ماهنامه تخصصی
# لوله و اتصالات
۱۴۹
شماره‌ی صد و چهل و نهم – بهمن ۱۴۰۲ – ۰۰۰۰۰ تومان ISSN: 2251-6778
لوله و اتصالات پی وی سی، پوش فیت، پلی پروپیلن و پلی اتیلن

شرکت
## وگ امید گلستان
VOG OMID GOLESTAN VALVES CO.
تولید کننده قطعات و شیرآلات چدنی ( زبانه فلزی و لاستیکی)
و فولادی با آلیاژهای مختلف طبق استاندارد ANSI و DIN و تائید CE

عضو انجمن صنفی صنعت ریخته‌گران
عضو انجمن مدیران صنایع
عضو انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های تاسیساتی و تجهیزاتی استان تهران
دارای تائیدیه وزارت صنایع و معادن، آب و فاضلاب
دارای گواهینامه بین المللی
ISO 9001,14001,18001 از شرکت BCI

اولین دارنده گواهینامه CE اروپا از شرکت
British Certifications Inc.
Management Certifications Services

10 YEARS Warranty
۱۰ سال خدمات پس از فروش

5 YEARS Services
۵ سال گارانتی

BRAND: V.3 - V&M

DIN ANSI American National Standards Institute CE

www.vogomidgolestan.com

قابل توجه مصرف کنندگان
شیرآلات وگ امید گلستان:
لطفا در هنگام خرید به علامت تجاری
و هلوگرام ضد تقلب این شرکت، توجه فرمایید.

دفتر مرکزی: تهران – خیابان سهروردی شمالی، خیابان پالیزی، نبش خیابان شانزدهم، پلاک ۱، واحد ۱۷
تلفن: ۸۸۵۱۶۰۳۱، ۸۸۵۱۶۱۵۸، ۸۸۵۴۱۴۶۸ فکس: ۸۸۵۴۱۴۶۷
کارخانه: کیلومتر ۳۵ جاده قم، شهرک صنعتی شمس آباد، بلوار گلستان، گلشن ۱۷، پلاک ۱۲
تلفن: ۱–۵۶۲۳۰۶۲۰ تلفکس: ۵۶۲۳۰۶۲۲

۱۴۹
# لوله و اتصالات

شماره صد و چهل و نهم - بهمن ۱۴۰۲ - ISSN:2251-6778

لوله و اتصالات پی‌وی‌سی، پوشش‌فیت، پلی‌پروپیلن و پلی اتیلن

◆ صاحب امتیاز: مطالعات آینده‌نگر پارسیان
◆ مدیر مسوول: محمدحسین دهقان
◆ سردبیر: محمدحسین دهقان

## فهرست:

استخرهای عمومی ..... ۲
آماده‌سازی آب ..... ۱۴
آب‌انبارهای شهر یزد ..... ۲۳
لوله‌کشی بخار ..... ۳۳
سیستم‌های گرمایش از کف با نرم‌افزار LoopCad ..... ۴۱
مخازن تحت‌فشار ..... ۵۰
هیدرودینامیک پمپ‌ها ..... ۶۲

◆ دفتر نشریه: خیابان مقدس اردبیلی، میدان الف، نرسیده به خیابان ب، پ ۱۴۲، طبقه اول، واحد یک
◆ کدپستی: ۱۹۸۵۶۷۴۹۹۰ / تلفن و دورنگار: ۲۲۰۵۸۱۵۷
◆ لیتوگرافی، چاپ و صحافی: یزدا (کیلومتر ۱۱ جاده قدیم، شهرک صنعتی گلگون، خیابان پنجم جنوبی، پلاک ۳۵ تلفن: ۶۵۶۱۱۸۰۹)

◆ استفاده مکتوب از مقالات این نشریه و هم‌چنین بازنشر آن در محیط‌های سایبری امکان‌پذیر نیست/ پذیرش و درج آگهی‌ها به معنای تایید محتوای آن‌ها نیست.

پیامک: ۱۰۰۰۹۱۲۴۴۸۰۴۱۶

WWW.YAZDAMARKET.COM
www.instagram.com/yazdamarket/
خرید آنلاین کتاب و اشتراک نشریات

# استخرهای عمومی

نوشته: تری تامینین / ترجمه: مهندس بیژن شادپی

عموم مـــردم از اســـتخرهای عمومی اســـتفاده می‌کننـــد. در واقع، آیین‌نامه‌های ســـاختمانی و بهداشـــتی قوانین و اســـتانداردهایی را برای اســـتخرهای خانگی و عمومی وضع کرده‌اند. قوانین استانداردهای شیمی آب، تابلوگذاری، سرپوش‌ها، تجهیزات ایمنی و گردش آب روز به روز در حال گسترش و اجرا می‌باشند. معمولا استخرهای عمومی مورد توجه خاص قرار می‌گیرند. بازرسین بهداشت حداقل سالی یکبار از چنین استخرهایی بازدید می‌کنند و مشکلات آن‌ها را تحت بررسی قرار می‌دهند. اگر آن‌ها از قوانین تخطی کنند، با جریمه و تعطیلی روبه‌رو می‌شوند. اگر مالک یا تکنسین استخر مجددا از قوانین تخطی کند، جواز فعالیت آن‌ها باطل می‌شود.

نگهداری یا تعمیرات اســـتخر عمومی به رعایت یک‌ســـری قوانین و اســـتانداردها نیاز دارد. باید شما یک نســـخه از آیین‌نامه‌های ساختمانی و بهداشـــت را در خصوص فعالیت کاری خود تهیه کنید. ممکن است مدیر یا مالک استخر با این قوانین و استانداردها آشنایی نداشته باشد. این قوانین و استانداردها دائما در حال تغییر می‌باشند. بنابراین، این مسوولیت حرفه‌ای شماست که آن‌ها را بشناســـید و به‌اجرا درآورید. در صورت هرگونه آسیب، شما و مدیر استخر مسوول هستید. باید شما بتوانید خدمات رضایت‌بخشی را

به‌صورت روزانه و هفتگی فراهم کنید.

### انواع استخرهای عمومی

تجهیزات استخرهای خانگی و عمومی شباهت‌های زیادی با یکدیگر دارند. تفاوت آن‌ها به تابلوگذاری و تجهیزات تخصصی از قبیل سایت‌گلاس (آب‌نما) و گیج فشار (درجه فشار) مربوط می‌شود که بعدا به آن‌ها می‌پردازیم.

اندازه و حجم اســـتخرهای عمومی تا ده برابر استخرهای خصوصی و نیمه‌خصوصی است. برای مثال، استخر شنای مسابقه‌ای به‌طول 164 فوت (50 متر) و به عرض 75 فوت (23 متر) است. عمق استخر شنا 4 تا 6 فوت (1.2 تا 1.8 متر)، عمق اســـتخر واترپلو 6 فوت (1.8 متر) و عمق استخر شیرجه 12 فوت (3.6 متر) است.

بنابراین، ممکن است اســـتخر شنای مســـابقه‌ای المپیک گنجایش 500000 گالن (1892500 لیتر) آب را داشته باشد که 25 برابر حجم یک استخر خانگی 30×18 فوت (10×6 متر) است.

اســـتخرهای عمومی بزرگ یک آبروی کف‌گیری در طرفین استخر (در امتداد طول‌ها) دارند. آب‌های ســـطحی دائما روی لبه آبروها جریان دارند، روغن‌ها و آشغال‌های سطحی کف‌گیری شده و در خطوط مکش در ته آب‌رو تخلیه می‌شوند.

بعضی از استخرهای عمومی رایج از استخر با شکل آزاد، سنگ‌نماها و آبشارها استفاده می‌کنند که بعضا بزرگ‌تر به‌نظر می‌رسند. محاسبات حجمی آن‌ها بسیار مهم است. می‌توان محاسبات حجمی استخرهای نامنظم را با تقسیم کردن آن‌ها به بخش‌های گوناگون به‌دست آورد.

### محاسبات حجمی

محاسبات حجمی استخر عمومی با شکل نامنظم ساده است. می‌توان استخر را به بخش‌های مختلف تقسیم کرد و سپس محاسبات حجمی خود را انجام دهید.

دو تفاوت مهم بین محاسبات حجمی استخرهای کوچک و بزرگ وجود دارد. اول، دقت محاسبات استخر عمومی مهم‌تر است زیرا سلامت عمومی مد نظر می‌باشـــد. در این صورت، حتی درصد خطای کم به اشتباه هزاران گالن آب یا مقادیر زیاد مواد شیمیایی، تعویض آب و دیگر موارد نگهدای منجر می‌شود.

### محاسبات شیب

تفاوت مهم دوم در محاســـبات حجمی اســـتخر عمومی آن اســـت که خطای محاسبه شیب طرفین و کف استخر به یک اختلاف محاسبه حجمی 20 درصد منجر می‌شود. به یاد داشته باشید 20 درصد 500000 گالن آب برابر است با 100000 گالن آب (378500 لیتر).

فرمول تمام محاســـبات حجمی یکسان است. شـــکل (1) محاسبات حجمی یک اســـتخر عمومی را نشان می‌دهد. محاسبات حجم بخش‌های A تا D را انجام دهید و آن‌ها را با هم جمع کنید. در اینجا لازم است محاسبات شـــیب دیوارهای اســـتخر تا کف آن از طریق کم کردن یک درصد کل تنظیم شود.

شـــکل (2) یک جدول را برای محاسبه شیب یک استخر عمومی نشان می‌دهد. فرض کنید که استخر شکل (1) گنجایش 450000 گالن (1703250 لیتر) آب را داشـــته باشـــد؛ شـــما با قرائت بخش تحتانی جدول شکل (2) می‌توانید خط 450000 گالن آب را پیدا کنید، خط را دنبال کنید تا به نقطه تقاطع آن با منحنی برسید. اکنون به‌طور افقی به درجه سمت چپ جدول نگاه کنید تا درصد کاهش را مشـــخص کنید. در این مثال، عدد سمت چپ جدول برابر با عدد 2 است که به‌معنای 2 درصد می‌باشـــد. بنابراین، باید شما محاسبات حجمی خـــود را تا 2 درصد کاهش دهید تا به یک برآورد دقیق برســـید: گالن 2٪ × 450000 = 9000. حجم واقعی 441000 گالن (1669185 لیتر) اســـت. اختلاف 9000 گالنی (34065 لیتری) باعث یک اختلاف چشـــمگیر در مقدار مواد شیمیایی مورد نیاز جهت متعادل ساختن شیمی آب می‌شود.

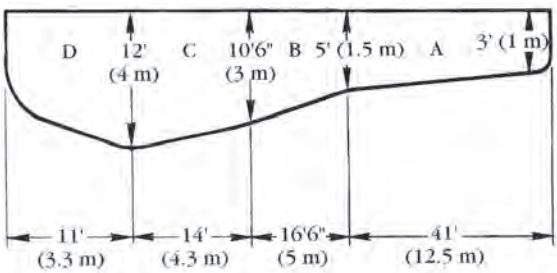
### بار شناگران

تابلوهای کنار اســـتخر حداکثر بار شناگران اســـتخر را نشان می‌دهند. آیین‌نامه‌ها قوانین زیر را مشخص کرده‌اند:

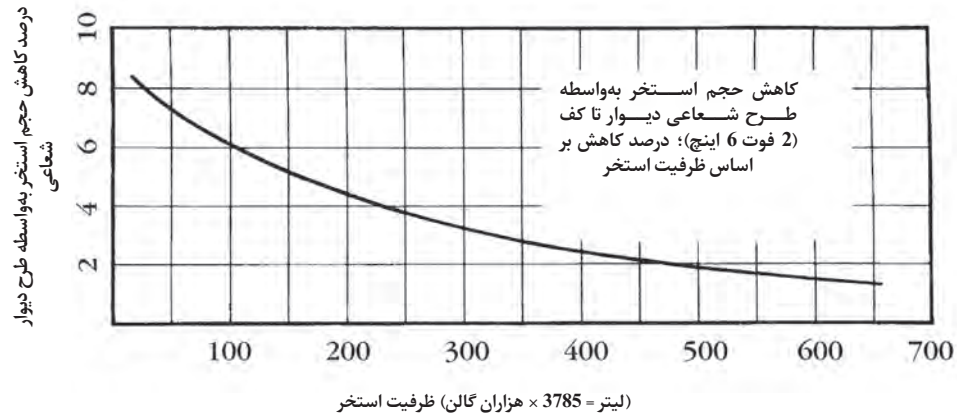
- مساحت 15 فوت مربع (1.4 متر مربع) برای هر نفر از یک استخر به عمق 5 فوت (1.5 متر) یا کمتر.
- مساحت 20 فوت مربع (1.4 متر مربع) برای هر نفر از یک استخر به عمق 5 فوت (1.5 متر) یا کمتر.
- کم‌کردن 300 فوت مربع (28 متر مربع) از محاســـبات کل برای هر تخته شیرجه.
- برای مثال، بخش کم‌عمق استخر (کمتر از 5 فوت) :
- 800 فوت مربـــع = 20 فوت × 40 فوت ؛ شـــناگر 800÷15=53. بخش عمیق استخر (بیشتر از 5 فوت): 3200 فوت مربع = 80 فوت × 40 فوت. اگر یک تخته شیرجه وجود داشته باشد، 300 فوت مربع را از آن کم کنید تا به عدد 2900 فوت مربع برسید؛ شناگر 2900÷20=145. اشغال کل برابر است با: شناگر 53+145=198
- گاهی 36 فوت مربع (3.3 متر مربع) برای هر شناگر الزامی است. بنابراین، در یک استخر به مساحت 4000 فوت مربع: شناگر 4000÷36=111 . 100 فوت مربع (9.3 متر مربع) از استخر شیرجه به هر شیرجه رو می‌رسد.

### جابه‌جایی آب استخر به‌واسطه بار شناگران

در یک استخر عمومی با تعدادی شناگر در هر سانس چه مقدار آب توسط حجم شناگران جابه‌جا می‌شـــود؟ این پرسش تعیین‌کننده میزان جابه‌جایی آب و دیگر ملاحظات فنی است. اهمیت این موضوع حتا درباره استخرهای کوچک نیز صادق است. بار شناگران باعث تخلیه شدن بخشی از آب استخر




**شکل (1): محاسبات حجمی استخر تجاری**




**شکل (2): محاسبات شیب**

در یک حوض متعادل سازه می‌شود. وقتی شناگران از استخر خارج شوند، سطح آب کمتر از سطح اسکیمر می‌شود و احتمال خشک کارکردن پمپ وجود دارد.

برای محاسبات حجم آب جابه‌جا شده، باید میزان شناوری شناگران مشخص شود. معمولا یک شناگر 2 فوت مکعب آب را جابه‌جا می‌کند. شناگران در بخش کم‌عمق به‌طور جزئی و در بخش عمیق به‌طور کامل در آب شناور می‌شوند. بنابراین، شناگران بخش کم‌عمق 75 درصد 2 فوت مکعب (56 لیتر): فوت مکعب 0.75×2=1.5 و شناگران بخش عمیق 90 درصد 2 فوت مکعب: فوت مکعب 0.9×2=1.8 را جابه‌جا می‌کنند. این محاسبات جنبه تقریبی دارد، زیرا تعداد شناگران متغیر است. همچنین نسبت شناگران بزرگسال به سایر افراد ثابت نیست.

در مثال فوق، فوت مکعب 145×1.8=261 شناگر بخش عمیق + فوت مکعب 53×1.5=79.5 شناگر بخش کم‌عمق.

بنابراین، این مقدار آب جابه‌جا می‌شود: فوت مکعب 79.5+261= 340.5. شما در عدد 7.5 گالن آب در هر فوت مکعب به 2554 گالن (9667 لیتر) آب جابه‌جا می‌رسید (340.5×7.5). باید مخزن متعال‌سازی (شکل 3)

این حداقل حجم آب سرریز را در خود جای دهد.

**تجهیزات استخر عمومی**

بیشتر تجهیزات استخرهای خانگی و عمومی شبیه هم هستند. پمپ‌ها، دمنده‌های هوا گرمکن‌ها، تمیزکننده‌ها و غیره. تجهیزات اختصاصی استخرهای عمومی عبارتند از:

**مخزن متعادل‌سازی**

بار زیاد شناگران باعث جابه‌جایی بخشی از آب استخر می‌شود. آب تخلیه‌شده استخر وارد سیستم فاضلاب شهری نمی‌شود. این آب وارد مخزن متعادل‌سازی (شکل 3) می‌شود. وقتی شناگران از استخر خارج می‌شوند، سطح آب استخر کم می‌شود. آنگاه آب این مخزن توسط پمپ به استخر برمی‌گردد. هر مخزن طرح خاص خود را دارد.

**مخزن محلول خاک دیاتومه**

استخرهای بزرگ به یک شبکه فیلتر بزرگ و خاک دیاتومه زیاد نیاز دارند. خاک دیاتومه با آب در مخزن یا فیدر محلول با یکدیگر مخلوط شده و سپس به‌سمت فیلتر پمپ می‌شود.

بعضی از این مخازن به‌صورت یک گود بتونی روباز در اتاق تجهیزات استخر است. از یک مخلوط‌کن پارویی برای هم زدن خاک دیاتمه در آب استفاده می‌شود تا به خط مکش پمپ و شبکه فیلتر ارسال شود. سیستم‌های دیگر از یک مخزن استفاده می‌کنند که مخلوط آن برای پمپ یا یک سیستم فشار ارسال می‌شود. سیستم‌های مدرن از ترزیق‌کن و پمپ‌های مختلف برای اندازه‌گیری، مخلوط کردن و انتقال مخلوط استفاده می‌کنند. باید فیلتر تمیز باشد تا یک مقدار معین خاک دیاتومه برای آن ارسال شود.

**فیلتر**

فیلترهای استخرهای عمومی متفاوت هستند ولی تقسیم‌بندی آن‌ها همانند سایر فیلترهاست: فیلترهای دیاتومی، کارتریجی و شنی. گاهی می‌توان از چند فیلتر سری و یک مانیفلد (شیر چندراهی) طبق شکل (4) به‌جای یک فیلتر بزرگ استفاده کرد.

از فیلتر کارتریجی (شکل 5) به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود، زیرا به فضای زیادی نیاز دارد. تمیزکردن آن نیز دشوار است و آشغال و روغن باعث گرفتگی سریع آن می‌شود. معمولا فیلتراسیون استخرهای عمومی به گیج (درجه) فشار در ورودی و خروجی پمپ و فیلتر نیاز دارد.

گاهی گرمکن و فیلتر به کنتور مجهز می‌شوند که باید دائما تمیز باشند، نشتی نداشته باشند، قابل قرائت باشند و مقدار فشار و جریان را دقیقا نشان دهند. باید فیلتر و سایر تجهیزات به‌طور دقیق نگهداری شوند.

**کلرزن گازی**

توزیع مساوی ضدعفونی‌کننده در استخرهای بزرگ تجاری یک معضل رایج است. نباید غلظت مواد شیمیایی برای شناگران ضرر داشته باشد یا با تاخیر همراه باشد.

گاز کلر مفیدترین و ارزان‌ترین ضدعفونی‌کننده است. تزریق گاز کلر داخل آب در گردش یک روش موثر برای اضافه کردن آن به آب استخر و جکوزی است. معمولا به‌واسطه خطرات مربوطه به استخرهای خانگی توصیه نمی‌شود.

شکل (6) یک سیستم تغذیه گاز کلر را نشان می‌دهد. گاز کپسول از طریق رگلاتور فشار، شیر کنترل و کنتور به رسیور آب منتقل می‌شود. گاز کلر با آب مخلوط می‌شود تا محلول آن به سیستم گردش آب استخر یا جکوزی پمپاژ شود. می‌توان با تنظیم زمانی و حجمی گاز تحویلی به مدیریت ضدعفونی کردن آب دست پیدا کرد. سیستم‌های تحویل گاز کلر از تکنولوژی کنترل الکترونیکی استفاده می‌کنند. مطالعه دقیق دستورالعمل‌ها ضروری است. چون گاز کلر کشنده است، باید در زمان تعمیر خیلی مواظب باشید.

**مولدهای کلر**

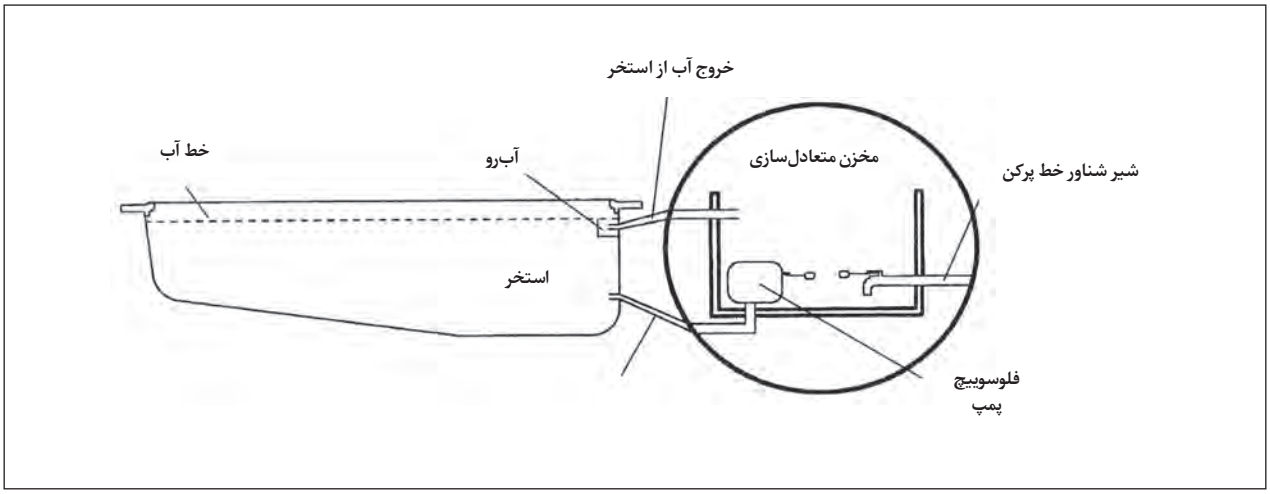
ضدعفونی کردن یک استخر یا جکوزی بزرگ پرهزینه است ولی تولید کلر به‌کمک نمک، الکتریسیته و آب ارزان است. مولدهای کلر می‌توانند کلر را به‌کمک الکتریسیته تولید کنند که از یک مخزن پلاستیکی و یک غشای فیلتری جداساز تشکیل می‌شود. قسمت بزرگ‌تر آن از محلول آب و نمک پر شده است و الکترود مثبت در آن قرار دارد (آند). قسمت کوچک‌تر از آب پر شده است و الکترود منفی در آن قرار دارد (کاتد). این غشا امکان عبور الکتریسیته را فراهم می‌کند ولی مواد شیمیایی تولیدشده را در یک سمت محدود می‌کند.

گاز کلر محلول نمکی در زمان جدا شدن کلر از محلول تولید می‌شود. گاز بر بالای سطح آب قرار می‌گیرد و از غشا عبور می‌کند و با آب تازه ترکیب می‌شود تا هیدروکسید سدیم را تولید کند. هیدروکسید سدیم به‌صورت ادواری تخلیه می‌شود. گاز هیدروژن فرایند از مولد خارج می‌شود. نمک به‌صورت ادواری اضافه می‌شود تا سیستم را شارژ کند. سپس گاز کلر از طریق لوله پلاستیکی به لوله گردش تزریق می‌شود. جریان الکتریکی توسط یک ترانسفورماتور تامین می‌شود که برق 110 یا 220 ولت را به برق 12dc تبدیل می‌کند. با تنظیم جریان الکتریکی حجم کلر تولیدشده کنترل می‌شود. گاهی کلر از طریق جریان آب در گردش برای کاربرد مستقیم در استخر و جکوزی تولید می‌شود.

**کلرزن‌های اتوماتیک ظرفیت بالا**

سیستم‌های فرسایشی در استخرهای عمومی به‌کار می‌روند (شکل 7) که از قیمت کم، نگهداری و بهره‌برداری آسان و ایمنی زیاد برخوردارند. بنابراین، آن‌ها بر سیستم‌های گاز کلر برتری دارند.

اساسا یک سیستم فرسایشی از پلاستیک ضخیم و سخت‌افزار غیر خورنده ساخته می‌شود. آن از قرص کلر یا برم استفاده می‌کند. شیرهای توپی




**شکل (3): اجزای مخزن متعادل‌سازی**

مقدار جریان (محلول کلر) سیستم را کنترل می‌کنند.

این سیستم به نگهداری و پیاده شدن جهت سرویس و تمیز کردن و اضافه کردن قرص کلر نیازی ندارد. به دیاگرام لوله‌کشی آن (شکل 4) دقت کنید که به‌صورت خطی نسبت به تجهیزات گردش آب استخر قرار ندارند؛ زیرا ممکن است شما بخواهید جریان و مقدار کلر تحویلی را محدود کنید. این سیستم از حلقه گردش استفاده می‌کند.

**اتاق تجهیزات استخرهای عمومی**

باید تمام اتاق‌های تجهیزات استخرها و جکوزی‌ها تمیز و مرتب باشند که در خصوص استخرها و جکوزی‌ها عمومی اهمیت بیشتری دارد. نباید مواد شیمیایی در نزدیکی تجهیزات ذخیره شوند که آب یا گرما می‌تواند با آن‌ها ترکیب شود و محصولات سمی تولید کنند.

باید پمپ چاهک اتاق تجهیزات نصب شود. چون نشتی لوله‌ها زیاد است، یک پمپ شناور با یک کلید شناور اتوماتیک می‌تواند آب چاهک را در لوله‌های فاضلاب تخلیه کند. این‌گونه پمپ‌های گران‌قیمت با ارزش می‌باشند.

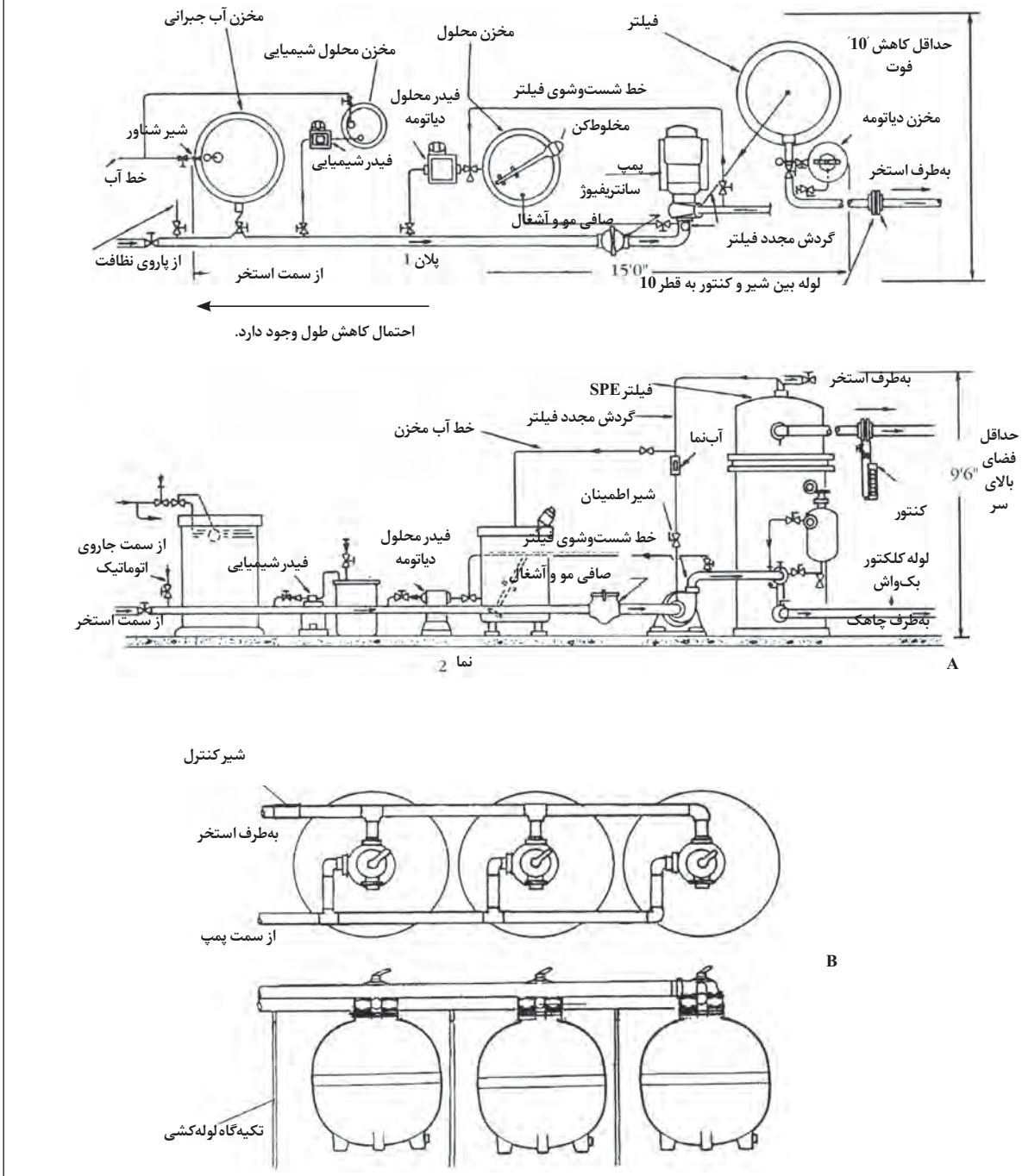
**تجهیزات ایمنی**

استخرهای تجاری به تجهیزات ایمنی نیاز دارند زیرا در معرض دید یا بازدید عموم قرار دارند.

**تابلوها**

بیشتر آیین‌نامه‌های ساختمانی و بهداشتی وجود تابلوهای معین را در نزدیکی استخر و جکوزی ضروری می‌دانند. بسیاری از تکنسین‌ها از آن‌ها صرف‌نظر می‌کنند. تهیه کردن و نصب این تابلوها بسیار مفید و باارزش است.

اگر شما تکنسین سرویس یک استخر هستید و کسی هم آسیب دیده




**شکل (4): فیلترهای استخر عمومی (A) فیلترهای سری با مخزن - (B) فیلترهای سری با مانیفلد**

است، اولین چیزی که توسط وکیل آن‌ها کنترل می‌شود چیزی جز تابلوهای اخطار نیست. اگر تابلویی وجود نداشته باشد، شما مسوول این غلفت هستید.

**تابلوهای ضروری استخرهای عمومی**

**حداکثر بار شناگران**

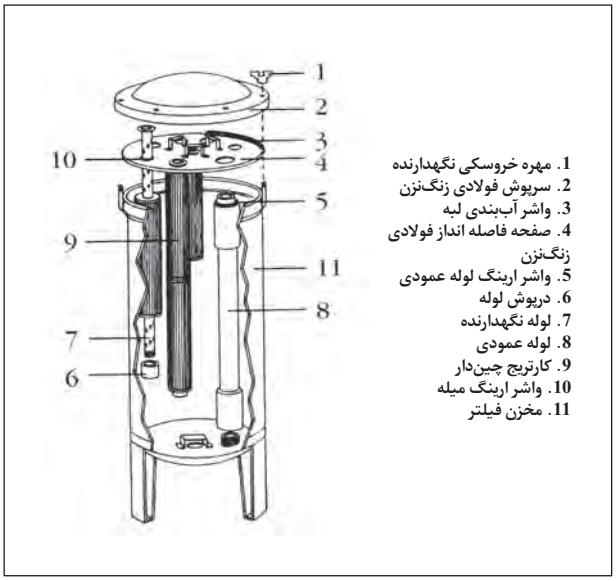
این تابلو با حروف درشت حداکثر ظرفیت شناگران یا حداقل مساحت هر شناگر را نشان می‌دهد. بسیاری از آیین‌نامه‌ها مساحت 15 فوت مربع (1.4 متر مربع) را برای هر شناگر درنظر می‌گیرند. بنابراین، یک استخر به ابعاد 30×15 فوت (9×4.5 متر) از حداکثر ظرفیت 30 نفر در یک سانس برخوردار است (450÷15=30 فوت مربع). قوانین استخرهای کم‌عمق کودکان الزامات خاص خود را دارد. هرگونه تابلو نوشته با رنگ نوشته شود تا پاک نشود.

**تنفس مصنوعی**

این تابلو نحوه‌ی تنفس مصنوعی و تکنیک‌های کمک‌های اولیه را نشان می‌دهد. آشنایی با این تکنیک‌ها ضروری است. بنابراین، نوشته تابلوی تنفس مصنوعی را به‌دقت بخوانید. شاید یک نفر به‌کمک شما احتیاج داشته باشد.

**نجات غریق نیست؛ شیرجه رفتن ممنوع است**

این تابلو به شناگران توصیه می‌کند شیرجه نروند زیرا نجات غریق در سر




1. مهره خروسکی نگهدارنده
2. سرپوش فولادی زنگ‌نزن
3. واشر آب‌بندی لبه
4. صفحه فاصله انداز فولادی زنگ‌نزن
5. واشر اورینگ لوله عمودی
6. درپوش لوله
7. لوله نگهدارنده
8. لوله عمودی
9. کارتریج چین‌دار
10. واشر اورینگ میله
11. مخزن فیلتر

**شکل (5): فیلتر کارتریجی استخر عمومی**

خدمت نیست.

**تلفن‌های اضطراری**

این تابلو تلفن‌های اضطراری: اورژانس، پزشک، آتش‌نشانی، پلیس و مدیر استخر را نشان می‌دهد.

**قوانین استخر و جکوزی**

این تابلو قوانین استخرها و جکوزی‌های خانگی و عمومی را از قبیل ساعت سانس‌ها، محدودیت‌های سنی، مشروب خوردن و دویدن را نشان می‌دهد. رعایت الزامات ملی یا محلی ضروری است.

**کلید اضطراری برای قطع جریان برق**

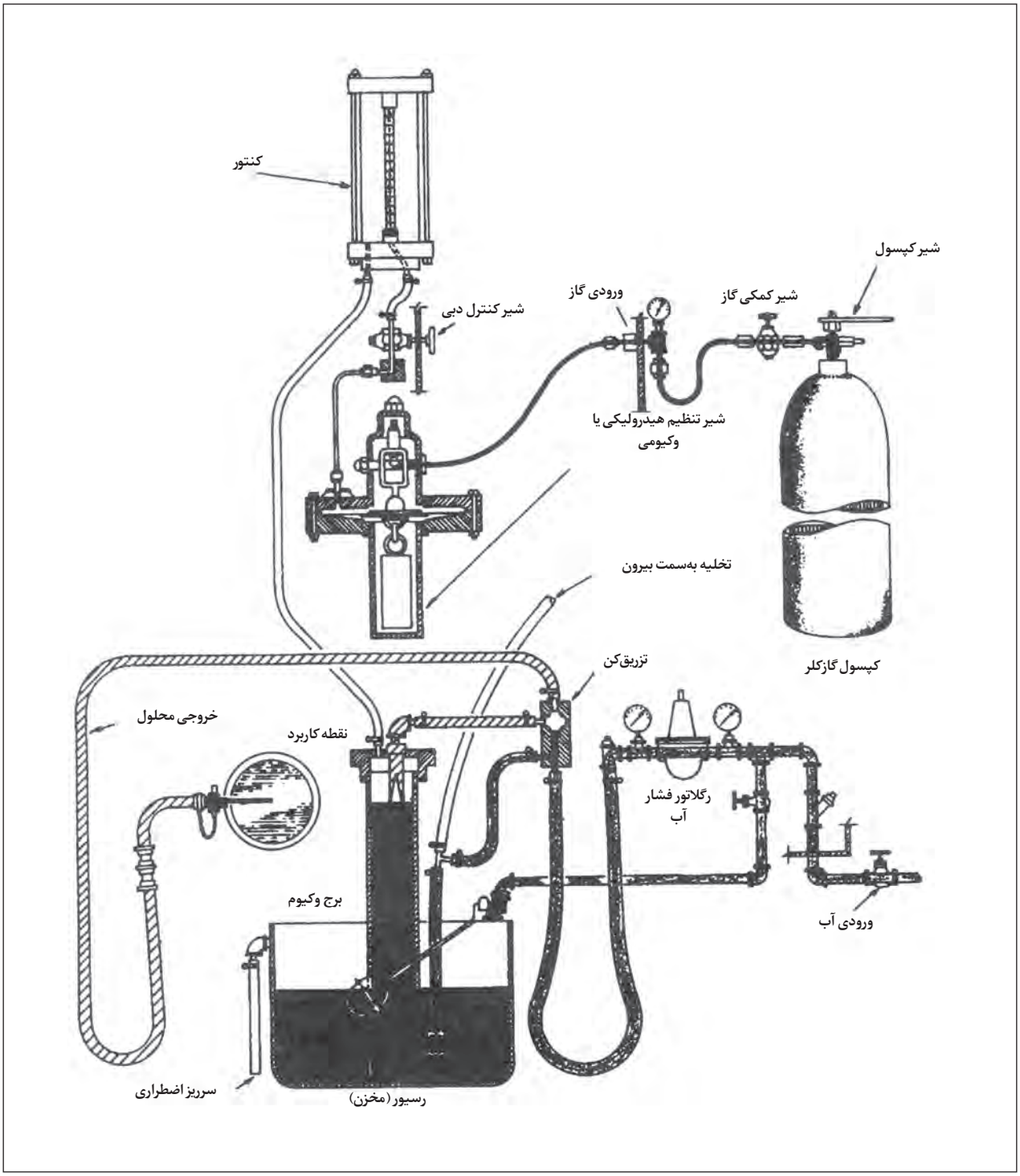
این تابلو در نزدیکی تجهیزات استخر نصب می‌شود که باید توسط شناگران در شرایط اضطراری از قبیل برق‌گرفتگی یا گیر کردن لباس در مکش پمپ جکوزی قطع شود.

**خطر: استخر تعطیل است**

این تابلو به‌صورت یک نوار شبرنگ در پیرامون استخر کشیده می‌شود. در زمانی که آب استخر تخلیه شده است، مواد شیمیایی به آن اضافه می‌کنید یا تعمیرات دارید از این تابلوی نواری استفاده می‌شود. هدف از این تابلو آن است که کسی در داخل استخر نیفتد.

**تیوپ‌های نجات**

تیوپ نجات (شکل 9) یک تیوپ پلاستیکی فومی به قطر 17 تا 24 اینچ (40 تا 60 سانتی‌متر) است که به یک طناب متصل می‌باشد. این تیوپ در نزدیکی استخر نگهداری شود.




**شکل (6): سیستم کلرزن**

**قلاب‌های نجات**

قلاب نجات (شکل 9) همانند تیوپ نجات در نزدیکی استخر نگهداری شـــود. بلندی آن 6 تا 9 فوت (2 تا 3 متر) است که یک قلاب حلقه‌ای به سر آن وصل شده است.

**ترمومترها (دماسنج‌ها)**

بهتر است ترمومتر (دماســـنج) استخرهای خانگی و عمومی در قسمت اسکیمر (درپوش آن) نصب شود تا دمای آب را نشان دهد. مدل‌هایی وجود دارد که به نرده و پلکان متصل شده یا به‌حالت شناور روی آب قرار گیرد. مدل شناور سبد اسکیمر در دید نمی‌باشد و به‌همین‌دلیل مناسب‌تر است. مسوول استخر و بازرس بهداشـــت حق کنترل آن را دارند. ترمومترهای خطی برای نصب برروی تجهیزات، لوله‌ها و مانیفلد گرمکن در دســـترس می‌باشـــند. ترمومتر باطری‌دار، تستر PH شناور و سنسورهای داخل آب با نمایشگرهای جیبی نیز عرضه شده‌اند.

**رطوبت‌زدایی استخرهای عمومی سرپوشیده**

رطوبت زیادی استخرهای سرپوشیده باعث مشکلاتی از قبیل خرابی بتـــون، زنگ‌زدگی، اتصال الکتریکی و بیماری‌های تنفســـی و حتی باعث خراب شدن دستگاه‌های رطوبت‌زدا می‌شود.

باید هـــوای مرطوب از محیط داخلی اســـتخر به هـــوای آزاد منتقل و هوای تازه جایگزین آن شود. این کار مهم توسط هوارسان‌های مکانیکی یا تجهیزات رطوبت‌زدایی انجام می‌شود.

