

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب

نشریه شماره ۴۷۰

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

<http://tec.mporg.ir>



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره: ۱۰۰/۹۳۷۵	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۸۸/۲/۷	

موضوع:

راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۷۰ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیر منصور برقی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت
برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی
Email: tsb.dta@mporg.ir web: <http://tec.mporg.ir/>

بسمه تعالی

پیش‌گفتار

طبق نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران) استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیدایش، مطالعات توجیهی، طراحی پایه و تفصیلی، اجرا، راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری طرح‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری به لحاظ رعایت جنبه‌های توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، تامین کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور) با همکاری معاونت نظارت راهبردی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (دفتر نظام فنی اجرایی) به استناد آیین‌نامه اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب کرده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی؛
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی؛
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت؛
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور؛
- توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر موسسات تهیه‌کننده استاندارد.

نشریه حاضر به منظور شناخت و تعیین معیارها و ضوابط طراحی تلمبه‌خانه‌های آب شهری تهیه شده تا راهنمای مناسبی برای مجریان و بخش‌هایی که بررسی و تصویب طرح‌ها را به عهده دارند، باشد.

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با به کارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش کرده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند. با همه‌ی تلاش انجام شده قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد کرد.

در پایان، از تلاش و جدیت مدیرکل محترم دفتر نظام فنی اجرایی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و کارشناسان این دفتر، نماینده مجری طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد حاج‌رسولیه و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۸

ترکیب اعضای تهیه کننده، کمیته و ناظر(ان) تخصصی:

این راهنما در شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس و با مسوولیت آقای مهندس بهروز نظر بخش و همکاری افراد زیر تهیه شده است. اسامی این افراد به ترتیب حروف الفبا به شرح زیر می باشد:

آقای روح الله ترابی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
آقای غفار جهانگیری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی مکانیک
آقای ایرج قضایی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی برق
آقای بهروز نظربخش	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
آقای احمد نوربخش	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی مکانیک

گروه نظارتی که مسوولیت نظارت تخصصی بر تدوین این راهنما را به عهده داشته اند، به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای علیرضا تولایی	کارشناس آزاد	فوق لیسانس راه و ساختمان
خانم مینا زمانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور	لیسانس مهندسی شیمی
آقای مجتبی فاضلی	دانشگاه صنعت آب و برق	دکتری محیط زیست

اسامی اعضای کمیته تخصصی آب و فاضلاب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور که بررسی و تایید راهنمای حاضر را به عهده داشته اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای فرخ افرا	شرکت مهندسین مشاور سختاب	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای نعمت... الهی پناه	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق لیسانس هیدرولوژی
آقای ابوالقاسم توتونچی	شرکت مهندسین مشاور ایراناب	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای علیرضا تولایی	کارشناس آزاد	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای عباس حاج حریری	شرکت آب و فاضلاب استان تهران	فوق لیسانس مدیریت صنایع
خانم مینا زمانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور	لیسانس مهندسی شیمی
آقای جلال الدین شایگان	دانشگاه صنعتی شریف	دکترای مهندسی بیوشیمی
آقای علی اکبر هوشمند	شرکت تهران میراب	لیسانس مهندسی مکانیک

کارشناسان معاونت نظارت راهبردی:

آقای علیرضا دولتشاهی	دفتر نظام فنی اجرایی	لیسانس مهندسی کشاورزی
خانم فرزانه آقارمضانعلی	دفتر نظام فنی اجرایی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
خانم شهرزاد روشن خواه	دفتر نظام فنی اجرایی	کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک

در خاتمه از جناب آقای مهندس حسین شفیعی فر که با بازخوانی و ارائه نظرات مفید خود، در تهیه و تدوین این راهنما همکاری نموده اند، قدردانی می شود.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱.....	مقدمه
	فصل اول- هدف و دامنه کاربرد
۵.....	۱-۱- هدف
۵.....	۱-۲- دامنه کاربرد
	فصل دوم- تلمبه‌ها
۹.....	۱-۲- کلیات
۹.....	۲-۲- انواع تلمبه‌ها
۱۲.....	۳-۲- قسمت‌های اصلی تلمبه‌ها
۲۲.....	۴-۲- ملاحظات فنی و اقتصادی در مورد انتخاب اجزای اصلی تلمبه‌ها
	فصل سوم- مبانی تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌های آب
۲۵.....	۱-۳- تعیین مبانی طراحی تلمبه‌خانه
	فصل چهارم- انواع تلمبه‌خانه و ضوابط طراحی آن
۲۹.....	۱-۴- موقعیت تلمبه‌خانه
۳۰.....	۲-۴- انواع تلمبه‌خانه
۳۱.....	۳-۴- ملاحظات فنی طرح حوضچه مکش
۳۵.....	۴-۴- ملاحظات فنی از نظر زیبایی و حفاظت
۳۶.....	۵-۴- ملاحظات معماری
۳۸.....	۶-۴- ملاحظات سازه‌ای
۴۰.....	۷-۴- مسایل هیدرولیکی در تلمبه‌خانه
۴۱.....	۸-۴- عملکرد خودکار تلمبه‌خانه‌ها
۴۲.....	۹-۴- ملاحظات فنی در مورد ارتعاشات و صدای تولیدی تلمبه‌خانه‌ها
	فصل پنجم- سیستم تلمبه‌زنی
۴۷.....	۱-۵- گذر حجمی یا بده
۴۷.....	۲-۵- ارتفاع کل
۴۸.....	۳-۵- بازده تلمبه‌ها و توان مورد نیاز
۴۹.....	۴-۵- چرخ تلمبه‌ها
۴۹.....	۵-۵- منحنی‌های مشخصه

- ۵-۶- خلاءزایی ۵۲
- ۵-۷- ماشین محرکه تلمبه‌ها ۵۴
- ۵-۸- موتورهای با دور متغیر ۵۶
- ۵-۹- انتخاب نوع تلمبه ۵۶
- ۵-۱۰- مشخصات موجود در پیشنهاد فنی ۶۰
- ۵-۱۱- قوانین تشابه و سرعت مخصوص ۶۰
- ۵-۱۲- شرایط کارکرد مختلف و منحنی‌های مشخصه ۶۱
- ۵-۱۳- راه‌اندازی تلمبه و حداقل بده مجاز ۶۴

فصل ششم - لوله‌کشی تلمبه‌خانه‌ها

- ۶-۱- مبانی کلی لوله‌کشی ۶۹
- ۶-۲- لوله‌کشی داخلی تلمبه‌خانه‌ها ۷۰
- ۶-۳- شیرآلات و اتصالات ۷۰
- ۶-۴- نگهداری ۷۱
- ۶-۵- خط انتقال ۷۱
- ۶-۶- منحنی مشخصه مدار ۷۲
- ۶-۷- فاکتورهای هیدرولیک لوله و اتصالات ۷۴
- ۶-۸- ضربه قوچ ۷۵
- ۶-۹- ملاحظات فنی در کنترل ضربه قوچ ۷۶
- ۶-۱۰- انتخاب قطر و طراحی خط لوله مکش و رانش ۷۷

فصل هفتم - ضوابط طراحی برق تلمبه‌خانه‌ها

- ۷-۱- ملاحظات فنی ۸۱
- ۷-۲- ولتاژ ۸۱
- ۷-۳- پست‌های برق و ترانسفورماتور ۸۲
- ۷-۴- کلیدها ۸۳
- ۷-۵- لوله‌کشی و کابل‌کشی ۸۴
- ۷-۶- حفاظت در مقابل صاعقه ۸۴

فصل هشتم - تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری

- ۸-۱- کلیات ۸۷
- ۸-۲- دیاگرام فرایند کنترل ۸۷
- ۸-۳- اندازه‌گیری ارتفاع ۸۹
- ۸-۴- اندازه‌گیری جریان آب ۹۰

۵-۸- اندازه‌گیری فشار ۹۱

۶-۸- علایم هشداردهنده ۹۳

۷-۸- سیستم‌های کنترل ۹۳

فصل نهم- تجهیزات جانبی

۱-۹- آشناگیری ۹۷

۲-۹- جرثقیل ۹۸

۳-۹- لایروبی حوضچه مکش تلمبه‌خانه ۹۸

۴-۹- ملاحظات کلی در مورد جانمایی تاسیسات تلمبه‌خانه و ساختمان‌های جانبی ۹۹

۵-۹- گرمایش و سرمایش و تهویه ۹۹

۶-۹- تجهیزات ایمنی و حفاظتی ۹۹

۷-۹- تسهیلات بهداشتی ۱۰۰

۸-۹- تجهیزات دفتری ۱۰۰

۹-۹- تجهیزات پرکردن تلمبه پیش از روشن نمودن ۱۰۰

۱۰-۹- تلمبه تخلیه ۱۰۰

۱۱-۹- ملاحظات کلی در مورد جانمایی تاسیسات کلرزنی ۱۰۰

فصل دهم- آزمایش‌ها

۱-۱۰- روش‌های آزمایش انواع تلمبه‌ها ۱۰۳

۲-۱۰- روش‌های اندازه‌گیری بده تلمبه‌ها ۱۰۶

پیوست‌ها

پیوست شماره ۱- نمودار مراحل طراحی هیدرومکانیکی یک ایستگاه پمپاژ ۱۱۱

پیوست شماره ۲- علایم مورد استفاده در نقشه‌کشی لوله‌ها و اتصالات ایستگاه پمپاژ ۱۱۳

پیوست شماره ۳- محاسبه ضریب افت فشار موضعی (K) در اتصالات ۱۱۷

پیوست شماره ۴- علایم مورد استفاده برای نشان دادن تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری ۱۲۱

پیوست شماره ۵- نمونه‌ای از نقشه پلان و مقطع تلمبه‌خانه آب ۱۲۵

پیوست شماره ۶- علایم مورد استفاده برای نشان دادن تجهیزات گرمایش و سرمایش ۱۲۷

منابع و مراجع ۱۲۹

مقدمه

تلمبه‌خانه‌ها به عنوان قلب تپنده صنعت آبرسانی شناخته می‌شوند. وقفه‌ای هر چند کوتاه در کارکرد تلمبه‌خانه‌ها موجب بروز زبان‌های هنگفت و بعضاً جبران‌ناپذیر در بخش‌های مختلف از مناطق مسکونی و شهرها تا بخش‌های صنعتی می‌گردد. دستورالعمل حاضر به بررسی ضوابط و تعیین معیارهای فنی طراحی تلمبه‌خانه‌های آب پرداخته شده است.

در فصل دوم دستورالعمل انواع تلمبه‌ها، قسمت‌های اصلی و ساختمان تلمبه‌ها و در فصل سوم، مبانی تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌های آب با توجه به عوامل مختلف نظیر رشد جمعیت و توسعه مناطق مورد مطالعه قرار گرفته است.

در فصل دوم تا چهارم، شناخت تلمبه‌ها، مبانی تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌های آب و انواع تلمبه‌خانه‌ها و ضوابط طراحی آن توضیح داده شده است.

در فصل پنجم، سیستم تلمبه‌زنی مورد بررسی دقیق‌تری قرار می‌گیرد و بعضی مفاهیم و پدیده‌ها مانند ارتفاع، ظرفیت، بازده و خلاءزایی بحث می‌شود و در مورد نیروی محرکه و راه اندازی تلمبه‌ها توضیحاتی داده می‌شود.

فصل ششم به لوله‌کشی تلمبه‌خانه شامل انواع لوله‌ها، اتصالات، ضربه آب و ملاحظات لازم در مورد لوله‌کشی اختصاص یافته است.

در فصل‌های هفتم تا نهم ضوابط طراحی برق تلمبه‌خانه، تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری و بعضی از تجهیزات جانبی تلمبه‌خانه توضیح داده شده است.

در فصل دهم نیز آزمایش‌های معمول که بر روی تلمبه‌ها انجام می‌گیرد معرفی شده‌اند.

فصل ۱

هدف و دامنه کاربرد

۱-۱- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل شناخت معیارها و ضوابط طراحی تلمبه‌خانه‌های آب شهری و تعیین این ضوابط است به طوری که در نهایت شیوه یکسانی در فرایند طراحی واحدهای مزبور توسط مهندسان مشاور و یا سازمان‌های مربوط بکار گرفته شود و راهنمای مناسبی برای مجریان و بخش‌هایی که بررسی و تصویب طرح‌ها را به‌عهده دارند باشند.

۱-۲- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این استاندارد برای تلمبه‌خانه‌های آب می‌باشد که در مناطق شهری و یا در مسیر خطوط انتقال احداث می‌شود و وظیفه انتقال آب شهری (آب خام و آب تصفیه شده) را به‌عهده دارند.

فصل ۲

تلمبه‌ها

۱-۲- کلیات

تلمبه یا پمپ به دستگاهی اطلاق می‌گردد که سطح کل انرژی سیال عبوری از خود را افزایش می‌دهد.

۲-۲- انواع تلمبه‌ها

روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی تلمبه‌ها وجود دارد. متداولترین روش طبقه‌بندی تلمبه‌ها بر مبنای نحوه انتقال انرژی از تلمبه به سیال می‌باشد. بر این اساس تلمبه‌ها به دو دسته کلی تلمبه‌های دینامیکی و تلمبه‌های جابجایی به شرح زیر تقسیم می‌شوند.

۱-۲-۲- تلمبه‌های دینامیکی^۱

تلمبه‌های دینامیکی تلمبه‌هایی هستند که انرژی جنبشی آب را افزایش می‌دهند. در این نوع تلمبه‌ها انتقال انرژی از تلمبه به سیال به صورت پیوسته انجام می‌گیرد و مقدار سیال عبوری در واحد زمان (بده) و فشار خروجی سیال از تلمبه به هم وابسته می‌باشد. این دسته از تلمبه‌ها شامل زیرمجموعه کاملاً متنوعی می‌باشد که تلمبه‌های چرخشی یا توربو پمپ‌ها^۲ از مهم‌ترین آن‌ها است (نمودار ۱-۲).

مهم‌ترین مزایای تلمبه‌های چرخشی عبارتند از:

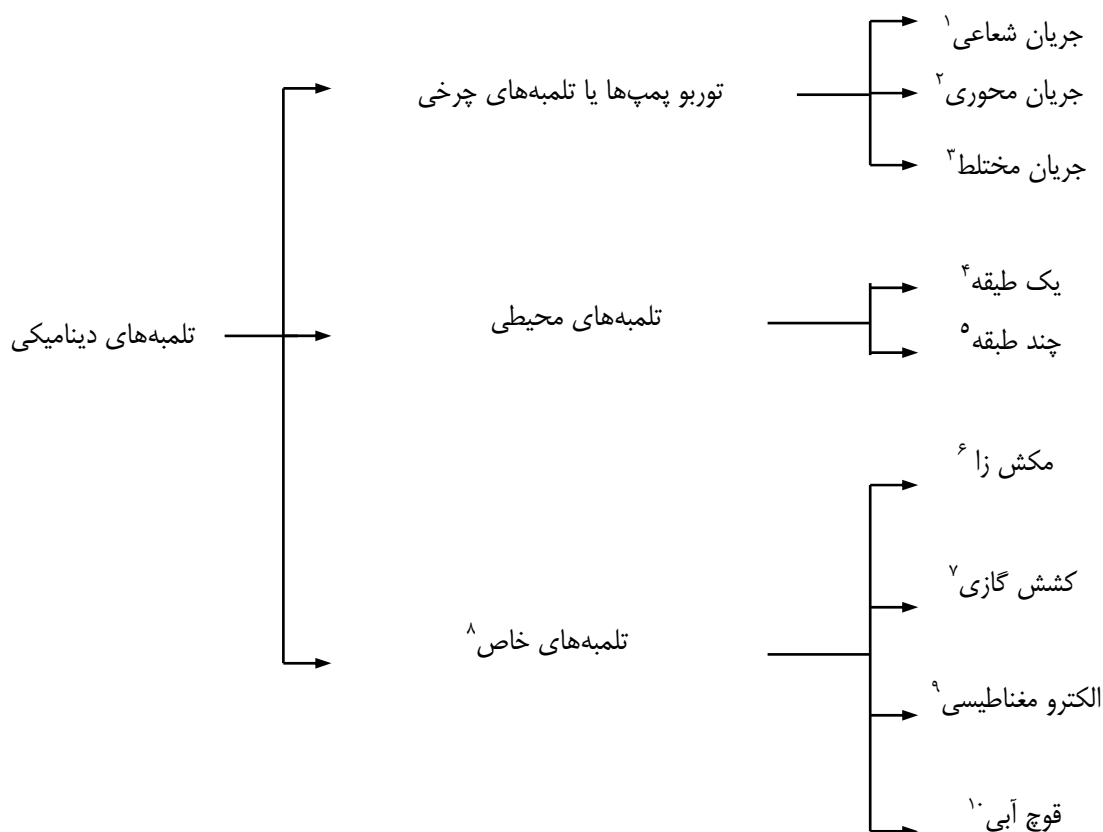
- انتقال قدرت بالا در حجم و وزن کم نسبت به سایر تلمبه‌ها؛
- بازده بالا؛
- عدم نیاز در تبدیل حرکت دورانی به رفت و برگشتی؛
- قیمت ارزان ماشین نسبت به قدرت مفید تولیدی؛
- مداوم بودن تبادل انرژی بین ماشین و سیال.

نوع دیگر تلمبه‌های دینامیکی تلمبه‌های محیطی^۳ هستند که دارای پره‌های کوتاهی هستند که در اطراف (محیط) چرخ قرار می‌گیرند و معمولاً برای پرکردن بقیه تلمبه‌ها به کار می‌روند.

1 - Dynamic Pumps

2 - Turbo Pumps or Centrifugal Pumps

3 -Peripheral Pumps



نمودار ۱-۲- تقسیم‌بندی تلمبه‌های دینامیکی [۱]

۱-۱-۲-۲- تقسیم‌بندی تلمبه‌های چرخ^{۱۱}

جهت شناخت تلمبه‌های چرخ براساس مسیر حرکت سیال در چرخ، آن‌ها را به سه دسته اصلی تقسیم می‌کنند:

- تلمبه‌های شعاعی برای ایجاد فشار بالا و بده کم‌تر؛
- تلمبه‌های محوری برای ایجاد بده بالا و فشار کم‌تر؛
- تلمبه‌های مختلط برای ایجاد فشار و بده متوسط.

شکل ۱-۲ نمونه‌ای از چرخ سه نوع تلمبه مذکور را نشان می‌دهد.

-
- 1- Radial Flow
 - 2- Axial Flow
 - 3- Mixad Flow
 - 4- Single Stage
 - 5- Multi Stage
 - 6- Jet or Educor
 - 7- Gas Lift
 - 8- Peripheral Pumps
 - 9 -Electromagnetic
 - 10-Hydraulic Ram

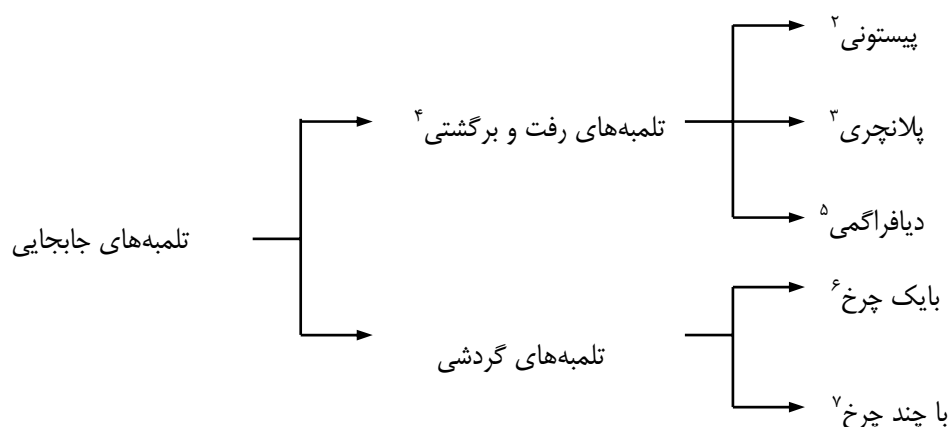
۱۱- از آنجا که در تلمبه‌خانه‌های متعارف آب از تلمبه‌های چرخ استفاده می‌گردد لذا از این پس در این نوشته منظور از کلمه «تلمبه»، عبارت «تلمبه چرخ» می‌باشد. در مورد تلمبه‌های محیطی و خاص به مراجع مربوط مراجعه شود.



شکل ۲-۱- سه چرخ جریان محوری، مختلط و شعاعی

۲-۲-۲- تلمبه‌های جابجایی^۱

در این نوع تلمبه‌ها انتقال سیال به صورت متناوب یا پریودیک صورت می‌گیرد. نمودار ۲-۲ تقسیم‌بندی این تلمبه‌ها را نشان می‌دهد.



نمودار ۲-۲- تقسیم‌بندی تلمبه‌های جابجایی

۲-۲-۲-۱- تلمبه‌های رفت و برگشتی

در تلمبه‌های رفت و برگشتی معمولاً از یک میل لنگ برای تبدیل حرکت چرخشی به رفت و برگشتی استفاده می‌شود. عموماً در مواردی از این نوع تلمبه‌ها استفاده می‌شود که بده کم و فشار بالا مورد نیاز است.

۱- برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد تلمبه‌های جابجایی به مرجع شماره ۱ و ۲ مراجعه شود.) Displacement Pumps

2- Piston

3- Plunger

4 - Reciprocating Pumps

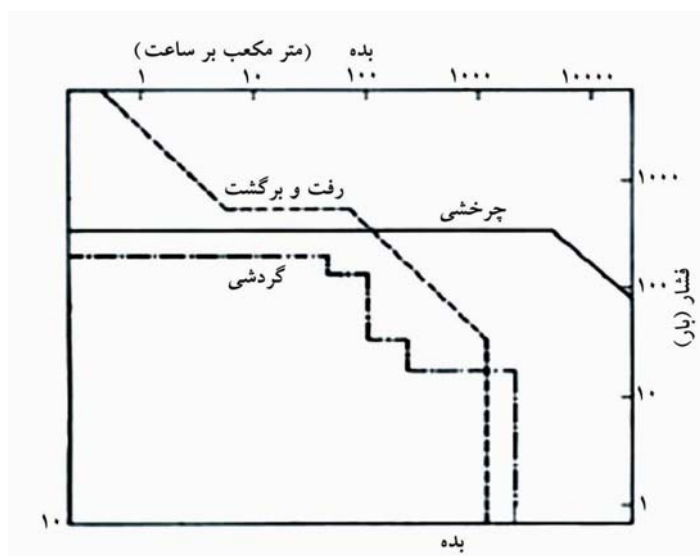
5- Diaphragm

6- Single Rotor

7- Multiple Rotor

۲-۲-۲-۲- تلمبه‌های گردش^۱

اساس کار تلمبه‌های گردش شباهت زیادی به تلمبه‌های رفت و برگشتی دارد. این تلمبه‌ها از دو قسمت جداره ثابت و قسمت دوار که شامل یک محور است تشکیل می‌گردد. کاربرد این تلمبه‌ها برای بده‌های کم، فشار متوسط و مایعات غیر ساینده با گرانش بالا است. در این نوع تلمبه‌ها با افزایش گرانش، بازده تلمبه افزایش می‌یابد. شکل ۲-۲ دامنه کاربرد تلمبه‌های مختلف را با هم مقایسه می‌کند.



شکل ۲-۲- حد بالای دامنه کاربرد تلمبه‌های مختلف [۱]

۲-۳- قسمت‌های اصلی تلمبه‌ها

۲-۳-۱- چرخ^۲

• چرخ‌های نوع بسته

در این چرخ‌ها، پره‌ها بین دو دیواره قرار دارند. این نوع چرخ‌ها در تلمبه‌های شعاعی و مختلط به کار می‌روند (شکل ۲-۳). در تلمبه‌های چند طبقه نیز از چرخ‌های نوع بسته استفاده می‌شود.

• چرخ‌های نیمه باز

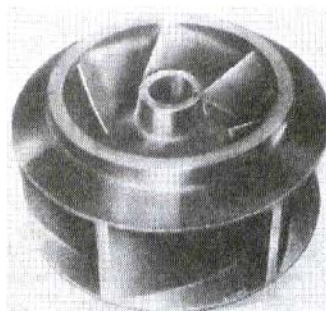
در این چرخ‌ها دیواره جلویی حذف شده و پره‌ها فقط بر روی یک دیواره قرار دارند (شکل ۲-۴). این نوع چرخ‌ها در تلمبه‌های شعاعی و مختلط مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1 - Rotary Pumps

2 - Impeller

• چرخ‌های باز

چرخ‌های کاملاً باز در توربوپمپ‌های محوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت در بعضی موارد به جای لفظ چرخ لغت پروانه^۱ نیز بکار برده می‌شود (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۳- یک نوع چرخ بسته

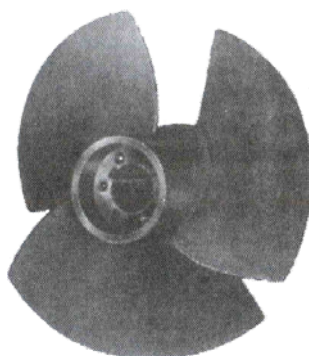


ب



الف

شکل ۲-۴- چرخ نیمه باز الف- شعاعی ب- مختلط



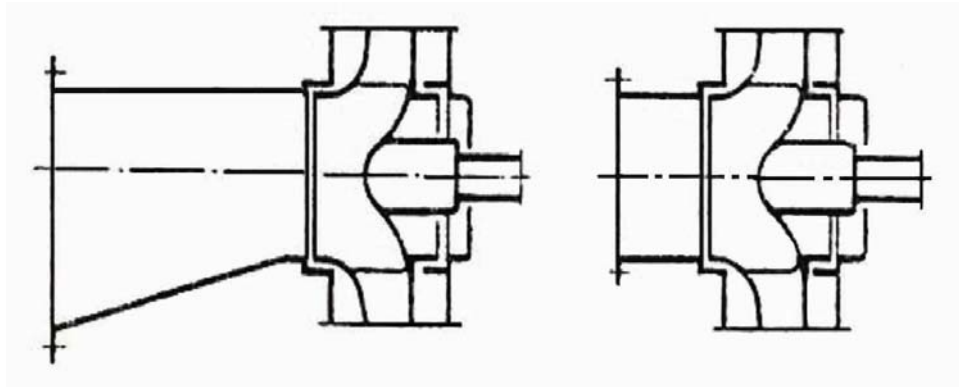
شکل ۲-۵- چرخ باز

۲-۳-۲- هدایت‌کننده‌های سیال به چرخ

برای هدایت یکنواخت سیال به چرخ تلمبه، از انواع هدایت‌کننده‌ها استفاده می‌شود. نکته مهم در طراحی یک هدایت‌کننده این است که جریان سیال هر چه یکنواخت‌تر وارد چرخ تلمبه شود، انواع هدایت‌کننده‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱-۲-۳-۲- هدایت‌کننده‌های مستقیم یکنواخت و کاهنده

این نوع هدایت‌کننده‌ها در اغلب تلمبه‌های چرخ‌افقی و عمودی یک طبقه، تلمبه‌های مختلط، تلمبه‌های شناور و همچنین ورودی تلمبه‌های چند طبقه افقی کوچک به کار برده می‌شود. قطعه کاهنده دارای مقطع نامتقارن است و قسمت تخت آن‌ها در بالا قرار می‌گیرد تا از تجمع حباب هوا در لوله مکش جلوگیری شود (شکل ۲-۶).



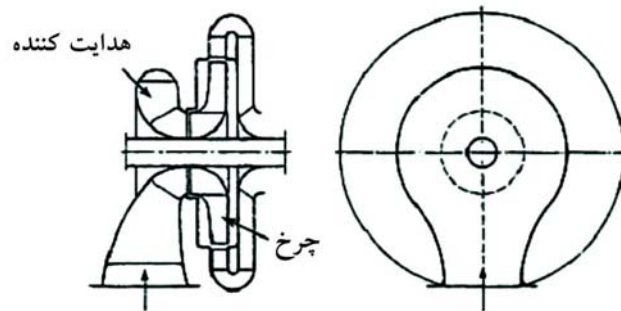
شکل ۲-۶- لوله مستقیم و اتصال کاهنده

۲-۲-۳-۲- هدایت‌کننده‌های زانویی ساده و کاهنده

هنگامی که ضرورت لوله‌کشی ایجاب کند از وجود زانویی در قسمت مکش تلمبه استفاده می‌شود. شعاع خم این زانویی‌ها باید حتی‌المقدور زیاد بوده و بلافاصله قبل از تلمبه قرار نگیرند.

۲-۲-۳-۲- هدایت‌کننده‌های مکش هم‌مرکز^۱

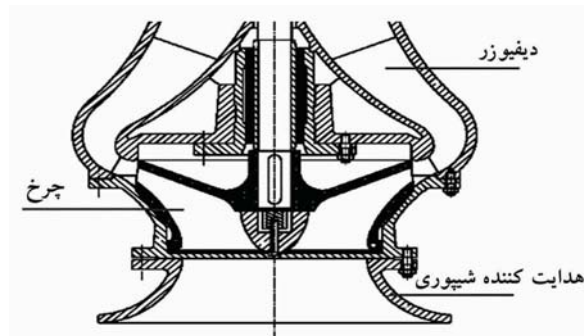
از این نوع هدایت‌کننده‌ها، اصولاً در تلمبه‌های چند طبقه و بعضی مواقع در تلمبه‌های یک طبقه، با دو دهانه مکش استفاده می‌شود. برای جلوگیری از چرخش سیال در داخل آن‌ها، در میانه این هدایت‌کننده، تیغه‌هایی نزدیک به چرخ تلمبه کار گذاشته می‌شود (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷- اتاق مکش هم مرکز

۲-۳-۲-۴- هدایت کننده‌های شیپوری^۱

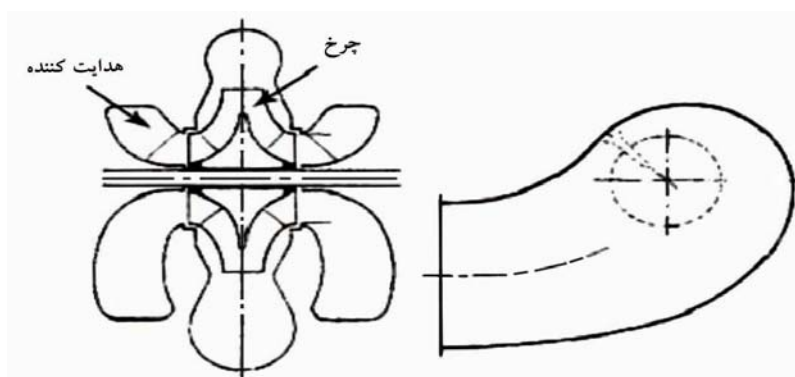
این ورودی‌ها در تلمبه‌های عمودی مختلط، و تلمبه‌های محوری نصب می‌شوند (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸- هدایت کننده شیپوری

۲-۳-۲-۵- هدایت کننده‌های حلزونی^۲

بیش‌ترین استفاده از این ورودی‌ها در تلمبه‌های یک طبقه و چند طبقه با یک یا دو دهانه مکش است (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- هدایت کننده حلزونی در یک تلمبه با دو دهانه مکش

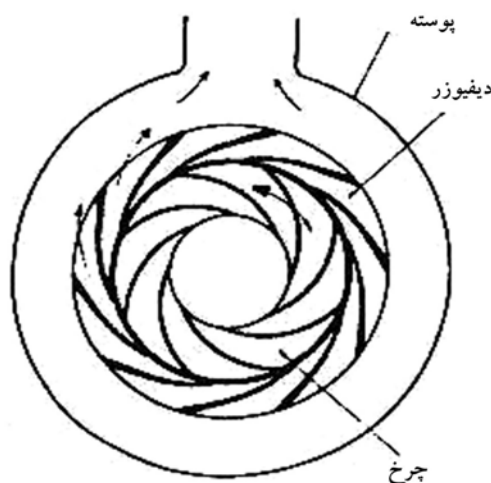
1 - Bell mouth

2 - Volute

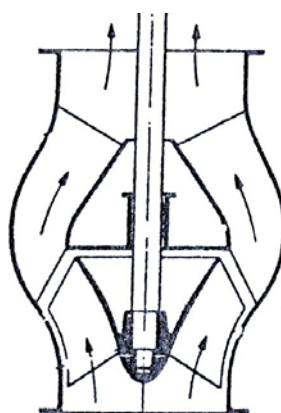
۲-۳-۳- دیفیوزر^۱

از آنجا که در جریان سیال، هر چه سرعت بیشتر باشد، افت فشار بیشتر است لذا باید تا قبل از خروج سیال از تلمبه قسمتی از انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل تبدیل شود.

