

ژورنال علمی و پژوهشی

شاهکار مهندسی ایران

بادگیرهای سنتی و جدید

بادگیر، شاهکار مهندسی ایران

مهدی بهادری نژاد، علیرضا دهقانی

انتشارات یزدا، ۱۳۸۷



مقدمه

بادگیر را بی‌تردید می‌توان از جمله شاهکارهای مهندسی ایران دانست، شاهکاری که طراحی معین را دربر نمی‌گیرد. معماران و سازندگان این بنا با آگاهی بر اصول ترمودینامیک، ائرودینامیک، انتقال حرارت، مقاومت مصالح و آسایش حرارتی انسان، در طراحی‌های خود استفاده کرده‌اند، کتاب حاضر در ۸ فصل ضمن ارائه‌ی مقدمه‌ای به عکس‌هایی از بادگیرها، تاریخچه‌ی بادگیرها، بادگیر از دیدگاه معماری، بررسی تحلیلی - عددی کارایی بادگیرهای سنتی یا متداول، بررسی تحلیلی - عددی کارایی طرح‌های جدید بادگیر، مقایسه‌ی کارکرد و بادگیرهای طرح جدید و بادگیرهای سنتی، طراحی و ساخت و آزمایش نمونه‌ی بادگیرهای سنتی و طرح‌های جدید، و نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته است.

ایران از جمله کشورهایی است که نوع معماری و آب و هوای آن، به ویژه در شهرهای جنوبی و حاشیه‌ی کویر، لزوم استفاده از بادگیرها را در اشکال و اندازه‌های مختلف بهره گرفته است. بادگیرها در سطح مقطع‌های چهار، شش، یا هشت وجهی بوده و گاهی اوقات نیز در سطح مقطع دایره‌ای دیده می‌شوند. این بادگیرها در عین زیبایی و تزیین ساختمان، نقش عمده‌ای در تهویه‌ی فضای درونی ساختمان‌ها، آب‌انبارها و سرداب‌ها، به صورت طبیعی و بدون مصرف انرژی داشته‌اند.

تهویه‌ی طبیعی و خنک کردن هوا بدون استفاده از انرژی الکتریکی، مهم‌ترین ویژگی بادگیرهاست. این سازه‌ی کهن و کارآمد که در طی قرن‌ها در مناطق کویری ایران و برخی از کشورهای خاورمیانه و مصر، به کار گرفته شده‌اند، به رغم ویژگی‌های ممتاز، با کاستی‌هایی نیز روبه‌رو بوده‌اند. مؤلفان کتاب از جمله به کاستی‌هایی چون دهانه‌ها یا دریچه‌های ورودی بادگیرها اشاره می‌کنند که محل ورود گردوغبار، حشرات و گاه پرندگان کوچک می‌شود، محدود بودن میزان انرژی سرمایی قابل ذخیره در جرم ساختمان بادگیر، خارج شدن بخشی از هوایی که از دهانه‌ای

وارد و از دهانه دیگر خارج می‌شود، و نبود کارایی مطلوب برای بادگیر در مناطقی که سرعت باد در آن‌ها کافی نیست. مؤلفان برای غلبه بر این کاستی‌ها پیشنهاد استفاده از بادگیر با ستون خیس شونده و بادگیر با سطوح خیس شونده را ارائه داده‌اند. کتاب حاضر پس از مقدمه تحت عناوین عکس‌ها، تاریخچه، بادگیر از دیدگاه معماری، بررسی تحلیلی عددی، و عوامل آب و هوایی و محیطی ارائه شده است:

