، ولی باید توجه داشت که این اقدام بهره گیری از روشنایی طبیعی را تحت الشعاع قرار ندهد (شکل ۹۰).



شکل ۹۰ استفاده از مدول های فتوولتائیک به عنوان نورگیر آتریوم

برای افزایش ولتاژ یک سیستم فتوولتائیک، مدول‌های منفرد فتوولتائیک به صورت سری به یکدیگر متصل می‌شوند. برای افزایش جریان تولیدشده توسط یک سیستم فتوولتائیک، مدول‌های منفرد فتوولتائیک به صورت موازی به یکدیگر متصل می‌شوند. یک ترکیب موردنظر از ولتاژ و جریان را می‌توان به کمک ترکیبی از اتصالات سری و موازی به دست آورد. اگر هر یک از سلول‌ها با مدول‌ها در سایه قرار گیرند، جریان کمتری تولید می‌شود و خروجی تمام سلول‌های دیگری که به صورت سری با آنها قرار داده شده‌اند، محدود می‌شود. از این رو، بهتر است که میزان اتصالات سری محدود گردد و در صورتی که احتمال ایجاد سایه بر روی آنها وجود داشته باشد، سلول‌ها تا حد امکان به صورت موازی طراحی گردد [۱۰].

همچنین، حداکثر جمع‌آوری اسواج تابشی خورشید زمانی اتفاق می‌افتد که پانل‌های فتوولتائیک عمود بر پرتوهای تابشی مستقیم باشد. بهترین زاویه شیب اساساً تابع زمانی از سال است که بیشترین مقدار برق مورد نیاز می‌باشد. اقلیم‌های گرم بیشترین الکتریسیته را در طول تابستان و برای تهویه مطبوع نیاز دارند. از این رو، زاویه شیب مساوی عرض جغرافیایی منهای ۱۵ درجه، زاویه مناسبی برای این مناطق می‌باشد. در حالی که اقلیم‌های سرد بیشترین الکتریسیته را در زمستان و برای پمپ‌ها و پنکه‌های سامانه‌های گرمایشی و روشنایی نیاز دارند. از این رو، زاویه شیب مناسب برای این مناطق مساوی عرض جغرافیایی به علاوه ۱۵ درجه است (شکل ۹۱).



شکل ۹۱ زاویه شیب مناسب برای نصب پانل‌های فتوولتائیک

به علاوه، جهت‌گیری مطلوب رو به جنوب می‌باشد. البته، انحراف تا ۲۰ درجه به سمت شرق یا غرب از جهت جنوب، افت بسیار ناچیزی در بازدهی سیستم به وجود می‌آورد. نواحی غربی و شرقی می‌توانند تا ۶۰ درصد بازدهی جدار جنوبی را تأمین کنند [۷].

لازم به توضیح است که سلول‌های فتوولتائیک علاوه بر مزایا، دارای معایبی نیز هستند که کاربرد آن‌ها را در برخی موارد دچار محدودیت می‌کند. هزینه اولیه بالا و غیرقابل پیش‌بینی بودن میزان انرژی الکتریکی خروجی سلول‌ها از جمله این معایب می‌باشند.

پ ۱۳-۲-۲-۱۳ کلکتور (جمع‌کننده) خورشیدی با سیال مایع

رقیب اصلی سیستم فتوولتائیک برای استفاده در بام ساختمان، کلکتورهای فعال هستند که برای جذب انرژی خورشیدی، به منظور تولید هوا یا آب گرم، طراحی می‌شوند. کلکتورهای خورشیدی و پانل‌های فتوولتائیک، به دلیل شباهت ظاهری و نیاز به دسترسی به خورشید، می‌توانند در کنار یکدیگر، با ساختمان یکپارچه گردند [۷].

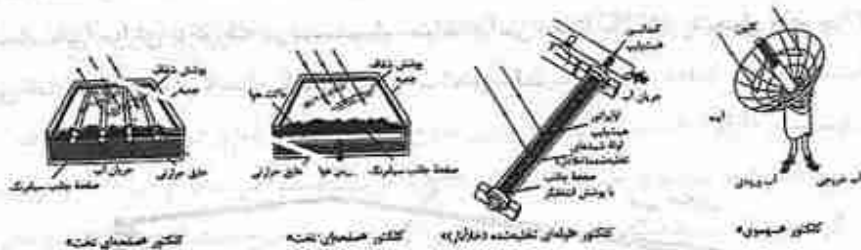
هوای گرم اصولاً برای گرمایش فضا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالی که آب گرم را می‌توان برای کاربردهای مختلفی استفاده نمود، مانند آب گرم مصرفی، گرمایش فضا، سرمایش فضا و گرمایش استخرهای شنا.

معایب اصلی هوا به عنوان سیال مورد استفاده در کلکتور آن است که این نوع کلکتور و کانال‌های آن حجیم می‌باشند، جلوگیری از نشت هوا در آنها دشوار است و این که گرم نمودن آب گرم مصرفی یا هوای گرم مناسب نیست. محاسن آن نیز عبارت است از آن که هوا متجمد نشده و یا به جوش نمی‌آید. نشت آن موجب ایجاد خسارت نمی‌گردد و این که هوای گرم می‌تواند به صورت مستقیم برای گرم نمودن ساختمان به کار رود [۷].

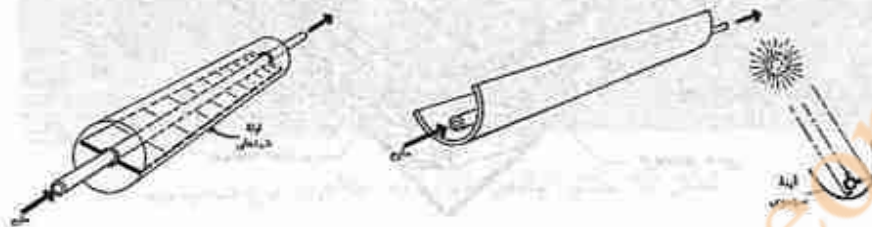
لازم به ذکر است، از آنجا که آب گرم در طول سال مورد نیاز است، تجهیزات آن هیچ‌گاه بدون استفاده نخواهد ماند. در حالی که، سیستم‌های گرمایش فضا از نوع سیستم‌های خورشیدی فعال، نه تنها در بخش عسده‌های از سال بدون فعالیت می‌باشند، بلکه زمانی که در زمستان به فعالیت می‌پردازند، تأمین انرژی خورشیدی از طریق آنها در کمترین مقدار خود می‌باشد [۷].

آب گرم‌کن‌های خورشیدی، می‌توانند برای تأمین حداقل بخشی از آب گرم مورد نیاز در اکثر بخش‌های جهان مورد استفاده قرار گیرند. در کانادای جنوبی، کلکتورهای خورشیدی نصب شده بر روی بام می‌توانند نیمی از نیاز سالانه آب گرم را تأمین می‌کنند؛ در قبرس، ۸۰ درصد و در داروین^۱، استرالیا ۹۷ درصد نیاز سالانه آب گرم را تأمین می‌نمایند [۱۰].

آب داغ وجود داشته باشد، از کلکتورهایی غیر از کلکتورهای صفحه‌ای تخت استفاده می‌شود. یعنی به کمک متمرکز ساختن نور خورشید (شکل ۹۳) یا با کاهش دفع گرما (شکل ۹۴) آب را می‌توان تا بالاتر از نقطه جوش گرم نمود [۷].



شکل ۹۲ انواع کلکتورهای خورشیدی



شکل ۹۴ دریافت دماهای بالاتر در کلکتورهای لوله‌ای تخلیه‌شده (خلأدار) از طریق کاهش اتلاف گرما

شکل ۹۳ استفاده از آینه سهموی در کلکتورهای متمرکز کننده برای دستیابی به دماهای بالاتر

یک کلکتور صفحه‌ای تخت، شامل لوله‌هایی است که در آنها آب به جریان درمی‌آید. این لوله‌ها، در یک سطح جاذب سیاه‌رنگ کار گذاشته می‌شوند. در زیر این لوله‌ها، عایق حرارتی نصب می‌شود تا به نکه داشتن گرما کمک کنند. کلکتورهای صفحه‌ای تخت بدون شیشه، افزایش دما تا 10 K را موجب می‌شوند، در حالی که کلکتورهای صفحه‌ای تخت با پوشش شیشه‌ای تک‌لایه یا چند لایه، افزایش دما تا 50 K را ممکن می‌شوند و می‌توانند برای گرم کردن آب یا هوا مورد استفاده قرار گیرند [۷] (شکل ۹۵). لازم به توضیح است، پوشش شیشه‌ای با ایجاد اثر گلخانه‌ای، انرژی جذب‌شده را به حداکثر می‌رساند. لازم به ذکر است، صفحه جاذب باید دارای ضریب جذب خیلی

با ترکیب این سیستم‌های خورشیدی با یک سیستم توزیع گرما (معمولاً یک سیستم با دمای پایین، مانند گرمایش تابشی از کف)، می‌توان از این سیستم برای گرمایش فضاها و تأمین آب گرم مصرفی استفاده نمود. به این سیستم، «کامبای-سیستم»^۱ (سیستم تلفیقی) گفته می‌شود. این سیستم، نسبت به سیستمی که فقط برای تولید آب گرم مصرفی استفاده می‌شود، پیچیده‌تر می‌باشد. همچنین، باز گرمایشی در این سیستم، دستخوش تغییرات فصلی قابل توجهی می‌شود. به علاوه، باز گرمایشی سیستم در مواقعی که حداقل دسترسی به انرژی خورشیدی وجود دارد، در حداکثر مقدار خود می‌باشد.

در سیستم «کامبای-سیستم» می‌توان از پانل‌های مدولار کلکتور به جای مصالح معمول بام یا دیوار استفاده نمود. در این حالت، حتی در مواقعی که گرمای قابل ملاحظه‌ای را برای مخزن ذخیره تولید نمی‌نمایند، موجب کاهش اتلاف گرما از عناصر دیوار یا بام می‌گردند. ترکیب کلکتورهای خورشیدی با دیوارهای رو به خط استوا، به افزایش گرمای جذب‌شده در زمستان و کاهش گرمای جذب‌شده در تابستان، در مقایسه با کلکتورهای روی بام کمک می‌کنند [۱۰].

کلکتورها را می‌توان بر روی بام نصب نمود یا در صورتی که از کلکتورهای تخت استفاده شود، می‌توان آنها را به‌عنوان بخشی از کالبد ساختمان طراحی نمود. بعضی از نمونه‌های ترکیب کلکتورهای خورشیدی با بام و دیوارهای ساختمان در شکل ۹۲ نمایش داده شده است. به دلایل زیبایی‌شناسی و برای به حداقل رساندن امکان نفوذ آب در محل اتصال مصالح مختلف بام، معمولاً راحل مطلوب، پوشش کل بام یا تقسیمات بام با ردیف‌هایی از کلکتورهای خورشیدی است. کلکتورهای خورشیدی ترکیب‌شده با دیوار نیز وجود دارد. یکی از نکات مثبت این کلکتورها در صورتی که رو به خط استوا نصب شوند، این است که تغییرات فصلی تابش خورشید موجب برخورداری از حداکثر تابش خورشید در زمستان و اوایل بهار/اواخر پاییز و حداقل تابش خورشید در تابستان می‌شود. از این رو، نسبت به کلکتورهای افقی یا شیب‌دار، متناسب با تغییرات فصلی، به نیاز گرمایشی فضای داخل، بهتر پاسخ داده می‌شود [۱۰].

انواع کلکتورهای خورشیدی عبارتند از: کلکتورهای «صفحه‌ای تخت»^۲، کلکتورهای «لوله‌ای تخلیه‌شده (خلأدار)»^۳ و کلکتورهای «ترکیبی سهموی»^۴ (شکل ۹۲) در واقع، هنگامی که نیاز به آب

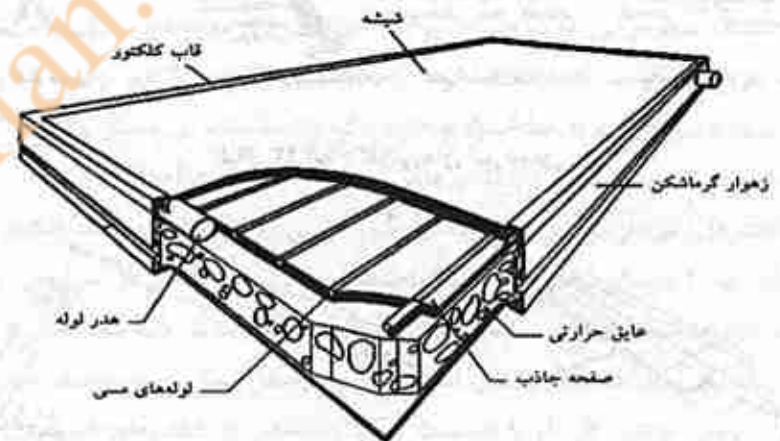
۱. combisystem

۲. flat-plate collector

۳. evacuated-tube collector

۴. compound parabolic collector (CPC)

بالایی باشد (تا ۰/۹۵، در مقایسه با ۰/۹ در مورد رنگ مشکی معمولی، که به معنای انعکاس ۱۰ درصد از اشعه تابیده به آن می باشد). همچنین، صفحه جاذب باید دارای ضریب هدایت حرارت بالا باشد تا گرما را به خوبی به آب منتقل کند. به علاوه، باید ضریب گسیل^۱ اشعه فروسرخ صفحه جاذب پایین باشد (کمتر از ۰/۱۵). تا اتلاف انرژی تابیده شده به آن، به حداقل رسانده شود. لازم به ذکر است، عایق حرارتی به کاررفته در سیستم باید بتواند افزایش دما تا ۱۵۰°C را تحمل کند، چرا که این دما ممکن است در تابستان با قطع جریان آب اتفاق بیفتد.



شکل ۹۵ کلکتور صفحه ای تخت

یک کلکتور لوله ای تخلیه شده (خلأدار)، شامل یک سری لوله است که هوای درون آنها تخلیه شده تا اتلاف گرما از طریق همرفت وجود نداشته باشد. این کلکتورها، انواع مختلفی دارند؛ اما دو نوع آن که از طول عمر بالایی در برابر شرایط متغیر هوای خارج برخوردار بوده اند، کلکتور هیت پایپ^۲ (ر.گ. به صفحه ۲۷۹) و کلکتور تمام شیشه^۳ می باشند. کلکتور هیت پایپ، دارای یک صفحه جاذب

۱. emissivity.

۲. heat pipe collector

۳. all-glass collector

به رنگ سیاه در داخل هر یک از لوله های^۱ تخلیه شده از هوا می باشد. در داخل هر یک از صفحات جاذب، یک لوله^۲ وجود دارد که مایع را به جریان درمی آورد. فشار این مایع در حدی است که با جذب گرمای خورشید به جوش می آید و بر روی لوله ای^۳ حاوی آب که قرار است گرم شود، تبدیل به مایع می گردد. به این ترتیب، انتقال گرما، به واسطه ضریب هدایت حرارت بالای صفحه جاذب و لوله، به خوبی صورت می گیرد. با استفاده از این سیستم می توان به افزایش دما تا ۱۵۰ K دست یافت. البته باید لوله ها به صورت شیب دار با شیب حداقل ۲۵° قرار داده شوند (شکل ۹۶) کلکتور تمام شیشه، دارای یک صفحه جاذب بر روی سطح داخلی لوله شیشه ای دوجداره است. در فضای بین دو جدار لوله شیشه ای خلأ ایجاد می گردد. گرما از شیشه عبور می نماید و آب را گرم می کند. آب گرم شده وارد منبع ذخیره استوانه ای شکل می شود. لازم به توضیح است که به منبع استوانه ای، لوله شیشه ای که در فضای بین دو جدار آن خلأ ایجاد می گردد، متصل می شود (شکل ۹۷).



شکل ۹۶ کلکتور لوله ای تخلیه شده (خلأدار) - نوع هیت پایپ

۱. tube

۲. pipe

۳. pipe



شکل ۹۷ کلکتور لوله‌ای تخلیه‌شده (خلل‌دار) - نوع تمام‌شیشه

یک کلکتور سهموی، شامل یک سطح انعکاس‌دهنده سهمی‌شکل است که اشعه‌های خورشید را بر روی یک لوله جاذب خطی متمرکز می‌کند. در یک کلکتور ترکیبی سهموی، یک متمرکزکننده دیگر با پوسته شیشه‌ای احاطه‌کننده لوله جاذب، ترکیب می‌شود. فاصله بین پوسته شیشه‌ای و لوله جاذب می‌تواند در صورت تمایل، از هوا تخلیه گردد [۱۰]. علاوه بر انواع کلکتورهای خورشیدی که معرفی شد، می‌توان این کلکتورها را در دو دسته حلقه‌باز^۱ (یا مستقیم^۲) و حلقه‌بسته^۳ (یا غیرمستقیم^۴) تقسیم‌بندی نمود.

در یک سیستم حلقه‌باز، آب شرب از یک مخزن آب گرم به داخل کلکتور جریان می‌یابد [۱۰]. در این سیستم، در صورت استفاده از آب‌های سخت، احتمال خوردگی عناصر سیستم وجود دارد. همچنین، در بسیاری از اقلیم‌ها نیاز به استفاده از روش‌های غیرشیمیایی برای جلوگیری از یخ‌زدگی و خرابی‌های ناشی از آن می‌باشد. البته، این سیستم روش ارزان و ساده‌ای می‌باشد و در انتقال گرما اتلاف کمتری اتفاق می‌افتد [۸].

در یک سیستم حلقه‌بسته، یک سیال که حاوی ضدیخ می‌باشد (در آب و هواهای سرد)، بین کلکتور و یک مبدل حرارتی، که در داخل مخزن ذخیره آب گرم قرار داده می‌شود، به گردش

۱. open loop
۲. direct system
۳. closed loop
۴. indirect system

درمی‌آید. لازم به‌ذکر است، در این سیستم، این سیال با آب شرب مخلوط نمی‌شود [۱۰]. به‌علاوه، در این سیستم‌ها، هنگامی که تنظیم‌کننده احساس می‌کند که آب درون کلکتور، گرم‌تر از آب درون مخزن می‌باشد، پمپ فعال می‌شود و با غروب خورشید، هنگامی که آب درون کلکتور، خنک‌تر از آب درون مخزن می‌گردد، تنظیم‌کننده پمپ را خاموش می‌کند [۷]. لازم به‌ذکر است، معمولاً هزینه اولیه سیستم حلقه‌بسته نسبت به سیستم حلقه‌باز بالاتر می‌باشد. اما، احتمال خوردگی آن کمتر است و امکان بهره‌گیری از دماهای بالاتر در آن وجود دارد. به‌علاوه، در مواقعی که سیستم کار نمی‌کند، احتمال ته‌نشین شدن مواد جامد در آن کمتر می‌باشد [۸].

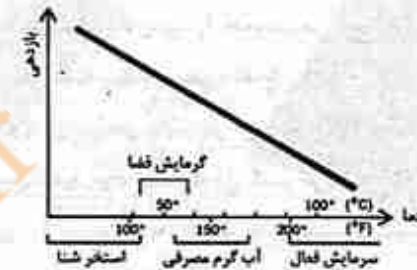
کلکتورهای خورشیدی را می‌توان به لحاظ نوع سیستم مورد استفاده برای چرخش (سیرکلاسیون) آب گرم، به انواع سیستم غیرفعال (ترموسیفونی^۱) و سیستم فعال (پمپی) تقسیم نمود.

در یک سیستم غیرفعال یا ترموسیفون، مخزن آب گرم بالاتر از کلکتور خورشیدی قرار داده می‌شود. هنگامی که آب در کلکتور گرم می‌شود، به‌طور طبیعی بالا آمده و وارد مخزن ذخیره می‌شود. در عوض، آب سرد و سنگین از قسمت پایین کلکتور، وارد آن می‌شود [۱۰]. لازم به‌ذکر است، مخزن باید حداقل ۵۰mm بالاتر از کلکتور قرار گیرد. این سیستم، ساده و ارزان می‌باشد؛ اما در شرایط آب‌وهوایی نامناسب عملکرد آن مختل می‌شود و امکان کنترل آن در مواقعی که بیش از حد گرم می‌شود، بسیار محدود است [۸].

در سیستم‌های فعال (پمپی) برای جابجایی سیال بین کلکتور و مخزن ذخیره، از پمپ استفاده می‌شود. از این‌رو، مخزن ذخیره می‌تواند در هر جای مناسبی گذاشته شود و امکان کنترل آن در مواقعی که بیش از حد گرم می‌شود، وجود دارد؛ اما هزینه‌های آن بیشتر از سیستم ترموسیفون می‌باشد [۸].

تمامی کلکتورهای خورشیدی در کمترین دمای خود، بیشترین کارایی را دارند. از آنجا که دمای آب استخر نسبتاً پایین می‌باشد، کارایی کلکتورهای خورشیدی بسیار بالا خواهد بود [۷] (شکل ۹۸). در مناطقی که آب تا دمای ۳۵°C بیشتر از دمای هوا گرم می‌شود، اتلاف گرما از صفحه جاذب بسیار زیاد است و باید شیشه دوجداره برای کلکتور استفاده شود تا گرمای جذب شده در کلکتور حفظ شود. البته، در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که در صورت کاربرد شیشه

دوجداره، همزمان با کاهش اتلاف حرارت از بدنه کلکتور، ضریب عبور کلی نیز تا حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد [۸].



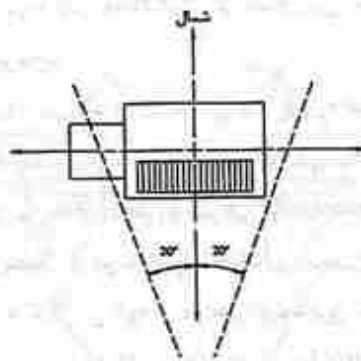
شکل ۹۸ کاهش بازدهی کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت با افزایش دمای مورد نیاز

هر چه میدل حرارتی برای انتقال گرما بین کلکتور و مخزن ذخیره بهتر باشد و مخزن ذخیره بزرگتری برای سطح معینی از کلکتور استفاده شود، گرمای بیشتری می‌تواند به کمک سطح معینی از کلکتور جمع‌آوری شود.