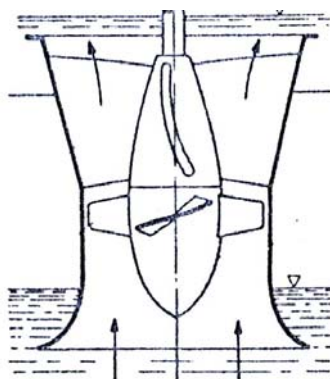
معمولاً در تلمبه‌های کوچک چرخشی یک طبقه، به‌علت آنکه دستیابی به بازده بالا در مقایسه با هزینه ساخت اهمیت چندانی ندارد، از دیفیوزر استفاده نشده و کاهش سرعت سیال در محفظه حلزونی یا بعد از آن انجام داده می‌شود. با بزرگ‌تر شدن اندازه و ظرفیت تلمبه و اهمیت یافتن نقش بازده، باید از دیفیوزرهای بدون پره با دیواره‌های موازی و واگرا و یا دیفیوزرهای با پره استفاده کرد. تلمبه‌های مجهز به دیفیوزر با پره با وجود آنکه در نقطه طراحی خود، بازده بهتری را نسبت به تلمبه‌های با دیفیوزر بدون پره ارائه می‌نمایند، در خارج از نقطه طراحی بازده آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد. شکل‌های ۲-۱۰ تا ۲-۱۲ چند نمونه از دیفیوزرها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۰- دیفیوزر پره‌دار در تلمبه شعاعی



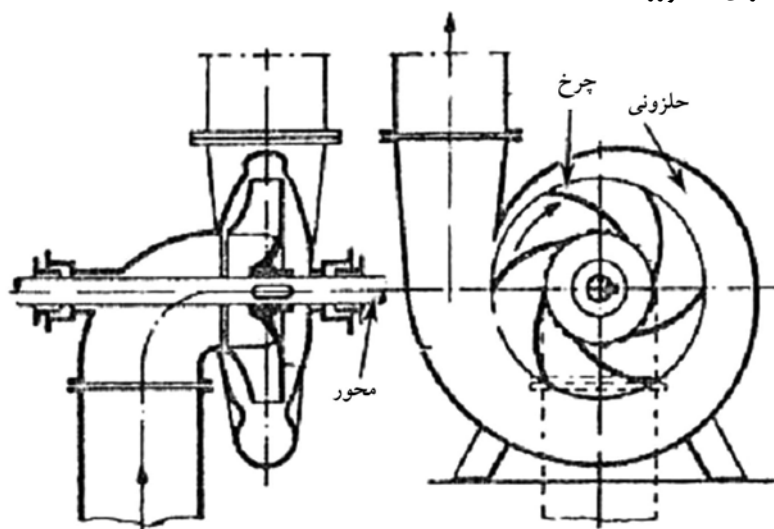
شکل ۲-۱۱- دیفیوزر در تلمبه نیمه سانتریفوژ عمودی



شکل ۲-۱۲ - دیفیوزر در تلمبه محوری عمودی

۲-۳-۴ - محفظه حلزونی - پوسته تلمبه^۱

به منظور جمع‌آوری سیال در خروج از چرخ، در تلمبه‌های شعاعی و مختلط افقی، از جمع‌کننده‌های حلزونی که در ضمن پوسته تلمبه را تشکیل می‌دهند استفاده می‌شود (شکل ۲-۱۳). تلمبه‌های نوع عمودی، بسته به نوع طرح تلمبه ممکن است فاقد ظرف حلزونی بوده و تنها دارای دیفیوزر باشند.



شکل ۲-۱۳ - تلمبه شعاعی با ظرف حلزونی

۲-۳-۵ - رینگ‌های سایش^۲

برای به حداقل رساندن مقدار نشتی داخلی و به تبع آن افزایش بازده تلمبه فاصله بین چرخ و پوسته تلمبه باید حتی‌المقدور کم باشد. با استفاده از رینگ‌های حلقوی سایش که در این فاصله روی چرخ یا پوسته و یا هر دو نصب می‌شود می‌توان فاصله بین چرخ و پروانه را تنظیم نمود و با افزایش افت فشار سیال در محل رینگ‌ها مقدار نشتی به حداقل رسانده می‌شود. از طرف دیگر در صورتی که سطح چرخان با سطح ثابت درگیر شده و دچار آسیب شود براحتی می‌توان رینگ را تعویض کرد. در صورتی که از رینگ

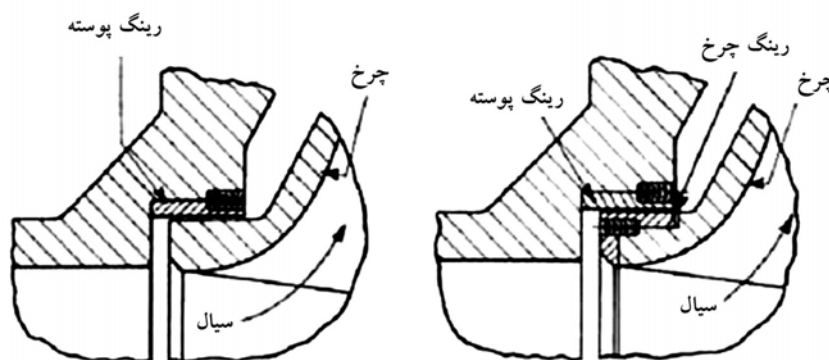
1 - Volute - casing

2 - Wear rings

سایش استفاده نشود به هنگام ایجاد آسیب روی قطعات مجبور به ترمیم چرخ یا پوسته توسط جوش یا تعویض قطعه هستیم، که این امر به خصوص در مورد تلمبه‌های بزرگ مستلزم هزینه‌های زیادی است.

در صورتی که سیال تلمبه شونده حاوی ذرات جامد باشد، این ذرات به هنگام عبور از محفظه رینگ‌های سایش سبب آسیب رساندن به سطوح آن‌ها و به هم خوردن تنظیم و ایجاد لقی بین آن‌ها می‌شود. برای پیشگیری از این مساله می‌توان آب تمیز را با فشاری بالاتر از فشار خروجی تلمبه به محفظه رینگ‌ها تزریق کرد. به این ترتیب آب تمیز به بخش‌های مکش و رانش نفوذ کرده از ورود ذرات به قسمت رینگ‌ها جلوگیری می‌کند^۱.

شکل ۲-۱۴ دو نوع رینگ سایش نصب شده روی پوسته تلمبه را نشان می‌دهند. با توجه به نوع سیال تلمبه شونده می‌توان از انواع مختلف رینگ‌های سایش با آرایش‌های مختلف استفاده کرد.



شکل ۲-۱۴- دو نوع رینگ سایش نصب شده روی تلمبه

۲-۳-۲- حلقه‌های آب‌بندی^۲

از حلقه‌های آب‌بندی برای کنترل نشتی تلمبه‌ها در کاربردهای سبک و متوسط و مواردی که وجود اندک نشتی مجاز می‌باشد استفاده می‌گردد. این حلقه‌ها می‌توانند دارای مقاطع مربع یا دایره باشند. انتخاب جنس مناسب برای آن‌ها با توجه به مقاومت مورد نیاز در برابر افزایش دما، فشار و سرعت محور دوران صورت می‌گیرد. طراحی و جنس آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که در مقابل عدم هم‌محوری خاصیت ارتجاعی لازم را داشته باشند.

شکل ۲-۱۵ یک نمونه از نصب حلقه‌های آب‌بندی را نشان می‌دهد، پنج حلقه آب‌بندی با مقطع مربع روی بوش محور نصب شده است. دیگر اجزایی که در نصب حلقه‌های آب‌بندی می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند عبارتند از:

رینگ فانوسی^۳: هنگامی که حلقه‌های آب‌بندی نیاز به روانکاری دارند، از رینگ فانوسی برای پخش کردن مایع روانکار استفاده می‌شود.

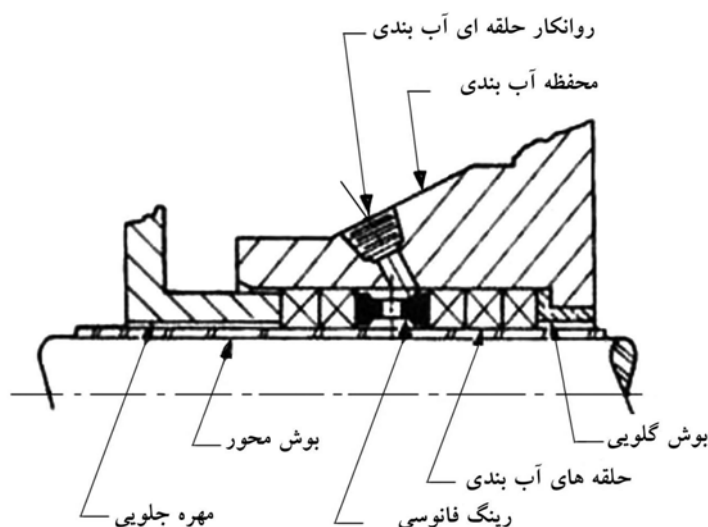
۳- برای آشنایی بیشتر با رینگ‌های سایشی به مرجع شماره ۱ مراجعه شود.

2 - Packing

3 - Lantern ring

بوش گلوبی^۱: برای جلوگیری از جدا شدن حلقه‌ها از محور و نزدیک‌تر کردن آن‌ها به محور از بوش گلوبی در انتهای محفظه آب‌بندی استفاده می‌شود.

اتصال مهره جلویی به پوسته که به عینکی^۲ معروف می‌باشد به صورت رزوه‌ای و یا به همراه پیچ و مهره می‌باشد و از آن برای فشردن حلقه‌ها و در نتیجه کنترل مقدار نشتی استفاده می‌شود.



شکل ۲-۱۵- نحوه نصب حلقه‌های آب‌بندی

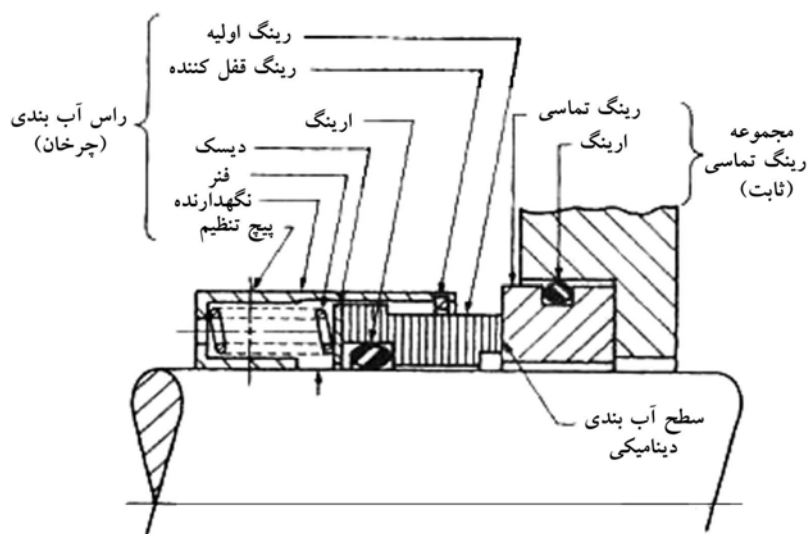
۲-۳-۷- آب‌بندهای مکانیکی^۳

برای دستیابی به نشتی صفر از آب‌بندهای مکانیکی استفاده می‌شود. مکانیزم آن‌ها مبتنی است بر سایش یک رینگ متصل به اجزای چرخان (رینگ اولیه) روی رینگ متصل به پوسته (رینگ تماسی). به این ترتیب به علت آنکه بین این دو سطح فاصله وجود ندارد مقدار نشتی صفر خواهد شد. شکل ۲-۱۶ قسمت‌های مختلف یک آب‌بند مکانیکی را نشان می‌دهد. در سرعت‌های معمولی و پایین مجموعه راس آب‌بندی به همراه محور دوران می‌کند ولی در سرعت‌های بالا این مجموعه ثابت می‌ماند.

1 - Throat bushing

2 - Gland

3 - Mechanical seals (برای آشنایی با انواع آب‌بندهای مکانیکی به مرجع شماره ۳ مراجعه شود.)



شکل ۲-۱۶- قسمت‌های مختلف یک آب‌بند مکانیکی

۲-۳-۸- یاتاقان‌ها^۱

از یاتاقان‌ها برای حفظ موقعیت شفت و تحمل بارهای شعاعی و محوری وارد بر آن استفاده می‌شود. یاتاقان‌هایی که بار شعاعی را تحمل می‌کنند به یاتاقان‌های شعاعی^۲ و یاتاقان‌هایی که برای تحمل بار محوری مورد استفاده قرار می‌گیرند به یاتاقان‌های محوری یا کف گرد^۳ معروفند. انواع مختلفی از یاتاقان‌ها با چیدمان‌های مختلف در تلمبه‌های چرخشی بکار برده می‌شوند. یاتاقان‌های غلتشی^۴ و لغزشی^۵ رایج‌ترین انواع یاتاقان‌های مورد استفاده در تلمبه‌های چرخشی می‌باشند.

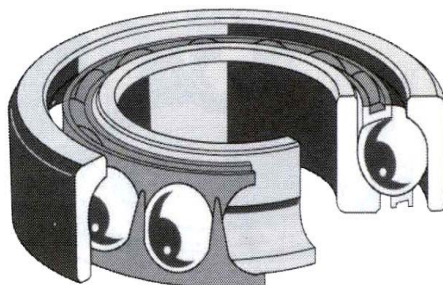
۲-۳-۸-۱- یاتاقان‌های غلتشی

اندازه‌های مختلف یاتاقان‌های ساچمه‌ای^۶، استوانه‌ای^۷ یا چیدمان‌های یک یا دو ردیفه و نیز به صورت خود تنظیم را می‌توان با توجه به نوع کارکرد و نیاز در تلمبه‌های چرخشی مورد استفاده قرار داد. مزیت‌های فراوان یاتاقان‌های ساچمه‌ای استفاده از آن‌ها را بسیار رایج نموده است. این یاتاقان‌ها توانایی تحمل همزمان بارهای شعاعی و محوری را دارا می‌باشند و از طرف دیگر مقدار اصطکاک در آن‌ها بسیار ناچیز بوده و در سرعت‌های بالا کارکرد آرام و بی‌صدایی دارند.

برای مهار بارهای محوری سنگین از یاتاقان‌های ساچمه‌ای با تماس مایل^۸ استفاده می‌شود. این نوع یاتاقان‌ها دارای قفسه نگهدارنده است که فاصله ساچمه‌ها را نسبت به هم حفظ می‌نماید تا هر کدام از ساچمه‌ها بخشی از بار محوری وارده را تحمل کنند

- 1 - Bearings
- 2 - Radial bearings
- 3 - Thrust bearings
- 4 - Rolling bearings
- 5 - Journal bearings
- 6 - Ball bearing
- 7 - Roller bearing
- 8 - Angular contact

(شکل ۲-۱۷). برای روانکاری یاتاقان‌های لغزشی می‌توان از روغن، گریس و در مواردی که بیم آلودگی آب میرود، از آب استفاده کرد.



شکل ۲-۱۷- یاتاقان ساچمه‌ای با تماس مایل

۲-۳-۸-۲- یاتاقان‌های لغزشی

از یاتاقان‌های لغزشی در برخی موارد بخصوص در سرعت‌های بالا که کاربرد یاتاقان‌های لغزشی دچار محدودیت است، برای کنترل بارهای شعاعی و محوری استفاده می‌گردد. انواع مختلف یاتاقان‌های لغزشی شعاعی عبارتند از:

الف- یاتاقان‌های استوانه‌ای^۱

سطح داخلی این یاتاقان‌ها دارای شیبی برای عبور ماده روانکار می‌باشد. ساختمان این یاتاقان ساده بوده و قابلیت تحمل نیروهای شعاعی بالا را دارا می‌باشد، لیکن در صورت ورود ذرات خارجی سریعآ آسیب می‌بیند.

ب- یاتاقان‌های استوانه‌ای با شیارهای محوری^۲

این یاتاقان‌ها شبیه یاتاقان‌های استوانه‌ای متعارف است که در طول آن‌ها چند شیار با انتهای بسته ایجاد شده است. این یاتاقان‌ها در برابر ذرات خارجی عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند.

ج- یاتاقان‌های هیبرید^۳

نیروهای شعاعی در این یاتاقان‌ها توسط فشار هیدرودینامیکی ناشی از دوران و فشار روغن تزریق شده به داخل یاتاقان تحمل می‌شود.

انواع مختلف یاتاقان‌های لغزشی محوری عبارتند از:

- یاتاقان کف گرد با کفشک ثابت

در این یاتاقان‌ها کفشک ثابت بوده و فضای بین کفشک‌ها و صفحه چرخان از روانکار پر می‌شود.

1 - Cylindrical bearing

2 - Cylindrical bearing with axial grooves

3 - Hybrid bearing

– یاتاقان کف گرد با کفشک همتراز شونده^۱

در مواردی که احتمال هم‌راستا نشدن محور وجود دارد می‌توان از این یاتاقان‌ها استفاده کرد^۲.

۲-۴- ملاحظات فنی و اقتصادی در مورد انتخاب اجزای اصلی تلمبه‌ها

۲-۴-۱- انتخاب جنس اجزا^۳

با توجه به نوع سیال تلمبه شونده و عمر مفید مورد انتظار برای تلمبه، جنس اجزای اصلی تلمبه تعیین می‌شود. سیال حاوی نمک، ذرات جامد و یا سیالات شیمیایی هر کدام دارای خصوصیتاتی از نظر خوردگی و سایش هستند که طراح با توجه به آن و نیز توجه به هزینه، جنس اجزای را تعیین میکند. اما در مورد سیالی مثل آب دریا که در نقاط مختلف ترکیبات متفاوتی از مواد را دارا بوده و اغلب هم با تغییرات غلظت همراه است، انتخاب جنس اجزای تلمبه با دقت بیش‌تری صورت می‌گیرد.

۲-۴-۲- انتخاب ظرفیت و نوع تلمبه

فرایند معمول انتخاب تلمبه شامل یافتن مناسب‌ترین تلمبه با بیش‌ترین بازده است که بتواند ارتفاع و بده مورد نظر را تامین کند. با در نظر داشتن عامل هزینه بهتر است تلمبه انتخاب شده از سازنده‌ای خریداری شود که علاوه بر تضمین عملکرد مناسب تلمبه، در صورت نیاز به تعمیر هم بتوان به‌سرعت به آن دسترسی پیدا کرد. البته از این لحاظ سازندگان داخلی نسبت به سازندگان خارجی از اطمینان بیش‌تری برخوردار هستند. برای انتخاب تلمبه‌های یک ایستگاه پمپاژ همان‌گونه که در بخش ۵-۹ هم توضیح داده شده است باید عوامل دیگری نیز مد نظر قرار گیرند. استفاده از تلمبه‌های مشابه در ایستگاه سبب کاهش هزینه‌ها می‌شود. به طور کلی تلمبه‌های افقی نسبت به انواع عمودی آن از نظر وزنی سبکتر و به لحاظ قیمت ارزان‌تر هستند و در صورتی که در ایستگاه با کمبود فضا مواجه نباشیم استفاده از تلمبه‌های افقی ارجحیت دارد.

1 - Equalized pad bearing

۲- برای آشنایی با انواع و نحوه نگهداری و تعمیرات یاتاقان‌ها به مرجع شماره ۴ مراجعه شود.

۳- برای اطلاعات بیش‌تر در مورد انتخاب جنس اجزای تلمبه‌ها به مراجع شماره ۱ و ۱۰ مراجعه شود.

فصل ۳

مبانی تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌های آب

۳-۱- تعیین مبانی طراحی تلمبه‌خانه

تعیین ظرفیت مورد نیاز تلمبه‌خانه و بقیه عوامل طراحی مثل ارتفاع مورد نیاز، رقوم نصب تلمبه و غیره مستلزم بررسی دقیق شرایط موجود و پیش‌بینی صحیح از آینده می‌باشد. در این بخش برخی از موارد موثر را توضیح داده و نحوه تاثیر آن‌ها بر طرح تلمبه‌خانه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. یک نمونه از نمودار مراحل طراحی یک تلمبه‌خانه آب در پیوست شماره ۱ نشان داده شده است.

۳-۱-۱- تاثیر نوع منبع آب در طراحی تلمبه‌خانه‌ها

۳-۱-۱-۱- آب‌های سطحی^۱

عوامل موثر آب‌های سطحی بر طراحی تلمبه‌خانه‌ها عبارتند از:

- تغییرات شدید کمی و سطح آب در منبع تغذیه؛
- تغییرات شدید کیفی؛
- باررسوبات (معلق و بستر)؛
- نیاز به حفاظت ساحلی؛
- حفاظت ایستگاه از جریان‌های سیلابی^۲؛
- اثر ارتفاع آب بر نیروی بالابرنده^۳ ساختمان‌های تلمبه‌خانه و نیاز به زهکشی؛
- جریان‌های گردابی.

۳-۱-۱-۲- آب‌های زیرزمینی^۴

عوامل موثر آب‌های زیرزمینی بر طراحی تلمبه‌خانه‌ها عبارتند از:

- تغییرات سطح آب در منابع آب زیرزمینی در فصول و سال‌های مختلف؛
- نحوه حفر و لوله‌گذاری چاه؛
- ماسه‌دهی؛
- ظرفیت حداکثر برداشت آب از چاه؛
- تغییرات تدریجی کیفی آب؛
- قطر چاه.

1 - Surface Water

۲- سطح تمام شده محوطه تلمبه‌خانه حداقل ۱ متر بالاتر از ارتفاع سیلاب ۱۰۰ ساله بوده و یا در مقابل سیلاب محافظت شده باشد.

3 - Uplift

4 - Ground Water

۳-۱-۲- تعیین ظرفیت

تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌های آب شهری بر اساس نیاز آب شهری صورت می‌پذیرد که عوامل زیر بر آن موثر است.

- جمعیت و نرخ رشد آن تا سال مقصد؛
- مصرف متوسط سرانه؛
- ضریب حداکثر مصرف روزانه و ساعتی^۱؛
- مصارف غیر شرب شهری.

۱- اگر پمپاژ به مخازن آب شهری صورت پذیرد ضریب حداکثر مصرف روزانه و چنانچه پمپاژ به شبکه باشد ضریب حداکثر ساعتی نیز مطرح است.

فصل ۴

انواع تلمبه‌خانه و ضوابط طراحی آن

۴-۱- موقعیت تلمبه‌خانه

موقعیت جغرافیایی تلمبه‌خانه از جمله عواملی است که کل فرایند طراحی تلمبه‌خانه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای انتخاب موقعیت جغرافیایی ایستگاه مواردی چون نزدیکی به منبع آب، مسیر خط انتقال آب، مقاومت زمین محل احداث تلمبه‌خانه، جاده سرویس، خطوط انتقال انرژی، مالکیت اراضی، عوارض طبیعی و انسان‌ساخت، خطر آب‌گرفتگی و سیلاب و سایر خطراتی که خللی در سرویس‌دهی ایستگاه ایجاد نماید، باید مدنظر قرار گیرد. تلمبه‌خانه‌ها از نظر نوع منبع تغذیه به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند.

۴-۱-۱- برداشت از آب‌های سطحی (دریاچه، دریا، رودخانه)

در این موارد پیش از پمپاژ معمولاً آب از منبع اصلی توسط مجاری مناسب و به روش ثقلی به داخل یک حوضچه جنبی منتقل می‌شود. در طراحی این حوضچه باید نکات زیر لحاظ شود:

- **رقوم کف حوضچه**

این ارتفاع باید به حدی باشد که انتقال آب از منبع اصلی به داخل حوضچه به سهولت انجام شود.

- **مساحت حوضچه**

تعداد و وسعت حوضچه‌ها باید به اندازه‌ای باشد تا در صورت نیاز به جلوگیری از ورود رسوبات به حوضچه مکش، حوضچه یا حوضچه‌های دیگری تحت عنوان حوضچه رسوبگیر وجود داشته باشد. از طرف دیگر سطح حوضچه مکش به گونه‌ای انتخاب شود که جریان آب در ورود به دهانه لوله مکش تلمبه‌ها یکنواخت و فاقد تلاطم باشد.

- **جایگاه نصب تلمبه‌ها و تجهیزات**

جایگاه نصب تلمبه‌ها باید در ارتفاع قابل قبول باشد. همچنین جایگاه مناسبی برای تجهیزات جانبی مثل جرثقیل (برای نصب و تعمیر) و تجهیزات کنترلی در نظر گرفته شود.

۴-۱-۲- برداشت از دریاچه سدها

با توجه به آنکه ارتفاع آب در پشت سد در فصول مختلف سال به شدت متغیر است نمی‌توان مکش تلمبه‌ها را ثابت نگه داشت. در این موارد می‌توان از ایستگاه‌های شناور استفاده کرد که در آن تجهیزات ایستگاه نیز همراه با تغییر ارتفاع آب تغییر کرده در نتیجه مکش تلمبه‌ها ثابت می‌ماند.

۴-۱-۳- برداشت از چاه

در این حالت از تلمبه‌های عمودی استفاده می‌شود. تلمبه‌های شفت و غلافی به همراه دیزل یا الکتروموتور و تلمبه‌های مستغرق همراه با الکتروموتور را می‌توان در این حالت به کار برد. در برداشت از چاه، شناسایی عمق نصب تلمبه به جهت جلوگیری از خلاء زایی، قطر لوله جدار، لوله‌های مشبک، هم‌محور بودن تلمبه و لوله جدار و انحراف چاه باید مد نظر قرار گیرد.

۴-۲- انواع تلمبه‌خانه

با توجه به چگونگی نصب تلمبه‌ها می‌توان تلمبه‌خانه‌ها را به شرح زیر تقسیم‌بندی کرد.

۴-۲-۱- تلمبه‌خانه با تلمبه‌های افقی

این نوع تلمبه‌خانه‌ها با توجه به فضای نسبتاً زیادی که توسط موتور و تلمبه اشغال می‌نمایند در مواقعی مورد استفاده واقع می‌شوند که محدودیت فضای چندان در ایستگاه وجود نداشته باشد. در صورتی که ارتفاع لازم کم و بده زیاد باشد از تلمبه‌های افقی با پروانه محوری استفاده می‌شود. امروزه کاربرد تلمبه‌های دومکشی^۱ در بده‌های بالا افزایش چشمگیری داشته است.

۴-۲-۲- تلمبه‌خانه با تلمبه‌های عمودی

تلمبه‌های مورد استفاده در این تلمبه‌خانه‌ها از نوع شفت و غلافی و مستغرق می‌باشند.

۴-۲-۲-۱- تلمبه‌های شفت و غلافی

در این حالت ممکن است پروانه و قسمتی از پوسته تلمبه درون آب قرار بگیرند ولی ماشین محرک در بالا و خارج از آب نصب می‌شود. نوع ماشین محرک می‌تواند دیزل یا الکتروموتور باشد. ممکن است کل پوسته خارج از آب قرار گرفته و دهانه مکش تلمبه توسط لوله به مخزن مکش متصل شود.

تلمبه‌های شفت و غلافی را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد:

- تلمبه‌های شفت و غلافی چاه عمیق که طول شفت و غلاف آن‌ها ممکن است به بیش از صد متر هم برسد.
- تلمبه‌های شفت و غلافی با طول کم برای نصب در چاه‌های کم‌عمق و مخازن آب شهری
- تلمبه‌های شفت و غلافی دوپوسته (بشکه‌ای)^۲ که در آن یک تلمبه عمودی معمولی داخل یک پوسته استوانه‌ای شکل قرار می‌گیرد (شکل ۴-۱) و به این ترتیب شرایط مکش بهتری به لحاظ کنترل سطح آب و نیز آرام بودن جریان ورودی به چرخ تلمبه وجود دارد.

۴-۲-۲-۲- تلمبه مستغرق^۳

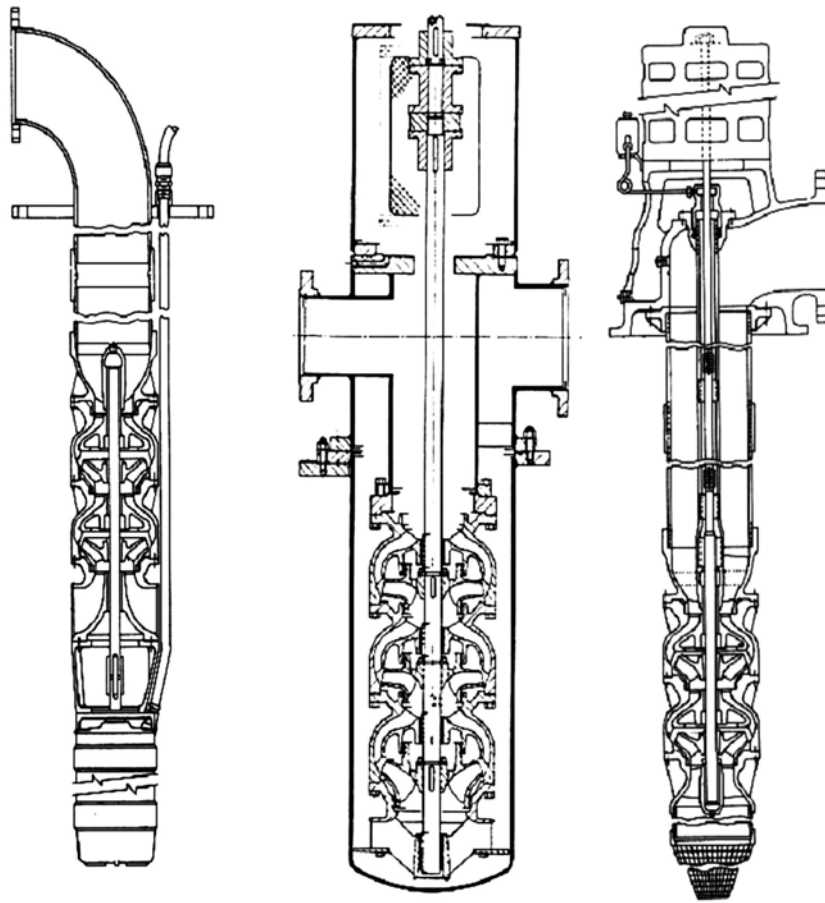
کاربرد این نوع تلمبه‌ها برای تلمبه سیال از عمق زیاد رو به گسترش است. در این حالت کل بدنه تلمبه به همراه موتور داخل آب غوطه‌ور است. برای جلوگیری از ورود آب به داخل موتور که در قسمت زیر تلمبه قرار دارد از آب‌بندهای مکانیکی استفاده می‌شود. مشکل این سیستم آن است که در صورت نیاز موتور به تعمیر، کل مجموعه باید از آب خارج شود. الکتروموتور این تلمبه‌ها با قطر متناسب با لوله جدار چاه ساخته شده و با آب خنک می‌شود.

شکل ۴-۱ نمونه‌ای از انواع تلمبه‌های عمودی را نشان می‌دهد.

1 - Double Suction Pumps

2 - Barrel Pumps

3 - Submersible



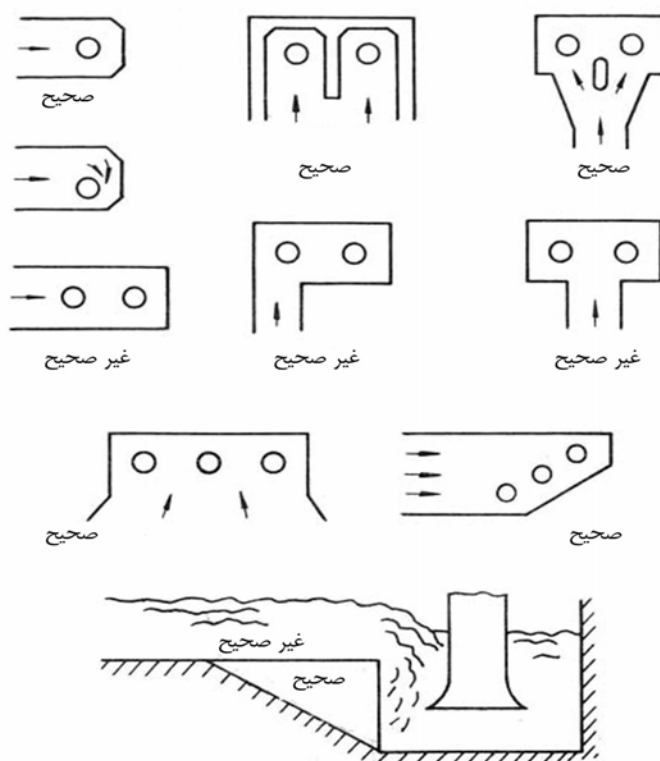
شکل ۴-۱- تلمبه‌های عمودی

راست: شفت و غلافی، وسط: دو پوسته، چپ: مستغرق

۴-۳- ملاحظات فنی طرح حوضچه مکش

منحنی H-Q تلمبه‌ها، که انتخاب براساس آن انجام می‌شود معمولاً توسط سازنده در شرایطی بدست می‌آید که تلمبه به تنهایی و در شرایط آزمایشگاهی آزمایش شده است که احتمال ایجاد جریان‌های گردابی و وجود عدم تقارن در جریان ورودی اندک است. حال آنکه در تلمبه‌خانه، چندین تلمبه در کنار یکدیگر و احتمالاً نزدیک به دیواره‌ها کار می‌کنند. تلاش بر اینست که کارکرد تلمبه‌ها در تلمبه‌خانه به دور از شرایط ظهور خلاء زایی بوده و منحنی کارکرد آن‌ها شبیه منحنی آزمایش کارخانه باشد.