هوارســـان‌های مکانیکی از فن، کانال و دمپر برای خارج کردن یا داخل کردن هوا استفاده می‌کنند. عملکرد گردش هوای آن‌ها شبیه سیستم گردش آب استخر اســـت. در روزهای گرم تابســـتان در آب و هوای مرطوب توجه داشته باشـــید که رطوبت هوای بیرون از رطوبت محیط‌های داخلی بیشتر است. در یک آب و هوای خشک زمستانی، رطوبت بیرون چنان کم است که هوای نفوذ کرده به محیط‌های داخلی باعث تبخیر آب استخر و رطوبت هوا می‌شود. کاهش رطوبت هوا باعث اذیت شدن شناگران می‌شود.

دســـتگاه‌های رطوبت‌زدا باعث تبرید هوا از طریق تولید گرما می‌شوند. سیستم‌های رطوبت‌زدا به آموزش‌های خاص نیاز دارند. آیا سیستم موجود با بزرگی استخر متناسب است؟ استانداردهای ساختمانی 0.5 فوت مکعب (14 لیتر) هوای بیرون در دقیقه را برای هر فوت مربع (930 ســـانتی‌متر مربع) استخر و سطوح محیطی آن الزامی می‌دانند. اگر استخر و سطوح محیطی آن 4000 فوت مربع (372 متر مربع) باشند، سیستم شما باید حداقل 2000 فوت مکعب (57 متر مکعب) هوای تازه را در دقیقه تحویل دهد. به‌علاوه، فراهم کردن 20 فوت مکعب (0.6 متر مکعب) هوای تازه اضافی در دقیقه برای هر نفر جهت تبادل هوا الزامی است.

اگر سیستم برای استخر بزرگ باشد و هوای بسیار زیادی به محیط داخلی استخر کشیده شود، موجب شکایت شناگران می‌شود. باید پرسنل تاسیسات دمای آب استخر را به‌کمک گرمکن افزایش دهند. اینکار مستلزم یک هزینه اضافی است. معمولا رطوبت 50 تا 60 درصد مناسب است. برای جلوگیری از عمل میعان در آب و هوای ســـرد با دمای کمتر از (4°C) 40°F، رطوبت 40 درصد مناسب اســـت. پنجره‌های دو جداره از عمل میعان در رطوبت‌های بیشتر جلوگیری می‌کنند. میعان همان عرق کردن است.

**مسایل سلامتی**

توجه اصلی هرگونه استخر عمومی چیزی جز سلامتی و ایمنی نیست (شـــکل 10). ایمنی به لیز خوردن و افتادن شـــناگران، جابه‌جایی و استفاده از مواد شـــیمیایی و نجات جان افراد مربوط می‌شـــود. مسایل سلامتی به توجهات خاص نیاز دارند تا به فاجعه تبدیل نشوند.

**بیماری لژیونر**

بیماری لژیونر یک نوع بیماری کشنده تنفسی است که به جکوزی‌های گردابی مربوط می‌شود. مراکز کنترل بیماری پیشنهاداتی را برای جلوگیری از آن ارائه کرده‌اند. این پیشنهادات به تمیز کردن و تعویض منظم فیلتر و حفظ رســـوب کلر آب در یک حد معین مربوط می‌شود. بازدیدهای چشمی از مواد فیلتر حکایت از مواد ارگانیک سنگین دارند. بک‌واش روزانه فیلتر و تعویض سالیانه کارتریج آن الزامی است. یافته‌های مراکز کنترل بیماری (DC) نشان دادند که اشـــعه ماورا بنفش و ازن در کشتن باکتری بیماری لژیونر بسیار موثر اســـت. باید این اقدام با کلرزنی (یا برم‌زنی) مناسب همراه باشد. یون مس و نقره و ید در کاهش این باکتری موثرند.

اقدامات پیشـــگیرانه از قبیل قرائت‌های ساعتی، کلرزنی‌های روزانه و بازدیدهای هفتگی کارتریج فیلتر توصیه می‌شـــود. کاهش جریان پرسرعت آب، حباب‌های هوا و تنفس آن‌ها در کنترل این بیماری موثرند.

**اقدامات لازم در صورت مشاهده مدفوع در داخل استخر و جکوزی**

از تمام شناگران بخواهید استخر یا جکوزی را فورا ترک کنند.

مدفوع را جمع‌آوری کنید و آب استخر یا جکوزی را در سیستم فاضلاب تخلیه کنید. پمپ و شیلنگ تخلیه را قبل از استفاده مجدد ضدعفونی کنید.

مقدار CT استخر 9600 باشد. CT نشانگر غلظت کلر بر حسب قسمت در میلیون در زمان بر حسب دقیقه اســـت. برای مثال، CT غلظت کلر به‌میزان 20PPm در مدت 8 ساعت (480 دقیقه) برابر است با: 9600 (20×480=9600). نباید غلظت کلر از 9600 کمتر شود.

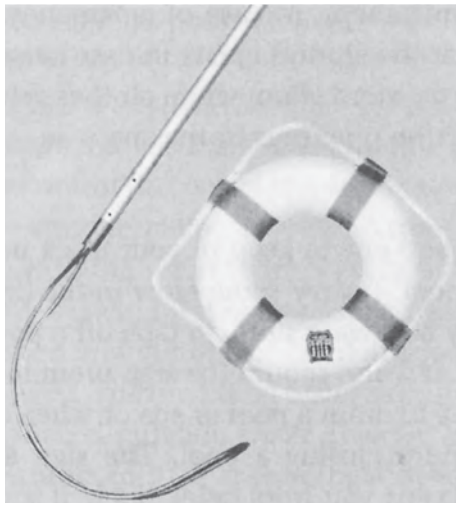
تنظیم PH در حدود مجاز.

فعال کردن سیستم فیلتر به‌مدت حداقل 4 ساعت، بک‌واش و تخلیه آب در سیستم فاضلاب، تمیز کردن فیلتر و ضدعفونی کردن آن (20 قسمت آب و 1 قسمت کلر استاندارد استخر).

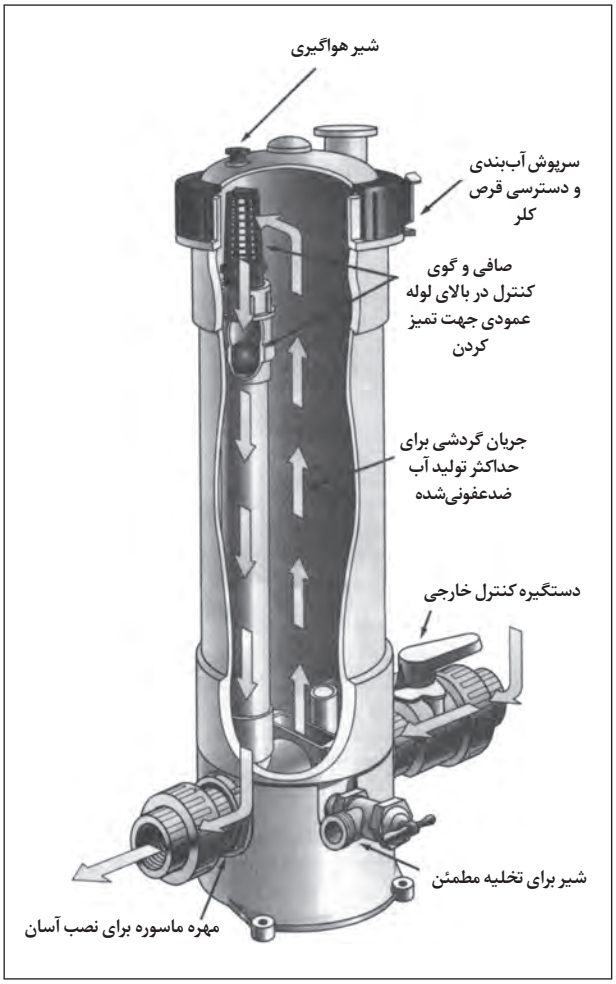
برس زدن استخر قبل از پر کردن مجدد آن با محلول کلر (20 قسمت آب و 1 قسمت کلر استاندارد).

تعادل شیمیایی آب اســـتخر را برقرار کنید. وقتی رســـوب کلر به مقدار حداقل 5PPm رسید، امکان استفاده مجدد شـــناگران از استخر یا جکوزی وجود دارد.

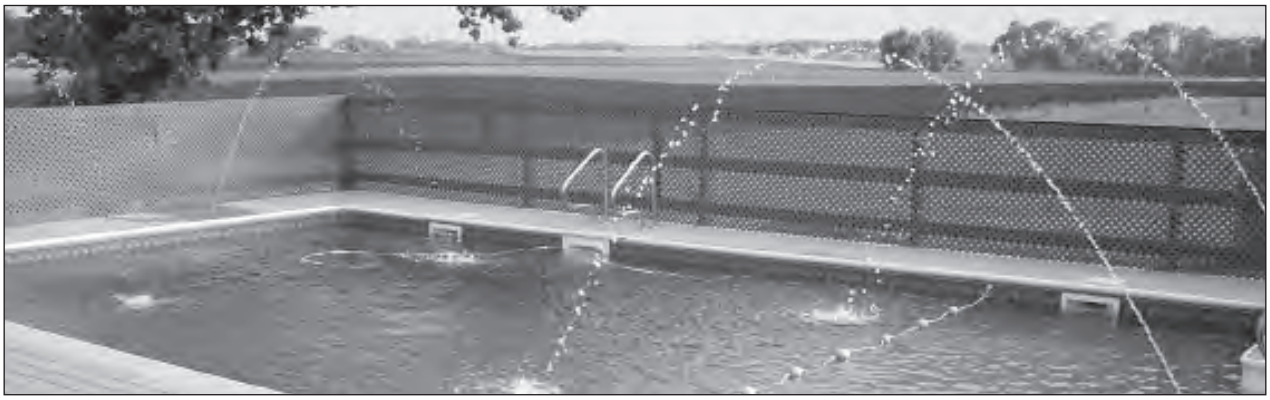
گزارش اتفاقات فوق به مسوولین بهداشـــت الزامی است. پیشگیری بهترین راه‌حل است. مواظب کودکان باشید. کسانی را که از پوشک استفاده می‌کنند از استخر خارج کنید.



شکل (9): تیوپ نجات




شکل (7): دستگاه کلرزن فرسایشی ظرفیت بالا



1. راه تنفس را باز و نفس کشیدن غریق را کنترل کنید.
- سر را عقب دهید و چانه را بلند کنید.
- نفس کشیدن غریق را به‌مدت 3 تا 5 ثانیه نگاه کنید، گوش کنید و احساس کنید.

2. نفس کامل دهید.
- سر را کمی عقب نگه‌دارید.
- بینی را با انگشتان بگیرید.
- دهان خود را کاملا روی دهان غریق بگذارید.
- 2 نفس کامل 1 تا 1.5 ثانیه‌ای به وی دهید.

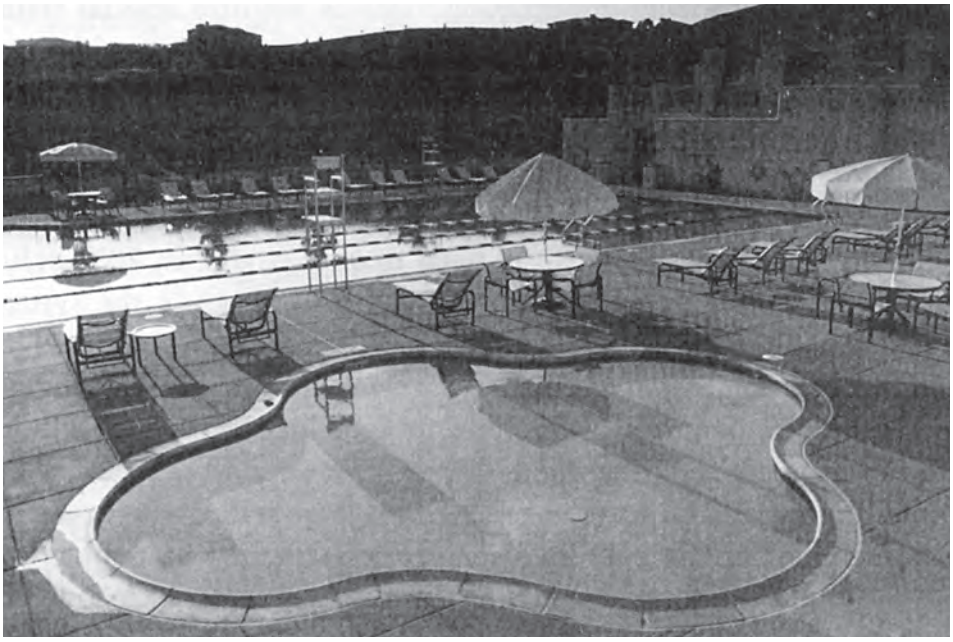
3. ضربان گردن غریق را بگیرید.
- ضربان را به‌مدت 5 تا 10 ثانیه بگیرید.
- آمبولانس را خبر کنید.

4. شروع به تنفس دادن کنید.
- سر را کمی عقب دهید، چانه را بلند کنید و بینی را با انگشتان بگیرید.
- هر 5 ثانیه یک نفس کامل دهید.
- نفس کشیدن غریق را نگاه کنید، گوش کنید و احساس کنید.
- ضربان را به‌مدت 5 تا 10 ثانیه در هر دقیقه بگیرید.
- تلفن اورژانس 115

**شکل (8): کمک‌های اولیه برای شخص غریق**

***نکات: ذخیره‌سازی مطمئن مواد شیمیایی***

- باید قفسه‌های ذخیره‌سازی و ظروف ذخیره‌سازی از ظرفیت اضافی برخوردار باشند. همچنین ظروف ذخیره‌سازی اضافی در دسترس باشد.
- فضای کافی بین کالاهای مختلف ایجاد شود:
- کاهش‌دهنده‌های PH
- افزایش‌دهنده‌های PH
- کلر و محصولات فرعی آن
- صاف‌کننده‌ها
- عوامل کنترل‌کننده تجزیه شیمیایی کلر به‌واسطه نور ماورا بنفش
- معرف‌های شیمیایی
- جلبک‌کش‌ها
- قابل دسترس بودن وسایل حفاظت شخصی از قبیل ماسک، دستکش، چکمه، کمک‌های اولیه و غیره
- قابل دسترس بودن تابلوها
- هرگونه سند و مدرک و کاتالوگ مواد شیمیایی در جای خشک نگهداری شود.
- شست‌وشو دهنده چشم و دوش حمام.



**شکل (10): استخر عمومی**

***نکات: الزامات و استانداردهای بهره‌برداری***

- استفاده از تجهیزات گردش آب برای سلامتی شناگران ضروری است.
- ثبت و نگهداری گزارشات و تست‌ها و ارائه آن‌ها به بازرسین بهداشت الزامی است (شکل 11).
- باید استخر و جکوزی در زمان تمیز کردن و استفاده از مواد شیمیایی تعطیل باشد. مواد شیمیایی غلیظ داخل آب، تجهیزات الکتریکی و مکانیکی و شیلنگ‌های وکیوم برای شناگران خطرآفرین است. باید این‌گونه وسایل و مواد شیمیایی پس از اتمام کار در انبار نگهداری شوند و درب انبار قفل باشد.
- روشنایی داخل استخر و محیط پیرامونی آن در شب الزامی است. هیچ‌گونه لامپ سوخته یا تایمر معیوب وجود نداشته باشد.
- کنترل‌کننده‌های دمای گرمکن در دسترس همگان نباشند.
- باید تخلیه‌ها، مکش آب روها و اسکیمرها سرپوش یا دریچه داشته باشند.
- حداقل قابلیت دید برای شناگران یا غریق‌ها در ته استخر وجود داشته باشد که به 6 فوت (2 متر) می‌رسد. اگر آب استخر خیلی تیره باشد، باید استخر تعطیل شود و اقدامات لازم را به‌عمل آورید.

**برگ گزارش بازدید رسمی نماینده**
**وزارت بهداشت**

آدرس:
نام:

شهر:
مالک:

تاریخ
نوع استخر

| | | |
|---|---|---|
| ❐ 1. تیوپ نجات طناب‌دار | ❐ 23. کف‌گیری | ❐ 43. تعویض یا تعمیر پمپ گردش آب |
| ❐ 2. قلاب نجات | ❐ 24. حفظ سطح آب | ❐ 44. تعویض یا تعمیر فیلتر |
| ❐ 3. تابلوی: نجات غریق وجود ندارد. | ❐ 25. تعویض سبدهای شکسته | ❐ 45. بک‌واش کردن فیلتر |
| ❐ 4. تابلوی تنفس مصنوعی | ❐ 26. تعویض سرریز شکسته اسکیمر | ❐ 46. تعویض یا تعمیر گیج (درجه) فشار |
| ❐ 5. تابلوی تلفن اورژانس | ❐ 27. تعویض شیر جهت گردان شکسته | ❐ 47. تعویض کنتور معیوب |
| ❐ 6. تابلوی حداکثر ظرفیت | ❐ 28. حفظ دمای آب در 104°F | ❐ 48. تعویض یا تعمیر کلرزن اتوماتیک |
| ❐ 7. تابلوی جکوزی | ❐ 29. جلوگیری از ورود حیوانات به داخل آب | ❐ 49. نگهداری کلرزن اتوماتیک |
| ❐ 8. تابلوی: شیرجه رفتن ممنوع | ❐ 30. استفاده نکردن از قرص کلردار در اسکیمرها | ❐ 50. عدم ارتباط سیستم فاضلاب با سیستم گردش آب استخر |
| ❐ 9. کلید اضطراری برای قطع جریان برق | ❐ 31. استفاده نکردن از کلرزن‌های شناور | ❐ 51. تمیز کردن اتاق تجهیزات استخر |
| ❐ 10. مشهود بودن تابلوها | ❐ 32. تعویض سرپوش شکسته تخلیه | ❐ 52. سیستم کلرزن گازی |
| ❐ 11. حفظ کلر به میزان 1PPM | ❐ 33. تعویض یا تعمیر دست‌انداز پلکان | ❐ 53. تمیز نگهداشتن انبار |
| ❐ 12. حفظ کلر به‌میزان 1.5PPM در زمان استفاده از اسید سیانورات | ❐ 34. تعویض یا تعمیر پله‌ها | ❐ 54. تمیز نگهداشتن دوش‌ها |
| ❐ 13. حفظ PH بین 7 تا 8 | ❐ 35. تعویض یا تعمیر چراغ‌ها | ❐ 55. تمیز نگهداشتن رخت‌کن‌ها |
| ❐ 14. حفظ اسید سیانورات به میزان 100PPM | ❐ 36. روشن بودن چراغ‌های داخل استخر | ❐ 56. تمیز نگهداشتن واحدهای بهداشتی |
| ❐ 15. کیت تست کلر | ❐ 37. حذف موانع کنار استخر | ❐ 57. آب گرم و سرد واحدهای بهداشتی. |
| ❐ 16. تمیز و شفاف بودن آب استخر | ❐ 38. جلوگیری از سقوط مواد پاک‌کننده در داخل استخر | ❐ 58. صابون و شامپوی دوش‌ها |
| ❐ 17. حذف جلبک | ❐ 39. تعمیر حصار (فنس) استخر | ❐ 59. جاصابونی و حوله کاغذی و حوله برقی واحدهای بهداشتی |
| ❐ 18. جمع‌آوری هرگونه آشغال | ❐ 40. دروازه اتوماتیک استخر | ❐ 60. بازدید بازرس از استخر |
| ❐ 19. تمیز کردن کاشی‌ها | ❐ 41. مشخص بودن ساعات کار | ❐ 61. مدیر واحد شرایط |
| ❐ 20. تعویض کاشی‌های شکسته | ❐ 42. فعالیت سیستم گردش آب در زمان باز بودن استخر | ❐ 62. گزارش تست‌ها |
| ❐ 21. تعویض کاشی‌های افتاده | | ❐ 63. وسایل نجات غریق |
| ❐ 22. تعویض قرنیزهای شکسته | | |

مسوول:
بازرس:
بازدید مجدد:

نمایندگی:

❐ این استخر تا اطلاع ثانوی تعطیل است که باید هر چه سریع‌تر در جهت رفع نواقص آن اقدام شود.

**شکل (11): لیست بازدید نماینده وزارت بهداشت**

# آماده‌سازی آب

کالین فراین و ریچارد تی‌بلیک / ترجمه: منصور حسینی ارانی

*آماده‌سازی آب سیستم‌های بازچرخانی مدار باز*

مشکل عمده در سیستم‌های سرمایش مدار باز، خوردگی و تجمع جرم، آشـــغال، لای و لعاب مواد آلی یا ریشه جلبک است. در سیستم‌های مدار باز به‌علت تبخیر و وزش باد، اتلاف آب وجود دارد. آب هدررفته بر اثر وزش باد همان کیفیت آب چرخشـــی در سیستم را دارد، یعنی دارای همان مقدار مواد معدنی محلول و ناخالصی‌های آب چرخشی است؛ اما آبی که بر اثر تبخیر تلف می‌شود کیفیت متفاوتی خواهد داشت.

حاصل تبخیر آب چرخشـــی، آب خالص و مشابه آب مقطر خواهد بود و از نظر تئوری هیچ‌گونه مواد معدنی و یا جامدات حل‌شده همراه ندارد و فقط قطره‌های آب همراه با آب تبخیرشـــده، هســـتند. این آب خالص حاصل از تبخیر، کلیه مواد معدنی محلول را در آب بازچرخش باقی می‌گذارد، زیرا این مواد با آب تبخیر نمی‌شوند.

آب اتلاف‌شده بر اثر تبخیر با افزایش آب جبرانی جایگزین می‌شود و آب جبرانی محتوی مواد معدنی و ناخالصی‌های حل‌شده در آن است. در نتیجه با افزایش تدریجی آب جبرانی به سیســـتم، مواد معدنی به‌طور ثابت افزوده شده و تراکم‌هایی را تشکیل می‌دهند و به‌ناچار آب بازچرخش به‌حدی از مواد

معدنی اشباع می‌شـــود که نمک‌های غیرقابل انحلال از ترکیب خارج شده و بر روی ســـطوح انتقال حرارت و یا در بخش‌های دیگر سیستم جرم‌هایی را تشـــکیل می‌دهد. برای اجتناب از این پدیـــده، آب بازچرخش باید از نظر میزان مواد معدنی محلول در آن، کنترل و محدود شـــود. این عمل با فرایند زیرآب‌کشی (بلیدآف) انجام می‌شود.

زیرآب‌کشی. زیرآب‌کشی عبارت از دفع مستمر مقدار کمی آب محتوی مواد معدنی متراکم از سیستم سرمایش بازچرخانی است. آبی که بر اثر وزش باد تلف می‌شود نیز محتوی مواد معدنی متراکم است و می‌توان آن را بخشی از فرایند زیرآب‌کشی محسوب کرد. عبارت «زیرآب‌کشی صفر» به وضعیت ایده‌آلی اطلاق می‌شود که در آن آب در اثر وزش باد به‌نحوی دفع می‌شود که مواد معدنی دفع شده همراه با قطره‌های آب اتلافی سبب پاک‌سازی آب شود و هیچ نیازی به اعمال فرایند زیرآب‌کشی اضافی وجود نداشته باشد. هر چند که در اکثر موارد برای محدود کردن تجمع جامدات انجام زیرآب‌کشی اضافی ضروری است.

مشکل‌ســـازترین جرم معدنی، کربنات‌کلسیم اســـت، زیرا این ترکیب کمترین انحلال‌پذیری در آب سیســـتم بازچرخانـــی را دارد. بازدارنده‌هایی به‌منظور افزایش میزان انحلال کربنات‌کلســـیم و سایر املاح معدنی به‌کار گرفته می‌شوند، اما حتا با وجود استفاده از این مواد بازدارنده، محدود کردن تراکم اضافی مواد معدنی با اعمال فرایند زیرآب‌کشـــی الزامی است. فرایند زیرآب‌کشی میزان تراکم قلیایی‌ها، ســـختی کلی آب و سیلیکا را نیز محدود می‌کند.

برای جلوگیری از رسوب جرمی کربنات‌کلسیم میزان قلیایی بودن باید محدود شود. خاصیت قلیایی بودن از بنیان بی‌کربنات و کربناتی که با کلسیم و منیزیم ترکیب شده، و کربنات‌کلسیم و کربنات‌منیزیم تشکیل می‌دهد، ناشی می‌شود (کربنات‌کلسیم که ضریب انحلال کمتری نسبت به کربنات‌منیزیم دارد، اول تشـــکیل می‌شـــود). قلیایی بودن، نه‌تنها به‌منظور جلوگیری از رسوب کربنات‌کلسیم بلکه برای ممانعت از شرایط pH بالا که به بخش‌هایی از سیستم که شامل فولاد گالوانیزه، برنج و یا اسکلت چوبی برج خنک‌کننده آسیب می‌رساند نیز باید محدود شود.

در شرایطی که قلیایی بودن به‌میزان 500 میلی‌گرم در لیتر است، مقدار pH آب برج خنک‌کننده تقریبا 8.7 پیش‌بینی می‌شـــود. این ارزیابی بر اساس میانگین pH آب برج خنک‌کننده اســـت و در شـــکل (38) نشـــان داده شده اســـت. این نمودار میانگین مقدار pH پیش‌بینی‌شـــده را نشان می‌دهد که این مقدار با شـــرایط جوی تغییر می‌کند. مثلا، اگر جوی دارای مقادیر قابل توجهی دی‌اکسیدکربن با دی‌اکسیدگوگرد باشـــد، در این‌صورت این گازها تمایل به خنثا نمودن خاصیت قلیایی آب برج خنک‌کننده دارند. به این دلیل میزان قلیایی بودن آب برج خنک‌کننده همواره حاصل جمع ریاضی ضرایب قلیایی آب جبرانی نیست، و بنابراین شرایط از نقطه‌ای به نقطه دیگر تفاوت می‌کند و حداکثر میزان قلیایی بودن در حد 500 تا 800 میلی‌گرم در لیتر برای کربنات‌کلسیم فقط به‌عنوان یک معیار راهنما تعیین شده است.

زنگار ســـفید: یکی از معمولی‌ترین مشـــکلات ناشـــی از قلیایی بودن بالا پدیده «زنگار سفید» اســـت. زنگار ســـفید حاصل خوردگی فلز روی، کربنات‌روی (ZnCo3) و بنیان کربنات‌روی $|3Zn(O_2H)ZnCO_3H_2O|$ اســـت. این مواد به‌شـــکل جرم مومی ســـفیدرنگی بر روی سطوح فلزی گالوانیزه برج خنک‌کننده تجمع می‌کنند. زنگار سفید پدیده پیچیده‌ای است که بر اثر خاصیت قلیایی بالا در آب برج خنک‌کننده و خاصیت بازفعالی شدید در ورقه‌های فلـــزی گالوانیزه‌ای که به‌نحوی ضعیف غیرفعال می‌شـــوند و پیامد تغییر اجرا شـــده در فرایند گالوانیزاسیون از اواسط دهه 80 است، ناشی می‌شود.

این مشـــکل را می‌توان با تمیز و فعال کردن برج ساخته‌شده از فلز روی گالوانیزه پیش از راه‌اندازی به‌وسیله یک تمیزکننده شامل ترکیبات فعال‌کننده فسفات، کنترل کرد. استفاده از بازدارنده‌های خوردگی که محتوی فسفات یا فسفانات هســـتند و تثبیت مقدار pH آب برج به میزان 7.0 تا 8.0 باید در این برنامه اجرا شود.

مقدار کلی ســـختی آب برای جلوگیری از تشکیل جرم سولفات‌کلسیم، باید محدود شود. سولفات‌ها به‌طور طبیعی در آب بازچرخش وجود دارند و یا برای کنترل pH به‌شکل اسیدسولفوریک به آب اضافه می‌شوند.

زمانی کـــه تجمع ســـختی‌های کلســـیمی بیـــش از میـــزان انحلال سولفات‌کلسیم شد، از محلول خارج خواهد شد. در این صورت بازدارنده‌ها با تشکیل یک محلول فوق اشباع شده، ضریب انحلال املاح کلسیم را افزایش می‌دهند. اما فرایند زیرآب‌کشی برای حداکثر محدودسازی باید اجرا شود.

وقتی که سختی‌ها به‌شـــکل کربنات یا بی‌کربنات وجود دارند، حد کلی ســـختی کربنات‌کلســـیم معمولا 400 تا 600 میلی‌گرم در لیتر اســـت. اما در جایی که از اسید سولفوریک استفاده می‌شـــود و یا نمک سولفات (که از نظر حداقل حلالیت دومین نمک کلسیم است) به‌طور طبیعی به مقدار زیاد در آب وجود دارد (در آب بعضی چاه‌ها) این میزان معیار کمی بالاتر است.

اگر میزان سولفات‌کلســـیم از 1200 تا 1500 میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند (نسبت به میزان کربنات‌کلسیم محاسبه شود) در این صورت تمایل به رسوب دارد و یا وابسته به ترکیبات شیمیایی آب، محلول اشباع‌شده تشکیل می‌شود. بازدارنده‌های جرم می‌توانند حلالیت را از بیشترین حد طبیعی افزایش دهند و تا 1.6 برابر حالت اشـــباع برســـانند، اما معیار 1200 میلی‌گرم در لیتر به‌طور معمول برای محدود کردن چرخه تراکم و کنترل شـــرایط نامطلوب استفاده می‌شود.

ســـیلیکا نیز باید برای جلوگیری از تشـــکیل جرم سیلیکا محدود شود و معیار حلالیت ســـیلیکا در شرایط دما اســـت. محدود کردن مقدار سیلیکا بر اساس حلالیت دی‌اکسیدسیلیس ($SiO_2$) در دمای تعیین‌شده برای سیستم

خنک‌کننده در مجموعه تهویه‌مطبوع انجام می‌شود. سیلیکا به‌طور معمول تا حد تقریبی 150 میلی‌گرم در لیتر قابل حل است. در صورت تراکم بیش از این اندازه، از مایع خارج می‌شود. سایر عوامل، مانند وجود یک جرم‌گیر، حضور نمک منیزیم و یا سایر املاح معدنی و قلیایی بودن آب بر تراکم معیار تاثیر می‌گذارند، اما در صورتی که عامل اصلی سیلیکا باشد، این معیار محدودکننده معمولا به‌عنوان راهنمای تعیین حداکثر چرخه‌های تراکم‌های مجاز به‌کار برده می‌شود.

سطوح حداکثر سختی‌های قلیایی و سیلیکا پیشنهادی با استفاده از جرم‌گیر در جدول (11) نشان داده شده‌اند.

پس از برقرار شدن معیارهای محدودکننده برای حداکثر مواد معدنی محلول در آب یک سیستم سرمایش بازچرخانی، ضروری است که با فرایند زیرآب‌کشی مقدار این مواد معدنی در حد مجاز حفظ شوند. برای اطلاع از میزان حداکثر تراکم‌ها به جدول (11) مراجعه کنید. حداکثر چرخه تراکم توصیه‌شده برای هر یک از مواد که در جدول (11) فهرست شده‌اند، از تقسیم مقادیر حداکثر ذکر شده در این جدول بر مقدار دریافت شده از هر یک از مواد در نتیجه تجزیه آب جبرانی به‌دست می‌آید. برای تشریح چگونگی محاسبه، نتیجه تجزیه آب شهر ها ریسبورگ ایالت پنسیلوانیا را درنظر می‌گیریم (شکل 39) و حداکثر چرخه تراکم قابل قبول برای سیستم برج خنک‌کننده در این شهر را تعیین می‌کنیم.

در زیر حدود ناخالصی‌ها یا وجود آن ناخالصی در آب جبرانی به‌منظور تعیین حداکثر چرخه‌های تراکم، مقایسه شده‌اند.

**نتایج تجزیه حداکثر چرخه‌های تراکم**

قلیایی بودن:

$$\text{میزان حداکثر} = \frac{\text{500 میلی‌گرم در لیتر}}{\text{167 میلی‌گرم در لیتر}} = 3 \times \text{مقدار موجود در آب جبرانی}$$

سختی:

$$\text{میزان حداکثر} = \frac{\text{1200 میلی‌گرم در لیتر}}{\text{149 میلی‌گرم در لیتر}} = 8 \times \text{مقدار موجود در آب جبرانی}$$

سیلیکا:

$$\text{میزان حداکثر} = \frac{\text{150 میلی‌گرم در لیتر}}{\text{10 میلی‌گرم در لیتر}} = 15 \times \text{مقدار موجود در آب جبرانی}$$

از جدول (11) درمی‌یابیم که حداکثر چرخه تراکم × 3 توصیه شده است. در این تحلیل از کمترین مقدار استفاده می‌شود، زیرا در مقادیر متجاوز از آن، مشکل ناخالصی ذره‌ای نتیجه می‌شود. در این وضعیت، قلیایی بودن آب دلیل مضاعفی برای رسوب‌گذاری نمک‌های کربنات و یا شرایط pH بیش از حد می‌شود. اگر یک اسید خنثاساز در سیستم محتوی این نوع آب استفاده شود، خاصیت قلیایی بودن کاهش خواهد یافت و دیگر عامل محدودکننده محسوب نخواهد شد. علاوه بر این، در این حالت حداکثر چرخه‌های تراکم به عدد 8.0 که رده دوم جدول است، افزایش می‌یابد.

پس از اینکه میزان حداکثر چرخه‌های تراکم مجاز در سیستم سرمایش بازچرخانی تعیین شد، نرخ فرایند زیرآب‌کشی لازم برای حفظ تجمع جامدات به میزان پایین‌تر از حداکثر قابل محاسبه است. رابطه مکانیکی محاسبه نرخ زیرآب‌کشی نسبت به نرخ تبخیر در یک سیستم سرمایش باز عبارت است از:

$$B = \frac{E}{C-1}$$

که در این رابطه:

B= نرخ زیرآب‌کشی، گالن در دقیقه (لیتر در دقیقه)

E= نرخ تبخیر، گالن در دقیقه (لیتر در دقیقه)

C= تعداد چرخه‌های تراکم

هدف از اعمال فرایند زیرآب‌کشی دفع مواد جامد محلول در آب به‌منظور تامین سطح مجاز حداکثر تعیین شده با درنظر گرفتن حداکثر تعداد چرخه تراکم توصیه شده است. برای رسیدن به این مقدار ثابت حداکثر میزان مواد جامد، مقدار جامداتی که وارد سیستم می‌شوند باید با مقدار مواد جامدی که از سیستم خارج می‌شوند، برابر باشد.

این معادله از نظر ریاضی به‌شکل زیر بیان می‌شود:

$$BCX = MX$$

(مواد جامد ورودی) = (مواد جامد خروجی)

که در این معادله:

C= تعداد چرخه‌های تراکم

B= نرخ زیرآب‌کشی، گالن در دقیقه (لیتر در دقیقه)

M= آب جبرانی، گالن در دقیقه (لیتر در دقیقه)

X= تراکم مواد جامد در آب جبرانی (ppm، میلی‌گرم در لیتر یا گرم در گالن)

نرخ آب جبرانی در سیستم سرمایش مدار باز با بار سیستم متناسب است و معادل حاصل جمع نرخ تبخیر و هر نوع اتلاف بر اثر وزش باد، سرریز یا زیرآب‌کشی است.

رابطه زیر بیان‌کننده این تناسب است:

$$M = E + B$$

که در این رابطه M کل نرخ آب جبرانی و E نرخ تبخیر است. با جایگزین کردن این مقادیر در رابطه (1) خواهیم داشت:

$$BCX = (E + B)X$$

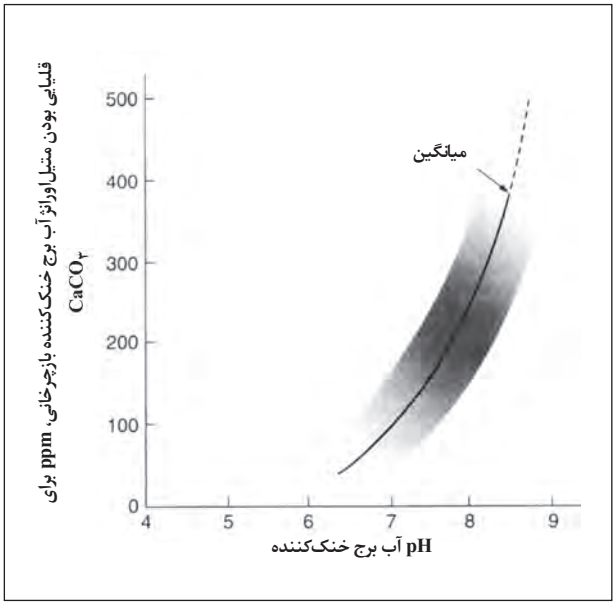
این رابطه را برای B حل می‌کنیم:

$$B = \frac{E}{C-1}$$

بنابراین زیرآب‌کشی معادل کل اتلاف آب از سیستم بازچرخانی به‌صورت نشتی پمپ، سرریز شدن، اثر وزش باد و زیرآب‌کشی واقعی است. مجموع این عوامل باید به‌میزانی باشد تا تعداد چرخه‌های تراکم را پایین‌تر از

**جدول (11): حداکثر تراکم مواد جامد معدنی برای برج‌های خنک‌کننده، چگالنده‌های تبخیری، هواشوها و دستگاه‌های کوئل افشانه‌ای**

| | |
|---|---|
| قلیایی بودن کل، کربنات‌کلسیم | 500 میلی‌گرم در لیتر |
| سختی کلی به‌شکل کربنات‌کلسیم | 1200 میلی‌گرم در لیتر |
| سیلیکا به‌شکل دی‌اکسیدسیلیس | 150 میلی‌گرم در لیتر |




**شکل (38): میانگین pH آب برج خنک‌کننده به‌طور معمول 90 درصد میزان pH در محدود نوار سایه‌دار است. (کتاب راهنمای طراحی سیستم شرکت کریر بخش 5. «تامین آب»)**

حداکثر توصیه شده حفظ کند. برای ارزیابی مطلوب بودن کل زیرآب‌کشی در یک سیستم، تعداد چرخه‌های تراکم با یک آزمایش ساده کلرید اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری کلریدها در آب بازچرخش، دقیقا نشان‌دهنده میزان تراکم آب جبرانی سیستم است.

تعداد چرخه‌های تراکم با مقایسه میزان کلریدهای موجود در آب جبرانی با میزان کلریدهای موجود در آب بازچرخش به‌دست می‌آید:

$$\text{تعداد چرخه‌های تراکم} = \frac{\text{میزان کلریدهای موجود در آب بازچرخش}}{\text{میزان کلریدهای موجود در آب جبرانی}}$$

کنترل جرم. برای جلوگیری از به‌وجودآمدن جرم بر اثر نمک‌های معدنی اعمال فرایند زیرآب‌کشی ضروری است. مواد بازدارنده جرم برای به حداقل رساندن اتلاف آب در فرایند زیرآب‌کشی و نگهداری تراکم جامدات در شرایط مطلوب مندرج در جدول (9)، نیز باید استفاده شوند. بدون مواد بازدارنده جرم، حفظ میزان تجمع قلیایی بودن بی‌کربنات و سختی آب در حد پایین‌تر از مقادیری که در جدول (11) ذکر شده‌اند، غیرممکن خواهد بود.

تغذیه اسید: یکی از روش‌های جلوگیری از تشکیل جرم، استفاده از اسید برای کنترل شاخص اشباع لانگلیر است. اسید خاصیت قلیایی بی‌کربنات را خنثا می‌کند. اسیدها می‌توانند برای حفظ pH آب به‌میزان نزدیک 7.0 همراه با پایین نگه‌داشتن خاصیت قلیایی آب در زیر حد اشباع استفاده شوند. در این روش، کنترل بسیار دقیق pH و خاصیت قلیایی بودن ضروری است و مهم‌تر از آن کنترل و دقت در زدودن اسید است تا از شرایط افزایش خوردگی ممانعت شود.

نرم‌کننده‌های آب. یکی دیگر از روش‌های کنترل جرم در سیستم‌های بازچرخانی مدار باز استفاده از نرم‌کننده‌های آب با خاصیت تبادل یونی است. با کاهش سختی آب، بدون افزایش pH در شرایط اشباع، می‌توان تعداد چرخه‌های تراکم بیشتری ایجاد کرد. هر چند که برای تاثیر بیشتر این روش باید افزودن هم‌زمان اسید به منظور کاهش خاصیت قلیایی آب نیز انجام شود. بنابراین نتیجه می‌شود که این روش مزیتی نسبت به کاهش خاصیت قلیایی بودن بدون استفاده از نرم‌کننده‌ها ندارد. نرم‌کننده‌های تبادل یونی در حد بازدهی کمتر از 100 درصد در سراسر چرخه فرایند نرم‌کنندگی عمل می‌کنند. بنابراین مقادیر ناچیزی از سختی‌ها قبل از تشکل مجدد در مقابل نرم‌کننده‌ها بی‌اثر باقی می‌مانند.