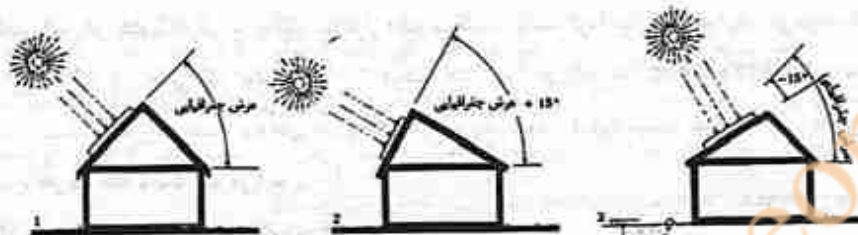
انتقال گرما در صورتی به خوبی می‌تواند صورت بگیرد که یک هیت‌پایپ به عنوان بخشی از کلکتور خورشیدی در نظر گرفته شود. کلکتور خورشیدی به عنوان اواپراتور، که در آن میرد به جوش می‌آید، عمل می‌کند. بخار این میرد، به سمت یک کندانسور جریان می‌یابد. این کندانسور، در داخل یخس پایینی مخزن ذخیره قرار داده می‌شود. میعان و آزاد کردن گرما در کندانسور اتفاق می‌افتد. به این ترتیب، به جای این که مانند سیستم‌های معمول گرما به شکل کاملاً محسوس انتقال یابد بخش اعظم گرما به مخزن ذخیره به شکل گرمای نهان منتقل می‌شود. به این ترتیب، بازدهی کلکتور افزایش محسوسی می‌یابد (تا ۶۰ درصد در مورد یک کلکتور صفحه‌ای تخت). این سیستم حتی می‌تواند در حالت اختلاف دمای پایین بین کلکتور و مخزن، عملکرد مناسبی داشته باشد [۱۰]. لازم به ذکر است، برای برخورداری از بیشترین بازدهی بهتر است کلکتورهای خورشیدی را

به سمت جنوب حقیقی قرار داد. البته، تغییر جهت تا ۲۰ درجه به سمت شرق یا غرب نیز قابل پذیرش می‌باشد (شکل ۹۹). زاویه شیب بهینه برای کلکتور نیز تابعی از عرض جغرافیایی و کاربری در نظر گرفته شده برای کلکتورهای خورشیدی می‌باشد. در شکل ۱۰۰ زاویه شیب برای کاربردهای گرمایشی مختلف به صورت تابعی از عرض جغرافیایی نمایش داده شده است. کلکتور

خورشیدی هنگامی که عمود بر پرتوهای خورشید قرار گیرد، از بیشترین کارایی برخوردار خواهد بود [۷].



شکل ۹۹ زاویه جهت‌گیری کلکتور خورشیدی



شکل ۱۰۰ زاویه شیب کلکتور خورشیدی (۱) زاویه شیب کلکتور برای آب گرم مصرفی؛

(۲) زاویه شیب کلکتور برای گرمایش فضا و ترکیب گرمایش فضا و آب گرم مصرفی؛

(۳) زاویه شیب کلکتور برای گرمایش آب استخر

انتخاب اندازه کلکتور، بر حسب عرض جغرافیایی، سیستم گرمایش در نظر گرفته شده و متر از ساختمان صورت می‌گیرد [۸].

ب-۱۳-۲-۲ سیستم ترکیبی فتوولتائیک و کلکتور خورشیدی

پانل‌های فتوولتائیک می‌توانند با یک سیستم هوایی خورشیدی ترکیب شوند. پانل‌های فتوولتائیک، بیشتر از آن که برق تولید کنند، گرما تولید می‌کنند. از این رو، استفاده از این گرمای تولید شده از مطلوبیت خاصی برخوردار است.

در مطالعاتی که در مورد ترکیب پانل‌های فتوولتائیک و نماهای دوپوسته تهیه‌شونده صورت گرفته، دو حالت مورد توجه قرار گرفته است. در یک حالت، پانل فتوولتائیک نمای خارجی را تشکیل می‌دهد و در حالت دوم، پانل فتوولتائیک در فضای بین نمای داخلی و خارجی (نمای خارجی شیشه‌ای) قرار داده می‌شود.

هوای خارج از پایین نما وارد می‌شود و این هوا می‌تواند یا وارد فضای داخل ساختمان شود (در نتیجه نمای تهیه‌شونده موجب پیش‌گرمایش هوای ورودی می‌شود) یا به خارج تخلیه شود (در نتیجه گرمایی را که در فضای بین نمای داخلی و خارجی انباشته شده است، به خارج می‌راند).

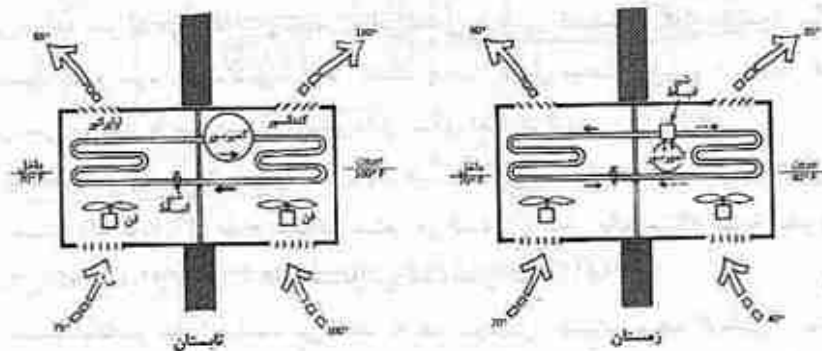
در حالت دوم، پانل فتوولتائیک از هر دو طرف، خنک می‌شود، از این‌رو گرمای بیشتری حاصل می‌گردد و پانل فتوولتائیک خنک‌تر می‌شود و بازدهی تولید برق آن افزایش می‌یابد، اما شیشه بیرونی موجب کاهش تولید برق می‌شود. اگر سرعت جریان هوا 1 m/s و لایه بین دو نما به عرض 0.1 m باشد، در صورت استفاده از یک پانل فتوولتائیک به ارتفاع 1.5 m در خارج و در قسمت پایینی نما، تولید سالانه گرما و برق به ترتیب 321 kWh و 155 kWh در هر متر پهنا خواهد بود. هنگامی که، پانل فتوولتائیک در داخل نما قرار داده می‌شود، تولید گرما بیشتر از دو برابر می‌شود، تا 692 kWh/m ، در حالی که تولید برق 20% درصد افت پیدا می‌کند (تا 122 kWh/m). لازم به توضیح است در صورت نصب پره‌های هادی 1.5 m به پشت پانل فتوولتائیک، تقریباً به یک میزان گرما از هر دو حالت به دست می‌آید [۱۰].

ب-۱۳-۲-۲-۱۴ پمپ گرمایی با انرژی خورشیدی

در پمپ‌های گرمایی^۱ از انرژی الکتریکی یا انرژی بر گرفته از سوخت‌های فسیلی برای جابجا کردن گرما از داخل به خارج (در اوقات گرم سال) یا برعکس (در اوقات سرد سال) استفاده می‌شود. دو نوع اصلی پمپ گرمایی، بر مبنای این که از چرخه تراکمی یا جذبی استفاده شود، وجود دارد. یک پمپ گرمایی تراکمی می‌تواند با نیروی برق یا مکانیکی کار کند. یک پمپ گرمایی جذبی به جای انرژی الکتریکی یا مکانیکی به یک منبع تولید گرما نیاز دارد.

چیلرهای جذبی (که فقط برای سرمایش استفاده می‌شوند) خیلی بیشتر از پمپ‌های گرمایی جذبی (که هم برای سرمایش و هم برای گرمایش استفاده می‌شوند) معمول می‌باشند. پمپ‌های

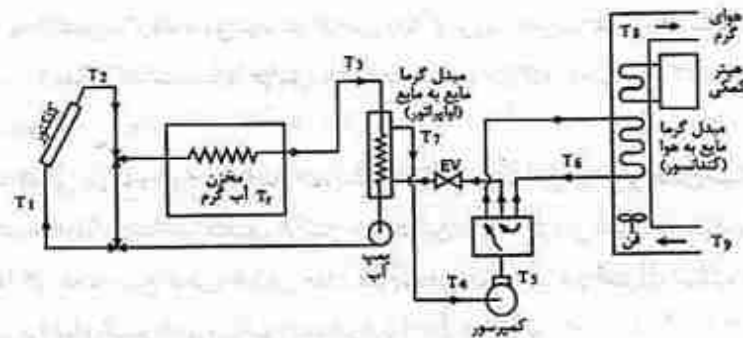
گرمایی تراکمی برقی به میزان فراوان در دسترس می‌باشند و چندین دهه است که به صورت انبوه در بازار عرضه می‌شوند.



شکل ۱۰۱ عملکرد پمپ گرمایی در تابستان و زمستان

چرخه تبرید تراکمی به دو خصوصیت فیزیکی ماده بستگی دارد: (۱) مقدار زیادی گرمای تبخیر برای تبدیل مایع به گاز مورد نیاز می‌باشد، البته، این گاز بار دیگر زمانی که گاز متراکم و تبدیل به مایع می‌گردد، آزاد می‌شود؛ (۲) دمای جوش/میعان هر ماده تابعی از فشار می‌باشد و زمانی که فشار کاهش می‌یابد، نقطه جوش نیز کاهش می‌یابد [۷].

در خارج ساختمان، مبرد باید تا دمایی پایین‌تر از دمای هوای خارج خنک شود تا بتواند گرما را از هوای خارج جذب نماید. این جذب، در یک مبدل حرارتی (کوئل) صورت می‌گیرد که مبرد در آن جریان می‌یابد و هوای خارج از روی این کوئل عبور داده می‌شود. با جذب گرما توسط مبرد، مبرد به جای این که دمایش بالا برود، تبخیر می‌شود. در نتیجه، به این مبدل حرارتی، اواپراتور^۱ گفته می‌شود. پس از اواپراتور، مبرد از یک کمپرسور گذشته و کمپرسور، فشار مبرد را افزایش داده و با افزایش فشار آن، دمای آن به میزانی بیشتر از دمای هوای داخل بالا برده می‌شود. در نتیجه، گرما به جریان هوای داخل منتقل شده و مبرد خنک می‌شود.



شکل ۱۰۲ استفاده از انرژی خورشیدی در هیت پمپ

در داخل ساختمان باید میرد تا دمایی بالاتر از دمای سیال واسطی که گرما به آن منتقل می شود (هوا یا آب)، گرم شود (از طریق متراکم نمودن آن توسط کمپرسور). در نتیجه این سیال می تواند گرما را به فضای داخل انتقال دهد. با آزاد شدن گرما از میرد، میرد به جای این که دمایش پایین بیاید، متراکم می شود. در نتیجه، به این مبدل حرارتی، کندانسور^۱ گفته می شود. پس از کندانسور، مایع میرد از یک شیر انبساط گذشته و فشار پایین، موجب تبخیر و در نتیجه خنک شدن میرد می شود. با عبور میرد از اوپراتور، این سیکل تکرار می شود.

با معکوس نمودن جهت جریان سیال، یک هیت پمپ می تواند، یا به عنوان یک واحد گرمایشی در زمستان (که گرما را از خارج به داخل منتقل می کند) یا به عنوان یک دستگاه تهویه مطبوع در تابستان (که گرما را از داخل به خارج منتقل می کند) عمل کند [۱۰].

هیت پمپها در جایی مناسب می باشند که هم سرمایش تابستانی و هم گرمایش زمستانی مورد نیاز می باشد. از آنجا که بازدهی هیت پمپها برحسب دمای خارج افت می کند، استفاده از آنها در اقلیم های بسیار سرد مناسب نمی باشد.

لازم به ذکر است، با اتصال هیت پمپ به آب زیرزمینی به جای هوای خارجی می توان به بازدهی بسیار بهتری دست یافت. چراکه زمین در زمستان بسیار گرم تر و در تابستان بسیار خنک تر می باشد [۱۷].

بهره گیری از انرژی خورشیدی، هیت پمپهای خورشیدی، برای گرمایش فضا و برای تولید آب گرم مصرفی مورد استفاده قرار گرفته اند.

برای استفاده از انرژی خورشیدی در هیت پمپها جهت گرمایش فضا، دو رویکرد اصلی وجود دارد. در رویکرد اول، پانل های خورشیدی به عنوان اوپراتور برای هیت پمپهای تراکمی عمل می کنند. این سیستم، تحت عنوان «هیت پمپ خورشیدی انبساط مستقیم»^۲ نامیده می شود. در رویکرد دوم، آب در کلکتور به گردش در آمده، گرم شده و از یک منبع ذخیره آب گرم عبور می کند. مقداری از گرما به این منبع داده می شود و سپس از اوپراتور هیت پمپ می گذرد. هنگامی که دمای کلکتور کمتر از حد معینی است، آب بین منبع ذخیره آب گرم و اوپراتور چرخش می کند (شکل ۱۰۲).

۱. condenser

۲. direct expansion solar-assisted heat pump

یکی از مزایای رویکرد اول این است که یک دستگاه واحد به عنوان هم کلکتور و هم اوپراتور عمل می کند و به مبدل حرارتی برای انتقال گرما بین سیال جریان یافته در کلکتور و سیال هیت پمپ نیاز نمی باشد. یکی از مزایای رویکرد دوم این است که انرژی خورشید می تواند ذخیره گردد تا بعداً مورد استفاده قرار گیرد. در حالی که در مورد هیت پمپهایی که از رویکرد انبساط مستقیم استفاده می کنند، در مواقعی که تابش خورشید وجود ندارد، به یک هیت پمپ عادی تبدیل می شوند.

در هر دو رویکرد، ترکیب هیت پمپ و کلکتورهای خورشیدی باعث افزایش بازدهی هم کلکتور و هم هیت پمپ می شود. بازدهی کلکتور افزایش می یابد، چراکه آبی که در کلکتور جریان می یابد، نسبت به حالتی که گرمای خود را به هیت پمپ نمی دهد، خنک تر می باشد. در نتیجه، اتلاف گرما از طریق تابش و همرفت کاهش می یابد. بازدهی هیت پمپ افزایش می یابد، چراکه در میزان تفاوت دما بین اوپراتور و کندانسور^۱ کاهش صورت می گیرد.

برای استفاده از انرژی خورشیدی در هیت پمپها جهت تولید آب گرم مصرفی، از کلکتور خورشیدی به عنوان اوپراتور استفاده می شود. در حالی که کندانسور به طور مستقیم در منبع ذخیره آب گرم قرار داده می شود.

سرعت کمپرسور هر چه که باشد، بازدهی کلکتور با گذشت زمان از هنگام طلوع خورشید کاهش می یابد. این مسئله، به خاطر افزایش دمای آب ذخیره شده می باشد، که موجب می شود دمای

آبی که به کلکتور بازگردانده می‌شود نیز افزایش یابد. از این رو، «ضریب عملکرد»^۱ سیستم کاهش می‌یابد، زیرا دمای کندانسور باید افزایش یابد تا به گرمای آب گرم ذخیره‌شده که دمای آن بالا می‌رود، بیفزاید.

یک کلکتور بزرگ‌تر موجب افزایش «ضریب عملکرد» سیستم می‌شود، زیرا دمای سیال موجود در کلکتور با افزایش مساحت کلکتور، افزایش می‌یابد. این تأثیر با افزایش تابش خورشید، بیشتر هم می‌شود. اگر حجم منبع ذخیره افزایش یابد، هم بازدهی کلکتور و هم «ضریب عملکرد» افزایش می‌یابد، زیرا دمای منبع ذخیره کاهش پیدا می‌کند [۱۰].

پ ۱۳-۲-۲-۱۵ چیلر جذبی با انرژی خورشیدی

انرژی حرارتی خورشید را می‌توان به‌طور مستقیم برای سرمایش و رطوبت‌زدایی مورد استفاده قرار داد. چیلرهای جذبی^۲، به‌عنوان یکی از تکنولوژی‌هایی مطرح است که برای تولید سرمایش بسیار مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد [۱۰].

چرخه تبرید جذبی به همان دو خصوصیت فیزیکی ماده که در چرخه تراکمی به آنها اشاره شد، همراه با یک ویژگی سوم بستگی دارد: (۳) برخی از مایعات تمایل شدیدی به جذب بخارهای خاص دارند (مثلاً بخار آب توسط برمید لیتیم مایع و یا آمونیاک جذب می‌شود) [۷].

چیلرهای جذبی، شامل یک مبرد^۳ و یک جاذب^۴ می‌باشند، که با ترکیب آب و آمونیاک (آمونیاک به‌عنوان مبرد و آب به‌عنوان جاذب) است یا ترکیب برمید لیتیم و آب (آب به‌عنوان مبرد و برمید لیتیم به‌عنوان جاذب) است. لازم به‌ذکر است، بیشتر از ترکیب برمید لیتیم و آب استفاده می‌شود، زیرا دمای کارکرد این محلول پایین‌تر است و به‌همین خاطر می‌توان از انرژی خورشیدی، با استفاده از سیستم‌هایی نظیر کلکتورهای خورشیدی صفحاتی تخت، استفاده نمود. در حالی که برای محلول آب و آمونیاک باید از کلکتورهای لوله‌ای تخلیه‌شده (خلالار) که هزینه بیشتری می‌برند، استفاده نمود [۱۰].

ماشین‌های تبرید جذبی از چهار اتاقک متصل به هم تشکیل شده است. در اتاقک A آب تبخیر می‌گردد و در این فرایند، گرما را از کویل آب سرد (خروجی) می‌گیرد. بخار آب به اتاقک B وارد

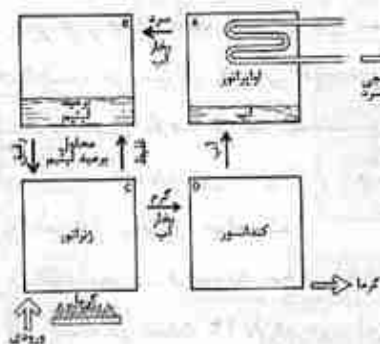
۱. Coefficient of Performance (COP)

۲. absorption chillers

۳. refrigerant

۴. absorbent

می‌شود و در آنجا توسط برمید لیتیم جذب می‌گردد. جذب مبرد توسط جاذب، موجب کاهش فشار بخار مبرد باقی‌مانده می‌شود. در نتیجه، مبرد بیشتری در اواپراتور تبخیر می‌شود. در نهایت برمید لیتیم آنقدر رقیق می‌گردد که دیگر آب را جذب نمی‌کند. در اتاقک C (ژنراتور)، محلول مبرد و جاذب نیاز به گرما دارد تا مبرد جدا شود و جاذب احیاء گردد. از این رو، یک منبع خارجی گرما آب را به‌جوش آورده و از برمید لیتیم جدا می‌کند. برمید لیتیم خالص به اتاقک B بازمی‌گردد. در حالی که بخار آب در اتاقک D متراکم و تبدیل به آب می‌گردد. آخرین مرحله، بازگرداندن آب مایع به اتاقک A می‌باشد. به‌طوری‌که این چرخه می‌تواند بار دیگر ادامه یابد. به‌طور کلی، در جاذب، گرما آزاد می‌شود ولی در اواپراتور، گرما دریافت می‌شود و در نتیجه سرمایش اتفاق می‌افتد [۱۰] (شکل ۱۰۳).



شکل ۱۰۳ چرخه تبرید جذبی

پ ۱۳-۳ تولید انرژی با استفاده از دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر

پ ۱۳-۳-۱ توربین بادی

توربین‌های بادی انواع مختلفی دارند. توربین‌هایی که برای ساختمان‌ها کاربرد دارند انرژی سینتیک باد را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. دو نوع طرح توربین بادی برای ساختمان توربین‌های برده‌دار با محور افقی و عمودی هستند. توربین‌های با محور عمودی دارای ساختاری ساده‌تر ولی با بازدهی کم، و توربین‌های با محور افقی دارای پیچیدگی‌هایی در ساخت هستند، ولی بازدهایی به مراتب بالاتر از بازده توربین‌های محور عمودی دارند.

کاربرد توربین‌های بادی در محیط‌های متراکم شهری به هیچ وجه توجیه فنی و اقتصادی ندارد، و صرفاً برای مناطق باز دارای بادهای مداوم توصیه می‌شود.

پ ۱۳-۴ سیستم نوین تهویه

همان‌گونه که در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان مشخص گردیده است، برای تأمین شرایط بهداشت و آسایش ساکنین و بهره‌برداران، لازم است حداقل میزان تهویه و تعویض هوا، در فضاهای مختلف ساختمان، متناسب با حجم فضا، تعداد افراد حاضر، نوع فعالیت و میزان تولید گازهای آلاینده در نظر گرفته شود.

در ضمن، با توجه به این نکته که در ساخت و سازهای جدید، با استفاده از پنجره‌های نوین با درزبندی مناسب، هوابندی پنجره‌ها و فضاها به‌طور قابل توجهی نسبت به پنجره‌های فولادی یا آلومینیومی ساده بهبود یافته است، در صورتی که دبی لازم تعویض هوا، با در نظر گرفتن دریچه‌های ورود و خروج متناسب تأمین نگردد، شرایط بهداشت، سلامتی و آسایش ساکنین و بهره‌برداران با خطرهای جدی روبرو خواهد شد. این خطر، در صورت وجود سیستم‌های گرمایی یا تأمین آب گرم مصرفی از نوع احتراقی دوچندان خواهد شد.

در نتیجه، لازم است در فضاهای مختلف، دریچه‌های مخصوص ورود هوا در نظر گرفته شود که قادر به تأمین دبی حداقل تعیین شده در مبحث ۱۴ باشد، بدون این که میزان دبی بیش از ۲۰ درصد از مقادیر تعیین شده فراتر رود. به همین علت، در صورتی که از سیستم‌های تهویه غیر مرکزی استفاده شود، لازم است فن‌های خروج هوا و دریچه‌های ورود هوا با دبی مناسب در نظر گرفته شود.

پ ۱۳-۴-۱ فن خروج هوا با حسگر رطوبت نسبی هوا

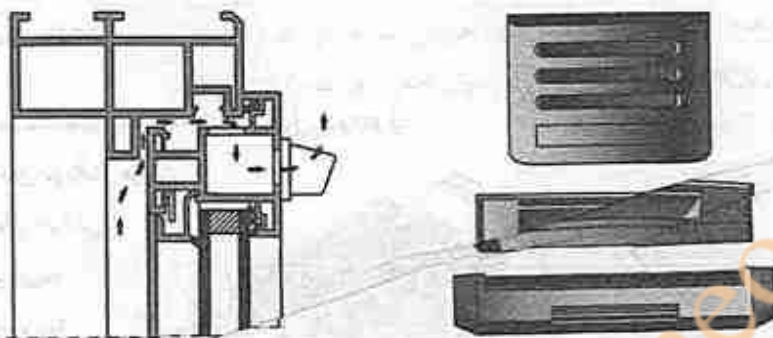
در مواقعی که در فضاهایی از ساختمان، ساکنین یا بهره‌برداران حضور ندارند و میزان آلاینده‌های هوا کاهش می‌یابد، کاربرد فن‌های خروج هوا که دارای حسگر رطوبت نسبی هوا است می‌تواند امکان کاهش مقطعی دبی هوا را فراهم سازد. در ساختمان‌هایی که فاقد سیستم تهویه مرکزی هستند، و استفاده از سیستم‌های مبدل حرارتی برای بازیافت انرژی از هوای خروجی غیرعملی

است، استفاده از این نوع فن‌ها کاهش سهم مصرف انرژی مربوط به تهویه و تعویض هوا و همچنین افزایش طول عمر فن‌های خروج هوا را به دنبال دارد.

پ ۱۳-۴-۲ دریچه ورود هوا با حسگر رطوبت نسبی هوا

همانند فن‌های خروج هوا، دریچه‌های ورود هوا را نیز می‌توان مجهز به حسگر رطوبت نسبی هوا نمود. این امر باعث می‌شود که دبی هوای ورودی، در زمان‌هایی که ساکنان و بهره‌برداران در ساختمان حضور دارند یا از تجهیزات آلاینده هوا (نظیر تجهیزات آشپزی، یخچال، بخاری و آب‌گرم‌کن نفتی یا گازی، ...) استفاده می‌شود افزایش یابد و در اوقات دیگر روز، دبی حداقل لازم تأمین گردد.

دریچه‌های ورود هوا یا در داخل دیوارهای خارجی ساختمان نصب می‌شوند، یا به‌صورت پروفیل‌های خاص، در پنجره‌های نوین تعبیه می‌شوند.