باید توجه داشت که هندسه حوضچه مکش به لحاظ هیدرولیکی تاثیر مستقیم بر نحوه کارکرد تلمبه‌ها و ایستگاه دارد. عمل ته‌نشینی ذرات به کمک شیب لازم کف حوضچه و جلوگیری از ورود ذرات توسط آشغالگیر و توری‌های ورودی حوضچه انجام می‌گیرد. از طرف دیگر چیدمان مجموعه تلمبه‌ها در کنار یکدیگر باید به گونه‌ای باشد که آب به‌طور مناسب و یکنواخت بین همه آن‌ها تقسیم گردد و نیز در صورتی که یک یا چند تلمبه از مدار خارج شوند مقدار جریان گردابی تشکیل شده حداقل باشد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲ - هندسه حوضچه مکش

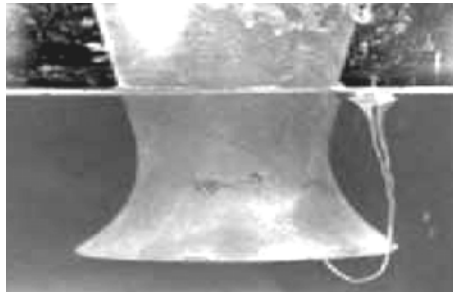
۴-۳-۱ - شرایط نامطلوب هیدرولیکی در حوضچه

هندسه حوضچه مکش، نحوه لوله‌کشی و شرایط ورودی سیال به تلمبه تاثیر قابل توجهی بر کارکرد تلمبه دارند. برخی از آثار نامطلوبی که ممکن است وجود داشته باشند عبارتند از:

- عدم تقارن سرعت در سیال ورودی به حوضچه؛
- توزیع نامتقارن سیال در حوضچه؛
- ورود و تجمع رسوبات در حوضچه مکش؛
- وجود گرداب و چرخش سیال هنگام ورود به چرخ تلمبه؛
- وجود جریان‌های گردابی سطحی و عمقی.

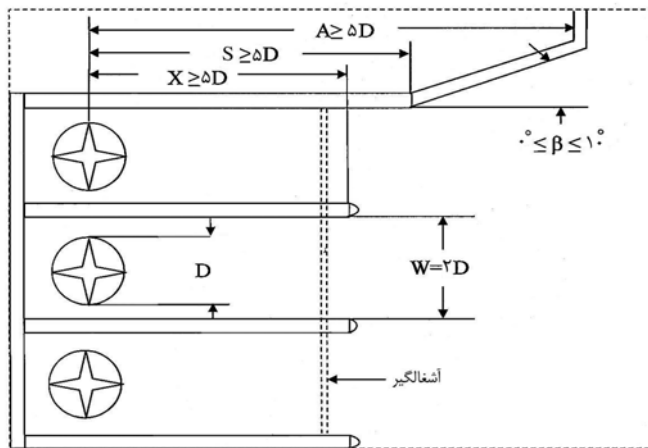
عدم تقارن سرعت سیال در مکش تلمبه‌ها سبب افزایش بار در یک سمت از چرخ، ایجاد خیز در محور و افزایش بار روی یاتاقان‌ها و کوپلینگ می‌شود. این امر سبب کارکرد سیستم توام با لرزش و سر و صدا شده و می‌تواند مقدار ارتفاع و بده را کاهش دهد.

وجود چرخش سیال به هنگام ورود به چرخ نیز سبب تغییر زاویه ورودی سیال شده و به دنبال کاهش مقدار ارتفاع و بده، سبب کاهش بازده می‌شود. مقدار فشار که در قسمت مرکزی جریان گردابی بسیار کم است موجب مکیده شدن هوا از فضای بالای حوضچه به داخل می‌شود (شکل ۴-۳). کارکرد همراه با سر و صدا و ارتعاش از نتایج ورود حتی اندکی هوا از طریق جریان گردابی می‌باشد، در صورتی که مقدار هوای ورودی زیاد باشد جریان تلمبه‌زنی قطع می‌شود (تلمبه هوا می‌کشد).



شکل ۴-۳- ورود هوا به داخل دهانه مکش

روش استاندارد برای بهبود کارکرد تلمبه‌ها در حوضچه مکش ایجاد دیواره‌های به طول $5D$ و فاصله $2D$ بین تلمبه‌ها می‌باشد که در آن D قطر دهانه مکش تلمبه‌ها می‌باشد. این قطر طوری تعیین می‌شود که سرعت ورودی سیال به تلمبه بیش از $1/5$ متر بر ثانیه نباشد^۱ (شکل ۴-۴). برای تعیین دقیق عمق غوطه‌وری (Z) می‌توان از روابط موجود استفاده کرد (بخش ۴-۳-۲-۱). پارامترهای شکل ۴-۴ عبارتند از:



W = فاصله دو دیوار جدا کننده؛

X = طول دیوار جداکننده؛

A = طول کف حوضچه تا محور مکش؛

S = قسمت افقی کف حوضچه تا محور مکش؛

β = زاویه افقی دیواره ورودی حوضچه مکش؛

B = فاصله محور تلمبه تا دیوار حوضچه؛

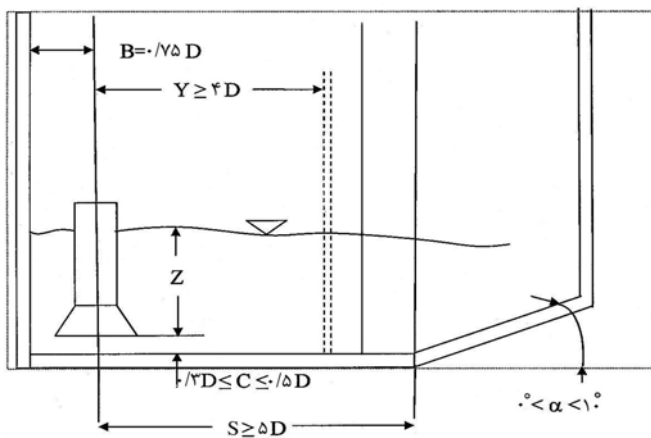
Y = فاصله محور تلمبه تا اشغالگیر؛

C = فاصله تلمبه تا کف حوضچه؛

α = زاویه شیب کف دهانه ورودی حوضچه مکش؛

D = قطر دهانه مکش؛

Z = حداقل عمق غوطه‌وری دهانه مکش.



شکل ۴-۴- ابعاد نصب تلمبه در حوضچه مکش

۱- سرعت‌های مجاز در جدول ۶-۱ درج گردیده است.

۴-۳-۲- وضعیت نصب تلمبه در تلمبه‌خانه

طراحی صحیح مخزن مکش، نصب صحیح تلمبه‌ها و جایگذاری درست لوله مکش تاثیر زیادی بر عملکرد تلمبه دارد. این موارد باید به‌گونه‌ای انجام گیرد که از ورود گل و لای (که معمولاً همراه با آب وارد حوضچه مکش می‌شود) به داخل تلمبه جلوگیری بعمل آید.

۴-۳-۱- تلمبه در حالت مکش آزاد

مواردی که در این حالت برای مکش صحیح باید رعایت شوند عبارتند از:

۴-۳-۱-۱- عمق غوطه‌وری لوله مکش

برای جلوگیری از ایجاد جریان‌های گردابی و ورود هوا به محفظه مکش تلمبه‌ها سطح آب موجود روی دهانه مکش تلمبه‌ها نباید از حد معینی کمتر باشد سازندگان مختلف برای محاسبه این فاصله که عمق غوطه‌وری نامیده می‌شود روابط مختلفی ارائه داده‌اند. مناسب‌ترین رابطه برای تعیین عمق غوطه‌وری و اطمینان از عدم ورود هوا به تلمبه عبارت است از:

$$Z = (1 + 2.3F) \cdot D$$

است که در آن Z عمق غوطه‌وری، D قطر دهانه لوله مکش و F عدد فرود و بصورت $F = V \cdot (gD)^{-0.5}$ بوده که V سرعت سیال در ورود به دهانه مکش تلمبه‌ها می‌باشد. البته مطمئن‌ترین مقدار برای عمق نصب تلمبه را پس از مشورت با سازنده باید تعیین کرد.

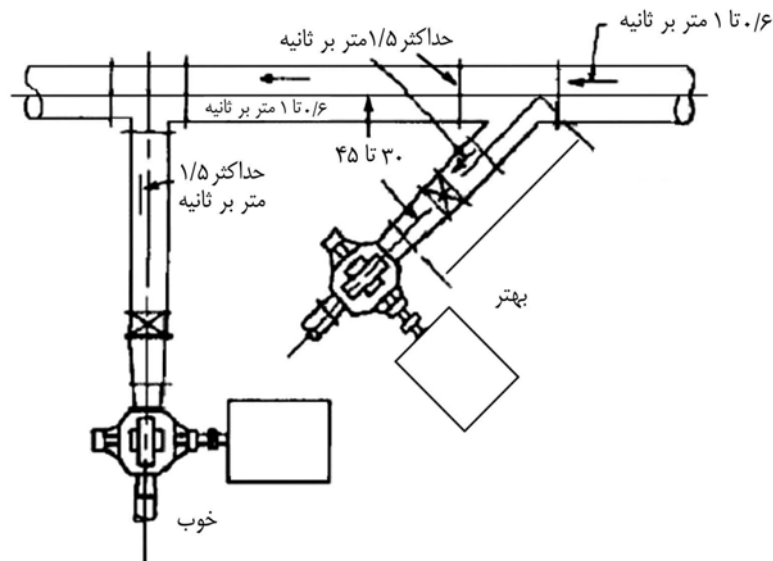
۴-۳-۱-۲- فاصله بین لوله مکش و دیواره مخزن

برای کاهش آثار دیواره مجاور لوله مکش فاصله بین آن‌ها نباید از یک مقدار حداقل کمتر گردد. علاوه بر آن در صورتی که چند تلمبه در یک منبع مکش نصب می‌شوند، فاصله بین این تلمبه‌ها از یکدیگر نیز مهم است. ابعاد پیشنهادی برای این فواصل را می‌توان از شکل ۴-۴ استخراج نمود.

۴-۳-۲- تلمبه با مکش از لوله

در بعضی از موارد مکش تلمبه‌ها از یک جمع‌کننده یا لوله اصلی صورت می‌گیرد در این حالت سرعت سیال در لوله اصلی از اهمیت زیادی برخوردار است. این سرعت باید بین $0/6$ تا 1 متر بر ثانیه انتخاب شود. در مواقعی که چند تلمبه از یک لوله تغذیه می‌شوند، همراه با برداشت آب قطر لوله جمع‌کننده نیز کاهش می‌یابد تا بتوان به طریقی عمل کرد که سرعت سیال در لوله فوق ثابت مانده و شرایط مکش برای تمام تلمبه‌ها یکسان باشد.

چنانچه منبع تغذیه به تلمبه خانه از یک خط لوله اصلی باشد نحوه گرفتن انشعاب از لوله اصلی، انشعاب‌های تحت زاویه 30 تا 45 درجه است. هنگامی که چند تلمبه مشترکاً از یک جمع‌کننده تغذیه می‌کنند اگر زاویه انشعاب فوق رعایت گردد و سرعت آب در لوله مکش تلمبه‌ها نیز کمتر از $1/5$ متر بر ثانیه باشد، محدودیتی در فاصله انشعاب‌ها از یکدیگر نخواهد بود. در شکل ۴-۵ چگونگی گرفتن انشعاب از لوله نشان داده شده است.



شکل ۴-۵- چگونگی گرفتن انشعاب از لوله و سرعت‌های مناسب در مکش از لوله

۴-۴- ملاحظات فنی از نظر زیبایی و حفاظت

۴-۴-۱- چیدمان صحیح لوله‌ها و اجزا

لوله‌کشی صحیح داخل محوطه تلمبه‌خانه علاوه بر بهبود کارکرد ایستگاه باعث حفظ زیبایی داخل ایستگاه هم می‌شود. طول لوله‌ها باید حتی‌المقدور کوتاه بوده و از ایجاد پیچ و خم اضافی در مسیر آن‌ها اجتناب شود. از طرف دیگر قرار گرفتن لوله‌ها باید به گونه‌ای باشد که حرکت کارکنان و دسترسی به تجهیزات مورد نیاز در بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر به آسانی صورت گیرد.

۴-۴-۲- نگهداری صحیح تجهیزات

نگهداری و حفاظت صحیح از تجهیزات به هنگام کارکرد علاوه بر کاهش وقوع حوادث ناخواسته باعث کاهش هزینه‌های تعمیر هم می‌شود.

۴-۴-۳- رعایت نکات ایمنی به هنگام کارکرد

کارکنان ایستگاه باید برای رعایت نکات ایمنی به هنگام کارکرد ایستگاه آموزش‌های لازم را ببینند. پیش‌بینی جعبه کمک‌های اولیه، وسایل اطفای حریق، تمیز نگاه داشتن کف ایستگاه و تهویه گازهای آلاینده داخل ایستگاه از این جمله‌اند.

۴-۴-۴- بازرسی‌های منظم از تجهیزات

برخی از معایب موجود در سیستم را که تاثیر آنی بر عملکرد مجموعه ندارند، نمی‌توان به سرعت تشخیص داد. این مشکلات را می‌توان به کمک بازرسی‌های منظم دوره‌ای تا حد زیادی کاهش داد.

۴-۴-۵- نمای بیرونی ایستگاه

در صورتی که تلمبه‌خانه در داخل شهر قرار داشته باشد زیبایی نمای ظاهر آن اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. به هنگام طراحی ایستگاه این امر به عنوان یکی از ملاحظات معماری مد نظر قرار می‌گیرد.

۴-۵- ملاحظات معماری^۱

۴-۵-۱- ملاحظات عمومی

۴-۵-۱-۱- موقعیت جغرافیایی

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ای که تلمبه‌خانه در آن احداث می‌شود طرح تلمبه‌خانه را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال در مناطقی که در دوره‌ای از سال امکان یخبندان وجود دارد درهای ورودی و خروجی را باید کاملاً پوشانده و عایق‌بندی نمود و یا در مناطق آفتابی و بسیار گرم باید کلیه تجهیزات حتی‌المقدور زیر سایه بان باشند. از طرف دیگر در صورتی که ایستگاه دور افتاده نبوده و در داخل یا کنار شهر قرار داشته باشد شکل ظاهری و زیبایی آن هم باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین ارتفاع ایستگاه از سطح دریای آزاد می‌تواند بر تعیین ارتفاع سطح اسقرار تلمبه از سطح آب تأثیر داشته باشد.

۴-۵-۱-۲- معماری بومی

بهتر است طرح تلمبه‌خانه و نوع مصالح بکار رفته در آن منطبق با شرایط منطقه مورد نظر باشد.

۴-۵-۱-۳- مصالح به کار رفته

معیارهای انتخاب مصالح به ترتیب عبارتند از: کارایی، عمر، قابلیت نگهداری، صرفه اقتصادی و زیبایی. مصالح باید طوری باشد که در صورت نیاز به تعمیرات بعدی به راحتی بتوان آن‌ها را تهیه کرد.

۴-۵-۱-۴- کارکرد ایستگاه

طراحی ایستگاه باید به گونه‌ای باشد که موارد زیر را تامین کند:

- فضای لازم برای کارکرد کارکنان و تجهیزات
- فضای نصب تابلوهای اصلی و اتاق بهره‌برداری در یک سطح بالاتر از چاله نصب تلمبه‌ها
- ارتباط صحیح بین اجزا برای استفاده کامل از فضای موجود
- رفت و آمد سریع و راحت در داخل و خارج از ایستگاه برای کارکنان و نیز سایر تجهیزات متحرک
- ملاحظات لازم برای اطفای حریق به هنگام وقوع آتش‌سوزی

۴-۵-۱-۵- فضای موردنیاز

فضای موردنیاز برای تلمبه‌خانه را تجهیزات و ملزومات جنبی آن‌ها تعیین می‌کند. ملاحظاتی که برای کارکرد صحیح ایستگاه وجود دارد به هنگام تعیین فضای موجود باید در نظر گرفته شود. فضاهای مورد نیاز عبارتند از:

- فضای کافی برای نصب، نگهداری و احیانا تعمیر تجهیزات اصلی پمپاژ
- فضای کافی برای توسعه ایستگاه در آینده و نصب واحدهای تکمیلی
- فضای کافی برای بخش اداری و محل استقرار کارکنان ایستگاه
- فضای مورد نیاز برای انبار کردن برخی تجهیزات جنبی ایستگاه
- فضای لازم برای نصب تجهیزات تامین برق اضطراری

۴-۵-۱-۶- ایمنی

کلیه بخش‌های فیزیکی ایستگاه شامل دیوارها، راهروها، پله‌ها و درهای ورودی و خروجی و غیره باید مطابق با موارد مندرج در NFPA101 و NFPA80 باشد. همچنین سطح تمام شده محوطه تلمبه‌خانه باید حداقل یک متر بالاتر از رقوم سیلاب صد ساله و یا بالاترین رقوم سیلاب ثبت شده بوده و یا محافظت‌های لازم صورت گرفته باشد.

۴-۵-۲- ملاحظات طراحی

از مهم‌ترین مواردی که به هنگام طراحی باید مدنظر قرار گیرند عبارتند از:

• پایه‌ها و ستون‌ها

محل قرارگیری و عمق نصب ستون‌ها باتوجه به نحوه چیدمان تجهیزات مختلف ایستگاه تعیین می‌شود.

• دیوارها

دیوارها باید علاوه بر استحکام، پایداری و زیبایی کم‌ترین نیاز را به نگهداری و تعمیر داشته باشند.

• کف

بتون، بهترین مصالح برای کف می‌باشد که در شرایط عادی نیاز به پرداخت دقیق ندارد. شیب کف و کانال‌های جمع‌آوری و تخلیه آب‌های خارج شده از آب‌بند تلمبه‌ها و ... مد نظر قرار گیرد.

• پشت بام

با توجه به منطقه جغرافیایی قرارگیری ایستگاه، نوع مصالح مورد استفاده در پشت بام مشخص می‌شود چوب، ورق‌های گالوانیزه، موزاییک و ... از جمله این مصالح هستند.

- پنجره و نورگیر

اگرچه پنجره و نورگیرهای بزرگ و به تعداد زیاد به روشنایی بیشتر ایستگاه کمک می‌کند اما از طرف دیگر باعث تضعیف استحکام دیوار و سقف شده و نیازمند نگهداری و تعمیر زیاد می‌باشند.

- درب‌ها

کلیه درب‌ها برای کارکرد مطمئن، ایمنی بالا و کاربردهای سخت صنعتی مناسب باشند.

- راه پله‌ها

پله‌ها می‌توانند بتونی، فولادی یا ترکیبی از این دو باشند. استفاده از پله‌های چوبی مجاز نمی‌باشد. پله‌ها در دو طرف چاله نصب تلمبه‌ها به گونه‌ای باشند که در صورت بروز خطر بهره‌بردار بتواند از نزدیکترین مسیر از مهلکه بگریزد.

۴-۶- ملاحظات سازه‌ای^۱

۴-۶-۱- پی

نمونه‌برداری کافی از خاک و آزمایش آن قبل از انتخاب مکان پی ضروری می‌باشد.
در پی ساختمان، نوع خاک، مقاومت برشی^۲، چسبندگی^۳، زاویه اصطکاک داخلی^۴ و وزن واحد در حالت خشک، تر و یا غوطه‌ور در آب برای هر ماده بکار رفته در پی تا عمق لازم باید کاملاً بررسی گردد.

۴-۶-۱-۱- پی سنگی

در مورد پی‌های سنگی نیاز به آزمایش‌های زیادی نیست. تنها ملاحظات مورد نیاز بررسی گسل‌ها، شکاف‌ها و استحکام یا قابلیت تحمل بار توسط آن‌ها است.

۴-۶-۱-۲- پی روی شمع^۵

زمانی که پی به اندازه کافی ظرفیت تحمل بارهای اعمالی را نداشته باشد و یا روش‌های دیگر پایدارسازی غیرعملی باشند از پی روی شمع استفاده می‌شود. آزمایش‌های لازم جهت تعیین طول شمع و بار قابل تحمل توسط آن باید به دقت صورت پذیرد.

1 - Structural Considerations
2 - Shear Strength
3 - Cohesion
4 - Internal Friction Angle
5 - Pile Foundation

۴-۶-۱-۳- بهسازی پی

اگر تحقیقات نشان دهد که پی توانایی مقابله در برابر بارهای وارده را ندارد روش‌های دیگری جهت تامین استحکام لازم اعمال می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- پیش‌بینی پایه ستون خارج از خطوط دیواره‌های ساختمان؛
- خارج کردن مواد نامناسب در یک سطح و عمق مناسب و جایگزین کردن آن‌ها؛
- استفاده از روش‌های بهبود پی در محل.

۴-۶-۱-۴- نیروی بالابرنده

تمهیدات لازم برای جلوگیری از این پدیده باید مدنظر قرار گیرد. توجه: در محاسبات سازه‌ای ساختمان‌های تلمبه‌خانه آثار زلزله بر اساس ضوابط و مقررات ملی باید در نظر گرفته شود.

۴-۶-۲- اجزای اولیه سازه**۴-۶-۲-۱- سازه‌های آبیگری^۱**

سازه‌های آبیگری ایستگاه عموماً شامل حوضچه مکش و مسیری که آب را به این حوضچه هدایت می‌کند می‌باشد. این تاسیسات به گونه‌ای طراحی می‌شوند که در صورت بروز رسوب‌گذاری آبیگری ایستگاه امکان‌پذیر باشد.

۴-۶-۲-۲- کف ایستگاه

کف ایستگاه شامل قسمتی است که تلمبه، موتور و بقیه تجهیزات الکتریکی و مکانیکی روی آن نصب می‌شود. طراحی این قسمت به خاطر وجود شکاف‌های عبور لوله‌ها که باعث ناپیوستگی در بدنه سازه می‌شود پیچیده است.

۴-۶-۲-۳- مسیر حرکت جرثقیل

مسیر حرکت جرثقیل با توجه به نقشه ایستگاه بر روی ریل‌های مستقر بر روی سازه مناسب مشخص می‌گردد.

۴-۶-۳- بارهای وارد بر سازه

- بارهای وارده ناشی از وزن خاک؛
- بارهای هیدرواستاتیکی؛
- بارهای حاصل از زمین‌لرزه؛
- بارهای مربوط به راه‌پله؛
- بارهای مربوط به سقف؛
- بار ناشی از عملکرد جرثقیل؛

- بارهای وارد بر کف ایستگاه؛
- سایر بارهای متحرک (مانند کامیون که نیاز به آمد و شد داخل تلمبه‌خانه دارد).

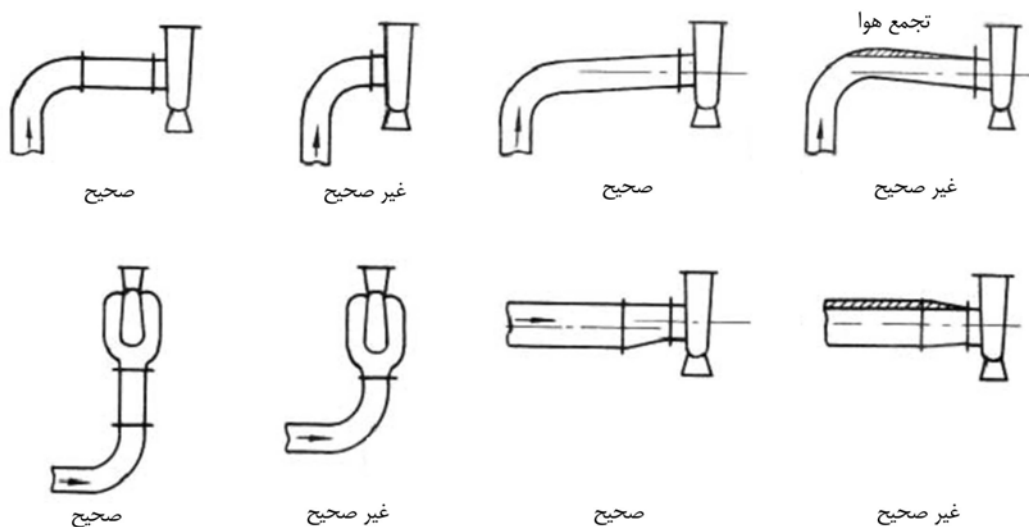
۴-۶-۴- پایداری^۱

جهت اطمینان از پایداری سازه لازم است تجزیه و تحلیل‌های کاملی درمقابل واژگونی^۲، لغزیدن^۳، روانگرایی^۴ و همچنین فشارهای پی انجام شود.

۴-۷- مسایل هیدرولیکی در تلمبه‌خانه

۴-۷-۱- لوله مکش تلمبه

جریان سیال ورودی به لوله مکش تلمبه باید دارای خطوط موازی و سرعتی یکنواخت باشد تا کارکرد تلمبه در بهترین حالت انجام پذیرد. به این منظور طول مستقیم لوله مکش قبل از ورودی باید ترجیحا حدود ۵ برابر قطر آن و قطر لوله مکش باید حداقل برابر با قطر دهانه ورودی تلمبه باشد. همان طوری که قبلا نیز گفته شد در صورت لزوم می‌توان قبل از تلمبه از یک لوله متقارب با شکل غیر متقارن طوری که هوا در بالای آن جمع نشود استفاده کرد. شکل ۴-۶ برخی از انواع نصب صحیح و غیر صحیح را نمایش داده است.



شکل ۴-۶- نصب صحیح و غیر صحیح لوله مکش تلمبه

- 1 - Stability
- 2 - Overturning
- 3 - Sliding
- 4 - Liquefaction

۴-۷-۲- لوله رانش تلمبه

شرایط سیال در لوله رانش نسبت به لوله مکش از حساسیت کمتری برخوردار می‌باشد لیکن جهت افزایش بازده و عمر مجموعه و کاهش اتلاف انرژی رعایت بعضی نکات مؤثر می‌باشد. برای کاهش تلفات انرژی، سرعت سیال در لوله رانش باید حتی‌المقدور پایین نگه داشته شود. طرح انتهایی لوله رانش می‌تواند به صورت آزاد بوده و یا آنکه انتهایی لوله در مخزن مستغرق گردد.

۴-۸-۱- عملکرد خودکار تلمبه‌خانه‌ها

به‌طور کلی شرایط عملکرد خودکار را می‌توان بسته به میزان دخالت بهره‌بردار به دو دسته تقسیم کرد:

۴-۸-۱-۱- عملکرد خودکار با دخالت محدود بهره‌بردار

ممکن است کنترل تجهیزات و ماشین آلات توسط یک بهره‌بردار و در اتاق کنترل ایستگاه انجام شود اما ممکن هم هست که کلیه عملیات کنترل توسط یک سیستم هوشمند انجام شود. ترکیبی از حالات فوق نیز کاربرد زیاد دارد، به این ترتیب که روشن و خاموش کردن تلمبه‌ها توسط بهره‌بردار صورت می‌گیرد اما تنظیم و کنترل سیستم به صورت خودکار انجام می‌شود.

مراحل عملکرد به ترتیب زیر می‌باشد:

- پر کردن پوسته تلمبه با استفاده از مکش مثبت؛
- کنترل سطح آب در مخازن تغذیه و تخلیه؛
- بعد از حصول اطمینان از پر شدن تلمبه و وجود ارتفاع کافی در سطح آب، موتور روشن می‌شود.
- کنترل فشار خروجی؛
- در تلمبه‌های شعاعی پس از اینکه سرعت تلمبه به مقدار اسمی آن رسید و فشار خروجی هم تثبیت شد، شیر خروجی تلمبه به تدریج در زمانی بیش‌تر از $\frac{4L}{a}$ که در آن L طول خط انتقال و a سرعت موج فشاری در لوله می‌باشد، باز می‌شود.^۱
- در تلمبه‌های شعاعی برای خاموش کردن مجموعه پس از بستن کامل شیر خروجی، موتور خاموش می‌شود.

۴-۸-۲- عملکرد خودکار بدون دخالت بهره‌بردار

کنترل ایستگاه بدون دخالت بهره‌بردار معمولاً شامل مراحل زیر است:

۴-۸-۲-۱- ثابت نگهداشتن سطح آب

در این روش کنترل و تنظیم مجموعه باتوجه به میزان سطح آب در منبع مکش و مخزن تخلیه انجام می‌شود. تنظیم مجموعه در این حالت کنترلی می‌تواند به روش‌های مختلف صورت گیرد که دو نمونه از آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱- به بخش ۶-۸ (ضربه آب) مراجعه شود.

• کنترل به‌وسیله خاموش و روشن کردن تلمبه‌ها

این روش معمولاً زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که خاموش و روشن نمودن متوالی تلمبه‌ها مشکلی بوجود نمی‌آورد و همچنین اختلاف سطح مایع در مخزن خیلی مهم نباشد. به این ترتیب می‌توان تلمبه‌ها را برای مدت نسبتاً بیشتری خاموش نگهداشت و سپس روشن نمود. تجهیزات مورد نیاز برای این روش نسبتاً ساده است و حجم مخزن باید به گونه‌ای طراحی شود که تعداد خاموش و روشن شدن تلمبه‌ها بیش از حد مجاز نشود.

• کنترل با تنظیم مقدار جریان توسط شیر خروجی

در مواقعی که حجم مخزن کم باشد و یا نوسانات ایجاد شده در مخزن مهم و مخرب باشد مقدار جریان وارد شده به مخزن تخلیه را می‌توان توسط شیری که روی لوله و خروجی تلمبه نصب می‌شود کنترل نمود. با توجه به اینکه این روش موجب افزایش تلفات انرژی می‌گردد در طراحی‌های جدید معمولاً از آن استفاده نمی‌شود.

۴-۸-۲-۲- کنترل بده

کنترل بده می‌تواند با یکی از سه روش زیر صورت پذیرد:

- کنترل بده ایستگاه با خاموش یا روشن نگهداشتن تعدادی از تلمبه‌ها؛
- کنترل بده با باز و بسته کردن شیر؛
- کنترل بده به وسیله کنترل سرعت دورانی.

۴-۸-۲-۳- کنترل فشار خروجی

انواع روش‌های کنترل فشار خروجی شبیه به کنترل بده می‌باشد. با این حال از آنجا که اندازه‌گیری فشار ساده‌تر از اندازه‌گیری بده می‌باشد این روش نسبت به کنترل بده عملی‌تر می‌باشد.

۴-۹- ملاحظات فنی در مورد ارتعاشات و صدای تولیدی تلمبه‌خانه‌ها

به هنگام طراحی تلمبه‌خانه مشکلات احتمالی ناشی از ارتعاشات و صدای تولیدی اجزا را باید مد نظر داشت. ارتعاشات ایجاد شده توسط بخش‌های مختلف سیستم پمپاژ مستقیماً به سازه منتقل شده و می‌تواند مشکلات عمده‌ای را در پی داشته باشد. علاوه بر آن ارتعاشات کنترل نشده و بیش از حد سبب آسیب دیدن محور موتور و تلمبه و آب‌بندها شده و ممکن است باعث شکستن لوله‌های رابط در نقاط حساس آن‌ها شود. از طرف دیگر پیش از نهایی شدن طرح ایستگاه پمپاژ مقدار صدای تولیدی واحد و تاثیر آن بر زندگی ساکنان اطراف ایستگاه نیز باید مورد مطالعه قرار گیرد. صدای تولیدی بیش از حد، سبب مزاحمت و سلب آسایش ساکنین مجاور شده و ممکن است منجر به اقدامات قانونی علیه متصدیان ایستگاه پمپاژ گردد. با توجه به هزینه بالا برای عایق‌بندی صوتی تجهیزات مورد نیاز، در اکثر ایستگاه‌ها سعی می‌شود با ضخیم‌تر در نظر گرفتن دیوارها و سقف مناسب حتی‌الامکان از انتشار صدای ایستگاه جلوگیری به عمل آید، بهره‌برداران ایستگاه نیز اگرچه از وسایل محافظت سیستم شنوایی استفاده می‌نمایند اما در طولانی مدت در معرض آسیب‌های شنوایی قرار دارند.

۴-۹-۱- منابع ایجاد ارتعاش

۴-۹-۱-۱- ماشین محرک

مهم‌ترین منبع ایجاد ارتعاش در یک تلمبه‌خانه ماشین‌های محرک می‌باشد. برخی از مهم‌ترین عوامل ایجاد ارتعاش در ماشین‌های محرک تلمبه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- نصب نادرست موتور؛
- نصب نامناسب یاتاقان‌ها؛
- عدم تقارن ولتاژهای تغذیه در الکتروموتورها.

۴-۹-۱-۲- تلمبه

عمدتاً عوامل مکانیکی (شامل عوامل ساخت و تولید) و نیز رفتار هیدرولیکی تلمبه به عنوان منابع ایجاد ارتعاشات در تلمبه‌ها شناخته می‌شوند.

• نامناسب بودن سیستم انتقال قدرت

انتخاب ناصحیح نوع کوپلینگ، عدم رعایت فاصله مجاز بین موتور، کوپلینگ و ماشین محرک و نبود اطمینان از همراستایی کامل محورها با هم باعث بروز ارتعاشات در سیستم انتقال قدرت می‌شود.

• عملکرد تلمبه خارج از نقطه بهترین بازده

عوامل متعددی از جمله تغییر مشخصه مدار موجب می‌شود که کارکرد تلمبه در نقطه‌ای غیر از این محل انجام گرفته و خود باعث ایجاد ارتعاش گردد.

• عوامل ساخت و تولید تلمبه

ریخته‌گری و ماشین‌کاری نامناسب قطعات حساس مثل محور، پوسته و چرخ و عدم میزان صحیح چرخ و مجموعه روتور باعث بروز ارتعاش بیش از حد مجاز می‌شود.

۴-۹-۲- روش‌های جلوگیری از ارتعاشات^۱ بیش از حد

با بکار بردن برخی دستورالعمل‌ها می‌توان تا حد زیادی از ارتعاشات بیش از حد جلوگیری کرد.

• میزان کردن

کلیه اجزای دوار به‌طور دقیق و حتی‌المقدور در دو صفحه میزان شوند. علاوه بر آن به ویژه در مورد تلمبه‌های بزرگ مجموعه روتور شامل چرخ، محور و غیره به صورت مجموعه میزان می‌شوند.

