

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

سیستم سرمایش جذبی

(انتخاب، طراحی، نصب، راه اندازی، نگهداری و سرویس)

دکتر شهرام دلفانی

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن)

مهندس هادی پایدار شهری

مهندس مریم کرمی

مهندس سجاد غرضی

شماره نشر: ک-۶۰۷

چاپ اول: ۱۳۹۰

عنوان و نام پدیدآور	سیستم سرمایش جذبی (انتخاب، طراحی، نصب، راه‌اندازی، نگهداری و سرویس) / شهرام دلفانی ... [و دیگران]
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۲۴۸ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۰۸۷-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	سردسازی و دستگاه‌های سردکننده
موضوع	تهویه مطبوع -- ابزار و وسایل
شناسه افزوده	دلفانی، شهرام، ۱۳۵۲-
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
رده‌بندی کنگره	TP۴۹۲/س۹ ۱۳۹۰
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۵۶
شماره کتابخانه ملی	۲۵۳۶۳۹۴
مصبوبه شماره ۹۰/۶۹۱ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن	

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

سیستم سرمایش جذبی (انتخاب، طراحی، نصب، راه‌اندازی، نگهداری و سرویس)

دکتر شهرام دلفانی، مهندس هادی پاسدار شهری، مهندس مریم کریمی، مهندس سجاد غرضی

شماره نشر: ک-۷-۶۰ چاپ اول: ۱۳۹۰

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

تنظیم برای چاپ: نسرين مقدس

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۳۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا. نوری، روی روی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل.

خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صنوبر پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

پست الکترونیکی: president@bhrc.ac.ir صفحه الکترونیکی: http://www.bhrc.ac.ir

ISBN: 978-600-113-087-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۰۸۷-۸

پیشگفتار

در فصل تابستان به منظور دستیابی به آسایش حرارتی در ساختمان، نیاز به سیستم‌های تهویه مطبوع و تأمین برودت می‌باشد. این امر مستلزم مصرف انرژی به ویژه از نوع الکتریکی است. در کشور، به ویژه در فصل تابستان مشکل تأمین انرژی الکتریکی وجود دارد. متأسفانه استفاده روزافزون از سیستم‌های مستقل سرمایشی با مصرف انرژی الکتریکی بالا این مشکل را شدیدتر نموده است. لذا برای رفع این مشکل بکارگیری و ترویج سیستم‌های سرمایشی که از انرژی الکتریکی استفاده نمی‌کنند، ضروری است. یکی از اینگونه سیستم‌ها، سیستم سرمایش جذبی است که انرژی حرارتی را از منابعی چون سوخت، انرژی‌های اتلافی در ساختمان، انرژی تشعشعی خورشید و ... دریافت و سرما تولید می‌کند. متأسفانه اطلاعات علمی به صورت دقیق و کامل از اینگونه سیستم‌ها و نحوه طراحی، انتخاب، نصب، راه‌اندازی، سرویس و نگهداری آنها در اختیار جامعه مهندسان تأسیسات نمی‌باشد. در این کتاب، دستورالعمل و راهنمای انتخاب، طراحی، نصب، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری سیستم سرمایش جذبی با توجه به مطالعات علمی و تجربیات مهندسی، تدوین و تألیف شده و امید است مورد استفاده و توجه مهندسان تأسیسات قرار گیرد.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

پیشگفتار مؤلف

یکی از مهمترین نیازهای انسان در طول تاریخ، دستیابی به آسایش حرارتی در مکان‌هایی است که زندگی می‌کند. تأمین آسایش حرارتی در فصل تابستان به ویژه در مناطق گرمسیر و مرطوب امری مشکل است. در همین راستا سیستم‌های سرمایشی مختلفی بکار گرفته می‌شود. سیستم‌هایی نظیر کولرهای آبی، سرمایش تراکمی و سرمایش جذبی از رایج‌ترین سیستم‌های سرمایشی در کشور ما هستند. هر یک از این سیستم‌ها به نوبه خود دارای مزایا و معایبی است که استفاده از آن‌ها را در شرایط اقلیمی و کاربری مختلف محدود می‌کند. سیستم‌های سرمایش جذبی، با استفاده مستقیم از انرژی حرارتی، سرما تولید می‌کنند. به همین دلیل می‌توانند در مناطقی که انرژی حرارتی ارزان و یا انرژی‌های حرارتی اتلافی در دسترس است، مفید و اقتصادی باشند. هدف اصلی در این کتاب آن است که سیستم‌های مختلف سرمایش جذبی معرفی و تبیین گردد که می‌توانند در مناطق مختلف و با توجه به کاربری مورد نظر استفاده شوند.

