



لوله‌های خورشیدی (Tubular Daylighting Devices)

راهکاری نوین برای انتقال نور طبیعی به داخل ساختمان

بهنام نوذری

اندیشکده راهبردی زیست شهر اسلامی



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



فهرست عناوین

- ۱- مقدمه: اهمیت نور طبیعی و فناوری لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید ۴
- ۲- نحوه کار لوله‌های نورگیر از سقف تا فضای داخلی ۵
 - ۱/۲. جذب نور از سقف ۵
 - ۲/۲. انتقال نور از طریق لوله ۶
 - ۳/۲. پخش نور در فضای داخلی ۶
- ۳- مزایا ۷
 - ۱/۳. کاهش مصرف انرژی ۷
 - ۲/۳. تأثیرات مثبت بر سلامت انسان ۸
 - ۳/۳. امکانات طراحی خلاقانه ۸
 - ۴/۳. نکات تکمیلی در عملکرد سیستم ۹
- ۴- مقایسه با سایر روش‌ها ۹
 - ۱/۴. جهت‌دهی و تمرکز نور ۹
 - ۲/۴. کنترل میزان نور و گرما ۱۰
 - ۳/۴. انعطاف‌پذیری در طراحی معماری ۱۰
 - ۴/۴. اثر بصری و مزاحمت ۱۰
 - ۵/۴. کارایی در شرایط خاص محیطی ۱۱
 - ۶/۴. حفظ حریم خصوصی ۱۱



۱- مقدمه: اهمیت نور طبیعی و فناوری لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید

نور طبیعی یکی از ضروری‌ترین نیازهای انسان برای زندگی روزمره است. از روشنایی فضاهای مسکونی و کاری گرفته تا تأثیرات مثبت بر سلامت جسم و روح، دسترسی به نور طبیعی مزایای بی‌شماری دارد. تحقیقات علمی نشان می‌دهند که قرار گرفتن در معرض نور خورشید به بهبود خلق‌وخو، کاهش استرس، تنظیم چرخه خواب و جلوگیری از مشکلاتی مانند افسردگی فصلی کمک می‌کند. علاوه بر این، نور طبیعی تأثیر مستقیم بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی دارد، زیرا استفاده از آن به‌عنوان منبع اصلی روشنایی می‌تواند هزینه‌های برق را به‌طور چشمگیری کاهش دهد.

در شهرهای امروزی، به‌ویژه در مناطق پرجمعیت و ساختمان‌های بلندمرتبه، دسترسی به نور طبیعی به چالشی جدی تبدیل شده است. طراحی‌های متراکم شهری و ساختارهای معماری که گاه مانع ورود نور خورشید به فضاهای داخلی می‌شوند، نیاز به راه‌حل‌های خلاقانه و نوین را افزایش داده‌اند. در این میان، فناوری لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید به‌عنوان راهکاری هوشمند و پایدار برای تأمین نور طبیعی در فضاهای تاریک و بسته معرفی شده است.

این فناوری مبتکرانه با بهره‌گیری از اصول ساده فیزیک و بازتاب نور، امکان انتقال روشنایی خورشید از پشت‌بام یا دیگر نقاط نورگیر به فضاهای داخلی را فراهم می‌آورد. لوله‌های نوری نه‌تنها روشنایی طبیعی و رایگان را برای کاربران به ارمغان می‌آورند، بلکه امکان طراحی‌های معماری خلاقانه‌تر و انعطاف‌پذیرتر را نیز فراهم می‌کنند. از این طریق، افراد می‌توانند از نور طبیعی در بخش‌هایی از خانه یا ساختمان که به‌طور معمول دسترسی به آن محدود است، بهره‌مند شوند.

در این مطلب، به بررسی ابعاد مختلف این فناوری، از جمله ساختار و عملکرد آن، مزایا، کاربردها و محدودیت‌های احتمالی خواهیم پرداخت. همچنین، اهمیت این فناوری در کاهش مصرف انرژی و کمک به پایداری محیط زیست مورد بحث قرار خواهد گرفت.



۲- نحوه کار لوله‌های نورگیر از سقف تا فضای داخلی



لوله‌های نورگیر یا لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید فناوری‌ای نوآورانه برای هدایت نور طبیعی به فضاهای داخلی ساختمان هستند. این سیستم‌ها از یک طراحی ساده اما هوشمندانه بهره می‌برند که امکان جذب، انتقال، و پخش نور خورشید را فراهم می‌کند. عملکرد این لوله‌ها را می‌توان به سه بخش اصلی تقسیم کرد: جذب نور، انتقال نور، و پخش نور.

۱/۲. جذب نور از سقف



در مرحله اول، نور خورشید توسط یک صفحه یا گنبد شفاف که بر روی سقف نصب شده است، جمع‌آوری می‌شود. این گنبد یا صفحه نورگیر معمولاً از مواد مقاوم در برابر اشعه ماوراءبنفش (UV) ساخته می‌شود تا هم دوام بالایی داشته باشد و هم بیشترین مقدار نور را جذب کند. طراحی این بخش به گونه‌ای است که حتی در زاویه‌های کم یا در شرایطی که آسمان نیمه‌ابری است، بتواند حداکثر نور خورشید را دریافت کند.



۲/۲. انتقال نور از طریق لوله



نور جذب شده از سقف وارد یک لوله بازتاب دهنده می شود که معمولاً با لایه ای از مواد بسیار بازتابنده مانند آلومینیوم یا پلیمرهای پیشرفته پوشیده شده است. این پوشش بازتابنده می تواند بیش از ۹۰ درصد نور را بدون اتلاف به مسیر خود هدایت کند.

لوله نوری اغلب به شکل استوانه ای و منعطف یا صلب است و برای جلوگیری از نشت نور و اتلاف انرژی، از ساختاری عایق و مهر و موم شده بهره می برد. بسته به طراحی ساختمان، طول و مسیر لوله می تواند

متفاوت باشد. این انعطاف پذیری باعث می شود نور به فضاهایی هدایت شود که به طور طبیعی دسترسی به آن ها محدود است، مانند راهروها، حمام ها، یا زیرزمین ها.

۳/۲. پخش نور در فضای داخلی



در انتهای لوله، یک دیفیوزر یا پخش کننده نور قرار دارد که نور منتقل شده را به صورت یکنواخت در فضای داخلی منتشر می کند. این دیفیوزر معمولاً از مواد شفاف یا نیمه شفاف ساخته شده است و طراحی آن به گونه ای است که نور را به نرمی و به طور طبیعی در محیط پراکنده کند.



پخش کننده‌های مدرن می‌توانند نور را در زوایا و شدت‌های مختلف توزیع کنند، به گونه‌ای که شبیه به نور طبیعی ورودی از یک پنجره به نظر برسد. علاوه بر این، برخی از این سیستم‌ها امکان تنظیم شدت نور را فراهم می‌کنند تا نیازهای خاص کاربران را برآورده کنند.

لوله‌های نورگیر نه تنها نور طبیعی را به فضاهای تاریک وارد می‌کنند، بلکه به بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش مصرف برق نیز کمک می‌کنند. این فناوری ساده اما مؤثر، راهکاری پایدار و خلاقانه برای افزایش کیفیت زندگی در محیط‌های شهری ارائه می‌دهد.

۳- مزایا

لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید نه تنها راه‌حلی کارآمد برای روشنایی طبیعی هستند، بلکه از جنبه‌های مختلفی تأثیرات مثبتی بر محیط زیست، سلامت انسان، و طراحی ساختمان دارند. در این بخش، به موارد اصلی مرتبط با کاهش مصرف انرژی، بهبود سلامت، و امکانات طراحی خلاقانه پرداخته می‌شود.

۱/۳. کاهش مصرف انرژی

لوله‌های نورگیر به صورت مستقیم نیاز به روشنایی مصنوعی در طول روز را کاهش می‌دهند، که نتیجه آن صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف برق است.

– کاهش هزینه‌های برق: با جایگزین کردن نور طبیعی به جای لامپ‌ها، هزینه‌های برق کاهش می‌یابد. این موضوع در ساختمان‌های بزرگ مانند ادارات یا مدارس تأثیر بیشتری دارد.

– استفاده بهینه از انرژی خورشیدی: این لوله‌ها از منابع تجدیدپذیر بهره می‌گیرند و به کاهش انتشار کربن کمک می‌کنند.