۱- برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد استانداردهای مربوط به ارتعاشات مجاز در تلمبه‌خانه‌ها به مرجع شماره ۵ مراجعه شود.

- پرهیز از لقی و رواداری‌های نابجا

وجود هرگونه لقی هنگام سوار نمودن اجزای روتور باعث ایجاد ارتعاش و ضربات نوسانی می‌گردد.

- همراستایی دقیق

به هنگام نصب توپی‌های کوپلینگ باید از توازی و هم محوری دو قطعه اطمینان حاصل آید.

- تثبیت لوله‌ها

لوله‌های ورودی و خروجی تلمبه‌ها در فواصل مناسب و در سه جهت x ، y و z ثابت شوند.

- شاسی و پی مناسب

از آنجا که بخش اعظم ارتعاشات تولیدی توسط مجموعه به شاسی و پی منتقل می‌شود، این قسمت‌ها نقش مهمی در جذب و میرا نمودن نوسانات دارند.

- استفاده از تلمبه‌های با ورودی دوطرفه و حلزونی مضاعف

با توجه به تعادل آب ورودی به تلمبه‌های با ورودی دوطرفه و نیز وجود یاتاقان در دو طرف چرخ، نیروی محوری ایجاد شده به شکل چشمگیری کاهش می‌یابد. استفاده از تلمبه‌های با پوسته مضاعف نیز باعث کاهش فوق‌العاده در مقدار نیروی شعاعی می‌شود. با کم شدن مقادیر نیروهای شعاعی و محوری ارتعاشات ایجاد شده نیز کاهش می‌یابد.

- شرایط مناسب مکش

شرایط مناسب مکش به لحاظ مقدار کافی $NPSH_a$ و آرامش جریان باعث جلوگیری از ایجاد جریان‌های گردابی سطحی و زیر سطحی شده و مقدار ارتعاشات ناشی از آن کاهش می‌یابد.

فصل ۵

سیستم قلمبه زنی

۱-۵ - گذر حجمی یا بده

بده تلمبه Q ، مقدار موثر حجم سیالی است که در واحد زمان از دهانه خروجی تلمبه خارج می‌گردد. انواع بده‌هایی را که دارای اهمیت بیش‌تری هستند می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

Q_n بده اسمی^۱: بده که انتخاب تلمبه بر آن مبنا صورت می‌گیرد.

Q_{opt} بده بهینه^۲: بده تلمبه در نقطه‌ای که بازده حداکثر است.

Q_{min} بده حداقل: کم‌ترین بده مجاز در کارکرد تلمبه.

واحد بده در دستگاه متریک، با توجه به ابعاد و ظرفیت تلمبه بر حسب متر مکعب بر ساعت، مترمکعب بر ثانیه، لیتر بر دقیقه و لیتر بر ثانیه بیان می‌گردد.

۲-۵ - ارتفاع کل

ارتفاع کل H ، یک تلمبه مقدار قدرت مفیدی است که توسط تلمبه به واحد وزن سیال منتقل می‌شود. واحد ارتفاع در دستگاه متریک بر حسب متر است. این ارتفاع عبارت است از:

$$H = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho g} \right) + (Z_d - Z_s) + \left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} \right)$$

که P_d و P_s به ترتیب فشار استاتیک در دهانه‌های ورودی و خروجی تلمبه،

V_d و V_s به ترتیب سرعت سیال در دهانه‌های ورودی و خروجی تلمبه و

Z_d و Z_s به ترتیب ارتفاع هندسی در دهانه‌های ورودی و خروجی تلمبه می‌باشند.

شکل ۱-۵ ارتفاع کل بین سطح آب در مخزن تغذیه و سطح آب در مخزن تخلیه را نشان می‌دهد.

Z_A و V_A و P_A : به ترتیب ارتفاع، سرعت سیال و فشار در نقطه سطح آزاد آب در مخزن تغذیه می‌باشد.

Z_R و V_R و P_R : به ترتیب ارتفاع، سرعت سیال و فشار در نقطه سطح آب در مخزن تخلیه می‌باشد.

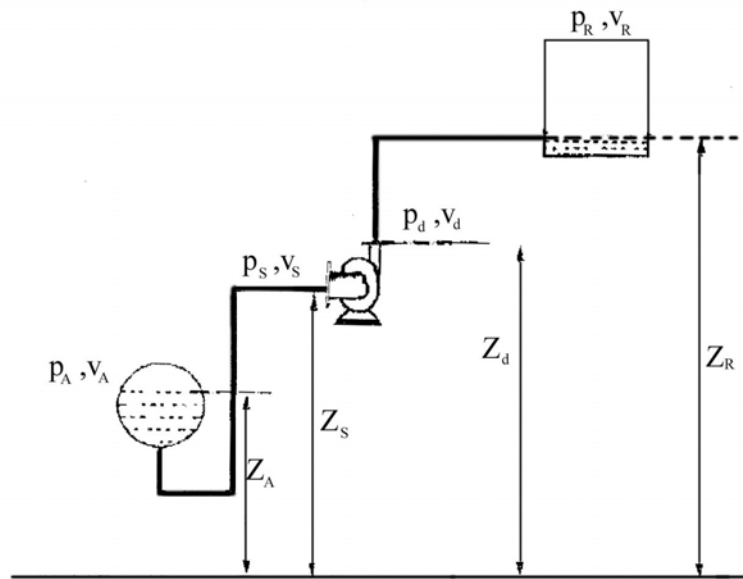
مقادیری از ارتفاع کل که دارای اهمیت بیش‌تری می‌باشند به صورت زیر تعریف می‌گردد:

H_n ارتفاع اسمی: ارتفاعی که بر اساس آن تلمبه ساخته می‌شود.

H_{opt} ارتفاع بهینه: ارتفاعی که در آن بازده تلمبه حداکثر است.

H_0 ارتفاع قطع^۳: ارتفاعی که در آن بده صفر است.

1 - Nominal Flow Rate
2 - Optimum Flow Rate
3 - Shut - off Head



شکل ۵-۱- شمایی از ارتفاع کل بین سطح آب در مخزن تغذیه و سطح آب در مخزن تخلیه

۵-۳- بازده تلمبه‌ها و توان مورد نیاز

۵-۱-۵-۱- بازده کل

مقدار بازده کل به عوامل متعددی بستگی دارد که اهم آن‌ها عبارتند از: تلفات هیدرولیکی، تلفات مکانیکی و تلفات ناشی. این تلفات عمدتاً به نوع تلمبه و ابعاد آن بستگی دارد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که بازده تلمبه تابعی از سرعت مخصوص و اندازه آن باشد.

۵-۲-۵-۲- توان ماشین محرک

انتخاب توان ماشین محرک در توربو تلمبه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا در هنگام کار معمولاً بده و ارتفاع کل تلمبه تغییر کرده و متناسب با آن توان مفید و توان روی محور نیز تغییر می‌کند. توان ماشین محرک باید طوری انتخاب شود که در همه حال و در همه شرایط کاری جوابگوی این تغییرات باشد. بنابراین نمی‌توان از روی بده و ارتفاع اسمی و یا بده و ارتفاع بهینه تلمبه قدرت ماشین محرک را انتخاب کرد. بلکه توان ماشین محرک براساس نقطه ماکزیمم منحنی مشخصه^۱ انتخاب می‌گردد. برای محاسبه توان مصرفی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$P = \frac{Q \cdot H}{102 \times \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}$$

که در آن Q بده بر حسب لیتر بر ثانیه، H ارتفاع تلمبه‌زنی بر حسب متر، η_1 بازده تلمبه، η_2 بازده موتور، η_3 بازده قطعه انتقال قدرت از موتور به تلمبه و P توان مصرفی بر حسب کیلووات می‌باشد.

۱- منحنی مشخصه در بخش ۵-۵ توضیح داده شده است.

۴-۵- چرخ تلمبه‌ها

چرخ‌ها را می‌توان براساس شکل و فرم پره‌هایشان طبقه‌بندی کرد:

- چرخ‌های شعاعی (با پره مستقیم و با پره فرانسویس)؛
- چرخ‌های جریان مختلط؛
- چرخ‌های جریان محوری.

ارتباط پروفیل این چرخ‌ها با سرعت مخصوص در شکل ۲-۵ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۵- رابطه پروفیل چرخ با سرعت مخصوص

۵-۵- منحنی‌های مشخصه

۵-۵-۱- منحنی مشخصه ارتفاع بر حسب بده (H-Q) در دور ثابت

شکل منحنی در تلمبه‌های شعاعی، مختلط و محوری با یکدیگر تفاوت دارد. در تلمبه‌های شعاعی منحنی مشخصه ارتفاع به شکل سهمی است، که معمولاً نقطه بیشینه آن یا بر روی محور H قرار می‌گیرد (نقطه بده صفر) و یا به آن بسیار نزدیک است. در تلمبه‌های محوری این نقطه معمولاً بر روی محور H قرار نمی‌گیرد و در تلمبه‌های مختلط منحنی‌های مشخصه با توجه به سرعت مخصوص، در محدوده سرعت‌های مخصوص پایین به منحنی مشخصه تلمبه‌های شعاعی و در محدوده سرعت‌های بالا به منحنی تلمبه‌های محوری شبیه است (شکل ۳-۵). به‌طور کلی همواره منطقه کاری فقط بر روی قسمتی از منحنی مشخصه H-Q که

شیب آن رو به پایین است، انتخاب می‌شود ($\frac{dH}{dQ} < 0$). به این معنی که با افزایش بده، ارتفاع تولیدی کاهش می‌یابد.

۵-۵-۲- منحنی مشخصه توان بر حسب بده (P-Q) در دور ثابت

شکل منحنی توان نیز با سرعت مخصوص تلمبه تغییر می‌کند. در تلمبه‌های شعاعی منحنی با افزایش بده تا بده طراحی، حالت صعودی داشته و در تلمبه‌های محوری منحنی شکل نزولی پیدا می‌کند. در تلمبه‌های مختلط، بسته به سرعت مخصوص، شکل آن حالت بینابینی از دو منحنی را دارد (شکل ۳-۵).

۵-۵-۳- منحنی مشخصه بازده بر حسب بده ($\eta - Q$) در دور ثابت

منحنی بازده اغلب به صورت سهمی بوده و دارای نقطه بیشینه‌ای است که در واقع معرف بهترین بازده^۱ تلمبه می‌باشد (شکل ۵-۳). حین انتخاب تلمبه باید کوشش کرد که نقطه کاری تلمبه در نزدیکی این محل قرار گیرد. در کاتالوگ تلمبه‌ها معمولاً منحنی‌های بازده را به صورت منحنی‌های هم-بازده بر روی منحنی مشخصه ارتفاع نشان می‌دهند.

۵-۵-۴- منحنی مشخصه NPSHR بر حسب بده ($NPSHR - Q$) در دور ثابت

این منحنی در تلمبه‌های شعاعی معمولاً به صورت صعودی است در حالی که در تلمبه‌های محوری منحنی NPSHR دارای یک نقطه حداقل است، یعنی خطر خلاءزایی هم در بده‌های کم و هم در بده‌های زیاد افزایش می‌یابد. در تلمبه‌های مختلط نیز منحنی در محدوده سرعت‌های مخصوص پایین شبیه به تلمبه‌های شعاعی و در محدوده سرعت‌های مخصوص بالا شبیه به تلمبه‌های محوری است (شکل ۵-۳).

۵-۵-۵- نقاط ویژه منحنی‌های مشخصه

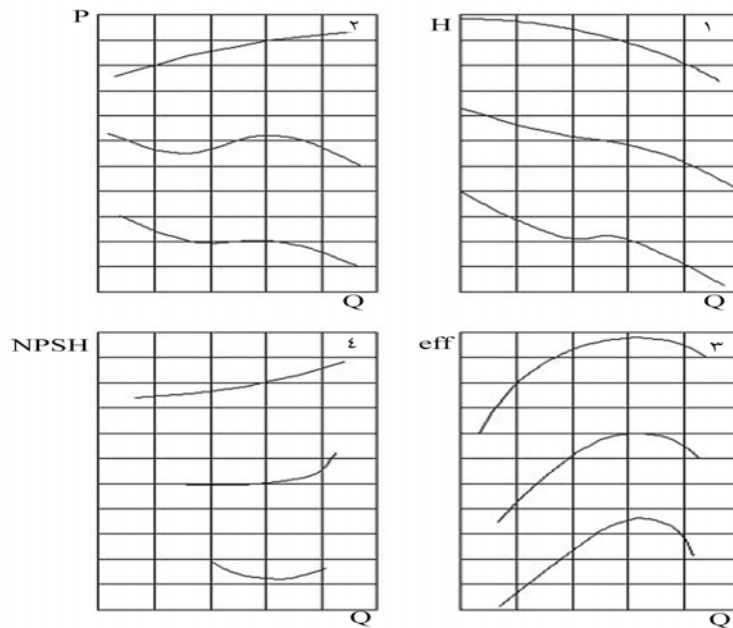
طبق شکل ۴-۵ نقاط ویژه منحنی‌های مشخصه تلمبه عبارتند از:

- نقطه بهترین بازده بر روی منحنی $\eta - Q$ (نقطه B) که معمولاً انتخاب تلمبه بر اساس این نقطه صورت می‌گیرد.
- نقطه بیشینه منحنی $H - Q$ (نقطه M) که کار تلمبه را بر روی قسمتی از منحنی که $\frac{dH}{dQ} < 0$ است، محدود می‌کند.
- نقطه بیش‌ترین بده، بر روی منحنی $H - Q$ (نقطه A) که محدود کننده کار تلمبه است، در مورد تلمبه‌های محوری نقطه حداقل بده نیز مهم است.
- نقطه بده صفر (نقطه D) که معمولاً راه‌اندازی تلمبه‌های شعاعی در آن انجام می‌شود و بر اساس آن گشتاور و توان راه‌اندازی محاسبه می‌گردد.
- نقطه بیش‌ترین توان که بر اساس آن توان راه‌اندازی موتور محاسبه می‌شود.

۵-۵-۶- منحنی‌های مشخصه در سرعت دورانی‌های مختلف

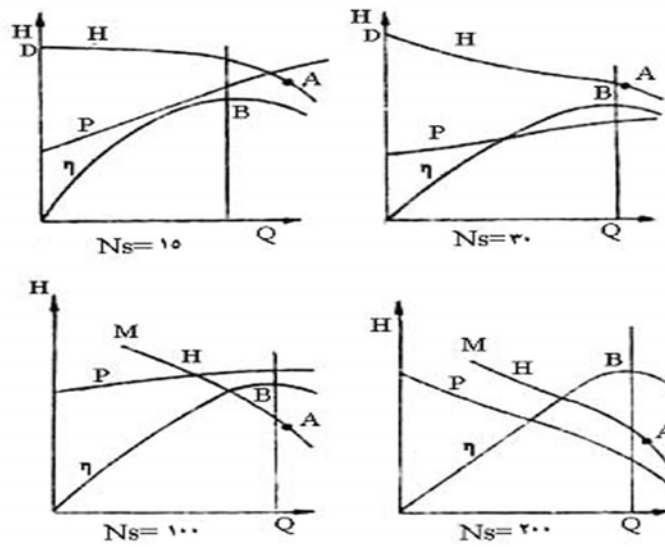
بده و ارتفاع تولیدی تلمبه‌ها به سرعت دورانی آن‌ها بستگی دارد. این تغییرات از قوانین تشابه (بند ۵-۱۱-۲) پیروی می‌نماید. در صورت نیاز به تغییر سرعت‌های دورانی تلمبه، کارخانه سازنده منحنی‌های مشخصه در دور ثابت را به ازای سرعت‌های دورانی مختلف بر روی یک دستگاه مختصات رسم می‌کند. و سپس با اتصال نقاط هم‌بازده، منحنی‌های بازده ثابت را بدست می‌آورد. در شکل ۵-۵ نمونه‌ای از تغییرات در سرعت‌های دورانی مختلف مشاهده می‌شود. منحنی‌های توان و NPSHR نیز هر کدام جداگانه برای دورهای متفاوت رسم می‌شوند.

1 - BEP (best efficiency point)

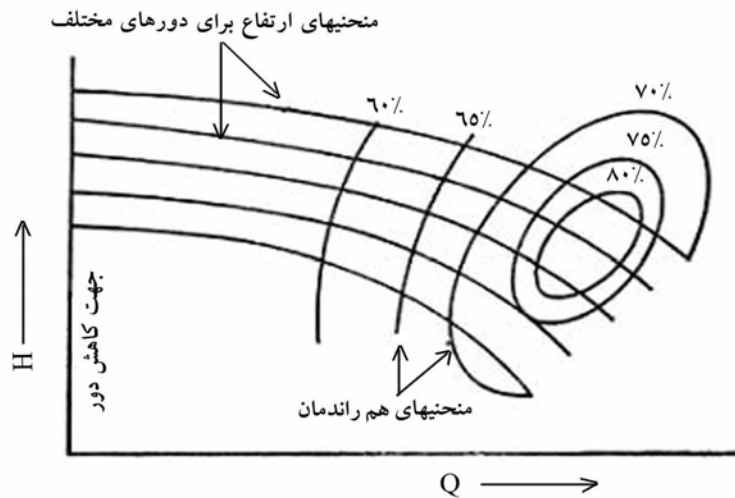


شکل ۵-۳- مقایسه منحنی‌های مشخصه تلمبه‌های جریان شعاعی، مختلط و محوری

(در هر نمودار منحنی بالا مربوط به تلمبه شعاعی، منحنی میانی تلمبه مختلط و منحنی پایینی تلمبه محوری می‌باشد.)



شکل ۵-۴- نقاط مهم در منحنی‌های مشخصه متفاوت بر حسب N_s



شکل ۵-۵-۵- منحنی H - Q در دورهای مختلف همراه با منحنی‌های هم بازده

۵-۵-۷- منحنی مشخصه و قطر چرخ

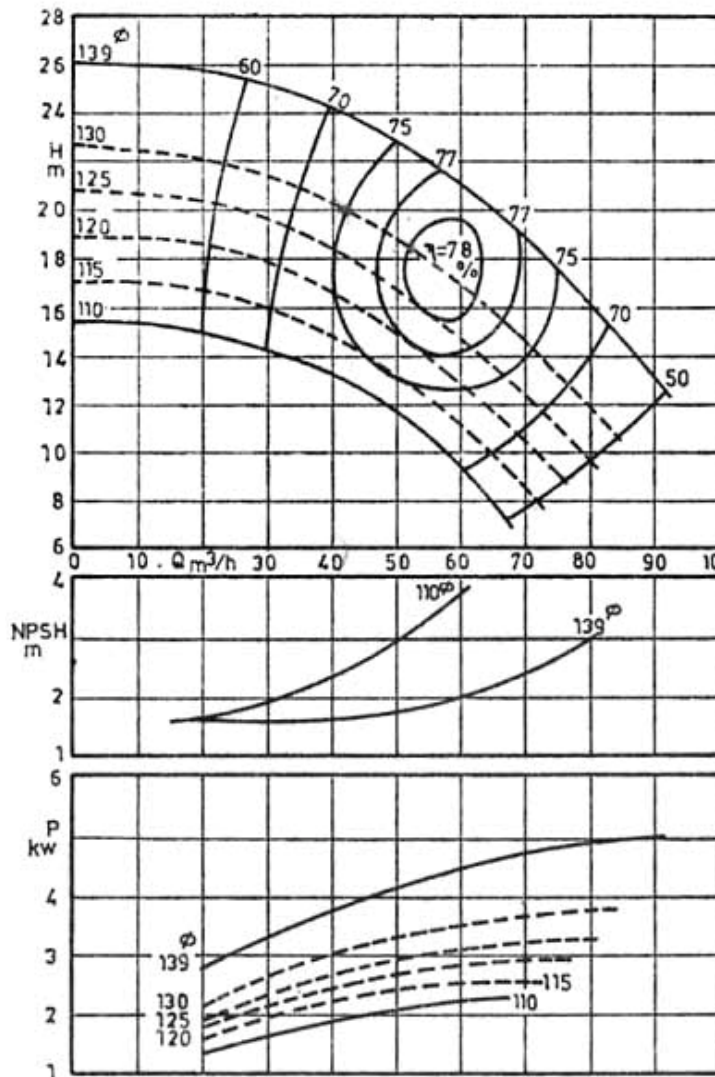
تغییر قطر چرخ، اثر مشابهی با تغییر سرعت دورانی بر روی منحنی‌های مشخصه H - Q و توان دارد. منحنی‌های مشخصه تلمبه به ازای یک دور ثابت و قطر چرخ‌های متفاوت در یک دستگاه مختصات رسم می‌شود (شکل ۵-۶).

تغییر قطر چرخ توسط تراشکاری چرخ و یا پره‌های آن صورت می‌گیرد معمولاً برای تلمبه‌های با سرعت مخصوص نسبتاً پایین می‌توان قطر را حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش داد. در حالی که در تلمبه‌های مختلط این کاهش به حدود ۳ یا ۴ درصد محدود می‌شود.

۵-۶- خلاءزایی^۱

خلاءزایی نتیجه تولید حباب‌های بخار درون مایع در محیطی و از بین رفتن آن‌ها در محیطی دیگر می‌باشد. در صورتی که کاهش فشار بر اثر عوامل دینامیکی باعث تبخیر سیال گشته و موجب به وجود آمدن حباب‌های بخار درون مایع شود، خلاءزایی رخ می‌دهد.

هرگاه شرایط جریان درون تلمبه به صورتی باشد که فشار مایع در نقطه‌ای به فشار تبخیرش برسد، حباب‌های بخار به وجود می‌آیند که همراه با مایع به سمت محلی که دارای فشار بالاتر است حرکت می‌کند. در محل جدید در صورتی که اندازه فشار بالاتر از فشار تبخیر در دمای مایع باشد، حباب‌ها از بین می‌روند. از بین رفتن ناگهانی حباب‌های بخار موجب کم شدن فضای اشغالی توسط بخار شده و در نتیجه ذرات سیالی که در اطراف حباب بوده‌اند مجبور به پر کردن این فضای خالی خواهند شد. این امر سبب ایجاد اختلاف فشار موضعی بسیار زیاد خواهد شد که در نتیجه آن ذرات سیال اطراف این حباب با سرعت فوق‌العاده زیاد به حرکت درآمده و به اطراف و از جمله پره‌ها برخورد می‌کنند.



شکل ۵-۶- منحنی‌های مشخصه تلمبه در قطرهای مختلف چرخ

خلاءزایی همواره با صداهای منقطع شروع می‌شود و سپس در صورتی که کاهش فشار ادامه یابد، بر شدت این صداها افزوده می‌شود. صدای خلاءزایی مخصوص و مشخص بوده و شبیه برخورد ماسه به سطح فلز می‌باشد. در انتها این صداهای منقطع تبدیل به صدایی شدید و دایم می‌گردد و در همین حال نیز بده ماشین به شدت کاهش می‌یابد و یا قطع می‌شود. در صورتی که خلاءزایی ادامه پیدا کند خوردگی شدیدی در ورودی چرخ به چشم خواهد خورد (شکل ۵-۷).



شکل ۵-۷- صدمات ناشی از خلأزایی

۷-۵- ماشین محرکه تلمبه‌ها

۷-۵-۱- موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- موتورهای جریان متناوب (AC):
- موتورهای جریان مستقیم (DC).

با توجه به نحوه نصب موتورهای الکتریکی به صورت زیر تقسیم می‌شوند:

- خشک: که در آن موتور خارج از آب قرار می‌گیرد.
- مستغرق: که در آن تلمبه و موتور داخل آب قرار می‌گیرند.
- موتورهای جریان متناوب (AC) القایی دارای مزایای زیر می‌باشند:
 - ساختاری ساده دارند.
 - به آسانی نصب می‌گردند.
 - قابل اطمینان می‌باشند.
 - سیستم صدور فرمان‌های خودکاری ایستگاه‌ها مطمئن‌تر است.

به علت مزایای فوق در تمامی مواردی که برق متناوب به میزان کافی در دسترس باشد، این نوع موتورها به عنوان انتخاب اول محسوب می‌گردند. از موتورهای الکتریکی با جریان یکسو (DC) نیز فقط در موارد بسیار خاص استفاده می‌شود. از بین انواع متداول موتورهای الکتریکی، موتورهای قفسه سنجابی بیش‌ترین مصرف را در تلمبه‌خانه‌ها دارا می‌باشند. مزایای اصلی استفاده از این موتورها عبارتند از:

- سادگی؛
- تعمیرات و هزینه اولیه کم؛
- بازده نسبتاً بالا؛
- قابل دسترس بودن در انواع مختلف استاندارد.

سرعت دورانی این موتورها از حالت بی‌باری تا بار کامل فقط در حدود چند درصد تغییر می‌کند به همین دلیل این موتورها به عنوان محرک با سرعت ثابت در نظر گرفته می‌شوند.

معایب اصلی موتورهای القایی قفسه‌سنجابی به شرح زیر می‌باشد:

- هنگام راه‌اندازی جریان زیادی مصرف می‌کنند.
- در بارهای کم دارای بازده کمی می‌باشند.
- ضریب توان کم آن با کاهش بار کم‌تر می‌شود^۱.

۵-۷-۲- توربین بخار

عموما استفاده از این نوع محرک به موارد زیر محدود می‌گردد:

- به عنوان محرک اضطراری و یا به صورت آماده به کار^۲ استفاده می‌شود.
- در حالتی که نیاز به دور متغیر بوده و در ضمن بخار مورد نیاز در دسترس باشد.
- در مواردی که مقدار قدرت مورد نیاز بیش‌تر از قدرت موتورهای الکتریکی باشد. به‌طور معمول در توان‌های بالاتر از ۵۰۰ کیلووات از این نوع محرک‌ها می‌توان استفاده کرد^۳.

۵-۷-۳- موتورهای احتراق داخلی

موتورهای احتراق داخلی به‌طور گسترده‌ای به عنوان محرک تلمبه‌های شعاعی و نیز به عنوان منبع برق اضطراری ایستگاه استفاده می‌شوند. جهت انتخاب این موتور برای هر کارکرد متغیرهای زیر باید در نظر گرفته شود:

- ارتفاع از سطح دریا؛
- دمای هوای محیط؛
- جهت و سرعت دورانی؛
- متوسط فشار موثر ترمزی و سرعت پیستون؛
- تعمیر و نگهداری؛
- جو محل کارکرد موتور(از نظر گرد و خاک و مواد موجود در هوا)؛
- ارتعاشات؛
- آلودگی ناشی از موتور؛
- توان اسمی موتور.

۱- برای مطالعه بیش‌تر در مورد موتورهای الکتریکی به مرجع شماره ۵ مراجعه شود.

2 - Stand by

3 - Pump Handbook

۵-۷-۴- توربین‌های گازی

از این توربین‌ها بیش‌تر به عنوان منبع برق اضطراری ایستگاه و مواردی که به منابع تامین برق دسترسی نیست استفاده می‌شود.

۵-۸- موتورهای با دور متغیر

در طی سال‌های گذشته استفاده از موتورهایی با دور ثابت در صنایع مرسوم بوده است. روش‌های مختلف مکانیکی جهت تغییر دور محرکه‌هایی با سرعت ثابت وجود دارد. همچنین استفاده از موتورهای DC که قابلیت تغییر دور را از طریق تنظیم ولتاژ دارا هستند در طی صد سال اخیر متداول بوده است. اگر چه کنترل سرعت از طریق تنظیم مقاومت در مدار ثانویه موتورهای القایی با روتور سیم پیچی شده امکان پذیر است، اما در موتورهای القایی AC قفسه سنجابی که کاربری آن‌ها فراگیر شده است این امر از طریق تنظیم تواتر که نسبتاً مشکل می‌باشد صورت می‌پذیرد. امروزه با استفاده از روش‌های خاصی از قبیل مدولاسیون پهنای پالس این کار بسیار آسانتر شده است. به‌طور کلی تقابل بین سیستم کنترل و موتور در یک محرکه دور متغیر منفرد امکان تنظیم سرعت را بوجود می‌آورد. محرکه‌های مختلفی جهت کنترل سرعت در موتورها وجود دارند که عبارتند از:

- محرکه‌های AC با قابلیت تنظیم ولتاژ؛
- موتورهای القایی با روتور سیم پیچی شده؛
- محرکه‌های با قابلیت تنظیم تواتر؛
- محرکه‌های کرامر اصلاح شده؛
- موتورهای DC با منابع تغذیه یکسوکننده سیلیکونی.

۵-۹- انتخاب نوع تلمبه

۵-۹-۱- انتخاب مشخصات اصلی تلمبه

انتخاب تلمبه می‌تواند با یکی از سه روش زیر صورت پذیرد:

الف- جزییات کاملی از شرایط پمپاژ شامل موقعیت ایستگاه، نوع سیال، دمای هوا و غیره از طرف کارفرما به سازنده اعلام می‌گردد و سازنده پس از مطالعه دقیق کلیه شرایط و احتمالاً بازدید از منطقه، تلمبه‌های پیشنهادی و شرایط و نحوه نصب آن‌ها را به کارفرما اعلام می‌نماید.

ب- کارفرما شخصا محاسبه کاملی از سیستم پمپاژ و تاسیسات مربوط را به عمل آورده و با توجه به کاتالوگ سازنده‌های مورد نظر نوع خاص تلمبه را انتخاب می‌نماید. برای این کار می‌باید بده مورد نیاز تلمبه‌خانه و ارتفاع پمپاژ دقیقاً محاسبه گردد و پس از مشخص نمودن سرعت دورانی ماشین محرک با استفاده از سرعت مخصوص چرخ (شعاعی، مختلط یا محوری) تعیین می‌شود.

ج- ممکن است ترکیبی از دو روش فوق نیز برای انتخاب تلمبه مورد استفاده قرار گیرد. به این معنی که بده، ارتفاع و دور توسط کارفرما محاسبه شده و آنگاه از سازندگان مختلف در مورد مناسب‌ترین تلمبه استعلام می‌شود. اطلاعات و ارقامیکه باید قبل از هرگونه رایحه پیشنهاد و سفارش در اختیار سازنده قرار گیرد عبارت است از:

- کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب تلمبه شونده؛
- توزیع زمانی آب ورودی به حوضچه مکش شامل حداقل و حداکثر ارتفاع آب؛
- بده مورد نیاز تلمبه‌خانه و در صورت نیاز توزیع زمانی آن در فصول مختلف؛
- ارتفاع استاتیکی ایستگاه و طول خط انتقال؛
- شرایط مکش از قبیل ارتفاع یا $NPSH_a$ ؛
- دایمی یا متناوب بودن کار ایستگاه؛
- نصب افقی یا قائم؛
- محدودیت‌های انتخاب ماشین محرک؛
- محدودیت‌های فضا، وزن و حمل و نقل؛
- هر محدودیت یا شرایط خاص دیگری که انتخاب تلمبه متاثر از آن باشد.

فرایند انتخاب تلمبه مناسب برای تلمبه‌خانه پیچیده است. یک مهندس طراح مجرب با در نظر داشتن پارامترهای مختلف بهترین طرح را از گزینه‌های ممکن انتخاب می‌کند. پیش از آغاز مطالعه گزینه‌های قابل طرح نکات مختلفی باید مشخص شود:

- منبع تامین آب (شرایط فیزیکی و شیمیایی آب)؛
 - مقدار بده طراحی (ماکزیمم بده مورد نیاز)؛
 - شرایط نقطه کاری (ارتفاع تلمبه‌زنی، حداقل و حداکثر ظرفیت، بازده و $NPSH_r$).
- بعد از تخمین نکات فوق موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.
- موقعیت نصب تلمبه؛
 - ماشین محرک موجود (موتور الکتریکی یا دیزل، سرعت ثابت یا متغیر)؛
 - موقعیت تلمبه‌خانه، فضای موجود و محدودیت‌ها.

۵-۹-۲- عوامل موثر در انتخاب تلمبه

۵-۹-۲-۱- جریان ورودی (آب خام)

فرایند انتخاب تلمبه کاملاً تحت تاثیر کیفیت آب است. در صورتی که آب حاوی ذرات جامد باشد باید از چرخ مناسب در تلمبه استفاده کرد. از طرف دیگر بسیاری از تلمبه‌ها قادر نیستند آب حاوی ذرات جامد یا خورنده را برای مدت طولانی با شرایط مطلوب پمپاژ کنند.

۵-۹-۲-۲- مقدار بده طراحی

پیش از انتخاب نوع و اندازه تلمبه مقدار بده طراحی باید مشخص باشد. برخی توصیه‌های تجربی در زمینه انتخاب تلمبه بدین قرار هستند:

- سعی شود حداکثر مقدار بده، حداقل با دو تلمبه تامین شود.
 - سعی شود بده حداقل توسط یک تلمبه تامین شود.
 - سعی شود برای کاهش نیاز به لوازم یدکی تلمبه‌ها از یک اندازه باشند.
 - سعی شود در بیش‌ترین حالت محتمل کارکرد، تلمبه‌ها در حوالی نقطه بهترین بازده انتخاب شود.
 - تعداد تلمبه‌های آماده به کار با توجه به حساسیت طرح و احتمال پیدایش دوره‌های تعمیراتی تعیین شود. در تلمبه‌خانه‌های آب شهری به ازای هر چهار تلمبه یک تلمبه آماده به کار تعیین می‌شود.
- البته هزینه کل و نیز در دسترس بودن تلمبه انتخابی و مقدار برق مصرفی عواملی هستند که انتخاب نوع و اندازه تلمبه با توجه به آن‌ها انجام می‌شود و ممکن است تعداد تلمبه‌های لازم را افزایش دهند. پس از آنکه انتخاب اولیه تلمبه‌ها مشخص شد می‌باید شرایط کاری به‌طور کامل در مورد آن‌ها کنترل شود.
- نقطه کارکرد یک تلمبه در یک سیستم آبرسانی با افزایش عمر تاسیسات، افزایش شیب منحنی مصرف در اثر باز یا بسته کردن شیر کنترل و با تغییر سرعت دورانی تلمبه تغییر می‌نماید.