**به‌کارگیری بازدارنده‌های شیمیایی در سیستم‌های بازچرخانی مدار باز**

بازدارنده جرم، متلاشی‌کننده‌ها و ترکیبات کنترل‌کننده رسوب: اقتصادی‌ترین و موثرترین روش کنترل جرم استفاده از مواد بازدارنده جرم همراه و یا بدون کاهش خاصیت قلیایی بودن است. مواد بازدارنده جرم با افزوده شدن به‌میزان خیلی کم 1 تا 20 میلی‌گرم در لیتر به آب بازچرخش سیستم، تمایل به ایجاد جرم را کاهش خواهند داد. این کاهش میزان تشکل جرم‌ها با حفظ نمک‌های تشکیل‌دهنده جرم موجود در محلول به مقدار کمتر از حد اشباع و جلوگیری از ایجاد محلول‌های فوق اشباع‌شده یا دخالت در فرایند رشد کریستال‌های جرم‌زا و تولید جرم و یا متلاشی کردن ذرات متشکله جرم و ممانعت از چسبیدن آن‌ها به سطوح محیط انتقال حرارت، قابل اجرا است. بازدارنده‌های جرم در عمل باید هر سه هدف را برآورده کنند و از تشکیل نمک‌های کربنات، سیلیکات، سولفات، کلسیم و منیزیم جلوگیری کنند. مواد بازدارنده جدید نیز کنترل‌کننده رسوب‌های معمولی و خاص و تشکیل انواع جرم‌ها و حتا اجرام بیولوژیکی هستند.

اولین ماده بازدارنده جرم مورد استفاده هگزامتافسفات‌سدیم بود که با افزوده شدن به میزان 2 تا 3 میلی‌گرم در لیتر از رسوب‌گذاری کربنات‌کلسیم در

محلول‌های فوق اشباع‌شده جلوگیری می‌کرد. این پدیده درمان آستانه‌ای[1] نامیده شده زیرا پلی‌فسفات میزان کربنات‌کلسیم موجود در محلول را در حد آستانه رسوب‌گذاری حفظ می‌نماید.

پس از آن، هگزامتافسفات‌سدیم را در آماده‌سازی آب سرمایش به‌کار بردند و این پلی‌فسفات به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان بازدارنده جرم و خوردگی مورد استفاده قرار گرفت. هنوز پلی‌فسفات‌هابه میزان 0.5 تا 5 میلی‌گرم در لیتر به‌منظور جلوگیری از تشکیل جرم در سیستم‌های کندانسور به‌کار برده می‌شوند. با وجود این چند عیب اجرایی در مورد بازدارنده‌های جرم پلی‌فسفاتی مطرح می‌شوند. این مواد به هیدرولیز شدن و ایجاد ارتوفسفات تمایل دارند که این خاصیت تاثیر بازدارندگی آستانه‌ای جرم را از بین می‌برد. در واقع، رسوب‌گذاری ارتوفسفات‌های کلسیم و منیزیم می‌تواند سبب ایجاد جرم‌های نرم بر روی سطوح محیط انتقال حرارت شوند که این جرم‌ها «لای» نامیده می‌شوند. علاوه بر این، افزودن بیش از حد پلی‌فسفات‌ها به میزان بیش از 20 میلی‌گرم در لیتر می‌تواند موجب تشکیل گل و لای غیرقابل انحلال فسفات‌کلسیم شود و در نهایت، توانایی فسفات‌ها در حفظ کربنات کلسیم موجود در محلول سبب کاهش شدید pH در شرایطی که باید میزان pH بالا باشد (بیش از 8.0) در آب سیستم بازچرخانی می‌شود. از آنجایی که در دهه 1960 سایر بازدارنده‌های جرم (مواد برتر) تولید و محصولات جدید به‌تدریج وارد بازار شدند؛ پلی‌اکریلیت (و مشتقات کوو تری‌پلیمر آن)، فسفانات، اسید پلی‌مالئیک و اسید فسفینوکاربوکسیلیک نشان دادند که بدون داشتن عیوب ذکرشده از پلی‌فسفات‌ها بازدهی و تاثیرگذاری بهتری دارند. پلیمرهای سنتیک مانند پلی‌اکریلیت‌های با وزن مولکولی پایین، پلی‌متاکریلیت‌ها، پلی‌مالائیت‌ها، پلی‌هیدورکسیل الکیل اکریلیت و پلی‌اکریلامیدها با پلی‌فسفات‌ها و سایر مواد غیرآلی ترکیب شدند تا مواد بازدارنده چندمنظوره را تولید کنند. تعدادی از پراستفاده‌ترین مواد آلی برای جلوگیری از تشکیل جرم و کنترل خوردگی شامل فسفات‌های آلی مختلف هستند. فسفات‌های ATMP، HEDP و PBTC به مقادیر بسیار کم (3 تا 5 میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان مواد «فعال») به‌طور اختصاصی در درمان‌های آستانه‌ای و دگرگون‌سازی کریستال‌ها به‌منظور جلوگیری از فرایند رسوب‌گذاری کربنات‌کلسیم، سولفات و فسفات استفاده می‌شوند.

کلیه پلیمرها، فسفانات‌ها و فسفات‌های آلی مزیت شاخص و عالی در جلوگیری از تشکیل جرم در دامنه وسیعی از شرایط pH و دما بدون عیوب ذکرشده در مورد فسفات‌های غیرآلی را دارند. بسیاری از پلیمرها، کوپلیمرها و ترپلیمرهایی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، در تشکیل گل و لای روی، آهن و فسفات و تثبیت شرایط آب یا کنترل مواد رسوب‌زا بسیار موثر بوده و مشابه مواد ابتدایی در جلوگیری ایجاد جرم کربنات‌کلسیم نیز کارساز هستند.

بازدارنده‌های خوردگی: مشابه دیگ‌ها، فرایند خوردگی در سیستم‌های سرمایش آبی باز نیز با ترکیبات تثبیت‌کننده محیط فرایند و بازدارنده خوردگی، کنترل می‌شود. در سیستم‌های سرمایش باز به‌علت اینکه سیستم‌ها به‌طور مستمر اکسیژن‌زدایی می‌شوند، دفع اکسیژن با دستگاه‌های اکسیژن‌زدا مقرون به‌صرفه نیست. بنابراین از مواد بازدارنده خوردگی موثر در محیط‌های محتوی اکسیژن باید استفاده شود.

سیستم‌های سرمایش بازچرخانی برخلاف دیگ‌ها، محتوی انواع فلزها و آلیاژها هستند و شرایط عمل ایجادشده و بازدارنده‌های مورد استفاده باید با این سیستم چندفلزی سازگار باشند. مشکل خاص این سیستم‌ها، خوردگی گالوانیک حاصل از کوپل‌های بای متال است.

فرایندهای آماده‌سازی در مورد سیستم سرمایش بازچرخانی در وهله اول باید شامل یک عامل کنترل‌کننده pH برای کنترل جرم و خوردگی باشند. معمولا مقدار pH در دامنه 6.5 تا 9.0 وابسته به نوع خوردگی و ماده بازدارنده جرم مورد استفاده، ایجاد می‌شود. مقادیر pH کمتر از این حد سبب می‌شود که آب بازچرخش بیش از اندازه خورنده شود و مقادیر بالاتر از این حد سبب خوردگی امفوتریک[2] فلز (در روی، برنج و آلومینیم) و ایجاد شرایط تشکیل جرم می‌شود.

در مناطق جغرافیایی که محیط جو به‌نحوی است که شرایط اسیدی در سیستم‌های بازچرخانی بازایجاد می‌شود، مواد خنثاکننده نظیر سود سوزآور و کربنات‌سدیم (جوش شیرین) به‌منظور تامین مقدار pH در دامنه خنثا مطلوب می‌توان استفاده کرد. شرایط مذکور در مناطق وسیع شهری و یا مناطقی که در مجاورت دود اسیدی حاصل از دودکش دیگ‌ها و سوختن مواد قرار دارند، ایجاد می‌شوند. برخلاف این، در مناطقی که آب جبرانی بیش از حد قلیایی است، برای تامین pH مناسب به‌منظور کنترل جرم، افزودن اسید به آب طبق آنچه گذشت ضروری است. در دامنه pH معادل 6.5 تا 9، با افزودن مواد بازدارنده خوردگی به آب بازچرخش می‌توان فرایند خوردگی را تحت کنترل قرار داد. بازدارنده‌ها، موادی هستند که شرایط محیطی را الزاما تغییر می‌دهند و مانند مانعی مابین محیط خورنده و سطوح فلزی عمل می‌کنند. این مواد هنگام افزوده شدن به آب بازچرخش با انجام واکنش شیمیایی با سطح فلز و یا جذب فیزیکی یا شیمیایی بر روی سطوح فلز، تشکیل‌دهنده یک مانع محافظ هستند. یک فلز فعال به واکنش خورندگی با استفاده از بازدارنده‌هایی که بدین‌ترتیب روی سطح آن عملکرد دارند، نسبت به خوردگی غیرفعال می‌شود. انواع گوناگون و ترکیبات متعددی به‌عنوان مواد بازدارنده در سیستم‌های سرمایش باز مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی این مواد به چهار گروه اصلی مولیبیدات، روی، فسفات و بازدارنده‌های آلی طبقه‌بندی می‌شوند.

بازدارنده‌های مولیبیدات: این نوع بازدارنده‌ها بر اساس خاصیت مولیبیدات به‌عنوان یک اکسیدکننده ضعیف برای فلزهای آهنی و تشکیل‌دهنده لایه غیرفعال اکسیدی عمل می‌کنند. مولیبیدات‌ها در ترکیب

با سایر بازدارنده‌ها نظیر روی، فسفات و منشاآلی و به‌منظور ایجاد اثر چندگانه برای داشتن بهترین فرمول‌بندی در جلوگیری از خوردگی به‌کار می‌روند. این فرمول‌بندی‌های ترکیبات بازدارنده دارای تاثیر کلی بهتری نسبت به مجموع تاثیرات جداگانه مواد هستند و مخلوط چندگانه (سینرژستیک بلند)[3] نامیده می‌شوند. این ترکیب شامل بازدارنده‌های خوردگی فلزهای غیرآهنی نظیر مرکاپتوبنزوتیازول[4]، بنزوتریازول و تولیل‌تریازول نیز خواهد بود. این مواد برای محافظت از آلیاژهای مس نظیر برنج زرد، برنج بستر و فلزات دریاداری (آدمیرالتی)[5] ضروری هستند. مخلوط‌های بازدارنده مولیبیدات معمولا به‌میزان کم در سیستم آبی سرمایش باز استفاده می‌شود و محلولی به غلظت 5 تا 10 میلی‌گرم سدیم‌مولیبیدات تشکیل می‌دهند. علاوه بر این برنامه‌های متعددی در آماده‌سازی آب با به‌کارگیری پلیمرهای آلی (کلیه مواد آلی) اجرا می‌شوند که شامل مقادیر بسیار کمی مولیبدنوم هستند، و در منطقه جغرافیایی ما میزان 1 تا 1.5 ppm عنصر مولیبدنوم در سیستم‌های سرمایش رایج است. مولیبدنوم اصولا به‌عنوان شاخص آزمایشگاهی در نظر گرفته می‌شود، زیرا این عنصر به‌آسانی و دقت زیاد قابل اندازه‌گیری است. مزیت دوم مولیبیدنوم، نقش آن به‌عنوان ماده افزودنی برای ایجاد عملکرد بهتر در سایر بازدارنده‌های آلی نظیر توتیل‌تریازول (TTA) برای فلز مس و اسیدهیدروکسی فسفینوکاربوکسیلیک (HPCA) برای آهن و فولاد است.

بازدارنده‌های روی: برخی از موثرترین بازدارنده‌ها از فلز روی به‌عنوان بازدارنده کاتدیک در ترکیب با سایر بازدارنده‌ها که تشکیل دهنده عامل تاثیرگذاری در مخلوط بازدارنده هستند، استفاده می‌کنند. بعضی از مخلوط‌ها شامل سیلیکات روی، فسفات روی، مولیبیدات روی، پلی‌فسفات روی آلی و ترکیبات متنوع فسفات آلی روی هستند.

غلظت روی وابسته به نوع فرمول‌بندی، معمولا در حد 2 تا 5 میلی‌گرم در لیتر حفظ می‌شود. استانداردهای آب قابل شرب در ایالات متحده، میزان فلز روی موجود در آب آشامیدنی را 5 میلی‌گرم در لیتر محدود کرده است و در مناطقی که این استاندارد اعمال می‌شود، میزان فلز روی باید کمتر از این مقدار حداکثر حفظ شود. در بعضی موارد، تخلیه فلز روی حتا به این میزان نیز می‌تواند برای حیات آبزیان سمی باشد. بنابراین تخلیه فاضلاب به درون برکه‌های ماهی، نهرها و سایر آب‌های عمومی حتا باید محتوی این مقدار فلز روی نیز نباشد. برخی از ضوابط تخلیه فلز روی را محدود به غلظت 1 میلی‌گرم در لیتر یا حتا کمتر می‌کنند. در این گونه مواقع باید از بازدارنده‌های روی استفاده کرد.

بازدارنده‌های فسفات: مخلوط بازدارنده فسفات همراه با پلیمرهای بازدارنده از تشکیل گل ولای فسفات در سیستم‌های پیشگیری از خوردگی قلیایی به‌کار برده می‌شود. تولید بازدارنده‌ها و متلاشی‌کننده‌های بسیار موثر نظیر کوپلیمرهای اسیداکریلیک، پلیمراسیدسولفوریک، پلی‌استرن سولفونات شده و بازدارنده‌ها بنیان فسفات اسیدمالئیک مقبولیت شایان توجهی پیدا کرده است. میزان ارتوفسفات ایجادشده از 5 تا 20 میلی‌گرم در لیتر متغیر است. این بازدارنده‌ها در pH‌های بالا و قلیایی بسیار موثر هستند و به‌طور معمول در pH‌های 8 تا 9 مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مواقعی که کنترل افزایش تولید جرم ضروری است از فرمول‌بندی‌های شامل مخلوط‌های پیشرفته پلیمر و فسفات استفاده شود. بازدارنده‌های آلی آزول فلزات غیرآهنی نیز برای تکمیل اثر حفاظتی ضروری هستند.

بازدارنده‌های آلی: این نوع بازدارنده‌ها مواد کاملا آلی هستند که از نظر بیولوژیکی می‌توانند تاثیرات متغیر داشته و غیرآلاینده هستند. البته، این بازدارنده‌ها مقداری مواد خارجی آلی به آب خروجی سیستم سرمایش اضافه می‌کنند ولیکن تغییر نسبی ترکیبات در آب خروجی مناسب‌تر از افزوده شدن مولیبیدات، فسفات یا ترکیبات روی است. بازدارنده‌های آلی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی و غیرآلی است که از نظر خاصیت بازدارندگی خوردگی، شناخته شده‌اند و در اختلاط با یکدیگر تمایل به تاثیرگذاری واحدی دارند. این مواد شامل آزول‌ها و اسیدهیدروکسی فسفینوکاربوکسیلیک هستند.

آزمایش خوردگی: اساس عملکرد نسبی انواع برنامه‌های موجود برای آزمایش خوردگی مبتنی بر گزارش‌های واقعی میدانی و بازبینی خوردگی‌ها است. این شاخص‌ها با قرار دادن کوپن‌های آزمایش خوردگی درون آب سیستم آبی سرمایش باز تعیین می‌شود. این روش آزمایش خوردگی از طرف اتحادیه ملی مهندسان متخصص خوردگی[6] تشریح شده است و شامل استاندارد اتحادیه ASTM در مورد «آزمایش خوردگی آب سرمایش صنعتی (روش آزمایش کوپن)» است. کوپن آزمایش در یک «غلاف» گذاشته شده و مشابه شکل (40) در سیستم آب بازچرخانی قرار می‌گیرد.

گزارش آزمایش خوردگی، شامل نرخ محاسبه خوردگی به واحد میلی‌اینچ در سال یا میکرون در سال و سایر اطلاعات مربوط نظیر عمق فرسودگی، تغییرات و نوع رسوب‌های خورنده خواهد بود. نرخ خوردگی برای فولاد نرم در مدت 30 روز در یک سیستم سرمایش بازچرخانی، به‌طور کلی طبق جدول (12) ارزیابی می‌شود. نرخ خوردگی فولاد نرم را می‌توان بر اساس طول عمر لوله فولادی 6 اینچی (152.4 میلی‌متر) استاندارد 40 (schedule) نیز با فرض اینکه خوردگی از محل اتصال شروع می‌شود، برآورد کرد (جدول 13).

به‌همین‌ترتیب، نرخ خوردگی در لوله‌های مسی کندانسور با سنجه 6 (Gauge) براساس عمر مفید برآورد شده (با فرض اینکه خوردگی یکنواخت باشد) طبق جدول (14) قابل ارزیابی است. روند خوردگی پیش‌بینی‌شده با مواد بازدارنده خوردگی جدید (بدون کروم) موجود در بازار امروز به‌شرح زیر است:

- فولادکربن‌دار: صفر تا 2 میلی‌اینچ در سال
- مس: صفر تا 0.2 میلی‌اینچ در سال

THE METRO GROUP, INC.

50-23 Twenty-Third Street
Long Island City, NY 11101
(718) 729-7200
FAX: (718) 729-8677

Deionizers:
Metropolitan Refining
Consolidated Water Conditioning
Cosmopolitan Chemical
Penn Gen Chemical

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**
**WATER ANALYSIS**

CLIENT: DATE:

ADDRESS: REPRESENTATIVE: SAMPLE DATE:

HARRISBURG, PA ANALYSIS NO.: 359065 SOURCE: CITY

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | | | 7.6 | PHOSPHATE | $PO_4$ | mg/L | |
| P ALKALINITY | $CaCO_3$ | mg/L | | MOLYBDATE | $Na_2MoO_4$ | mg/L | |
| FREE CARBON DIOXIDE | $CO_2$ | mg/L | | NITRITE | $NaNO_2$ | mg/L | |
| BICARBONATES | $CaCO_3$ | mg/L | 167. | ZINC | Zn | mg/L | |
| CARBONATES | $CaCO_3$ | mg/L | | SPECIFIC CONDUCTANCE | micromens/cm | | 818. |
| HYDROXIDES | $CaCO_3$ | mg/L | | TOTAL DISSOLVED SOLIDS | | mg/L | 501. |
| M (Total) ALKALINITY | $CaCO_3$ | mg/L | 167. | SUSPENDED MATTER | | | |
| TOTAL HARDNESS | $CaCO_3$ | mg/L | 149. | BIOLOGICAL GROWTHS | TOTAL BACTERIA COLONIES/ML | | |
| SULFATE | $SO_4$ | mg/L | | SPECIFIC GRAVITY @ 15.5°/15.5°C | | | |
| SILICA | $SiO_2$ | mg/L | 10. | FREEZING POINT | | | |
| IRON | Fe | mg/L | | | % BY WEIGHT | | |
| CHLORIDE | NaCl | mg/L | 187. | | | | |
| ORGANIC INHIBITOR | PHOSPHONATE | mg/L | | | | | |

RESULTS:

| TREATMENT | TREATMENT CONTROL | FOUND | RECOMMENDED |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

REMARKS:

**شکل (39): نتیجه تجزیه آب شهر هاریسبورگ، پنسیلوانیا**

**پی‌نوشت:**

*1. Threshold Treatment*

*2. Amphoteric*

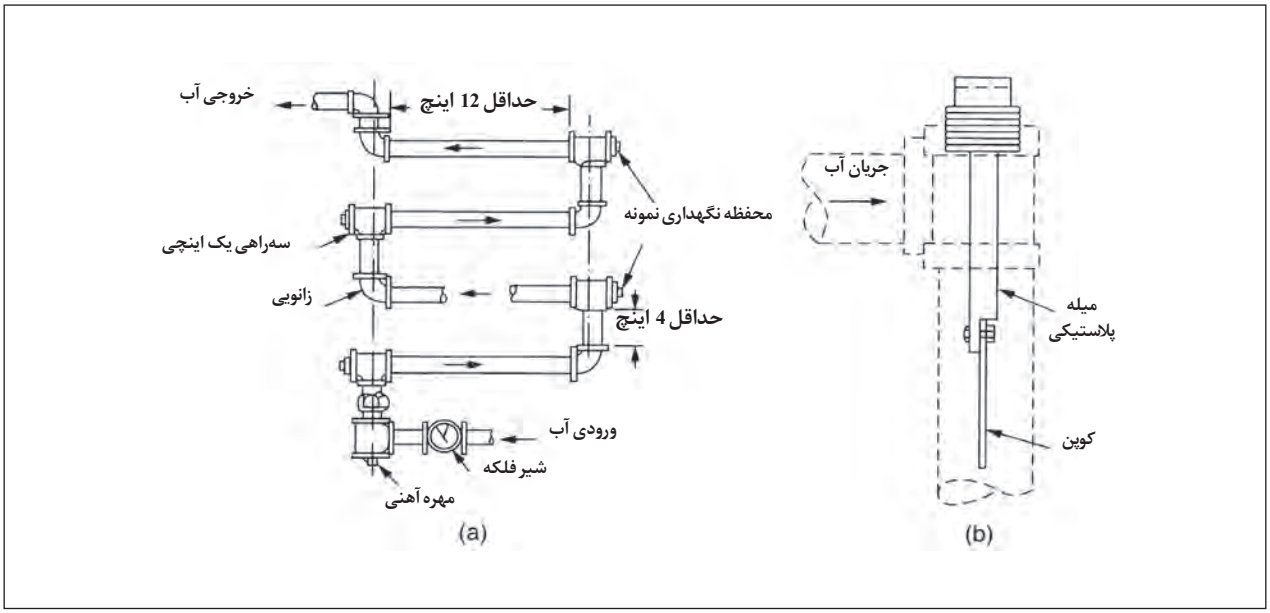
*3. Synergistic blends*

*4. Mercaptobenzo thiazole*

*5. Admiralty metal*

*6. National Association of Corrosion Engineers (NACE)*

***ادامه دارد...***




**شکل (40): ابزار آزمایش کوپنی خوردگی**

## جدول (12): نرخ خوردگی فولاد نرم در آزمایش 30 روزه

| کنترل خوردگی | نرخ خوردگی mils/(MDD)* |
|---|---|
| ضعیف | >5 (>27.3) |
| خوب | 2–5 (10.9–27.3) |
| عالی | 0–2 (0–10.9) |

*MDD = میلی‌گرم در دسی‌متر مربع در روز
منبع = مرجع شماره 10

## جدول (13): ارزیابی نرخ‌های خوردگی برای فولاد نرم

| کنترل خوردگی | نیمه عمر لوله فولادی 6 اینچی (152.4 میلی‌متر) استاندارد 40، واحد سال | نرخ خوردگی mils در سال (MDD)* |
|---|---|---|
| عالی | >70 | 0–2 (0–10.9) |
| خوب | 70–28 | 2–5 (10.9–27.3) |
| مناسب | 28–$17^1/_2$ | 5–8 (27.3–43.7) |
| ضعیف | $17^1/_2$–14 | 8–10 (43.7–54.6) |
| غیرقابل تحمل | <14 | >10 (>54.6) |

*MDD = میلی‌گرم در دسی‌متر مربع در روز

## جدول (14): ارزیابی نرخ‌های خوردگی برای لوله مسی کندانسور

| کنترل خوردگی | عمر ارزیابی‌شده لوله‌کشی مسی کندانسور با عیار 16، واحد سال | نرخ خوردگی، mils در سال (MDD)* |
|---|---|---|
| عالی | >65 | 0–1 (0–6.2) |
| خوب | 65–$32^1/_2$ | 1–2 (6.2–12.4) |
| مناسب | $32^1/_2$–$21^2/_3$ | 2–3 (12.4–18.6) |
| ضعیف | $21^2/_3$–$16^1/_4$ | 3–4 (18.6–24.8) |
| غیرقابل تحمل | <$16^1/_4$ | >4 (>24.8) |

*MDD = میلی‌گرم در دسی‌متر مربع در روز

# آب‌انبارهای شهر یزد

## وقف‌نامه و کتاب‌شناسی آب‌انبار

حسین مسرت

**ب- نشریه**

« آب‌انبار خان، محله‌ای است صمیمی با مردمانی خوب» طوبی. ش 87 (بهمن 1381): 5.

« آب‌انبار شش‌بادگیری» آگاهی‌نامه، ش33 (1357): 12.

[آب‌انبار محله گازرگاه]، ناصر، ش187 [1335/12/18].

« آب‌انبارهـــا، جلوه‌ی هنر معماران چیره‌دســـت» جام جم، س8، ش 2140 (86/8/17). پیوست یزد، ص4.

« آب‌انبارهای قدیمی سمنان تغییر کاربری می‌دهند»، کیهان هوایی، ش1210، (1375/9/21): 3.

آیت‌الله زاده‌ی شیرازی، باقر:

« آب‌انبارهای حاشیه کویر»، باستان‌شناسی و هنر ایران، ش5، (بهار و تابستان 1349): 36-30.

ابوالفضلی، محمد:

«پژوهش در مسکن شهرهای کویری ایران»، مجله موزه، ش1.

اصغریان جدّی، احمد:

«حفظ آثار جنگ با عنایت به تجربه تاریخ شیعه» صفه، س2، ش5 (بهار 1371): 9-2.

«اصطلاحات معماری فارسی در 450 ســـال پیش»، آگاهی‌نامه راه و

ساختمان و معماری، س1، ش2 (مهر1373): 58، 61.

امام، ابوطالب:

«نگاهی به نماها»، گردش، ش5 و6 (بهار و تابستان 1371): 54 و 57.

«برکه کل، بزرگ‌ترین آب‌انبار ایران»، سلام (1375/6/19): 5.

بهادران، اشرف:

«معرفی آثار تاریخی و گردشگری یزد، آب‌انبار شش‌بادگیری»، بشارت نو، س3 ش64 (1385).

بهادری‌نژاد، مهدی:

«دستگاه‌های خنک‌سازی خودبه‌خودی در معماری ایران»، آشنایی با دانش، شماره (خرداد1385): 372–360.

«سیستم‌های تبرید در معماری کویری ایران»، ترجمه و تلخیص: مسعود مدیری آثاری، نشریه فنی و علمی و علوم مهندسی. س1 ش4 و5 (مرداد و آبان 1360): 25–20، 64–58.

بیچاره، اصغر:

«از آب‌انبار سید اسماعیل تا سینما تمدن»، گزارش فیلم، س5. ش54 (مرداد1373): 28–26.

پازوکی، ناصر:

«قلعه سریزد»، معماری و شهرسازی، دوره5، ش 27 (اردیبهشت و خرداد1373): 29–27.

پورمقدس، حسین ودیگران:

«بررسی شیمیایی و میکروبی آب آب‌انبارهای روستایی در استان گلستان» فصلنامه آب و فاضلاب، ش45، (بهار1382): 31–26.

پویا، عبدالعظیم:

«میبد در آیینه تاریخ» ندای یزد. س2، ش68، 69 (3 و 1365/6/10).

پیرنیا، محمدکریم:

«ارمغان‌های ایران به جهان معماری، پادیاب» هنر و مردم، دوره12، ش139، (اردیبهشت1353): 31–25.

«بادگیر و خیش‌خان» باستان‌شناسی و هنر ایران، ش4 (پاییز و زمستان 1348): 50–43.

تکمیل همایون، ناصر:

«مصالح سنتی درکوره تاریخ» ساختمان، ش35 (آذر1370): 44–42.

«تنها آب‌انبار هفت‌بادگیری که در اشکذر است». ارمغان اشکذر.

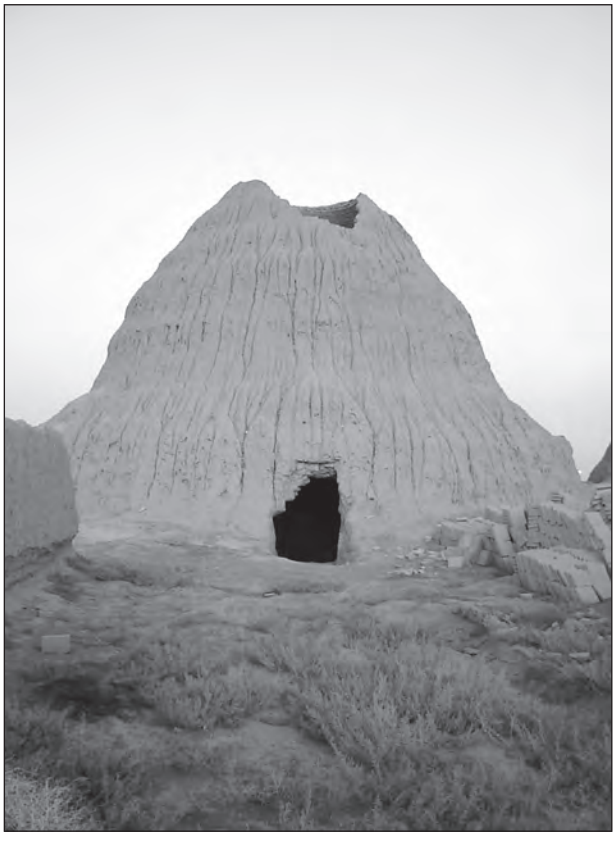
جانب‌اللهی، محمدسعید:

«نظام تقسیم و حسابرسی و خریدوفروش آب در آبیاری سنتی میبد» فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، س5، ش2. (تابستان1369): 59.

جهان‌فر، جواد:

«آب در ایران قدیم» سخن دانشجو، ش3 و4 (بهار و تابستان1373): 37–35.

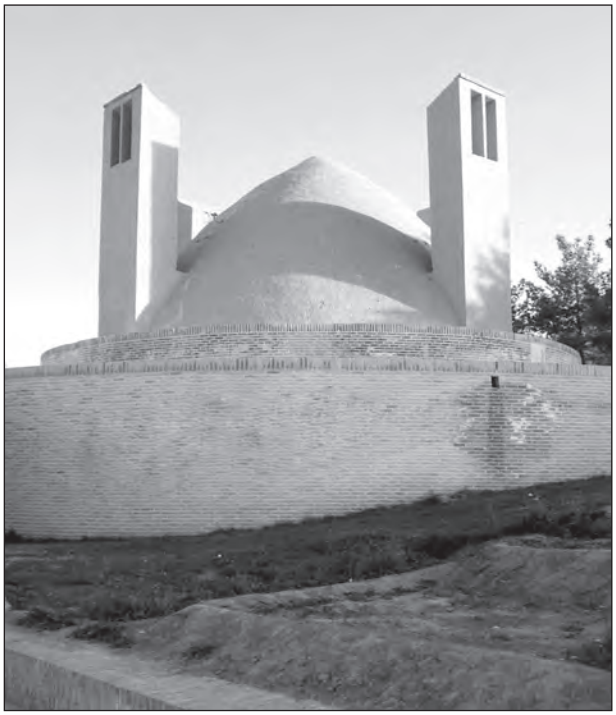
«چرا آب انبارها زباله‌دانی شده است»، پیمان یزد (1373/7/20)
حسنی‌زاده، مجید:
«آب‌انبارهای آب باران در ایران» نشریه علمی و فنی مسایل کشاورزی، س2، ش3 (دی 1363): 38–27.
خبرنگار کیهان در یزد و دیگران:
«آب‌انبارهـــا به پایان عمرشـــان نزدیک می‌شـــوند» کیهان ش 9077 (1352/7/17).
خبرنگار مجله آفتابگردان:
«یزد، شهری به رنگ خاک» آفتابگردان، ش88–64 (مهر 1373).
خیرخواه آرانی، رضا:
«بررسی بنای بومی و فرهنگی آب انبار (با تاکید بر آب انبارهای کاشان)» فرهنگ اصفهان، ش31 (بهار 1385): 85–79.
داداشی، احمد:
«آب‌انبارهای ساری» آینده، س10، ش12 (اسفند 1363): 850.
دهقانی، محمدعلی:
«با طبیعت در استان یزد» ندای یزد، س12، ش539 (1375/11/1): 3.



دهقانی سانیج، علیرضا:
«بررسی تاریخچه و ســـیر تکاملی بادگیرها/ این پدیده‌های زیبا و عامل تهویه مطبوع سنتی» تهویه و تبرید، س3، ش19 (اردیبهشت 1385): 13–4.
«بررسی، تاریخچه، سیر تکاملی و گونه‌شناسی سیستم‌های سرمایشی و برودتی سنتی» تهویه و تبرید.
«بررســـی تاریخچه، ســـیر تحول، گونه‌شناســـی و نحوه‌ی عملکرد آب‌انبارهای ایران» تهویه و تبرید، س3، ش21 (تیر 1385): 11–4.
«بررســـی تجربی نحوه‌ی عملکرد بادگیرها، سقف‌های گنبدی و کلاه فرنگی‌ها، همچنیـــن نگهداری و خنک‌ســـازی آب در آب‌انبارها» تهویه و تبرید، س1، ش1 (خرداد 1383): 41–34.
محسن مزیدی:
«تعیین جریان کلی هوا در بادگیرها به‌عنوان عامل‌های تهویه‌ی مطبوع سنتی در ساختمان‌های قدیمی» نامه مکانیک شریف (1379): 65–58.
رجایی‌نیا، محمدعلی:
«آب‌انبار درفک، چشمه‌ای در کویر خشـــک» جام جم س3، ش625 (1381/4/20): 7.
رضوانی، علی اصغر:
«نقش آب در شکل‌گیری سکونت‌گاه‌های شهری» فصل‌نامه شهرسازی، ش2 و 3 (1382).
روابط عمومی سازمان ایرانگردی و جهانگردی استان یزد:
«آب‌انبار و جاذبه‌های دیدنی آن در شـــهر اکوتوریســـتی و بیابانی یزد» سایبان، ش47 (1382/9/17): 9.
ستوده، منوچهر:
«ساروج معروف» آینده، س9، ش8 و 9 (آبان– آذر 1362): 701–700.
«سنگ تاریخی آب‌انبار حاجی عبدالکریم یزد ضبط شد» آفتاب یزد، ش 1972 (1385/10/5): 7.
شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد:
«موزه تاریخ آب» آگاهی‌نامه راه و ســـاختمان و معماری، س1، ش3 (آبان 1373): 63–60.
شریعت‌زاده، علی اصغر:
«شاهرود» گردش، ش9 و 10 (بهار و تابستان 1372): 19–16.
«ضرورت و اهمیت بادگیر در ناحیه جنوبی دشـــت کویر (استان یزد)». سروش، 68–62
«شهر آب‌انبارها، تنها 5 آب‌انبار دیدنی دارد» خاتم یزد، س2، ش153 (1384/11/13): 4.
شهرم، غلامعلی:
«یزد و بادگیرهایش» هماهنگ، ش21 (تیر 1370): 35–26.
شیرازی، محمدحسین:

«هنر جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک جهان» کشاورز، س7، ش 73 (دی 1364): 50-46.
صانعی:
«ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله» ساختمان، ش19 (تیر 1369): 8-6.
صداقت‌کیش، جمشید:
«آب‌انبار» وقف میراث جاویدان، ش45 (خرداد1383): 81-76.
صفی‌زاده، محمد:
«منشوری از شگفتی» روزنامه ایران، س10، ش2863 (1383/5/5)
ظفرزاده، علی:
«تعیین کیفیت شیمیایی آب در آب‌انبارهای روستایی استان گلستان» مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ش17 (بهار1385): 54-51.
عباسی، داریوش:
«معماری آب دانش کهن مردمان ایران در مقابله با کم‌آبی» ایران، س 7، ش1935 (1380/7/21): 19.
عرفان‌فر، محمدجواد:
«گزیده‌ای از مصارف خواندنی در متون وقف‌نامه‌های ایران» فرهنگ یزد، س8، ش30، (بهار1386): 45-28.
عطارها، سعید:
«راز و رمزهای آب‌انبارهای کاشان» فرهنگ مردم، س5، ش19 و 20 (پاییز و زمستان1385): 196-186.
علم‌الهدی، هدی:
«آب در معماری ایران» کتاب ماه هنر، 1382.
علی‌نژاد، محمد:
«لار امروز، شهری استثنایی» زمان، دوره‌ی2، ش1 (بهمن1373): 61.
فرزاد، هومان:
«طرح آب‌انبارهای شنی» دانشمند، س7، ش81 (تیر1349): 5-4، 94-89.
فرهادی، مرتضی:
«حضور آب در آیینه‌های ایرانی» آبزیان، س1، ش3 (فروردین1364): 3.
قبادیان، عطاالله:
«آب یزد و نقش چاه‌های عمیق» ندای یزد، س1، ش5 تا ش12 (1364/1/24 تا 1364/3/11)
قدیری، بهرام:
«آشنایی با استادکاران معماران سنتی ایران» صفّه، س3، ش11 و 12 (پاییز و زمستان1372): 64-59.

«احیای فرهنگ وقف با هدف تسهیل زندگی در مجتمع‌های زیستی» صفّه، س1، ش1 (تابستان1369): 43-36.
مایل هروی، غلامرضا:
«برکه‌های هرات» آریانا (کابل)، (قوس و جدی1350): 41-37.
مدرّس مصدق، لیلا السادات:
«آب‌انبارهای یزد دیروز و امروز» ندای یزد، س22، ش942 (1385/3/23): 2 و 3.
مرادی، نازیلا:
«قهوه خانه در آب‌انبار» ماهنامه شهرداری‌ها، ش35 (فروردین1381): 69 و 66.
مسرّت، حسین:
«آب‌انبارهای یزد» ندای یزد، س1، ش19 (1364/5/5): 1 و 2.
«آب‌انبار یا خاک انبار» ندای یزد، س8، ش351 (1371/11/12): 1.
«با خنکای آب‌انبارهای یزد» روز دوم، س1، پیش‌شماره‌ی3 (فروردین 86): 4.
«بررسی وقف و نیکوکاری در آب‌انبارهای ایران به‌ویژه یزد» وقف میراث جاویدان، س16، ش63 (پاییز1387): 75-60.
«وقف‌نامه آب‌انبار شش‌بادگیری یزد» وقف، میراث جاویدان، س17،




ش67، (پاییز1388): 89–82.

معماریان، غلامحسین:

«معماری آب، دانـــش کهن مردمان ایران» ایـــران، س7، ش1935 (1380/7/21).

مقدم:

«آب‌انبارها هم‌هویت تاریخی قزوین هســـتند» ایران، س3، ش641 (1376/2/7): 11.

ملتجی، محمدابراهیم:

«ســـاختمان‌های گلی از دیروز تا امروز، سنّت+ تکنولوژی، نوآوری در بازخوانی اصالت» ساختمان، ش35 (آذر1370): 20–18.

«میبد در سفرنامه‌ها» کیهان ویژه استان یزد، مهر1374.

«نگاهی گذرا به تاریخچه آب‌انبار» خراسان (1371/7/16): 5.

نوذری، عزت‌الله:

«برکه کل، بزرگ‌ترین آب‌انبار ایران» فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، س7، ش24، (بهار1371): 138–133.

نوربخش، حسین:

«برکه‌های آب در ســـواحل خلیج فارس» فرهنگ مردم، س1، ش2 (تابستان1381): 91–78.

ورجاوند، پرویز:

«آب‌انبارها، پاکنه‌ها و جوها» سفر، س18، دوره جدید، ش19 (شهریور 1388): 45–44.

«نقش و اهمیت برکه‌ها و آب‌انبارها در بافت شـــهرهای ایران» هنر و مردم، دوره14، ش168 (مهر1355): 6–2.

هولود، رناتا و منوچهر ستوده:

«آب‌انبار» از ایرانیکا، ترجمه: حســـین دهقان منشـــادی، فصل‌نامه فرهنگ یزد، س9، ش35–34 (بهار و تابستان1387): 171–164.

«یادداشت» ندای یزد، س12، ش528 (1375/7/30): 1.

