

کاشیران



[www.kashiran.ir](http://www.kashiran.ir)

کتابچه‌ی "موتورخانه‌ی استخر" توسط دپارتمان پژوهش شرکت پاکمن، زیر نظر مهندس میرزازاده تشکیل و تصحیح شده است. در این کتابچه سعی شده تا به ساده‌ترین شکل، تاسیسات مورد استفاده در موتورخانه‌ی یک استخر شنا مورد بررسی قرار گیرد و به بحث‌های حاشیبه‌ای پرداخته نشود.

در این مجموعه، طراحی سیستم گرمایش، فیلتراسیون و پمپاژ یک استخر مورد بررسی قرار گرفته است و با بهره‌گیری از کتاب Ashrae و تجربیات مدیران شرکت پاکمن در ساخت و طراحی تاسیسات مکانیکی استخر، مجموعه‌ای کم‌نظیری درباره‌ی موتورخانه‌ی استخر در اختیار شما مهندسين و دانشجویان گرانقدر قرار بگیرد.

این مجموعه در ۵ فصل ارائه شده است که فصل اول به عنوان مقدمه به بررسی کلی تاسیسات مجموعه استخر شنا پرداخته و نمای کلی از یک موتورخانه‌ی استخر تحلیل شده است.

در فصل دوم این مجموعه به انتخاب سیستم گرمایشی برای استخر اشاره شده است و در ادامه نحوه انتخاب بویلر و ادوات گرمایشی استخر به تفصیل آورده شده است.

در فصل سوم این کتابچه انواع فیلترها و روش‌های تصفیه آب با یکدیگر مقایسه شده و در انتها طریقه محاسبات فیلترهای شنی و انتخاب آنها برای استخرهای شنا مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم سیستم پمپاژ استخر و جکوزی، در کنار روش انتخاب پمپ از روی کاتالوگ ارائه شده است.

در فصل پنجم این کتابچه، مثال کامل و واضحی از یک استخر به ابعاد ۱۲٫۵ متر در ۲۵ متر و نحوه طراحی موتورخانه‌ی این استخر آورده شده است.

امیدواریم که مطالب این مجموعه مورد استفاده شما عزیزان قرار بگیرد.

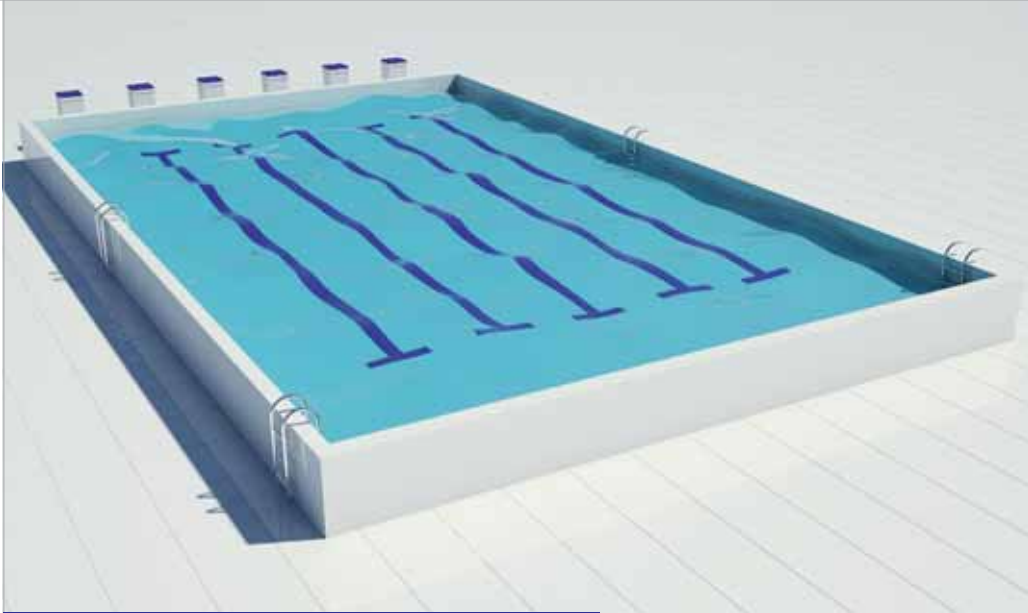
در انتها لازم می‌دانیم از مدیریت محترم شرکت پاکمن، جناب مهندس میرزازاده کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم که در راستای ارتقای سطح علمی این صنعت تلاش‌های بسیاری را داشته‌اند.

همچنین در این مجموعه از دانایی‌های مهندسين دفتر فنی کارخانه شرکت پاکمن و مهندسين گروه خدمات و اجرای شرکت پاکمن استفاده‌های ارزنده‌ای شده است که کمال تشکر و قدردانی را از این عزیزان داریم.

## فهرست

	فصل ۱
۴	استخر
	فصل ۲
۱۰	گرمايش
	فصل ۳
۲۰	فيلتراسيون آب استخر
	فصل ۴
۳۰	پمپاژ آب استخر
	فصل ۵
۳۴	مثال طراحی موتورخانه استخر
	ضمیمه ۱
۴۴	رطوبت گیرها
	ضمیمه ۲
۵۲	جدول تعیین قطر لوله
۵۶	ضمیمه ۳

فصل ۱



# استخر

موتورخانه های معمولی استخر دارای تجهیزات زیر می باشند:

- دیگ آبگرم
- دیگ بخار
- سختی گیر
- فیلتر شنی
- مبدل حرارتی
- منبع کویل دار
- موگیر
- پمپ
- شیر آلات و اتصالات

طراحی موتورخانه استخر شامل ۳ بخش کلی می باشد.

- بخش اول واحد گرمایش
- بخش دوم تصفیه آب
- بخش سوم پمپاژ



برای بررسی موتورخانه ی یک استخر لازم است تا تک تک واحدهای استخر به صورت مجزا مورد بررسی قرار گیرند تا تمامی تجهیزات مورد نیاز برای ایجاد آسایش شناگران مشخص شود.

## □ مقدمه

با پیشرفتهایی که در چند سال اخیر حاصل شده است، شیوه ها و مفاهیم طراحی استخرها تغییر پیدا کرده و ویژگی های جدیدی به آنها اضافه شده است. طرح های جدید با توجه به توصیه های مشاوران استخرسازی درباره چیدمان، استقرار و شکل استخر تهیه می شوند. مهندسان تاسیسات نیز باید مطابقت داشتن کلیه تجهیزات استخر را با مقتضیات جریان و فیلتراسیون آن مورد بررسی قرار داده و تأیید کنند. البته ملاحظات دیگری چون سیستم های الکتریکی، نوع پمپ ها، نوع فیلترها و شیمی آب نیز وجود دارند.

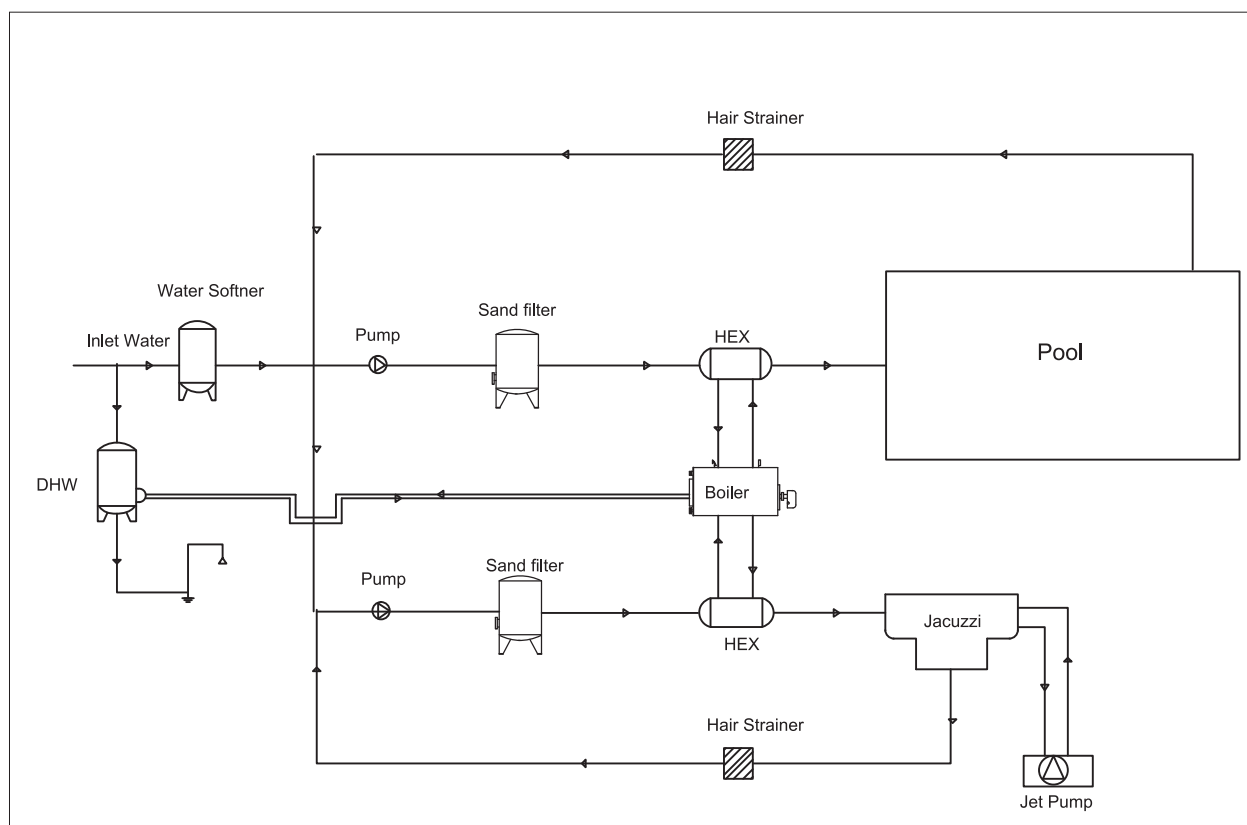
سازندگان استخرها باید بخوبی با تجهیزات مورد استفاده در استخرها، رنگ ها و پرداخت های سطوح، شیمی آب، پمپاژ مکانیکی، فیلتراسیون، سیستم های گرمایش و الکتریکی آشنایی داشته باشند.

## □ استخر شنا

استخر های شنا برای کاربری های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که بنا بر کاربری آن، دارای قسمتهای متفاوتی می باشند. یک استخر عمومی، دارای بخش هایی است که در زیر به آن اشاره می کنیم:

۱. سالن استخر
۲. استخر شنا
۳. جکوزی
۴. سونا بخار
۵. سونا خشک
۶. حوضچه آب سرد
۷. ورودی
۸. رخت کن
۹. دوش ها
۱۰. دستشویی ها

برای عملکرد بهینه ی این بخش ها نیاز به یک سیستم تاسیساتی یکپارچه است تا بتواند محیطی مناسب را برای شناگران تامین کند. برای برآورد این نیاز، تاسیسات یکپارچه ای را در فضایی به نام موتورخانه استخر تعبیه می کنند.



شکل ۱.۱ استخر شنا

### □ آب مناسب

آب حیاتی ترین پارامتر استخر است. آب شهر یا دمای ۱۰-۲۰ درجه سانتی گراد (بسته به شهر و یا کشور مورد استفاده) وارد موتورخانه شده و این آب قبل از ورود به استخر می باید مراحلی را طی کند، به دمای آسایش انسان نزدیک شود و در استخر مورد استفاده قرار گیرد، آب شهر همچنین باید سختی گیری شده و تصفیه گردد و در مراحل مواد شیمیایی نظیر کلر به آب اضافه گردد تا ذرات و مواد مضر آن گرفته شود. آب مورد استفاده در استخر شنا امکان جذب میکروب و ویروس را دارد و باید همواره از سلامت آن اطمینان حاصل کرد. برای مقابله با این مشکلات از فیلترها و مواد شیمیایی استفاده می شود. یکی دیگر از مشکلات مربوط به آب در سیستم موتورخانه استخر، سختی آن است که همه ساله میلیونها دلار در جهان صرف نگهداری و تعمیرات تجهیزات و لوله کشی های آسیب دیده از آن می شود.

مکانیزم ایجاد سختی آب بدین صورت است که بخار آب در جو چگالیده شده، دی اکسید کربن هوا را در خود حل می کند و تشکیل اسید ضعیفی بنام اسید کربنیک می دهد. این اسید همراه با قطرات باران به زمین می بارد. از خاک های سطحی عبور کرده و به بسترهای سنگی زیر زمینی که معمولا سنگ آهک می باشد می رسد، اسید ضعیف، آهک را در خود حل می کند و موجبات سختی آب را فراهم می آورد.

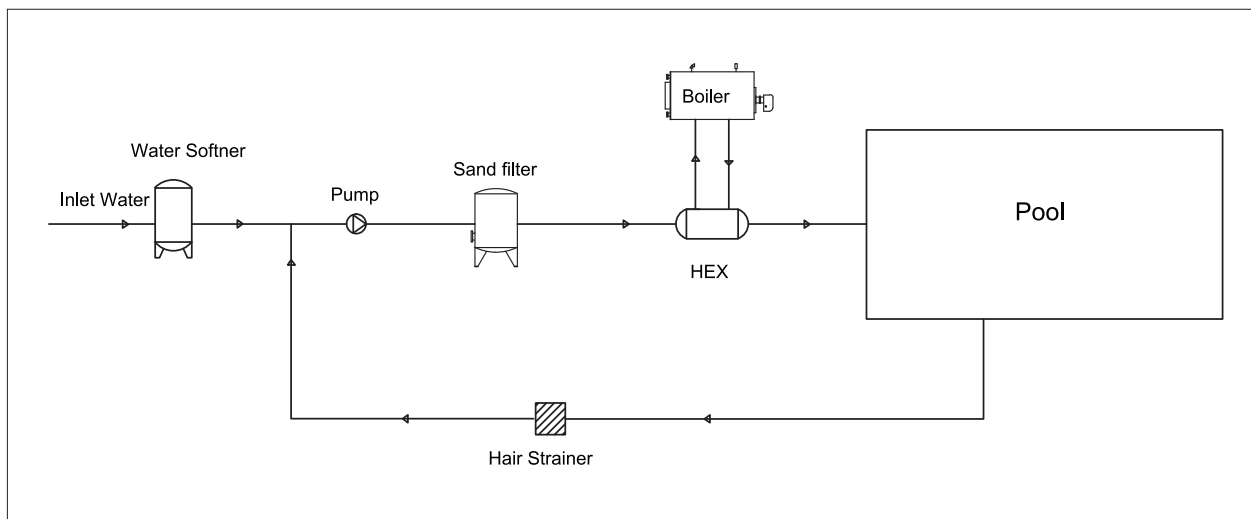
می باشند می رسد، سنگ آهک مخلوطی از کربنات کلسیم و منیزیم است. اسید ضعیف، آهک را در خود حل می کند و موجبات سختی آب را فراهم می آورد. برای مقابله با این مشکل از سختی گیر استفاده می شود.

### □ تاسیسات سالن استخر

استخرها به دو صورت **سرباز** و **سرپوشیده** مورد استفاده قرار می گیرند. در صورت سرپوشیده بودن استخر های شنا نیاز به تهویه سالن، وجود دارد. سالن مورد استفاده باید در درجه حرارت مناسب و رطوبت مطلوب باشد. برای تامین این درجه حرارت باید از وسایل سرمایشی و گرمایشی استفاده کرد که در این کتابچه به بررسی این مسائل نمی پردازیم و تنها به نوع سیستم تامین کننده این حرارت و رطوبت اشاره خواهد شد. در ضمن در ضمیمه ۱ نیز مطالب مفیدی درباره ی رطوبت گیر ها آورده شده است.

### □ تاسیسات استخر شنا

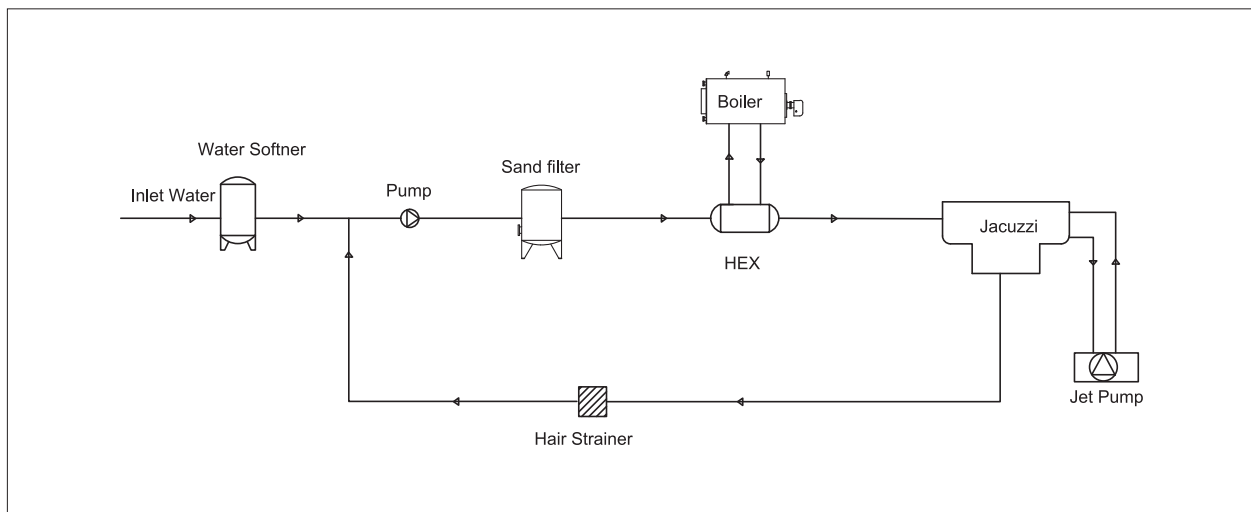
آب استخر باید عاری از هر نوع کثیفی باشد و دمای آن باید بین ۲۶ تا ۲۷ درجه سانتی گراد تنظیم گردد. برای تامین این شرایط نیاز به تجهیزات تاسیساتی است که در زیر نمای شماتیک این سیستم نشان داده می شود. در این نما، سیستم سیرکولاسیون لازم برای تامین شرایط مورد نیاز آب نشان داده شده است همچنین چگونگی رسیدن آب به درجه حرارت مورد نیاز نیز کاملاً مشخص می باشد.



شکل ۲. تجهیزات استخر

### □ تاسیسات جکوزی

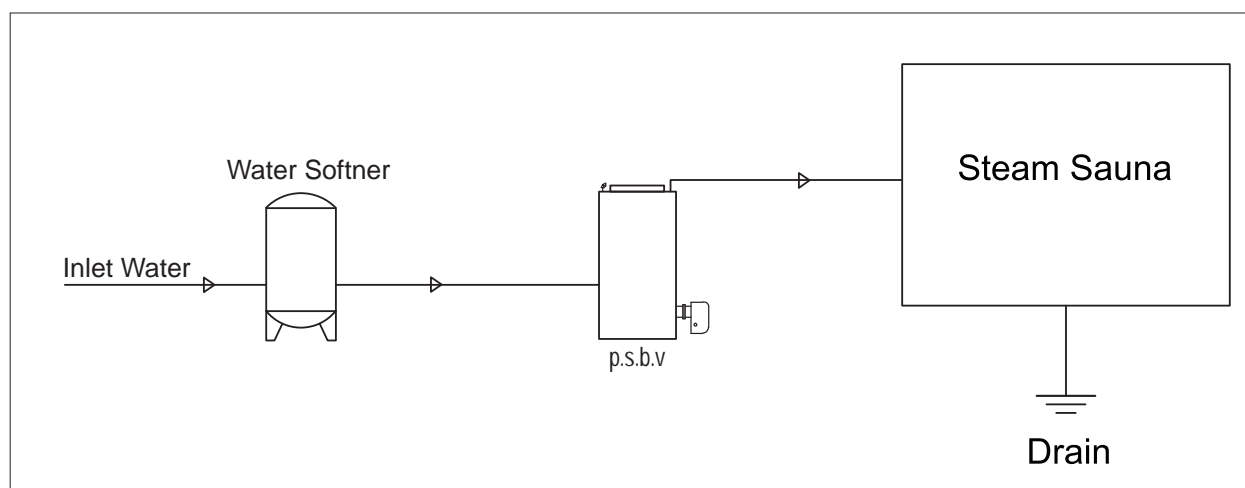
جکوزی در دمای مطلوب بین ۳۶ تا ۴۲ درجه کار می کند و باید آبی تمیز داشته باشد. برای تامین این شرایط نیاز به تاسیساتی است که در زیر نمای شماتیک این سیستم نشان داده می شود. جکوزی ها دارای سیستم های جت پمپ هستند تا با فشار آب و برخورد آن به بدن شناور، آب درمانی جکوزی تکمیل گردد.



شکل ۳. تاسیسات جکوزی

### □ تاسیسات سونای بخار

برای بهره برداری مناسب از سونای بخار، باید رطوبت نسبی تا ۹۹ درصد را برای آن فراهم کرد. برای ایجاد این شرایط لازم است تا با استفاده از تاسیسات نشان داده شده در شکل زیر این محیط را برای استفاده مهیا کرد.



شکل ۴. تاسیسات سونای بخار

### □ تاسیسات سونای خشک

برای استفاده از سونای خشک نیاز به نصب تاسیسات در موتورخانه نمی باشد و در این قسمت به بررسی آن نمی پردازیم.

### □ حوضچه آب سرد

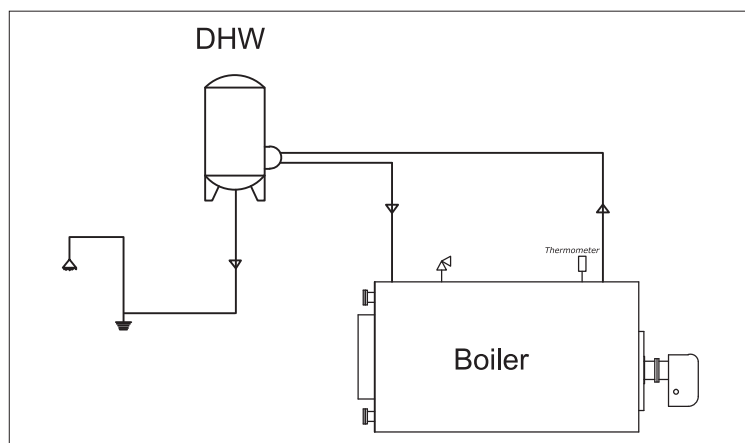
برخی از پزشکان، فواید بسیار زیادی را برای استفاده از حوضچه های آب سرد بر می شمردند. برای عملکرد صحیح حوضچه های آب سرد، می توان راه های مختلفی را انتخاب نمود. در بعضی از استخرها از سیستم های سرمایش مانند پیلر کمک می گیرند تا درجه حرارت این حوضچه را پایین نگاه دارند.

### □ ورودی و رخت کن

در سالن ورودی و رختکن یک استخر، باید با تهویه مناسب و استفاده از سیستم های سرمایشی و گرمایشی، محیطی آرام برای شناگر ایجاد کرد. برای طراحی تاسیسات این دو قسمت مشابه کتاب های طراحی تهویه مطبوع همچون کتاب کریبر عمل می کنیم.

### □ دوش ها و دست شویی ها

آب بهداشتی مناسبی که برای دست شویی و دوش ها مورد نیاز است باید در درجه حرارت مناسب در اختیار شناگران قرار گیرد که برای تامین این آب باید از تاسیساتی همچون نمای شماتیک زیر استفاده کرد. در این نما نحوه سیرکولاسیون آب و تجهیزات مورد استفاده برای گرمایش این آب نشان داده شده است. حال پس از بررسی اجمالی بخش های مختلف استخر و تاسیسات مورد استفاده برای آن ها، به محاسبات سیستم های تاسیساتی برای استخر شنا می پردازیم. برای راحت تر شدن محاسبات مطلب را در ۳ فصل گرمایش، فیلتراسیون و پمپاژ ارائه می کنیم و در انتها نیز به حل مثالی برای استخر می پردازیم.



شکل ۵. گرمایش آب مصرفی



[www.kashiran.ir](http://www.kashiran.ir)

## فصل ۲



# گرمایش

باید ذکر کرد شناگران بنا بر وزن و میزان فعالیت خود، انرژی ما بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ کیلو کالری در ساعت (بسته به وزن و نوع شنا) را مصرف می کنند که به محیط و آب استخر اضافه می شود این انرژی امکان دارد در زمانی که تعداد افراد داخل استخر بالا رود، عدد قابل ملاحظه ای گردد. اما چون ممکن است در یک زمان مشخص (برای مثال هنگام تعویض سانس استخر) تعداد شناگران بسیار کم باشند نمی توان از این انرژی اضافه شده به استخر استفاده کرد و در این صورت آن را به عنوان یک ضریب اطمینان در طراحی استخر در نظر می گیریم.

برای مثال در زمانی که ۱۰۰ شناگر همزمان در آب شنا کنند عددی بالغ بر ۴۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی به آب و محیط اضافه می گردد که نمی توان از آن به عنوان یک انرژی همیشگی بهره جست.

بعضی از طراحان استخر انرژی تلف شده از آب هدر شده توسط شناگران و فعالیت آنها را با این انرژی سر به سر گرفته و مد نظر قرار نمی دهند که به عنوان یک طراحی محافظه کارانه این کار درست نیست.

## □ اتلاف حرارتی از سطح و تبخیر سطحی

کل تلفات حرارتی از سطح استخر را محاسبه می کنیم. اطلاعات اولیه استخر شامل دماهای ورودی آب شهر و دمای هوا، سرعت باد و گرمای نهان را داریم، با این اطلاعات تلفات اولیه قابل محاسبه است. با توجه به کتاب اشری (ASHRAE) ۲ فرمول زیر برای حالات استخر آرام و فعال در دسترس قرار دارد:

$$W=(95+0.425v)(p_w - p_a)/Y \quad (1)$$

$$W=(69+0.35v)(p_w - p_a)/Y \quad (2)$$

W : میزان تبخیر  $lb/h.ft^2$   
v : سرعت باد در سطح  $ft/min$

مهمترین بخش موتورخانه استخر سیستم گرمایشی آن می باشد، برای گرمایش آب و محیط استخر نیاز به یک منبع گرمایی مانند بویلر داریم. برای اطلاع از ظرفیت بویلر و مشعل باید کلیه تلفات حرارتی استخر که شامل موارد زیر است را در نظر گرفت.

• اتلافات حرارتی از سطح و دیواره استخر ( $Q_1$ )

• گرمای مورد نیاز برای پیش گرمایش استخر، در زمان راه اندازی ( $Q_2$ )

• بار استحمامی افراد و میزان مصرف در دوش ها و دستشویی ها ( $Q_3$ )

• بار گرمایشی سالن سرپوشیده استخر ( $Q_4$ )

• بارهای گرمایی برای جکوزی ( $Q_5$ )

حال به ترتیب طریقه محاسبه  $Q_1$  تا  $Q_5$  را شرح می دهیم.

و بعد از آن به بررسی بارهای حرارتی لازم برای جکوزی می پردازیم.

## ۱. طریقه محاسبه اتلاف حرارتی از سطح و آب جبرانی ( $Q_1$ )

معمولاً برای یک استخر ۳ نوع از اتلافات حرارتی را در نظر می گیرند.

✓ اتلاف حرارتی توسط آب جبرانی

✓ اتلاف حرارتی از سطح و تبخیر سطحی

✓ اتلاف حرارتی از دیواره ها و کف استخر (بسیار ناچیز است و در نظر گرفته نمی شود)

## □ اتلاف حرارتی توسط آب جبرانی

اصولاً به ازای هر شناگر در حدود ۱۰ الی ۲۰ لیتر آب با چسبیدن بر روی بدن شناگران و فعل و انفعالات شناگران تلف می شود. بار حرارتی به ازای این اتلاف برای هر ۱۰۰ نفر حدود 30,000kcal/h است.

### ۱-۲. محاسبه سطح استخر

اولین گام در طراحی استخر شنا، تعیین مساحت کل آن است که بر مبنای چگونگی استفاده و تعداد شناگرانی که در یک زمان در داخل استخر خواهند بود، پیش بینی می شود. بر حسب توصیه کمیته استخر های شنای امریکا، می باید حداقل طول استخر ۶۰ فوت (۱۸ متر) و عرض آن مضربی از ۶،۵ و ۷ ft (۱،۵ ، ۱،۸ و ۲ متر) منظور گردد. اما در استخرهای تفریحی، تعداد شناگرانی که در یک زمان داخل استخر خواهند بود، عامل اصلی در تعیین مساحت استخر می باشد. معلوم شده است برای زمانی که حداکثر تعداد شناگران داخل آب باشند، می بایست

$p_w$ : فشار بخار اشباع در دمای آب in.Hg

$p_a$ : فشار بخار اشباع در نقطه شبنم in.Hg

Y: گرمای نهان در دمای استخر Btu/lb

نرخ تبخیر برای استخر آرام، که توسط "معادله ۲" محاسبه شده، تقریباً ۷۴٪ مقداری است که از "معادله ۱" اشری بدست می آید.