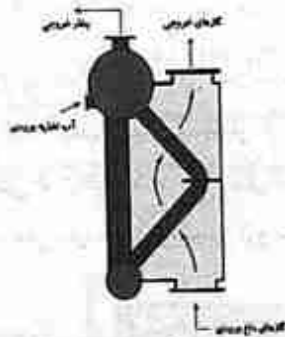


شکل ۱۰۴ انواع دریچه ورود هوای قابل نصب در دیوار
شکل ۱۰۵ مقطع عمودی پنجره دارای دریچه ورود هوا در پروفیل لنگه بازشو

پ ۱۳-۵ سیستم‌های بازیافت انرژی

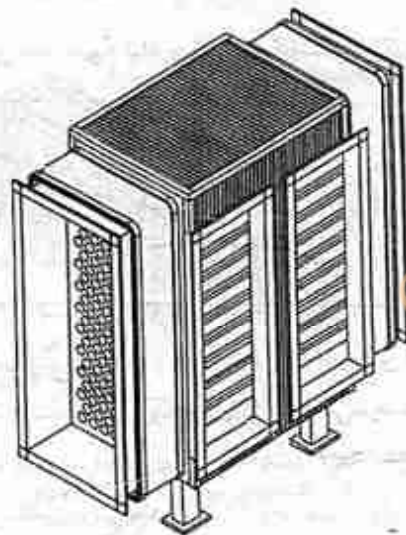
از جمله کاربردهایی که برای سیستم‌های بازیافت حرارت وجود دارد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- گرمایش فضاهای بسته
- تولید آب گرم
- گرمایش فرایند
- تولید بخار



شکل ۱۰۶ شماتیک یک بویلر باز یافت حرارت

پ ۱۳-۵-۲ سیستم باز یافت گرمایی برای پیش گرمایش هوای احتراق با توجه به این نکته که افزایش دمای هوای ورودی به شعل یازده دیگ را به طور محسوسی افزایش می دهد، تجهیزاتی مانند مبدل های حرارتی گاز به گاز، چرخ گرمایی و یا مبدل های هیت پایی^۱ برای باز یافت گرما و پیش گرم کردن هوای احتراق در نظر گرفته می شود.



شکل ۱۰۷ نمونه ای از مبدل باز یافت حرارت

- پیش گرم کردن هوای احتراق
- پیش گرم کردن آب تغذیه بویلر
- سرمایش فرآیند (با استفاده از سیستم های جذبی)

برای باز یافت حرارت، سیستم های متنوعی با کاربردهای مختلف وجود دارد. انتخاب سیستم مناسب در هر فرآیند یا در نظر گرفتن عوامل متعددی صورت می گیرد، که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- دما و فشار حداکثر سیستم
- نوع و ویژگی های سیال
- محدودیت های ابعادی
- بازده مورد انتظار
- سقف سرمایه گذاری

برخی سیستم های باز یافت حرارت متداول عبارتند از:

- بویلر های باز یافت حرارت
- لوله های حرارتی
- رکوپراتورها
- اکونومایزرها
- سیستم های باز یافت متناوب حرارت

پ ۱۳-۵-۱ بویلر باز یافت حرارت

در این بویلرها، گازهای داغ حاصل از احتراق پیش از این که وارد دودکش شوند، از میان تعداد زیادی لوله موازی دارای جریان آب می گذرد. در نتیجه این تبادل حرارت، آب تبخیر می گردد و درون مخزن بخار جمع آوری می شود. پس از آن، بخار تولید شده در فرآیند توزیع می گردد. این بویلرها در اندازه ها و با ظرفیت متفاوت با توجه به حجم محصولات احتراق ساخته می شوند، و در مقایسه با بویلر های متداول، نه تنها هزینه مصرف سوخت ندارند، بلکه هزینه ساخت آنها نیز کمتر است. نقطه ضعف اصلی این بویلرها، حجم نسبتاً بزرگ آنها می باشد.

پ ۱۳-۵-۳ لوله حرارتی

لوله‌های حرارتی^۱ نوعی مبدل حرارتی هستند که در آن حرارت جذب شده از گازهای داغ خروجی، که از یک طرف لوله می‌گذرد، باعث تبخیر سیال و جریان آن به سوی طرف دیگر می‌شود. در طرف دیگر لوله، حرارت نهان ناشی از تبخیر به جریان سیال سرد منتقل می‌شود. در نتیجه، گاز داغ جگالش می‌یابد، و به صورت قطعی، در جهت معکوس (رو به پایین)، به سوی طرف گرم لوله حرکت می‌کند.

این نوع مبدل‌ها راندمان بالا و اندازه مناسب، ولی قیمت بالایی دارند.



شکل ۱۰۸ نمونه لوله حرارتی و مکانیسم عملکرد آن

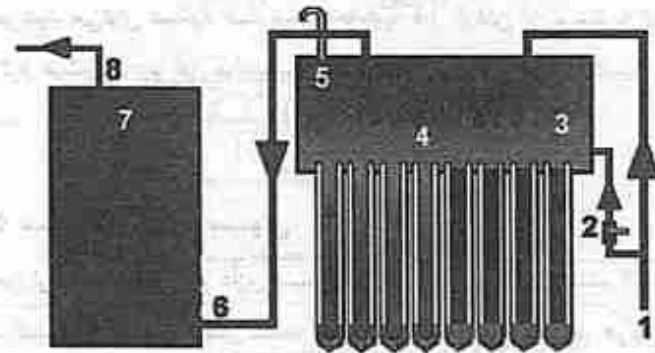
پ ۱۳-۵-۴ مبدل لوله حرارتی

هوای گرم که از انتهای تبخیرکننده هیت‌پایپ می‌گذرد، باعث تبخیر سیال عامل می‌شود. اختلاف فشار بخار باعث به حرکت در آمدن بخارات به سمت انتهای دیگر لوله که هوای سرد در اطراف آن جریان دارد می‌شود. در این قسمت، بخارات تقطیر شده و گرمای نهان خود را با هوای عبوری تبادل می‌کند. قطرات به دست آمده دوباره و به کمک نیروی موئینگی ایجاد شده توسط لایه نمدی (فتیله‌ای)^۲ به سمت دیگر هیت‌پایپ می‌روند و سیکل کامل می‌شود. با توجه به سیکل بسته بودن این سیستم، تا زمانی که اختلاف دما وجود داشته باشد، انتقال حرارت به این شیوه هم ادامه می‌یابد. انتقال حرارت این مکانیزیم می‌تواند تا ۱۰۰۰ برابر بهتر از یک میله مسی باشد.

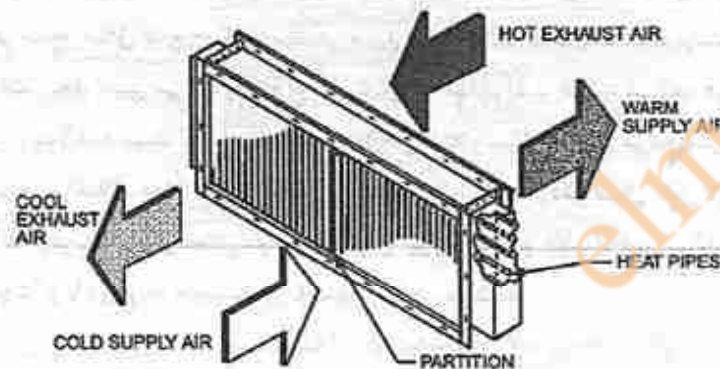
۱. Heat pipe Heat Exchangers

۲. wick

ظرفیت انتقال حرارت در هیت‌پایپ‌ها بسته به قطر لوله، سیال عامل و زاویه لوله نسبت به افق تغییر می‌کند. در مصارف خانگی (HVAC) لوله هیت‌پایپ از جنس مس یا آلومینیوم انتخاب می‌شود و قین روی لوله‌ها عموماً آلومینیومی است. در مصارف با دمای بالا، سعی بر استفاده از قین و لوله هم‌جنس می‌شود. در ضمن، طراحی بهینه آن تأثیر به‌سزایی در اکت فشار خواهد داشت.

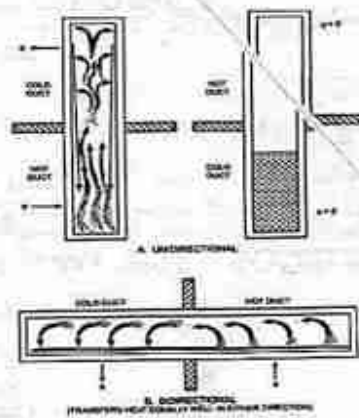


شکل ۱۰۹ عملکرد یک هیت‌پایپ

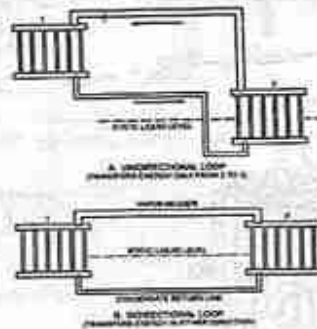


شکل ۱۱۰ مبدل مونتاز شده هیت‌پایپ

انتخاب سیال عامل مناسب برای یک هیت‌پایپ در طولانی مدت بسیار مهم است. سیال عامل باید گرمای نهان تبخیر بالایی داشته باشد، کشش سطحی بالا و لزجت پایین در شرایط کارکرد از



شکل ۱۱۱ مبذل حرارتی ترموسیفونی در حالت لوله‌ای



شکل ۱۱۲ مبذل حرارتی ترموسیفونی در حالت سیکلی

اهمیت زیادی برخوردار است. در دماهای کم تا زیاد، به ترتیب موادی چون هلیوم، آب، فلزات مذاب (مانند سدیم یا جیوه) قابل استفاده می‌باشند.

کارایی هیت‌پایپ بستگی زیادی به طول آن ندارد، مگر در طول‌های خیلی کوتاه. طراحی فین‌های روی لوله و فاصله بین آنها باید بر طبق مشخصات جریان هوا از جمله کثیفی و ناخالصی موجود در آن باشد. در طراحی تأسیساتی (HVAC) عموماً این فاصله بین $1/8$ تا $2/3$ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. می‌توان عملکرد هیت‌پایپ را با زاویه قرار گرفتن آن نسبت به افق کنترل کرد. اگر انتهای گرم هیت‌پایپ زیر افق قرار بگیرد عملکرد بالا می‌رود و در صورت نیاز می‌توان آن را معکوس نمود.

پ ۱۳-۵-۵ مبذل حرارتی ترموسیفونی

مبذل‌های حرارتی ترموسیفونی^۱ دو فاز سیال در درزبندی شده‌ای هستند که متشکل از یک قسمت تبخیرکننده، یک قسمت تقطیرکننده، لوله واسط و یک سیال عامل در هر دو فاز مایع و گاز می‌باشند. این سیستم‌ها شامل دو نوع لوله‌ای^۲ و سیستم کویلی^۳ می‌باشند، که اولی بسیار شبیه هیت‌پایپ، و دومی بسیار شبیه به سیکل بازیافت انرژی کویلی عمل می‌کند.

با توجه به این نکته که دو فاز مایع و گاز در سیستم موجود می‌باشند، فشار بخار تابع دمای مایع در سطح تبادل مایع - گاز است. در صورتی که دما در نقاط مختلف ترموسیفون متفاوت باشد، فشار بخار تغییر می‌کند و بخار از سمت گرم به سمت سرد حرکت می‌کند، در آنجا تقطیر می‌شود و دوباره به سمت گرم به صورت مایع باز می‌گردد و سیکل تکمیل می‌شود. در سیستم‌های ترموسیفونی، اختلاف دما و نیروی گرانش برای تکمیل سیکل و گردش سیال عامل لازم و ضروری است. لذا ترموسیفون‌های ممکن به صورت انتقال حرارت، در دو جهت به‌طور مساوی^۴ یا تنها در یک جهت^۵ و یا در هر دو جهت به‌طور نامساوی طراحی می‌شوند.

۱. Thermosiphon heat exchangers.

۲. Sealed tube thermosiphon

۳. Coil-type thermosiphon

۴. bidirectional

۵. unidirectional

علی‌رغم شباهت زیاد به هیت‌پایپ‌ها، ترموسیفون‌ها دو اختلاف عمده با هیت‌پایپ‌ها دارند:

- ترموسیفون‌ها دارای لایه نمدی (فیتیل‌های) نیستند و بازگشت قطرات تنها از طریق نیروی گرانش صورت می‌پذیرد، در صورتی که در هیت‌پایپ‌ها نیروی موینگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- در ترموسیفون‌ها، تبخیر (لااقل در شرایط اولیه) بر اساس مکانیسم جوشش هسته‌ای صورت می‌پذیرد. در حالی که در هیت‌پایپ تبخیر از طریق سطح وسیع و تماس همیشگی مایع - گاز انجام می‌پذیرد، که این پدیده لزوم اختلاف دمای زیاد در ترموسیفون را روشن می‌کند.

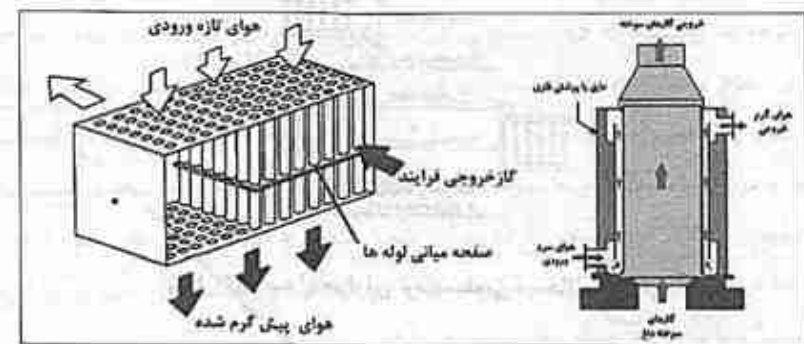
ترموسیفون‌ها نیازی به پمپ ندارند، اما طراحی باید به گونه‌ای باشد که مایع همیشه در قسمت تبخیرکننده وجود داشته باشد.

پ ۱۳-۵-۶ رکوپراتور

رکوپراتورها مبدل‌های حرارتی هستند که حرارت گازهای داغ حاصل از احتراق را به جریان هوای سرد منتقل می‌کنند. هوایی که توسط رکوپراتورها گرم می‌شود معمولاً به عنوان هوای مورد نیاز برای احتراق یا برای گرمایش محیط‌های بسته استفاده می‌شود. رکوپراتورها به دسته کلی تقسیم می‌شوند:

رکوپراتور تابشی (تشعشعی)

رکوپراتورهای تابشی از دو استوانه هم مرکز تشکیل می‌شوند، که در آن گازهای سوخته در استوانه داخلی و هوای سرد در استوانه بیرونی جریان می‌یابند. بدین ترتیب، گازهای سوخته از طریق دیواره استوانه داخلی به هوای سرد انتقال می‌یابد و باعث افزایش دمای آن می‌شود. بازده این رکوپراتورها در حدود ۳۰٪ می‌باشد.



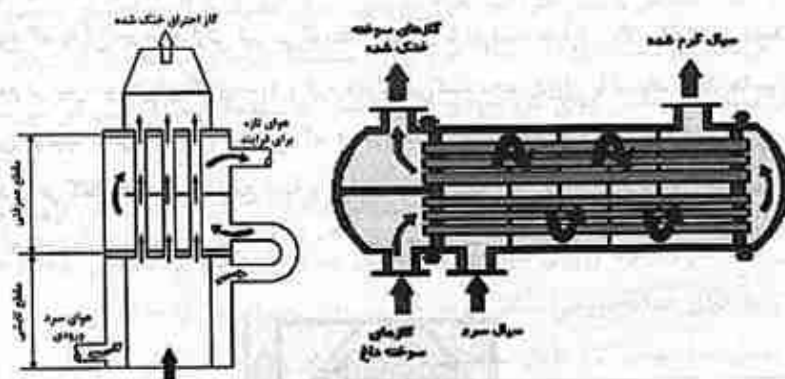
شکل ۱۱۳ شماتیک یک نوع رکوپراتور تابشی

رکوپراتورهای جابه‌جایی

در رکوپراتورهای جابه‌جایی، گازهای سوخته و داغ از میان تعداد زیادی لوله با قطر کوچک قرار گرفته در درون یک پوسته بزرگ می‌گذرند. هوای سرد نیز درون پوسته و بر روی لوله‌ها جریان

می‌یابد. به این ترتیب، مقدار بیشتری از حرارت گازهای سوخته بازیابی می‌شود. بازده این رکوپراتورها بین ۵۰ تا ۶۰ درصد است.

رکوپراتورهای جابه‌جایی نسبت به رکوپراتورهای تابشی قیمت بالاتری دارند، لیکن راندمان آن‌ها بالاتر و اندازه آن‌ها نیز کوچک‌تر است. در بعضی از انواع رکوپراتورها نیز از فرایند تابشی و جابه‌جایی به صورت همزمان بهره‌گیری می‌شود. بازده این نوع مبدل‌ها به ۷۰٪ می‌رسد.



شکل ۱۱۴ شماتیک یک نوع رکوپراتور جابه‌جایی

پ ۱۳-۵-۷ اکونومایزر

اکونومایزرها مبدل‌های حرارتی هستند که در آن‌ها هوا و آب با هم تبادل حرارت می‌کنند. کاربرد اصلی این تجهیزات برای پیش گرم کردن آب تغذیه بویلرهاست. البته برای گرمایش آب فرایندی و یا تولید آب گرم مورد نیاز برای گرمایش محیط نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در اکونومایزرها، حرارت محسوس از گازهای حاصل از احتراق به آب تغذیه بویلر، که درون مجموعه‌ای از لوله‌های واقع در دود کش خروجی جریان دارند، منتقل می‌شود. هر چه دمای دود خروجی بیشتر باشد پتانسیل صرفه جویی سوخت بیشتر خواهد بود.

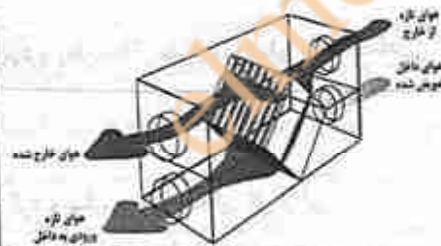
پ ۱۳-۵-۸ سیستم بازیافت متناوب حرارت

سیستم‌های بازیافت متناوب حرارت نوعی مبدل حرارتی با بستر فشرده هستند که در آن‌ها تبادل حرارت بین جریان‌های گرم و سرد به صورت تناوبی انجام می‌شود.

پ ۱۳-۵-۱۰ مبدل حرارتی هوا به هوا

وجود یک سیستم تهویه مکانیکی امکان بازیافت انرژی گرمایی هوای خروجی را نیز فراهم می‌نماید. از گرمای بازیافت شده از هوای خروجی از ساختمان می‌توان برای پیش گرمایش هوای سرد ورودی در زمستان استفاده نمود. انجام این امر همچنین در تابستان برای پیش سرمایش هوای گرم ورودی به ساختمان ممکن است. بازیافت انرژی گرمایی نهفته در هوای خروجی از ساختمان و استفاده از آن برای پیش گرمایش و پیش سرمایش هوای ورودی، میزان مصرف انرژی ساختمان را بطور موثر کاهش می‌دهد. بازیافت انرژی از هوای خروجی از سیستم تهویه و استفاده از آن برای پیش گرمایش و پیش سرمایش هوای تازه ورودی به ساختمان، با استفاده از مبدل های حرارتی هوا به هوا امکان پذیر می باشد.

مبدل حرارتی هوا به هوایی که در مسیر سیستم تهویه قرار می گیرد، در زمستان گرمای هوای خروجی را به هوای سرد ورودی منتقل می‌کند. این مبدل همچنین در تابستان گرمای هوای ورودی را به هوای خنک خروجی منتقل کرده، هوای ورودی به ساختمان را خنک می‌نماید. در فصول سرد، هوای گرم داخل ساختمان وارد مبدل حرارتی شده، گرمای خود را به صفحات فلزی داخل آن داده و با دمای پایین از سیستم خارج می‌گردد. در طرف دیگر هوای سرد خارج وارد کانال‌های دیگری شده، گرمای مذکور را جذب کرده و با دمای بالا از مبدل حرارتی وارد ساختمان می‌گردد.



شکل ۱۱۶ نحوه عملکرد یک مبدل حرارتی هوا به هوا

این نوع سیستم‌های بازیافت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

سیستم‌های با بستر ثابت

در این نوع ابتدا جریان گازهای داغ وارد بستر شده و به مدت مشخصی درون بستر جریان می‌یابند. در پریود بعدی جریان گازهای داغ قطع شده و جریان هوای سرد درون بستر برقرار می‌شود. بدین ترتیب حرارت ذخیره شده به جریان هوای سرد منتقل شده و دمای آن را افزایش می‌دهد.

سیستم‌های با بستر دورانی

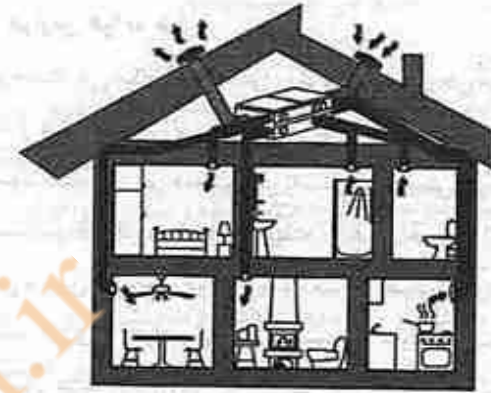
در این نوع که به آن چرخ حرارتی نیز می‌گویند از موادی با ظرفیت حرارتی بالا ساخته می‌شوند به طور مداوم در بین دو جریان گازی سرد و گرم دوران می‌کند. محور دوران با امتداد جریان‌ها موازی است. بدین ترتیب نیمی از چرخ حرارتی که در پریود اول در کانال گازهای داغ قرار می‌گیرد در پریود بعدی در کانال هوای سرد واقع شده و حرارت جذب شده را به هوای سرد منتقل می‌کند. راندمان این نوع بازیاب‌های حرارتی ۷۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد.



شکل ۱۱۵ شماتیک نمونه یک سیستم بازیافت متناوب حرارت

پ ۱۳-۵-۹ سیستم بازیافت انرژی از هوای خروجی

تعویض هوا برای تامین هوای تازه مورد نیاز، حتی از طریق سیستم تهویه مکانیکی، در زمستان باعث جایگزینی هوای گرم اتاق با هوای سرد بیرون شده و این خود باعث می‌گردد که برای افزایش دمای هوای سرد بیرون تا مرز دمای هوای اتاق (دمای آسایش)، انرژی مصرف شده و مصرف انرژی گرمایشی افزایش یابد. این امر همچنین برای فصل تابستان و افزایش انرژی سرمایشی ضایع است، هرچند میزان انرژی سرمایشی مورد نیاز در مقایسه با انرژی گرمایشی به مراتب کمتر خواهد بود.



شکل ۱۱۷ نحوه عملکرد فرایند بازیافت انرژی از تهویه در یک ساختمان با سیستم تهویه مرکزی

امروزه مبدل‌های هوا به هوایی وجود دارد که بازدهی بین ۸۵ تا ۹۵٪ دارند. این مبدل‌ها که غالباً در خانه‌های غیرفعال استفاده می‌گردند، قابلیت بازیافت انرژی حرارتی هوای خروجی را تا حد ۹۵٪ دارند و استفاده از این گونه مبدل‌های حرارتی در سیستم تهویه مکانیکی ساختمان باعث می‌گردد، نه تنها میزان مصرف انرژی از طریق تعویض اجباری و عمدی هوا (از طریق درزها و سیستم تهویه مکانیکی) شدت کاهش یابد، بلکه هوای تازه مورد نیاز ساکنین را نیز تأمین می‌نماید.

با استفاده از سیستم تهویه مکانیکی و مبدل حرارتی هوا به هوا برای بازیافت انرژی، اهداف زیر

تأمین می‌گردد:

- خروج آلودگی‌های هوا (دی اکسید کربن، بو، دود و رطوبت) از فضاهای داخلی بویژه فضاهایی که آلودگی بیشتری دارند
- تأمین هوای تازه برای ساکنین
- کنترل هوای ورودی به فضا و حذف آلودگی‌ها، گرد و غبار، بو و گرده‌های گل از آن
- بازیافت انرژی گرمایی و کاهش موثر اتلاف حرارتی ساختمان از طریق نشت و تعویض هوا

اما نکته‌ای که بسیار حائز اهمیت است توانایی ویژه دستگاه بازیافت حرارت در حفظ انرژی صرف شده به منظور مطبوع نمودن فضای داخلی ساختمان است. هنگامی که در فصل زمستان (تابستان) نیاز به تعویض هوای داخلی ساختمان داشته باشیم، ناگزیریم که هوای گرم (سرد) آلوده را از

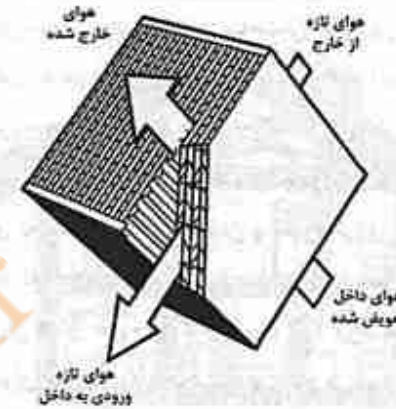
ساختمان خارج و با هوای سرد (گرم) تمیز خارج ساختمان جایگزین سازیم که ورود هوای سرد (گرم) از بیرون ساختمان نیاز به صرف انرژی بالایی به منظور گرم (سرد) کردن آن خواهیم داشت که این موضوع همراه با هزینه هنگفت خواهد بود.

با به کارگیری سیستم بازیافت انرژی در ساختمان ضمن تعویض هوای آلوده با هوای تازه و فیلتر نمودن هوای ورودی به ساختمان از هدر رفتن و خروج انرژی هنگام تعویض هوا جلوگیری می‌شود. این بدان معناست که با خروج هوای گرم از ساختمان در فصل زمستان هوای ورودی سرد، با گرفتن فقط گرما (انرژی) از هوای خروجی، گرم شده و وارد ساختمان می‌شود و بدین‌سان هوای خروجی با دادن گرما به هوای تمیز ورودی، سرد شده و خارج می‌شود. مقدار حرارت بازیافتی را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

پ ۱۳-۵-۱۱ مبدل حرارتی صفحه‌ای

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای^۱ در ترکیب‌ها، سایزها و با مواد مختلف وجود دارند. صفحه‌ها توسط وسائلی که می‌تواند بخشی از صفحه باشد یا جدای از صفحه باشند از هم جدا می‌شوند. هوابندی با استفاده از خم کاری، خم کاری چند لایه، چسب کاری، جوشکاری و یا ترکیبی از این روش‌ها انجام می‌شوند.

مقاومت انتقال حرارت از صفحه در مقایسه با مقاومت لایه مرزی ایجاد شده در هر سمت صفحه‌ها ناچیز است. لذا بازده انتقال حرارت در این مبدل‌ها به‌طور اساسی تحت تأثیر ضریب انتقال حرارت صفحه‌ها نیست. آلومینیوم رایج‌ترین ماده برای ساخت این مبدل‌هاست زیرا اولاً آتش‌گیر نیست و ثانیاً از دوام خوبی برخوردار است. مبدل‌های صفحه‌ای پلیمری به علت ایجاد آشفته‌گی در جریان هوا سبب افزایش انتقال حرارت می‌شوند و به علت مقاومت در برابر خوردگی و به صرفه بودن به لحاظ اقتصادی، مورد توجه مصرف کنندگان است. آلیاژهای فولادی در دمای بالای ۲۰۰°C و در موارد خاصی که قیمت نقش تعیین‌کننده ندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً مبدل‌های صفحه‌ای برای انتقال حرارت محسوس مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما با استفاده از صفحه‌های نافذ خاصی می‌توان برای انتقال رطوبت هم از آنها استفاده کرد.



شکل ۱۱۸ نمونه مبدل صفحه‌ای جریان متقاطع

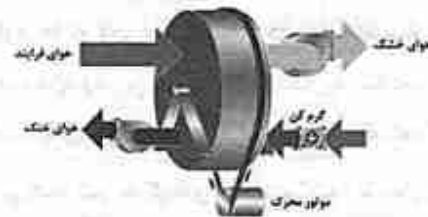
در اغلب موارد، مبدل‌های صفحه‌ای به‌صورت واحدهای مدولار ساخته می‌شوند. هر واحد ظرفیتی بین 0.1 تا $5 \text{ m}^3/\text{s}$ دارد. این واحدها می‌توانند به‌گونه‌ای قرار گیرند که ظرفیت از حدود 50 نیز فراتر رود. فاصله صفحه‌ها بین $2/5$ و $12/5$ میلی‌متر، بسته به کاربرد و طراحی، متغیر است. مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای می‌توانند بازافت انرژی بالایی داشته باشند، چرا که تنها سطح مبدل، دو جریان هوا را از هم جدا می‌کند و عوامل دیگری در این تبادل به عنوان مقاومت عمل نمی‌کنند.

پ ۱۳-۵-۱۲ مبدل گردان هوا به هوا - چرخ آنتالپی

مبدل گردان هوا به هوا^۱ دارای یک استوانه گردان است که از مواد نفوذ پذیر در مقابل هوا که سطح زیادی را شکل می‌دهند پر شده است. جریان‌های هوای ورودی و خروجی، هر کدام از یک نیمه سطح این استوانه، به صورت جریان مخالف عبور می‌کنند. بستر انتقال حرارت می‌تواند جهت انتقال حرارت محسوس یا کلی (نهان و محسوس) انتخاب شود.

گرمای محسوس هنگامی که بستر مبدل بالا می‌آید (شکل ۱۱۹) از جریان هوای گرم جذب و سپس به جریان هوای سرد منتقل می‌شود. انتقال گرمای نهان هنگامی رخ می‌دهد که بستر مبدل رطوبت را از بخار موجود در جریان مرطوب‌تر جذب می‌کند و سپس به جریان هوای خشک‌تر تحت

تأثیر فشار ناشی از اختلاف رطوبت منتقل می‌کند. در انتقال حرارت کلی، هر دوی این مکانیزم‌ها همزمان رخ می‌دهد.



شکل ۱۱۹ مبدل دیسک گردان

الودگی هوا، نقطه شبنم، دمای هوای خروجی و مشخصات هوای ورودی روی انتخاب جنس بدنه بخش دوار و بستر انتقال حرارت مبدل تأثیر می‌گذارد. آلومینیوم، استیل و پلیمرها برای استفاده در بدنه و اجسام دوار مبدل در مصارف تهویه معمول هستند. جنس مواد مورد استفاده در بستر مبدل شامل فلزها، مواد معدنی یا مواد شیمیایی است و می‌تواند به شکل آرایش نظم یافته یا بی نظم قرار بگیرد.

سطح بستر انتقال حرارت که در معرض جریان هوا قرار دارد بین 300 تا $4000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ بسته به نوع بستر و شکل فیزیکی مبدل متغیر است. به علاوه، بسترها بسته به نوع انتقال حرارت محسوس یا نهان قابل طبقه‌بندی هستند. بسترهای مناسب بازافت حرارت محسوس از آلومینیوم، مس، استیل و موئل^۱ (آلیاژی از نیکل و کبالت) ساخته می‌شوند. بسترهای بازافت انرژی یا حرارت نهان از مواد مختلانی شکل می‌یابند، که توسط یک جاذب رطوبت (معمولاً زئولیت، سیلیکات، آمونیاک فعال شده، سیلیکات تیتانیوم و انواع پلیمرها، کلرید لیتیوم) تکمیل می‌شوند.

برای کنترل چرخ آنتالپی، از دو شیوه، به تنهایی یا همزمان، استفاده می‌شود:

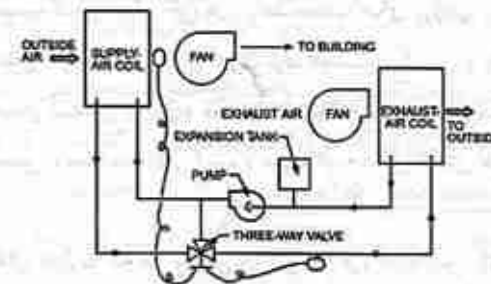
- کنترل میزان هوای ورودی، با گذاشتن یک دمپر در مسیر ورودی هوایی که وارد مبدل می‌شود.
- تنظیم سرعت دورانی چرخ دوار.

توضیحات تکمیلی در خصوص کاربرد این سیستم با سیستم سرمایش تبخیری در بخش پ ۱۴-۲ ارائه شده است.

پ ۱۳-۵-۱۳ سیکل بازیافت همراه با کویل

یک سیکل بازیافت انرژی کویلی در مسیر جریان هوای ورودی و خروجی دارای مبدل‌های فشرده فین‌دار لوله‌ای است. کویل‌ها در یک سیکل بسته جریان مخالف به هم وصل هستند که سیال حامل انرژی بین آنها پمپ می‌شود.

رطوبت نباید در مسیر هوای خروجی یخ بزند لذا یک شیر سه راهه کنترل دما کویل خروجی را از یخ زدگی محافظت می‌کند. شیر به گونه‌ای تنظیم می‌شود تا دمای ورودی به کویل بالای 5°C باشد این شرایط، با انتقال بخشی از سیال گرم‌تر به اطراف کویل هوای ورودی انجام می‌شود. در ضمن، جهت اطمینان از عدم بیش‌گرمایش هوای ورودی نیز از این نوع شیر استفاده می‌شود.

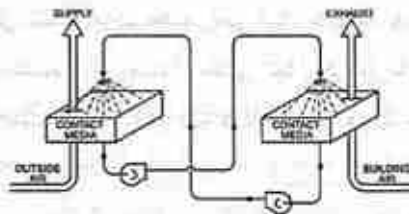


شکل ۱۲۰ سیکل بازیافت همراه با کویل

سیکل‌های بازیافت کویلی با قابلیت تطبیق بالا با شرایط مختلف هستند. با استفاده از این سیستم، نیاز به کانال کشی کمتر می‌شود و می‌توان به‌طور همزمان از منابع مختلف انرژی در مصارف مختلف استفاده کرد. استفاده از منبع انبساط برای مقابله با انبساط و انقباض سیال ضروری است. در شرایطی که از سیالاتی مانند اتیلن گلیکول استفاده می‌شود، منبع انبساط بسته توصیه می‌گردد (از مزایای این سیستم می‌توان به عدم وجود خطر نشت آلاینده‌ها، و نگهداری و تعمیرات آسان آن اشاره کرد).

پ ۱۳-۵-۱۴ سیکل بازیافت آنتالپی دو برجی

در سیستم بازیافت آنتالپی دو برجی^۱ هوا به مایع - مایع به هوا، یک مایع جاذب رطوبت بین دو برج ورودی و خروجی به جریان در می‌آید که با هر دو جریان هوا به‌طور مستقیم در تماس است، و رطوبت و انرژی را بین آن دو منتقل می‌کند. دمای هوای بیرون می‌تواند بین 46°C تا -40°C تغییر کند. در این بین، می‌توان از چیدمان‌های مختلفی از این برج‌ها در مسیر استفاده کرد.



شکل ۱۲۱ سیکل‌های بازیافت آنتالپی دو برجی

هوای خارج شده را از یک پد رطوبت گیر عبور می‌دهند تا مایع جاذبی که در آن حل شده است را دوباره به سیکل برگردانند. هوایی که ممکن است دارای انواع اجسام خارجی باشد باید فیلتر هم بشود تا مایع جاذب و در نتیجه جریان دوم آلوده نشود. محلول جاذب (که غالباً متشکل از آب و نمک‌های هالونی مثل کلرید لیتیوم است) عموماً دارای افزودنی‌های ضد باکتری و ضد ویروس است. آزمایشات نشان می‌دهد که یک برج می‌تواند تا ۹۴٪ باکتری‌های موجود در هوا را از بین ببرد که بسیار مناسب مدارس بهداشتی و درمانی است.

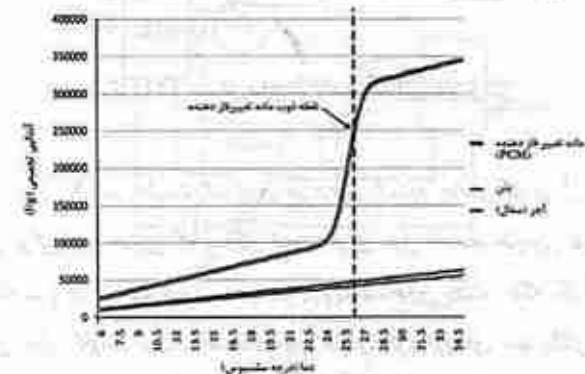
پ ۱۳-۶ سیستم‌های ذخیره‌سازی

پ ۱۳-۶-۱ سیستم ذخیره‌کننده سنگین

در این نوع سیستم‌ها، از جدارهای ضخیم (دیوارهای ضخیم داخلی و یا خارجی بتنی، سقف‌های بتنی حفره‌دار یا جریان هوا، ...) و یا انبارهای سنگی یا آبی برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها، فرایند ذخیره‌سازی می‌تواند فعال یا غیر فعال باشد.

پ ۱۳-۶-۲ جدار ذخیره‌کننده تغییر فازی

تغییر فاز دهنده‌ها^۱ موادی هستند که در اثر تغییر فشار و یا تغییر دما دچار تغییر فاز می‌شوند و این تغییر فرایند در آن‌ها با جذب یا آزاد شدن انرژی همراه است (شکل ۱۲۲). تغییر فاز دهنده‌ها در حقیقت امکان ذخیره سازی انرژی حرارتی را فراهم می‌آورند. یکی از کاربردهای مطرح تغییر فاز دهنده‌ها، تلفیق آنها با مصالحی است که برای ساخت جدارها ساختمانی استفاده می‌شوند. در این نوع کاربردها، مواد تغییر فاز دهنده آلی (ترکیبات پارافین، گلیکول، ...) یا غیر آلی (نمک‌های هیدراته) باشند را در داخل کیسول‌هایی محبوس می‌کنند. با توجه به پایین بودن ضریب هدایت حرارت اکثر مواد تغییر فاز دهنده، برای بهبود اثربخشی آنها از کیسول‌های بسیار ریز (میکروکیسول یا نانوکیسول) حاوی مواد تغییر فاز دهنده در یک ماده یا ضریب هدایت حرارت بالاتر (کچ، بتن، ...) استفاده می‌شود (شکل ۱۲۳).



شکل ۱۲۲ تغییرات آنتالپی نسبت به دما در محدوده نقطه ذوب ماده تغییر فاز دهنده



شکل ۱۲۳ نمونه کیسول‌های به کار رفته در صفحات گچی برای تنظیم دمای داخل

پ ۱۳-۶-۳ سیستم تهویه شبانه

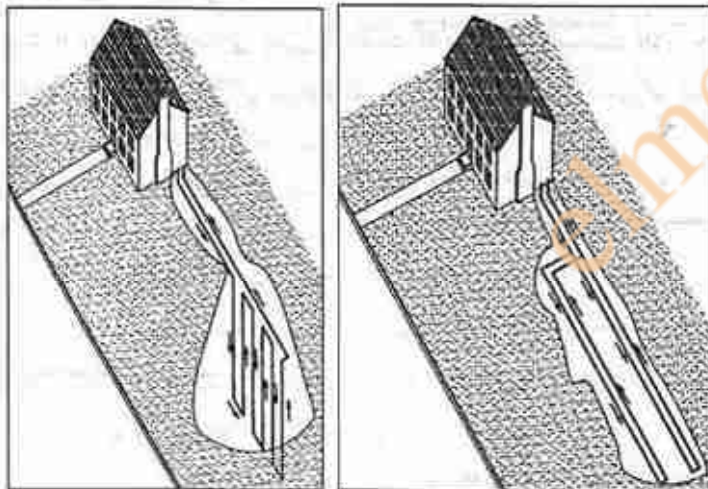
این سیستم‌ها بیشتر برای سرمایش در مناطق گرم و خشک کاربرد دارند، و امکان بهره‌گیری از کاهش دمای شبانه، برای تخلیه انرژی از جدارهای سنگین خارجی و داخلی ساختمان را فراهم می‌سازند.

برای افزایش اثربخشی این نوع سیستم‌ها، میزان تعویض هوای شبانه می‌تواند به بیش از ۱۰ حجم در ساعت نیز برسد. در نتیجه، کاربرد این نوع سیستم‌ها صرفاً در ساختمان‌هایی است که در آنها بهره‌برداری در طول روز صورت می‌گیرد (نظیر ساختمان‌های اداری یا آموزشی).

پ ۱۳-۶-۴ سیستم‌های پیش گرمایش یا پیش سرمایش با بهره‌گیری از ذخیره‌سازی خاک

در زمان‌هایی که بار گرمایش یا سرمایش ساختمان اندک است، بسته به دمای خاک در عمق، تأمین شرایط آسایش می‌تواند بدون راه‌اندازی سیستم گرمایی یا سرمایی، با بهره‌گیری از جرم حرارتی خاک زیر یا اطراف ساختمان، در بخش قابل توجهی از سال صورت گیرد.

در دیگر اوقات نیز، در صورت بهره‌گیری از اینرسی حرارتی خاک، علاوه بر حذف پیک‌های گرمایش و سرمایش، توان مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش نیز به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد.



شکل ۱۲۴ روش‌های مختلف ذخیره‌سازی انرژی در زیر خاک

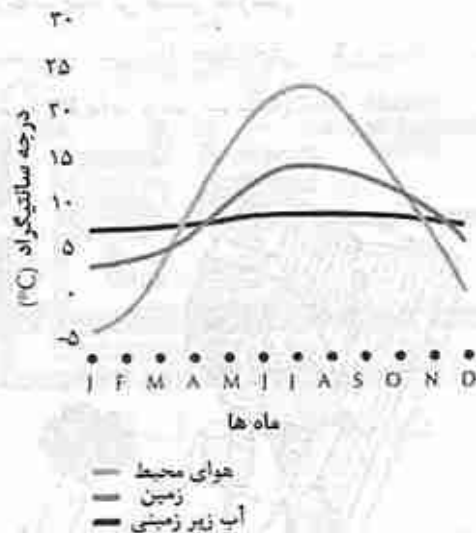
پ ۱۳-۷ تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با بازدهی انرژی بالا

پ ۱۳-۷-۱ پمپ‌های حرارتی متصل به زمین

طی چند دهه اخیر، استفاده از زمین به عنوان منبع^۱ و یا چاه^۲ حرارتی رشد چشمگیری داشته است. هزینه‌های پایین این نوع فرایند، الیبتدگی کم، تعمیر و نگهداری ارزان و همچنین تجدیدپذیر محسوب شدن آن، از جمله ویژگی‌هایی پمپ‌های حرارتی است. امروزه، در کشورهای صنعتی، بخش قابل توجهی از سرمایش و گرمایش با بهره‌گیری از پمپ‌های متصل به زمین^۳ صورت می‌پذیرد. رایج‌ترین نوع استفاده از انرژی زمین در تهویه مطبوع، اتصال این نوع مبدل‌ها به پمپ‌های حرارتی^۴ است، که به پمپ‌های حرارتی متصل به زمین^۵ معروف هستند. پمپ‌های حرارتی متصل به زمین، به دلیل کمتر بودن کار مکانیکی و نزدیک بودن دمای منبع (چاه) حرارتی به دمای مورد نیاز داخل ساختمان، از ضریب عملکرد^۶ بالاتری نسبت به پمپ‌های حرارتی رایج برخوردارند.

حرارت جذب شده توسط زمین در طول تابستان می‌تواند به‌طور مؤثر در زمستان مورد استفاده قرار گیرد. لازم به توضیح است که به‌طور متوسط نزدیک به نیمی از انرژی خورشید توسط زمین جذب می‌گردد. این سیکل سالیانه پدید آمدن یک پتانسیل انرژی حرارتی قابل استفاده برای سرمایش و گرمایش ساختمان می‌شود.

یکی دیگر از ویژگی‌های حرارتی زمین این است که با توجه به ضخامت بالای خاک، دمای زمین و آب‌های زیرزمینی در عمق آن می‌تواند تقریباً ثابت تلقی شود، زیرا تغییرات دمای خاک را در مقایسه با دمای هوای بالای زمین به کمترین حد می‌رسد.



شکل ۱۲۵ نمونه نمودار دمای متوسط ساهیانده هوا، خاک و آب‌های زیرزمینی

پمپ حرارتی متصل به زمین^۱ انرژی ذخیره‌شده در زمین را به انرژی سودمند برای سرمایش و گرمایش و تأمین آب گرم مصرفی ساختمان‌ها تبدیل می‌کند.

از آنجا که در پمپ حرارتی متصل به زمین احتراقی صورت نمی‌گیرد، و تنها انرژی از زمین ساختمان یا برعکس، منتقل می‌شود، پمپ حرارتی می‌تواند بیش از انرژی مصرفی خود سرمایش یا گرمایش ایجاد کند. و در نتیجه، بازدهی بین ۲۰۰٪ تا ۵۰۰٪ در طول یک فصل داشته‌باشد. پمپ حرارتی متصل به زمین، به دلیل دمای مناسب زمین، در اوقات گرم و سرد سال، از پمپ‌های حرارتی هوایی^۲ پربازده‌تر است. همچنین، از فناوری‌های متعارف گرمایش و تهویه هوا نیز پربازده‌تر و با هزینه نگهداری کمتری است. فضای کمتری نیاز دارد، خصوصاً زمانی که حلقه گردش سیال ساختمان جایگزین کانال‌های هوا می‌شود. اوج مصرف برق در طول فصل سرما از تهویه هوای متعارف پائین‌تر و بنابراین هزینه استفاده پایین‌تر است. در نتیجه، انرژی ذخیره شده بسیاری می‌تواند از استفاده GSHPها بدست آید.

۱. Ground-Source Heat Pump (GSHP)

۲. Air-source heat pumps

۱. Source

۲. Sink

۳. Ground Coupled Heat Exchanger (GHE)

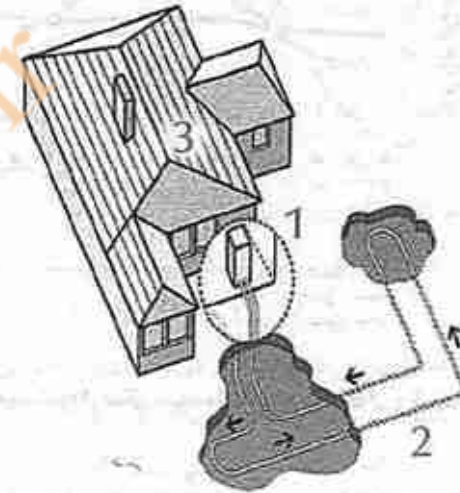
۴. Heat pumps

۵. Ground Coupled Heat Pump (GCHP)

۶. Coefficient Of Performance (COP)

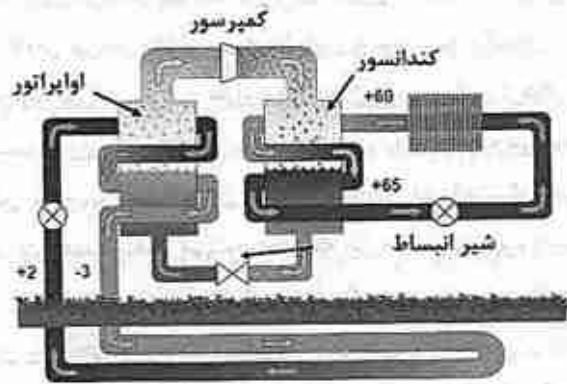
نحوه کارکرد سیستم پمپ حرارتی متصل به زمین

سیستم پمپ حرارتی متصل به زمین از سه بخش اصلی تشکیل می‌شود: پمپ حرارتی، مدار اتصال به زمین و مدار توزیع سرما یا گرما در داخلی ساختمان (شکل ۱۲۶).