پ– پایان‌نامه/ پژوهش/ جزوه

اسکندرنژاد، عبدالعزیز:

مطالعه کمی و کیفی آب آب‌انبارهای شهرستان گنبدکاووس، پایان‌نامه کارشناسی، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، 1387.

امیری قوام‌آبادی، علیرضا:

همیاری در بهره‌گیری و نگهداری یخچال و آب‌انبار در منطقه شهرضا، استاد راهنما: دکتر جواد صفی‌نژاد، پایان‌نامه کارشناسی رشته علوم اجتماعی دانشکده علوم اجتماعی دانشـــگاه تهران، 1372، رحلی، 114 ص، مصور، رنگی.

پاکدامن، عبدالرضا:

بررســـی آب‌انبارهای ســـمنان، پژوهش درس معماری اسلامی (1)، دانشکده معماری و شهرســـازی دانشـــگاه یزد، 1375، بیاضی، 48 برگ، مصور.

توسلی، محمود:

طرح بهســـازی بافت قدیم شـــهر یزد، معاونت شهرسازی و معماری، 1367: 129، 148، 162، 219، 220.

توکلی، جلال:

آب‌انبارهای شهر یزد، یزد: پژوهش برای سازمان میراث‌فرهنگی استان یزد، بیاضی، 239 برگ، مصور.

جدیدی حسین:

پروژه ساختمان‌های سنتی، جزوه درسی آموزشکده فنی شهید صدوقی یزد، 1366.

جوادی، احسان:

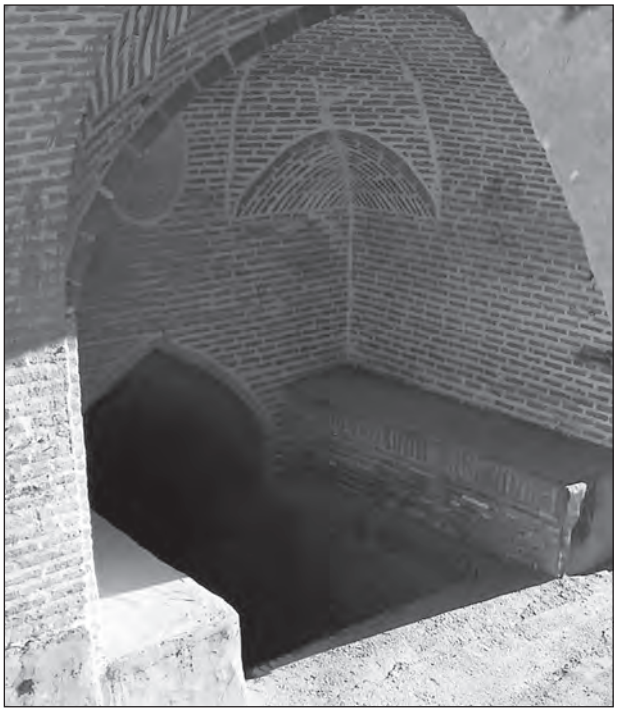
آب‌انبار رســـتم‌گیو، پژوهش درس معماری اســـلامی (2)، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد.

حاضرفغان‌جوفی، علی:

اجرای ســـاختمان‌های ســـنتی، جزوه درسی آموزشـــکده فنی شهید صدوقی یزد.

حجتی، میرمحمدعلی:

بادگیرها در یزد، پژوهش درس آشنایی با معماری اسلامی (2)، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد، 1374: 72–65، 163–156.
حصارنوی، علیرضا:
گزارش بررسی و قرائت سنگ‌نبشته‌های تاریخی یزد، یزد: معاونت پژوهشی سازمان میراث‌فرهنگی استان یزد، 1378، 4 ج.
گزارش مصور سنگ‌نبشته‌های اسلامی یزد، یزد: واحد پژوهشی میراث‌فرهنگی یزد، 1378، 3 ج.
دستمال‌چیان، محمدجواد و دیگران:
روستای فهرج، رساله درس روستا، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، 66–1365.
دهقان، علی‌اکبر و علیرضا دهقانی سانیج:
ارزیابی تجربی نحوه لایه‌بندی حرارتی در آب‌انبارها، طرح پژوهشی دانشگاه یزد، 1383.
دهقان چناری، محمود:
گزارش طرح باززنده‌سازی آب‌انبار امیر چخماق یزد، پژوهش برای میراث‌فرهنگی یزد.
دهقان طرزجانی، علی‌اکبر:
بررسی رجال و مشاهیر استان یزد، پژوهش برای اداره کل میراث فرهنگی استان یزد، 1380: 139–136.
دهقانی سانیج، علیرضا:
بررسی تجربی دو طرح جدید بادگیر، مقایسه آن با بادگیرهای سنتی، پایان‌نامه کارشناسی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد، 1380.
تحلیل عددی و تحلیلی انتقال حرارت در آب‌انبارها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی تهران، 86–1385. رحلی، 100 ص.
رنجبرکرمانی، علی محمد و محمد حسنی کوشکنو:
روستای فرداپرستان، رساله درس روستا، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، 1366.
زاهدی، علی:
سایه‌ی آب، پژوهش درسی دانشکدهٔ معماری دانشگاه یزد.
سرمدی، علی اصغر:
آب‌انبارهای یزد، پژوهش موجود سازمان میراث‌فرهنگی استان یزد.
سعیدپور، محمد:
نقش آب‌انبار در تاسیسات آب‌رسانی شهر قزوین، پایان‌نامه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی تهران، 1382، رحلی، 245 ص. مصور.
سمسار یزدی، علی اصغر:
بررسی آب‌انبارهای یزد از دیدگاه تبادل حرارت، پژوهش دانشگاهی،




دانشگاه شیراز، 1355.

سیستانی، محسن:

روند ساخت و ساز آب‌انبار، پژوهش درسی آشنایی با هنر و معماری اسلامی (2)، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد.

شهزادی، دین‌یار:

معرفی اساتید هنرهای سنتی استان یزد، پژوهش برای میراث‌فرهنگی استان یزد، 1368: 124–117.

شیرانی، مصیب:

بررسی پایداری سازه بومی نگهداشت آب (آب‌انبار) در منطقه لارستان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه شیراز، 1382، رحلی، 154 ص.

طرح ادامه بلوار شهید منتظر قائم، یزد: شهرداری یزد، 1368، دفتر اول.

ظفرزاده، علی:

بررسی شیمیایی و باکتریولوژیکی آب آب‌انبارهای روستاهای شهرستان مینودشت استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، 1378.

عابدینی، حسین:

آب‌انبار، پژوهش درس معماری و هنر اسلامی (2)، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد.

عالمی، بابک و دیگران:

سخنگوی کویر تفتیده، ج 1، آب‌انبارهای یزد و یخچال‌های ابرقو، پژوهش درس انسان، طبیعت و معماری 2، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، 1371، رحلی، 162 ص.

عباسی، احمد:

آب‌انبار شیر سرچشمه، پژوهش درسی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد.

عظیمی، غلامرضا:

روستای نوزاد بیرجند، رساله درس روستای دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، 1366.

علوی راد، احمد:

سامان‌دهی معماری پیرامون مسجد جامع فهرج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری دانشگاه تهران: 15، 48، 49.

علی‌آبادی، پشنگ:

آب‌انبارهای منطقه لارستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم تجربی دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران.

فخارزاده تهرانی، فرهاد:

کتابه‌های آب‌انبارهای ایران، به سرپرستی فرهاد فخارزاده تهرانی، دانشکده معماری دانشگاه شهید بهشتی تهران.

فراست‌کیش، علی:

تعیین میزان آلودگی آب آب‌انبارهای کاشان از جهت کلی فرم مدفوعی، پایان‌نامهٔ دکتری در طب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، 1374، رحلی، 88 ص.

کاویانی، علی اصغر و دیگران:

روستای کندو، رساله درس روستا دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، 1364–1363.

کرابی، هادی:

مطالعه کمی و کیفی آب آب‌انبارهای شهرستان سبزوار، پایان‌نامه کارشناسی، گروه بهداشت محیط دانشکدهٔ بهداشت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، 1387.

کمیته حفظ و احیای آب‌انبارها:

گزارش‌های کارشناسان کمیته حفظ و احیای آب‌انبارها، گزارش برای میراث‌فرهنگی و گردشگری کاشان، 1383.

لعل محمدی، علی و پدرام پسران:

آب و معماری کویر، پژوهش درس معماری اسلامی (2) دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد. مصور.

محمدپور قاضی، جواد:

آب‌انبارهای مناطق کویری، پژوهش درس انسان‌شناسی دانشکده

علوم اجتماعی دانشـــگاه تهـــران، زیر نظر: دکتر جـــواد صفی‌نژاد، 1364، بیاضی، 110 ص، مصور، رنگی.
محمودی کامل‌آباد، مهدی و مهری محمدیان:
آب‌انبار خرمشاه، مجموعه محمدعلی مراد، پژوهش درس معماری و هنر اسلامی (1) دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد، 38 ص، مصور.
معماریان، غلامحسین:
سندسازی از آب‌انبارهای ایران، طرح پژوهشی دانشگاه شیراز.
معینی نایینی، مریم:
آب‌انبار در نایین، پژوهش درس انسان‌شناسی دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران. زیر نظر دکتر جواد صفی‌نژاد. 1366.
مقنی‌زاده، محمّد:
جســـتجویی در قنات، پژوهش درس معماری اســـلامی، دانشـــکده معماری و شهرسازی دانشگاه یزد.
یاوری، تورج:
طرح احیای آب‌انبارهای ایران، با حمایت دانشـــگاه آخن و نورنبرگ در آلمان [روزنامه ایران 1380/7/21]
یکتا فرد، بهروز و دیگران:
بررسی پراکندگی آب‌انبارها در شهر یزد، پژوهش درسی آموزشکده فنی شهید صدوقی یزد، 1364.
ت– دیگر موارد
اکبری، پدرام:
«خیش‌خان» مجموعه فیلم خشـــت خام، نویسنده و کارگردان: پدرام اکبری، تولید سیمای جمهوری اسلامی مرکز یزد.
«بررســـی ویژگی‌های معمـــاری آب‌انبـــار» www.qanat.info مرکز بین‌المللی قنات و سازه‌های تاریخی آب.
«گزارشی از سه آب‌انبار مهم شهر یزد، تقدس آب‌انبارهای یزد را به آب دادیم» www.Chn.ir
بنایی هنزایی، علی و دیگران:
نقشه‌های آب‌انبارهای یزد، موجود در پایگاه میراث فرهنگی و تاریخی شهر یزد/ سازمان میراث‌فرهنگی استان یزد/ دانشکده معماری دانشگاه علم و صنعت ایران/ دانشکده معماری دانشگاه شهید بهشتی تهران.
«وقف‌نامه آب‌انبار شـــش‌بادگیری» موجـــود در اداره اوقاف یزد و نیز پرونده آب‌انبار شش‌بادگیری در سازمان میراث‌فرهنگی یزد.
حبیبی قانع، علی:
«آب‌انبار» فیلم تولید سیمای جمهوری اسلامی ایران، مرکز یزد.
رحمانی، غلامرضا:

«آب‌انبار» فیلم به سفارش حوزه هنری سازمان تبلیغات اسلامی، 1371.

فهرست آب‌انبارهای موجود در دانشگاه شهید بهشتی تهران/ معاونت پژوهشی میراث‌فرهنگی یزد/ پایگاه میراث فرهنگی و تاریخی شهر یزد.

«قزوین به‌علت دارا بودن ده‌ها آب‌انبار به شهر آب‌انبارها شهرت یافته است.» سایت ایران یاد (2007/6/6)

### کتابنامه

چون بیشترینه‌ی منابع مربوط به آب‌انبار در بخش کتابنامه‌ی آب‌انبار آمده است، در اینجا تنها منابع و مآخذی می‌آید که کلی بوده و در تدوین این کتاب از آن بهره گرفته شده است.

**الف- کتاب**


آل احمد، جلال:
ارزیابی شتابزده، تهران: رواق، چاپ سوم، 1357.
افشار، ایرج:
فهرست مقالات فارسی، تهران: علمی و فرهنگی، چاپ دوم، 1385، ج6.
باغ‌بیدی، حسن:
«آب» در دانشنامه زبان و ادب فارسی، به سرپرستی: اسماعیل سعادت، تهران: فرهنگستان زبان و ادب فارسی، 1384، ج1.
حافظ اصفهانی، محمد:
سه رساله در اختراعات صنعتی، نتیجة الدوله، به کوشش: تقی بینش، تهران: بنیاد فرهنگ ایران، 1350.
حامی، احمد:
مصالح ساختمانی، تهران: دانشگاه تهران، 1369.
رضازادهٔ شفق، صادق:
فرهنگ شاهنامه، به کوشش: مصطفی شهابی، تهران: انجمن آثار ملّی، 1350.
رضی، هاشم:
اوستا، ترجمه وتحقیق: هاشم رضی، تهران: فروهر، 1363.
سرجمعی، حسین:
گوشه‌هایی از تمدن ماقبل تاریخ در غربال بیز مهریز، یزد: مولف، 1373.
سعدی، مصلح الدین:
کلیات سعدی، به‌کوشش: محمدعلی فروغی، تهران: امیرکبیر، چاپ پنجم، 1365.
شاهرخی، حامد:
آب، گوهر آفرینش، تهران: هنر پارینه، دفتر فرهنگی وزارت نیرو، چاپ دوم، 1386.

قرآن کریم، ترجمه: بهاءالدین خرّمشاهی، تهران: جامی، 1376.

قبادیان، عطاءالله:

سیمای طبیعی اســـتان یزد در ارتباط با مسایل کویری، اهواز: دانشگاه جندی‌شاپور، 1361.

قزلباش، محمدرضا و فرهاد ابوالضیاء:

الفبای کالبدخانه‌های ســـنتی ایران، تهـــران: وزارت برنامه و بودجه، 1364.

کرجی، محمدبن حسن:

اســـتخراج آب‌های پنهانی، ترجمه: حســـین خدیو جم، تهران: بنیاد فرهنگ ایران، 1345

گروسین، هادی:

آب‌نامه یا فرهنگ آب، همدان: دانشجو همدان، 1377.

مرکز اسناد فرهنگی آسیا:

فهرست مقالات فرهنگی دوره 1 تا 4.

مفضّل بن عمر:

توحید مفضّـــل، ترجمه: محمدباقر مجلســـی، تحقیـــق ناصر باقری بیدهندی، تهران، وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، 1379.

میبدی، ابوالفضل رشیدالدین:

کشف‌الاســـرار و عدّة الابـــرار، زیر نظر: علی‌اصغـــر حکمت، تهران: امیرکبیر، چاپ پنجم 1371، ج 2.

نشریه‌ی ســـازمان آب یزد به مناسبت جشن‌های پر افتخار شاهنشاهی ایران، یزد: سازمان آب یزد، 1350.

وامبری، آرمینوس:

سیاحت درویشی دروغین در خانات آسیای میانه، ترجمه فتحعلی خواجه نوریان، تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب، 1343.

همدانی، رشیدالدین فضل الله:

وقف‌نامه ربع رشیدی، به کوشش: مجتبی مینوی و ایرج افشار، تهران: انجمن آثار ملی، 1356.

ب– نشریه

ساعدلو، هوشنگ:

«آب در تمدن ایران و اسلام» راهنمای کتاب، س 17، ش 1 (فروردین 1353): 46–30.


**پ– منابع شفاهی**

اصغر حاتم‌پور، جعفر شاکری ، جواد صفی‌نژاد، حسن صادقیان، حسین تاجگردون، حســـین زارع بیدکی، حسین شرعیاتی، حســـین گرگویی، رضا بردستانی، ســـید محمّد موســـوی، صفر صادقیان، صفـــر فتوحی، عادل فرهنگی، عباس ارس‌خان، عباس جبینی، عباســـعلی شـــایق، عبدالرحیم داردان، علی اکبر باغبان‌زاده، علی اکبر رحمانی، علی اکبر رضایی صدرآبادی

علی اکبر شیر سلیمیان، علی نقدی، علی‌اصغر سمسار یزدی، علی‌اکبر خرّمی (آخوند)، علیرضا دهقانی سانیچ، علیرضا زارع بیدکی، غلامرضا ملک ثابت، غلامرضا نعیم‌آبادی، فتح‌الله نشـــان، فرهاد فخارزاده تهرانی، کامبیز ابراهیمی، لیلاالســـادات مدرس مصدق، محمد دشتبان‌نژاد، محمد دهقان طرزجانی، محمد شـــمس، محمد علی صادقیه، محمد قادری، محمدرضا اولیـــاء، محمدرضـــا قرائی‌زاده، محمدرضـــا کارگر، محمدعلـــی حاجی یوسفی، محمود مسلمان، محمود مشروطه، مصطفی قطب‌زاده، ناصر بابایی ندوشن، یحیی خیراندیش

# لوله‌کشی بخار

مهندس رونالد بغوزیان

*محاسبات لوله‌کشی چیلرخانه، موتورخانه و ایرواشر*

**انتخاب پمپ اواپراتور چیلر**

1) محاسبه دبی: دبی را با روش‌های ارائه‌شده قبلی محاسبه می‌کنیم و به‌عبارتی دبی تک‌تک مصرف‌کننده‌ها (فن‌کویل‌ها – کویل سرمایی هواساز و ...) را با هم جمع می‌کنیم؛ دبی مجموع باید از اواپراتور چیلر عبور کند.

2) محاسبه افت فشار:

$H_T=H_L+H_S+H_E$

$H_L$: طول ناشی از افت مسیر (طبق روش‌های قبلی ارائه‌شده)

$H_S$: افت فشار بدترین مصرف‌کننده (از کاتالوگ سازنده)

$H_E$: افت فشار اواپراتور چیلر (از کاتالوگ سازنده)

توجه شـــود اینجا افت ارتفاعی چون سیستم بســـته است در نظر گرفته نمی‌شود چون همان افت استاتیک که باید پمپاژ شود به مکش پمپ از طریق خط برگشت وارد می‌گردد و این دو فشار همدیگر را خنثی می‌کنند.

**انتخاب پمپ کندانسور چیلر**

***محاسبه افت فشار***

$H=H_L+H_C+H_P$

H: کل فشار لازم برای پمپ

$H_L$: افت ناشی از اصطکاک مسیر و اتصالات

$H_C$: فشـــاری که باید پشـــت نازل برج تامین گردد (با توجه به کاتالوگ ســـازنده) که اگر کاتالوگ در دســـترس نبود تخمین 20 الی 30 (psi) تخمین

مناسبی است.

- ارتفاع برج به این جهت لحاظ می گردد که مکش پمپ از کف برج است و رانش پمپ به نازل های بالایی برج لذا باید این اختلاف ارتفاع که افت استاتیک است را پمپ بتواند جبران کند که تقریبا برابر ارتفاع برج می باشد.
- برای سایزینگ لوله های مدار اواپراتور چیلر از منحنی های لوله های بسته منحنی صفحه 406 پیوست و برای سایزینگ لوله های مدار کندانسور و برج منحنی های لوله های باز منحنی صفحه 407 پیوست استفاده گردد.

**انتخاب پمپ ایرواشر**

ایرواشرها با کلاس آن ها طبقه بندی می شوند که نوع کلاس ایرواشر مطابق جدول زیر است:

| کلاس ایرواشر | میزان آب در گردش پمپ |
|---|---|
| 4 | 4GPM تزریق آب به ازای 1000cfm هوادهی |
| 6 | 6GPM تزریق آب به ازای 1000cfm هوادهی |
| 8 | 8GPM تزریق آب به ازای 1000cfm هوادهی |
| 10 | 10GPM تزریق آب به ازای 1000cfm هوادهی |

به عنوان مثال ایرواشری که هوادهی آن 5000cfm است و کلاس ایرواشر 8 می باشد.

$$\frac{5000}{1000} \times 8 = 40$$

به 40GPM آب در گردش پمپ نیاز دارد

محاسبه افت فشار پمپ

$$H = H_L + H_P + H_A$$

H: کل افت فشار مورد نیاز

$H_L$ : افت ناشی از لوله کشی و اتصالات که در صورت نزدیک بودن پمپ به ایرواشر ناچیز است.

$H_P$: فشار مورد نیاز پشت نازل ایرواشر که باید توسط سازنده مشخص گردد. در صورت در دسترس نبودن تخمین 20 الی 30 (psi) تخمین مناسبی است.

$H_A$: ارتفاع قسمت مکش تشت ایرواشر تا نازل آن معمولا برابر ارتفاع هواساز است.

## بار گرم‌شده لوله‌کشی سیستم‌های بخار با فشار کم

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER 100 FEET OF PIPE | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 |
| 1/2" | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3/4" | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1" | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 1-1/4" | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 1-1/2" | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 2" | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 2-1/2" | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 3" | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 |
| 4" | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 5" | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 30 | 31 | 32 |
| 6" | 32 | 33 | 34 | 36 | 37 | 39 | 40 | 42 |
| 8" | 48 | 49 | 51 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 |
| 10" | 68 | 70 | 73 | 76 | 79 | 83 | 85 | 89 |
| 12" | 83 | 85 | 89 | 93 | 96 | 101 | 104 | 108 |
| 14" | 92 | 94 | 98 | 103 | 106 | 111 | 115 | 119 |
| 16" | 105 | 108 | 113 | 118 | 122 | 128 | 132 | 137 |
| 18" | 119 | 122 | 127 | 133 | 137 | 144 | 149 | 154 |
| 20" | 132 | 135 | 142 | 148 | 153 | 160 | 166 | 172 |
| 22" | 146 | 150 | 157 | 164 | 169 | 177 | 183 | 190 |
| 24" | 159 | 163 | 170 | 178 | 184 | 193 | 199 | 207 |
| 26" | 173 | 177 | 185 | 194 | 200 | 210 | 217 | 225 |
| 28" | 187 | 191 | 200 | 209 | 216 | 226 | 234 | 243 |
| 30" | 200 | 205 | 214 | 224 | 232 | 243 | 251 | 260 |
| 32" | 214 | 219 | 229 | 239 | 247 | 259 | 268 | 278 |
| 34" | 227 | 233 | 243 | 254 | 263 | 275 | 284 | 295 |
| 36" | 241 | 246 | 258 | 269 | 278 | 292 | 301 | 313 |
| 42" | 281 | 288 | 301 | 314 | 325 | 341 | 352 | 366 |
| 48" | 321 | 328 | 343 | 358 | 371 | 389 | 402 | 417 |
| 54" | 361 | 370 | 387 | 404 | 418 | 438 | 453 | 470 |
| 60" | 402 | 411 | 430 | 449 | 465 | 487 | 503 | 523 |
| 72" | 483 | 494 | 517 | 539 | 558 | 585 | 604 | 628 |
| 84" | 564 | 577 | 603 | 629 | 652 | 683 | 706 | 733 |
| 96" | 645 | 660 | 690 | 720 | 745 | 781 | 807 | 838 |
| CORR. FACTOR | 1.50 | 1.49 | 1.46 | 1.44 | 1.43 | 1.41 | 1.40 | 1.39 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.

## بار گرم‌شده لوله‌کشی سیستم‌های بخار با فشار متوسط

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER 100 FEET OF PIPE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 75 | 85 | 100 |
| 1/2" | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3/4" | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 1" | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1-1/4" | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 1-1/2" | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 2" | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 2-1/2" | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 17 | 19 | 19 | 20 |
| 3" | 18 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 27 |
| 4" | 25 | 26 | 27 | 29 | 31 | 32 | 35 | 36 | 38 |
| 5" | 34 | 35 | 37 | 40 | 42 | 44 | 47 | 49 | 51 |
| 6" | 44 | 46 | 48 | 51 | 55 | 57 | 61 | 63 | 66 |
| 8" | 66 | 69 | 72 | 77 | 82 | 86 | 92 | 95 | 100 |
| 10" | 94 | 98 | 102 | 110 | 116 | 122 | 130 | 135 | 142 |
| 12" | 115 | 120 | 125 | 134 | 142 | 149 | 159 | 165 | 173 |
| 14" | 126 | 132 | 138 | 148 | 157 | 164 | 175 | 182 | 191 |
| 16" | 145 | 152 | 158 | 170 | 180 | 188 | 201 | 209 | 219 |
| 18" | 163 | 171 | 178 | 191 | 203 | 213 | 227 | 235 | 247 |
| 20" | 182 | 191 | 198 | 213 | 226 | 237 | 252 | 262 | 275 |
| 22" | 201 | 211 | 220 | 236 | 250 | 262 | 279 | 290 | 304 |
| 24" | 219 | 229 | 239 | 257 | 272 | 285 | 304 | 316 | 331 |
| 26" | 238 | 250 | 260 | 279 | 296 | 310 | 331 | 344 | 360 |
| 28" | 257 | 269 | 280 | 301 | 319 | 334 | 356 | 370 | 388 |
| 30" | 275 | 289 | 300 | 323 | 342 | 358 | 382 | 397 | 416 |
| 32" | 294 | 308 | 321 | 344 | 365 | 382 | 408 | 424 | 444 |
| 34" | 312 | 327 | 341 | 366 | 388 | 407 | 434 | 450 | 472 |
| 36" | 331 | 347 | 361 | 388 | 411 | 431 | 459 | 477 | 500 |
| 42" | 386 | 405 | 422 | 453 | 480 | 503 | 536 | 557 | 584 |
| 48" | 441 | 463 | 482 | 517 | 548 | 574 | 612 | 636 | 667 |
| 54" | 497 | 521 | 542 | 583 | 617 | 647 | 690 | 717 | 751 |
| 60" | 552 | 579 | 603 | 648 | 686 | 719 | 767 | 797 | 835 |
| 72" | 664 | 696 | 724 | 778 | 825 | 864 | 921 | 957 | 1,003 |
| 84" | 775 | 812 | 846 | 908 | 963 | 1,009 | 1,075 | 1,117 | 1,171 |
| 96" | 886 | 929 | 967 | 1,039 | 1,101 | 1,153 | 1,230 | 1,278 | 1,340 |
| CORR. FACTOR | 1.37 | 1.36 | 1.35 | 1.32 | 1.31 | 1.29 | 1.28 | 1.27 | 1.26 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.

## بار گرم شده لوله‌کشی سیستم‌های بخار با فشار بالا

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER 100 FEET OF PIPE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | | |
| | 120 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 1/2" | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 3/4" | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 1" | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 11 |
| 1-1/4" | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 15 |
| 1-1/2" | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 18 |
| 2" | 14 | 14 | 14 | 15 | 16 | 17 | 17 | 18 | 25 |
| 2-1/2" | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 39 |
| 3" | 28 | 28 | 30 | 32 | 33 | 34 | 36 | 37 | 52 |
| 4" | 40 | 40 | 43 | 45 | 47 | 49 | 51 | 53 | 75 |
| 5" | 54 | 55 | 58 | 61 | 64 | 66 | 69 | 71 | 104 |
| 6" | 70 | 71 | 75 | 79 | 83 | 86 | 89 | 92 | 144 |
| 8" | 106 | 107 | 113 | 119 | 125 | 129 | 134 | 139 | 218 |
| 10" | 150 | 152 | 161 | 169 | 177 | 184 | 191 | 197 | 275 |
| 12" | 183 | 186 | 197 | 206 | 216 | 225 | 233 | 241 | 329 |
| 14" | 202 | 204 | 217 | 227 | 238 | 247 | 257 | 266 | 362 |
| 16" | 231 | 234 | 248 | 261 | 273 | 284 | 295 | 305 | 416 |
| 18" | 261 | 264 | 280 | 294 | 308 | 320 | 332 | 343 | 470 |
| 20" | 290 | 294 | 312 | 327 | 343 | 356 | 370 | 382 | 523 |
| 22" | 322 | 326 | 345 | 362 | 380 | 394 | 409 | 423 | 578 |
| 24" | 350 | 354 | 375 | 394 | 413 | 429 | 445 | 460 | 631 |
| 26" | 381 | 386 | 409 | 429 | 449 | 467 | 485 | 501 | 384 |
| 28" | 410 | 416 | 440 | 462 | 484 | 503 | 522 | 540 | 739 |
| 30" | 440 | 446 | 472 | 496 | 519 | 540 | 560 | 579 | 794 |
| 32" | 469 | 476 | 504 | 529 | 554 | 576 | 598 | 618 | 844 |
| 34" | 499 | 506 | 536 | 562 | 589 | 612 | 635 | 657 | 900 |
| 36" | 528 | 536 | 567 | 596 | 624 | 648 | 673 | 696 | 955 |
| 42" | 617 | 626 | 663 | 696 | 729 | 757 | 786 | 813 | 1,116 |
| 48" | 705 | 714 | 757 | 794 | 832 | 865 | 898 | 928 | 1,275 |
| 54" | 794 | 805 | 852 | 895 | 937 | 974 | 1,011 | 1,045 | 1,436 |
| 60" | 883 | 894 | 948 | 995 | 1,042 | 1,083 | 1,124 | 1,162 | 1,597 |
| 72" | 1,060 | 1,075 | 1,139 | 1,195 | 1,252 | 1,301 | 1,350 | 1,396 | 1,946 |
| 84" | 1,238 | 1,254 | 1,329 | 1,395 | 1,461 | 1,518 | 1,576 | 1,630 | 2,241 |
| 96" | 1,415 | 1,435 | 1,520 | 1,595 | 1,671 | 1,737 | 1,803 | 1,864 | 2,510 |
| CORR. FACTOR | 1.25 | 1.25 | 1.24 | 1.23 | 1.22 | 1.22 | 1.21 | 1.21 | 1.20 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER HOUR PER 100 FEET OF PIPE<br>STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 |
| 1/2" | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3/4" | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 1" | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 1-1/4" | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1-1/2" | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 2" | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 2-1/2" | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| 3" | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| 4" | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 5" | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 |
| 6" | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 8" | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 | 21 | 22 | 23 |
| 10" | 20 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 |
| 12" | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 | 29 | 31 | 32 |
| 14" | 25 | 26 | 27 | 29 | 30 | 32 | 33 | 35 |
| 16" | 28 | 29 | 31 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
| 18" | 31 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 |
| 20" | 34 | 35 | 37 | 39 | 41 | 44 | 46 | 48 |
| 22" | 37 | 38 | 41 | 43 | 45 | 48 | 50 | 53 |
| 24" | 40 | 41 | 44 | 47 | 49 | 52 | 54 | 57 |
| 26" | 47 | 48 | 51 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 |
| 28" | 50 | 52 | 55 | 58 | 61 | 65 | 68 | 72 |
| 30" | 54 | 56 | 59 | 62 | 65 | 70 | 73 | 77 |
| 32" | 57 | 59 | 63 | 67 | 70 | 74 | 78 | 82 |
| 34" | 61 | 63 | 67 | 71 | 74 | 79 | 83 | 87 |
| 36" | 65 | 67 | 71 | 75 | 78 | 84 | 87 | 92 |
| 42" | 75 | 78 | 83 | 87 | 92 | 98 | 102 | 107 |
| 48" | 86 | 89 | 94 | 100 | 105 | 112 | 117 | 123 |
| 54" | 97 | 100 | 106 | 112 | 118 | 125 | 131 | 138 |
| 60" | 108 | 111 | 118 | 125 | 131 | 139 | 146 | 153 |
| 72" | 129 | 133 | 141 | 150 | 157 | 167 | 175 | 184 |
| 84" | 151 | 156 | 165 | 175 | 183 | 195 | 204 | 215 |
| 96" | 172 | 178 | 189 | 200 | 209 | 223 | 233 | 245 |
| CORR. FACTOR | 1.70 | 1.68 | 1.66 | 1.64 | 1.60 | 1.58 | 1.57 | 1.55 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.
3. Table values include convection and radiation loads with 80% efficient insulation.

## بار گرم‌شده لوله‌کشی سیستم‌های بخار با فشار متوسط

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER HOUR PER 100 FEET OF PIPE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | | |
| | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 75 | 85 | 100 |
| 1/2" | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 3/4" | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| 1" | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 1-1/4" | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 1-1/2" | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 |
| 2" | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 2-1/2" | 9 | 10 | 10 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 3" | 11 | 12 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 4" | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 23 | 24 |
| 5" | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | 27 | 29 |
| 6" | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 |
| 8" | 25 | 26 | 28 | 30 | 33 | 35 | 38 | 40 | 43 |
| 10" | 30 | 32 | 34 | 37 | 40 | 43 | 47 | 49 | 53 |
| 12" | 35 | 37 | 39 | 43 | 47 | 50 | 54 | 57 | 61 |
| 14" | 38 | 40 | 43 | 47 | 51 | 54 | 59 | 62 | 67 |
| 16" | 43 | 45 | 48 | 53 | 57 | 61 | 67 | 70 | 75 |
| 18" | 47 | 50 | 53 | 59 | 64 | 68 | 74 | 78 | 84 |
| 20" | 52 | 56 | 59 | 65 | 70 | 75 | 82 | 86 | 92 |
| 22" | 57 | 60 | 64 | 70 | 76 | 81 | 89 | 94 | 101 |
| 24" | 61 | 65 | 69 | 76 | 83 | 88 | 96 | 102 | 109 |
| 26" | 72 | 77 | 81 | 89 | 97 | 103 | 113 | 110 | 117 |
| 28" | 77 | 82 | 87 | 96 | 104 | 111 | 122 | 129 | 138 |
| 30" | 83 | 88 | 93 | 103 | 112 | 119 | 131 | 138 | 148 |
| 32" | 88 | 94 | 100 | 110 | 119 | 127 | 139 | 147 | 157 |
| 34" | 94 | 100 | 106 | 117 | 127 | 135 | 148 | 156 | 167 |
| 36" | 99 | 106 | 112 | 124 | 134 | 143 | 157 | 166 | 177 |
| 42" | 116 | 124 | 131 | 144 | 157 | 167 | 183 | 193 | 207 |
| 48" | 132 | 141 | 149 | 165 | 179 | 191 | 209 | 221 | 236 |
| 54" | 149 | 159 | 168 | 186 | 201 | 215 | 235 | 248 | 266 |
| 60" | 165 | 177 | 187 | 206 | 224 | 239 | 261 | 276 | 295 |
| 72" | 199 | 212 | 224 | 247 | 268 | 287 | 314 | 331 | 354 |
| 84" | 232 | 247 | 261 | 289 | 313 | 334 | 366 | 386 | 413 |
| 96" | 265 | 283 | 299 | 330 | 358 | 382 | 418 | 442 | 472 |
| CORR. FACTOR | 1.52 | 1.51 | 1.50 | 1.48 | 1.47 | 1.45 | 1.43 | 1.42 | 1.41 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.
3. Table values include convection and radiation loads with 80% efficient insulation.

| PIPE SIZE | POUNDS OF STEAM PER HOUR PER 100 FEET OF PIPE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STEAM PRESSURE PSIG | | | | | | | | |
| | 120 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 1/2" | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| 3/4" | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| 1" | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 1-1/4" | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1-1/2" | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 2" | 15 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 2-1/2" | 18 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 27 |
| 3" | 21 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 | 29 | 31 | 32 |
| 4" | 26 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 38 | 40 |
| 5" | 31 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 44 | 46 | 49 |
| 6" | 37 | 38 | 41 | 44 | 46 | 49 | 52 | 54 | 57 |
| 8" | 47 | 48 | 52 | 55 | 59 | 62 | 66 | 69 | 72 |
| 10" | 57 | 58 | 63 | 67 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 |
| 12" | 66 | 68 | 73 | 79 | 84 | 89 | 93 | 98 | 103 |
| 14" | 72 | 74 | 80 | 85 | 91 | 96 | 102 | 107 | 112 |
| 16" | 81 | 83 | 90 | 96 | 103 | 109 | 115 | 121 | 126 |
| 18" | 91 | 92 | 100 | 107 | 115 | 121 | 128 | 134 | 141 |
| 20" | 100 | 102 | 110 | 118 | 126 | 134 | 141 | 148 | 155 |
| 22" | 109 | 111 | 120 | 129 | 138 | 146 | 154 | 161 | 169 |
| 24" | 118 | 120 | 130 | 140 | 149 | 158 | 167 | 175 | 183 |
| 26" | 127 | 129 | 140 | 150 | 161 | 170 | 179 | 188 | 197 |
| 28" | 149 | 152 | 165 | 177 | 189 | 182 | 192 | 201 | 211 |
| 30" | 160 | 163 | 177 | 190 | 203 | 214 | 226 | 237 | 249 |
| 32" | 170 | 174 | 189 | 202 | 216 | 229 | 241 | 253 | 265 |
| 34" | 181 | 185 | 200 | 215 | 230 | 243 | 256 | 269 | 282 |
| 36" | 192 | 195 | 212 | 228 | 243 | 257 | 271 | 285 | 299 |
| 42" | 224 | 228 | 248 | 265 | 284 | 300 | 317 | 332 | 348 |
| 48" | 256 | 261 | 283 | 303 | 324 | 343 | 362 | 380 | 398 |
| 54" | 287 | 293 | 318 | 341 | 365 | 386 | 407 | 427 | 448 |
| 60" | 319 | 326 | 354 | 379 | 406 | 429 | 452 | 475 | 498 |
| 72" | 383 | 391 | 425 | 455 | 487 | 514 | 543 | 570 | 597 |
| 84" | 447 | 456 | 495 | 531 | 568 | 600 | 633 | 665 | 697 |
| 96" | 511 | 521 | 566 | 607 | 649 | 686 | 724 | 760 | 796 |
| CORR. FACTOR | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.38 | 1.37 | 1.37 | 1.36 | 1.36 | 1.35 |

*Notes:*

1. Table based on 70°F. ambient temperature, standard weight steel pipe to 250 psig, and extra-strong weight steel pipe above 250 psig.
2. For ambient temperatures of 0°F., multiply table values by correction factor.
3. Table values include convection and radiation loads with 80% efficient insulation.