طریقه محاسبه اتلاف حرارتی از فرمول بالا به صورت کامل در مثال فصل ۵ ذکر شده است.

این در حالیکه برای راحت تر شدن محاسبات، جدول زیر به ازای اختلاف دماهای ثابت به درجه فارنهایت، ارائه شده است.

جدول ۱. فصل دوم

تلفات حرارتی از سطح استخر و هوای محیط								
اختلاف دمای آب و هوای محیط F	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۵۰
Btu/h.ft <sup>2</sup>	۱۰۵	۱۵۸	۲۱۰	۲۶۳	۳۱۵	۳۶۸	۴۲۰	۵۲۵

به ازای هر شناگر داخل آب ۲۵ فوت مربع (۲،۳ متر مربع) سطح در نظر گرفته شود. در اینجا فرض بر این است که یک سوم افراد حاضر در استخر درون آب نیستند. (منظور شناگرانی که در محیط استخر بوده و هنوز داخل آب نپریده اند و یا داخل آب بوده و از آن خارج شده اند)

### ۲-۲. محاسبه اختلاف دما

همانطور که در مراجع آمده است برای استخرها با کاربری های متفاوت درجه حرارت های مختلفی برای آسایش شناگران اعلام کرده اند که این عدد معمولاً بین ۲۶ تا ۲۷ درجه سانتی گراد می باشد. برای استخرهای خانگی این عدد ۲۶،۷ سانتی گراد (۸۰ درجه فارنهایت) ذکر گردیده است. دمای آب ورودی نیز بنا به محل استفاده استخر متفاوت است. این عدد با فصل کارکرد استخر نیز تغییر می کند. برای شهر تهران این عدد در تابستان حدوداً ۱۵ درجه سانتی گراد و در زمستان در حدود ۷ درجه سانتی گراد می باشد.

### ۳-۲. مدت زمان پیش راه اندازی

استخرها یا به صورت دائم فعال هستند (استخرهای عمومی) و یا به صورت دوره ای (استخرهای خانگی) مورد استفاده قرار می گیرند. با دانستن این موضوع و اینکه استخرهای خانگی ممکن است تنها در انتهای هفته فعال شوند، زمان راه اندازی در این استخرها بسیار کمتر از استخرهای عمومی است. معمولاً برای استخرهای خانگی ۸ ساعت جهت پیش راه اندازی در نظر می گیرند. این عدد برای استخرهای

\* مقادیر ارائه شده در جدول فوق بر مبنای سرعت باد 3.5m/h می باشد.

\* برای سرعت باد 5m/h مقادیر مستخرجه از جدول فوق را در ضریب ۱.۲۵ ضرب کنید.

\* برای سرعت باد 10m/h مقادیر مستخرجه از جدول فوق را در ضریب ۲ ضرب کنید.

عدد به دست آمده از جدول ۱ را که بر حسب Btu/h.ft<sup>2</sup> می باشد باید در سطح استخر ضرب کرد تا  $Q_1$  به دست آید.

### ۲. طریقه محاسبه گرمای مورد نیاز برای راه اندازی ( $Q_2$ )

تا اینجا بخشی از تلفات را بدست آوردیم، حال در ادامه باید بدانیم چه مقدار انرژی حرارتی برای بالا بردن این حجم آب استخر تا دمای مورد نظر (در زمان راه اندازی) نیاز است. با داشتن حجم استخر (گالن) و اختلاف دما آب ورودی با آب استخر (فارنهایت) و مدت زمان لازم جهت پیش راه اندازی (ساعت)، این انرژی قابل محاسبه است.

$$Q_2 = \frac{8.33 * (T_f - T_i) * \text{حجم استخر (گالن)}}{\text{مدت زمان پیش راه اندازی}} \quad (3)$$

$Q_2$ : مقدار گرمایی که باید به آب استخر بدهیم Btu/h

$T_f$ : دمای نهایی آب استخر

$T_i$ : دمای ابتدایی آب استخر

عمومی بنا بر نیاز از ۲۴ ساعت الی ۷۲ ساعت متغیر است. هر چه مدت زمان راه اندازی کوتاه تر باشد ظرفیت بویلر انتخابی بیشتر خواهد شد.

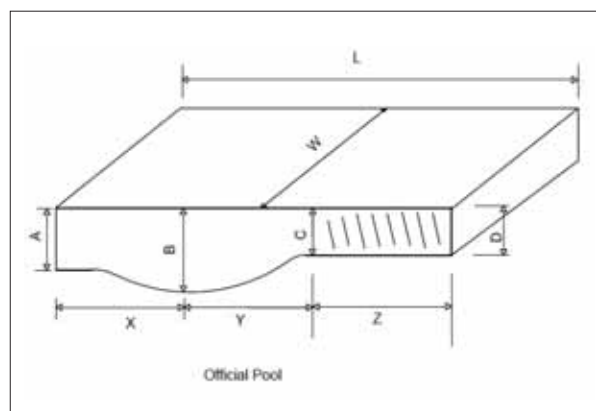
#### ۴-۲. محاسبه حجم استخر

برای محاسبه حجم استخر پس از بدست آوردن سطح، عمق استخر بسته به چگونگی استفاده از آن تعیین می شود. عمق آب در قسمت ابتدای استخر باید در حدود ۴ تا ۵ فوت (۱,۲۵ متر) باشد و کف استخر با شیب ملایمی به تدریج به قسمت عمیق منتهی گردد. بهتر است عمق انتهای استخر جهت مناسب بودن برای شیرجه بیش از ۹ فوت (۲,۷ متر) منظور شود. این عدد تا حدود ۴ متر نیز افزایش می یابد. تا جایی که پا به کف استخر می رسد و امکان راه رفتن وجود دارد، نباید عمق استخر به طور ناگهانی تغییر یابد.

با مشخص شدن عمق و مساحت سطح استخر، حجم آب داخل استخر مشخص می شود. (شکل ۱)

از آنجایی که ارتفاع استخر در جاهای مختلف متفاوت است از این رو با داشتن ارتفاع های مختلف، ضرب در طول مشخصه آنها، به صورت مجزا حجم هر واحد را حساب کرده در نهایت جمع می کنیم، (بین هر دو ارتفاع میانگین می گیریم و عرض استخر نیز ثابت است). گاهی نیز فقط طول، عرض و ارتفاع را می دهند که در این صورت حجم همان حاصلضرب داده ها خواهد شد. اگر هم، زمانی ارتفاع را نداشته باشیم به صورت پیش فرض ۱,۶۸ متر یا ۵,۵ فوت در نظر می گیریم. جدول شماره ۲،۳ ابعاد استخرهای قانونی را که توسط کمیته استخرهای امریکا توصیه شده اند، ارائه می دهد.

شکل ۱. ابعاد استخرهای قانونی



جدول شماره ۲. فصل دوم. ابعاد قانونی استخرهای شنا سیستم انگلیسی

pool Capacity Gallons	Bathing Load person	Bathing Capacity per day	A	B	C	D	X	Y	Z	L	W
			Feet								
55,000	48	418	8	9	5	3.25	15	20	25	60	20
80,800	75	607	8	9	5	3.25	15	20	40	75	25
120,000	108	900	8	9.5	5	3.25	18	25	47	90	30
155,600	147	1,170	8	10	5	3.25	18	25	62	105	35
207,600	192	1,555	8	10	5	3.25	20	30	70	120	40
254,000	243	1,905	8	10	5	3.25	20	30	85	135	45
306,000	300	2,300	8	10	5	3.25	20	30	100	150	50
422,400	432	3,170	8	10	5	3.25	20	30	130	160	60
558,000	590	4,180	8	10	5	3.25	20	30	160	210	70

جدول شماره ۳. فصل دوم. ابعاد قانونی استخر های شنا SI

pool Capacity (m <sup>3</sup> )	Bathing Load person	Bathing Capacity per day	A	B	C	D	X	Y	Z	L	W
			Meter								
208	48	418	2.4	2.7	1.5	1	4.5	6	7.6	18.2	6
306	75	607	2.4	2.7	1.5	1	4.5	6	12	22.8	7.6
454	108	900	2.4	2.9	1.5	1	5.4	7.6	14.3	27.4	9.1
589	147	1,170	3.4	3	1.5	1	5.4	7.6	18.9	32	10.6
786	192	1,555	2.4	3	1.5	1	6	9.1	21.3	36.6	12.2
961	243	1,905	4.4	3	1.5	1	6	9.1	26	41	13.7
1,158	300	2,300	2.4	3	1.5	1	6	9.1	30.5	45.7	15.2
1,599	432	3,170	5.4	3	1.5	1	6	9.1	39.6	48.7	18.3
2,112	590	4,180	2.4	3	1.5	1	6	9.1	48.7	64	21.3

بار گرمایی این استخرها بر اساس گردش مداوم و ۲۴ ساعته آب و فرمول های زیر تعیین شده اند.

L = طول استخر	بار استحمامی استخر (تعداد شناگران) = $L * W / 2$
W = عرض استخر	
Q = حجم آب مورد نیاز هر شناگر (گالن)	حجم آب مورد نیاز هر شناگر (گالن) $Q = 6.25 * T^2$
T = مدت زمان یک گردش کامل آب استخر	
C = ساعات گردش آب	ظرفیت استحمامی در روز = $CV / TQ$
V = حجم استخر (گالن)	

به عنوان یک مثال طراحی فرض کنید در یک استخر تفریحی حداکثر ۱۰۰ شناگر شنا کند. در این صورت :  
 ۱۰۰ (شناگر) \* ۲۵ (فوت مربع به ازای هر شناگر) = ۲۵۰۰ فوت مربع سطح آب مورد نیاز

لذا ابعاد استخر برای چنین سطحی بر حسب طرح می تواند بدین قرار باشد:

۳۰ \* ۹۰ (فوت): ابعاد پیشنهادی کمیته استخر های شنا

پس با این اوصاف برای این استخر ابعادی مشابه با ردیف سوم جدول شماره ۲ در نظر می گیریم که حجمی بالغ بر ۱۲۰۰۰۰ گالن را خواهد داشت. در صورت استفاده نکردن از این جدول نیز می توان از طریق ضرب طول در عرض استخر و ارتفاع میانگین هر قسمت از استخر، حجم آن را بدست آورد.

سانتی گراد (حدود ۴۰ درجه سانتی گراد)

#### ۴. **طریقه محاسبه بار گرمایشی سالن سرپوشیده استخر (Q<sub>4</sub>)**

محیط استخرهایی که در سالن های سرپوشیده هستند، نیاز به تهویه مطبوع دارند. پس با محاسبه حرارت اتلافی از سالن استخر بنابر درجه حرارت محیط بیرون و داخل و بار تشعشعی، همراه با داشتن جنس دیوارهای سالن می توان از کتاب های تهویه مطبوع و تاسیساتی این بار را محاسبه کرد. نرم افزار کریر به سادگی این عدد را در اختیار ما قرار می دهد.

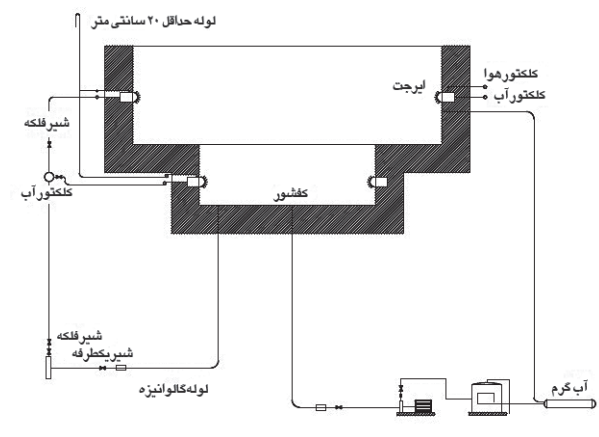
#### ۵. **به دست آوردن بار های حرارتی جکوزی (Q<sub>5</sub>)**

برای یک جکوزی بار های حرارتی زیر را باید مد نظر قرار داد.

۱. بار گرمایی مورد نیاز برای پیش گرمایش

۲. بار حرارتی اتلافی از سطح جکوزی

برای بدست آوردن این موارد ابتدا باید محاسبه حجم جکوزی را انجام داد.



شکل ۲. نمای جکوزی

#### ۱-۵. **حجم جکوزی**

برای بدست آوردن حجم جکوزی ابتدا باید تعیین کرد که این جکوزی برای استفاده ی چند نفر می باشد. به ازای هر شخص که از جکوزی استفاده می کند باید مساحتی بالغ بر ۲ متر مربع را در نظر گرفت و بعد از ضرب تعداد افراد در مساحت ۲ متر مربع، مساحت جکوزی را تعیین کرد و با در نظر گرفتن شکل جکوزی، ابعاد آن را محاسبه می کنیم. جکوزی ها معمولا به صورت دایره ساخته می شوند و یا، ۶ یا ۸ ضلعی خواهند بود. در هر دو صورت با تقریب شکل دایره ای و داشتن مساحت جکوزی، شعاع آن را بدست می آوریم.

$$A = m^2 \text{ تعداد افراد} * 2$$

$$A = \pi r_1^2$$

چنین استخری در صورتیکه سرپوشیده باشد باید موزاییک یا کاشی سفید یا کاشی روشن خط کشی شود، و اگر در فضای باز باشد باید با همان سیمان سفید به طور کاملا صاف نازک کاری شود. تمامی گوشه های استخر می باید گرد باشد و سطح پیرامون استخر باید به گونه ای کاملا واضح به منظور نشان دادن عمق آب در نقاط معین علامت گذاری شود، ترجیحا در نقاطی که عمق آب یک فوت افزایش می یابد. علامت گذاری خطوط شنا و غیره را می توان با مواد تیره رنگ انجام داد ولی باید در بخش اعظمی از استخر مواد رنگی روشن به کار برد تا هرگونه آلودگی و چربی به راحتی پیدا شود.

با دانستن حجم استخر، مدت زمان پیش راه اندازی و اختلاف دما، Q<sub>2</sub>، به راحتی محاسبه می شود.

برای تاکید عرض شود که اختلاف دما بر حسب فارنهایت، حجم استخر بر حسب گالن و مدت زمان پیش راه اندازی به ساعت می باشد که Q<sub>2</sub> را بر حسب Btu/h به ما می دهد.

#### ۳. **طریقه محاسبه گرمای مورد نیاز برای تامین بار استحمامی استخر (Q<sub>3</sub>)**

یکی دیگر از پارامترهایی که در طراحی استخر باید در نظر گرفته شود بار استحمامی آن می باشد. بدین معنا که در یک ساعت از عملکرد استخر، شناگران چه میزان از ادوات بهداشتی و دوش ها استفاده می کنند. برای به دست آوردن این پارامتر ابتدا باید تخمینی از تعداد افراد حاضر در استخر به دست آورد که این عدد از تقسیم سطح استخر به فوت مربع بر ۲۵ بدست می آید.

$$\frac{L * W}{25} = \text{بار استحمامی استخر (تعداد شناگران)}$$

$$L = \text{طول استخر}$$

$$W = \text{عرض استخر}$$

با تخمین تعداد شناگران حاضر در استخر و دانستن این موضوع که این تنها دو سوم افراد حاضر در محیط استخر هستند و یک سوم بقیه در کناره های استخر، دوش ها، سونا، رختکن و... می باشند، کلیه کاربران حاضر در محیط استخر را محاسبه می کنیم.

عدد به دست آمده باید در ۲۰۰ گالن در ساعت یا ۵۰ لیتر در ساعت (بار استحمامی هر شناگر) ضرب گردد تا میزان مصرف آب گرم بهداشتی برای کل استخر بدست آید. (باید در نظر داشت با بنا بر فرهنگ های مختلف این عدد در ضریب تقاضا ضرب می شود که در این جا با در نظر گرفتن ضریب تقاضای برابر ۰.۵، در ایران به ادامه محاسبات می پردازیم) حال برای محاسبه گرمای مورد نیاز برای تامین بار استحمامی از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$Q_3 = \rho V c \Delta \theta \quad (4)$$

$\rho$ : چگالی آب که ۱ kg/m<sup>3</sup> در نظر گرفته می شود.

$V$ : حجم استخر بر حسب لیتر

$C$ : ظرفیت گرمای ویژه آب ۱ Kcal/kgk

$\Delta\theta$ : اختلاف دمای آب ورودی و آب استحمامی مناسب به درجه

باید ذکر کرد از جمله مزیت‌های استفاده از دیگ فولادی نسبت به دیگهای چدنی، این است که دیگهای فولادی توان تحمل فشار بالاتری را داشته و در صورت بروز تنش‌های حرارتی در فشارهای پایینتر، مقاومت بالاتری را دارا هستند، که این موضوع برای تامین امنیت محیط بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

برای بدست آوردن ظرفیت بویلر مورد نیاز برای استخر به صورت زیر عمل می‌کنیم:

• بدست آوردن اتلافات حرارتی از سطح، دیواره استخر و آب جبرانی

$$(Q_1)$$

• بدست آوردن گرمای مورد نیاز برای پیش گرمایش استخر، در

$$\text{زمان راه اندازی } (Q_2)$$

• بدست آوردن بار استحمامی افراد و میزان مصرف در دوش ها و

$$\text{دستشویی ها } (Q_3)$$

• بدست آوردن بار گرمایشی سالن سرپوشیده استخر  $(Q_4)$

• بدست آوردن بار های حرارتی جکوزی  $(Q_5)$

حال با در دست داشتن این ۵ مقدار به سراغ محاسبه ظرفیت دیگ مورد نیاز برای استخر می‌رویم:

بار گرمایی استخر در حالت بیشینه از جمع ۵ حرارت داده شده بدست می‌آید. اما استخر در زمان راه اندازی، نیاز به تامین بار استحمامی نخواهد داشت و همچنین در زمان کار استخر نیاز به گرمای راه اندازی نخواهد داشت، پس برای صرفه جویی در هزینه‌های جاری و اولیه استخر، موتورخانه استخرها را با قرار دادن یک بویلر رزرو تجهیز می‌کنند تا این بویلر تنها در زمان راه اندازی به کار بیافتند.

همچنین باید در نظر داشت که تلفات از سطح و دیواره در واقع یک منبع تامین گرمای محیط پیرامون استخر می‌باشد، پس باید در محاسبه ی بار بویلر،  $(Q_1)$  را یک بار جمع و یک بار تفریق کرد.

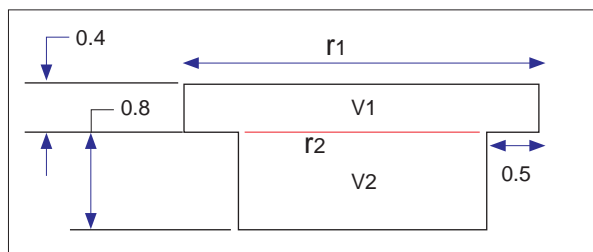
عدد  $Q_1$  در محاسبه بار مبدل نیز مورد نیاز است پس محاسبه ی آن بی فایده نخواهد بود.

در انتها باید ذکر کرد که برای یک **استخر سرپوشیده**  $Q_1$  را با  $Q_2$  و  $Q_4$  و  $Q_5$  جمع کرده و بنا بر نیاز، به تعداد بویلر ها تقسیم کرده تا هم ظرفیت و هم تعداد بویلر ها مشخص گردد.

اما برای **استخر های سر باز** که  $Q_4$  در آن ها وجود ندارد ظرفیت بویلر ها با جمع  $Q_1$ ،  $Q_2$ ،  $Q_3$  و  $Q_5$  محاسبه شده و با تقسیم این عدد بر تعداد بویلرها، ظرفیت هر بویلر بدست می‌آید.

همان گونه که ذکر شد بهتر است تعداد بویلر ۲ و یا ۳ در نظر گرفته شود تا پس از راه اندازی یکی از بویلرها به صورت رزرو عمل کند.

در صورت انتخاب ۲ بویلر برای استخر، ظرفیت بویلر رزرو، ۷۵ درصد کل بار حرارتی استخر می‌باشد و بویلر اصلی مورد استفاده نیز باید توان تولید ۷۵ درصد از انرژی محاسبه شده کل را داشته باشد. پس در کل ۱.۵ برابر ظرفیت محاسبه شده برای بار حرارتی، به ظرفیت بویلر نسبت داده می‌شود. این درحالی است که هزینه اولیه بویلرها بالا می‌رود اما با استفاده از بویلر رزرو هزینه‌های جاری سوخت و نگه داری بسیار کاهش



شکل ۳. شماتیک جکوزی

حال از طریق فرمول‌های بالا می‌توان شعاع جکوزی را بدست آورد. پس از بدست آوردن شعاع جکوزی و شکل برش خورده بالا که مشخصات ساختی جکوزی را نشان می‌دهد می‌توان حجم جکوزی را محاسبه کرد.

$$V_1 = \Pi r_1^2 h = 3.14 * r_1^2 * 0.4$$

$$V_2 = \Pi r_2^2 h = 3.14 * r_2^2 * 0.8$$

$$\text{حجم جکوزی: } V_{tot} = V_1 + V_2$$

## ۲-۵. پیش گرمایش آب جکوزی

محاسبه حرارت مورد نیاز برای پیش گرمایش جکوزی مانند روشی است که برای آب استخر در نظر گرفتیم با این تفاوت که مدت زمان پیش گرمایش آب جکوزی را ۱ تا ۲ ساعت در نظر می‌گیریم. دمای مناسب برای جکوزی در مراجع بین ۳۶ تا ۴۱ اعلام شده است. عدد ۳۹ یک عدد مناسب برای آب جکوزی است.

با دانستن حجم و دمای آب می‌توان حرارت مورد نیاز برای پیش گرمایش آب جکوزی را بدست آورد. (فرمول شماره 3)

## ۳-۵. محاسبه بار حرارتی اتلافی از سطح جکوزی

برای بدست آوردن این حرارت می‌توان از جدول شماره ۱ (اتلافات حرارتی از سطح استخر) استفاده کرد و با ضرب عدد بدست آمده در ۲ (به دلیل تلاطم بالاتر جکوزی نسبت به آب استخر) و ضرب این عدد در مساحت جکوزی، حرارت اتلافی از سطح جکوزی را بدست می‌آوریم. در جکوزی اتلافات دیگری نیز وجود دارد که به دلیل ناچیز بودن این اتلافات، از اشاره کردن به آنها خودداری می‌کنیم. حال برای محاسبه  $Q_5$  کافیست این دو بار حرارتی را با هم جمع کرد.

## ۶. به دست آوردن ظرفیت حرارتی بویلر آبگرم

برای تامین گرمای مورد نیاز استخر از یک یا چند دستگاه بویلر در کنار یکدیگر استفاده می‌کنیم. بویلرها یا همان دیگ‌های آبگرم دارای دسته بندی‌های مختلفی هستند از جمله:

- دیگ های چدنی
- دیگ های فولادی



می باید و همچنین در عمر مفید دیگ اثر مثبت خواهد گذاشت.

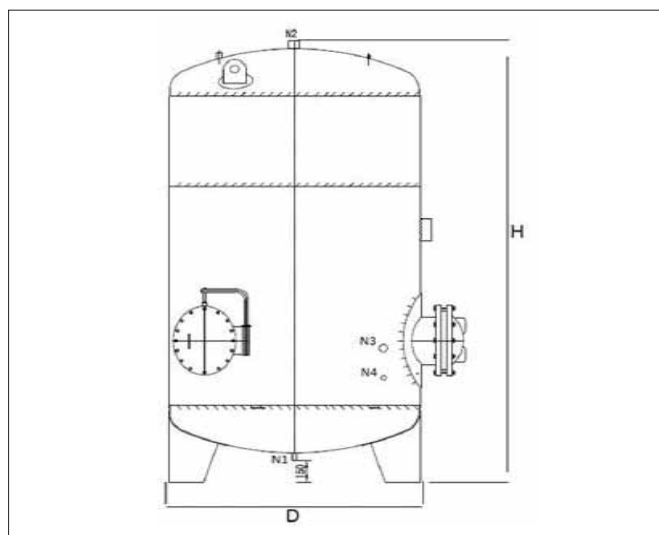
باید در نظر داشت که بویلرهای چدنی و فایر تیوب توان ایجاد راندمانی بالاتر از ۸۶ درصد را نخواهند داشت، پس باید دانست که این بویلر ها توانایی تامین حداکثر ۸۶ درصد از توان اسمی خود را دارند. باید در هنگام انتخاب بویلر، ظرفیت حرارتی بدست آمده برای استخر را بر راندمان بویلر تقسیم کنیم تا ظرفیت اسمی بویلر بدست بیاید.

## ۷. منبع کویل دار

متداولترین روش برای تولید آبگرم بهداشتی مصرفی و ذخیره این آب، استفاده از منابع کویلدار می باشد. در این نوع منابع، آب گرم یا بخار تهیه شده توسط بویلر، داخل یک کویل حرارتی که معمولاً از چند شاخه لوله رفت و برگشتی که از جنس مس می باشد گردش نموده و پس از تبادل حرارت با دیوار لوله های مسی از کویل خارج می گردد. تبادل حرارت انجام شده باعث گرم شدن لوله مسی و در نهایت گرم شدن آب سرد خارج لوله که آنرا احاطه کرده است می شود. جنس منبع از ورق گالوانیزه می باشد اما در صورت استفاده از ورق سیاه (فشارهای بالاتر) داخل منابع را با پوشش اپوکسی



شکل ۵. منابع کویل دار



شکل ۴. منابع کویل دار عمودی

مسکونی، کارخانجات، استخرها و... ساخته می شود. به طور مثال در استخر با دانستن تعداد شناگران و مقدار مصرف ۵۰ لیتر برای هر نفر، و با ضرب کردن عدد بدست آمده در ضریب تقاضا (بین ۰,۴ تا ۰,۶) حجم مخزن به دست می آید که این میزان در ضریب ۱,۲ (ضریب ذخیره) ضرب می گردد.

### ۷-۲. ضریب تقاضا

ضریبی است که به دلیل همزمان نبودن استفاده شناگران از دوش ها و دستشویی ها در میزان مصرف ضرب می گردد.

### ۷-۳. ضریب ذخیره

منابع ذخیره آب در زمان استفاده، ممکن است در پیک بار، به شدت آب کم کنند و آب سرد جبرانی، وارد آنها شود که این آب سرد باعث سرد

می پوشانند. ضخامت ورق فولادی بکار رفته در منابع نیز بر حسب فشار کاری دستگاه، دمای کاری و ضریب خوردگی آب بر اساس استاندارد مخازن تحت فشار محاسبه می شود. این مخازن در دو نوع عمودی و افقی بر حسب محل نصب آنها بکار گرفته می شود. (شکل ۴ و ۵) برتری منابع کویل دار نسبت به دیگر دستگاه های تولید کننده آبگرم بهداشتی نظیر منابع دو جداره این است که فقط از یک بدنه استفاده شده و پس از بروز اشکالاتی مانند ترکیدگی و یا رسوب گرفتگی کاملاً قابل تعمیر می باشند. ضمناً بخاطر وجود منبع اصلی انتقال حرارت (کویل) در داخل منبع، افت حرارتی آن بسیار کم می باشد.

### ۷-۱. محاسبه حجم منبع کویل دار

حجم منبع معمولاً بر حسب ضریب تقاضای هر محل اعم از منازل

شدن کل منبع شده و حرارت دیگر، توان تامین گرمای مورد نیاز برای متعادل کردن حرارت را نخواهد داشت، به همین دلیل ضربی به نام ضریب ذخیره منبع را در حجم مصرف بدست آمده ضرب می کنیم تا از یکنواختی درجه حرارت در زمان پیک مصرف اطمینان حاصل شود. این ضریب برای کاربری های مختلف، متفاوت است و برای استخرها معمولا برابر با ۱,۲ در نظر گرفته می شود. برای محاسبه کوپیل، منبع کوپیل دار مشابه مبدل حرارتی، درجه حرارت آب مصرفی، درجه حرارت بویلر و دبی در گذر هر کدام مورد نیاز است. در صورت قرار دادن این ۶ عدد در اختیار کارخانجات سازنده مبدل حرارتی و منبع کوپیل دار، توان محاسبه ظرفیت آن ها را خواهند داشت. در پیوست، کاتالوگ این دو محصول برای شرکت پاکمن آورده شده.

