جزوه درس تأسیسات مکانیکی
ساختمان

پیشگفتار:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با روش های آبرسانی، گرمایش و سرمایش و نور و صوت در ساختمان های با کاربری گوناگون می باشد. در واقع این درس به دانشجویان کمک می کند تاسیسات مکانیکی ساختمان را از دیدگاه معماری بررسی کنند و زبان مشترکی است فی مابین مهندسین معماری و مهندسین تاسیسات ساختمان.
مواد این درس به دنبال محقق ساختن اهداف زیر است:
۱- ایجاد اعتماد به نفس کافی برای انتخاب سیستم و تجهیزات تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ساختمان با شناخت کامل تجهیزات و کاربری آنها
۲- تعیین معابر و اماکن مورد نیاز تجهیزات و سیستم ها
۳- توانایی تخمین بارهای گرمایی و سرمایی و تعیین ظرفیت تجهیزات.

موضوعاتی که در این درس بیان می شود :
۱- تاسیسات بهداشتی (آبرسانی و فاضلاب) :
روشهای تامین آب سالم مصرفی در ساختمان ها
شبکه تامین آب مصرفی در ساختمان ، محل های صحیح عبور شبکه و دستگاه های بهداشتی
روشهای درست دفع فاضلاب و آب باران ، نحوه جمع آوری تا دفع کامل به چاه ، سپتیک یا فاضلاب شهری
۲ - تاسیسات گرمایی و سرمایی :
گرمایش با آب گرم (حرارت مرکزی آبی) ، شناخت تجهیزات تولید ، اتقال و توزیع گرما ، تعیین محل موتورخانه و مسیرهای صحیح عبور لوله ها ، نحوه نصب و محل نصب صحیح دستگاه های توزیع حرارت.
- گرمایش با هوای گرم (حرارت مرکزی با هوای گرم) ، شناخت تجهیزات تولید ، کوره ها ، اتقال دهنده ها (کانال ها).
- گرمایش با بخار و روشهای تولید ، انتقال و توزیع.
- شناخت دستگاه های تولید سرما، سیستم های تبخیری ، تراکمی و جذبی- نحوه کارکرد این سیستم ها و زمینه های کاربر آنها.
تاسیسات تهویه مطبوع ، تاسیسات تهویه مطبوع تمام آب ، تمام هوا و آب و هوا ، شناخت هواساز و تعیین کاربردها.

مراجع و منابع:

۱- تاسیسات مکانیکی برای دانشجویان معماری- تالیف: محمدرضا سلطاندوست

۲- محاسبات تاسیسات ساختمان (حرارت مرکزی- تهویه مطبوع- آبرسانی و دفع فاضلاب)، ترجمه و تالیف: مهندس سید مجتبی طباطبایی

۳- مجموعه کتابهای درس فنی هنرستانهادر رشته تاسیسات

4- Ashrae - American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineering

5- Carrier Air Conditioning Company Handbook

6-Ashrae Pocket Handbook

مقدمه:

ضرورت درس تاسیسات مکانیکی ساختمان برای دانشجویان معماری

چرا درس تاسیسات مکانیکی ساختمان برای دانشجویان معماری ارائه می گردد؟؟

آیا طراحی و محاسبات مکانیکی جزئی از وظایف دانشجویان معماری می باشد؟؟

پس مهندسین تاسیسات ساختمان در این بین چه نقشی ایفا می کنند؟!

شاید اینها سوالاتی باشد که در نگاه اول در ذهن دانشجویان مستعد گروه معماری شکل می گیرند و سبب می شود در جلسات ابتدایی درس در مقابل این مطالب از خود مقاومت نشان دهند.

به طور معمول تصور می شود تعیین و انتخاب تجهیزات و سیستم های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع تنها به عهده مهندسان مکانیک پروژه است که البته تصور نادرستی است که به دلیل کم کاری برخی از معماران تبدیل به رویه ای رایج شده و مقابله با آن نوعی سنت شکنی تلقی می گردد. چنانچه مهندس معمار معایب، مزایا و همچنین کاربری های مناسب هر یک از تجهیزات را بداند و با متعلقات آنها آشنایی کافی داشته باشد می تواند در مباحث مرتبط به انتخاب سیستم ها شرکت کرده و در خصوص مسیر های عبور ملحقات آنها نظر دهد. همچنین با علم به اجزا ، ابعاد و کاربری تجهیزات و تاسیسات بهداشتی، گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع قادر خواهد بود فضاهای مورد نیاز مهندسان تاسیسات را در پلان های خود تعیین و مورد توجه قرار دهد.

در واقع هدف از بیان مطالب این درس برای دانشجویان گروه معماری ایجاد زبان مشترک بین آنها و مهندسان تاسیسات ساختمان می باشد چرا که توانایی برقراری ارتباط تخصصی با مهندسان تاسیسات سبب افزایش اعتماد به نفس مهندسان جوان گروه معماری و بیان نظرات آنها در مورد انتخاب سیستم و تجهیزات می گردد.

در غیر اینصورت به دلیل عدم شناخت کافی نسبت به تاسیسات مکانیکی ساختمان معمار جوان حرفی برای گفتن نداشته و در بسیاری از موارد ملزم به اجرای تصمیمات مهندسان تاسیسات می گردد و ابتکار و نوآوری وی در طراحی، جایی برای خودنمایی در پلان پیدا نخواهد کرد. به طور کلی هدف از این درس شناخت سیستم ها و تجهیزات و توانایی تخمین بارهای سرمایشی و گرمایشی و در نهایت انتخاب آنها برای مکانهای مختلف است. برای مثال معمار جوان باید بداند تاسیسات و سیستم های تهویه مطبوع به کار رفته در یک موزه با تاسیسات یک بیمارستان کاملا متفاوت است. او بایستی مطلع باشد در بخشهای مختلف بیمارستان تاسیسات گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع کاملا مجزا و بر اساس کاربری آن فضا انتخاب می شوند.

با ذکر این مطالب به نظر می رسد برای پیاده سازی اهداف و به تصویر کشیدن ابتکارات مهندسان جوان معمار، توجه و عنایت به این درس امری ضروری است.

امید است موارد آمده در این جزوه و عناوین مطرح شده در جلسات مختلف کمک شایانی به شما مهندسان جوان و آینده سازان این مرز و بوم در میل به اهداف مذکور ارائه نماید.

تأسیسات بهداشتی ساختمان

هر ساختمانی به هر شکلی که باشد، بزرگ یا کوچک، یک یا چند طبقه، ارزان یا گران، اداری ، مسکونی یا تجاری نیازمند حداقل تأسیسات تأمین، توزیع و مصرف آب و جمع‌آوری، انتقال و دفع فاضلاب است.

- آب مصرفی از سه منظر قابل توجه است:

۱- تأمین : آب شهر – چاه – قنات – رودخانه

۲- توزیع

۳- نوع مصرف: آشامیدنی و بهداشت – آبیاری – آتش نشانی – تأسیسات سرمایشی و تهویه مطبوع

- شبکه‌های آب مصرفی و فاضلاب ساختمان

۱) شبکه لوله‌کشی آب سرد مصرفی

۲) شبکه لوله‌کشی آب گرم مصرفی

۳) شبکه دفع فاضلاب و آب باران

- روشهای تهیه آب سالم و تحت فشار در لوله‌کشی ساختمان

۱) استفاده از آب شهری لوله‌کشی شده

۲) استفاده از منبع در ارتفاع (منبع ثقلی)

۳) استفاده از پمپ

۴) استفاده از منبع تحت فشار

علائم اختصاری ترسیم لوله‌های آب مصرفی – لوله‌کشی آبرسانی Water Supply Pipes

Domestic Cold Water Pipe — DCW —
لوله توزیع آب سرد مصرفی

Domestic Hot Water Supply Pipe — DHWS —
لوله توزیع آب گرم مصرفی

Domestic Hot Water Recirculating Pipe — DHWR —
لوله برگشت آب گرم مصرفی

Treated Water Pipe — TW —
لوله توزیع آب تصفیه شده

لوله توزیع آب $40^{o}C$ ۴۰°C — $40^{o}C$ —

۱) استفاده از آب شهری لوله‌کشی شده

ما در طبیعت به خودی خود آب شیرین کم داریم. فرآیند تبخیر آب از دریاها و تبدیل آن به برف و باران و جاری شدن آنها در مسیر رودخانه‌ها و یا در سطوح زیرزمین. (در صورتی که آنرا با شبکه‌های فاضلاب آلوده نکرده باشیم) و در نهایت جمع‌آوری آب رودخانه‌ها در پشت سدها و تصفیه آب و توزیع در شبکه مصرف با فشار مناسب، البته در حال حاضر در بسیاری از شهرها ۳۵-۳۰ درصد آب مصرفی را آب سالم چاه‌ها تشکیل می‌دهند.
سازمان آب وظیفه دارد آب سالم را با فشار مناسب در سطح شهر توزیع کند فشار لوله اصلی آب شهر ۶-۴ اتمسفر است و این فشار متغیر می‌باشد. شب‌ها که مصرف کمتر می‌شود فشار افزایش و در روزها که مصرف آب بیشتر می‌شود فشار کاهش می‌یابد. فشار ۱At برای آب یعنی تحت این فشار آب در لوله تا ۱۰ متر بالا می‌رود.

لوله اصلی آب شهر

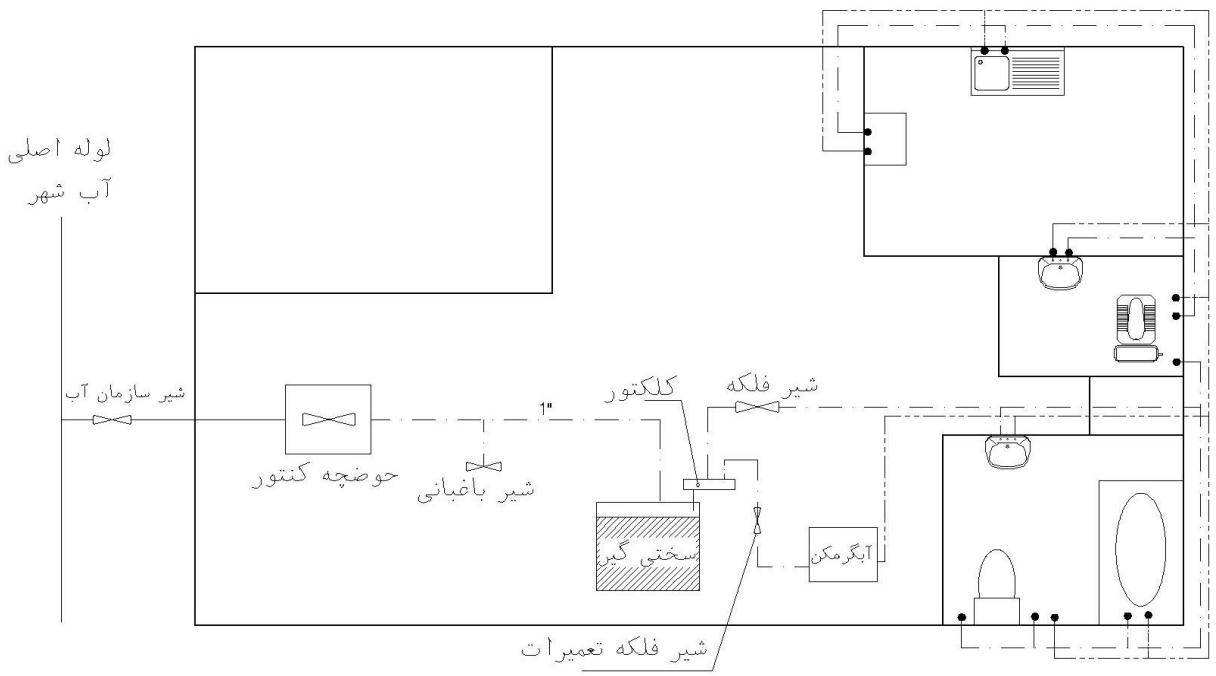
فشار ٤-٦ At

$1At \approx 10m$

آب

$1At = 76cmHg$

آب را از انشعاب گرفته شده به موتورخانه و دستگاه سختی گیر می‌رسانیم و از آنجا به داخل ساختمان می‌بریم.



شکل (۱)استفاده از فشار آب شبکه لوله کشی آبرسانی

در برخی مکان ها آب توزیع شده دارای املاح کلسیم و منیزیم می‌باشند که به این آب، آب سخت می‌گویند. آب سخت ممکن است برای مصرف روزانه شرب مشکلاتی به همراه نداشته باشد و برای استفاده آب شرب مجاز باشد ولی برای استفاده در تجهیزات گرمایش و تهویه مطبوع مشکلاتی را به وجود خواهد آورد از آنجایی که کلسیم و منیزیم سختی پایدار محسوب می‌شوند، در لوله‌ها و اجزای تجهیزات رسوب کرده و موجب کاهش انتقال حرارت و افزایش خوردگی خواهد شد.

بدین منظور جهت جلوگیری از آسیب دیدن تجهیزات از سختی‌گیر استفاده می‌کنند و به اصطلاح آب را نرم می‌کنند.

سختی گیرها حاوی رزین سدیم هستند و در اثر گذر آب حاوی کلسیم و منیزیم در آنها نوعی تعویض یونی صورت گرفته و جای خود را به سدیم می‌دهند (یون‌های سدیم جای یونهای منیزیم و کلسیم را می‌گیرد) و در این حالت می‌گویند اصطلاحاً آب نرم شده است، زیرا یون سدیم سختی پایدار محسوب نمی‌شود و در اثر دمای بالا یا تبخیر زیاد بر جداره ی لوله‌ها و تجهیزات رسوب نمی‌کند.

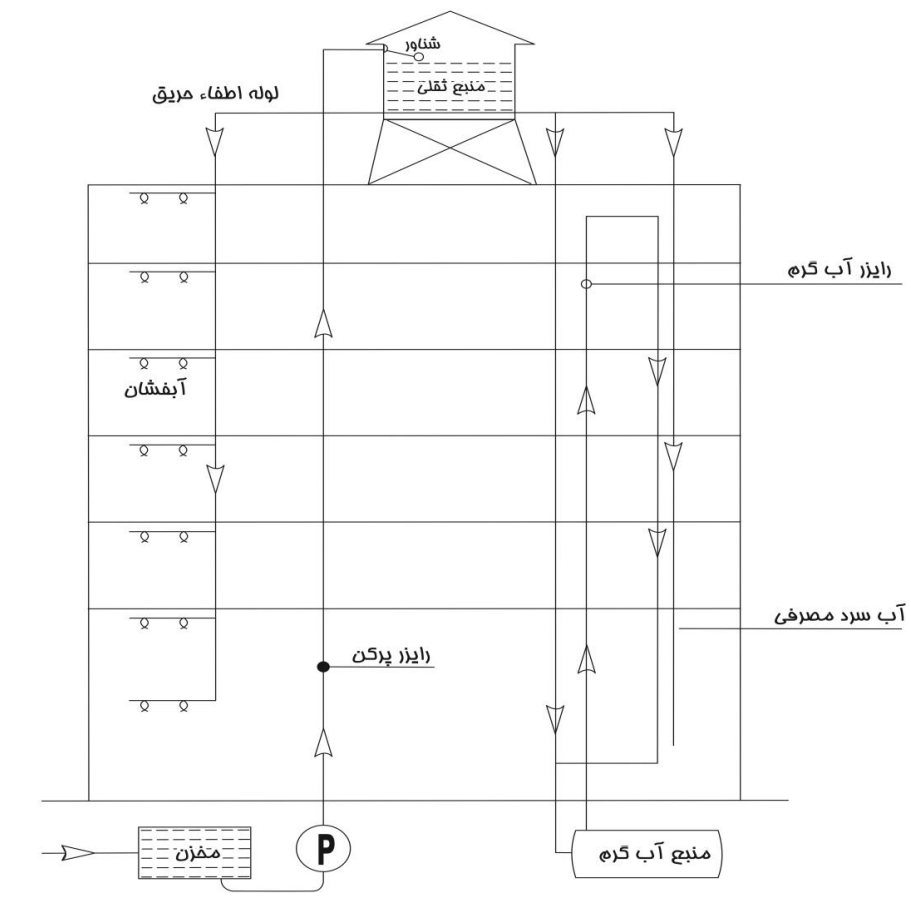
پس از اشباع رزین سختی‌گیر، رزین با آب نمک که منبع غنی سدیم است شستشو و مجدداً احیا می‌شود.

۲) استفاده از منبع در ارتفاع

اما اگر فشار آب انشعاب شهری کافی نبود و یا متغیر بود یکی از روشهای تأمین آب با فشار مناسب استفاده از منبع ثقلی است.

مثال :استانهای گیلان و مازندران شبکه روستایی ⟵ مصرف کننده شهری

یا منبع را به صورت مستقل بر روی پایه فلزی قرار می‌دهند و یا منبع را بر روی بام ساختمان قرار می‌دهند.



شکل (۲) منبع ثقلی(منبع در ارتفاع)

- نکات :

- در صورتی که فشار ورودی جهت تغذیه کم باشد از پمپ استفاده می‌شود.
- منبع ثقلی هم تأمین کننده فشار است و هم محل ذخیره آب.
- آب در این مخزن دارای انرژی پتانسیل است و نسبت به ارتفاع طبقات، فشارهای مختلفی در طبقات وجود خواهد داشت.
- طبقه پائین پر فشار است زیرا اختلاف ارتفاع آن با منبع ثقلی زیاد است.
- اگر در طبقات بالا (طبقه سوم) فشار کم باشد می‌توان از پمپ و اگر در طبقه پائین فشار زیاد باشد می‌توان از فشارشکن (Pressure Reducer) استفاده نمود.
- روشن و خاموش شدن پمپ باید به صورت اتوماتیک باشد به طوری که زمانی که شناور پائین می‌رود پمپ شروع بکار کند و با به حداکثر رسیدن سطح آب پمپ خاموش شود. در غیر این صورت احتمال هوا گرفتن پمپ و لوله‌ها و ایجاد مزاحمت برای حرکت آب در آنها وجود دارد.
- در ساختمان‌های با ارتفاع و طبقات زیاد استفاده از آن با مشکلاتی همراه است و یا امکانپذیر نیست.
- پمپ نباید بصورت مستقیم بر روی شبکه توزیع نصب شود زیرا باعث اختلال در شبکه توزیع و همچنین آسیب به کنتور می‌شود. باید قبل از پمپ از یک مخزن جهت ذخیره‌سازی و صفر کردن فشار آب استفاده شود. (اتصال به روش غیر مستقیم)
- دبی پمپ دلخواه است و وابسته به شرایط مصرف و پر کردن مخزن دارد. (پمپ با دبی ۱۵lit/min در کمتر از هشت ساعت مخزن lit ۷۰۰۰ را پر می کند. دبی: حجم آب عبوری از یک مقطع مشخص در واحد زمان)
- اما فشار پمپ وابسته به اختلاف ارتفاع پمپ از بالاترین سطح آب درون مخزن است.

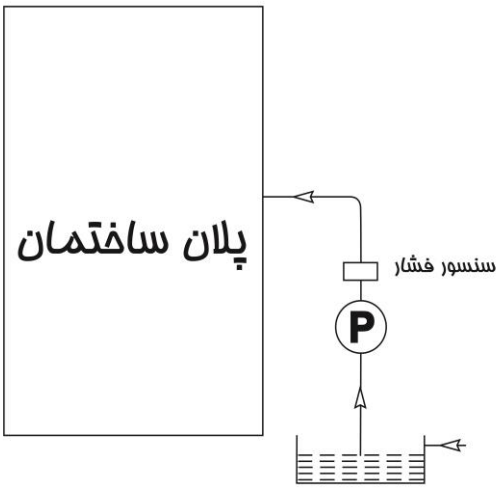
(برای منبع با ارتفاع ۴ متر و ارتفاع پایه ۱۳ متر پمپ با فشار بیش از ۱,۷ At نیاز می باشد.)

- ارتفاع کف مخزن حداقل باید ۶ متر بالاتر از مرتفع‌ترین شیر موجود در ساختمان باشد.

۳) استفاده از پمپ

یکی دیگر از روش‌های تأمین آب با فشار مناسب استفاده از پمپ‌های فشارساز در مسیر آب ورودی ساختمان است.

- معمولاً این روش در ساختمان‌های مرتفع با استفاده زیاد کاربرد دارد.
- اتصال به روش غیر مستقیم جهت جلوگیری از ایجاد اختلال در شبکه توزیع و آسیب به کنتور می باشد.
- این پمپ به صورت اتوماتیک کار می کند.
- هنگامی که شیرها باز شده و مصرف آب شروع شود فشار کاهش پیدا کرده و پمپ تا جبران‌سازی فشار روشن می‌ماند.

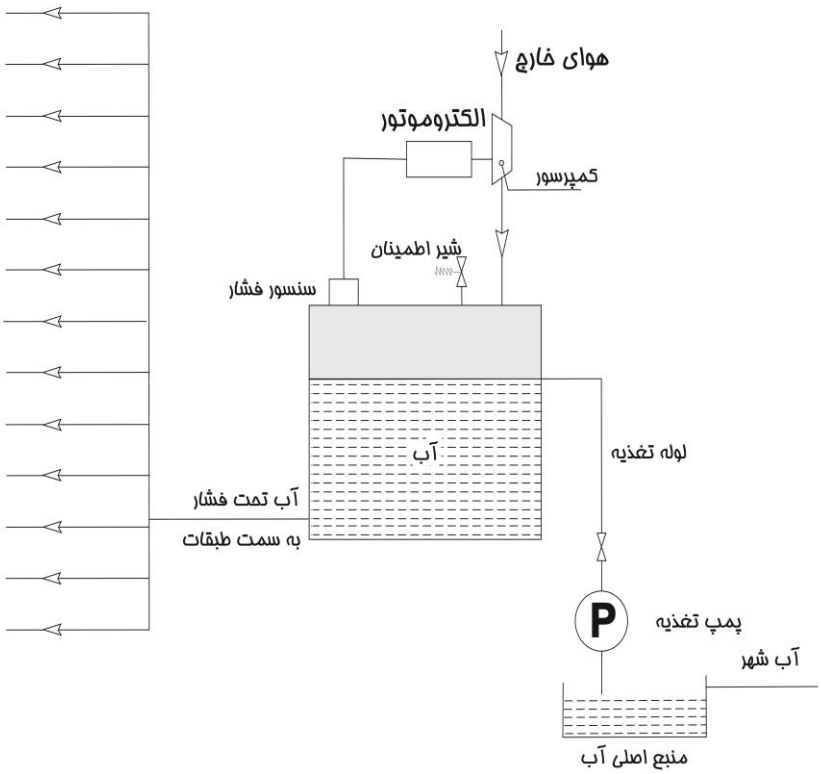


شکل (۳)

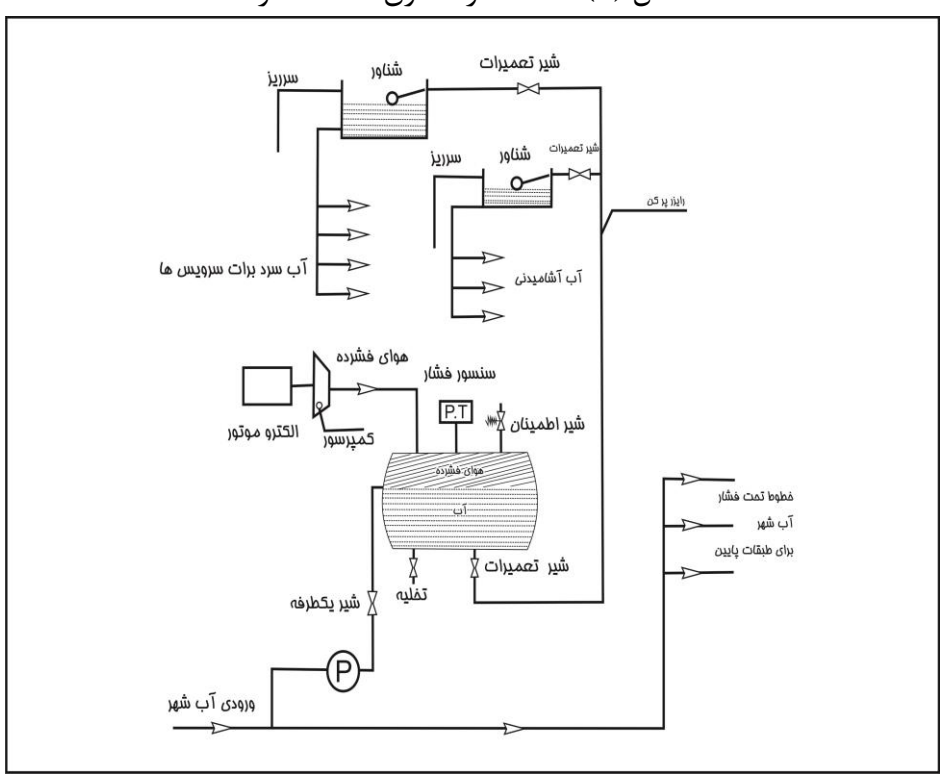
- در مواردی که مصرف خیلی زیاد باشد و پمپ نیاز به روشن و خاموش شدن‌های پی در پی داشته باشد، از منابع تحت فشار هوای فشرده استفاده می‌کنند. متناسب با حجم منبع و بالشتک هوای داخل آن فشار شبکه تأمین می‌شود. در صورت افزایش مصرف و کم بودن فشار هوای بالشتک پمپ فشار لازم را تأمین می‌کند.

۴) استفاده از منابع تحت فشار (سیستم آبرسانی تحت فشار)

- معمولاً از این روش برای تأمین برج‌ها و ساختمان‌های بلند مرتبه استفاده می‌کنند.
- مخازنی با فشار ۱۰At، ۲۰At بر اساس تعداد طبقات وجود دارند که از نظر تئوری آب را تا ۱۰۰ متر بالا می‌برد ولی در عمل به دلیل افت فشار درون لوله‌ها تا ۹۰-۸۰ متر بالا می‌رود.
- تفاوتی که در این روش با استفاده از منابع ثقلی دارد این است که فرقی نمی‌کند آب را به بالا یا پائین می‌خواهیم برسانیم.
- مکان قرارگیری منبع می‌تواند در موتورخانه یا طبقات باشد.
- در منابع تحت فشار، فشار سازی توسط کمپرسور هوا صورت می‌گیرد.



شکل (۴) استفاده از مخازن تحت فشار



شکل (۵)

استفاده از روش های ترکیبی جهت تامین آب سالم تحت فشار در یک ساختمان

اگر از دیدگاه معماری بنگریم بهترین روش تامین آب سالم با فشار مناسب در ساختمان استفاده از شبکه آب شهری است (در صورت وجود) چرا که وجود تجهیزات جهت فشار سازی در روش‌های دیگر در اغلب موارد مشکل‌زا هستند مخصوصاً زمانی که پروژه با کمبود فضا در سطح و ارتفاع مواجه است.

نکاتی در مورد توزیع آب:

- ما در دستشویی و سینک به فشار ۱At نیاز داریم.
- کوچکترین قطر لوله که در ساختمان برای آبرسانی استفاده می‌شود ۱/۲ اینچ است.
- توزیع آب اغلب توسط لوله‌های گالوانیزه و جدیداً توسط لوله‌های پلیمری انجام می‌شود. برای اینکه همیشه آب گرم در لوله‌های آب گرم و پشت شیرها وجود داشته باشد وجود لولهٔ برگشت آب گرم الزامی است.

- نکات زیر در مورد توزیع آب باید مدنظر قرار گیرند:

۱- هر چقدر مکانهای نیازمند آب در پلان نزدیک‌تر به هم باشند لوله‌کشی جمع و کوچکتر و هزینه ایجاد و نگهداری آن کمتر است .

۲- بهتر است مکان‌های تر ساختمان در مناطق افقی و عمودی مشخصی در نظر گرفته شوند تا از پراکندگی لوله‌کشی جلوگیری شود.

۳- بهتر است برای آبرسانی بیشتر از رایزرها استفاده شود تا از لوله‌های افقی چرا که احتمال وجود نشتی در لوله‌های افقی بیشتر است و با استفاده از لوله‌های افقی احتمال گذر این لوله‌ها از مکان‌های خشک جهت آبرسانی به مکان‌های تر افزایش می‌یابد.

۴- معمولاً استفاده از رایزرها به جای لوله‌کشی افقی طول لوله‌کشی را کمتر و هزینه را کاهش می‌دهد.

۵- در طراحی حتی‌الامکان باید تلاش کنیم مکان‌های تر ساختمان را در کنار هم قرار دهیم تا از تعداد رایزرهای کمتر استفاده کنیم زیرا استفاده از یک لوله با مقطع بزرگ‌تر از نظر هزینه‌ها، عایق‌کاری مشکلات کمتری از تعداد لوله‌های بیشتر با مقاطع کمتر دارد.

۶- با توجه به اینکه اکثر نقاط تر نیازمند عبور شفت جهت لوله‌های فاضلاب هستند همین نکته عاملی است که طراح را وا می‌دارد تا با بزرگ‌تر کردن شفت فاضلاب لوله‌های آب را هم از همان معبر عبور دهد که این روش کاملاً قابل قبول است.

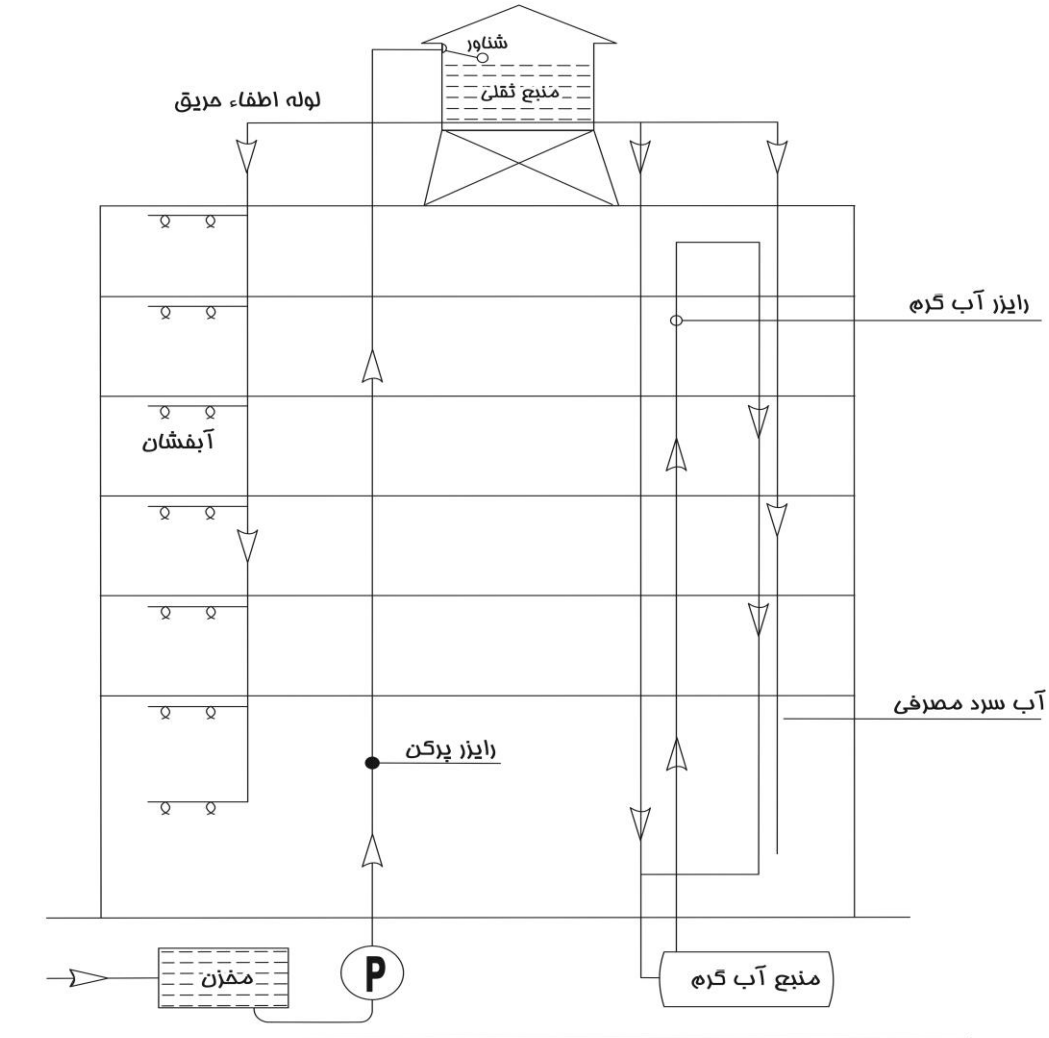
- از نقطه نظر معماری طبق یک اصل کلی بهتر است در بیشتر مکان‌ها از لوله‌کشی عمودی استفاده شود چرا که در لوله‌کشی افقی محدودیت‌هایی همچون موارد ذیل وجود دارد.