*ادامه دارد...*

# سیستم‌های گرمایش از کف با نرم‌افزار LoopCad

## جداول اطلاعاتی

مهندس علیرضا کریمی

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 174 | چابهار | 25/28 | 33 | 29/88 | 1/083 | 0/682 | 98/5 | 16/5 | 83/91 | 60 | 55/09 | 153/93 | 79/66 | 50 | 76 |
| 175 | چغارت(استان کرمان) | 31/6 | 4400 | 25/45 | 0/922 | 0/581 | 105 | 26/5 | 69/39 | 20/5 | 17/93 | 70/07 | 52/83 | 24 | 70 |
| 176 | چمستان(مازندران) | 36/48 | 240 | 29/66 | 1/075 | 0/677 | 87 | 15 | 77/67 | 72 | 66/37 | 130/14 | 74/51 | 24 | 89 |
| 177 | چناره(کردستان) | 35/6 | 4800 | 25/08 | 0/909 | 0/572 | 95 | 33 | 64/79 | 25 | 21 | 61/56 | 49 | 8 | 83 |
| 178 | چوار(ایلام) | 33/67 | 4300 | 25/66 | 0/926 | 0/583 | 95 | 31/5 | 67/27 | 30 | 25/4 | 73/28 | 54/13 | 24 | 75 |
| 179 | حاجی‌آباد(بندرعباس) | 28/31 | 2950 | 26/86 | 0/973 | 0/613 | 108/5 | 27/5 | 74/63 | 25 | 21/79 | 89/82 | 61/08 | 34 | 71 |
| 180 | حجت‌آباد(بندرعباس) | 31/7 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 90/5 | 26/5 | 59/72 | 19/5 | 16/91 | 43/13 | 39/77 | 19/5 | 76 |
| 181 | حمیدیه(خوزستان) | 31/48 | 175 | 29/73 | 1/077 | 0/678 | 114 | 40 | 84/04 | 36 | 29/59 | 130/24 | 74/6 | 35/5 | 82 |
| 182 | حنا(استان یزد) | 31/2 | 7700 | 22/48 | 0/814 | 0/513 | 88/5 | 33/5 | 58/72 | 23 | 19/17 | 51/1 | 41/36 | 5 | 80 |
| 183 | خاتمی‌اصفهان | 32/67 | 5250 | 24/66 | 0/893 | 0/563 | 98/5 | 38 | 61 | 14 | 11/48 | 37/88 | 36/24 | 12/5 | 80 |
| 184 | خارک | 29/27 | 10 | 29/91 | 1/084 | 0/682 | 105 | 18 | 85/04 | 49 | 44/75 | 151/61 | 79/24 | 46 | 76/5 |
| 185 | خاش | 28/2 | 4620 | 25/25 | 0/915 | 0/576 | 101/5 | 32 | 68/12 | 23 | 19/51 | 69/29 | 52/31 | 21 | 70 |
| 186 | خدابنده(قیدار) | 35/96 | 6725 | 23/32 | 0/845 | 0/532 | 89 | 34 | 59/52 | 23/5 | 19/54 | 50/99 | 42/25 | 8/5 | 73/5 |
| 187 | خرامه(فارس) | 29/5 | 5350 | 24/57 | 0/89 | 0/561 | 97/5 | 38 | 73/71 | 43 | 35/24 | 115/2 | 65/47 | 23 | 60 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 188 | خرم‌آباد | 33/53 | 3850 | 25/89 | 0/938 | 0/591 | 102/5 | 38 | 65/47 | 17/5 | 14/91 | 51/44 | 45/17 | 20/5 | 23 |
| 189 | خرمدره | 36/2 | 5150 | 24/75 | 0/897 | 0/565 | 89/5 | 35 | 67/19 | 41 | 33/93 | 85/4 | 57/4 | 5 | 30 |
| 190 | خرمشهر | 30/43 | 10 | 29/91 | 1/084 | 0/682 | 109/5 | 24 | 78/08 | 28 | 24/85 | 94/82 | 65/66 | 40/5 | 84 |
| 191 | خلخال | 37/62 | 5740 | 24/21 | 0/877 | 0/562 | 84 | 23 | 68/71 | 50 | 42/68 | 101/89 | 61/63 | −7/5 | 88 |
| 192 | خلخال-فیروزآباد | 37/58 | 3575 | 26/25 | 0/951 | 0/599 | 94 | 32 | 67/67 | 36 | 25/76 | 72/33 | 54/52 | −3 | 57/5 |
| 193 | خلیل‌آباد(خراسان) | 35/2 | 3500 | 26/32 | 0/954 | 0/601 | 101/5 | 23/5 | 68 | 21 | 18/61 | 63/33 | 51/04 | 24 | 74 |
| 194 | خامک(سیستان) | 30/9 | 1600 | 28/23 | 1/023 | 0/644 | 109 | 26 | 70/79 | 17 | 14/93 | 59/02 | 51/06 | 25 | 76 |
| 195 | خمین | 33/63 | 5950 | 24/02 | 0/87 | 0/548 | 93 | 31/5 | 60/72 | 20 | 16/91 | 48/52 | 41/74 | 12/5 | 80 |
| 196 | خمینی‌شهر(اصفهان) | 32/68 | 5230 | 24/68 | 0/894 | 0/563 | 95/5 | 29 | 61/28 | 17 | 14/59 | 43/96 | 39/95 | 17/5 | 77 |
| 197 | خواف(رود) خراسان | 34/6 | 3180 | 26/63 | 0/965 | 0/608 | 97 | 26 | 68/08 | 25 | 21/82 | 64/07 | 51/67 | 12 | 81 |
| 198 | خوانسار | 33/22 | 7380 | 22/75 | 0/824 | 0/519 | 88/5 | 25 | 58/72 | 22 | 19/21 | 50/59 | 41/41 | 9/5 | 77 |
| 199 | خوارسگان | 32/6 | 5170 | 24/73 | 0/896 | 0/564 | 97 | 27 | 62/28 | 17 | 14/76 | 46/48 | 41/41 | 19/5 | 74 |
| 200 | خوی | 38/55 | 3750 | 25/96 | 0/941 | 0/592 | 91/5 | 28 | 67/79 | 41 | 31/34 | 79/96 | 56/93 | 9/5 | 86 |
| 201 | داراب | 28/77 | 3740 | 26/09 | 0/945 | 0/595 | 107/5 | 33 | 68/08 | 16 | 13/56 | 55/45 | 47/32 | 30 | 70 |
| 202 | داران(اصفهان) | 33 | 7840 | 22/36 | 0/81 | 0/51 | 86 | 30/5 | 57/68 | 24 | 20/3 | 50/25 | 40/8 | −0/5 | 80 |
| 203 | دامغان | 36/15 | 3840 | 25/99 | 0/942 | 0/593 | 96 | 26 | 71/91 | 38 | 33/15 | 97/47 | 62/41 | 18 | 72 |
| 204 | دامنه‌فریدن(اصفهان) | 33 | 7540 | 22/61 | 0/819 | 0/516 | 86 | 30/5 | 57/72 | 24 | 20/3 | 49/67 | 40/8 | −0/5 | 80 |
| 205 | دانشگاه‌صنعتی اصفهان | 32/83 | 5350 | 24/57 | 0/89 | 0/561 | 97 | 28 | 63/24 | 19 | 16/41 | 52/09 | 44/13 | 19 | 82 |
| 206 | دانشگاه‌علم‌وصنعت | 35/75 | 4430 | 25/43 | 0/921 | 0/58 | 99/5 | 25/5 | 74/87 | 39 | 34/18 | 114/68 | 66/34 | 25/5 | 79 |
| 207 | داورزن(خراسان) | 36/35 | 3120 | 26/69 | 0/967 | 0/609 | 95 | 26 | 65/79 | 25 | 21/8 | 60/01 | 49/99 | 19 | 79 |
| 208 | درگز(خراسان) | 37/47 | 1280 | 28/56 | 1/035 | 0/652 | 97/5 | 27 | 80 | 55 | 47/77 | 134/94 | 74/43 | 15/5 | 78/5 |
| 209 | درگزین(همدان) | 35/35 | 6130 | 22/86 | 0/864 | 0/544 | 92/5 | 31 | 63/32 | 26 | 22/03 | 62/88 | 48/23 | 2 | 75 |
| 210 | درود | 33/48 | 4800 | 25/08 | 0/909 | 0/572 | 92 | 36/5 | 61/32 | 22 | 18/09 | 48/19 | 42/68 | 0/5 | 83/5 |
| 211 | درودزن(فارس) | 30/2 | 1800 | 28/02 | 1/015 | 0/639 | 95 | 37 | 73/71 | 46 | 37/32 | 100/09 | 65/31 | 22/5 | 79 |
| 212 | دره‌تخت‌ازنا | 33/26 | 6560 | 23/47 | 0/85 | 0/536 | 89/5 | 36 | 60/04 | 24 | 19/75 | 52/03 | 42/93 | −3 | 85 |
| 213 | دزاشیب(تهران) | 35/8 | 5020 | 24/87 | 0/901 | 0/568 | 96 | 24/5 | 74/23 | 44 | 38/69 | 119/46 | 66/85 | 18/5 | 85 |
| 214 | دزفول | 32/4 | 470 | 29/42 | 1/066 | 0/671 | 115/5 | 37/5 | 73/91 | 19 | 14/67 | 64/29 | 54/47 | 33/5 | 91 |
| 215 | دستگرد(شاهرود) | 36/1 | 3330 | 26/49 | 0/96 | 0/604 | 104 | 32/5 | 80/51 | 45 | 38/14 | 141/34 | 73/52 | 17 | 80 |
| 216 | دشت‌آزدگان | 31/55 | 426 | 29/46 | 0/067 | 0/672 | 109/5 | 36 | 78/59 | 31 | 35/91 | 100/47 | 66/86 | 28/5 | 89 |
| 217 | دشتستان | 29/27 | 213 | 29/69 | 0/076 | 0/677 | 113 | 34 | 80/71 | 30 | 25/39 | 108/21 | 69/2 | 40 | 74 |
| 218 | دشت‌مرغاب | 30/28 | 6100 | 23/88 | 0/863 | 0/545 | 93/5 | 42 | 58/72 | 16 | 12/79 | 37/38 | 35/13 | 7/5 | 74 |
| 219 | دلیجان | 34 | 5020 | 24/87 | 0/901 | 0/568 | 99/5 | 34 | 70 | 30 | 25/15 | 85/7 | 57/63 | 11/5 | 65 |
| 220 | دماوند | 35/68 | 6430 | 23/59 | 0/855 | 0/538 | 88 | 30/5 | 59 | 23 | 19/48 | 48/59 | 41/37 | 4/5 | 81 |
| 221 | دودهک(استان مرکزی) | 34/05 | 4590 | 25/28 | 0/916 | 0/577 | 99/5 | 34 | 70/12 | 30 | 25/15 | 84/3 | 57/63 | 11/5 | 65 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک $DB^{\circ}F$ | تغییرات روزانه $DR^{\circ}F$ | دمای مرطوب $WB^{\circ}F$ | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم $DP^{\circ}F$ | دمای خشک $DB^{\circ}F$ | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 222 | دورود | 33/48 | 4760 | 25/12 | 0/91 | 0/573 | 92 | 36/5 | 61/72 | 22 | 12/7 | 40/56 | 38/39 | 0/5 | 83/5 |
| 223 | دوشان‌تپه(تهران) | 35/7 | 4040 | 25/8 | 0/935 | 0/589 | 98/5 | 21 | 69/08 | 27 | 24/21 | 77/03 | 55/74 | 25/5 | 76/5 |
| 224 | دوگنبدان(گچساران) | 30/43 | 2360 | 27/45 | 0/998 | 0/626 | 108/5 | 32/5 | 68/04 | 14 | 11/9 | 47/54 | 44/66 | 31/5 | 87/5 |
| 225 | دولت‌آباد(اصفهان) | 32/7 | 5250 | 4/66 | 0/893 | 0/563 | 98/5 | 38 | 61 | 14 | 11/48 | 37/88 | 36/24 | 12/5 | 80 |
| 226 | دهاقان(اصفهان) | 31/93 | 7050 | 23/04 | 0/835 | 0/526 | 91/5 | 37/5 | 61/04 | 24 | 19/62 | 56/12 | 44/37 | 7/5 | 80 |
| 227 | ده‌صومعه(کرج) | 35/95 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 94 | 42 | 63/99 | 26 | 20/79 | 59/34 | 47/92 | 12 | 76 |
| 228 | دیر(بوشهر) | 27/83 | 40 | 29/87 | 1/082 | 0/682 | 110/5 | 29/5 | 93/12 | 61 | 52/71 | 212/7 | 89/35 | 42 | 70/5 |
| 229 | دیواندره | 35/92 | 6050 | --- | --- | --- | 90/5 | 30 | --- | 27 | --- | --- | --- | 3 | 73 |
| 230 | رابر(استان کرمان) | 29/53 | 7400 | 22/73 | 0/824 | 0/519 | 91/5 | 25 | 63/35 | 29 | 25/37 | 73/82 | 51/16 | 17 | 73 |
| 231 | رامسر | 36/9 | −69 | 29/99 | 1/087 | 0/684 | 85 | 14 | 76 | 72 | 66/69 | 121/09 | 72/74 | 30/5 | 92 |
| 232 | رامشیر(خوزستان) | 30/9 | 75 | 29/83 | 1/081 | 0/681 | 115 | 37/5 | 79/12 | 25 | 20/82 | 93/16 | 65/09 | 32 | 87 |
| 233 | رامهرمز | 31/27 | 525 | 29/35 | 1/064 | 0/67 | 114 | 34 | 82/91 | 33 | 27/95 | 124/4 | 72/88 | 37/5 | 83 |
| 234 | رزن(همدان) | 35/38 | 6130 | 23/86 | 0/864 | 0/544 | 92/5 | 31 | 63/32 | 26 | 22/03 | 62/88 | 48/23 | 2 | 75 |
| 235 | رشت | 37/27 | −12 | 29/95 | 1/085 | 0/683 | 89/5 | 16/5 | 78/31 | 67 | 61/31 | 128/89 | 74/5 | 28 | 92 |
| 236 | رضائیه(ارومیه) | 37/53 | 4400 | 25/45 | 0/922 | 0/581 | 87/5 | 27/5 | 65 | 37 | 31/86 | 73 | 53/93 | 8 | 85/5 |
| 237 | رفسنجان | 30/42 | 4950 | 24/94 | 0/903 | 0/569 | 98/5 | 34 | 70/91 | 33/5 | 28/06 | 92/68 | 59/85 | 21 | 72 |
| 238 | رود(خواف)ـ خراسان | 34/6 | 3180 | 26/63 | 0/965 | 0/608 | 97 | 26 | 67/08 | 25 | 21/82 | 64/07 | 51/67 | 12 | 81 |
| 239 | رودبار | 36/85 | 820 | 29/04 | 1/052 | 0/663 | 92/5 | 23 | 76/63 | 56 | 49/55 | 117/59 | 70/94 | 31 | 76 |
| 240 | رودسر(گیلان) | 37/13 | −62 | 29/98 | 1/086 | 0/684 | 89/5 | 19 | 78/04 | 67 | 60/49 | 126/87 | 74/09 | 28/5 | 86 |
| 241 | ری | 35/58 | 3475 | 26/34 | 0/955 | 0/601 | 100/5 | 31/5 | 68/12 | 23/5 | 19/97 | 65/92 | 52/13 | 21/5 | 84 |
| 242 | رینه(دماوند) | 35/9 | 6400 | 23/61 | 0/856 | 0/539 | 82/5 | 31 | 73 | 78/5 | 66/06 | 141/19 | 70/08 | 8 | 71/5 |
| 243 | زابل | 31 | 1560 | 28/27 | 1/024 | 0/645 | 109/5 | 26 | 71/12 | 17 | 14/94 | 59/82 | 51/45 | 25 | 76 |
| 244 | زاهدان | 29/5 | 4430 | 25/36 | 0/919 | 0/579 | 99/5 | 30 | 63 | 12 | 12/74 | 42/82 | 39/98 | 19/5 | 70 |
| 245 | زردگل سرخ‌آباد(پل سفید) | 36/12 | 985 | 28/87 | 0/046 | 0/659 | 91/5 | 37 | 77/47 | 66 | 54/11 | 125/46 | 72/63 | 10 | 45 |
| 246 | زرقان(فارس) | 29/78 | 5230 | 24/68 | 0/894 | 0/563 | 98 | 33 | 62/04 | 16 | 13/47 | 43/79 | 39/85 | 24 | 80 |
| 247 | زرند کرمان | 30/8 | 5430 | 24/49 | 0/887 | 0/559 | 98 | 28/5 | 62/72 | 17 | 14/65 | 48/05 | 42 | 16/5 | 69 |
| 248 | زرین شهر | 32/38 | 5575 | 24/36 | 0/883 | 0/556 | 95 | 28 | 64/83 | 25 | 21/57 | 65/14 | 49/71 | 20 | 80 |
| 249 | زنجان | 36/67 | 5410 | 24/51 | 0/888 | 0/559 | 91/5 | 20/5 | 63/72 | 28 | 23/78 | 64/04 | 49/43 | 2 | 80 |
| 250 | ساری | 36/57 | 131 | 29/77 | 1/079 | 0/679 | 92/5 | 22/5 | 79/04 | 63 | 55/89 | 129/73 | 74/53 | 26/5 | 92 |
| 251 | ساوه | 35 | 3260 | 26/56 | 0/962 | 0/606 | 102/5 | 27 | 75 | 34 | 29/63 | 103/83 | 64/79 | 24 | 66 |
| 252 | سبزوار | 36/2 | 3150 | 26/66 | 0/966 | 0/608 | 100/5 | 26 | 66/27 | 19 | 16/62 | 54/04 | 47/22 | 18/5 | 79 |
| 253 | سبزواران(جیرفت) | 28/67 | 2250 | 27/56 | 0/999 | 0/629 | 109 | 32 | 75/39 | 26 | 22/16 | 90/34 | 61/97 | 36 | 48 |
| 254 | سپیدان(اردکان‌ـ فارس) | 30/3 | 7250 | 22/86 | 0/828 | 0/522 | 88 | 28 | 67/59 | 45 | 38/65 | 100/81 | 59/72 | 13 | 67 |
| 255 | سپیددشت(لرستان) | 33/2 | 3600 | 26/22 | 0/95 | 0/598 | 103/5 | 33/5 | 70/71 | 25 | 21/07 | 76/59 | 56/04 | 22 | 77 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 256 | سدداریوش(فارس) | 30/2 | 1800 | 28/02 | 1/015 | 0/639 | 95 | 37 | 73/71 | 46 | 37/82 | 100/09 | 65/31 | 22/5 | 79 |
| 257 | سراسکند(هشترود) | 37/46 | 5450 | 24/47 | 0/887 | 0/558 | 96 | 29 | 74/91 | 47 | 40/36 | 126/84 | 68/08 | 9/5 | 83 |
| 258 | سراب | 37/95 | 5510 | 24/42 | 0/885 | 0/557 | 87 | 35 | 63/99 | 37/5 | 30/97 | 72/81 | 52/73 | 2 | 70/5 |
| 259 | سرایان(خراسان) | 33/85 | 4000 | 25/84 | 0/936 | 0/59 | 100 | 30 | 66/71 | 21/5 | 18/41 | 60/97 | 49/54 | 17 | 80 |
| 260 | سربند(شازند) | 33/93 | 6300 | 23/7 | 0/859 | 0/541 | 90/5 | 43 | 57/72 | 19 | 14/27 | 38/29 | 35/53 | 2 | 87 |
| 261 | سرپل ذهاب | 34/45 | 1800 | 28/02 | 1/015 | 0/639 | 107/5 | 46 | 79/67 | 39 | 30/93 | 119/49 | 70/35 | 25/5 | 74 |
| 262 | سرچشمه کرمان | 29/95 | 8300 | 21/97 | 0/796 | 0/501 | 84 | 21 | 55/72 | 22 | 19/59 | 46/25 | 38/29 | 12 | 71 |
| 263 | سرخس | 36/53 | 900 | 28/96 | 1/049 | 0/661 | 102/5 | 35 | 72/27 | 28 | 23/4 | 74/75 | 58/12 | 14 | 86/5 |
| 264 | سردشت(آذربایجان غربی) | 36/15 | 4950 | 24/94 | 0/903 | 0/569 | 91/5 | 33 | 65/79 | 33 | 27/65 | 73/34 | 53/49 | 5 | 80 |
| 265 | سروستان(فارس) | 29/27 | 5050 | 24/84 | 0/9 | 0/567 | 97/5 | 38 | 73/71 | 43 | 35/24 | 113/88 | 65/47 | 23 | 60 |
| 266 | سعدآباد(تهران) | 35/8 | 5570 | 24/36 | 0/883 | 0/556 | 91 | 22/5 | 63/48 | 27 | 23/93 | 63/84 | 49/19 | 15 | 74 |
| 267 | سفیددشت(لرستان) | 33/2 | 3600 | 26/22 | 0/95 | 0/598 | 103/5 | 33/5 | 70/71 | 25 | 21/07 | 76/59 | 56/04 | 22 | 77 |
| 268 | سقز | 36/23 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 94 | 36 | 65/23 | 28 | 23/13 | 66/1 | 50/76 | 0/5 | 80 |
| 269 | سلطانیه | 36/4 | 5840 | 24/12 | 0/874 | 0/55 | 90 | 32 | 62/12 | 27 | 22/72 | 59/27 | 49/98 | 6 | 71 |
| 270 | سلماس | 38/18 | 4560 | 25/3 | 0/917 | 0/577 | 88 | 30/5 | 67/59 | 44 | 37/28 | 87/59 | 58/71 | 6/5 | 74 |
| 271 | سلمان(لاوان) | 25/53 | 82 | 29/83 | 1/081 | 0/681 | 99/5 | 9 | 89/08 | 70 | 66/83 | 194/55 | 86/61 | 58/5 | 70 |
| 272 | سمنان | 35/33 | 3730 | 26/12 | 0/946 | 0/596 | 101 | 20 | 80/27 | 22/5 | 22/05 | 76/98 | 56/07 | 24 | 70/5 |
| 273 | سمیرم | 31/4 | 8070 | 22/16 | 0/803 | 0/506 | 87 | 29 | 59/12 | 26 | 22/19 | 57/3 | 43/9 | 10/5 | 83 |
| 274 | سنقر | 34/78 | 5575 | 24/36 | 0/883 | 0/556 | 96 | 39 | 61/72 | 19 | 15/47 | 47/98 | 41/82 | 3 | 83 |
| 275 | سنگ سوراخ(خراسان) | 37/63 | 5580 | 24/36 | 0/882 | 0/556 | 93 | 24 | 63/79 | 25 | 22/01 | 62/47 | 48/61 | 12/5 | 78 |
| 276 | سنندج | 35/32 | 4500 | 25/03 | 0/907 | 0/571 | 98/5 | 36/5 | 63/72 | 20 | 15/5 | 50/52 | 42/83 | 8/5 | 82/5 |
| 277 | سوادکوه(پل سفید) | 36/12 | 1935 | 27/88 | 1/01 | 0/636 | 91/5 | 37 | 77/31 | 66 | 54/11 | 130/02 | 72/63 | 10 | 45 |
| 278 | سوباشی(همدان) | 35/2 | 6700 | 23/35 | 0/846 | 0/533 | 87 | 32 | 62/4 | 33/5 | 28/13 | 69/11 | 50/13 | 2 | 70 |
| 279 | سوسنگرد | 31/55 | 33 | 29/88 | 1/083 | 0/682 | 109/5 | 36 | 78/71 | 31 | 25/91 | 99/02 | 66/86 | 28/5 | 89 |
| 280 | سیرجان | 29/45 | 5690 | 24/25 | 0/879 | 0/553 | 98/5 | 29 | 63/95 | 19 | 16/34 | 55/01 | 45/2 | 17 | 67 |
| 281 | سیری(جزیره) | 25/88 | 56 | 29/86 | 1/082 | 0/681 | 99 | 11 | 90 | 75 | 70/86 | 203/04 | 87/98 | 55 | 76 |
| 282 | شازند(استان مرکزی) | 33/93 | 6300 | 23/7 | 0/859 | 0/541 | 90/5 | 43 | 57/72 | 18 | 14/27 | 38/29 | 35/53 | 2 | 87 |
| 283 | شاه‌آباد غرب (اسلام‌آباد) | 34/1 | 4600 | 25/27 | 0/915 | 0/576 | 96 | 36 | 62/72 | 19/5 | 16/13 | 48/25 | 42/9 | 17 | 88/5 |
| 284 | شاه‌پسند(آزادشهر) | 37/08 | 423 | 29/46 | 1/067 | 0/672 | 96 | 25/5 | 79/04 | 55 | 48/11 | 125/58 | 73/27 | 27/5 | 83/5 |
| 285 | شاهپور(سلماس) | 38/18 | 4430 | 25/43 | 0/921 | 0/58 | 88 | 30/5 | 67/63 | 44 | 37/28 | 87/16 | 58/71 | 6/5 | 74 |
| 286 | شاهرود | 36/4 | 4530 | 26/33 | 0/918 | 0/578 | 95 | 25 | 66/51 | 27/5 | 24/1 | 70/09 | 52/71 | 16/5 | 80 |
| 287 | شاهین‌شهر | 32/83 | 5360 | 24/57 | 0/89 | 0/561 | 97 | 28 | 63/24 | 19 | 16/41 | 52/09 | 44/13 | 19 | 82 |
| 288 | شبستر | 38/18 | 4600 | 25/27 | 0/915 | 0/576 | 88/5 | 24/5 | 72/59 | 56 | 49/04 | 118/06 | 66/98 | 12 | 87 |
| 289 | شرفخانه(آذربایجان شرقی) | 38/18 | 4270 | 25/68 | 0/927 | 0/584 | 88/5 | 24/5 | 72/63 | 56 | 49/04 | 116/58 | 66/98 | 12 | 87 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 290 | شلمزار(چهارمحال) | 32/1 | 6200 | 23/79 | 0/862 | 0/543 | 97 | 36 | 64/91 | 24 | 19/87 | 65/32 | 49/16 | 13 | 77 |
| 291 | شوشتر | 32/05 | 141 | 29/76 | 1/078 | 0/679 | 114/5 | 32 | 75/23 | 18/5 | 15/82 | 69/61 | 56/94 | 36 | 86 |
| 292 | شهرری | 35/58 | 3476 | 26/34 | 0/955 | 0/601 | 100/5 | 31/5 | 68/12 | 23/5 | 19/97 | 65/92 | 52/13 | 21/5 | 84 |
| 293 | شهرضا(قمشه) | 32 | 5983 | 23/99 | 0/869 | 0/547 | 94 | 33/5 | 62/72 | 23 | 19/25 | 57/16 | 45/9 | 21 | 79 |
| 294 | شهرکرد | 32/32 | 6750 | 22/3 | 0/844 | 0/532 | 92 | 35 | 65/23 | 18/5 | 22/69 | 72/62 | 51/39 | 6/5 | 81 |
| 295 | شهریار(مهرانشهر) | 35/06 | 4360 | 25/49 | 0/924 | 0/582 | 97 | 26/5 | 68/51 | 29 | 25/25 | 77/68 | 55/64 | 20 | 74 |
| 296 | شیراز | 29/6 | 4900 | 24/84 | 0/9 | 0/567 | 100/5 | 31 | 60/72 | 16 | 10/11 | 34/09 | 33/86 | 26 | 78 |
| 297 | شیرگاه(مازندران) | 36/28 | 985 | 28/87 | 1/046 | 0/659 | 87 | 33 | 75/08 | 70 | 58/45 | 117/43 | 70/73 | 25 | 85 |
| 298 | شیروان | 37/45 | 3800 | 26/03 | 0/943 | 0/594 | 94 | 35/5 | 65/83 | 28/5 | 23/6 | 64/69 | 51/31 | 2/5 | 74 |
| 299 | شیروان بروجرد | 33/76 | 4565 | 25/3 | 0/917 | 0/577 | 96 | 40/5 | 67/91 | 31/5 | 25/44 | 76/48 | 55/01 | 12/5 | 79 |
| 300 | صحنه(باختران) | 34/46 | 4430 | 25/43 | 0/921 | 0/58 | 95 | 39/5 | 70/71 | 40 | 32/45 | 94/52 | 60/94 | 24/5 | 71 |
| 301 | صومعه‌سرا(گیلان) | 38/28 | −13 | 29/93 | 1/084 | 0/683 | 91/5 | 23 | 79/91 | 69 | 61/02 | 136/8 | 76/24 | 30 | 84 |
| 302 | طالش(هشت‌پر) | 37/8 | 325 | 29/57 | 1/071 | 0/675 | 87 | 17/5 | 63/84 | 30 | 27/28 | 52/73 | 49/31 | 29 | 86 |
| 303 | طبس | 33/6 | 2165 | 27/65 | 1/022 | 0/631 | 112 | 25/5 | 74/27 | 20 | 17/64 | 77/94 | 57/98 | 28 | 74 |
| 304 | طرقبه(خراسان) | 36/27 | 3180 | 26/63 | 0/965 | 0/608 | 95 | 32 | 64/91 | 24 | 20/27 | 55/87 | 48/06 | 6 | 89 |
| 305 | طوس | 36/48 | 3410 | 26/41 | 0/957 | 0/603 | 97/5 | 39/5 | 72/83 | 40 | 32/52 | 98/53 | 63/17 | 11 | 63 |
| 306 | عجب‌شیر(آذربایجان شرقی) | 37/47 | 4260 | 25/59 | 0/927 | 0/584 | 90/5 | 28/5 | 76/91 | 65/5 | 56/2 | 143/03 | 72/83 | 22/5 | 82/5 |
| 307 | علمدار(آذربایجان شرقی) | 38/85 | 2300 | 27/51 | 0/997 | 0/628 | 99/5 | 23/5 | 73/31 | 34 | 30/11 | 92/91 | 62/7 | 14/5 | 86 |
| 308 | علم و صنعت | 35/75 | 4430 | 25/43 | 0/921 | 0/58 | 99/5 | 25/5 | 74/87 | 29 | 34/18 | 114/68 | 66/34 | 25/5 | 79 |
| 309 | علی‌آباد(مازندران) | 36/9 | 460 | 29/42 | 1/066 | 0/671 | 96 | 18/5 | 78/31 | 51 | 46/29 | 120/86 | 72/12 | 31 | 75/5 |
| 310 | علیشاه عوض(شهریار) | 25/06 | 4360 | 25/49 | 0/924 | 0/582 | 97 | 26/5 | 68/51 | 29 | 25/25 | 77/68 | 55/64 | 20 | 74 |
| 311 | فارسان | 32/26 | 6690 | 23/36 | 0/846 | 0/533 | 95 | 37/5 | 65/23 | 28 | 22/96 | 72/44 | 51/39 | 6/5 | 75 |
| 312 | فامنین(همدان) | 35/1 | 6000 | 23/97 | 0/869 | 0/547 | 94 | 38/5 | 61/12 | 20 | 16/3 | 48/32 | 41/59 | −1/5 | 85 |
| 313 | فردوس | 34 | 4050 | 25/79 | 0/934 | 0/588 | 100 | 30 | 66/71 | 21/5 | 18/41 | 61/08 | 49/54 | 17 | 80 |
| 314 | فرمهین(استان مرکزی) | 34/51 | 5870 | 24/09 | 0/973 | 0/55 | 90/5 | 26/5 | 64/07 | 30 | 26/02 | 69/18 | 51 | 15 | 67 |
| 315 | فریدن(اصفهان) | 32/9 | 7500 | 22/65 | 0/821 | 0/517 | 86 | 30/5 | 57/72 | 24 | 20/3 | 49/59 | 40/8 | −5 | 80 |
| 316 | فریمان | 35/73 | 4590 | 25/28 | 0/916 | 0/577 | 87 | 28 | 59/72 | 25 | 21/46 | 48/47 | 43/03 | 9 | 82 |
| 317 | فسا | 28/97 | 4335 | 25/33 | 0/918 | 0/578 | 103 | 28/5 | 66 | 17 | 14/7 | 54/23 | 45/96 | 29 | 77 |
| 318 | فلاورجان(اصفهان) | 32/55 | 5345 | 24/57 | 0/89 | 0/561 | 96 | 28 | 62/64 | 21 | 18/13 | 55/85 | 45/93 | 19/5 | 77 |
| 319 | فومن | 37/2 | −10 | 29/93 | 1/084 | 0/683 | 91/5 | 23 | 79/91 | 69 | 61/02 | 136/81 | 76/24 | 30 | 84 |
| 320 | فیروزآباد خلخال | 37/58 | 3575 | 26/25 | 0/951 | 0/599 | 94 | 32 | 67/67 | 36 | 25/76 | 72/23 | 54/52 | −3 | 57/5 |
| 321 | فیروزآباد فارس | 28/87 | 4270 | 25/58 | 0/927 | 0/584 | 100/5 | 27/5 | 71/87 | 31 | 26/9 | 91/99 | 60/36 | 27 | 82 |
| 322 | فیروزکوه | 35/75 | 6300 | 23/7 | 0/859 | 0/541 | 90/5 | 15/5 | 67/71 | 37 | 34/05 | 92/51 | 58/38 | −7/5 | 63 |
| 323 | قائم‌شهر | 36/47 | 131 | 29/77 | 1/079 | 0/679 | 90/5 | 19 | 78 | 64 | 57/81 | 125/95 | 73/67 | 28 | 89/5 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 324 | قائن | 33/73 | 4720 | 25/15 | 0/911 | 0/574 | 94 | 31 | 72/51 | 45 | 38/18 | 109/38 | 64/7 | 12 | 58 |
| 325 | قدمگاه(خراسان) | 36/1 | 4400 | 25/45 | 0/922 | 0/581 | 96 | 32 | 64/71 | 23 | 19/43 | 57/83 | 47/76 | 11 | 84 |
| 326 | قروه(کردستان) | 35/17 | 6230 | 23/77 | 0/861 | 0/542 | 96 | 39 | 61/72 | 19 | 15/47 | 49/19 | 41/82 | 3 | 83 |
| 327 | قزوین | 36/27 | 4230 | 25/62 | 0/928 | 0/585 | 95/5 | 28/5 | 66/83 | 23/5 | 22/58 | 67/95 | 52/18 | 13 | 83 |
| 328 | قزوین(نیروگاه) | 36/27 | 4230 | 25/62 | 0/928 | 0/585 | 105/8 | 34 | 80/12 | 41/6 | 35/03 | 141/54 | 72/56 | −2/2 | 65 |
| 329 | قشم | 26/95 | 100 | 29/81 | 1/08 | 0/68 | 106/5 | 17/5 | 88/04 | 56 | 49/74 | 175/02 | 83/41 | 56/5 | 72/5 |
| 330 | قصرشیرین | 34/5 | 985 | 28/87 | 1/046 | 0/659 | 109/5 | 37/5 | 77/31 | 29 | 24/05 | 95/08 | 64/72 | 30 | 78 |
| 331 | قطب‌آباد(فارس) | 28/6 | 3200 | 26/61 | 0/964 | 0/607 | 105/5 | 35/5 | 70/43 | 22 | 18/38 | 69/72 | 53/91 | 28 | 86 |
| 332 | قم | 34/63 | 3045 | 26/77 | 0/97 | 0/611 | 104 | 32 | 68/91 | 20/5 | 17/42 | 62/67 | 51/25 | 24 | 69 |
| 333 | قمشه(شهرضا) | 32 | 5985 | 23/99 | 0/869 | 0/547 | 94 | 33/5 | 62/72 | 23 | 19/25 | 57/16 | 45/9 | 21 | 79 |
| 334 | قمصر(کاشان) | 33/7 | 3100 | 26/71 | 0/968 | 0/61 | 106/5 | 30 | 71/12 | 21/5 | 18/48 | 71/98 | 54/87 | 24/5 | 78 |
| 335 | قوچان | 37/1 | 3990 | 25/85 | 0/936 | 0/59 | 92/5 | 30/5 | 66/12 | 31 | 26/34 | 69/49 | 53/02 | 4 | 83/5 |
| 336 | قیدار(خدابنده) | 35/96 | 6725 | 23/32 | 0/845 | 0/532 | 89 | 34 | 59/52 | 23/5 | 19/54 | 50/99 | 42/25 | 8/5 | 73/5 |
| 337 | قیر-کازرین | 28/47 | 2590 | 27/22 | 0/986 | 0/621 | 109/5 | 25/5 | 80/39 | 34 | 29/96 | 126/45 | 71/12 | 37/5 | 82 |
| 338 | کازرون | 29/6 | 2410 | 27/4 | 0/993 | 0/625 | 109/5 | 36/5 | 87/19 | 51 | 42/52 | 180/45 | 81/71 | 31/5 | 77 |
| 339 | کاشان | 34 | 3120 | 26/69 | 0/967 | 0/609 | 106 | 29/5 | 71/12 | 18/5 | 18/48 | 72/04 | 54/87 | 24 | 75 |
| 340 | کاشمر | 35/18 | 3450 | 26/37 | 0/955 | 0/602 | 101/5 | 23/5 | 68 | 21 | 18/61 | 63/21 | 51/04 | 24 | 74 |
| 341 | کبودرآهنگ(همدان) | 35/2 | 6000 | 22/97 | 0/869 | 0/547 | 94 | 38/5 | 61/12 | 20 | 16/3 | 48/32 | 41/59 | −1/5 | 85 |
| 342 | کرج | 35/8 | 4460 | 25/4 | 0/92 | 0/58 | 96 | 30 | 63/99 | 24/5 | 20/47 | 57/4 | 47/51 | 17 | 80/5 |
| 343 | کرج(ده صومعه) | 35/95 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 94 | 42 | 63/99 | 26 | 20/79 | 59/34 | 47/92 | 12 | 76 |
| 344 | کردکوی(مازندان) | 36/8 | 72 | 29/84 | 1/081 | 0/681 | 92/5 | 15 | 80/04 | 63/5 | 58/64 | 126 | 75/98 | 29 | 91 |
| 345 | کرمان | 30/28 | 5740 | 24/21 | 0/877 | 0/552 | 97/5 | 32 | 59/72 | 15 | 11/41 | 36/64 | 34/98 | 11/5 | 73 |
| 346 | کرمانشاه(باختران) | 34/32 | 4335 | 25/52 | 0/924 | 0/582 | 97/5 | 39 | 62/12 | 16/5 | 12/45 | 41/63 | 39/43 | 14 | 86 |
| 347 | کرند(باختران) | 34/3 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 96 | 23/5 | 60/32 | 14 | 12/37 | 37/37 | 36/21 | 22 | 85 |
| 348 | کلاله(مازندران) | 37/37 | 515 | 29/36 | 1/064 | 0/67 | 99/5 | 26/5 | 83/59 | 60 | 52/31 | 153/29 | 79/01 | 20 | 85 |
| 349 | کلیبر(آذربایجان شرقی) | 38/8 | 3800 | 26/03 | 0/943 | 0/594 | 88 | 33 | 67/91 | 45 | 37/6 | 85/86 | 58/95 | 7/5 | 77 |
| 350 | کلیشاد(اصفهان) | 32/5 | 5300 | 24/61 | 0/892 | 0/562 | 95 | 28 | 63/04 | 21 | 18/11 | 54/02 | 45/11 | 19/5 | 77 |
| 351 | کنگاور | 34/5 | 4920 | 24/97 | 0/905 | 0/57 | 95 | 39/5 | 70/59 | 40 | 32/45 | 96/3 | 60/94 | 24/5 | 71/5 |
| 352 | کنگان | 27/83 | 65 | 29/85 | 1/081 | 0/681 | 110/5 | 29/5 | 93/12 | 61 | 52/71 | 212/9 | 89/35 | 42 | 70/5 |
| 353 | کوار(استان فارس) | 29/18 | 4950 | 24/94 | 0/903 | 0/569 | 98/5 | 30 | 65/19 | 21 | 17/96 | 58/88 | 47/69 | 26/5 | 77 |
| 354 | کوهدشت(لرستان) | 23/53 | 3970 | --- | --- | --- | 104 | --- | --- | 67 | --- | --- | --- | 20 | 83 |
| 355 | کهنوج(استان کرمان) | 27/87 | 2250 | 27/56 | 0/999 | 0/629 | 112 | 27 | 87/31 | 27 | 23/64 | 105/41 | 66/29 | 32 | 7 |
| 356 | کیش | 26/5 | 100 | 29/81 | 1/08 | 0/68 | 102 | 15 | 8/19 | 56/5 | 50/95 | 158/7 | 80/49 | 53 | 79 |
| 357 | کتوند(خوزستان) | 32/2 | 490 | 29/39 | 1/065 | 0/671 | 117/5 | 42 | 81/19 | 26/5 | 21/63 | 105/7 | 68/24 | 36 | 74 |
| 358 | گچساران | 30/43 | 3455 | 26/37 | 0/956 | 0/602 | 108/5 | 32/5 | 67/51 | 14 | 11/9 | 49/5 | 44/66 | 31/5 | 87/5 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 359 | گراش(فارس) | 27/67 | 3000 | 26/81 | 0/971 | 0/612 | 108/5 | 37 | 79/51 | 36 | 29/92 | 124/48 | 70/22 | 38 | 73 |
| 360 | گرکان(آشتیان) | 34/55 | 5870 | 24/09 | 0/873 | 0/55 | 90/5 | 26/5 | 64/07 | 30 | 26/02 | 69/18 | 51 | 15 | 67 |
| 361 | گرگان | 36/83 | 525 | 29/35 | 1/064 | 0/67 | 95 | 18/5 | 77/47 | 51 | 46/24 | 117/35 | 71/2 | 30/5 | 75 |
| 362 | گرگر(آذربان شرقی) | 38/8 | 2300 | 27/51 | 0/997 | 0/628 | 99/5 | 23/5 | 73/31 | 34 | 30/11 | 92/91 | 62/7 | 14/5 | 86 |
| 363 | گرمسار | 36/55 | 2790 | 27/02 | 0/979 | 0/617 | 102 | 29/5 | 72/91 | 30/5 | 36/22 | 88/7 | 60/9 | 20/5 | 75/5 |
| 364 | گلپایگان | 33/45 | 6000 | 23/97 | 0/869 | 0/547 | 93 | 31/5 | 60/72 | 20 | 16/91 | 48/61 | 41/74 | 12/5 | 80 |
| 365 | گلمکان(خراسان) | 36/47 | 4265 | 25/58 | 0/927 | 0/584 | 91/5 | 26 | 67/31 | 35 | 30/45 | 78/84 | 56/14 | 14 | 75/5 |
| 366 | گمیشان(گرگان) | 37/08 | −88 | 30/01 | 1/087 | 0/685 | 94/5 | 24 | 79/67 | 60 | 52/86 | 129/47 | 74/71 | 24 | 84 |
| 367 | گوکد(گلپایگان) | 33/45 | 6000 | 23/97 | 0/869 | 0/547 | 93 | 31/5 | 60/72 | 20 | 16/91 | 68/61 | 41/74 | 12/5 | 80 |
| 368 | گناباد | 34/35 | 3610 | 26/21 | 0/95 | 0/598 | 100/5 | 37 | 69/47 | 27 | 22/3 | 74/1 | 55/13 | 15/5 | 80 |
| 369 | گناوه | 29/57 | 6/5 | 29/91 | 1/084 | 0/683 | 100/5 | 15 | 86/12 | 61 | 56/48 | 167/99 | 82/29 | 41/5 | 78 |
| 370 | گنبد | 37/25 | 148 | 29/76 | 1/078 | 0/679 | 99/5 | 24 | 81/23 | 52/5 | 46/37 | 133/51 | 75/35 | 27/5 | 84/5 |
| 371 | گندمان(چهارمحال) | 31/87 | 7050 | 23/04 | 0/835 | 0/526 | 91/5 | 37/5 | 61/04 | 24 | 19/62 | 56/12 | 44/37 | 587 | 80 |
| 372 | گیلان غرب | 34/1 | 2660 | 27/15 | 0/984 | 0/62 | 104 | 32 | 70/12 | 22/5 | 19/12 | 67/99 | 53/78 | 28/5 | 74 |
| 373 | لار | 27/68 | 2620 | 27/19 | 0/985 | 0/62 | 108/5 | 37 | 79/63 | 36 | 29/92 | 122/7 | 70/22 | 38 | 73 |
| 374 | لاریجان(مازندران) | 36 | 6400 | 23/61 | 0/856 | 0/539 | 82/5 | 31 | 73 | 78/5 | 66/06 | 141/19 | 70/08 | 8 | 71/5 |
| 375 | لامرد(هرمزگان) | 27/22 | 1800 | 28/02 | 1/015 | 0/639 | 108/5 | 37 | 79/83 | 36 | 29/92 | 118/97 | 70/22 | 38 | 73 |
| 376 | لاوان | 25/53 | 82 | 29/83 | 1/081 | 0/681 | 99/5 | 9 | 89/08 | 70 | 66/83 | 194/55 | 86/61 | 58/5 | 70 |
| 377 | لاهیجان | 37/2 | 7 | 29/91 | 1/084 | 0/683 | 88/5 | 19 | 78/04 | 63/5 | 60/49 | 127/2 | 74/09 | 31 | 85 |
| 378 | لردگان | 31/5 | 5180 | 24/72 | 0/8960 | 0/564 | 98 | 35 | 64/03 | 20 | 16/66 | 45/19 | 45/31 | 19/5 | 80 |
| 379 | لطف‌آباد(خراسان) | 37/5 | 1600 | 28/23 | 1/023 | 0/644 | 97/5 | 27 | 79/91 | 55 | 47/77 | 136/57 | 74/43 | 15/5 | 78/5 |
| 380 | لوشان | 36/65 | 1800 | 28/02 | 1/015 | 0/639 | 101/5 | 22/5 | 89/43 | 71 | 63/27 | 208/84 | 86/77 | 30 | 51 |
| 381 | لویزان(تهران) | 35/77 | 5280 | 24/63 | 0/892 | 0/562 | 94 | 21 | 66/67 | 27 | 24/16 | 70/07 | 51/94 | 18 | 77 |
| 382 | لنجان | 32/38 | 5575 | 24/36 | 0/883 | 0/556 | 95 | 28 | 64/83 | 25 | 21/57 | 65/14 | 49/71 | 20 | 80 |
| 383 | لنگرود | 37/18 | −68 | 29/99 | 1/087 | 0/684 | 89/5 | 19 | 77/12 | 64 | 57/78 | 121/01 | 72/72 | 28/5 | 86 |
| 384 | ماسال(گیلان) | 37/37 | −45 | 29/96 | 1/086 | 0/684 | 91/5 | 23 | 79/91 | 69 | 61/02 | 136/63 | 76/24 | 30 | 84 |
| 385 | ماسور(لرستان) | 33/45 | 3800 | 26/03 | 0/943 | 0/594 | 101 | 33 | 65/43 | 18 | 15/18 | 51/32 | 45/25 | 23/5 | 81 |
| 386 | ماکو | 39/3 | 5350 | 24/57 | 0/89 | 0/561 | 87 | 21/5 | 65/59 | 39 | 34/69 | 81/23 | 55/83 | 5 | 78 |
| 387 | ماهان(کرمان) | 30/1 | 6230 | 22/77 | 0/861 | 0/542 | 100/5 | 35/5 | 65/67 | 21 | 17/48 | 63/92 | 48/56 | 22 | 33 |
| 388 | ماهشهر(سالنامه) | 30/5 | 10 | 29/91 | 1/084 | 0/682 | 111 | 30 | 77/04 | 25 | 21/55 | 85/69 | 62/81 | 39 | 78 |
| 389 | ماهشهر(پتروشیمی) | 30/67 | 13 | 29/9 | 1/083 | 0/682 | 118/4 | 30 | 87/51 | 34/7 | 30/05 | 149/44 | 78/81 | 32 | 100 |
| 390 | مبارکه‌اصفهان | 32/33 | 5460 | 24/47 | 0/886 | 0/558 | 95 | 28 | 64/87 | 25 | 21/57 | 64/85 | 49/71 | 20 | 723 |
| 391 | محلات | 33/88 | 5840 | 24/12 | 0/874 | 0/55 | 91/5 | 42/5 | 69/67 | 46 | 36/6 | 101/01 | 61/28 | 17 | 77/5 |
| 392 | محمودآباد(مازندران) | 36/5 | −72 | 29/99 | 1/087 | 0/684 | 94 | 22 | 79/12 | 59 | 52/52 | 126/67 | 74/06 | 33/5 | 84 |
| 393 | مراغه | 37/4 | 4755 | 25/12 | 0/91 | 0/573 | 94 | 31/5 | 71/71 | 43 | 36/39 | 104/25 | 63/33 | 13/5 | 82 |
| 394 | مرند | 38/43 | 4375 | 25/48 | 0/923 | 0/581 | 92 | 29 | 66/59 | 33 | 28/26 | 74/55 | 54/52 | 6/5 | 84 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک DB°F | تغییرات روزانه DR°F | دمای مرطوب WB°F | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم DP°F | دمای خشک DB°F | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 395 | مرودشت | 29/8 | 5230 | 24/68 | 0/894 | 0/563 | 98 | 33/5 | 36/6 | 19 | 15/95 | 51/96 | 44/18 | 24/5 | 81/5 |
| 396 | مریوان | 35/45 | 4330 | 25/52 | 0/925 | 0/582 | 95 | 33 | 64/91 | 25 | 21 | 60/47 | 49 | 8 | 83 |
| 397 | مسجدسلیمان | 32 | 850 | 29/91 | 1/051 | 0/662 | 118 | 26 | 73/51 | 13 | 11/47 | 56/98 | 50/85 | 36/5 | 79 |
| 398 | مس‌سرچشمه | 29/95 | 8300 | 21/97 | 0/796 | 0/501 | 84 | 21 | 55/72 | 22 | 19/59 | 46/25 | 38/29 | 12 | 71 |
| 399 | مشکین‌شهر | 38/38 | 4580 | 25/28 | 0/916 | 0/577 | 86/5 | 32 | 66/67 | 45 | 37/77 | 84/63 | 57/75 | 0 | 74 |
| 400 | مشهد(سالنامه) | 36/27 | 3180 | 26/63 | 0/965 | 0/608 | 95/5 | 28 | 69/27 | 32/5 | 28 | 78/91 | 57/28 | 15 | 67 |
| 401 | مشهد(ASHRAE) (99٪ تا 1٪) | 26/28 | 3180 | 26/62 | 0/965 | 0/608 | 99 | 29 | 68/19 | 25 | 21/51 | 67/13 | 52/91 | 10 | 89 |
| 402 | مشهد(ASHRAE) (97/5٪ تا 1٪) | 26/28 | 3180 | 26/62 | 0/965 | 0/608 | 99 | 29 | 68/19 | 25 | 21/51 | 67/13 | 52/91 | 14 | 89 |
| 403 | مشهد(ASHRAE) (97/5٪ تا 2/5٪) | 26/28 | 3180 | 26/62 | 0/965 | 0/608 | 96 | 29 | 67/12 | 27 | 23/18 | 66/05 | 52/48 | 14 | 89 |
| 404 | مشهد(ASHRAE) (97/5٪ تا 5٪) | 26/28 | 3180 | 26/62 | 0/965 | 0/608 | 93 | 29 | 66 | 29 | 24/85 | 64/54 | 51/86 | 14 | 89 |
| 405 | مشهد(CIBSE) | 26/28 | 3180 | 26/62 | 0/965 | 0/608 | 98/5 | 29 | 69/71 | 29 | 24/94 | 76/85 | 56/56 | 14 | 89 |
| 406 | ملایر | 34/28 | 5740 | 24/21 | 0/877 | 0/552 | 95 | 32 | 60/12 | 16 | 13/51 | 40/83 | 37/63 | 11 | 64 |
| 407 | ممسنی | 30/12 | 2950 | 26/86 | 0/973 | 0/613 | 107/5 | 31/5 | 69/39 | 17/5 | 14/94 | 59/41 | 49/9 | 33 | 83/5 |
| 408 | منجیل(گیلان) | 36/8 | 985 | 28/87 | 1/046 | 0/659 | 92/5 | 23 | 76/63 | 56 | 49/55 | 118/32 | 70/94 | 31 | 76 |
| 409 | مهاباد | 36/77 | 4400 | 25/45 | 0/922 | 0/581 | 93 | 33/5 | 67/79 | 35 | 29/28 | 79/83 | 56/34 | 8/5 | 81 |
| 410 | مهدیشهر(سمنان) | 35/7 | 3700 | 26/13 | 0/947 | 0/596 | 102 | 24/5 | 70/27 | 25 | 22/05 | 76/96 | 56/07 | 23 | 74 |
| 411 | مهرآباد(تهران) | 35/68 | 3650 | 25/93 | 0/94 | 0/592 | 100 | 21 | 66/67 | 23 | 18/74 | 60/91 | 49/62 | 24 | 68 |
| 412 | مهرانشهر(شهریار) | 35/06 | 4360 | 25/49 | 0/924 | 0/582 | 97 | 26/5 | 68/51 | 29 | 25/25 | 77/68 | 55/64 | 20 | 74 |
| 413 | مهریز(استان یزد) | 31/58 | 5000 | 24/89 | 0/902 | 0/568 | 96 | 27 | 61/52 | 16/5 | 14/32 | 43/42 | 39/86 | 21 | 75 |
| 414 | میامی(استان سمنان) | 26/4 | 3510 | 26/31 | 0/953 | 0/6 | 104 | 32/5 | 80/47 | 45 | 38/14 | 142/31 | 73/62 | 17 | 80 |
| 415 | میان‌آباد(اسفراین) | 37/11 | 3940 | 25/89 | 0/938 | 0/591 | 93/5 | 30 | 68/12 | 34 | 28/99 | 78/9 | 56/5 | 16 | 76 |
| 416 | میاندوآب | 36/96 | 4260 | 25/59 | 0/927 | 0/584 | 93 | 32/5 | 66/47 | 31/5 | 26/49 | 71/72 | 53/6 | 11 | 85 |
| 417 | میانه | 37/33 | 3610 | 26/21 | 0/95 | 0/598 | 96 | 29 | 75/27 | 47 | 40/36 | 118/19 | 68/08 | 9/5 | 83 |
| 418 | میبد(استان یزد) | 32/2 | 4900 | 24/98 | 0/905 | 0/57 | 103 | 36 | 66/04 | 18 | 14/97 | 56/02 | 46/44 | 17 | 75 |
| 419 | میمند(فارس) | 28/87 | 5070 | 24/83 | 0/899 | 0/566 | 100/5 | 27/5 | 71/63 | 31 | 26/9 | 94/84 | 60/36 | 27 | 82 |
| 420 | میمه(اصفهان) | 33/4 | 6500 | 23/52 | 0/852 | 0/537 | 91/5 | 34/5 | 61/64 | 24/5 | 20/36 | 57/04 | 45/33 | 9 | 81 |
| 421 | میناب | 27/15 | 131 | 29/77 | 1/079 | 0/679 | 108/5 | 26 | 83/08 | 40 | 35/14 | 131/88 | 75/01 | 43/5 | 71 |
| 422 | نارمک(تهران) | 35/75 | 4230 | 25/62 | 0/928 | 0/585 | 94 | 24 | 66/23 | 28 | 24/66 | 68/74 | 52/49 | 19/5 | 77 |
| 423 | نایین | 32/87 | 5070 | 24/83 | 0/899 | 0/566 | 98/5 | 29/5 | 64/15 | 19 | 16/29 | 53/59 | 45/13 | 19/5 | 77 |
| 424 | نجف‌آباد | 32/63 | 5410 | 24/51 | 0/888 | 0/559 | 97 | 31/5 | 63 | 19 | 16/11 | 51/24 | 43/65 | 18 | 70 |
| 425 | نطنز | 32/63 | 5410 | 24/51 | 0/888 | 0/559 | 93 | 35/5 | 63/12 | 25 | 20/69 | 58/29 | 46/97 | 18 | 70 |
| 426 | نقده | 36/95 | 4360 | 25/49 | 0/924 | 0/582 | 91/5 | 36/5 | 73/91 | 56 | 46/04 | 120/73 | 67/87 | 14/5 | 70 |
| 427 | نکاء | 36/6 | 164 | 29/74 | 1/078 | 0/679 | 92/5 | 20 | 79/12 | 62/5 | 56/2 | 130/61 | 74/69 | 29 | 85 |