۵-۹-۲-۳- شرایط نقطه کار

شرایط کاری تلمبه شامل حداقل و حداکثر بده، حداقل و حداکثر ارتفاع تلمبه‌زنی، $NPSH_r$ و محدودیت ارتفاع مکش و غیره سبب حذف بعضی از گزینه‌های انتخاب شده در مرحله قبل می‌شوند.

نقطه کارکرد یک تلمبه در یک سیستم آبرسانی با افزایش عمر تاسیسات، افزایش شیب منحنی مصرف در اثر باز یا بسته کردن شیر کنترل و با تغییر سرعت دورانی تلمبه تغییر می‌نماید.

۵-۹-۲-۴- موقعیت تلمبه‌خانه

موقعیت و شرایط تلمبه‌خانه از جنبه‌های مختلفی در انتخاب تلمبه مناسب تاثیر می‌گذارد. ملاحظات مربوط به موقعیت ایستگاه می‌تواند شامل این موارد باشد:

- ابعاد ایستگاه: در صورتی که ابعاد تلمبه‌خانه کوچک باشد، معمولاً از تلمبه‌های عمودی استفاده می‌شود تا سطح کمتری را در ایستگاه اشغال کند.
- شرایط هیدرولیکی حاکم: با توجه به مقدار $NPSH$ لازم برای کارکرد قابل قبول تلمبه، عمق نصب ممکن است بسیار زیاد باشد. در این موارد نیز معمولاً استفاده از تلمبه‌های عمودی مناسب‌تر از تلمبه‌های افقی می‌باشد.

۵-۹-۲-۵- شرایط محیطی

شرایط آب و هوایی ممکن است سبب حذف بعضی گزینه‌ها که شامل نصب اجزا در فضای باز هستند شود. در بسیاری موارد حد سروصدای قابل قبول اجازه استفاده از دیزل را نمی‌دهد.

۵-۹-۲-۶- تغییرات سرعت

در بیشتر مواقع تلمبه‌هایی برای استفاده در حالت سرعت متغیر مناسب هستند که منحنی ارتفاع تلمبه‌زنی - بده (Q - H) آن‌ها دارای شیب مناسبی باشد. تلمبه‌هایی که منحنی آن‌ها تخت بوده یا دارای افت ناگهانی باشد برای استفاده در این حالت مناسب نیستند.

۵-۹-۲-۷- نوع ماشین محرک

نوع ماشین محرک نیز در انتخاب تلمبه موثر است. برای مثال در صورتی که محرک از نوع دیزل باشد استفاده از تلمبه‌های افقی بهتر از عمودی است. هر چند می‌توان به کمک یک مجموعه چرخ‌دنده از دیزل برای تلمبه‌های عمودی هم استفاده کرد.

۵-۹-۲-۸- سایر موارد

سایر پارامترهایی که انتخاب تلمبه را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارت است از:

- رضایت مشتری؛
- محلی بودن سازندگان و در دسترس بودن مراکز سرویس دهی و قطعات یدکی؛
- هزینه اولیه، هزینه نگهداری و عملکرد؛
- تجربیات قبلی؛
- در دسترس بودن کارکنان بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات.

۵-۹-۳- انتخاب تلمبه

مرحله انتخاب گزینه برتر شامل مطالعه دقیق‌تر گزینه‌های موجود از نظر تطابق دقیق با ملاحظات مورد نظر در انتخاب اولیه می‌باشد. دریافت نظرات و توصیه‌های سازنده تلمبه و کارفرما در انتخاب نهایی ضروری است. برخی ملاحظات خاص این مرحله عبارتند از:

- بررسی دقیق و جزء به جزء گزینه‌های موجود از نظر هیدرولیکی و در نظر گرفتن چگونگی عملکرد سیستم‌های حاضر در شرایطی که امکان وقوع دارد.
- مکاتبه با سازنده تلمبه و درخواست دریافت نظرات وی در خصوص پروژه حاضر. در این مرحله جزئیات هیدرولیکی مورد نیاز این پروژه به همراه نقشه اولیه ایستگاه و مشخصات اولیه آن در اختیار سازنده تلمبه قرار می‌گیرد و از او خواسته می‌شود نظرات و پیشنهادهای خود را بصورت کتبی ارائه نماید.

بعد از این مرحله نقشه ایستگاه، قیمت‌های تخمینی و گزینه‌های انتخاب شده اولیه در اختیار کارفرما قرار داده می‌شود تا نظرات خود را اعلام نماید.

پس از آنکه نظرات سازندگان و کارفرما اعلام شد، انتخاب گزینه نهایی، تهیه نقشه ایستگاه و نوشتن جزییات و مشخصات تلمبه‌خانه را می‌توان شروع نمود.

۱۰-۵- مشخصات موجود در پیشنهاد فنی

۱-۱۰-۵- نقشه‌ها

حداقل نقشه‌هایی که باید ارائه گردد، به شرح زیر می‌باشد:

- چیدمان کلی یا نقشه کلی هر سیستم، که باید شامل جهت چرخش، اندازه‌ها، موقعیت اتصالات اصلی، اندازه‌های کلی، وزن کل، و وزن قطعات باشد.
 - نقشه برش عرضی که تجهیزات پیشنهاد شده در آن معین شود.
 - نقشه شماتیک سیستم‌های جانبی مثل کنترل روغن روانکار و همچنین فهرست مواد؛
 - نقشه‌های شماتیکی که روش مونتاژ اجزا را نمایش دهد.
 - نقشه P & ID تجهیزات تلمبه‌خانه.
- توضیح اینکه تهیه کلیه نقشه‌های نامبرده در فوق به عهده سازنده تلمبه بوده که آن را برای مشاور جهت بررسی ارسال می‌کند.

۱-۱-۱۰-۵- منحنی‌ها

منحنی‌های فشار، بازده، NPSHR و توان، همگی برحسب بده توسط فروشنده ارائه می‌شوند.

۲-۱۰-۵- مشخصات موجود در قرار داد

فروشنده باید متعهد شود موارد زیر را در موعد مقرر به خریدار تحویل دهد:

- نقشه‌ها و اطلاعات فنی؛
- گزارش پیشرفت کار؛
- قطعات یدکی توصیه شده؛
- دستورالعمل‌های نصب، راهبری و اطلاعات فنی.

۱۱-۵- قوانین تشابه و سرعت مخصوص

۱-۱۱-۵- تشابه

دو تلمبه را از یک تیپ گوئیم، هنگامی که از نظر هندسی مشابه باشند. یعنی تمام ابعاد خطی یکی از تلمبه‌ها، از ضرب عدد ثابتی در ابعاد متناظر تلمبه دیگر به دست آید. کلیه تلمبه‌هایی که تشابه هندسی دارند، یک فامیل را تشکیل می‌دهند. دو تلمبه از یک تیپ، هنگامی تشابه کاری دارند که در تمام جفت نقاط متناظر دو تلمبه، مثلث‌های سرعت‌ها مشابه باشند.

۵-۱۱-۲- قوانین تشابه

با استفاده از تعاریف ضرایب بی بعد می‌توان نشان داد که برای یک تلمبه که در دورهای متفاوت n_1 و n_2 کار می‌کند، هنگامی که بین دو حالت تشابه کاری وجود داشته باشد، داریم:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\frac{P'_1}{P'_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

این روابط موسوم به روابط راتو^۲ هستند. طبق قانون راتو، برای نقاط مشابه در یک تلمبه و یا دو تلمبه که از نظر هندسی کاملاً یکسان هستند، بده حجمی، ارتفاع تلمبه‌زنی و قدرت داخلی به ترتیب با توان یک، دو و سه سرعت دورانی متناسب می‌باشند. با استفاده از این قوانین می‌توان برای تصمیم‌گیری در مورد تغییر سرعت دورانی تلمبه و گسترش محدوده کارکرد آن با کم‌ترین میزان تلفات انرژی استفاده نمود.

۵-۱۱-۳- سرعت مخصوص

سرعت مخصوص یک تلمبه (n_s)، عبارت است از سرعت دورانی تلمبه‌ای از همان فامیل که ارتفاع تلمبه‌زنی واحد را در بده واحد تولید نماید:

$$n_s = n \frac{Q^{1.2}}{H^{3.4}}$$

$$n_s \text{ (متریک)} = \text{rpm} \frac{\sqrt{m^3/s}}{(m)^{3.4}}$$

⇒

$$n_s \text{ انگلیسی} = 51.6 n_s \text{ متریک}$$

$$n_s \text{ (انگلیسی)} = \text{rpm} \frac{\sqrt{\text{GPM}}}{(\text{ft})^{3.4}}$$

لازم به ذکر است که سرعت مخصوص فقط در نقطه بازده ماکزیمم تعریف می‌شود. بنابراین دو تلمبه با سرعت مخصوص برابر دارای بازده ماکزیمم برابر نیز می‌باشند. سرعت مخصوص تلمبه متاثر از شکل چرخ می‌باشد.

۵-۱۲- شرایط کارکرد مختلف و منحنی‌های مشخصه

هنگامی که وجود یک تلمبه به تنهایی نتواند بده یا ارتفاع مورد نیاز ایستگاه را تامین کند، از دو یا تعداد بیش‌تری تلمبه در مدار استفاده می‌شود. اتصال تلمبه‌ها به یکدیگر و یا نحوه قرارگیری آن‌ها در مدار، به‌طور کلی در دو حالت موازی یا سری صورت می‌گیرد.

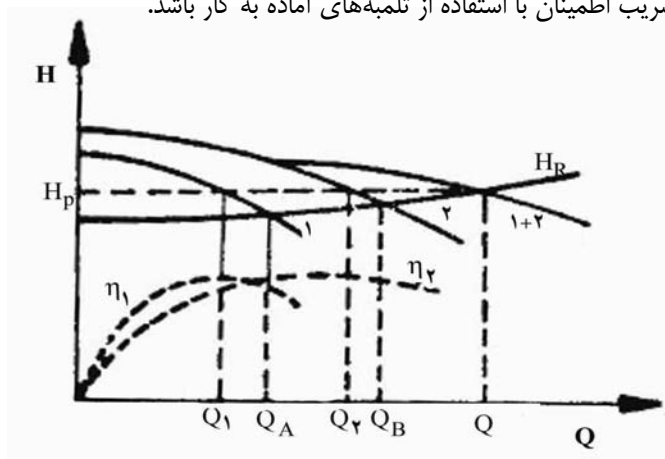
۱- برای مطالعه بیش‌تر به مرجع شماره ۱۰ مراجعه شود.

۵-۱۲-۱- به هم بستن تلمبه‌ها به صورت موازی

در این حالت، بده کلی ایستگاه حاصل کارکرد چند تلمبه که به صورت موازی به یکدیگر بسته شده‌اند، تامین خواهد بود (شکل ۵-۸).

موازی بستن دو یا تعداد بیشتری تلمبه در یک مدار، هنگامی صورت می‌گیرد که:

- تامین بده مورد نیاز با تلمبه بسیار بزرگ عملی شود که به سهولت قابل دسترس نباشد.
- گاهی در بده مورد نیاز، $NPSH_r$ تلمبه انتخاب شده بزرگتر از $NPSH_a$ می‌گردد. در این حال با نصب چند تلمبه به صورت موازی ممکن است بتوان $NPSH_a$ بهتری بدست آورد.
- در اغلب تاسیسات پمپاژ، هدف آن است که با کوچکتر انتخاب نمودن واحدهای پمپاژ و بالا بردن تعداد آن‌ها (البته تا حد بهینه)، انعطاف عمل و همچنین کارایی بهتری بدست آورد.
- نیاز به بالا بردن ضریب اطمینان با استفاده از تلمبه‌های آماده به کار باشد.



شکل ۵-۸- به هم بستن تلمبه‌های ۱ و ۲ به صورت موازی و منحنی مشخصه آن‌ها و بده کل ایستگاه

نکات زیر را به هنگام اتصال چند تلمبه بصورت موازی باید مد نظر داشت:

الف- به هنگام خاموش یا روشن نمودن تلمبه‌های موازی، در صورت استفاده از تلمبه‌های مختلف، احتمال برگشت آب از یک تلمبه به تلمبه دیگر وجود خواهد داشت.

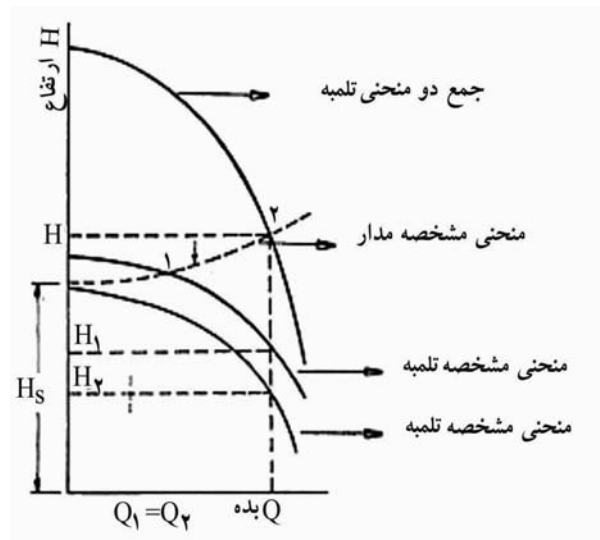
ب- به علت آنکه منحنی مشخصه مدار، با افزایش بده شکل صعودی دارد، با به هم بستن موازی مثلا دو تلمبه یکسان، بده کلی دو برابر نمی‌شود. این مساله باید در موقع انتخاب تلمبه‌ها مورد توجه قرار داده شود.

ج- در به هم بستن موازی تلمبه‌ها باید سعی شود که مقاومت دینامیکی مدار حتی الامکان کم باشد. زیرا هر چه شیب منحنی مشخصه مدار بیشتر باشد، بده تولیدی مجموعه تلمبه‌ها کاهش می‌یابد و حتی شاید منحنی مشخصه Q-H تلمبه با منحنی مشخصه مدار نقطه تلاقی نداشته باشد.

د- با توجه به این که بده تولیدی هر یک از تلمبه‌ها در حالت کارکرد موازی، کمتر از بده تولیدی آن‌ها بصورت کارکرد منفرد است، بنابراین هنگام خروج یک تلمبه از مدار، بده تولیدی تلمبه‌های دیگر افزایش پیدا می‌کند. این مساله باید در انتخاب موتور محرک و $NPSH_r$ مورد توجه قرار داده شود.

۵-۱۲-۲- به هم بستن تلمبه‌ها به صورت سری

به هم بستن تلمبه‌ها به صورت سری در یک مدار، برای بالا بردن فشار تولیدی به ازای یک بده معین صورت می‌گیرد. در این حالت، بده کل ایستگاه از تلمبه‌های متعدد که به صورت سری قرار گرفته‌اند عبور کرده و فشار آن در هر مرحله افزایش می‌یابد. در این مورد نیز نحوه عملکرد همانند مدارهای الکتریکی در حالت سری است، شکل (۵-۹).



شکل ۵-۹- به هم بستن تلمبه‌ها به صورت سری و منحنی مشخصه مجموعه

در به هم بستن تلمبه‌ها به صورت سری نیز باید به نکات زیر توجه داشت:

- هنگامی که تلمبه‌ها از نظر هندسی مشابه نباشند، بهتر آن است تلمبه‌ای را که دارای $NPSH_{req}$ کمتری می‌باشد، به عنوان نخستین تلمبه سری در نظر گرفت.
- به علت آنکه سیال به هنگام ورود به دومین تلمبه، دارای فشار بیش‌تری است، فشار در پوسته و محفظه آب‌بندی این تلمبه بیش‌تر می‌باشد. به همین جهت تلمبه نیاز به آب بندی مناسب‌تری دارد و همچنین فشار وارده آن نباید از فشار آزمایش پوسته تلمبه بالاتر رود.
- در حالتی که دو تلمبه یکسان با یکدیگر به صورت سری بسته شوند، ارتفاع تولیدی مجموعه دو تلمبه، کم‌تر از دو برابر ارتفاع تولیدی یک تلمبه تنها می‌باشد.
- هر گاه دو تلمبه غیرمشابه با یکدیگر سری بسته می‌شوند، امکان دارد که در یک بده مشخص ارتفاع تولیدی یک تلمبه صفر شود، در حالی که تلمبه دیگر در همان نقطه دارای ارتفاع فشاری معینی باشد. اگر نقطه کار تلمبه در این محل یا بعد از آن قرار گیرد، تلمبه قبلی نه تنها فشاری تولید نمی‌کند بلکه به صورت مقاومت عمل خواهد کرد. توصیه می‌شود در به هم بستن تلمبه‌ها به صورت سری نیز، از تلمبه‌های مشابه استفاده شود.
- چنانچه تلمبه‌های سری در یک تلمبه‌خانه نصب شوند ترجیحاً بصورت طبقاتی انتخاب می‌شوند، ولی در صورت طولانی بودن خط لوله انتقال می‌توان از تلمبه‌های بوستری استفاده نمود.

۵-۱۲-۳- تاثیر عوامل مختلف بر نقطه کار تلمبه

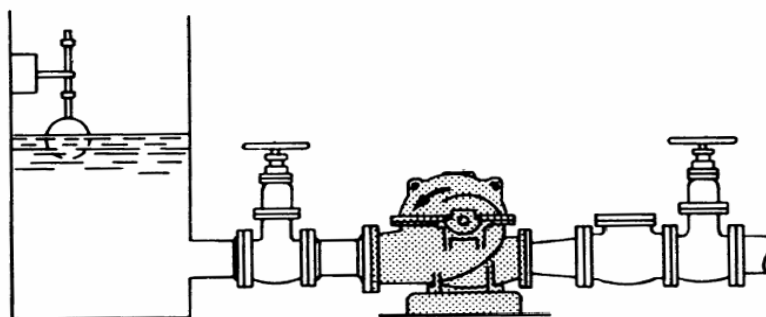
۵-۱۲-۳-۱- عمر ایستگاه

از آنجا که منحنی مشخصه مدار در طی سال‌های کارکرد یک تلمبه تغییر می‌نماید این مساله بر نقطه کار یک تلمبه تاثیر زیادی دارد. به این جهت باید تغییرات بده تلمبه‌خانه در طی سال‌های کارکرد آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

۵-۱۳- راه اندازی تلمبه و حداقل بده مجاز

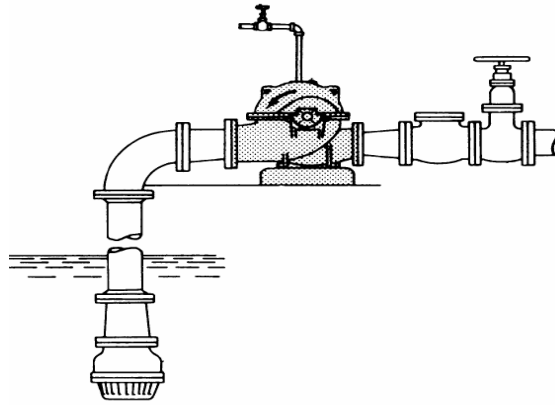
۵-۱۳-۱- پر کردن

تلمبه‌های شعاعی و لوله مکش آن‌ها را باید قبل از راه اندازی کاملا از آب پر نمود (مکش منفی). در تاسیساتی که تلمبه‌ها در ارتفاعی پایین‌تر از منبع مکش نصب می‌گردند (مکش مثبت)، تلمبه‌ها در تمامی مواقع پر از آب می‌مانند، این عمل برای تمام تلمبه‌های با سرعت مخصوص بالا و همچنین آن‌هایی که نیاز به ارتفاع مکش مثبت، $(NPSH_r)$ ، زیادی دارند معمول است. (چرخ تلمبه‌های محوری، معمولا در آب غوطه ور می‌باشد). برای پر کردن تلمبه‌های با مکش منفی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از روش‌ها روش نصب منبعی است که ارتفاع آب در آن بالاتر از سطح تلمبه قرار می‌گیرد به این ترتیب پیش از شروع به کار تلمبه با باز کردن شیر این منبع آب به داخل تلمبه راه می‌یابد و آن را پر می‌کند (شکل ۵-۱۰).



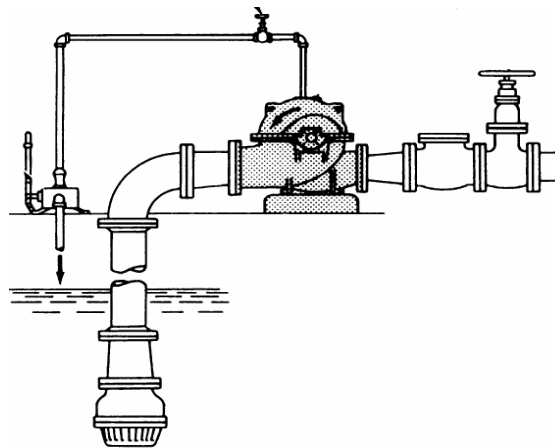
شکل ۵-۱۰- روشی برای پر کردن تلمبه شعاعی

روش دیگر نصب شیر یک‌طرفه در دهانه مکش و رانش و پر نمودن تلمبه با دست یا هر وسیله دیگر از طریق حفره موجود در بالاترین قسمت ظرف حلزونی می‌باشد. شیرهای یک‌طرفه از خروج آب جلوگیری می‌کنند (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱- روشی برای پر کردن تلمبه شعاعی

همچنین می‌توان به جای روش دستی از یک تلمبه خود پرشو^۱ استفاده نمود (شکل ۵-۱۲). تلمبه خود پرشو در شروع راه‌اندازی ابتدا پوسته و لوله مکش را از هوا تخلیه کرده و موجب پر شدن پوسته تلمبه از آب می‌گردد.



شکل ۵-۱۲- روشی برای پر کردن تلمبه شعاعی

در برخی موارد می‌توان از سیال موجود در لوله رانش برای پر کردن تلمبه در حالی که ابتدای لوله مکش توسط سوپاپ یکطرفه بسته است استفاده نمود.

فصل ٦

لوله کشی تلمبه خانه ها

۶-۱- مبانی کلی لوله کشی^۱

هنگام انتخاب لوله مناسب پارامترهای مختلفی به شرح زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- خواص آب

خواص شیمیایی (مانند خوردگی و رسوب گذاری)؛

خواص فیزیکی (مانند لزجت و ذرات معلق)

- شرایط عملکرد

فشار داخلی

بارهای خارجی

محیط خورنده اطراف لوله

- قابلیت تهیه در بازار

از نظر قطر

از نظر ضخامت مورد نیاز

از نظر اتصالات

- خواص لوله

ضریب الاستیسیته

مقاومت (بخصوص در برابر ضربه قوچ)

چقرمگی^۲

مقاومت در برابر خوردگی

زبری جدار لوله

- ملاحظات اقتصادی

عمر مفید

نگهداری

قیمت لوله

تعمیر

۱- برای اطلاعات بیشتر در مورد لوله ها و شیرآلات و ضوابط طراحی به نشریه شماره ۳-۱۱۷ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و نشریات در دست تهیه طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی مراجعه شود. همچنین برای نقشه کشی لوله ها و اتصالات ایستگاه پمپاژ از علایمی استفاده می شود که یک نمونه از آن در پیوست شماره ۲ آورده شده است.

۶-۲- لوله‌کشی داخلی تلمبه‌خانه‌ها

لوله‌کشی داخلی تلمبه‌خانه شامل لوله‌های متصل به دهانه‌های مکش و رانش تلمبه و نیز لوله‌های مربوط به تجهیزات جانبی، به جهت کارکرد صحیح مجموعه و نیز سهولت رفت و آمد در داخل تلمبه‌خانه باید از چیدمان مناسبی برخوردار باشند. نوع لوله‌کشی بسته به نظر طراح و باتوجه به موقعیت نصب تلمبه می‌تواند متفاوت باشد. اما به هر حال ملاحظات لازم برای کارکرد صحیح تلمبه شامل عدم وقوع جریان گردابی در ورودی تلمبه، بوجود نیامدن شرایط خلاءزایی، شیب مناسب برای عدم تجمع هوا در ورودی، پرهیز از وجود زانویی و پیچ و خم‌های اضافی می‌باشد (ملاحظات هیدرولیکی که در این زمینه برای عملکرد قابل قبول تلمبه‌ها مورد نیاز است در فصل پنجم توضیح داده شده است). از طرف دیگر لوله‌های مربوط به تجهیزات جانبی (مانند لوله مکش انشعابی، مخزن هوای تحت فشار و ...) برحسب ضرورت می‌توانند فضای زیادی را نیز اشغال نمایند. چیدمان باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر سهولت رفت و آمد، در صورت نیاز به تعمیر یا تعویض یک قطعه یا بخشی از مجموعه کم‌ترین هزینه به لحاظ باز و بستن لوله‌ها صورت پذیرد. تجهیزات مربوط به کنترل و اندازه‌گیری نیز حتی‌المقدور در مسیر دید و دسترس بهره‌بردار قرار بگیرد. متداول‌ترین لوله‌های مورد استفاده در لوله‌کشی داخلی تلمبه‌خانه‌ها، لوله‌های فولادی^۱ و چدن شکن می‌باشد.

۶-۳- شیر آلات و اتصالات

شیرها از جمله وسایل کنترلی هستند که می‌توانند هم به صورت باز- بسته عمل نمایند و هم برای تنظیم مقدار جریان مورد استفاده قرار گیرند. برای منظورهای زیر باید از شیرهای کنترلی مناسب استفاده کرد:

- ایزوله کردن تلمبه برای تعمیر، حفاظت، جابجا کردن و ...؛
- جلوگیری از برگشت آب به داخل تلمبه؛
- سیستم کنارگذر؛
- حفاظت در مقابل فشارهای بالا؛
- تخلیه تلمبه از هوا و گازهای موجود؛
- تخلیه سیال باقیمانده در تلمبه.

برای منظورهای زیر نیز از شیرهای کنترلی با قابلیت تنظیم استفاده می‌نمایند:

- کنترل بده خروجی از تلمبه یا فشار خروجی؛
- کنترل بده کنارگذر.

انتخاب شیرها با توجه به عملکرد، موقعیت، نحوه نصب و شرایط کارکرد (مثل فشار)، با توجه به کاتالوگ سازنده‌ها انجام

می‌شود.^۲

۱- برای اطلاعات بیش‌تر در مورد لوله‌های فولادی به استاندارد ملی شماره ۶۷۷۱ «لوله‌های فولادی برای آبرسانی و فاضلاب» مراجعه شود.

۲- برای انتخاب شیرآلات مناسب به نشریه ۲۹۴- الف تحت عنوان «ضوابط انتخاب نوع و موقعیت شیرآلات و بهره برداری از آن‌ها» مراجعه شود.

۶-۴- نگهداری

۶-۴-۱- محافظت در برابر سایش و خوردگی

اصولا طراحی آبیگرها و تلمبه خانه ها طوری صورت می گیرد که ورود سیال به دهانه مکش تلمبه بدون اغتشاش باشد. این امر می تواند سبب ته نشین شدن و حذف ذرات جامد معلق در آب که عامل ساییدگی لوله ها و شیرها هستند گردد. از طرف دیگر برای جلوگیری از خوردگی شیمیایی در خطوط لوله معمولا از لوله های دارای پوشش های مختلف و بر حسب مورد همراه با حفاظت کاتدی استفاده می شود.

۶-۴-۲- محافظت در برابر ضربه قوچ

عوامل مختلفی سبب بوجود آمدن این پدیده می شوند که در بخش ۶-۸ توضیح داده شده است. وقوع پدیده ضربه قوچ سبب ایجاد فشار بسیار بالا در خطوط و امکان آسیب جدی به لوله ها و اجزای سیستم لوله کشی می شود. به همین دلیل باید ملاحظات لازم جهت کاهش آثار این پدیده در سیستم لوله کشی بعمل آید.

۶-۵- خط انتقال

برخی از مواردی که به هنگام طراحی سیستم لوله کشی از خروجی ایستگاه تا مصرف کننده مد نظر قرار میگیرد عبارتند از:

۶-۵-۱- خوردگی لوله ها و حفاظت آن ها

به علت تنوع ترکیب شیمیایی، خوردگی خاکها طیف وسیعی از انواع خوردگی را شامل می شود. عوامل موثر بر خوردگی خاکها عبارتند از: رطوبت، قلیائی بودن، اسیدیته، قابلیت نفوذ آب و هوا (تراکم بافت خاک)، اکسیژن، نمکها و غیره. روش های کلی کنترل یا متوقف ساختن خوردگی به شرح زیر می باشند:

- پوشش ها

پوشش ها معمولا نقش تشکیل فیلم محافظ را بر روی سطح مورد حفاظت ایفا می کنند.

- اتصالات عایق کننده

برای قطع اتصال بین آند و کاتد از اتصالات عایق کننده استفاده می گردد. اتصالات عایق کننده را می توان در محل اتصال دو فلز غیر مشابه به کار برد.

۱- برای کسب اطلاع بیشتر در مورد نوع پوشش ها و نحوه اجرای آن ها به مرجع ۵ مراجعه شود.

حفاظت کاتدی^۱

حفاظت کاتدی یکی از متداول‌ترین روش‌های تکمیلی برای مبارزه با خوردگی لوله‌های پوشش شده مدفون در خاک است. این روش در واقع یک نوع کنترل الکتروشیمیایی خوردگی است.^۲

۶-۵-۲- درزهای انبساطی^۳

وقتی طول خطوط انتقال غیر مدفون زیاد باشد مکانیزمی مورد نیاز است تا تغییرات طول لوله (مثلا به دلیل تغییر درجه حرارت) سبب ایجاد صدمه در آن نشود. روش عملی استفاده از درزهای انبساطی در مسیر لوله‌کشی است تا به هنگام انقباض و انبساط، خطوط انتقال دچار تغییر شکل نشود.

۶-۶- منحنی مشخصه مدار

مدار تلمبه‌ای را مطابق شکل ۶-۱ در نظر بگیرید. این تلمبه آب را از منبع تحتانی A تحت فشار P_A و با سرعت V_A ، به منبع فوقانی R با فشار P_R و با سرعت V_R منتقل می‌کند.

در این مدار می‌توان رابطه برنولی را یکبار بین نقطه A و دهانه ورودی تلمبه (نقطه صفر) و بار دیگر بین دهانه خروجی تلمبه (نقطه ۳) و منبع R نوشت یعنی:

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} + Z_0 + H_{L1}$$

$$\frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} + Z_3 = \frac{P_R}{\rho g} + \frac{V_R^2}{2g} + Z_R + H_{L2}$$

H_{L1} و H_{L2} ، به ترتیب ارتفاع نظیر افت فشار در مسیر لوله مکش و رانش تلمبه می‌باشد. با جمع و مرتب نمودن روابط فوق می‌توان دید:

$$\frac{P_3 - P_0}{\rho g} + \frac{V_3^2 - V_0^2}{2g} + (Z_3 - Z_0) = \frac{P_R - P_A}{\rho g} + \frac{V_R^2 - V_A^2}{2g} + (Z_R - Z_A) + H_L$$

H_L ، مجموعه افت فشار در لوله‌های رانش و مکش است.

همان‌گونه که دیده می‌شود، سمت چپ این معادله نشان دهنده ارتفاع تلمبه‌زنی یعنی H_P می‌باشد. طرف راست این معادله نیز به نام مقاومت مدار خوانده می‌شود و با H_R مشخص می‌گردد. شرط کار یک تلمبه روی یک مدار عبارت است از:

$$H_P = H_R$$

$$H_R = H_S + H_d$$

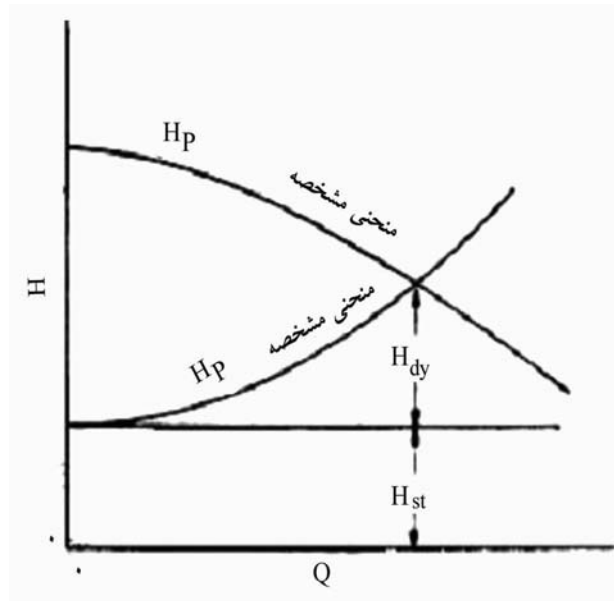
1 - Cathodic protection

۲ - برای اطلاعات بیشتر در مورد حفاظت کاتدی به نشریه شماره ۳۱۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تحت عنوان «راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی» مراجعه شود.

3 - Expansion joints

که در آن H_P ارتفاع تلمبه زنی و H_R مقاومت مدار است. بدین ترتیب در صورت تغییر مقاومت مدار، ارتفاع تولیدی تلمبه نیز متناسباً تغییر می‌نماید.