عکس‌ها

در فصل حاضر و پس از مقدمه، عکس‌هایی از بادگیرهای ایران و سایر کشورهای خاورمیانه و مصر ارائه شده است. این عکس‌ها در دو بخش بادگیرهای ایران و سایر کشورهای خاورمیانه و مصر با توجه به محل قرارگرفتن آنها نشان داده شده‌اند. بادگیرهای ایران به دو بخش بادگیرهای مناطق گرم و خشک و بادگیرهای مناطق گرم و مرطوب، تقسیم‌بندی شده‌اند. سپس ایجاد بادگیرها با توجه به اهمیت، تعداد و قدمت آنها در نقاط مختلف ایران معرفی و عکس‌ها به ترتیب: بادگیرهای روی ساختمان‌ها در مناطق گرم و خشک ایران، بادگیرهای روی ساختمان‌ها در مناطق گرم و مرطوب ایران، بادگیرهای روی ساختمان‌ها در سایر کشورهای خاورمیانه و مصر و بادگیرهای روی آب‌انبارها در ایران ارائه گردیده‌اند.

تاریخچه

با اینکه از قدمت بادگیرها آگاهی چندانی در دست نیست، اما نویسندگان با توجه به آشنایی ایرانیان باستان به ویژگی‌های جریان هوا و کاربرد بادگیرها از دیرزمان، اختراع آن را به ایرانیان نسبت داده. روزنتال اختراع این سازه را به ایران نسبت داده‌اند که در روزگار خلافت عباسیان محدود به بین‌النهرین بوده است. به نظر روزنتال اهمیت سیاسی و اقتصادی مصر در دوره‌ی حکومت فاطمیان، در آن منطقه رواج یافته است. آن گاه نویسندگان به پیشینه‌ی بادگیرها در متون ادبی و در سفرنامه‌ی



بادگیر بازسازی شده‌ی خانه زرگرباشی در یزد

از ایران پرداخته و پیشینه‌ی بادگیرها را در معماری ایران مورد توجه قرار داده. و تاریخچه‌ای از بناهای قدیمی ایران که در آنها اثری از بادگیر دیده می‌شود، بررسی کرده‌اند. همچنین به پیشینه‌ی بادگیرها در معماری و ادبیات کشورهای عربی نیز در این فصل پرداخته شده است.

بادگیر از دیدگاه معماری

در این فصل ابتدا بادگیرهای ایران به سه دسته بادگیرهای اردکانی، بادگیرهای کرمانی، بادگیرهای یزدی تقسیم شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس بادگیرهایی منحصر به فرد ایران از جمله بادگیر هشت طرفه‌ی باغ دولت‌آباد یزد، بادگیرهای حفره‌ای خانه‌ی بروجردی کاشان، بادگیر سه طبقه و چهارطرفه‌ی باغ صدری (نمیر) تفت، بادگیر چپقی سیرجان، بادگیر دو طبقه و هشت طرفه‌ی باغ امیر در طبس، بادگیر دو طبقه و چهار طرفه‌ی خانه‌ی آقازاده در ابرکوه، و بادگیر دو طبقه با سطح مقطع دایره‌ای در کاخ چهل ستون سرهنگ آباد معرفی شده‌اند. نویسندگان هم چنین شرحی بر بادگیرهای کوتاه و یک طرفه شرقی، شمال شرقی و جنوب شرقی ایران و بادگیرهای سه طرفه از جمله بادگیر امام زاده حسین طبس ارائه می‌دهند.

نکته‌ی مهم در مورد بادگیر، انتخاب محل، بلندی ستون، تناسب

بادگیر با فضایی که باید خنک شود و نیز جهت قرارگیری دهانه‌ها و تعداد آن‌ها است که کاری بسیار دقیق و مستلزم تجربه‌ی کافی معمار و سازنده‌ی بادگیر است. اشتباه معمار می‌تواند به معنای ورود هوای گرم و گرد و خاک به جای هوای خنک به خانه باشد. بنابراین همواره معمار در یافتن مکان مناسب، مصالح ساختمانی و شکل‌گیری چهار بخش اصلی بادگیرها دقت بسیاری به خرج می‌داده است.