ایده اصلی نوشتن این کتاب پیرو انجام پروژه‌های تحقیقاتی مختلف در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و بازدید از ساختمان‌های با کاربری مختلف که دارای مشکلاتی در زمینه راه‌اندازی و نگهداری سیستم سرمایشی داشتند، شکل گرفت.

در سال ۱۳۸۷ همزمان با جدی شدن رویکردهای کاهش مصرف انرژی در کشور و به دنبال مشکلاتی که در خصوص انتخاب سیستم سرمایشی مناسب در برخی ساختمان‌ها مشاهده شد، بنده به اتفاق دیگر نویسندگان این کتاب (آقای مهندس هادی پاسدار شهری، سرکار خانم مهندس مریم کرمی و آقای مهندس سجاد غرضی) بر آن شدیم کتابی در رابطه با سیستم‌های جذبی تالیف نمائیم که بتواند به نیاز جامعه مهندسی کشور در این زمینه پاسخگو باشد. تا چه قبول افتد و چه در نظر آید.

در فصل اول این کتاب به بیان تاریخچه، اصول و روابط ترمودینامیکی سیستم‌های جذبی و خواص سیال مبرد پرداخته شده است. سیکل پایه جذبی و اجرای اصلی سیکل در این فصل معرفی شده‌اند. در فصل دوم سیستم جذبی لیتیم برماید-آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. انواع مختلف آن، طرز کار و نکات مهم در کنترل این نوع سیستم‌ها در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد. از دیگر سیستم‌های رایج جذبی، سیستم‌های آب-آمونیاکی است که در آن مبرد سیکل، آمونیاک است. در خصوص این سیستم‌ها و اجزای مختلف آن در فصل



سوم بحث شده است.

یکی از مهمترین مواردی که در سیستم‌های جذبی اهمیت دارد، شرایط طراحی و نکات مربوط به نصب سیستم است. به همین دلیل در فصل چهارم سعی بر آن شده که با توجه به نکات مربوط به طراحی بر اساس استانداردهای موجود و نیز نصب چیلرها بر اساس تجربیات مهندسی و الزامات کارخانه‌های سازنده، مطالبی ارائه شود. در فصل پنجم به معرفی سیستم‌های سرمایش جذبی با جاذب جامد پرداختیم. اصول کارکرد، انواع مختلف و نکات مربوط به نصب و راه‌اندازی این سیستم‌ها در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که امروزه استفاده از سیستم‌های سرمایشی مستقل بسیار رواج یافته است. در فصل ششم، نوع دیگری از سیستم‌های جذبی به نام سیستم‌های GAX معرفی شده‌اند که عمده‌تاً برای ظرفیت‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند. اصول عملکرد این سیستم‌ها و نکات مربوط به نصب آن در این فصل بررسی شده است. فصل هشتم نیز به معرفی سیستم‌های سرمایش جذبی در میخچال‌های خانگی پرداخته است.

شهرام دلفانی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات و تعاریف	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ اصول اولیه سیستم‌های جذبی	۲
۳-۱ بیشینه ضریب عملکرد (COP) در سیکل سرمایش جذبی ایده‌آل	۸
۴-۱ خواص مخلوط جاذب - مبرد	۱۳
۵-۱ مخلوط ایده‌آل و همگن	۱۴
۶-۱ مخلوط واقعی	۱۵
۷-۱ سیکل پایه سیستم‌های تبرید جذبی	۱۷
۸-۱ طرز کار و اجزاء اصلی سیستم‌های تبرید جذبی	۲۲
۹-۱ دسته‌بندی سیال‌های عامل در سیکل‌های جذبی	۲۳
فصل دوم: سیستم جذبی لیتیم برماید-آب	۲۷
۱-۲ مقدمه	۲۷
۲-۲ خواص محلول لیتیم برماید	۲۷
۳-۲ فشار بخار محلول لیتیم برماید	۲۸
۴-۲ طرز کار سیستم	۳۳
۵-۲ تحلیل جریان پایدار سیستم لیتیم برماید	۳۳
۶-۲ تحلیلی بر پدیده کریستالیزاسیون	۳۹
۷-۲ سیستم لیتیم برماید-آب صنعتی	۴۰
۸-۲ پیشرفت‌های تاریخی	۴۳
۹-۲ آنالیز هزینه	۴۴



۴۸.....	۱۰-۲ منابع حرارتی سیستم لیتیم برماید-آب
۴۷.....	۱۱-۲ کمترین دمای منابع حرارتی سیستم‌های لیتیم برماید-آب
۵۰.....	۱۲-۲ اجزای سیکل جذبی لیتیم برماید-آب
۵۰.....	۱-۱۲-۲ اواپراتور و پمپ میرد
۵۰.....	۲-۱۲-۲ جاذب و پمپ محلول
۵۰.....	۳-۱۲-۲ مبدل‌های حرارتی
۵۱.....	۴-۱۲-۲ ژنراتورها
۵۱.....	۵-۱۲-۲ کندانسورها
۵۲.....	۶-۱۲-۲ ابزار اختناقی
۵۲.....	۷-۱۲-۲ واحد پر جر
۵۳.....	۱۳-۲ انواع جریان محلول در سیستم جذبی دو اثره
۵۳.....	۱-۱۳-۲ جریان سری
۵۴.....	۲-۱۳-۲ جریان موازی
۵۴.....	۳-۱۳-۲ جریان موازی معکوس
۵۵.....	۱۴-۲ جریان محلول و میرد
۵۸.....	۱۵-۲ مشکلات کاربری سیستم‌های جذبی لیتیم برماید
۵۹.....	۱۶-۲ کنترل در چیلرهای جذبی
۵۹.....	۱-۱۶-۲ کنترل ظرفیت و کارکرد جزء بار
۶۰.....	۲-۱۶-۲ کنترل کریستالیزاسیون
۶۲.....	۳-۱۶-۲ کنترل آب خنک‌کننده
۶۲.....	۴-۱۶-۲ کنترل‌های ایمنی
۶۳.....	۱۷-۲ مقایسه ضریب عملکرد چیلر جذبی ساده و چیلر جذبی دو اثره
۶۵.....	فصل سوم: سیستم جذبی آب-آمونیاک
۶۵.....	۱-۳ مقدمه
۶۶.....	۲-۳ خواص محلول آب - آمونیاک
۶۶.....	۳-۳ فشار بخار محلول آب - آمونیاک
۶۷.....	۴-۳ ساختار بخار آب - آمونیاک
۶۸.....	۵-۳ نقطه حباب و نقطه شبنم مخلوط آب - آمونیاک



- ۶-۳ انتقالی محلول آب - آمونیاک ۷۱
- ۷-۳ دیاگرام انتقالی محلول آب - آمونیاک ۷۲
- ۸-۳ تعیین دمای مخلوط در ناحیه دو فازی ۷۵
- ۹-۳ فرآیندهای جریان پایدار برای مخلوط‌های دوتایی ۷۵
- ۱-۹-۳ اختلاط آدیاباتیک دو جریان ۷۶
- ۲-۹-۳ اختلاط دو جریان با انتقال حرارت ۷۷
- ۴-۹-۳ فرآیند گرمایش و سرمایش ۷۹
- ۱۰-۳ سیستم جذبی تکمیل شده ۸۰
- ۱۱-۳ نحوه عملکرد رکتیفایر و آنالیزر ۸۲
- ۱۲-۳ تحلیل جریان پایدار سیستم آب-آمونیاک ۸۳
- ۱۳-۳ سیستم‌های آمونیاک-آب دو مرحله‌ای ۹۲
- ۱۴-۳ سیستم‌های آمونیاک-آب دو اثره ۹۳
- ۱۵-۳ سیستم‌های آمونیاک/آب دو ظرفیتی ۹۹
- ۱۶-۳ سیستم آمونیاک/آب سه اثره دو مرحله‌ای ۱۰۱
- ۱۷-۳ تقسیم‌بندی سیستم‌های جذبی آمونیاکی ۱۰۷
- ۱-۱۷-۳ سیستم‌های جذبی آمونیاکی با ظرفیت بالا (چیلر - هیتر آمونیاکی) ۱۰۷
- ۲-۱۳-۳ سیستم‌های جذبی آمونیاکی با ظرفیت کم (یخچال‌های آمونیاکی) ۱۰۷
- فصل چهارم: شرایط طراحی و نصب چیلرهای جذبی ۱۰۹
- ۱-۴ طراحی و انتخاب چیلرهای جذبی ۱۰۹
- ۲-۱-۴ محاسبه میزان آب سرد مورد نیاز (GPM) ۱۰۹
- ۳-۱-۴ محاسبه دمای آب سرد ۱۰۹
- ۵-۱-۴ انتخاب نوع چیلر ۱۱۰
- ۶-۱-۴ تعیین میزان بخار مصرفی در حالت تمام بار (در چیلرهای جذبی با انرژی بخار) ۱۱۱
- ۸-۱-۴ تعیین افت فشار آب کندانسور و آب سرد ۱۱۱
- ۹-۱-۴ تعیین تعداد و اندازه تله‌های بخار (برای بویلرهای بخار) ۱۱۱
- ۱۰-۱-۴ سیستم کنترلی آب داغ ۱۱۲
- ۱۱-۱-۴ انتخاب تجهیزات پمپ ۱۱۲