منحنی مقاومت مدار، H_R ، از دو قسمت تشکیل می‌گردد: مقاومت دینامیکی و مقاومت استاتیکی. مقاومت دینامیکی مدار، تقریباً متناسب با مجذور بده تغییر می‌کند در حالی که مقاومت استاتیکی مدار، جزء ثابت مقاومت مدار را تشکیل می‌دهد. در صورتی که منحنی مشخصه مدار و منحنی مشخصه تلمبه در یک دستگاه مختصات رسم شوند، نقطه تقاطع دو منحنی، نقطه کار سیستم را روشن می‌سازد (شکل ۶-۱).



شکل ۶-۱ - نقطه کار تلمبه

۶-۶-۱ - تغییرات منحنی مشخصه مدار

۶-۶-۱-۱ - تغییر مشخصه دینامیکی

- باز و بسته شدن شیر بر روی مدار؛
- عمر سیستم لوله کشی؛
- شکستن لوله؛
- وجود شیر کنترل.

۶-۶-۱-۲ - تغییر مشخصه استاتیکی

اگر بنا به دلایلی فشار استاتیکی مدار و یا ارتفاع بین دو مخزن رانش و مکش تغییر نماید، مولفه مقاومت استاتیکی مدار نیز تغییر خواهد کرد. در این حالت منحنی به اندازه تغییر فشار استاتیک، به بالاتر یا پایین‌تر از محل قبل خود منتقل می‌شود.

۶-۷- فاکتورهای هیدرولیک لوله و اتصالات

۶-۷-۱- ضریب اصطکاک

با توجه به آن که جریان آب در خطوط لوله ایستگاه‌های تلمبه‌زنی عموماً به صورت مغشوش بوده و از لوله‌های صاف^۱ استفاده نمی‌گردد، ضریب اصطکاک لوله برای محاسبه افت فشار از روابط زیر بدست می‌آید:

الف- برای جریان‌های مغشوش ($3000 < Re < 2800$) ضریب اصطکاک علاوه بر عدد رینولدز به زبری نسبی جداره لوله

($\frac{\epsilon}{D}$) نیز بستگی دارد (ϵ زبری مطلق جداره و D قطر داخلی لوله است). یکی از روابط کاربردی در محاسبه ضریب

اصطکاک در جریان مغشوش رابطه «کولبروک-پرندل» می‌باشد:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{D} \times \frac{1}{3.71} \right)$$

در مواردی که عدد رینولدز در مقایسه با زبری جداره زیاد باشد و بخصوص در مورد لوله‌های خیلی زبر، ضریب اصطکاک فقط

تابعی از زبری لوله بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\epsilon}{D} \right)$$

ب- در ناحیه بحرانی ($2000 < Re < 3000$) ضریب اصطکاک نامشخص بوده و مقدار آن در محدوده رینولدز پایین

بستگی به شرایط جریان آرام و در محدوده اعداد رینولدز بالا به شرایط جریان مغشوش دارد.

۶-۷-۲- افت فشار خطی در لوله‌ها

الف- رابطه دارسی (دارسی ویزباخ)^۲

این رابطه یکی از روابط اصلی برای محاسبه افت فشار خطی بوده و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$h_L = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

که در آن h_L افت فشار، L طول لوله، V سرعت متوسط سیال، D قطر داخلی لوله، f ضریب اصطکاک بدون بعد و g شتاب

جاذبه می‌باشد.

ب- رابطه هایزن-ویلیام^۳

این رابطه تجربی بوده و در مورد لوله‌های ناقل آب می‌باشد:

$$h_L = 10.64 \times L \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} \times \frac{1}{D^{4.87}}$$

1 - Smooth

2 - Darcy-weisbach

3 - Hazen-williams

که در آن Q بده، D قطر داخلی لوله، L طول لوله، h_L افت فشار در یک متر از لوله و C ضریب ثابت می باشد که از جدول مربوط به دست می آید.

۶-۷-۳- افت فشار در اتصالات

برای محاسبه افت فشار موضعی در اجزای لوله کشی دو روش وجود دارد:

الف- روش طول معادل که در این روش افت فشار بر اساس طول معادل لوله بدست می آید. طول معادل بدست آمده را با طول اصلی لوله جمع نموده و طول جدید را در محاسبات بکار می بریم.

ب- روش مستقیم که در این روش افت فشار در هر یک از اجزای نظیر زانو، شیر و غیره از رابطه زیر بدست می آید:

$$H_L = K \frac{V^2}{2g}$$

برای به دست آوردن ضریب افت فشار موضعی (K) می توان از جداول مربوط استفاده نمود. یک نمونه از این جداول در پیوست شماره ۳ آورده شده است.

۶-۸-۸- ضربه قوچ

تغییر سرعت سیال در مدار خط انتقال تحت فشار می تواند سبب ایجاد امواج فشاری منفی و مثبت شود که معمولاً مخرب بوده و باعث ایجاد خسارت در ایستگاه پمپاژ می شود^۱. به لحاظ اینکه محاسبات ضربه قوچ از پیچیدگی های زیادی برخوردار است بدین منظور از نرم افزارهای متعددی برای پیش بینی تجهیزات کنترل ضربه قوچ استفاده می شود^۲.

۶-۸-۱- عوامل مؤثر در ایجاد ضربه قوچ

برخی از مهم ترین دلایل ایجاد این پدیده در یک سیستم پمپاژ را می توان موارد زیر دانست:

- قطع برق و از کار افتادن موتور و تلمبه؛
- عملکرد نادرست شیرها؛
- عدم دقت در پر کردن خطوط خالی در ابتدای راه اندازی؛
- طراحی نادرست سیستم لوله کشی؛
- روشن و خاموش شدن تلمبه ها؛
- بستن ناگهانی شیرهای قطع و وصل در مسیر خط لوله.

۱- در زمینه تحلیل ضربه قوچ در تأسیسات آبرسانی نشریه ای تحت عنوان «دستورالعمل انتخاب و طراحی تجهیزات کنترل ضربه قوچ» در دست تهیه است.

۲- نرم افزارهای کاربردی مختلفی برای محاسبه ضربه قوچ به بازار آمده است (از جمله *AST impulse, hammer, hytran*). همچنین برای محاسبه تقریبی ضربه قوچ می توان از منحنی های پرمکیان و برخی روابط تجربی دیگر استفاده کرد.

۶-۸-۲- عوامل موثر در شدت پدیده ضربه قوچ

۶-۸-۲-۱- فشار کار خط لوله

خطوط لوله‌ای که در فشار پایین کار می‌کنند و معمولاً از تجهیزات ضعیف‌تری استفاده می‌کنند نسبت به ضربه قوچ در مقایسه با خطوط لوله با فشار بالا آسیب پذیرتر می‌باشند. همچنین امکان بروز جدایی ستون آب در فشار منفی ضربه قوچ در این لوله‌ها بیش‌تر است.

۶-۸-۲-۲- نیمرخ لوله رانش

به هنگام توقف ناگهانی، منحنی کاهش فشار در طول خط رانش دارای شکلی مقعر می‌باشد. حال اگر نیمرخ لوله رانش نیز دارای شکلی مقعر بود و هیچ نقطه‌ای از آن بالاتر از منحنی کاهش فشار قرار نگیرد می‌توان تاسیسات کنترل ضربه قوچ را تا حد زیادی کاهش داد.

۶-۸-۲-۳- قطر لوله

افزایش قطر لوله و در نتیجه کاهش سرعت، تاثیر امواج فشاری ضربه قوچ را کاهش می‌دهد.

۶-۸-۲-۴- طول لوله

خطوط لوله طولانی امکان ایجاد ضربه قوچ را افزایش می‌دهد.

۶-۸-۲-۵- ممان اینرسی اجزای چرخان

هر چه انرژی جنبشی ذخیره شده در اجزای چرخان موتور و تلمبه بیشتر باشد تاثیر توقف ناگهانی موتور کمتر می‌شود. استفاده از یک چرخ طیار متصل به موتور به‌خصوص در تلمبه‌خانه‌های کوچک به‌عنوان راهی ارزان‌قیمت برای کنترل ضربه قوچ کاربرد دارد.

۶-۹- ملاحظات فنی در کنترل ضربه قوچ

- انتخاب لوله‌های خطوط انتقال

همان‌گونه که پیشتر گفته شد استفاده از لوله‌های با ضخامت و قطر بیشتر عاملی در جهت کاهش آثار این پدیده می‌باشد. با این حال این روش معمولاً پرهزینه می‌باشد.

- افزایش ممان اینرسی تلمبه

در سیستم‌های پمپاژ کوچک (توان کم‌تر از ۱۵ kW) و خطوط لوله کوتاه (کم‌تر از ۳ کیلومتر) اضافه نمودن چرخ طیار مانع کاهش سریع سرعت تلمبه شده و نوسانات فشار را کاهش می‌دهد.

- استفاده از لوله کنارگذر

پس از توقف کار تلمبه و کاهش فشار در خط رانش چنانچه این فشار از فشار مکش کمتر شود، شیر یک طرفه باز شده و سیال از سمت مکش به سمت رانش وارد می شود و از کاهش بیشتر فشار جلوگیری به عمل می آورد (به شرطی که ارتفاع کل مکش از حدود ۶ متر تجاوز نکند).

- نصب مخازن ضربه گیر

این مخازن در دو نوع یکطرفه و دو طرفه ساخته می شود که نوع دوطرفه آن دارای محدودیت اجرا برای ارتفاعات رانش زیاد است.

- استفاده از شیرهای یکطرفه

استفاده از این شیرها در خط رانش تلمبه سبب جلوگیری از برگشت جریان پس از توقف پمپاژ می شود. این شیرها معمولاً به یکباره بسته می شوند که خود سبب ایجاد ضربه شدید می شود. به این دلیل باید از شیرهایی استفاده کرد که پیش از برگشت جریان بسته شده و یا پس از آن به آرامی بسته شوند.

- نصب شیرهای خلاء

در قسمتی از لوله که احتمال تبخیر و جدایی ستون آب وجود دارد استفاده از این شیرها باعث می شود به محض کاهش فشار مقداری هوا به داخل لوله وارد شده و از تبخیر سیال جلوگیری بعمل آید.

- نصب شیرهای کنترل فشار

این شیرها در قسمت های حساس مدار نصب شده و به محض افزایش فشار در آن قسمت باز شده و سبب تخلیه مقداری از سیال و کاهش فشار در آن نقطه می شوند.

- نصب مخزن هوا

برای بهبود اثر این مخازن از وسایل ایجاد افت فشار موضعی در دهانه مخزن استفاده می شود.

۶-۱۰- انتخاب قطر و طراحی خط لوله مکش و رانش

سرعت آب در لوله پارامتر مناسبی برای تعیین قطر لوله مورد نظر می باشد.

۶-۱۰-۱- قطر خط لوله مکش

حداکثر سرعت قابل قبول سیال در خط لوله مکش در جدول ۶-۱ آمده است. قطر بدست آمده از این طریق لزوماً برابر قطرهای استاندارد برای لوله ها نمی باشد. به این لحاظ طراح باید اولین لوله استاندارد که قطر آن بیش تر از قطر بدست آمده باشد را انتخاب

نماید. البته در صورتی که اختلاف این دو قطر زیاد باشد می‌توان از اولین لوله استاندارد با قطر کم‌تر از قطر به‌دست آمده نیز استفاده نمود، مشروط به آنکه سرعت سیال در این لوله بیش از ده درصد سرعت مجاز ذکر شده در جدول ۶-۱ نباشد.

جدول ۶-۱- حداکثر سرعت مجاز سیال در لوله مکش [۶]

قطر لوله		سرعت سیال	
میلی‌متر	اینچ	متر بر ثانیه	فوت بر ثانیه
۲۵	۱	۰/۵	۱/۵
۵۰	۲	۰/۵	۱/۶
۷۵	۳	۰/۵	۱/۷
۱۰۰	۴	۰/۵۵	۱/۸
۱۵۰	۶	۰/۶	۲
۲۵۰	۱۰	۰/۹	۳
۳۰۰	۱۲	۱/۴	۴/۵
بیش از ۳۰۰	بیش از ۱۲	۱/۵	۵

۶-۱۰-۲- قطر خط لوله رانش

قطر خط لوله رانش بر اساس محاسبات اقتصاد مهندسی (به‌عنوان قطر اقتصادی) تعیین می‌گردد. حداکثر سرعت قابل قبول سیال در خط لوله رانش در جدول ۶-۲ آمده است. در هر حال توصیه می‌شود سرعت سیال در لوله بیش از سرعت مجاز ذکر شده در جدول فوق نباشد.

جدول ۶-۲- حداکثر سرعت مجاز سیال در لوله رانش

قطر لوله		سرعت سیال	
میلی‌متر	اینچ	متر بر ثانیه	فوت بر ثانیه
۲۵	۱	۱	۳/۵
۵۰	۲	۱/۱۰	۳/۶
۷۵	۳	۱/۱۵	۳/۸
۱۰۰	۴	۱/۲۵	۴
۱۵۰	۶	۱/۵	۴/۷
۲۰۰	۸	۱/۷۵	۵/۵
۲۵۰	۱۰	۲	۶/۵
۳۰۰	۱۲	۲/۶۵	۸/۵
بیش از ۳۰۰	بیش از ۱۲	۳	۱۰

فصل ۷

ضوابط طراحی برق تلمبه‌خانه‌ها

۷-۱- ملاحظات فنی

با توجه به اینکه کابل‌های ورودی برق ایستگاه پمپاژ جزئی از شبکه الکتریکی به هم پیوسته می‌باشند، باید در طراحی آن‌ها به پارامترهایی از سیستم که روی خصوصیات و مشخصات تجهیزات پست موثر می‌باشند توجه نمود و از طرف دیگر با توجه به اینکه تجهیزات پست ایستگاه تحت تاثیر شرایط محیطی که در آن قرار دارند می‌باشند، باید به پارامترهای محیطی نیز در طراحی آن‌ها توجه شود.

۷-۱-۱- اطلاعات محیطی

این اطلاعات که عمدتاً به صورت آماری می‌باشند معمولاً از طریق تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی، زلزله‌سنجی و غیره به دست می‌آید.

- درجه حرارت؛
- ارتفاع از سطح دریا؛
- سرعت باد؛
- زلزله؛
- میزان یخ بندان؛
- مقدار باران و میزان رطوبت هوا؛
- تعداد روزهای رعد و برق.

۷-۱-۲- اطلاعات الکتریکی

این اطلاعات معمولاً به صورت مقدماتی به وسیله طراح سیستم در مطالعات فاز یک محاسبه و پیش‌بینی می‌گردد.

- ولتاژ؛
- جریان نامی؛
- جریان اتصال کوتاه؛
- اضافه ولتاژهای موقت و گذرا؛
- افت ولتاژ.

۷-۲- ولتاژ

۷-۲-۱- ولتاژ نامی

مقدار موثر ولتاژ فاز به فاز که سیستم براساس آن طراحی می‌شود و مشخصات عملکردی خاصی از سیستم به آن مربوط می‌شود را ولتاژ نامی سیستم می‌نامند.

۷-۲-۲- ولتاژ حداکثر سیستم

بیشترین مقدار موثر ولتاژ فاز به فاز که در حالت عادی کار سیستم در هر نقطه ممکن است به وجود آید را ولتاژ حداکثر سیستم می‌نامند.

۷-۲-۳- بیش‌ترین ولتاژ تجهیزات

این ولتاژ بیش‌ترین مقدار موثر ولتاژ فاز به فاز است که عایق تجهیزات براساس آن طراحی می‌گردد. این مقدار ماکزیمم مقدار ولتاژ حداکثر سیستمی می‌باشد که تجهیزات به آن مربوط می‌شوند.

۷-۲-۴- انتخاب ولتاژ نامی

ولتاژهای نامی طبق استاندارد IEC در محدوده‌های مختلفی طبقه‌بندی گردیده است. در واقع در هر کشور که از شبکه سراسری برخوردار می‌باشد ولتاژهای نامی مشخص وجود دارد. در ایران ولتاژهای نامی انتخاب شده استاندارد برحسب ولت به شرح زیر می‌باشد (در شبکه سراسری).

ولتاژ نامی	(۲۲۰/۳۸۰)	۲۰۰۰۰	۶۳۰۰۰	۱۳۲۰۰۰	۲۳۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰
ولتاژ حداکثر	-	۲۴۰۰۰	۷۲۵۰۰	۱۴۵۰۰۰	۲۴۵۰۰۰	۴۲۰۰۰۰

البته در بعضی از نقاط کشور ولتاژهای نامی ۱۱۰۰۰ ولت و ۳۳۰۰۰ ولت و حتی ۶۶۰۰۰ ولت (در شبکه خوزستان و به خصوص شبکه‌های مستقل شرکت نفت) نیز وجود دارد.

۷-۳- پست‌های برق و ترانسفورماتور

پست‌های برق عمدتاً از اجزای مختلفی به شرح زیر تشکیل می‌گردند:

- لوازم جانبی؛
- ترانسفورماتورهای قدرت؛
- ترانسفورماتورهای زمین و تغذیه داخلی؛
- سیستم‌های جبران کننده بار راکتیو^۱؛
- سیستم کنترل و حفاظت^۲؛
- سیستم زمین^۳؛
- سیستم حفاظت از رعد و برق؛
- سیستم تغذیه داخلی^۴؛

1 - Systems var compensation
 2 - Control & protection system
 3 - Earthing (Grounding system)
 4 - Aux. (AC & DC) supply system

- سیستم روشنایی محوطه؛
- سیستم مخابراتی؛
- سیستم کابل کشی؛
- سیستم‌های اطفای حریق؛
- تاسیسات ساختمانی شامل:
ساختمان کنترل؛
پی؛
جاده‌های دسترسی؛
ساختمان دیزل ژنراتور؛
انبار، پارکینگ و کارگاه.

۷-۴- کلیدها

کلیدهای قدرت برای قطع جریان‌های عادی و اتصال کوتاه طراحی می‌شوند. آن‌ها مانند کلیدهای بزرگی رفتار می‌کنند که توسط دکمه‌های فشاری و یا سیگنال‌های مخابراتی توسط سیستم حفاظت از دور می‌توانند باز و بسته شوند. بنابراین کلیدهای خودکار در صورتی که جریان و ولتاژ خط، فرکانس و غیره از حد از پیش تنظیم شده‌ای تجاوز کنند، قطع می‌گردند.

مهم‌ترین کلیدهای قدرت به شرح زیر می‌باشد:

- کلید قدرت روغنی؛
- کلید قدرت هوایی؛
- کلید قدرت SF₆؛
- کلید قدرت خلاء.

پلاک روی کلید قدرت معمولاً موارد زیر را نشان می‌دهد:

- جریان ماکزیمم دائمی آن؛
- جریان قطع ماکزیمم؛
- ماکزیمم ولتاژ خط؛
- زمان قطع به سیکل.

۷-۵- لوله‌کشی و کابل‌کشی^۱

۷-۵-۱- لوله‌کشی

لوله‌کشی انجام شده در واحد پمپاژ در نقشه اصلی به صورت شماتیک ارائه می‌شود (جز در مواردی که جزییات آن خواسته شده باشد). آنچه در سیستم‌های کابل‌کشی مهم می‌باشد جنس این لوله‌ها و ابعاد آن‌ها می‌باشد. بسته به جنس خاک مناطق کابل‌کشی و لوله‌کشی جنس لوله‌ها از PVC و یا فولادهای گالوانیزه گرم می‌باشد. در مناطق خورنده که نمک‌های کلردار در آن‌ها وجود دارد برای محافظت از خوردگی تنها ورق‌های فولادی گالوانیزه گرم با پوشش PVC مورد استفاده قرار می‌گیرند و تمامی مناطقی که پوشش آن‌ها به مرور زمان از بین رفته باید مجدداً پوشش داده شوند. در مواردی که تمامی سیستم برقی باید در زیر خاک قرار گیرد از جعبه‌های فولادی گالوانیزه گرم ریخته‌گری شده استفاده می‌شود. این محفظه‌ها برای حفاظت سویچ‌ها، اتصالات و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این‌گونه موارد باید مشخصات کامل سیستم‌های لوله‌کشی به همراه جزییات آن ارائه گردد.

۷-۵-۲- کابل‌کشی

مدارهای برقی که به منظور جلوگیری از ایجاد اضافه ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند باید در یک لوله فولادی از بقیه مدارها جدا گردند و زمانی که این لوله‌ها از زمین خارج می‌شوند باید توسط حفاظ سینی کابل به‌طور کامل محافظت گردند. در طرح نهایی ایستگاه پمپاژ باید تمامی مشخصه‌های کابل‌کشی از قبیل اندازه و نوع سیم‌ها، درجه حرارت کاری، سویچ‌ها و فیوزهای موجود، اندازه و جنس لوله‌هایی که سیم از داخل آن‌ها عبور می‌کند، نوع پوشش کابل‌ها براساس جریان عبوری از آن‌ها ذکر گردد^۲.

۷-۶- حفاظت در مقابل صاعقه

برای جلوگیری از صاعقه در ساختمان‌ها ساده‌ترین برق‌گیرها به صورت میله‌ای فلزی در بالاترین نقطه ساختمان می‌باشد که برق را به الکتروود زمین از طریق سیم فلزی انتقال می‌دهد. این کار از عبور جریان برق از ساختمان که امکان دارد سبب آتش‌سوزی یا خطر برای ساکنین آن شود، جلوگیری می‌کند. برخورد مستقیم صاعقه به سیم‌های انتقال به ندرت اتفاق می‌افتد. اغلب صاعقه به سیم‌های زمین که سپری برای خطوط هستند، برخورد می‌کند. برق‌گیرها برای بریدن تمام ولتاژهایی که از حد مشخصی مثلاً ۴۰۰ کیلوولت تجاوز کنند، طراحی می‌شوند. دستگاه‌های پست برای ولتاژ ضربه‌ای بیش‌تری از ولتاژ برش برق‌گیر مثلاً ۵۵۰ کیلوولت طراحی می‌شوند. بنابراین، اگر ولتاژ ضربه‌ای ۱۰۰۰ کیلوولت وارد پست شود، برق‌گیرها مقدار قابل ملاحظه‌ای از انرژی ضربه را به زمین منحرف می‌کنند. موج ضربه‌ای باقیمانده از برق‌گیر می‌گذرد، دارای پیک ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد. این ولتاژ ضربه‌ای به خوبی توسط دستگاه‌های پست که برای مقاومت در برابر ولتاژ ضربه‌ای ۵۵۰ کیلوولت ساخته شده‌اند، تحمل می‌شوند.

1 - Conduit

۲- برای اطلاعات بیش‌تر به نشریه ۱-۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مراجعه شود.

فصل ۸

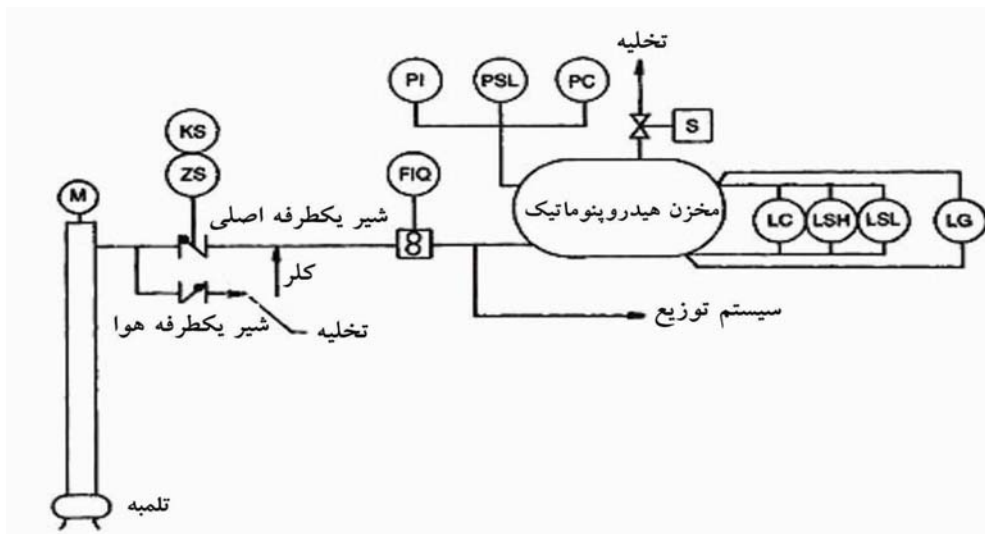
تجهيزات کنترل و اندازه گیری

۸-۱ - کلیات

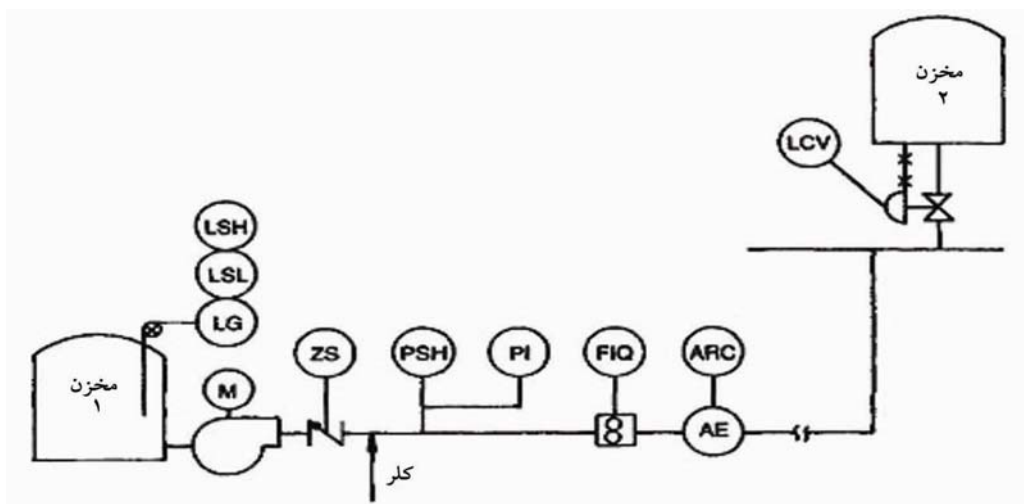
برای نشان دادن تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری از علائمی استفاده می‌شود که یک نمونه از آن در پیوست شماره ۴ آمده است.

۸-۲ - دیاگرام فرایند کنترل

سیستم‌های کنترل معمولاً روی دیاگرام فرایند و اندازه‌گیری^۱ (P & ID) نمایش داده می‌شوند و جزئیات سیستم تا حد نیاز روی این نقشه ارایه می‌گردد. شکل‌های ۸-۱ و ۸-۲ به شکل ساده خط اصلی جریان پمپاژ و محل قرارگیری وسایل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱ - پمپاژ از درون چاه به همراه یک مخزن هیدروپنوماتیک



شکل ۸-۲ - نمودار یک سیستم پمپاژ (Booster)

حروف نشان داده شده در دایره‌ها مخفف کلماتی هستند که در جدول ۸-۱ آمده است.

جدول ۸-۱- کنترل‌های بکار برده شده در ایستگاه پمپاژ

A , B	Force main A, force main B	خط تحت فشار A و خط تحت فشار B
AE	Analytical element	ابزار آنالیز
ARC	Analytical recorder/controller	ابزار ثبت یا کنترل
FC	Flow controller	کنترل مقدار جریان
FE	Row element	ابزار اندازه‌گیری جریان (مثل وانتوری)
FIQ	Flowmeter with instantaneous and totalized indication	ابزار اندازه‌گیری جریان که به‌صورت لحظه‌ای میزان جریان و جمع جریان را نشان می‌دهد
FQ	Flow integrator	ترکیب‌کننده جریان
FQR	Flow recorder with totalizer	ثبت جریان و جمع جریان
FR	Flow recorder	ثبت‌کننده جریان
FT	Flow transmitter	انتقال دهنده اطلاعات جریان
HS	Hand switch	سوئیچ دستی
KS	Timer or time clock	تایمر
LAH	Level alarm high	آزیر تراز حداکثر
LAHH	Level alarm high-high	آزیر تراز حداکثر-حداکثر
LAL	Level alarm low	آزیر تراز حداقل
LC	Level controller	کنترل ارتفاع
LCV	Level control valve	شیر کنترل ارتفاع
LG	Level gauge	اندازه‌گیری ارتفاع
LR	Level recorder	ثبت اندازه‌گیری ارتفاع
LSH	Level switch high	سوئیچ سطح حداکثر
LSHH	Level switch high-high	سوئیچ سطح حداکثر-حداکثر
LSL	Level switch low	سوئیچ سطح حداقل
LSSL	Level switch low-low	سوئیچ سطح حداقل-حداقل
LT	Level transmitter	انتقال دهنده اطلاعات سطح
M	Motor	موتور
PC	Pressure controller	کنترل فشار
PI	Pressure indicator or gauge	نشان دهنده فشار یا فشار سنج
PSH	High-pressure switch	سوئیچ فشار حداکثر
PSL	Low-pressure switch	سوئیچ فشار حداقل
PT	Pressure transmitter	انتقال دهنده اطلاعات فشار
SS	Speed switch	سوئیچ سرعت
ZS	Position or limit switch	سوئیچ حدی و موقعیت

علائمی که در نقشه (P & ID) نشان داده می‌شوند نشان‌دهنده عملکرد یک وسیله اندازه‌گیری بوده و لزوماً نوعی خاص از این وسیله را مشخص نمی‌کند. به‌عنوان مثال از یک سویچ فشار می‌توان برای قطع جریان به هنگام کم شدن ارتفاع آب استفاده کرد، کاری که طبق نقشه سویچ ارتفاع (LS) انجام می‌دهد.

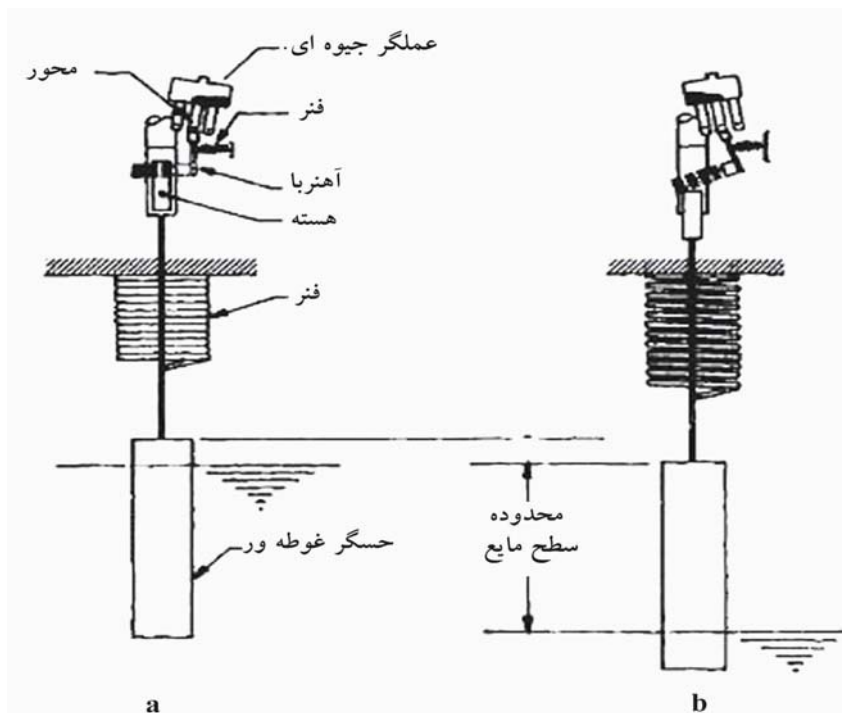
۸-۳- اندازه‌گیری ارتفاع

۸-۳-۱- حسگر شناور

ساده‌ترین روش برای اندازه‌گیری ارتفاع آب، شناور شدن حسگر روی سطح آب داخل منبع یا مخزن کمکی که به این منظور به منبع اصلی متصل شده می‌باشد. محور این قطعه شناور می‌تواند به بازوی یک شیر متصل باشد تا به هنگام لزوم و در صورت پایین آمدن سطح آب شیر باز شده و جریان آب به داخل منبع وارد گردد و یا مستقیماً به یک وسیله نمایش‌دهنده در بالای منبع متصل شود.

۸-۳-۲- حسگر غوطه‌ور

تفاوت این وسیله با شناور در آن است که وزن مخصوص آن بالاتر از وزن مخصوص آب می‌باشد. حسگر نشان داده شده در شکل ۸-۳ از یک بدنه استوانه‌ای شکل تشکیل یافته که ارتفاع آن حداقل برابر مقدار تغییرات مایع داخل منبع می‌باشد پس از تغییر سطح مایع وزن استوانه به اندازه سیال جابجا شده توسط میله (طبق قانون ارشمیدس) تغییر می‌کند. این تغییر وزن باعث تغییر فشردگی فنر متصل به استوانه شده، عملگر جیوه‌ای فوقانی را به واکنش وا می‌دارد.



شکل ۸-۳- اندازه‌گیری ارتفاع با حسگر غوطه‌ور a: سویچ جیوه‌ای بسته b: سویچ جیوه‌ای باز

۸-۳-۳- اندازه‌گیری اولتراسونیک

این روش که در آن از امواج اولتراسونیک استفاده می‌شود هزینه بالایی را شامل می‌شود ولی در عوض کاربرد آن محدودیت چندانی ندارد.

۸-۳-۴- میکرو ویو

این روش شبیه روش اندازه‌گیری اولتراسونیک می‌باشد با این تفاوت که در آن از امواج میکرو ویو استفاده می‌شود.