مؤلفان بادگیرها را بر حسب چند عامل قابل تقسیم‌بندی دانسته‌اند:

– براساس شکل مقطع ستون

– تعداد و انواع دهانه‌های بادگیر

– تعداد طبقه‌ی بادگیر

– ساختمان داخل ستون

همچنین بادگیرها براساس نوع عملکردشان به بادگیری عملکردی،

نمادین و عملکردی – نمادین تقسیم شده‌اند.

شیوه‌ی ساختن بادگیر یک‌طرفه‌ی منطقه‌ی اردکان و میبد، شیوه‌ی ساخت بادگیر چهارطرفه، گونه‌شناسی اشکال بادگیرهای شهر یزد، گونه‌شناسی بادگیرها بر مبنای جهت دریافت باد، گونه‌شناسی بادگیرها در پلان، گونه‌شناسی بادگیرها در مقطع، گونه‌شناسی بادگیرها در نما، گونه‌شناسی بادگیرها بر مبنای استقرار آن‌ها در پلان خانه، و بادگیرها در سایر کشورها دیگر مباحث این فصل را به خود اختصاص داده‌اند.

بررسی تحلیلی – عددی، کارایی بادگیرهای سنتی یا متداول و بررسی تحلیلی عددی کارایی طرح‌های جدید بادگیر

مؤلفان در فصل نخست کتاب به کاستی‌های بادگیرهای سنتی اشاره می‌کنند که مهم‌ترین آنها را می‌توان این گونه برشمرد:
– دمای هوای ورودی از بادگیرها به ساختمان تقریباً با دمای محیط برابر است.

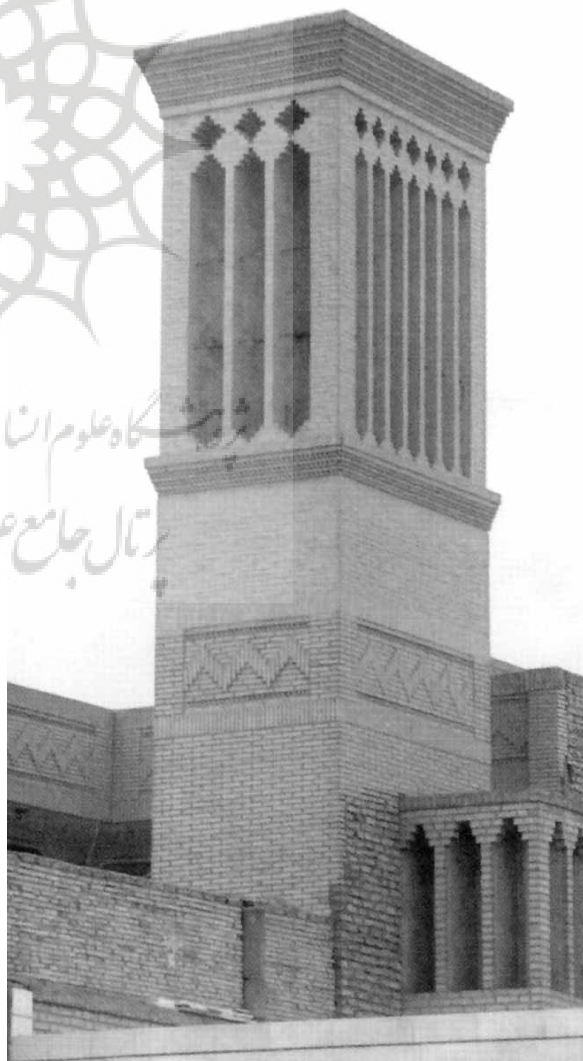
– وقتی سرعت باد کم باشد (کمتر از ۲ متر بر ثانیه) بادگیرها نمی‌توانند مقداری هوای مورد نیاز را برای برقراری جریان هوا در ساختمان تأمین کنند و اگر باد نوزد فقط در ساعات نخست شب، مقدار کمی جریان هوا وارد ساختمان می‌شود.

– در بادگیرهای ۳ یا ۴ دهانه‌ای قسمتی از هوایی که از یک دهانه وارد می‌شود توسط دهانه‌های دیگر خارج می‌شود و در نتیجه مقدار زیادی از هوایی که باید وارد ساختمان شود به هدر می‌رود.

– در ساختمان‌هایی که از زیرزمین استفاده می‌کنند، با این که هوا از روی سطوح نمدار عبور می‌کند ولی سرمای تبخیری و کاهش دمای هوا بسیار کم است.

مؤلفان در این فصل، همان‌طور که گفته شد، دو طرح از بادگیرهای جدید که معایب بالا به مقدار زیادی در آن‌ها رفع شده است، مورد بررسی قرار داده‌اند. بادگیر با ستون خیس شونده و بادگیر با سطوح خیس شونده.

نکات مهم در کارایی بادگیر با ستون خیس شونده، ایجاد تغییرات در سر یا دهانه‌های ورودی هوا و اضافه کردن سطوحی (از سفال یا پرده‌ی ضخیم) در ستون بادگیر است. خیس کردن این سطوح می‌تواند امکان سرمای تبخیری هوا را فراهم کرده و هوا را در شرایط مطبوعی وارد ساختمان کند. در این بادگیرها، تغییراتی در سر بادگیر، سطح انتقال حرارت،



بادگیر بلند آجری در یزد



نمایی از پشت بام خانه‌ی آقازاده در ابرکوه

۱۳۸۰ و ۱۳۸۲ به جای استفاده از ناودانک‌های سفالی، در بادگیر با ستون خیس شونده، از پرده‌هایی از جنس گونی و کتان و در بادگیرهای با سطوح خیس شونده از پوشال‌های مصرفی در کولرهای آبی استفاده شد. بررسی تجربی همان طور که گفته شد در سه شهر لنده، مجتمع عصر انقلاب و مسجد دانشگاه یزد انجام گرفت. در بررسی تجربی دو محل اخیر، سه بادگیر مورد آزمایش کاملاً در کنار یکدیگر و بادگیر سنتی در وسط دو بادگیر جدید بود. در بررسی تحلیلی - عددی هر بادگیر به طور مستقل مورد مطالعه قرار گرفت. در هر بررسی ابعاد و اندازه‌ی بادگیرها برابر و از هر نظر شبیه به یکدیگر بودند. به گفته‌ی مؤلفان نتایج بررسی‌ها نشان دهنده‌ی مزیت طرح‌های مربوط به بادگیرهای جدید، به لحاظ میزان هوارسانی به ساختمان و سرمایه‌ی تبخیری هوا، نسبت به بادگیرهای متداول یا سنتی بوده است. مقایسه‌ی بادگیرهای جدید نیز بیانگر مزیت نسبی استفاده از پرده در بادگیرهای جدید است. مؤلفان در عین حال متذکر می‌شوند که استفاده از پرده در بادگیرهای جدید، مستلزم وجود یک پمپ آب نسبتاً قوی است و به نظر افزایش هزینه ساخت می‌تواند به عنوان یکی از معایب به‌شمار رود. بنابراین استفاده از پوشال، به دلیل امکان جمع‌آوری آب اضافی زیرپوشال‌ها در یک مخزن و بهره‌گیری از یک پمپ آب کوچک به منظور هدایت مجدد آب به بالای پوشال‌ها، برای استفاده در بادگیرهای جدید توصیه می‌شود.

با اینکه نویسندگان تحقیقات انجام شده را در این مرحله، کامل و اهداف پروژه را محقق شده می‌دانند، استفاده از بادگیرهای ساخته شده در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب و دانشگاه یزد و مطالعات مربوط به طرح‌های مختلف بادگیر کماکان توصیه می‌شوند. در انتها پیشنهاد شده است که بادگیرهای ساخته شده در دانشگاه یزد به صورت آزمایشگاه ملی تحقیقات بادگیر درآمد و هزینه‌ی تحقیقات پیشنهادی توسط استادان و دانشجویانی که در ارتباط با بادگیرها کار می‌کنند، تأمین شوند.

خنک کردن هوا به صورت تبخیری به وجود آمده است.

هدف از تحلیل بادگیر با ستون خیس شونده مشخص کردن تغییرات دما، رطوبت نسبی و جریان هوا از ستون بادگیر به ساختمان است. دما، رطوبت نسبی و جریان هوای ورودی به ساختمان، بستگی به عواملی دارند که مؤلفان آن‌ها را به دو دسته کلی تقسیم کرده‌اند:

- عوامل آب و هوایی و محیطی

- عوامل فنی و هندسی

در بررسی کارایی بادگیر با سطوح خیس شونده، ابتدا پوشال‌هایی در دهانه‌های ورودی بادگیر، جاسازی و توسط یک پمپ آب، مرطوب می‌شوند. بدین ترتیب هوا در حین عبور از لابه‌لای این پوشال‌ها به صورت تبخیری، خنک شده و دمای آن تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به گفته‌ی مؤلفان هدف از تحلیل این بادگیر، تعیین دما، رطوبت نسبی و مقدار هوای ورودی به ساختمان است که به عوامل چندی بستگی دارند:

- عوامل آب و هوایی و محیطی

مؤلفان با بررسی کارکرد بادگیرهای سنتی و بادگیرهای طرح جدید (ستون خیس شونده و سطوح خیس شونده) برای شرایط فیزیکی و اقلیمی یکسان به صورت تحلیلی - عددی در فصل‌های ۵ و ۶ در فصل هفتم تحت عنوان مقایسه‌ی کارکرد بادگیرهای طرح جدید و بادگیرهای سنتی، ابتدا جریان جرمی و درجه حرارت ورودی هوا به ساختمان، براساس نتایج به دست آمده برای انواع بادگیرهای یاد شده، بررسی و سپس بادگیرها برای شرایط ورودی یکسان با هم مقایسه شده‌اند.

سپس تحت عنوان طراحی، به ساخت و آزمایش نمونه‌ی بادگیرهای سنتی و طرح‌های جدید، مراحل ساخت و آزمایش نمونه‌ی این بادگیرها در استان کهگیلویه و بویراحمد (شهرلنده)، استان تهران مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب در نزدیکی شهریار و استان یزد (دانشگاه یزد) اشاره شده است.

آزمایش‌هایی که در شهر لنده روی دو بادگیر یکی مجهز به پوشال (بادگیر با سطوح خیس شونده) و دیگری مجهز به ناودانک‌های سفالی (بادگیر با ستون خیس شونده) در تیرماه ۱۳۷۰ و در دمای محیط ۴۸/۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته، مشخص می‌شود که در زمان‌هایی که بادی نمی‌وزد بادگیرهای با سطوح خیس شونده، و در زمان‌هایی که باد می‌وزد بادگیرهای با ستون خیس شونده، کارایی بهتری دارند.

مؤلفان در ادامه به تشریح آزمایش‌ها و نتایج به دست آمده در مورد بادگیرها در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب و دانشگاه یزد پرداخته‌اند.

نتیجه

در کتاب حاضر تلاش شده برای تعیین میزان کارایی بادگیرهای سنتی و جدید، نمونه‌ای از هر کدام، با ابعاد و اندازه‌های یکسان بررسی شوند. بررسی تحلیلی - عددی و تجربی در مورد بادگیرهای جدید (با ستون خیس شونده و سطوح خیس شونده) و بادگیرهای سنتی در بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲ انجام گرفته است.

در بررسی تحلیلی - عددی و تجربی سال ۱۳۷۰ بادگیر با ستون خیس شونده شامل ناودانک‌هایی از جنس سفال و در بررسی‌های سال