شکل ۱۲۶ سه بخش اصلی سیستم پمپ حرارتی متصل به زمین.

رایج‌ترین مدل‌های پمپ حرارتی متصل به زمین نوع "آب به هوا" با ظرفیت سرمایشی بین ۳/۵ تا ۳۵ کیلووات می‌باشند. معمولاً تمام اجزای این نوع از پمپ حرارتی شامل: کمپرسور، اتصال زمین به مبدل حرارتی مبرد، کنترل و سیستم توزیع هوا شامل گرداننده هوا، فن کانال، فیلتر، مبدل هوا به مبرد و خشک‌کننده هوای تهویه^۲ در یک پکیج قرار داده می‌شوند. طرحواره پکیج پمپ حرارتی در شکل ۱۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۲۷ طرحواره پکیج پمپ حرارتی

در اکثر موارد، برای کاربردهای خانگی و ساختمان‌های تجاری کوچک، یک پمپ حرارتی کافی است، ولی برای ساختمان‌های مسکونی و تجاری بزرگ‌تر، معمولاً چندین پمپ حرارتی با یک سیستم توزیع مشترک در نظر گرفته می‌شود.

در حالت گرمایش، پمپ حرارتی به صورت زیر عمل می‌کند: حرارت از اتصال زمین به مبدل زمین به مبرد (تبخیرکننده)^۱ می‌رسد (شکل ۱۲۷). در سوی دیگر مبدل حرارتی مبرد سرد در حالت مایع وجود دارد. مبرد از سیال ناقل حرارت از زمین خنک‌تر است، بنابراین حرارت به مبرد منتقل می‌شود. این حرارت باعث تبخیر مبرد می‌شود ولی دمای آن چندان افزایش نمی‌یابد. این حالت گازی، کم فشار و دما پایین مبرد، سپس از یک کمپرسور برقی می‌گذرد. این فرآیند فشار مبرد و متقابلاً دمای آن را افزایش می‌دهد.

گاز با دما و فشار بالا از کمپرسور خارج شده و وارد مبدل حرارتی دوم (چگالنده)^۲ می‌شود. در پمپ حرارتی هوا به آب، یک فن هوا را برای گرم شدن روی کویل می‌دمد. در پمپ حرارتی آب به آب، آبی که ساختمان را گرم می‌کند از داخل این مبدل عبور می‌کند. از آنجا که مبرد از آب یا هوا گرم‌تر است، حرارت را به آن منتقل می‌کند. هنگامی که دمای مبرد کاهش پیدا می‌کند، چگالیده می‌شود.

۱. water-to-air

۲. air handler

۳. Condensate removal system for air conditioning

۱. Evaporator

۲. Condenser

در این سیستم، انرژی شیمیایی سوخت به وسیله یک محرک اولیه (موتور یا توربین) به توان مکانیکی در محور خروجی تبدیل می‌شود. محور محرک انرژی مکانیکی را به یک ژنراتور منتقل می‌کند تا به انرژی الکتریکی تبدیل شود. حداکثر بازدهی موجود برای محرک اولیه دستگاه و مولد کمتر از ۵۰ درصد است. ولی در یک سیستم CHP، می‌توان نیروی مورد نیاز را با گاز، بنزین، یا حتی نفت تأمین کرد. با شناسایی منابع اتلاف گرما، یعنی گازهای خروجی از محرک اولیه و روغن (مربوط به روغن کاری)، و با قراردادن میدل‌های حرارتی مناسب، می‌توان گرمای اتلافی را به صورت حرارت یا دمای بالا بازیافت و استفاده کرد.

در سیستم CHP، با استفاده از صافی‌هایی، از آزاد شدن آلاینده‌های زیست محیطی نظیر NO، CO، CO₂ و هیدروکربورهای نسوخته جلوگیری می‌شود، و بازدهی سیستم نسبت به حالت عادی (مجزا) افزایش می‌یابد.

لازم به توضیح است که در حالت متداول، بخش اعظم گرمای گازهای داغ خروجی از دودکش‌ها به هدر می‌رود. همچنین، به دلیل بازده اندک نیروگاه‌ها و شبکه توزیع، در ایران بازده تولید برق کشور بین ۲۶ تا ۲۸ درصد برآورد می‌شود، در حالی که الکتریسیته تولید شده به صورت محلی (غیر متمرکز) و مستقل بازدهی بین ۲۷ تا ۵۵ درصد خواهد داشت، که با بیشترین بازده مربوط به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی برابری می‌کند. با بهره‌گیری از روش تولید همزمان برق و حرارت به صورت مستقل، بازده سیستم به ۹۰٪ نیز می‌رسد.

در سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت، از یکی از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- ۱- توربین گاز و ژنراتور بازیافت حرارت (معمولاً در ساختمان‌های مسکونی کاربرد ندارد)
- ۲- سیستم‌های مبتنی بر موتورهای رفت و برگشتی
- ۳- میکروتوربین‌ها

سیستم‌های CHP برای تولید برق و حرارت به صورت همزمان طراحی می‌شود. در یک سیستم محرک اولیه (موتور یا توربین)، انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود. در این موارد، محور محرک با یک ژنراتور کوپل می‌گردد، تا توان مکانیکی به الکتریکی تبدیل شود. حداکثر راندمان موجود برای محرک اولیه دستگاه و مولد برق کمتر از ۵۰٪ است، و این به معنی اتلاف بیش از نیمی از انرژی سوخت به صورت حرارت می‌باشد.

این مورد دما بالا سپس از داخل یک شیر البساط رد می‌شود. شیر، فشار مبرد را کاهش می‌دهد و در نتیجه دمای آن کاهش می‌یابد. حالا این مبرد دما پائین به سمت تبخیرکننده جریان پیدا می‌کند و نیکیل دوباره ادامه پیدا می‌کند. از این طریق، حرارت از زمین به آب یا هوای داخل ساختمان منتقل می‌شود و پمپ حرارتی آب به هوا یا پمپ حرارتی آب به آب نامیده می‌شود.

یک تفاوت قابل توجه بین پمپ حرارتی زمینی و یخچال این است که پمپ حرارتی زمینی برای کار کردن در دو جهت منظور می‌شود. بطوریکه در حالت سرمایش، میدل زمین به مبرد تبدیل به چگالنده و میدل مبرد به هوا تبدیل به تبخیرکننده می‌شود. این کار از طریق یک شیر برعکس‌کننده داخل پمپ حرارتی صورت می‌گیرد.

همانطور که در شکل بالا نشان داده شده است، یک دیسوپرهیتر^۱ آب گرم خانگی را وقتی کمپرسور کار می‌کند فراهم می‌کند. دیسوپرهیتر یک میدل حرارتی کوچک بعد از کمپرسور است. دیسوپرهیتر حرارت اضافی را از گاز منبسط شده به آبی که به یک تانک آب گرم می‌رود منتقل می‌کند. در طول فصل سرمایش، وقتی که تهویه هوا مکرراً کار می‌کند، دیسوپرهیتر ممکن است تمام آب گرم مورد نیاز کاربرد مسکونی را فراهم می‌کند. برخی از پمپ‌های حرارتی مسکونی به صورتی طراحی می‌شوند که آب گرم کافی برای مصارف خانگی را تأمین کنند.

پ ۱۳-۷-۲ سیستم‌های تولید همزمان گرما / سرما و برق

تولید همزمان حرارت و قدرت^۲ تولید دو شکل از انرژی را از یک منبع سوختی از قبیل گازهای طبیعی، بیومس، بیوگاز، زغال سنگ و سوخت‌های نفتی ممکن می‌سازد. در اکثر برنامه‌های کاربردی CHP، انرژی از یک منبع سوختی مانند گاز طبیعی به دو شکل از انرژی مکانیکی و حرارتی تبدیل می‌شود. انرژی مکانیکی تولید شده به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد، و حرارت به دست آمده به صورت بخار، آب داغ، و یا هوای گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های CHP دارای یک مزیت عمده در بین سیستم‌های یکپارچه انرژی هستند، و آن هم قابلیت اصلاح و تغییر نسبت به نوع انرژی و کاربرد آن است.

۱. Desuperheater

۲. CHP; Combined Heat & Power or Cogeneration

رادهای اتلاف حرارت در مولدهای برق عبارتند از گازهای خروجی از محرک اولیه، سیکل خنک‌کن و سیستم روانکاری. در سیستم CHP این مبادی اتلاف حرارت شناسایی شده و با قرار دادن مبدل‌های حرارتی، حرارت تولید شده بازیافت می‌شود.

پ ۱۳-۸ سیستم‌های هوشمند برای انطباق هر چه بیشتر تولید انرژی با نیازهای مقطعی سیستم مدیریت هوشمند ساختمان به مجموعه سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای اطلاق می‌شود که به منظور مانیتورینگ و کنترل یکپارچه قسمت‌های مهم در ساختمان نصب می‌شوند.

وظیفه این مجموعه، پایش مداوم بخش‌های مختلف ساختمان و اعمال فرمان به آن‌ها به نحوی که عملکرد اجزای مختلف ساختمان متعادل با یکدیگر و در شرایط بهینه و با هدف کاهش مصرف ناخواسته و تخصیص منابع انرژی فقط به فضاهای در حین بهره‌برداری باشد.

هدف یک سامانه متغیر معمولی، کاهش تأثیر پدیده‌های ناخواسته به کمک ساده‌ترین وسایل واکنشی ممکن می‌باشد. در یک سامانه فعال وسایل کنترل پدیده‌های ناخواسته از طریق اعمال نیرو یا دیگر روش‌ها تأمین می‌شود. در روش‌های جاری، معمولاً از یک سامانه حس‌گر، یک سامانه فعال‌ساز و یک سامانه کنترل‌کننده استفاده می‌شود. سامانه کنترلی شامل یک ریزپردازنده است که داده‌های ورودی را تحلیل کرده و آن‌ها را به الگوی ریاضی رفتار سازه‌ای موردنظر نسبت می‌دهد و در نهایت سیگنال‌های خروجی مناسب را به سمت سامانه‌های فعال‌ساز بیرون می‌فرستد. فعال‌ساز نیز هماهنگی‌ها یا نیروهای واکنش‌دهنده لازم را ایجاد می‌کند. پیشرفت بی‌وقفه مواد هوشمند شاید در نهایت به این فعالیت‌ها اجازه دهد به جای آن‌که به صورت اجزاء مستقل در کنار هم قرار گیرند، همگی به صورت پیوسته در درون خود سازه عمل کنند.

پ ۱۳-۸-۱ اجزای اصلی یک سیستم هوشمند

- اجزای اصلی که یک سیستم در صورت دارا بودن به نام هوشمند خوانده می‌شود به قرار زیر هستند:
۱. ورودی سیستم که وظیفه دریافت اطلاعات را به وسیله ابزارهای دریافت‌کننده برعهده دارد.
 ۲. پردازش و تحلیل داده‌های اطلاعاتی
 ۳. خروجی سیستم که در مواجهه با اطلاعات دریافت شده توسط ورودی سیستم، پس از پردازش آن‌ها، اقدامات لازم را اتخاذ می‌کند

۴. ملاحظات زمانی که موجب می‌شود تا تصمیمات اتخاذ شده در زمان مقرر رخ دهند.

۵. توانایی یادگیری سیستم

پ ۱۳-۸-۱-۱ ورودی‌ها

هر بخشی در یک ساختمان هوشمند باید دارای تجهیزاتی باشد که توسط آن‌ها اطلاعات دریافت شده و وارد سیستم کنترل شوند. سیستم می‌تواند اطلاعات موردنظر را از روش‌های مختلف بدست آورد. این روش‌ها عبارتند از:

حسگرها

حسگرها ابزارهایی هستند که اطلاعات داخلی و خارجی ساختمان را جمع‌آوری می‌کنند. در فضای داخلی، حسگرها این امکان را برای سیستم‌ها فراهم می‌کنند تا درک درستی از شرایط درونی ساختمان داشته باشد. در فضای خارجی، آنها اطلاعات را از محیط بیرونی، در زمان‌های معین دریافت و جمع‌آوری می‌کنند.

حسگرها به ۳ دسته تقسیم می‌شوند که حسگرهای درون بیرون بنا زیر مجموعه‌های این سه قسم هستند. حسگرهای پرتو خورشیدی، حسگرهای نظارتی و امنیتی، حسگرهای آلودگی صوتی، حسگرهای تغییر رنگ و نمای بصری از جمله حسگرهای بیرونی هستند. حسگرهای بخش‌هایی نظیر بخش انرژی، کنترل هوا، بخش نوردهی، تهویه مطبوع از انواع حسگرهای درون بنا هستند که به وسیله آن‌ها اهداف گوناگونی محقق می‌شوند.

۳. توره یاد شده به قرار زیر هستند.

۱. حسگرهای امنیتی و مراقبتی که در خدمت محیط درون و بیرون ساختمان هستند.

۲. حسگرهای تشخیص کیفیت هوا

۳. حسگرهای نظارتی سیستم

حسگرها به منزله عصب‌های یک ساختمان هستند که می‌توانند شرایط خاص را حس کرده و تصمیم‌های موردنیاز در قبال شرایط درونی و بیرونی بنا را اتخاذ کنند.

بایگانی اطلاعات و رجوع مجدد

هر سیستم هوشمند باید توانایی بایگانی اطلاعات و رجوع مجدد به آن‌ها را داشته باشد. کلمه رجوع مجدد به این معناست که برای مثال سیستم باید بتواند سناریو مشخصی را در اتاق کنفرانس زمانبندی کند و اگر نیاز باشد که این اتاق به شبکه متصل شود و سیستم تهویه مطبوع خواستار

دمای ۷۵ درجه فارنهایت در زمان معینی باشد، سیستم باید بتواند به اطلاعات گذشته خود رجوع کرده و آنها را بازخوانی کند و شرایط موردنیاز را فراهم آورد. بایگانی اطلاعات نقش حافظه را در سیستم‌های هوشمند بر عهده دارد.

برنامه ریزی دستی

سیستم باید به گونه‌ای باشد که کاربران خودشان بتوانند آنرا برنامه‌ریزی کنند. یک کاربر باید بتواند در هر زمانی با توجه به شرایط و مقتضیات جدید، برنامه‌ای نو بر روی سیستم طرح کند.

اینترنت

اتصال بخش‌های مختلف سیستم به اینترنت این امکان را فراهم می‌آورد تا اجزاء مختلف به روز شوند و اطلاعاتی را که توسط شرکت مختلف کامپیوتری بر روی اینترنت قرار داده شده است، دریافت کنند. بیشتر سیستم‌های کامپیوتری و کنترلی دارای فایل‌های به روزرسانی هستند و شرکت‌های فراهم کننده این فایل‌ها را بر روی اینترنت قرار می‌دهند. بنابراین اگر سیستمی بخواهد به روز باشد و عملکرد بهتری داشته باشد، ناگزیر است با ارتباط با شرکت‌های فراهم کننده فایل‌های به روزرسانی از طریق اینترنت، سیستم‌های کنترلی‌اش را به روز نگه دارد. لازم به توضیح است که همه اطلاعات جمع آوری شده از اینترنت به نرم افزار پردازش داده‌ها تحویل می‌شود.

پ۱۳-۸-۲ نرم افزار پردازش و تحلیل اطلاعات

پردازش اطلاعات در قسمت کنترل سیستم انجام می‌شود. مرکز کنترل، همه سیستم‌ها را به صورت یک سیستم واحد کنترل می‌کند. همچنین این توانایی را نیز دارد که هر سیستم را به صورت مجزا کنترل کند. مرکز کنترل ساختمان جایی است که در آن همه سیستم‌ها به صورت واحد در می‌آیند. لذا این محل به نام «یکپارچه کننده سیستم‌های ساختمان» نامیده می‌شود (BSI). برای اینکه بخش‌های گوناگون ساختمان یکپارچه شوند، آنها باید دارای آدرس‌هایی مشخص باشند تا دیگر اجزاء بتوانند بر مبنای آن آدرس‌ها اجزاء دیگر را بشناسند.

مهمترین عامل در هنگام طراحی زیرسیستم‌های هوشمند انتخاب صحیح پروتکل ارتباطی سیستم و نحوه اتصال و ارتباط آن با شبکه داخلی ساختمان است. پروتکل‌هایی از قبیل BACnet و Lonworks از جمله پروتکل‌هایی هستند که ارتباط بین تجهیزات اکتیو کنترل هوشمند را بر عهده دارند. در واقع هماهنگی عملکرد میان زیرسیستم‌های مختلف هوشمند به منظور کنترل بیشتر، مهمترین هدف سیستم هوشمند است.

نرم افزار انتخابی برای یکپارچه سازی باید دارای شرایط زیر باشد:

- محیط گرافیکی قوی جهت شبیه‌سازی زیر سیستم‌ها در داخل ساختمان

- امکان برنامه‌ریزی منطقی جهت همکاری با زیر سیستم‌ها

- امکان مدیریت زمان بندی شده جهت فعالیت زیر سیستم‌ها

- امکان گزارش‌گیری مناسب از وقایع و خرابی‌ها

- امکان ایجاد نمودار برای بسیاری از گزارشات سیستم از قبیل جداول تغییر دما

- امکان کنترل تحت شبکه اینترنت

- امکان کنترل بصورت لایه‌بندی شده برای دسترسی کاربردهای طبقه‌بندی شده

پ۱۳-۸-۱ خروجی‌ها

خروجی‌های مرکز کنترل، دستورالعملی هستند که بر مبنای تصمیمات اتخاذ شده توسط سیستم صادر می‌شوند. این تصمیمات پاسخ‌های سیستم کنترل کننده را شکل می‌دهند و می‌توان دست کم آنها را به ۲ دسته تقسیم کرد: پاسخ‌های داخلی و خارجی.

پاسخ‌ها و دستورات داخلی و خارجی مربوط به سیستم کنترل کننده می‌شوند. پاسخ‌های داخلی نوعی از دستورات هستند که همه اقدامات اتخاذ شده در ارتباط با داخل ساختمان را در بر می‌گیرند. دستورات محاسبه شده و برنامه‌ریزی شده در درون سیستم از جمله این پاسخ‌ها هستند. مثال دیگر برای پاسخ‌های داخلی سیستم، توانایی یک سازه هوشمند در تغییر امتداد سازه خود است که به این وسیله می‌تواند در مقابل فشار باد مقاومت کند. پاسخ‌های خارجی پیامد پاسخ‌های داخلی هستند که بر مبنای پردازش اطلاعات داده شده شکل می‌گیرند.

یک پاسخ خارجی می‌تواند دو شکل داشته باشد: ایستا یا حرکتی. پاسخ‌های خارجی ایستا مانند تغییرات دما، تغییرات بصری تغییرات صوتی و یا تغییرات نور. از سوی دیگر پاسخ‌های حرکتی در قالب حرکت هستند. وقتی که سیستم تصمیم می‌گیرد یک در را باز یا بسته کند. این عمل از جمله پاسخ‌های حرکتی است که معماری پاسخگو برای کاربرانش فراهم می‌کند. در ادامه به بررسی معماری حرکتی و پاسخگو پرداخته شده است.

پ۱۳-۸-۴ ملاحظات زمانی

زمان، به عنوان یکی از ویژگی‌های هوشمندی، یکی از مهمترین مسائل در سیستم‌های هوشمند است. زیرا همه کنش‌ها و تصمیمات باید در زمان مقرر و یا رأس زمان خاصی انجام شود. برای مثال، هشداردهنده‌های آتش باید در زمان مقرر هشدار دهند و سیستم نگهداری از تاسیسات باید

در زمان مقرر این مشکل را گزارش دهد تا بنا در موعد مقرر بچرخد تا از پرتو خورشید دور بماند. گاهی اوقات سیستم در تشخیص و پردازش اطلاعات داده شده دچار اشتباه می‌شود که این مسئله منجر به تأخیر در اقدامات سیستم می‌شود. برای نمونه، ممکن است که دود آتش در ابتدا برای سیستم به عنوان دود سیگار قلمداد شود. اما پس از آن و در مدت زمانی کوتاه سیستم قادر به تشخیص خواهد بود که دود متعلق به آتش است. در این مورد، سیستم باید این توانایی را داشته باشد تا حساسیت خود را اصلاح کند و روند پردازش خود را به گونه‌ای تغییر دهد که در نوبت بعد بتواند دود آتش را تشخیص دهد. از این روند می‌توان به عنوان توانایی یادگیری نیز یاد کرد.

پ ۱۳-۸-۵ ویژگی تجربه آموزی یا توانایی یادگیری

این ویژگی نوعی توانایی است که با استفاده از آن سیستم از تجربه‌های پیشین درس می‌آموزد. تنظیم زمان تصمیم‌گیری نمونه‌ای از برنامه‌نویسی مجدد سیستم با توجه به تجربه‌های گذشته است. لذا تنظیم سیستم بر مبنای اطلاعات جدید داده شده صورت می‌گیرد. این اطلاعات توسط حسگرها داده می‌شوند و با توسط افراد. به عنوان مثال، در یک اتاق کنفرانس، سیستم می‌تواند افزایش تعداد افراد را دریابد، بنابراین دمای هوای اتاق را از ۷۵ درجه فارنهایت به ۶۵ درجه کاهش می‌دهد تا به گرمای حاصل از تجمع ۲۰ نفر در یک اتاق فائق آید. اما پس از این عمل که به صورت خودکار انجام می‌شود فردی که وظیفه مدیریت کنترل را بر عهده دارد تشخیص می‌دهد که باید دما از ۶۵ تا ۵۸ کاهش یابد و تغییرات را به صورت دستی در سیستم اعمال می‌کند. بنابراین در طول این روند سیستم می‌آموزد که محاسبه‌اش در تقلیل ۱۰ درجه‌ای دمای هوا چندان دقیق نبوده است. لذا در نوبت بعد و با تجمع ۳۰ نفر، سیستم سعی می‌کند با توجه به تجربه قبلی گرمای حاصل از هر نفر را محاسبه کند. این توانایی مسئله‌ای بسیار مهم در موقعیت‌هایی نظیر آتش‌سوزی و نگهداری تاسیسات است.

پ ۱۳-۸-۲ سیستم‌های کنترل هوشمند تاسیسات گرمایی و سرمایی

به علت عدم تغییر دمای آب گرم یا سرد ارسالی به ساختمان، متناسب با تغییرات دمای هوای محیط، در بسیاری از زمان‌ها، دمای داخل ساختمان از محدوده آسایش خارج می‌شود. در نتیجه، علاوه بر مصرف بی‌رویه انرژی در ساختمان، آسایش حرارتی ساکنین نیز تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد. برای اصلاح این نقطه ضعف، امروزه از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به طور فراگیر در کشورها و پیشرفته جهان استفاده می‌شود.

سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه، با استفاده از حسگرهای دمای، لحظه به لحظه اطلاعات ساختمان را دریافت و پردازش می‌کنند، و تجهیزات موتورخانه را در راستای کاهش مصرف انرژی و ارتقای سطح آسایش ساکنین، به نحو بهینه راهبری می‌نمایند. برای دستیابی به این هدف، حسگرهایی در حداقل دو موقعیت از موارد زیر نصب و بهره‌برداری می‌گردند:

- حسگر دما در ضلع شمالی ساختمان (دمای هوا)

- حسگرهای دمای کلکتورهای رفت و برگشت آب گرم و سرد ارسالی به ساختمان

- حسگرهای دمای ورودی‌ها و خروجی‌های منابع آب گرم بهداشتی

- حسگرهای دمای مسیر رفت و برگشت برج‌های خنک‌کننده

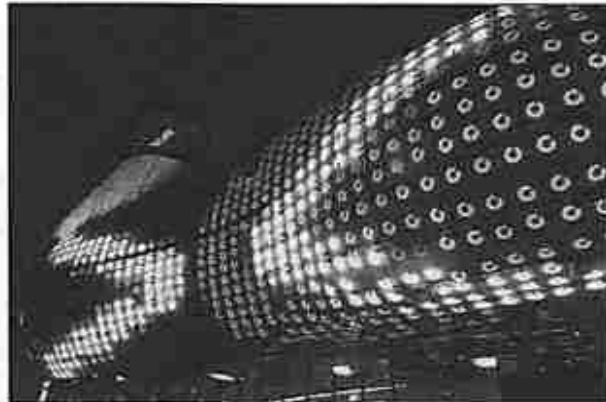
- حسگرهای دمای داخل ساختمان (دمای هوا)

- حسگرهای رطوبت نسبی داخل و خارج ساختمان

با پردازش اطلاعات حرارتی فوق توسط سیستم کنترل هوشمند و اعمال فرمان‌های کنترلی لازم به تجهیزات موتورخانه، دمای آب چرخشی متناسب با تغییرات دمای هوای خارج ساختمان تنظیم و به ساختمان ارسال می‌گردد. تا شرایط آسایش فضاهای داخل ساختمان تأمین شود. به عبارت دیگر، با گرم شدن دمای هوای خارج در زمستان، آب گرم چرخشی با دمای پایین‌تری به پایانه‌های حرارتی ساختمان ارسال می‌گردد، و با خنک شدن دمای هوای خارج در تابستان، آب سرد چرخشی یا دمای بالاتری به سمت پایانه‌های برودتی ساختمان ارسال می‌شود.

در ساختمان‌های با نحوه تصرف (بهره‌برداری) منقطع، نظیر ادارات، مدارس و مجتمع‌های تجاری، سیستم کنترل هوشمند موتورخانه با دریافت ساعات کاری ساختمان، پس از ساعت کاری و تا زمان پیش‌راه‌اندازی موتورخانه در نوبت بعد، موتورخانه را در وضعیت غیر فعال قرار می‌دهد و کارکرد تجهیزات موتورخانه صرفاً به اندازه‌ای است که در ساعات کاری، گرمایش یا سرمایش ساختمان به نحو مطلوب صورت گیرد.

برای تأمین دمای آب گرم بهداشتی توسط سیستم کنترل هوشمند نیز تجهیزات موتورخانه صرفاً به اندازه‌ای کار می‌کنند که دمای آب گرم بهداشتی در ساعتهای مورد نظر، در حد مطلوب تثبیت گردد.



شکل ۱۲۸ نمونه‌ای از یک پوسته هوشمند BIX façade, Kunsthaus Graz



شکل ۱۳۹ نمونه‌ای از یک پوسته پویا Aegis Hyposurface

سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه، علاوه بر ویژگی‌های فوق، دارای قابلیت‌های دیگری نیز، از جمله کنترل رادیویی برق هواسازها و فن کویل‌ها، کنترل شیرهای برقی تابستانی- زمستانی می‌باشند.

با داشتن این خصوصیات، سیستم کنترل هوشمند موتورخانه موجب کاهش چشمگیر مصرف سوخت، برق، استهلاک تجهیزات و همچنین کاهش تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌گردد.

پ ۱۳-۸-۳ پوسته هوشمند

به طور کلی، کالبد و فضای معماری از پوسته‌های داخلی و خارجی ساخته می‌شوند. پوسته ساختمان بنا بر موقعیت قرارگیری، زمان استفاده از آن در کوتاه‌مدت و بلندمدت، نوع کاربران آن و شرایط محیطی می‌تواند عملکردهای متفاوتی داشته باشد. انطباق هر پوسته با عملکردش سبب پاسخگویی بنا به نیازهای موردنظر و صرفه‌جویی در مصالح و انرژی می‌گردد. نمونه‌هایی از این پوسته‌ها، پوسته‌های چندعملکردی و هوشمند می‌باشند. به‌طور کلی، هدف اصلی اکثر رویکردهای رایج در زمینه پوسته‌های هوشمند، ایجاد توانایی حس کردن عوامل محرک خارجی و ارائه واکنش مناسب به آنها می‌باشد.

پوسته هوشمند به پوسته‌ای اطلاق می‌گردد که ضمن همسازی با محیط، در آن ترکیبی از روش‌های فعال^۱ و غیرفعال^۲ به منظور تأمین آسایش کاربران و کاهش مصرف انرژی به کار رفته است. در ادامه، سازه‌های هوشمند فعال و منفعل تشریح می‌گردد [۱۱].

۱. Active, Moving

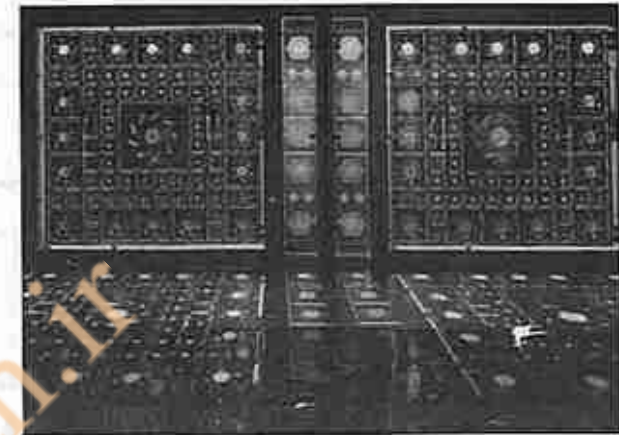
۲. Passive, Fixed

تأسیسات مکانیکی

در این سیستم‌ها که مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان نیز کنترل صحیح تجهیزات مولد انرژی می‌باشد، عملیات کنترل در لایه‌های مختلف سیستم اعمال می‌شود.

در سیستم سنتی عملیات کنترل عملکرد تجهیزات به صورت کلی و کاملاً مستقل صورت می‌گیرد، اما در سیستم کنترل هوشمند تمام تجهیزات نصب شده در سطوح مختلف اعم از موتورخانه، اتاق هواساز و یا در بالاترین سطح شوقاژ یافتن کویل‌ها، اعضای یک پیکره کنترلی می‌باشند و فعالیت آن‌ها در راستای یکدیگر است. این سیستم توانایی آن را دارد تا در حالت پشتیبان، تمام تجهیزات را به صورت اتوماتیک در صورت خرابی جایگزین یکدیگر نماید. مزایای این سیستم عبارتند از:

- ۱- صرفه‌جویی در مصرف انرژی
 - ۲- کاهش هزینه‌های نگهداری تجهیزات مکانیکی
 - ۳- کاهش ضریب استهلاک تجهیزات
 - ۴- کنترل آسان و مرکزی سیستم
 - ۵- ایجاد گرما و رطوبت مطلوب در تمامی فضاهای ساختمان، بنا به نیاز
 - ۶- برنامه‌ریزی متمرکز برای تجهیزات، مبتنی بر زمان مناسب عملکرد.
 - ۷- امکان بهره‌گیری از دیگر سیستم‌های هوشمند، به صورت هماهنگ‌شده
 - ۸- امکان تغییر موردی عملکرد تجهیزات با توجه به تغییرات آب و هوا و نیز تغییرات فضول
 - ۹- امکان کنترل تجهیزات از راه دور توسط شبکه اینترنت
 - ۱۰- امکان اعلام خرابی به روش‌های مختلف اعم نظیر ارسال فکس، پیامک، الارم.
 - ۱۱- طراحی زیرساختاری بر مبنای تجهیزات مناسب به فراخور نیاز تأسیساتی ساختمان برای مثال انتخاب هواسازی یا امکان کنترل و تأمین رطوبت، دما، دمای هوای تازه، برگشتی و یا هوای مناسب تزریق شده به محیط
 - ۱۲- مشخص شدن محل و نوع کنترل فضا از جهت نصب ترموستات‌های دیواری
- همچنین، چنانچه سیستم‌های مکانیکی توسط سیستم حریق هوشمند کنترل شوند می‌تواند مزایای زیر را دارا باشد:



شکل ۱۳۰ پوسته ساختمان کنترل‌کننده میزان نور طبیعی ورودی Arab Institute Façade

پ ۱۳-۸-۳-۱ سیستم‌ها و عناصر تأثیرگذار بر طراحی یک پوسته هوشمند

به طور کلی، تکنولوژی‌ها و زیر سیستم‌هایی که در یک ساختمان هوشمند به کار گرفته می‌شود شامل موارد زیر است:

- تأسیسات مکانیکی
- سیستم‌های روشنایی
- مصالح هوشمند
- کنترل سایبان‌ها و صفحات منعکس‌کننده
- سیستم‌های کنترل تردد و سیستم‌های امنیتی
- آسانسور و پله برقی
- سیستم اعلام و اطفاء حریق
- سیستم دوربین مدار بسته

در میان موارد ذکرشده، برای طراحی یک پوسته هوشمند، چهار مورد اول، یعنی تأسیسات مکانیکی، سیستم روشنایی، مصالح هوشمند و کنترل سایبان‌ها و صفحات منعکس‌کننده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در ادامه، به تشریح این موارد پرداخته شده است.

- ۱- اجازه دادن به افراد برای تنظیم دمای مناسب محل (با محدودیت‌های خاص)
- ۲- تحت نظر داشتن دما و تنظیم کردن آن براساس شرایط استفاده
- ۳- تنظیم کردن کیفیت هوای داخل بر مبنای ساکنین ساختمان و استانداردهای ساختمان
- ۴- تنظیم کردن دما، رطوبت و سرعت جریان هوا و غیره
- ۵- استفاده از سیستم‌های حجم هوای متغیر یا حجم هوای ثابت بر اساس طراحی، نوع اول کنترل فردی بیشتری را در اختیار می‌گذارد.

سیستم‌های روشنایی

بعضی از سیستم‌های روشنایی موجود شامل موارد زیر می‌شود:

- خاموش و روشن شدن اتوماتیک با استفاده از سلول‌های نوری یا ترم‌افزارهای رایانه‌ای
- تنظیم میزان نور از طریق استفاده از پنجره‌های فتوکروماتیک
- اجازه دادن به اشخاص برای تنظیم نور از طریق کامپیوتر یا با استفاده از تلفن
- قطع یا وصل کردن مدارات با استفاده از ترم‌افزارهای رایانه‌ای
- مدیریت مصرف انرژی از طریق مشاهده ساکنین ساختمان و تنظیم روشنایی براساس آن.

استفاده از سیستم‌های هوشمند روشنایی مزایای متعددی است که بعضی از آن‌ها در ذیل آورده شده است:

- ۱- کنترل هوشمند روشنایی براساس شدت نور مورد نیاز و مناسب هرفضا تعریف می‌شود نه براساس تعداد و تنوع پمپ‌های روشنایی و این همان عامل اصلی کاهش انرژی مصرفی در ساختمان‌ها می‌باشد.
- ۲- تفاوت اساسی که بین سیستم‌های روشنایی سنتی و نوع هوشمند وجود دارد آن است که در ساختمان هوشمند، سیستم انتقال قدرت و سیستم کنترل کاملاً مجهز از یکدیگرند و این به معنی آن است که هیچ ارتباط فیزیکی بین وسایل کنترل (مثل کلیدها، حسگرها و...) و مصرف‌کننده‌ها (مثل لامپ‌ها و...) وجود نخواهد داشت.
- مسیر انتقال قدرت و انتقال سیگنال‌های کنترلی کاملاً مستقل در یکدیگرند در این سیستم وسایل کنترلی از طریق کابل کنترلی مخصوص و ترمینال‌های ویژه آن به هم متصل شده و

- وارد تابلوی کنترل می‌شوند و از طرفی خطوط انتقال قدرت از لوب‌های تعریف شده وسایل روشنایی مستقیماً به تابلو می‌روند.
- ۳- از دیگر مزایای سیستم هوشمند در ساختمان آن است که در هر شرایطی که منطق کنترل تغییر کند، می‌توان بدون کوچکترین تغییر فیزیکی (برای مثال تغییر در سیم کشی و...) و صرفاً با اعمال تغییرات در برنامه‌ریزی و یا اصولاً برنامه‌ریزی مجدد تجهیزات کنترلی، منطق جدید را اعمال کرد.
 - ۴- در سیستم روشنایی هوشمند، امکان تعریف منطق‌های روشنایی یکپارچه به راحتی میسر می‌گردد.
 - ۵- برنامه‌ریزی متمرکز مبتنی بر زمان
 - ۶- برنامه‌ریزی جهت ایجاد روشنایی در صورت حضور ساکنین و یا عبور افراد
 - ۷- کنترل روشنایی بوسیله کاهنده‌های اتوماتیک ولتاژ
 - ۸- کنترل کلیدها بوسیله ریموت کنترل
 - ۹- ایجاد روشنایی مناسب با تلفیق نور طبیعی و مصنوعی به وسیله کنترل خودکار پرده‌ها
 - ۱۰- کنترل روشنایی براساس شدت روشنایی محیط
 - ۱۱- ایجاد نور مناسب و مطلوب و جلوگیری از اتلاف انرژی

مضاح هوشمند

مضاح هوشمند مضاحی هستند که رویدادهای محیطی را حس و اطلاعات بدست آمده را پردازش کرده و نسبت به محیط و واکنش مناسب را نشان می‌دهند. به عبارتی دارای توانایی ذاتی در جهت پاسخگویی سریع به محیط هستند. این مضاح را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم کرد:

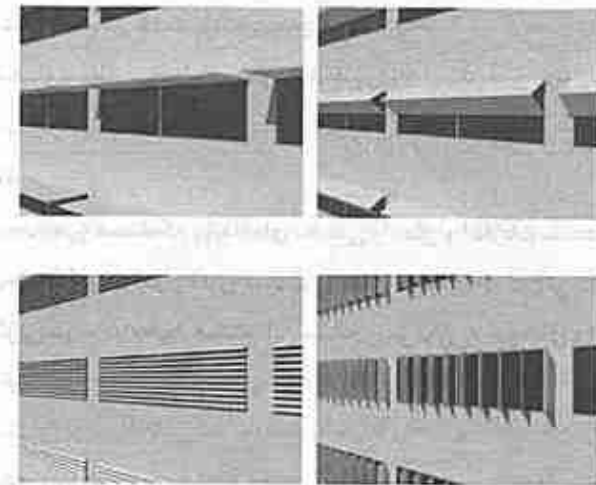
- قابلیت تغییر خاصیت
- قابلیت میلادله انرژی
- موقعیت یا اندازه گستره
- قابلیت برگشت پذیری

مضاح هوشمند ممکن است به عنوان یک جایگزین برای مضاح مرسوم در بسیاری از اجزاء و عملکردها مطرح شده باشد، اما اکثر مضاح هوشمند رفتارهای فعال را در ذات خود دارند و

همچنین به عنوان تکنولوژی قابلیت و پتانسیل اجرا دارند. به عنوان مثال شیشه الکتروکرمیک می‌توانند همزمان یک مصالح شیشه‌ای، یک پنجره، یک سیستم دیوار پرده‌ای، یک سیستم کنترل نور پردازی و یا یک سیستم سایه‌اندازی اتوماتیک باشد. این رفتارها موجب می‌شود محصول به گروه‌های جداگانه متعددی طبقه‌بندی شود که ارائه آن را به عنوان یک کارکتر چندبعدی یا کاربردهای گوناگون برای معمار سخت می‌کند.

کنترل سایه‌بان‌ها و منعکس‌کننده‌ها

هدف اصلی از طراحی سایبان، کاهش گرمای ورودی ناشی از تابش مستقیم خورشید و در عین حال بیشینه کردن استفاده از نور طبیعی می‌باشد. سایبان‌ها به دو دسته سایبان‌های ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. سایبان‌های متحرک دارای دو گروه دستی و موتوردار می‌باشند. در شکل ۱۳۱، گونه‌های مختلفی از پاسخگویی پوسته به تابش آفتاب و شیوه‌های کنترل آن توسط سایبان‌های خارجی و داخلی نشان داده شده است.



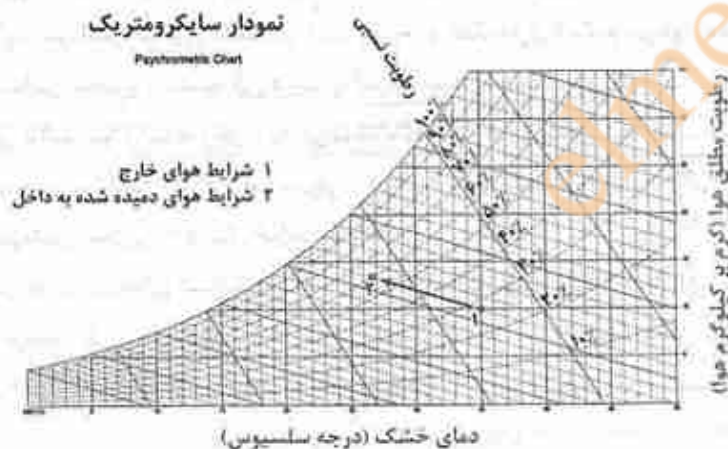
شکل ۱۳۱ گونه‌های مختلفی از پاسخگویی پوسته به تابش آفتاب و شیوه‌های کنترل آن توسط سایبان‌های خارجی

پیوست ۱۴ تشریح برخی سیستم‌های تأسیساتی مطرح

پ ۱۴-۱ اصول سیستم سرمایش تبخیری مستقیم

اساساً عملکرد سیستم سرمایش تبخیری مستقیم بر تبدیل گرمای محسوس به گرمای نهان استوار است. هوای غیر اشباع هنگامی که در معرض آب آزاد و سردتر قرار می‌گیرد (در حالتی که تأثیر عوامل محیط خارج به حداقل رسیده باشد)، با تبخیر آب و با گرفتن گرمای نهان لازم از هوا، رطوبت هوا افزایش و دمای آن کاهش می‌یابد.

در این فرایند، هر چند دمای هوا کم می‌شود، ولی این تغییر به بهای افزایش رطوبت نسبی آن صورت می‌گیرد (شکل ۱۳۲).



شکل ۱۳۲ فرایند سرمایش تبخیری ایدئال در نمودار سایکرومتریک

تبادل گرمای محسوس به نهان می‌تواند تا دستیابی به هوای اشباع ادامه یابد. این فرایند را اشباع بی‌دررو می‌نامند، چرا که هیچ‌گونه حرارتی با محیط خارج تبادل نمی‌شود.

اکثر سیستم‌های سرمایش تبخیری مستقیم بر پایه فرایند اشباع بی‌دررو پایه‌گذاری شده‌اند. در نوعی از سرمایش تبخیری، در حالت استفاده از آب به صورت سیکل بسته، دمای آب تقریباً برابر با دمای مرطوب هوا در نظر گرفته می‌شود. در این حالت، آب مداوماً در سیستم می‌چرخد و مجدداً در معرض هوای ورودی قرار می‌گیرد.

به صورت تئوری، فرض می‌شود که دمای آب در این فرایند ثابت می‌ماند و هنگامی که در معرض هوا قرار می‌گیرد، نه کاهش و نه افزایش می‌یابد. در حالت بهینه، باید تمامی انرژی مبادله‌شده در اثر تبخیر، تنها برای سرمایش هوا صرف گردد و موجب سرد شدن آب نگردد. لذا در این حالت، برای دستیابی به میزان سرمایش مشخص، باید میزان آب مصرفی تنظیم گردد، تا از اضافه شدن بی‌رویه رطوبت به هوا جلوگیری شود.

در عمل، معمولاً آب مقداری از گرمای محسوس خارجی را از مخزن آب، پمپ، لوله‌های ورود آب جبرانی (برای جایگزینی آب تبخیر شده)، اصطکاک در مسیر چرخش آب، انتقال حرارت با محیط اطراف و گرمای تابشی خورشید دریافت می‌کند، و در نتیجه، فرایند اشباع بی‌دررو در سرمایش تبخیری یک فرض ایده‌آل و دست‌نیافتنی است.

هنگامی که آب در جریان دارای دمایی بالاتر از دمای مرطوب هوای ورودی باشد، این فرایند مشابه فرایند سرمایشی در برج خنک‌کن است و موجب خنک‌سازی آب گرم می‌شود. معمولاً، در مبحث سرمایش تبخیری مستقیم، این فرایند را گذر یک‌طرفه یا سیستم‌های بدون پمپ می‌نامند. در این فرایند، هوا و آب همزمان سرد می‌شوند، و بخشی از انرژی تبادل شده صرف خنک‌سازی آب می‌گردد. پدیده‌ای است گرم‌بودن آب مصرفی بالا رفتن دما و رطوبت موجود در هوای خروجی از سیستم سرمایش تبخیری را به‌دنبال خواهد داشت.

رسیدن به شرایط هوای اشباع با دستگاه‌های متداول دست‌نیافتنی است. گذر آسان هوا از میان پدهای^۱ مرطوب، یا در نظر گرفتن ضخامت‌هایی کمتر ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ) محقق می‌شود. در چنین شرایطی، قسمتهایی از پد خشک می‌ماند و بخشی از هوای عبوری از آن در معرض رطوبت

۱. پد پتری است که به منظور تماس بهتر آب و هوا از آن استفاده می‌شود و در تجهیزات مختلف، ممکن است از جنس پوشال، سلولز، فایبرگلاس، الیاف فلزی و غیره باشد (در ادامه بیشتر بحث می‌شود).

قرار نمی‌گیرد. از طرف دیگر، در اکثر موارد، به‌دلیل درزبندی ناکافی، هوای بیرون به داخل کولر نشت می‌کند و موجب کاهش بیشتر توان سرمایش می‌شود. باید عنوان نمود که در ایرواشرهای با کیفیت بالا نیز، به‌دلیل وجود فاصله بین افشانک‌ها، بخشی از هوای خشک ورودی به دستگاه در معرض پاشش قطرات آب قرار نمی‌گیرد و بدون هیچ‌گونه تغییری عبور می‌نماید.

در کولرهای تبخیری بسیار نادری، پدها به‌صورت یکنواخت‌تری خیس می‌شوند و رطوبت‌دهی به هوای ورودی در شرایط بهتری صورت می‌گیرد؛ ولی حتی در پدهای سلولزی و فایبرگلاس بزرگ با ضخامت ۶۰ سانتی‌متر (۲۴ اینچ) نیز رسیدن به شرایط هوای اشباع امکان‌پذیر نیست.