| ردیف | نام شهر | شرایط جغرافیایی | | | | شرایط تابستانی در ساعت 15 | | | | | | | | | شرایط زمستانی ساعت 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عرض جغرافیایی deg | ارتفاع از سطح دریا ft | فشار بارومتریک in.hg | ضریب محسوس sen | ضریب نهان Lat | دمای خشک $DB^{\circ}F$ | تغییرات روزانه $DR^{\circ}F$ | دمای مرطوب $WB^{\circ}F$ | رطوبت نسبی RH٪ 12:30 | رطوبت نسبی RH٪ 15:00 | مقدار رطوبت gr/lb | نقطه شبنم $DP^{\circ}F$ | دمای خشک $DB^{\circ}F$ | رطوبت نسبی R.H٪ |
| 428 | نمایشگاه(تهران) | 35/78 | 5050 | 24/84 | 0/9 | 0/567 | 93/5 | 23/5 | 65/67 | 28 | 24/72 | 69/98 | 52/14 | 16/5 | 77 |
| 429 | نوبندگان(فارس) | 28/9 | 4500 | 25/36 | 0/919 | 0/579 | 103 | 28/5 | 66 | 17 | 14/7 | 54/15 | 45/96 | 29 | 77 |
| 430 | نوخندان(خراسان) | 37/5 | 1600 | 28/23 | 1/023 | 0/644 | 97/5 | 27 | 79/91 | 55 | 47/77 | 136/57 | 74/43 | 15/5 | 78/5 |
| 431 | نور(مازندران) | 36/63 | −72 | 29/99 | 1/087 | 0/684 | 94 | 22 | 79/12 | 59 | 52/52 | 126/67 | 74/06 | 23/5 | 84 |
| 432 | نورآباد(مسمنی) | 30/12 | 3020 | 26/79 | 0/971 | 0/611 | 107 | 31/5 | 69/08 | 17/5 | 14/94 | 58/67 | 49/5 | 33 | 83/5 |
| 433 | نوژه(همدان) | 35/2 | 5500 | 24/43 | 0/885 | 0/557 | 94 | 38/5 | 61/32 | 20 | 16/3 | 47/41 | 41/59 | −1/5 | 85 |
| 434 | نوژیان(لرستان) | 35/26 | 6500 | 23/52 | 0/852 | 0/537 | 88/5 | 24 | 59/72 | 23/5 | 20/63 | 52/57 | 43/25 | 13/5 | 48 |
| 435 | نوشهر | 36/65 | −65 | 29/99 | 1/086 | 0/684 | 85 | 12/5 | 77/51 | 75 | 70/24 | 129/87 | 74/78 | 31 | 88/5 |
| 436 | نهالستان(فارس) | 29/78 | 5250 | 24/66 | 0/893 | 0/563 | 97 | 38 | 77/67 | 54/5 | 44/65 | 144/14 | 71/95 | 21 | 89 |
| 437 | نهاوند | 34/2 | 5450 | 24/47 | 0/887 | 0/558 | 96/5 | 38 | 37/51 | 30 | 24/56 | 77/53 | 54/47 | 11 | 84 |
| 438 | نهبندان(خراسان) | 31/53 | 4350 | 25/5 | 0/924 | 0/582 | 101/5 | 24 | 65 | --- | 14 | 48 | --- | 26 | 66 |
| 439 | نیر(یزد) | 31/5 | 5000 | 24/89 | 0/902 | 0/568 | 96 | 27 | 61/52 | 16/5 | 14/32 | 43/42 | 39/86 | 21 | 75 |
| 440 | تبریز | 29/2 | 5280 | 24/63 | 0/892 | 0/562 | 97 | 33/5 | 63/95 | 21 | 17/62 | 55/82 | 45/98 | 27 | 74 |
| 441 | نیشابور | 35/32 | 3000 | 26/81 | 0/971 | 0/612 | 100/5 | 33 | 69/47 | 26 | 21/92 | 71/19 | 47/76 | 11 | 84 |
| 442 | نیل‌آباد(تربت جام) | 35/13 | 2660 | 2/15 | 0/984 | 0/62 | 98 | 24/5 | 70/31 | 30 | 26/41 | 78/66 | 57/73 | 11/5 | 76 |
| 443 | ورامین | 35/32 | 3000 | 26/81 | 0/971 | 0/612 | 100/5 | 33 | 69/47 | 26 | 21/92 | 71/19 | 54/67 | 19 | 86 |
| 444 | ورزقان(آذربایجان شرقی) | 38/5 | 3800 | 26/03 | 0/943 | 0/594 | 88 | 31 | 68/08 | 45 | 38/02 | 86/83 | 59/26 | 7/5 | 77 |
| 445 | هروآباد خلخال | 37/63 | 5700 | 24/25 | 0/878 | 0/553 | 87 | 29 | 68/71 | 50 | 42/68 | 101/73 | 61/63 | −0/5 | 85 |
| 446 | هریس(آذربایجان شرقی) | 38/25 | 3800 | 26/03 | 0/943 | 0/594 | 88 | 31 | 68/08 | 45 | 38/02 | 86/83 | 59/26 | 7/5 | 77 |
| 447 | هشت‌پر(تالش) | 37/8 | 325 | 29/57 | 1/071 | 0/675 | 87 | 17/5 | 63/84 | 30 | 27/28 | 7352 | 49/31 | 29 | 86 |
| 448 | هشترود(آذربایجان شرقی) | 37/46 | 5450 | 24/47 | 0/887 | 0/558 | 96 | 29 | 74/91 | 47 | 40/36 | 126/84 | 68/08 | 9/5 | 83 |
| 449 | هشتگرد(استان تهران) | 35/97 | 4900 | 24/98 | 0/905 | 0/57 | 94 | 42 | 36/99 | 26 | 20/79 | 59/29 | 47/92 | 12 | 76 |
| 450 | هفت‌تپه | 32/08 | 265 | 29/63 | 1/074 | 0/676 | 113 | 37 | 78/31 | 26 | 21/68 | 92/24 | 64/62 | 23/5 | 86 |
| 451 | همایون‌شهر(خمینی شهر) | 32/68 | 5230 | 24/68 | 0/894 | 0/563 | 95/5 | 29 | 61/28 | 17 | 14/59 | 43/96 | 39/95 | 17/5 | 77 |
| 452 | همدان | 34/8 | 6070 | 23/91 | 0/866 | 0/546 | 93 | 37/5 | 62/72 | 25/5 | 20/41 | 58/97 | 46/62 | 2/5 | 84/5 |
| 453 | همدان(فرودگاه) | 34/85 | 5750 | 24/2 | 0/877 | 0/552 | 94 | 37 | 62/72 | 25/5 | 20/41 | 58/25 | 46/62 | 1/5 | 85 |
| 454 | همدان(نوژه) | 35/2 | 5500 | 24/43 | 0/885 | 0/557 | 94 | 38/5 | 61/32 | 20 | 16/3 | 47/41 | 41/59 | −1/5 | 85 |
| 455 | همگین(حومه بروجن) | 31/92 | 7050 | 23/04 | 0/835 | 0/526 | 91/5 | 37/5 | 61/04 | 24 | 19/62 | 56/12 | 44/37 | 587 | 80 |
| 456 | همندآبسرد(دماوند) | 35/65 | 5900 | 24/06 | 0/872 | 0/549 | 88 | 30/5 | 59/2 | 23 | 19/48 | 47/71 | 41/37 | 4/5 | 81 |
| 457 | هندیجان(خوزستان) | 30/23 | 16 | 29/9 | 1/083 | 0/682 | 111 | 33 | 79/47 | 30 | 25/48 | 101/69 | 67/64 | 39 | 78 |
| 458 | هوزگان(خوزستان) | 31/47 | 105 | 29/8 | 1/08 | 0/68 | 111/5 | 35/5 | 78/31 | 27/5 | 23/07 | 63/55 | 65/18 | 35 | 87 |
| 459 | هویزه | 31/47 | 105 | 29/8 | 1/08 | 0/68 | 111/5 | 35/5 | 78/31 | 27/5 | 23/07 | 63/55 | 65/18 | 35 | 87 |
| 460 | یاسوج | 30/82 | 6130 | 23/86 | 0/864 | 0/544 | 94 | 44 | 62/3 | 24 | 18/98 | 56/67 | 45/53 | 14/5 | 84 |
| 461 | یزد | 31/88 | 4000 | 25/85 | 0/936 | 0/59 | 104 | 27 | 65 | 15 | 12/08 | 44/89 | 41/65 | 22/5 | 71 |

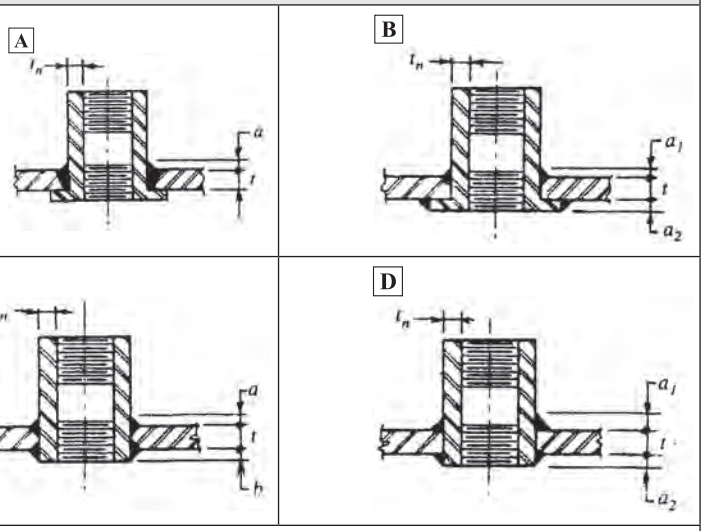
# مخازن تحت فشار

## طراحی و ساخت مخازن تحت فشار

نوشته: یوجین اف. مگی سی / ترجمه: بیژن شادپی

**اتصالات رزوه‌ای (دنده‌ای) و جوشی**

رایج‌ترین اتصالات جوشی ارائه شده است. برای اتصالات دیگر به آیین‌نامه UM-16.1 مراجعه کنید.




***توجه:***

کوچک‌ترین مقدار tn ،t یا 0.375 اینچ = a

1/4 – 1 برابر کوچک‌ترین مقدار tn ،t یا اینچ = $a_2 + a_1$

کوچک‌ترین مقدار tn ،t یا 0.375 اینچ = $a_2$ یا $a_1$

بدون حداقل اندازه ضروری = b

کوچک‌ترین مقدار t یا 1/2 اینچ = c

ضخامت دیواره (جداره) لوله sch 160 برحسب اینچ = d

کوچک‌ترین مقدار t یا 3/4 اینچ = e

ضخامت دیواره (جداره) مخزن منهای خوردگی مجاز برحسب اینچ = t

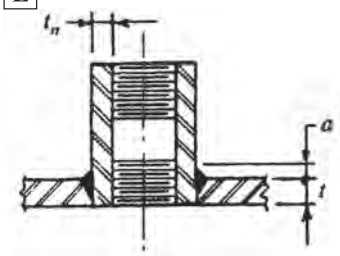
ضخامت اسمی دیواری (جداره) اتصال منهای خوردگی مجاز بر حسب اینچ = tn

اندازه‌های جوشی به‌عنوان حداقل الزام ارائه شده‌اند.

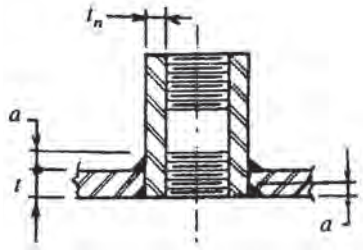
**اتصالات رزوه‌ای (دنده‌ای) و جوشی**

رایج‌ترین اتصالات جوشی ارائه شده است. برای اتصالات دیگر به آیین‌نامه UM–16.1 مراجعه کنید.

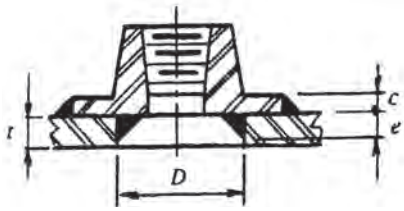
**E**




**F**

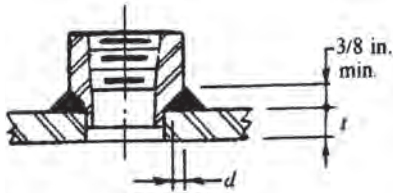



**G**




3/4in+ قطر بیرونی لوله = حداکثر D

**H**




3in: حداکثر اندازه لوله

***اندازه اتصالات کمتر از اندازه لوله 3 اینچ***

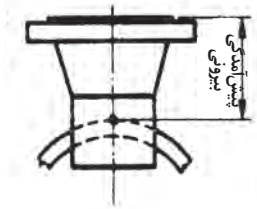
گاهی جوش‌ها از الزامات اندازه‌ای معاف هستند و یا اتصالات و لایی‌های بولت توسط جوش گلویی از قسمت بیرون با رعایت محدودیت‌هایی به مخازن متصل می‌شوند (آیین‌نامه (3) و (2)–UW 16):

1. حداکثر ضخامت مخزن: $^{3}/_{8}$ اینچ
2. حداکثر اندازه سوراخ به قطر بیرونی لوله به اضافه ¾ اینچ محدود می‌شود.
3. گلویی جوش بزرگ‌تر از حداقل ضخامت مورد نیاز گردن نازل باشد (آیین‌نامه UG–45(a) یا UW18 برای بارهای UG–22).
4. ممکن است اثر جوش بر رزوه‌های کوپلینگ‌ها تاثیرگذار باشد. توصیه می‌شود که رزوه‌ها حداقل ¼ اینچ بالای جوش باشند یا پس از جوشکاری رزوه شوند.
5. محاسبه مقاومت اتصالات برای اتصالات شکل‌های A، C و E و سوراخ‌های زیر به‌کار نمی‌رود:
   اتصالات لوله 3 اینچ متصل به دیواره (جداره) مخزن با ضخامت $^{3}/_{8}$ اینچ یا کمتر؛ اتصالات لوله 2 اینچ متصل به دیواره (جداره) مخزن با ضخامت بیش از $^{3}/_{8}$ اینچ (آیین‌نامه (3) (c)–UG 36).

## حداقل پیش‌آمدگی بیرونی نازل‌ها

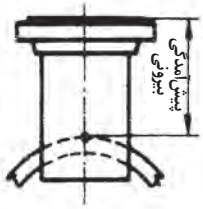
جدول زیر حداقل پیش‌آمدگی بیرونی نازل‌ها را نشان می‌دهد. اگر از عایق یا لایی تقویتی ضخیم استفاده شود، افزایش اندازه‌ها ضروری است.

**پیش‌آمدگی بیرونی برحسب اینچ؛ با استفاده از فلنج گردن‌دار جوشی**




| اندازه اسمی لوله | مقادیر فشار فلنج برحسب پوند (lb) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 150 | 300 | 600 | 900 | 1500 | 2500 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 |
| 3 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 |
| 4 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 12 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 14 |
| 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 16 |
| 10 | 8 | 8 | 10 | 12 | 14 | 20 |
| 12 | 8 | 8 | 10 | 12 | 16 | 22 |
| 14 | 8 | 10 | 10 | 14 | 16 | |
| 16 | 8 | 10 | 10 | 14 | 16 | |
| 18 | 10 | 10 | 12 | 14 | 18 | |
| 20 | 10 | 10 | 12 | 14 | 18 | |
| 24 | 10 | 10 | 12 | 14 | 20 | |

**پیش آمدگی بیرونی برحسب اینچ؛ با استفاده از فلنج روکار (لبه کوتاه)**




| اندازه اسمی لوله | مقادیر فشار فلنج برحسب پوند (lb) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 150 | 300 | 600 | 900 | 1500 | 2500 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 |
| 3 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 |
| 4 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 12 |
| 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 |
| 10 | 8 | 8 | 10 | 12 | 12 | 14 |
| 12 | 8 | 10 | 10 | 12 | 12 | 16 |
| 14 | 10 | 10 | 10 | 12 | | |
| 16 | 10 | 10 | 12 | 12 | | |
| 18 | 10 | 10 | 12 | 12 | | |
| 20 | 10 | 10 | 12 | 12 | | |
| 24 | 10 | 12 | 12 | 12 | | |

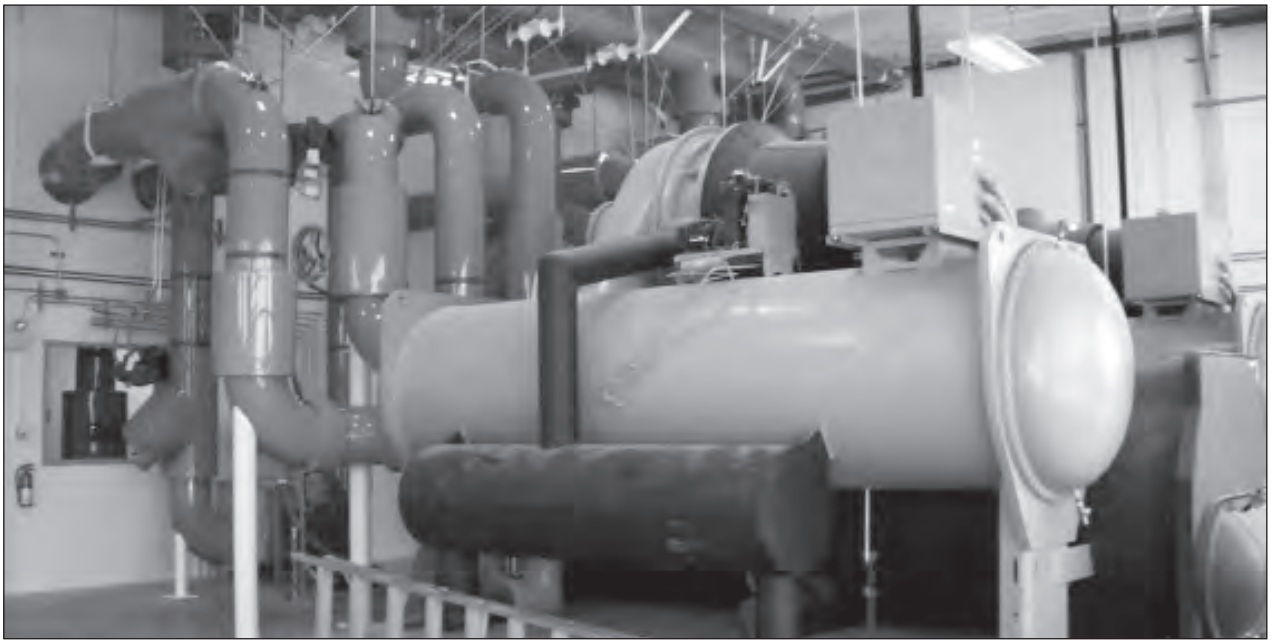
امتداد داخلی

a هم‌سطح بودن سراسری لوله با انحنای مخزن

b هم‌سطح بودن دو گوشه لوله با انحنای مخزن

c حداقل پیش‌آمدگی جوش

d پیش‌آمدگی برای تقویت‌سازی یا اهداف دیگر



## طرح تقویت‌سازی نازل‌های مخازن تحت فشار داخلی

سوراخ لوله‌های مخازن به تقویت‌سازی نیاز دارند که شامل سوراخ‌های جوشی نمی‌باشد؛ زیرا تحت نوسانات سریع فشار نیستند و اندازه‌ی آن‌ها از مقادیر زیر بزرگ‌تر نیست:

قطر 3½ اینچ – در پوسته یا عدسی مخازن با حداقل ضخامت ⅜ اینچ یا کمتر

قطر 2⅜ اینچ – در پوسته یا عدسی مخازن با ضخامت بیش از ⅜ اینچ

اتصالات رزوه‌ای، پیچی بی‌سر، یا انبساطی با قطر سوراخ کمتر از 2⅜ اینچ (آیین‌نامه (a)(3)(c)36–UG).

روش طرح صفحات بعدی از آیین‌نامه UG–36 تا UG–43 تبعیت می‌کند.

اگر قطر سوراخ‌ها از حدود فوق تجاوز کند، علاوه بر آیین‌نامه‌های فوق از آیین‌نامه 1–7 استفاده می‌شود. برای تقویت‌سازی سوراخ‌ها در عدسی‌های تخت به آیین‌نامه UG–39 مراجعه شود.

شرح خلاصه تقویت‌سازی جهت درک بهتر این روش در صفحات بعدی ارائه شده است. الزام اساسی این است که اطراف سوراخ‌های مخازن با فلز مشابه تقویت شود که می‌تواند به‌صورت جزء لاینفک مخزن و نازل یا لایی (پد) اضافی تقویتی باشد (شکل A). با وجود این، این قانون ساده به اصلاحات زیر نیاز دارد:

1. جایگزینی مقدار فلز بریده شده ضروری نیست، مگر مقداری که لازم است در برابر فشار داخلی (A) مقاومت کند. معمولا این ضخامت

## طرح تقویت‌سازی نازل‌های مخازن تحت فشار داخلی (ادامه)

ضروری مخزن در مکان سوراخ کمتر از دیگر نقاط پوسته یا عدسی است.

2. معمولا پلیت (ورق) و گردن نازل ضخیم‌تر از مقدار محاسبه شده است. اضافی ضخامت دیواره (جداره) مخزن (A) و دیواره (جداره) نازل ($A_2$) به‌عنوان تقویت‌سازی عمل می‌کنند. امتداد داخلی سوراخ ($A_3$) و مساحت فلز جوش ($A_4$) نیز همین نقش را دارند.
3. باید تقویت‌سازی در یک حدود معین باشد.
4. باید مساحت تقویت‌سازی به‌طور متناسب افزایش یابد؛ به‌شرطی که مقدار تنش آن کمتر از مقدار تنش دیواره (جداره) مخزن باشد.
5. مساحت مورد نیاز تقویت‌سازی برابر است با:

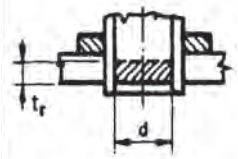
مساحت مورد نیاز پوسته یا عدسی جهت مقاومت در برابر فشار داخلی (A). باید مساحت اضافی حدود ($A_1$، $A_2$، $A_3$، $A_4$) از این مساحت کم شود. اگر مساحت قابل دسترس تقویت‌سازی ($A_1+A_2+A_3+A_4$) برابر یا بزرگ‌تر از مساحت جایگزین‌شده (A) باشد، سوراخ به‌اندازه کافی تقویت می‌شود. در غیر این صورت، باید این اختلاف توسط لایی (پد) تقویتی ($A_5$) تامین شود.

بعضی از تولیدکنندگان از یک روش ساده تبعیت می‌کنند. آن‌ها از لایی‌های (پدهای) تقویتی با مساحتی مساوی با مساحت فلز برداشته‌شده سوراخ استفاده می‌کنند. این روش به تقویت‌سازی اضافی منجر می‌شود. اگر محاسبات در نظر گرفته نشود، آن یک روش اقتصادی‌تر است.

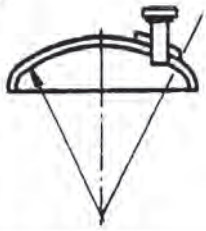
## طرح تقویت‌سازی نازل‌های مخازن تحت فشار داخلی (ادامه)

### 1. مساحت تقویت‌سازی

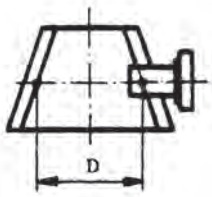
B




C



D




برای مخازن تحت فشـــار داخلی، مساحت کل مورد نیاز تقویت‌سازی ســـوراخ‌ها کمتر از مقدار A=d×tr نباشد. که:

قطر داخلی سوراخ برحسب اینچ در وضعیت خوردگی = d

ضخامت مورد نیاز پوسته یا عدسی بر اساس محاسبه فرمولی = tr

و مقدار E=1 برای ســـوراخ پلیت (ورق) توپر یا در اتصال گروه B. اگر ســـوراخ‌ها در میان هرگونه اتصال جوشی باشد، E همان بازدهی اتصال جوشی است. اگر سوراخ در یک مخزن بدون تست رادیوگرافی باشد، آنگاه E=0.85 برای اتصال شماره 1 و E=0.80 برای اتصال شماره 2 است.

وقتی سوراخ و تقویت‌سازی آن تماما در بخش کروی یک عدسی بشقابی یا فلنجی است، tr همان ضخامت مورد نیاز فرمول‌های کاربردی با مقدار M=1 است.

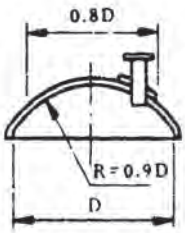
وقتی ســـوراخ در یک مخروط است، tr همان ضخامت مورد نیاز یک مخروط بدون درز به قطر D است که محور نازل با دیواره (جداره) مخروط تقاطع پیدا می‌کند.

وقتی سوراخ و تقویت‌سازی آن در یک عدسی بیضوی 2:1 است و تماما در دایره‌ای قرار دارند که مرکز آن با مرکز عدسی هم‌مرکز است و قطر آن 0.8 برابر قطر عدسی است، tr همان ضخامت مورد نیاز کره بدون درز با شعاع 0.9 برابر قطر عدسی است.

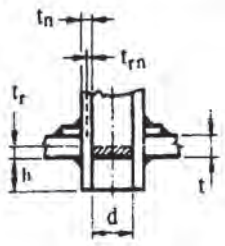
اگر مقدار تنش مواد ســـوراخ کمتر از مقدار تنش مواد مخزن باشـــد، مساحت مورد نیاز A افزایش می‌یابد.

### 2. مساحت تقویت‌سازی قابل دسترس

E




F




مساحت ضخامت اضافی دیواره (جداره) مخزن = $A_1$

d(t−tr) یا 2(t−tr)(tn+t). از مقدار بزرگ‌تر برحسب اینچ مربع استفاده کنید.

اگر مقدار تنش مواد سوراخ کمتر از مقدار تنش مواد مخزن باشد، مساحت $A_1$ کاهش می‌یابد.

مساحت ضخامت اضافی در دیواره (جداره) نازل = $A_2$

5t(tn−trn) یا 5tn(tn+trn). از مقدار کوچک‌تر برحسب اینچ مربع استفاده کنید.

مساحت امتداد داخلی نازل 2h(tn−C) برحسب اینچ مربع = $A_3$

مساحت جوش‌ها برحسب اینچ مربع = $A_4$

اگر جمع مســـاحت‌های $A_3$، $A_2$، $A_1$ و $A_4$ کمتر از مســـاحت مورد نیاز تقویت‌سازی (A) باشد، باید اختلاف توسط لایی (پد) تقویتی تامین شود.