۱) گذر لوله‌های افقی از مکان‌های خشک ساختمان

۲) افزایش ارتفاع سقف

۳) عدم امکان سقف کاذب در بسیاری پروژه‌ها به دلیل محدودیت و هزینه

۴) ایجاد محدودیت برای دیگر اجزای گرمایشی، سرمایشی، تهیه مطبوع و بهداشتی در ساختمان



شکل (۶)

استفاده از رایزرها و لوله‌کشی عمودی – قرار دادن مکان‌های تر در راستای عمودی و افقی مشخص

- **فاضلاب :**

آب‌های آلوده ناشی از فعالیت انسانی را که باید دفع شوند و یا به عبارت دیگر، آب‌های زائد را فاضلاب می‌گویند.

انواع فاضلاب :

۱- فاضلاب خانگی : پس از استفاده از حمام، دستشویی، توالت، ظرفشویی و ... فاضلاب خانگی تولید می‌شود.

۲- فاضلاب صنعتی: فاضلاب مراکز صنعتی یا بهداشتی که ممکن است شامل مواد شیمیایی، باکتری و قارچ باشد.

۳- فاضلاب سطحی : آب‌های حاصل از بارندگی و شستشوی معابر فاضلاب سطحی را تشکیل می‌دهند که میزان فاضلاب سطحی وابسته به ضریب نفوذ سطح است. مقدار آب های سطحی از رابطه زیر محاسبه می شود:

مقدار آب‌های سطحی $Q(\text{lit}/\text{hr}) = (m^2) \times (\frac{mm}{hr})$ مساحت × شدت بارندگی × ضریب نفوذپذیری

جنس سطح	ضریب نفوذ
جاده و پیاده روسنگفرش	۰/۹
جاده آسفالت	۰/۷۵
پارک‌ها و باغ‌ها	۰/۲۵
سطح مفروش شده با چوب	۰/۲

- ضرورت جمع‌آوری فاضلاب:

ورود میلیون ها لیتر فاضلاب به رودخانه‌ها، دریاها و منابع آب زیرزمینی باعث آلودگی شدید و خطرناک محیط زیست انسان و سایر موجودات زنده می‌شود.

- جمع‌آوری فاضلاب خانگی:

به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زندگی و جمع‌آوری و هدایت فاضلاب ساختمان به محل دفع، نیاز به یک سیستم لوله‌کشی مناسب می‌باشد. به جرأت می‌توان گفت جمع‌آوری و دفع فاضلاب خانگی پردردسرترین نوع لوله‌کشی در میان گونه‌های متفاوت لوله‌کشی ساختمان است.

اندازهٔ بزرگتر لوله‌ها ، لزوم اجرای شیب مناسب (معمولاً بین ۰/۵ تا ۵ درصد ولی بطور اصولی ۲ درصد) ، عدم امکان حرکت‌های افقی با طول زیاد، احتمال بیشتر گرفتگی و رعایت بهداشت مواردی است که محدودیت‌های اجرای این شبکه را بیشتر می‌کند.

لوله‌کشی فاضلاب خانگی شامل :

۱) لوله‌کشی مربوط به پساب سرویس‌های بهداشتی، ظرفشویی و ...

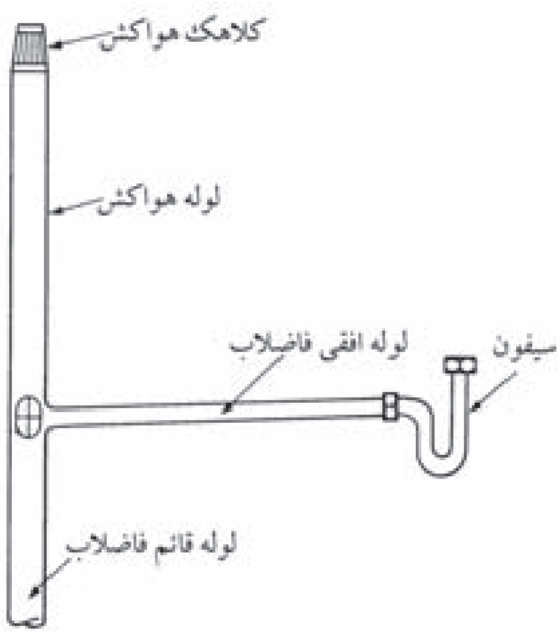
۲) لوله‌کشی مربوط به تخلیه آب باران

۳) لوله‌کشی مربوط به هواکش

در ساختمان‌های غیر مسکونی همچون ساختمان‌های صنعتی و درمانی مجهز به آزمایشگاه و دستگاه‌های مختلف علاوه بر موارد ذکر شده باید شبکه مجزایی برای تخلیه پساب آزمایشگاه و دستگاه‌ها تعبیه شود.

- اجزای اصلی یک سیستم فاضلاب:

۱- سیفون ۲– لوله افقی فاضلاب ۳– لوله قائم فاضلاب ۴- هواکش



شکل (۷) اجزای اصلی سیستم فاضلاب

جمع‌آوری و انتقال فاضلاب توسط لوله‌های چدنی و پلیمری صورت می‌گیرد. در اندازه‌های کمتر از ۲ اینچ و فقط برای انشعاب کوتاه سینک یا دستشویی و یا انشعابات ونت از لوله‌های گالوانیزه استفاده می‌شود.

- لوله‌های چدنی سنتی‌ترین جنس برای لوله‌های فاضلاب است و استحکام مکانیکی نسبتاً خوبی دارد. ترد و شکننده هستند و دارای وزن زیاد می‌باشند. سطح داخلی لوله‌های چدنی مضرس است و همین باعث افزایش رسوب‌گذاری در آنها می‌شود. لوله های چدنی برای پساب آزمایشگاه‌ها و به طور کلی پساب اسیدی مناسب نیست و بهتر است برای این پساب‌ها از لوله‌های پلیمری استفاده شود. جهت اتصال و آب‌بندی لوله‌های چدنی از سرب و کنف استفاده می‌شود.
- لوله‌های پلیمری سبک و انعطاف‌پذیر هستند و با اتصال گرم و جوش به خوبی آب‌بند می‌شوند اما از نظر اتصال به برخی تجهیزات به خصوص سیفون و توالت شرقی نقطه ضعف‌هایی دارند.
-

- **ضرورت نصب سیفون:**

لوله‌های فاضلاب برخلاف دیگر لوله‌کشی‌های ساختمان که برای سیستم تهویه مطبوع و دیگر مصارف بکار می روند همواره پر نیستند. این معبر خالی هم می‌تواند پساب و فضولات را به پائین منتقل کند و هم می‌تواند گازهای بدبوی متصاعد شده از فضولات و پساب‌ها را به سرویس‌های بهداشتی و دیگر نقاط شبکه منتقل نماید.

بنابراین باید برای جلوگیری از نفوذ گازهای بدبو در مسیر خروجی سرویس‌های بهداشتی تله یا سیفون نصب شود تا همواره مقداری آب در درون آن باقی بماند و از عبور گازهای بدبو جلوگیری کند.

- **ضرورت نصب هواکش (لوله هواکش)**

گفتیم سیفون مانند سدی جلوی عبور گازهای بدبو و نفوذ آن به فضای داخل سرویس‌ها را می‌گیرد اما وجود این سد به تنهایی کافی نیست و گازهای موجود در سیستم باید به خارج از شبکه منتقل شوند بنابراین لازم است تا لوله فاضلاب تا بالاترین سطح ساختمان ادامه یافته و در فضای آزاد قرار بگیرد تا گازها دفع شوند.

از طرف دیگر لوله هواکش یا رفت فاضلاب نقش مهم تعدیل فشار را بر عهده دارد به عبارت دیگر مانع بروز خلاء در پشت سیفون‌ها می‌شود.

به عنوان مثال اگر فرض کنیم چند توالت در طبقات مختلف بروی هم قرار گرفته باشند هنگام استفاده از توالت طبقه بالا آب با سرعت زیاد در لوله قائم فاضلاب به سمت پائین حرکت می‌کند که این موجب بوجود آمدن مکش پشت سیفون‌های طبقات پائین‌تر می شود و در صورت وجود نداشتن هواکش، باعث تخلیه آب سیفون‌ها خواهد شد.

در ساختمانهای کم ارتفاع و کوچک ادامه لوله قائم فاضلاب خود نقش هواکش را بازی می‌کند اما در ساختمانهای بزرگ و بلند مرتبه لازم است به موازات لوله اصلی فاضلاب لوله مجزایی به عنوان ونت فاضلاب اجرا شود تا با اتصال به سیفون تجهیزات بهداشتی گازهای درون شبکه را تخلیه نماید.

- **ضرورت نصب لوله هواکش :**

۱- جلوگیری از نفوذ گازهای بدبو در هنگام خشک شدن آب سیفون‌ها

۲- تعدیل فشار و جلوگیری از ایجاد خلاء در سیستم و مکش آب سیفون‌ها

در برخی از اماکن ادامه لوله فاضلاب به بام رفته و در انتها به کفشوی بام وصل شده است.

- معایب اتصال لوله اصلی قائم فاضلاب و لوله هواکش به لوله آب باران (معایب استفاده از لوله قائم فاضلاب به عنوان لوله تخلیه آب باران)

۱) در بارندگی‌های شدید سرعت آب باران درون لوله باعث ایجاد خلاء و مکیده شدن آب سیفون‌ها می‌شود.

۲) سرعت آب باران باعث تلاطم در فضولات و افزایش گازهای بدبو خواهد شد.

۳) سرعت بالای آب باران در لوله اصلی و هواکش از خروج گازهای بدبو جلوگیری خواهد کرد.

۴) در مواقع بارندگی در صورت بوجود آمدن گرفتگی در لوله اصلی فاضلاب آب باران از اولین مسیر ، که می‌تواند یک توالت یا دستشویی باشد بالا خواهد زد .

از نقطه نظر معماری بهتر است لوله‌های فاضلاب دارای معبرهای عمودی باشند و کمتر از لوله‌های افقی استفاده کرد به دو دلیل:

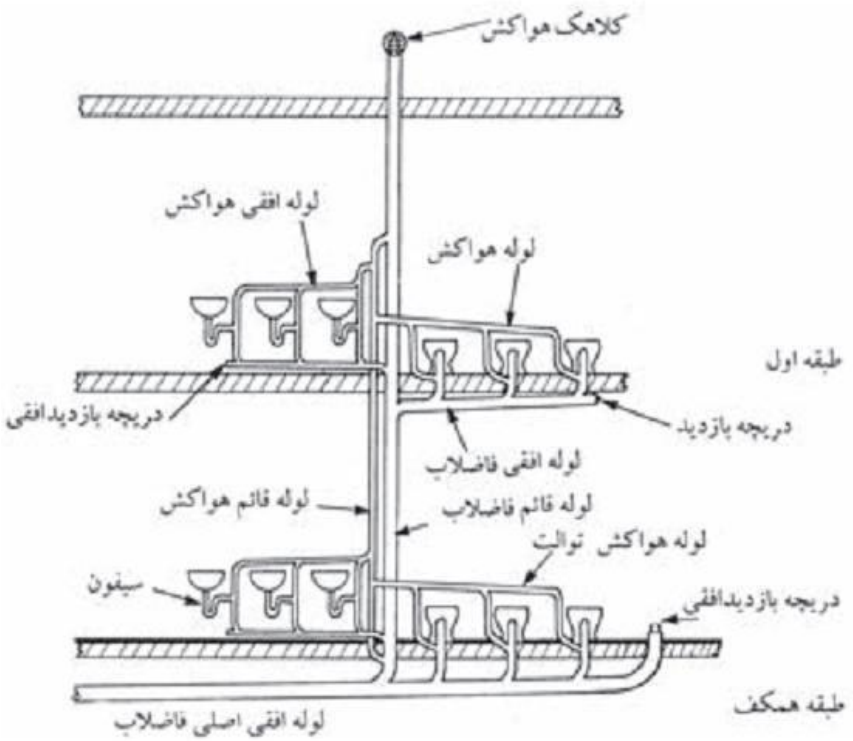
۱) استفاده از لوله‌های افقی احتمال افزایش نشتی و نشر آلودگی را افزایش می‌دهد.

۲) با توجه به لزوم شیب بندی لوله‌های افقی فاضلاب، مشکلات و مزاحمت برای دیگر تجهیزات (مانند کانال‌های فن کوئل‌های سقفی) بوجود خواهد آمد.

- **انواع شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب خانگی**

۱) شبکه جمع‌آوری فاضلاب با هواکش انفرادی : در این شبکه لولهٔ هواکش هر یک از وسایل بهداشتی بعد از سیفون انشعاب گرفته می‌شود و به یکدیگر وصل شده و از طریق لوله افقی به لوله قائم هواکش متصل می‌شود لوله قائم هواکش از یک طرف از بالاترین نقطه ی مصرف کننده‌ها به لوله هواکش اصلی و از زیر پائین‌ترین وسایل بهداشتی به لوله قائم اصلی فاضلاب وصل می‌شود.

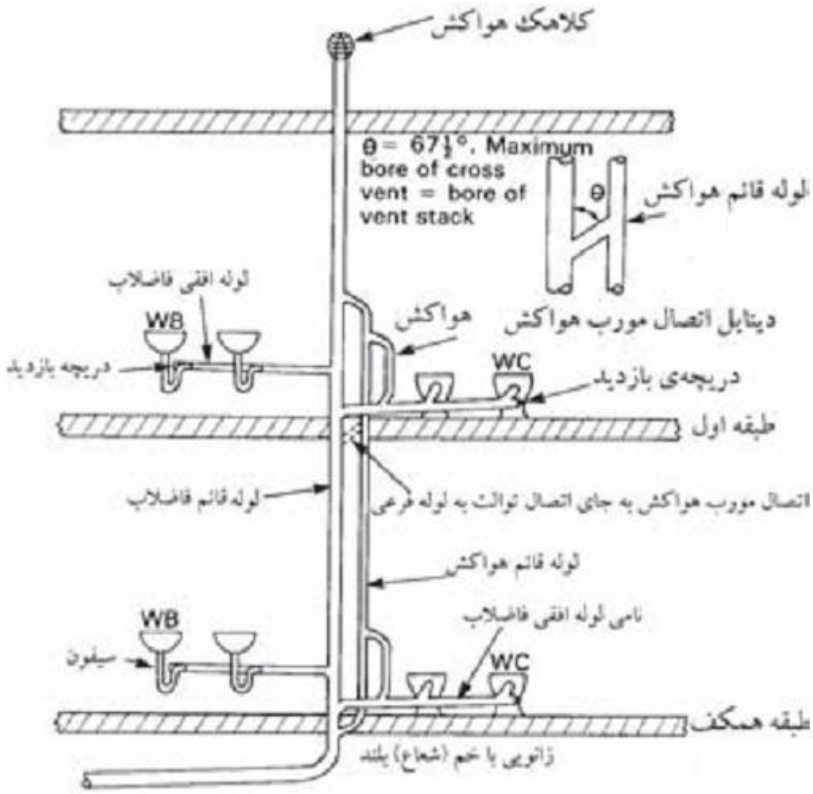
استفاده از این سیستم در مورد شبکه‌های فاضلابی مناسب است که تعداد وسایل بهداشتی درون آن زیاد باشد و وسایل بهداشتی نسبت به لوله قائم دور باشند و یا امکان نصب لوله‌های قائم فاضلاب نزدیک به وسایل بهداشتی نباشد.



شکل (۸) شبکه جمع آوری فاضلاب خانگی با هواکش انفرادی

۲) شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب خانگی با هواکش مداری

در این روش برای هر خط افقی فاضلاب یک لوله هواکش در نظر گرفته می‌شود که از یک طرف در نقطه‌ای بالاتر از وسایل بهداشتی به لوله قائم هواکش متصل می‌شود و از طرف دیگر در زیر وسایل بهداشتی که در پائین‌ترین قسمت ساختمان قرار دارند به لوله اصلی قائم فاضلاب متصل می‌گردد.



شبکه لوله کشی جمع آوری فاضلاب خانگی با هواکش مداری

شکل (۹)

- روش های دفع فاضلاب:

۱) استفاده از چاه‌های جذبی

۲) استفاده از سپتیک تانک

۳) استفاده از شبکه فاضلاب شهری (از شیب شهرها برای هدایت فاضلاب استفاده می‌کنند.)

۱) استفاده از چاه های جذبی

اغلب برای دفع فاضلاب از چاه‌های جذبی استفاده می‌شود. در مواردی که مقدار فاضلاب کم و محدود به چند خانوار باشد و زمین در عمق‌های نسبتاً کم به لایه‌های آبرفتی نفوذپذیر برسد و سفره‌های آب زیرزمینی حداقل ۳ تا ۴ متر پائین‌تر از لایه‌های یاد شده باشد و از این آب مصارف شرب نشود. این روش بهترین و ارزان‌ترین روش است. به دلیل نفوذپذیری و خاصیت جذب خاک تهران، اکثراً از این روش استفاده می‌شود.

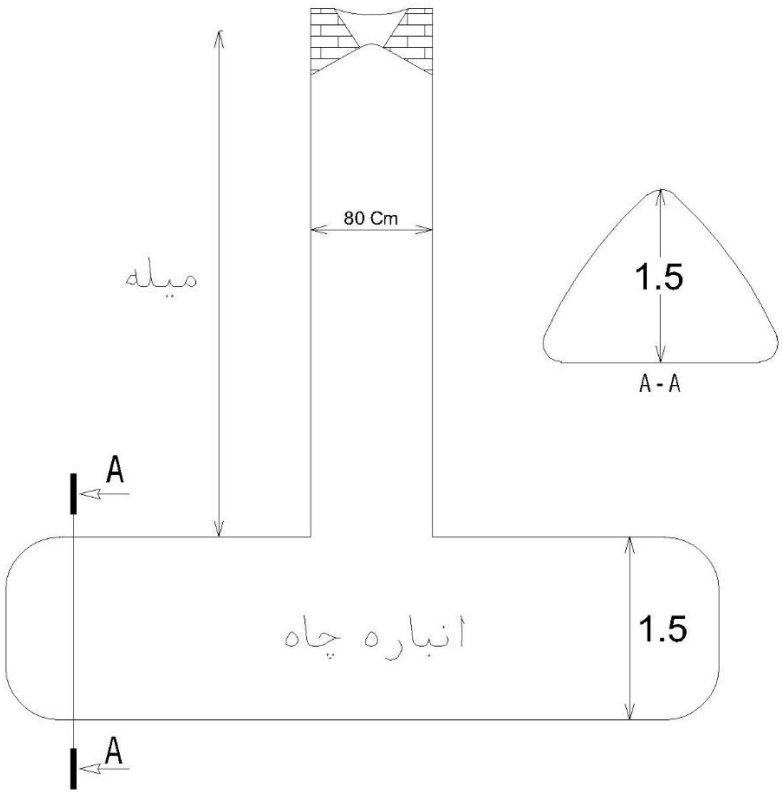
معمولاً چاه سرویس‌ها جداگانه حفر می‌شود همچنین برای آشپزخانه، حمام و آب باران نیز چاه‌های جدا حفر می‌گردد ولی عملاً در حال حاضر با توجه به عدم نظارت کافی و تلاش برای کاهش هزینه‌ها این اتفاق نمی‌افتد.

ساختمان چاه:

۱) دهانه چاه

۲) میله چاه (تا زمانی که به ماسه و سطح جاذب برسند می‌کنند. مقطع برش A)

۳) انباره چاه



شکل (۱۰) چاه جذبی

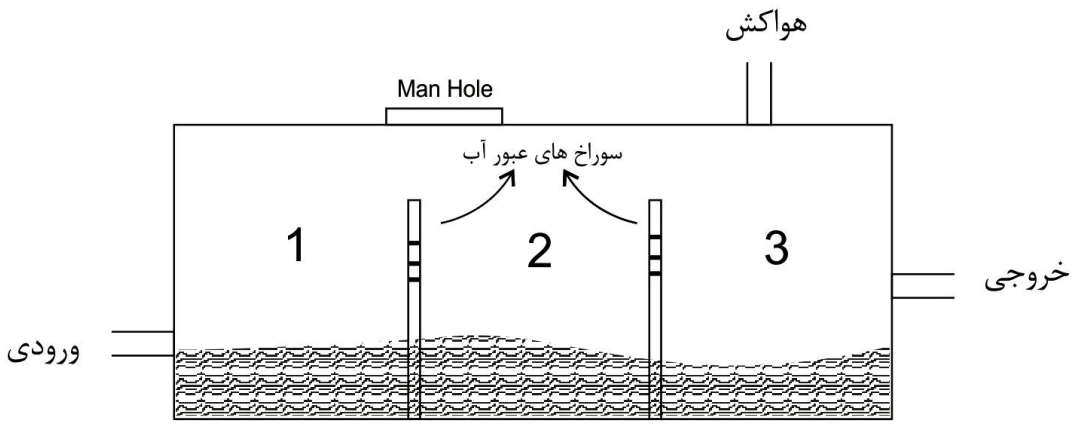
عمر چاه‌ها معمولاً ۵۰ سال (نحوه قرارگیری لوله‌ها و لزوم استفاده از زانویی 90^{o} و گلدونی در سر لوله‌ها و چاه) بطور کلی به دلیل نشر آلودگی به آب‌های زیرزمینی استفاده از چاه‌های جذبی روش مناسبی نیست.

۲) استفاده از سپتیک تانک

در مکان‌هایی که استفاده از چاه‌های جذبی به هر دلیلی میسر نمی‌باشد برای دفع فاضلاب از سپتیک تانک استفاده می‌کنند. مخازن سپتیک معمولاً از بتن مصلح با مصالح خوب و غیر قابل نفوذ ساخته می‌شوند.

برای زلال‌سازی فاضلاب و گرفتن جریانهای نوسانی آن معمولاً مخازن سپتیک را از دو یا سه انبارهٔ مستطیل شکل می‌سازند. ورود و خروج فاضلاب از یک انباره به انباره دیگر از سوراخهایی که در عمق ۳۰ تا ۴۵ سانتی سطح فاضلاب درون سپتیک تانک تعبیه شده صورت می‌گیرد تا مواد شناور نیز از انباره خارج نشوند.

برای خروج گازهای متعفن نصب هواکش به قطر "۴ که تا بام ساختمان‌های مجاور امتداد یافته باشد ضروری است. ایجاد و تعبیه Man Hole در سقف تانک سپتیک جهت تخلیه لجن‌ها ضروری است.



شکل (۱۱) سپتینک تانک

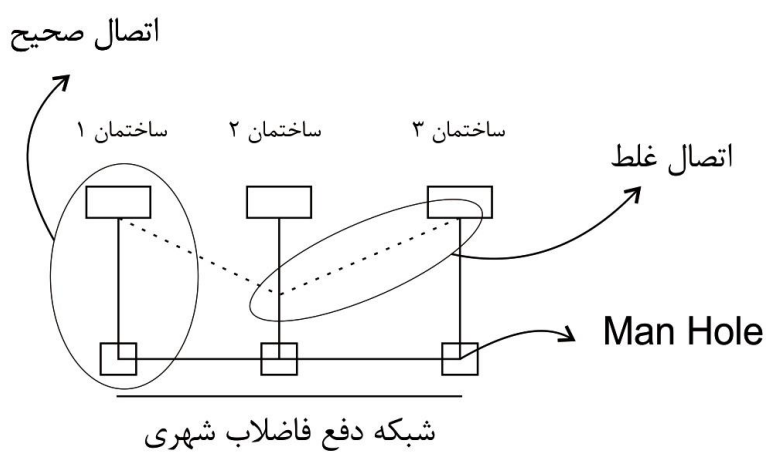
پس از ته‌نشین شدن فضولات هر سال یک یا دو بار نیاز به تخلیه دارد. معمولاً بیمارستان‌ها و مراکز صنعتی باید برای خود یک سپتیک تانک مخصوص و مستقل داشته باشند.

آشپزخانه‌های صنعتی به ویژه زمانی که قرار است فاضلاب به چاه جذبی هدایت شود باید حوضچه ی چربی گیر داشته باشند و همچنین آزمایشگاه‌ها حوضچهٔ خنثی ساز

۳) دفع فاضلاب به شبکه شهری

در این روش در صورت وجود شبکه فاضلاب شهری لوله فاضلاب اصلی هر ساختمان به این شبکه متصل خواهد شد و فاضلاب یا از طریق شیب و یا به کمک پمپ به خطوط فاضلاب شهری منتقل می‌شوند.

آب باران و آب‌های سطحی نباید وارد شبکه فاضلاب شهری شوند بلکه باید برای آنها شبکه مجزا طراحی و اجرا شود.



شبکه دفع فاضلاب شهری

- **پمپ‌ها :**

یکی از تجهیزات انتقال سیال در شبکه لوله‌کشی آب مصرفی و سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع است. پمپ از مهمترین تجهیزات انتقال آب در تأسیسات ساختمان می‌باشد و عامل حرکت و گردش سیال در شبکه است.

تعریف پمپ : ماشینی است که انرژی را از یک محرک (منبع خارجی) اخذ کرده و به سیالی که از خود عبور می‌دهد منتقل می‌کند.

منبع خارجی می‌تواند موتور الکتریکی موتورهای احتراقی یا توربین های بادی باشد.

یک طبقه‌بندی برای پمپ‌ها

۱) پمپ‌های پیوسته (با جابجایی غیر مثبت یا دینامیکی – NPDP) پمپ turbo هم گفته می‌شود. از این پمپ‌ها بیشتر برای انتقال سیال از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر استفاده می‌کنند. این پمپ‌ها سیال را با دبی زیاد و فشار کم انتقال می‌دهند و در حین انتقال سیال ، ورودی و خروجی پمپ با هم در ارتباط می‌باشند. لذا توانایی تولید فشار پمپ تابعی از سرعت دورانی پروانه است.

از نظر نوع جریان این پمپ‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند.

۱) پمپ‌های جریان شعاعی ۲) پمپ‌های جریان محوری ۳) پمپ‌های جریان مختلط

۲) پمپ‌های گسسته (با جابجایی مثبت PDP)

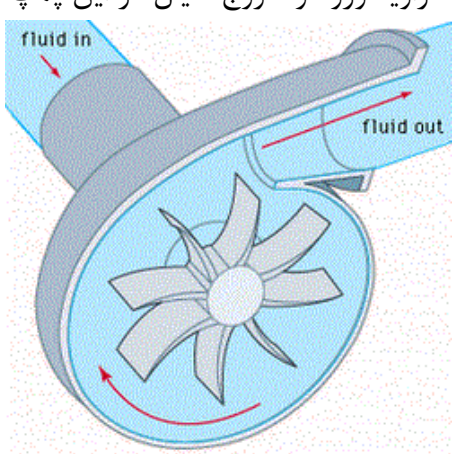
از این پمپ‌ها بیشتر برای افزایش فشار در سیال استفاده می‌کنند. این پمپ‌ها سیال را با دبی کم (حجم عبوری در واحد زمان) و فشار بالا انتقال می‌دهند و در حین انتقال سیال معبر ورودی و خروجی با هم در تماس نیستند و هر چه به داخل پمپ مکش می‌شود به سمت خروجی دهش می‌گردد این پمپ‌ها به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند.

الف) پمپ‌های رفت و برگشتی ب) پمپ‌های گردشی

- پمپ های آبرسان : ۱) گریز از مرکز ۲) رفت و برگشتی (پیستونی و پلانجری)

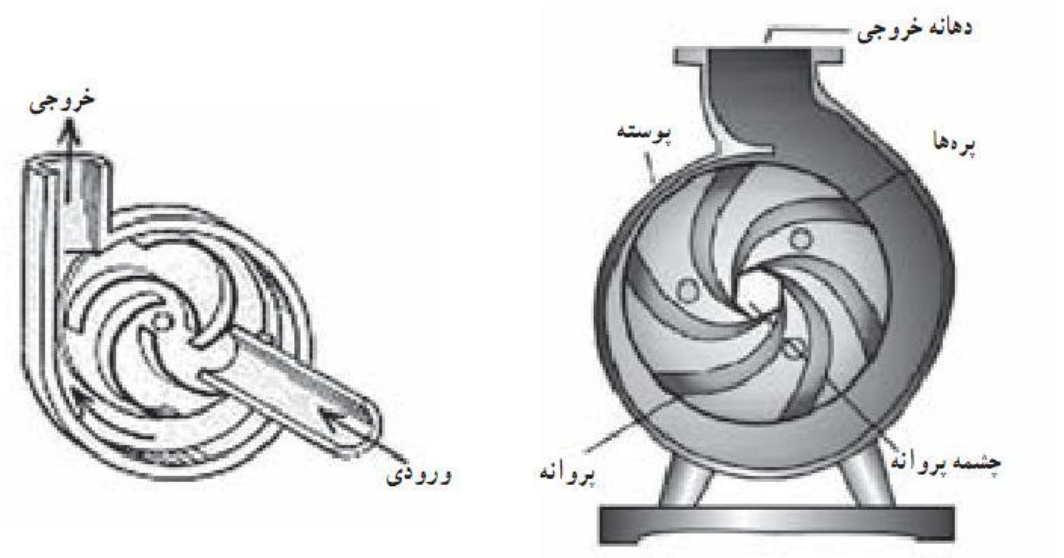
۱) پمپهای گریز از مرکز :

پمپ‌های گریز از مرکز معمولاً از دو بخش اصلی پوسته و پروانه تشکیل شده‌اند. پوسته یا حلزونی دارای دو مسیر ورود و خروج آب می‌باشند که معمولاً مسیر ورودی آب (مکش) در وسط پوسته ورود و مسیر خروجی آب (دهش) مماس بر پوسته هستند. زاویه ورود و خروج سیال در این پمپها ۹۰^{o} است



شکل (۱۲)

پمپ‌های گریز از مرکز

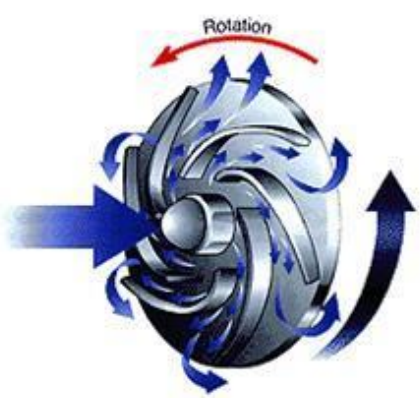


شکل (۱۳)

پمپ‌های حلزونی گریز از مرکز

نحوهٔ کار: موتور(محرک خارجی) که به حرکت در می‌آید باعث چرخش پروانه و ایجاد خلاء می‌شود که این خلا باعث مکیده شدن آب از چاه به سمت بالا می‌گردد. ذرات با ورود به محفظه حلزونی سرعت می‌گیرند اما با افزایش سطح مقطع عبور آب سرعت کاهش و فشار افزایش می‌یابد.

دوران این پمپ‌ها باعث اعمال نیروی گریز از مرکز از پروانه به سیال می‌شود و به همین دلیل به آنها پمپ‌های گریز از مرکز می‌گویند در پمپ گریز از مرکز با توجه به نحوهٔساخت پره‌ها دیده می‌شود که سطح مقطع عبور آب به سمت دهانهٔ خروجی پوسته افزایش یافته که با توجه به ثابت بودن دبی آنها در رابطه $Q = V \times S$ (دبي = سرعت × سطح مقطع) سرعت کاهش پیدا خواهد کرد و این باعث افزایش فشار در سیال خواهد شد.



شکل (۱۴)

سرعت سیال با افزایش سطح مقطع عبور آب کاهش و فشار افزایش می‌یابد.

- **انواع پمپ‌های گریز از مرکز**

پمپ های گریز از مرکز دارای دسته بندی های متفاوتی هستند یکی از دسته بندی ها مربوط به نحوه بکار گیری آنهاست که به دو دسته مدار باز و مدار بسته تقسیم می شوند.

← پمپ گریز از مرکز مدار بسته (گردشی): پمپی است که به منظور گردش سیال در یک مدار بسته مورد

استفاده قرار می‌گیرد این پمپ می‌تواند زمینی، خطی و یک یا چند طبقه باشد. وظیفه اصلی یک پمپ در یک سیستم مدار بسته غلبه بر افت فشار ناشی از حرکت سیال است .

← پمپ گریز از مرکز مدار باز: این پمپ علاوه بر تأمین انرژی لازم جهت غلبه بر افت فشار ناشی از حرکت سیال در شبکه وظیفه تأمین فشار لازم جهت دهش در انتهای خط انتقال را نیز دارد مانند پمپ‌های مورد استفاده در آتش نشانی

دسته بندی دیگر مربوط به نحوه قرار گیری و ظرفیت آنهاست:

← پمپ گریز از مرکز خطی: در زمانی که به فشار کم نیاز داریم این پمپ توسط دو مهره و ماسوره و یا فلنج در مسیر خط لوله به صورت عمودی قرار می‌گیرد. با توجه به وزن این پمپ، نیاز به فونداسیون و شاسی ندارد.

شکل (۱۵) پمپ گریز از مرکز خطی

← پمپ گریز از مرکز زمینی: این پمپ جهت تأمین فشار بالا در ظرفیت‌های زیاد استفاده می‌شود و دارای شاسی است که بر روی فونداسیون نصب می‌گردد. (شکل ۳)

شکل (۱۶) پمپ‌های گریز از مرکز زمینی

شکل (۱۷) پمپ یک طبقه و چند طبقه

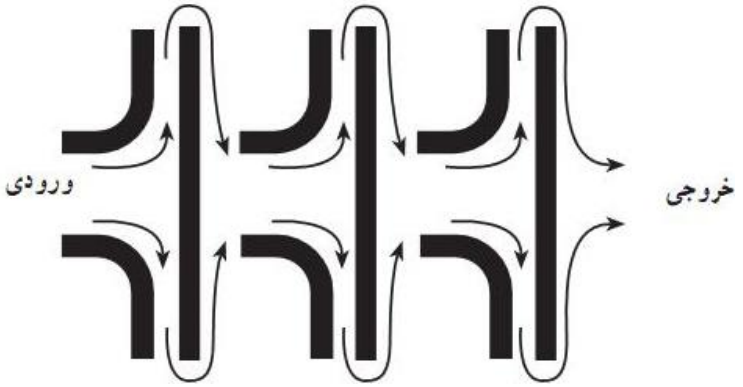
دسته بندی دیگر بر اساس تعداد طبقات آنهاست:

پمپ گریز از مرکز : ۱- یک طبقه ۲- دو یا چند طبقه

پمپ گریز از مرکز یک طبقه: این پمپ دارای یک پروانه برای انتقال و ایجاد فشار است و زمانی کاربرد دارد که ارتفاع خروجی (فشار) کم یا متوسط مورد نیاز باشد.

پمپ گریز از مرکز چند طبقه: این پمپ‌ها زمانی استفاده می‌شوند که فشار خروجی زیاد مدنظر باشد. بسته به فشار مورد نیاز آنها را به صورت دو یا چند مرحله‌ای طراحی می‌کنند، با وجود اینکه همهٔ پروانه‌ها به یک محور واحد متصل شده‌اند و در داخل یک بدنه قرار دارند هر مرحله را می‌توان یک پمپ مجزا فرض کرد. مثلاً در صنایع استخراج نفت نیاز به پمپ‌هایی است که دارای فشار دبی بالا باشند اخیراً پمپی با ۳۱۷ طبقه ساخته شده است که به ارتفاع ۲۷۰۰ متر می‌رسد.

شکل (۱۸)**نمونه یک پمپ چند طبقه**



شکل(۱۹)اساس کار پمپ‌های چند طبقه

مزایای پمپ های گریز از مرکز :

۱- سادگی ساختمان

۲- قیمت کم

۳- تنوع جنس در پروانه و پوسته

۴- هزینه تعمیر و نگهداشت مناسب

۵- قابلیت اتصال مستقیم به الکتروموتور

۶- جریان خروجی پایدار و دبی ثابت

۷- معمولاً فضای کمی را اشغال می‌کند.

معایب پمپ گریز از مرکز:

۱- برای افزایش فشار باید از پمپ‌های چند مرحله‌ای بهره برد که گران قیمت هستند .

۲- در دبی های بالا راندمان کاهش می‌یابد.

انواع پروانه در پمپ‌های گریز از مرکز:

۱) پروانه بسته: از این پروانه برای انتقال مایعاتی که گرانروی آن‌ها کم است استفاده می‌گردد که در آن پروانه بین دو صفحه به نام لفافه پروانه قرار می‌گیرند.

شکل (۲۰) پروانه بسته در پمپ های گریز از مرکز

۲) پروانه نیمه باز: این نوع پروانه برای انتقال سیالات لزج مانند فاضلاب، خمیر کاغذ و ... کاربرد دارد. به منظور جلوگیری از انسداد پروانه‌ها طول آنها زیاد و تعداد آنها کم در نظر گرفته می‌شود.

شکل (۲۱) پروانه نیمه باز در پمپ های گریز از مرکز

۳) پروانه باز : این پروانه دارای صفحه لفافه نیست و بیشتر در لایروبی و جاهایی که مخلوطی از شن و ماسه وجود دارد به عنوان لجن کش کاربرد دارد.

شکل (۲۲) پروانه باز در پمپ های گریز از مرکز

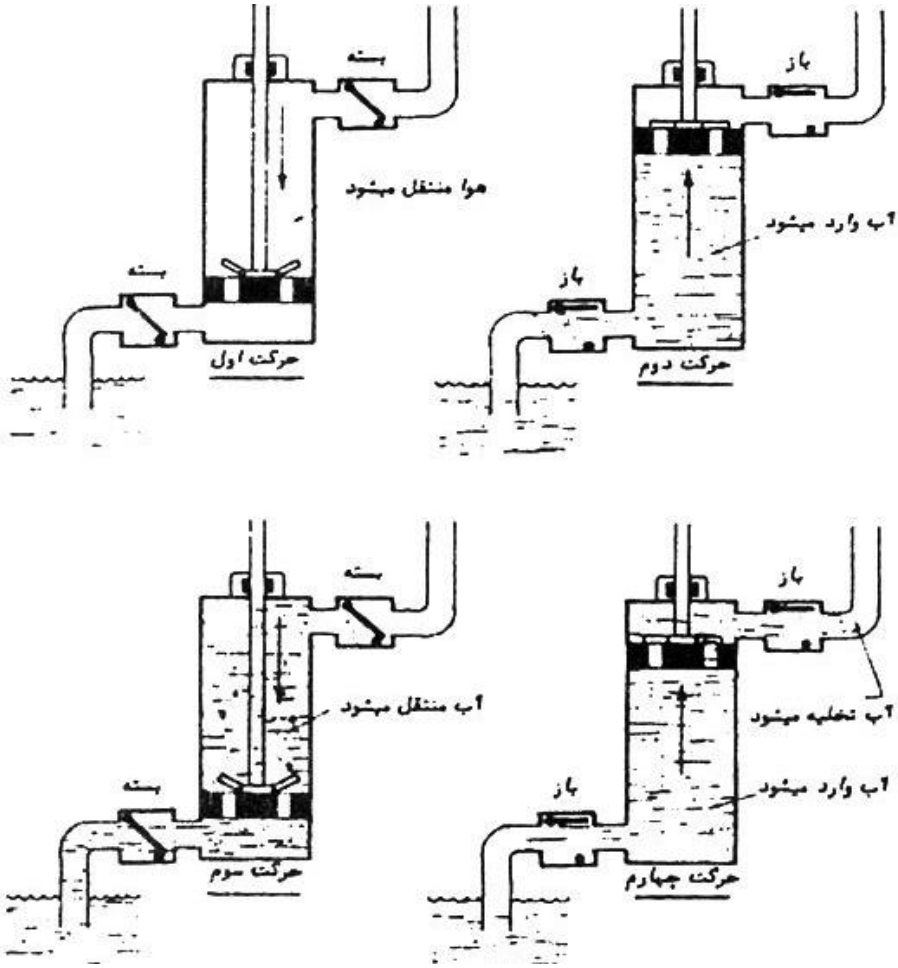
۲) پمپ‌های رفت و برگشتی (پمپ پیستونی – پمپ پلانجری)

پمپ رفت و برگشتی: ۱- یک طرفه ۲- دو طرفه

یکی از قدیمی‌ترین نوع پمپ‌ها، پمپ‌های رفت و برگشتی است. تلمبه‌های خانگی نمونهٔ ساده پمپ‌های رفت و برگشتی است پمپ‌های پیستونی از سیلندر، پیستون، شیر ورودی (suction value) و شیر خروجی (discharge value) تشکیل می‌شوند. البته این پمپ‌ها باید به یک محرک خارجی که حرکت رفت و برگشتی ایجاد کند متصل شوند معمولاً برای تولید حرکت رفت و برگشتی از الکتروموتور به همراه میل لنگ یا چرخ گردان استفاده می‌کنند.

روش کار پمپ پیستونی:

هنگامی که پیستون به سمت بالا حرکت می‌کند در اثر به وجود آمدن خلاء سوپاپ ورودی باز شده و سیال به داخل سیلندر مکیده می‌شود. سپس سوپاپ ورودی بسته شده و هنگامی که پیستون به سمت پائین حرکت می‌کند در اثر اعمال فشار به آب داخل سیلندر سوپاپ‌های تعبیه‌شده بر روی پیستون باز شده و سیال به بالای پیستون رانده می‌شود و سپس با حرکت پیستون به سمت بالا سیال از سوپاپ خروجی به سمت بالا پمپ می‌شود. تکرار مراحل فوق باعث پمپاژ سیال به روش جابجایی خواهد شد. مراحل عملکرد یک پمپ رفت و برگشتی در آمده است.



شکل (۲۳)

ویژگی پمپ‌های پیستونی یکطرفه

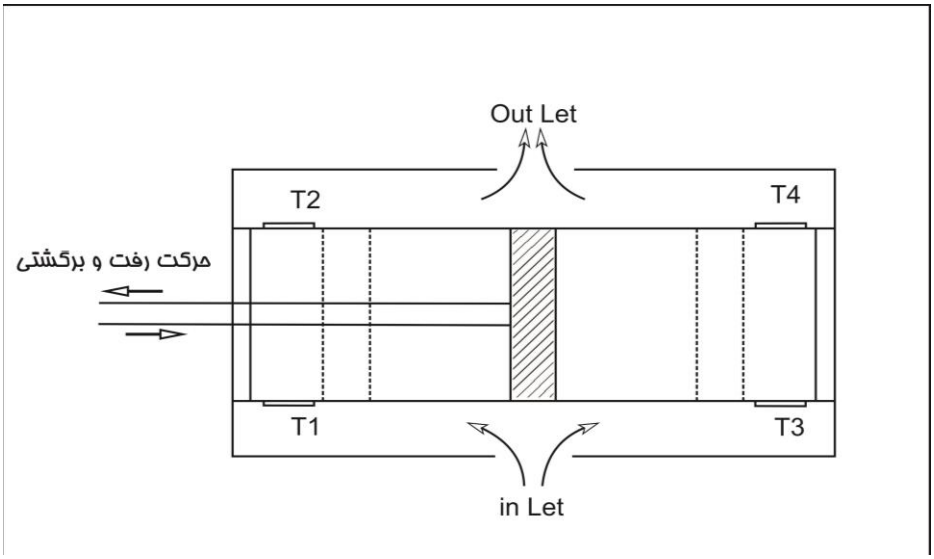
۱- دبی پائینی دارند اما فشار بالایی را تأمین می‌کنند.

۲- جریان غیر یکنواخت و ضربانی تولید می‌کنند.

۳- در صورت بسته بودن شیر خروجی پمپ، هنگام فعال بودن پمپ احتمال آسیب رسیدن به الکتروموتور، رینگ‌های آب‌بندی و در نهایت ترکیدن سیلندر و یا لوله‌ها وجود دارد.

۴- این پمپ‌ها به مواد جامد موجود در سیال حساس هستند زیرا باعث خراشیده شدن پیستون و از بین رفتن آب‌بندی آن می‌شود و به سطح سیلندر نیز آسیب وارد می‌نماید.

برای افزایش دبی پمپ و کاستن از ضربان پمپ پیستونی یطرفه می‌توان از پمپ پیستونی دو طرفه استفاده کرد در این پمپ برخلاف پمپ پیستونی یکطرفه که در هر دو کورس (رفت و برگشت) یکبار عمل پمپاژ صورت می‌گیرد، در هر کورس (رفت یا برگشت) عملیات پمپاژ انجام می‌شود در نتیجه فاصله بین ضربات کمتر شده و جریان خروجی از پمپ به جریان یکنواخت نزدیک می‌شود.



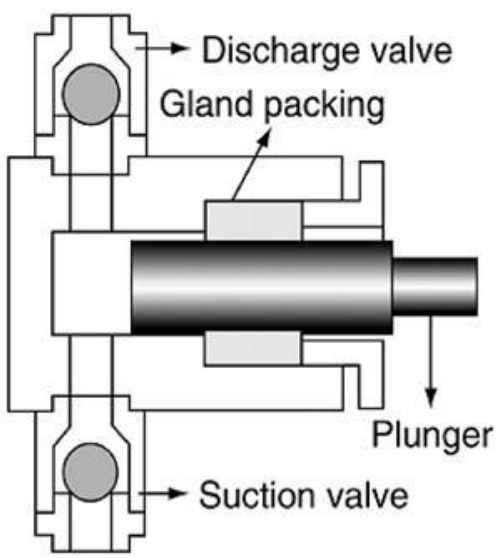
شکل (۲۴) پمپ دو طرفه

نحوه کار:

هنگامی که بیستون از سمت چپ به راست حرکت می کند باعث بوجود آمدن خلا در سمت چپ و فشار در سمت راست پیستون می شود که در نتیجه دریچه های T1 (دریچه حساس به مکش) و T4 (دریچه حساس به فشار) باز می گردند. هنگامی که پیستون از سمت راست به چپ حرکت می کند باعث بوجود آمدن خلا در سمت راست و فشار در سمت چپ پیستون می شود که در نتیجه دریچه های T2 (دریچه حساس به مکش) و T3 (دریچه حساس به فشار) باز می شوند. در این پمپ با هر بار رفت و برگشت پیستون ۲ بار فشار سازی صورت میگیرد.

پمپ پلانجری :

در این پمپ رفت و برگشتی به جای پیستون از یک پلانجر استفاده می شود .



شکل (۲۵) پمپ پلانجری

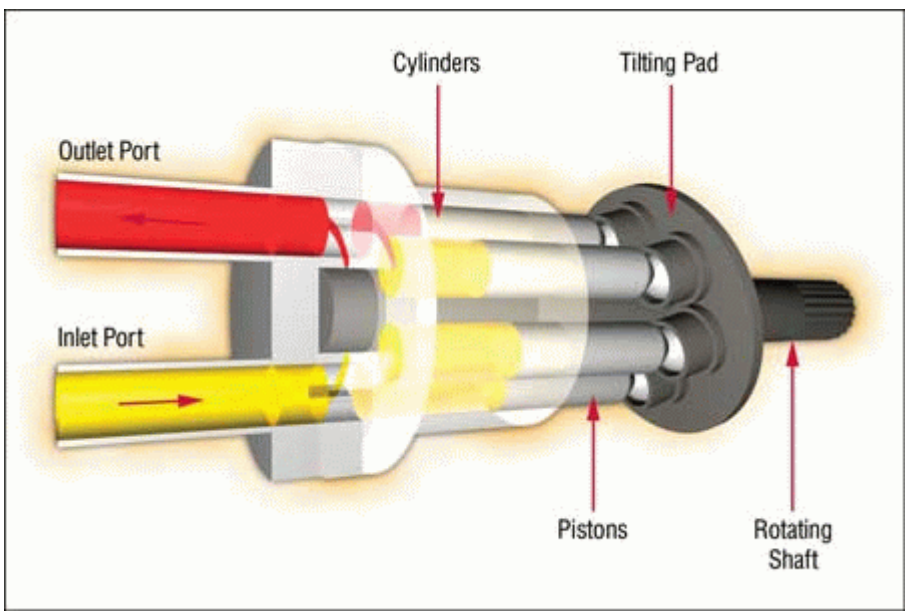
تفاوت پمپ پیستونی و پلانجری:

۱- در پمپ پیستونی طول سر پیستون کوتاه تر از کورس پیستون در داخل سیلندر می‌باشد در صورتی که طول پلانجر بیشتر از طول کورسی است که در داخل سیلندر طی می‌کند.

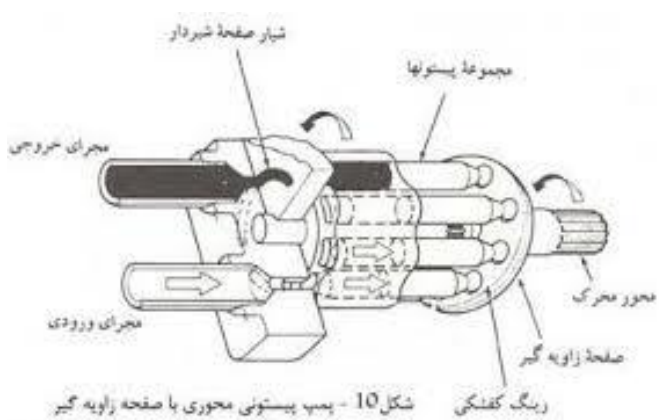
۲- جهت آب‌بندی پمپ پیستونی از رینگ یا حلقهٔ آب‌بندی که بر روی شیار های موجود در سر پیستون نصب شده استفاده می‌کنند در حالی که در پمپ پلانجری این رینگ بر روی سیلندر نصب شده و ثابت است.

پمپ‌های پیستونی (پلانجری) محوری :

یکی دیگر از انواع پمپ‌های پیستونی، پمپ‌های پیستونی با پیستون محوری هستند. این پمپ‌ها از چند پیستون و سیلندر که همزمان کار یک پمپ یک طرفه را انجام می‌دهند تشکیل شده‌اند و دارای دو نوع محور مایل و صفحه مایل هستند. این پمپ‌ها مشکل ضربه در پمپ‌های یکطرفه را حل می‌کنند و جریانی یکنواخت ایجاد می‌نمایند.



شکل (۲۶) پمپ محوری با صفحه مایل



شکل (۲۷) پمپ محوری

- **تجهیزات تولید و ذخیره‌سازی آبگرم مصرفی** :

۱) منابع تولید آبگرم مصرفی مستقیم (آبگرمکن)

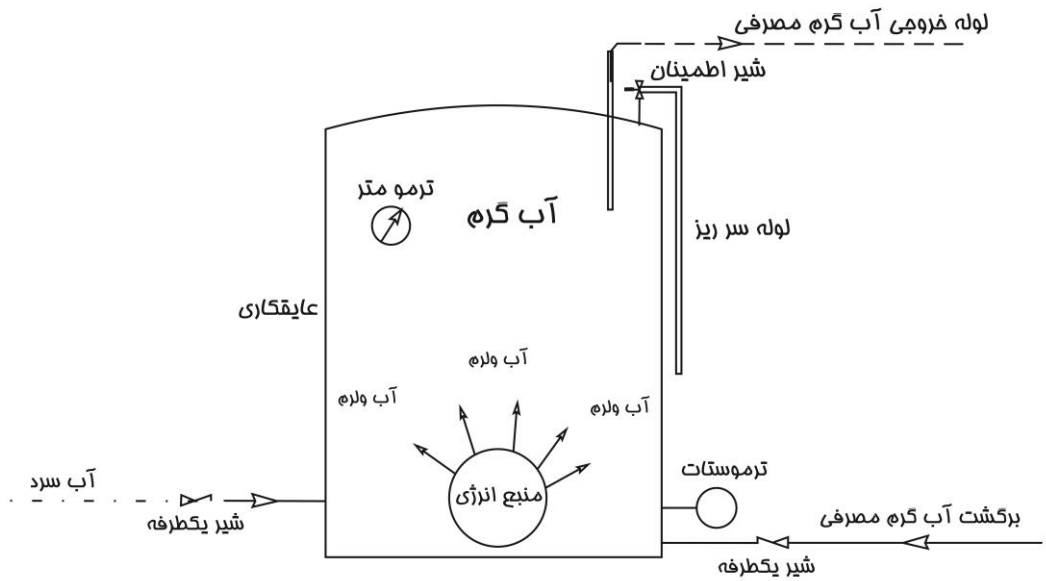
۲) منابع تولید آبگرم مصرفی غیر مستقیم

تولید و ذخیره‌سازی آبگرم مورد نیاز سرویس‌های بهداشتی و حمام به عهده منابع آبگرم است.

در ساختمان‌های بزرگ به دلیل طولانی شدن مسیر لوله‌کشی و سرد شدن آبگرم مصرفی : لوله برگشت آب گرم استفاده می کنند. که سبب میشود همواره پشت شیرهای مصرف آب گرم با دمای مناسب موجود باشد.

منابع تولید آبگرم مصرفی مستقیم:

در این منابع آب مصرفی مستقیما با منبع انرژی در تماس است و آب سرد مصرفی به واسطه دریافت انرژی گرمایی منبع تبدیل به آب گرم مصرفی می شود. این منابع بیشتر به آبگرمکن معروف هستند و دارای تجهیزات مولد گرمایش الکتریکی، سوخت فسیلی یا خورشیدی مستقل از تأسیسات حرارت مرکزی هستند. معمولاً در ظرفیت‌های کم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل (۲۸)- اصول کلی کار آبگرمکن ها

شیر اطمینان در مواقعی کاربرد دارد که ترموستات درست کار نکند زمانی که فشار زیاد می‌شود متر جمع شده، مسیر باز شده و کمی آب تخلیه می‌شود. اگر ۱۰lit آب گرم استفاده کنیم ۱۰lit آب سرد ۲۰°C وارد می‌شود. پس همواره آب در پائین آبگرمکن سرد و یا ولرم است.

منابع تولید آب گرم مستقیم :

۱) آبگرمکن‌های با سوخت فسیلی (نفت سوز یا گاز سوز)

۲) آبگرمکن‌های الکتریکی

۳) آبگرمکن‌های خورشیدی

۱- آبگرمکن‌های با سوخت فسیلی :

الف) نفت سوز (نفتی)

ب) گاز سوز (گازی)

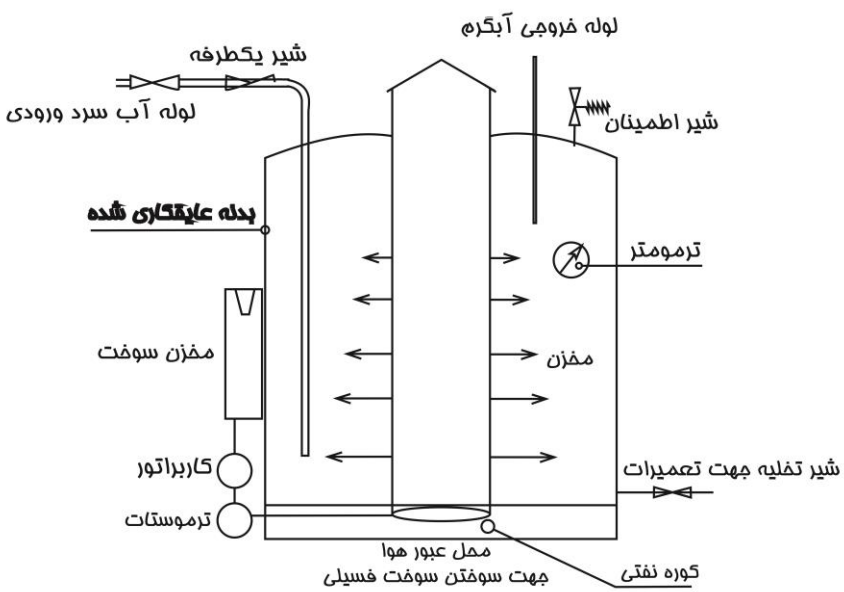
الف) آبگرمکن نفتی

کاربراتور از ترموستات فرمان می‌گیرد که چه میزان سوخت را وارد کوره نماید.

مثلاً اگر آب $50^{o}C$ بخواهیم و درجهٔ کاربراتور را روی ۲ قرار دهیم پس از رسیدن درجهٔ آب به 50^{o} ترموستات عبور سوخت را محدود می‌کند اما آن را قطع نمی‌کند که شمعک روشن بماند.

- اگر دود خروجی از دودکش سفید باشد هوای موجود در ترکیب سوخت زیاد است.

- اگر دود خروجی از دودکش سیاه باشد یعنی میزان سوخت وارد شده زیاد بوده و سوختن ناقص صورت گرفته است.



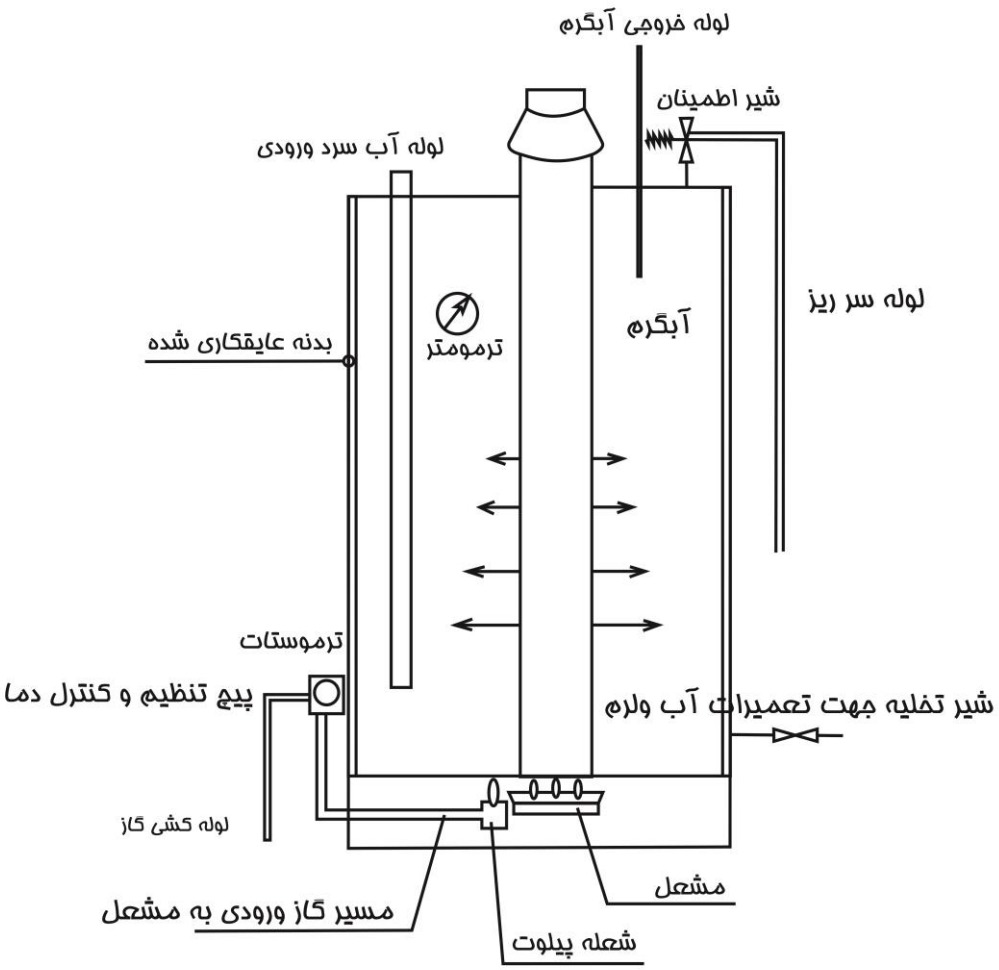
شکل ۲۹- آبگرمکن نفتی

ب) آبگرمکن گازی :

۱) مخزنی ۲) فوری یا آنی

آبگرم‌های گازی از نظر کارکرد و مکانیزم داخلی به دو نوع آنی و مخزنی تقسیم‌بندی می‌شوند.

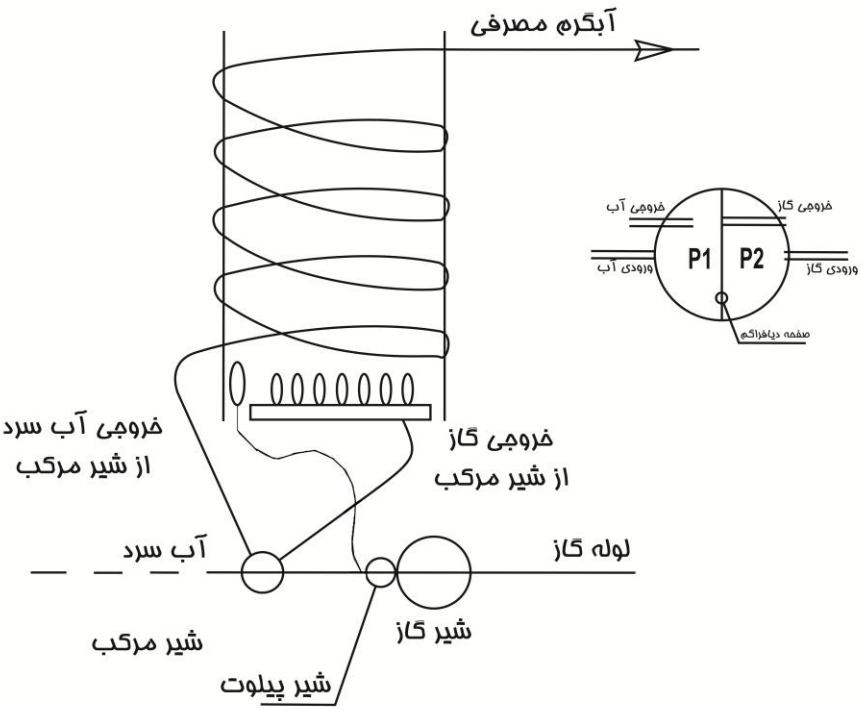
۱- آبگرمگن گازی مخزنی:



شکل ۳۰- آبگرمکن گازی مخزنی

۲- آب گرمکن لحظه‌ای:
این آبگرمکن با باز شدن شیر آب گرم مصرفی، مسیر ورود گاز که یک شیر دیافراگمی است را جهت شعله ور کردن مشعل باز می‌کند.

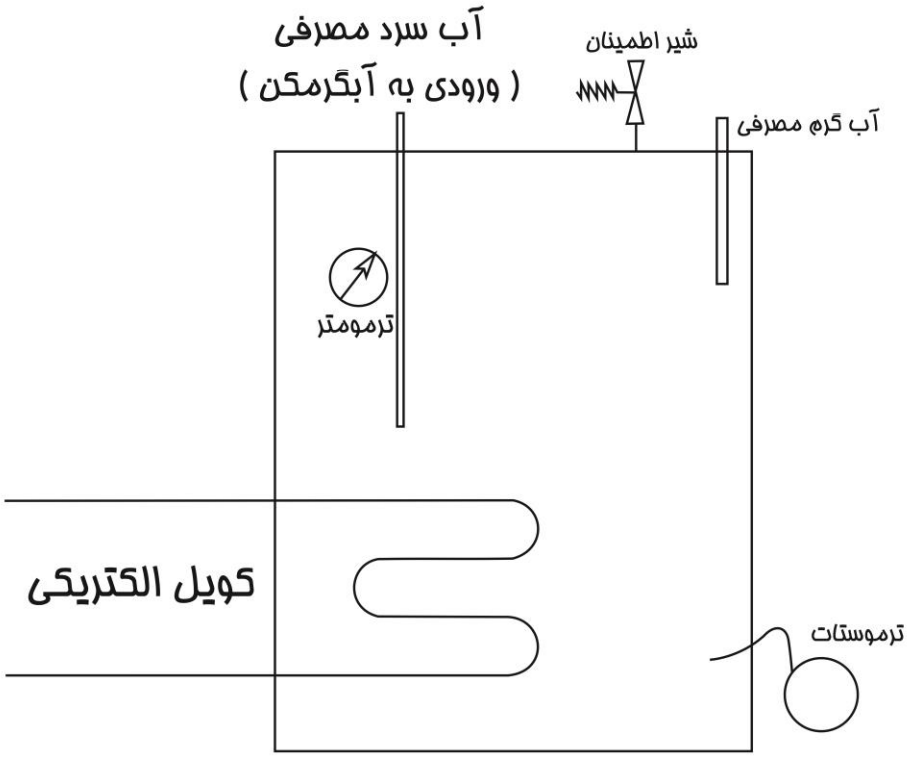
تعریف آبگرمکن آنی برطبق استاندارد ISIRI 1828-2:
آبگرمکنی که در آن مشعل اصلی، بجز مشعل پیلوت دائم فقط هنگام برداشت آب از خروجی آبگرمکن یا باز کردن شیر آب گرم موجود در شبکه آب فورا روشن می‌شود.
در این آبگرمکن‌ها آب از میان یک لوله مسی مارپیچ که بر دور محفظه خروج دود قرار گرفته عبور می‌کند. این مکانیزم بوسیله یک شیر مرکب که جریان گاز و آب را بر اساس فشار کنترل می کند ایجاد می شود.