### ۸. مبدل حرارتی

برای محاسبه و تعیین اندازه مبدل حرارتی استخر و جکوزی روشهای متعددی وجود دارد، مبدل حرارتی برای استخر باید بتواند در زمان راه اندازی، آب استخر را به درجه حرارت مناسب رسانده و همچنین در حین کار استخر افت های حرارتی را جبران کند. بر این اساس برای جلوگیری از اتلاف حرارتی از سه سری مبدل استفاده می شود:

- سری اول برای پیش گرمایش آب استخر (با ظرفیت  $Q_2$ )

- سری دوم برای جبران اتلافات حرارتی (با ظرفیت  $Q_1$ )

- سری سوم برای تامین آب گرم مورد نیاز جکوزی (با ظرفیت  $Q_3$ )

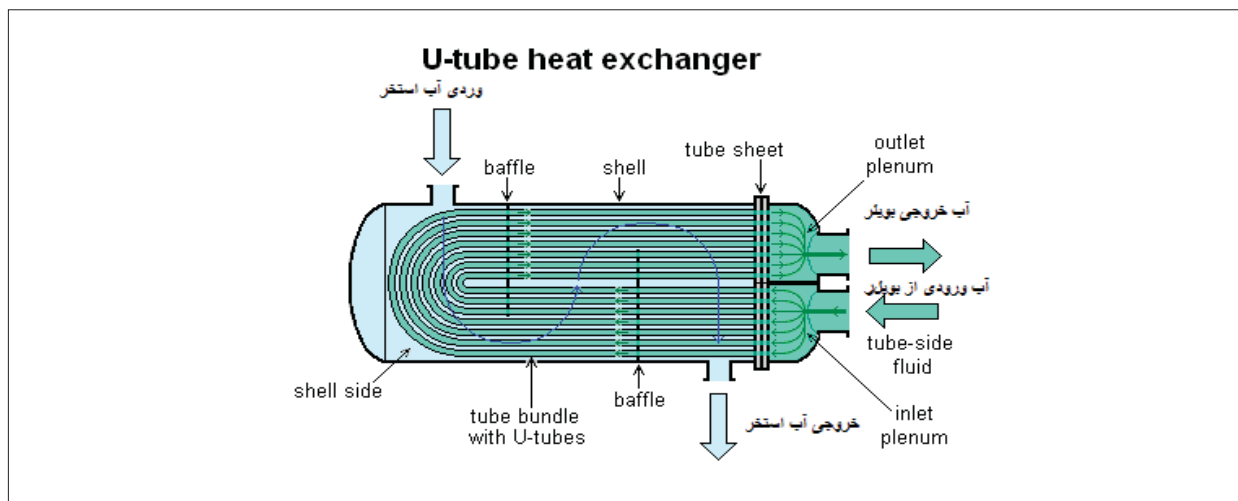
مبدل دارای دو ورودی و دو خروجی است. آب گرم شده بویلر از یک سمت وارد کوپیل شده و از سمت دیگر آب استخر وارد پوسته مبدل می گردد، پس از تبادل حرارتی دمایش بالا رفته و آب بویلر کمی خنک می شود. معمولا آب بویلر با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد وارد و با ۶۰ درجه سانتی گراد خارج می گردد و آب استخر نیز با حرارت ۲۶,۷ درجه سانتی گراد وارد مبدل شده. با دانستن  $Q_1$ ، حجم استخر (دبی فیلتراسیون که بنابر کاربری استخر از ۴ تا ۸ ساعت یک بار کل استخر فیلتر می شود بدست می آید) و دمای ورودی مبدل، می توان دمای خروجی از مبدل و مدل آن را تعیین کرد. (شکل ۶)

$$Q_1 (\text{kcal/h}) = MC\Delta\theta = V_{\text{lit}} \Delta\theta$$

برای جلوگیری از افزایش درجه حرارت آب خروجی از مبدل ها، از ترموستات و اکوستات استفاده می شود اما دقیق ترین روش برای کار با مبدل ها، شیر سه راه موتوری می باشد که به دلیل گران تمام شدن سیستم از این مورد کمتر در ایران استفاده می شود. درحالی که باید ذکر کرد در صورت استفاده نکردن از این نوع از شیرها در تاسیسات استخر، امکان ورود آب با درجه حرارت بالا به استخر یا جکوزی وجود دارد که برای سوزاندن پوست شناگرانی که در کنار ورودی های آب قرار دارند خطر ساز خواهد بود.

دو نوع رایج مبدل های حرارتی مورد استفاده در استخرها به شرح زیر است:

- مبدل های پوسته لوله ای
- مبدل های صفحه ای



شکل ۶. مبدل حرارتی

[www.kashiran.ir](http://www.kashiran.ir)

## فصل ۳



# فیلتراسیون آب استخر

استخر، توسط یک اپراتور میتوان این کار را انجام داد. امروزه دستگاه‌های اتوماتیک مختلفی نیز جهت تمیز کردن استخر وجود دارد که گرد و خاک چسبیده به استخر را می‌شوید. آب مکیده شده از لوله استخر را می‌توان از فیلترها عبور داد و دوباره از آن استفاده کرد. برای مقابله با میکروب‌ها و ویروس‌ها نیز با اضافه کردن مواد شیمیایی همچون کلر تصفیه آب کامل می‌گردد. حال در ادامه به بررسی کامل تر تک تک موارد تصفیه استخر می‌پردازیم.

## □ پارامترهای مهم در طراحی و تصفیه آب استخر

- میزان گردش آب
- زمان لازم برای جابه‌جایی کامل آب استخر
- حداکثر ظرفیت تعداد شناگران
- حداکثر دما
- سرعت آب در لوله‌ها
- میزان آب تازه اضافه شده
- سرباز و سرپوشیده بودن استخر
- تصفیه مکانیکی
- تصفیه شیمیایی

## الف) تصفیه مکانیکی، فیلترها و انواع آن

فیلترها به منظور جدا کردن آلودگی‌هایی همچون میکرو ارگانیسم‌ها و بعضی باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیلترها گرد و غبار، خاک، شن و ماسه را در بستر خود به دام می‌اندازند. فیلترهایی که برای استفاده در استخر مناسب هستند را می‌توان به دو دسته رایج ذیل تقسیم بندی کرد:

## □ مقدمه

آلودگی در استخرهای شنا غالباً توسط شناگران و محیط پیرامون استخر به آب استخر وارد می‌شود. آلودگی محیطی شامل گرد و غبار، برگ، مواد زائد شیمیایی، گرده، باکتری‌ها و غیره است که از هوا به آب وارد می‌شود. شناگران حامل آلاینده‌های دیگر همچون عرق، روغن‌های حمام آفتاب، مو، پوست، باکتری‌ها و ویروس‌ها نیز می‌باشند.

هر استخر شنا برای تصفیه و از بین بردن این موارد نیاز به یک سیستم تصفیه و پمپاژ مناسب دارد. برای تصفیه آب استخرها از انواع فیلترها استفاده می‌شود. متداول‌ترین فیلترهای استخر، امروزه فیلترهای شنی هستند که نگه‌داری آنها به مراتب راحت‌تر از فیلترهای دیاتماتیت می‌باشند. پمپ استخر تضمین می‌نماید که آب استخر با دبی مشخصی از داخل فیلتر عبور کرده و آلاینده‌های ناخواسته را از بین ببرد و آب را ضد عفونی کند.

از دیگر فیلترهای استخر فیلتر دیاتماتیت است که قادر می‌باشد ذرات ریز خاک را جدا کند که البته نیاز به نگه‌داری ویژه‌ای دارند. فیلتر کارتریجی نیز بسیار متداول است و نگه‌داری بسیار ساده‌ای دارد اما هزینه‌های جاری و ابتدایی بالایی دارند.

عموماً پمپ تصفیه استخر باید بین ۶ تا ۸ ساعت در هر سیکل کار کند و توان گردش ۳ بار آب را در ۲۴ ساعت داشته باشند. گردش آب از سیستم فیلتراسیون، ذرات شناور معلق و ذرات ریز خاک را از بین می‌برد اما هیچ تأثیری روی موادی که در ته استخر و به کف و دیواره‌ها چسبیده اند ندارد. بسته به موقعیت استخر و کاربری آن، استخرها به صورت دوره‌ای نیاز به شستشو و تمیز کردن کف و دیواره‌ها دارند.

برای این کار می‌توان از روش‌های متعددی کمک گرفت. رایج‌ترین آنها استفاده از جاروهای استخر است که با اتصال لوله به خروجی مکش

## ۱. فیلترهای شنی ۲. فیلترهای دیاتمیک

### ۱-۱. فیلترهای شنی

فیلترهای شنی مخازن تحت فشار یا اتمسفریکی هستند که از فولاد، فایبر گلاس و یا بتن تشکیل شده اند و شامل بستری از شن و ماسه خالص با شکل تقریبی استوانه ای، مربعی یا دایره ای اند. فیلترهای شنی را بر اساس نوع گردش آب به چهار دسته تقسیم بندی می کنند که رایج ترین آن در استخرها، فیلترهای شنی تحت فشار است.

۱. فیلترهای شن و ماسه سریع (تحت فشار)

۲. فیلترهای شن و ماسه سریع (گرانشی)

۳. فیلترهای شن و ماسه بالا رونده

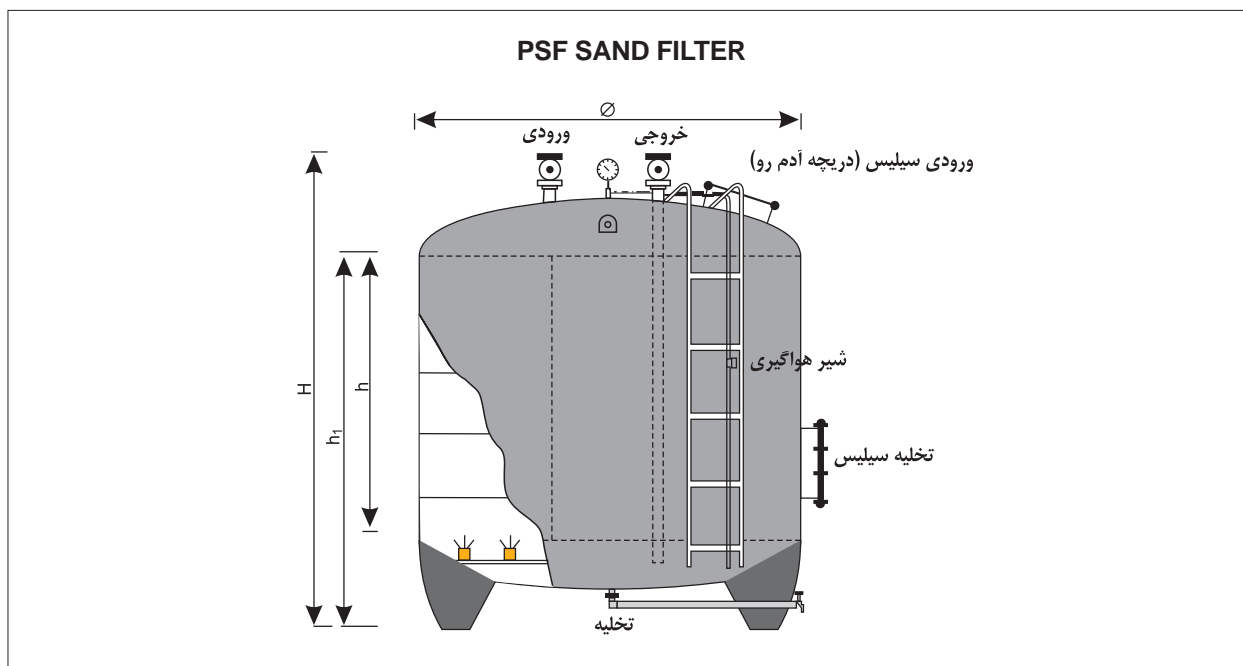
۴. فیلترهای شن و ماسه آرام

### ۱-۲. فیلترهای شنی تحت فشار

فیلترهای شنی تحت فشار رایج ترین نوع فیلتر مورد استفاده برای استخرها می باشد که با ایجاد سرعت مناسب برای فیلتراسیون، تصفیه ای ایده آل را فراهم می سازد. در هنگام تصفیه، آب کثیف استخر از لوله ورودی وارد فیلتر می شود. فشار پمپ و نیروی جاذبه، آب را از درون شن به سمت پایین هدایت می کند و شن و ماسه های ریز هرگونه آشغال و مواد زائد را از آب استخر می گیرند. در پایین فیلترهای شنی نازل هایی با سوراخ های بسیار ریز وجود دارد که

اجازه عبور شن و ماسه را نخواهند داد اما آب از داخل این نازل ها عبور می کند. در زیر مخزن، آب تصفیه شده از لوله خروجی خارج می شود. فیلترهای شنی تحت فشار در اشکال، سایز و جنس های متفاوتی ساخته می شوند که رایج ترین آن ها فیلترهای شنی عمودی با دو سر عدسی است. که به قطر مشخص از ورق فولادی ST-37 (و یا گالوانیزه) به ضخامت اعلامی در ASME برای جداره و بدنه و همچنین ورق به ضخامت اعلامی در ASME، برای عدسی های فوقانی و تحتانی که به روش DOUBLE-DISH ساخته شده که پس از زنگ زدائی از داخل با دو لایه پوشش اپوکسی و از خارج با یک لایه ضدزنگ و دو لایه رنگ مخصوص رنگ آمیزی می گردد. در ضمن برای بالا بردن کیفیت فیلتراسیون و عمر فیلترهای تحت فشار می توان قبل از عملیات رنگزنی، فیلترها را از داخل، سند بلاست کرد.

این نوع از فیلترها مجهز به دیفیوزهای گالوانیزه در قسمت فوقانی هستند که آب را برای تصفیه بهتر بر روی بستر شنی روی فیلتر پخش می کنند. همچنین در پایین این فیلترها و زیر آخرین لایه از سیلیس درون آن، استرینرهای برنجی (نازل های برنجی) جهت جمع آوری و عبور آب قرار دارند. در بازار فیلترهایی که از نازل های پلاستیکی استفاده می کنند نیز وجود دارد که این نازل ها کیفیت پایینی نسبت به نوع برنجی دارند و قیمت آن ها تا ۱۰۰ برابر کمتر از نازل های برنجی می باشد. یکی از ارکان انتخاب فیلتر مناسب، داشتن نازل های برنجی است. درون فیلترهای شنی چهار لایه مختلف از سیلیس با ضریب یکنواختی ۱/۳۵، با دانه بندی زیر از نوع سنگ های مخصوص و درجه خلوص بالای ۹۵٪ باید وجود داشته باشد.



شکل ۱. فیلتر شنی

پمپ را خاموش کرد و شیر را در حالت "close" قرار داد، سپس پمپ را ۳۰ تا ۶۰ ثانیه روشن کرد تا مطمئن شوید که تمام آب کثیف در پس شویی به فاضلاب رفته و وارد استخر نمی‌گردد. پمپ را برای آخرین بار متوقف کرده و شیر را در حالت "Filter" قرار می‌دهیم. حال پمپ را روشن کرده و فیلتر دوباره به تصفیه کردن آب استخر مشغول می‌شود. گیج فشار در ورودی و خروجی به اپراتور استخر می‌فهماند که مسیر عبور آب در فیلتر در حال بسته شدن میباشد. اگر گیج، فشار خیلی بیشتری را در ورودی نسبت به خروجی نشان دهد اپراتور متوجه می‌شود که آشغال زیادی در بین شن‌ها جمع شده. این به معنی این است که هم اکنون زمان "back wash" فیلتر است. برای "back wash" اپراتور، شیرها را برای تغییر مسیر آب تنظیم می‌کند، لوله برگشت به استخر را می‌بندد و لوله خروجی را باز میکند که آب وارد سیستم فاضلاب شود.

#### ۴-۱. شن‌های فیلترهای شنی پس از چند وقت باید عوض شوند؟

مهندسين بنا بر کیفیت شن‌های مورد استفاده در فیلترهای شنی زمانی بین ۵ تا ۱۰ سال را برای تعویض آن پیشنهاد می‌دهند. در حالیکه دیده شده است که گاهی فیلترها بیش از ۲۰ سال بدون تغییر شن به کار خود ادامه داده‌اند اما کارایی که باید را ندارند. در ابتدای کار فیلترها، شن استفاده شده بسیار زبر می‌باشد. این زبری آن چیزی است که باعث می‌شود شن و ماسه ذرات خاک در آب را فیلتر کند. از آنجایی که زبری این شن‌ها در گذر زمان کمتر می‌شود، راندمان فیلتر کم می‌شود و این به این معنی است که سیستم شما باید بیشتر کار کند تا همان بازده را داشته باشد. یافته‌ها نشان می‌دهند که بعد از ۵ سال، دیگر شن‌ها نمی‌توانند کیفیتی‌ها را به طور کامل پوشش دهند و آب در back wash، کاملاً تمیز نمی‌شود. در نتیجه چرخه فیلتراسیون کوتاه‌تر شده و نیاز به back wash بیشتر می‌شود.

فیلترهای شن و ماسه‌ای اتوماتیک بهترین گزینه برای استخرهای شنا می‌باشند زیرا سیستم back wash خودکار دارند. به این معنی که میتوانند برنامه ریزی شوند که چه زمانی شیرها معکوس شوند، پس شویی انجام شود و دوباره شیرها به حالت قبل باز گردند. این فیلترها بدون نیاز به اپراتور هستند اما هزینه ابتدایی بالاتری را دارند.

#### ۵-۱. پارامترهای عملیاتی برای فیلترهای شنی تحت فشار

فیلترهای شنی تحت فشار اغلب در فشار کاری ۲ تا ۱۰ bar کار می‌کنند. افت فشار در بستر شن و ماسه تمیز، معمولاً خیلی کم است اما محسوس می‌باشد و از طرف کارخانه سازنده و در کاتالوگ آن شرکت مشخص می‌باشد. این نوع فیلتر ذرات بسیار ریز را از آب می‌گیرد. بسیاری از موارد وجود دارد که می‌تواند به سرعت روی فیلترها اثر گذاشته و آنها را مسدود کند. فیلترهای شنی در استخرهایی که تازه گچ کاری شده باشند به سرعت مسدود می‌شوند. همچنین خاک، برگ، مواد زائد دیگر موجب کوتاه‌تر شدن چرخه فیلتراسیون گردند.

- سیلیس نمره یک از قطر ۰/۵ میلی‌متر تا ۱/۵ میلی‌متر.
  - سیلیس نمره دو از قطر ۲ میلی‌متر تا ۳/۵ میلی‌متر.
  - سیلیس نمره سه از قطر ۴ میلی‌متر تا ۸ میلی‌متر.
  - سیلیس نمره چهار از قطر ۸ میلی‌متر تا ۱۲ میلی‌متر.
- کلیه سیلیس‌های ریخته شده در فیلترهای شنی جمعاً به ارتفاع حدود یک متر خواهد رسید که این عدد به ظرفیت فیلتر ربطی ندارد چون پس از آزمایشاتی که روی فیلترهای شنی انجام شده است این موضوع به اثبات رسیده که از یک ارتفاعی به بعد مواد بکار برده شده در فیلترها توانایی تصفیه بیشتر آب را ندارند و ماکزیمم ارتفاع ۱،۵ متر برآورد شده است و با در نظر گرفتن بستر فیلتر و پخش کننده آب ارتفاع فیلترهای شنی به ۱،۵ متر میرسد.

شن‌هایی با دانه بندی ریزتر سطح بیشتری را فراهم می‌کنند و در نتیجه بیشتر آلودگی آب را می‌گیرند. اما به انرژی پمپاژ بیشتری برای انتقال سیال نیاز دارند. در اکثر فیلترهای شنی فشاری از رنج دانه‌های ۰،۲ تا ۱،۲ میلی‌متر استفاده می‌شود.

ذرات بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر تمایل به بستن منافذ فیلتراسیون دارند که دانه‌های بزرگتر ماسه می‌توانند بر این مشکل غلبه کنند. به همین دلیل عمق بستر شن حدوداً ۰،۶ تا ۱،۵ متر بسته به کاربرد مختلف می‌باشد. طراحی فیلترهای شن و ماسه نشان می‌دهد که باید با حداکثر سرعت جریان  $10 \text{ gpm/ft}^2$  کار کنند. با استفاده از توان مورد نیاز و حداکثر دبی، مساحت لازم را می‌توان محاسبه کرد. نکته نهایی طراحی این است که مطمئن باشید مایع به درستی در بستر جریان دارد و هیچ مقدار از مایع توسط شن و ماسه از مسیر جریان منحرف نمی‌شود.

هنگامی که شستشو انجام شد پس از مدتی کثیفی جمع شده در شن‌ها، اجازه عبور آب کمتری را می‌دهد. این در حالی است که مواد زائد موجود در فیلتر بجای می‌مانند، که باید از آن خارج شوند. حال زمان back wash فیلتر است.

وقتی فیلتر مقدار زیادی از خاک را انباشته می‌کند فشار افت کرده و آب نمی‌تواند آزادانه از فیلتر خارج شود. back wash آب را به عقب می‌فرستد تا از طریق فیلتر گرد و خاک به دام افتاده بیرون رود. پس از back wash، افزایش فشار برگشت به استخر کاملاً مشخص است و اگر گیج فشار روی فیلتر نصب شده باشد، مشاهده می‌شود که فشار بیش از ۰،۵ bar بهبود می‌یابد.

#### ۳-۱. فیلتر شنی چگونه back wash می‌شود؟

back wash یا همان پس شویی در فیلتر شنی به سادگی و از طریق برگشت جریان آب استخر صورت می‌گیرد. بدین صورت که با عبور بالعکس جریان از پایین به سمت بالای فیلتر شنی، مواد زائدی که در بین شن‌های فیلتر، گیر کرده است به فاضلاب انتقال می‌یابد. برای پس شویی باید پمپ را خاموش کرد و شیر فیلتر را در حالت "back wash" قرار داد و سپس پمپ را دوباره روشن کرد. معمولاً پس شویی در استخرها ۲ تا ۳ دقیقه به طول می‌انجامد. پس از پایان back wash

- صنایع لاستیک و پلاستیک
- تصفیه خانه های آب و فاضلاب
- کلیه سیستم های حرارتی و برودتی
- نیروگاه ها، پتروشیمی و پالایشگاه ها

#### ۹-۱. دبی جریان بهینه در فیلترهای شنی تحت فشار (سرعت)

برای بیشتر شدن اثر فیلتر، باید مطمئن شد آب در دبی بهینه خود می باشد. مهم ترین یافته ها از تست ها نشان می دهد که سرعت بالای جریان روی فیلتراسیون و زمان لازم برای جمع کردن آلودگی ها تاثیر دارد.

سرعت بالای جریان، سبب کوتاه تر شدن زمان فیلتراسیون گشته و تصفیه را سخت تر می کند. «سرعت بالا» به معنی سرعتی بیش از حد معین در لوله می باشد که با  $\text{ft/sec}$  یا  $\text{gpm/ft}^2$  آن را می سنجند. مثلا سرعت ۱۰  $\text{fps}$  سرعت بالایی است. این مقدار حدودا ۷۰  $\text{gpm}$  در لوله PVC ۱ اینچی و ۱۰۰  $\text{gpm}$  برای لوله PVC ۲ اینچی مطلوب می باشد. برخی از تولیدکنندگان ادعا می کنند، سرعت بالاتر، تصفیه بهتر- ولی این چیزی مغایر با آن است که در عمل اتفاق می افتد. اگر شما در یک فیلتر جریان سریع آب را عبور دهید عملا فیلتر فرصت گرفتن میکروب ها و باکتری ها را نخواهد داشت. مشکل سرعت بالا این است که شما فقط جریان را از درون فیلتر می رانید بدون اینکه عمل خاصی روی آب انجام شود.

سرعت های پیشنهادی بین ۵ تا ۹  $\text{gpm/ft}^2$  می باشد.

در اینجا اثرات منفی جریان با سرعت بالا را مورد بررسی قرار می دهیم:

- سرعت جریان بالا باعث می شود ذرات آلوده عمیق تر از آنچه که سیستم طراحی شده در شن فرو روند، در نتیجه نیاز به پس شویی بیشتری دارد تا آلودگی را خارج کند و این باعث هدر رفتن وقت و انرژی می شود.

- در بعضی موارد سرعت بالای جریان باعث می شود که ذرات آلوده کاملا در شن فرو رفته و دوباره وارد استخر گردند. وقتی این اتفاق می افتد تصفیه ناقص خواهد بود و یا هیچ تصفیه ای صورت نمی گیرد.

جریان های سرعت بالا همچنین باعث فرسودگی شن و ماسه خواهند شد و زبری سطحشان را کم می کنند. در نتیجه شن ها باید عوض شوند. برای بهترین نتیجه، سرعت جریان آب را تا حد ممکن پایین نگه دارید. پمپ های دور متغیر جدید راندمان خوبی برای ایجاد جریان در سیستم دارند. با افزایش نرخ های انرژی، این پمپ ها امروزه رایج شده اند و به شما این امکان را می دهند تا با فشار یک دکمه جریان را کنترل کنید.

#### ۱۰-۱. انتخاب فیلتر شنی شرکت پاکمن:

برای بدست آوردن ظرفیت فیلترهای شنی از جمله فیلترهای شنی شرکت پاکمن بدین صورت عمل می کنیم: با در دست داشتن دبی آب جهت تصفیه و سرعت فیلتراسیون مور نیاز مساحت فیلتر شنی را محاسبه

بدون یک ماده منعقد کننده، فیلتر های شنی، فقط برای جدا کردن مواد جامد درشت از آب در گردش موثر است. اما در صورت اضافه کردن یک ماده منعقد کننده، ماسه، صافی بسیار موثری خواهد شد که جهت جدا کردن مواد جامد معلق و باکتری ها برای یک تصفیه خوب مناسب می گردد.

آلوم (سولفات آلومینیوم)، ماده منعقد کننده معمول، قبل از فیلتر به داخل آب استخر تزریق می شود تا به خوبی مواد معلق آب را منعقد نموده و آن ها را به اجزاء بزرگتری که به راحتی توسط فیلتر جدا می گردند، تقسیم نماید. وقتی ماده منعقد کننده به آب اضافه شود، در اثر واکنش مواد قلیایی آب، یک ماده رسوبی غیرقابل انحلال ژله مانند موسوم به فلاک تشکیل می شود.

فلاک، مواد ارگانیک، ترکیبات رنگی و باکتری ها را به خود جذب کرده و به دام می اندازد. غربال ماسه ای فیلتر، این فلاک را از آب جدا می کند و نتیجتا آب زلال و تمیز از فیلتر خارج میگردد. یک مدت معین برای انجام واکنش شیمیایی باید قائل شد در غیر این صورت ممکن است فلاک در داخل استخر تشکیل گردیده و آب را کدر کند. بنابراین آلوم را باید طوری به مخزن مکش وارد کرد که فرصت لازم برای تشکیل فلاک موجود باشد.

#### ۶-۱. ویژگی های فیلترهای شنی تحت فشار (شرکت پاکمن)

- قابلیت تحمل فشار تا ۱۰ بار
- مجهز به شیر هوا گیری و فشارسنج
- استفاده از ۴ لایه سنگ سیلیس دانه بندی شده در فیلترهای شنی
- قابل ارائه با سه نوع شیر: دستی، نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک جهت شستشوی معکوس

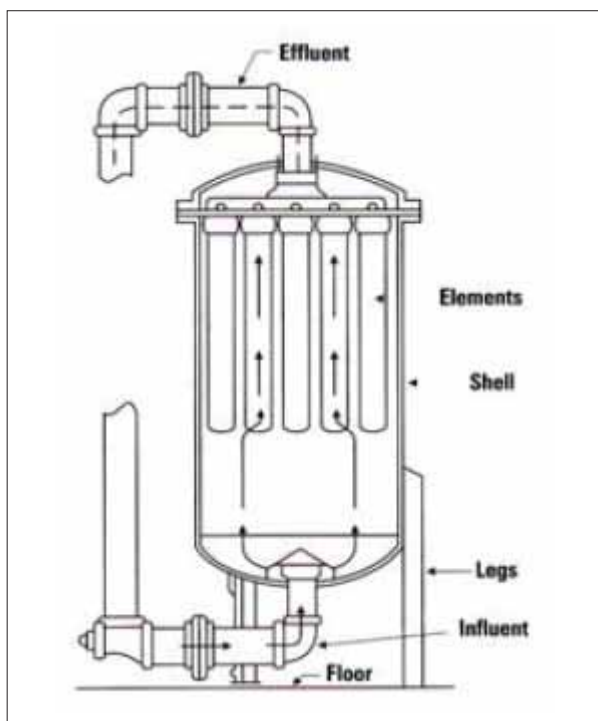
#### ۷-۱. مزیت های فیلتر شنی تحت فشار

- راهبری ساده
- سرعت بالا در تصفیه
- هزینه نگهداری کم
- هزینه اولیه مقرون به صرفه
- نیاز به فضای کم در نصب و بهره برداری

#### ۸-۱. کاربرد فیلترهای شنی:

- استخرهای شنا
- صنایع شیشه
- صنایع رنگ
- صنایع غذایی
- صنایع نساجی
- صنایع شیمیایی
- صنایع کاغذ سازی
- صنایع فولاد و فلزات





شکل ۲. مقطع یک فیلتر دیاتمی

می گردد که میزان بیشتری از مواد جامد و سایر آلودگی ها از آب جدا شوند.

شدت جریان آب در گذر از فیلتر خاک سیلیسی بین ۲ تا ۴ گالن بر دقیقه است که تقریباً دو برابر شدت جریان مجاز در فیلتر ماسه ای است. جهت جریان آب در این فیلتر از پایین به بالاست و این موجب می شود که فشار آب لایه رسوبی تشکیل شده روی غربال های استوانه ای المنت های فیلتر را در جای خود نگه دارد. وقتی که جریان باز می ایستد، بخش عمده لایه رسوبی خواهد افتاد.

این امر چنان چه استخر کار مداوم ۲۴ ساعته داشته باشد، مسئله ای ایجاد نمی کند. اما اگر لازم باشد به طور پرودیک وقفه هایی در گردش آب ایجاد می گردد. با ایجاد یک بای پس (مسیر میان بر) با نصب یک پمپ کوچک در سیستم، تداوم جریان آب در فیلتر حفظ شده و لذا لایه رسوبی المنت ها در جای خود خواهد ماند.

پس شویی این نوع فیلتر نیازی به آب اضافی ندارد، تنها باید فشار را افزون نمود تا اجرام باقی مانده بر روی غربال المنت ها، جدا شوند. این فشار اضافی با تعبیه یک شیر سریع بند (ball valve) یا همان شیر توپی در خط پس شویی، و استفاده از ضربه قوچ حاصله از باز و بسته کردن این شیر تامین خواهد شد. ضمن پس شویی، ماده صافی از روی المنت ها شسته می شود و لذا باید جایگزین گردد. جریان آب پس شو باید در یک چاهک باز تخلیه گردیده و از آنجا که تحت نیروی ثقل یا توسط یک پمپ به یک مجرای فاضلاب ریخته شود.

می کنیم. دبی آب را از تقسیم حجم استخر بر زمان تصفیه (۴ تا ۸ ساعت) بدست می آوریم، سرعت را نیز از روی کاتالوگ شرکت سازنده (۶ تا ۸ gpm/ft<sup>2</sup>) بر می داریم.

$$Q=AV$$

$$A(\text{ft}^2) = Q(\text{Gph})/V(\text{mph})$$

حال قطر به راحتی قابل محاسبه است.

$$A = \pi D^2/4 \quad D(\text{m}) = d(\text{ft}) * 304.8$$

با عدد قطر (mm) وارد کاتالوگ پاکمن شده مدل مناسب فیلتر شنی را انتخاب می کنیم.

کاتالوگ فیلترهای شنی در مثال فصل ۵ و در پیوست آورده شده است. سرعت فیلتراسیون مناسب فیلتر های شرکت پاکمن از ۶ تا ۸ gpm/ft<sup>2</sup> می باشد.

### ۱-۱۰. تعداد فیلتر ها

برای استخر مورد طراحی معمولاً تعداد فیلتر ها را زوج انتخاب می کنند و یک فیلتر را برای هر دو فیلتر به عنوان رزرو قرار می دهند تا در زمان تعمیر آن را وارد خط کرد.

برای جکوزی نیز به دلیل تفاوت دمایی که آب استخر با آب جکوزی دارد باید فیلتر جداگانه ای را انتخاب کرد و در مدار قرار داد.

### ۲. فیلتر دیاتمی (Diatom Filter)

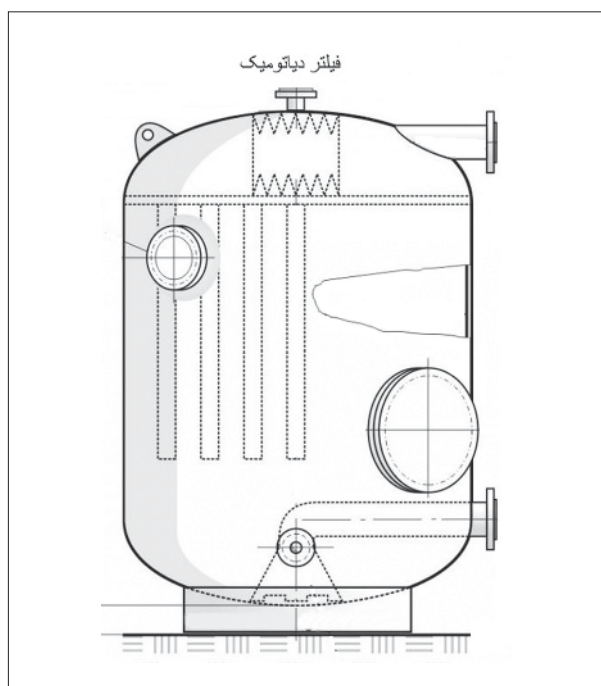
طی جنگ جهانی دوم نیاز به یک دستگاه یکپارچه موجب ابداع فیلتر دیاتمی گردید. که بعدها به عنوان فیلتر آب استخر شنا مورد استفاده قرار گرفت. ماده صافی عبارت است از خاک سیلیسی که در واقع پودر فسفیل باقی مانده از گیاهان دریایی میکروسکوپی با پوسته سیلیسی است. ثابت شده است که خاک سیلیسی به لحاظ میکروسکوپی بودن اجزاء نامنظم بودن شکل و خنثی بودن از نظر شیمیایی، یک ماده صافی ایده آل است.

فیلتر دیاتمی متشکل است از استوانه های متعددی که به طور عمودی از یک صفحه چند بخشی آویزانند. جنس این استوانه ها از مونل (آلیاژی از نیکل، مس، آهن، منگنز)، اکسید آلومینیوم و سایر مواد خنثی است که میان سوراخ های تنگ یک غربال، بافته شده اند و روی آن ها پوشش خاک سیلیسی فیلتر نگه داشته میشود.

مقطع عمودی این فیلتر در شکل ۲ نشان داده شده است. المنت هایی که در شکل دیده می شود با استفاده از یک ظرف مخصوص حاوی خاک سیلیسی پوشش داده شده اند. آب در گردش خاک را روی المنت فیلتر می نشاند. دیاتمیت ها آن قدر کوچک اند و ریزند که میکروارگانیسم ها و باکتری ها را بدون نیاز به افزودن ماده منعقد کننده با قلیا از آب جدا می کنند. طول صافی فیلتر را میتوان با افزودن یک تغذیه کننده اضافی که حاوی مقدار ثابتی خاک سیلیسی است، افزایش داد.

این تغذیه کننده موجب تداوم تشکیل لایه خاک سیلیسی روی المنت فیلتر می شود اما از انسداد یا جرم گرفتگی سریع جلوگیری نموده و باعث

و فضای مورد لزوم جهت نصب، عامل تعیین کننده در تصمیم گیری و گزینش سیستم تصفیه، ملاحظات اقتصادی است که تنها به نظر طراح یا کارفرما با توجه به موقعیت استخر، بستگی دارد.



شکل ۳. فیلتر دیاتومیک

#### ۱-۲. دیاتوم

دیاتوم ها، نوع سنگ نرم رسوبی متشکل از ذرات میکروسکوپی کوچک توخالی هستند که می توانند ذرات جامد معلق در آب را جدا کند و آب را شفاف سازد.

هنگامی که دیاتومها می میرند، دیواره های سلولی خود را غرق می کنند. و در یک بستری رسوب می کنند، رسوب برداشت شده را می توان دیاتوم نامید. حدود ۱۶۰۰۰ گونه مختلف دیاتوم در زمین وجود دارد.

پوسته یا دیواره پوسته تعداد زیادی خلل و فرج دارد که به دیاتوم خواص ارزنده ای می دهد. قطر این خلل و فرج ها ۱ تا ۳ میکرون است. بعضی از این گونه ها دارای یک شبکه ظریف ثانویه با قطری حدود ۰.۵ میکرون درون منافذ اولیه هستند.

ساختار منحصر به فرد دیواره سلولی به همراه ثبات شیمیایی، دیاتوم را در فرایند فیلتراسیون با ارزش می کند. در حال حاضر بیش از نیمی از دیاتوم های تولیدی در جهان در فیلتراسیون نوشیدنی ها و آب ها استفاده می شود برخی از استفاده های دیگر آن در خمیردندان، کنترل آفات، مواد شیمیایی، عایق، تغذیه حیوانات و... می باشد.

از آنجا که ۹۰٪ حجم خلل و فرج و فضاهای باز، ظرفیت نفوذپذیری و تصفیه بالایی دارند می توانند ذرات موجود در مایع تا حدود ۰.۵ میکرون

چنان چه باقی مانده آب حاصل از پس شویی، نه تنها در نقطه ای عملی است که هزینه های مربوط به پس شویی زیاد افزایش نیابد و تنها اپراتور استخر می تواند این نقطه را تعیین کند. مزایای استفاده از فیلترهای خاک سیلیسی برای استخرهای شنا مشهود است. این فیلترها به لحاظ بیشتر بودن شدت جریان مجاز و این واقعیت که مساحت فیلتر همان مساحت سطح المنت های عمودی است، به سطح نشیمن کمتری نیاز دارند. این در حالی است که فیلترهای ماسه ای به سطح نشیمن معادل سطحی که با شدت جریان کمتر محاسبه می شود، نیازمندند. مضافاً حذف منعقدکننده ها و قلیاها از سیستم دیاتمات، نیاز به کنترل شیمیایی ندارد و وسایل اضافی را کاهش داده و از مشکلات نگهداری سیستم خواهد کاست.

راندمان فیلترهای ماسه ای و خاک سیلیسی تقریباً یکسان است اما در ظرفیت مساوی، هزینه اولیه فیلترهای خاک سیلیسی تقریباً یک پنجم فیلترهای دیاتمات است.

معدالک با توجه به هزینه های ساخت، عملیاتی و نگهداری، افزونی هزینه اولیه فیلتر خاک سیلیسی دیاتمات نسبت به نوع ماسه ای، خیلی زود جبران خواهد شد. پوسته (محفظه المنت ها) باید از فولاد کلاس A مناسب برای تحمل Psi ۱۵۰ فشار آب ضمن کار سیستم و فشار آزمون Psi ۲۲۵ باشد این فشار معکوسی است که هنگام پس شویی فیلتر ایجاد می شود.

به منظور جلوگیری از خوردگی پوسته می باید سطح داخلی آن با پلاستیک پلی وینیل پوشش داده شود. چنانچه احتمال واکنش الکترولیتی وجود داشته باشد، باید پوسته به زمین متصل شود و به جای یکی از المنت ها یک میله آند منیزیمی نصب گردد. این میله آند باید هر چند وقت یک بار مورد بررسی و بازبینی قرار گیرد چرا که اینک به جای پوسته، این المنت در معرض خوردگی قرار می گیرد و باید هر زمان لازم باشد این میله را تعویض نمود.

برای شدت جریان ۲۵۰ گال بر دقیقه، مساحت مورد نیاز برای فیلتر دیاتمات برابر خواهد بود با:

$$\text{Gpm } 250/2(\text{gpm}/\text{ft}^2) = 125 \text{ ft}^2$$

شدت جریانی برابر با  $2 \text{ gpm}/\text{ft}^2$  مورد استفاده قرار گرفت که جریانی با این شدت، طول سیکل تصفیه را در مقایسه با شدت جریان حدود ۳ تا ۴ برابر افزایش می دهد و همچنین اقتصادی تر است. چنان چه قرار باشد دستگاه های تصفیه به صورت زوج نصب شوند، مساحت هر فیلتر ۵۲،۵ فوت مربع (۴،۸ متر مربع) خواهد بود، با مراجعه به کاتالوگ های کارخانجات سازنده، معلوم می گردد که برای هر پوسته فیلتر به قطر ۲۶ اینچ، ارتفاع ۵،۲۵ فوت (۱،۶ متر) و حاوی ۱۱ عدد المنت، مساحت نشیمن مورد نیاز ۱۲،۵\*۴،۵ فوت مربع خواهد بود. فضای باقی مانده نیز برای لوله کشی و ظرف مخصوص پوشش دهی خاک سیلیسی می باشد. اگر سه دستگاه تصفیه به کار گرفته شود، مساحت هر فیلتر  $۴۲ \text{ ft}^2$  و برای هر پوسته فیلتر به قطر ۶۸ اینچ و ارتفاع ۵ فوت مساحت نشیمن مورد نیاز ۱۴،۵\*۳،۵ فوت مربع خواهد بود. به این ترتیب با دانستن اندازه تجهیزات

باشد. برای این منظور یک شبکه آشغال گیر قبل از پمپ نصب می گردد. جنس سبدهای آشغال گیر باید از مواد مقاوم نسبت به زنگ زدگی بوده و به راحتی قابل تمیز کردن باشد این سبدها به صورت کشویی ساخته می شوند.



شکل ۴. موگیر

فیلترها نیز قابلیت گرفتن ذراتی را که آشغالگیر جذب می کند دارند ولی به علت اینکه تمیز کردن آنها از اینگونه مواد خارجی دشوارتر است از آشغال گیر قبل از پمپ استفاده می شود. با استفاده از این وسیله میتوان رشته های بلند مو و پارچه را پیش از آنکه وارد پمپ شوند از آب جدا نموده و در نتیجه از پیچیده شدن رشته های مو و پارچه به دور پروانه جلوگیری کرد.

در صورت استفاده نکردن از موگیر، ظرفیت فیلترهای شنی مناسب برای استخر بسیار افزایش پیدا می کند.

#### ب) تصفیه شیمیایی

آب استخرهای شنا مجموعه ای از انواع باکتریها، چربیها، نمکهای محلول در آب، گرد و غبار، ذرات معلق و ... را در خود دارند. لذا ضد عفونی کردن این آب جهت تامین بهداشت عمومی بسیار ضروری و مهم می باشد. معمولی ترین ماده ای که به آب استخر اضافه می گردد تا آن را ضد عفونی و قابل استفاده نمایند، کلر است. کلر بصورت گاز و یا یودرهای گرانبولی قابل تهیه بوده و با توجه به درصد خلوص آن قابلیت تزریق و اضافه نمودن به آب را دارا است. در صورتیکه از گاز کلر استفاده می کنید لزوماً به دلیل مسمومیت شدید ناشی از تنفس این گاز که گاهی منجر به مرگ سریع می گردد استفاده از تجهیزات که مخصوص تزریق آن به آب می باشد، ضروری است.

#### ۴. کلر

کلر ماده ایست که توسط الکترولیز آب نمک به وجود می آید. وقتی

را نیز حذف کنند. دیاتوم ها پودری هستند و به صورت کیسه های فیلتر و با غشا جهت فیلتراسیون ذرات معلق مورد استفاده قرار می گیرند. فیلترهای دیاتوم بزرگ با عنوان زمینی (DE)، در استخرهای شنا بسیار رایج اند. همچنین یکی از بهترین تجهیزات پشتیبانی در آکواریوم ها و پرورش حیوانات آبی به شمار می رود.

اگر آب هنگام تخلیه به طور محسوسی کاهش یابد زمان آن رسیده که شارژ شود (توسط تمیز کردن با پودر جدید). اگر آب تخلیه کدر باشد این امکان وجود دارد که کیسه حاوی پودر دیاتوم سوراخ بوده و هنگام عبور، آب خروجی با آن مخلوط می شود. اگر سوراخ را یافتید کاملاً خشک کنید و با سیمان سیلیکونی و یا یک درزگیر غیرسمی دیگر بپوشانید.

در آکواریوم ها، فیلترهای دیاتوم را می توان با زغال چوب مرغوب ترکیب کرد تا با زندگی جلبک های سمی مبارزه شود. پودر دیاتوم جلبک سمی را از آب مخزن فیلتر گرفته و سپس زغال چوب، سموم آزاد شده توسط جلبک را می گیرد. فیلترهای دیاتوم PH آب را هیچ تغییری نمی دهند. در دست زدن به پودر دیاتوم و استفاده از آن مراقب باشید به خصوص هنگامی که خشک است می تواند باعث بیماری های ریوی شود. استفاده از ماسک در حین کار توصیه می شود.

#### ۲-۲. چگونه فیلتر دیاتوم را تمیز کنیم

فیلترهای دیاتوم از بقایای جانداران یا جانداران دریایی کوچک تشکیل شده است. هنگامی که فیلتر مسدود می شود شما باید آن را طوری پاک کنید که به درستی کار کند. فیلتر را هنگامی که گیج بین ۷ تا ۱۰ پوند در هر اینچ مربع نشان دهد تمیز کنید.

#### دستورالعمل:

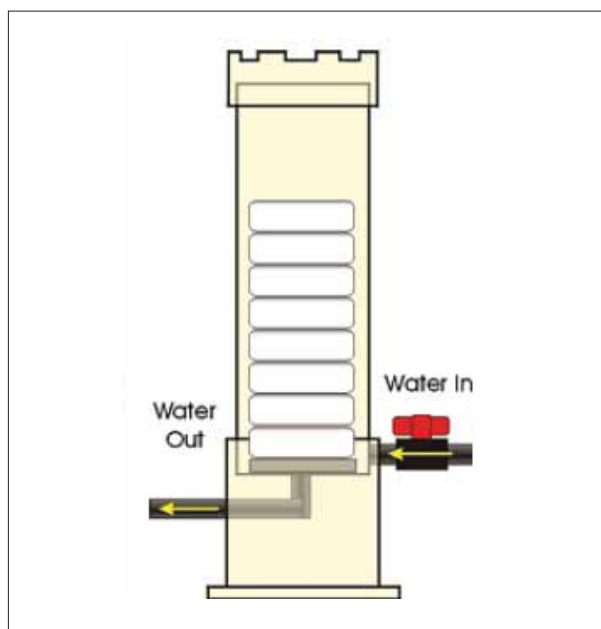
- پمپ را خاموش کنید و دستگیره ای که بالای مخزن شنی قرار دارد به پایین فشار دهید. سپس آن را به بالا بکشید. این کار را ۸ مرتبه انجام دهید. اگر فیلتر دیاتوم چنین دستگیره ای نداشت که فشار را تخلیه کند، آنگاه شیر کنترل فشار که در بالای فیلتر است را باز کنید و اجازه دهید تا فشار به صفر برسد.
- درپچه تخلیه را باز کنید، تخلیه فیلتر اجازه می دهد تا آب و مواد زائد وارد فاضلاب شود. خروجی فیلتر در زیر مخزن قرار دارد که آب را به طور کامل از فیلتر خارج می کند.
- پمپ را به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه روشن کنید تا درون فیلتر را کاملاً تمیز کند و دوباره آن را خاموش کنید.
- خروجی فیلتر یا شیر تخلیه را ببندید، شیر برگشت و شیر مکش را باز کنید. حال پمپ را روشن کرده تا دوباره آب در فیلتر جمع شود.
- تمام فرایندهای بالا را تکرار کنید تا آب استخر کاملاً تصفیه شود.

#### ۳. موگیر

برای کارکرد مناسب پمپ ها و فیلترها باید یک موگیر در مسیر سیرکولاسیون پیش بینی کرد که کارش گرفتن مو، نخ، پارچه و ... می

### 1 • تعداد قرص در فیدر کنترل شود

به عنوان یک قاعده کلی، تنها به همان اندازه قرص در تغذیه کننده کلر قرار داده خواهد شد که طی چند روز آینده مورد نیاز است. اگر شما تمام کلریناتور گازی راه اندازی شده را اجرا کنید خطر over load وجود دارد. پس بهتر است مقداری که در ۳ تا ۷ روز آینده لازم است قرار دهید. با این روش شما over load را کنترل می کنید. به عنوان مثال یک آب گرم ممکن است در هفته به کمتر از یک پوند کلر نیاز داشته باشد، اما کلریناتور ۶ تا ۸ پوند کلر نگه دارد. مقدار بیش از حد کلر در آب گرم و PH پایین می تواند خطرناک باشد.



شکله

### 2 • تنظیم سوپاپ کنترل که با چه سرعتی تغذیه کند

کلریناتورها یک شیر کنترل تنظیم دبی آب دارند هرچه آب سریعتر عبور کند کلر بیشتری تزریق خواهد شد. مشکل کلریناتورهای فرسوده این است که شما نمی دانید که چه مقدار آب در هر یک از کلریناتورها عبور می کند.

### 5. اشعه ماوراء بنفش (Ultraviolet)

اخیرا روش های نوینی جهت ضدعفونی نمودن آب ابداع، گردیده که استفاده از اشعه ماوراء بنفش یا اولترا ویولت (UV) و تزریق گاز اوزن به آب است. در این روش، آب ابتدا از مجاورت اشعه ماوراء بنفش عبور کرده و سپس به آب، گاز اوزون تولید شده تزریق می گردد در این روش آب کاملا پاک و ضدعفونی شده و اکسیژن حل شده در آن، آب را از مطلوبیت ویژه ای برخوردار می نماید. در ضد عفونی با اشعه UV میکروارگانیسم ها در نتیجه واکنش فوتوشیمی بین تابش UV-C

جریان برق از  $2\text{NaOH}$  و  $2\text{NaCl}$  عبور می کند اتم ها به  $\text{Cl}_2$  و  $2\text{H}_2\text{O}$  تبدیل می شوند. در تولید کلر،  $\text{Cl}_2$  به شکل گازی از آن جدا شده و برای تولیدات دیگر از جمله مواد پلاستیکی، سفیدکننده ها و محصولات مرتبط مورد استفاده قرار می گیرد.

وقتی کلر به آب افزوده می شود تجزیه روی می دهد در واقع  $\text{Cl}_2$  به  $\text{H}_2\text{O}$  اضافه شده که تولید  $\text{HOCl}$  (اسید هیپوکلریک) و  $\text{HCl}$  (اسید هیدروکلریک) می کند.

### این مواد چه اثری روی دما و PH آب اثر دارند؟

اسید هیپوکلریک فرم فعال کلر است و این همان نقشی است که در آب استخر ایفا می کند. یون یا مولکول کلر با از بین بردن آنزیم ها و تغییر ساختار و فرایند درونی، میکروارگانیسم ها را از بین می برد. وقتی این اتفاق می افتد سلول ها غیر فعال شده، اسید هیپوکلریک این از بین بردن را تا جایی ادامه می دهد که با نیتروژن یا آمونیاک ترکیب شود و تشکیل کلرآمین را بدهد یا خودش به اتم های سازنده اش تجزیه شود. بدون شک کلر به خصوص در بعضی از ترکیبات خود ماده ای خطرناک است، اما کلر به صورت محلول در آب استخرها برای شناگران خطرناک نمی باشد. واکنش های آلرژیک به کلر در آب استخر معمولا نادر است ولی ممکن است موجب سوزش پوست در برخی افراد شود.

وجود کلرآمین در آب استخر دلیل قرمز شدن چشم شناگران است. سطح بسیار بالایی از کلر در آب می تواند تولید گاز در سطح استخر کند که به دلیل جا به جایی آرام هوا در استخرهای سرپوشیده، مشکلات تنفسی ایجاد کند. خطر اصلی متوجه شخصی است که مسئول اضافه کردن کلر به آب است. تنفس گاز کلر می تواند انسان را بیهوش کرده حتی منجر به مرگ شود. هنگام کار با کلر حتما از دستکش مخصوص و عینک استفاده کنید و در صورت تماس کلر با دست حتما دست خو را بشویید. تحت هیچ شرایطی کلر را با ماده شیمیایی دیگری مخلوط نکنید.

### 1-4. تنظیم کلر

بسیار مهم است که سطح ثابت کلر در استخر حفظ شود. اگر سطح کلر به زیر صفر برسد، جلبک ایجاد شده و شناگران در معرض خطر عفونت قرار می گیرند.

هدف کلر زنی از بین بردن جلبک ها و باکتری های موجود در استخر می باشد. اضافه کردن کلر تا جایی ادامه دارد که میزان کلر موجود در آب استخر تا  $10 \text{ ppm}$  و بالاتر از آن برسد. کلر باید به طور مداوم به آب استخر در حال استفاده تغذیه شود. قرصهای کلر موجود (قرص فیدر) یک راه معمول برای تزریق کلر می باشد. کلریناتورهای گازی شناور نیز یک راه حل ارزان برای تزریق کلر به استخر می باشند. برای کنترل میزان کلر همچنین می توان از کیت های آزمایشی استفاده کرد که با تغییر رنگ محلول موجود در آن میزان کلر موجود در آب مشخص می شود و اپراتور می تواند بنا بر این میزان کلر تزریق کند. در کلریناتورهای دو راه حل اتوماتیک برای تعیین مقدار کلر تزریق شده به استخر وجود دارد:

معلق در آب را به سرعت از بین می برد. فاقد عوارضی چون حساسیت های تنفسی، خشکی و خارش پوست سوزش چشم و غیره است. روشی بسیار طبیعی و مقرون به صرفه می باشد.

### ۶-۱. مزایای استفاده از اوزون

ترکیب آب با اوزون میزان تجزیه زیستی را افزایش می دهد. راندمان فیلتر را زیاد می کند به این ترتیب که مولکول های بزرگ را به مولکول های کوچکتر تجزیه می کند که راحت تر فیلتر شوند. مواد آلی باعث افزایش رشد باکتری ها می شوند زیرا به عنوان ماده مغذی عمل می کنند. رشد مجدد باکتری های موجود در سیستم یک اثر ناخواسته است که این را می توان با تزریق اوزون به اثری مثبت روی فیلتر تبدیل کرد.

تحقیقات نشان داده که تزریق اوزون می تواند راندمان فیلتر را افزایش دهد. کل کربن آلی که تا ۳۵٪ در فیلتر شنی افزایش می یابد را حذف می کند.

### ۷. بروم

بروم به عنوان یک ضد عفونی کننده موثر مورد استفاده قرار می گیرد و دارای همان کیفیت کلر است، اما به ازاء یک باقی مانده معین، مقدار وزنی مورد مصرف آن حدوداً دو برابر کلر در شرایط مشابه است. بروم، حتی به صورت مایع، از خاصیت خوردگی بالایی برخوردار بوده و گازهای سنگینی آزاد می کند که کنترل آن را دشوار می سازد. میزان بروم در آب بین ۲٫۵ تا ۵ ppm می باشد.

برم زنی از طریق تزریق محلول به خط گردش آب استخر و به صورت جوشان در آب استخر، انجام می گیرد. با توجه به این واقعیت که در بسیاری از استخرها از بروم استفاده نمی شود، کارخانجات سازنده هیچ نوع دستگاه برم زنی اتوماتیک را نمی سازند. این امر ایجاب می کند که جهت تهیه محلول بروم برای تزریق به خط گردش آب، از وسایل موقتی استفاده شود. تفاوت بین کلر و بروم در این است که هنگامی که کلر با باکتری ها ترکیب شده و آن ها را می کشد بیشتر کلر خود نیز مصرف شده و بیش از این استخر شما را پاکسازی نمی کند. بروم با باکتری های استخر ترکیب شده و همانند کلر آن ها را از بین می برد اگرچه پس از ترکیب با باکتری همچنان فعال باقی می ماند.

فواید استفاده از بروم واضح است. بروم برای کسانی که پوست حساسی دارند مضر نمی باشد. ولی چون هزینه آن نسبت به کلر بیشتر است بسیاری از صاحبان استخر از آن استفاده نمی کنند.

و DNA عوامل بیماری زا در طی چند ثانیه غیر فعال می گردند و لذا این عوامل دیگر تکثیر نیافته و می میرند.

پس از اینکه آب تصفیه شد ضد عفونی کننده UV روشن می شود و آب وارد سیستم می شود. در داخل محفظه میکروارگانیسم ها نور قدرتمند UV را جذب می کنند. آن ها به طور طبیعی در هر نقطه از ۱ تا ۳ ppm پراکنده می شوند. با استفاده از این سیستم شما تا ۷۰٪ در هزینه کلر زنی صرفه جویی می کنید.

پس از اینکه آب از محفظه UV خارج شد به استخر می رود.

### ۵-۱. مزایای UV

- کاهش مواد شیمیایی تا ۷۰٪
- ضد عفونی مطمئن که رشد بیولوژیکی را حذف می کند.
- نصب آسان و نگه داری راحت
- سوزش پوست و چشم ندارد.
- هیچ نوع گازی به آب اضافه نمی شود.
- برای کسانی که مشکل آسم یا آلرژی دارند مشکلی وجود ندارد
- نتایج استفاده آن، محیط استخر پاک تر و ایمن تر



شکل ۶. UV

### ۶. اوزون

تصفیه آب استخرها توسط اکسیژن فعال یا همان ازن مطمئن ترین و موثرترین سیستم ضد عفونی کننده شناخته شده در جهان است. "ازن" ضد عفونی کننده ای کاملاً طبیعی و بسیار قوی است، که سالهاست در کشورهای اروپایی و امریکایی جهت تصفیه ضد عفونی بی خطر آب شرب و استخرهای شنا مورد استفاده قرار می گیرد.

برخلاف کلر یا مواد شیمیایی دیگر ضد عفونی با "ازن" هیچگونه مواد سمی یا مضر در آب به جای نمی گذارد و طبعاً نیاز به پالایش مجدد آب ندارد، تصفیه با "ازن" کیفیت و شفافیت آب را افزایش می دهد کلیه میکرو ارگانیسمها مثل هپاتیت، وبا، ایدز، قارچها، باکتری ها، تخم انگل

## فصل ۴



[www.kashiran.ir](http://www.kashiran.ir)

# پمپاژ آب استخر

## ۱. محاسبه دبی عبوری از پمپ

دبی آب پمپ گردش کننده بین استخر و موتور خانه از تقسیم حجم استخر بر تعداد ساعات عبور کل استخر از صافی ها به دست می آید. دبی پمپ جکوزی نیز از تقسیم حجم جکوزی بر مدت زمان یک گردش کامل آب بدست می آید. باید در نظر داشت آب جکوزی هر ۲۰ تا ۳۰ دقیقه یک بار عوض می شود.

برای محاسبه دبی در گذر از پمپ سیرکولاسیون برای سیستم گرمایش (بویلر)، کفایت ظرفیت حرارتی بویلر و یا واحد مورد نظر را بر اساس  $2500 \text{ Kcal/h}$  بر  $2500$  تقسیم می کنیم تا میزان دبی بر اساس  $\text{gpm}$  به دست می آید. این عدد از طریق تبدیل دبی جرمی مورد نیاز برای افزایش درجه حرارت حدود ۱۰ درجه سانتی گراد بدست می آید. (از طریق فرمول  $Q=mc\Delta T$ )

باید برای محاسبه دبی پمپ جت جکوزی باید به ازاء هر جت حدود ۱۵  $\text{gpm}$  را لحاظ کرد.

## ۲. تعیین هد پمپ

در مورد محاسبه و تعیین هد پمپ تصفیه برای غلبه بر افت فشار سیستم، باید دانست که افت فشار در مسیر سیرکولاسیون آب استخر در کجاها رخ می دهد. باید گفت که افت اصلی ایجاد شده در سیستم، توسط ادواتی همچون فیلترهای شنی، موگیرها و مبدل های حرارتی به سیستم تحمیل می شوند.

از دیگر مواردی که سبب افت فشار می شود باید به سیستم لوله کشی استخر اشاره کرد. افت فشار به صورت متر یا واحدی از طول بیان می شود که می توان از روی این هد پمپ را بدست آورد. در ذیل به بررسی عوامل مختلف افت فشار در مسیر لوله کشی می پردازیم.

## □ پمپاژ

یکی از پرکاربردترین دستگاه ها در تاسیسات، پمپ ها هستند که وظیفه جابجایی و انتقال آب را بر عهده دارند. پمپ های سانتریفوژ یا همان گریز از مرکز در دو نوع یک طبقه و چند طبقه در بازار وجود دارد. پمپ های مورد استفاده در استخرها از نوع سانتریفوژ یک طبقه بوده و ظرفیت آن باید به گونه ای باشد که حداقل ۳ بار در شبانه روز آب کل استخر را سیرکوله (گردش برای فیلتراسیون) کند. از دیگر پمپ هایی که در سیستم سیرکولاسیون موتورخانه استخر از آن استفاده می شود می توان به پمپ های خطی اشاره کرد که معمولاً برای گردش آب تصفیه جکوزی از این نوع پمپ استفاده می شود.

در یک استخر در قسمت های زیر نیاز به پمپ می باشد:

- پمپ سیرکولاسیون آب تصفیه استخر
- پمپ سیرکولاسیون آب تصفیه جکوزی
- پمپ سیرکولاسیون آب گرمایش سیستم (بویلر)
- پمپ های جت جکوزی

پمپ ها بر اساس نوع استخر و نرخ تغییر آب (Turnover Rate) در آنها انتخاب می شوند. نرخ تغییر در اینجا به زمان مورد نیاز پمپ، برای تامین حجم آبی برابر با آب موجود در استخرها از طریق سیستم فیلتراسیون اطلاق می گردد. نرخ های توصیه شده تغییر، بر اساس نوع استخر متفاوت می باشند. برای محاسبه حجم استخر بهتر است ابتدا شکل فیزیکی آن را مورد بررسی قرار داده و به بخشهای کوچک تقسیم بندی نماییم تا محاسبه حجم ساده تر شود. پس از تعیین حجم استخر باید نرخ تغییر را برای نوع استخر بدست آوریم. تعیین حجم استخر در قسمت گرمایش به صورت کامل آموزش داده شده است

سازنده ی آن مشخص است. بعضی از پمپ ها در استخر ۲ نوع موتور با سرعت های مختلف دارند تا بتواند توان مصرفی را هنگامی که استخر در بار ماکزیمم نیست، کاهش دهد. پمپ های دور پایین معمولاً بهتر فیلتراسیون را انجام می دهند و ذرات ریزتری را می گیرند. در دورهای پایین تر مقاومت لوله ها کمتر شده و انرژی مورد نیاز برای حرکت آب را کاهش می دهد. اکثر پمپ های استخر یک سبد کوچک موگیر جهت گرفتن مو در آخرین مرحله، قبل از ورود آب به پروانه پمپ را دارند.



شکل ۱. پمپ استخر

#### ۷. انتخاب پمپ

در هنگام انتخاب سیستم پمپاژ معمولاً ۲ دستگاه یا بیشتر پمپ تعبیه می شود تا یکی از آنها نقش رزرو داشته باشد.

بعد از دانستن این موضوع به انتخاب پمپ دست می زنیم و پس از انتخاب تعداد مورد نظر را در ۲ ضرب می کنیم. برای انتخاب پمپ از نمودارهای شرکت های پمپ سازی استفاده می شود که در آن به دو پارامتر دبی و هد پمپ نیاز است و از روی این دو پارامتر، به نمودار مراجعه کرده و ظرفیت و مدل پمپ مورد نظر را انتخاب می کنیم.

پمپ ها را در دو دور متفاوت می سازند (۱۴۵۰ و ۲۹۰۰rpm). برای طراحی مناسب ابتدا هد پمپ را در نظر می گیریم و برای هد های بالا به سراغ دور ۱۴۵۰rpm می رویم تا پمپ معقول تری انتخاب شود. برای دورهای پایین نیز از هر دو مدل می توان استفاده کرد و بنا بر راندمان و میزان مصرف برق انتخاب صورت می گیرد.

#### ۸. نصب پمپ

در نصب پمپ باید دقت کرد طوری که محفظه پمپ در زیر سطح تراز آب استخر قرار گرفته باشد (فشار مثبت) و پروانه آن کاملاً در آب غوطه ور شود. همچنین محل استقرار پمپ حتی الامکان نزدیک استخر بوده و در قسمت مکش آن به غیر از صافی اصلی پمپ دستگاه موگیر نیز نصب شود تا الیاف پارچه و مو در فرآیند پمپاژ اختلال ایجاد نکنند.

پمپ ها باید برنزی بوده و روی پایه بتنی نصب، تراز و محکم شوند. شکل زیر روش های پیشنهادی تراز و محکم کردن پمپ در محل استقرار پمپ

#### ۳. افت فشار در فیلترها

یکی از عوامل مهم که بیشترین افت فشار را سبب می شود، نوع فیلتر استفاده شده در تصفیه استخر است به طوری که افت فشار در فیلترهای شنی تا ۵۰ فوت (۱۵ متر) و در فیلترهای دیاتوماتیک تا ۱۰۰ فوت (۳۰ متر) در محاسبه در نظر گرفته می شود. برای محاسبات در این کتابچه عدد ۱۰ متر افت حدودی را برای فیلترهای شرکت پاکمن در نظر گرفتیم.

#### ۴. افت فشار در مبدل حرارتی

مبدل های حرارتی دسته بندی های متفاوتی دارند که در قسمت گرمایش به آن اشاره شده است. بنا بر نوع مبدل اعم از مبدل های لوله ای یا صفحه ای، افت فشار متفاوتی به سیستم تحمیل می شود. این افت در کاتالوگ شرکت سازنده مبدل حرارتی باید ذکر گردد.

#### ۵. افت فشار در مسیر لوله کشی

معمولاً برای محاسبه افت فشار در شبکه لوله کشی تاسیسات، از افت حدودی برابر با ۲ الی ۵ متر در ۱۰۰ متر استفاده می کنند. به این صورت که مترهای بزرگترین طول مسیر لوله کشی را در ۲ الی ۵ درصد ضرب کرده و ارتفاع افت سیستم لوله کشی را محاسبه می کنند. ۳ درصد عدد مناسبی در طراحی معمول می باشد. باید دانست شیرآلات، اتصالات و ادوات به کار برده شده در مسیر لوله کشی نیز بار اضافه را برای افت فشار در سیستم لوله کشی بر مسیر اعمال می کنند که برای محاسبه ی آن ها به زمان زیادی نیاز است. اما در مجموع توسط یک روش تجربی می توان با ضرب مترهای بدست آمده برای لوله در ضریب ۱٫۵، افت فشار لوله کشی را برآورد کرد. این ضریب برای در نظر گرفتن افت در اتصالات و شیرآلات می باشد. در ضمیمه ۲ نیز این محاسبات برای طول ها و قطرهای مختلف آورده شده است. برای مثال اگر مسیر لوله کشی در بزرگترین طول انشعاب و برگشت آن، ۱۰۰ متر باشد، با ضرب ۱۰۰ در ۱٫۵، مترهای تصحیحی را بدست می آوریم که برابر با ۱۵۰ متر است. حال ۱۵۰ متر، مترهای تصحیحی را در ۲ الی ۵ درصد مد نظر ضرب می کنیم که با در نظر گرفتن ۳ درصد این عدد برابر با ۴٫۵ متر می باشد. ملاحظه می شود که افت فشار در مسیر لوله کشی کمتر از افت فشار در فیلترها می باشد.

#### ۶. برق مصرفی پمپ استخر

پمپ یک استخر معمولی ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ وات برق مصرف می کند، پمپ استخرهای عمومی تر معمولاً ۲۴ ساعت شبانه روز و تمام فصول، پمپ استخرهای مسکونی ۴ ساعت از روز در زمستان و ۲۴ ساعت شبانه روز در تابستان کار می کنند. اما برای صرفه جویی در مصرف برق کاربران معمولاً بین ۶ تا ۱۲ ساعت در تابستان پمپ را به همراه یک کنترل کننده (تایمر) الکتریکی روشن می کنند. استخرهای عمومی معمولاً به حداقل گردش آب ۴ ساعت نیاز دارند. اما در ایران این زمان در حدود ۶ ساعت در نظر گرفته می شود که همان زمان مناسب برای فیلتراسیون آب است. باید ذکر کرد که میزان کیلو وات مصرفی پمپ ها در کاتالوگ شرکت



این اقتصادی ترین حالت پمپ بوده و غوطه وری دائمی پره های پمپ را اطمینان می دهد. علی رغم آنکه پمپ های متناوب (سیلندر - پیستونی) قادرند دبی و هد مورد نیاز را تامین نمایند، نمی باید در چنین تاسیساتی مورد استفاده قرار گیرند. این پمپ ها به آب در جریان به سوی فیلتر، یک حرکت ضربانی می دهند که با آرامش مورد لزوم برای یک فیلتراسیون ایده آل مغایرت دارد.

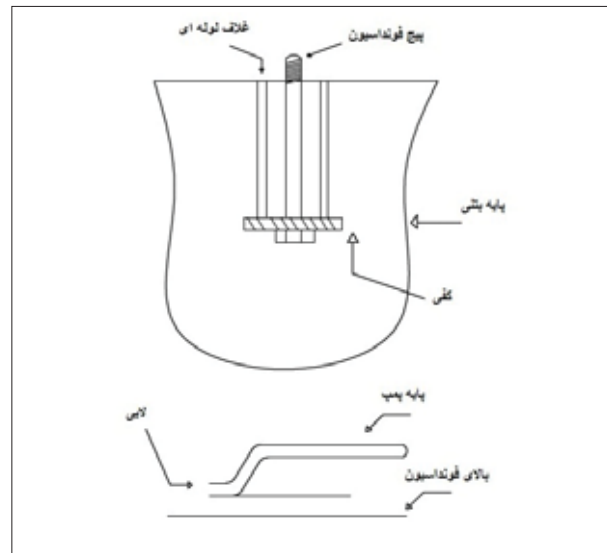
تاسیساتی با یک زوج پمپ موازی، جریان و گردش آب دائمی آب را به نحو ایده آلی تضمین می کند. نصب پمپ دوم یا رزرو این امکان را فراهم می آورد که هنگام تعمیر یا سرویس یکی از پمپ ها، گردش آب توسط پمپ دیگر بدون وقفه ادامه یابد. همچنین با استفاده از دو پمپ، کل آب سیستم را می توان ظرف مدت ۴ ساعت تخلیه نمود.

در برخی از سیستم ها به دلیل محدودیت نصب پمپ در پایین تر از سطح کف استخر باید پمپ را در بالا نصب کرد و به وسیله ی سوپاپ های کنترل از هوا گرفتن سیستم جلوگیری کرد. پمپ های سانتریفوژ نهایتاً توان مکش را تا حدود ۵ متر دارا هستند و نباید ارتفاع پمپ از کف استخر بیش از ۵ متر باشد.

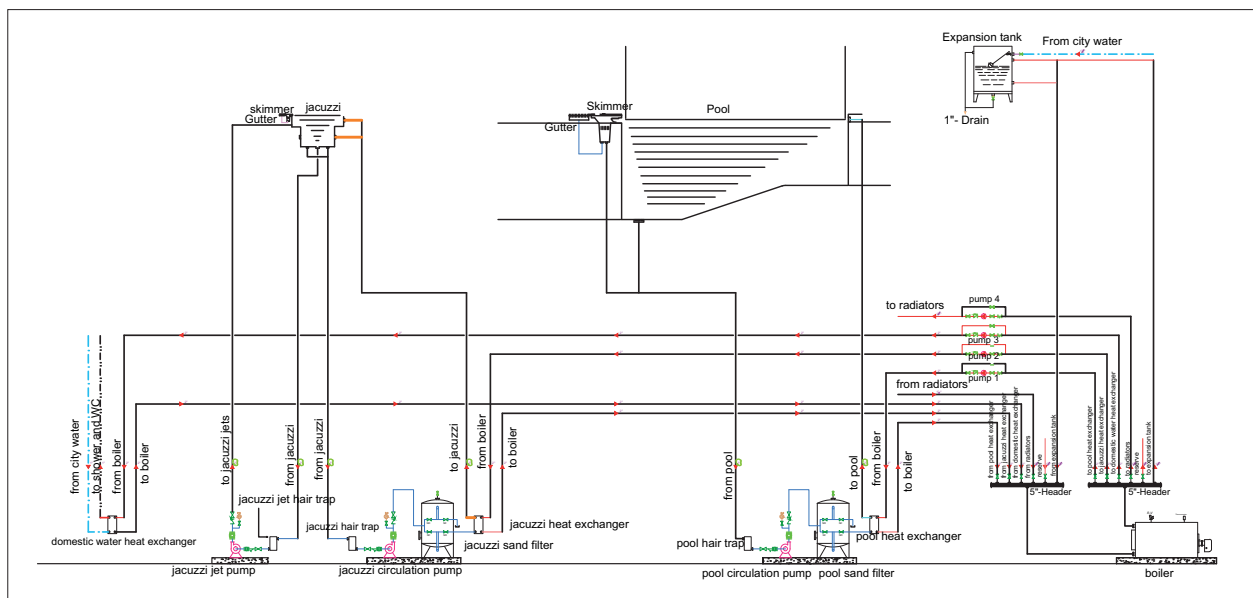
### ۹. سیستم تخلیه استخر

پیش از این دیدیم که آب استخر برای از بین بردن ذرات و آلودگی ها نیاز به گردش در فیلتر دارد. در طی عملیات عادی آب در فیلتر از طریق لوله اصلی تخلیه در زیر استخر جریان دارد و خروجی کف آبروها در لبه های کناره و روی استخر قرار دارد. لوله تخلیه اصلی معمولاً در پایین ترین نقطه استخر قرار دارد تا کل آب استخر به آن قسمت وارد شود. بیشترین کثیفی ها و ذرات جامد از طریق این خروجی تخلیه می شوند. برای گرفتن مو و آشغال لوله های تخلیه معمولاً جریان ضد گردابی (Anti Vortex) دارند.

را نشان می دهد. پیچ های داخل فونداسیون باید هنگامی که پمپ به وسیله فاصله پر کن یا گوه در محل مستقر می گردد، با دست بسته شوند و سپس پایه دوغاب ریزی شود. بعد از سفت شدن دوغاب، پیچ های فونداسیون محکم شده و تراز بودن پمپ مجدد مورد بررسی قرار گیرد. هر گونه ناترازی پمپ با قرار دادن فاصله پرکن یا گوه در زیر پمپ یا موتور، اصلاح می شود. چنان چه پمپ در محلی نصب شود که لازم باشد سر و صدای ناشی از ارتعاش پمپ محدود گردد، سراسر فونداسیون پمپ باید روی بالشتک چوب پنبه ای قرار داده شود. این فونداسیون بتنی باید با چنان ابعادی ساخته شود که وزن آن حداقل دو برابر وزن پمپ باشد. پمپ می باید تا حد ممکن نزدیک استخر و زیر خط سطح آب استخر نصب گردد.

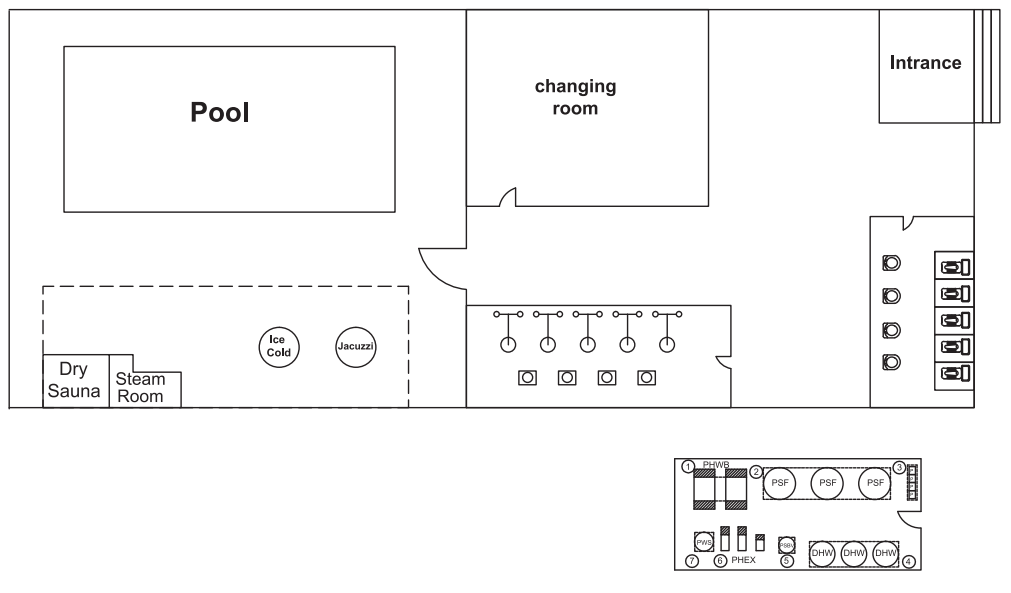


شکل ۲. محل استقرار پمپ



شکل ۳

## فصل ۵



# مثال طراحی موتورخانه استخر

$T_i$ دمای آب ورودی	15 °c	59 °f
دمای آب استخر $T_1$	26 °c	79 °f
دمای هوا	21 °c	69 °f
دمای آب دوش	40 °c	104 °f
طول استخر	25 m	82 ft
عرض استخر	12.5 m	41 ft
ارتفاع پیش فرض	1.68 m	5.5 ft
حجم استخر	252000 lit	138690 galon
مدت زمان پیش راه اندازی	۲۴ ساعت	
رطوبت نسبی	60%	
دبی فیلتراسیون	65625 lit/h	17336 gph

**نکته:** دبی فیلتراسیون با تقسیم حجم استخر بر حسب گالن بر ۸ ساعت گردش آب به دست می آید.

## □ مثال ۱

استخری در ابعاد ۱۲٫۵ در ۲۵ متر به صورت سر باز در شهر تهران قرار گرفته است. برای این استخر فضایی به ابعاد ۷\*۱۵ متر موتورخانه در نظر گرفته شده است، فاصله موتورخانه تا استخر در شکل نشان داده شده است، اجزا و جانمایی این موتورخانه را در حالت سر باز و کار در فصول گرم بررسی نمایید.

این استخر دارای یک جکوزی و یک سونای بخار در کنار حوضچه آب سرد و سونای خشک قرار دارد که در محاسبات بارها آورده نشده اند و در آنها به صورت جداگانه به آن ها رسیدگی شده است. همچنین بارهای حرارتی، ظرفیت بویلر و ابعاد آن، ظرفیت فیلترهای شنی، پمپ و سیستم سیرکولاسیون، محاسبات لوله کشی مورد نیاز برای این استخر محاسبه شود:

آب استخر در دمای ۲۶ درجه سانتی گراد می باشد. سرعت باد ۳٫۵ mph یا ۳۰۸ ft/min و رطوبت نسبی ۶۰٪ است.

• استخر تنها در فصول گرم کار کند.

برای استفاده از معادله اشری کلیه دماها را به کلون تبدیل می کنیم:

$$T_1 = 26 \text{ °c } 299 \text{ K}$$

$$T_{\text{air}} = 21 \text{ °c } 294 \text{ K}$$

**جواب ۱:** ابتدا داده های ورودی مساله را وارد می کنیم، برای حالتی که استخر در فصل گرم کار کند دمای حداقل هوا را ۲۱ درجه سانتی گراد در نظر می گیریم.

دمای آب استخر از جدول اشباع می خوانیم (جدول ۱). فشار بخار اشباع در جدول ترمودینامیکی برای دمای ۲۶ درجه سانتی گراد با میان یابی برابر با ۰,۰۳۵ bar یا ۱,۰۳۳۵۵ in.Hg می باشد. حال باید نقطه شبنم را بیابیم تا فشار را در نقطه شبنم را پیدا کنیم (شکل ۱)، با دمای هوای ۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت ۶۰٪ وارد جدول سایکرومتریک شده نقطه شبنم ۱۳ درجه سانتی گراد را می خوانیم.

□ محاسبه  $Q_1$

$Q_1$  را از دو طریق بدست می آوریم ابتدا طبق دو فرمول ارائه شده توسط اشری:

$$W=(95+0.425)(p_w - p_a)/Y \quad (1)$$

$$W=(69+0.35v)(p_w - p_a)/Y \quad (2)$$

طبق فرمول اشری ما نیاز به دو فشار داریم که فشار اول را با داشتن

جدول ۱. فصل پنجم، مشخصات فیزیکی آب اشباع

Absolute pressure	Boiling point	Specific volume (steam)	Density (steam)	Specific enthalpy of liquid water (sensible heat)		Specific enthalpy of steam (total heat)		Latent heat of vaporization		Specific heat
				(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	
(bar)	(°C)	(m³/kg)	(kg/m³)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg.K)
0.02	17.51	67.006	0.015	73.45	17.54	2533.64	605.15	2460.19	587.61	1.8644
0.03	24.10	45.667	0.022	101.00	24.12	2545.64	608.02	2444.65	583.89	1.8694
0.04	28.98	34.802	0.029	121.41	29.00	2554.51	610.13	2433.10	581.14	1.8736
0.05	32.90	28.194	0.035	137.77	32.91	2561.59	611.83	2423.82	578.92	1.8774
0.06	36.18	23.741	0.042	151.50	36.19	2567.51	613.24	2416.01	577.05	1.8808
0.07	39.02	20.531	0.049	163.38	39.02	2572.62	614.46	2409.24	575.44	1.8840
0.08	41.53	18.105	0.055	173.87	41.53	2577.11	615.53	2403.25	574.01	1.8871
0.09	43.79	16.204	0.062	183.28	43.78	2581.14	616.49	2397.85	572.72	1.8899
0.1	45.83	14.675	0.068	191.84	45.82	2584.78	617.36	2392.94	571.54	1.8927
0.2	60.09	7.650	0.131	251.46	60.06	2609.86	623.35	2358.40	563.30	1.9156
0.3	69.13	5.229	0.191	289.31	69.10	2625.43	627.07	2336.13	557.97	1.9343
0.4	75.89	3.993	0.250	317.65	75.87	2636.88	629.81	2319.23	553.94	1.9506
0.5	81.35	3.240	0.309	340.57	81.34	2645.99	631.98	2305.42	550.64	1.9654
0.6	85.95	2.732	0.366	359.93	85.97	2653.57	633.79	2293.64	547.83	1.9790



شکل ۱. نمودار سایکرومتریک

با نقطه شبنم ۱۳ درجه سانتی گراد، فشار بخار اشباع در نقطه شبنم، ۰٫۰۱۵ bar یا ۰٫۴۴۳ in.Hg می باشد.  
 طبق معادله ۱ اشتری:  
 $W = (95 + 0.425 \times 308)(1.0335 - 0.443) = 133.4 \text{ Btu/h.ft}^2$   
 اگر بخواهیم تبخیر را برحسب lb/h.ft<sup>2</sup> محاسبه کنیم با استفاده از جدول ۲ گرمای نهان تبخیر را در دمای آب استخر پیدا کرده W را بر آن تقسیم می کنیم.

جدول ۲. فصل پنجم، گرمای نهان در دماهای مختلف

$W = 133.4 / 1049 = 0.12 \text{ lb/h.ft}^2$

برای استفاده از معادله ۲ اشتری نیز بدین صورت عمل می کنیم:  
 با دمای ۲۶ درجه سانتی گراد مثل بالا فشار ۰٫۰۳۵ bar یا ۱٫۰۳۳۵ in.Hg سپس بادمای هوای ۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰٪ وارد جدول سایکرومتریک شده نقطه شبنم ۱۳ درجه را می یابیم.  
 در جدول ۱ (اشباع) فشار در نقطه شبنم (P<sub>a</sub>) ۰٫۰۱۵ bar یا ۰٫۴۴۳ in.Hg خوانده می شود،

طبق معادله ۲ اشتری:

$W = (69 + 0.35v)(p_w - p_a)$   
 $(69 + 0.35 \times 308)(1.03555 - 0.443) = 104.7 \text{ Btu/H.ft}^2$

t (°c)	latent heated (kj/kg)	latent heated (btu/lb)
16	2,463	1,059
17	2,461	1,058
18	2,459	1,057
19	2,456	1,056
20	2,454	1,055
21	2,452	1,054
22	2,449	1,053
23	2,447	1,052
24	2,445	1,051
25	2,443	1,050
26	2,440	1,049
27	2,438	1,048

و همانطور که ملاحظه کردید نسبت دو مقدار بدست آمده از اشری  $\frac{10.4/7}{133/4} = 78\%$  می شود. حال با تقریب خوبی می توان از جدول زیر (همان جدول ۱ فصل ۲) جهت تلفات حرارتی از سطح استفاده کنیم.

تلفات حرارتی از سطح استخر و هوای محیط								
اختلاف دمای آب و هوای محیط F	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۵۰
Btu/h.ft <sup>2</sup>	۱۰۵	۱۵۸	۲۱۰	۲۶۳	۳۱۵	۳۶۸	۴۲۰	۵۲۵

$$Q_{1\text{ tot}} = 353,062 + 239,000 = 592,000 \text{ Btu/h}$$

آب جبرانی Q <sub>1</sub> = Q + Q <sub>1</sub>	
Btu/h	Kcal/h
592,000	149,000

از آنجایی که اختلاف دمای آب استخر و هوا ۱۰ درجه فارنهایت است (در روش مشابه اما بسیار ساده تر) با توجه به جدول ۱ از فصل ۲، اتلاف حرارتی از سطح را ۱۰۵ Btu/h.ft<sup>2</sup> می خوانیم، این عدد را در مساحت استخر ft<sup>2</sup> ضرب کرده تا Q<sub>1</sub> به دست آید.

$$105 \text{ Btu/h.ft}^2 * (12.5 * 25) * 10.76 \text{ft}^2 = 353,062 \text{ Btu/h}$$

۱۰.۷۶ تبدیل واحد متر مربع به فوت مربع می باشد.

Q <sub>1</sub>	
Btu/h	Kcal/h
353,062	89,000

**محاسبه Q<sub>2</sub>**  
با استفاده از فرمول زیر برای زمانی که مدت پیش راه اندازی ۲۴ ساعت باشد مقدار Q<sub>2</sub> قابل محاسبه است. اگر این زمان را ۴۸ ساعت در نظر بگیریم این مقدار به 481,370 Btu/h تقلیل میابد و اگر ۷۲ ساعت در نظر بگیریم Q<sub>3</sub>، 320,913 Btu/h می شود.

$$Q_2 = \frac{\text{حجم استخر (گالن)} * (T_f - T_i) * 8.33}{\text{مدت زمان پیش راه اندازی}} = \frac{138690 * (79 - 59) * 8.33}{24} = 962,739 \text{ Btu/h}$$

Q <sub>2</sub>	
Btu/h	Kcal/h
962,739	242,000

برای محاسبه آب جبرانی همانطور که پیشتر ذکر شد به ازای هر ۱۰۰ نفر ۳۰,۰۰۰ Kcal/h اتلاف داریم بنابراین باید تعداد نفرات در استخر را بدانیم، برای این منظور همانگونه که به ازای هر نفر ۲۵ ft<sup>2</sup> یا ۲,۳۲ متر مربع سطح مورد نیاز است بنابراین داریم:

$$\text{تعداد نفرات} = \frac{12.5 \text{ m} * 25 \text{ m}}{2.32 \text{ m}^2} = 134$$

که این تعداد دو سوم نفرات حاضر در استخر است بنابراین کل تعداد برابر است با:

$$\text{نفرات} = 134 * 3/2 = 201$$

$$\text{تلفات آب جبرانی} = 201 * 30,000 / 100 = 60,300 \text{ kcal/h}$$

**محاسبه Q<sub>3</sub>**  
اگر هر نفر ۵۰ لیتر آب برای دوش گرفتن نیاز داشته باشد گرمای لازم جهت استحمام:

$$Q_3 = mc\Delta\theta$$

$$\text{تعداد نفرات} = \frac{12.5 \text{ m} * 25 \text{ m}}{2.32 \text{ m}^2} = 134$$

که این تعداد دو سوم نفرات حاضر در استخر است بنابراین کل تعداد برابر است با:

$$\text{کل نفرات} = 134 * 3/2 = 201$$

جبرانی Q	
Btu/h	Kcal/h
239,000	60,300

برای این استخر ۲ دستگاه دیگ آبگرم ۵۰۰,۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت مدل PHWB-۵۰ شرکت پاکمن نیاز است. زیرا بنا بر توضیحات داده شده در قسمت انتخاب بویلر، برای هر بویلر ظرفیتی بالغ بر ۷۵ درصد کل بار حرارتی استخر را برآورد می کنیم تا بتوان یکی از بویلرها را به صورت رزرو استفاده کرد. در ضمن در محاسبات راندمان هم در نظر گرفته شده است.

### □ حجم مخزن کویل دار

حجم مخزن کویل دار به صورت زیر محاسبه می گردد: چون مصرف هر نفر را ۵۰ لیتر فرض میکنیم و حاصل را در ضریب تقاضای ۰,۴ ضرب می کنیم و همچنین ضریب ذخیره منبع کویل دار معادل ۱,۲ ضرب می کنیم.

$$50 \text{lit} * 201 * 1.2 * 0.4 = 4,824 \text{ lit}$$

- ۵۰ مصرف دوش هر شناگر در ساعت
- ۲۰۱ تعداد شناگران
- ۱,۲ ضریب ذخیره منبع کویل دار
- ۰,۴ ضریب تقاضا

### حجم مخزن کویل دار

lit	Galon
4,824	1,275

برای این استخر ۳ دستگاه منبع کویل دار نیاز است که ظرفیت هر کدام ۱۶۰۰ litr باید باشد، ولی با توجه به ابعاد موجود ۳ مخزن ۱۵۰۰ لیتری با مشخصات زیر انتخاب می کنیم:

### مشخصات ۳ منبع مویل دار برای این استخر

مشخصات منبع		مشخصات کویل	
دمای آب ورودی	15 °C	دمای آب ورودی	70 °C
دمای آب خروجی	40 °C	دمای آب خروجی	60 °C
حجم منبع	1500 lit	دبی آب بویلر	35 gpm

باید در نظر داشت که میزان مصرف باید در ضریب تقاضا ۰,۵ ضرب گردد.

و همان  $\rho v$  است و  $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$  بنابراین:

$$Q_3 = 201 * 50 * (40 - 15) * 0.5 = 125,625 \text{ Kcal/h}$$

- ۲۰۱ تعداد شناگران می باشد.
- ۵۰ لیتر مصرف آب هر شناگر در دوش ها است.
- ۴۰ درجه حرارت مناسب آب گرم می باشد.
- ۱۵ درجه حرارت ورودی آب شهر در فصول گرم است.
- ۰,۵ ضریب تقاضا می باشد.

### Q<sub>3</sub>

Btu/h	Kcal/h
495,000	125,625

چون استخر سرباز است پس Q<sub>4</sub> (بار گرمایشی سالن سرپوشیده) صفر است.

### مجموع بار های حرارتی:

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$592,000 + 962,739 + 495,000 + 0 = 2,049,739 \text{ Btu/h}$$

### مجموع Q

Btu/h	Kcal/h
2,049,739	516,525

اگر تعداد بویلرها را ۲ تا در نظر بگیریم و ظرفیت هر بویلر بنا بر دانایی این موضوع که راندمان بویلرهای فایر تیوب شرکت پاکمن برابر با ۸۵ الی ۸۶ درصد می باشد، برابر می شود با:

$$2,049,739 * 0.75 / 0.85 = 1,808,593 \text{ Btu/h}$$

- 2,049,739 کل حرارت اتلافی
- ۰,۷۵ ضریب بویلر های رزرو
- ۰,۸۵ راندمان بویلر های پاکمن

□ ظرفیت مبدل حرارتی استخر

ظرفیت مبدل حرارتی مناسب برای این استخر با داده های زیر قابل محاسبه است:

$$Q_1 \text{ (kcal/h)} = \dot{m}_{\text{boiler}} C \Delta\theta$$

$$149,000 = \dot{m} * (70-60) \quad \dot{m}=14,900 \text{ lit/h} \quad 65 \text{ gpm}$$

$$Q_1 \text{ (kcal/h)} = \dot{m}_{\text{pool}} * C \Delta\theta$$

$$149,000 = 525,000(T_{\text{out}} - 26.7)$$

$$T_{\text{out}} = 27$$

□ فیلتر شنی مورد نیاز

برای سیرکولاسیون آب این استخر، ۳ فیلترشنی در نظر گرفته می شود و یکی از آن ها را به عنوان رزرو قرار می دهیم. همچنین برای سیرکولاسیون آب جکوزی نیز ۱ فیلترشنی در نظر می گیریم. این فیلتر معمولاً کوچکترین ظرفیت فیلترهای ساختی توسط شرکت های سازنده می باشد. که در این قسمت به محاسبات آن نمی پردازیم. با توجه به دبی بدست آمده از محاسبات حجم استخر فیلتر شنی مناسب را بدست می آوریم:  
تعداد فیلتر شنی بهتر است زوج باشد و یک فیلتر به عنوان رزرو در نظر گرفته شود. ۱۳۸۶۹۰ گالن حجم استخر است که با در نظر گرفتن ۶ ساعت برای فیلتراسیون، ۲۳۱۱۵ گالن در ساعت حجم سیرکولاسیون استخر مورد نظر است.

ساعات فیلتراسیون / حجم استخر = حجم سیرکولاسیون استخر (گالن)  
138690/6 = 23115 gph

با تقسیم این عدد بر ۶۰ مقدار دبی را بر حسب gpm بدست می آوریم که برابر با ۳۸۶.

23115/6=368 gpm

با در دست داشتن میزان دبی و دانایی به این موضوع که تعداد فیلترها ۲ عدد می باشد، با تقسیم ۳۸۶ بر ۲ که عددی برابر با ۱۹۳ gpm را به ما می دهد، به سراغ کاتالوگ فیلترهای شنی شرکت پاکمن رفته و با در نظر گرفتن سرعت فیلتراسیون 7gpm/ft<sup>2</sup>، میزان قطر فیلتر را بدست می آوریم که برابر است با PSF-70

386/2= 193 gpm

این محاسبات با در نظر گرفتن برابری انتقال حرارت از بویلر به آب استخر و بالعکس است.

Pool Heat Exchanger			
سیال سرد (آب استخر)		سیال گرم (آب بویلر)	
26.7 °C	آب ورودی	70 °C	آب ورودی
27 °C	آب خروجی	60 °C	آب خروجی
290 gpm	دبی آب	65 gpm	دبی آب
149000 Kcal/h	ظرفیت حرارتی	149000 Kcal/h	ظرفیت حرارتی

جدول ۳. فصل پنجم، کاتالوگ فیلتر شنی پاکمن

PACKMAN SAND FILTER											
مدل	قطر	نازل ورودی / خروجی	ارتفاع (mm)			ظرفیت بر اساس سرعت فیلتراسیون (GPM)			وزن حمل	سیلیس مورد نیاز	دبی شستشو
	mm	In	H	h	h1	6 gpm/ft <sup>2</sup>	7 gpm/ft <sup>2</sup>	8 gpm/ft <sup>2</sup>	Kg	Kg	
PSF-24	600	1 1/4»	1200	-	900	18	21	24	330	300	30
PSF-32	800	1 1/2»	1250	-	1000	33	38	43	440	400	53
PSF-40	1000	2»	1250	-	1000	60	70	80	650	1500	100
PSF-44	1100	2»	1250	1500	-	50	60	70	550	1300	83
PSF-50	1250	2 1/2»	1850	1500	-	80	90	110	800	2000	130
PSF-60	1500	3»	2300	1500	-	120	135	155	1000	3000	187
PSF-70	1750	4»	2300	1500	-	160	185	210	1200	4000	255
PSF-80	2000	4»	2300	1500	2000	210	245	280	1500	5300	332
PSF-90	2250	5»	2300	1500	2000	265	300	350	1750	6700	420
PSF-100	2500	5»	2300	1500	2000	325	380	435	2200	8300	520
PSF-110	2750	6»	2800	1500	2000	395	460	525	2300	10000	630
PSF-120	3000	6»	2800	1500	2000	470	550	625	2600	12000	750



جدول ۴ فصل پنجم . کاتالوگ پمپیران

## PUMPIRAN

CENTRIFUGAL PUMP 65-250

پمپ گریز از مرکز ۲۵۰-۶۵

دور RPM	گدھی (متر مکعب بر ساعده) Capacity (m <sup>3</sup> /h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics				قطر لوله Pipe Dia. (mm)		
	25	40	60	70	80		مکعب Inlet	مکعب Outlet	توان / Power kW	سرعت / RPM	جریان / I Amp	مکعب Inlet	مکعب Outlet		
1450	23.6	22.6	20.2	18.5	15.9	259	80	65	7.5	10	16.5				
ارتفاع (متر) Head (m)	21.5	20.7	18.4	16.4	13.5	250			7.5	10	16.5	••	••••		
	19.6	18.6	16	13.7	9.7	240			5.5	7.5	12.2				
	18	17	14	11.5	-	230			5.5	7.5	12.2				

دور RPM	گدھی (متر مکعب بر ساعده) Capacity (m <sup>3</sup> /h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics				قطر لوله Pipe Dia. (mm)	
	40	60	120	140	160		مکعب Inlet	مکعب Outlet	توان / Power kW	سرعت / RPM	جریان / I Amp	مکعب Inlet	مکعب Outlet	
2900	93	90	80.5	73	63	259	80	65	55	75	98			
ارتفاع (متر) Head (m)	86	83	73	65	54	250			45	61	81.5	••	••••	
	78	74	64	55	41	240			45	61	81.5			
	72	68	57	47	-	230			37	50	67			

\* با توجه به اینکه پمپ در حالت استاندارد در نقطه کار می‌کند، در صورتی که در نقطه کار دیگر باشد، تغییرات در مشخصات موتور و پمپ خواهد داشت.  
 \* تغییرات در مشخصات پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود. تغییرات در مشخصات موتور و پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود.  
 \* تغییرات در مشخصات پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود. تغییرات در مشخصات موتور و پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود.  
 \* تغییرات در مشخصات پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود. تغییرات در مشخصات موتور و پمپ بر اساس تغییرات در ظرفیت و ارتفاع خواهد بود.

[www.pumpiran.com](http://www.pumpiran.com)    [info@pumpiran.com](mailto:info@pumpiran.com)

**□ پمپ سیر کولاسیون استخر**

برای انتخاب پمپ مورد نیاز برای این سیستم باید در نظر داشت که بزرگترین طول لوله کشی را برای هر کدام از انواع پمپ ها بدست آورد:

با دانستن متر از لوله کشی به ازاء ۵۰ متر لوله کشی برای فیلتر شماره ۱ و ۴۰ متر لوله کشی برای فیلتر سنی شماره ۲، باید ۵۰ متر را مینا قرار داد و ۱٫۵ برابر آن یعنی ۷۵ متر را بدست آورد.

حال این ۷۵ متر را در ۳ درصد افت فشار لوله کشی ضرب می کنیم و ۲٫۵ متر افت را برآورد می کنیم و با دانستن این موضوع که افت فشار در فیلتر های سنی ۱۵ متر است در مجموع ۱۷٫۵ متر هد پمپ انتخابی می باشد.

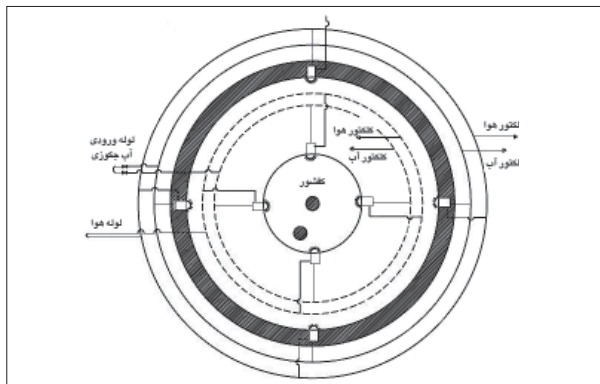
تعداد پمپ های مورد استفاده به ازای هر کدام از فیلترها ۲ عدد است که یکی از آن ها رزرو می باشد. و یا می توان ۲ پمپ را موازی بست و پمپ سوم را رزرو دو پمپ دیگر به صورت موازی آنها استفاده کرد.

با در نظر گرفتن دبی ۱۹۳gpm یا ۴۳m<sup>3</sup>/h برای این پمپ و ۱۷٫۵ متر هد آن سراغ نمودار پمپ ساز مربوطه رفته و پمپ مورد نظر را انتخاب می کنیم.

مدل پمپ ۲۵۰-۶۵ برای شرکت پمپ ایران را انتخاب می کنیم.

**□ محاسبات جکوزی**

حجم جکوزی بر اساس تعداد افرادی که از این جکوزی استفاده خواهند کرد، محاسبه می شود.



**□ دبی پمپ بویلر**

ظرفیت بویلر ۱۸۰۸۰۵۹۳ Btu/h را تبدیل به Kcal/h کرده که می شود ۴۵۵،۷۵۷ ، تقسیم بر ۲۵۰۰ کرده. با همان هد ۱۷٫۵ متر وارد کاتالوگ می شویم.

$$455,757/2500=182 \text{ gpm}$$

دبی پمپ بویلر	
182 gpm	41 m <sup>3</sup> /h

با دبی بالا و هد ۱۷٫۵ متر وارد کاتالوگ شده، پمپ مدل ۲۵۰-۶۵ می خوانیم.

**□ دبی پمپ جت جکوزی**

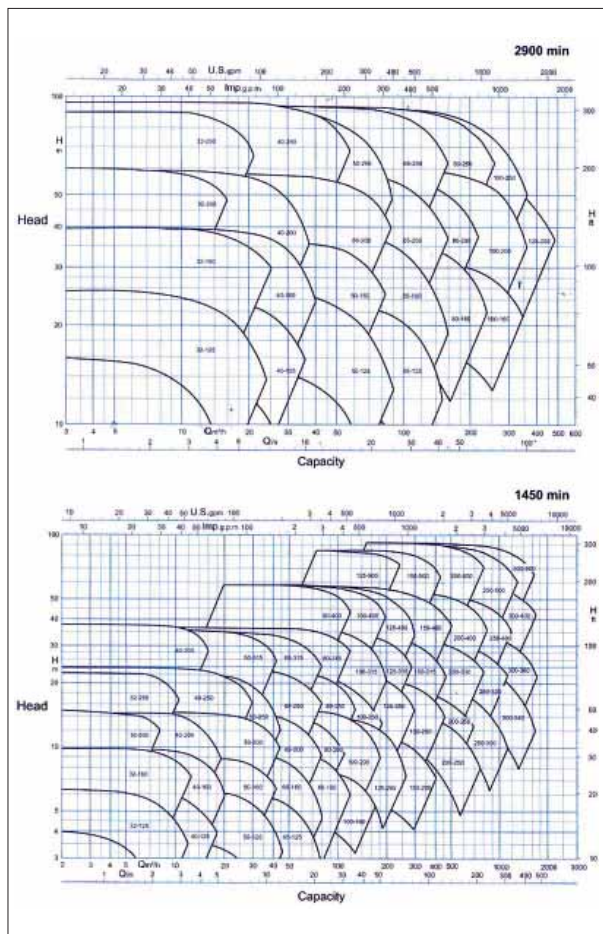
در یک جکوزی به ازای هر نفر ۲ نازل جت جکوزی در نظر می گیرند و این جکوزی ۶ نفره است بنابراین ما ۱۲ خروجی نیاز داریم. از آنجایی که به ازاء هر کدام از جت ها دبی در حدود ۱۵ gpm را انتخاب می کنیم و برای کلیه مسیر ۱۰ متر هم افت فشار در نظر می گیرند و فشار مورد نیاز برای این جت ها در حدود ۴۰ تا ۵۰ متر در نظر گرفته می شود.

**دبی کل جت ها = ۱۲\*۱۵=۱۸۰ gpm**

دبی پمپ جت جکوزی	
180 gpm	40 m <sup>3</sup> /h

با دبی ۴۰ متر مکعب بر ساعت و هد ۵۰ وارد کاتالوگ پمپ شده و مدل پمپ ۲۰۰-۵۰ را با دور ۲۹۰۰ می خوانیم.

جدول ۵ فصل پنجم . جدول همپوشانی پمپ



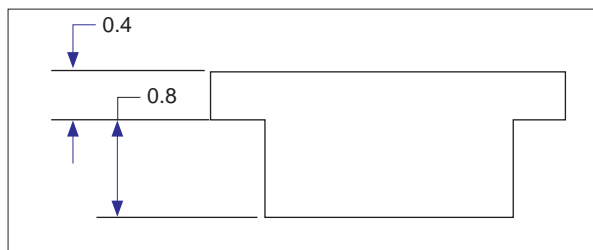
تعداد افراد حاضر در جکوزی را ۶ نفر فرض می کنیم و به ازای هر نفر ۲ متر مربع مساحت در نظر می گیریم. پس داریم:

$2*6=12\text{ m}^2$

$12= \Pi r^2$

که در نتیجه شعاع جکوزی برابر با ۲ متر بدست می آید. با تقسیم حجم جکوزی بر مدت زمان گردش کامل که حدود سی دقیقه است دبی فیلتراسیون را بدست می آوریم. شعاع جکوزی ۲ متر است و ارتفاع آن ۸۰ سانتی متر و لبه جلویی آن ۴۰ سانتی متر می باشد. بنابراین داریم:

شماتیک جکوزی



**حجم جکوزی =  $\Pi*2^2*0.4+ \Pi*1^2*0.8=7.5\text{ m}^3$**

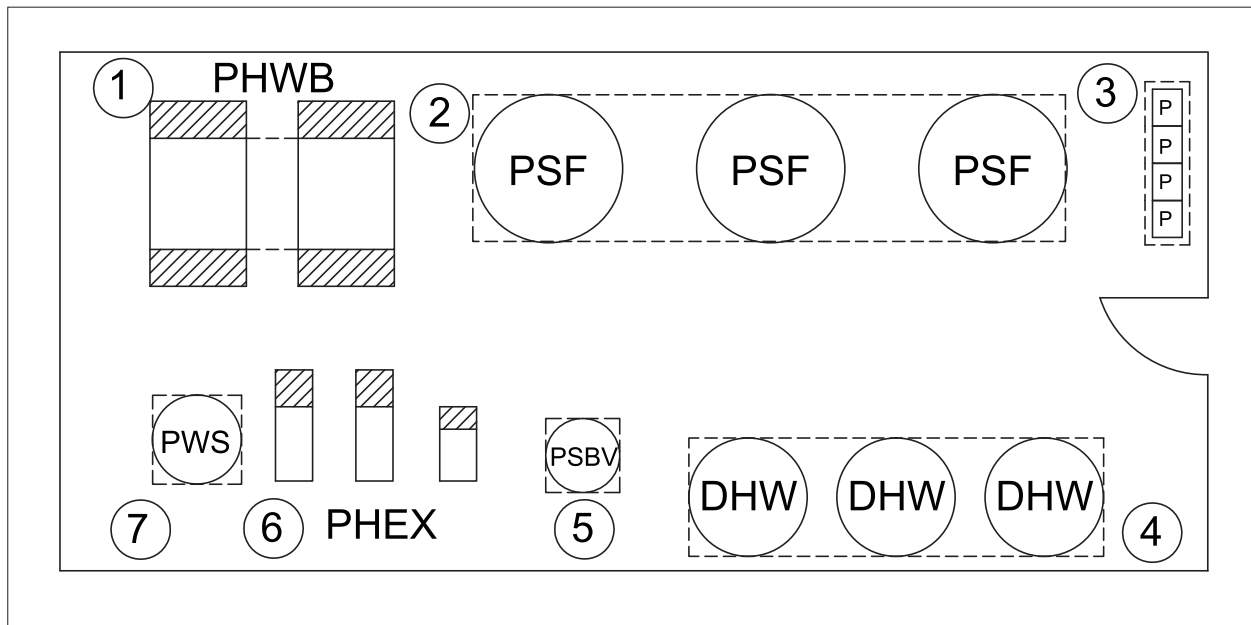
حجم جکوزی	
7.5 m <sup>3</sup>	1982 Galon

**دبی تصفیه جکوزی Q=1982/30=66 (gpm)**

دبی تصفیه جکوزی	
66 gpm	15 m <sup>3</sup> /h

با در دست داشتن دبی تصفیه توان محاسبه ظرفیت فیلتر شنی و پمپ جکوزی وجود دارد. از روی این دبی فیلتر شنی با قطر ۱۰۰ cm بدست می آید که مدل ۴۰-PSF شرکت پاکمن است. برای محاسبه پمپ جکوزی، از آنجا که دبی پمپ تصفیه جکوزی بسیار پایین است باید از پمپ های خطی استفاده کرد. برای جکوزی بدست آوردن هد، مشابه فیلتر شنی است و با در نظر گرفتن ۵۰ متر طول لوله کشی و استفاده از فیلتر شنی، ۱۷٫۵ متر افت فشار بدست می آید.

موتورخانه طراحی شده:



۱. دیگ های آبگرم

۲. فیلترهای شنی

۳. ایستگاه پمپاژ

۴. منابع کویلدار

۵. دیگ بخار ایستاده

۶. مبدل های حرارتی

۷. سختی گیر

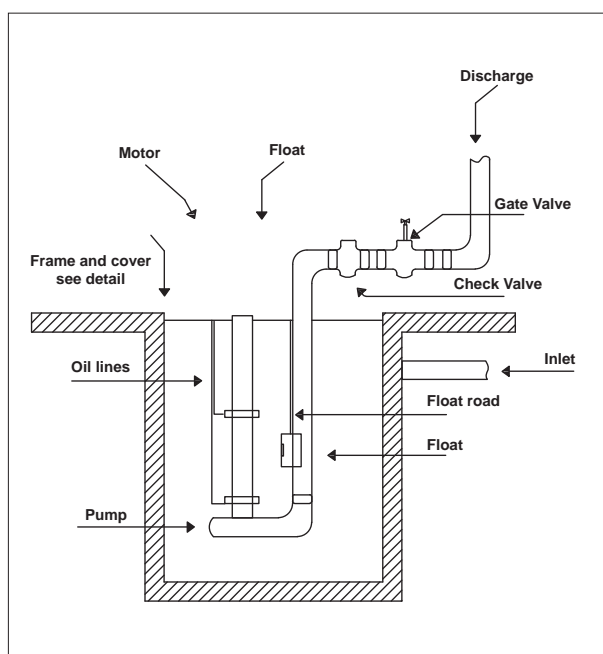
مسیر اتصالات و لوله کشی در شکل منظور نشده است.

## ضمیمه ۱

## رطوبت گیرها

پمپ معطوف میگردد. این یاتاقانها باید یا خیلی نرم و یا خیلی سخت باشند، اما این، قیمت پمپ را افزایش میدهد، لذا در بیشتر موارد نصب یک پمپ برنزی استاندارد با یاتاقانهای استاندارد و تعویض هر از گاه آنها، اقتصادی تر است.

شکل ۲ چگونگی نصب یک پمپ و سوئیچ شناور و شکلهای ۱ و ۲ و ۳ روش های نصب قاب و سرپوش چاهک را نشان می دند.



شکل ۱. ضمیمه ۱

## □ عرصه های قدم زنی و گردش استخر

عرصه های قدم زنی و گردش در کناره استخر باید به سمت استخر شیببندی شود. بعضی از مقررات، ساخت لبه های به بلندی ۲ اینچ را از بین استخر و عرصه قدم زنی توصیه مینمایند، اما به لحاظ خطر لغزشی که این لبه برای شناگران ایجاد میکند، برای استخرهای سرپوشیده نباید توصیه شود. در استخر روباز، این لبه بلند شستشوی بهتر عرصه قدم زنی را ممکن می سازد و چنانچه ساخته شود باید بلندی آن بیش از ۲ اینچ و پهنایش حداقل یک فوت باشد. به عبارت دیگر، یک عرصه پله های گرداگرد استخر ایجاد میشود. عرصه قدم زنی باید با کاشی غیر لغزنده یا بتن ساخته شود و نباید پهنایش از ۴ فوت کمتر باشد، گرچه پهنای ۸ تا ۱۰ فوت مرجح است. روی عرصه باید آبروهایی برای دفع آب جاری بر سطح، تعبیه گردند. مطلوب این است که برای هر ۱۰۰ فوت مربع از مساحت کف، یک آبرو منظور گردد. این آبروها را میتوان به سیستم لوله کشی کفابرو یا مستقیماً به شبکه فاضلاب یا سیستم لوله کشی فاضلاب ساختمان متصل نمود.

## □ چاهک های فاضلاب

برای استخرهایی که در زیرزمین بنا می شوند، جهت ممانعت از ایجاد فشار معکوس در فیلتر به هنگام پخششویی، بهتر است که یک پمپ چاهکی در یک حوضچه نصب گردد به طوری که موتور آن بالای حوضچه قرار گیرد. این پمپها باید به صورت زوج نصب شوند چرا که در صورت خرابی پمپ، فاضلاب از حوضچه سرریز نموده و صدمه دیدن سایر تجهیزات را موجب میگردد. جنس پمپ بستگی به محل نصب آن و مقتضیات اقتصادی دارد. به لحاظ اینکه آب حاصل از پخششویی حاوی سنگریزه و سایر اجرام خورنده است، اولین توجه به یاتاقانهای

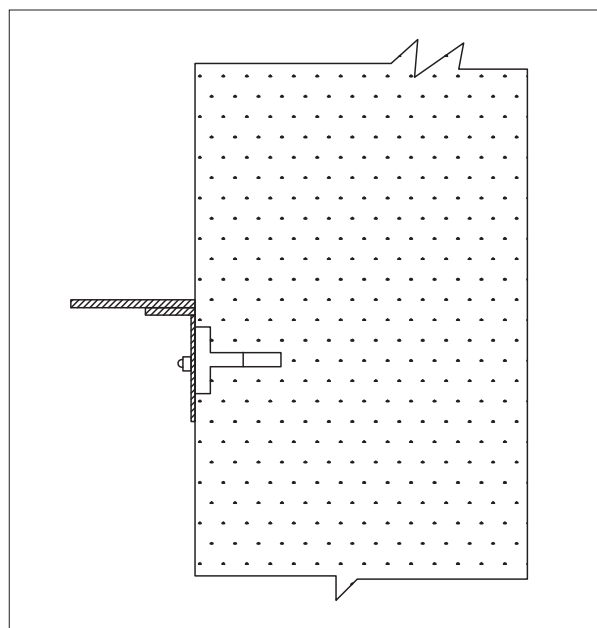
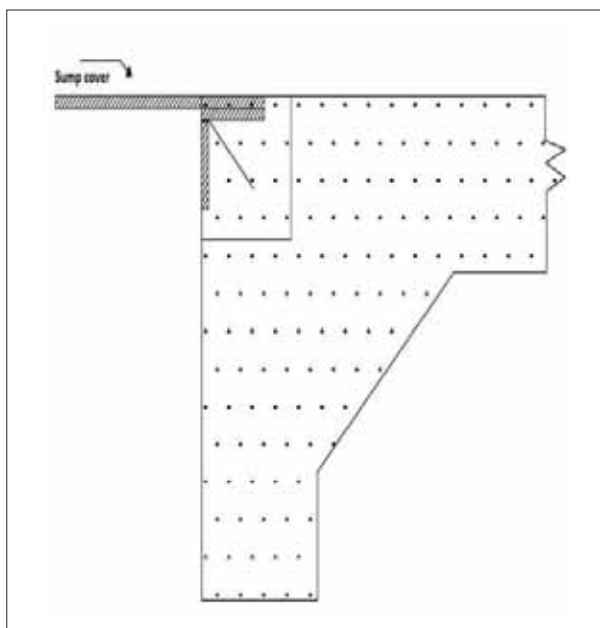
پمپ چاهکی نشان داده شده از نوع شناور میباشد که توسط یک کوپلینگ قابل انعطاف مستقیماً به موتور متصل گردیده است. یک یاتاقان کف گرد ساچمه بشکهای که به طور خودکار خط استقرارش را تنظیم می کند، باید روی سرپوش چاهک قرار داده شود تا وزن شفت و پروانه به آن اعمال گردد. در خط دهش پمپها باید شیر یکطرفه و شیر کشویی نصب نمود. اندازه پمپ از روی اندازه حوضچه‌های که قرار است آب از آنجا پمپاژ شود، تعیین میگردد. چنانچه حوضچه آنقدر بزرگ باشد که تمام آب پستوشویی را در فاصله دفعات پس شویی در خود جای دهد، میتوان پمپی با ظرفیت کم انتخاب کرد تا حوضچه را قبل از پس شویی بعدی تخلیه نماید. ولی معمولاً آب از مناطق دیگری نیز به داخل حوضچه میریزد و بدین لحاظ حجم آب زیاد بوده و ناچاراً باید پمپی با ظرفیت بزرگتر اختیار نمود. در این صورت می توان اندازه حوضچه را تا حدود معقولی کاهش داد. حال فرض کنید که یک زوج فیلتر مطابق گزینش ما (مساحت هر فیلتر ۶۲٫۵ فوت مربع) قرار است مورد استفاده واقع شده و در هر زمان یکی از فیلترها مورد پستوشویی قرار گیرد. بنابراین حجم آب پس شو برابر خواهد بود با:

$$10 \text{ gpm/ft}^2 * 62.5 \text{ ft}^2 = 625 \text{ gpm}$$

چنان چه حوضچه در ابعاد 3ft \* 4ft \* 6ft در زیر کف ورودی ساخته شود، ظرفیت آن برابر خواهد بود:

$$3\text{ft} * 4\text{ft} * 6\text{ft} * 7.5 \text{ gal/ft}^3 = 540 \text{ gal}$$

بنابراین، چنانچه از پمپی استفاده کنیم که ظرفیتش بزرگتر از مابه‌التفاوت حجم آب پستشو و ظرفیت حوضچه باشد، برای ما کافی است، لذا یک زوج پمپ با ظرفیت ۱۰۰ gpm انتخاب می نماییم. چنانچه قرار باشد دیاتمایت از آب پستشو بازایی شود، باید اتاقک جداکننده پیشبینی نمود. این کار را میتوان با قرار دادن یک حائل در عرض حوضچه، میان آبی که به حوضچه می ریزد و خط مکش پمپ، انجام داد.



شکل ۲. ضمیمه ۱، روش های نصب قاب و سرپوش چاهک

#### □ کنترل رطوبت در فضای استخر سرپوشیده

در فضاهای استخر سرپوشیده، گرم کردن آب استخر می تواند موجب تبخیر ۱۰۰ گالن آب یا بیشتر در روز و اضافه شدن آن به هوای درون سالن شود. بدین دلیل برای حصول اطمینان از دوام طولانی اجزاء سالن و تجهیزات نصب شده در آن، اقتصادی بودن عملکرد و نیز نگهداری راحت تأسیسات، باید در اولین مراحل طراحی سالن و تأسیسات آن پیش بینیهای لازم جهت کنترل رطوبت صورت گیرند.

#### □ تعیین میزان تبخیر

در فرایند طراحی سالن استخر، برای درک چگونگی تقطیر رطوبت و افزایش رطوبت فضا در اثر تبخیر، توجه به دینامیک تبخیر کمک مؤثری است. عوامل اصلی در برآورد شدت تبخیر از واحد سطح آب استخر بدین قرارند:

نورگیر سقف یک تله طبیعی برای گرمای تلف شده و رطوبت است و باید از طرح حذف شود. اگر تعبیه نورگیرسقفی اجتناب ناپذیر باشد، باید لاقط دو بار لعاب اکریلیت شده و دور تا دور آن از داخل، نودان جهت تخلیه رطوبت پیش بینی شود.

عرصه قدم زنی اطراف استخر هرگز نباید با فرش و کف پوش های نفوذپذیر مفروش شود. اگر این عرصه مرطوب باشد، رطوبت بیشتری به هوا اضافه می شود (اضافه بر تبخیر سطحی آب استخر)، و این محیط بسیار مناسبی را برای رشد کپک ها فراهم می آورد.

### □ اصول توزیع هوا

هنگام طراحی سیستم های توزیع هوا در سالن سرپوشیده استخر، چهار عامل اساسی باید ملحوظ قرار گیرند:

- هوای گرم حاوی رطوبت، به نقاط بالاتری از فضای استخر متصاعد می شود.
- حرکت هوا روی سطح آب استخر، موجب افزایش تبخیر سطحی می شود.
- ارسال هوای خشک مؤثرترین روش است، البته اگر هوا اول از روی سطوح مستعد تقطیر عبور داده شود.
- منفی بودن اختلاف فشار هوای داخل سالن و فضاهای مجاور، انتقال رطوبت هوای سالن به مکان های دیگر را به حداقل می رساند.

### □ ساختمان جدید

می توان به راحتی با جارو کردن هوای مرطوب از روی سطوح مستعد تقطیر توسط هوای خشک، عبور دادن حداکثر مقدار هوای مرطوب از روی رطوبت گیر، اصول چهارگانه مذکور را در عمل پیاده کرد. بلافاصله پشت نازککاری داخلی در سمت گرم دیوار، باید از سد بخار استفاده کرد تا از نفوذ رطوبت به ماده عایق یا اجزاء ساختمان دیوار جلوگیری شود. وجود هرگونه نشتی در سد بخار، تبدیل به تله رطوبت می شود. بنابراین خیلی مهم است که تمام چیزهایی که به سد بخار متصل می گردند، مانند کلیدها و قاب در و پنجره پوشیده و درزبندی شوند. تیرهای دیوار می توانند بزرگترین هادی باشند که گرما را از سمت داخل دیوار تخلیه نموده و دمای آن را کاهش می دهند، البته اگر عایق فقط میان آنها، و نه بالای آن ها، قرار گرفته باشد. عایق باید روی تمام اجزاء سازه ای سالن گسترش داشته باشد.

- استفاده مورد نظر از استخر
- دمای مطلوب آب
- دمای مطلوب هوا

جدول ۱ شرایط طرح مطلوب را برای استخرهای سرپوشیده و جدول ۲ چگونگی کاربرد آن را نشان می دهند. ملاحظه می شود که طبق جدول ۲، برای تأمین یک رطوبت نسبی ۶۰٪ در زمان کار استخر مطابق شرایط طرح، باید از یک سیستم کنترل رطوبت که برای بار تبخیری ۳۲ b/hr (پاوند بر ساعت) طراحی شده است، استفاده شود. اما طراح باید به خاطر داشته باشد که این شرایط طرح ممکن است در این موارد کاربرد نداشته باشد؛ اگر عرصه اطراف استخر همیشه خیس باشد؛ اگر دمای هوا کاهش یابد؛ اگر دمای آب استخر افزایش یابد؛ اگر پاشش آب به اطراف استخر یا جریان هوا روی سطح آب، زیاد باشد.

جدول ۱. ضمیمه ۱، شرایط طراحی برای استخر داخل سالن

Type of installation	Pool water temperature, F	Indoor (DB) air temperature, F	RH percent	Dew point, F
Commercial-institutional	80	80	60	66
Residential	84	86	60	73
Therapeutic	92	86	60	73

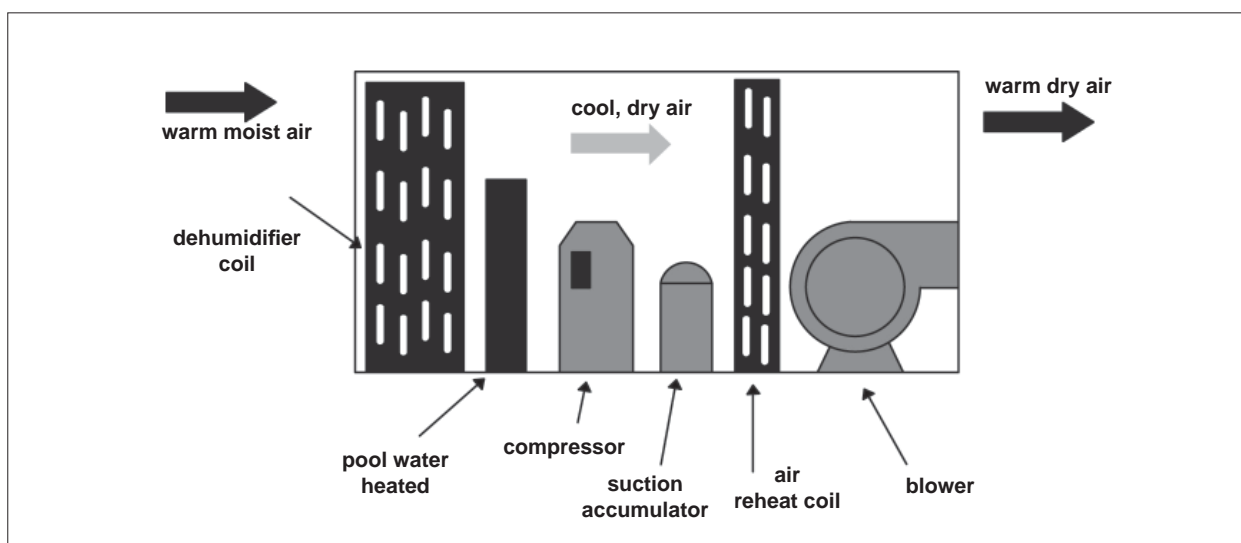
جدول ۲. ضمیمه ۱، شدت تبخیر از آب یک استخر بزرگ خانگی یا یک استخر کوچک عمومی

Pool water temperature	84 F
Natatorium air temperature	86 F (Pool water + 2 F)
Pool surface area	1500 sq ft
At-rest evaporation rate	0.021821 lb per hr per sq ft
Moderate activity evaporation rate	0.027276 lb per hr per sq ft
Total at-rest evaporation	32.7 lb per hr
Total moderate activity evaporation	42.0 lb per hr
Daily moisture load to natatorium air	104 gal

اویزه‌های چراغ باید طوری باشند که آن‌ها را بتوان زیر عایق اتافک زیرشیروانی که ممکن است آن‌ها را تا زیر نقطه شبنم هوا سرد کرده و سبب تقطیر رطوبت هوا و چکیدن قطرات آب روی سر شناگران شود، محافظت می‌کند. پنجره‌ها و درهای شیشه‌ای کشویی بزرگترین منابع اتلاف گرما با پایینترین دماها و بیشترین امکان تقطیر رطوبت میباشند. بنابراین باید آنها را از انواعی انتخاب کرد که دارای مقاومت حرارتی زیاد بوده و قابشان به خوبی عایقکاری و درزبندی شده باشد. ماده درزبند قاب پنجره‌ها باید از یک نوع نفوذناپذیر، مانند پلیپورتان، انتخاب شود.

### □ نیاز به کنترل رطوبت

اگر میزان رطوبت هوا کنترل نشود، نقطه شبنم به دمای هوای سالن نزدیک می‌گردد. هر روز ۱۰۰ گالن یا بیشتر، بخار آب روی سطوحی که سردتر از هوای مرطوب باشند تقطیر شده، سبب آسیب دیدگی دراز مدت ساختمان و فراهم آمدن محیط مطلوب برای رشد انواع کپک خواهد شد. برای کنترل رطوبت سالن استخر می‌توان از یک رطوبت گیر از نوع پمپ حرارتی که مخصوصاً برای این منظور طراحی شده است، استفاده کرد. (شکل ۳ ضمیمه ۱). دامنه رطوبت نسبی توصیه شده برای هوای سالن استخر، ۵۰ تا ۶۰٪ است، با نقطه شبنمی که به اندازه کافی از دمای محیط پایینتر باشد. رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ تا ۶۰٪ مطلوب نیست چراکه موجب تأثیر سرمایه‌ش تبخیری روی بدن شناگرانی می‌شود که تازه از آب خارج شده‌اند. رطوبت نسبی بالاتر از دامنه مذکور نیز می‌تواند موجب تقطیر خارج از کنترل، تخریب مرئی نازککاری داخلی، تخریب نامرئی اجزاء سازه‌ای ساختمان، و رشد کپک‌های بدبو شود.



شکل ۳. ضمیمه ۱

جلوگیری شود. مؤثرترین شیوه، منظور کردن یک دریچه بازگشت در بالاترین نقطه ممکنه در سالن است. (شکل ۴ ضمیمه ۱). هوا باید از طریق دیفیوزرهای خطی که در کف سالن و روی عرصه قدم زنی تعبیه شده‌اند به سالن ارسال شود. وزش هوا از این دیفیوزرها باید به سمت بالا و به صورتی باشد که پنجره یا دیوار خارجی را به اصطلاح جارو کند تا از ایجاد فضاهای سرد ساکن در پایین این پنجره‌ها و دیوارها جلوگیری شود. بدون وزش این هوا به سمت بالا، لایه‌ای از هوای سرد روی سطح داخلی شیشه و بعد روی کف استخر تشکیل می‌شود که موجب آزار شناگران می‌گردد. کانال‌های توزیع هوا که در زیر عرصه قدم زنی قرار می‌گیرند باید به خوبی درزبندی شده و با پلی وینیل پوشیده و عایقکاری شوند. این کانال‌ها باید دارای شیب به سمت محلی مناسب باشند تا آبی را که ممکن است از طریق دریچه‌ها وارد کانال شود، بتوان تخلیه کرد. چنانچه عرصه قدم زنی، کفشوی مناسب نداشته باشد، ممکن

### □ طراحی داخلی

وقتی سطح رطوبت و نقطه شبنم مناسب هوای سالن در طرح منظور شد، مهمترین موضوعی که در مورد دیوارها، سقف و سایر سطوح خارجی باید مورد توجه قرار گیرد، ضد بخار کردن آنها با استفاده از یک عایق با چنان مقاومتی است که مانع رسیدن دمای سطوح داخلی به نقطه شبنم شود. مادامی که دمای این سطوح بالاتر از نقطه شبنم نگه داشته شود، تقطیر روی آن صورت نگرفته و صدمه‌ای به سازه وارد نمی‌شود. برای این که کوران هوا باعث ناراحتی شناگران نشود تعداد دفعات تعویض هوا نباید از ۴ تا ۶ بار در ساعت بیشتر باشد، مگر اینکه ش گنجایش سالن برای تماشای زیاد باشد که در این صورت جهت آسایش تماشاچیان می‌توان ۶ تا ۸ بار در ساعت تعویض هوا منظور نمود. بازگشت هوای سالن یا انتقال آن به بیرون باید از بالاترین نقطه ممکن صورت گیرد تا هوای هیچ قسمتی ساکن نمانده و از تقطیر رطوبت ناشی از سکون هوا

آب کنار یکدیگر تجمع یافته و تشکیل قطراتی را می دهند که منجر به خروج رطوبت از هوا می شود. چگالش به چوب، کاغذ و سایر مواد آسیب می رساند و همچنین موجب تسریع زنگ زدگی در فولاد و ورآمدن رنگ می شود. در استخرهای داخلی کلرآمینها (که محصول جانبی سیستم کنترل شیمیایی آب استخر هستند) با رطوبت موجود در هوا ترکیب شده و بر روی سطوح سرد چگالیده می شوند و محلولی غنی از کلرید را تشکیل می دهند که باعث خوردگی اکثر فلزات از جمله بعضی از انواع استنلس استیل میشود.

اگر کنترل رطوبت طی طراحی و نظارت بر ساخت استخرهای سرپوشیده مورد بیتوجهی قرار گیرد، مشکلات زیادی بروز خواهند کرد که مهمترین آنها بدین قرارند: وقوع چگالش گسترده و شدید، شکم دادن کاشیهای سقفی، خیس شدن عایق کاری، رشد قارچ و کپک، خوردگی وسایل بهداشتی، شکستگی و ترک در مصالح ساختمان و در نهایت ریزش سازه.

### • سطوح سرد

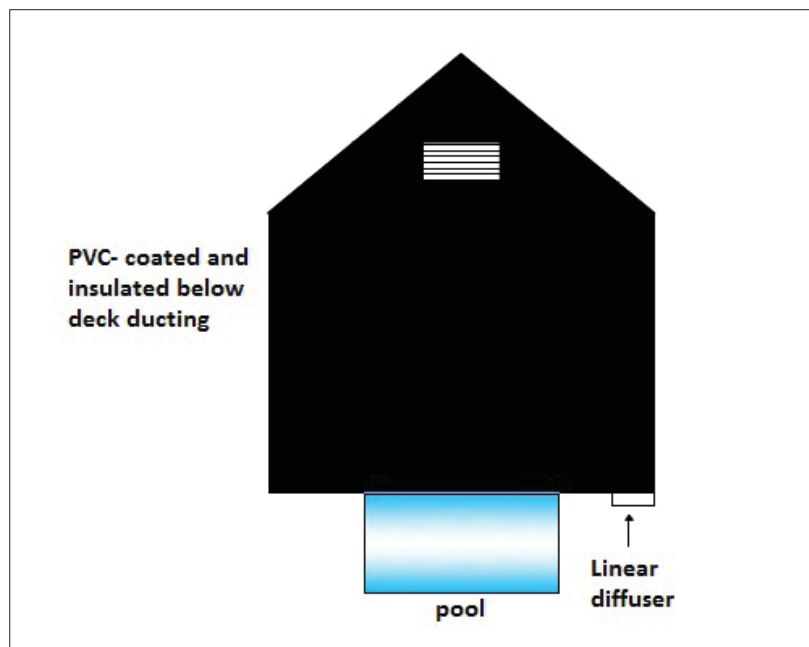
وقتی که هر سطحی تا زیر نقطه شبنم هوای مجاور خود سرد شود، رطوبت بر روی آن چگالیده می شود. مهمترین سطوح سردبالقوه

در استخرهای سرپوشیده عبارتند از:

دیوارهای خارجی شمالی، پنجرهها، چهارچوبهای در و پنجره و نورگیرها. پنجره های تک جداره، بدنه های فلزی و پنجره ها و درها، و بستهای سقفی یک پل حرارتی بین هوای سرد خارج و هوای مرطوب داخل ایجاد می کنند. اکثر طراحان لزوم استفاده از شیشه های منعکس کننده گرما برای پنجره ها را تشخیص می دهند. بسته به دمای هوای خارج، دوجداره کردن پنجره ها ممکن است کفایت نکند. نکته حائز اهمیت این است که اکثر طراحان در مشخصات پنجره ها استفاده از عایقهای حرارتی را برای چهارچوب پنجره ها قید نمیکنند. در موارد زیادی دیده شده که خود پنجره ها شفاف و عاری از رطوبتند اما چهارچوب آنها از رطوبت پوشیده شده است. اشتباه رایج دیگر در طرح معماری این است که نگهدارنده های بالای درها و پنجره ها را از صفحات یا تیرهای فولادی انتخاب می کنند که بدون هیچگونه عایق حرارتی به طور کامل از داخل دیوار عبور داده می شوند.

اکثر استخرهای سرپوشیده دارای حداقل یک درب خروجی به سمت بیرون هستند. این درها را باید با دقت انتخاب نمود، عایقهای حرارتی برای در و چهارچوب آن ضروری بوده و پنجره آن باید دارای قاب دوجداره باشد. کف درگاه (آستانه در) و مکانیسم قفل در نیز از مواردی هستند که اغلب به آنها توجهی نمیشود. پنجره هایی که رو به بخشهای داخلی ساختمان هستند نیز می توانند در معرض چگالش قرار گیرند مخصوصاً اگر سطح پنجره غوطه‌ور

است استفاده از یک پمپ خودکار برای تخلیه آب از درون سیستم کانال، لازم آید. کانال های برگشت می توانند از جنس آلومینیوم، فایبرگلاس یا ورق فولادی گالوانیزه باشند.



شکل ۴. ضمیمه ۱، سیستم توزیع هوا در سالن استخر

### □ چگونگی توزیع هوا در سالن های موجود

در نصب سیستم رطوبت گیری در یک سالن استخر موجود، مهمترین مسئله رساندن هوای گرم به دیوارها و پنجره های خارجی سرد، بدون جریان دادن هوا از روی سطح آب استخر است. برای این منظور گاهی می توان سیستم کانال را دور تا دور سالن در سطح کف نصب نمود که بدین ترتیب هوا از دریچه های تعبیه شده روی این سیستم کانال، به سمت بالا وزش خواهد کرد. اگر چاره ای نباشد، می توان توزیع هوا را توسط سیستم کانال نصب شده در بالای سالن نیز انجام داد، البته به شرطی که از جریان دادن هوا از روی سطح آب استخر اجتناب شود. این امر مستلزم دقت زیاد در تعیین محل دریچه های توزیع هواست. باید از وزش مستقیم هوا به بالای پنجرهها یا درهای شیشه های کشویی بلند اجتناب کرد، چه این امر سبب سرد شدن هوا و نزول آن به سمت کف سالن شده و کوران هوای سردی را در سطح استخر ایجاد می کند.

### □ مبانی طراحی استخرهای سرپوشیده

#### • آب به کجا می رود؟

وقتی هوا تا زیر نقطه شبنم خود سرد شده و بخار آب موجود در هوا به فاز مایع تغییر شکل می دهد. چگالش وقتی صورت می گیرد که مولکولهای



### • رطوبت گیری

با توجه به اینکه در اکثر استخرها (در آمریکای شمالی) از سیستم کنترل شیمیایی آب مبتنی بر کلر استفاده میشود و از آنجا که کنترل شیمیایی آب استخر همیشه کفایت نمیکند، رطوبتگیرهای استخری اغلب شرایط سخت و نامساعدی را تجربه میکنند. از این رو سازندگان رطوبتگیر باید تمهیدات لازم برای حفاظت تجهیزات جهت تضمین حداکثر عمر آنها را پیش بینی کنند. برای کویل‌های تبریدی و میدلهای حرارتی باید از مواد یا روکش های خاصی استفاده نمود و رنگ زدن داخلی قطعات فلزی نیز ضروری است. همچنین عایقکاری تجهیزات عملیاتی نظیر قطعات الکتریکی و تبریدی جهت به حداقل رساندن خوردگی از اهمیت ویژه برخوردار است. این بدان معنی است که دستگاه های تهویه مطبوع استاندارد و متداول برای استفاده در استخرها مناسب نیستند. از این رو تجهیزات استخر معمولاً از دستگاه های تهویه مطبوع استاندارد گرانترند. رطوبتگیرهای استخر سرپوشیده از این جهت با تجهیزات تهویه مطبوع استاندارد تفاوت دارند که آنها طوری طراحی میشوند که رطوبت بسیار بیشتری را از هوا خارج کنند (ضریب گرمای محسوس بین ۰.۵ تا ۰.۸ در برابر گرمای محسوب ۰.۸ برای واحد تهویه مطبوع استاندارد). این امر چندین پیامد دارد، اول اینکه این تجهیزات به ازای واحد سرمایش گرانترند. دوم اینکه سرمایش محسوس آنها بسیار کمتر از دستگاههای تهویه مطبوع استاندارد است. این موضوع وقتی که فضای دارای بار سرمایی بالایی باشد به طور چشمگیری بر اندازه تجهیزات مورد نیاز تاثیر می گذارد. رطوبتگیرهای استخری عموماً از اقلامی هستند که به نگهداری زیادی نیاز دارند. با توجه به اینکه این دستگاهها باید ۲۴ ساعته و در ۷ روز هفته کار کنند، چنانچه نگهداری آنها به طور منظم انجام نگیرد، شرایط سخت و نامساعد هوا می تواند موجب تخریب سریع آنها شود. تجهیزات استخری دارای تسمهها، فیلترها و یاتاقانهایی هستند که در فواصل زمانی معین بازرسی و سرویس شوند. تجهیزات جدیدتر که دارای موتورهای بادزن با محرک مستقیم و کنترل سرعت محرک فرکانس متغیر هستند تا اندازه‌های مورد نگهداری را کاهش میدهند، اما این رطوبتگیرها نیز به بازرسی منظم نیاز دارند. بنابراین طراح باید تجهیزات رطوبتگیر را به گونهای طراحی کند که برای انجام امور نگهداری به آسانی قابل دسترس باشند.

### • آرایش بادزن ها (برگشت/رفت)

دو بادزن داخل اتاقک تجهیزات مستقر می شوند. بادزن برگشت برای تامین فشار استاتیک کانال برگشت و بادزن رفت نیز جهت برقراری فشار استاتیک کانال رفت اندازه گیری میشوند. فشار منفی داخل فضا را میتوان به آسانی با تغییر سرعت بادزن برگشت، سرعت بادزن رفت و یا هر دو حفظ نمود. معمولاً از یک جعبه اختلاط هوا با سه دمپر استفاده میشوند تا هر وقت که مناسب باشد برای رطوبتگیری از ۱۰۰٪ هوای خارج، یا هر درصدی از هوای خارج استفاده شود. این آرایش معمولاً دارای دو بخش فیلتر است، یکی برای برگشت و یکی برای رفت.

در هوایی است که از سیستم تهویه مطبوع واقع بر خارج پنجره بیرون میآید. در این گونه موارد بهترین کار این است که از پنجره های با قاب دوجداره استفاده شود.

نورگیرها نیز مشابه پنجره ها هستند با این تفاوت که آنها در مکان بدتری قرار دارند. از آنجا که هوای گرم و مرطوب به سمت بالا می رود و جریان هوا در قسمت فوقانی ساختمان ممکن است به خوبی جاهای دیگر نباشد، سطح رطوبت نزدیک نورگیرها بیش از سایر قسمتها خواهد بود.

بعضی ساختمانها از نورگیرهای باز شو یا سقفهای متحرک برای تهویه تابستانی بهره می برند که البته آمیزهای از خوب و بد هستند، زیرا هر چیزی که قابل باز شدن باشد درزبندی آن مشکلتر بوده و همچنین ممکن است دارای مکانیسم هایی باشد که عایقکاری حرارتی آن را دشوار سازد. به عنوان کمترین کار، رطوبت گیر باید طوری با عملکرد این نورگیرها همبسته (اینترلاک) کرد که وقتی نورگیرها باز هستند رطوبت گیر بیجهت انرژی مصرف نکند. هر نوع نورگیری برای یک استخر سرپوشیده مناسب نیست. در صورت لزوم استفاده از نورگیر، طراح باید طرح نورگیرها را به گونه ای انتخاب کند که گردش کافی هوا در سطح آنها تضمین شود. او حتی باید استفاده از ادوات کمکی محرک هوا برای تأمین گردش هوا و جلوگیری از گچالش در سطح نورگیرها را مورد توجه قرار دهد.

### • سد بخار

جابجایی رطوبت توسط اختلاف در فشار بخار آب بین دو فضا تعیین میگردد. اگر بخشی از استخر سرپوشیده دارای دیوار، کف یا سقفی در مجاورت فضاهای داخلی ساختمان باشد، استفاده از سد رطوبت ضروری خواهد بود. به یاد داشته باشید که اختلاف در مقدار رطوبت بین دو فضا میتواند خیلی زیاد باشد و فقط به محیط خارج فکر نکنید؛ استخرهای سرپوشیده باید تا حد امکان در برابر بخار، نفوذناپذیر ساخته شوند. سدهای بخار باید فصل پشت سطح دیوار داخلی قرار گیرند که بدین ترتیب بخار و هوای مرطوب به جای اینکه به سمت حفرات دیواری سردتر حرکت کنند، در داخل فضا نگه داشته می شوند. کلیه درزها و شکافهای سد بخار باید درزگیری شوند. سد بخار را همچنین باید تا سقف و اسلب کف درزبندی کرد تا از ورود هوای مرطوب به داخل دیوار با سقف از طریق درزها جلوگیری شود. کلیه شکافهای اطراف کلیدها و پرزها نیز باید درزبندی شوند تا از انتقال رطوبت موضعی جلوگیری گردد. پیوستگی سد بخار از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

یکی دیگر از نکات مهم، دمای نقطه شبنم هواست. از آنجا که دمای نقطه شبنم هوای طرح در یک استخر سرپوشیده بالاست، هر چیز موجود در ساختمان باید بتواند خود را با آن انطباق دهد. توصیه شده است که دمای سطوح سرد باید حداقل ۳ درجه سانتیگراد یا ۵ درجه فارنهایت بالاتر از نقطه شبنم اتاق استخر باشد (هندبوک ۲۰۰۰ ASHRAE). البته حفظ دمای کلیه سطوح در ۷۰ تا ۷۵ درجه فارنهایت یعنی ۲۱ تا ۲۴ درجه سانتیگراد در یک روز زمستانی طرح ممکن است مشکل باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد، در اینجا توزیع هوا نقش مهمی را بازی می کند.

دلیل غیرقابل کنترل شدن مواد جامد محلول در آب استخر، مجدداً به طور کامل پر شده باشد. در جاهایی که نقطه شبنم هوای خارج به اندازه کافی پایین باشد، واحدهای ۱۰۰٪ هوای خارج از محبوبیت بیشتری برخوردار خواهند بود. این واحدها معمولاً از ادوات بازیاب گرما از قبیل لوله های حرارتی یا مبدلهای حرارتی هوا به هوا بین هوای اگزاست و هوای تازه خارج بهره میبرند. اما وقتی دمای نقطه شبنم هوای خارج بالای ۶۰ تا ۶۵ درجه فارنهایت (۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد) باشد، حفظ رطوبت هوا در سطوح مطلوب میسر نبوده و به رطوبتگیر کمکی نیاز خواهد بود. وقتی دمای هوای خارج بالاتر از ۷۵ درجه فارنهایت (۲۴ درجه سانتیگراد) باشد، حفظ دمای هوا در سطوح مطلوب نیز ممکن نخواهد بود که در این موارد باید از یک نوع کوئل سرمایشی کمکی بهره گرفت. همچنین برای شرایط زمستانی به گرمایش کمکی نیاز خواهد بود. از ادوات بازیاب گرمای هوا به هوا میتوان برای بازیابی انرژی از هوای اگزاست به هوای رفت استفاده نمود که بدین ترتیب اندازه وسایل گرمایش کمکی کاهش می یابد. البته طراح هنگام منظور کردن این ادوات باید از مشکلات محتمل ناشی از بار رطوبتی بالای هوای اگزاست آگاه باشد.

اگر وسیله بازیاب گرما از راندمان بالایی برخوردار باشد، در دماهای پایین هوای خارج ممکن است در سمت اگزاست مبدل حرارتی چگالش رطوبت و انجماد رخ دهد. اما اگر راندمان وسیله بازیاب گرما زیاد نباشد، در این صورت منافع آن هم کمتر بوده و به گرمایش کمکی بیشتری نیاز خواهد بود. از چرخه های آنتالپی در استخرهای سرپوشیده استفاده نمی شود زیرا نیازی به افزایش رطوبت در هوای ورودی وجود ندارد. رطوبتگیرهای استخرهای سرپوشیده اساساً برای زدایش بار رطوبتی انتخاب می شوند. نرخهای پرخش هوا و مقصیبات هوای خارج باید تا حدی مد نظر باشند. سازندگان رطوبتگیر دارای برنامه های کامپیوتری هستند که به طراح در انتخاب تجهیزات مناسب کمک می کنند. بارهای سرمایی محسوس بالقوه ناشی از شیشه های رو به جنوب یا نورگیرهای گسترده نیز باید مورد توجه قرار گیرند. البته لحاظ کردن این بارها ممکن است باعث شود که اندازه تجهیزات رطوبت گیر بزرگتر از حد شود. همانطور در نمودار سایکرومتریک (ضمیمه ۳) دیده می شود مقدار واقعی رطوبت در هوا (رطوبت مطلق) توسط دمای نقطه شبنم مشخص می شود. در فضاهای استخر مرطوب، مقدار واقعی رطوبت هوا حتی با کارکرد تجهیزات رطوبتگیر خیلی سریع تغییر نمی کند. از سوی دیگر، نمودار سایکرومتریک نشان میدهد که رطوبت نسبی میتواند با تغییر کوچکی در دمای خشک فضا به طور قابل ملاحظه های تغییر کند. این بسیار مهم است که سیستم کنترل رطوبتگیر استخر برای حفظ دمای نقطه شبنم مناسب و نه رطوبت نسبی کار کند. البته شاید کاربران ندانند که نقطه شبنم را باید بر چه دمایی تنظیم کنند، بنابراین سیستم کنترل باید از این قابلیت برخوردار باشد که دمای اسمی فضا و نقطه تنظیم رطوبت نسبی در داخل خود به دمای نقطه شبنم تبدیل کند.

#### • خلاصه

به استخرهای سرپوشیده نباید همانند فضاهایی نگرست که تنها نیاز به تهویه مطبوع دارند. در این مقاله جنبه های مهم و نکات اساسی در طرح موفقیت آمیز استخرهای داخلی بررسی شدند. رطوبت مهمترین عاملی است که باید

#### • آرایش بادزن (اگزاست/رفت)

در این بادزن رفت هر دو فشار استاتیک کانال برگشت و کانال رفت را تامین میکند. یک بادزن اگزاست مجزا نیز در اتاقک رطوبت گیر یا در مکانی دورتر مستقر می شود. این آرایش تنها اجازه استفاده از حداقل هوای خارج را می دهد (معمولاً یک سوم جریان هوا) و مستلزم بکارگیری بخش فیلتر کوچک ثانویه ای مخصوص هوای خارج است. بادزن اگزاست و دمپره های کنترل هوای تازه برای عملکرد باید توسط رطوبتگیر یا یکدیگر هماهنگ شوند.

#### • آرایش بادزن (تخلیه/اگزاست/رفت)

این آرایش مشابه بادزن اگزاست/رفت است با این تفاوت که بادزن تخلیه که معمولاً حداقل دوسوم جریان هوا را برقرار می کند، جهت دستیابی به ۱۰۰٪ هوای خارج به سیستم اضافه میشود. این آرایش نیازمند یک بخش فیلتر مجزا برای کل جریان هوای خارج و همچنین یک مکانیسم دمپر برای کنترل است.

#### • رطوبت گیرها

رطوبت گیرهای مکانیکی به طور گستردهای برای استخرهای سرپوشیده مورد استفاده قرار میگیرند. آنها طوری طراحی می شوند که ظرفیت زدایش رطوبت بالایی دارند، نسبت گرمای محسوس پایینی داشته باشند، و از یک سیکل تبرید استاندارد بهره ببرند. این رطوبت گیرها مجهز به کندانسورهای مبرد چندگانه هستند تا سرمایش فضا، باز گرمایش هوا و گرمایش آب استخر قابل دستیابی باشد. ضمن اینکه کنترل دمای فضا و نقطه شبنم محیط استخر نیز صورت می گیرد. رطوبتگیرهای مکانیکی به لحاظ استفاده حداکثر از گرمای دفع شده بسیار مناسبند. از آنجا که تبخیر آب استخر موجب افت دمای آب میشود، گرمایش آب استخر در تمام طول سال مورد نیاز خواهد بود. بنابراین استفاده از گرمای دفع شده برای گرمایش آب استخر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در صورتی که مقررات اجازه دهند بازیابی رطوبت چگالیده شده از هوا و برگشت آن به استخر می تواند امری مقرون به صرفه باشد زیرا مقدار آب جبرانی مورد نیاز را کاهش میدهد. در استخرهای بزرگ و فعال میتوان در هر ساعت صدها پوند رطوبت را بازیابی نمود. کل نیازهای گرمایشی موجود تشکیل شده است از تلفات جداره استخر، هوای تهویه، و خود آب استخر به دلیل سرد شدن پیوسته ناشی از تبخیر، به طور کلی یک وسیله گرمایش کمکی برای آب استخر و همچنین هوا مورد نیاز می باشد. اگر چه مهم نیست که تجهیزات مورد استفاده برای رطوبت گیری از چه نوعی باشند، اما رطوبتگیرهایی که بتوانند گرمای بلااستفاده حاصل از فرآیند رطوبتگیری را به آب استخر برگردانند، مصرف انرژی را به طور چشمگیری کاهش میدهند. آبگرمکنهای کمکی برای آب استخر باید به گونه ای اندازه گیری شوند که افت گرمای کل ناشی از تبخیر و ورود آب جبرانی سرد را جبران کنند. آبگرمکن کمکی همچنین باید از ظرفیت کافی برای گرم کردن کل آب استخر تارسیدن به دمای عملیاتی در یک مدت زمان معقول برخوردار باشد، این کار وقتی صورت میگیرد که استخر بعد از عملیات نگهداری یا به

قابل توجهی احساس شد، احتمالاً سطح کلی ترکیبی در آب استخر بسیار بالاست. بعد از ۲۰ ثانیه، بینی به بو عادت خواهد کرد. کلیه استخرهایی که از آنها زیاد استفاده می شود هر چند وقت نیاز به کلر زنی زیاد یا شوک کلر دارند. هنگامی که سطح کلر ترکیبی به ۲٫۰ تا ۵٫۰ ppm برسد، شوک کلر ضروری خواهد بود. اگر از استخر استفاده سنگین می شود شاید لازم باشد این کار هر روز صورت بگیرد. شوک کلر در یک استخر مستلزم آن است که اپراتور سطح کلر آزاد استخر را حداقل به میزان ۱۰ برابر مقدار کلر آمین اندازه گیری در استخر افزایش دهد. برای این منظور مقدار کلر آب استخر معمولاً باید به ۸ تا ۱۰ ppm افزایش یابد. واحدهای رطوبت گیر استخر که با ۱۰۰٪ هوای خارج کار می کنند با قرار گرفتن در وضعیت تخلیه می توانند پس مانده های حاصل از فرآیند شوک کلر را سریعاً شستشو داده و بزدایند و موجب کاهش زمان مورد نیاز برای این فرآیند شوند. البته طی موقعیت تخلیه، تغییر شرایط فضا از نقطه تنظیم قابل قبول خواهد بود زیرا در این وضعیت فضا خالی از سکنه است. یکی دیگر از پارامترهای مهم آب استخر PH است. استخرهای شنا باید کمی قلیایی و در محدوده PH بین ۷٫۲ تا ۷٫۶ نگه داشته شوند که این از دو جنبه اهمیت دارد، اولاً این محدوده برای چشمهای شناگران آزاردهنده نیست. ثانیاً حفظ PH در این محدوده باعث می شود که مواد شیمیایی استخر از جمله کلر بیشترین تاثیر را داشته باشند. PH زیر ۷ موجب خوردگی اجزای استخر و همچنین کاهش تاثیر کلر می شود. قلیائیت کل و سختی آب نیز حائز اهمیتند و با سایر فاکتورهایی که قبلاً بحث شدند در تعادل باشند. تشکیل رسوب و مشکلات کنترل PH از سطح نادرست این پارامترها ناشی می شوند.

**• استخرهای سرپوشیده، ساعات کار کرد طولانی، اشغال متغیر**  
استخرهای شنای تجاری ممکن است خیلی طولانی تر از ساختمانهای تجاری اشغال شوند. این استخرها معمولاً ساعت ۵ یا ۶ صبح برای شناگران صبحگاهی باز می شوند تا ساعت ۱۰ شب یا حتی دیرتر برای برگزاری مهمانی ها یا مسابقات ورزشی باز می مانند. طی دوره های آموزش و تمرین، تیمهای شنا با شنای سرتاپای خود در طول استخر باعث تلاطم آب شده و موجب بالا رفتن نرخ تبخیر آب استخر می شوند. این در حالی است که از استخرهای خانگی فقط چند ساعت در روز استفاده می شوند. طراحان باید کنترل رطوبت و دمای استخر را برای مواقعی که استخر کاملاً اشغال شده و پر از تماشاچی است، تامین کنند. هر چند که در اکثر اوقات سطح افراد و فعالیت ها تا این اندازه بالا نیست. این امر موجب نوسانات گسترده ای در بارهای رطوبتی می شود که باید توسط دستگاه های رطوبت گیر تعدیل گردد. برای استخرهایی که از آنها به طور مقطعی و هر چند وقت یکبار استفاده می شود، شاید قابل قبول باشد که اندازه دستگاه های رطوبت گیر را کمی کوچکتر از حد در نظر گرفت. از آنجا که با افزایش فعالیت ها تشکیل رطوبت خیلی سریع صورت می گیرد، هنگام تصمیم گیری در خصوص اندازه گیری کوچکتر از حد رطوبت گیرها بهتر است نوع دوام فعالیتهای افزایش یافته و همچنین میزان تحمل ساختمان و پرسنل در برابر افزایش رطوبت نسبی برآورد شوند.

مورد نظر قرار گیرد. طراح باید به دنبال یافتن و حذف مکانهایی باشد که رطوبت در آنها تجمع مییابد. سطوحی که دائماً مرطوبند علاوه بر ایجاد ظاهر زشت دچار خوردگی و تخریب زود هنگام خواهند شد. توزیع درست هوا یکی دیگر از جنبه های مهم طرح است. سیستم توزیع هوا در استخر سرپوشیده جایی برای اعمال مهندسی ارزش در طرح نیست. اگرچه کیفیت شیمیایی آب استخر به درستی انجام نشود. انواع مختلفی از تجهیزات موجودند که به طور خاص برای کاربردهای استخر سرپوشیده طراحی شده اند. هرگز نباید برای این منظور از دستگاههای تهویه مطبوع معمول (استاندارد) استفاده کرد. ساخت استخرهای سرپوشیده به دلیل ملاحظات خاص طراحی و تجهیزات مورد نیاز، گران تمام می شود. ضمن این که راهبری آنها نیز پرهزینه است. سیستم های استخر سرپوشیده را نمی توان خاموش کرد. استخر و تجهیزات رطوبت گیر آن به مراقبت و نگهداری پیوسته نیاز دارند.

### • مقابله با بوها

دلایل زیادی در خصوص پیدایش بو در استخرهای سرپوشیده وجود دارند که شایع ترین آن ناتوانی یا قصور اپراتورهای استخر در حفظ کیفیت شیمیایی مناسب آب است. این امر ممکن است ناشی از عدم آموزش اپراتورها، خرابی تجهیزات ضد عفونی کننده، یا استفاده سنگین از استخر توأم با ساعات طولانی آن باشد. در اکثر اوقات، شکایات افراد از شرایط استخر سرپوشیده در مورد بوها مطرح می شوند، نه رطوبت و دما. اپراتورهای استخرهای تجاری باید کیفیت آب را حداقل روزانه و طی دوره های اشغال استخر هر ساعت تست و ثبت کنند. عوامل زیادی در حفظ کیفیت شیمیایی مناسب استخر دخیلند که در اینجا تنها به تعدادی از آنها اشاره می شود.

اپراتورهای استخرهای تجاری باید در زمینه تثبیت کلیه پارامترهای استخر آموزش ببینند. در ایالات متحده اکثر استخرهای داخلی با استفاده از اشکال مختلف گاز کلر، سدیم، هیپوکلریت و کلیسم ضد عفونی می شوند. سایر روشهای ضد عفونی شامل کاربرد ترکیبات برم، ازن، نقره و ید می باشند. در صورت استفاده از کلر، باقیمانده آزاد کلر را باید در حد ۱ تا ۳ ppm حفظ نمود. از آنجا که مواد بیولوژیک همیشه در آب استخر وجود دارند، هر جا کلر باشد ترکیباتی از کلر موسوم به کلر آمین شکل می گیرند. کلر آمین ها ترکیبات پیچیده ای از کلریت نیتروژن هستند که از سطح استخر به صورت گاز آزاد می شوند و همین انتشار گاز از کلر ترکیبی است که باعث تولید بو می شود نه خود کلر. هندیوک منتشر شده از سوی "موسسه ملی استخر شنا" توصیه می کند که سطح کلر ترکیبی را باید در حد کمتر از ۲ ppm نگه داشت.

برای تعیین سطح کلر ترکیبی اغلب از یک وسیله تست کننده ساده و ارزان استفاده می شود که توسط آن اپراتور می تواند رنگ محلول را با یک جدول یا نمودار رنگی مقایسه کند. اگر سطح کلر ترکیبی خیلی زیاد باشد این وسایل دقت خود را از دست می دهند زیرا مقایسه رنگ بسیار دشوار خواهد شد. البته وسایل دقیق تر و گرانتری نیز وجود دارند ولی اکثر اپراتورهای استخر یا چیزی درباره آنها نمی دانند یا نمی توانند آنها را تهیه کنند. یک راه سریع برای پی بردن وضعیت نامناسب آب استخر، توجه داشتن به بو بلافاصله بعد از ورود به استخر است. اگر ظرف ۱۰ تا ۲۰ ثانیه اول بوی

ضمیمه ۲

# جدول تعیین قطر لوله

SIZE FOR BLACK PIPE WITH TEMP. DROP 20°F.			(G.P.M) جدول مربوط به تعیین قطر لوله با توجه به معلوم بودن دو مشخصه افت فشار و دبی														
FRICION LOSS افت فشار		جریان FLOW	PIPE SIZE NOMINAL INCHES قطر لوله به اینچ														
FT/100FT	M/FT		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12
1	120	G.P.M.	0.8	1.8	3.4	7.3	11	21	32	63	93	130	240	400	850	1600	2600
		F.P.S.	0.92	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.30	2.8	3.0	3.3	3.3	4.4	5.5	0.3	7.3
1.5	180	G.P.M.	1.1	2.2	4.3	9.0	13	27	44	77	115	165	300	500	1100	2000	3300
		F.P.S.	1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.4	3.8	4.2	4.8	5.7	6.7	8.2	9.3
2	240	G.P.M.	1.2	2.6	5.0	1.1	16	32	52	92	140	190	360	580	1300	2400	3800
		F.P.S.	1.3	1.6	1.9	2.3	2.5	3.0	3.4	4.0	4.5	4.8	5.8	6.7	8.2	9.7	10.8
2 1/2	300	G.P.M.	1.4	2.9	5.7	12	18	36	57	105	155	210	400	670	1400	2700	4400
		F.P.S.	1.5	1.8	2.1	2.6	2.8	3.4	3.8	4.5	5.0	5.5	6.5	7.7	9.2	12.0	12.5
3	360	G.P.M.	1.5	3.2	6.3	14	20	39	64	112	170	240	440	750	1600	3000	4800
		F.P.S.	1.7	2.0	2.3	2.8	3.2	3.8	4.3	5.0	5.5	6.2	7.3	8.3	10.2	13.4	13.6
3 1/2	420	G.P.M.	1.7	3.6	6.8	15	22	42	70	125	180	260	480	800	1700	3300	5500
		F.P.S.	1.9	2.2	2.6	3.1	3.4	4.1	4.7	5.5	6.1	8.7	7.9	9.1	10.9	14.7	15.6
4	480	G.P.M.	1.8	3.8	7.3	18	24	46	75	135	200	280	520	870	1850	3500	5800
		F.P.S.	1.9	2.3	2.8	3.4	3.7	4.4	5.0	5.8	6.7	7.3	8.5	9.8	11.8	15.6	16.4
DRAIN SIZE			1/2		3/4			1		1 1/4	1 1/2	2.00					

Kcal/2500= B.T.U/10.000=G.P.M

جدول A-5		جدول مربوط به بخار آب اشباع-تنظیم شده بر حسب تغییرات فشار											
فشار kPa	مایع اشباع C°	حجم مخصوص m3/Kg		انرژی داخلی KJ/Kg			انتالپی KJ/Kg			انترپپی KJ/ (Kg.K)			
		مایع اشباع	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	
p	T sat	v f	v g	u f	u fg	u g	h f	h fg	h g	s f	s fg	s g	
0.611	0.01	0.001	000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.000	9.156	9.156
1.0	6.98	0.001	000	129.21	29.30	2355.7	2385	29.30	2484.9	2514.2	0.106	8.870	8.976
1.5	13.03	0.001	001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	0.196	8.632	8.828
2.0	17.50	0.001	001	67.00	43.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	0.261	8.463	8.724
2.5	21.08	0.001	002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	0.312	8.331	8.643
3.0	24.08	0.001	003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	0.355	8.223	8.578
4.0	28.96	0.001	004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.423	8.052	8.475
5.0	32.88	0.001	005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2433.7	2561.5	0.476	7.919	8.395
7.5	40.29	0.001	008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2574.8	0.576	7.675	8.252
10	45.81	0.001	010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.649	7.501	8.150
15	53.97	0.001	014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	0.755	7.254	8.009
20	60.06	0.001	017	7.649	251.38	2205.4	2456.6	251.40	2358.3	2609.7	0.832	7.077	7.909
25	64.97	0.001	020	6.204	271.90	2191.2	2463.1	271.93	2346.3	2618.2	0.893	6.938	7.831
30	69.10	0.001	022	5.229	289.20	2179.2	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.944	6.825	7.769
40	75.87	0.001	027	3.993	317.53	2159.5	2477	317.58	2319.2	2636.8	1.026	6.644	7.670
50	81.33	0.001	030	3.240	340.44	2143.4	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.091	6.503	7.594
75	91.78	0.001	037	2.217	384.31	2112.4	2496.7	384.39	2278.6	2663.6	1.213	6.243	7.419
0.225	124.00	0.001	064	0.793	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.517	7.088
0.250	127.44	0.001	067	0.719	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.446	7.053
0.275	130.60	0.001	070	0.657	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.4	2721.3	1.6408	5.380	7.021
0.300	133.55	0.001	073	0.606	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.672	5.320	6.662
0.325	136.30	0.001	076	0.562	572.9	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.701	5.265	6.965
350	138.88	0.001	079	0.524	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.728	5.213	9.941

A جدول-5		جدول مربوط به بخار آب اشباع-تنظیم شده بر حسب تغییرات فشار											
فشار kPa	مایع اشباع C°	حجم مخصوص m3/Kg		انرژی داخلی KJ/Kg			انتالپی KJ/Kg			انترپنی KJ/ (Kg.K)			
		مایع اشباع	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	
p	T sat	v f	v g	u f	u fg	u g	h f	h fg	h g	s f	s fg	s g	
0.375	141.32	0.001	081	0.491	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.753	5.165	6.918
0.40	143.63	0.001	084	0.463	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.777	5.119	6.896
0.45	147.93	0.001	088	0.414	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.821	5.036	6.857
0.50	151.86	0.001	093	0.375	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.861	4.961	6.821
0.55	155.45	0.001	097	0.343	655.32	1909.2	2564.5	665.93	2097.0	2753.0	1.897	4.892	6.789
0.60	158.85	0.001	101	0.316	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.931	4.829	6.760
0.65	162.01	0.001	104	0.293	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.963	4.770	6.733
0.70	164.97	0.001	108	0.273	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.992	4.716	6.708
0.75	167.78	0.001	112	0.256	708.64	1866.1	2574.1	709.47	2057.0	2766.4	2.020	4.665	6.685
0.80	170.43	0.001	115	0.240	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.046	4.617	6.663
0.85	172.96	0.001	118	0.227	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.071	4.571	6.642
0.90	175.38	0.001	121	0.215	741.83	1838.6	2580.5	742.33	2031.1	2773.9	2.095	4.528	6.623
0.95	177.69	0.001	124	0.204	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.117	4.487	6.604
1.00	179.91	0.001	127	0.194	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.139	4.448	6.587
1.10	184.09	0.001	133	0.178	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2781.7	2.179	4.374	6.554
1.20	187.99	0.001	139	0.163	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.217	4.307	6.523
1.30	191.64	0.001	144	0.151.25	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.252	4.244	6.495
1.40	195.07	0.001	149	0.141	828.70	1764.1	2592.8	830.30	1959.7	2790.0	2.284	4.185	6.469
4.50	198.32	0.001	154	0.132	843.16	1751.3	2594.5	844.89	1947.3	2792.2	2.315	4.130	6.445
1.75	205.76	0.001	166	0.113	876.46	1721.4	2597.8	878.50	1917.9	2796.4	2.385	4.004	6.390
2.00	212.42	0.001	177	0.100	906.44	1693.8	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.447	3.894	6.341
2.25	218.45	0.001	187	0.089	933.83	1668.2	2602.0	936.49	1865.2	2801.7	2.504	3.794	6.297
2.5	223.99	0.001	197	0.080	959.11	1644.0	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.555	3.703	6.258

جدول A-5		جدول مربوط به بخار آب اشباع-تنظیم شده بر حسب تغییرات فشار											
فشار kPa	مایع اشباع C°	حجم مخصوص m <sup>3</sup> /Kg			انرژی داخلی KJ/Kg			انتالپی KJ/Kg			انتروبی KJ/ (Kg.K)		
		مایع اشباع	بخار اشباع		مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع	مایع اشباع	تبخیر	بخار اشباع
p	T sat	v f	v g	u f	u fg	u g	h f	h fg	h g	s f	s fg	s g	
3.0	233.90	0.001	217	0.067	1004.78	1599.3	2604.1	1008.42	1795.7	2804.2	2.646	3.541	6.187
3.5	242.60	0.001	235	0.057	1045.43	1558.3	2603.7	1049.75	1753.7	2803.4	2.725	3.400	6.125
4	250.40	0.001	252	0.050	1082.31	1520.0	2602.3	1087.31	1714.1	2801.4	2.796	3.274	6.070
5	263.99	0.001	286	0.039	1147.81	1449.3	2597.1	1154.23	1640.1	2794.3	2.920	3.053	5.973
6	275.64	0.001	319	0.032	1205.44	1384.3	2589.7	1213.35	1571.0	2784.3	3.027	2.863	5.889
7	285.88	0.001	351	0.027	1257.55	1323.0	2580.5	1267.00	1505.1	2772.1	3.121	2.692	5.813
8	295.06	0.001	384	0.024	1305.57	1264.2	2569.8	1316.64	1441.3	2758.0	3.207	2.536	5.743
9	303.40	0.001	418	0.020	1350.51	1207.3	2557.8	1363.26	1378.9	2742.1	3.236	2.392	5.672
10	311.06	0.001	452	0.018	1393.04	1151.4	2544.4	1407.56	1317.1	2724.7	3.360	2.254	5.614
11	318.15	0.001	489	0.016	1433.7	1096.0	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.430	2.123	5.553
12	324.75	0.001	527	0.014	1473.0	1040.7	2513.7	1491.3	1193.3	2684.9	3.496	1.996	5.492
13	330.93	0.001	567	0.013	1511.1	985.0	2496.1	1531.5	1130.7	2662.2	3.561	1.872	5.432
14	336.75	0.001	611	0.011	1548.6	928.2	2476.8	1571.1	1066.5	2637.6	3.623	1.749	5.372
15	342.24	0.001	656	0.010	1585.6	869.8	2455.5	1610.5	1000.0	2610.5	3.685	1.625	5.310
16	347.44	0.001	711	0.009	1622.7	809.0	2431.7	1650.1	930.6	2580.6	3.746	1.499	5.246
17	352.37	0.001	770	0.008	1660.2	744.8	2405.0	1690.3	856.9	2547.2	3.808	1.370	5.178
18	357.06	0.001	840	0.007	1698.9	675.4	2374.3	1732.0	777.1	2509.1	3.872	1.233	5.104
19	361.54	0.001	924	0.007	1739.9	698.1	2338.1	1776.5	688.0	2464.5	3.939	1.084	5.023
20	365.81	0.002	036	0.006	1785.6	507.5	2293.0	1826.3	583.4	2409.7	4.014	0.913	4.927
21	369.89	0.002	207	0.005	1842.1	388.5	2230.6	1888.4	446.2	2334.6	4.108	0.694	4.801
22	373.80	0.002	742	0.004	1961.9	125.2	2087.1	2022.2	143.4	2165.6	4.311	0.222	4.533
22.09	374.14	0.003	155	0.003	2029.6	0	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.430	0	4.430

### ضمیمه ۳