۱۲-۱-۴	سیستم ضد کریستاله شدن	۱۱۲
۱۳-۱-۴	عملکرد سیستم کنترلی در چیلر جذبی	۱۱۲
۱۴-۱-۴	سیستم کنترل دمای آب کندانسور	۱۱۳
۱۵-۱-۴	سیستم تخلیه	۱۱۴
۲-۴	نصب چیلر جذبی	۱۱۶
۱-۲-۴	نکات کلی	۱۱۶
۲-۲-۴	مراحل نصب چیلرها	۱۱۸
۳-۲-۴	لوله‌کشی و چیدمان‌ها در نصب چیلر جذبی	۱۱۸
۳-۴	راه‌اندازی چیلرهای جذبی	۱۳۵
۱-۳-۴	نکات ایمنی	۱۳۵
۲-۳-۴	مراحل راه‌اندازی چیلرها	۱۳۹
۳-۲-۴	تخلیه چیلر	۱۳۹
۴-۳-۴	تزریق محلول مبرد و الکل	۱۴۰
۵-۳-۴	تزریق محلول لیتیم پروماید	۱۴۰
۶-۳-۴	تزریق مبرد	۱۴۱
۷-۳-۴	تعیین جهت دوران پمپ‌های محلول و مبرد	۱۴۱
۸-۳-۴	احتیاط و توجه در ضمن راه‌اندازی اولیه	۱۴۲
۹-۳-۴	آماده کردن برای راه‌اندازی	۱۴۲
۱-۴-۴	نگهداری روزانه	۱۴۷
۳-۴-۴	نگهداری و تمیز کردن لوله‌ها	۱۴۹
۳-۴-۴-۴	فرآیند تمیز کردن لوله‌ها	۱۵۱
۵-۴-۴	کریستالیزاسیون و روش برطرف کردن آن	۱۵۶
۵-۴	رفع عیوب و اشکالات احتمالی	۱۵۷
فصل پنجم: سیکل‌های سرمایش جذبی با جاذب جامد		
۱-۵	دسیکنت	۱۶۳
۲-۵	نحوه عملکرد دسیکنت	۱۶۴
۳-۵	چرخ دسیکنت	۱۶۵
۴-۵	مکانیزم سیستم سرمایشی دسیکنت	۱۶۶



- ۵-۵ اجزاء سیستمهای سرمایشی دسیکت ۱۶۸
- ۱-۵-۵ فیلتر هوای مصرفی و هوای احیا کننده ۱۶۸
- ۲-۵-۵ سیستم سرمایش تبخیری مستقیم ۱۶۹
- ۳-۵-۵ مبدل سرمایش تبخیری غیرمستقیم ۱۶۹
- ۴-۵-۵ فن جریان هوای مصرفی و جریان هوای احیا ۱۶۹
- ۵-۵-۵ مبدل حرارتی ۱۶۹
- ۶-۵-۵ کویل سرد ۱۷۲
- ۷-۵-۵ سیستم گرم کننده ۱۷۲
- ۶-۵ معرفی سیکل های سرمایشی دسیکت ۱۷۳
- ۱-۶-۵ سیکل تهویه ای ۱۷۳
- ۲-۶-۵ سیکل بازگشتی ۱۷۵
- ۳-۶-۵ سیکل تهویه ای کامل ۱۷۶
- ۴-۶-۵ سیکل ترکیبی ۱۷۸
- ۷-۵ سیکل دسیکت هیبریدی ۱۷۹
- ۸-۵ ارزیابی امکان استفاده از سیستم سرمایشی دسیکت ۱۸۰
- ۹-۵ نصب سیکل های جذبی جامد ۱۸۲
- ۱-۹-۵ کانال های هوا ۱۸۲
- ۲-۹-۵ کنترل کننده ها و حسگرها ۱۸۳
- ۳-۹-۵ کویل سرد و محفظه تخلیه ۱۸۳
- ۴-۹-۵ سایر تجهیزات ۱۸۳
- ۵-۹-۵ توان الکتریکی ۱۸۴
- ۶-۹-۵ گاز طبیعی ۱۸۴
- ۷-۹-۵ آب ۱۸۴
- ۸-۹-۵ رعایت فواصل ۱۸۴
- ۹-۹-۵ فیلترها ۱۸۵
- ۱۰-۹-۵ چرخ دسیکت ۱۸۵
- ۱۱-۹-۵ کویل سرد ۱۸۵
- ۱۲-۹-۵ پدهای تبخیری ۱۸۵