– کارآمدی بالا در فضاهای متراکم: در شهرهایی که ساختمان‌های بلند مانع ورود نور خورشید به داخل می‌شوند، این فناوری می‌تواند نور را از بام به فضای داخلی هدایت کند و بهره‌وری انرژی را بهبود بخشد.



۲/۳. تأثیرات مثبت بر سلامت انسان

نور طبیعی نقش مهمی در سلامت جسم و روان انسان ایفا می‌کند. استفاده از لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید به دلایل زیر به بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کند:

- **افزایش سطح ویتامین D:** دسترسی به نور خورشید باعث افزایش تولید ویتامین D در بدن می‌شود که برای سلامت استخوان‌ها و تقویت سیستم ایمنی ضروری است.

- **کاهش افسردگی:** قرار گرفتن در معرض نور طبیعی می‌تواند به کاهش علائم افسردگی، به‌ویژه اختلال عاطفی فصلی ((SAD)، کمک کند.

- **بهبود ریتم خواب و بیداری:** نور طبیعی به تنظیم ساعت زیستی بدن کمک کرده و خواب شبانه را بهبود می‌بخشد.

- **کاهش خستگی چشمی:** نور طبیعی ملایم‌تر از نور مصنوعی است و فشار کمتری به چشم‌ها وارد می‌کند.

۳/۳. امکانات طراحی خلاقانه

لوله‌های نورگیر به معماران و طراحان اجازه می‌دهند فضاهای داخلی را با انعطاف و خلاقیت بیشتری طراحی کنند:

- **افزایش قابلیت استفاده از فضاهای داخلی:** امکان نورپردازی طبیعی در راهروها، زیرزمین‌ها، و حمام‌ها که معمولاً دسترسی به نور مستقیم ندارند.

- **کاهش وابستگی به پنجره‌ها:** با استفاده از این سیستم، نیازی به طراحی پنجره‌های بزرگ در هر اتاق نیست، که این موضوع به حریم خصوصی و کاهش آلودگی صوتی کمک می‌کند.

- **زیبایی‌شناسی مدرن:** برخی از لوله‌های نورگیر به‌صورت یکپارچه با سقف یا دیوار ترکیب شده و جلوه‌ای مدرن و زیبا به ساختمان می‌دهند.



- طراحی مناسب برای ساختمان‌های یک طبقه و آپارتمان‌ها: این سیستم‌ها در هر نوع ساختاری قابل اجرا هستند، اما برای آپارتمان‌ها و فضاهای متراکم شهری به‌ویژه کارآمدترند.

۴/۳. نکات تکمیلی در عملکرد سیستم

- انعطاف‌پذیری در طراحی مسیر لوله: امکان عبور لوله از زوایا و مسیرهای غیرمستقیم.
- دوام و پایداری: مواد مورد استفاده در لوله‌ها و گنبد نورگیر به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که در برابر شرایط مختلف آب‌وهوایی مقاوم باشند.
- افزودن قابلیت‌های هوشمند: در برخی از مدل‌های پیشرفته، سنسورهای تنظیم نور یا فیلترهای UV تعبیه شده است که کنترل بیشتری به کاربران می‌دهد.
- لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید با ترکیب عملکرد بالا، فواید زیست‌محیطی، و تأثیرات مثبت بر سلامت انسان، رویکردی مدرن و پایدار برای طراحی و ساخت ساختمان‌ها ارائه می‌دهند. این فناوری هم‌زمان با کاهش مصرف انرژی، کیفیت زندگی را در محیط‌های شهری و روستایی ارتقا می‌بخشد.

۴- مقایسه با سایر روش‌ها

فناوری لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید در مقایسه با پنجره‌ها و نورگیرهای معمولی از جنبه‌های زیر متمایز است:

۱/۴. جهت‌دهی و تمرکز نور

- لوله‌های انتقال‌دهنده نور: این فناوری از گنبدها و سطوح بازتاب‌دهنده استفاده می‌کند که نور خورشید را از یک نقطه ورودی جمع‌آوری کرده و به نقاط خاصی در فضای داخلی هدایت می‌کند. این قابلیت امکان استفاده از نور خورشید در مکان‌هایی را فراهم می‌آورد که با پنجره یا نورگیر مستقیم امکان‌پذیر نیست.