۸-۴-۱- اندازه‌گیری جریان آب

۸-۴-۱- صفحه اریفیس

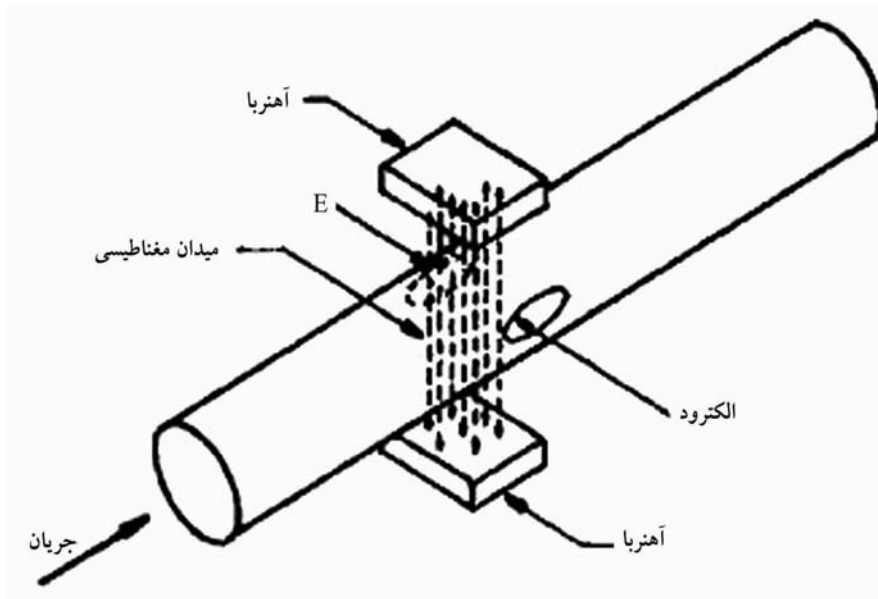
این وسیله اندازه‌گیری با کاهش مساحت مقطع لوله باعث افزایش سرعت عبور سیال و در نتیجه تغییر فشار سیال طرفین آن می‌شود. با اندازه‌گیری افت فشار بده سیال عبوری محاسبه می‌گردد. صحت نتایج این روش نیازمند دقت در محل قرار دادن فشارسنج‌ها و کالیبره بودن آن‌ها طبق استاندارد مربوط بوده و برای سیالات حاوی ذرات جامد بزرگ مناسب نمی‌باشد.

۸-۴-۲- وانتوری

مکانیزم عملکرد و روش اندازه‌گیری در وانتوری شبیه صفحه اریفیس است با این تفاوت که به علت آنکه تغییر سطح مقطع به تدریج صورت می‌گیرد ضریب خطاهای پیش آمده در مورد آن نسبت به صفحه اریفیس کم‌تر بوده و عملکرد آن در مورد سیال همراه ذرات جامد نیز رضایت‌بخش می‌باشد. مهم‌ترین محدودیت وانتوری قیمت بالای آن در سایزهای بزرگ می‌باشد.

۸-۴-۳- فلومتر مغناطیسی

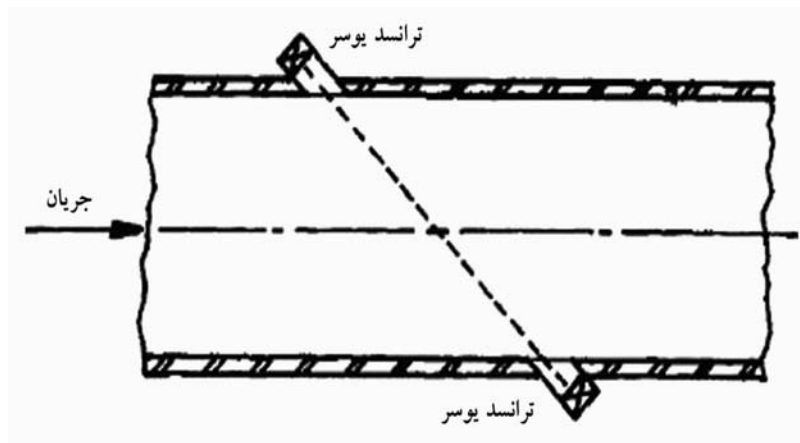
این وسیله که از یک استوانه توخالی تشکیل می‌گردد سبب هیچگونه افت فشاری نشده و ذرات جامد همراه با سیال را می‌تواند عبور دهد. شکل ۸-۴-۱ مکانیزم عملکرد آن را نشان می‌دهد. یک میدان مغناطیسی عمود بر مسیر حرکت سیال وجود دارد. در صورتیکه یک هادی الکتریسیته همراه با جریان از این میدان مغناطیسی عبور کند، طبق قانون فاراده سبب ایجاد یک جریان الکتریسیته متناسب با سرعت عبور هادی می‌شود. به این ترتیب در صورت کالیبره بودن دستگاه با استفاده از اندازه‌گیری جریان القایی می‌توان با دقت بالایی سرعت و بده سیال عبوری را اندازه‌گیری نمود.



شکل ۸-۴- اندازه‌گیری جریان با فلومتر مغناطیسی

۸-۴-۴- فلومتر اولتراسونیک

شمایی از این دستگاه در شکل ۸-۵ نمایش داده شده است. دو ترانسدیوسر پیزوالکتریک با زاویه‌ای حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه روی سطح خارجی لوله نصب می‌شوند. یکی از ترانسدیوسرها یک موج اولتراسونیک را به سوی دیگری گسیل می‌دارد. زمان لازم برای رسیدن این موج به ترانسدیوسر دوم که متاثر از سرعت سیال عبوری می‌باشد اندازه‌گیری شده و با توجه به آن بده سیال اندازه‌گیری می‌شود. وجود ذرات خارجی یا حباب‌های هوا و گاز داخل سیال از دقت اندازه‌گیری می‌کاهد.



شکل ۸-۵- اندازه‌گیری جریان با فلومتر اولتراسونیک

۸-۵- اندازه‌گیری فشار

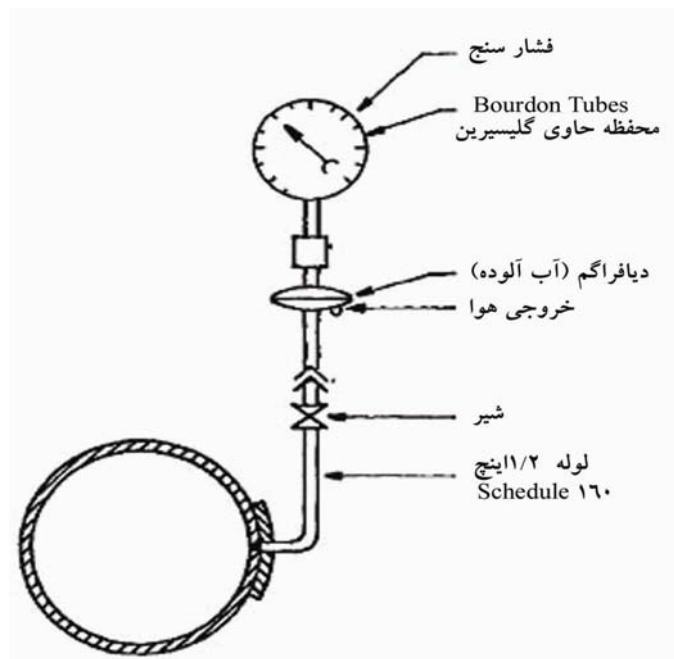
لوله‌های ورودی و خروجی تلمبه‌ها باید مجهز به فشارسنج‌های مناسب و کالیبره شده باشند.

۸-۵-۱- فشارسنج فلزی

کاربرد این نوع فشارسنج‌ها بخصوص در فشارهای بالا (بیش از ۱۰ بار) می‌باشد. این وسیله از یک تیوب نیم دایره‌ای با مقطع بیضی‌شکل تشکیل شده که با افزایش فشار در داخل آن انتهای آزاد آن متناسباً بازر می‌شود (شعاع نیم دایره افزایش می‌یابد). این حرکت به یک نمایشگر مدرج منتقل می‌شود تا فشار وارده اندازه‌گیری گردد. محفظه حاوی تیوب از یک سیال با چگالی بالا مثل گلیسرین پر می‌شود تا علاوه بر جذب نوسانات ناگهانی فشار از خوردگی چرخ‌دنده‌ها و بقیه اجزا جلوگیری شود.

۸-۵-۲- دیافراگم

استفاده از دیافراگم در محفظه فشار سبب بالا رفتن دقت اندازه‌گیری در فشارهای پایین می‌شود. استفاده از مواد مختلف سبب ایجاد مقاومت در برابر خوردگی دیافراگم می‌شود. علاوه بر آن مکانیزم‌های مکانیکی مختلفی وجود دارد که با استفاده از آن‌ها سیال پشت دیافراگم از مایع تلمبه شونده ایزوله می‌شود. محفظه حاوی دیافراگم هم می‌تواند طوری طراحی گردد که از دیافراگم در برابر فشارهای بیش از اندازه محافظت نماید. دیافراگم را همچنین می‌توان با فشارسنج فلزی سری نمود تا از نفوذ ذرات سیال به داخل آن جلوگیری به عمل آید (شکل ۸-۶).



شکل ۸-۶ - دیافراگم به همراه Bourdon Tube

۸-۵-۳- مانومتر تفاضلی

این نوع مانومتر از یک لوله U شکل تشکیل شده که حاوی سیالی مثل جیوه با چگالی مشخص می‌باشد. در صورتیکه بین دو طرف لوله U شکل اختلاف فشار ایجاد شود اختلاف ارتفاع ایجاد شده بین سیال دو طرف نشان دهنده این فشار خواهد بود. در صورتی که اختلاف فشار زیاد باشد ناچار به استفاده از لوله بسیار بلند و یا یک سیال با چگالی بالا می‌باشیم. جیوه به‌عنوان سیال متعارف برای این کاربرد شناخته شده است. با این حال بخاطر سمی بودن جیوه استفاده از آن در مورد آب آشامیدنی ممکن نبوده و

برای بقیه سرویس‌ها هم توصیه نمی‌شود. علیرغم دقت فوق‌العاده مانومتر از آن نمی‌توان برای اندازه‌گیری فشارهای بالا استفاده نمود. از طرف دیگر مکانیزم‌های جانبی برای تبدیل نمایشگر به سویچ فشار بسیار پیچیده و گران‌قیمت می‌باشد.

۸-۶ - علایم هشدار دهنده

ایستگاه‌های پمپاژ بزرگ دارای علایم هشدار دهنده متعددی می‌باشند برای علایم با توجه به مشکلات احتمالی ایجاد شده و توسط مهندس طراح تعیین می‌شود. در مورد ایستگاه پمپاژی شبیه شکل ۸-۱ شرایط هشدار دهنده به ترتیب زیر می‌باشد:

- کاهش فشار مخزن (PSL)؛
- ارتفاع بیش از حد آب در مخزن (LSH)؛
- ارتفاع کم آب در مخزن (LSL)؛
- ایجاد وقفه در روغن کاری محور؛
- ارتفاع کم آب در چاه؛
- ایجاد مشکل در جریان خروجی تلمبه‌ها (XS)؛
- نشت کلر (در صورت وجود سیستم کلرزنی)؛
- قطع جریان برق.

علاوه بر موارد فوق وجود شرایطی نظیر عمل نکردن شیر یک‌طرفه، افزایش یا کاهش بده تخلیه، ارتعاشات بیش از اندازه تلمبه، وجود گازهای قابل انفجار در محوطه ایستگاه پمپاژ و غیره می‌تواند سبب به کار افتادن دستگاه‌های هشدار دهنده شود.

۸-۷ - سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترلی یک ایستگاه پمپاژ عموماً بهره‌برداران را قادر می‌سازد از بده و ارتفاع پمپاژ در هر لحظه مطلع شوند، تلمبه‌ها و سیستم پمپاژ را در برابر آسیبهایی ناگهانی محفوظ می‌دارد و این امکان را به بهره‌بردار می‌دهد تا از صحت عملکرد قسمت‌های مختلف مطمئن شده و بخش‌هایی که به تعمیر احتیاج دارند شناسایی شوند.

ایستگاه‌های مختلف بسته به وسعت و نیاز خود از سیستم‌های کنترلی ساده و یا پیچیده‌ای استفاده می‌کنند بعنوان مثال بسیاری از شرایط حاکم را می‌توان با تغییر تنظیم شیرها توسط دست تغییر داد و یا اینکه سرعت چرخش موتور را عوض کرد (در موتورهای دور متغیر).

سیستم‌های کنترل را می‌توان به‌طور کلی به دو بخش زیر تقسیم کرد:

سیستم خاموش - روشن^۱

سیستم قابل تنظیم^۲

همان‌گونه که از نام این دو سیستم پیداست در اولی هر وسیله کنترلی دو حالت بیش‌تر ندارد مثلاً یک شیر یا باز بوده و یا بسته می‌باشد. اما در دومی امکان تنظیم وسایل مثل شیر یا دور موتور وجود دارد.

1 - On / Off

2 - Modulating

فصل ۹

تجهيزات جانبی

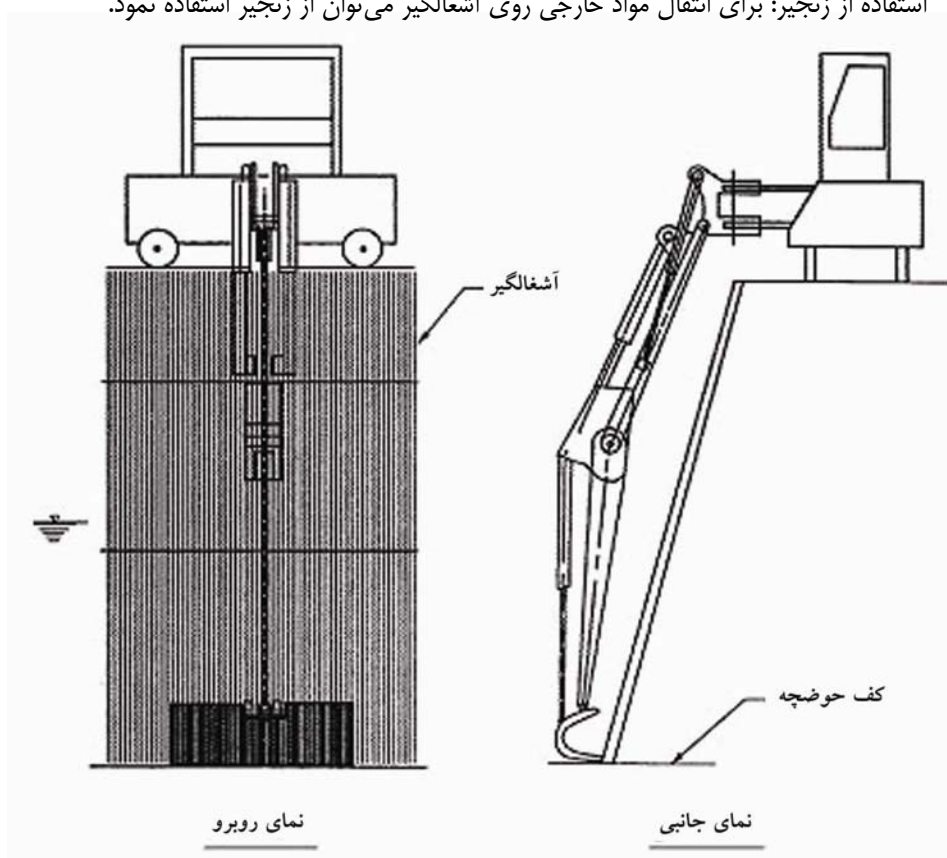
۹-۱- آشغالگیری

برای جلوگیری از ورود ذرات جامد و مواد خارجی به داخل تلمبه در قسمت جلویی حوضچه از تجهیزات آشغالگیر استفاده می‌شود. این وسیله معمولاً متشکل از میله‌های موازی می‌باشد که جلوی عبور ذرات خارجی شناور و غوطه ور بزرگتر از حد مجاز را می‌گیرد. پس از مدتی بهره‌برداری برای کارکرد صحیح سیستم این آشغالگیرها را باید از وجود ذرات خارجی پاک کرد. دو روش عمده‌ای که برای این کار وجود دارد عبارتند از: روش‌های دستی و مکانیزه.

روش دستی تنها برای ایستگاه‌های پمپاژ کوچک و مواقعی که حجم ذرات خارجی کم باشد قابل استفاده است. جنس بازوی آشغالگیر در روش دستی (بخصوص در مواقعی که طول این بازو بلند است) از مواد عایق الکتریسته انتخاب می‌شود.

روش‌های مکانیزه آشغالگیری را بر حسب مشخصه عملکرد آن‌ها می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

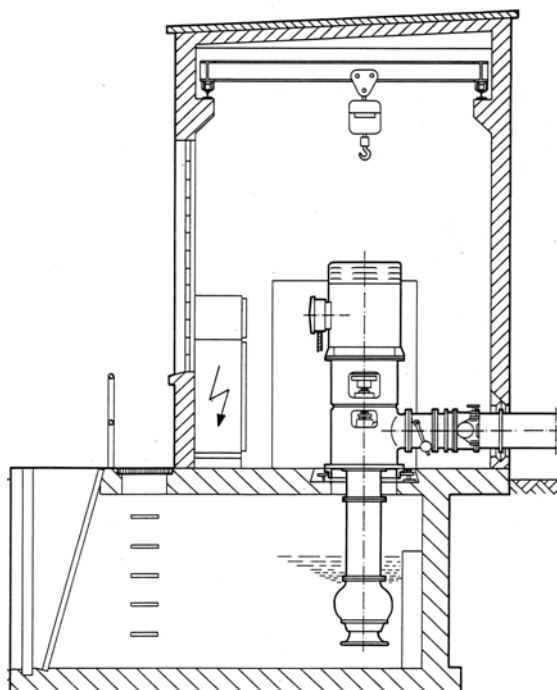
- استفاده از کابل‌های بالا برنده: در این روش صفحه‌ای که برای جمع‌آوری مواد خارجی موجود در سطح آشغالگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد توسط کابل به سکوی بالایی منتقل می‌شود.
- استفاده از روش‌های مکانیکی: در این حالت از روش‌های مکانیکی برای جابجایی ذرات روی آشغالگیرها استفاده می‌شود. شکل ۹-۱ یک نوع از این حالت را نشان می‌دهند.
- استفاده از زنجیر: برای انتقال مواد خارجی روی آشغالگیر می‌توان از زنجیر استفاده نمود.



شکل ۹-۱- آشغالگیری مکانیزه با استفاده از روش‌های مکانیکی جرثقیل

۲-۹- جرثقیل

در تمامی ایستگاه‌های پمپاژ به‌جز ایستگاه‌های بسیار کوچک برای انتقال تجهیزات از جمله تلمبه و ماشین محرک نیاز به یک جرثقیل ثابت دارند. (شکل ۱۰-۲) در ایستگاه‌های کوچک می‌توان از جرثقیل‌های قابل حمل به‌هنگام نیاز استفاده نمود. جرثقیل‌های ثابت معمولاً از انواع دروازه‌ای می‌باشند که جابجایی آن‌ها و نیز بالا بردن بار در آن‌ها به طریقه دستی یا توسط موتور انجام می‌شود. ظرفیت جرثقیل باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند سنگین‌ترین قطعه موجود در ایستگاه را براحتی حمل کند. ارتفاع نصب جرثقیل نیز باید به اندازه‌ای باشد که بتواند بلندترین قطعه تلمبه را از محل نصب خارج کرده و آنرا منتقل نماید. در مورد جرثقیل‌هایی که قطعات تلمبه یا الکتروموتور را برای حمل به محل تعمیر، به داخل کامیون انتقال می‌دهند، در صورتی که این کامیون‌ها نتوانند وارد ایستگاه شوند، ریل‌های جرثقیل‌ها باید تا خارج از ایستگاه امتداد یابند.



شکل ۲-۹- یک نمونه جرثقیل دروازه‌ای ثابت نصب شده در ایستگاه پمپاژ

۳-۹- لایروبی حوضچه مکش تلمبه‌خانه

در بسیاری از موارد از جمله تمیز کردن کف حوضچه یا تعمیر و بازرسی تلمبه‌ها باید حوضچه آبیگری را خالی نمود. برای اینکار حوضچه باید مجهز به تلمبه‌هایی باشد که بتواند آب را در مدت زمان کوتاهی تخلیه نماید. این تلمبه‌ها معمولاً از نوع تلمبه‌های فاضلابی با الکتروموتور مستغرق می‌باشند و باید قادر باشند ذرات با حجم زیاد را که در کف حوضچه ته نشین می‌شوند پمپاژ نمایند.

۹-۴ - ملاحظات کلی در مورد جانمایی تاسیسات تلمبه‌خانه و ساختمان‌های جانبی

جانمایی کلیه تاسیسات تلمبه‌خانه شامل تلمبه‌ها، موتورها، لوله‌ها، شیرآلات و اتصالات، جرثقیل سقفی، تاسیسات کلرزی و غیره و همچنین ساختمان‌های جنبی اعم از اداری، انبار، نگهبانی، برق اضطراری، پارکینگ و غیره ... به گونه‌ای انجام شود که سبب تسهیل در عملکرد تلمبه‌خانه، رفت و آمد، نگهداری، سرویس و تعمیرات گردد. یک نمونه از نقشه‌های پلان و مقطع تلمبه‌خانه‌های آب در پیوست شماره ۵ آمده است.

۹-۵ - گرمایش و سرمایش و تهویه^۱

بخشی از ایستگاه پمپاژ که کارکنان ایستگاه در آنجا مستقر هستند باید به لحاظ دمای هوا از وضعیت مناسبی برخوردار باشد به این منظور تعبیه تاسیسات حرارتی و برودتی در ایستگاه پمپاژ بخصوص ایستگاه‌های بزرگ ضروری می‌باشد. برای خنک نگه داشتن هوا در فصول گرم معمولاً از سیستم‌های تهویه هوا استفاده می‌شود که علاوه بر کمک به خنک نگه داشتن هوا، سبب خارج کردن دودها و گازهای آلاینده می‌شود. تاسیسات تهویه معمولاً در فضای بین حوضچه و اتاق نگهداری مستقر است. کلیه اجزای سیستم تهویه اعم از مجاری عبور هوا، ورودی و خروجی هوا و مدت زمان کارکرد سیستم باید به شکل دقیق طراحی شوند، بخصوص در صورتی که گازهای آلاینده در داخل ایستگاه موجود باشد.

۹-۶ - تجهیزات ایمنی و حفاظتی

- نکات مختلفی برای تامین حفاظت و ایمنی ایستگاه پمپاژ باید مد نظر قرار داده شود. برخی از این موارد به این شرح است:
- تهویه مناسب ایستگاه: برای تخلیه رطوبت و گازهای آلاینده در ایستگاه باید مجهز به سیستم تهویه باشد. در صورتی که این تجهیزات به صورت دائم کار کند باید حداقل ۶ بار در ساعت هوای ایستگاه را تخلیه و جایگزین نمود. همچنین می‌توان از تجهیزات قوی‌تری برای تهویه استفاده نمود و در عوض به صورت متناوب روشن و خاموش کرد.
 - وسایل کنترل تلمبه‌ها: تجهیزات کنترلی که به‌طور معمول روی تلمبه و لوله‌های متصل به آن نصب می‌شود مثل فشارسنج، کنترل‌کننده‌های دما، سطح روغن و ... باید به صورت مرتب کنترل شوند. چیدمان این تجهیزات هم باید به گونه‌ای باشد که بهره‌بردار بتواند به سرعت به آن‌ها دسترسی داشته باشد.
 - تجهیزات آتش‌نشانی: کپسول‌های آتش‌نشانی قابل حمل باید در ایستگاه وجود داشته باشد. استانداردهای مختلف از جمله NFPA 70 و NFPA 101 در مورد روش‌های پیشگیری از آتش‌سوزی و اطفای حریق راهکارهایی ارائه داده‌اند.
 - ارتفاع مناسب برای لوله‌ها و شیرها: لوله‌ها و شیرهایی که روی زمین قرار نمی‌گیرند باید حداقل ۲/۱ متر از سطح زمین فاصله داشته باشند تا کارکنان ایستگاه بتوانند براحتی رفت و آمد نمایند. در غیر این صورت باید این لوله‌ها و شیرهای را طوری مشخص نمود تا احتمال برخورد با آن‌ها به حداقل برسد.
 - حتی‌المقدور به جای استفاده از نردبان از پله‌های گرد^۲ استفاده شود.

۱- برای نشان دادن تجهیزات گرمایش و سرمایش و تهویه از علائمی استفاده می‌شود که یک نمونه از آن در پیوست شماره ۶ آمده است.

- بخش‌هایی که نزدیک شدن به آن‌ها خطرناک است مثل قسمت‌های چرخنده و توسط طنابی که به دور آن‌ها کشیده می‌شود یا هر وسیله‌ای دیگر از بقیه قسمت‌ها جدا شوند.
- جعبه کمک‌های اولیه در ایستگاه وجود داشته باشد.

۷-۹- تسهیلات بهداشتی

تلمبه‌خانه‌ها باید مجهز به تسهیلات تامین آب آشامیدنی، دستشویی و توالت باشند. لوله‌کشی‌های مربوط باید به نحوی در نظر گرفته شود که از آلودگی آب جلوگیری گردد.

۸-۹- تجهیزات دفتری

تجهیزات مورد نیاز بهره بردارها و کارکنان شامل وسایل اداری، سرویس بهداشتی، آب قابل شرب و غیره در حد لازم بخصوص در مواردی که تلمبه‌خانه خارج از شهر قرار دارد باید تامین گردد.

۹-۹- تجهیزات پرکردن^۱ تلمبه پیش از روشن نمودن

از آنجا که کلیه تلمبه‌ها (غیر از نوع خودپرکن^۲) پیش از روشن شدن باید از آب پر شده باشند در صورت نیاز باید تجهیزاتی به این منظور در تلمبه‌خانه در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۹- تلمبه تخلیه^۳

نشت آب از تلمبه‌های اصلی ایستگاه موجب تجمع آن در قسمتی از اتاق تلمبه‌ها می‌شود به منظور تخلیه این آب می‌توان از یک تلمبه کوچک عمودی یا خود پرکن در قسمتی که شیب زمین باعث جمع شدن آب می‌گردد استفاده نمود. کانال‌کشی کف تلمبه‌خانه برای جمع‌آوری آب‌های نشستی از تلمبه‌ها در صورت ضرورت پیش‌بینی شود.

۱۱-۹- ملاحظات کلی در مورد جانمایی تاسیسات کلرزنی

به منظور باکتری‌زدایی، تاسیسات کلرزنی در خروجی مخزن سرویس یا خروجی تلمبه‌خانه و در مکان مناسبی با توجه به محل و نقشه تلمبه‌خانه قرار می‌گیرد.

1 - Priming
2 - Self Priming
3 - Draining pump

فصل ۱۰

آزمایش‌ها

۱-۱۰-۱ - روش‌های آزمایش انواع تلمبه‌ها

۱-۱-۱۰-۱ - آزمایش‌های عمومی

۱-۱-۱-۱۰-۱ - آزمایش هیدرواستاتیک

یکی از معمول‌ترین انواع آزمایش‌های انجام شده روی تلمبه‌ها که به منظور اطمینان از عدم وجود منفذ یا ترک در پوسته تلمبه انجام می‌شود آزمایش هیدرواستاتیک است. در این آزمایش کلیه مجاری ورودی و خروجی تلمبه مسدود شده و از یک طرف سیال آب با فشار ۱/۵ برابر فشار در نقطه کاری تلمبه وارد محفظه پوسته تلمبه می‌گردد. پس از گذشت مدت زمان مناسب نباید هیچ نشتی از پوسته تلمبه مشاهده گردد. برخی از مواردی که به هنگام انجام این آزمایش باید مدنظر قرار بگیرد به قرار زیر است:

- تلمبه‌های دو پوسته‌ای^۱، چندطبقه افقی بصورت بخش بخش، تا ۱/۵ برابر فشار کاری مجاز در هر بخش، مورد آزمایش قرار گیرند.
- لوله‌های سیال مربوط به فرایندهای جانبی (شامل لوله‌های تخلیه هوا، تخلیه مایع، لوله‌های تعادل و غیره) که به پوسته جوش داده شده‌اند، باید تا ۱/۵ برابر فشار کاری مجاز، آزمایش شوند.
- واشرهای مورد استفاده در هنگام آزمایش هیدرواستاتیک باید همانند واشرهایی باشد که در تلمبه مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- برای جلوگیری از صدمه احتمالی به آب‌بند، آزمایش هیدرواستاتیک را می‌توان بدون نصب محفظه آب بند انجام داد.
- آزمایش هیدرواستاتیک هنگامی مورد قبول است که حداقل به مدت ۳۰ دقیقه، هیچ‌گونه نشتی از طریق پوسته و یا اتصالات آن دیده نشود. اجزای سنگین‌تر و بزرگ‌تر به مدت زمان بیش‌تری احتیاج دارند. برای اینکه سیال در انسدادهای داخلی نیز نفوذ کند باید پوسته‌ها به‌صورت بخش بخش مورد آزمایش واقع شوند.
- هر سطحی که بعد از آزمایش هیدرواستاتیک، ماشین کاری شود باید در گزارش آزمایش هیدرواستاتیک ذکر شود.

۱-۱-۱-۱۰-۲ - آزمایش عملکرد

این آزمایش برای اطمینان از عملکرد صحیح مجموعه اجزا و تبعیت تلمبه از منحنی ارتفاع- بده مربوط (به خصوص در نقطه کاری) انجام می‌گیرد. برخی از مواردی که به هنگام انجام این آزمایش باید مدنظر قرار بگیرد عبارتند از:

- به‌جز در موارد مشخص، تلمبه باید با آب کم‌تر از 65°C مورد آزمایش قرار گیرد.
- فروشنده باید داده‌های آزمایش را که شامل ارتفاع تلمبه‌زنی، بده، توان و ارتعاشات می‌شود، حداقل در ۵ نقطه زیر ثبت نماید:

الف- بده صفر (در این نقطه لزومی ندارد که اطلاعات مربوط به ارتعاشات ثبت شود)؛

ب - حداقل بده که جریان پایدار و پیوسته ایجاد کند.

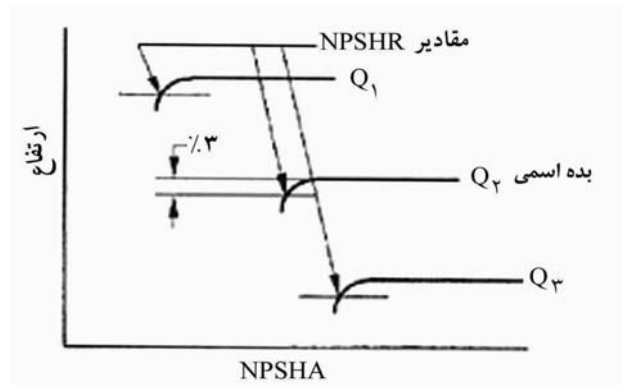
ج - نقطه‌ای که بده بین بده مینیمم و بده کاری قرار دارد.

د - بده کاری

- ه- بیش‌ترین بده مجاز (که حداقل ۱۲۰ درصد بده نقطه بهترین بازده است).
- آب‌بندها و یاتاقان‌های اصلی در آزمایش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- میزان نشتی آب‌بندها در طول آزمایش، باید مورد قبول خریدار واقع شود.
- فشار، لزجت و دمای تمامی روغن‌های روانکار باید در محدوده مقادیر کاری پیشنهادی، مطابق دستورالعمل فروشنده برای واحد آزمایش باشد.
- یاتاقان‌ها باید قبل از انجام آزمایش عملکرد با یک روغن مناسب، روانکاری شوند.
- اگر در سفارش خریدار ذکر شده باشد، خریدار یا نماینده او می‌تواند بر آزمایش نظارت نماید.
- فروشنده موظف است گزارش آخرین آزمایش را به صورت تفصیلی و به تعداد کافی در اختیار خریدار قرار دهد تا توسط خریدار در آخرین مرحله، تصدیق گردد.
- در صورت لزوم برای دستیابی به محدوده مورد قبول ارتفاع تلمبه زنی، تلمبه باز شده و پروانه آن ماشین کاری می‌شود.
- اگر لازم باشد تلمبه برای برخی تصحیحات دیگر، مانند افزایش توان، NPSH یا کارکرد مکانیکی، باز شود، آزمایش اولیه قابل قبول نیست و بعد از انجام تصحیحات، آزمایش عملکرد نهایی انجام می‌شود.
- وسایل اندازه‌گیری باید در فواصل زمانی مناسب کالیبره گردند.