شکل (۳۱)- مکانیزم کارکرد آبگرمکن گازی آنی

زمانی که P1=P2 است شیر مصرف آبگرم بسته است، سیستم در حالت تعادل می باشد و فقط شعله پیلوت روشن است. هنگامی که مصرف آبگرم آغاز می شود P1<P2 می شود مسیر گاز باز شده و مشعل گازی شعله ور می شود.

۲- آبگرمکن الکتریکی : آبگرمکن برقی نیز همچون آبگرمکن‌های با سوخت فسیلی در تأسیسات گرمایش مرکزی کاربرد ندارند. این آب گرم‌کن‌ها دارای سیستم ساده‌ای هستند و عدم نیاز به دودکش، متعلقات احتراق مخزن سوخت و عدم وجود آلودگی‌های نفتی و گازی از مزیت‌های این آبگرمکن‌ها هستند.



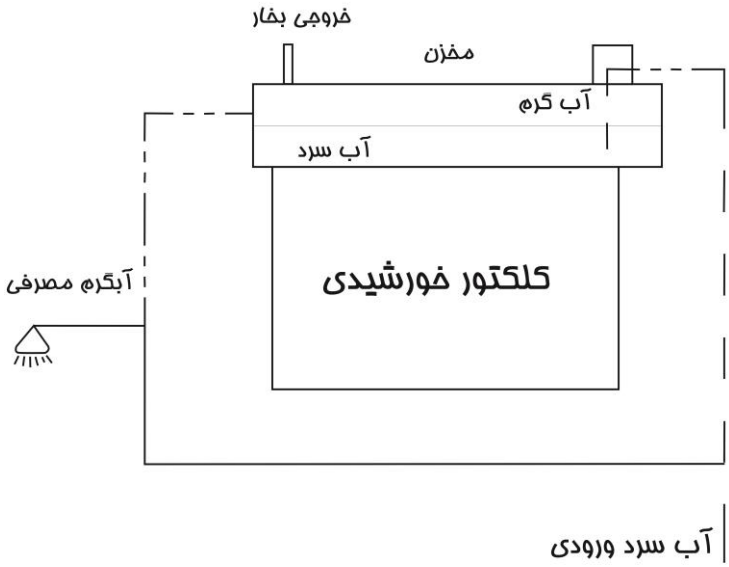
شکل ۳۲- مکانیزم کارکرد آبگرمکن الکتریکی

مزیت:

- عدم نیاز به دودکش
- عدم نیاز به مخزن سوخت
- عدم نیاز به ملحقات احتراق
- عدم آلودگی‌های نفت و گاز
- سالم‌ترین و ساده‌ترین آبگرمکن‌ها

عیب: هزینه بالای برق

۳- آبگرمکن خورشیدی : به وسیله جذب انرژی خورشیدی (Solar Energy) آب مورد نیاز را گرم می‌کند. آبگرمکن خورشیدی دارای مکانیزم ساده‌ای است . اما استفاده از آن در همه نقاط و در همه ساعات میسر نمی‌باشد بطور معمول سیستم‌های آبگرم خورشیدی مجهز به مولدهای پشتیبان برقی و یا گازسوز هم هستند تا در مواقع لزوم در مدار قرار گیرند.

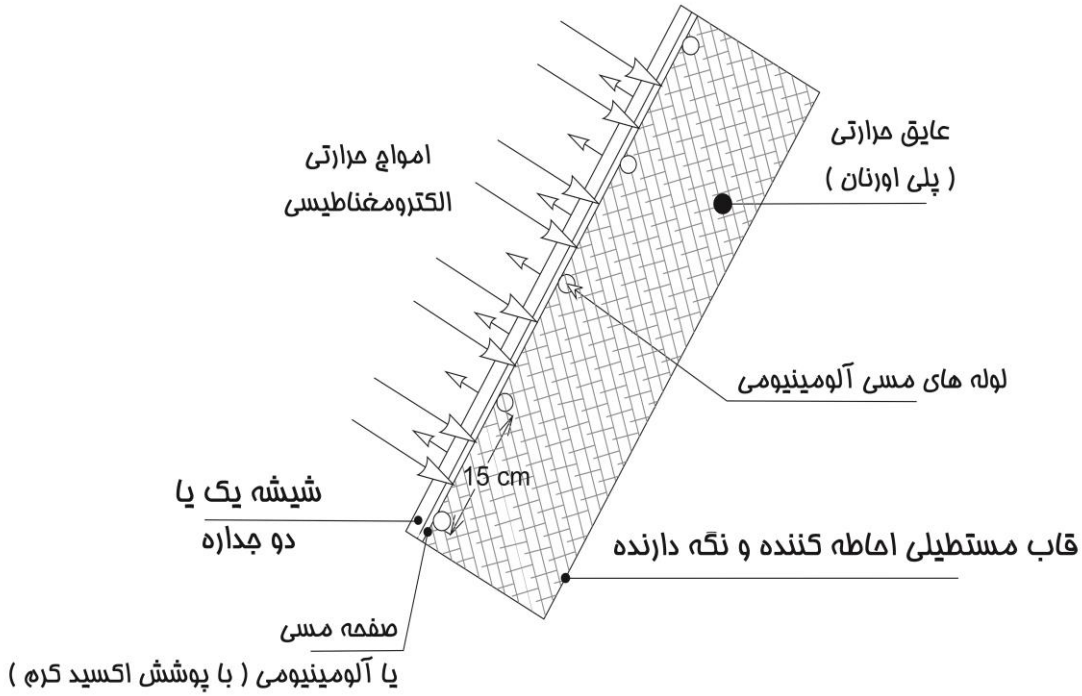


شکل ۳۳- شمای کلی آبگرمکن خورشیدی

همان طور که گفته شد این سیستم‌ها از پرتوهای خورشیدی برای گرم کردن آب استفاده می‌کنند، بدین صورت که با تابش نور خورشید به کلکتورهای نصب شده باعث گرم شدن مایع عبوری از آنها می‌شوند.
این کلکتورها عمدتاً در دو نوع زیر تولید می‌شوند:
۱) کلکتورهای تخت Flat-Plate collectors
۲) کلکتورهای تحت خلاء Evacuated – tube collectors

۱) کلکتورهای تخت:

ساده‌ترین و پر استفاده‌ترین نوع کلکتور به شمار می‌آیند. ساختار آن به شکل یک جعبه مستطیلی شکل بوده که در داخل آن یک صفحه جاذب فلزی از جنس مس یا آلومینیوم با پوشش خاصی قرار گرفته (جنس پوشش معمولاً اکسید کروم است). رنگ این ورق همیشه تیره انتخاب می‌شود و با پوشش خاصی روکش می‌گردد تا بتواند ضریب پخش انرژی را به حداقل و ضریب جذب آن را به حداکثر برساند. زیر این صفحه لوله‌هایی از جنس مس به صفحه جاذب جوش خورده‌اند که آب یا سیالی که می‌خواهیم گرم شود در آنها جریان دارد. سطح بالای جعبه مستطیل شکل توسط شیشه (اگر دو جداره باشد خیلی بهتر است.) پوشانده شده و مجموعهٔ ورق و لوله های داخل آن را به منظور جلوگیری از اتلاف حرارت عایق‌بندی می کنند.

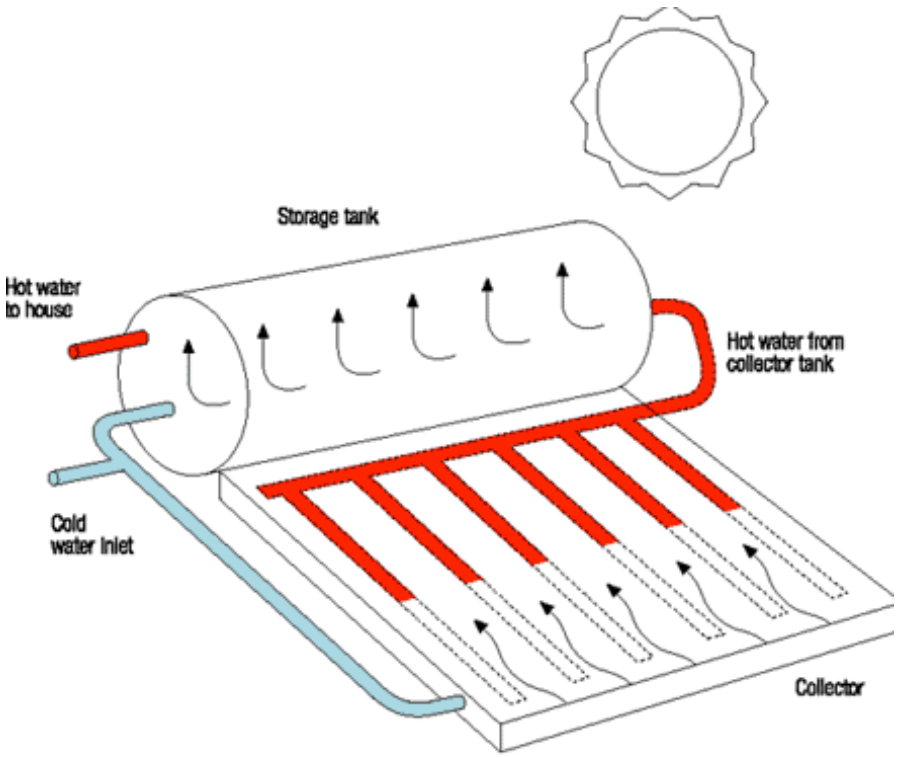


شکل ۳۴- شمای یک کلکتور تخت

شکل ۳۵- کلکتور تخت با منبع آب گرم

اکسید کروم معمولاً ۹۹٪ اشعه آفتاب را جذب می‌کند. جریان آب گرم به وسیله خاصیت ترموسیفونی به مخزن ذخیره که عایق‌بندی شده انتقال می‌یابد

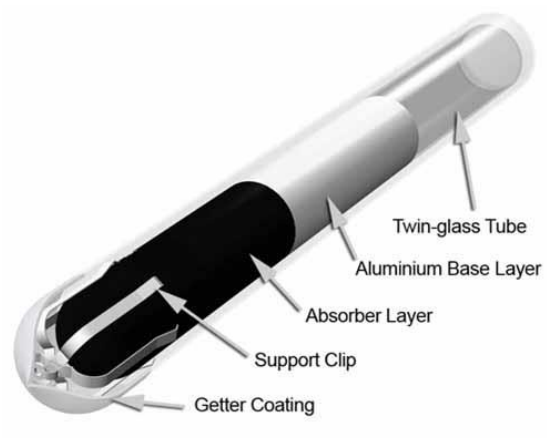
خاصیت ترموسیفونی: زمانی که دمای آب افزایش می یابد به دلیل کاهش چگالی و افزایش انرژی آن تمایل به حرکت به سمت بالا دارد که به این خاصیت ترموسیفونی گویند.



شکل ۳۶- حرکت آبدر کلکتور اساس خاصیت ترموسیفون

۲) کلکتورهای تحت خلاء:

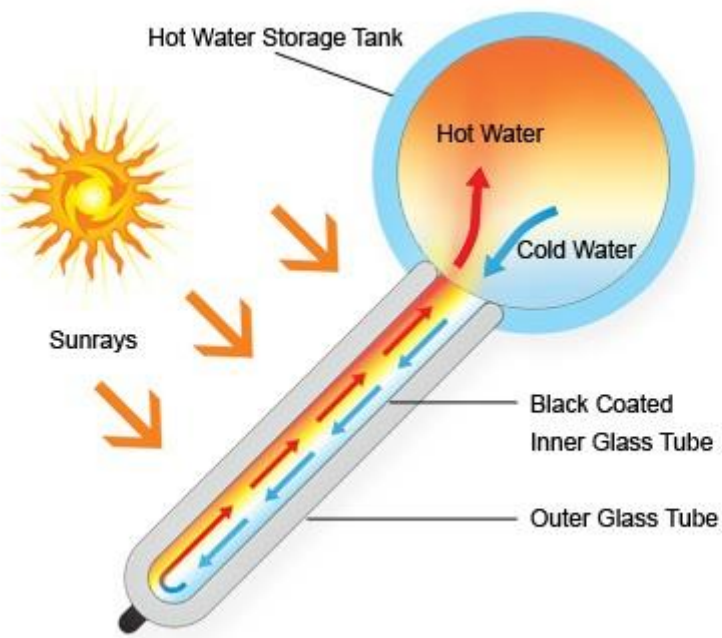
این کللتورها از تعدادی لوله دو جداره شفاف که بر روی یک صفحه به صورت موازی قرار گرفته‌اند تشکیل شده‌اند. داخل این لوله‌های شفاف یک تیوب از جنس مس یا آلومینیوم با پوشش مادهٔ جاذب قرار دارد.



شکل ۳۷- نمایش یک لوله خلاء

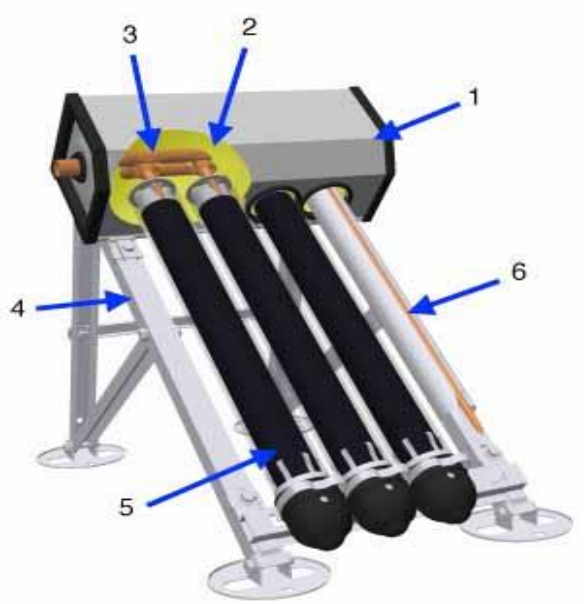
هوا از فضای بین دو جداره خارج شده و خلاء ایجاد شده مانع اتلاف حرارت می‌شود.
این کللتورها می‌توانند دمای بالاتری را ایجاد کنند.

شکل ۳۸-کللتور تحت خلاء



شکل ۳۹- نمایش یک لوله خلاء و نحوهٔ حرکت آب در آن

ساختمان کلی و اجزای تشکیل دهنده یک کلکتور تخت خلاء:



شکل ۴۰- اجزای کللتور تحت خلاء

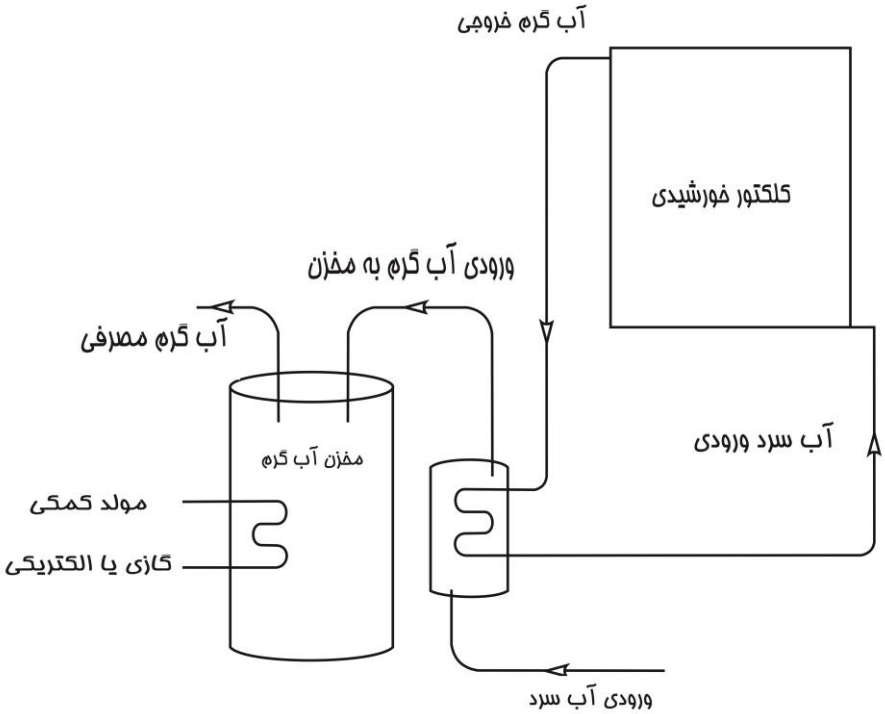
۱) مخزن جمع‌آوری
۲) عایق پشم شیشه
۳) لوله‌های مسی
۴) قاب از جنس فولاد stainless steel
۵) لوله‌های جذب کننده انرژی خورشید
۶) لوله‌های انتقال حرارت (لوله گرمایی)

- امواج حرارتی زمانی که به جو می‌رسند دارای توان $۱۳۵۰\frac{w}{m^۲}$ هستند اما چیزی که در تهران داریم حدود $۱۰۰۰\,w/m^۲$ است.
- هر چقدر سطح کللتور بیشتر باشد انرژی دریافتی بیشتر خواهد بود معمولاً این انرژی $۴-۵\frac{KWH}{m^۲}$
- در تابستان تقریباً آب در تهران از این طریق به $۸۰^{o}C$ و در زمستان به $۵۰^{o}C$ می‌رسد.
- هر $۱m^۲$ صفحهٔ کللتور معمولاً ۷۵lit مخزن ذخیره می‌خواهد.

سیستم‌های خورشیدی علاوه بر منابع آبگرم مستقیم (آبگرمکن خورشیدی) می‌توانند به صورت منابع آبگرم غیر مستقیم نیز استفاده شوند که در زیر به چند نمونه از آنها اشاره می کنیم :

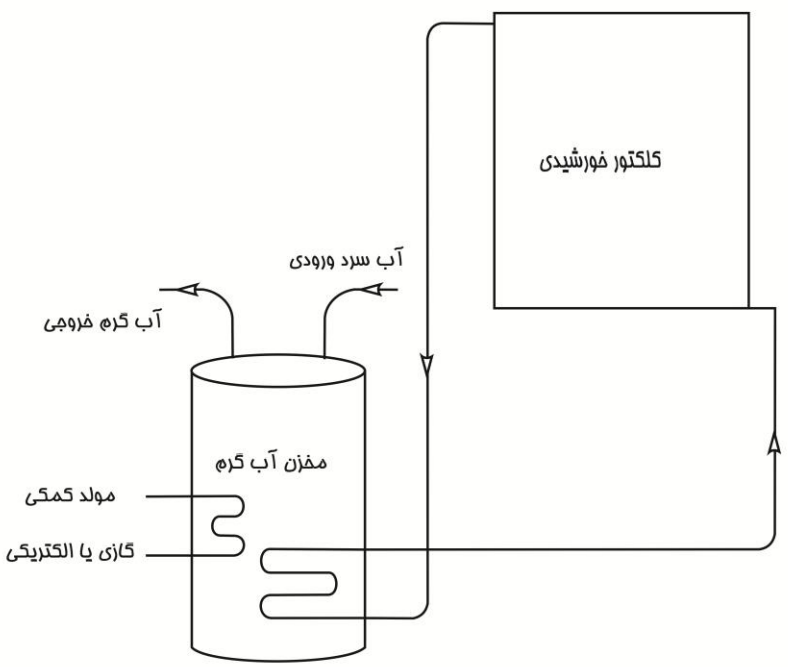
۱) منبع تولید آب گرم مصرفی غیر مستقیم خورشیدی با مدار بسته :

که در این سیستم آب کلکتور خورشیدی در مدار بسته گردش نموده و آب ثانویه را گرم می‌کند آب ثانویه به عنوان آب گرم مصرفی یا برای گرمایش استفاده می‌شود.



شکل ۴۱- منبع تولید آب گرم مصرفی غیر مستقیم خورشیدی با مدار بسته

۲) منبع تولید آبگرم مصرفی غیر مستقیم خورشیدی با مدار بسته که مبدل خورشیدی در داخل مخزن تأمین آب گرم مصرفی قرار گرفته است .



شکل ۴۲- منبع تولید آب گرم مصرفی غیر مستقیم خورشیدی

منابع تولید آبگرم مصرفی غیر مستقیم:

۱- کلکتور خورشیدی

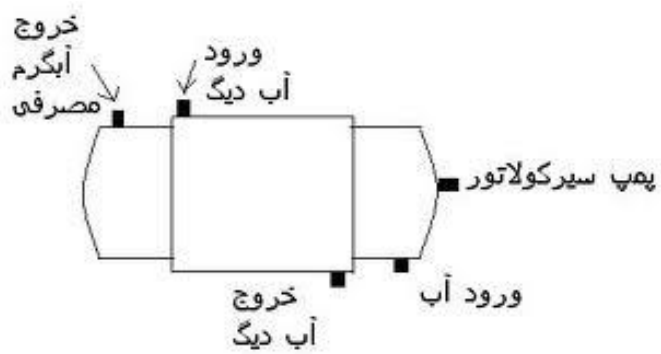
۲- منابع آبگرم دو جداره

۳- منابع آبگرم کویلی

در مورد منابع تولید آبگرم مصرفی غیر مستقیم خورشیدی در بالا صحبت کردیم و حالا به بررسی منابع تولید آبگرم مصرفی غیر مستقیم دو جداره و کویلی می‌پردازیم.

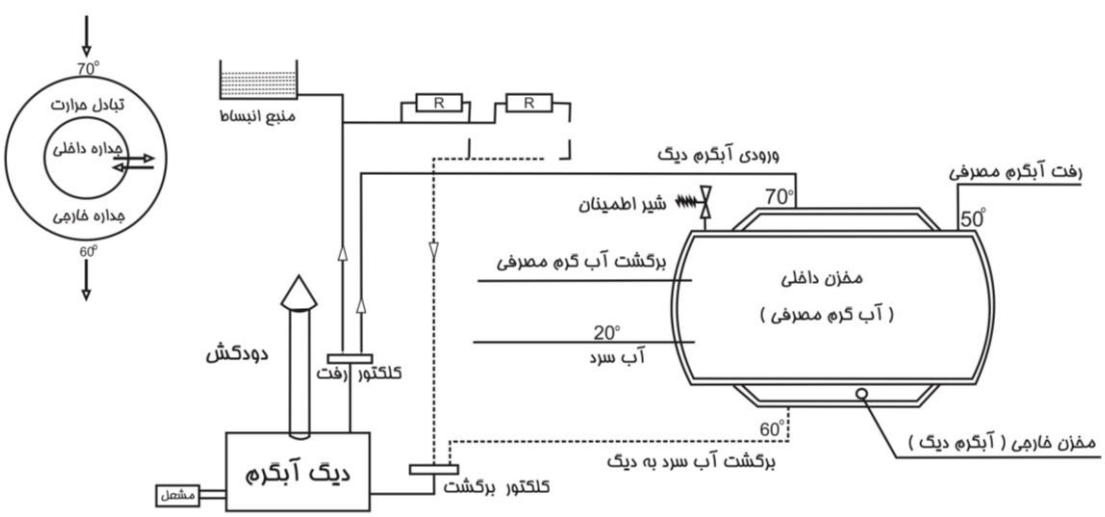
- **منبع تولید آبگرم دو جداره :**

این منبع دارای دو محفظه استوانه‌ای تو در تو است که میان آنها هیچ رابطه مستقیمی وجود ندارد. در محفظهٔ بیرونی آبگرم ارسالی از دیگ جریان دارد و در محفظهٔ داخلی مخزن آب گرم مصرفی واقع شده است. تبادل حرارتی بین آب گرم ارسالی از دیگ به مخزن خارجی و آب سرد موجود در مخزن داخلی سبب گرم شدن آب مخزن داخلی شده و آب گرم مصرفی تأمین می‌گردد.



شکل ۴۳- منبع دو جداره

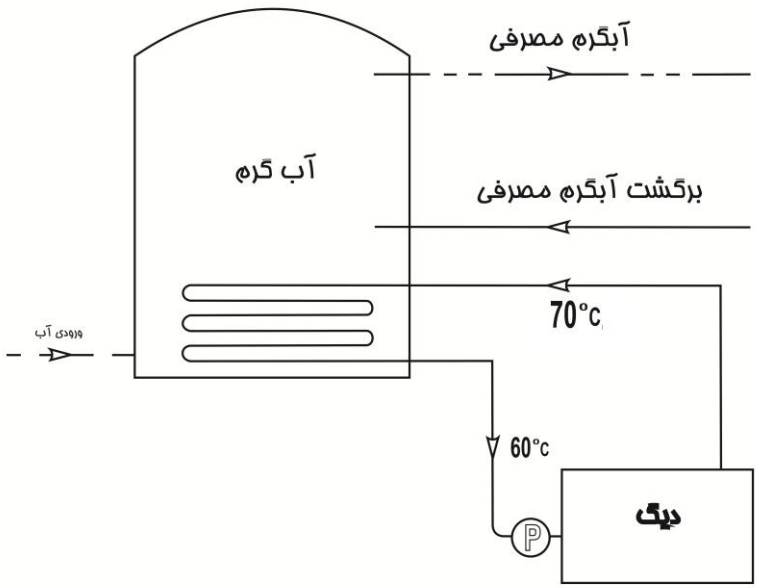
این گونه منابع در تأسیسات کوچک و خانگی کاربرد فراوان دارند ولی در ظرفیت‌های بیش از ۱۰۰۰ لیتر استفاده از آنها رایج نمی‌باشد که در این موارد از چند منبع کوچکتر و یا منابع تولید آبگرم کوئل دار بهره می‌برند.



شکل ۴۴- منبع دوجداره در سیستم حرارت مرکزی

برای جلوگیری از اتلاف حرارت، کل منبع دو جداره را عایق‌بندی می‌کنند. ما فقط لوله‌های ورودی و خروجی به منبع دو جداره را می‌بینیم. این مخازن هر دو سر بسته هستند.

- **منبع تولید آبگرم کویلی** (برای تأمین آبگرم مصرفی در حجم زیاد) این منبع معمولاً در مکانهایی که دارای تأسیسات حرارت مرکزی بزرگ هستند کاربرد دارد. دارای یک کویل مسی است که سیال ناقل گرما که می‌تواند بخار، آب داغ و یا آب گرم ارسالی از دیگ باشد، در آن جریان می‌یابد. در این حالت آب مصرفی در تماس با سطح کویل گرم می‌شود.



شکل ۴۵- منبع کویلی

وقتی دما به میزان مورد نیاز رسید پمپ جریان را قطع می‌کند زمانی که دما کاهش یافت ترموستات پمپ را روشن می‌کند و جریان برقرار می‌شود.

تأسیسات گرمایشی (حرارتی) :

۱) تأسیسات حرارت مرکزی
۲) گرمایش با کورهٔ هوای گرم
۳) واحدهای یکپارچه گرمایش محلی

انواع سیستمهای گرمایش:

۱) گرمایش با آبگرم
۲) گرمایش با آب داغ
۳) گرمایش با بخار آب
۴) گرمایش با هوای گرم

سیر تکاملی گرمایش ساختمان‌ها

(هیزم + سنگ چخماق) ← آتش← کرسی ← بخار نفتی (سوخت فسیلی) ← بخاری گازی (چون آلودگی نفت و گازوئیل را ندارد) – بخاری گازی نسبتاً بازده حرارتی بالا و ایمنی بالایی داشت. شومینه (بازده حرارتی پایین) در محل‌هایی هم که گاز موجود نبود ← استفاده از بخاری یا شومینه گازی ← آسیب به طبیعت و از بین رفتن جنگل‌ها ، پس به این نتیجه رسیده بودیم که بخاری گازی یکی از بهترین وسایل گرمایشی است. اما معمولاً لوازم گاز سوز نیاز به یک دودکش مجزا دارند و نمی‌توانیم از یک دودکش مشترک استفاده کنیم. از طرفی هر چقدر طول دودکش بیشتر باشد مکش بیشتر خواهد بود و زمان برای انتقال حرارت کم خواهد شد و انتقال حرارت به خوبی صورت نمی‌گیرد.

از طرف دیگر برای گرمایش اتاقهای یک ساختمان یک یا دو طبقه می‌توان از بخاری و جهت تأمین آب گرم آن نیز می‌توان از یک آبگرمکن استفاده کرد. اما اگر یک ساختمان چندین طبقه ، مثلاً با ۵۰ اتاق را در نظر بگیریم جهت گرمایش توسط بخاری باید ۵۰ دودکش مستقل در نظر گرفته شود. ضمناً آبگرمکن‌های این واحدها نیز دودکش‌های مربوط به خود را دارند. با توجه به حجیم شدن مسیر این دودکش‌ها (در صورتی که به سمت بام هدایت شوند) و بر هم زدن نمای بیرونی ساختمان (در صورتی که از دیوارها به بیرون هدایت شوند) و همچنین وجود بیش از ۵۰ مرکز تولید حرارت که با افزایش تعداد آنها خطر نشت گاز، آتش‌سوزی، خفگی و ... افزایش می‌یابد، استفاده از این روش عقلانی به نظر نمی‌رسد و به این دلیل بود که نیاز به وجود یک سیستم گرمایش مرکزی احساس شد و سیستم‌های حرارت مرکزی امروزی پدیدار شدند.

۱- تأسیسات حرارت مرکزی :

۱) دستگاه‌ها و تجهیزات تولید حرارت (مولد گرما) ← در موتورخانه

۲) دستگاه‌ها و تجهیزات انتقال سیال گرم ← بین موتورخانه و فضای گرم شونده

۳) دستگاه‌های توزیع و پخش حرارت ← در فضای گرم شونده

مولد : تجهیزات مولد با استفاده از انرژی به روش‌های مختلف موجب افزایش دمای سیال به منظور کاربردهای گرمایشی و یا کاهش دمای سیال برای بهره‌برداری سرمایشی می‌شوند. برخی از مولدها به کمک انرژی الکتریکی یا مکانیکی با تغییر حالت ماده از گاز به مایع و یا مایع به گاز موجب فرآیندی گرماده و گرماگیر می‌شوند.

معرفی انواع سیستمهای حرارت مرکزی:

۱- حرارت مرکزی با آب گرم : فشار این سیستم معمولاً در حد فشار جو است لذا دمای آب گرم ناقل حرارت با توجه به ارتفاعی که سیستم در آن کار می‌کند معین می‌شود که معمولاً از ۱۹۰F تجاوز نمی‌کند. این سیستم را می‌توان بر حسب چگونگی گردش آب طبقه‌بندی کرد.

الف – سیستم با جریان طبیعی: که در آن گردش آب در اثر نیروی ترموسیفون ناشی از اختلاف وزن مخصوص آبگرم رفت و برگشت و بدون نیاز به عامل خارجی (پمپ) صورت می‌گیرد. به دلیل محدود بودن نیروی

ترموسیفونی و عدم توانایی آن جهت غلبه بر افت فشار زیاد در مسیر لوله‌کشی، این سیستم تنها برای ساختمانهای کوچک استفاده می‌شود. دمای آب رفت در این سیستم معمولاً بین F ۱۴۰ تا F۱۸۰ و اختلاف دمای آب رفت و برگشت حدود F۲۵ تا F۴۰ می‌باشد.

ب- سیستم با جریان اجباری: در این سیستم انرژی لازم جهت گردش آب توسط عامل خارجی (پمپ) تأمین می‌گردد.

دمای آب رفت در این سیستم F۱۷۰ تا F۱۹۰ بوده و با توجه به سرعت چرخش آب اختلاف دمای آب رفت و برگشت تقلیل یافته و حدود F۲۰ می‌باشد.

۲- حرارت مرکزی با آب داغ : در این سیستم که بیشتر در تأسیسات بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد دمای آب از حد نقطه جوش آن در فشار جو فراتر رفته و حداکثر تا F۴۰۰ می‌رسد. از این رو سیستم نمی‌تواند تحت فشار اتمسفر کار کند و به این منظور باید فشار سیستم افزایش یابد تا آب تبدیل به بخار نشود. در این سیستم از منابع انبساط بسته استفاده می‌کنند که دو وظیفه جبران نوسانات حجمی آب و تأمین فشار مناسب سیستم (به وسیله با تشک تحت فشار) را به عهده دارد.

۳- سیستم حرارت مرکزی، با هوای گرم : در این سیستم سیال ناقل حرارت هوا ست که گرم کردن آن ممکن است به صورت مستقیم در کورهٔ هوای گرم و یا به صورت غیر مستقیم توسط بخار یا آب گرم ارسالی دیگ انجام گیرد.

۴- سیستم حرارت مرکزی با بخار: در این سیستم سیال ناقل حرارت بخار می‌باشد. مقدار حرارتی که توسط بخار حمل می‌شود بسیار بیشتر از آب گرم و آب داغ است. به این دلیل برای مناطق بسیار سرد، آسمانخراشها، کارخانجات بزرگ، پادگان‌ها و بیمارستانها که بخار در آنها دارای مصارف عدیده‌ای همچون رختشویی، پخت و پز و استرلیزاسیون می‌باشد گرمایش با بخار بسیار مناسب است.

- در سیستم‌های گرمایش مرکزی بیشتر استفاده از آب گرم مرسوم است که به توضیح آن می‌پردازیم.

۱- دستگاه‌ها و تجهیزات تولید حرارت (مولد گرما) ⟵ دیگ

انواع دیگ: الف) چدنی ب) فولادی

(**دیگ** : وسیله تهیه سیال گرم در سیستم‌های گرمایشی مرکزی با آب و بخار است که می‌توان آنها را در سه دسته دیگ‌های تولید آبگرم، آب داغ و بخار آب طبقه‌بندی نمود .)

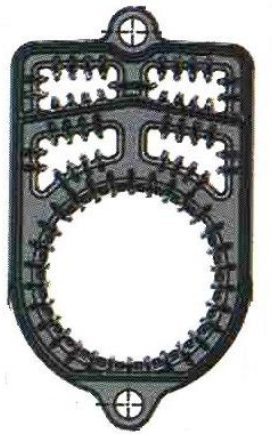
الف)دیگ چدنی: این دیگ از قطعاتی مجزا به نام پره تشکیل شده که پره‌ها با بوش‌های مخصوصی به هم متصل شده‌اند. با کم یا اضافه کردن تعداد پره‌ها می‌توان ظرفیت گرمایی دیگ را کاهش و یا افزایش داد.

دیگ‌های چدنی عمر نسبتاً زیادی دارند اما به دلیل تحمل فشار کمتر در مقایسه با دیگ‌های فولادی، در تأسیسات بزرگ استفاده نمی‌شوند و بیشتر مناسب تأسیسات گرمایش مرکزی خانگی و فشارهای پائین‌تر از ۵At هستند.

پس چنانچه موتورخانه‌ای در طبقه زیرین ساختمانی ۲۵ طبقه واقع شده باشد که ارتفاع هر طبقهٔ آن ۳ متر است، نمی‌توانیم از دیگ چدنی استفاده کنیم.

$۲۵ \times ۳ = ۷۵m \sim ۷.۵At$

معادل



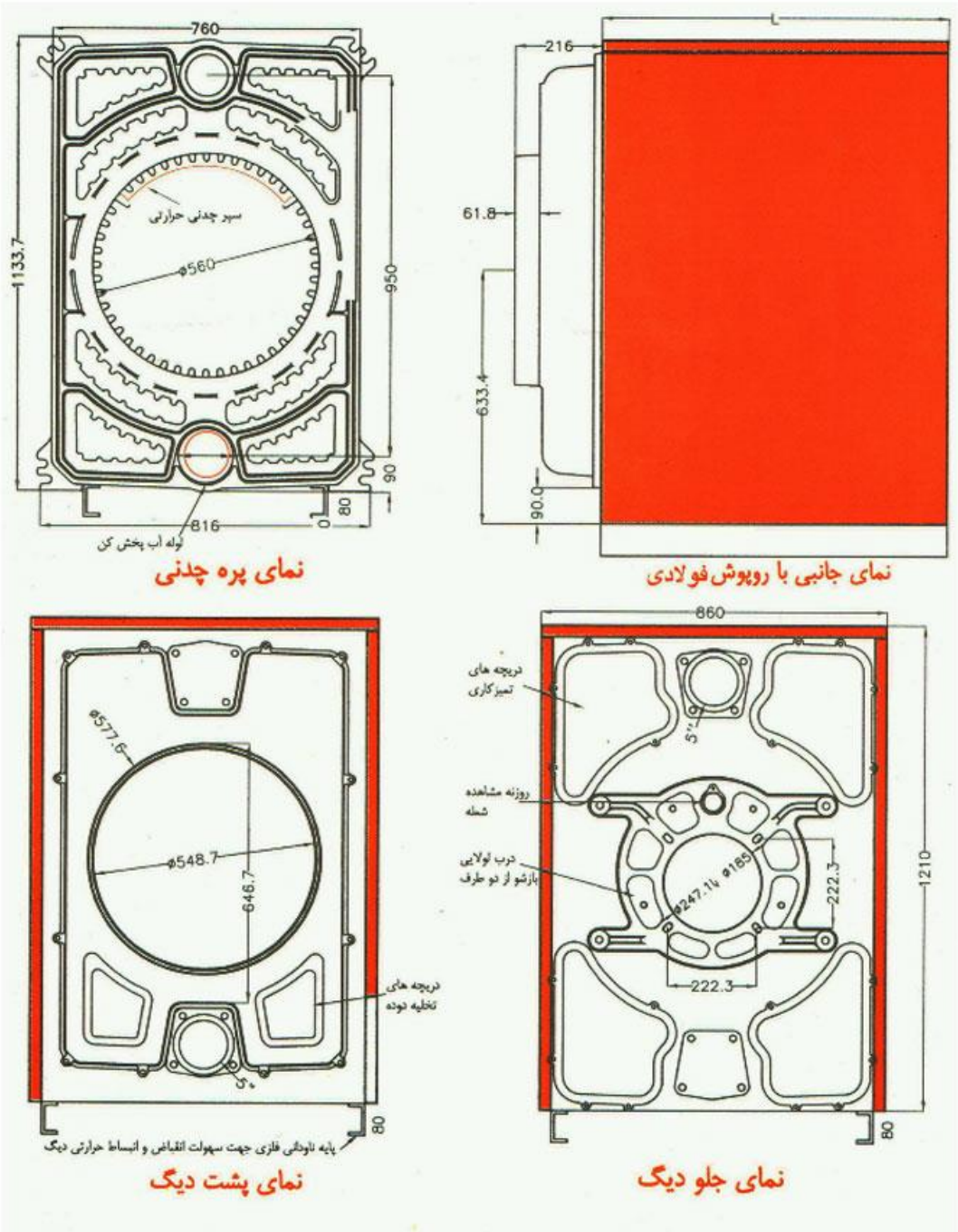
شکل ۴۶- نمای یک پره از دیگ چدنی

ظرفیت دیگ چدنی وابسته به تعداد و اندازهٔ پره‌های آن است . برآمدگی‌های روی دیگ (فین) برای افزایش انتقال حرارت دیگ به آب داخل دیگ می‌باشد.

شکل ۴۷- نمای انفجاری دیگ چدنی

مواد استفاده دیگ چدنی :

- سیستم‌های آبگرم کم فشار مسکونی، اداری و تجاری کوچک
- تأمین گرمایش ساختهای کم ارتفاع به نحوی که فشار وارده به دیگ زیر ۵At
- مواردی که ۲ مورد بالا را شامل می‌شده و به دلیل قطعاتی بودن و قابلیت Assemble کردن دیگ چدنی استفاده از دیگ فولادی به دلیل محدودیت‌های حمل آن میسر نمی‌باشد.

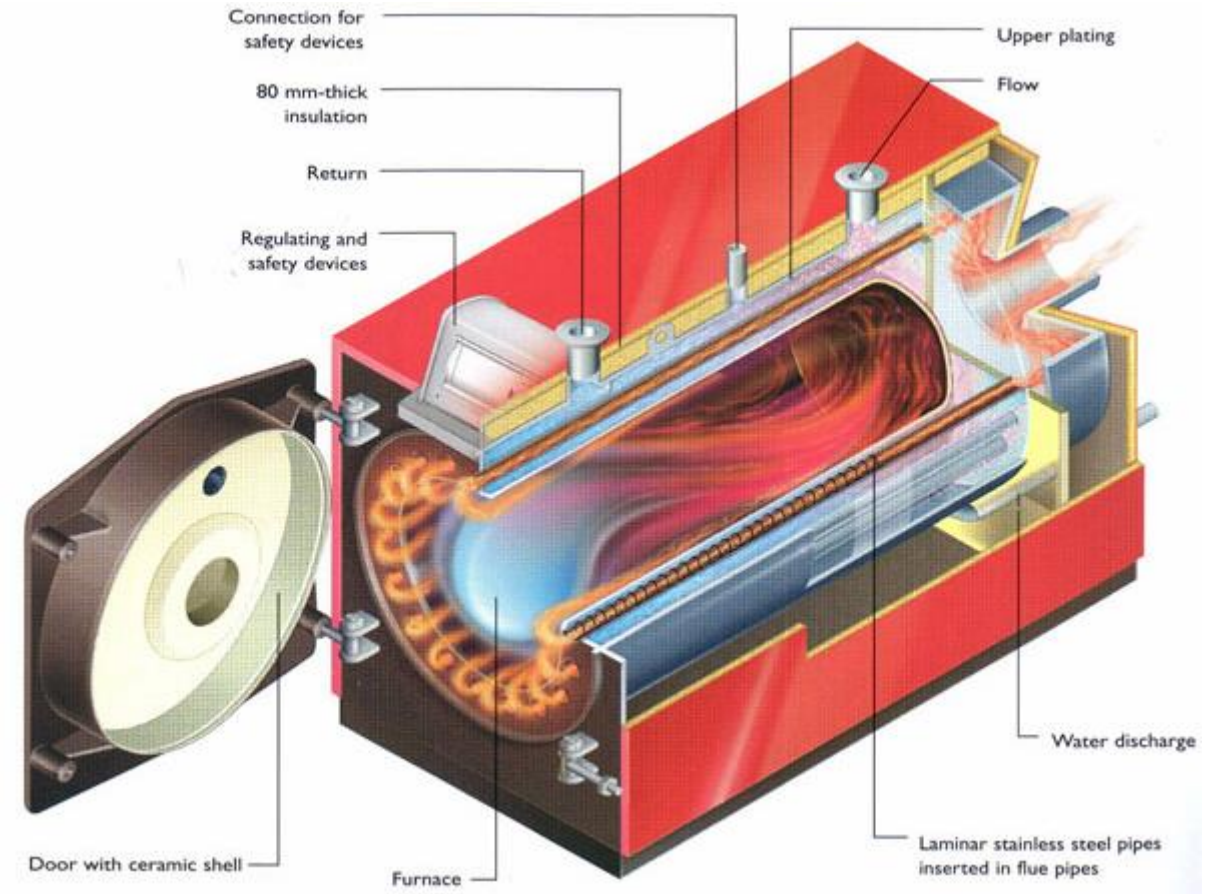


شکل ۴۸- نماهای مختلف دیگ چدنی

ب)دیگ فولادی: دیگ‌های فولادی دارای دو بخش عمده پوسته و لوله هستند که جنس هر دوی آنها فولادی است. این دیگ‌ها به صورت یکپارچه هستند. مقاومت کم در برابر خوردگی مهمترین ضعف آنهاست ولی به دلیل تحمل فشارهای بالا و ظرفیت بالای تولید آبگرم و بخار و .. استفاده می‌شوند.

از نظر ساختار به دو گروه عمده دیگ‌های لوله ـ آتش (Fire – Tube) و لوله آب (Water – Tube) تقسیم می‌شوند.

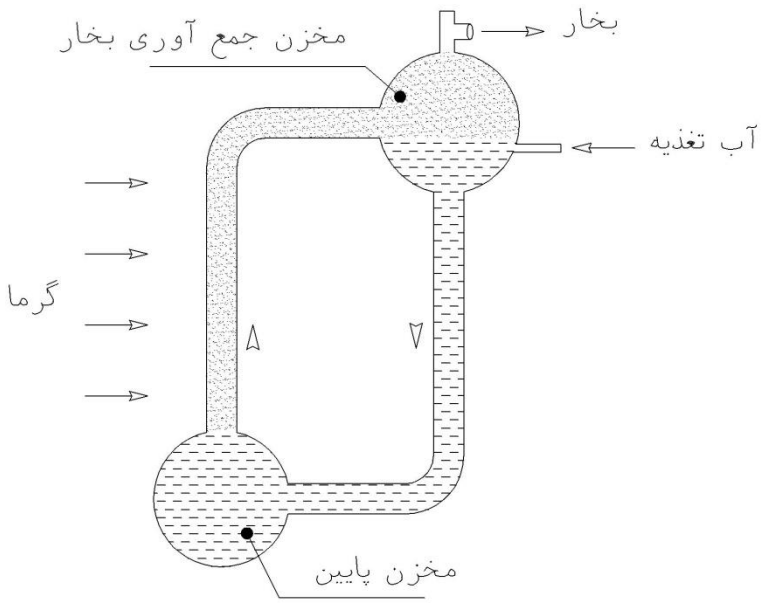
۱) دیگ لوله – آتش (Fire – tube): نوعی دیگ فولادی است که در آن آتش و گرمای حاصل از احتراق از میان لوله‌های مستغرق در آب عبور می‌کند. این دیگ دارای یک کورهٔ اصلی و تعدادی لولهٔ موازی است. تبادل حرارت بین پوسته و سطح خارجی لوله‌ها و آب داخل پوسته صورت می‌گیرد. دیگ‌های لوله آتش هم برای تهیه آبگرم و هم تهیه بخار مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۴۹- دیگ فولادی (بخار)، دیگ لوله – آتش

۲) دیگ فولادی لوله – آب (water – tube) : دیگ فولادی است که در آن آب از داخل لوله‌ها عبور می‌کند و گازهای گرم ناشی از احتراق در اطراف لوله‌ها قرار می‌گیرند. این دیگ‌ها دارای دو مخزن اصلی‌اند که توسط لوله‌هایی به موازات هم به یکدیگر متصل شده‌اند، آب مخزن زیرین در هنگام عبور از لوله‌های مرتبط در تماس غیر مستقیم با شعله و گازهای حاصل از احتراق بخار می‌شود و در مخزن خروجی جمع می‌گردد. این گردش به طور پیوسته موجبات تولید بخار را فراهم می‌کند.

استفاده از دیگ‌های لوله – آتش در تأسیسات گرمایشی به مراتب رایج تراز دیگ‌های لوله – آب است و دیگ‌های لوله – آب اغلب در مراکز صنعتی و نیروگاه‌های حرارتی کاربرد دارند.



شکل ۵۰- دیگ فولادی لوله – آب

برای تولید شعله در درون دیگ نیاز به مشعل داریم.
مشعل با اختلاط صحیح هوا و سوخت موجب تشکیل شعله و فراهم کردن گرمای لازم برای تهیه آبگرم، هوای گرم و بخار می‌شود.

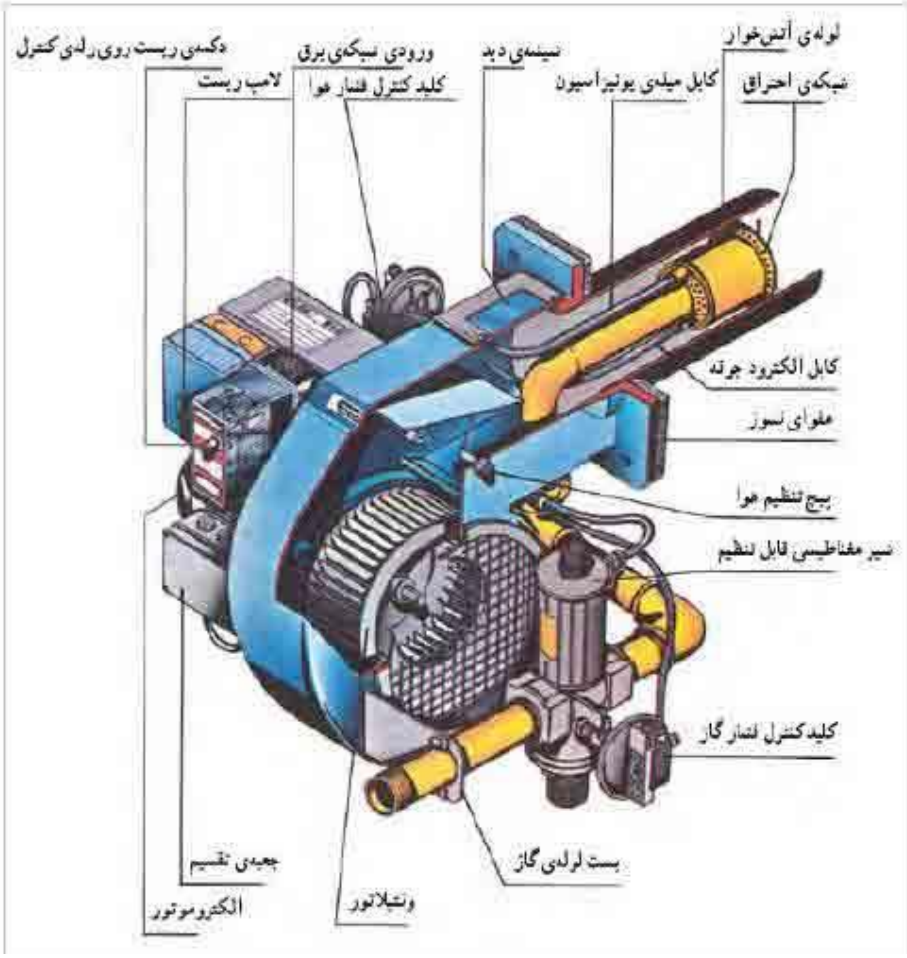
مشعل‌ها از نظر نوع سوخت:

۱) گازوئیل سوز ۲) گازسوز ۳) دوگانه سوز (گاز و گازوئیل)

مشعل‌ها از نظر روش اختلاط سوخت و هوا به دو گروه اتمسفریک (بدون فن) و فن‌دار تقسیم می‌شوند.

- **مشعل اتمسفر یک :** گاز با فشار خود وارد محفظه احتراق شده و هوای لازم را بر اثر مکش به داخل محفظه احتراق می‌کشاند. این مشعل‌ها برای ظرفیت‌های کم کاربرد دارند.

- **مشعل فن‌دار :** برای دمیدن هوا به محفظه احتراق از یک فن که توسط الکتروموتور به گردش در می‌آید بهره می‌برد و براساس کیفیت شعله دریچه میزان هوای ورودی به محفظه احتراق تنظیم می‌گردد.



شکل ۵۱- اجزای تشکیل دهنده یک مشعل فن دار

۲- دستگاه‌ها و تجهیزات انتقال سیال گرم :

۱) آب

۲) کلکتورهای رفت و برگشت **کلکتور** (لولهٔ قطور جمع کننده و تقسیم کننده لوله‌ها)

۳) شیرهای قطع و وصل

۴) لوله‌های رفت و برگشت

۵) پمپ گردشی (circulation)

۳- دستگاه‌های توزیع و پخش حرارت (تجهیزات تبادل حرارت) :

تجهیزات تبادل حرارت وسایلی هستند که به روش‌های گوناگون به عنوان یک واسط، گرما یا سرمای تولید شده توسط دستگاه‌های مولد را به فضای مدنظر ما منتقل می‌کنند.

از نظر یک معمار این تجهیزات ممکن است موجب بر هم زدن ترکیب دکوراتیوفضاها شود زیرا این تجهیزات معمولا در فضاها در معرض دید قرار می‌گیرند.

از سوی دیگر دستکاری عمدی یا سهوی این تجهیزات نیز در اماکن گوناگون از جمله مواردی است که باید برای

آن تمهیداتی خاص توسط معماران اندیشیده شود. البته ایجاد پوشش‌های دکوراتیو و یا پنهان سازی این تجهیزات به منظور رفع عوارض دیداری و جلوگیری از هر گونه دستکاری نباید مانع سرویس دهی معمول آنها شود.

شکل دستکاری بیشتر در اماکن عمومی مدنظر است که در این مکانها می‌توان از تجهیزات تبادل حرارتی سقفی یا دیواری دور از دسترس استفاده کرد.

بسیاری از تولید کنندگان این تجهیزات امروزه در کنار تولید تجهیزات معمول خود اقدام به تولید تجهیزات دکوراتیو نیز نموده‌اند.

انواع دستگاه های توزیع و پخش حرارت:

۱) رادیاتور ←—— تک فصلی با وزش طبیعی

۲) کنوکتور ←—— تک فصلی با وزش طبیعی

۳) گرمایش از کف ←—— تک فصلی با وزش طبیعی

۴) یونیت هیتر ←—— تک فصلی با وزش اجباری

۵) فن کوئل ←—— دو فصلی با وزش اجباری

۱) رادیاتور : رایج‌ترین تجهیز تبادل حرارتی تک فصلی است که از تعدادی پره تشکیل شده است که آب گرم و در مواردی محدود بخار گرم در آنها جریان می‌یابد . این وسیله در اثر وزش طبیعی و اندکی تشعشع سبب گرم شدن فضا می‌شود. چون فاقد فن برای گردش اجباری هواست سرعت گرمایش آن کند است.

تعداد و ابعاد پره‌های رادیاتور تعیین کنند سطح حرارتی یا ظرفیت حرارتی رادیاتور است.

انواع رادیاتور براساس جنس:

۱) رادیاتور چدنی

۲) رادیاتور فولادی

۳) رادیاتور آلومینیومی

۱) رادیاتور چدنی: به صورت ریخته‌گری ساخته می‌شود و دارای وزن زیاد می‌باشد، این رادیاتورها معمولاً دیر گرم می‌شوند و دیرتر نیز حرارت خود را از دست می‌دهند. امروزه چندان کاربردی ندارند.

۲) رادیاتور فولادی: در ابعاد و اشکال مختلفی همچون ستونی و صفحه‌ای تولید می‌شوند. در مقایسه با رادیاتورهای چدنی عمر کمتری دارند و در برابر زنگ زدگی مقاوم نیستند.

مزایا نسبت به رادیاتورهای چدنی :

۱) سبکی ۲) قیمت ارزان‌تر ۳) ظرافت در ساخت ۴) بازده حرارتی بهتر

۳) رادیاتورهای آلومینیومی این رادیاتورها به دلیل زیبایی، وزن کمتر، بازده حرارتی بیشتر و نیز مقاومت در برابر خوردگی امروزه نسبت به دو نوع مذکور در بالا کاربرد بیشتری دارند . پره‌های این رادیاتور با مغزی‌های چپ و راست گرد به هم متصل می‌شوند.

تخمین ظرفیت رادیاتورها (مقدار ظرفیت حرارتی است)

انواع رادیاتورهای رایج فولادی – آلومینیومی		
ظرفیت رادیاتورهای فولادی به ازای هر متر مربع سطح حرارتی	۴۳۰-۴۶۰ kcal/hr	**طول رادیاتورهای فولادی تقریباً برای هر پره ۴۵mm است. ۰ طول رادیاتورهای آلومینیومی تقریباً برای هر پره ۶۰mm است.**
به ازای هر پره با ارتفاع ۳۰۰mm و عرض ۱۵۰ mm تقریباً	۶۰ kcal/hr	
به ازای هر پره با ارتفاع ۵۰۰mm و عرض ۱۵۰ mm تقریباً	۸۷ kcal/hr	
به ازای هر پره با ارتفاع ۶۰۰mm و عرض ۱۵۰ mm تقریباً	۹۹ kcal/hr	
به ازای هر پره با ارتفاع ۳۰۰mm و عرض ۲۰۰ mm تقریباً	۷۹ kcal/hr	
به ازای هر پره با ارتفاع ۵۰۰mm و عرض ۲۰۰ mm تقریباً	۱۱۱ kcal/hr	
به ازای هر پره با ارتفاع ۶۰۰mm و عرض ۲۰۰ mm تقریباً	۱۳۰ kcal/hr	
ظرفیت رادیاتور آلومینیومی به ازای هر پره با ارتفاع ۵۰۰mm	**۱۲۵ kcal/hr**	

چنانچه بار گرمایی اتاقی به مساحت ۲۰ متر مربع معادل $۳۰۰۰ \frac{kcal}{hr}$ باشد می‌توان برای تأمین گرمایش از یکی از گزینه‌های ذیل بهره برد.

یک بلوک آلومینیومی ۵۰۰ × ۲۴ (پره)

دو بلوک آلومینیومی ۵۰۰ × ۱۲ (پره)

دو بلوک فولادی ۲۰۰ × ۳۰۰ با ۱۹ (پره)

نکاتی در مورد رادیاتور و نحوه نصب آن

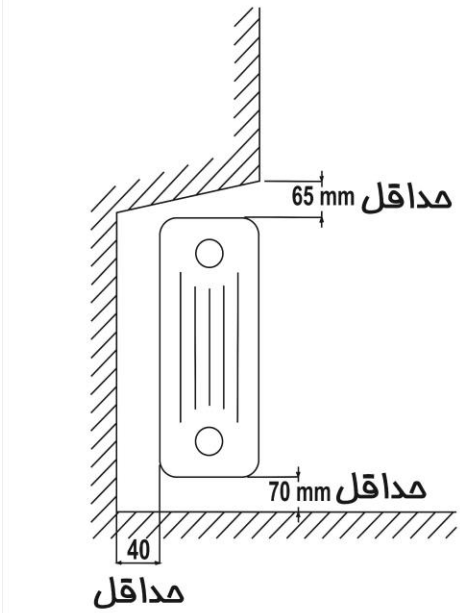
* همواره بهتر است لوله‌های رفت و برگشت آبگرم به دو سمت رادیاتور متصل شوند به طور معمول این قاعده برای رادیاتورهای با کمتر از ۲۰ پره جدی گرفته نمی‌شود ولی برای رادیاتورهایی با بیش از ۲۰ پره بسیار مهم است.

* بهترین مکان برای قرارگیری رادیاتورها زیر پنجره است زیرا هوای سرد بیرون با جبهه هوای گرم بالای سر رادیاتور مواجه می‌شود و هوای گرم به آن اجازه ورود نمی‌دهد و در همان مکان آنرا گرم می‌کند.

* در برخی موارد جهت جلوگیری از آسیب رساندن به دکوراسیون داخلی از روش پنهان سازی رادیاتور استفاده می‌کنیم که باید موارد ذیل را رعایت نمائیم.

*شیر تنظیم باعث تنظیم میزان آب ورودی به رادیاتور و کنترل میزان تبادل حرارت رادیاتور با محیط می‌شود.

* شیر هواگیری: آب سیالی است که هوا را درون خود حل می‌کند. هوا در بالای رادیاتور جمع شده و اجازهٔ حرکت آب در داخل رادیاتور را نمی‌دهد و به وسیله این شیر هوای جمع شده در داخل رادیاتور را تخلیه می‌کنیم.



شکل ۵۲- جانمایی رادیاتور به صورت توکار

لوله کشی رادیاتورها (روشهای اتصال رادیاتورها) :

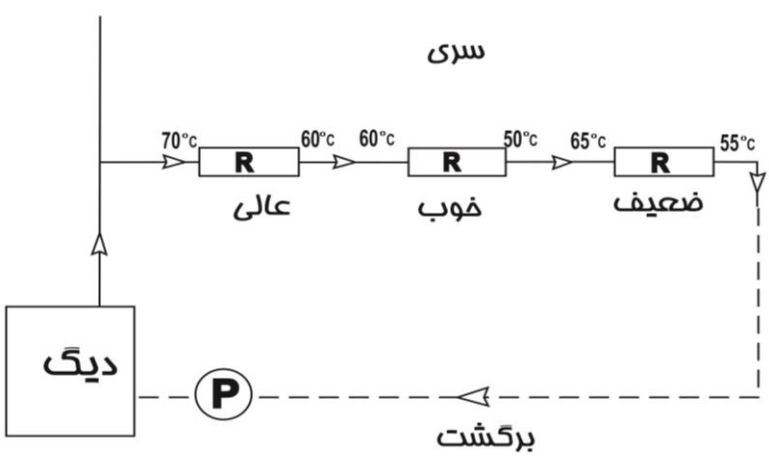
۱) یک لوله (سری – موازی)

۲)دو لوله‌ای (مستقیم – معکوس)

۱) روش تک لوله‌ای :

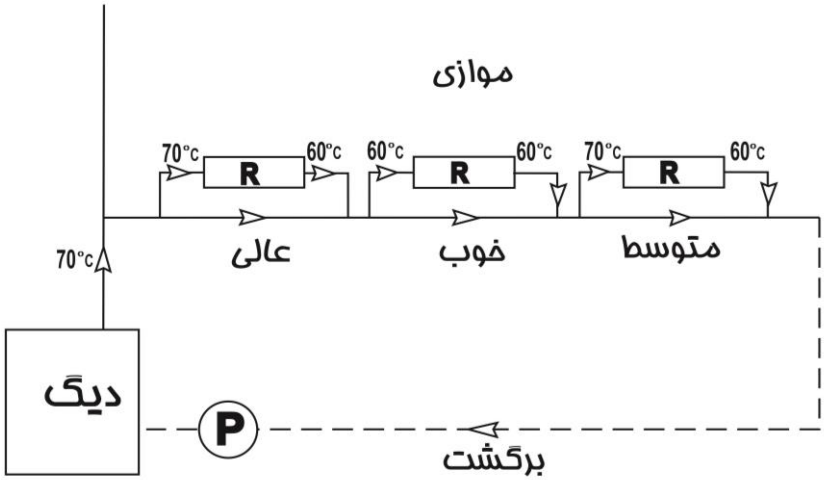
الف) سری ب) موازی

الف) اگر تعداد رادیاتورها زیاد باشد ممکن است به رادیاتور آخر آب گرم با دمای مناسب نرسد. در این روش Δt زیاد است در نتیجه سرعت جریان آب زیاد می‌شود تا Δt به ۲ تا ۳ درجه برسد.



شکل ۵۳- لوله کشی تک لوله ای - سری

ب) رادیاتور اول گرمادهی خوبی دارد ولی با افزایش تعداد رادیاتورها گرمادهی کاهش می‌یابد.
کلاً سیستم تک لوله‌ای مناسب نیست چرا که گرمادهی رادیاتورها با افزایش تعداد آنها کاهش می‌یابد.

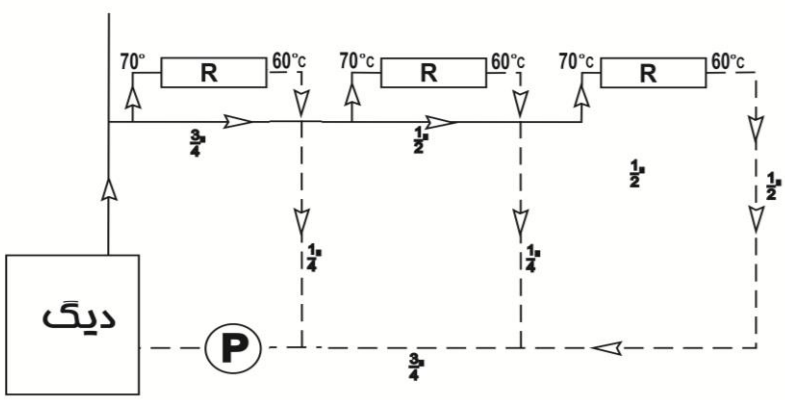


شکل ۵۴- لوله کشی تک لوله ای - موازی

۲) دو لوله‌ای:

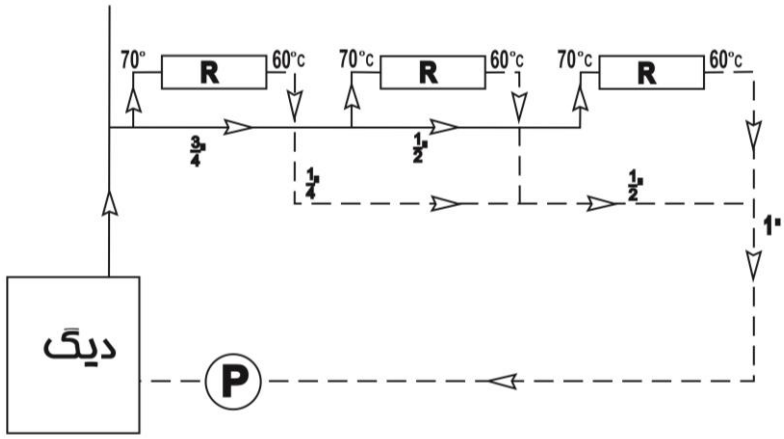
الف) مستقیم ب) معکوس

الف) به ظاهر در این روش سه رادیاتور با هم تفاوتی ندارند ولی اولین رادیاتور نزدیکترین میسر آبگرم دریافتی از دیگ و نزدیکترین مسیر آب برگشت به دیگ را دارد. دورترین رادیاتور هم افت فشار دارد و هم افت دما.



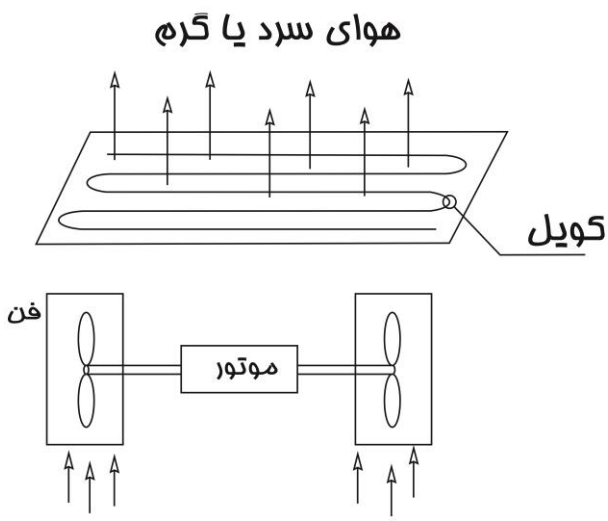
شکل ۵۵- لوله کشی دو لوله ای - مستقیم

ب) در این روش رادیاتور اول بهترین شرایط را برای گرفتن آب گرم از دیگ دارد ولی دورترین مسیر برگشت به دیگ را دارد بدین ترتیب تعادل شرایط خوب و بد به درستی صورت گرفته است. از طرفی بزرگترین لوله رفت و کوچکترین لولهٔ برگشت را داراست. در این روش طول مسیر رفت و برگشت کلیه رادیاتورها از دیگ یکسان بوده و در نتیجه افت فشار طولی مساوی و جریان گرما متعادل می‌باشد . بهترین روش برای اتصال رادیاتورها روش دو لوله‌ای معکوس است.



شکل ۵۶- لوله کشی دو لوله ای - موازی

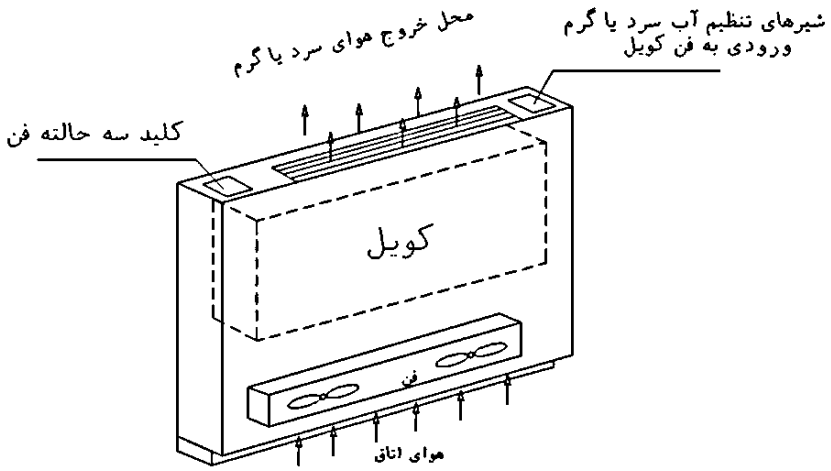
۲) فن کوئل (Fan-Coil): فن کوئل از جمله رایج‌ترین تجهیزات تبادل حرارت دو فصلی است. که گاهی می‌توان در موارد خاص صرفاً جهت تأمین گرمایش فضاها بکار رود . همان طور که از نامش پیداست از دو قسمت اصلی بادبزن و کوئل تشکیل شده است. کوئل مسی به طور مایل در محفظه دستگاه قرار می‌گیرد و به اقتضای فصل آب سرد و یا آب گرم در آن جریان می‌یابد و بادبزن که در زیر کوئل مسی قرار گرفته هوا را با شدت از کوئل عبور می‌دهد بدین ترتیب از طریق تبادل حرارتی اجباری فضا گرم یا سرد می‌شود. اجزای دیگر: کلید سه حالته فن، فیلتر هوا، تشک تخلیه آب (جهت تخلیه آب تقطیر در تابستان)، لوله تخلیه و پوشش خارجی ظرفیت فن کوئل‌ها براساس مقدار هوادهی بر حسب فوت مکعب در دقیقه (CFM) تعیین می‌گردد.



شکل ۵۷- اجزای تشکیل دهنده و نحوه کار فن کویل

از نظر شکل ظاهری و محل نصب دارای انواع ایستاده، زمینی، سقفی، کانالی، دو لوله‌ای و چهار لوله‌ای هستند. ظرفیت استاندارد فن کوئل‌های زمینی تا ۸۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. در مواردی محدود از ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ CFM نیز استفاده می‌شود.

از فن کوئل‌های کانالی ایستاده یا سقفی در ظرفیت‌های ۸۰۰ تا ۴۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (CFM) کاربرد دارند.

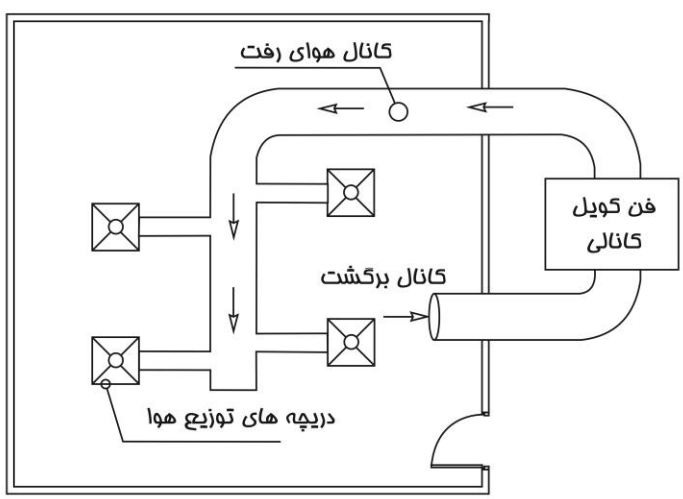


شکل ۵۸- شمای کلی یک فن کویل زمینی

در فن کوئل‌های دو لوله ای متناسب با فصل ، سیال گرم یا سرد در لوله‌ها جاری است اما در سیستم چهار لوله‌ای صرفنظر از فصل در لوله‌ها سیال گرم و سرد وجود دارد و متناسب با شرایط دلخواه دمایی آب سرد و گرم با هم مخلوط شده و دمای دلخواه را پدید می‌آورند.

کاربرد چهار لوله‌ای : خنک کردن مراکز کامپیوتر، مخابرات و سوییچینگ – اما به دلیل افزایش هزینه‌های لوله‌کشی کمتر از این روش استفاده می‌شود و در این مراکز برای این منظور از سیستم‌های سرمایش مجزا بهره می‌برند.

مثالی برای فن کوئل کانالی: نصب فن کوئل کانالی جهت تهویه یک کلاس درس در راهرو برای جلوگیری از ایجاد سرو صدا.



شکل ۵۹- شمای کلی یک فن کویل کانالی

- **موارد کاربرد فن کوئل‌ها :**

- فضاهایی که نیازمند تأمین هوای تازه نیستند و کنترل مستقل شرایط گرمایی و سرمایی برای آنها اهمیت دارند. همچون دفاتر اداری، اتاقهای هتل‌ها، اتاق بستری بیماران ، فضاهای مختلف واحدهای آپارتمانی بزرگ یا منازل ویلایی

- کاربرد فن کوئل زمینی نسبت به انواع دیگر ساده‌تر و به همین دلیل رایج‌تر است ولی در مکانهایی که استفاده بهینه از کل فضا مدنظر باشد و یا امکان دستکاری عمدی یا سهوی تجهیزات وجود داشته باشد (همچون راهرو مراکز پر رفت و آمد، اماکن عمومی، هتل‌ها) بهتر است از نوع سقفی استفاده شود.

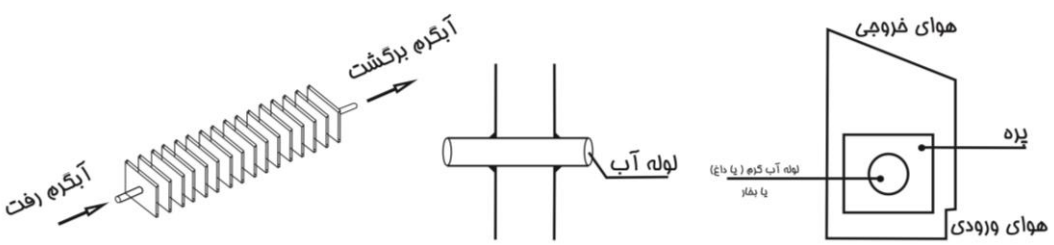
- اغلب در اماکنی که به هر دلیلی مجبور به ایجاد سقف کاذب به ارتفاع حداقل ۴۰ سانتی متر باشیم استفاده از فن کوئل‌های سقفی گزینه مناسبی است.

- فن کوئل کانالی را نباید به صورت مشترک برای تهویه چند مکان مستقل استفاده کرد چرا که در چنین روشی ضمن از بین رفتن استقلال هر یک از فضاها امکان توزیع متعادل هوای گرم یا سرد نیز مشکلاتی را به دنبال خواهد داشت.

ابعاد فن کوئل‌ها براساس ظرفیت آنها استاندارد و مشخص است و معماران براساس کاتالوگ‌های شرکت‌های سازنده و میزان اشغال فضای مورد طراحی آنها و با توجه به چیدمان مبلمان داخلی می‌توانند نسبت به انتخاب آنها اقدام نمایند.

۳) کنوکتور (Convector)

از یک یا چند لوله پردار مستقیم یا U شکل که در محفظه‌ای قرار گرفته است تشکیل می‌شود. در این تجهیز تبادل حرارت هوا همچون فن کوئل از شبکهٔ زیرین وارد شده و پس از برخورد با لوله‌های پردار که حاوی سیال گرم هستند، گرم شده و از شبکهٔ فوقانی خارج می‌شود البته در کنوکتور وزش باد برخلاف فن کوئل، ورزش طبیعی است.

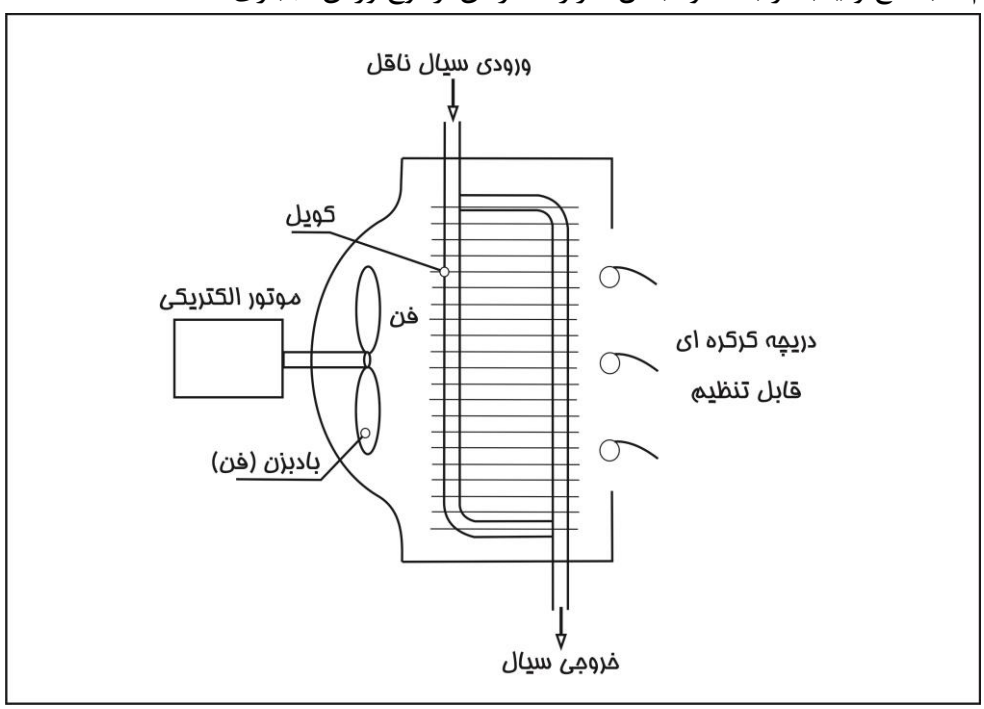


شکل ۶۰- شمای کلی و نحوه عملکرد کنوکتور

با توجه به اینکه کوئل کنوکتورها در محفظه‌ای قرار گرفته و در تماس مستقیم با اطراف نیست استفاده از بخار یا آب داغ در آنها بسیار مناسب‌تر از رادیاتورهاست.
کنوکتورها در انواع مختلف بسیار انعطاف‌پذیر هستند و می‌توانند بسیاری از خواسته‌های معماران را در چیدمان داخلی فضاها برآورده کنند. از انواع مختلف آنها می‌توان به کنوکتور مخفی (توکار) که در زیر پنجره‌ها نصب می‌شود، دیواری (که جلوی دیوار قرار می‌گیرد و شبیه فن کوئل است)، قرنیزی (یا کوتاه که می‌تواند به جای قرنیز در پائین اتاق‌ها قرار می‌گیرد و طول آن زیاد است و به دلیل زیبایی و توزیع یکنواخت حرارت کاربرد زیادی دارد.)

۴) یونیت هیتر (Unit Heater):

این تجهیز تبادل حرارت از دو بخش اصلی کوئل و بادبزن (فن) تشکیل شده است که سیال ناقل حرارت در آن می‌تواند آبگرم، آب داغ و یا بخار باشد و تبادل حرارت در آن از نوع وزش اجباری است.

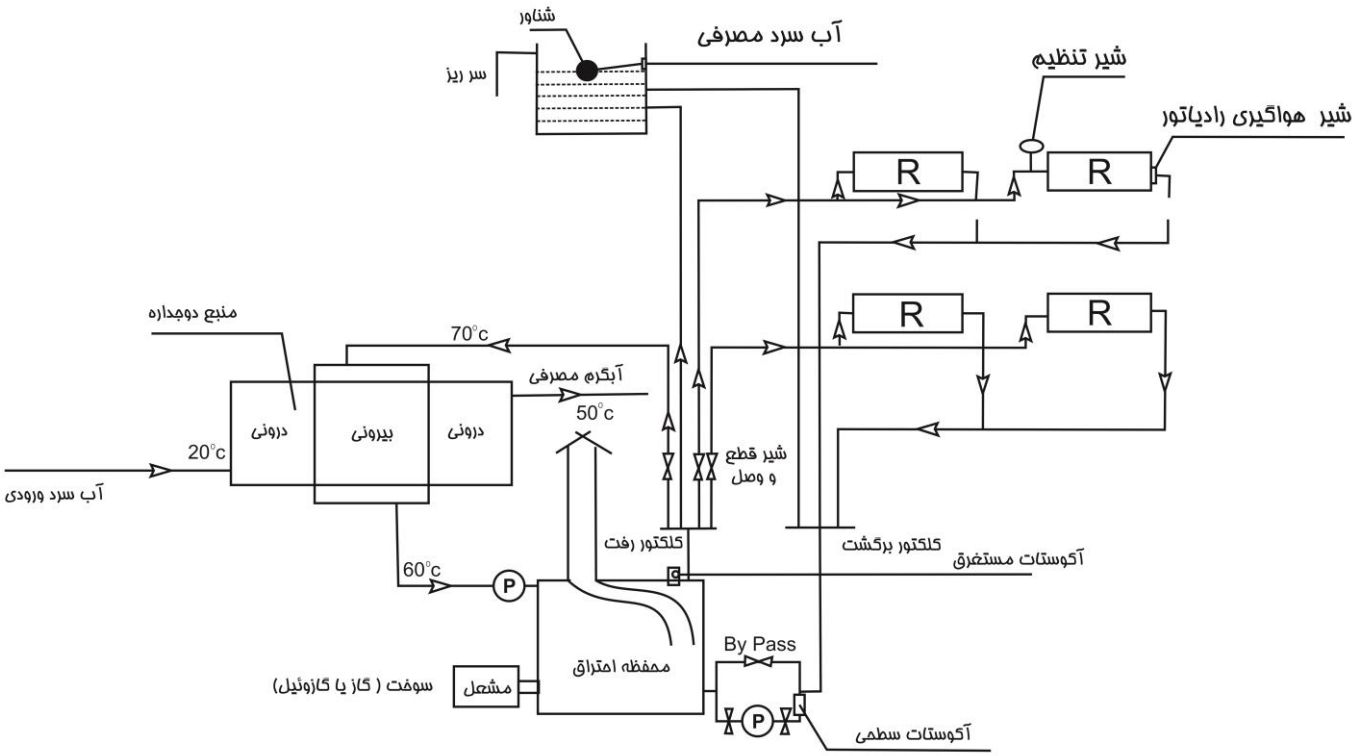


شکل ۶۱- شمای کلی و اجزای یک یونیت هیتر

از مزیت‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
۱- سرعت گرمایش بالا
۲- توزیع مناسب هوا
۳- مدت زمان کم پیش راه‌اندازی
امّا استفاده از آن به دلیل تولید صدا در همه جا میسر نیست و معمولاً در اماکن و فضاهای بزرگ که موضوع سر و صدا اهمیت ندارد استفاده می‌شود.

نحوه کار یک سیستم حرارت مرکزی:

شکل زیر سیستم حرارت مرکزی با گرمایش بوسیله آبگرم و تأمین آبگرم مصرفی به وسیله منبع دو جداره که تبادل حرارت جهت گرمایش ساختمان توسط رادیاتور صورت می گیرد را نشان می دهد.



شکل ۶۲- اجزای یک سیستم حرارت مرکزی

اختلاط سوخت و هوا توسط مشعل انجام شده و مخلوط سوخت به داخل محفظه احتراق پاشیده می شود و بر اثر تولید جرقه توسط مشعل، در محفظه احتراق شعله به وجود می آید. محفظه احتراق به دودکش منتهی می شود و دودکش تا بام ساختمان هدایت می گردد. (پس باید داکت های مورد نیاز در نظر گرفته شود.)

فرض کنیمآکوستات مستغرق (ترموستاتی که دنبالش در آب است) روی دیگ روی ^{o}C ۷۰ تنظیم شده است و ورودی به دیگ ^{o}C ۲۰ می باشد. شعله و گازهای گرم حاصل از آن در درون دیگ باعث گرم شدن آب موجود در دیگ می شوند و تا زمانی که آب درون دیگ به ^{o}C ۷۰ برسد مشعل کار کرده و باعث فراهم شدن آب گرم رفت ^{o}C ۷۰ می شود.

آب گرم رفت وارد کلکتور رفت شده و با لوله های مستقل به سمت منبع دوجداره، تجهیزات تبادل حرارت (در اینجا رادیاتور) و منبع انبساط می رود.

در مورد نحوه عملکرد منبع دو جداره قبلا توضیح داده شده است. آب گرم رفت ^{o}C ۷۰ توسط لوله‌های آبگرم رفت به رادیاتورها رسیده و در پره های آنها جریان پیدا می کنند و در اثر تبادل حرارت بین پره ها و هوای اتاق ها باعث گرم شدن هوای اتاق به دو روش تشعشعی و همرفتی می شوند.

پس از تبادل حرارت از دمای آب داخل رادیاتور کاسته می‌شود و آب برگشت رادیاتور با دمایی کمتر نسبت به آب رفت در درون لوله‌های برگشت به سمت کلکتور برگشت جریان می‌یابد. فرض می‌کنیم پس از تبادل حرارت صورت گرفته بین پره‌های رادیاتور و هوای اتاق دمای آب برگشت به $^{\circ}C$ ۶۱ رسیده باشد.

اگر ترموستات سطحی نصب شده روی لوله آب برگشت که کنترل پمپ جریانی را به عهده دارد بر روی $^{\circ}C$۶۰ تنظیم شده باشدبا توجه به عبور آب برگشت $^{\circ}C$۶۱ از آن پمپ جریانی خاموش شده و جریان طبیعی در درون شبکه ایجاد می‌گردد.

در این حالت گردش آب بر اثر خاصیت ترموسیفونی صورت می‌گیرد. درصورت سرد شدن هوای اتاق و افزایش تبادل حرارت رادیاتورها و هوای اتاق درجه آب برگشت کاهش می‌یابد. (با دمای آب درون دیگ کمتر از $^{\circ}C$۷۰) مثلا دمای آب برگشت عبوری از ترموستات سطحی به $^{\circ}C$۵۸ می‌رسد و با توجه به اینکه ترموستات روی $^{\circ}C$۶۰ تنظیم شده پمپ جریانی شروع بکار می‌کند و این چرخه تا زمانی که مجددا دمای آب برگشت به بالای $^{\circ}C$۶۰ برسد ادامه خواهد یافت.

خلاصه نحوه عملکرد:

در صورتی که آکوستات روی $^{\circ}C$۷۰ تنظیم شده باشد و آب گرم رفت $^{\circ}C$۷۰ و ترموستات پمپ روی $^{\circ}C$۶۰ تنظیم باشد و آب برگشت عبوری از پمپ $^{\circ}C$۶۲ باشد در نتیجه ← پمپ خاموش / مشعل خاموش

در صورتی که آکوستات روی $^{\circ}C$۷۰ تنظیم و آبگرم رفت $^{\circ}C$۷۰ باشد و ترموستات پمپ روی $^{\circ}C$۶۰ تنظیم و آب برگشت عبوری از پمپ زیر $^{\circ}C$۶۰ باشد ← پمپ بکار خود ادامه می‌دهد و یا شروع بکار می‌کند و پس از آن مشعل روشن می‌شود.

نکات:

۱) برای جلوگیری از اتلاف حرارت در موتورخانه و اتلاف حرارت انتقال دهنده‌های سیال، حتما باید عایقکاری مناسب انجام گیرد.

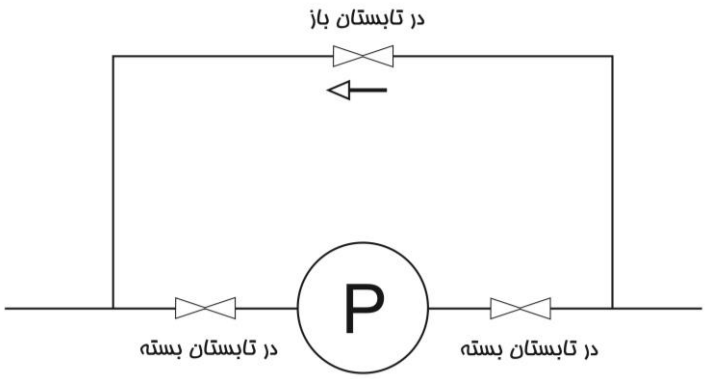
۲) پمپ جریانی باعث ایجاد جریان اجباری درون شبکه می‌شود.حال چرا پمپ را بر روی جریان برگشت نصب می‌کنند؟

به دو دلیل الف- آب گرم باعث خراب شدن زود هنگام قطعات داخل پمپ می‌شود.

ب- مکش پمپ سبب کاهش فشارو پایین آمدن دمای نقطه جوش آب گرم می‌شود و احتمال تبخیر آب گرم و ایجاد کاویتاسیون (cavitation) را افزایش می‌دهد.

۳) آب اولیه ورود به سیستم حدود $^{\circ}C$۲۰ است. و زمانی که آب به $^{\circ}C$۷۰ می‌رسد فشار افزایش می‌یابد و با توجه به غیر تراکم بودنآب نیاز به یک دریچه فرار در سیستم داریم که از افزایش فشار جلوگیری کند. این کار توسط منبع انبساط که در بالاترین نقطه سیستم قرار دارد انجام می‌شود. پس شیرهای لوله‌های منتهی به منبع انبساط نباید بسته باشند. از طرف دیگر در صورتی که در بخشی از سیستم تخلیه آب صورت گرفت آب جایگزین از منبع انبساط تأمین می‌شود (از لوله آب سرد مصرفی) میزان تبادل حرارتی منبع با محیط بسیار بالاست پس جهت جلوگیری از اتلاف حرارت باید عایقکاری مناسب صورت گیرد.

۴) برای استفاده از موتورخانه در تابستان با توجه به اینکه فقط نیاز به آب گرم منبع دوجداره داریم، در تابستان مسیر رفت و برگشت رادیاتورها را می‌بندیم و پمپ جریانی را از مدار خارج می‌کنیم و برای گردش آب گرم می‌توانیم از یک پمپ کوچکتر و با مصرف بسیار کمتر بهره ببریم.



شکل ۶۳- تابستانی و زمستانی کردن سیستم

منبع انبساط:

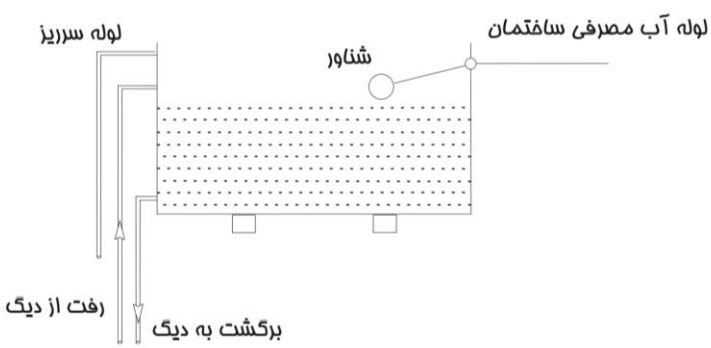
۱) منبع انبساط باز (در پشت بام)

۲) منبع انبساط بسته (موتورخانه)

در تأسیسات حرارت مرکزی آب در اثر گرما منبسط می‌شود و با توجه به خاصیت تراکم‌پذیری آب امکان ترکیدن لوله‌ها وجود دارد. نصب منبعی در سیستم می‌توان امکان انبساط حجمی آب را فراهم کرد و از بروز تبعات آن جلوگیری کرد. علاوه بر این منبع انبساط امکان تغذیه آب جبرانی و تثبیت فشار سیستم را نیز فراهم می‌کند.

۱- **منبع انبساط باز:** در سیستم‌های کم فشار و در گرمایش با آب گرم کاربرد دارد. عایق کاری منبع در بام به دلیل جلوگیری از اتلاف حرارت ضروری است.

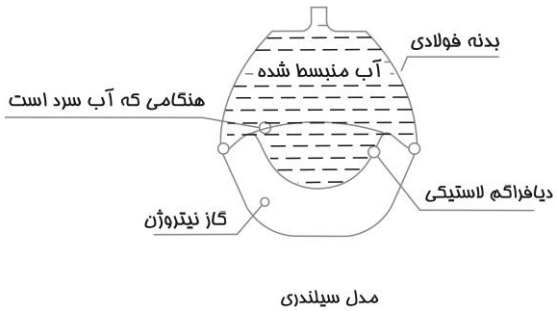
- سرریز شدن آب از منبع انبساط به دو دلیل است یا شیر شناوری خراب است و یا منبع دوجداره سوراخ است.



شکل ۶۴- منبع انبساط باز

۲- منبع انبساط بسته با هوای آزاد ارتباطی ندارد و می‌تواند با فشاری بالاتر از فشار اتمسفر کار کند و در هر کجای ساختمان که قرار گیرد، فارغ از ارتفاع آن نسبت به سایر تجهیزات تبادل حرارت می‌توان آن را نصب نمود. به منظور تأمین فشار در منابع انبساط بسته از یک گاز بی اثر و یا ازت استفاده می‌کنند. در صورتیکه بخواهند از هوای فشرده جهت فشارسازی استفاده کنند به منظور جلوگیری از خوردگی باید مانع تماس آب و هوای فشرده شد که به این منظور از منابع دیافراگمی بهره می‌برند. تغییرات حجم آب باعث تغییر در حجم گاز می‌شود.

بیشتر در سیستم‌های آب گرم پرظرفیت و سیستم‌های گرمایش با آب داغ کاربرد دارند.



شکل ۶۵- منبع انبساط بسته

انتقال حرارت در ساختمان

محاسبات بار حرارتی ساختمان در زمستان

قبل از محاسبه بار حرارتی ساختمان بهتر است با انتقال گرما و روش‌های آن آشنا شویم:

انتقال گرما یا جریان گرمایی همچون جریان یافتن آب از سطحی بلندتر به سطحی پایین‌تر، جریانی یکسویه از سمت جسمی با گرمای بیشتر به سمت جسمی با گرمای کمتر است. اصولاً انتقال حرارت از طریق یکی از روشهای زیر یا ترکیبی از آنها انجام می‌شود.

۱- رسانش یا هدایت (conduction): که در آن حرارت از مولکول‌های گرم یک جسم به مولکول‌های سرد آن جسم یا جسمی با گرمای کمتر انتقال می‌یابد تا دو جسم هم دما شده و به تعادل گرمایی برسند.

۲- جابجایی یا همرفت (convection): عبارت است از انتقال حرارت بوسیله جریان سیال.

۳- تشعشع (Radiation): عبارت است از انتقال حرارت توسط امواج. هر جسم گرمی به نسبت دمایی که دارد امواج گرمایی منتشر می‌کند و می‌تواند اجسام دیگر را متناسب با قابلیت جذبشان گرم نماید.

محاسبات اتلاف حرارتی ساختمان :

اتلاف حرارتی ساختمان از دو طریق انجام می‌گیرد:

الف: تلفات حرارتی از جداره‌های خارجی ساختمان (انتقال حرارت هدایتی از دیوارها، درها، پنجره‌ها، سقف و کف ساختمان)

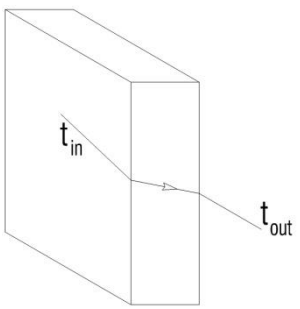
ب: تلفات حرارتی از راه نفوذ یا تعویض هوا (نفوذ هوا از درز پنجره و درها، تعویض هوا به منظور تهویه و سالم سازی هوای ساختمان- انتقال حرارت از طریق جابجایی)

دمای $18-22^oC$ در ساختمان دمای مطلوب است یعنی معمولاً در این دما احساس آرامش داریم.

طبق مقررات ملی ساختمان 19^oC بهترین دما و مطلوب‌ترین دما برای داخل ساختمان است.

الف) تلفات حرارتی از جداره‌های ساختمان.

۱- دیوار ساده: با توجه به اینکه این اتلاف حرارت به خاطر انتقال گرمای داخل ساختمان به خارج ساختمان از طریق هدایت بوسیله دیوار پدید می‌آید داریم:



مساحت دیوار — بار حرارتی دیوار

$Q = AU\ \Delta t(t_i - t_o)$ — فرمول انتقال حرارت از طریق رسانش

اختلاف دمای داخل و خارج — ضریب کلی انتقال حرارت

شکل ۶۶- دیوار ساده

هر سطحی با توجه به جنس و ضخامتش، مقاومتی در برابرجریان گرمایی(R) از خود نشان می‌دهد.

$R = \frac{x}{k}$ x: ضخامت جدار k: ضریب انتقال حرارتی جدار

بار حرارتی جدار ساده : $Q_۱ = A\frac{k}{x}(t_i - t_o)$ $U = \frac{1}{R}$

جدول واحد ها بر اساس SI و BS:

بر اساس SI بر اساس BS

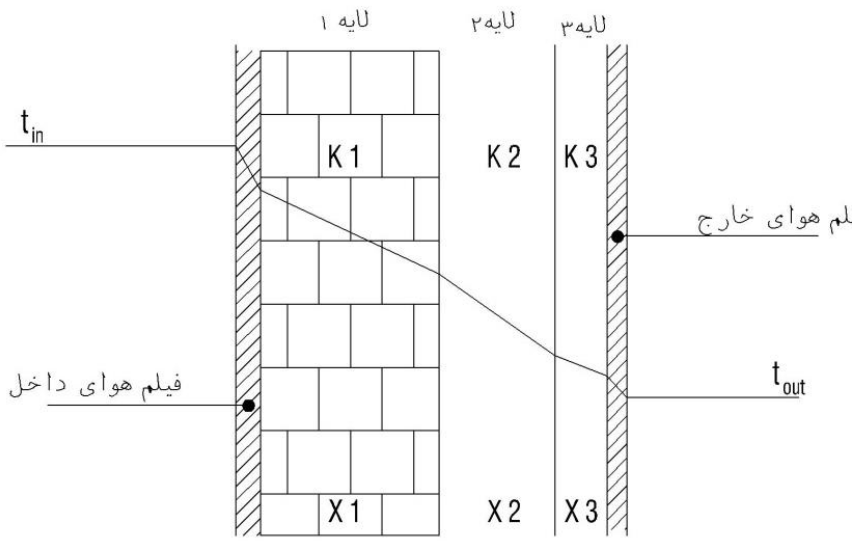
شدت جریان گرمایی جدار(بار حرارتی جدار)	Q	(Btu/hr)	$kcal/hr$
ضریب هدایت حرارتی جدار	K	$(Btu.in/ft^۲.hr.F)$	$kcal/hr$
مساحت جدار	A	$(ft^۲)$	$(m^۲)$
دمای سمت گرمتر (داخلی)	t_i	(F)	(^oC)
دمای سمت سردتر (خارجی)	t_o	(F)	(^oC)
ضخامت جدار	x	(in)	(m)

تعریف Btu: (British Thermal unit) واحد اندازه‌گیری انرژی گرمایی در تأسیسات برودتی و حرارتی می‌باشد.

این واحد برابر است با میزان انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک پوند آب در فشار اتمسفر به میزان یک درجه فاز نهایت.

۲) انتقال حرارت از دیوار مرکب :

اغلب جداره‌های ساختمان از لایه‌های مختلف با مواد گوناگون و با مقاومت حرارتی مختلف تشکیل می‌شوند. بطوریکه دیگر جدار ساده تلقی نگردیده و بعنوان جدار مرکب شناخته می‌شوند. مقاومت حرارتی جدار مرکب برابر خواهد بود با حاصل جمع مقاومت‌های تشکیل دهندهٔ لایه‌های دیوار مرکب.



شکل ۶۷- دیوار مرکب

$$\text{مقاومت حرارتی جدار مرکب (دیوار مرکب)} = R_۱ + R_۲ + ... + R_n = \frac{x_۱}{k_۱} + \frac{x_۲}{k_۲} + ... + \frac{x_n}{k_n}$$

در جریان حرارتی بین هوای داخل و خارج ساختمان همواره لایه بسیار نازکی از هوا در طرفین جدار ساختمان وجود دارد که به سطح چسبیده و همچون یک مقاومت حرارتی در برابر جریان حرارت عمل می‌کند. ضریب هدایت حرارتی این لایه نازک از هوا را با f و مقاومت آن که به مقاومت فیلم هوا معروف است را با $\frac{۱}{f}$ نمایش می‌دهند و مقدار آن وابسته به سرعت جریان هواست.

از آنجا که $u = \frac{۱}{R}$ است و مقاومت حرارتی دیوار مرکب حاصل جمع مقاومت‌های تشکیل دهنده و مقاومت فیلم‌های نازک هوا در خارج و داخل ساختمان است داریم:

$$U = \frac{۱}{\frac{۱}{f_i} + \frac{x_۱}{k_۱} + \frac{x_۲}{k_۲} + ... + \frac{x_n}{k_n} + \frac{۱}{f_o}}$$

که در آن U، ضریب کلی هدایت حرارت - $\frac{۱}{f_i}$، مقاومت فیلم هوای داخل، $R_۱, R_۲, ..., R_n$ ، مقاومت حرارتی لایه‌های مختلف جدار و $\frac{۱}{f_o}$، مقاومت فیلم هوای خارج است. با توجه به رابطه کلی انتقال حرارت هدایتی و ضریب کلی انتقال حرارت یک دیوار مرکب خواهیم داشت:

$$Q_۱ = AU(t_i - t_o)$$

$$\left.\begin{array}{l} U = \dfrac{۱}{\dfrac{۱}{f_i} + \dfrac{x_۱}{k_۱} + \dfrac{x_۲}{k_۲} + ... + \dfrac{x_n}{k_n} + \dfrac{۱}{f_o}} \end{array}\right\} \Rightarrow Q_۱ = A\left(\dfrac{۱}{\dfrac{۱}{f_i} + \dfrac{x_۱}{k_۱} + \dfrac{x_۲}{k_۲} + ... + \dfrac{x_n}{k_n} + \dfrac{۱}{f_o}}\right)\Delta t$$

$$Q_۱ = A\left(\dfrac{۱}{\dfrac{۱}{f_i} + \sum\dfrac{x}{k} + \dfrac{۱}{f_o}}\right)\Delta t \quad : \text{بار حرارتی دیوار مرکب (جدار مرکب)}$$

مقدار U و یا K و f_i و f_o از جداول استخراج می‌شوند. اگر در یک اتاق انتقال حرارت از کف، دیوار و پنجره انجام شود در نتیجه انتقال حرارت هدایتی کل برابر

جمع کل بار سطوح $Q = Q_۱ + Q_۱ + Q_۱$

پنجره کف سقف

$$= AU\ \Delta t + A\,U\ \Delta t + AU\ \Delta t$$

مساحت سقف — ضریب کلی انتقال حرارتی

مساحت کف — ضریب کلی انتقال حرارتی کف

مساحت پنجره — ضریب کلی انتقال حرارتی پنجره

نکته قابل توجه در رابطه‌های انتقال حرارت توجه به واحد هر یک از پارامترهای فرمول است که واحد هر یک از پارامترها براساس سیستم SI و سیستم انگلیسی (BS) در قسمت دیوار ساده بیان شد.

ب) تلفات حرارتی از راه نفوذ یا تعویض هوا

نفوذ هوا به داخل ساختمان همواره یکی از راه‌های مهم دفع حرارت در زمستان و جذب حرارت در تابستان می‌باشد که معمولاً تحت اثر سرعت باد و خاصیت دودکشی صورت می‌گیرد. سرعت باد موجب افزایش فشار در سمت مشرف به باد و ایجاد خلاء ملایمی در داخل ساختمان شده و سبب نفوذ هوای خارج از درز پنجره‌ها، درها و غیره به داخل می‌شود.

از طرف دیگر اختلاف‌دمای داخل و خارج ساختمان و اختلاف چگالی هوای داخل و خارج سبب صعود هوای گرم از طریق راه پله‌ها، آسانسورها و سایر مکانهایی که می‌توانند حالت دودکش داشته باشند به سمت بالا و در نتیجه نفوذ هوای خارج ساختمان به داخل از طریق درزها می‌شود.

مقدار هوای نفوذی بستگی دارد به میزان کیپ بودن درها و پنجره‌ها، جهت وزش و سرعت باد، ارتفاع ساختمان، کیفیت مصالح روکار ساختمان و مقدار هوایی که برای تهویه و تعویض هوای داخل در نظر گرفته می‌شود که به

منظور تأمین اکسیژن و جایگزینی اکسیژنی است که توسط ساکنین مصرف شده است. این مهم ممکن است به طور طبیعی با باز کردن درها یا پنجره‌های ساختمان و یا به صورت اجباری توسط فن صورت گیرد.
مقدار بار گرمایی که توسط هوا حمل و جابجا می‌شود (بار حرارتی جریان همرفتی) وابسته به حجم، دما، جرم مخصوص و گرمای ویژه هواست و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Q = mc\Delta t$$

با جایگزاری جرم بر حسب حجم و چگالی خواهیم داشت:

$$Q_2 = V \times \rho \times c \times \Delta t$$

از آنجا که حجم هوای نفوذی یا تعویضی در اتلاف حرارت موثر است باید آن را محاسبه کنیم.
حجم هوای نفوذی از راه درزها و یا تعویض هوا چنین محاسبه می‌شود:
۱- وقتی از راه نفوذ باشد:

$$V = L \times q$$

V: مقدار کل هوای نفوذی از درزها بر حسب فوت مکعب بر ساعت یا متر مکعب بر ساعت
L: طول درز بر حسب فوت یا متر
q: مقدار هوای ورودی از واحد طول بر حسب فوت مکعب بر ساعت یا متر مکعب بر ساعت

مقدار کل هوای نفوذی بر حسب (CFH) یا $(\frac{m^3}{hr})$: V
طول درز بر حسب (f_t) یا (m) : L
مقدار هوای ورودی از واحد طول بر حسب (CFH) یا $(\frac{m^3}{hr})$: q

در نتیجه با حرارتی از طریق نفوذ هوای از درزها از رابطه زیر بدست خواهد آمد.

$$Q_2 = L \times q \times \rho \times c \times \Delta t$$

۲- وقتی از طریق تعویض هوا باشد:

میزان حجم هوایی که بار گرمایی توسط آن حمل و جابجا می‌شود بر پایه تعداد دفعاتی است که در مدت یکساعت هوای اتاق به منظور تهویه تعویض می‌گردد و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$V = n \times v$$

حجم هوای تعویض شده بر حسب (CFH) یا m^s/hr : V
حجم هوای اتاق بر حسب ft^3 یا m^3 : v
تعداد دفعات تعویض هوا : n

در نتیجه بار حرارتی از طریق تعویض و تهویه هوای اتاق از رابطهٔ زیر محاسبه خواهد شد:

$$Q_2 = v \times n \times \rho \times c \times \Delta t$$

ρ: وزن مخصوص هوا (چگالی) بر حسب lb/ft^3 یا kg/m^3

C: گرمای ویژه هوا بر حسب $kcal/kg^{o}c$ یا $Btu/u_{o}.F$

Q: بار حرارتی بر حسب $kcal/hr$ یا Btu/hr

اگر حجم نفوذی هوا از درزهای پنجره‌ها، درها و سطوح بیشتر از حجم هوای تعویض شده جهت تهویه $(v\times n)$ بود جهت محاسبه میزان بار حرارتی ناشی از نفوذ هوا یا تعویض هوا، از آن استفاده می‌کنیم. زیرا هیچ وقت هر دوی این موارد با هم اتفاق نمی‌افتند.

به عبارت دیگر $Q_{۲} = V\times\rho\times c\times(t_{i} - t_{o})$

$$V: \begin{cases} (۱)\ q\times L \\ (۲)\ v\times n \end{cases}$$ بار حرارتی همرفتی

از دو رابطه (۱) و (۲) هر کدام که بزرگتر بودند را در رابطه (بار حرارتی همرفتی) قرار می‌دهیم.

حال بار حرارتی کل اتاق از مجموع بار حرارتی حاصل از جداره ساختمان و بار حرارتی حاصل از نفوذ یا تعویض هوا در ساختمان بدست خواهد آمد.

تلفات نفوذ یا تعویض هوا

$Q = \Sigma Q_{۱} + \Sigma Q_{۲}$ بار حرارتی کل اتاق

تلفات جداره ها

پس از محاسبهٔ تلفات حرارتی سطوح و نفوذ و یا تعویض هوا باید با توجه به میزان مصرف آبگرم (براساس کاربرد ساختمان و تعداد نفرات)، بار حرارتی لازم برای تأمین آب گرم مورد نیاز را نیز بدست آوریم و در نهایت با در نظر گرفتن ۵ تا ۱۰ درصد ضریب اطمینان بار حرارتی کل ساختمان را جهت انتخاب دیگ بدست آوریم.

$\Sigma(Q_{۱} + Q_{۲})$

ضریب اطمینان $\times\ (Q + Q_{3})$ بار حرارتی کل جهت انتخاب دیگ Q_{T}

بار حرارتی آبگرم مصرفی — کل بار حرارتی کل اتاقها

مقدار واقعی مصرف آبگرم در ساعت و حجم منبع آبگرم از روابط زیر بدست می‌آیند:

ضریب تقاضا × حداکثر مصرف آبگرم در ساعت = مقدار واقعی مصرف آبگرم در ساعت

ضریب ذخیره منبع × ضریب تقاضا × حداکثر مصرف آبگرم در ساعت = حجم منبع آبگرم

و بار حرارتی آبگرم مصرفی $(Q_{۲})$، از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$Q_{۳} = v\times\rho\times(t_{۲} - t_{۱})$

v: مقدار واقعی آبگرم مصرفی

ρ: وزن مخصوص آب

$t_{۲}$: دمای آبگرم مصرفی

$t_{۱}$: دمای آب شهر ورودی

تأسیسات گرمایشی (حرارتی) :

۱) تأسیسات حرارت مرکزی
۲) گرمایش با کورۀ هوای گرم
۳) واحدهای یکپارچه گرمایش محلی

انواع سیستمهای گرمایش:

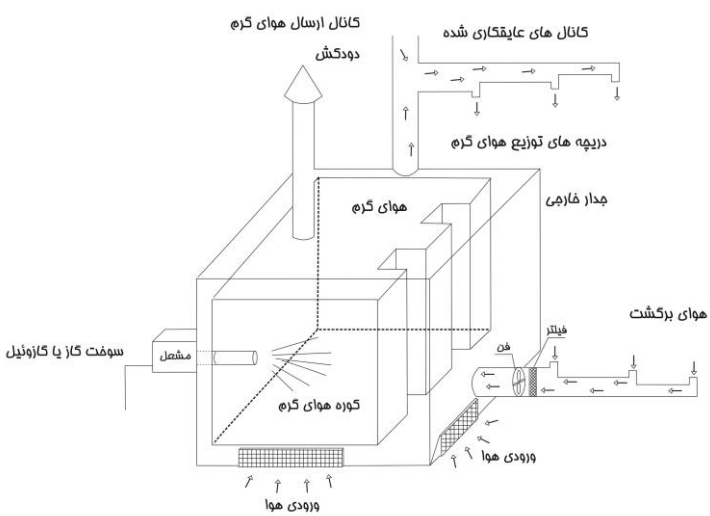
۱) گرمایش با آبگرم
۲) گرمایش با آب داغ
۳) گرمایش با بخار آب
۴) گرمایش با هوای گرم

۲) گرمایش با همو‌ای گرم(کورۀ هوای گرم):

در سیستم های گرمایشی می‌توان هوا را به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم گرم نموده و توسط شبکه کانال به نقاط مختلف ارسال نمود . کورۀ هوای گرم به صورت مستقیم هوا را گرم می‌کند و دارای قسمت‌های اصلی همچون محفظۀ احتراق، مشعل و بادزن می‌باشد. کوره‌های هوای گرم برای ساختمان‌هایی که نیازمند تعویض هوای زیادی هستند بسیار مناسب است و معمولاً برای اماکن بزرگ همچون مساجد، کارگاه‌ها و کارخانجات کاربرد دارند.

عوامل دیگر همچون هزینه پائین راه‌اندازی و عدم استفاده از لوله‌کشی از مزایای این سیستم می‌باشد.

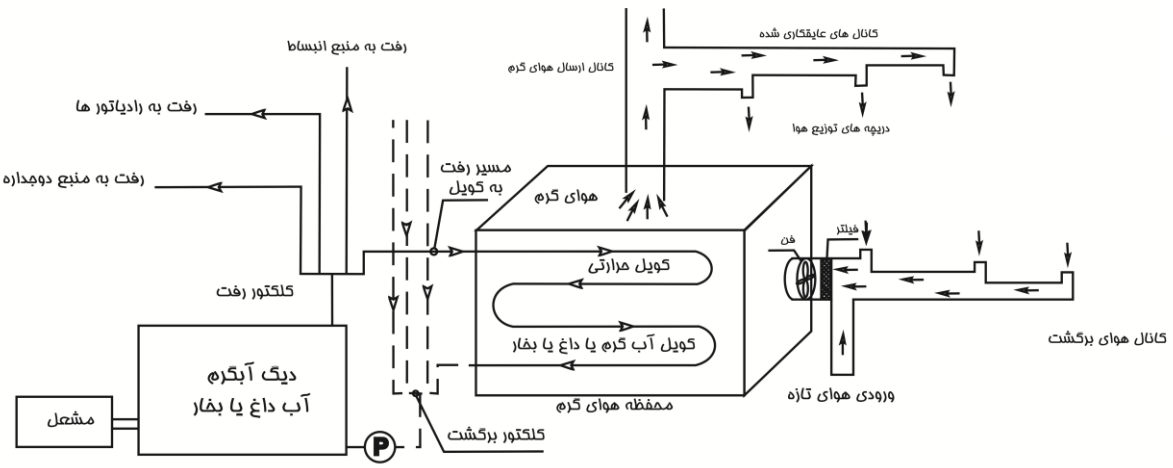
- کوره هوای گرم، گرمایش با هوای گرم بصورت مستقیم:



شکل ۶۸- کوره هوای گرم، گرمایش با هوای گرم بصورت مستقیم

در این روش هوای بین جداره خارجی و محفظه احتراق گرم شده به روش اجباری (با فن) یا طبیعی به سمت بالا حرکت کرده و از طریق کانالهای ارسال هوای گرم به محل‌های مورد نظر ارسال می‌گردد. وجود شیار در محفظه احتراق به این دلیل است که هوا گرمای بیشتری را در تماس با سطح محفظه احتراق بگیرد.

- گرمایش توسط هوای گرم به روش غیر مستقیم (استفاده از کویل حرارتی جهت گرم کردن هوا)



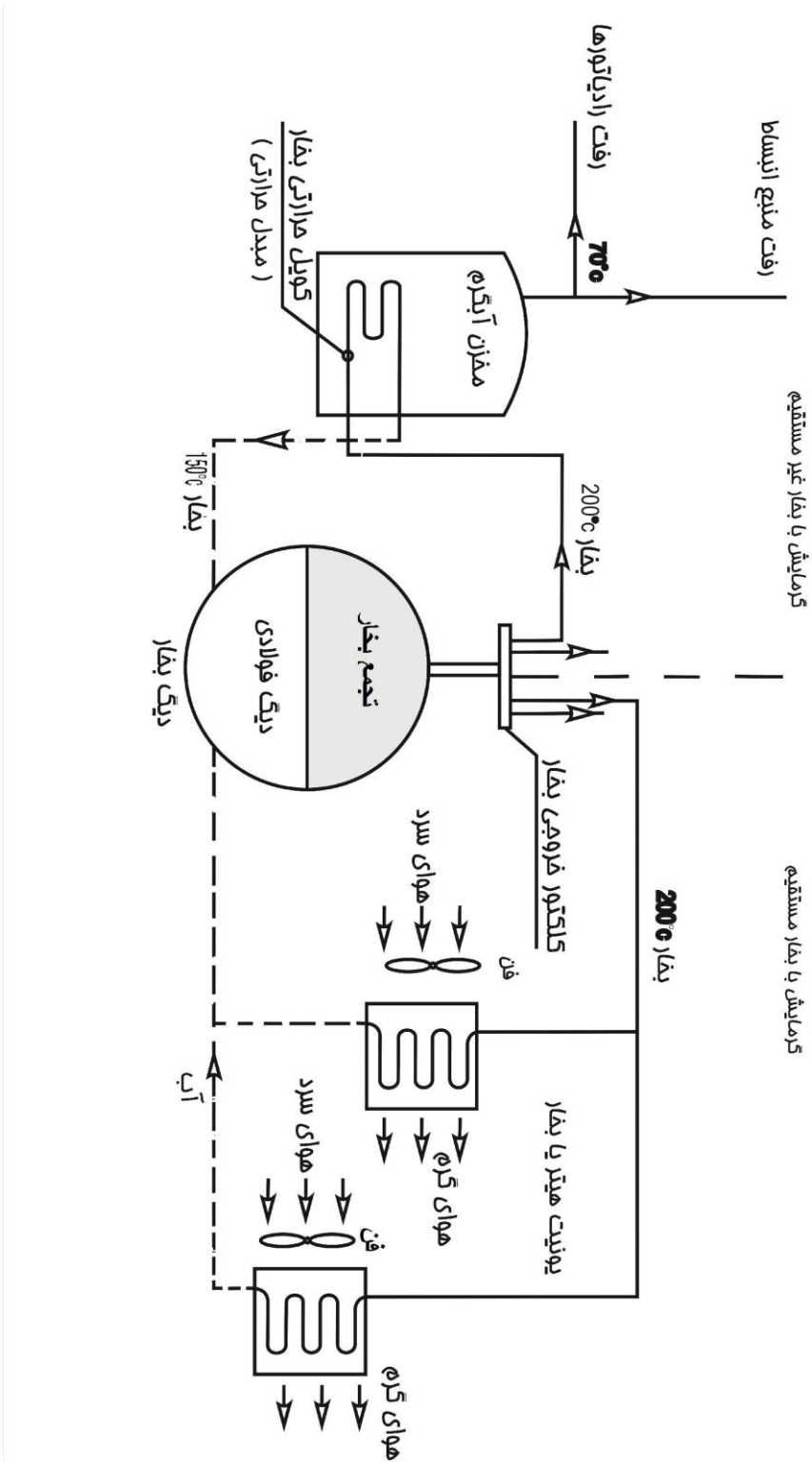
شکل ۶۹- گرمایش توسط هوای گرم به روش غیر مستقیم

سیستمهای مولد هوای گرم از نظر گردش هوا در دو گروه گردش طبیعی و اجباری دسته‌بندی می‌شوند.
در سیستم وزش اجباری فن (باد زن) در مسیر برگشت هوا قرار گرفته که باعث مکش هوا از درون کانالهای برگشت و دمش آن به داخل کوره‌های گرم (مستقیم یا غیر مستقیم) و در نتیجه جریان یافتن اجباری هوای گرم در داخل کانال‌های رفت هوای گرم می‌شود.
در سیستم طبیعی بنابر اصل وزش گرمایی، هوا پس از گرم شدن به دلیل سبکی به سمت بالا صعود و پس از سرد شدن به سمت پائین حرکت می‌کند. برای بهره‌گیری از این ویژگی، در سیستم وزش طبیعی در اطراف کوره، جدار دیگری در نظر گرفته می‌شود که قسمت فوقانی این جدار توسط کانال هوای گرم را به مکان‌های مختلف ارسال می‌کند و کانال‌های متصل به بخش زیرین این جدار وظیفه انتقال هوای برگشت را به عهده دارند. سیستم وزش طبیعی نسبت به سیستم وزش اجباری بازده کمتری دارد و به همین دلیل سایز کانال‌ها در این روش به دلیل سرعت کم جریان هوا بزرگتر انتخاب می‌شوند.
کوره‌های هوای گرم فارغ از اینکه دستگاههای مولد محسوب می‌شوند نوعی وسیله تبادل حرارت نیز هستند چرا که هوای گرم تولید شده را بدون واسط در اختیار فضا قرار می‌دهند.

۳) گرمایش با بخار :

۱) استفاده از بخار جهت گرمایش بصورت مستقیم

۲) استفاده از بخار جهت گرمایش بصورت غیر مستقیم



شکل ۷۰- گرمایش با بخار

۳- واحد محلی یکپارچه گرمایشی :

این گونه تجهیزات را می توان در دو گروه عمده سیستم‌های آبگرم و سیستم‌های تشعشعی شعله مستقیم طبقه‌بندی کرد.

- **واحد محلی یکپارچه آبگرم** : مجموعه کاملی است از مدار تولید آبگرم، پمپ، منع انبساط بسته و مبدل که در ظرفیت‌های کمتر از ۷۰۰۰۰ کیلو کالری در ساعت به منظور تأمین گرمایش اماکن و آبگرم مصرفی به دو صورت دیواری و زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واحدهای محلی یکپارچه آبگرم در محل مورد گرمایش نصب می‌شوند و کاربرد آنها بیشتر در اماکن مسکونی به ویژه آپارتمانهاست این واحد که به طور عامیانه به پکیج معروف است نوعی وسیله احتراقی است و نیاز به تأمین هوای تازه دارد. بنابراین در هنگام کار باید از مجاری مناسبی به آن هوا رسانی شود.

زمینه کاربرد پکیج: ۱- اماکن مسکونی، اداری و تجاری که بار گرمایشی آنها کمتر از ۷۰۰۰۰ کیلو کالری بوده و سرمایش آنها توسط دستگاه‌های مجزا تولید می‌شود.

۲ - هر مکان که نیازمند گرمایش مستقل باشد و امکان لوله‌کشی و نصب رادیاتور در آن وجود داشته باشد.

۳- برخی از مکان‌های کوچک در پروژه‌های بزرگ که از موتورخانه مرکزی فاصلهٔ زیادی دارند و لوله‌کشی به آنجا مقرون به صرفه نیست همچون اتاق نگهبانی در محوطه یک بیمارستان.

- واحد تشعشعی شعله مستقیم:

در این وسیله سوخت به طور مستقیم در درون لوله‌ای می‌سوزد و موجب ایجاد امواج مادون قرمز می‌شود. تشعشعات لوله داغ، گرمای فضا را تأمین می‌کند. هر یک از این واحدها دارای مشعل و تجهیزات سوخت مستقل می‌باشند. در این روش از انتقال حرارت تابشی استفاده می‌شود. در واحدهای تشعشعی شعله مستقیم از لوله‌هایی با ضریب تابش بالا استفاده می‌شود. این تجهیزات اغلب بصورت سقفی هستند و برای گرمایش کارگاه‌ها، سالن‌های بزرگ و محیط‌های باز کاربرد دارند.

شکل ۷۱- واحد تشعشعی

-تأسیسات سرمایشی (برودتی) :

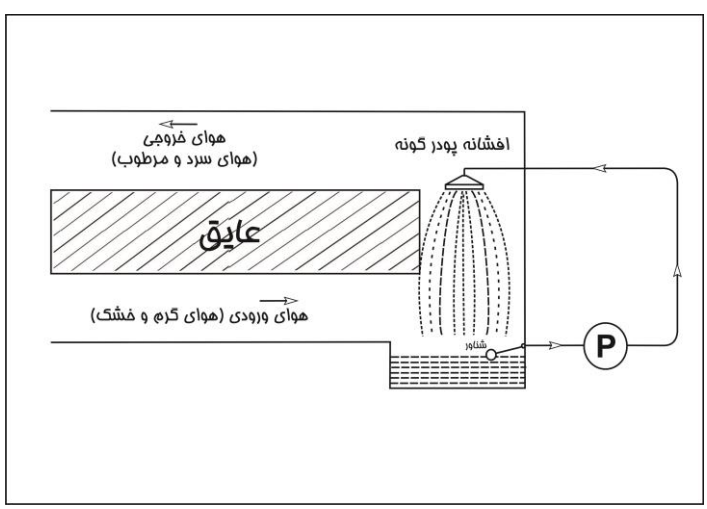
تجهیزات مولد سرما تولید کننده سیال‌های سرد هوای سرد و آب سرد هستند که به روشهای مختلف موجب کاهش محل زندگی انسان در فصول گرما و یا در مکان‌هایی که نیازمند هوا با دمای پائین هستیم می‌شوند.
بطور کلی تجهیزات مولد سرما در سه گروه خنک کن های تبخیری، تراکمی و جذبی طبقه‌بندی می‌شوند.

اصول کار خنک‌کن‌های تبخیری:

خنک‌کن‌های تبخیری براساس گرماگیری آب از هوا کار می‌کنند. در این تجهیزات آب با اخذ گرمای هوا تبخیر شده و باعث کاهش دمای هوا می‌گردد. به همین دلیل این خنک‌کن‌ها را دستگاه‌های تبخیری می‌نامند.
خنک‌کن‌های تبخیری با اخذ گرمای هوا و تبخیر آب شرایط آسایش را برای انسان فراهم می‌آورند اما این شرایط تا زمانی دوام دارد که میزان رطوبت موجود در هوا که در اثر کارکرد خنک کن تبخیری به آن اضافه می‌شود در دامنه و بازه مناسبی نگه داشته شود. در غیر این صورت علی‌رغم کاهش محسوس دما و افت آن، به دلیل افزایش میزان رطوبت شرایطی غیر قابل تحمل به وجود خواهد آمد. به همین منظور کارکرد خنک‌کن‌های تبخیری باید همراه با تعویض هوای مورد نظر باشد تا با تعویض هوا میزان رطوبت موجود در فضا به دامنه مطلوب برسد.
خنک‌کن‌های تبخیری که رایج‌ترین آنها کولر آبی است با هر کیفیت و ظرفیتی فقط توانایی کاهش دما تا حد دمای مرطوب هوا را دارند در نتیجه هر چقدر اختلاف دمای خشک و مرطوب منطقه‌ای بیشتر باشد استفاده از این خنک‌کن‌ها مناسب‌تر و بازده آنها بیشتر خواهد بود. به همین دلیل است که در مناطق مرطوب که اختلاف دمای خشک و مرطوب آنها کم است به دلیل بازده نامناسب نباید از تجهیزات تبخیری استفاده نمود.

- خنک‌کن‌های تبخیری: ۱) کولر آبی ۲) هواشوی (Air Washer) ۳) برج خنک کن

آب گرمای هوای ورودی را گرفته و خود تبخیر می‌شود ودمای هوا کاهش یافته ولی رطوبت آن افزایش می‌یابد.



شکل۷۲- اساس کار سرد کننده‌های تبخیری

۱- کولر آبی:

این وسیله رایج‌ترین وسیله سرمایشی تبخیری در ایران است که در مناطق خشک و نیمه خشک بازدهٔ بالایی دارد. در کولر آبی پاشش آب بر سطوح پوشالی یا سلولزی باعث مرطوب شدن آنها و کاهش دمای هوای عبوری از آنها در اثر تبخیر سریع رطوبت این سطوح می‌گردد. و هوای خنک به وسیله فن که توسط الکتروموتور می‌چرخد از طریق کانالها به فضای مورد نظر ارسال می‌شود.

از طرف دیگر چرخش فن باعث ایجاد مکش و کشیده شدن هوای بیرون به داخل و عبور آن از میان سطوح مرطوب و خنک شدن آن می‌گردد.

موارد کاربرد کولرهای آبی :

۱- مکانهایی که در آب و هوای خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند و نیازمند سیستم‌های خاص تهویه مطبوع نیستند.

۲- مکانهایی که در آب و هوای خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند و نیازمند سیستم گرمایشی نیستند و یا گرمایش آنها توسط سیستمی مجزا تأمین می‌گردد.

۳- مکانهایی که شرایط دو بند بالا را دارند و امکان سرمایه‌گذاری جهت سیستم گرمایشی آنها وجود ندارد.

مواردی که باید در نصب کولر آبی مدنظر قرار داد:

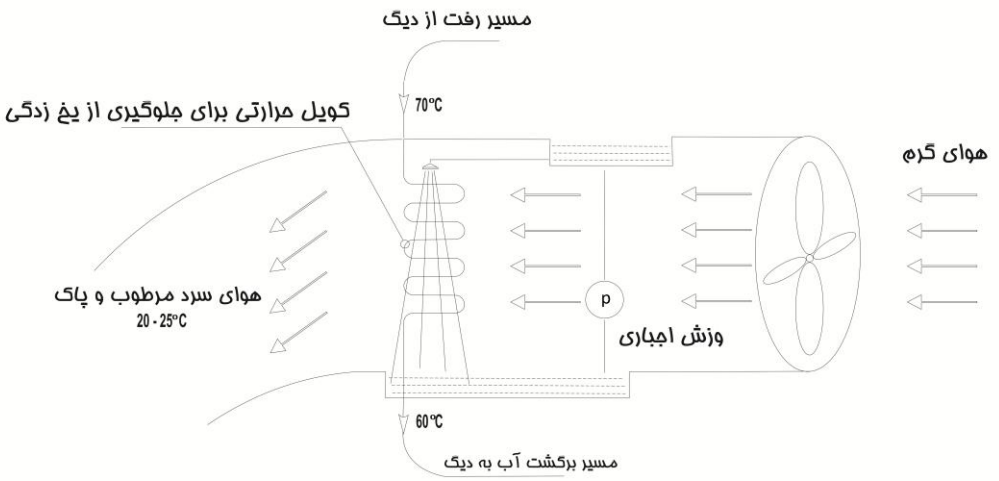
کولرهای آبی باید در محلی نصب شوند که امکان تأمین هوای تازه برای آنها وجود داشته باشد به همین منظور اغلب این کولرها در بام نصب می‌شوند. اما با رشد ساخت و ساز ساختمانهای چندین طبقه نصب این کولرها به دلیل افزایش هزینه کانال کشی و افت فشار هوای ارسالی از طرف کولر به فضای مورد نظر، برای اینگونه ساختمانها کولر گازی در بالکن هر طبقه نصب می‌شود. البته در این شرایط باید میزان انتقال سر و صدا به داخل ساختمان و همچنین وضعیت نمای ساختمان در نظر گرفته شود.

مقررات ملی ساختمان ایران برخی ضوابط را برای نصب کولرهای آبی در نظر گرفته است. مطابق این مقررات کولرهای آبی نباید در محلی نصب شود که ورود هوای آلوده و بوی نامطبوع به آن وجود داشته باشد. در این راستا کولر آبی باید حداقل سه متر از دهانه دودکش و هواکش فاضلاب فاصله افقی داشته باشد مگر آنکه دهانه دودکش یا هواکش فاضلاب حداقل ۲ متر از سطح فوقانی کولر بالاتر باشد. بر اساس این مقررات برای کولر آبی باید از هر طرف به میزان حداقل ۶۰ سانتی متر فضای تعمیرات در نظر گرفته شود.

شکل ۷۳- کولر آبی

۲- هواشوی (Air Washer):

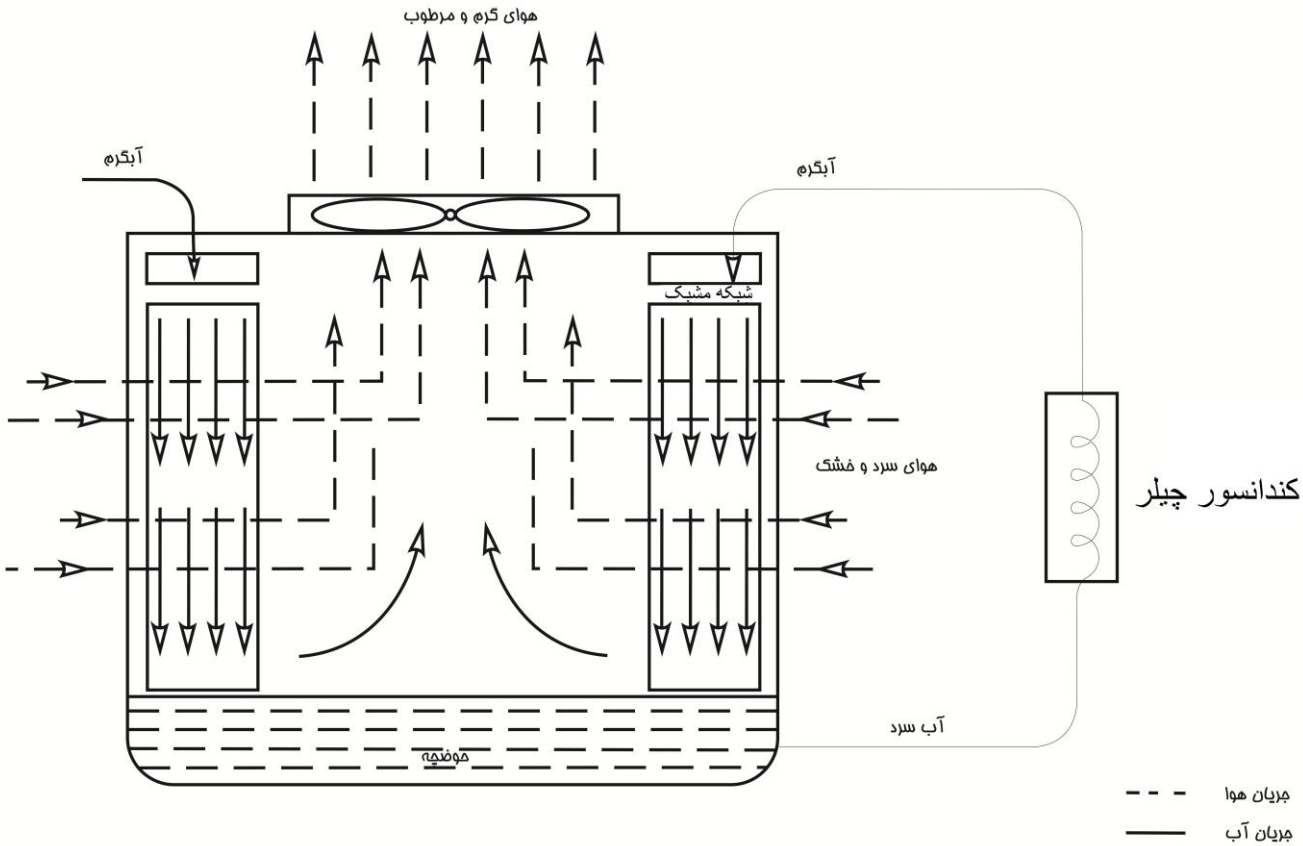
هواشوی نیز مانند کولر آبی از طریق رطوبت زنی موجب کاهش دمای هوای خشک می‌شوند. در هواشوی یک پمپ فشار قوی آب را به سمت افشانک‌هایی که در مسیر جریان هوای ورودی قرار گرفته‌اند دهش می‌کند. از آنجا که دهانه افشانک‌ها تنگ هستند آب بصورت پودر در می‌آید و بدین ترتیب تبخیر سطحی نیز افزایش می‌یابد.
از طرف دیگر پاشش مستقیم آب بر روی هوای عبوری باعث زدوده شدن گرد و غبار هوا نیز می‌شود.
از این رو هوا شوی‌ها قطع نظر از کاربردهای سرمایشی، کاربرد تصفیه و رطوبت زنی هم دارند.
در برخی موارد در صورت نیاز به ظرفیت سرمایشی بیشتر و میزان رطوبت کمتر هوای خروجی می‌توان از یک کویل که در آن آب سرد تولید شده توسط چیلر یا برج خنک کن جریان دارد بهره برد.



شکل۷۴- هواشوی

۳- برج خنک کننده (Cooling tower)

این دستگاه جهت کاهش دمای آب ورودی به چیلرهای جذبی و تراکمی که با کندانسور آبی عمل می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار برج‌های خنک کننده بر مبنای ایجاد سطح تماس بیشتر بین جریان آب گرم و هوای سرد و خشک و در نتیجه تبادل حرارتی بین این دو می‌باشد. فرآیند سرمایش در برج‌های خنک کننده مبتنی بر تبخیر سطحی بخشی از آب در مجاورت جریان هواست. بنابراین برج‌ها دارای سطوح داخلی نسبتاً وسیعی هستند تا آب در سطح گسترده با هوا تماس یافته و تبخیر شود که همین موضوع در حجیم شدن برج‌ها مؤثر است.
اصولاً در برج خنک کن آب گرم توسط لوله‌هایی به بالای برج منتقل می‌شود و در آنجا به صورت طبیعی یا با آبفشان‌ها به سمت پائین به جریان می‌افتد که در طول این مسیر با توجه به نوع برج به شیوه‌های مختلف با جریان هوا برخورد می‌کند.



شکل۷۵- برج خنک کننده

کاربردهای برج‌های خنک کن :

- رایج‌ترین کاربرد برج‌های خنک کن، سرد کردن آب کندانسور چیلرهای جذبی و تراکمی به منظور تقطیر ماده مبرد است.

- همچون تمامی تجهیزات تبخیری دیگر در اقلیم‌های گرم و خشک و نیمه خشک کاربرد دارد ولی در مناطق مرطوب نمی‌توان از آنها استفاده کرد.

ملاحظات نصب :

برج‌های خنک کن تجهیزاتی نسبتاً سنگین، حجیم و پر سر و صدا هستند که حتماً باید در فضای باز نصب شوند.
پس در تمام پروژه‌ها تنها دو مکان نصب برای آنها مهیاست یا در محوطه و یا بر روی بام
توصیه می‌شود تا حد امکان برج خنک کن چیلرها نزدیک باشند تا از حجم لوله‌کشی‌ها و توان الکتریکی پمپ‌ها کاسته شود.

اصول کار خنک‌کن‌های تراکمی :

تمامی خنک‌کن‌های تراکمی چه واحدهای کم ظرفیت محلی پنجره‌ای که کولر گازی خوانده می‌شود و چه خنک کننده‌های تراکمی پر ظرفیت مرکزی که معمولاً چیلر تراکمی خوانده می‌شوند دارای سه بخش اصلی کمپرسور (متراکم کننده)، کندانسور (تقطیر کننده) و اوا پراتور یا تبخیر کننده هستند.

در خنک‌کن‌های تراکمی ماده مبرد (فرئون یا مبردهای جایگزین فرئون) در فضای کم فشار اوا پراتور تبخیر شده و گرمای تبخیر را از آب یا هوایی که در تماسی غیر مستقیم با آن قرارداد می‌گیرد و موجب کاهش دمای آب یا هوای عبوری می‌شود. ماده مبرد پس از تبخیر توسط کمپرسور مکیده می‌شود و با فشار به سمت کندانسور رانده می‌شود تا در کندانسور و در مجاورت غیر مستقیم با آب یا هوای خنک بار دیگر تقطیر شده و برای تبخیر مجدد و تولید سرمایش روانه اوا پراتور گردد و چرخه سرمایش تراکمی را کامل کند.

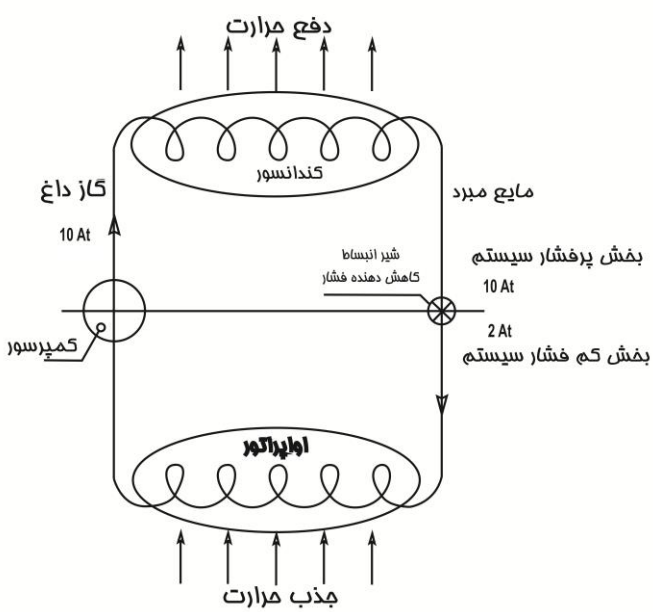
کندانسور و اواپراتور سیستم های تراکمی ممکن است آبی و یا هوایی باشند.

کندانسور آبی نیازمند اتصال به برج خنک کن است تا آب خنک ارسالی از برج باعث تقطیر مادهٔ مبرد گردد.

امّا در همه موارد مخصوصاً در مواردی که خنک کن تراکمی در مناطق مرطوب نصب می‌شود استفاده از برج خنک کننده برای خنک سازی کندانسور میسر نمی‌باشد.

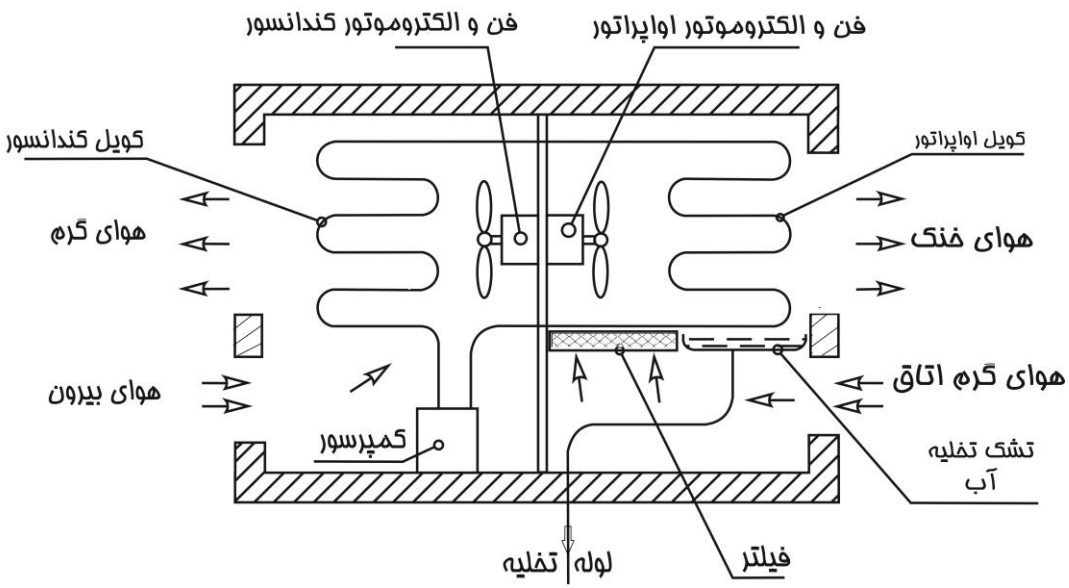
بنابراین تحت چنین شرایطی باید کندانسور به طور مستقیم با فن خنک شود که کندانسور هوایی خوانده می‌شود.

بطور کلی در ظرفیت‌های زیاد و در شرایطی که اقلیم محل نصب مرطوب نباشد، کندانسور آبی رایج‌تر از کندانسور هوایی است. همانگونه که کندانسور ممکن است هوایی یا آبی باشد. اوا پراتور نیز می‌تواند از نوع آبی یا هوایی باشد، اوا پراتور تجهیزات کم ظرفیت محلی به طور معمول هوا را خنک می‌کند و اوا پراتور چیلر تراکمی مرکزی آب را خنک می‌نماید.

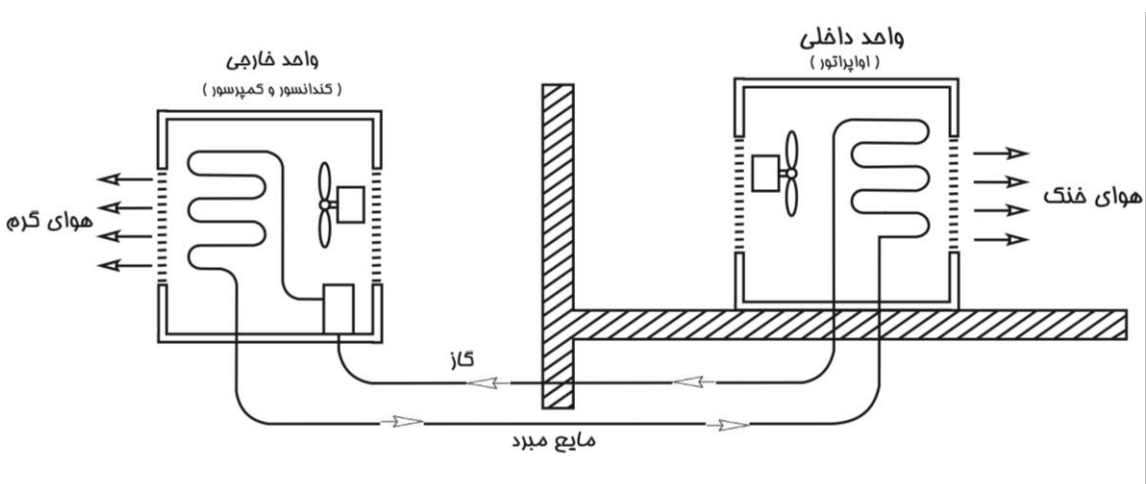


شکل۷۶- اصول کار خنک کن تراکمی

معمولاً گاز داخل سرد کننده‌ها (ماده مبرد) فریون، آمونیاک یا (CFC) کلر، فریون، کربن است.
برخی از خنک کن‌های تراکمی محلی یک تکه و برخی دیگر دو تکه هستند. در تجهیزات یک تکه هر سه جزء اصلی کمپرسور، کندانسور اوا پراتور در کنار یکدیگر بر روی یک شاسی قرار می‌گیرند که از رایج‌ترین آنها می‌توان به کولر گازی پنجره‌ای اشاره کرد.
در تجهیزات دو تکه معمولاً اوا پراتور در محلی که نیاز به خنک شدن دارد قرار می‌گیرد و کندانسور و کمپرسور که بر روی یک شاسی قرار گرفته‌اند به عنوان یک واحد مجزا در فضای آزاد قرار می‌گیرند. که به این واحد مجزا واحد بیرونی و یا در مواقعی کندانسینگ یونیت نیز اتلاق می‌شود.
یک واحد تبریدی یک تکه (کولر گازی پنجره‌ای)



شکل ۷۷- خنک کن دو تکه تراکمی (کولرهای گازی اسپلیت یونیت)



شکل۷۸- خنک کن دو تکه تراکمی (کولرهای گازی اسپلیت یونیت)

خنک‌کن‌های تراکمی از جنبه مرکزی و محلی بودن و یک یا دو تکه بودن و همچنین از نظر آبی یا هوایی بودن کندانسور و اوا پراتور دارای دسته‌بندی‌های متفاوتی هستند که در انیجا به کولر گازی و چیلر تراکمی بسنده می‌کنیم.

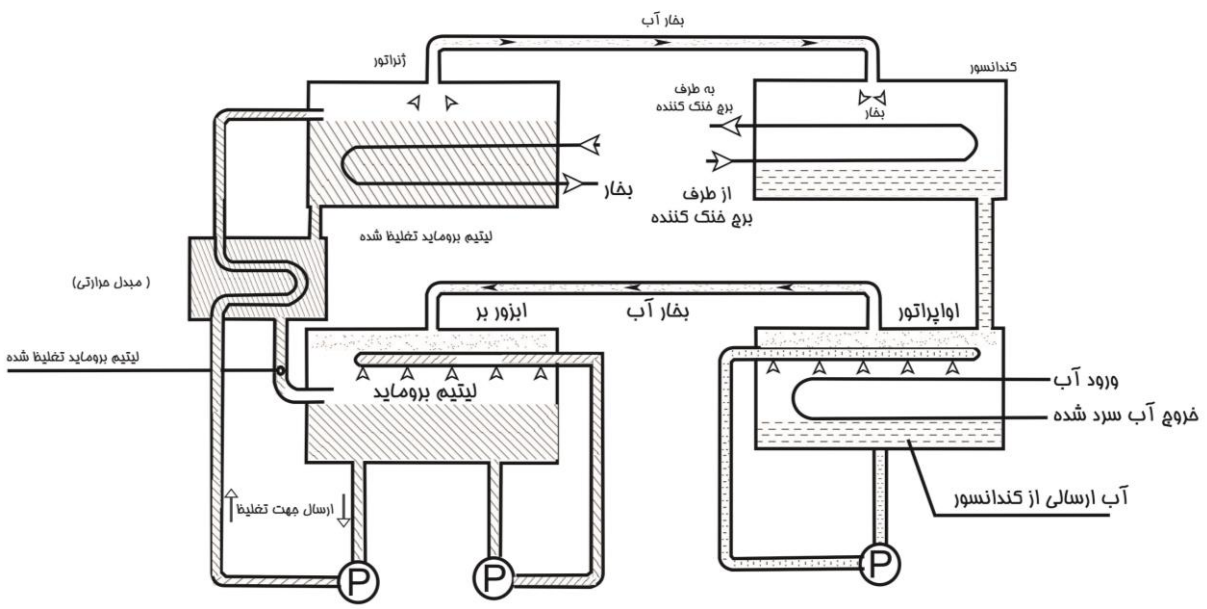
کولر گازی : تجهیز خنک کننده تراکمی یک تکه (یا دو تکه) با کندانسور و اواپراتور هوایی از نوع محلی

چیلر تراکمی: تجهیز تراکمی یک تکه با کندانسور آبی (که معمولاً آب مورد نیاز آن توسط برج خنک کننده تأمین می‌شود) و اوا پراتور آبی از نوع مرکزی که در موتورخانه نصب می‌گردد. آب سرد تأمین شده توسط چیلر جهت سرمایش به فن کوئل و یا هواساز منتقل می‌گردد.

بزرگ‌ترین عیب خنک‌کن‌های تراکمی مصرف نسبتاً زیاد برق آنهاست. خنک‌کن‌های تراکمی که دارای کمپرسورهای سیلندر – پیسونی هستند ضمن استهلاک بالا تجهیزاتی پر سر و صدا محسوب می‌شوند. از طرف دیگر آسیب‌های زیست محیطی در صورت استفاده از فریون‌ها به عنوان مبرد از دیگر معایب این دستگاه‌ها به حساب می‌آید.

خنک کن جذبی:

در تبرید جذبی براساس فرآیندی شیمیایی در محیط خلاء جذب گرما و تولید سرما صورت می‌گیرد.



شکل ۷۹- اساس کار خنک کن جذبی

در اغلب چیلرهای جذبی مادهٔمبرد آب است که تحت دمای کم و در شرایط خلاء محفظه اوا پراتور تبخیر شده و گرمای تبخیر را از سیال ثانویه (آب در گردش سیستم سرمایش) می‌گیرد و بخارهای حاصل از این فرآیند توسط مواد جاذب همچون سیستم بروماید که در محفظه دیگری به نام ابزوربر (Absorber) قرار دارد جذب می‌شود.

از آنجا که لیتیم بروماید با جذب بخار آب رقیق شده و قابلیت خود را به تدریج از دست می‌دهد، توسط پمپ

مخصوصی از ابزوربر به محفظه دیگری به نام ژنراتور یا تغلیظ کننده فرستاده می‌شود. در این محفظه محلول رقیق در مجاورت بخار، آب داغ، آبگرم و در مواقعی حتی شعله مستقیم بار دیگر غلیظ شده و به ابزوربر باز می‌گردد. از سوی دیگر بخار آب حاصل از حرارت دهی محلول رقیق لیتیم بروماید در تغلیظ کننده به محفظه تقطیر یا کندانسور می‌رود و در آنجا در مجاورت آب خنک ارسالی از برج خنک کننده تقطیر شده و آب حاصل از تقطیر بار دیگر جهت تبخیر مجدد وارد اواپراتور می‌شود.

رایج‌ترین چیلرهای جذبی از نوع آب - لیتیم بروماید هستند. نوع آب ـ سیلیکاژل این چیلرها نیز تولید می‌شوند ولی کاربرد آنها به اندازهٔ نوع آب ـ لیتیم بروماید نیست که در ظرفیت‌های بالا کاربرد دارد.

چیلرهای جذبی کم ظرفیت که به صورت واحدهای محلی کاربرد دارند به طور معمول از نوع آمونیاکی هستند و در آنها آمونیاک مبرد و آب ماده جذب کننده است. و اساس کار دقیقاً بر اساس شکل بالاست با این تفاوت که مبرد آمونیاک و مادهٔ جاذب آب است. چیلرهای جذبی برخلاف چیلرهای تراکمی از تنوع چندانی برخوردار نیستند و اغلب کاربرد مرکزی دارند. چیلرهای جذبی بر اساس چگونگی تغلیظ در دو گروه عمده تقسیم‌بندی می‌شوند : تغلیظ مستقیم که با شعله مستقیم انجام می‌شود و تغلیظ غیر مستقیم که در آن یکی از سیال‌های آب داغ، بخار یا آبگرم به صورت غیر مستقیم عامل تغلیظ هستند.

از آنجا که چیلرهای جذبی متکی به سوخت فسیلی و دیگ‌های آبگرم یا بخار هستند و کمپرسور در آنها وجود ندارد ، مصرف برق آنها بسیار اندک است. دارای استهلاک کم، سر و صدای کم و بدون سوزش هستند و بازده آنها نسبت به چیلرهای تراکمی بیشتر است.

تأسیسات تهویه مطبوع

شرایط محیط زیست انسان تأثیر مستقیمی بر چگونگی حالات روانی، وضعیت فیزیکی و نحوهٔ انجام دادن کار و بطور کلی تمامی جنبه‌های زندگی او دارد. از آنجا که بخش عمده‌ای از زندگی انسانهای امروزی در ساختمان می‌گذرد ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است که مهمترین آن تهیهٔ هوای مطبوع برای ساکنین ساختمان با توجه به نوع فعالیت آنهاست. زیباترین و گرانبهاترین ساختمانها در صورتی که فاقد سیستم تهویه مطبوع باشند قابل سکونت نیستند.

سیستم‌های تهویه مطبوع علاوه بر وظیفه تعویض، پاک‌سازی، رطوبت‌دهی، رطوبت زدایی و کنترل سرعت وزش هوا، وظیفه تأمین گرما و سرمای فضای مورد تهویه را بر عهده دارند.

شرایط هوای مطبوع : برای دستیابی به هوای مطبوع در راستای ایجاد حس آرامش در یک فضا موارد ذیل حائز اهمیت هستند. ۱) تنظیم دما ۲) تنظیم رطوبت نسبی هوا

۳) پاک سازی هوا ۴) سرعت وزش هوا

۱) تنظیم دما : دمای متوسط مطلوب برای انسان : در تابستان $18^{o}C$-$20^{o}C$ (متوسط $19^{o}C$) در زمستان $25^{o}C$-$27^{o}C$ (متوسط $26^{o}C$)

۲) تنظیم رطوبت نسبی هوا : اگر رطوبت هوا بین ۴۰ تا ۶۰ درصد باشد، برای دستیابی به حس آرامش مناسب است. معمولاً در مناطق مرطوب که رطوبت بین ۷۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد از تجهیزات رطوبت گیر و در مناطق خشک و نیمه خشک که رطوبت آنها کمتر از ۴۰ درصد است از تجهیزات رطوبت زن بهره می‌برند.

۳) پاک سازی هوا : جهت پاک سازی هوا، براساس نیاز می‌توان از فیلترهای مکانیکی، الکتریکی و یا پزشکی بهره برد.

۴) سرعت وزش هوا : معمولاً بین ۲ تا ۴ متر بر ثانیه مناسب است. البته این عدد وابسته به ابعاد فضا نیز می‌باشد.

انواع سیستمهای تهویه مطبوع (دو فصلی) :

۱) سیستم تهویه مطبوع تمام آب

۲) سیستم تهویه مطبوع تمام هوا

۳) سیستم تهویه مطبوع هوا ـ آب

۴) سیستم تهویه مطبوع آپارتمانی (پمپ حرارتی ـ Heat Pump)

۱) سیستم تهویه مطبوع تمام آب :

آب سرد یا گرم در سیستم مرکزی (چیلر و دیگ) تهیه شده و با توجه به فصل روانه فضای مورد نظر می‌شود. دستگاه‌های تبادل حرارت در این سیستم معمولاً فن کویل می‌باشد که معمولاً تأمین هوای تازه مورد نیاز فن کوئل‌ها در این سیستم از طریق دریچه‌هایی است که پشت فن کوئل و روی نمای خارجی ساختمان تعبیه شده‌اند.

در این سیستم می‌توانیم تنظیم دما و سرعت وزش هوا را کنترل نمائیم اما با توجه به شناختی که از ساختمان فن کویل داریم این سیستم دارای رطوبت زن نیست و برای نقاط مرطوب مناسب است علاوه بر آن رطوبت گیری

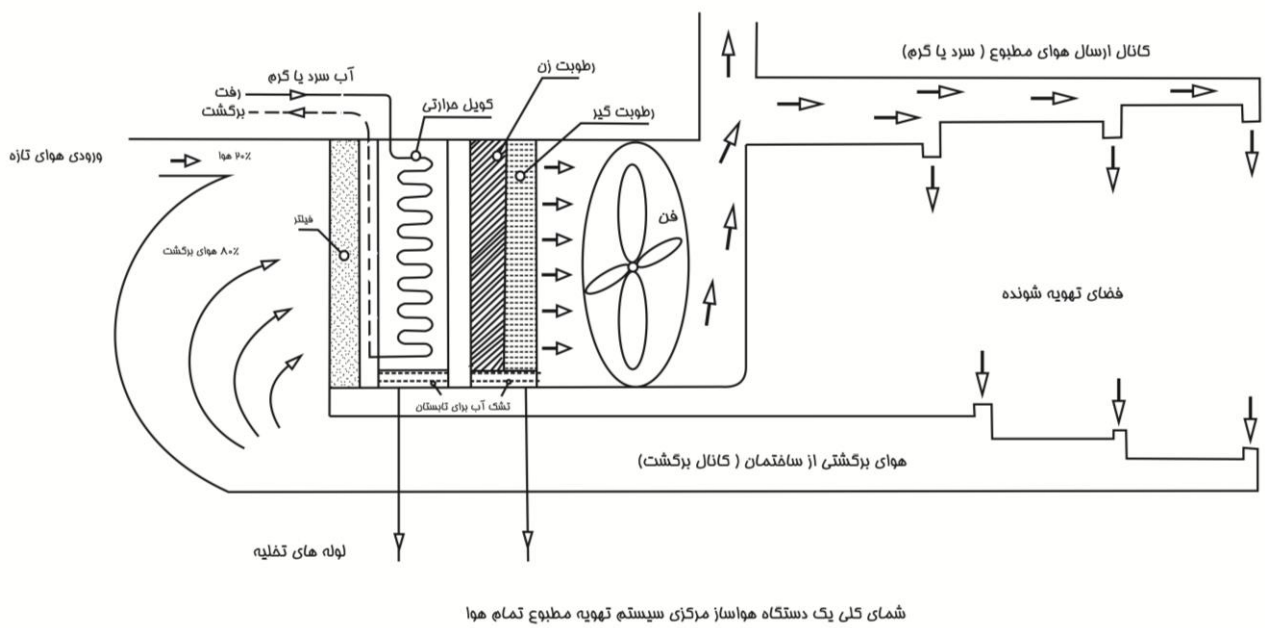
نیز می‌کند که در تابستان برای نقاط خشک و نیمه خشک مناسب نیست. پس از ۴ شرایط ذکر شده، دارای سه شرط می‌باشد ولی تعیین رطوبت نسبی مقدور نیست. معمولاً از این روش تهویه مطبوع در مکانهای مسکونی، هتل‌ها و مراکز تجاری استفاده می‌کنند.

۲) سیستم تهویه مطبوع تمام هوا:

در این سیستم هوای مطبوع در محلی دور از فضای مورد تهویه، تهیه شده و توسط کانال‌ها به فضای مورد نظر ارسال می‌شود.

در این سیستم در صورت استفاده از تجهیزات خودکفا مانند کورهٔ هوای گرم و واحدهای خنک کننده یکپارچه نیازی به تهیه و ارسال آبگرم یا آب سرد از مرکز تأسیسات اصلی نیست. اما در صورتی که برای تهیه هوای مطبوع از تجهیزاتی همچون هواساز استفاده شود ارسال سیال ناقل حرارت همچون آب داغ، بخار یا آبگرم از دیگ و سیال سرد همچون آب سرد از چیلر اهمیت می‌یابد.

هواساز : دستگاهی است که با انجام عملیاتی همچون تغییر دما، افزایش یا کاهش رطوبت، تصفیه و تنظیم سرعت مشخصات هوا را تغییر داده و آن را مطبوع می‌سازد از این منظر می‌توان آن را کامل‌ترین وسیله‌ای که توانایی انجام کلیه عملیات تهویه مطبوع را دارد محسوب نمود. یک هواساز از قسمت‌های مختلفی همچون کوئل گرمایی، کوئلی سرمایی، بادزن، موتور الکتریکی ، انواع فیلترهای تصفیه هوا (بر اساس نیاز)، رطوبت زن، رطوبت گیر، دهانه ورودی و خروجی، پوشش خارجی و تجهیزات کنترل کننده تشکیل شده است.



شکل ۸۰- شمای کلی یک دستگاه هواساز مرکزی سیستم تهویه مطبوع تمام هوا

از سیستمهای تهویه مطبوع تمام هوا در ساختمانهای بزرگ، سالن‌های ورزشی، بیمارستانها، سینماها و سالنهای اجتماعات استفاده می‌شود.

۳) سیستم تهویه مطبوع هوا ـ آب :

در واقع ترکیبی است از دو سیستم تمام آب و تمام هوا، در این گونه سیستمها بیشتر بار حرارتی فضای مورد تهویه توسط آبگرم یا آب سرد ارسالی از مرکز تأسیسات جبران شده و بخش کمتری از بار توسط هوای گرم و یا سرد تأمین می‌شود.

در مکانهایی همچون بیمارستان که علاوه بر سرمایش و گرمایش نیاز به هوای تازه وجود دارد می‌توان از این سیستم بهره برد.

در محیط‌هایی که برای سرمایش و گرمایش از فن کوئل بهره می‌برند و امکان قرار دادن دریچه‌های تهویه فن کوئل در دیواره وجود ندارد برای تأمین هوای تازه مورد نیاز فن کوئل (و هوای تازه مورد نیاز محیط) این سیستم کارگشاست.

یکی از مزایای این سیستم آن است که اگر یکی از فن کوئل یا هواساز کار نکند بخشی از بار حرارتی توسط دیگری تأمین خواهد شد.

نحوهٔ کار این سیستم با توجه به شکل صفحهٔ بعد در زیر توضیح داده شده است.

«نحوهٔ کار سیستم هوا ـ آب»

لوله‌های مشترک آب سرد و گرم :

در تابستان آب سرد در لوله‌های رفت $۶^{o}C$ و در لوله‌های برگشت $۱۲^{o}C$ در زمستان آبگرم در لوله‌های رفت ^{o}C ۷۰ و در لوله‌های برگشت $۶۰^{o}C$ در تابستان که نیاز به گرمایش نداریم شیرهای (۱) و (۲) را می‌بندیم و شیرهای (۳) و (۴) را باز می‌کنیم برای سرد کردن آب و انتقال آن به فن کویل و هواساز.

آبگرم مصرفی در تابستان و زمستان از طریق منبع دو جداره یا کویلی تأمین می‌شود.

۴) سیستم تهویه مطبوع پمپ حرارتی :

سیستمی است که قابلیت سرمایش یا گرمایش ساختمان را به اقتضای فصل دارد. این سیستم اساساً یک واحد تبرید است که می‌توان از طریق یک شیر مخصوص، مسیر سیال مبرد را در آن تغییر داده و اوا پراتور آنرا به کندانسور و بالعکس تبدیل نمود. بدین ترتیب هوا در عبور از روی کویلی که در تابستان نقش اوا پراتور بازی می‌کند، خنک شده و در زمستان با گذر از روی همین کویل که توسط شیر مخصوص تبدیل به کندانسور شده، گرم می شود.

شکل۸۱- شمای کلی یک سیستم هوا - آب