۱۸۵	۵-۹-۱۲ نگهداری سیستم‌های جذبی جامد
۱۸۹	فصل ششم: سیستم‌های جذبی مستقل
۱۸۹	۶-۱ سیکل‌های تبادل حرارتی ژنراتور-جاذب (GAX)
۱۹۳	۶-۲ سیکل تبرید جذبی نفوذی
۱۹۶	۶-۲-۱ انتخاب گاز کمکی
۱۹۸	۶-۲-۲ فشار کل سیستم
۱۹۹	۶-۲-۳ عملکرد سیکل
۲۰۶	۶-۳ نصب سیستم‌های جذبی مستقل برای سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع
۲۰۳	فصل هفتم: سیستم جذبی برای یخچال‌های خانگی
۲۰۳	۷-۱ اصول و سیکل کارکرد در یخچال جذبی
۲۰۵	۷-۲ سیستم احتراق
۲۰۶	۷-۳ وسایل کنترل گاز
۲۰۸	۷-۴ مشعل‌های گاز
۲۰۹	۷-۵ ترموستات‌ها
۲۱۱	۷-۶ تجهیزات برقی
۲۱۱	۷-۶-۱ چراغ‌های محفظه
۲۱۱	۷-۶-۲ زمان‌سنج سیستم برفک‌زدا
۲۱۲	۷-۶-۳ فن‌ها و ترموستات‌های گردش هوا
۲۱۳	۷-۷ نصب و سرویس
۲۱۳	۷-۷-۱ گردش هوا
۲۱۴	۷-۷-۲ تراز کردن
۲۱۴	۷-۷-۳ اتصالات لوله گاز
۲۱۵	۷-۷-۴ تمیز کردن اوریفیس مشعل
۲۱۶	۷-۷-۵ تنظیم هوای مشعل
۲۱۶	۷-۷-۶ تمیزکاری شیر ترموستاتی
۲۱۷	۷-۸ تنظیم فشار گاز
۲۱۸	۷-۹ پایداری شعله
۲۱۸	۷-۱۰ نگهداری یخچال



- ۲۱۸ ۱-۱۰-۷ روشن کردن مشعل
- ۲۱۹ ۲-۱۰-۷ کنترل سرما
- ۲۱۹ ۳-۱۰-۷ توقف سرمایش
- ۲۱۹ ۴-۱۰-۷ سرمایش بیش از حد در یخچال
- ۲۲۰ ۵-۱۰-۷ سرمایش ناکافی در یخچال
- ۲۲۱ ۶-۱۰-۷ عدم سرمایش
- ۲۲۱ ۷-۱۰-۷ خاموش شدن شعله
- ۲۲۲ ۸-۱۰-۷ سوختن شعله خارج از سیستم احتراق ژنراتور
- ۲۲۳ ۹-۱۰-۷ برفک‌زدایی دستی
- ۲۲۳ ۱۰-۱۰-۷ برفک‌زدایی اتوماتیک
- ۲۲۴ ۱۱-۱۰-۷ بو از داخل یخچال
- ۲۲۴ ۱۲-۱۰-۷ بو از خارج یخچال
- ۲۲۴ ۱۳-۱۰-۷ ایجاد سریع برفک
- ۲۲۵ ۱۱-۷ رفع اشکال یخچال‌های جذبی