## طرح تقویت‌سازی نازل‌های مخازن تحت فشار داخلی (ادامه)

### 3. حدود تقویت‌سازی

باید فلز تقویت‌ســـازی حدود معینی داشته باشـــد. حد به‌موازات دیواره (جداره) مخزن اندازه‌گیری شود:

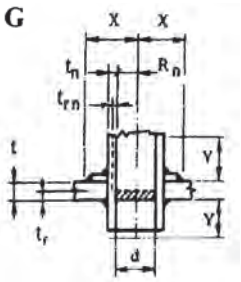
X=d یا Rn+tn+ts. از مقدار بزرگ‌تر اســـتفاده کنید. حد به‌موازات دیواره (جداره) نازل اندازه‌گیری شـــود:

Y=2.5tn یا 2.5trn. از مقدار کوچک‌تر استفاده کنید.

اگر از لایی تقویتی اضافی استفاده شود، حد Y از سطح بیرونی این لایی اندازه‌گیری شود.

شعاع داخلی نازل در شرایط خوردگی برحسب اینچ = Rn.

G




### 4. مقاومت فلز تقویت‌سازی

اگر مقاومت مواد $A_4$، $A_3$، $A_2$، $A_1$ و $A_5$ یا مواد لایی تقویتی کمتر از مقاومت مواد مخزن باشـــد، مساحت آن‌ها به‌عنوان مواد تقویتی به‌طور متناسب کاهش و مساحت مورد نیاز، A، به‌طور متناسب افزایش یابد. مقاومت فلز جوش معادل با مواد ضعیف‌تر درز جوش درنظر گرفته شود.

استفاده از لایی تقویتی مشابه با مواد مخزن توصیه می‌شود. مقاومت اضافی تقویت‌سازی با مقدار تنشی بیشتر از تنش دیواره (جداره) مخزن ضروری نیست.

***مثال‌ها:***

1.a. مقدار تنش مواد نازل =17100 psi

مقدار تنش مواد پوسته =20000 psi

نسبت 0.855=20000/17100

مساحت مورد نیاز A: (0.855−1)tn.tr+2

1.b. از مساحت $A_1$ کم می‌شود:

$-2t_n\times(t-t_r)(1-0.855)$

2. از مواد مشابه برای مخزن و لایی تقویتی استفاده شود. مساحت مورد نیاز تقویت‌سازی 12 اینچ مربع است.

مقدار تنش مواد مخزن =20000psi

مقدار تنش مواد نازل =17500psi

نسبت 1.17=17/20000

تحت این نسبت افزایش یافته، مساحت لایی تقویتی برابر است با:

اینچ مربع 14.04=1.17×12

**توجه:**

t=
ضخامـــت دیواره (جـــداره) مخزن منهـــای خوردگی مجاز برحسب اینچ

$t_r$= به صفحه قبل مراجعه شود.

$t_n$=
ضخامت اســـمی دیواره (جـــداره) نازل صرف‌نظـــر از فرم محصول منهای خوردگی مجاز برحسب اینچ

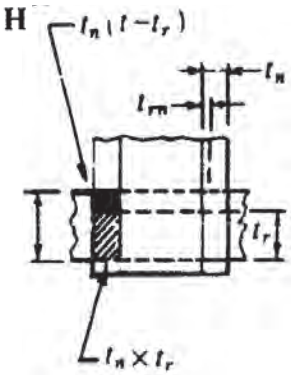
$t_m$=
ضخامت مورد نیاز دیواره (جداره) بدون درز نازل

h=
فاصله پیش‌آمدگی نازل از سطح دیواره (جداره) مخزن منهای خوردگی محاز برحسب اینچ

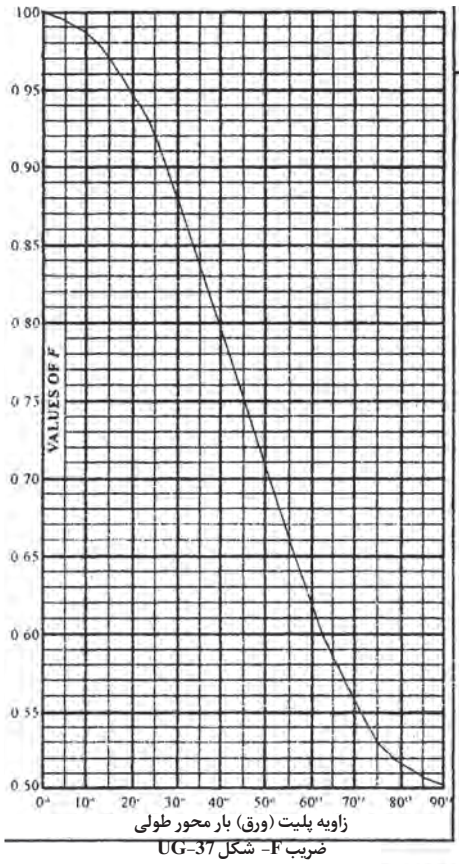
c= خوردگی مجاز برحسب اینچ

d= به صفحه قبل مراجعه شود.

H



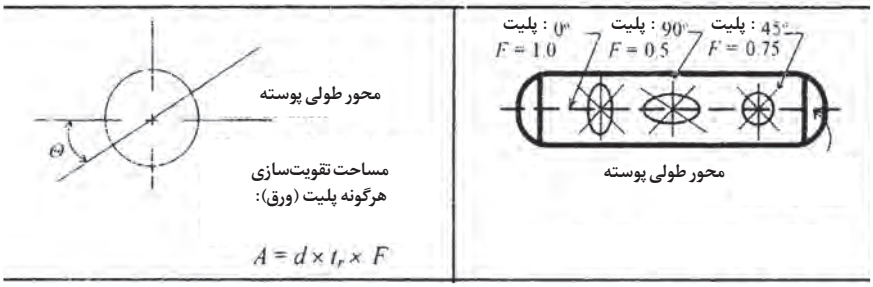
### 5. تقویت‌سازی صفحات مختلف تحت فشار داخلی




ضریب F- شکل UG-37

چون تنش محیطی پوسته‌های استوانه‌ای و مخروطی دو برابر تنش طولی است، صفحه حاوی محور پوسته در محل سوراخ، به‌واسطه فشار، از بیشترین بار واحد برخوردار است. در صفحه عمود بر محور مخزن، بار واحد به نصف می‌رسد. نمودار تغییر را در صفحات مختلف نشان می‌دهد (ضریب F). وقتی که اندازه بلند یک سوراخ بیضوی یا مدور از دو برابر اندازه‌های کوتاه تجاوز کند، تقویت‌سازی ابعاد کوتاه افزایش می‌یابد تا در برابر تغییرات اضافی ناشی از گشتاور پیچشی مقاومت کنند (آیین‌نامه (1) UG-36(a)).

ضریب F کمتر از عدد 1 نیست مگر آنکه سوراخ‌های تقویت‌شده یکپارچه در پوسته‌های استوانه‌ای و مخروطی وجود داشته باشد.



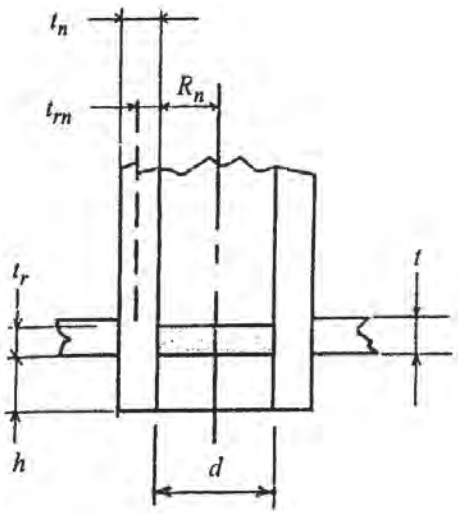

طرح فشار خارجی

تقویت‌سازی ضروری برای سوراخ‌های یک مخزن تک‌دیواره (تک‌جداره) تحت فشار خارجی در حدود 50 درصد تقویت‌سازی همان مخزن تحت فشار داخلی است. $t_r$ ضخامت دیواره (جداره) مورد نیاز است که توسط قوانین مخازن تحت فشار خارجی به دست می‌آید. (طبق آیین‌نامه (1) UG37 (d)): $A = \frac{d \times t_r \times F}{2}$

## تقویت‌سازی نازل‌ها

***مثال‌ها ( مثال 1)***

***اطلاعات طرح***




قطر داخلی پوسته: 48in

فشار طرح: 250psi در دمای 200°F

مواد پوسته: SA–285–c

t=0.625in ،S=15700psi

مخزن تحت رادیوگرافی نقطه‌ای قرار گرفته است.

هیچ‌گونه خوردگی مجاز نیست.

مواد نازل: Sa–53–B

$t_n$=0.432in ،s=17100psi

اندازه اسمی نازل: 6in

امتداد نازل در داخل مخزن: 1.5in

$t_n$=2.5×0.432 = 1.08in ،h=2.5

نازل از میان درزها عبور نمی‌کند.

اندازه جوش گلویی: 0.375in

ضخامت دیواره (جداره) مورد نیاز:

برای پوسته: $t_r = \frac{PR}{SE - 0.6} = \frac{250 \times 24}{15{,}700 \times 1.0 - 0.6 \times 250} = 0.386 \text{ in.}$

برای نازل: $t_{rn} = \frac{PR_n}{SE - 0.6P} = \frac{250 \times 2.88}{17{,}100 \times 1.0 - 0.6 \times 250} = 0.043 \text{ in.}$

مساحت تقویت‌سازی مورد نیاز: $A = dt_r = 5.761 \times 0.386 =$ : مساحت تقویت‌سازی قابل دسترس

(اضافی پوسته) بزرگ‌تر از: $(t-t_r)\, d = (0.625-0.386) \times 5.761 = 1.377$ sq. in. or 1.377 sq. in.

$(t-t_r)\,(t_n + t)\, 2 = (0.625 - 0.386) \times (0.432 + 0.625) \times 2 = 0.505$ sq. in.

(اضافی طوقه نازل) کوچک‌تر از: $(t_n-t_{rn})\, 5t = (0.432-0.043) \times 5 \times 0.625 = 1.216$ sq. in.

$(t_n-t_{rn})\, 5t_n = (0.432-0.043) \times 5 \times 0.432 = 0.843$ sq. in.

هیچ‌گونه مقاومت اضافی برای مواد نازل با مقدار تنش بیشتر از دیواره (جداره) مخزن وجود ندارد.

(پیش‌آمدگی داخلی) $A_3$ = $t_n \times 2h = 0.432 \times 2 \times 1.08 =$ 0.933 sq. in.

(مساحت جوش گلویی) $A_4$= 0.140 sq. in.

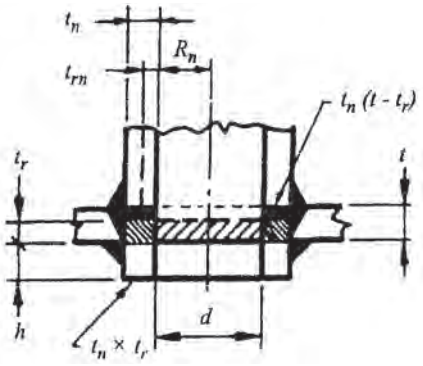
(مساحت داخلی جوش گلویی) $A_5$ = 0.140 sq. in.

مساحت کل تقویت‌سازی قابل دسترس 3.433 sq. in. (اینچ مربع)

چون مساحت بیشتر از مساحت مورد نیاز تقویت‌سازی است، به تقویت‌سازی اضافی نیازی نیست.

***مثال‌ها (مثال 2)***

**اطلاعات طرح:**




اینچ 24=R: شعاع داخلی پوسته
در دمای 200°F P=200psi: فشار طرح
پلیت (ورق) SA–516–70: مواد پوسته
به ضخامت اینچ t=0.500
s=2000psi
مخزن تحت تست نقطه‌ای و بدون تلرانس خوردگی
اینچ 6: اندازه اسمی نازل
SA=53B: مواد نازل
S=17100psi $t_n$:0.432 اینچ
اینچ 1.5: امتداد نازل در داخل مخزن
اینچ 0.500: اندازه داخلی جوش گلویی
اینچ 0.625: اندازه بیرونی جوش گلویی
17100/20000=0.855: نسبت مقادیر تنش

**ضخامت دیواره (دیواره) مورد نیاز:**

پوسته $t_r = \dfrac{PR}{SE-0.6P} = \dfrac{300\times 24}{20{,}000\times 1-0.6\times 300} = 0.364$ اینچ

نازل ، $t_{rn} = \dfrac{PR_n}{SE-0.6P} = \dfrac{300\times 2.88}{17{,}100\times 1.0-0.6\times 300} = 0.$ اینچ

چون مقاومت مواد نازل کمتر از مقاومت مواد مخزن است، مساحت مورد نیاز تقویت‌سازی به‌طور متناسب افزایش و مساحت قابل دسترس تقویت‌سازی به‌طور متناسب کاهش می‌یابد.

**مساحت تقوی‌سازی مورد نیاز:**

$A = dt_r$ 5.761 × 0.364 = 2.097 اینچ مربع

مساحت افزایش یافته : $2t_n \times t_r$ (1-17,100/20,000) = 2 × 0.432 × 0.364 × (1-0.855) = 0.046 اینچ مربع

جمع کل : 2.143 اینچ مربع

**مساحت تقوی‌سازی قابل دسترس:**

$A_1$ = (اضافی پوسته) بزرگ‌تر از موارد زیر :

$(t - t_r)\, d = (0.500 - 0.364) \times 5.761 = 0.784$ sq. in. or

یا $= (t - t_r)\,(t_n + t)\,2 = (0.500 - 0.364) \times (0.432 + 0.500) \times 2 = 0.254$ اینچ مربع

$-2 \times t_n\,(t - t_r)\,(1 - 0.855) =$

مساحت کاهش یافته : $-2 \times 0.432 \times (0.500 - 0.364)\,(1 - 0.855) = -0.017$ اینچ مربع 0.767

$A_2$ = (اضافی گلویی نازل) کوچک‌تر از موارد زیر :

$(t_n - t_{rn})\,5t = (0.432 - 0.051)\,5 \times 0.500 = 0.953$ اینچ مربع

یا $= (t_n - t_{rn})\,5t_n = (0.432 - 0.051)\,5 \times 0.432 = 0.823$ اینچ مربع

مساحت کاهش یافته : $0.855 \times 0.823 = 0.704$ اینچ مربع

چون مقاومت نازل کمتر از مقاومت پوسته است، مساحت کاهش‌یافته درنظر گرفته شود.

17,100/20,000 = 0.855, $0.855 \times 0.823 = 0.704$ اینچ مربع

$A_3$ = (پیش‌آمدگی داخلی) $t_n \times 2h = 0.432 \times 2 \times 1.08 = 0.933$ اینچ مربع

مساحت کاهش یافته : $0.933 \times 0.855 = 0.797$

$A_4$ = (مساحت جوش گلویی) $2 \times 0.5 \times 0.625^2 \times 0.855 = 0.334$ اینچ مربع

$A_5$ = (مساحت داخلی جوش گلویی) $2 \times 0.5 \times 500^2 \times 0.855 = 0.214$ اینچ مربع

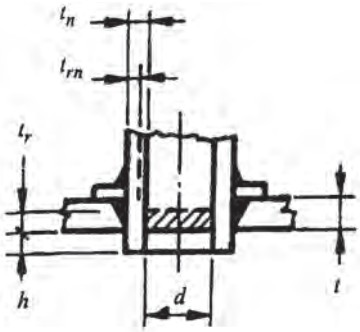
مساحت کل قابل دسترس = 2.816 اینچ مربع

نیازی به تقویت‌سازی اضافی نیست.

***مثال‌ها***

***(مثال 3)***

**اطلاعات طرح:**




اینچ 48 : قطر داخلی پوسته
در دمای 200°F 300psi: فشار طرح
پلیت (ورق) 60–516–SA به ضخامت اینچ 0.500: مواد پوسته
مخزن به‌طور کامل رادیوگرافی شده است، E=1
هیچ‌گونه خوردگی مجاز وجود ندارد.
دیواره (جداره) با ضخامت 0.500 اینچ، SA=53B: مواد نازل
اینچ 0.5: امتداد نازل در داخل مخزن
نازل از میان درزهای اصلی عبور نمی‌کند.
اینچ 0.375: اندازه جوش‌های گلویی
(لایی یا پد تقویت‌سازی برای گردن نازل)

**ضخامت دیواره (جداره) مورد نیاز:**

پوسته $t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{300 \times 24}{17{,}100 \times 1 - 0.6 \times 300} = 0.426$ in. اینچ

نازل $t_{rn} = \frac{PR_n}{SE - 0.6P} = \frac{300 \times 3.8125}{17{,}100 \times 1 - 0.6 \times 300} = 0.068$ in. اینچ

**مساحت تقویت‌سازی مورد نیاز:**

$A = d \times t_r = 7.625 \times 0.426 =$

**مساحت تقویت‌سازی قابل دسترس:**

$A_1$ = (اضافی پوسته) بزرگ‌تر از موارد زیر :

$(t - t_r)\, d = (0.500 - 0.426)\, 7.625 = 0.564$ اینچ مربع 0.564 sq. in.

$(t - t_r)\,(t_n + t)\, 2 = (0.500 - 0.426)\,(0.500 + 0.500)\, 2 = 0.148$ sq. in.

$A_2$ = (اضافی گردن نازل) کوچک‌تر از موارد زیر :

$(t_n - t_{rn})\, 5t = (0.500 - 0.068)\, 5 \times 0.5 = 1.08$ اینچ مربع

یا

$(t_n - t_{rn})\, 5t_n = (0.500 - 0.068) 5 \times 0.5 = 1.08$ اینچ مربع

$A_3$ = (پیش‌آمدگی داخلی) $t_n \times 2h = 0.500 \times 2 \times 0.5 =$ 500 اینچ مربع

$A_4$ = (مساحت جوش گلویی) $0.375^2$

اینچ مربع 0.141 : جمع کل
(مساحت لایی (پد) جوش پوسته
درنظر گرفته نشود).

اینچ مربع 2.285 = مساحت کل قابل دسترس

این مساحت کمتر از مساحت مورد نیاز است. بنابراین، اختلاف توسط یک عنصر (جزء) تقویتی فراهم شود. ممکن است آن یک گردن نازل سنگین‌تر با امتداد بیشتر نازل در داخل مخزن یا لایی (پد) تقویتی باشد. اگر از لایی تقویتی استفاده شود، آنگاه: اینچ مربع 0،964=2.285–3.249 . اگر از پلیت (ورق) 60–516–SA به ضخامت 0.375 اینچ برای لایی تقویتی استفاده شود، عرض لایی برابر است با: 2.571=0.375/0.964

8.625: قطر بیرونی لوله: قطر بیرونی لایی تقویتی

2.571: عرض لایی تقویتی

اینچ 11.196: جمع کل

## مقاومت اتصال نازل‌های مخزن

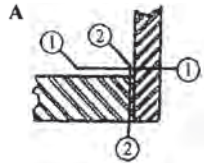
احتمال بـــروز نقص در جوش‌ها و گـــردن نازل در محل نازل‌های مخـــزن وجود دارد (شکل‌های A و B). مقاومت جوش‌ها و گردن نازل با حداقل مقدار موارد زیر برابر است:

1. مقاومت کششی مساحت عنصر تقویت‌سازی
2. مقاومت کششی مساحت a($A=d\times t_i$) کمتر از مقاومت کششی اضافی مخزن($A_1$) باشد.

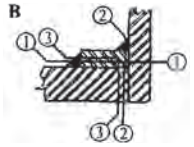
مقدار تنش مجاز جوش‌ها همان مقدار تنش مواد ضعیف‌تر متصل شـــده می‌باشد که با ضرب در ضرایب زیر به‌دست می‌آید:

0.74 کشش جوش شیاری
0.60 برش جوش شیاری
0.49 برش جوش گلویی

مقدار تنش مجاز گلویی تحت برش از حاصل ضرب مقدار تنش مجاز مواد در عدد 0.70 به‌دست می‌آید.

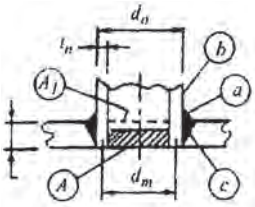



مسیرهای احتمالی بروز نقص:
1. مسیر ①.... ①
2. مسیر ②.... ②




مسیرهای احتمالی بروز نقص:
1. مسیر ①.... ①
2. مسیر ②.... ②
3. مسیر ③.... ③

***مثال (4)***




اینچ مربع $A_1=0.484$، اینچ مربع $A=2.397$
قطر بیرونی نازل اینچ $d_a=6.652$
قطر متوسط نازل اینچ $d_m=6.193$
مقدار تنش مجاز مواد مخزن $S=20000psi$
مقدار تنش مجاز مواد نازل $s_n=17100psi$
ضخامت دیواره (جداره) نازل اینچ $t_n=0.432$
ضخامت دیواره (جداره) مخزن اینچ $t=0.500$
پایه جوش گلویی اینچ $=0.375$

مقاومت بار نازل را کنترل کنید که باید توسط جوش‌ها تحمل شود.
پوند $3826=20000\times(2.397-0.484)=S(A-A_1$ (بار جوش‌های
مقدار تنش جوش‌ها:
$0.49\times20000=9800psi$ : نیروی برشی جوش گلویی
$0.74\times2000=14800psi$ : کشش جوش گلویی
$0.70\times17100=11970psi$ : مقدار تنش برشی دیواره (جداره) نازل
مقاومت جوش‌ها و گردن نازل:

$$\frac{\pi d_n}{2}\times \text{پایه جوش} \times 9,800 = 10.4065\times0.375\times9,800 = 38243$$

a. نیروی برشی جوش گلویی پوند

$$\frac{\pi d_m}{2}\times t_n\times11,970 = 9.72\times0.432\times11,970 = 50,262$$

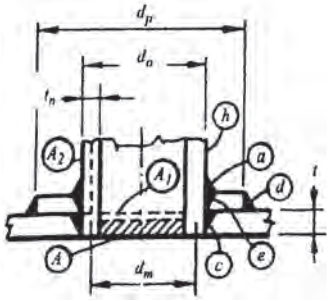
b. نیروی برشی دیواره (جداره) نازل پوند
c. کشش جوش شیاری پوند

$$\frac{\pi d_n}{2}\times t\times14,800 = 10.4065\times0.500\times14,800 = 77,008$$

**مسیر احتمالی بروز نواقص:**
1. مسیر a و b پوند $38243+50262=88505$
2. مسیر a و c پوند $38243+77008=115251$
هر دو مسیر قوی‌تر از مقاومت مورد نیاز 38260 پوند است.

*مثال (5)*

**اطلاعات طرح:**




$A_2$=0.907 اینچ مربع، $A_1$=0.641 اینچ مربع، A=3.175 اینچ مربع
$d_p$=12.845 قطر بیرونی لایی (پد) تقویتی اینچ
$d_a$=8.625 قطر بیرونی نازل اینچ
$d_m$=8.125 قطر متوسط نازل اینچ
s=20000psi مقدار تنش مجاز مواد مخزن
$s_n$=17100psi مقدار تنش مجاز مواد مخزن
t=0.5000 ضخامت دیواره (جداره) مخزن اینچ
=0.375 پایه گلویی – جوش a اینچ
=0.250 پایه گلویی – جوش d اینچ
$t_e$=0.250 ضخامت لایی (پد) تقویتی

مقاومت اتصالات نازل کنترل شود.

بار جوش‌ها:

$$(A - A_1)S = (3.172 - 0.641) \times 20{,}000 = 50{,}620 \text{ lb.}$$

بار جوش‌های a، c، e:

$$(A_2 + 2\,t_n t)S = (0.907 + 2 \times 0.500 \times 0.500) \times 17{,}100 = 24{,}059 \text{ پوند}$$

مقدار تنش جوش‌ها:

نیروی برشی جوش گلویی $0.49 \times 20{,}000 = 9{,}800$ psi

کشش جوش شیاری $0.74 \times 20{,}000 = 14{,}800$ psi

مقدار تنش برش دیواره (جداره) نازل:

$$0.70 \times 17{,}100 = 11{,}970 \text{ psi}$$

مقاومت جوش‌ها و گلویی نازل:

a. نیروی برشی جوش گلویی

$$\frac{\pi d_0}{2} \times \text{پایه جوش} \times 9{,}800 = 13.55 \times 0.375 \times 9{,}800 = 49{,}796 \text{ پوند}$$

b. نیروی برشی دیواره (جداره) نازل

$$\frac{\pi d_m}{2} \times t_n \times 11{,}970 = 12.76 \times 0.500 \times 11{,}970 = 76{,}368 \text{ پوند}$$

c. کشش جوش شیاری

$$\frac{\pi d_0}{2} \times \text{پایه جوش} \times 14{,}800 = 13.55 \times 0.500 \times 14.800 = 100{,}270 \text{ پوند}$$

d. نیروی برش جوش گلویی

$$\frac{\pi d_p}{2} \times \text{پایه جوش} \times 9{,}800 = 20.18 \times 0.25 \times 9.800 = 49{,}433 \text{ پوند}$$

e. کشش جوش شیاری

$$\frac{\pi d_0}{2} \times \text{پایه جوش} \times 14{,}800 = 13.55 \times 0.25 \times 14{,}800 = 50{,}128 \text{ پوند}$$

مسیر احتمالی بروز نواقص:

1. مسیر b و d: $76{,}368 + 49{,}433 = 125{,}801$ پوند
2. مسیر c و d: $100{,}270 + 49{,}433 = 149{,}703$ پوند
3. مسیر a، c، e: $49{,}796 + 100{,}270 + 50{,}128 = 200{,}194$ پوند

- مسیرهای 1 و 2 قوی‌تر از مقاومت کل 50620 پوند هستند.
- مسیر 3 قوی‌تر از مقاومت 24059 پوند است.
- مقاومت جوش گلویی بیرونی به‌میزان 49433 پوند قوی‌تر از مقاومت لایی (پد) تقویتی است:

$$(d_p - d_a)t_e \times S = (12{,}845 - 8{,}625) \times 0.25 \times 20{,}000 = 21{,}100 \text{ پوند}$$

ادامه دارد...

# هیدرودینامیک پمپ‌ها

## دینامیک حباب‌ها، صدمه و صدا

نوشته: پروفسور کریستوفر ارلز برنن / ترجمه: دکتر محمد شهرخ‌خانی

*ساز و کار صدمه کاویتاسیونی*

اختلال‌های شدید ناشی از فروپاشی حباب‌های کاویتاسیونی می‌تواند دارای دو منشـــا جداگانه باشد. اولین منشـــا به این حقیقت مرتبط است که شـــکل حباب در حال فروپاشی ممکن اســـت بی‌ثبات گردد. Naude و Ellis (1961) وBenjami و (1966) Ellis مشـــاهده کردند که با وقوع فروپاشـــی در نزدیک یک ســـطح جامد، شکل در حال تغییر متقارن کروی، در بخشی که از دیوار دورتر است (نگاه کنید به شکل 68)، به‌صورت فواره‌ای از مایع پرشتاب بدل می‌شـــود. در مورد این «فـــواره رو به‌داخـــل»، Plesset وChapman (1971) محاســـباتی عددی انجام دادند که توافق خوبی با مشاهدات تجربی Lauterborn و Bolle (1975) داشـــتند. از آن زمان به بعد روش‌های تحلیلی دیگری برای مطالعـــه تغییرات پارامتری جریان به‌کار گرفته شـــد. Blake و Gibson (1987)، این روش‌ها را مورد بررســـی قرارداده‌اند. این «ریزفواره» می‌تواند سرعت‌های بســـیار زیادی کسب نماید، به‌نحوی که ضربه آن روی طرف دیگر حباب، امواج شوک ایجاد نموده و باعث بارگذاری ضربه‌ای کاملا موضعی و متمرکزی روی سطح مجاور گردد.

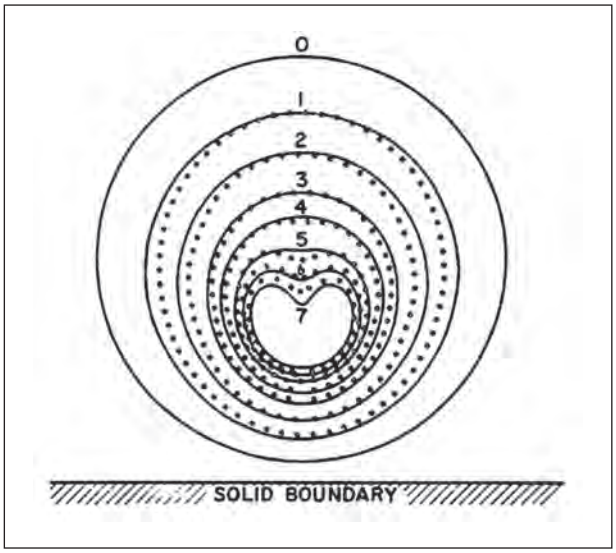
ضمنا متذکر می‌شـــویم که این اصلی اســـت که اســـاس کار بمب ضد

زیردریایی نیز می‌باشـــد. انفجار اولیه صدمه کمـــی وارد می‌کند، ولی حباب بســـیار بزرگی ایجاد می‌شـــود که با فروپاشـــی آن، فواره‌ای به‌داخل شکل می‌گیرد که جهت آن به‌طرف ســـطح جامد مجاور است. اگر این سطح، بدنه یک زیردریایی باشـــد، فروپاشـــی حباب می‌تواند صدمه عمده‌ای به کشتی وارد نماید. همچنین جالب توجه است که اگر حبابی، در نزدیکی سطح بسیار منعطف و یا سطح آزادی دچار فروپاشـــی گردد فواره‌ای از طرف مجاور این سطح به طرف آن ایجاد می‌شود و در نتیجه در خلاف جهت حرکت می‌کند. بعضی از محققین، امکان کمینه کردن صدمه کاویتاســـیون را با استفاده از پوشش منعطف سطح برای کمینه کردن تشکیل ریزفواره‌ها، مورد پژوهش قرار داده‌اند.

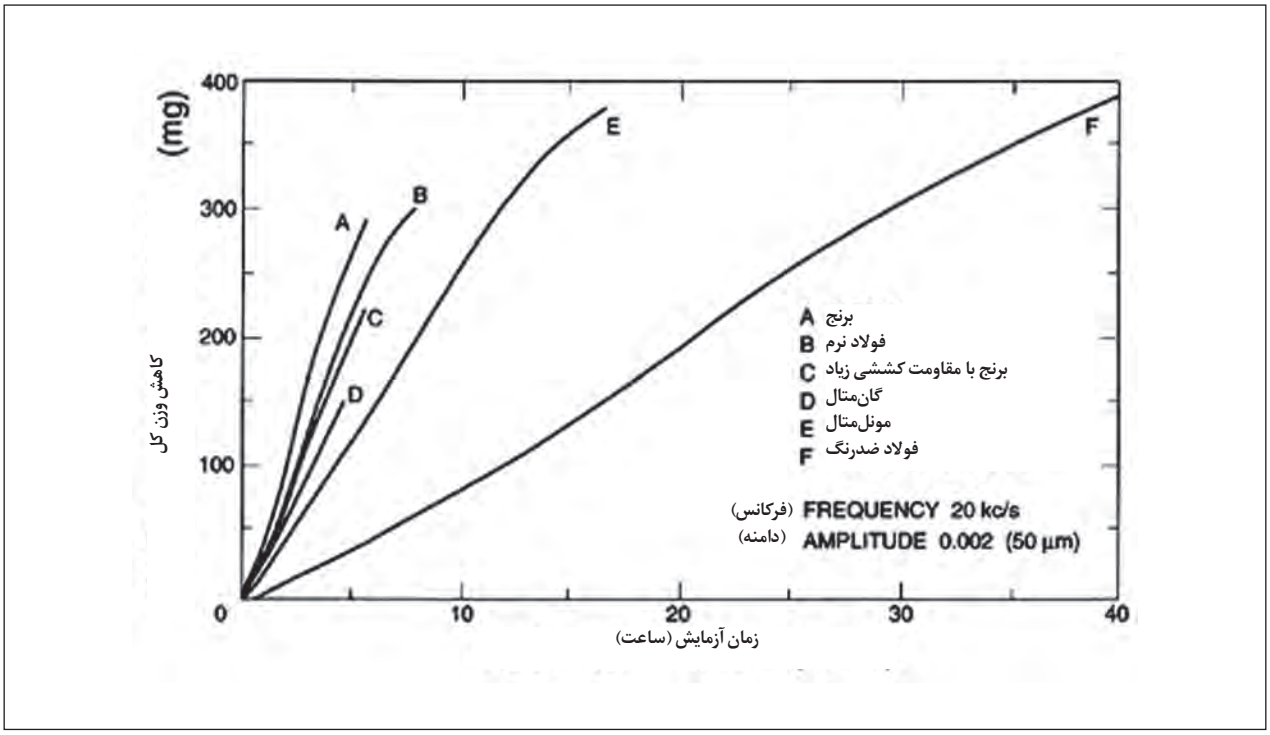
دومین اختلال شدید زمانی رخ می‌دهد که بقایای ابر حباب‌ها، که پس از ایجاد ریزفواره باقی می‌ماند، به حجم کمینه گاز/ بخار خود فرو پاشـــیده، ودومین موج شوک را ایجاد نماید که به سطح مجاور برخورد کند. ایجاد موج شوک در زمان فاز ضربه برگشـــت حرکت حباب، اولین‌بار توسط محاسبات Hickling و (1964) Plesset نشـــان داده شـــد. در تاریخ‌هـــای بعد Shima و دیگران (1981) مشـــاهدات جالبی از موج شـــوک کروی با استفاده از روش عکس‌برداری Schlieren، انجـــام دادند، و Fujikawa و (1980) Akamatsu از مواد جامد فتوالاستیک برای مطالعه امواج تنشی ایجاد شده در ماده جامد، استفاده کردند. اگرچه آن‌ها فقط امواج تنشـــی ناشی از فروپاشی بقایای ابر حبابی و نه تشکیل ریز فواره را مشـــاهده نمودند، Kimoto متعاقبا نشان داد که هم ریزفواره و هم بقایای ابر، امواج تنشـــی در جسم جامد ایجاد می‌کنند. اندازه‌گیری‌های وی نشـــان داد بارگذاری سطحی ناشی از بقایای ابر تقریبا دوتا سه برابر اثری است که توسط ریزفواره ایجاد می‌شود.

تا زمان‌های اخیر، عملا اکثر مشـــاهدات مشـــروح مربوط به فروپاشی حباب‌های کاویتاســـیون در مایعات ســـاکن صـــورت می‌گرفت. معذالک، مشاهدات متعدد اخیر تردیدهایی در مورد ارتباط این نتایج با اکثر سامانه‌های جاری را مطرح نمود. Ceccio و (1991) Brennen مشـــاهدات مشروحی در مورد فروپاشی حباب‌های در حال کاویتاسیون در جریان‌های اطراف اجسام به عمل آوردند و مشـــاهده نمودند که قبل از فروپاشـــی، این حباب‌ها اغلب توسط برش لایه مرزی یا آشـــفته بودن جریان، دچار تغییر شکل می‌گردند. به‌علاوه Chahine (مکاتبه شخصی) محاسباتی شبیه به محاسبات Plesset و Chapman انجام داده ولی چرخش ناشی از برش را نیز درنظر گرفته و به این یافته رســـیده که ریزفواره به‌نحو چشم‌گیری توسط جریان، اصلاح و کاهش می‌یابد.

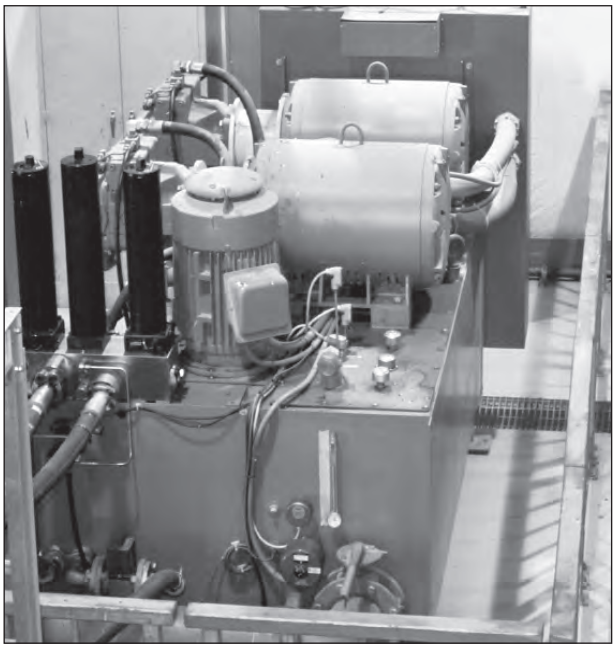
جنبه مهم دیگر از پدیده صدمه کاویتاسیون، واکنش ماده در مرز جامد به بارگذاری ناشی از شوک‌های مکرر (یا چکش *آبی*) است. معیارهای مختلفی برای تعیین مقاومت مواد خاص در مقابل صدمه کاویتاســـیون پیشنهاد شده اســـت (برای نمونه، نگاه کنید بـــه Thiruvengadam–1967). این معیارها




**شکل (68): فروپاشـــی یک حباب کاویتاسیون نزدیک به یک مرز جامد. شکل‌های تئوری Plesset و Chapman (1971) با خطوط پر، در مقایسه با مشاهده‌های تجربی Lauterborn و Bolle (1975) با نقطه‌چین، نشان داده شده است**




**شکل (69): نمونه‌هایی از کاهش وزن ناشی از صدمه‌های کاویتاسیون به‌صورت تابعی از زمان. داده‌ها توسط آزمایش‌های ارتعاشی با مواد مختلف تهیه شده است.**



عمدتا ذهنی و تجربی می‌باشند، و در اینجا بازبینی نمی‌شوند. خواننده برای مطالعه گزارش مشروح در مورد مقاومت نسبی مواد مختلف در مقابل صدمه کاویتاسیون به نوشته Daily، Knapp و Hammitt (1970) رجوع کند. اغلب این مقایسه‌ها بر اساس آزمایش در سامانه‌های در حال جریان نبوده، بلکه نتایج حاصل از واکنش نمونه‌های مواد مختلف است که در داخل مخزنی از مایع ساکن با فرکانس زیاد (KHz20) لرزانده شوند. نمونه‌ها در فواصل زمانی منظم برای تعیین مواد اتلافی، توزین می‌شوند که نتایج به صورت نمونه در شکل (69) نشان داده شده است.

توجه شود وفق این داده‌ها، نرخ نسبی فرسایش را می‌توان به‌صورت تقریبی با مقاومت ساختمانی ماده مرتبط نمود. به‌علاوه، نرخ فرسایش لزوما با زمان ثابت باقی نمی‌ماند. این اثر ممکن است ناشی از اختلاف‌های بین پاسخ حباب در حال فروپاشی به سطح صاف در مقایسه با سطحی باشد که قبلا در اثر صدمه زبر و ناهموار شده است. نهایتا، توجه شود که کم شدن وزن هر ماده فقط پس از مدت معینی از دوره نگهداری شروع می‌گردد.