پدهای فشرده‌تر یا سطوح بیشتر، افشانک‌های نزدیک‌تر و همچنین سرعت هوای کمتر باعث تماس بیشتر هوا و آب و افزایش رطوبت هوای خروجی از دستگاه می‌شوند. البته در چنین شرایطی، لازم خواهد بود فن‌ها و پمپ‌های قوی‌تری مورد استفاده قرار گیرد، و این امر افزایش مصرف انرژی را به‌همراه خواهد داشت.

در انواع ارزان‌قیمت کولرهای تبخیری مستقیم از نوع قطره‌ای، رطوبت نسبی هوای خروجی از دستگاه معمولاً بین ۵۰ تا ۷۰٪ است، در حالی که در انواع دارای پدهای افشانک‌دار، پدهای دورانی، پدهای صلب و ایرواشرها، رسیدن به رطوبت نسبی ۹۰٪ امکان‌پذیر می‌باشد. کمیت بازده سرمایش یا اشباع^۱ بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$E_s = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3}$$

که:

- E_s : بازده (راندمان) اشباع بر حسب درصد
- t_1 : دمای خشک هوای ورودی به کولر تبخیری
- t_2 : دمای خشک خروجی از کولر تبخیری
- t_3 : دمای تر هوای ورودی به کولر تبخیری

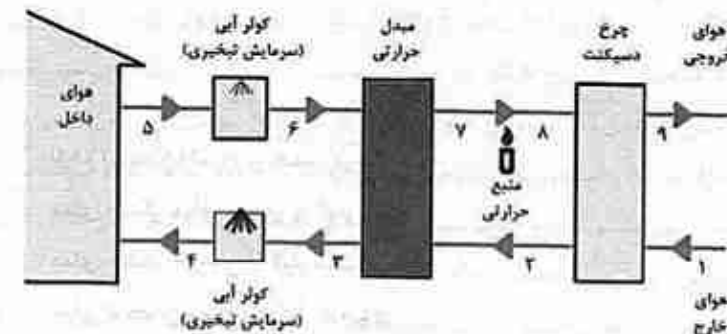
بازده (راندمان) اشباع وابسته به طراحی تجهیزات، شرایط مختلف کارکردی و تنظیمات دستگاه است. بازده اشباع به شرایط آب و هوایی و رطوبت نسبی هوا بستگی ندارد.

پ ۱۴-۲ تشریح برخی سیستم‌های سرمایی تبخیری بهبود یافته

پ ۱۴-۲-۱ سیستم‌های سرمایی جذبی جامد (چرخ دسیکنت)

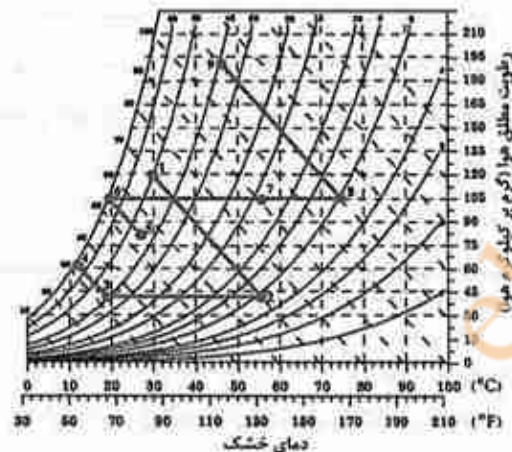
در مناطق آب و هوایی مرطوب، در اوقات گرم سال، ایجاد شرایط آسایش و تأمین سرمایش مورد نیاز با استفاده از سیستم‌های تبخیری مستقیم غیر عملی است. در چنین شرایطی، به‌طور متداول از سیستم‌های سرمایشی تبریدی مکانیکی، که دارای مصرف انرژی زیادی هستند، استفاده می‌شود. یکی از راه‌حل‌های دیگر، استفاده از سیستم‌های طراحی‌شده بر پایه مواد رطوبت‌گیر، به‌منظور پیش‌آماده‌سازی هوای تهویه شده به داخل ساختمان می‌باشد. سیستم سرمایی دسیکنت، سیستمی است که در آن، در شرایط آب و هوایی مختلف، با تلفیق چرخ رطوبت‌گیر با کولرهای تبخیری مستقیم و غیر مستقیم، شرایط آسایش تأمین می‌گردد. کاهش هزینه انرژی الکتریکی، استفاده از صندرسد هوای تازه، عدم استفاده از مبرد CFC یا HCFC، کاهش هزینه نگهداری، بالا بردن کیفیت هوای داخل از جمله مزایای این نوع سیستم‌هاست.

در شکل ۱۳۳ سیستم سرمایشی دسیکنت در حالت تهویه ای نشان داده شده است این سیستم در این حالت یک سیکل باز می‌باشد و فرایندهای مختلف هر یک از اجزاء این سیکل متناظراً در شکل ۱۳۴ نشان داده شده است.



شکل ۱۳۳ شمای کلی سیستم سرمایشی دسیکنت در حالت تهویه‌ای

هوای بیرون با شرایط طرح خارج (نقطه ۱) وارد چرخ دسیکنت (رطوبت‌گیر) می‌شود و با از دست دادن رطوبت خود به دمای محسوس بالاتری می‌رسد. این فرایند بر روی خط انتالپی ثابت صورت می‌گیرد (نقطه ۲). هوا پس از گذشتن از مبدل حرارتی هوا به هوا، بدون تغییر رطوبت مطلق، دچار کاهش دمای محسوس می‌شود (نقطه ۳). در مرحله بعد، یک سیستم تبخیری مستقیم به هوا رطوبت‌زنی می‌کند (نقطه ۴). هوای عبور کرده از این مسیر وارد فضای داخل ساختمان می‌شود. تا شرایط آسایشی لازم در محیط داخل را تأمین کند. هوای داخل فضاهای کنترل‌شده (نقطه ۵)، در مسیر خروج، ابتدا رطوبت‌زنی می‌شود (نقطه ۶). سپس از مبدل حرارتی عبور می‌کند، و از این راه، حرارت هوای مسیر رفت را دریافت می‌کند (نقطه ۷). در ادامه، با عبور از یک منبع حرارتی، دمای خشک هوای خروجی افزایش و رطوبت نسبی آن کاهش می‌یابد (نقطه ۸). در این حالت هوای گرم می‌تواند رطوبت موجود در چرخ دسیکنت (رطوبت‌گیر) را جدا و آن را خشک نماید. تا چرخ دسیکنت (رطوبت‌گیر) برای جذب رطوبت از مسیر رفت آماده شود. پس از این مرحله، هوا از سیستم خارج می‌شود (نقطه ۹).

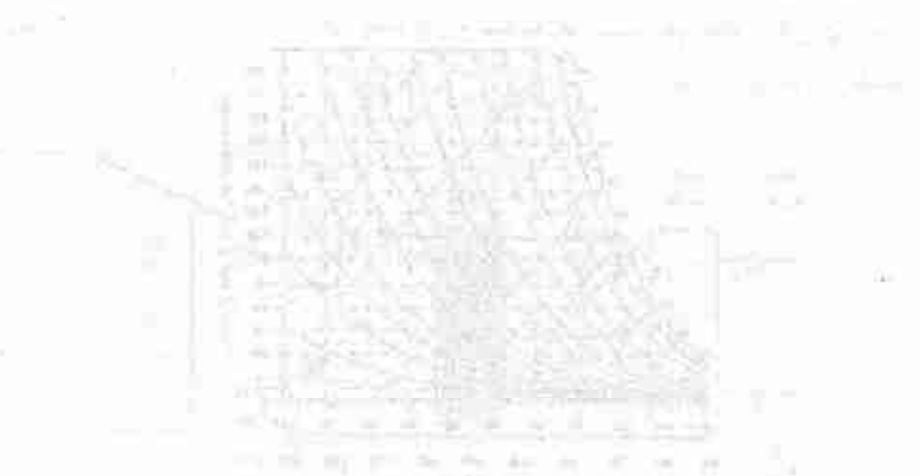


شکل ۱۳۴ فرایندهای سیستم سرمایشی دسیکنت در حالت تهویه‌ای بر روی نمودار سایکرومتریک

این سیستم، در حالت تهویه‌ای دارای یک سیکل کاملاً باز است و ۱۰۰ درصد هوای تازه به فضای داخل ساختمان وارد می‌شود. نکته دیگر آن که رطوبت‌زنی و مبدل حرارتی در مسیر برگشت، و

سیستم تبخیری مستقیم موجود در مسیر رفت، به عنوان یک سیستم سرمایشی تبخیری غیرمستقیم عمل می کنند، و به صورت دو مرحله ای، هوا را به شرایط مورد نظر می رسانند.

در این سیستم، هوا در دو مرحله از یک برج تبخیر عبور می کند. در مرحله اول، هوا با آب سرد (که از یک منبع خنک کننده مانند یک برج خنک کننده یا یک سیستم خنک کننده مایع) تماس می گیرد و در نتیجه خنک می شود. در مرحله دوم، هوا با آب گرم (که از یک منبع گرم کننده مانند یک برج گرم کننده یا یک سیستم گرم کننده مایع) تماس می گیرد و در نتیجه گرم می شود. این فرآیند باعث می شود که هوا به شرایط مورد نیاز برای استفاده در فضای داخلی برسد.



این سیستم می تواند در فضاهای بزرگ و با سقف بلند استفاده شود. با این حال، باید توجه داشت که این سیستم نیاز به دسترسی به منابع آب و انرژی دارد. همچنین، باید اطمینان حاصل شود که سیستم به درستی نصب و نگهداری می شود.

پیوست ۱۵ اصول بهره گیری بهینه از روشنایی طبیعی و مصنوعی

پ ۱۵-۱ سیستم های نورپردازی با نور طبیعی

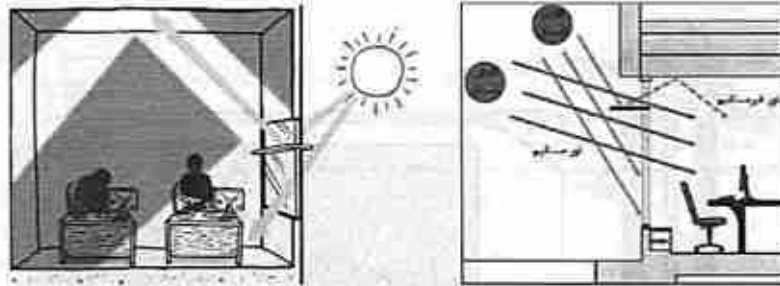
پ ۱۵-۱-۱ روشنایی طبیعی و مزایای آن

استفاده از نور طبیعی، یکی از کارآمدترین روش ها برای به کارگیری انرژی خورشیدی در بنا می باشد. عوامل مختلفی که بر میزان ورود نور طبیعی به داخل فضا تأثیر می گذارند عبارتند از: اقلیم، هندسه و کالبد ساختمان، ابعاد و نحوه قرارگیری جدارهای نورگذر در نماها، وضعیت و مشخصات محیط اطراف بنا، کاربری ساختمان، جهت گیری ساختمان، مصالح جدارهای شیشه ای، ابعاد و محل قرارگیری جدار نورگذر، نحوه اجرا و جزئیات اجرایی نصب سیستم نورگذر، سیستم های کنترلی نور روز و میزان ورود تابش آفتاب به داخل فضا و همچنین نوع و مشخصات سایبان های احتمالی داخلی و خارجی.

لازم به توضیح است، در صورتی که نور طبیعی وارد شده به داخل فضا، کنترل شده نباشد می تواند باعث ایجاد پدیده خیرگی^۱، عمیق نفوذ کم، ایجاد انعکاس آزاردهنده، عدم یکنواختی و غیر قابل کنترل بودن آن شود.

به طور کلی، روشنایی طبیعی در داخل ساختمان به دو طریق تأمین می گردد.

- منابع اصلی که شامل نور خورشید (تابش مستقیم) و نورپخش آسمان (تابش پراکنده) می باشد.
- منابع فرعی که شامل نور حاصل از انعکاسات سطوح مختلف یا پخش کننده های بازتابنده یا نیمه شفاف^۲ است که خود به وسیله منابع اصلی یا دیگر منابع ثانوی روشن شده اند، می باشد.



شکل ۱۳۵ نحوه عملکرد طاقچه نوری

پ ۱۵-۱-۳ لوله نوری

لوله‌های نوری^۱ به منظور انتقال و پخش نور طبیعی در داخل فضا به کار می‌رود. این سیستم بیشتر در سقف ساختمان‌ها به عنوان یک منبع نوری ثانویه نصب می‌گردد. جدار این لوله‌ها از مصالح منعکس‌کننده تشکیل شده است تا بتواند حداکثر نور روز را به داخل فضا هدایت نماید (شکل ۱۳۶). از این سیستم می‌توان در فضاهایی که فاقد پنجره می‌باشد، بهره جست. به طور کلی، لوله‌های نوری شامل اجزای زیر می‌باشد:

به گنبد مدور شیشه‌ای، این گنبد در بالاترین قسمت سیستم (معمولاً روی بام ساختمان) قرار می‌گیرد و نور طبیعی را از تمامی جهات دریافت می‌کند، در حقیقت این جزء، به صورت کلکتور عمل می‌کند. نوع این شیشه را می‌توان به گونه‌ای انتخاب نمود که مانع از تابش اشعه زیان‌آور فرابنفش شود.

- لوله منعکس‌کننده، در جه طول این لوله کمتر و ضریب انعکاس آن بیشتر باشد، انتقال نور به نحو بهتری انجام می‌شود.

- پخش‌کننده، که نور طبیعی دریافت‌شده را در داخل فضا پخش می‌کند و اجازه نمی‌دهد حرارت در آن نقطه، بیش از حد گردد. در حالی که هنگام استفاده از نورگیرهای سقفی، این مشکل گرمایش بیش از حد در یک نقطه مشاهده می‌گردد.

دو رویکرد متفاوت برای استفاده از نور طبیعی در ساختمان‌ها وجود دارد:

۱- جلوگیری از ورود نور بیش از حد به فضا توسط سایبان‌ها، پرده‌ها، مشبک‌ها و روش‌های مختلف دیگر

۲- بهره‌گیری حداکثر از نور طبیعی به کمک انعکاسات حاصل از سطوح مختلف و هدایت نور طبیعی به نقاط مورد نظر در داخل فضا

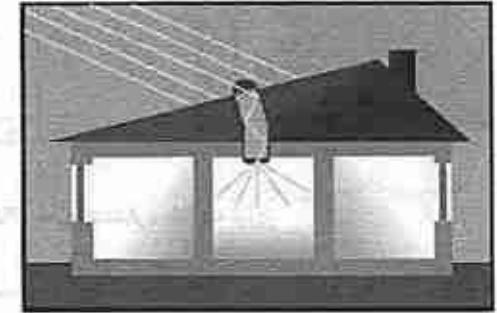
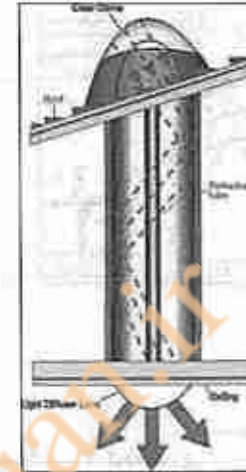
در این قسمت، به انواع سیستم‌های گوناگون نورپردازی با نور طبیعی به منظور بهره‌گیری حداکثر از نور طبیعی پرداخته می‌شود.

در ادامه، به تعدادی از این سیستم‌های نورپردازی با نور طبیعی اشاره شده است.

پ ۱۵-۱-۲ طاقچه نوری

طاقچه نوری^۱ به صورت یک سایبان افقی است که سطح فوقانی آن از جنس مصالح منعکس‌کننده می‌باشد. این سیستم می‌تواند در داخل یا خارج فضا یا هر دو طرف قرار گیرد. محل قرارگیری این سیستم، از لحاظ ارتفاعی باید به گونه‌ای باشد که ضمن عدم ایجاد اختلال در دید ساکنین، نور منعکس‌شده از سطح فوقانی طاقچه نوری را به سطح زیرین سقف انعکاس دهد و سپس آن را در فضا پراکنده نماید. با این کار، یک منبع نوری ثانویه روی سقف ایجاد می‌گردد که بسته به زاویه برخورد، زاویه ارتفاع، زاویه سمت و شدت روشنایی اشعه خورشید، میزان روشنایی و محل قرارگیری این منبع ثانویه ایجادشده روی سقف در طول سال متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال، هر چه زاویه تابش کمتر باشد، این منبع ثانویه در فاصله دورتری نسبت به جدار نورگذر قرار می‌گیرد و عمق نفوذ نور افزایش می‌یابد (شکل ۱۳۵).

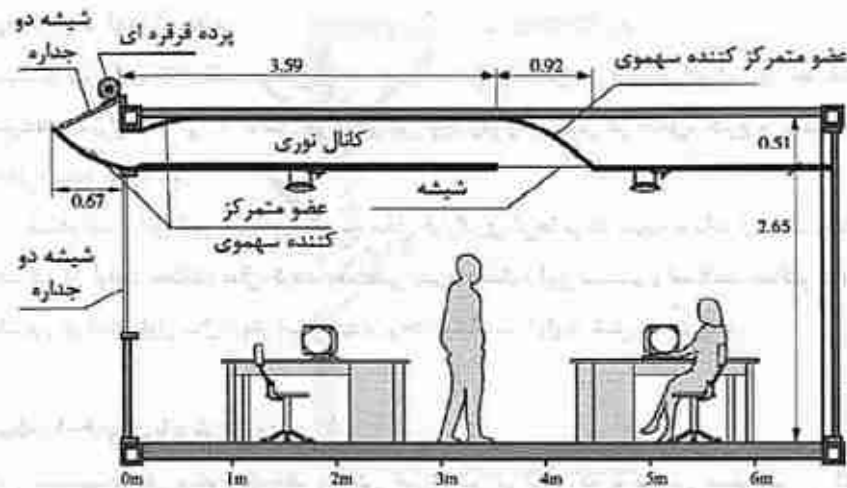
لازم به توضیح است، جنس سطح فوقانی طاقچه نوری، محل قرارگیری آن، ابعاد و زاویه قرارگیری آن نسبت به پنجره، از عوامل اصلی تعیین‌کننده میزان عمق نفوذ نور و شدت روشنایی فضای داخل می‌باشد.



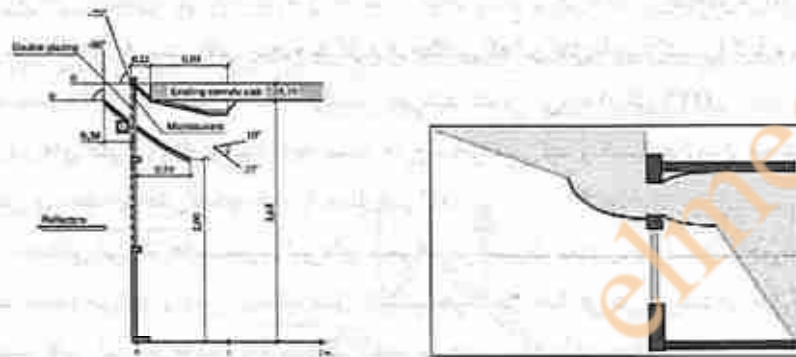
شکل ۱۳۶ نحوه عملکرد لوله نوری

پ ۱۵-۱-۴ سیستم متمرکز کننده سهموی

در سیستم متمرکزکننده سهموی^۱، به منظور هدایت نور از سطوح سهموی شکل استفاده می‌گردد. این سطوح، پس از دریافت نور پراکنده، آنرا متمرکز می‌کنند، و سپس آنرا به سطح موردنظر انعکاس می‌دهد. در نمونه‌ای از این سیستم، می‌توان از چند متمرکزکننده سهموی شکل در داخل سقف کاذب استفاده نمود، و سپس نور هدایت شده توسط این سیستم را، توسط لوله‌های نوری تعبیه شده در سقف کاذب، به داخل فضا هدایت نمود (شکل ۱۳۷). نوع دیگر این سیستم می‌تواند به صورت یکپارچه با سقف اجرا گردد. همچنین، می‌توان از این سیستم، به صورت کرکره‌هایی در مقابل پنجره استفاده نمود (شکل ۱۳۸).



شکل ۱۳۷ اجزای تشکیل دهنده سیستم متمرکز کننده سه ضلعی



شکل ۱۳۸ نحوه عملکرد و نمونه مشخصات ابعادی سیستم متمرکز کننده سهموی

پ ۱۵-۱-۵ لوور آینه‌ای

سیستم لوور آینه‌ای^۱ ثابت، ضمن ایجاد تغییر مسیر در تابش پراکنده و انعکاس آن به نقاط موردنظر، میزان خیرگی را کاهش می‌دهد. این نوع لوور را می‌توان در داخل، خارج و یا بین دو جدار شیشه نصب نمود.

هنگام نصب این لوور آینه‌ای، باید به محل قرارگیری آن‌ها توجه نمود، تا مانع از ایجاد پدیده خیرگی در اوقات مختلف سال گردد. به‌منظور بهبود عملکرد این سیستم و استفاده حداکثر از نور طبیعی در تمام طول سال، بهتر است جهت پره‌ها، متناسب با زاویه تابش، تغییر کند.

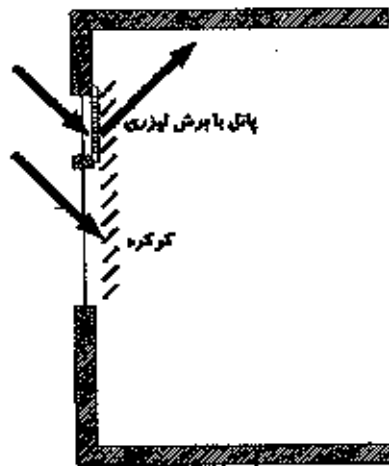
پ ۱۵-۱-۶ پانل با برش لیزری

این سیستم، شامل سطوح کوچک و برش خورده لیزری است که با فواصل بسیار کم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند یا کاربرد این پانل‌ها، مقلد زیادی از نور ورودی با زاویه بیشتر از ۱۲۰ درجه منحرف می‌شوند. این پانل‌ها را می‌توان روی شیشه‌های موجود به کار برد یا به عنوان یکی از جدارهای شیشه دوجداره استفاده نمود.

پانل‌های عمودی، نور تابیده‌شده را به سمت سقف منحرف می‌کند. در نتیجه، می‌توان این پانل‌ها را فقط در قسمت بالایی پنجره به کار برد. هنگامی که این پانل‌ها در ترکیب با کرکره به کار روند، ضمن تأمین نور طبیعی، کسب حرارت از خورشید کاهش می‌یابد (شکل ۱۳۹).

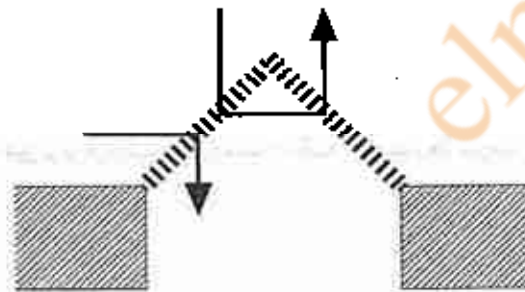
پانل‌های افقی، نور تابیده‌شده را به سمت خارج منحرف می‌کند و کسب حرارت از خورشید را کاهش می‌دهد، در حالی که دید افراد را مختل نمی‌کند.

با طراحی این پانل‌ها به صورت لوورهای متحرک، در وضعیت عمودی، نور مستقیم خورشید به سقف تابنده می‌شود و بدین ترتیب، عمق نفوذ نور در داخل فضا افزایش می‌یابد در حال که در وضعیت افقی، این پانل‌ها مانع از ورود بخش اعظم نور خورشید به داخل فضا می‌گردند.



شکل ۱۳۹ نمونه‌ای از یک پانل با برش لیزری در ترکیب با کرکره

از این پانل‌ها می‌توان در نورگیرهای سقفی استفاده کرد. در حالتی که این پانل‌ها به گونه‌ای قرار گیرند که یک سقف شیب‌دار دوطرفه را ایجاد کنند (شکل ۱۴۰)، قسمت‌های بالایی سقف، مقدار زیادی از تابش خورشید را به سمت خارج فضا منحرف می‌کند، در حالی که بخش‌های پایینی، نور را به سمت داخل فضا هدایت می‌کنند.



شکل ۱۴۰ نمونه‌ای از یک پانل با برش لیزری در نورگیر سقفی

پ ۱۵-۱-۷ پانل منشوری

پانل منشوری^۱، به منظور کاهش کسب حرارت خورشیدی در دوره گرم سال، کنترل پدیده خیرگی و افزایش توزیع نور در داخل فضا، به کار می‌رود.

این سیستم از قطعات دندانه‌ای مسطح از جنس آکرلیک شفاف ساخته شده است و شامل دو قسمت انسدادکننده نور^۲ و انتقال‌دهنده نور^۳ می‌باشد. عملکرد این سیستم به این ترتیب است که نور تابیده شده به آن یا بازتابانده می‌شود یا پس از تغییر جهت (انکسار) به فضای داخل هدایت می‌شود. قسمت انسدادکننده نور، مانع از ورود تابش دریافت‌شده از خورشید می‌شود و قسمت انتقال‌دهنده نور، حداکثر تابش پراکنده را به فضای داخل هدایت می‌کند. به منظور بهره‌گیری حداکثر از نور طبیعی در تمامی اوقات سال می‌توان از پانل‌های متحرک استفاده نمود. در این حالت، با تغییر پره‌های پانل به وضعیت افقی می‌توان ضمن ایجاد دید مناسب به فضای بیرون، نفوذ تابش پراکنده به داخل افزایش داد.

پ ۱۵-۱-۸ ابزارهای طراحی روشنایی طبیعی در ساختمان

محاسبات دستی

یکی از ساده‌ترین روش‌ها، برای طراحی بهینه جهت بهره‌گیری حداکثر از روشنایی طبیعی در ساختمان، انجام محاسبات دستی با استفاده از معادلات ریاضی و نمودارها است. برای این منظور، لازم است میزان نور واردشده از طریق بازشوها (حاصل از منابع اصلی و فرعی و انعکاسات سطوح خارجی) که به مشخصات نوری شیشه و سیستم‌های نورپردازی بستگی دارد و میزان انعکاسات سطوح داخلی محاسبه گردد.

لازم به توضیح است، در محاسبات دستی در شرایط پایدار بسیاری از متغیرها نادیده گرفته می‌شود و تحلیل دقیق‌تر و نزدیک‌تر به واقعیت عملکرد ساختمان‌ها نیازمند انجام محاسبات در حالت ناپایدار است.

اندازه‌گیری‌های تجربی در مقیاس واقعی

در روش اندازه‌گیری تجربی در مقیاس واقعی، حس‌گرها و ابزارهای اندازه‌گیری مورف‌نظر در داخل اتاق آزمون قرار داده می‌شود و شدت روشنایی و سایر فاکتورهای موردنیاز اندازه‌گیری می‌شود. محاسبات حاصل از روش اندازه‌گیری تجربی علیرغم این‌که از دقت بالایی برخوردار است، هزینه‌بر بوده و سبب طولانی شدن زمان تحقیق می‌گردد.

استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز

با توجه به پیچیده بودن محاسبات و تعدد عوامل مداخله‌گر در طراحی روشنایی طبیعی، می‌توان از نرم‌افزارهای رایانه‌ای بهره جست.

به طور کلی، دو روش عمده برای شبیه‌سازی روشنایی که در نرم‌افزارهای گوناگون استفاده می‌شوند عبارتند از: روش ردیابی پرتو^۱ و روش رادیوسیتی^۲.

در روش ردیابی پرتو، نرم‌افزار، پرتوهای را از نقطه‌ی دید ناظر ساطع می‌کند و بازخورد آن‌ها را پس از برخورد به نقاط مختلف داخل اتاق بر روی یک صفحه‌ی فرضی تصویر می‌کند. این روند تا تصویر شدن تمامی نقاط اتاق به همین روش ادامه می‌یابد.

در روش رادیوسیتی، نرم‌افزار تمامی صفحات را به تعداد زیادی از صفحات کوچکتر تبدیل می‌کند و میزان نوری را که در بین صفحات رد و بدل می‌شود، محاسبه می‌نماید. در این روش نورپردازی از منابع نور آغاز می‌شود و مسیرهای بازتاب نور در فضای داخلی دنبال می‌شود.

این نرم‌افزارها با انجام محاسبات متوالی، امکان آزمودن گزینه‌های مختلف و بازنگری چندباره آن‌ها را برای دستیابی به پاسخی صحیح فراهم می‌کنند.

۱. Prismatic Panels

۲. Blocking Area

۳. Transmission Area

۱. Ray Tracing

۲. Radiosity

پ ۱۵-۲ سیستم‌های نورپردازی با نور مصنوعی

پ ۱۵-۲-۱ انواع مختلف لامپ‌ها

پ ۱۵-۲-۱-۱ لامپ‌های التهابی

لامپ‌های التهابی به واسطه گرم شدن یک سیم از جنس تنگستن، نوری با توزیع یکنواخت (نسبت به طول موج) تولید می‌کند.

لامپ‌های التهابی می‌توانند از نوع معمولی یا هالوژن باشند.

لامپ‌های التهابی معمولی

بهره نوری لامپ‌های التهابی ساده (نوع A) کم (بین ۱۱ تا ۱۵ لومن بر وات) و عمر مفید آنها کوتاه (حدود ۱۰۰۰ ساعت) است. لامپ‌های معمولی نوری زرد رنگ (حدود ۲۷۰۰ کلوین) دارند و در برخی موارد با افزایش دمای سیم (تا حدود ۲۰۰۰ کلوین) رنگ مطلوب‌تر (سفیدتر) تولید می‌شود ولی این امر باعث کاهش عمر مفید لامپ می‌شود. بخش قابل توجهی از تابش این نوع لامپ‌ها در محدوده فروسرخ می‌باشد و حدود ۹۸ درصد انرژی الکتریکی به گرما تبدیل می‌شود.

در برخی از لامپ‌های التهابی بخش تحتانی شیشه لامپ با یک پوشش نقره‌ای منعکس‌کننده تکمیل می‌گردد (لامپ‌های نوع R و PAR)، تا بخش قابل توجهی از نور و حرارت تولید شده که در حالت عادی به پشت لامپ می‌تابد به طرف جلو منعکس شود. لامپ‌هایی نیز با یک منعکس‌کننده دیکروئیک تولید می‌شود که تنها بخش مرئی نور را منعکس می‌کنند و در نتیجه تابش بی‌رویه گرما تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. پوشش‌های منعکس‌کننده بهره نوری لامپ را افزایش می‌دهند و این امکان را فراهم می‌سازند که تابش به صورت جهت‌دارتری صورت گیرد. در کشورهای صنعتی، کاربرد این نوع لامپ‌ها به طور قابل توجهی کاهش یافته است.

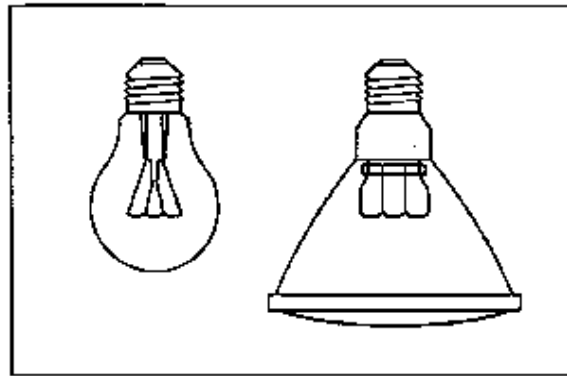
لامپ‌های التهابی هالوژن

در این نوع لامپ‌ها، با اضافه کردن گازهای هالوژن به ترکیب گازهای داخل محفظه لامپ، و کوچک کردن ابعاد لامپ، دمای رشته تنگستن به طور محسوسی افزایش می‌یابد (بین ۳۰۰۰ تا ۳۳۰۰ کلوین)، این امر سبب می‌شود که بخش قابل توجهی از نور تولید شده در محدوده مرئی باشد. به این ترتیب، نور سفیدتر، و با توزیع یکنواخت در محدوده نور مرئی خواهد بود.

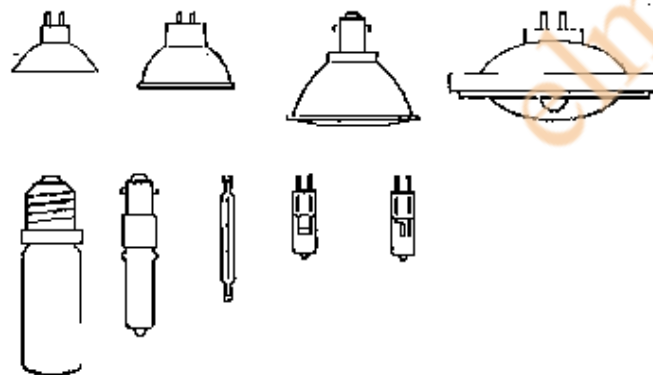
بهره نوری و شاخص نمود رنگ این نوع لامپ‌ها به طور چشمگیری بالاتر از مقادیر مربوط به لامپ‌های التهابی معمولی است. در هالوژن‌های معمولی، بهره نوری بین ۱۲ تا ۲۵ و در لامپ‌های با منعکس‌کننده دیکروئیک بین ۲۵ تا ۴۵ لومن بر وات است.

از نقطه نظر وفاداری رنگ، این لامپ‌ها بهترین کیفیت را در بین لامپ‌های متداول دارند و برای نورپردازی بهترین گزینه محسوب می‌شوند.

با توجه به کاربرد گازهای خاص در لامپ‌های التهابی، در اکثر موارد این نوع لامپ‌ها از نقطه نظر زیست‌محیطی دارای تبعات می‌باشند.



شکل ۱۴۱ نمونه لامپ‌های التهابی



شکل ۱۴۲ نمونه لامپ‌های التهابی هالوژن

پ ۱۵-۲-۱ لامپ‌های تخلیه در گاز

در این نوع لامپ‌ها، با اعمال ولتاژی بالا به دو انتهای یک محفظه شیشه‌ای پر شده با ترکیب گازی خاصی، جریانی از الکترون‌های پراورزی تولید می‌شود و از داخل گاز می‌گذرد. این الکترون‌ها به اتم‌های درون گاز برخورد می‌کنند و سبب تحریکشان می‌شوند. به این حالت اصطلاحاً حالت گاز برانگیخته می‌گویند. برگشتن الکترون‌های تحریک‌شده باعث ساطع شدن تابش‌های با طول موج مشخص می‌گردد.

لامپ‌های تخلیه در گاز را از نظر روش تولید نور مرئی می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: یکی دسته لامپ‌هایی که مستقیماً نور مرئی تولید می‌کنند مانند لامپ بخار جیوه و لامپ بخار سدیم و دسته دیگر لامپ‌هایی که تولید تابشی در محدوده غیرمرئی دارند، که در اثر برخورد با یک پوشش فلورسنت بر روی بدنه شیشه‌ای لامپ، تابش نوری در محدوده مرئی را به دنبال دارد. لازم به ذکر است با انتخاب نوع ماده فلورسنت مورد استفاده، می‌توان تا حد زیادی طیف نوری تولید شده را کنترل کرد.

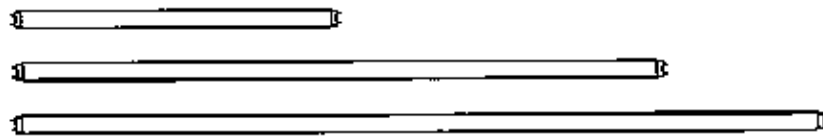
از سوی دیگر، با توجه به فشار گاز داخل لامپ، می‌توان این لامپ‌ها را به دو دسته کم‌فشار (شامل لامپ‌های فلورسنت، فلورسنت فشرده و سدیمی کم‌فشار) و پرفشار (شامل لامپ جیوه‌ای پرفشار، متال هالید و سدیمی پرفشار) تقسیم کرد.

لامپ تخلیه در گاز را نمی‌توان مستقیماً به منبع تغذیه الکتریکی متصل کرد، زیرا با افزایش یونیزاسون گاز، مقاومت الکتریکی آن کاهش، و جریان الکتریکی و یونیزاسیون افزایش می‌یابد. اگر این چرخه به صورت کنترل‌نشده ادامه یابد، لامپ در کمتر از یک ثانیه می‌سوزد. برای محافظت لامپ، از یک مقاومت یا امپدانس موازی (چوک یا بالاست) استفاده می‌شود.

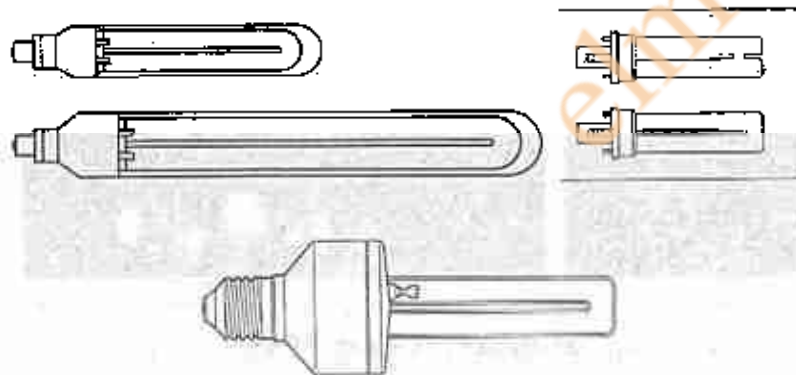
تغییر رنگ نور تولیدشده در این نوع لامپ‌ها با انتخاب نوع و فشار گاز، و همچنین ترکیب مواد فلورسنت صورت می‌گیرد. بهره نوری و عمر مفید این نوع لامپ‌ها زیاد است، ولی با توجه به این نکته که اتم‌های گاز یا ماده فلورسنت تحریک‌شده نوری با طول موج مشخص تولید می‌کنند، شاخص نمود رنگ در این نوع لامپ‌ها کم است. افزایش فشار گاز یکی از راه‌حل‌هایی که در اکثر موارد باعث افزایش محدوده طول‌موج می‌شود. راه‌حل دیگر افزایش انواع مواد فلورسنت مورد استفاده است که می‌تواند تا حد زیادی شاخص نمود رنگ را بهبود دهد، ولی این اقدام با کاهش بهره نوری لامپ همراه است. نوع سیستم کنترل جریان (بالاست) نیز می‌تواند به‌طور چشمگیری بر روی بهره نوری و عمر مفید این نوع لامپ‌ها تأثیر بگذارد.

در صورت استفاده از سیستم‌های کنترل جریان (بالاست) الکترونیکی، بهره نوری اکثر لامپ‌های تخلیه در گاز بیش از ۶۰ لومن بر وات، و عمر مفید آنها بیش از ۷۰۰۰ ساعت خواهد بود. با توجه به کاربرد گازهای خاص در این لامپ‌ها و مواد فلورسنت، این نوع لامپ‌ها نیز از نقطه‌نظر زیست‌محیطی دارای تبعات می‌باشند. از طرف دیگر، بخش قابل توجهی از طیف نور ساطع شده از این نوع لامپ‌ها در محدوده فرابنفش است، و می‌تواند برای سلامتی کاربرانی که به‌مدت طولانی در معرض تابش آنها قرار می‌گیرند مشکل‌ساز شود.

از طرف دیگر، با توجه به این نکته که افزایش دفعات روشن و خاموش شدن اکثر این نوع لامپ‌ها تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر روی عمر مفید آنها دارد، کاربرد آنها در فضاهایی که لامپ‌ها دائماً روشن و خاموش می‌شوند (نظیر راه‌پله‌های ساختمان‌های مسکونی) به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.



شکل ۱۴۲ نمونه لامپ‌های تخلیه در گاز لوله‌ای (فلورسنت)

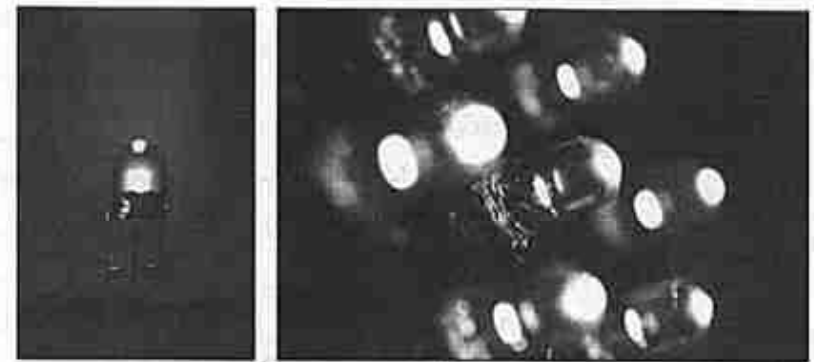


شکل ۱۴۴ نمونه لامپ‌های تخلیه در گاز فشرده

پ ۱۵-۲-۳ لامپ‌های دیودی ساطع کننده نور (ال.ای.دی)

در سال‌های اخیر، فناوری تولید لامپ‌های ال.ای.دی (با دیودهای ساطع کننده نور) با پیشرفت شگرفی همراه بوده است، و این امر افزایش توجیه فنی و اقتصادی کاربرد این نوع لامپ‌ها را به همراه داشته است. در حال حاضر، لامپ‌های ال.ای.دی با بهره نوری بیش از ۱۰۰ لومن بر وات تولید می‌شود، و جهت‌دار بودن تابش این نوع لامپ‌ها، اثربخشی نورپردازی را دو چندان کرده است. البته باید در اینجا به این نکته اشاره کرد که همانند لامپ‌های تخلیه در گاز، طیف نور ساطع شده در محدوده‌های طول موج باریکی صورت می‌گیرد، و این امر باعث کاهش شاخص نمود رنگ این نوع لامپ‌ها (خصوصاً در محدوده رنگ نارنجی) شده است. به همین علت، برای رفع این نقطه ضعف در منابع نوری RGB با چند مؤلفه (سرخ، سبز و آبی)، اقدام به اضافه کردن یک دیود نارنجی می‌شود (ال.ای.دی RGB با رنگ چهارم عقیقی^۱). روش دیگر، پوشاندن سطوح لامپ‌های ال.ای.دی موج کوتاه (معمولاً آبی یا فرابنفش) با یک ماده فسفری فلورسنت^۲ است. این نوع لامپ‌ها هزینه تولید کمتر و شاخص نمود رنگی بیش از ۷۰ دارند، دمای رنگ در این نوع لامپ‌ها از ۲۷۰۰ تا ۷۰۰۰ کلوین قابل تنظیم است.

این نوع لامپ‌ها بیشترین عمر مفید را دارند (حدود ۳۰۰۰ هزار ساعت)، و به سرعت جایگزین دیگر لامپ‌های مطرح در صنعت روشنایی می‌شوند.



شکل ۱۴۵ جزئیات لامپ‌های ال.ای.دی.

۱. RGB: Red Green Blue Amber

۲. pcLED: Phosphor Converted LED



شکل ۱۴۶ نمونه لامپ‌های ال.ای.دی.

پ ۱۵-۲-۲ روش‌های کاهش میزان روشنایی

کاهش میزان روشنایی به روش‌های گوناگونی صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های کاهش شدت نور لامپ، استفاده از تجهیزات کاهش‌دهنده نور لامپ است. روش دیگر، در مواردی که منبع نوری دارای چند لامپ است، خاموش کردن یک یا چند لامپ منبع نوری است.

پ ۱۵-۲-۱ کاهش‌دهنده‌های نور لامپ‌ها

کاهش انرژی الکتریکی داده‌شده به لامپ‌ها کاهش میزان روشنایی را به دنبال دارد. البته، این روش برای تمام انواع لامپ‌ها قابل استفاده نیست، و عمدتاً برای لامپ‌های انتهایی استفاده می‌شود. با کاهش ولتاژ تغذیه این نوع لامپ‌ها می‌توان میزان روشنایی را تا ۱۰۰ درصد کاهش داد. البته، کم شدن ولتاژ، کاهش دمای سیم تنگستن و به تبع آن افزایش طول موج نور تولید شده، و تولید گرما در مدار کاهش‌دهنده ولتاژ را به دنبال دارد، و بیشتر در مورد لامپ‌های هالوژن کاربرد دارد.

کاهش نور لامپ‌های فلورسنت به صورت محدودتری (تا ۵۰ درصد) انجام‌پذیر است، و در مورد برخی از لامپ‌های تخلیه در گاز (نظیر لامپ‌های تخلیه گاز فشرده)، کاهش نور لامپ غیر ممکن است. در نتیجه، در صورتی که سیستم‌های کاهش‌دهنده برای بعضی از فضاها در نظر گرفته

فهرست منابع

۱. ریاضی، جمشید، و کاری، بهروز، و ماجدی اردکانی، حسین، "خطرهای میعان در اجزای ساختمانی"، صفحه، ش. ۳۳، ۱۳۸۰.
۲. حیدری، شاهین، "کمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران"، هنرهای زیبا، ش. ۳۸، تابستان ۱۳۸۸، صص ۱۴-۵.
۳. Les Ponts Thermiques dans le Batiment, CSTB, juillet (۱۹۹۶)
۴. حیدری‌نژاد، قاسم و دلفانی، شهرام، "دستورالعمل انتخاب شرایط محیط بیرون جهت استفاده در طراحی سیستم‌های حرارتی و تهویه مطبوع برای شهرهای ایران"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ض-۴۶۲، ۱۳۸۶.
۵. حیدری‌نژاد، قاسم و همکاران، "آسایش حرارتی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ک-۵۲۲.
۶. دلفانی، شهرام، "راهنمای طراحی و اجرای دودکش‌های ساختمانی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ض-۵۴۱، ۱۳۹۰.
۷. لکنر، تریوت (۱۳۸۵)، "گرمایش، سرمایش، روشنایی - رویکردهای طراحی برای معماران"، ترجمه محمد علی کی‌نژاد و رحمان آذری، تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
۸. Roaf, Sue, Fuentes, Manuel, and Thomas, Stephanie (۲۰۰۷), "Ecohouse: A Design Guide", Third Edition, Oxford, UK: Architectural Press.
۹. مازریا، ادوارد، "معماری خورشیدی غیرفعال"، ترجمه بیژن آقازاده، نشر بیک ادبیات، ۱۳۸۵.
۱۰. Harvey, L.D. Danny (۲۰۰۶), "Handbook on Low-energy Buildings and District-energy Systems: Fundamentals, Techniques, and Examples", London: Earthscan.

۱۱. آدینگتون، ریچل و اسکودک، دنیل، "ممالج هوشمند و فن‌آوری‌های جدید"، نشر خاک،

۱۳۸۹

elmeomranelian.ir