- پنجره‌ها و نورگیرها: این سیستم‌ها تنها نور مستقیم خورشید را به صورت پراکنده وارد فضا می‌کنند و امکان هدایت یا تمرکز نور به نقاط خاص را ندارند.

۲/۴. کنترل میزان نور و گرما

- لوله‌های نورگیر: بازده بالای این سیستم‌ها به کاهش اتلاف نور کمک می‌کند و مواد بازتاب‌دهنده به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بدون افزایش گرما، نور را به فضا منتقل کنند.

- پنجره‌ها و نورگیرهای معمولی: معمولاً در صورت تابش مستقیم خورشید، میزان زیادی از گرما به همراه نور وارد فضا می‌شود که می‌تواند باعث افزایش دمای محیط و نیاز به سیستم‌های تهویه مطبوع شود.

۳/۴. انعطاف‌پذیری در طراحی معماری

- لوله‌های انتقال‌دهنده نور: این فناوری امکان انتقال نور خورشید به فضاهای داخلی بدون نیاز به تغییرات گسترده در طراحی ساختمان را فراهم می‌کند. به عنوان مثال، نور می‌تواند از سقف به طبقات پایین‌تر یا به فضاهای فاقد پنجره منتقل شود.

- نورگیرها و پنجره‌ها: به طراحی خاص ساختمان وابسته هستند و نمی‌توانند به سادگی به فضاهای دور از دسترس نور خورشید، مانند زیرزمین‌ها، نور رسانی کنند.

۴/۴. اثر بصری و مزاحمت

- لوله‌های خورشیدی: از آنجا که تنها یک گنبد کوچک روی سقف نصب می‌شود، اثر بصری بر نمای ساختمان ندارد. همچنین، احتمال ورود نور مستقیم خیره‌کننده یا مزاحمت‌های ناشی از تابش زیاد کاهش می‌یابد.



- پنجره‌ها و نورگیرها: ممکن است در طراحی ساختمان محدودیت‌هایی ایجاد کنند یا موجب ورود بیش از حد نور و ایجاد خیرگی شوند.

۵/۴. کارایی در شرایط خاص محیطی

- لوله‌های انتقال‌دهنده نور: حتی در شرایط هوای ابری یا زمانی که زاویه تابش خورشید کم است، به دلیل استفاده از مواد بازتاب‌دهنده با بازده بالا، می‌توانند نور کافی تأمین کنند.

- پنجره‌ها و نورگیرها: در شرایط نامساعد آب‌وهوایی کارایی کمتری دارند و نور ورودی وابسته به تابش مستقیم خورشید است.

۶/۴. حفظ حریم خصوصی

- لوله‌های نورگیر: به دلیل عدم ارتباط مستقیم با فضای بیرون، از حریم خصوصی ساکنان حفاظت می‌کند.

- پنجره‌ها و نورگیرهای معمولی: ممکن است امکان دید به فضای داخلی را فراهم کنند که در برخی مواقع نقض حریم خصوصی محسوب می‌شود.

این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید به عنوان یک فناوری مدرن، به شکلی هدفمندتر و مؤثرتر از منابع نور طبیعی بهره می‌برد.





یکی از سه لوله نوری که نور طبیعی روز را به ایستگاه راه آهن زیرزمینی برلین پوتسدامر پلاتنز منتقل می کند

فناوری لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید در پروژه‌های مختلفی در سراسر جهان به کار گرفته شده است از جمله در متروی شهر برلین، از لوله‌های خورشیدی با قطر ۸۰ سانتی‌متر و طول ۶ متر برای انتقال نور طبیعی به فضاهای زیرزمینی استفاده شده است. این سیستم‌ها با استفاده از مواد بازتابنده، نور خورشید را به اعماق مترو هدایت می‌کنند و روشنایی طبیعی را فراهم می‌سازند.

در ایران نیز، سیستم‌های نورگیر هوشمند خورشیدی در برخی شرکت‌ها در حال تولید و توسعه است.

این نمونه‌ها نشان‌دهنده کاربرد گسترده و موفقیت‌آمیز لوله‌های انتقال‌دهنده نور خورشید در بهبود روشنایی طبیعی و کاهش مصرف انرژی در محیط‌های مختلف هستند.