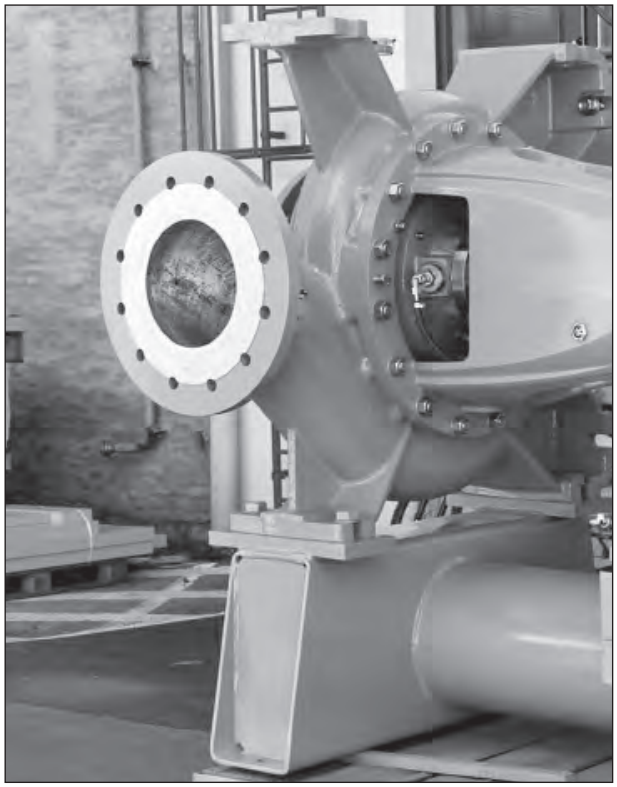
داده‌های مربوط به نرخ فرسایش در پمپ‌ها بسیار محدود می‌باشد زیرا زمان لازم برای انجام این آزمایش‌ها طولانی است. داده‌های موجود

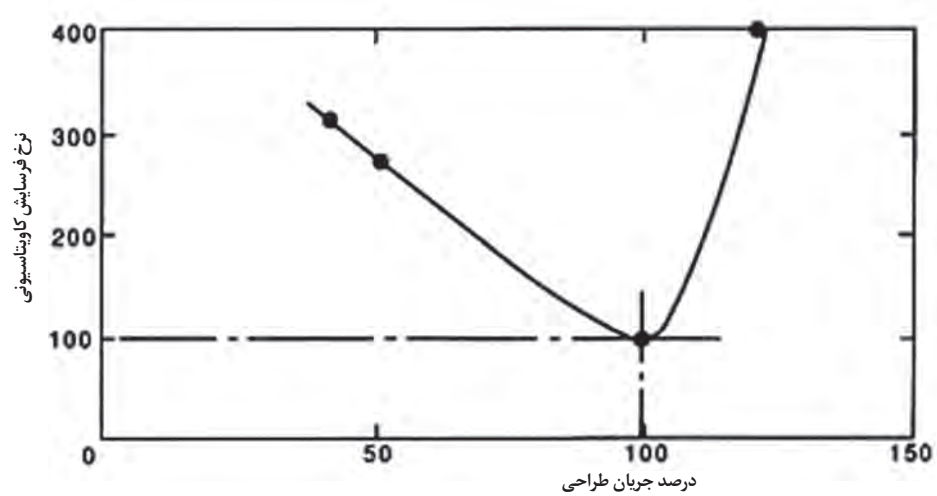
(Mansell 1974) نشان می‌دهد که نرخ فرسایش، تابعی از شرایط کار یعنی عدد کاویتاسیون و ضریب جریان است. نفوذ پارامتر دوم در شکل (70) به نمایش گذاشته شده است. این منحنی اساسا بازتابی است از آنچه در شکل‌های (71) و (72) نشان داده شده است. در شرایط غیر از طراحی، افزایش زاویه برخورد منجر به افزایش کاویتاسیون می‌گردد و در نتیجه اتلاف وزن افزایش می‌یابد.

### صدای کاویتاسیون

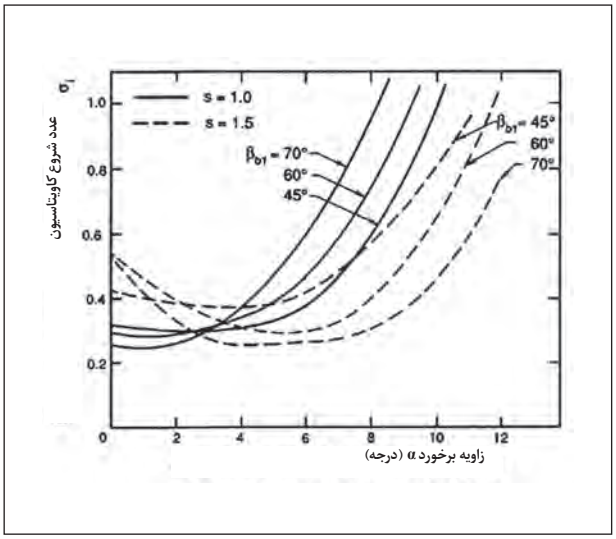
شدت فروپاشی حباب کاویتاسیون نیز صدا تولید می‌کند. در بسیاری از شرایط عملی، اهمیت صدا نه‌فقط به‌خاطر لرزه‌هایی است که ایجاد می‌کند بلکه همچنین به‌سبب اعلام وجود کاویتاسیون و بنابراین خطر بروز صدمه کاویتاسیون می‌باشد. در حقیقت، غالبا بزرگی صدای کاویتاسیون به‌عنوان معیار خامی برای اندازه‌گیری نرخ فرسایش کاویتاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان نمونه، Lush و Angell (1984) نشان داده‌اند که در یک جریان مشخص و به‌ازای عدد کاویتاسیون معین، نرخ اتلاف وزن به‌سبب صدمه کاویتاسیون، در تغییر سرعت جریان، با صدا مرتبط است.

قبل از هرگونه بحثی در مورد صدای کاویتاسیون، شناختن فرکانس طبیعی حباب منفردی که در مایع ساکنی به نوسان در آید مفید است. این فرکانس طبیعی را می‌توان از معادله Raileigh–Plesset با جایگزینی عبارتی شامل یک عدد ثابت، $R_E$ به‌علاوه یک اختلال کوچک سینوسی با دامنه R در فرکانس عمومی ω، به‌جای R(t)، تعیین نمود.

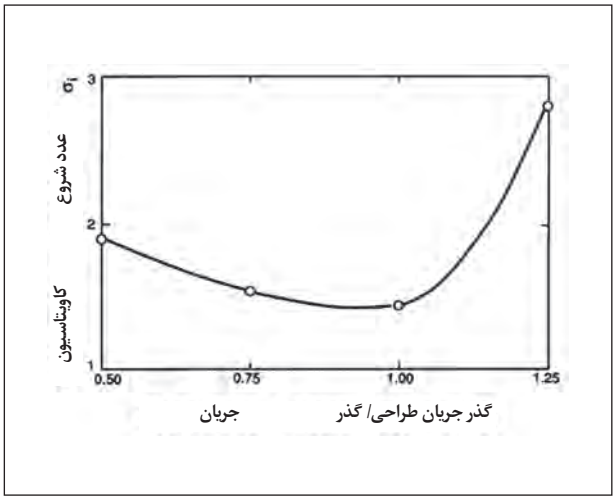





**شکل (70): نرخ فرسایش ناشی از کاویتاسیون در یک پمپ سانتریفوژ به‌صورت تابعی از گذر جریان نسبت به گذر جریان طراحی**




**شکل (72): تغییرات عدد کاویتاسیون شروع، با گذر جریان برای یک پمپ سانتریفوژ**




**شکل (71): عدد کاویتاسیون شروع $\sigma_i$ (یا $-C_{pmin}$)، به‌عنوان تابعی از زاویه پره $\beta_{b1}$، استحکام s و زاویه برخورد α، برای ردیفه متشکل از هیدروفویل‌های NACA-65-010.**

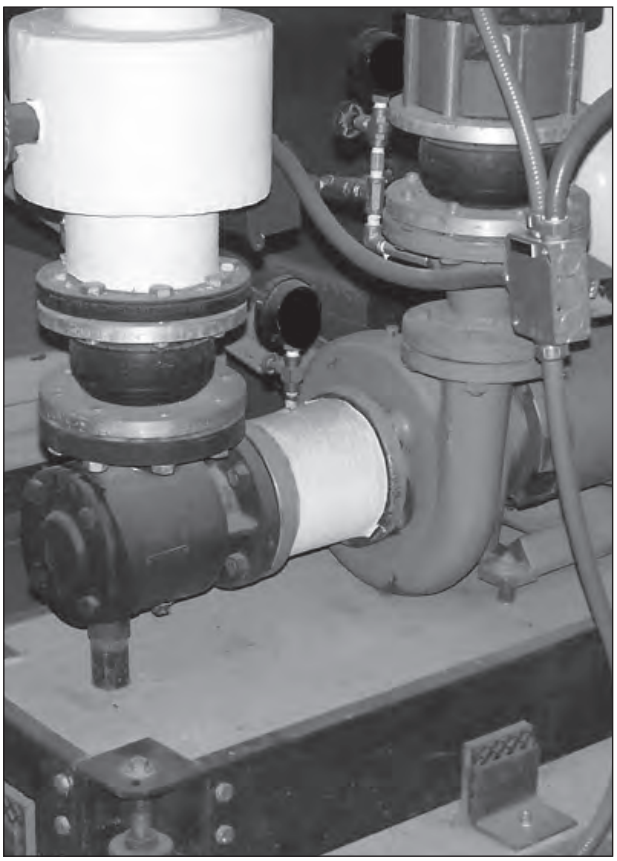
نوسان‌های حالت پایدار مانند این مورد، فقط با اعمال فشار p(t)، شامل یک مقدار ثابت $\bar{P}$ به‌علاوه یک اختلال کوچک سینوسی با دامنه $\bar{P}$ در فرکانس ω، حفظ می‌گردد. با تامین رابطه بین اختلال‌های خطی R و $\bar{P}$ از معادله Raileigh–Plesset، می‌توان دریافت که نسبت $R/\bar{P}$ به‌ازای فرکانس تشدید شده $\omega_p$ دارای بیشینه به‌صورت زیر است:

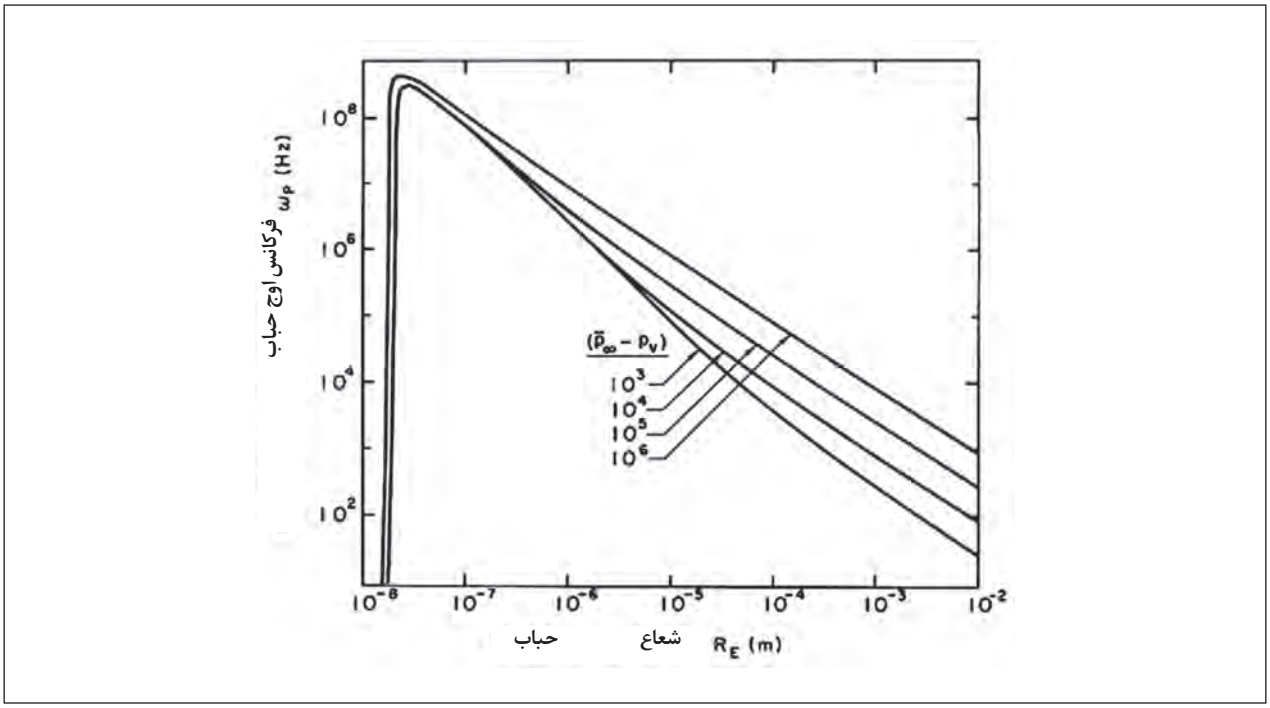
$$\omega_p = \left[\frac{3(\bar{P}-p_V)}{\rho_L R_E^2} + \frac{4\varsigma}{\rho_L R_E^3} - \frac{8\nu^2}{R_E^4}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (14)$$

نتایج این محاسبات برای حباب‌ها در آب با دمای 300°K در شکل (73) به‌ازای سطوح مختلف فشار متوسط، $\bar{P}$ نشان داده شده است. توجه شود که حباب‌های کوچک‌تر از 0.02 μm به‌صورت فوق بحرانی میرا شده‌اند.

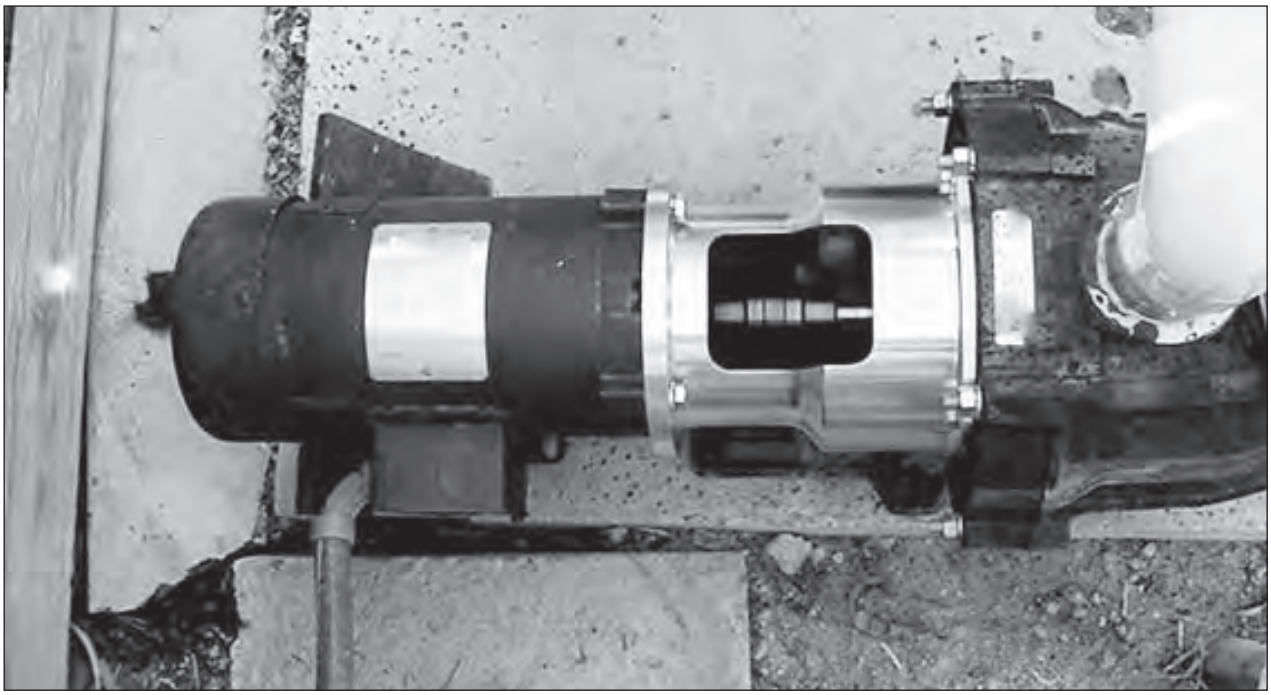
هسته‌های کاویتاسیون در اندازه‌های نمونه 100→10 μm دارای فرکانس‌های تشدید در دامنه 100→10 zHk می‌باشند. اگرچه هسته‌ها تا اندازه زیادی به‌صورت غیر خطی توسط کاویتاسیون، تحریک می‌شوند، می‌توان انتظار داشت که طیف صدایی که این فرایند ایجاد می‌کند دارای بیشینه‌ای در فرکانس اوج است که متناظر با اندازه اکثریت غالب هسته‌هایی است که در کاویتاسیون شرکت می‌کنند.

این به‌طور نمونه متناظر با شعاع بحرانی است. برای مثال، اگر اندازه بحرانی هسته‌ها در دامنه 100–10 μm باشد وفق شکل (73) می‌توان انتظار داشت که فرکانس صدای کاویتاسیون در دامنه 100–10 kHz است. این در واقع دامنه نمونه فرکانس‌هایی است که در کاویتاسیون ایجاد می‌شود.






**شکل (73): فرکانس طبیعی حباب، $\omega_p$ برحسب Hz به‌صورت تابعی از شعاع حباب و اختلاف بین فشار تعادل و فشار بخار (برحسب $N/m^2$) برای آب در دمای $300^\circ K$**



Fitzpatrick و Strasberg (1956)، اولین پژوهشگرانی بودند که از معادله Raileigh–Plesset، برای پیش‌بینی صدای ناشـــی از فروپاشی حباب‌های منفرد و طیفی که چنین فرایندی ایجاد می‌کند، اســـتفاده شایانی کردند. در تاریخ‌های بعد، Ceccio و Brennen (1991) صدای حباب‌های منفرد در حال کاویتاســـیون را در جریان، ثبت نمودند. سیگنال نوعی صوتی در شکل (74) نشان داده شده اســـت. پالس مثبت که در حدود 450 µs رخ می‌دهد، متناظر با اولین فروپاشی حباب است. از آنجایی که فشار صوتی منتشره در این مورد، $p_A$ با مشتق دوم حجم حباب، V (t) با رابطه زیر مرتبط است.

$$p_A = \frac{\rho_L}{4\pi\ell}\frac{d^2V}{dt^2} \qquad (15)$$

(که $l$ در آن، فاصله اندازه‌گیری شده از مرکز حباب است)، پالس متناظر با مقادیر بسیار بزرگ $d^2V/dt^2$ است و زمانی روی می‌دهد که حباب، به اندازه کمینه‌اش در وسط زمان فروپاشـــی نزدیک است. متعاقب اولین پالس وفق شـــکل (74)، نوســـان‌هایی رخ می‌دهد که مرتبط با تاسیسات است و سپس دومین پالس در حدود 1100 µs وقوع می‌یابد. این متناظر با دومین فروپاشی است، در این آزمایش‌های خاص، فروپاشی‌های دیگری مشاهده نگردیده است.

معیار خوبی برای مقدار پالس فروپاشـــی در شکل (74)، ضربه صوتی، I می‌باشد که به‌عنوان سطح زیر منحنی تعریف شده است یا:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} p_A dt \qquad (16)$$

که، $t_1$ و $t_2$ زمان‌های قبل و بعد از رخ دادن پالس اســـت و در آن‌ها $p_A = 0$ می‌باشد. در شکل (75)، پالس‌های صوتی برای کاویتاسیون روی دو جسم محوری متقارن (اجسام ITTC و Schiebe)، با پالس‌های که از انتگرال‌گیری معادله Raileigh–Plesset، حاصل می‌شوند، مقایسه شده است. از آنجایی که در این محاسبات نظری فرض شده که حباب به‌شکل کروی باقی می‌ماند، اختـــلاف حاصله بین نتایج تجربی و نظری خیلی غیر عادی نمی‌باشـــد. در حقیقت تفسیر خوش‌بینانه شکل (75) این است که محاسبات نظری می‌توانند شدت صدای ایجادشده در یک حباب منفرد را با تقریب مرتبه بزرگی، تامین نمایند. سپس این نتیجه با چگالی توزیع تعداد هسته‌ها برای حصول معیاری از صدای تولیدی ترکیب می‌گردد (Brennen–1994).

صدای نمونه ناشی از حباب منفرد وفق شکل (74) منجر به طیف نشان داده‌شـــده در شـــکل (76) می‌گردد. اگر رویدادهای کاویتاسیونی در زمان به‌صورت تصادفی توزیع شوند، نتیجه متناظر با طیف کلی صدای کاویتاسیون خواهد بود. این طیف شامل فرکانس‌های مشخصه‌ای در دامنه 1→50kHz است (افت سریع در فرکانس حدود 80kHz نشان‌دهنده محدودیت عملکرد هیدروفونی است که در اندازه‌گیری‌ها مورد استفاده بوده است).

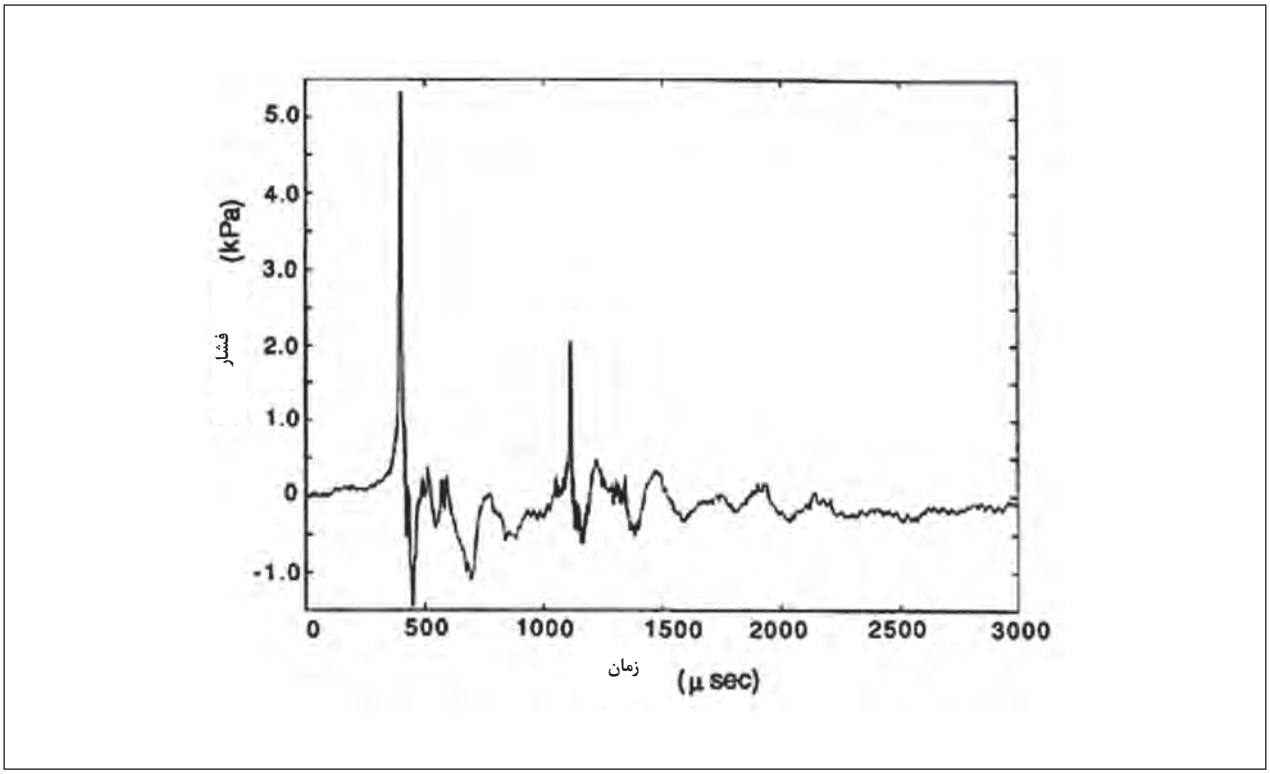
نمونه اندازه‌گیری‌های صـــدای حاصل از کاویتاســـیون در یک پمپ

محوری در شکل (77) نشان داده شـــده که مشخصه‌های مشابهی با شکل (76) دارد. سیگنال در شکل (77) به‌روشنی شـــامل بعضی از فرکانس‌های محور یا عبور پره‌هاســـت که در غیاب کاویتاسیون رخ می‌دهند، ولی ممکن است توســـط کاویتاســـیون، تقویت و یا تضعیف شوند. شـــکل (78) شامل داده‌های حاصل از ســـطح صدای کاویتاسیون در یک پمپ سانتریفوژ است. توجه شود که سطح صدا در فرکانس 40 kHz با شروع کاویتاسیون، افزایشی ناگهانی نشان می‌دهد، از جهت دیگر ســـطح صدا در فرکانس‌های محور و عبور پره‌ها فقط تغییرات جزئی با عدد کاویتاسیون را نشان می‌دهند. کاهش در سطح صدای کاویتاسیون در فرکانس 40 kHz با فرا رسیدن نقطه شکست کاویتاســـیون نیز از مشـــخصه‌های عمومی اندازه‌گیری‌های سطح صدای کاویتاسیون است.

سطح صدای تولیدشده توســـط جریان در حال کاویتاسیون، ناشی از دو عامل اســـت، یکی ضربه، I که در هر رویدادی ایجاد می‌شـــود (معادله 16) و دیگری نرخ رویداد یا تعداد رویدادها در ثانیه، $\dot{N}_E$. بنابراین سطح فشار صوتی، $p_S$ برابر است با:

$$p_S = I\dot{N}_E \qquad (17)$$

در اینجـــا، به‌اختصار در مورد مقیاس‌بندی دو جـــزء، I و $\dot{N}_E$ و در نتیجه مقیاس‌بندی سطح صدای کاویتاسیون، $p_S$ بحث می‌نماییم. تاکید می‌کنیم که بعضی از ضریب‌های تناســـب که در محاســـبات کمی لازم می‌باشند، در معادله‌های زیر حذف شده‌اند.




**شکل (74): سیگنال نمونه صوتی ناشی از یک حباب در حال فروپاشی**

هم مشـــاهدات تجربی وهم محاسبات بر اســـاس معادله Raileigh– Plesset نشان می‌دهد ضربه بدون بعد حاصل از یک رویداد کاویتاسیون که با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$I^* = 4\pi I\ell / \rho U D^2 \qquad (18)$$

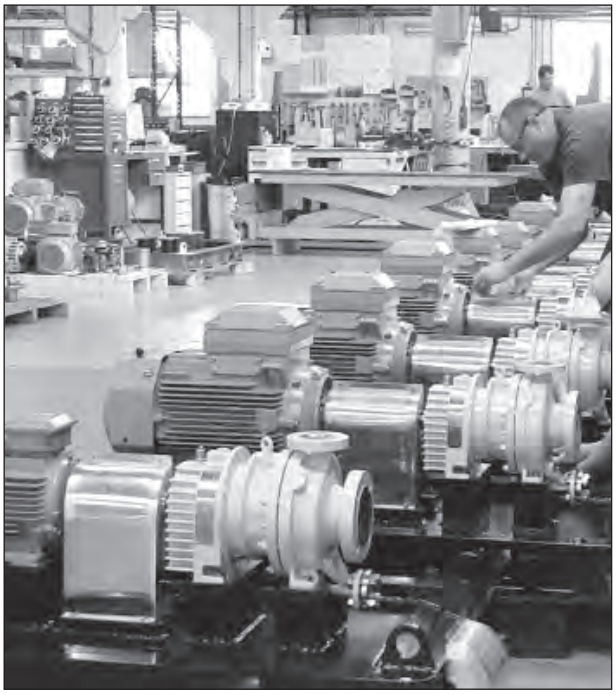
(و در آن U و D ســـرعت و طول مرجع جریان می‌باشد)، با حجم بیشینه حباب کاویتاسیون (شعاع حجمی بیشـــینه معادل = $R_M$) رابطه بسیار موثری داشته و عملا مستقل از ســـایر پارامترهای جریان ظاهر می‌شود. بیان این رابطه به‌صورت بی‌بعد به‌صورت زیر است:

$$I^* \approx R_M^2 / D^2 \qquad (19)$$

بنابراین:

$$I \approx \rho U R_M^2 / \ell \qquad (20)$$

ارزیابی ضربه ناشـــی از رویداد واحد با تخمین اندازه بیشینه حباب، $R_M$ تکمیل می‌گردد. به‌عنـــوان مثال، پیش از ایـــن $R_M$ را برای حباب متحرک کاویتاســـیون برآورد نمودیم (معادله 12)، و معلوم شد که این پارامتر، به‌ازای



عدد کاویتاسیون معینی، مستقل از U می‌باشد. بنابراین در این حالت I به‌صورت خطی با U مربوط است.

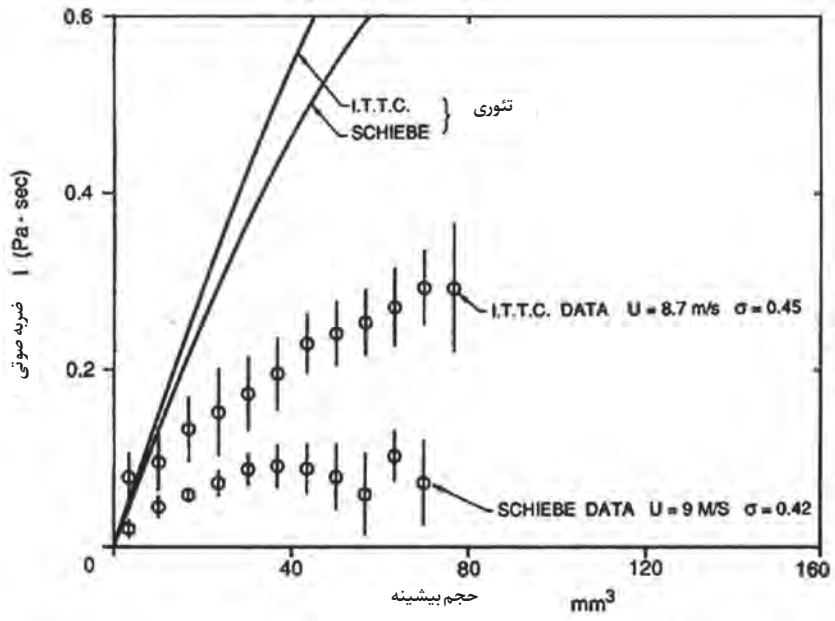
مدل‌سازی در مورد نرخ رویدادها، $\dot{N}_E$ می‌تواند از آنچه ابتدا به‌نظر می‌رسد، پیچیده‌تر باشد. اگر همه هسته‌هایی که از یک لوله جریان معین جریان می‌یابند (مثلا با سطح مقطع، AN در جریان پاد مرجع)، دچار کاویتاسیون مشابهی شوند بنابراین به روشنی نتیجه زیر حاصل می‌گردد:

$$\dot{N}_E = NA_N U \qquad (21)$$

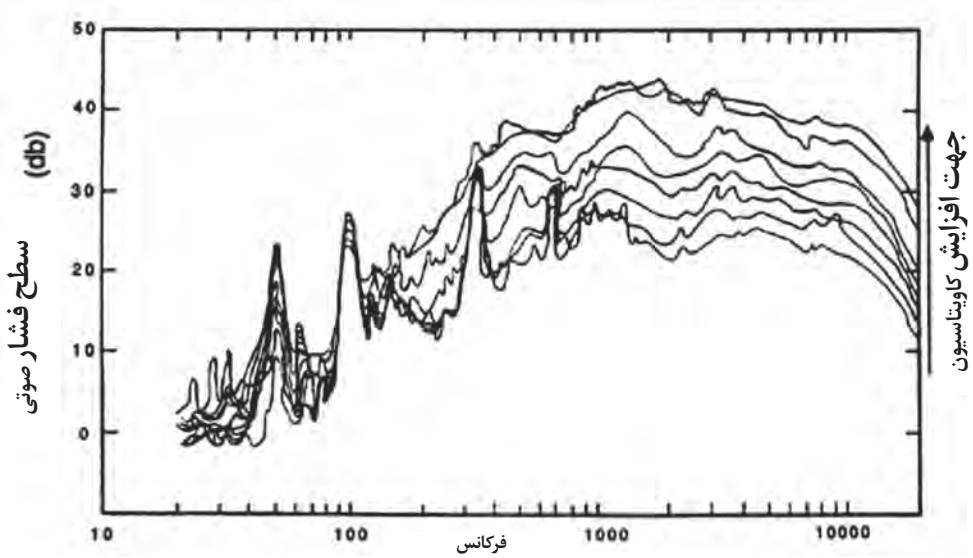
که در آن N چگالی هسته‌ها (تعداد هسته‌ها در واحد حجم) می‌باشد. بنابراین سطح فشار صوتی با جایگزینی معادله‌های (21)، (20) و (12) در معادله (17) به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$p_S \approx \rho U^2 (-\sigma - C_{p\min})^2 A_N N D^2 / \ell \qquad (22)$$

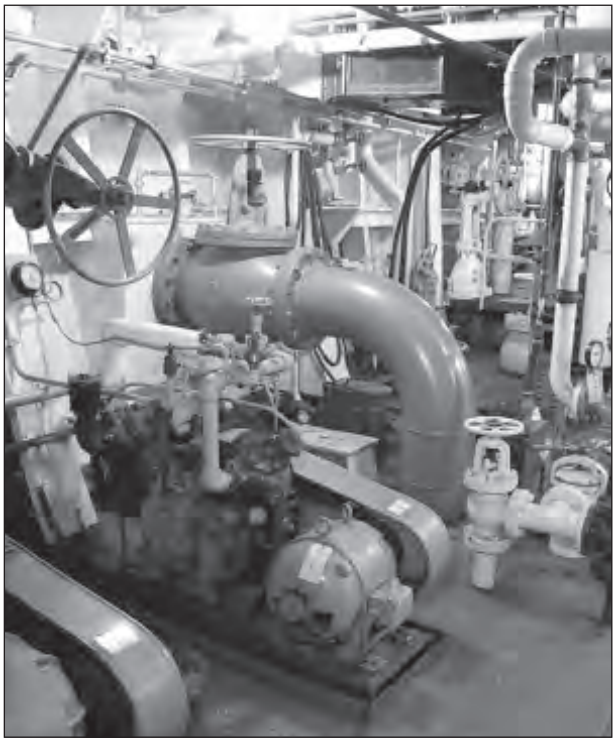
که در آن بعضی از ثابت‌ها که از مرتبه واحد می‌باشند، حذف شده است. برای حالتی که مورد بحث قرار گرفت، معادله (22) سطح فشار صوتی را با $U^2$ و $D^4$ مقیاس نموده است (زیرا $A_N$ با $D^2$ متناسب است). این مقیاس‌بندی با سرعت، با اغلب مشاهدات انجام‌شده در جریان حباب‌های ساده متحرک، تطبیق دارد (به‌عنوان مثال، Wolpert، Blake و Arakeri، 1977 – Geib و




**شکل (75): ضربه صوتی، I که در اثر فروپاشی یک حباب واحد کاویتاسیونی ایجاد می‌گردد. داده‌ها برای دو جسم متقارن محوری به‌عنوان تابعی از حجم بیشینه، پیش از فروپاشی نشان داده شده است. همچنین نتایج معادل از تحلیل‌های معادله Raileigh–Plesset ترسیم شده است.**

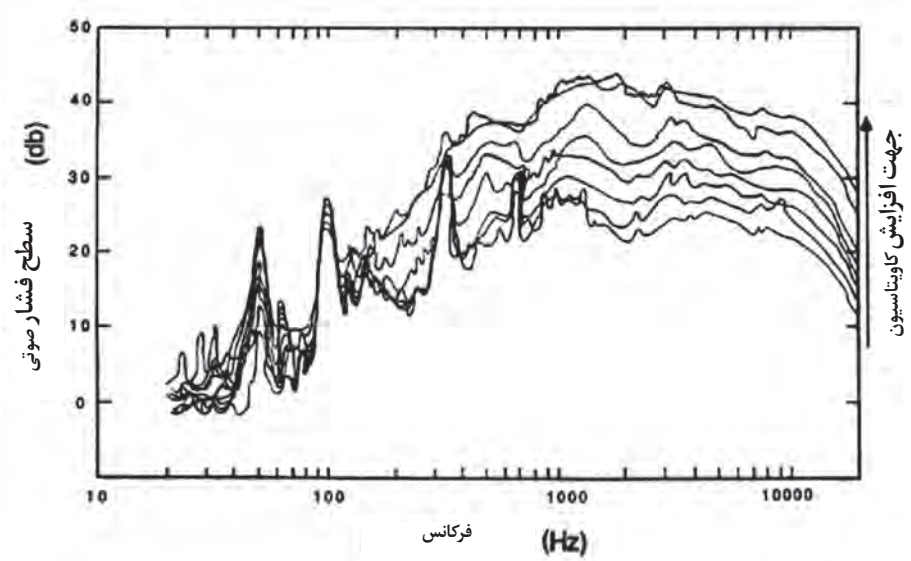



**شکل (76): طیف صدای نمونه حاصل از کاویتاسیون حباب برای اعداد کاویتاسیون مختلف نشان داده شده است.**

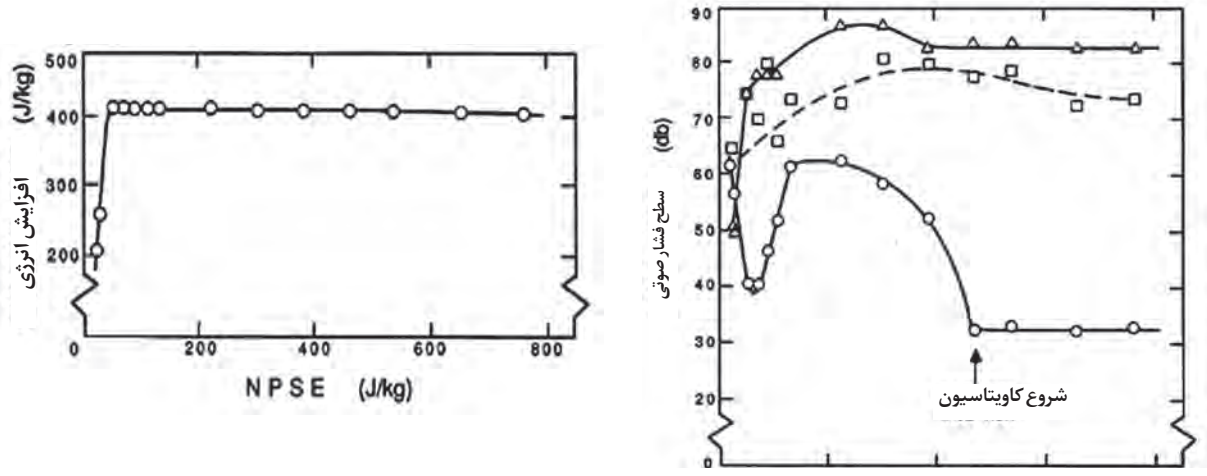


Shangumarathan – 1985). معذالک تعـــدادی از عوامل پیچیده‌کننده نیز وجود دارد. اولا، همان‌گونه که پیش‌تر از این بحث شـــد، فقط هسته‌هایی که بزرگ‌تر از اندازه بحرانی معین، $R_c$ می‌باشند، عملا رشد کرده و به حباب کاویتاسیونی تبدیل می‌گردند، و از آنجایی که $R_c$ تابع $\sigma$ و سرعت U می‌باشد، N نیز تابع $R_c$ و U خواهد بود. و چون $R_c$ با افزایش U کاهش می‌یابد، بنابراین $p_s$ تابع قانون توانی سرعت یعنی به‌صورت $U_m$ خواهد بود که در آن m بزرگ‌تر از 2 است.

برای کاویتاسیونی که با نوسان‌های آشفته‌ای مانند فواره آشفته، ایجاد می‌شـــود، قانون‌های مقیاس‌بندی متفاوتی به‌کار می‌روند (به‌عنوان مثال نگاه کنید بـــه: Franklin، 1985 – Ooi و1984 – McMillan). ســـپس برآورد، اختلاف فشـــار نمونه و زمان اعمال این اختلاف فشار به هسته هنگامی که در امتداد یک مســـیر تقریبا لاگرانژی در جریان آشفته حرکت می‌کند، بسیار مشکل‌تر است. در نتیجه، برآورد سطح فشار صوتی ناشی از کاویتاسیون در جریان‌های آشفته و مقیاس‌بندی این صوت با سرعت، بسیار کم فهمیده شده است.




**شکل (77): طیف نمونه که افزایش صدا را با افزایش عدد کاویتاسیون در یک پمپ با جریان محوری نشان می‌دهد.**




**شکل (78): رابطه بین عملکرد کاویتاسیونی، صدا و لرزش ایجادشده در سه سطح فرکانس در یک پمپ سانتریفوژ، سه سطح فرکانس عبارتند از: فرکانس محور ( ■ )، فرکانس عبور پره‌ها ( ▲ ) و فرکانس 40 kHz ( ● )**

*ادامه دارد...*

# سیستم فاضلابی

# سوپر درین

- کم صداتر
- مدرج
- **تنوع در**
  طول، زاویه، قطر و نوع لوله
- مقاوم در برابر آب داغ و مواد شیمیایی

محصولی از سوپرپایپ

دارای استانداردهای جهانی و گواهی‌نامه فنی
**مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن**


● فروشگاه گاز ایران عامل فروش محصولات سوپرپایپ
● خیابان خیام شمالی، کوچه روحی، پاساژ ۱۱۰، زیر همکف، شماره ۱۳ تلفن:۳۳۹۹۲۵۰۷، ۳۳۹۹۲۵۰۸

سوپرپایپ اینترنانشنال (سهامی خاص)
SUPERPIPE INTERNATIONAL