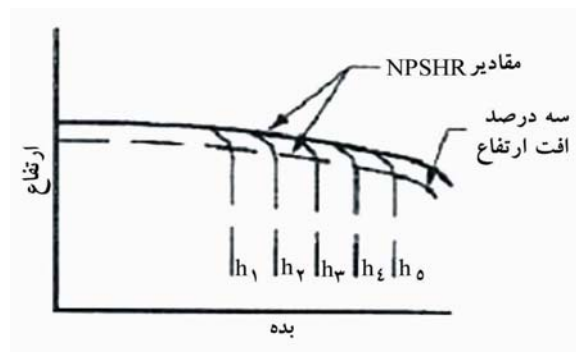
۱۰-۱-۱-۳- آزمایش NPSH

- کارکرد صحیح تلمبه به هنگام آزمایش NPSH به خریدار اطمینان میدهد که تلمبه به لحاظ طراحی دچار مشکل خلاءزایی نخواهد بود. داده‌های مربوط به $NPSH_T$ در همه نقاطی که آزمایش عملکرد ذکر شده است، به جز نقطه بده صفر ثبت میگردد.
- تلمبه را در بده و سرعت ثابت و با شرایط مکش متغیر، آزمایش می‌کنیم تا به شرایط پیدایش خلاءزایی دست یابیم. ارتفاع تلمبه زنی بدست آمده را باید در NPSH های مختلف رسم نماییم.
- با کاهش $NPSH_T$ ، به نقطه‌ای می‌رسیم که منحنی $H - NPSH_T$ از حالت خطی درآمده و خمیده می‌شود که بیانگر شرایطی است که عملکرد تلمبه ناکارآمد می‌باشد. در شکل ۱۰-۱، نتایج یک آزمایش $NPSH_T$ در بده‌های بالاتر و پایین‌تر از بده نرمال، نشان داده شده است. افت ۳ درصدی ارتفاع تلمبه‌زنی کلی، استاندارد برای محاسبه $NPSH_T$ می‌باشد.



شکل ۱۰-۱- آزمایش NPSH

روش دیگر محاسبه مشخصات $NPSH_r$ ، ثابت نگهداشتن سرعت و ارتفاع مکش (h_s) و تغییر دادن بده است. برای هر ارتفاع مکش مفروض، ارتفاع تلمبه‌زنی تلمبه را می‌توان برحسب بده رسم کرد. یک سری از چنین آزمایش‌هایی، یک دسته منحنی را مانند شکل ۱۰-۲ بدست می‌دهد. جاییکه منحنی برای هر ارتفاع مکشی (h_s) به اندازه ۳٪، شکسته شود، $NPSH_r$ را می‌توان به دست آورد.

شکل ۱۰-۲- آزمایش NPSH در ارتفاع مکش (h_s) ثابت

۱۰-۱-۲- آزمایش‌های اختیاری

۱۰-۱-۲-۱- آزمایش کامل اجزا

تلمبه و موتور محرک آن به همراه تمامی قطعات جانبی با همدیگر آزمایش می‌شوند. در این صورت، ارتعاشات پیچشی باید محاسبه شود تا نتایج تجزیه و تحلیل‌های انجام شده توسط فروشنده بررسی شود.

۱۰-۱-۲-۲- آزمایش اندازه صدا

در صورت توافق بین خریدار و فروشنده، آزمایش اندازه صدا انجام می‌گیرد.

۱۰-۱-۲-۳- آزمایش تجهیزات جانبی

آزمایش تجهیزات جانبی مانند سیستم روغن، چرخ دنده، سیستم‌های کنترل کننده در کارخانه انجام گرفته و تاییدیه صادر می‌شود.

۱۰-۲- روش‌های اندازه‌گیری بده تلمبه‌ها

هر سیستم بده سنجی می‌تواند برای اندازه‌گیری بده تلمبه مورد استفاده قرار بگیرد، اما باید به‌گونه‌ای اقدام شود که بتواند بده را با دقت مناسبی اندازه‌گیری نماید. در مورد نصب، واسنجی و نحوه اندازه‌گیری توسط هر یک از روش‌های زیر باید استاندارد موردنظر به دقت اعمال شود.

۱۰-۲-۱- اندازه‌گیری بده با محاسبه وزن (در مورد بده‌های محدود)

اندازه‌گیری بده با اندازه‌گیری وزن، بستگی به دقت پیمانانه مدرج و زمان اندازه‌گیری دارد و مشخصات پیمانانه مدرج از جمله مواردی است که در هنگام آزمایش مد نظر قرار می‌گیرد و اگر مشخصات کاملی از آن موجود نباشد، پیمانانه مدرج را باید با وزن‌های استاندارد کالیبره کرد.

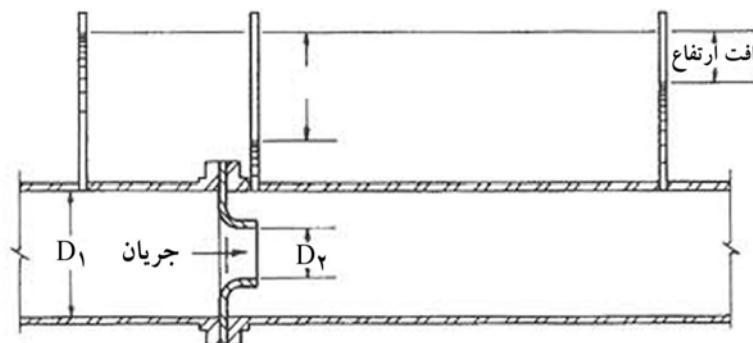
۱۰-۲-۲- اندازه‌گیری بده به طریق حجمی (در مورد بده‌های نسبتاً محدود)

این کار با شناسایی تغییرات حجم منبع یا مخزن در طی مدت زمان اندازه‌گیری، عملی است. به منظور اندازه‌گیری حجم بصورت خطی، باید به شکل هندسی (تخت بودن، موازی بودن، گرد بودن و غیره) سطوح مخزن، تغییرات ابعاد ناشی از انقباض یا انقباض حرارتی یا خمیدگی ناشی از فشار هیدرواستاتیک مایع، توجه گردد.

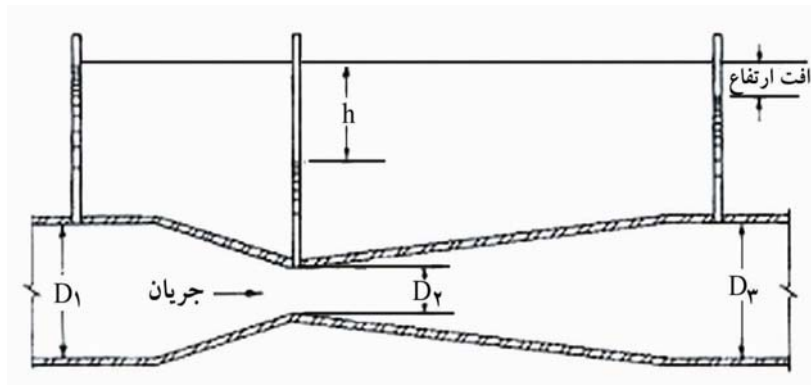
۱۰-۲-۳- اندازه‌گیری بده با استفاده از افت فشار

این کار با کاهش دادن مساحت در مسیر جریان میسر است، که باعث افت ارتفاع تلمبه زنی در بده سنج به دلیل افزایش سرعت آن می‌شود. با استفاده از اختلاف ارتفاع بده سنج، می‌توان بده را اندازه گرفت. بده‌سنج‌های قابل قبول شامل نازل، وانتوری^۱ و صفحه‌های اریفیس می‌باشند (شکل‌های ۱۰-۳ و ۱۰-۴).

برای اطمینان از صحت نتایج در اندازه‌گیری بده با وانتوری یا نازل لازم است تا در بالادست بده‌سنج، به اندازه کافی طول لوله مستقیم باشد. به هر حال این نوع وسایل اندازه‌گیری در بالادست شیر تغییر بده قرار داده می‌شود تا در بده‌های پایین نیز کاملاً پر از آب و فاقد حباب‌های هوا باشد.



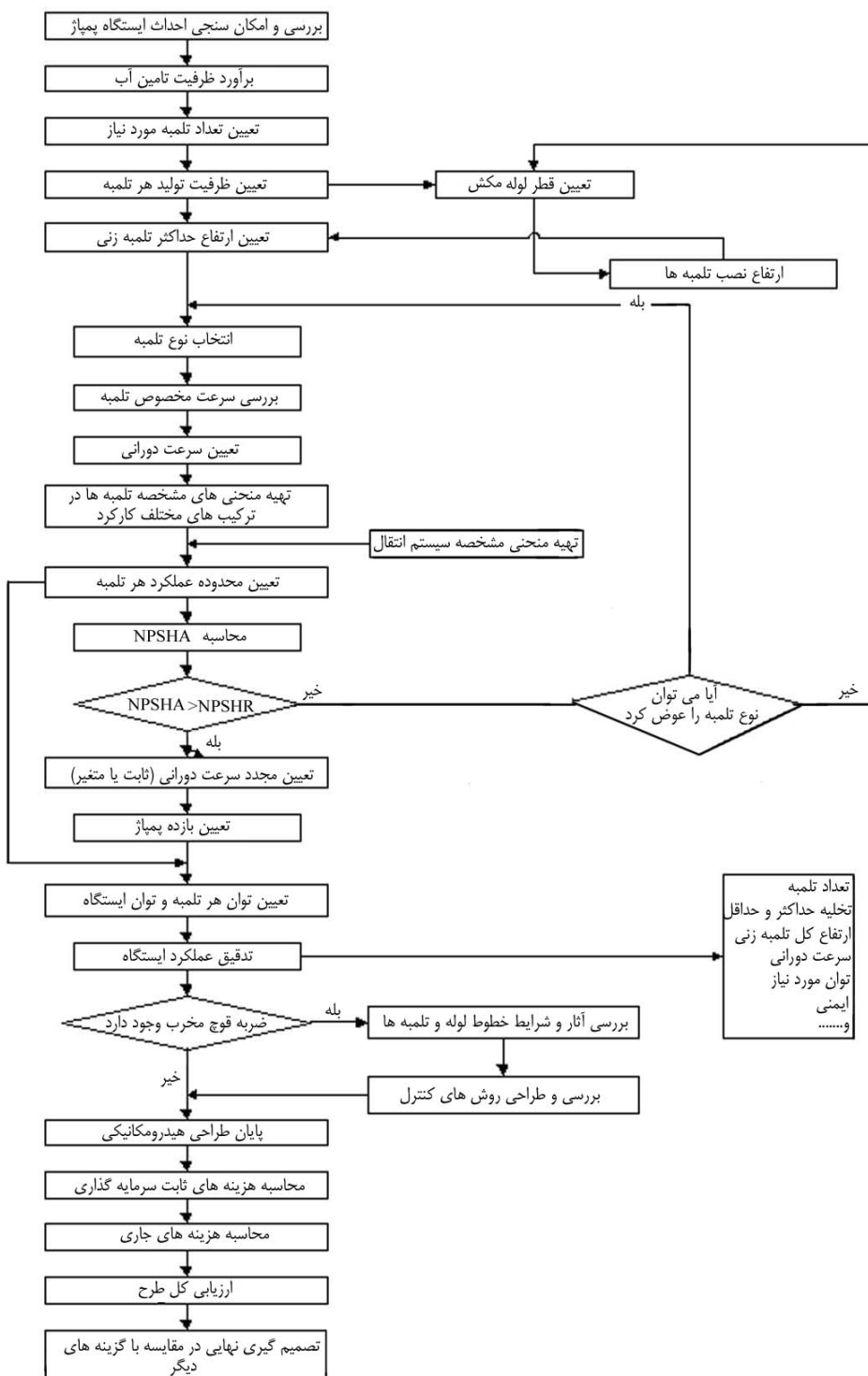
شکل ۱۰-۳- نازل








































شکل ۱۰-۴- و انتوری

پیوست‌ها

نمودار مراحل طراحی هیدرومکانیکی یک ایستگاه پمپاژ



علائم مورد استفاده در نقشه‌کشی لوله‌ها و اتصالات ایستگاه پمپاژ

Pipe fittings			
Symbol	Description	Symbol	Description
	Cross		Tee
	Cross (branch up)		Tee (branch up)
	45° elbow		Tee (branch down)
	45° elbow (up)		Side outlet tee (up)
	45° elbow (down)		Reducer
	Lateral		Eccentric reducer (Elevation)
	90° elbow		Union, screwed
	90° elbow (up)		Sleeve coupling
	90° elbow (down)		Sleeve coupling (harnessed)
	45° elbow (long radius)		Meter (identify type)
	90° elbow (long radius)		Venturi meter
	Base elbow		Expansion joint, metal bellows
	Side outlet elbow (up)		Expansion joint, rubber bellows
	Side outlet elbow (down)		Strainer
	Duplex strainer		Thermostat
	Flame trap		Pressure gauge
	Lube oil filter		Water level alarm MWL or LWL
	Scale trape		Thermometer
	Vent		

Valves		
Stem relative to plane		Description
Perpendicular	Parallel	
		Gate
		Butterfly
		Eccentric plug
		Eccentric plug (alternate)
		Cone
		Ball
		Check, swing
		Globe
		Angle
		Three way
		Flap
		Diaphragm
		Auto air and vacuum release
		Auto air release
		Auto vacuum release
		Hose (bibb)
		Valve, manual operation
		Control valve with hydraulic, pneumatic or electric actuator

Pipe joints	
Symbol	Description
	Flange
	Bell and spigot
	Mechanical joint
	Mechanical joint, restrained
	Bell and ball

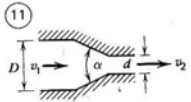
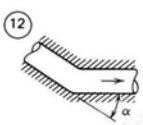
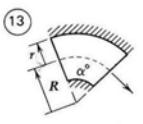
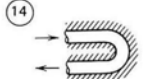
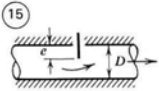
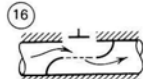
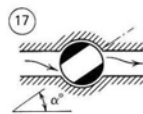
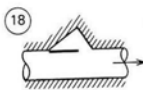
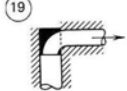
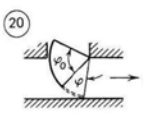
Wall fittings	
Symbol	Description
	Wall sleeve, caulked
	Wall sleeve, annular seal
	Wall pipe, flange & flange, intermediate collar
	Wall pipe, bell & bell, intermediate collar
	Wall pipe, mechanical joint
	Wall pipe, mechanical joint, intermediate collar

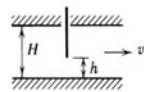
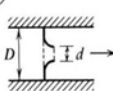
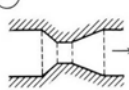
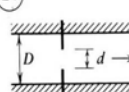
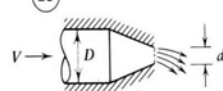
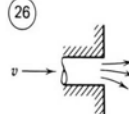
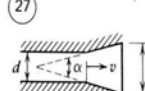
Fixture symbols			
Symbol	Description	Symbol	Description
	Floor drain		Water heater
	Area drain		Lavatory
	Roof drain		Sink
	Compressed air outlet		Shower stall
	Gas outlet		Urinal
	Vacuum outlet		Water closet
	Hose bibb		Water closet, wall hung
	Drinking fountain		Electric water cooler

Piping symbols			
Symbol	Description	Symbol	Description
	Storm		Fire protection
	Soil		Fire sprinkler
	Waste	Plan El	
	Drain		Drum trap
	Vent		P-trap
	Acid waste		Running trap
	Acid vent		Backflow preventer
	Service water		Cleanout (exposed pipe)
	Cold water		Cleanout (floor or grade)
	Effluent water		Heating water supply
	Hot water (potable)		Heating water return
	Hot water circulating (potable)		Cooling water supply
	Compressed air		Cooling water return
	Vacuum		Chilled water supply
			Chilled water return

محاسبه ضریب افت فشار موضعی (K) در اتصالات

	<p>از رابطه $H_L = k \frac{V^2}{2g}$ استفاده گردد. (به جز در مواردی که اختصاصاً ذکر شده است) E_L یا F_L بر حسب فوت است ورود عمودی (لوله بر دیواره مخزن عمود است) و در صورتی که لبه لوله تیز باشد. $k = 0.50$</p>
	<p>ورود عمودی (لوله بر دیواره مخزن عمود است) و در صورتی که لبه لوله انحنای داشته باشد. $\frac{R/d}{k} = \begin{matrix} & 0.05 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & \\ \hline & 0.25 & 0.17 & 0.08 & 0.05 & 0.04 & \hline \end{matrix}$</p>
	<p>ورود عمودی (در صورتی که لوله به داخل مخزن وارد شود). $k = 0.8$</p>
	<p>ورود با زاویه $k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha$</p>
	<p>لوله مکش مجهز به دهانه مخروطی (مکش از مخزن) $E_L = D + \frac{5.6Q}{\sqrt{2gD^{1.5}}} - \frac{v^2}{2g}$ لوله مکش بدون دهانه $E_L = 0.53D + \frac{4Q}{\sqrt{2gD^{1.5}}} - \frac{v^2}{2g}$ (After I. Vagas) پهنای مخزن مکش = 3.5D</p>
	<p>صافی $k = 10$ با شیر یکطرفه $k = 5.5$ بدون شیر یکطرفه (By Agroskin)</p>
	<p>سه راه استاندارد با تغییر مسیر سیال در جهت لوله باریکتر $k = 1.8$</p>
	<p>انبساط ناگهانی $E_L = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$ یا $E_L = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$</p>
	<p>انقباض ناگهانی $\frac{(d/D)^2}{k} = \begin{matrix} & 0.01 & 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.6 & 0.8 & \\ \hline & 0.5 & 0.5 & 0.42 & 0.33 & 0.25 & 0.15 & \hline \end{matrix}$ در معادله از v_2 استفاده شود</p>
	<p>انبساط ناگهانی $E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$ $\alpha^\circ = \begin{matrix} & 20 & 40 & 60 & 80 & \\ \hline & 0.20 & 0.28 & 0.32 & 0.35 & \hline \end{matrix}$</p>

	<p>دیفیوزر</p> $E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$ <table border="1" data-bbox="558 459 1316 616"> <thead> <tr> <th>$\alpha^\circ =$</th> <th>6</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>40</th> <th>60</th> <th>80</th> <th>100</th> <th>120</th> <th>140</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>k for $D = 3d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.80</td> <td>1.0</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>$D = 1.5d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.96</td> <td>1.22</td> <td>1.16</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> </tr> </tbody> </table>	$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140	k for $D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04	$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04
$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140																						
k for $D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04																						
$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04																						
	<p>زانوی تیز (با زاویه)</p> $k = 67.6 \times 10^{-6} (\alpha^\circ)^{2.17}$ <p>(By Gibson)</p>																														
	<p>زانوها</p> $k = (0.13 + 1.85(r/R)^{3.5}) \sqrt{\alpha^\circ/180^\circ}$ <p>(By Hinds)</p>																														
	<p>خم ۱۸۰ درجه</p> $k = 2.2$																														
	<p>شیر دروازه ایی</p> <table border="1" data-bbox="710 1176 1228 1243"> <thead> <tr> <th>$e/D =$</th> <th>0</th> <th>1/4</th> <th>3/8</th> <th>1/2</th> <th>5/8</th> <th>3/4</th> <th>7/8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.15</td> <td>0.26</td> <td>0.81</td> <td>2.06</td> <td>5.52</td> <td>17.0</td> <td>97.8</td> </tr> </tbody> </table>	$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8														
$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8																								
$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8																								
	<p>شیر بشقابی</p> <p>در حالت کاملاً باز $k = 10$</p>																														
	<p>شیر کروی</p> <table border="1" data-bbox="686 1456 1268 1523"> <thead> <tr> <th>$\alpha^\circ =$</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.05</td> <td>0.29</td> <td>1.56</td> <td>5.47</td> <td>17.3</td> <td>52.6</td> <td>206</td> <td>485</td> <td>∞</td> </tr> </tbody> </table> <p>(By Agroskin)</p>	$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80	$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞										
$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80																						
$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞																						
	<p>شیرهای یکطرفه</p> <p>در حالت کاملاً باز</p> <p>با لولا $k = 2.5$ کره ایی $k = 70.0$ بلند شو $k = 12.0$</p>																														
	<p>شیر زاویه ای (شیری که مسیر سیال را ۹۰ درجه تغییر دهد)</p> <p>در حالت کاملاً باز $k = 5.0$</p>																														
	<p>دریچه لولایی</p> $k = 0.8 \cdot 1.3 \left[\left(\frac{1}{n} \right) - n \right]^2$ <p>$n = \frac{\phi}{\phi_0}$ در رابطه بالا مقدار باز شدگی شیر نسبت به زاویه مرکزی میباشد</p>																														

<p>21</p> 	<p>دریچه تخت در مجراهای مستطیلی</p> $k = 0.3 \cdot 1.9 \left[\left(\frac{1}{n} \right) - n \right]^2$ <p>$n = h/H$. بطوریکه: (By Burkov)</p>										
<p>22</p> 	<p>نازل اندازه گیرنده</p> $E_L = 0.3 \Delta p \quad \text{for} \quad d = 0.8D$ $E_L = 0.95 \Delta p \quad \text{for} \quad d = 0.2D$ <p>Δp افت فشار اندازه گرفته شده میباشد (By A.S.M.E.)</p>										
<p>23</p> 	<p>ونتوری متر:</p> $E_L = 0.1 \Delta p \quad \text{to} \quad 0.2 \Delta p$ <p>Δp افت فشار اندازه گرفته شده میباشد</p>										
<p>24</p> 	<p>اریفیس اندازه گیری با لبه های مربعی:</p> $E_L = \Delta p \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right)$ <p>Δp افت فشار اندازه گرفته شده میباشد</p>										
<p>25</p> 	<p>خروجی از مغشوش کننده:</p> <table border="1" data-bbox="782 1321 1069 1400"> <tr> <td>$d/D =$</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>5.5</td> <td>4</td> <td>2.55</td> <td>1.1</td> </tr> </table> <p>(By Mostkov)</p>	$d/D =$	0.5	0.6	0.8	0.9	$k =$	5.5	4	2.55	1.1
$d/D =$	0.5	0.6	0.8	0.9							
$k =$	5.5	4	2.55	1.1							
<p>26</p> 	<p>خروج از لوله به منبع:</p> $k = 1.0$										
<p>27</p> 	<p>خروج از دیفیوزر برای $D/d > 2$:</p> <table border="1" data-bbox="782 1702 1069 1780"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.05</td> <td>0.18</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> </tr> </table> <p>(By Mostkov)</p>	$\alpha^\circ =$	8	15	30	45	$k =$	0.05	0.18	0.5	0.6
$\alpha^\circ =$	8	15	30	45							
$k =$	0.05	0.18	0.5	0.6							

علایم مورد استفاده برای نشان دادن تجهیزات کنترل و اندازه گیری

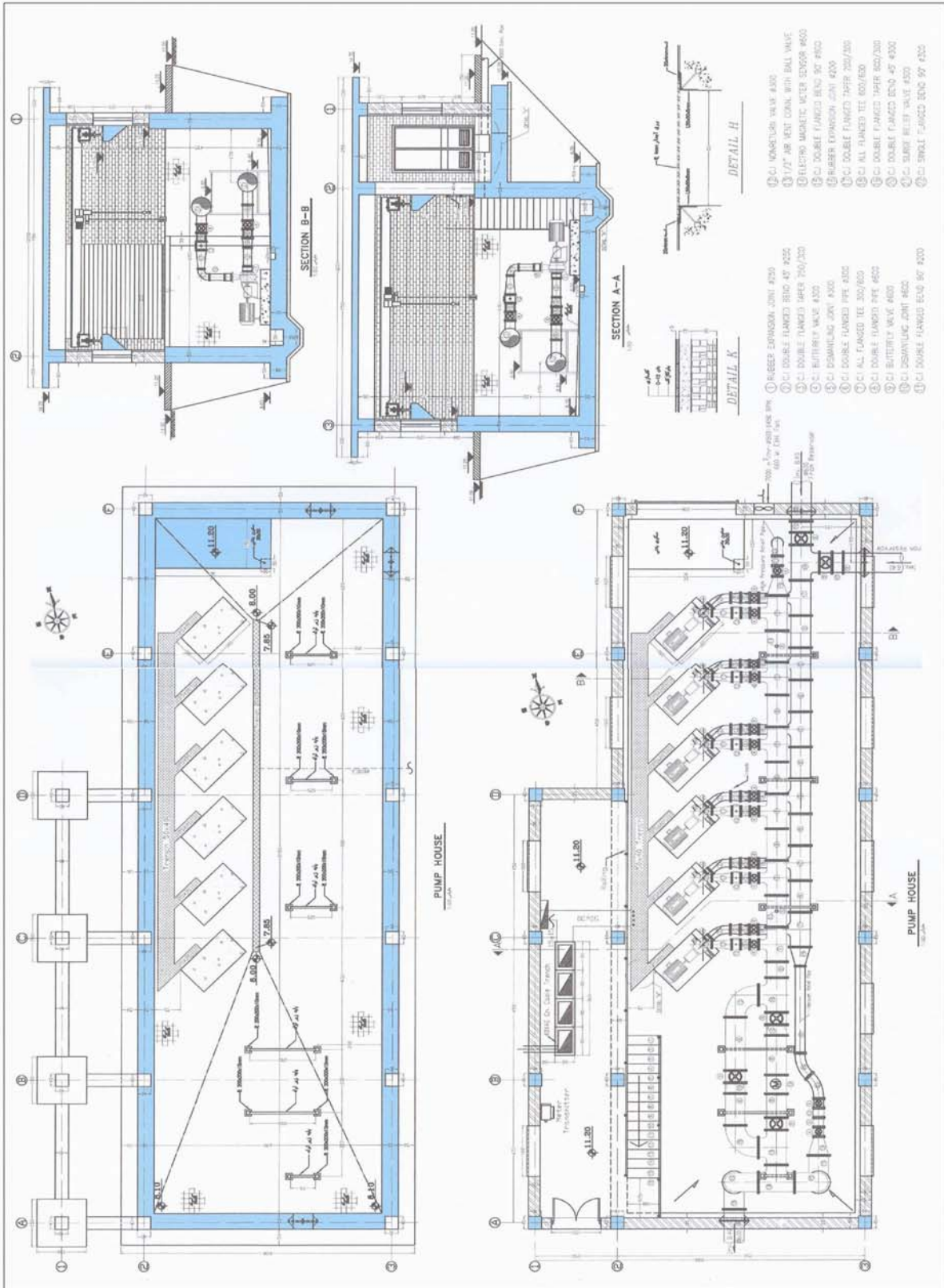
Miscellaneous mechanical equipment symbols					
Symbol	Description	Symbol	Description	Symbol	Description
	Centrifugal pump		Rotary lobe compressor		Spiral heat exchanger
	Submersible sump pump		Liquid ring blower or compressor		Shell-and-tube-type heat exchanger
	Vertical pump		Silencer		Right angle gear
	Gear pump		Inlet air filter silencer		Tank
	Rotary lobe pump		Mixer		Waste gas burner
	Progressive cavity pump		Adjustable-speed drive		Engine
	Diaphragm pump		Generator		Horizontal surface mixer
	Boiler		Grinder pump		Sight glass
	Blower or fan		Plate-type heat exchanger		
	Compressor				

Valve and actuator symbols					
Symbol	Description	Symbol	Description	Symbol	Description
n.o. n.c.	Normally open Normally closed		Diaphragm valve		Three-way valve (with typical fail position)
	Gate valve		Needle valve		Four-way valve (with typical fail position)
	Globe valve		Balancing cock		Pressure-reducing valve (flow to right)
	Plug valve		Knife gate valve		Back-pressure-reducing valve (flow to left)
	Ball valve		Circuit-balancing valve		Valve with hand actuator
	Butterfly valve		Telescoping valve		Solenoind-operated valve
	Check valve		Relief valve		Electrical-motor-operated valve
	Ball check valve		Float valve		Piston-operated valve
	Pinch valve	f.o. f.c.	Fail open Fail closed		
	Angle valve				

Process and signal line symbols			
Symbol	Description	Symbol	Description
	Low-pressure steam		Three-way control valve * (P): pneumatic * (E): electric
	Low-pressure condensate		Control valve * (P): pneumatic * (E): electric
	Medium-pressure steam		Pipe guide
	Medium-pressure condensate		Pipe anchor
	High-pressure steam		Float and thermostatic trap
	High-pressure condensate		Thermostatic trap
	Fuel oil supply		Expansion joint
	Fuel oil return		Expansion joint (harnessed)
	Boiler feed		Pipe flow direction
	Natural gas		Pipe pitch down with respect to flow
	Liquefied petroleum gas		Pipe pitch up with respect to flow
	Refrigerant liquid		Pipe capped
	Refrigerant suction		Electromagnetic or sonic signal (unguided)
	Condensate pump discharge		Software or data link
	Electric signal (analog)		Mechanical link
	Pneumatic signal (discreet)		Hydraulic
	Electric signal (discreet)		Main process flow (with typical direction of flow shown)
	Capillary tube		Secondary process flow
	Electromagnetic or sonic signal (guided)		Instrument supply, process taps
			Pneumatic signal (analog)

Valve and actuator symbols					
Symbol	Description	Symbol	Description	Symbol	Description
	Diaphragm-operated valve		Thermostatically controlled valve		Sluice gate (normally closed)
	Electrohydraulic-operated valve		Sluice gate (normally open)		

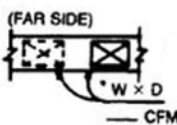

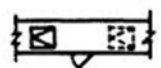
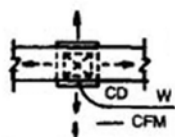
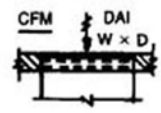
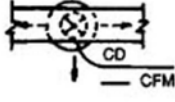
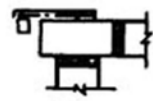



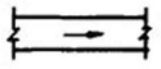
Instrumentation symbols for primary elements					
Symbol	Description	Symbol	Description	Symbol	Description
	Orifice plate		Flume		Flow-straightening vanes
	Venturi or flow tube		Weir		Chemical seal
	Averaging pitot tube		Variable-area flow meter (rotameter)		Concentric chemical seal
	Propeller or turbine meter		Rupture disc		Temperature well



نمونه‌ای از نقشه پلان و مقطع تلمبه‌خانه آب

علائم مورد استفاده برای نشان دادن تجهیزات گرمایش و سرمایش

Miscellaneous symbols			
Symbol	Description	Symbol	Description
	Unit heater	INV EL	Invert elevation
	Convection	CL EL	Centerline elevation
	Cabinet heater	CFM	Cubic feet per minute
	Thermostat * (P): pneumatic * (E): electric	MBH	Thousand Btu/hour
	Humidostat * (P): pneumatic * (E): electric	VD	Volume damper
BD/EL	Bottom of duct elevation	TC	Temperature control
TD/EL	Top of duct elevation	NTS	Not to scale
	Duct width x depth (first dimension is dimension seen)	P	Pneumatic
	Inclined rise (with respect to air flow)	E	Electric
	Inclined drop (with respect to air flow)		Negative pressure duct section; asterisk represents service designation
	Volume damper (shaft parallel to paper)		Round duct with transition to rectangular duct
	Volume damper (shaft perpendicular to paper)		Splitter damper
	Automatic opposed blade control damper (POD) pneumatic; (MOD) electric		Turning vanes
	Register or grille (face perpendicular to paper); asterisk represents equipment designation		Deflecting damper with rod and lock
			Extractor with rod and lock
			Supply duct down (positive pressure)
			Exhaust or return duct down (negative pressure)

Miscellaneous symbols			
Symbol	Description	Symbol	Description
 <p>(FAR SIDE) * W x D — CFM</p>	<p>Register or grille (face parallel to paper); asterisk represents equipment designation</p>		<p>Flexible duct connection</p>
<p>R G CR CG</p>	<p>Equipment designations Register Grille Ceiling register Ceiling grille</p>		<p>Access doors in duct</p>
 <p>CD W — CFM</p>	<p>Rectangular ceiling diffuser (size given refers to neck size)</p>	 <p>CFM DAI W x D</p>	<p>Outside air intake</p>
 <p>CD — CFM</p>	<p>Round ceiling diffuser (size given refers to neck size)</p>		<p>Single inlet fan (plan view)</p>
	<p>Positive pressure duct section; asterisk represents service designation</p>		<p>Outlet air direction</p>
			<p>Inlet air direction</p>
			<p>Direction of air flow in duct</p>
		<p>DA S E R</p>	<p>Service designations Outside air Supply air Exhaust air Return air</p>

*After Greeley and Hansen Engineers.

منابع و مراجع

- 1- Karassik Igor J. et al., "Pump handbook", McGraw Hill pub. Co., 2001.
- 2- John E. Miller, "The Reciprocating Pump", John Wiley & Sons pub. Co., 1994.
- 3- Warring R. H., "Seals and Sealing Handbook", Gulf pub. Co., 1995.
- 4- Avallone, E.A, "Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers", McGraw-Hill pub. Co., 1996.
- 5- Robert L. Sank, "Pumping Station Design" Elsevier pub, 1998.
- 6- R.H. Warring, "Pumps: selection, systems and applications", 1984.
- 7- "Pumps & Pumping", Ion Ionel, Elsevier pub, 1986.
- 8- Stepanoff A. J., "Centrifugal & Axial Flow pumps", John Wiley & Sons pub. Co., 1948.
- 9- Lazarkiewicz Stephen, "Impeller Pump" Pergamon Press, 1965.
- 10- Dr.Engineer. kurt, Holzen berger, "Sentrifugal Pumps", KSB, 1990.

۱۱- «تلمبه و پمپاژ»، سید احمد نوریخس، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۰.

۱۲- «توربوماشین‌ها»، سید احمد نوریخس، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی-فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Guideline for Design Of water Pump Stations

No. 470

Office of Deputy for Strategic Supervision

Bureau of Technical Execution System

<http://tec.mporg.ir>

Ministry of Energy

Bureau of Engineering Affairs and
Technical Standard for Water and
Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

2009

این نشریه

با عنوان "راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب" به منظور استفاده در طراحی تلمبه‌خانه‌های آب تدوین شده است. در این راهنما ضوابط طراحی به تفصیل در ده فصل و شش پیوست ذکر شده است که راهنمای مناسبی برای مشاوران و طراحان تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد.