

راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

نشریه شماره ۳۴۷

وزارت نیرو

شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی
<http://www.wrm.or.ir/standard>

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله
<http://tec.mporg.ir>

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

نشریه شماره ۳۴۷

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، دفتر استانداردها و
معیارهای فنی. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع
انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۶.
VIII، ۱۳۷ ص: جدول، مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین
معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۴۷) انتشارات سازمان مدیریت و
برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۶/۰۰/۳۸

ISBN 978-964-425-949-4

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۰/۴۸۳۰۳ مورخ ۱۳۸۶/۴/۱۰
کتابنامه: ص. ۱۳۷

۱. تلمبه‌خانه‌ها - طرح و ساختمان - استانداردها. ۲. فاضلاب - تأسیسات انتقال و مصرف -
استانداردها. الف. شرکت مدیریت منابع آب ایران. دفتر استانداردها و معیارهای فنی. ب. سازمان
مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۶ ش. ۳۴۷ ۲۴ س / ۳۶۸ TA

ISBN 978-964-425-949-4

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۴۲۵-۹۴۹-۴

راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک

علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۶۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۶

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

رئیس سازمان

شماره : ۱۰۰/۴۸۳۰۳	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۶/۴/۱۰	
موضوع : راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب	
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 ۳۴۷ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب» 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 امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله ارسال کنند. امیرمنصور برقی معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل 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، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir>

صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای صنعت آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) به استناد آیین‌نامه اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده 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 مأخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و ائتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد
- ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

ترکیب اعضای تهیه‌کننده، کمیته و ناظران تخصصی

این استاندارد در معاونت پژوهشی دانشکده صنعت آب و برق با مسئولیت آقای فرخ افرا تهیه شده و گروه نظارتی که مسئولیت نظارت تخصصی بر تدوین این پیش‌نویس را به عهده داشته‌اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از :

آقای ماشاء... تابع جماعت	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	لیسانس مهندسی عمران - آب
خانم مینا زمانی	دفتر استانداردها و معیارهای فنی	لیسانس مهندسی شیمی
آقای جلال‌الدین شایگان	دانشگاه صنعتی شریف	دکترای مهندسی بیوشیمی
آقای احمد عشقی	شرکت مهندسین مشاور آب و محیط زیست	فوق لیسانس راه و ساختمان

اسامی اعضای کمیته تخصصی آب و فاضلاب دفتر استانداردها و معیارهای فنی که بررسی و تأیید استاندارد حاضر را به عهده داشته‌اند 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	شرکت مهندسین مشاور تهران بوستن	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای عباس حاج‌حریری	شرکت آب و فاضلاب استان تهران	فوق لیسانس مدیریت صنایع
خانم مینا زمانی	دفتر استانداردها و معیارهای فنی	لیسانس مهندسی شیمی
آقای جلال‌الدین شایگان	دانشگاه صنعتی شریف	دکترای مهندسی بیوشیمی
آقای علی‌اکبر هوشمند	شرکت تهران میراب	لیسانس مهندسی مکانیک

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	۱- هدف
۲	۲- دامنه کاربرد
۲	۳- کلیات
۲	۱-۳ کاربرد تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۲	۱-۱-۳ شرایط زمین منطقه
۳	۲-۱-۳ عبور از موانع
۳	۳-۱-۳ گود افتادگی
۳	۴-۱-۳ تلمبه‌خانه ابتدای تصفیه‌خانه
۳	۲-۳ انتخاب محل تلمبه‌خانه
۴	۱-۲-۳ موقعیت در حوضه
۴	۲-۲-۳ مساحت زمین مورد نیاز و هزینه خرید
۴	۳-۲-۳ سیلاب گرفتگی
۴	۴-۲-۳ تأمین تأسیسات جانبی
۴	۵-۲-۳ راه دسترسی
۴	۶-۲-۳ امنیت
۵	۷-۲-۳ هماهنگی با محیط
۵	۸-۲-۳ حداقل طول خط انتقال
۵	۹-۲-۳ استفاده مشترک
۵	۱۰-۲-۳ مشخصات خاک
۵	۳-۳ ظرفیت تلمبه‌خانه‌ها
۶	۱-۳-۳ افق طرح
۶	۲-۳-۳ جمعیت حوضه
۶	۳-۳-۳ سرانه‌های فاضلاب
۶	۴-۳-۳ درصد اتصالات، نشتاب، صنایع
۷	۵-۳-۳ حجم فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه
۸	۴-۳ کیفیت فاضلاب

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹	۴- تلمبه‌ها
۹	۴-۱ کاویتاسیون (خلأزایی)
۱۲	۴-۲ انواع تلمبه‌های گریز از مرکز
۱۷	۴-۳ تلمبه‌های پیچوار
۱۸	۵- هیدرولیک تلمبه‌خانه‌ها و انتخاب تلمبه
۱۸	۵-۱ ملاحظات هیدرولیکی
۲۰	۵-۲ افت فشار درلوله‌ها
۲۰	۵-۲-۱ رابطه داریسی ویسباخ
۲۰	۵-۲-۲ رابطه هایزن ویلیامز
۲۱	۵-۲-۳ رابطه منینگ
۲۲	۵-۳ افت فشار در متعلقات
۲۲	۵-۴ انتخاب تلمبه
۲۲	۵-۴-۱ مقدار جریان ورودی به تلمبه‌خانه
۲۴	۵-۴-۲ منحنی بده - ارتفاع
۲۵	۵-۴-۳ انتخاب مقدماتی تعداد و ظرفیت تلمبه
۲۶	۵-۴-۴ خلاصه فرآیند مرحله به مرحله انتخاب تلمبه
۲۹	۵-۵ انتخاب مصالح تلمبه
۲۹	۵-۶ لوله و متعلقات در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۲۹	۵-۷ شیرآلات
۳۲	۵-۸ تلمبه‌های گریز از مرکز انسداد ناپذیر
۳۲	۵-۸-۱ تلمبه‌های مستغرق گریز از مرکز
۳۳	۵-۸-۲ تلمبه‌های گریز از مرکز در چاهک خشک
۳۳	۵-۹ تغییر آبی در جریان هیدرولیکی
۳۴	۵-۹-۱ ضربه قوچ در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۳۸	۵-۹-۲ لزوم تحلیل ضربه قوچ
۴۳	۵-۹-۳ تجهیزات کاهش ضربه قوچ
۴۵	۵-۱۰ خط انتقال فاضلاب

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۸	۶- طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۴۸	۶-۱ انواع تلمبه‌خانه‌ها
۴۹	۶-۲ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت کم
۵۲	۶-۳ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط
۵۲	۶-۳-۱ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط از نوع پمپ مستغرق
۵۳	۶-۳-۲ تلمبه‌خانه متوسط نوع پمپ قابل نصب در چاهک خشک
۵۵	۶-۴ تلمبه‌خانه‌های بزرگ
۶۱	۶-۵ حجم چاله تر
۶۳	۶-۶ ملاحظات ساختمانی در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۶۳	۶-۶-۱ مطالعات ژئوتکنیک
۶۵	۶-۶-۲ ملاحظات معماری
۶۶	۶-۶-۳ ملاحظات سازه‌ای
۶۸	۶-۶-۴ ملاحظات مکانیکی
۶۹	۶-۶-۵ تجهیزات گرمایی و سرمایی و تهویه
۷۱	۶-۷ ملاحظات کلی در طرح تلمبه‌خانه‌های فاضلاب از نظر هیدروژن سولفور
۷۴	۷- ابزار دقیق و برق تلمبه‌خانه
۷۵	۷-۱ سطح سنج
۷۶	۷-۱-۱ سویچ شناور
۷۶	۷-۱-۲ سطح‌سنج نوع حباب هوا
۷۸	۷-۱-۳ سطح سنج اولتراسونیک
۷۸	۷-۲ جریان‌سنج
۷۸	۷-۲-۱ جریان سنج مغناطیسی
۷۹	۷-۳ فشارسنج
۷۹	۷-۴ شرایط هشدار
۸۰	۷-۵ تابلوی نشان دادن وضعیت تجهیزات
۸۱	۷-۶ واسط بهره‌بردار- تجهیزات ارتباطی بین بهره‌بردار و تلمبه‌ها

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸۲	۷-۷ دیاگرام P&ID
۸۳	۷-۷-۱ تجهیزات کنترل در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب کوچک
۸۶	۷-۷-۲ تجهیزات کنترل در تلمبه‌های متوسط و بزرگ
۸۶	۷-۸ تجهیزات برقی تلمبه‌خانه‌ها
۸۷	۷-۹ تجهیزات پست پاساژ
۸۸	۷-۱۰ ترانسفورماتور
۸۸	۷-۱۰-۱ نصب ترانسفورماتور در داخل ساختمان
۹۲	۷-۱۰-۲ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان (فضای آزاد)
۹۳	۷-۱۱ تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط
۹۴	۷-۱۱-۱ ترکیب کلی تابلو فشارمتوسط
۹۵	۷-۱۲ تابلوهای فشارضعیف
۹۶	۷-۱۳ خازنها
۱۰۴	۷-۱۴ کابلها
۱۰۴	۷-۱۵ مشخصات موتورهای الکتریکی تلمبه‌ها
۱۰۵	۷-۱۵-۱ طبقه عایق حرارتی
۱۰۵	۷-۱۵-۲ حفاظت در مقابل عوامل فیزیکی
۱۰۵	۷-۱۶ برآورد بار الکتریکی
۱۰۶	۷-۱۷ اتصال زمین
۱۰۷	۸- تجهیزات جانبی تلمبه‌خانه
۱۰۷	۸-۱ تجهیزات آشغالگیری
۱۱۰	۸-۲ مبانی طراحی آشغالگیرها
۱۱۲	۸-۳ کنترل بو در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
۱۱۳	۸-۳-۳ اضافه نمودن مواد شیمیایی
۱۱۴	۸-۴ جرقه‌زنی
۱۱۴	۸-۵ ملاحظات ایمنی
۱۱۵	پیوستها
۱۱۷	پیوست شماره ۱

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۱۸	پیوست شماره ۲- اطلاعات فنی در مورد تلمبه‌های گریز از مرکز
۱۱۸	۱-۲ تلمبه‌های گریز از مرکز
۱۲۰	۱-۱-۲ پروانه تلمبه
۱۲۱	۲-۱-۲ منحنی مشخصه تلمبه
۱۲۱	۳-۱-۲ قدرت موتور
۱۲۳	۴-۱-۲ منحنی عملکرد تلمبه
۱۲۴	۵-۱-۲ قوانین همبستگی
۱۲۵	۶-۱-۲ ساختمان تلمبه‌های گریز از مرکز
۱۳۲	۲-۲ ساختمان تلمبه‌های پیچوار
۱۳۷	منابع و مراجع

مقدمه

شبکه‌های فاضلاب شامل لوله‌ها، کانالها و دیگر مجاری هستند که جمع‌آوری و انتقال آب مصرف‌شده در امور مختلف (خانگی، صنعتی، عمومی و تجاری)، را معمولاً به‌طور ثقلی انجام می‌دهند. در برخی موارد، امکان انتقال ثقلی فاضلاب وجود ندارد و باید از تلمبه استفاده کرد. تلمبه‌خانه‌های فاضلاب در گستره بسیار وسیعی از نظر ظرفیت ساخته می‌شوند. دامنه این گستره، از تلمبه‌های کوچک که انتقال و یا بالاآوردن فاضلاب یک یا چند واحد مسکونی را به‌عهده دارند تا تلمبه‌خانه‌های بزرگ که انتقال مقادیر قابل توجه فاضلاب را به خط انتقال فاضلاب و یا به ورودی تصفیه‌خانه انجام می‌دهند، تغییر می‌کند. رسته‌های مختلف مهندسی و گرایشهای گوناگون در طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب به‌کار گرفته می‌شوند. این رسته‌ها شامل مدیریت منابع آب، نقشه‌برداری، مهندسی خاک و پی، مهندسی هیدرولیک، طراحی انتقال فاضلاب، مهندسی سازه، مهندسی سیویل و مکانیک، مهندسی برق، مهندسی ابزار دقیق، معماری، تنظیم مشخصات فنی و اسناد پیمان، خدمات مهندسی حین ساخت و راه‌اندازی، بهره‌برداری و کنترل است.

هماهنگی بین رسته‌های مختلف مهندسی مورد نیاز در طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، توسط مدیر پروژه انجام می‌گیرد که باید اطلاعات کلی در مورد هر یک از رسته‌های گفته شده را داشته باشد و بتواند متخصصان باتجربه را در طراحی تلمبه‌خانه به‌کار گیرد. مشخصات طراحی تلمبه‌خانه‌ها و تجهیزات آن باید به گونه‌ای تهیه شود که تجهیزات غیرقابل اعتماد و با بازده پایین و نگهداری مشکل را در فرآیند مقایسه و انتخاب، حذف نماید.

نشریه حاضر به‌عنوان راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌ها و ضوابطی که در طرح تلمبه‌خانه‌ها باید منظور شود، تدوین شده است. فرض شده است که استفاده‌کنندگان از این راهنما، به مبانی علمی و نظری موضوعات مطرح‌شده آگاهی داشته و بنابراین از ورود به این مباحث خودداری شده است.

۱- هدف

هدف از تدوین استاندارد حاضر شناخت معیارها و ضوابط طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری و تعیین این ضوابط است به‌طوری‌که در نهایت شیوه یکسانی در فرایند طراحی واحدهای مزبور توسط مهندسين مشاور و یا سازمانهای ذیربط بکار گرفته شود و راهنمای مناسبی برای مجریان و بخشهایی که بررسی و تصویب طرحها را به عهده دارند باشد.

۲- دامنه کاربرد

گستره این استاندارد برای تلمبه‌خانه‌های فاضلاب که در مناطق شهری احداث می‌گردند و وظیفه انتقال فاضلاب جمع‌آوری شده شهری را انجام می‌دهد می‌باشد. بدیهی است تلمبه‌خانه‌های فاضلاب که ممکن است در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و یا در مناطق صنعتی احداث گردند با آنکه می‌توانند در بسیاری از موارد معیارها و ضوابط یکسانی با تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری داشته باشند، ولی با توجه به کیفیت سیال انتقال یافته باید در طراحی واحدهای مزبور تمهیدات خاصی در نظر گرفت که از شمول این نشریه خارج است.

۳- کلیات

۱-۳ کاربرد تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

با توجه به سرمایه مورد نیاز برای احداث تلمبه‌خانه‌های فاضلاب و هزینه‌های راهبری گران و پرهزینه آن در سامانه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب باید تا حد امکان از به‌کارگیری آن پرهیز کرد. اما در بعضی مناطق، به‌علت شرایط محیطی، انتخاب تلمبه‌خانه به‌عنوان تنها راه حل و یا گزینه فنی و اقتصادی‌تر مطرح می‌گردد. در موارد زیر، احداث تلمبه‌خانه به‌عنوان گزینه قابل مقایسه با دیگر گزینه‌ها موردنظر قرار می‌گیرد:

۳-۱-۱ شرایط زمین منطقه

بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی، احداث فاضلاب‌روها را بسیار پرهزینه می‌کند. در مناطق شهری که بر روی زمینهای آبدار و ناپایدار احداث شده باشند و شیب طبیعی زمین نیز ناچیز باشد عمق فاضلاب‌روها از حد معمول و قابل اجرا با تجهیزات معمول، بیشتر شده و در این حالت، برای پایین بردن سطح آب زیرزمینی و یا جلوگیری از تراوش آن به درون ترانشه و همچنین پایدار نمودن دیواره ترانشه، نیاز به تجهیزات خاصی خواهد بود و اگر به‌صورت نقب نیز احداث شود، برای مقابله با تراوش آب به تجهیزات مناسبی نیاز دارد که در هر دو صورت، گران و پرهزینه است. با پیش‌بینی تلمبه‌خانه بالاآورنده و انتقال‌دهنده فاضلاب، می‌توان عمق فاضلاب‌روها را در حدی در نظر گرفت که با تجهیزات معمول احداث آن ممکن شود.

۳-۱-۲ عبور از موانع

عبور خط فاضلاب از موانعی مانند رودخانه و یا ارتفاعاتی که نیاز به اجرای کارهای ساختمانی پیچیده دارد، پرهزینه است. در این موارد، احداث تلمبه‌خانه و لوله انتقال فاضلاب به صورت تحت فشار برای عبور از موانع آسان‌تر است.

۳-۱-۳ گودافتادگی

اگر منطقه و یا مناطق محدود و مشخصی از شهر در گودی قرار گرفته‌اند و در نظر باشد به‌طور ثقیلی به شبکه دیگر مناطق تخلیه شوند باعث عمیق شدن کامل سامانه جمع‌آوری فاضلاب شهر و افزایش هزینه‌ها می‌گردد. برای این مناطق، می‌توان تلمبه‌خانه‌هایی را در نظر گرفت که فاضلاب مناطق گود به آن تخلیه شده و سپس توسط تلمبه‌ها به نزدیک‌ترین آدمرو منطقه مجاور که در تراز بالاتری قرار دارد، تخلیه شود.

۳-۱-۴ تلمبه‌خانه/ابتدای تصفیه‌خانه

چنانچه امکان تخلیه ثقیلی به ابتدای تصفیه‌خانه فاضلاب نباشد و افزون بر این شیب طبیعی زمین تصفیه‌خانه، ارتفاع کافی برای عبور جریان فاضلاب از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه و تخلیه آزاد آن به آب پذیرنده فراهم نکند، تصفیه‌خانه به تلمبه‌خانه ابتدایی نیاز دارد.

در مقایسه اقتصادی انتخاب گزینه تلمبه‌خانه با دیگر گزینه‌ها، باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- سرمایه‌گذاری اولیه
- عمر مفید تجهیزات و ساختمان تلمبه‌خانه
- هزینه بهره‌برداری و نگهداری
- هزینه تجدید تجهیزات
- بهای انرژی
- هزینه‌های مربوط به روغن کاری و قطعات خاص مانند یاتاقانها، آب‌بندی، پکینگ
- هزینه‌های سالانه تجهیزات کنترل بو و خورندگی در تلمبه‌خانه و خطوط انتقال

۳-۲ انتخاب محل تلمبه‌خانه

محل تلمبه‌خانه فاضلاب با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه و حوضه‌ای که فاضلاب جمع‌آوری شده به آن تخلیه می‌گردد، مشخص می‌شود و معمولاً محل تلمبه‌خانه، موقعیتی اجباری در طرح است. این محل، در گودترین نقطه حوضه و در بیشتر موارد در جایی که سطح آب زیرزمینی بالا و خاک آن ناپایدار است، قرار می‌گیرد. عوامل مؤثر در انتخاب محل تلمبه‌خانه به قرار زیر است:

۳-۲-۱ موقعیت در حوضه

موقعیت تلمبه‌خانه در داخل حوضه در پایین‌ترین نقطه آن و به گونه‌ای انتخاب می‌شود که فاضلاب همه نقاط حوضه بتواند به آن تخلیه شود. نکته مهم آن است که خطوط جمع‌آوری فاضلاب که از نقاط مختلف حوضه به داخل تلمبه‌خانه تخلیه می‌شود، باید به‌صورتی باشد که حدوداً در یک تراز به هم بپیوندند. بدین معنی که فاصله تلمبه‌خانه از دورترین نقاط حوضه در جهات مختلف با توجه به شیب زمین انتخاب شود و تلمبه‌خانه در مرکز ثقل مساحت و شیب حوضه قرار گیرد.

۳-۲-۲ مساحت زمین مورد نیاز و هزینه خرید

زمین مورد نیاز، بر حسب ظرفیت تلمبه‌خانه و توسعه‌های آتی آن در نظر گرفته می‌شود. در تلمبه‌خانه‌های بزرگ، معمولاً فضای کافی از نظر رفت و آمد وسایل نقلیه، بهره‌برداری و تعمیر تلمبه‌ها، و همچنین فضای کافی برای توسعه‌های آتی آن و فضای لازم برای تجهیز کارگاه در زمان ساخت آن در نظر گرفته می‌شود. قیمت خرید زمین عامل مهمی در تعیین موقعیت آن است. در بعضی مواقع مشاهده می‌گردد که در شهرها، با تغییر اندکی در موقعیت تلمبه‌خانه و مثلاً انتقال زمین تلمبه‌خانه از منطقه تجاری به منطقه مسکونی، کاهش قابل توجهی در هزینه خرید زمین ایجاد می‌شود.

۳-۲-۳ سیلاب‌گرفتگی

با توجه به موقعیت تلمبه‌خانه‌های فاضلاب که معمولاً در گودترین نقطه حوضه مربوط است همواره خطر آب گرفتگی و سیلاب را در پی خواهد داشت و بنابراین در انتخاب محل زمین تلمبه‌خانه این موضوع باید مورد توجه قرار گیرد به‌ویژه چنانچه تلمبه‌خانه در مجاور مسیل انتخاب شده باشد. تعیین سیلاب صدساله مسیل می‌تواند موقعیت سیلاب گرفتگی زمین تلمبه‌خانه را تعیین کند به‌طور کلی طراحی بر این اساس خواهد بود که در همه شرایط تلمبه‌خانه قابل دسترس باشد.

۳-۲-۴ تأمین تأسیسات جانبی

در انتخاب زمین محل تلمبه‌خانه، باید دسترسی به تأسیسات آب، برق، گاز و مخابرات در نظر گرفته شود، وجود لوله‌کشی آب شهری با فشار کافی، برق با ولتاژ متوسط و در صورت امکان تأمین برق از دو مدار مختلف در مواقعی که یک مدار از سرویس خارج شده است و خط گاز برای پیش‌بینی تأسیسات گرمایی و احیاناً دیزل ژنراتور اضطراری و همچنین مخابرات برای دسترسی سریع با مراکز نگهداری و تعمیر شبکه از مواردی است که در انتخاب زمین محل تلمبه‌خانه در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-۵ راه دسترسی

محل تلمبه‌خانه باید دارای راه دسترسی مطمئن برای دوره احداث، بهره‌برداری و نگهداری از آن باشد.

۳-۲-۶ امنیت

موقعیت زمین تلمبه‌خانه باید به گونه‌ای انتخاب شود که امکان حفاظت آن در مقابل دستبرد و تخریب وجود داشته باشد. از انتخاب زمینهای دور افتاده و دور از چشم پرهیز گردد.

۳-۲-۱ هماهنگی با محیط

با توجه به نوع کاربری منطقه و ساختمانهای احداث شده، انتخاب محل تلمبه‌خانه باید با هماهنگی محیط اطراف باشد. نقشه تفصیلی طرح جامع شهر، راهنمای مناسبی برای اطلاع از کاربری زمینهای منطقه، وضع موجود و آینده خواهد بود. در هر حال باید از انتخاب محل تلمبه‌خانه در محلهای پر رفت و آمد و شاخص و نیاز به معماری خاص و همچنین پیش‌بینی تمهیدات پیچیده برای کنترل بو پرهیز شود.

۳-۲-۸ حداقل طول خط انتقال

زمین تلمبه‌خانه در صورت امکان باید در محلی انتخاب شود که طول مسیر خط انتقال فاضلاب حداقل بوده و تغییرات ارتفاعی (بالا و پایین رفتن پروفیل خط لوله) و به‌کارگیری متعلقات (زانو) در حداقل ممکن باشد.

۳-۲-۹ استفاده مشترک

در مناطقی ممکن است از محل زمین تلمبه‌خانه فاضلاب برای دیگر تأسیسات استفاده شود. مزیت این روش کاهش خرید زمین و هزینه‌های نگهداری آن است.

۳-۲-۱۰ مشخصات خاک

مطالعات ژئوتکنیک محل یا محلهای مناسب برای تلمبه‌خانه و انتخاب مناطقی که خاک، شرایط مناسب‌تری دارد باعث کاهش هزینه‌های ساختمان تلمبه‌خانه می‌شود. خاکهای آبدار و بخصوص از جنس رس و سیلت، هزینه‌های قابل توجهی برای احداث گود تلمبه‌خانه و پایدار نگه داشتن آن حین اجرا و همچنین تحکیم زمین ایجاد می‌کند.

۳-۳ ظرفیت تلمبه‌خانه‌ها

مقدار فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه تابع سرانه‌های فاضلاب در امور خانگی، تجاری، عمومی و فاضلابهای صنعتی، جمعیت حوضه، درصد اتصالات فاضلاب، میزان نفوذ آبهای سطحی و نشتاب شبکه دارد. این مقدار در طول ساعات شبانه‌روز، روزهای سال و سالهای افق طرح، متفاوت است. مقدار فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه باید بر حسب سالهای افق طرح برآورد شود تا براساس آن ظرفیت تجهیزات، شیوه افزایش آن، ابعاد ساختمانی و تسهیلات مربوطه طراحی شود. معمولاً در مطالعات مقدماتی طراحی شبکه‌های فاضلاب، همه این عوامل با عنوان مبانی فنی طرح، بررسی و تجزیه و تحلیل و تعیین می‌شوند. در این مورد نشریه شماره ۳-۱۱۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی با عنوان (مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب شهری) به‌عنوان راهنما مفید می‌باشد، بنابراین مبانی فنی که در طراحی شبکه فاضلاب از نظر افق طرح، جمعیت، سرانه‌های فاضلاب، ضرایب حداکثر و حداقل، درصد اتصالات نشتاب و نفوذ آبهای سطحی که برای هر حوضه از شبکه فاضلاب به‌عنوان مبانی طرح اختیار می‌شود برای تلمبه‌خانه‌های واقع در آن حوضه نیز به‌کار می‌رود، در این بخش، به شرح مختصر پارامترهای مؤثر در تعیین ظرفیت تلمبه‌خانه‌ها اکتفا می‌شود.

۳-۳-۱ افق طرح

افق طرح، مدت زمان لازم از شروع بهره‌برداری از تلمبه‌خانه تا زمان رسیدن به حداکثر ظرفیت طراحی شده می‌باشد و این زمان معمولاً بین ۱۰ تا ۳۰ سال انتخاب می‌شود. این زمان قبل از شروع طراحی تلمبه‌خانه انتخاب می‌گردد و در تعیین آن عوامل زیر مدنظر می‌باشد:

- مدت زمان لازم برای فرسودگی یا از کار افتادگی تجهیزات و همچنین نوآوری در فناوری
 - نیاز به توسعه تلمبه‌خانه در آینده و حدود زمان آن
 - سهولت یا مشکلات اجرایی توسعه تلمبه‌خانه از نظر ساختمانی و تجهیزاتی
 - بازده استفاده از تلمبه‌خانه در سالهای اولیه که هنوز مقدار فاضلاب به ظرفیت اسمی نرسیده است.
- انتخاب زمان طولانی برای افق طرح باعث می‌شود هزینه سرمایه‌گذاری به دوش جمعیت فعلی قرار گیرد و بالعکس انتخاب زمان کوتاه باعث توسعه زودبزه‌زود تأسیسات می‌گردد. یک راه‌حل منطقی، پیش‌بینی زمان افق طرح، به‌صورت متفاوت برای بخش ساختمانی و تجهیزاتی است. برای بخش ساختمانی می‌توان افق طرح را طولانی و مثلاً ۳۰ سال اختیار کرد و برای بخش تجهیزاتی حدود ۱۵ سال که سن فرسودگی اغلب تجهیزات است در نظر گرفت در این حالت در بخش ساختمانی برای عملکرد صحیح تجهیزات در زمانهای اولیه که مقدار فاضلاب کم می‌باشد تمهیدات لازم در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳-۲ جمعیت حوضه

مقدار فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه، تابعی از جمعیت حوضه مربوط است. حسب کاربری زمین در حوضه که بر اساس نقشه‌های تفصیلی طرح جامع، مشخص می‌شود و در آن تراکمهای جمعیت مشخص شده است، جمعیت اشباع هر حوضه قابل برآورد است. توجه شود که معمولاً نقشه‌های تفصیلی و تراکمهای بکار رفته در آن، در مقاطع مختلفی ممکن است اصلاح شده و در بعضی مواقع کاربری و نوع تراکم متفاوت است در این مقطع طراح باید آخرین اطلاعات مربوط به تغییرات را مورد توجه قرار دهد.

۳-۳-۳ سرانه‌های فاضلاب

سرانه‌های فاضلاب که در مطالعات طرح شبکه فاضلاب تعیین می‌شود می‌تواند مبنای مناسبی برای تعیین تعداد و ظرفیت تلمبه‌ها باشد. در این مورد توجه شود که ممکن است از نظر مدت زمان، افق طرح شبکه و تلمبه‌خانه هم زمان نباشند افزون بر این، برای سرانه‌های فاضلاب نیز در طول مدت زمان پیش‌بینی شده برای افق طرح، اعداد متفاوتی در نظر گرفته شده باشد. ضرایب حداقل و حداکثر نیز بر اساس روابطی که برای شبکه‌های فاضلاب اختیار می‌شود برای تلمبه‌خانه نیز می‌تواند از این نظر مبنا قرار گیرد.

۳-۳-۴ درصد اتصالات، نشتاب، صنایع

در محاسبه حجم ورودی به تلمبه‌خانه فاضلاب باید درصد اتصالات شبکه، مقدار نشتاب ناشی از ورود آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی و همچنین پساب صنایع مطابق با مبانی تعیین شده برای شبکه جمع‌آوری فاضلاب مأخذ قرار گیرد.

۳-۳-۵ حجم فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه

با توجه به موارد فوق، می‌توان حجم فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه را تعیین کرد. در این حالت چنانچه Q مقدار میانگین فاضلاب ورودی روزانه به تلمبه‌خانه و P جمعیت حوضه و q سرانه میانگین فاضلاب شهری بر روز، α درصد اتصالات، I مقدار فاضلاب صنایع و مؤسسات در منطقه بر روز و I/I مقدار نشتاب و آبهای نفوذی بر روز و A مساحت حوضه باشد، براساس رابطه (۳-۱) مقدار فاضلاب میانگین روزانه ورودی به تلمبه‌خانه محاسبه می‌شود. مقدار Q برای سالهای مختلف افق طرح و براساس افزایش جمعیت حوضه (افزایش تراکم جمعیت و ساخت و ساز در حوضه) و افزایش سرانه فاضلاب و یا ایجاد تأسیسات صنعتی و مؤسسات تجاری پیش‌بینی شده در طرح جامع تفصیلی حوضه برآورد می‌گردد.

در محاسبه ظرفیت و تعداد تلمبه‌ها، حداکثر لحظه‌ای فاضلاب مدنظر قرار می‌گیرد. برای تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری حداکثر لحظه‌ای را می‌توان مشابه حداکثر لحظه‌ای که در طراحی شبکه‌های فاضلاب از رابطه (۳-۲) به‌دست می‌آید، در نظر گرفت. در این رابطه K ضریب حداکثر لحظه‌ای و P جمعیت حوضه بر حسب هزار نفر است. برای حوضه‌هایی با جمعیت کمتر از ۱۰۰۰ نفر، ضریب حداکثر لحظه‌ای از رقم ۵ که در فرمول فوق با فرض $P=1$ به‌دست می‌آید، بیشتر است. در این موارد می‌توان از روش تعیین تعداد واحدهای بهداشتی در حوضه با توجه به جمع‌آوری اطلاعات و آمار از تعداد تسهیلات بهداشتی (تعداد دستشویی، ظرفشویی، شیر برداشت آب، دوش و نوع فلاش تانکها) و مقدار جریان به ازای هر واحد بهداشتی و ضریب همزمانی، حداکثر لحظه‌ای را به‌دست آورد. در این مورد جدول ۱-۱ در پیوست شماره یک نشریه مقدار جریان به‌ازای هر واحد برای واحدهای بهداشتی مختلف و رابطه ۳-۳، ضریب کاهش حجم جریان فاضلاب بر حسب تعداد نقاط برداشت آب در هر واحد مسکونی و تعداد واحد مسکونی را نشان می‌دهد.

$$Q = P.q\alpha + I + AI / I \quad (۱-۳)$$

$$K = \frac{5}{P^{0.167}} \quad (۲-۳)$$

$$f = \frac{1}{\sqrt{0.643 \times N_r \times N_a}} \times 1.05 \quad (۳-۳)$$

در این رابطه، N_r تعداد نقاط برداشت آب در واحد مسکونی و N_a تعداد واحدهای مسکونی و f ضریب کاهش است. چنانچه در حوضه تلمبه‌خانه صنایع و مؤسسه‌های بزرگ قرار داشته باشد، بررسی جداگانه آنها و تعیین مقدار فاضلابها و تعیین حداکثر لحظه‌ای آن ملاک قرار می‌گیرد. به‌طور معمول میزان حداکثر لحظه‌ای فاضلاب صنایع و مؤسسه‌های تجاری ۳ برابر میانگین لحظه‌ای است و در صورت نبود آمار و اطلاعات لازم می‌توان عدد مزبور را اختیار کرد. برای آبهای نفوذی و نشتاب، ضریب حداکثر منظور نمی‌شود.

با توجه به موارد گفته شده، حداکثر لحظه‌ای ورودی به تلمبه‌خانه به‌صورت رابطه ۳-۴ خواهد بود.

$$Q_p = \left(\frac{K.P.q.\alpha + 3I + AI / I}{86400} \right) \quad (۴-۳)$$

که در آن ضریب k حداکثر لحظه‌ای فاضلاب شهری، a درصد اتصالات منازل، P جمعیت حوضه تلمبه‌خانه و q سرانه فاضلاب بر حسب لیتر بر روز، I فاضلاب صنایع و مؤسسه‌ها به صورت متوسط روزانه بر حسب لیتر بر هکتار بر روز، A مساحت حوضه تلمبه‌خانه بر حسب هکتار، I/I مقدار نشتاب و آبهای نفوذی بر حسب لیتر بر روز بر هکتار و QP حداکثر لحظه‌ای ورودی به تلمبه‌خانه بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشد.

تعیین حداقل ورودی فاضلاب به تلمبه‌خانه نیز اهمیت دارد در این مورد می‌توان برای متوسط فاضلاب شهری ضریب $\frac{1}{K}$ را بعنوان ضریب حداقل در نظر گرفت و آبهای نفوذی را معادل صفر دانست و فقط نشتاب شبکه را در نظر گرفت، برای صنایع بزرگ بر حسب آنکه دارای نوبت کار شب بوده یا فاقد آن باشند می‌توان رقم متوسط جریان فاضلاب با ضریب یک سوم را به عنوان حداقل پیش‌بینی کرد در این صورت حداقل لحظه‌ای به شرح زیر بدست می‌آید.

$$Q_{\min} = \left[\frac{P.q.a}{K} + \frac{1}{3}I + A(I) \right] \frac{1}{86400} \quad (5-3)$$

۴-۳ کیفیت فاضلاب

مشخصات کیفی فاضلاب، عامل مهمی در طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب است و در انتخاب نوع تجهیزات و تسهیلات و شیوه بهره‌برداری مؤثر است. با نمونه‌گیری و انجام آزمایشهای کمی و کیفی بر روی فاضلاب می‌توان اطلاعات کافی از مشخصات کمی و کیفی فاضلاب به دست آورد. نکاتی که باید مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر است:

- تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری باید مقادیر قابل توجهی مواد درشت‌دانه را که توسط شبکه جمع‌آوری فاضلاب وارد تلمبه‌خانه می‌شود، انتقال دهند و بنابراین تلمبه‌ها باید قابلیت عبور این مواد را داشته باشند. در تلمبه‌خانه‌های بزرگ با پیش‌بینی آشغالگیرهای مکانیکی و یا آشغال خردکن، اندازه آشغال را در حد معین محدود می‌کنند ولی در تلمبه‌خانه‌های کوچک، با پیش‌بینی پنجره آشغالگیردستی و با رعایت فاصله معین، از ورود آشغالهای بزرگ‌تر جلوگیری می‌کنند. پیش‌بینی این گونه تجهیزات در ورودی به تلمبه‌خانه و شیوه تخلیه آن، باعث افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای و بهره‌برداری می‌شود که در طراحی تلمبه‌خانه مدنظر قرار می‌گیرد.
- وجود مقادیر قابل توجهی مواد ماسه‌ای بویژه در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و آب باران که به صورت مشترک باشند و انباشته شدن مواد ماسه‌ای در تلمبه‌خانه و همچنین فرسایش پروانه و بدنه تلمبه‌ها ناشی از انتقال مواد باید مورد توجه قرار گرفته و تمهیدات لازم از جمله پیش‌بینی دانه‌گیر قبل از تلمبه‌خانه‌ها در سامانه‌های مرکب و انتخاب مصالح مناسب برای پروانه و بدنه تلمبه که در تماس با فاضلاب است و مقاومت بیشتری در برابر فرسایش داشته باشد در مرحله طراحی در نظر گرفت.
- وجود مواد سمی، قابل انفجار و مضر که ناشی از پساب صنایع است اجباراً باعث پیش‌بینی تجهیزات بیشتر از نظر کنترل و پایش^۱ و تجهیزات تهویه مخصوص خواهد شد (حذف مواد مضر از هوای خروجی).
- امکان متعفن شدن فاضلاب و تولید مقادیر قابل توجه گاز هیدروژن سولفور، لزوم به کارگیری حفاظتهای خاص به منظور کاهش خوردگی تجهیزات و ساختمان و حفاظتهای لازم برای کارکنان تلمبه‌خانه را ضروری می‌سازد.

۴- تلمبه‌ها

تلمبه‌ها برای بالا آوردن مایعات از یک نقطه به نقطه دیگر به کار می‌روند و به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف - تلمبه‌های با انرژی جنبشی یا سینتیک^۱: در این تلمبه‌ها مایعی که از درون پروانه تلمبه عبور می‌کند در اثر حرکت چرخشی پروانه تلمبه دارای سرعت زیاد شده و نهایتاً بخشی از این سرعت، تبدیل به فشار می‌شود. تلمبه‌های سینتیکی خود به تلمبه‌های گریز از مرکز (سانتریفوژ)، توربینی و تلمبه‌های خاص دسته‌بندی می‌شوند. تلمبه‌های گریز از مرکز: معمول‌ترین و پر مصرف‌ترین نوع تلمبه در کارهای مربوط به فاضلاب است (تلمبه‌خانه‌ها و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب) و در ظرفیتهای قابل توجه که قابلیت عبور فاضلاب با مواد جامد درون آن را دارد ساخته می‌شود. تلمبه‌های توربینی و تلمبه‌های خاص، مانند تلمبه‌های هیدرولیکی و نوع جت آن در کارهای فاضلاب به‌علت آنکه قابلیت عبور مواد جامد درون فاضلاب را ندارند، مورد مصرف نیست و چنانچه به کار گرفته شود معمولاً برای آن تمهیدات خاص در نظر گرفته می‌شود.

ب - تلمبه‌های با جابه‌جایی مثبت^۲: در این نوع تلمبه‌ها حرکت بخش متحرک آن باعث جابه‌جایی مایع درون پوسته تلمبه شده و ایجاد فشار می‌کند. تلمبه‌های با جابه‌جایی مثبت به سه دسته تقسیم می‌شود. تلمبه‌های رفت و برگشت^۳ (که نوعی تلمبه روتوری است)، تلمبه‌های روتوری، و تلمبه‌های با هوای فشرده یا نیوماتیک. در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب تلمبه‌های نوع پیچوار^۴ و تلمبه‌های با هوای فشرده مصرف دارند، تلمبه‌های روتوری در بخش تصفیه‌خانه و برای انتقال لجن کاربرد دارد، تلمبه‌های پیچوار قابلیت جابه‌جایی فاضلاب در ارتفاع محدود و در حجمهای قابل توجه را دارند و بالعکس تلمبه‌های با هوای فشرده قابلیت جابه‌جایی فاضلاب در حجمهای محدود را دارد. در پیوست شماره ۲ این نشریه اطلاعات فنی در مورد تلمبه‌های گریز از مرکز و تلمبه‌های با جابه‌جایی مثبت به تفصیل آورده شده است.

۴-۱ کاویتاسیون (خلأزایی)

هرگاه مطلق فشار مایع در دهانه پره تلمبه، از فشار بخار مایع^۵ (به جوش افتادن مایع در اثر کاهش فشار) کمتر شود، پدیده خلأزایی در تلمبه ایجاد می‌شود. در این شرایط، مایع ورودی به تلمبه شروع به جوشش کرده و در آن حبابهای بخار مایع، ایجاد می‌شود. با انتقال این حبابها همراه با مایع توسط پره تلمبه در منطقه‌ای که فشار مایع بالاتر می‌رود بخار مایع درون حبابها تحت تأثیر این فشار دوباره به‌صورت مایع برگشته و در اثر این پدیده ذرات مایع اطراف به فضای خالی ایجاد شده هجوم برده و ایجاد ضربه و خوردگی در پره تلمبه می‌کنند. خلأزایی بازده تلمبه را کاهش می‌دهد و صدمات فیزیکی برای تلمبه ایجاد می‌کند برای کنترل خلأزایی باید مقدار خالص فشار مثبت در طرف مکش تلمبه^۶ کنترل شود و همواره مقدار

1 - Kinetic pump

2 - Positive displacement pump

3 - Reciprocating pump

4 - Screw pump

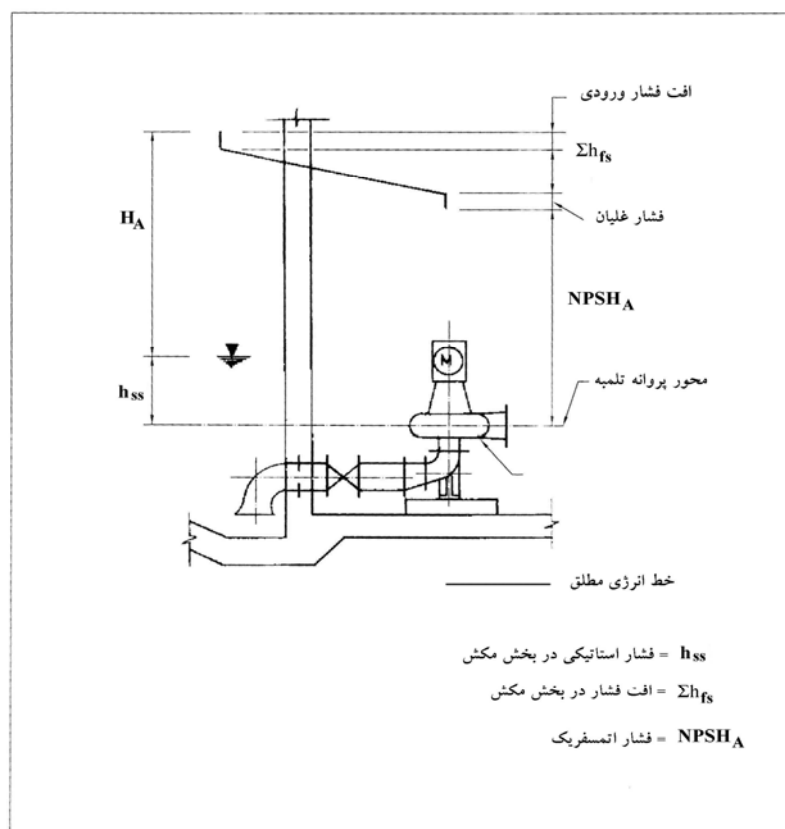
5 - Vapor Pressure

6 - NPSH = NET Pressure Suction Head

خالص فشار مثبت قابل دسترس^۱ بیشتر از مقدار خالص فشار مثبت مورد لزوم^۲ که توسط سازنده تلمبه اعلام می‌شود، باشد. مقدار فشار مثبت در طرف مکش تلمبه طبق شکل ۴-۱ برحسب شرایط قرارگرفتن تلمبه نسبت به سطح مایع در طرف مکش، فشار جو و افت فشار ورودی و مسیر مایع تا محل دهانه ورودی پروانه تلمبه بدست می‌آید:

$$NPSH_A = H_A + h_{ss} - \Sigma h_{fs} - H_{vp} \quad (4-1)$$

که در آن H_A برابر فشار جو، h_{ss} ارتفاع سطح مایع از محور تلمبه در طرف مکش تلمبه، Σh_{fs} مجموع افت فشار طرف مکش تلمبه در دهانه ورودی شامل لوله‌ها و شیرآلات و متعلقات در طرف مکش تلمبه و H_{vp} فشاری که در آن مایع شروع به جوشیدن می‌کند، می‌باشد. مقادیر H_A به ارتفاع محل و H_{vp} به دمای مایع بستگی دارد، که در جداول ۴-۱ و ۴-۲ مشخص شده است.



شکل ۴-۱ - عوامل لازم برای محاسبه $NPSH_A$

1 - $NPSH_A$ =NET Pressure Suction Head Available

2 - $NPSH_R$ =NET Pressure Suction Head Required

جدول ۴-۱- فشار اتمسفر بر حسب ارتفاع

ارتفاع بر حسب متر از (سطح دریا)	فشار هوا ^۱			وزن مخصوص هوا بر حسب کیلونیوتن بر هر متر مکعب در ۲۰ درجه سانتیگراد
	ستون			
	کیلو پاسکال	آب (متر)	جیوه (میلی متر)	
۰	۱۰۱/۳	۱۰/۳۳	۷۶۰	$10^{-2} \times 1/18$
۵۰۰	۹۵/۶	۹/۷۴	۷۱۷	$10^{-2} \times 1/11$
۱۰۰۰	۹۰/۱	۹/۱۹	۶۷۶	$10^{-2} \times 1/۰۵$
۱۵۰۰	۸۴/۸	۸/۶۴	۶۳۶	$10^{-3} \times ۹/۸۷$
۲۰۰۰	۷۹/۸	۸/۱۳	۵۹۸	$10^{-3} \times ۹/۲۹$
۲۵۰۰	۷۳/۳	۷/۴۷	۵۵۰	$10^{-3} \times ۸/۵۳$
۳۰۰۰	۷۰/۳	۷/۱۷	۵۲۷	$10^{-3} \times ۸/۱۹$
۳۵۰۰	۶۶/۱	۶/۷۴	۴۹۶	$10^{-3} \times ۷/۷۰$

مقدار خالص فشار مثبت مورد نیاز طرف مکش تلمبه در تلمبه‌ها با سرعت ویژه معین، تابع ابعاد پروانه تلمبه است و مقدار آن در بالاترین قطر پروانه با پائین‌ترین قطر پروانه متفاوت است. ولی معمولاً سازندها یک منحنی معین را برای تلمبه‌هایی که برای سرعت و پره معینی ساخته می‌شود، پیشنهاد می‌کنند.

مقدار فشار اتمسفر یک هوا افزون بر ارتفاع محل از سطح دریا، تابع شرایط جوی ناشی از طوفان نیز است و بنابراین برای پیشگیری از شرایط غیر قابل پیش‌بینی به رقم فشار مثبت مورد لزوم، حدود ۰/۶ متر افزوده می‌شود و در این حال مقدار خالص فشار مثبت در طرف مکش تلمبه باید بیشتر از مقدار خالص فشار مثبت مورد نیاز طرف مکش تلمبه با منظور نمودن ۰/۶ باشد یعنی:

$$NPSH_A > NPSH_R + 0/6 \quad (2-4)$$

برای فشارها و دماهای دیگر از رابطه $p_1 v_1 / K_1 = p_2 v_2 / K_2$ استفاده می‌شود که در آن p فشار، v حجم و k درجه کلین (C° + 273) است.

1- توفان به‌طور معمول باعث کاهش فشار هوا به میزان ۱/۷ درصد می‌گردد.

جدول ۴-۲- مشخصات فیزیکی آب

فشار بخار	گرانروی سینتیک	گرانروی دینامیک	مدول الاستیسیته	چگالی	وزن مخصوص	دما
متر آب	کیلو پاسکال	متر مربع بر ثانیه	پاسکال ثانیه	کیلو پاسکال	کیلوگرم بر متر مکعب	سانتی گراد
۰/۰۶	۰/۶۱	$1/79 \times 10^{-6}$	$1/78 \times 10^{-3}$	$1/98 \times 10^6$	$9/998 \times 10^2$	۰
۰/۰۹	۰/۸۷	$1/52 \times 10^{-6}$	$1/52 \times 10^{-3}$	$2/05 \times 10^6$	$1/000 \times 10^2$	۵
۰/۱۳	۱/۲۳	$1/31 \times 10^{-6}$	$1/31 \times 10^{-3}$	$2/10 \times 10^6$	$9/997 \times 10^2$	۱۰
۰/۱۷	۱/۷۰	$1/14 \times 10^{-6}$	$1/41 \times 10^{-3}$	$2/15 \times 10^6$	$9/991 \times 10^2$	۱۵
۰/۲۴	۲/۳۴	$1/00 \times 10^{-6}$	$1/00 \times 10^{-3}$	$2/17 \times 10^6$	$9/982 \times 10^2$	۲۰
۰/۳۲	۳/۱۷	$8/93 \times 10^{-7}$	$8/90 \times 10^{-4}$	$2/22 \times 10^6$	$9/970 \times 10^2$	۲۵
۰/۴۳	۴/۲۴	$8/00 \times 10^{-7}$	$7/98 \times 10^{-4}$	$2/25 \times 10^6$	$9/957 \times 10^2$	۳۰
۰/۷۶	۷/۳۸	$6/58 \times 10^{-7}$	$6/53 \times 10^{-4}$	$2/28 \times 10^6$	$9/922 \times 10^2$	۴۰
۱/۲۷	۱۲/۳۳	$5/53 \times 10^{-7}$	$5/47 \times 10^{-4}$	$2/29 \times 10^6$	$9/880 \times 10^2$	۵۰
۲/۰۷	۱۹/۹۲	$4/74 \times 10^{-7}$	$4/66 \times 10^{-4}$	$2/28 \times 10^6$	$9/832 \times 10^2$	۶۰
۳/۲۵	۳۱/۱۹	$4/13 \times 10^{-7}$	$4/04 \times 10^{-4}$	$2/25 \times 10^6$	$9/778 \times 10^2$	۷۰
۴/۹۷	۴۷/۳۴	$3/64 \times 10^{-7}$	$3/54 \times 10^{-4}$	$2/20 \times 10^6$	$9/718 \times 10^2$	۸۰
۷/۴۱	۷۰/۱۰	$3/26 \times 10^{-7}$	$3/15 \times 10^{-4}$	$2/14 \times 10^6$	$9/653 \times 10^2$	۹۰
۱۰/۷۸	۱۰۱/۳	$2/94 \times 10^{-7}$	$2/82 \times 10^{-4}$	$2/07 \times 10^6$	$9/584 \times 10^2$	۱۰۰

۴-۲ انواع تلمبه‌های گریز از مرکز

تلمبه‌های گریز از مرکز را می‌توان حسب محل استقرار آنها (در چاله خشک و یا چاله تر)، شیوه استقرار محور تلمبه (عمودی یا افقی)، شیوه اتصال با موتور محرک (اتصال جداگانه و یا یکپارچه)، موقعیت پروانه تلمبه نسبت به محور آن (یکطرف محور و یا در وسط محور) و تا حدودی بر حسب کاری که انجام می‌دهند، تقسیم‌بندی کرد.

تلمبه‌های گریز از مرکز که در چاله خشک نصب می‌گردند در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری عموماً دارای محور عمودی بوده و موتور محرک آنها در ارتفاع بالاتر و خارج از سطح آب گرفتگی تلمبه‌خانه مستقر می‌شوند، ارتباط موتور محرک و محور تلمبه توسط محور و کوپلینگ انجام می‌شود.

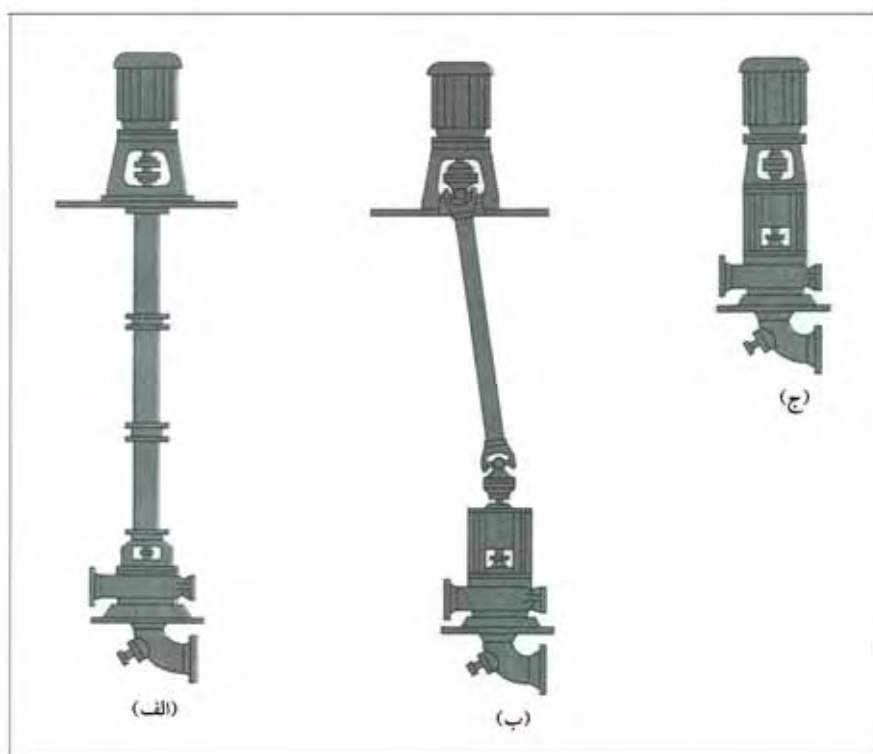
برای تلمبه‌های گریز از مرکز که در چاله تر نصب می‌شوند، معمولاً از تلمبه‌های با جریان مختلط و محوری استفاده می‌کنند و در تلمبه‌خانه‌های آب باران، برای انتقال آب باران به ارتفاع محدود و کوتاه نیز از آنها استفاده می‌شود. در این نوع تلمبه‌ها نیز موتور محرک تلمبه در ارتفاع بالا و خارج از سطح آب گرفتگی تلمبه‌خانه مستقر می‌شوند.

تلمبه‌های گریز از مرکز مستغرق را که هم بصورت پروانه با جریان محوری و هم بصورت پروانه با جریان شعاعی ساخته می‌شوند، می‌توان توسط الکتروموتور که با تلمبه محور مشترک دارند و قابل نصب زیر تراز آب است، در چاله تر و خشک نصب

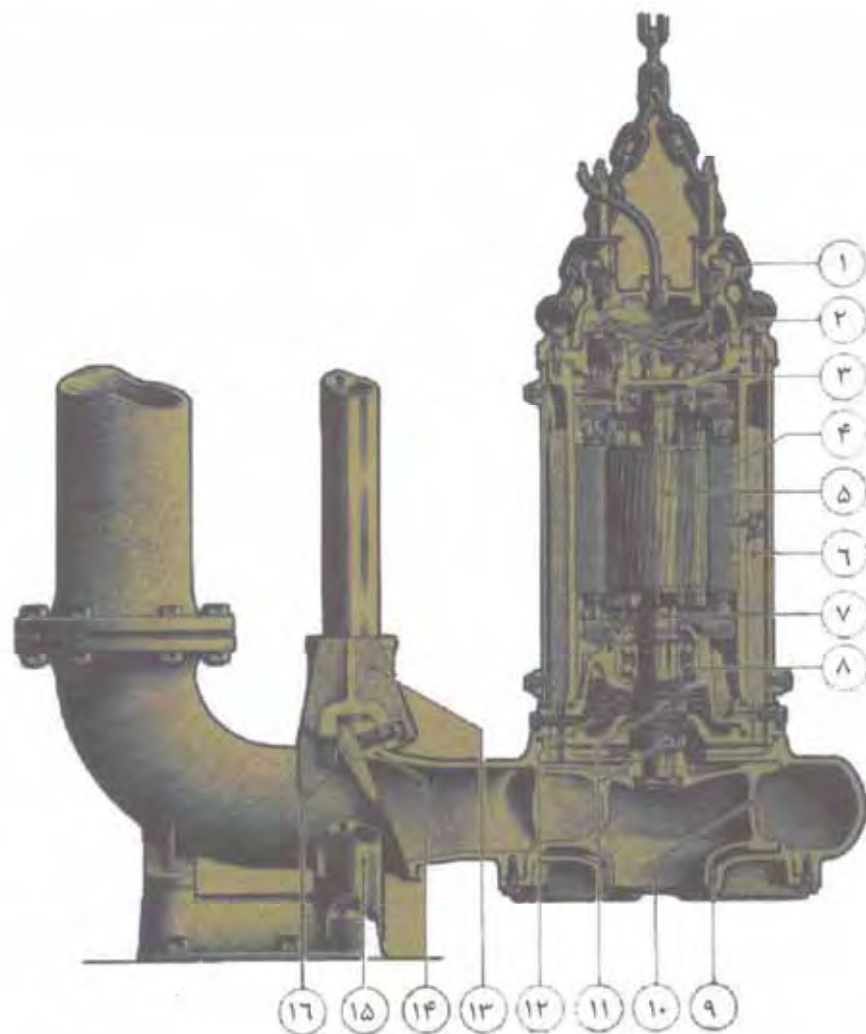
کرد، این تلمبه‌ها وقتی که در چاله تر نصب می‌شوند باعث کاهش هزینه‌های ساختمانی (با حذف چاله خشک) می‌گردند و وقتی که در چاله خشک نصب می‌شوند باز هم کاهش هزینه‌های ساختمانی را ایجاد می‌کنند و نیاز به ایجاد محور تلمبه برای استقرار موتور الکتریکی روی آن ندارند، و همچنین در مواقع سیلاب‌گرفتنی تلمبه‌خانه نیز قابل استفاده هستند.

تلمبه‌های گریز از مرکز با توجه به محل استقرار پروانه تلمبه به دو نوع تقسیم می‌شوند، در نوع اول پروانه تلمبه در انتهای محور تلمبه و یاتاقانهای نگهدارنده آن در طرف دیگر محور تلمبه نصب می‌شوند. در نوع دوم پروانه تلمبه در وسط محور و یاتاقانهای تلمبه در دو طرف پروانه تلمبه قرار می‌گیرند که نوع دوم دو تکه^۱ است و پوسته تلمبه در محور افقی تلمبه می‌تواند از هم جدا شود. این تلمبه‌ها در فاضلاب شهری کاربرد ندارد.

شیوه اتصال موتور الکتریکی به تلمبه نیز عامل طبقه‌بندی تلمبه‌ها به سه نوع مجزا است که عبارتند از : تلمبه‌های با اتصال جداگانه، تلمبه‌های با اتصال یک‌پارچه و تلمبه‌های مستغرق. در تلمبه‌های با اتصال جداگانه محور تلمبه از پوسته تلمبه خارج شده و توسط کوپلینگ به محور موتور وصل می‌شود و در مواقعی که موتور محرک در ارتفاع بالاتر قرار می‌گیرد محور و کوپلینگهای ارتباطی دو محور را بهم وصل می‌کنند. در تلمبه‌های با اتصال یک‌پارچه، پروانه تلمبه در انتهای محور موتور بسته می‌شود و تلمبه محور جداگانه و یا کوپلینگ جداگانه ندارد. در تلمبه‌های نوع مستغرق اتصال از نوع یک‌پارچه است ولی موتور محرک از نوع مستغرق بوده و قابل نصب در زیر آب است. شکلهای (۲-۴)، (۳-۴)، (۴-۴) و (۵-۴) انواع تلمبه‌های بیان شده را نشان می‌دهد.

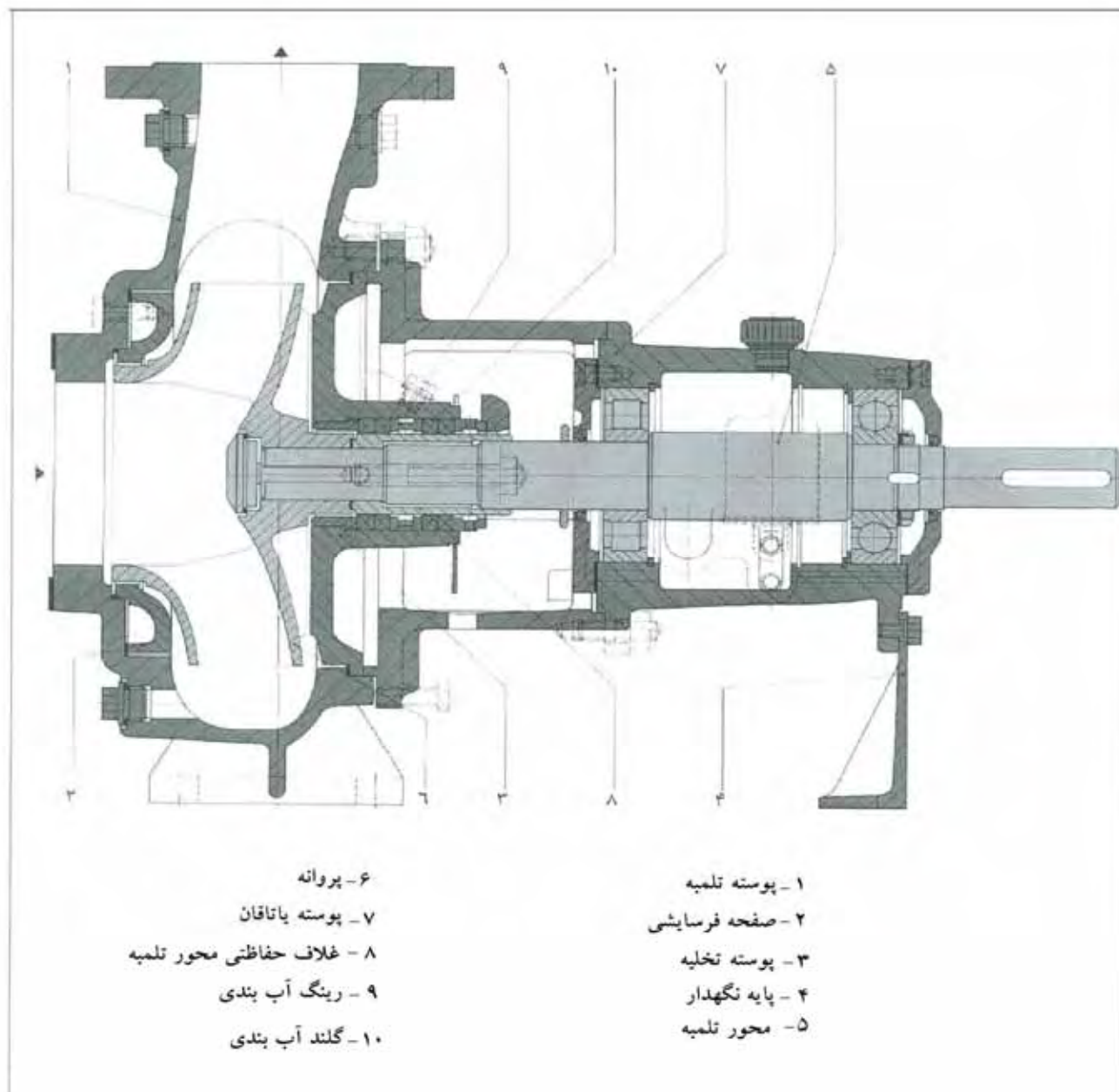


شکل ۴-۲- تلمبه گریز از مرکز قابل نصب در چاهک خشک

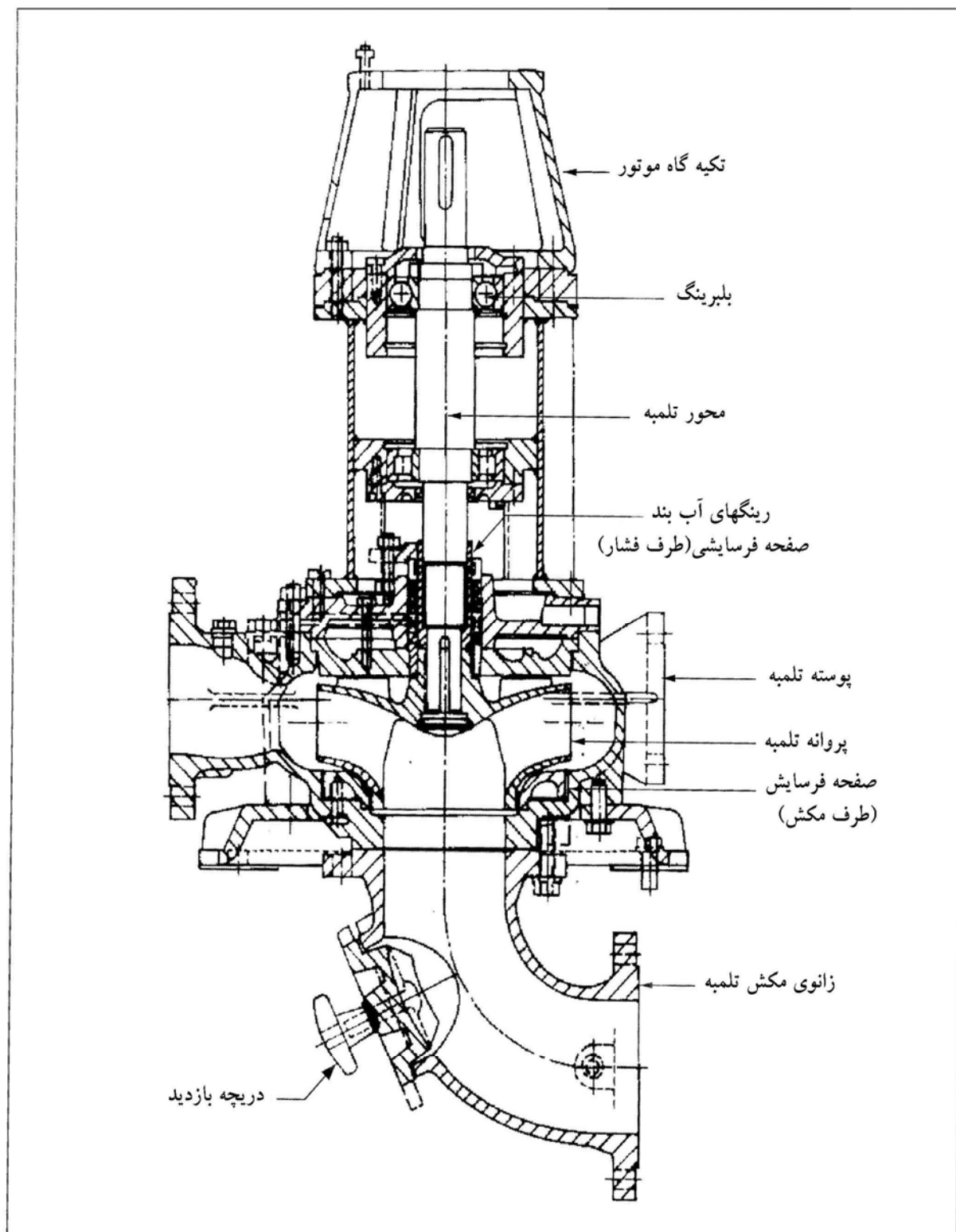


- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| ۱- ورودی کابل | ۹- رینگ فرسایشی قابل تعویض |
| ۲- جعبه تقسیم | ۱۰- پروانه انسداد ناپذیر تک پره |
| ۳- بلبرینگ فوقانی | ۱۱- آب بند شفت |
| ۴- استاتور | ۱۲- محفظه روغن |
| ۵- روتور | ۱۳- قلاب لغزشی |
| ۶- سیستم خنک کننده داخلی | ۱۴- فلنج قطری |
| ۷- محور تلمبه | ۱۵- لوله های هادی |
| ۸- بلبرینگ تحتانی | ۱۶- زانوی خروجی |

شکل ۳-۴- تلمبه مستغرق قابل نصب در چاهک تر با زانوی پایه دار



شکل ۴-۴- تلمبه گریز از مرکز افقی قابل نصب در چاهک خشک



شکل ۴-۵- تلمبه گریز از مرکز انسدادناپذیر (نصب عمودی)

۳-۴ تلمبه‌های پیچوار

تلمبه‌های پیچوار از نوع تلمبه‌های با جابه‌جایی مثبت است. این تلمبه‌ها از نوع انسدادناپذیر بوده و با ظرفیتهای قابل توجه، برای انتقال مایعات به ارتفاع محدود به کار می‌رود. با توجه به پره‌های باز آن و فواصل کافی بین آن نیازی به آشغالگیری ابتدایی (جز آشغالگیری دهانه درشت) ندارد. تلمبه‌های پیچوار در دو نوع ساخته می‌شود.

نوع اول تلمبه‌های پیچوار باز است که پره پیچوار به صورت پیچ دور لوله مرکزی جوش شده و مجموعاً در داخل سینی که می‌تواند نوع بتنی پیش ساخته، فلزی و یا بتنی درجا ریز است حرکت کند.

نوع دوم تلمبه‌های پیچوار بسته است که شامل دو لوله هم مرکز است و پیچ تلمبه بین دو لوله قرار می‌گیرد، این مجموعه حرکت چرخشی دارد.

اطلاعات بیشتر در مورد تلمبه‌های پیچوار در پیوست شماره ۲ آمده است.

۵- هیدرولیک تلمبه‌خانه‌ها و انتخاب تلمبه

۱-۵ ملاحظات هیدرولیکی

تلمبه‌خانه‌ها، برای انتقال مایعات از یک نقطه به نقطه دیگر به کار می‌روند و بنابراین وظیفه تأمین ارتفاع و فشار لازم برای انتقال حجم مایع مورد نظر را در واحد زمانی مشخص دارند. تأمین ارتفاع یا فشار برای مقابله با مجموعه اتلافات که در اثر انتقال مزبور در محل ورود مایع به لوله مکش تلمبه، لوله رانش، متعلقات، شیرآلات و اختلاف ارتفاع سطح مایع در چاهک تر تا بالاترین نقطه در لوله انتقال ایجاد می‌شود می‌باشد.

شکل ۱-۵ شمای کلی افت فشارهای ذکر شده را نشان می‌دهد. در این شکل $H_v = \frac{V^2}{2g}$ ارتفاع متناظر با انرژی جنبشی مایع است که در آن V سرعت مایع برحسب متر بر ثانیه و g شتاب ثقل زمین و H_v ارتفاع متناظر آن است. H_{stat} اختلاف ارتفاع بین سطح آزاد مایع در طرف تخلیه و مکش تلمبه است و بنابراین رابطه $H_{sta} = H_{sd} - H_{ss}$ برقرار می‌شود. در این رابطه H_{ss} و H_{sd} اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع در طرف مکش و تخلیه از محور فرضی افقی تلمبه است. از آنجا که ارتفاع متناظر با سرعت مایع در لوله دهش و مکش مربوط به سامانه داخلی تلمبه است در شرایطی که مایع به سطح آزاد تخلیه شود ارتفاع فوق به‌عنوان ارتفاع از دست‌رفته تلقی می‌شود و قابل حصول منظور نمی‌گردد. در روابط زیر H_{vd} ارتفاع متناظر با سرعت از دست‌رفته در انتهای لوله انتقال است. براساس شکل ۱-۵ رابطه زیر برقرار است:

$$H_T = H_d - H_s \quad (۱-۵)$$

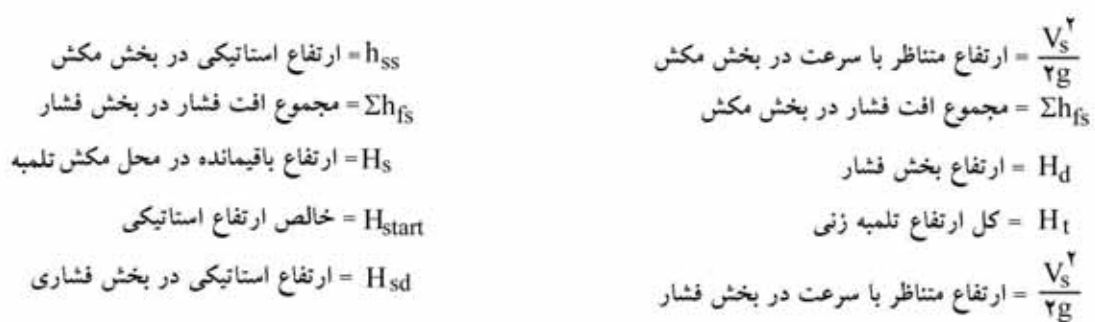
$$H_d = H_{sd} + \Sigma h_{fd} + H_{vd} \quad (۲-۵)$$

$$H_s = H_{ss} - \Sigma h_{fs} \quad (۳-۵)$$

که با قراردادن مقادیر H_d و H_s در رابطه (۱-۵) رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H_T = H_{stat} + \Sigma h_{fd} + \Sigma h_{fs} + H_{vd} \quad (۴-۵)$$

در این رابطه کلیه پارامترها برحسب متر است.



19

۵-۲ افت فشار در لوله‌ها

افت فشار در لوله‌ها طبق یکی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

۵-۲-۱ رابطه داریسی ویسباخ

رابطه داریسی ویسباخ به صورت زیر می‌باشد:

$$h = f \left(\frac{L}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (۵-۵)$$

که در آن h افت فشار بر حسب متر، f ضریب اصطکاک (بدون بعد) و L طول لوله بر حسب متر، d قطر لوله بر حسب متر و V سرعت متوسط بر حسب متر بر ثانیه و g شتاب ثقل است. مقدار ضریب اصطکاک f توسط کلبروک بر اساس مطالعات انجام شده بوسیله Prandtl-Karman در مورد جریان در لوله‌ها در حالت آرام، اغتشاشی و اغتشاشی شدید و انتخاب حالت انتقال که در مورد مایعات دارای (گرانروی) ناچیز است، با استفاده از رابطه ۵-۶ محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{K}{3.7D} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right) \quad (۶-۵)$$

که در آن f ضریب اصطکاک به کار رفته در رابطه داریسی ویسباخ است و k میزان زبری داخل لوله بر حسب میلی‌متر (برجستگی داخل لوله)، D قطر لوله و R عدد رینولدز است. از آنجا که محاسبات عددی رابطه ۵-۵ مشکل است جدول‌ها و نمودارهای متعددی برای مقادیر مختلف k از $k=0.003$ میلی‌متر (که برای لوله‌های با جدار داخلی کاملاً صاف مانند لوله‌های مسی، آلومینیومی است) تا $k=300$ میلی‌متر (که برای کانالهای طبیعی است) تنظیم شده است. برای تلمبه‌خانه‌های فاضلاب با توجه به امکان بسته شدن غشای داخل لوله در اثر جریان فاضلاب ضریب $k=1/5$ میلی‌متر انتخاب می‌شود. این ضریب برای لوله‌های کهنه نیز کاربرد دارد، و در صورتی که لوله چدنی و نو باشد و داخل آن پوشش گردد $k=0.15$ میلی‌متر انتخاب می‌شود. از آنجا که استفاده از نمودارها دقت کافی ندارد افت فشار در لوله را بطور معمول از جداول هیدرولیکی تنظیم شده و یا برنامه‌های کامپیوتری تدوین شده برای موضوع فوق استخراج و محاسبه می‌نمایند.

۵-۲-۲ رابطه هایزن ویلیامز

رابطه تجربی زیر به نام رابطه هایزن ویلیامز معروف است:

$$h = \frac{6.78L}{d^{1.165}} \left(\frac{V}{C} \right)^{1.85} \quad (۷-۵)$$

براساس رابطه فوق می‌توان نوشت:

$$V = 0.355 C d^{0.63} \left(\frac{h}{L} \right)^{0.54} \quad (8-5)$$

که در آن C ضریب اصطکاک است و دیگر پارامترها در رابطه هایزن ویلیامز به شرح زیر تعریف شده است:

V : سرعت (متر بر ثانیه)

h : افت فشار (متر)

d : قطر لوله (متر)

L : طول لوله (متر)

ضریب C بر حسب نو و کهنه بودن لوله، تفاوت می‌کند. در لوله نو فولادی، PVC، بتنی، چدن نشکن، ضریب C بین ۱۴۰ تا ۱۵۰ است، در لوله‌های کهنه با حدود ۲۰ سال کارکرد، ضریب C برای چدن و فولاد ۱۰۰ تا ۱۲۰ است. برای لوله‌های چدن نشکن بدون پوشش داخلی رقم $C = ۱۰۰$ ارائه شده است.

۵-۲-۳ رابطه منینگ

در رابطه منینگ میزان افت فشار به مربع سرعت بستگی دارد و از آنجا که افت فشار در متعلقات و شیرآلات نیز به همین صورت است این رابطه می‌تواند در خطوط لوله‌ای که دارای متعلقات است به راحتی به کار رود. رابطه منینگ به صورت رابطه زیر است:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (9-5)$$

$$\frac{h}{L} = \left[V \cdot n / R^{0.67} \right]^2 \quad \text{و یا به صورت افت فشار}$$

که در آن :

V : سرعت (متر بر ثانیه)

n : ضریب منینگ (بدون بعد)

R : شعاع هیدرولیکی (متر)

n : ضریب زبری است که برای لوله چدنی بدون پوشش داخلی در حالت نو ۰/۰۱۱ و برای لوله کهنه ۰/۰۱۵ اختیار می‌شود.

۳-۵ افت فشار در متعلقات

افت فشار در متعلقات و شیرآلات براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$h = K \frac{V^2}{2g} \quad (۱۰-۵)$$

در این رابطه V سرعت بر حسب متر بر ثانیه و g شتاب ثقل $۹/۸۱$ متر بر مجذور ثانیه و K ضریبی است که به صورت تجربی به دست می‌آید. جدول ۱-۵ ضریب K برای متعلقات و جدول ۲-۵ ضریب K برای شیرآلات را مشخص می‌کند.

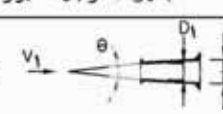
۴-۵ انتخاب تلمبه

انتخاب تلمبه مناسب برای تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، تابع عوامل مختلفی از جمله مقدار جریان فاضلاب ورودی در مدت عمر بهره‌برداری تلمبه‌خانه، کیفیت فاضلاب ورودی، افت فشار سامانه و ارتفاع تلمبه‌زنی، موقعیت تلمبه‌خانه و خط انتقال است. به‌طور کلی طراحی ظرفیت تلمبه‌خانه باید به‌گونه‌ای باشد که قادر به انتقال حداکثر لحظه‌ای ورودی فاضلاب در طول عمر تلمبه‌خانه باشد. به‌طور معمول استانداردها تأکید می‌کنند که ظرفیت تلمبه‌های نصب‌شده در تلمبه‌خانه باید طوری در نظر گرفته شود که قادر به انتقال حداکثر لحظه‌ای فاضلاب در حالتی که بزرگ‌ترین تلمبه، تلمبه‌خانه خارج از سرویس است، باشد. انتخاب تلمبه با توجه به عوامل زیر صورت می‌گیرد:

۱-۴-۵ مقدار جریان ورودی به تلمبه‌خانه

سامانه تلمبه‌زنی باید به‌گونه‌ای طراحی شود که تلمبه‌ها قادر به انتقال حداکثر لحظه‌ای فاضلاب ورودی که در افق طرح برای تلمبه‌خانه در نظر گرفته شده، باشند. این جریان ممکن است تا پایان عمر تلمبه‌خانه اتفاق نیفتد و تلمبه‌ها فقط برای مدت زمان کوتاه جریان مزبور را انتقال دهند. بنابراین سایر جریانهای ورودی به تلمبه‌خانه در سالهای ابتدایی، میانی و انتهایی کارکرد تلمبه‌خانه مورد توجه قرار گیرد. بدین منظور با توجه به آنکه عمر مفید ساختمان تلمبه‌خانه را ۳۰ سال فرض می‌کنند، ظرفیت تلمبه‌خانه در ابتدا برای ۱۰ الی ۱۵ سال اولیه در نظر گرفته می‌شود و پس از رسیدن ظرفیت تلمبه‌خانه به ظرفیت حداکثر میانی طرح، مرحله توسعه با اضافه کردن واحدهای دیگر شروع می‌شود و یا واحدهای موجود را با واحدهای جدید که ظرفیت بالاتری دارد تعویض می‌نمایند.

جدول ۵-۱- ضرایب افت فشار برای اتصالات و متعلقات

متعلقات	ضریب K	متعلقات	ضریب K
متعلقات ورودی			
ناقوسی	۰,۰۵	خم ۱۸۰ درجه	۰,۴۰
گرد	۰,۲۵	سه راهه در مسیر جریان	۰,۳۰
گوشه دار	۰,۵	سه راهه در انشعاب	۰,۷۵
بیرون زدگی	۰,۸	چهارراهه در مسیر جریان	۰,۵۰
متعلقات خروجی		چهارراهه انشعاب	۰,۷۵
برای کلیه اشکال فوق	۱,۰	سه راهه زاویه دار	۰,۵۰
زانوی شکسته		تبدیل (درجهت بزرگ شدن)	
$\theta = 15^\circ$ $\theta = 22,5^\circ$ $\theta = 30^\circ$ $\theta = 45^\circ$ $\theta = 60^\circ$ $\theta = 90^\circ$	۰,۰۵ ۰,۰۷۵ ۰,۱۰ ۰,۲۰ ۰,۳۵ ۰,۸۰	 محوری	$h = K \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \right] \frac{V_2^2}{2g}$
زانوی ۹۰ درجه	۰,۳۰	خارج از محور (تقریبی)	$k = 3,5 (\tan \theta)^{1,22}$ $h = 0,25 (V_1^2 - V_2^2) / 2g$
$3 \times 3 = 90^\circ$ $4 \times 22,5 = 90^\circ$		تبدیل مقطعی	$h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \left[\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 - 1 \right] \frac{V_2^2}{2g}$
متعلقات ریخته گری		تبدیل (درجهت کوچک شدن)	
زانوی ۹۰ درجه استاندارد	۰,۲۵	محوری	$h = K \frac{V_2^2}{2g}$ $K = 0,3 \pm 0,1$
زانوی ۹۰ درجه شعاع بلند	۰,۱۸	تبدیل مقطعی	$h = \frac{1}{4} \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \right] \frac{V_2^2}{2g}$
زانوی ۴۵ درجه	۰,۱۸		

جدول ۵-۲- ضرایب افت فشار برای شیرهای کاملاً باز

نوع شیر	ضریب K
<u>شیر پروانه‌ای</u>	
کلاس ۲۵ پوند	۰/۱۶
کلاس ۷۵ پوند	۰/۲۷
کلاس ۱۵۰ پوند	۰/۳۵
<u>شیر یکطرفه</u>	
نوع با محور مرکزی	۲/۶
<u>نوع دو دریچه‌ای</u>	
کوچکتر از ۲۰۰ میلیمتر	۲/۵
بین ۲۵۰ الی ۴۰۰ میلیمتر	۱/۲
با دیسک مفصلی	۱-۱/۴
با تنظیم زمان بسته شدن	۰/۲۵-۲
<u>شیرهای قطع و وصل</u>	
دو صفحه	۰/۱-۰/۲
با نشیمنگاه لاستیکی	۰/۳

۵-۴-۲ منحنی بده - ارتفاع

برای انتقال حجم مشخصی از فاضلاب در یک سامانه تلمبه‌زنی که مرکب از تلمبه‌ها، شیرآلات و متعلقات و خط انتقال است به ارتفاع مشخصی برای تلمبه‌زنی نیاز است که از جمع افت فشارها در داخل سامانه و اختلاف فشار استاتیکی بین سطح مایع در طرف مکش تلمبه و طرف رانش خط انتقال به دست می‌آید. در این محاسبات معمولاً شرایط نو و کهنه بودن لوله‌ها و همچنین حداکثر و حداقل ارتفاع سطح فاضلاب در بخش مکش تلمبه در نظر گرفته می‌شود. چنانچه برای جریانهای مختلفی که توسط سامانه تلمبه‌زنی انتقال می‌یابد ارتفاع تلمبه‌زنی محاسبه و نتایج به دست آمده روی محور X-Y منتقل شود و نقاط مزبور به هم متصل گردد منحنی بده - ارتفاع یا سامانه تلمبه‌زنی به دست می‌آید. این منحنی در حقیقت کارکرد تلمبه‌ها را در سامانه پیش‌بینی شده برای تلمبه‌خانه نشان می‌دهد. با استفاده از این منحنی می‌توان جریان فاضلاب را در سالهای ابتدای کارکرد تلمبه‌خانه، سالهای میانی و افق طرح برای شرایط حداقل، متوسط و حداکثر لحظه‌ای جریان فاضلاب مشخص کرد.

۵-۴-۳ انتخاب مقدماتی تعداد و ظرفیت تلمبه

ظرفیت و تعداد تلمبه‌ها با توجه به میزان جریان فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه در سالهای بهره‌برداری و با توجه به منحنی بده - ارتفاع یا سامانه تلمبه‌زنی و میزان افت فشار دینامیکی نسبت به افت فشار استاتیکی تعیین می‌شود. تلمبه‌خانه‌های با حداکثر لحظه‌ای فاضلاب ۳۰ لیتر بر ثانیه و کمتر از آن، تلمبه‌خانه‌های کوچک به‌شمار می‌روند. در این حالت تلمبه انتخاب شده باید با توجه به ارتفاع تلمبه‌زنی سامانه قادر به انتقال حداکثر بده باشد. معمولاً یک تلمبه ذخیره مشابه تلمبه انتخاب شده در نظر گرفته می‌شود تا چنانچه تلمبه‌کار از سامانه خارج شد تلمبه ذخیره انتقال فاضلاب را به‌عهده بگیرد. تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت ۳۰ تا ۲۰۰ لیتر بر ثانیه به‌عنوان تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط شناخته می‌شوند و معمولاً دو تا سه واحد تلمبه مشابه به‌عنوان تلمبه‌کار که مجموعه عملکرد آنها قادر به انتقال فاضلاب حداکثر لحظه‌ای باشند و یک واحد ذخیره مشابه آنها نیز در نظر می‌گیرند.

در تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت بیشتر از ۲۰۰ لیتر بر ثانیه به بالا، تعداد تلمبه‌های کار بیش از سه واحد است در این حالت با توجه به تغییرات مقدار فاضلاب در طول روز می‌توان تلمبه‌ها را مشابه انتخاب نکرد. مقدار جریان متوسط روزانه و بیشتر، معمولاً در ۱۶ ساعت از شبانه روز دوام دارد و بنابراین چنانچه ظرفیت تلمبه‌های کار به میزان ۵۰ درصد ظرفیت متوسط انتخاب شود، در جریانهای حداقل که معمولاً ۲۰ درصد جریان متوسط فاضلاب است تلمبه‌های مزبور کارکرد دارد. بنابراین می‌توان برای جریان متوسط و کمتر دو واحد تلمبه و یک واحد تلمبه ذخیره را انتخاب کرد و برای تفاوت حداکثر لحظه‌ای و متوسط جریان نیز یک واحد تلمبه کار و یک تلمبه ذخیره معادل آن را در نظر گرفت و مجموعاً پنج واحد تلمبه به‌کار گرفت. گزینه مناسبتر انتخاب چهار واحد تلمبه با ظرفیت یک چهارم حداکثر لحظه‌ای (همه تلمبه‌ها با ظرفیت مشابه) خواهد بود و یک واحد تلمبه نیز به‌صورت رزرو در نظر گرفته می‌شود. در این حالت با توجه به مشابه بودن کلیه تلمبه‌ها از نظر وسایل یدکی و همچنین جانشین کردن هر یک از تلمبه‌ها به‌صورت تلمبه ذخیره می‌توان برای کلیه تلمبه‌ها استهلاک یکسانی را ایجاد کرد.

با تعیین تعداد و ظرفیت تلمبه و نوع تلمبه سانتریفوژ (مستغرق، عمود نصب، افق نصب) و ارتفاع تلمبه‌زنی می‌توان با مراجعه به کاتالوگهای فنی دو تا سه سازنده معتبر، تلمبه موردنظر را انتخاب کرد. سازندگان تلمبه‌ها همه تلمبه‌های مورد ساخت خود را در یک نمودار که حدود ظرفیت و ارتفاع پمپاژ آنها در هر طبقه مشخص شده است معرفی می‌کنند. شکل ۵-۲ نمونه‌ای از نمودار فوق است که با داشتن ظرفیت تلمبه و ارتفاع تلمبه‌زنی، طبقه تلمبه موردنظر انتخاب می‌شود. سازندگان تلمبه‌ها برای هر طبقه تلمبه با تغییر قطر و سرعت آن منحنیهای مشخصه متفاوتی ایجاد می‌کنند و بنابراین پس از مشخص نمودن طبقه تلمبه، منحنی مشخصه‌ای که نقطه کار روی آن مناسب‌ترین بازده را دارد انتخاب می‌شود. در این صورت با توجه به داشتن منحنی بده و ارتفاع تلمبه‌زنی، برحسب تعداد تلمبه انتخاب شده برای سامانه تلمبه‌زنی، بر روی این منحنی، منحنی مشخصه‌های کارکرد یک تلمبه، دو تلمبه، سه تلمبه و رسم می‌شود. شکل ۵-۳ نمونه‌ای از مجموعه فوق است. محل تقاطع منحنی مشخصه‌های تلمبه با منحنی بده - ارتفاع تلمبه‌زنی نقطه کارکرد تلمبه‌ها در حالت تکی، دوتایی سه‌تایی و چندتایی برحسب تعداد انتخاب شده برای تلمبه‌خانه است. با انتقال محل برخورد منحنی مشخصه‌های جمع شده روی منحنی مشخصه تلمبه در حالت تکی بده، ارتفاع تلمبه‌زنی و بازده کارکرد تلمبه‌ها در حالت کار بیش از یک واحد تلمبه به‌دست می‌آید. همچنین با انتخاب قطرهای متفاوت، می‌توان به مناسب‌ترین بازده در طبقه تلمبه انتخاب شده دست یافت. در سامانه تلمبه‌زنی،

چنانچه مقدار افت فشار دینامیکی در مقابل ارتفاع استاتیکی زیاد باشد منحنی بده- ارتفاع تلمبه‌زنی سامانه تعقر و شیب تند به‌طرف بالا دارد. بنابراین در این موارد، انتخاب یک واحد تلمبه که بتواند جریان حداکثر را با بهترین بازده انتقال دهد مناسب‌تر است. می‌توان در صورت امکان از تلمبه دو سرعته یا دارای سرعت متغیر، استفاده نمود. زیرا با توجه به قانون همبستگی، میزان ارتفاع تلمبه‌زنی با توجه به مربع سرعت و مقدار جریان به نسبت سرعتها تغییر می‌کند. بنابراین تلمبه‌ای که مناسب‌ترین بازده را درحد ظرفیت حداکثر لحظه‌ای داشته باشد، با کاهش سرعت نیز بازده مناسب در دیگر نقاط منحنی کارکرد خواهد داشت. برعکس چنانچه مقدار افت فشار دینامیکی در مقابل ارتفاع استاتیکی کم باشد منحنی بده- ارتفاع تلمبه‌زنی سامانه ملایم‌تر بوده و در این سامانه انتخاب چند واحد تلمبه با سرعت ثابت مناسب‌تر است زیرا تغییرات افت فشار دینامیکی در روی منحنی سامانه اندک است. در محاسبه اولیه منحنی بده- ارتفاع تلمبه‌زنی سامانه که هنوز تعداد و مشخصات لوله‌ها و متعلقات تلمبه‌ها مشخص نیست فقط افت فشار دینامیکی خارج تلمبه‌خانه را محاسبه می‌کنند، پس از تعیین مشخصات تلمبه و تعیین متعلقات آن می‌توان محاسبات افت فشار دینامیکی را به‌طور دقیق انجام داد. روش بیان شده برای چند سازنده انجام و مناسب‌ترین آن از نظر کارکرد انتخاب می‌گردد. چنانچه نمودار جریان ورودی فاضلاب به تلمبه‌خانه مشخص باشد با محاسبه برق مصرفی تلمبه‌های انتخاب‌شده از سازندگان مختلف، نوعی که کمترین مصرف انرژی را دارد، انتخاب می‌شود.

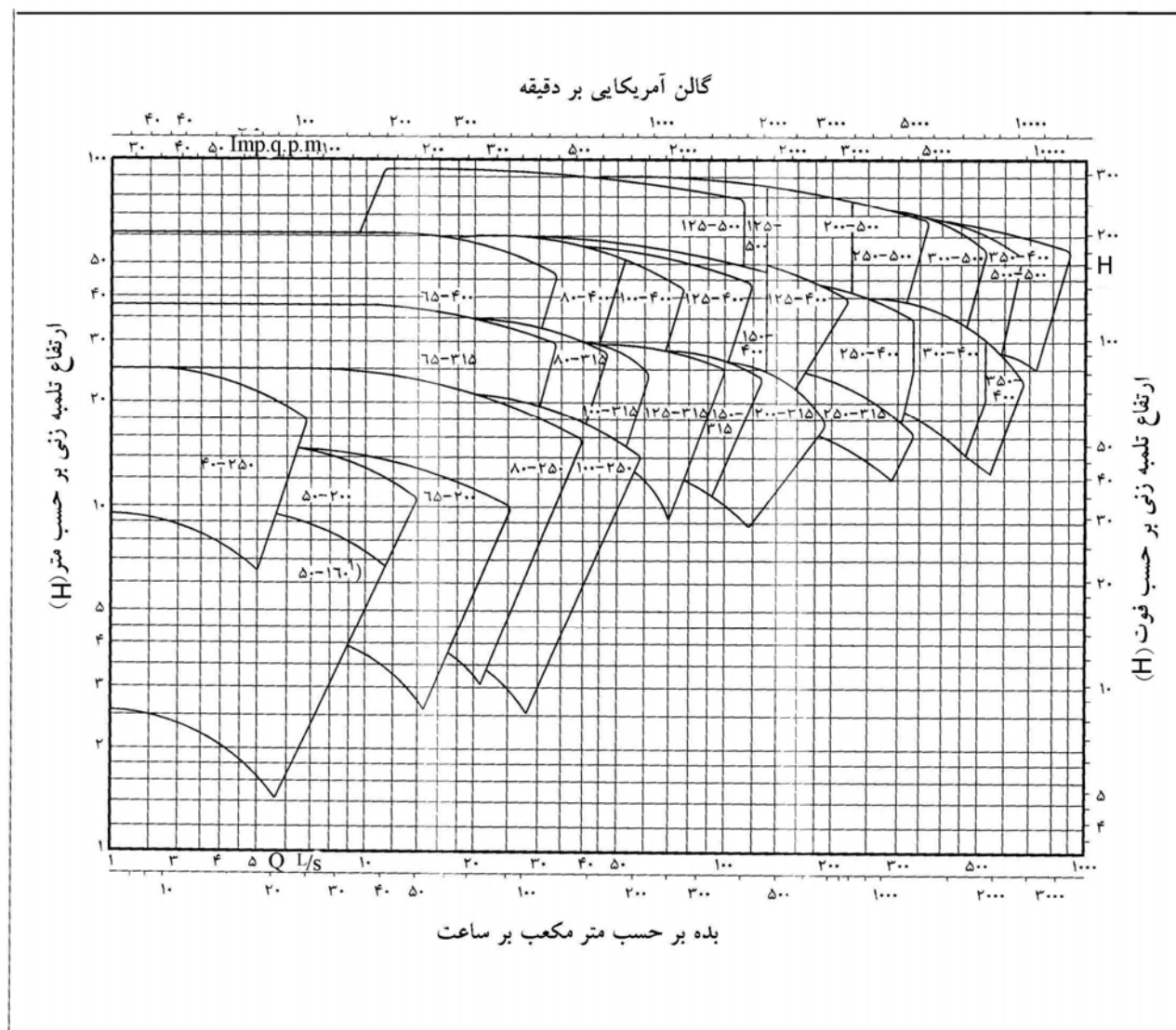
به‌طور کلی در انتخاب مناسب‌ترین تلمبه‌ها موارد زیر در نظر گرفته می‌شود:

- $NPSH_A$ قابل دسترس بیشتر از $NPSH_R$ تلمبه در کلیه شرایط کارکرد باشد.
- عملکرد تلمبه در محدوده بازده مناسب در کلیه سالهای بهره‌برداری، اولیه و متوسط جریان طرح باشد.
- مصرف انرژی تلمبه‌خانه مشابه تغییرات جریان ورودی فاضلاب باشد.
- حجم چاهک فاضلاب باعث قطع و وصل مکرر و بیش از اندازه تلمبه نشود.
- سرعت جریان در خط لوله انتقال در حدود قابل قبول باشد.

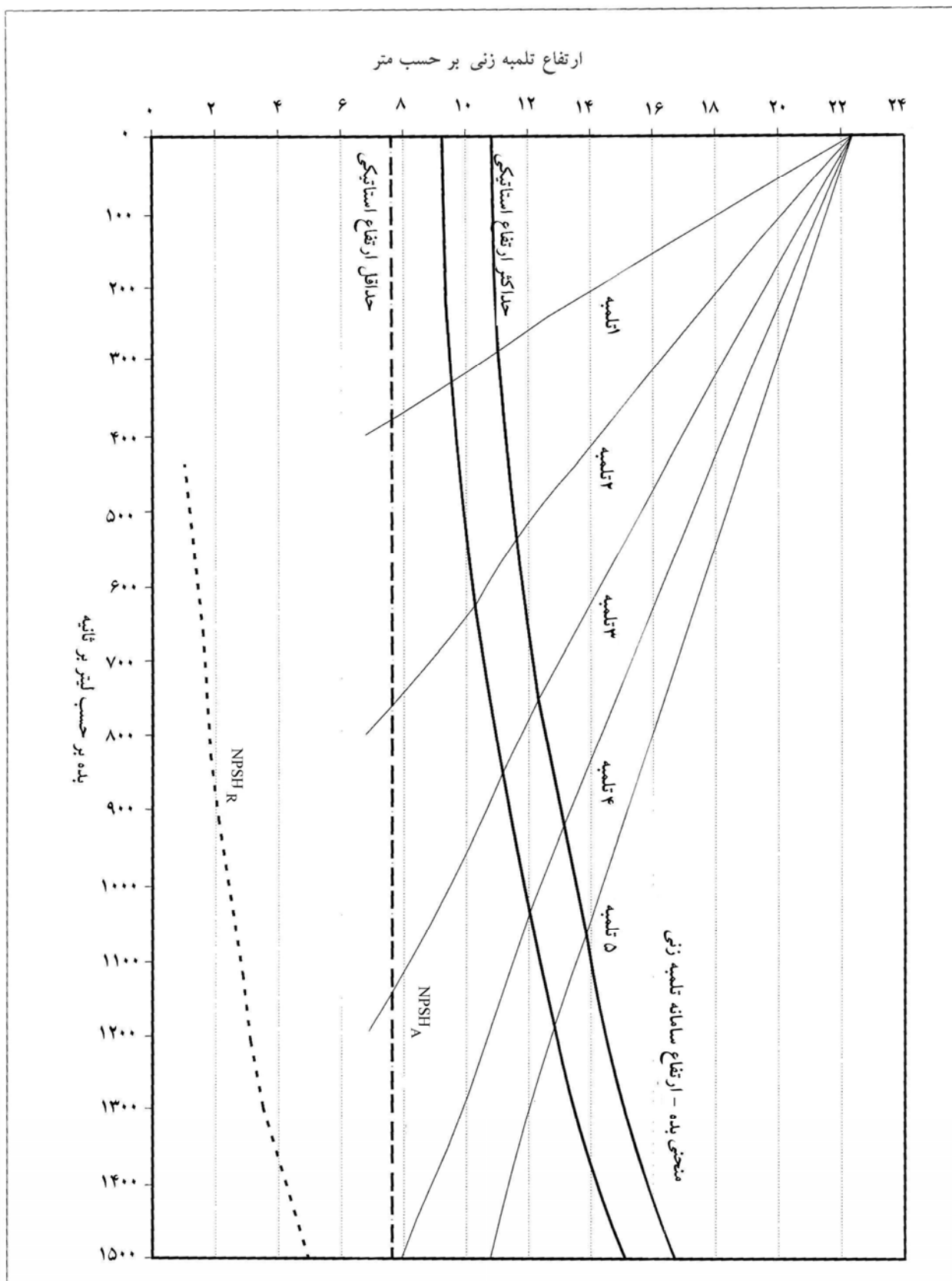
۴-۴-۵ خلاصه فرآیند مرحله به مرحله انتخاب تلمبه

- تعیین نقاط کار تلمبه‌خانه که براساس آن باید تلمبه‌ها را انتخاب نمود.
- تهیه و رسم منحنی مشخصه سامانه (بده - ارتفاع تلمبه‌زنی) و مشخص کردن نقاط کارکرد تلمبه‌خانه در شرایط حداقل و حداکثر.
- انتخاب تعداد و نوع تلمبه‌ها.
- انتخاب طبقه تلمبه‌ها از نمودار مجموعه منحنی مشخصه تلمبه‌های سازندگان مختلف.
- انتخاب منحنی مشخصه H-Q تلمبه در طبقه تلمبه‌های انتخاب‌شده، شامل قطر و سرعت که بازده مناسب داشته باشد.
- با انتخاب تلمبه مورد نظر منحنی مشخصه تلمبه به‌صورت کارکرد تکی و بیشتر برحسب تعداد تلمبه‌های کار روی منحنی عملکرد سامانه تلمبه‌زنی رسم می‌شود و عملکرد تلمبه حسب جریانهای مختلف ورودی به تلمبه‌خانه در سالهای اولیه بهره‌برداری و میانی و نهایی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- فرآیند مزبور برای چند سازنده انجام گرفته و مناسب‌ترین انتخاب می‌شود.

- در شرایطی که جریان ورودی به تلمبه‌خانه در طول عمر تلمبه‌خانه افزایش یابد، برای افزایش ظرفیت تلمبه‌ها در مرحله توسعه می‌توان در صورت امکان، تلمبه با پروانه کوچک‌تر در طبقه تلمبه انتخاب‌شده را برای شرایط اولیه انتخاب کرد و سپس در مرحله‌ای که ظرفیت افزایش می‌یابد، پروانه تلمبه با قطر بزرگ‌تر تعویض می‌شود. در این حالت اندازه موتور را از ابتدا باید برای قطر پروانه بزرگ‌تر انتخاب کرد. در این مورد حجم چاهک تر با توجه به دفعات مجاز استارت تلمبه تغییر یافته، و باید کنترل شود.



شکل ۵-۲- نمونه‌ای از مجموعه منحنیهای کارکرد تلمبه‌ها در طبقه‌بندیهای مختلف



شکل ۵-۳- منحنی بده سامانه تلمبه زنی و منحنی کارکرد تلمبه ها

۵-۵ انتخاب مصالح تلمبه

مصالح تلمبه، تابع ویژگیهای مایعی که باید تلمبه شود، میزان موادی که در مایع ایجاد سایش برای تلمبه می‌کند و همچنین شرایط وقوع حفره‌زایی در تلمبه است. فاضلاب خانگی معمولاً دارای pH حدود ۷ و دمای بین ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. اگر شبکه جمع‌آوری فاضلاب به‌ویژه از نوع مشترک باشد مواد ماسه‌ای که در تلمبه ایجاد ساییدگی کرده و فرسودگی آن را تسریع می‌کند در آن وجود دارد.

۵-۶ لوله و متعلقات در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

نوع لوله و متعلقات در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب با توجه به عوامل زیر انتخاب می‌شود:

- مشخصات فاضلاب انتقال‌یافته از نظر کیفی (لجن، پساب، فاضلاب سپتیک شده، فاضلاب مشترک با آب باران)،
- امکان تهیه آن با توجه به قطر و ضخامت مورد نیاز و متعلقات آن،
- ملاحظات اقتصادی شامل عمر مفید یا نگهداری مورد نیاز، هزینه تهیه آن.

لوله‌های فولادی و چدنی با توجه به صلب بودن، مقاومت، و تولید در اندازه‌ها و فشارهای مختلف، مناسب‌ترین لوله و متعلقات برای تلمبه‌خانه‌های فاضلاب هستند.

برتری چدن‌نشدن به دلیل مقاومت بالای آن به فشار، صدمات مکانیکی و خوردگی ناشی از گاز هیدروژن سولفور است و معایب آن هزینه بالای خرید اولیه و غیرقابل جوش بودن آن است. (جوشکاری آن مشکل است) مزایای لوله‌های فولادی مقاومت بالا نسبت به فشارهای وارده، امکان ساخت قطعات و متعلقات بر حسب اندازه مورد نیاز و امکان تهیه آن در قطرهای و ضخامتهای مختلف و عیب آن مقاومت کم در مقابل خوردگی است. لوله‌های چدن نشکن و متعلقات مربوطه در ایران در قطرهای ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر و در فشارهای اسمی ۱۰، ۱۶ و ۲۵ اتمسفر ساخته می‌شود.

در کارخانه به سطح داخلی لوله‌های چدن نشکن برحسب سفارش، لایه سیمان زده می‌شود و متعلقات مربوط به صورت فلنج‌دار و همچنین ساکت‌دار^۱ ساخته می‌شود. در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب با توجه به نیروهای وارده اتصالات به صورت فلنج‌دار در نظر گرفته می‌شود. متعلقات متداول ساخته‌شده در ایران، محدود به زانوهای ۴۵ درجه، ۹۰ درجه، سه راهی‌های ۹۰ درجه و تبدیل است و دیگر متعلقات از قبیل زانوی $11\frac{1}{4}$ و $22\frac{1}{2}$ ، سه راهه ۴۵ درجه و همچنین قطعات دو سر فلنج لوله با قطعه میانی بر حسب سفارش ساخته می‌شود. متعلقات چدنی با فلنج به صورت یکپارچه ریخته می‌شود.

۵-۷ شیرآلات

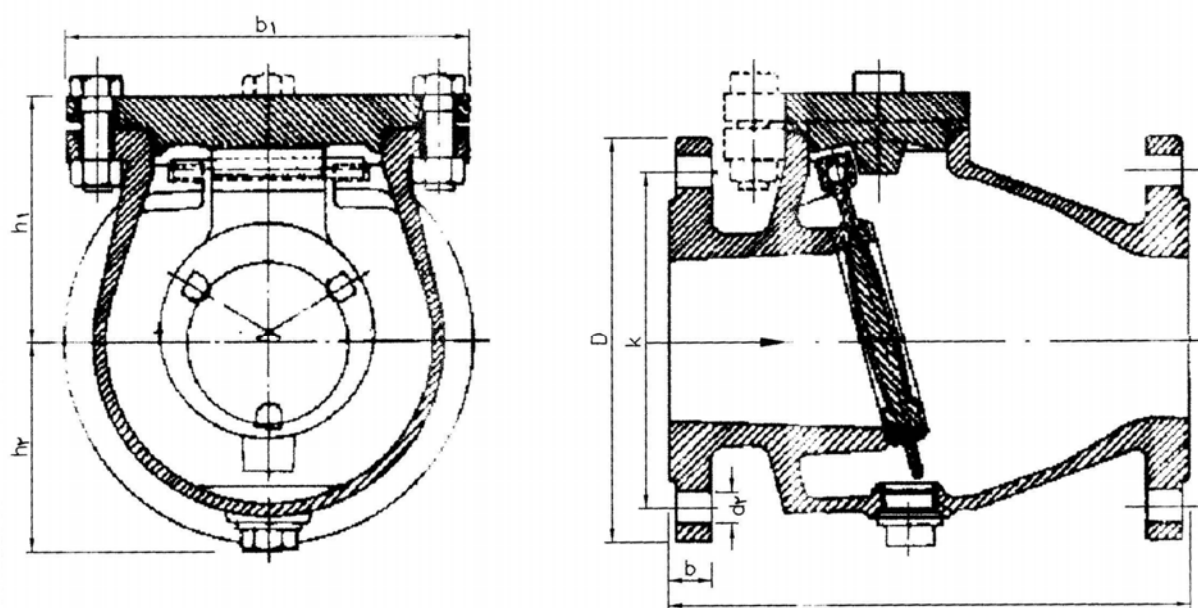
در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شیرآلات به طور معمول برای جداکردن تلمبه یا بخشی از خط در نظر گرفته می‌شود، بنابراین این شیرآلات، در حالت باز و یا بسته قرار می‌گیرند. شیرآلات تا قطر ۶۰۰ میلی‌متر معمولاً به صورت دستی، باز و یا بسته می‌شوند و

برای قطره‌های بزرگ‌تر از موتور محرک استفاده می‌شود. شیر یک‌طرفه به‌منظور جلوگیری از حرکت معکوس مایع به‌طرف تلمبه پیش‌بینی می‌شود و با توجه به جریان مایع باز می‌گردد، همچنین باعث پر بودن خط لوله و جلوگیری از ورود هوا به‌داخل آن در هنگام خاموش بودن تلمبه می‌شود. شیرهای یک‌طرفه همچنین باعث کاهش ضربه قوچ تلمبه می‌شود.

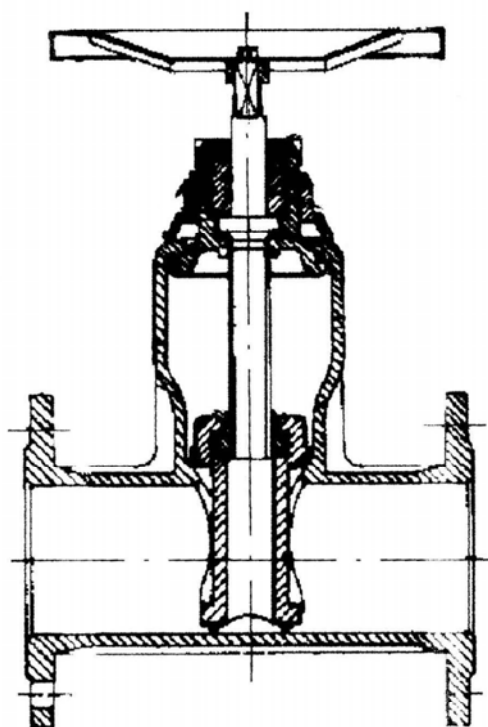
شیرهای قطع و وصل در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، از نوع بدون شیر در بدنه انتخاب می‌شود. با توجه به وجود مواد ماسه‌ای و رشته‌ای در داخل فاضلاب، امکان رسوب این مواد در داخل شیر زیاد است و در نتیجه، از شیر قطع و وصل بدون شیر استفاده می‌کنند و صفحه شیر روی بدنه داخلی شیر قرار می‌گیرد که از مواد قابل ارتجاع پوشیده شده و صفحه جداکننده نیز از مواد مزبور پوشیده می‌گردد و با فشار روی آن، آب‌بندی شیر تأمین می‌شود.

در طرح‌های فاضلاب به‌علت مواد موجود در فاضلاب، از شیرهای پروانه‌ای استفاده نمی‌کنند. شیرهای قطع و وصل در دو نوع محور بالا آورنده^۱ و بدون آن^۲ ساخته می‌شود. نوع اول به‌دلیل مشخص بودن وضعیت باز و بسته شیر، مناسب‌تر است. شیرهای یک‌طرفه چرخشی^۳ در دو نوع ساخته می‌شود. نوع اول، با فشار استاتیکی بالادست شیر بسته می‌شود (با خاموش شدن تلمبه و حذف فشار دینامیکی تلمبه، فشار هیدرواستاتیک بالادست تلمبه باعث بسته شدن شیر می‌شود). نوع دوم شیرهای یک‌طرفه که با محرک خارجی بسته می‌شود (بسته شدن شیر یک‌طرفه با محرک خارجی سریع می‌شود). چنانچه سرعت برگشت مایع (در اثر خاموش شدن تلمبه) سریع‌تر از زمان بسته شدن شیر یک‌طرفه در اثر فشار هیدرواستاتیک باشد در این حالت ضربه^۴ ایجاد شده ناشی از برخورد صفحه شیر یک‌طرفه روی نشیمن صفحه و توقف ناگهانی صفحه، باعث صدا و فشار زیاد به شیر و تلمبه می‌شود. در سامانه‌ای که مقدار افت فشار دینامیکی در مقابل فشار استاتیکی کم باشد میزان ضربه شدیدتر است. به‌طور کلی در این موارد، زمان لازم برای بسته شدن کامل شیر یک‌طرفه و زمان لازم برای برگشت جریان، به‌طور معکوس محاسبه می‌شود و با پیش‌بینی تمهیدات لازم، سرعت بسته شدن شیر یک‌طرفه سریع می‌شود. این عمل با اضافه کردن بازوی خارجی با وزنه و بالشتک سرعت‌گیر انجام می‌شود که در هنگام باز بودن شیر از هوا پر شده و وزنه بالا قرار می‌گیرد و در حالتی که شیر بسته می‌شود وزنه بطرف پایین حرکت می‌کند. شکل‌های ۴-۵ و ۵-۵ به ترتیب شیرهای یک‌طرفه ساده و شیرهای قطع و وصل مناسب برای فاضلاب را نشان می‌دهد. در تلمبه‌خانه‌های نوع چاهک تر و خشک که تلمبه در چاهک خشک قرار می‌گیرد، برای جلوگیری از انتقال ارتعاشات ناشی از کارکرد تلمبه به خط رانش در خروجی هر تلمبه، یک لرزه‌گیر لاستیکی در نظر می‌گیرند.

1 - Rising stem
2 - Non – rising stem
3 - Swing type
4 - Slam



شکل ۵-۴- شیر یکطرفه ساده



شکل ۵-۵- شیر قطع و وصل

۸-۵ تلمبه‌های گریز از مرکز انسداد ناپذیر

در ساخت تلمبه‌های گریز از مرکز که در فاضلاب کاربرد دارند، یک سری تمهیدات خاص به کار گرفته شود، که در مورد هر یک به شرح زیر است:

۵-۱-۱ تلمبه‌های مستغرق گریز از مرکز

تلمبه‌های مستغرق، از نوع تلمبه‌هایی با محور یک تکه بین موتور محرک و پروانه تلمبه هستند و قابلیت کارکرد به صورت مستغرق در فاضلاب را دارند. بدنه موتور کاملاً آب‌بند است و افزون بر این، بخش بدنه و موتور توسط دو آب‌بند مکانیکی که معمولاً فضای بین آنها توسط روغن پر شده است آب‌بندی می‌شود. برای تنظیم فشار روغن در اثر گرمای ایجاد شده موتور محفظه روغن با یک تنظیم‌کننده فشار مجهز می‌گردد که می‌تواند بالشتک هوا باشد. موضوع فوق بسیار مهم بوده و اتفاق افتاده است که تلمبه‌ای در اثر کارکردن گرم شده و پس از خاموش کردن آن از چاله تلمبه خارج شده و در اثر فشار روغن ترکیده است. دلیل این اتفاق انبساط بیش از حد روغن در اثر گرمای ناشی از کارکرد تلمبه است که پس از خارج شدن از آب چاهک نمی‌تواند به راحتی با محیط تبادل کرده و حرارت خود را از دست بدهد. جعبه اتصال کابل به موتور باید کاملاً آب‌بندی شود. تلمبه‌های مستغرق باید همیشه مجهز به ابزار حس‌کننده رطوبت باشند، این ابزار معمولاً در بخش روغنی بین دو آب‌بند مکانیکی نصب می‌شود و با نشتی آب‌بندهای مکانیکی اطلاع می‌دهد. بعضی سازندگان، رطوبت‌سنج را داخل موتور نصب می‌کنند تا ورود هرگونه رطوبت به محفظه موتور اطلاع داده شود. تلمبه‌های مستغرق می‌تواند به صورت بیرونی یا داخلی خنک شود. نوع بیرونی بر مایع محیط خارجی چاهک‌های تر متکی است، بنابراین باید همیشه بخشی از موتور حداقل در زمان کارکرد، زیر تراز آب قرار گیرد. این موتورها فقط می‌توانند برای مدت بسیار کوتاه در زمان کارکرد در خارج از مایع قرار گیرند. موتورهایی که به صورت داخلی خنک می‌شوند بخشی از مایع تلمبه شده را در اطراف موتور گردش داده و گرمای ناشی از کارکرد موتور را دریافت می‌کنند و لذا موتور می‌تواند خارج از مایع قرار گیرد.

تلمبه‌های مستغرق می‌توانند به صورت ثابت به لوله خارجی تلمبه متصل شوند و یا به صورت قلاب قفل‌دار به زانوی پایه‌دار متصل شوند. در مورد اول لوله خروجی توسط زانوی پایه‌دار به صورت پیچ و مهره به لوله دهش تلمبه متصل می‌شود و در نوع دوم تلمبه توسط ریل هدایت و قلاب مخصوص روی زانوی پایه‌دار قرار می‌گیرد و لذا هنگام تعمیر تلمبه، نیازی به تخلیه تلمبه‌خانه نیست بلکه تلمبه توسط لوله هدایت، و زنجیر مربوطه توسط جرثقیل بالا کشیده می‌شود. زانوی پایه‌دار و قلاب مربوطه باید کاملاً آب‌بند باشند، در غیر این صورت با فرار آب از آن، بازده تلمبه کاهش می‌یابد.

پروانه تلمبه‌های انسدادناپذیر، باید برای عبور دادن مواد جامد دارای حداقل تعداد پره باشند. پروانه این تلمبه‌ها معمولاً به صورت بسته انتخاب می‌شود و این موضوع با توجه به نوع مواد فرسایشی که در فاضلاب وجود دارد برای حفاظت پره‌ها اختیار می‌شود. تعداد پره‌های پروانه تلمبه‌های انسدادناپذیر، یک یا دو و یا سه واحد می‌باشد و شیوه آرایش این پره‌ها به گونه‌ای است که حداقل عبور را برای مواد جامد فراهم می‌کند. در تلمبه‌های فاضلابی سازنده تلمبه باید عبور کمره‌ای به قطر ۷۵ میلی‌متر را تضمین کند. پره‌ها در لبه آن گرد شده است تا مانع گیر افتادن مواد رشته‌ای شوند در تلمبه‌های با ظرفیت زیادتر تعداد پره دو تا سه واحد است.

۵-۸-۲ تلمبه‌های گریز از مرکز در چاهک خشک

این تلمبه‌ها دارای محور جداگانه از محور موتور هستند و به صورت قائم و یا افقی قرار می‌گیرند. در نوع قائم ممکن است موتور روی قاب تلمبه سوار شود و یا آنکه با محور کوپلینگ‌دار در ارتفاع بالاتر برای جلوگیری از سیلاب گرفتگی قرار گیرد. پروانه این تلمبه‌ها نیز مانند تلمبه‌های مستغرق است و باید دست کم عبور برای کره‌ای به قطر ۷۵ میلی‌متر تضمین شود. در بدنه تلمبه و در زانوی مکش تلمبه معمولاً یک دریچه برای بازدید پروانه و همچنین خارج کردن موادی که در تلمبه گیر کرده است، در نظر می‌گیرند. دریچه بازدید به گونه‌ای تعبیه می‌شود که مانع جریان مایع در تلمبه نشود. آب‌بندی تلمبه توسط لایبیه‌های آب‌بند و یا آببند مکانیکی در نظر گرفته می‌شود. در نوع لایبی آب‌بند با پیش‌بینی رینگ و گریس کاری تحت فشار، مانع نفوذ فاضلاب حاوی مواد دانه‌ای می‌شود. در مورد آب‌بند مکانیکی تکی یا دابل، باید مصالح مورد استفاده از مصالح سخت دارای پوشش کربن و سرامیک انتخاب شود.

۵-۹ تغییر آبی در جریان هیدرولیکی^۱

تغییر آبی در جریان هیدرولیکی یک سامانه (تلمبه‌خانه و خط انتقال آن، خط انتقال و.....) عبارت است از تغییر مقدار جریان در آن سامانه که نهایتاً تغییر مقدار فشار (کاهش یا افزایش) را در سامانه به وجود می‌آورد. این تغییر ممکن است سبب پارگی خط لوله، له شدن آن، لرزش، جابه‌جایی خط، صدمه زدن به تلمبه‌خانه‌ها، ایجاد فاز بخار در سیال و ایجاد پدیده جدایی ستون آب^۲ در سامانه شود. این پدیده ممکن است ناشی از باز و بسته کردن سریع شیرآلات، توقف تلمبه‌ها ناشی از قطع برق، خرابی تلمبه‌ها، روشن و خاموش شدن تلمبه‌ها، خروج هوا از خط انتقال، عدم کارکرد تجهیزات کنترل بده و فشار سامانه و پارگی خط باشد و معمولاً در سامانه‌هایی رخ می‌دهد که شرایط زیر را دارا باشند:

- انرژی اضطراری نتواند سریعاً جایگزین قطع برق تلمبه‌خانه شود.
- طول خط انتقال به اندازه‌ای باشد که زمان انتقال رفت و برگشت موج فشار از نقطه تغییر جریان در سامانه، بزرگ‌تر از زمان قطع جریان باشد.
- برگشت جریان معکوس به داخل تلمبه ممکن شود.
- حرکت به جلو مایع پس از توقف تلمبه‌ها در سامانه‌های با ارتفاع استاتیکی کم ممکن شود.
- فشار کارکرد سامانه در مقایسه با مقاومت لوله، قبل از در نظر گرفتن ضربه قوچ بالا باشد.
- فشار سامانه در خط کم بوده و شرایط ایجاد فاز بخار سیال به علت تغییر ارتفاع ۱۰ متر یا بیشتر در خط ممکن شود.
- نقاط کور در خط که باعث تشدید و کوتاه شدن زمان برگشت موج فشار می‌شود، وجود داشته باشد.
- خط لوله انتقال دارای تغییرات ارتفاعی قابل توجه باشد.
- سرعت سیال در خط انتقال بالا باشد.
- مقدار جریان در خط موجود به میزان قابل توجهی افزایش یابد.
- خروج سریع هوای به تله افتاده ممکن شود.

1 - Hydraulic transient

2 - Column separation

- خط لوله بهر دلیل پاره شود.
 - زمان بسته شدن شیر خودکار و یا شیرهای کنترل سامانه، با زمان رفت و برگشت موج فشار تنظیم نشده باشد.
 - تکرار این شرایط، ایجاد خستگی پیری^۱ در لوله کرده و لوله صدمه یابد.
 - بررسی و تحلیل تغییر آنی که اصطلاحاً ضربه قوچ نامیده می شود برای آن است که :
 - لوله، متعلقات، شیرآلات متناسب با فشار به دست آمده انتخاب شود.
 - نوع و محل تجهیزات لازم برای کاهش پدیده سرج و ضربه قوچ به درستی انتخاب شود.
 - روش مناسب برای شروع، بهره برداری و توقف سامانه هیدرولیکی انتخاب شود.
- آنالیز شرایط ناپایدار هیدرولیکی پدیده ضربه قوچ و سرج، به دو روش و با مفروضات معین انجام می شود:
- الف - فرض صلب بودن سیال و لوله، تئوری سرج که به صورت معادله دیفرانسیل معمولی ساده بیان می شود. در این فرض انتقال موج فشار، آنی فرض می شود. محاسبات این روش ساده است و نیاز به محاسبات پیچیده ندارد، این روش در سامانه های ساده به کار می رود. ولی طراح باید برای به کارگیری این روش در سامانه های مناسب، تجربه و دانش کافی داشته باشد.
- ب - فرض الاستیک بودن سیال و لوله تئوری ضربه قوچ که در این حالت سیال و لوله، الاستیک فرض شده و فشار ایجاد شده با سرعت صوت (بین ۳۰۰ تا ۱۴۰۰ متر بر ثانیه) در طول سامانه مورد نظر رفت و برگشت می کند. این روش معمولاً دارای محاسبات پیچیده است و از راههای مختلف مانند محاسبات عددی، هندسی، روش مشخصه^۲، المانهای محدود^۳ انجام می گیرد، مزایای این روش دقت و تطبیق آن با شرایط موجود سامانه، و از معایب آن پیچیده بودن محاسبات، عدم تخصص کافی در محاسبات این روش و هزینه های نسبتاً بالای طراحی آن است.

۵-۹-۱ ضربه قوچ در تلمبه خانه های فاضلاب

تلمبه خانه های فاضلاب شهری با توجه به طول کوتاه خط انتقال (معمولاً به علت شرایط سپتیک شدن فاضلاب و مشکلات هواگیری طول خطوط انتقال فاضلاب کوتاه انتخاب می شود) و همچنین ارتفاع کم تلمبه زنی، هم از نظر ارتفاع استاتیکی و هم از نظر دینامیکی مشکلات مربوط به ضربه قوچ سامانه های انتقال آب را ندارد و معمولاً در کارهای فاضلابی این موارد در طیف محدود است. در تلمبه خانه های فاضلاب معمولاً به دلیل شرایط حجمی چاله تر و به طور کلی تغییرات ورودی فاضلاب به آن، در طول کارکرد تلمبه ها قطع و وصل مکرر تلمبه ها اتفاق می افتد و گاه نیز به علت قطع برق و از کارافتادن یا شروع به کار دوباره تلمبه ها، پدیده ضربه قوچ به طور مکرر ایجاد می شود. چنانچه مسیر خط انتقال در ابتدای تلمبه خانه سربالایی تندی داشته باشد و سپس در طول کوتاهی، پروفیل خط از نظر شیب ملایم شده و یا شیب معکوس گردد، نقطه رأس مزبور، برای ایجاد پدیده فاز بخار مایع و جدایی ستون آب در شرایط مناسبی قرار می گیرد.

1 - Fatigue stress

2 - Method of characteristics

3 - Finite elements

چنانچه خط انتقال از یک مخزن شروع شده و در انتهای این خط شیر قطع و وصل قرار گیرد و شیر به طور ناگهانی بسته شود، در محل شیر قطع و وصل با توجه به اینرسی مایع در حال حرکت به طرف شیر و کاهش سرعت آن از مقدار V_0 به صفر، فشار ایجاد شده که ارتفاع نظیر فشار آن (H) براساس رابطه زیر به دست می آید:

$$H = a \frac{V_0}{g} \quad (11-5)$$

این رابطه با فرض صلب بودن لوله و در آن a برابر سرعت موج در مایع و g شتاب ثقل است و طبق رابطه زیر به دست می آید:

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (12-5)$$

که K مدول الاستیسیته حجمی مایع درون لوله می باشد و ρ وزن مخصوص است. در سامانه متریک، H برحسب متر، V_0 ، a برحسب متر بر ثانیه، ρ برحسب کیلوگرم بر مترمکعب و K برحسب پاسکال است. چنانچه در خط لوله ای جریان فاضلاب با سرعت $1/8$ متر بر ثانیه و وزن مخصوص 1030 کیلوگرم بر مترمکعب در جریان باشد و مقدار $K = 1/5 \times 10^9$ پاسکال باشد $a = \sqrt{\frac{1/5 \times 10^9}{1030}} = 12/6$ متر بر ثانیه و $H = \frac{1/8 \times 1206}{9/81} = 221$ متر فشار ناشی از ضربه قوچ است که حداکثر فشار ایجاد شده می باشد. چنانچه فرض صلب بودن لوله به کنار گذاشته شود در این صورت می توان با رابطه تقریبی ساده شده به صورت رابطه زیر:

$$a = \frac{4660}{\sqrt{1 + CR}} \quad (13-5)$$

که در آن R نسبت قطر داخلی لوله به ضخامت آن و C نسبت مدول الاستیسیته حجمی مایع به مصالح لوله است. سرعت موج در لوله را محاسبه نمود. رابطه مزبور به طور کامل به صورت رابطه زیر:

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho(1 + \frac{K D}{E e})}} \quad (14-5)$$

است که چنانچه لوله به صورت صلب باشد $E = \infty$ شده و رابطه به صورت $a = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ در می آید.

در رابطه مزبور E مدول الاستیسیته مصالح لوله و e ضخامت جدار لوله می باشد.

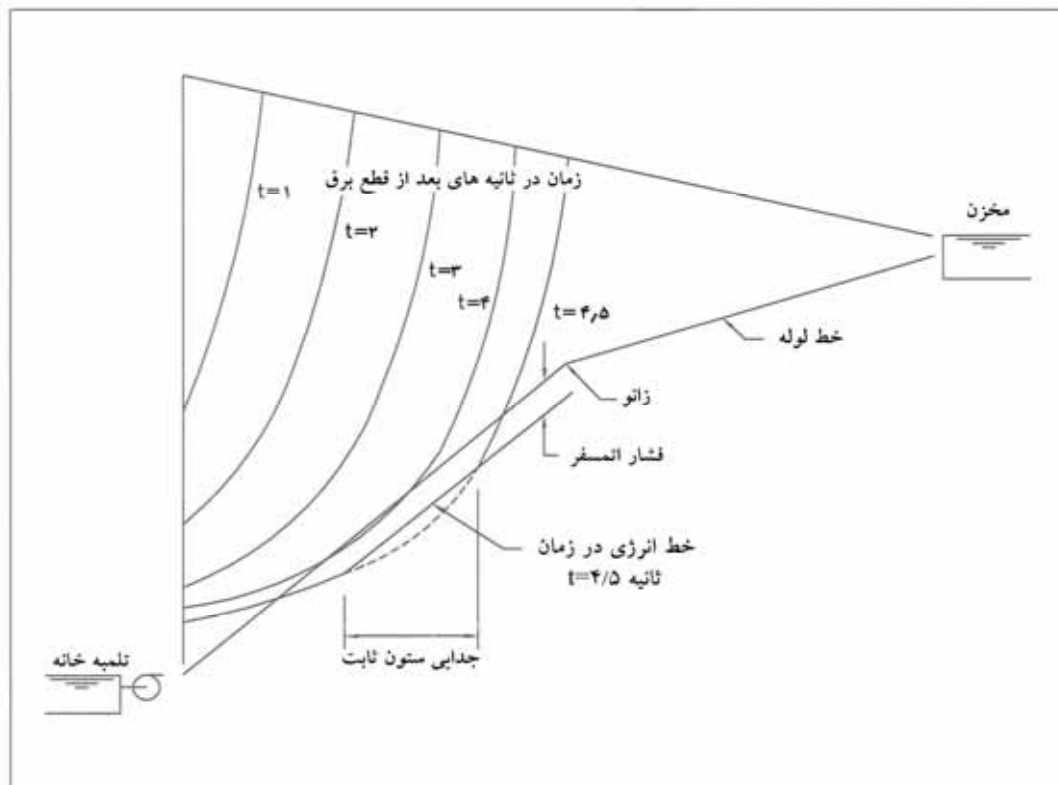
جدول ۳-۵ مدول الاستیسیته مصالح مختلف را نشان می دهد.

جدول ۵-۳- مدول الاستیسیته مصالح مختلف

مدول الاستیسیته (E) مصالح لوله (مگانیوتون بر سانتی مترمربع)	مصالح لوله
۲۰۵	فولاد
۱۳۰	آهن
۶۵	آلومینیم
۱۱۰	مس
۳	لوله P.V.C
۶	لوله G.R.P

در تلمبه‌خانه‌های فاضلابی که خط انتقال دارند با از کار افتادن تلمبه‌ها جریان وارده به داخل لوله به تدریج کاهش می‌یابد و متناسب با آن، سرعت داخل خط لوله، در طرف رانش آن نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش میزان فشار از نقطه رانش به پایین دست تلمبه می‌شود. معمولاً انتهای خط انتقال فاضلاب حوضچه و یا آدم‌رویی قرار دارد که در ارتفاع بالاتری نسبت به تلمبه‌خانه قرار می‌گیرد. موج کاهش فشار در پایین دست تلمبه‌ها با سرعت a در حرکت است اما از آنجا که مجموعه موتور، تلمبه (بخش گردنده) دارای اینرسی چرخشی (WR^2) است، کاهش مزبور به صورت تدریجی و با توجه به مشخصات تلمبه خواهد بود و به طور معمول مطابق شکل ۵-۶ است.

چنانچه موج کاهش فشار پایین تر از خط انتقال قرارگیرد، فشار منفی نسبت به فشار اتمسفر در خط ایجاد می‌شود و امکان غلیان مایع درون لوله وجود خواهد داشت. زمان لازم از شروع کاهش جریان تا انتهای خط، با توجه به طول خط (L) برابر $t = \frac{L}{a}$ است. موج کاهش فشار پس از رسیدن به حوضچه انتهایی، با توجه به ثابت بودن ارتفاع آب در حوضچه و در مقایسه با مقدار آن، باعث معکوس شدن جریان فاضلاب می‌شود و در این حالت یک موج فشاری مثبت از محل حوضچه با سرعت a به طرف تلمبه‌خانه برمی‌گردد. چنانچه شیر یک‌طرفه که معمولاً در خروجی (رانش تلمبه) قرار دارد به علت توقف پمپ و قطع جریان فاضلاب و همچنین ارتفاع استاتیکی موجود، بسته باشد در این حالت، جریان هنگام برخورد با شیر یک‌طرفه به علت بسته بودن آن صفر شده و موج فشاری ایجاد می‌کند. در حالتی که اینرسی گردشی پمپ و یا طول خط انتقال کوتاه باشد، شیر یک‌طرفه فرصت بسته شدن را پیدا نکرده و لذا جریان فشاری باعث برخورد شدید دریچه شیر یک‌طرفه با نشیمن‌گاه آن شده که اصطلاحاً آن را ضربه می‌نامند و باعث لرزش شدید خط و متعلقات لوله می‌شود.



شکل ۵-۶- وضعیت خط هیدرولیکی در یک نمونه تلمبه‌خانه با خط انتقال در ثانیه‌های پس از قطع برق تلمبه‌خانه

پرمکیان^۱ با رسم نمودارهای مختلف و در نظر گرفتن پارامترهای بدون بعد به صورت زیر:

$$2\rho = \frac{aV_o}{gH_o} \quad (۱۵-۵)$$

$$M\left(\frac{2L}{a}\right) \quad (۱۶-۵)$$

که در آن M به صورت ساده شده $M = \frac{447500H_oQ_o}{WR^2\eta_oN_o^2}$ است که در آن H_o, Q_o, N_o, η_o مشخصه‌های تلمبه در شرایط کار

عادی است و M به صورت معکوس ثانیه و L طول لوله برحسب متر است، WR^2 ممان اینرسی گردشی است که توسط

سازندگان ارائه می‌شود و به صورت تقریبی $WR^2 = 228 \left(\frac{P_o}{N_o} \right)^{1/435}$ محاسبه می‌شود. که در آن P_o, N_o دور موتور در دقیقه و قدرت موتور بر حسب کیلووات است که با استفاده از فرمول مزبور روش محاسبه ساده می‌گردد.

شکلهای ۵-۷ تا ۵-۱۴ نمودارهای مزبور را نشان می‌دهد.

با توجه به استفاده وسیع از کامپیوتر، نرم‌افزارهای مختلفی تدوین شده است که با استفاده از روشهای محاسباتی پیچیده و شرایط مختلف خط لوله و تلمبه نتایج دقیقی، که دارای دقت و سرعت مناسب است بدست می‌دهد. توصیه می‌گردد در طراحی خطوط انتقال فاضلاب از روش مزبور استفاده گردد.

۵-۹-۲ لزوم تحلیل ضربه قوچ

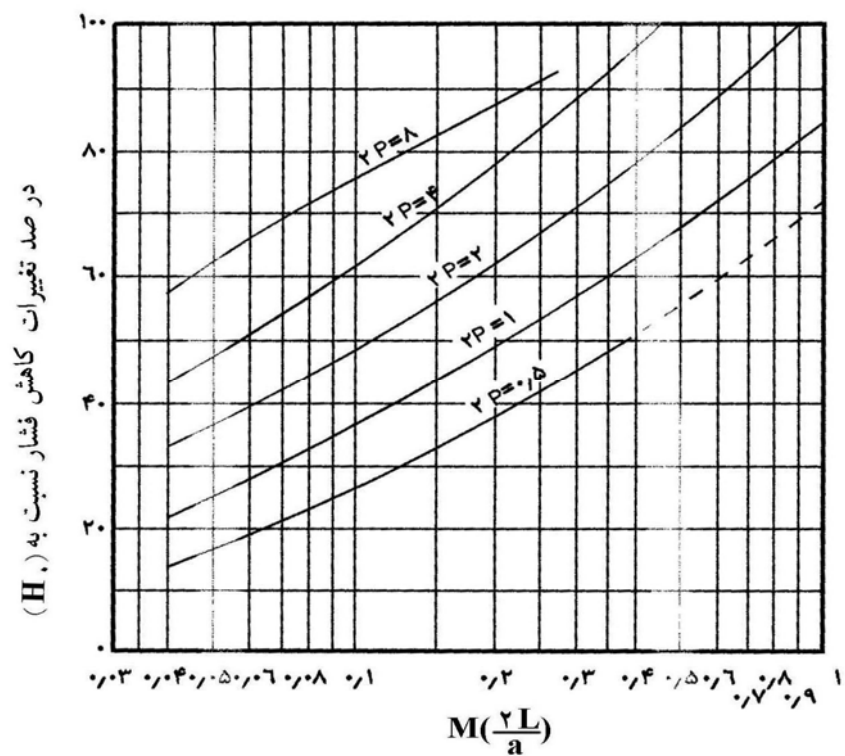
در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب با توجه به محدودیت طول خط انتقال و ارتفاع تلمبه‌زنی در همه شرایط نیازی به بررسی ضربه قوچ نبوده و معمولاً کلاس فشاری لوله، شیرآلات و متعلقات انتخاب شده جوابگوی شرایط ایجاد شده خواهد بود. شرایطی که نیاز به تحلیل ضربه قوچ ندارد به قرار زیر است:

- در تلمبه‌خانه‌هایی که ظرفیت خط انتقال کمتر از ۲۳ مترمکعب بر ساعت (۶/۴ لیتر بر ثانیه) باشد، با توجه به اینکه قطر خط انتقال نمی‌تواند از حداقل ۱۰۰ میلی‌متر کمتر باشد، لذا سرعت سیال پایین افتاده و اثر ضربه قوچ ناچیز می‌شود.
- هرگاه سرعت جریان در خط لوله کمتر از ۰/۶ متر بر ثانیه باشد.
- در سامانه‌ای که حداکثر ارتفاع استاتیکی (حداقل تراز در چاله تر و چاله تخلیه جریان فاضلاب) کمتر از ۱۰ متر باشد. توجه شود در سامانه‌ای که اختلاف ارتفاع (استاتیکی) در مقایسه با افت دینامیکی ناچیز باشد احتمال جدا شدن مایع و ایجاد فاز بخار وجود دارد.

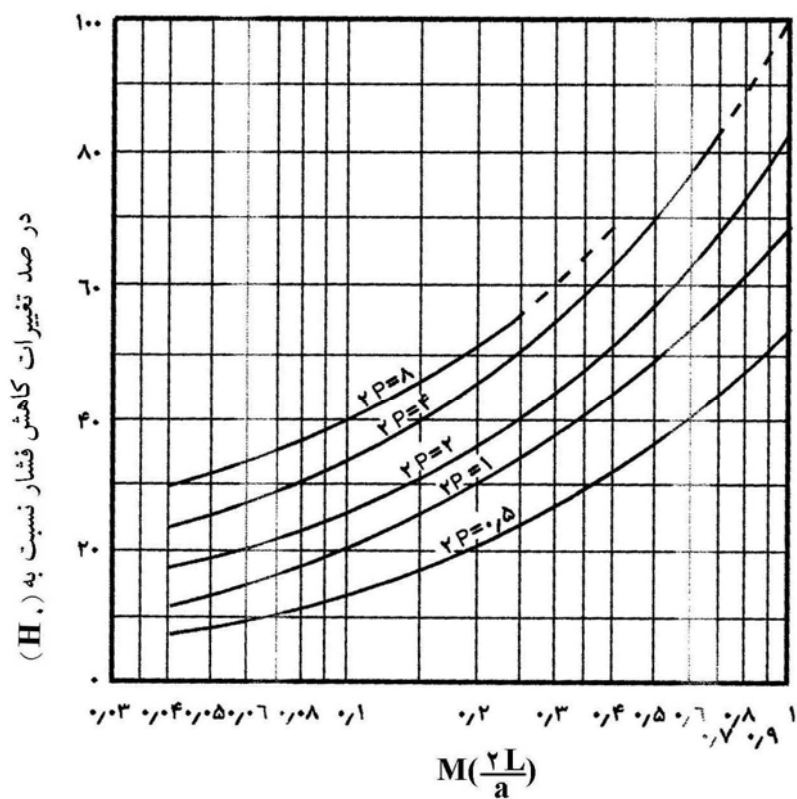
در شرایطی که سامانه تلمبه‌زنی دارای مشخصاتی به صورت زیر باشد باید مسائل مربوط به ضربه قوچ مورد توجه قرار گیرد و کنترل شود. [۹]

- شیب تند خط (طول خط انتقال کمتر از 20TDH^۱)
- سرعت در خط لوله بیش از ۱/۲ متر بر ثانیه
- فشار اسمی لوله و متعلقات کمتر از ۳/۵ برابر فشار کار سامانه باشد.
- زمان کاهش و برگشت جریان (تلمبه‌ها) کمتر از زمان بحرانی t_c باشد.
- زمان بسته شدن شیر یک‌طرفه از زمان بحرانی کمتر باشد. (t_c زمان بحرانی معادل $\frac{2L}{a}$ که L طول خط بر حسب متر و a سرعت موج فشاری است)
- زمان بسته شدن شیر (یا باز شدن آن) کمتر از ۵ ثانیه باشد.
- صدمات وارد به تلمبه و موتور در حالی که موتور تلمبه به صورت معکوس و در سرعت حداکثر بچرخد قابل توجه باشد.
- وقتی که تلمبه در مقابل شیر باز کار کند.

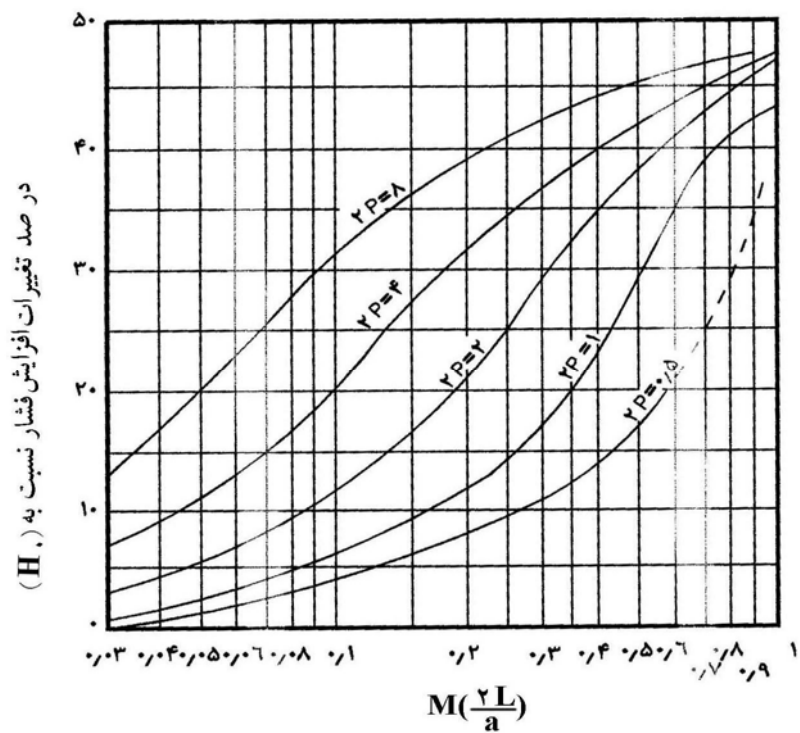
1 - Total dynamic head



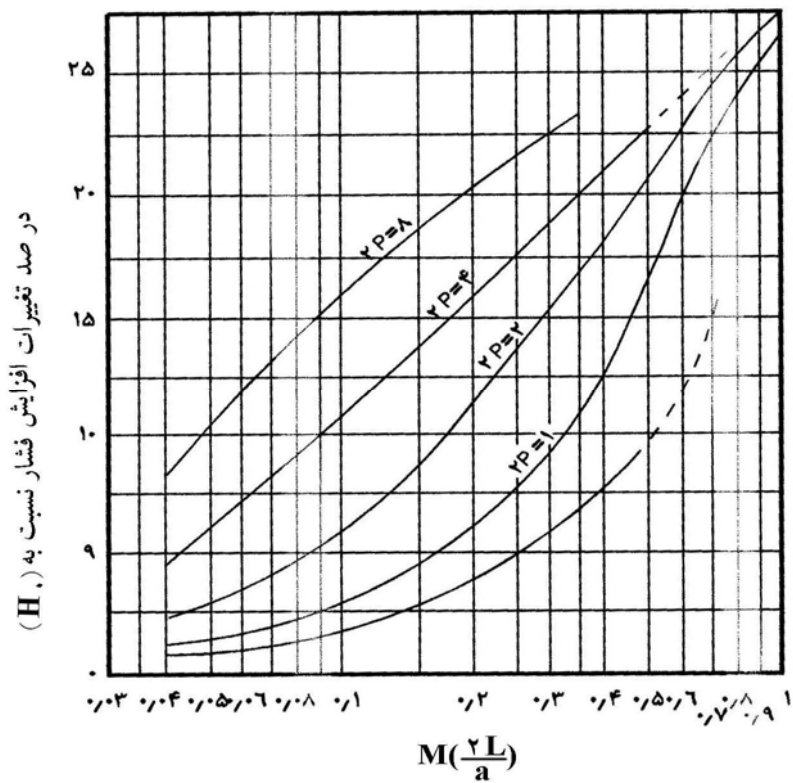
شکل ۵-۷- تغییرات کاهش فشار در محل تلمبه [۱۶]



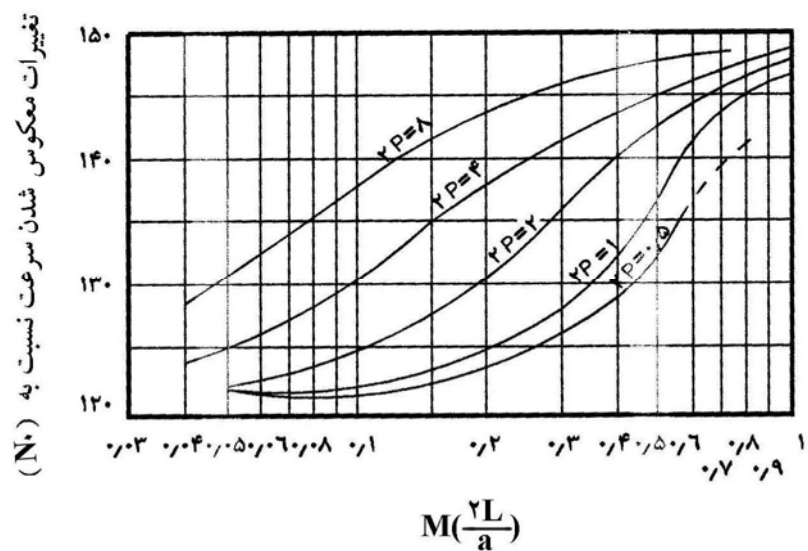
شکل ۵-۸- تغییرات کاهش فشار در نیمه خط انتقال [۱۶]



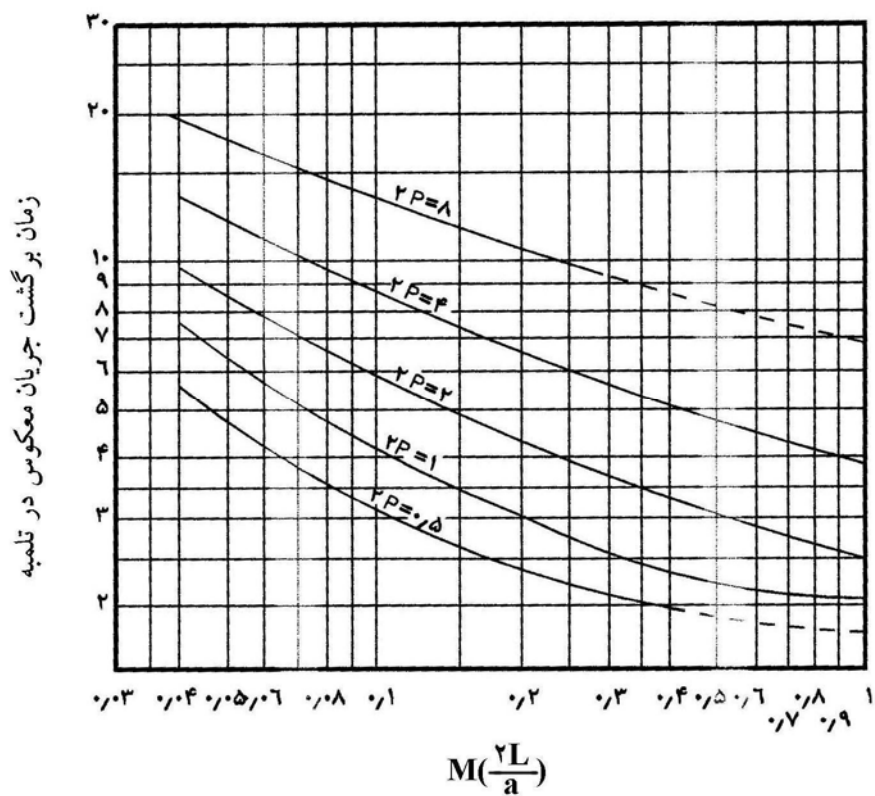
شکل ۵-۹- تغییرات افزایش فشار در محل تلمبه [۱۶]



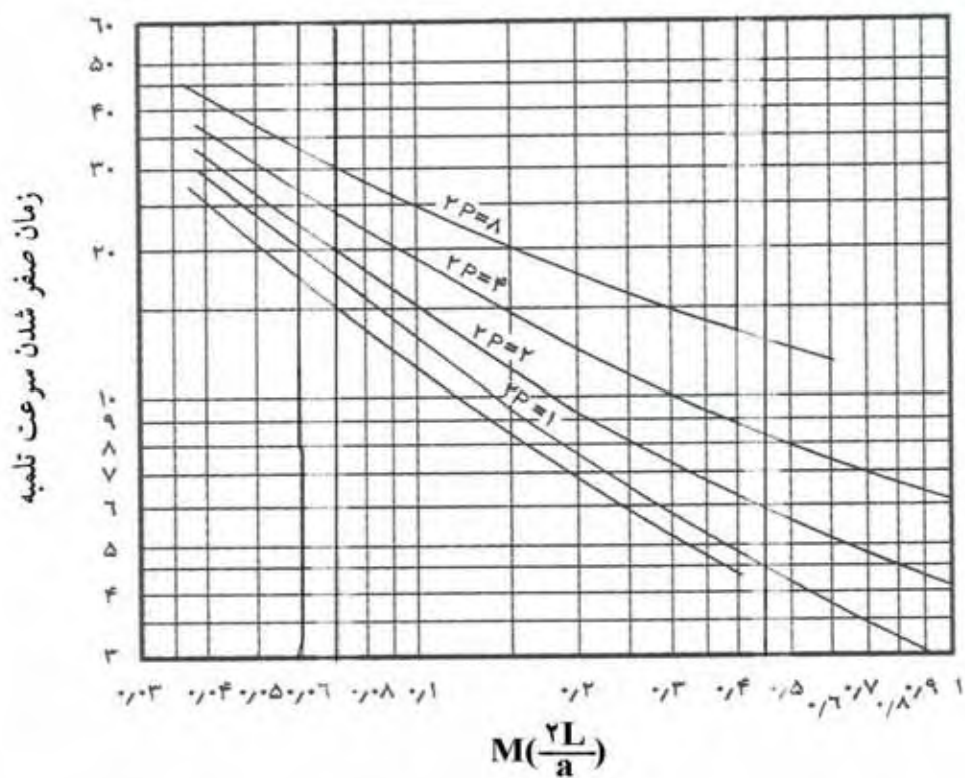
شکل ۵-۱۰- تغییرات افزایش فشار در نیمه خط انتقال [۱۶]



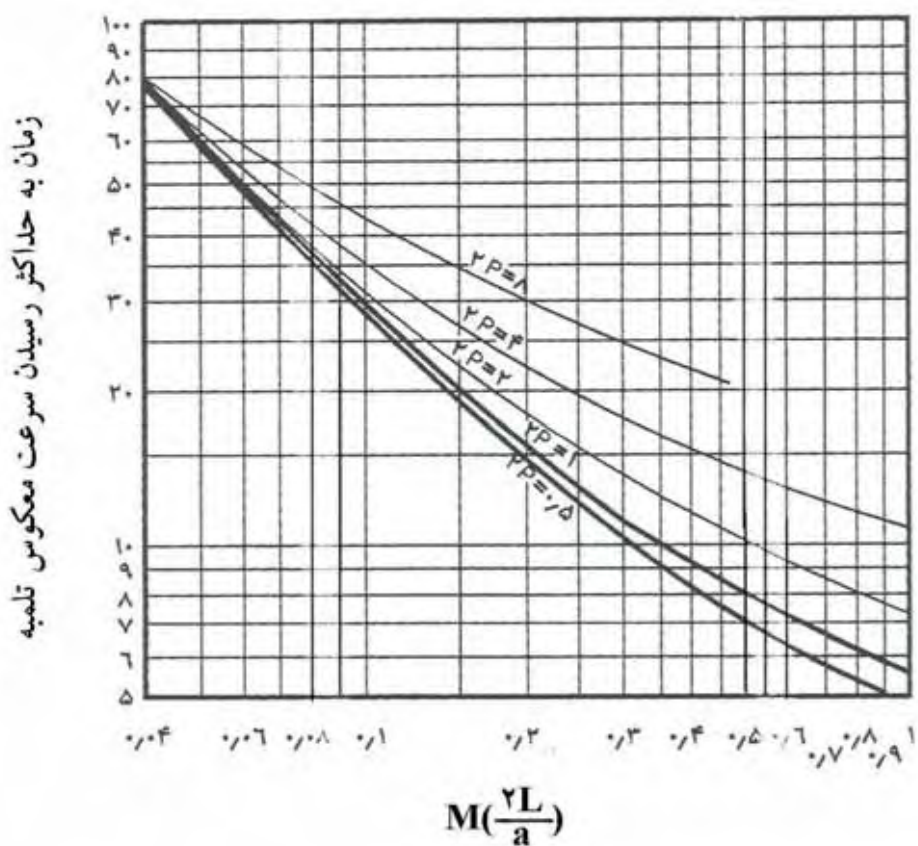
شکل ۵-۱۱- تغییرات حداکثر معکوس شدن تلمبه [۱۶]



شکل ۵-۱۲- تغییرات زمان معکوس شدن جریان در داخل تلمبه [۱۶]



شکل ۵-۱۳- تغییرات زمان صفر شدن سرعت تلمبه [۱۶]



شکل ۵-۱۴- تغییرات زمان به حداکثر رسیدن سرعت معکوس تلمبه [۱۶]

- وجود شیر کنترل که به سرعت بسته می‌شود و در شرایط قطع برق به‌صورت غیر قابل عمل در آید.
- توقف تلمبه و یا کاهش سرعت تلمبه به نقطه‌ای برسد که توان تلمبه‌زنی تلمبه در مقابل شیر بسته با توجه به سرعت تلمبه در آن مرحله، کمتر از ارتفاع استاتیکی بوده و این زمان قبل از آنکه شیر به‌طور کامل باشد.

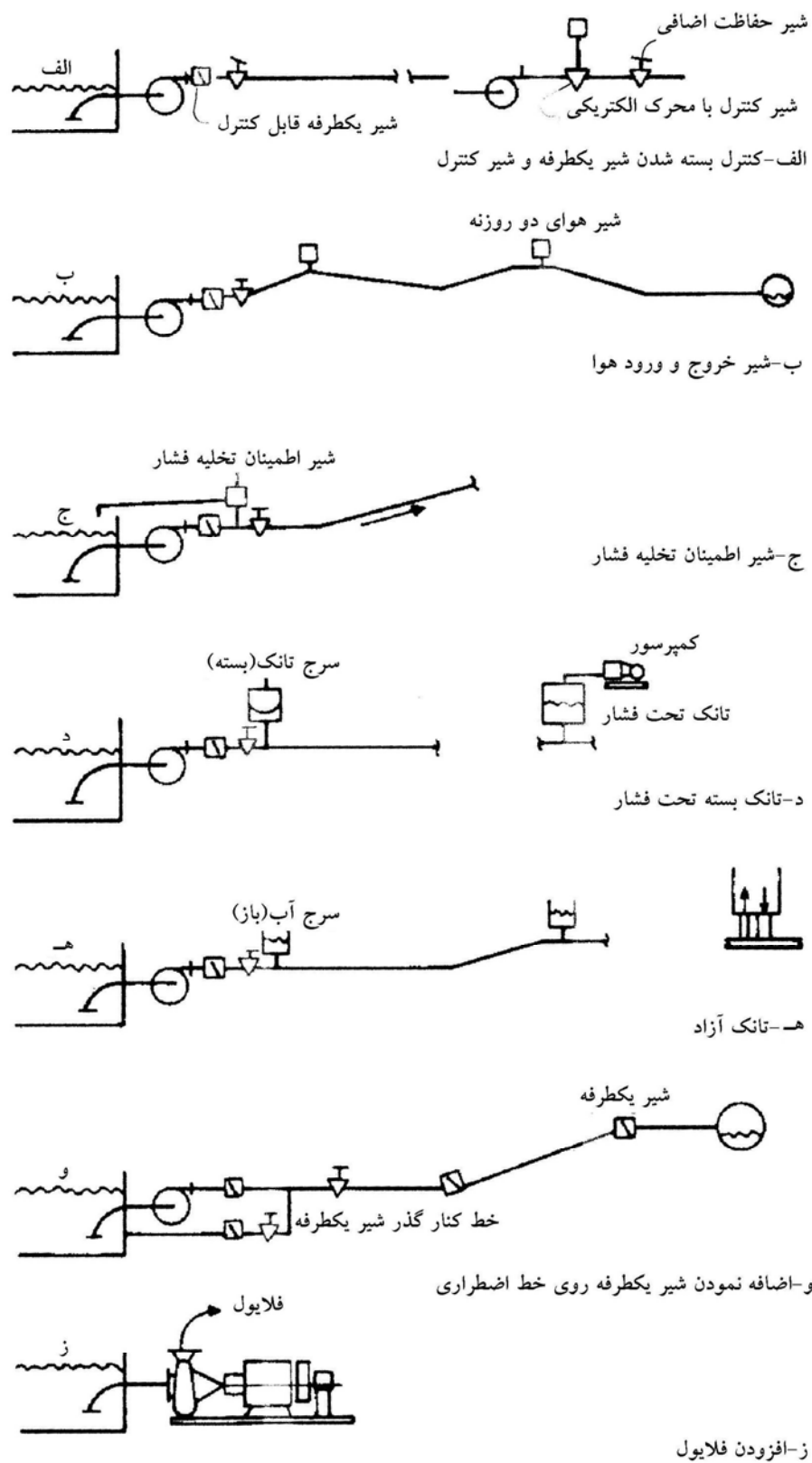
۳-۹-۵ تجهیزات کاهش ضربه قوچ

شکل ۵-۱۵ روشهای مختلف کاهش ضربه قوچ در خط انتقال و تلمبه‌خانه‌ها را به‌طور شماتیک نشان می‌دهد. روشهای مزبور به‌طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

- کنترل بسته‌شدن شیر یک‌طرفه و شیرهای کنترل تلمبه
- خروج و ورود هوا به داخل خط تخلیه تلمبه
- شیرهای اطمینان
- تانک تحت فشار کاهش ضربه قوچ
- کنترل تنظیم فشار ضربه قوچ
- شیر کنترل روی خط اضطراری
- اضافه کردن چرخ طیار روی موتور محرک تلمبه و افزودن وزن فلاپیول

شرح موارد به‌صورت زیر است:

- کنترل شیر یک‌طرفه و یا شیرهای کنترل تلمبه
در این روش، بسته شدن شیر یک‌طرفه و یا شیر کنترل تلمبه براساس زمان رفت و برگشت موج فشار در سامانه تنظیم می‌شود. این تجهیزات در شرایط اضطراری یعنی در مواقع روشن یا خاموش شدن شرایط عادی تلمبه و یا قطع برق عمل می‌کند. در این حالت با توجه به اینکه تلمبه در شرایط شیر بسته در موقع روشن شدن و همچنین در زمان خاموش شدن تلمبه در معرض ارتفاع کل تلمبه‌زنی قرار می‌گیرد برای مقابله با نیرویی که در پوسته حلزونی تلمبه در اثر چرخش پروانه تلمبه ایجاد می‌شود، لازم است جریان نسبتاً کمی سریعاً در تلمبه برای خروجی آن برقرار شود. شکل (۵-۱۵-الف) این سامانه را نشان می‌دهد.
- شیر خروج و ورود هوا
وضعیت خط انتقال فاضلاب ممکن است در بعضی شرایط اجازه دهد تا با پیش‌بینی شیرهای هوا، امکان ورود و خروج هوا در شرایطی که فشار داخل لوله بالاتر و یا پایین‌تر از اتمسفر، نوسان داشته باشد هوای به تله افتاده تخلیه شود. شکل (۵-۱۵-الف) این سامانه را نشان می‌دهد.
- شیر اطمینان تخلیه فشار
هرگاه فشار مایع بیشتر از حد معینی باشد شیر اطمینان تخلیه فشار اجازه می‌دهد جریان از آن خارج و به داخل چاهک تر تخلیه شود این شیر روی خط خروجی تلمبه قرار می‌گیرد. شکل (۵-۱۵-ج) موقعیت و شیوه تخلیه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۵- تجهیزات کاهش سرج در تلمبه‌خانه‌ها

- تانک بسته تحت فشار
در این سامانه، تانک بسته که تحت فشار کمپرسور هوا قرار دارد و نیمی از آن هوا و نیمی مایع است در خروجی تلمبه قرار می‌گیرد. بر حسب آنکه فشار خط لوله انتقال تلمبه بالاتر و پایین‌تر از حد تعیین شده باشد، جریان از تانک به طرف لوله و یا بالعکس عمل می‌کند. شکل (۵-۱۵-د) این سامانه را نشان می‌دهد.
 - تانک آزاد
این سامانه مشابه سامانه فوق است با فرض آنکه تانک تحت فشار نباشد و سطح مایع داخل آن، فشار اتمسفر را داشته باشد. این روش در شرایطی که ارتفاع تلمبه‌زنی کم باشد مناسب است. شکل (۵-۱۵-ه) این سامانه را نشان می‌دهد.
 - شیر یک‌طرفه روی خط اضطراری
در این روش شیر یک‌طرفه اضافه در خط اضطراری نصب می‌شود. شکل (۵-۱۵-و) در شرایط تلمبه‌زنی به علت فشار ناشی از کارکرد تلمبه، شیر یک‌طرفه بسته است ولی به محض آنکه تلمبه خاموش شد و فشار پشت شیر یک‌طرفه کمتر از ارتفاع سطح مایع در مکش تلمبه شد جریان از خط اضطراری از چاهک مکش وارد شده و بنابراین تا زمانی که این اختلاف فشار از بین رود، جریان ادامه دارد. این سامانه معمولاً در شرایطی مناسب است که فشار دینامیک در برابر فشار استاتیک بالا باشد و خط لوله تقریباً در یک پروفیل مسطح نصب شود و در شرایط خاموش شدن تلمبه ارتفاع مایع در بخش مکش بالاتر از فشار موجود در خط باشد. این سامانه به شیر اطمینان تخلیه فشار نیاز دارد.
 - اضافه کردن فلاپیول
مجموعه اینرسی گردش پروانه، شفت تلمبه و روتور موتور باعث می‌شود پس از خاموش شدن موتور هنوز جریان مایع در داخل پمپ ادامه داشته، به علت حرکت مجموعه فوق مایع جریان خواهد داشت. با اضافه کردن فلاپیول به موتور محرک و افزودن ممان اینرسی چرخشی به آن می‌توان زمان لازم برای جریان مایع در تلمبه را طولانی‌تر کرد و بنابراین مانع ایجاد پدیده جداسدن ستون آب از هم و ایجاد فاز بخار در سامانه شد. شکل (۵-۱۵-ز) این سامانه را نشان می‌دهد.
- جدول ۵-۷ خلاصه‌ای از روشهای گفته شده را با توجه به شاخص تعیین شده برای انتخاب روش مناسب نشان می‌دهد.

۵-۱۰ خط انتقال فاضلاب

در بیشتر موارد تلمبه‌خانه‌های فاضلاب دارای خط انتقال فاضلاب هستند. خط انتقال فاضلاب معمولاً از پروفیل زمین پیروی می‌کند. به علت شرایط فاضلاب و متعفن شدن آن و ایجاد گاز هیدروژن سولفور در آن، باید در شرایطی که توپوگرافی زمین اجازه دهد خطوط انتقال فاضلاب دارای شیب به طرف تلمبه‌خانه باشد، تا امکان هواگیری خط ممکن شود. هیچ‌گاه خط انتقال فاضلاب نباید به صورت افقی نصب شود. در خطوط انتقال فاضلاب و در نقاط بلند آن باید شیرهای تخلیه هوا به طور دستی و خودکار پیش‌بینی گردد. به طور معمول در نقاط بلند خط انتقال فاضلاب، حبابهای هوا همواره در شرایطی که فاضلاب در خط جریان داشته باشد کمی پایین دست تراز نقاط بلند قرار می‌گیرد و بنابراین شیرهای تخلیه هوا نباید حتماً در نقاط بلند قرار گیرد. در هنگامی که فاضلاب در خط جریان نداشته باشد، حبابهای هوا در نقاط بلند تجمع می‌کنند. در خط لوله سرعت حداقل ۱/۲ متر بر ثانیه لازم است تا برش لازم برای تغییر محل حبابهای هوا به پایین دست نقاط بلند ممکن شود. خطوط انتقال فاضلاب معمولاً برای سرعتهای ۰/۹ الی ۱/۵ متر بر ثانیه طراحی می‌شود. این سرعتها، برش لازم برای بهم زنی مواد جمع شده در کف لوله را ایجاد می‌کنند.

جدول ۵-۴- خلاصه روشهای انتخاب حفاظت از ضربه قوچ [۳]

روش حفاظت	شاخص انتخاب	ملاحظات
افزایش ممان اینرسی	$\frac{MN^2}{WALH_o^2} > 0.01$	در لوله کوتاه
جریان کنارگذر برای تلمبه	$\frac{aV_o}{gH_o} \gg 1$	ممکن است مقداری آب از تلمبه عبور کند
شیر یک طرفه در خط	$\frac{aV_o}{gh} > 1$	به طور معمول همراه با سایر روشها بکار می رود. امکان ایجاد فاز بخار در لوله (جدایی ستون آب)
سرج تانک	h	پروفیل خط لوله انتقال باید نزدیک خط انرژی باشد تا ساخت تانک قابل عمل شود.
شیر اتوماتیک تخلیه فشار	$\frac{aV_o}{gH_o} \ll 1$ $\frac{2L}{a} > 5$	پروفیل خط لوله باید محدب به طرف پایین باشد (احتمال پدیده جدایی ستون آب)
تانک تخلیه	$\frac{aV_o}{gh} > 1$	پروفیل خط لوله باید محدب به طرف بالا باشد. (ارتفاع نظیر فشار در تانک)
محفظه هوا	$\frac{aV_o}{gH_o} < 1$	پروفیل خط لوله شیرآلات بهتر است محدب و به طرف پایین باشد

مدت زمان ورود فاضلاب به چاله تر تلمبه و خروج فاضلاب از خط انتقال، به دلیل امکان متعفن شدن فاضلاب مهم است. چنانچه این زمان از ۱۲ ساعت فراتر رود، باید تمهیدات لازم، برای کاهش مدت زمان و یا جلوگیری از سپتیک شدن فاضلاب به عمل آید. این بررسی باید با توجه به جریان فاضلاب در سالهای ابتدایی بهره برداری از تلمبه خانه انجام گیرد.

حداقل قطر لوله انتقال برای فاضلاب خام ۱۰۰ میلی متر است و معمولاً قطر اقتصادی خط برای سرعتهای ۰/۹ الی ۱/۲ متر بر ثانیه به دست می آید. این سرعتها حداقل در چند ساعتی از شبانه روز باید در خط تأمین شود. هرگاه تغییرات میزان جریان، شدید باشد که بتوان سرعتهای مورد نظر را در همه شرایط تلمبه زنی تأمین کرد (سرعت کمتر از ۰/۹ متر بر ثانیه شده و یا از ۱/۸ متر بر ثانیه فراتر رود) به کارگیری دو خط به صورت موازی می تواند یکی از گزینه های مناسب باشد. برتری این روش این است که در صورت تعمیر یک خط، خط دوم می تواند به صورت ذخیره مورد استفاده قرار گیرد.

در مناطق گرم و مسطح زمان ماند فاضلاب در شبکه جمع آوری فاضلاب به علت کاهش سرعت فاضلاب در لوله ها (شیب کم لوله) زیاد شده و گرمای منطقه شرایط مناسب برای تسریع فعل و انفعالات بی هوازی را فراهم می کند. چنانچه آب مصرفی حاوی مقدار قابل توجهی سولفات باشد و یا آنکه نشت آب زیرزمینی سولفات دار به درون شبکه (مناطق جنوب کشور و مجاور

دریا) باعث تشدید گاز هیدروژن سولفور شده، در این موارد تزریق هوا به درون خط انتقال تحت فشار و یا انتخاب مواد شیمیایی دیگر مانند کلر، هیدروژن پراکسید مورد توجه قرار می‌گیرد.

مصالح مورد مصرف در خطوط انتقال، می‌تواند چدن، چدن نشکن، آزیست سیمان، پلی‌اتیلن، GRP باشد. خط لوله انتقال باید در محل زانو، سه راه دارای پشت بندهایی برای جلوگیری از حرکت آن باشد.

شیرهای هوا برای خط فاضلاب از نوع مخصوص و مناسب برای فاضلاب باشد. این شیرآلات باید در فواصل زمانی معین، مورد بازدید قرار گیرند و از مواد چربی و مواد جامد تخلیه و تمیز شوند. در همه نقاط پایین خط لوله انتقال که امکان جمع شدن مواد دانه‌ای وجود دارد شیرهای تخلیه^۱ هوا پیش‌بینی می‌شود. پرکردن خط انتقال برای شروع بهره‌برداری می‌تواند با آب و از پایین‌ترین نقطه خط انجام گیرد. سرعت پرکردن برای جلوگیری از حبس شدن هوای درون لوله، باید به آرامی انجام گیرد و از ۰/۶ متر بر ثانیه فراتر نرود. خطوط لوله انتقال فاضلاب باید همیشه به‌صورت پر نگهداری شود و بجز در موارد تعمیر، تخلیه نشود. از نظر هیدرولیکی، خط لوله به‌صورت کهنه از نظر زبری در نظر گرفته می‌شود، ولی در هر حال محاسبات برای لوله نو نیز انجام می‌شود و بنابراین در سالهای اولیه که لوله‌ها نو هستند کارکرد تلمبه‌ها با شرایط بعدی مقایسه می‌شود.

۶- طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

مطالعات مقدماتی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب باید به موارد زیر پاسخ دهد:

- استفاده از تلمبه‌خانه فاضلاب در مقایسه با روشهای دیگر از نظر فنی و اقتصادی قابل توجیه است
- موقعیت تقریبی تلمبه‌خانه
- ظرفیت، تعداد و نوع تلمبه‌ها و نوع تلمبه‌خانه
- نوع موتور محرک تلمبه‌ها
- نیاز به برق اضطراری با توجه به سامانه قدرت موجود
- شیوه حفاری (گودباز با شیب طبیعی و یا حفاظت‌شده)
- شیوه خودکار بودن تلمبه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری و اطلاعات
- مسیر خط انتقال فاضلاب
- تجهیزات جنبی تلمبه‌خانه

طراحی تلمبه‌خانه نیاز به رسته‌های مختلف مهندسی دارد که شامل رسته‌های زیر است:

- مهندسی راه و ساختمان که در آن موارد نقشه‌برداری، ژئوتکنیک، هیدرولیک و سازه تلمبه‌خانه مورد توجه قرار می‌گیرد.
 - مهندسی مکانیک که در آن تلمبه و تجهیزات لوله‌کشی، تجهیزات گرمایی و سرمایی، صدا، لرزش، کنترل بو موتور محرک تلمبه‌ها مورد نظر است.
 - مهندسی برق که در آن به کابل کشیها، تابلوهای برق، موتورهای الکتریکی، روشنایی، برق اضطراری تلمبه‌خانه توجه می‌شود.
 - معماری که در آن فضاهای اختصاص یافته، نمای ساختمان و ساختمانهای جنبی مورد توجه است. (برای تلمبه‌خانه‌های بزرگ)
 - مهندسی ابزار دقیق و کنترل که تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تأسیسات را در نظر می‌گیرد. (برای تلمبه‌خانه‌های بزرگ)
- ملاحظات کلی و اصلی که باید در هر یک از گرایشها و رسته‌های ذکر شده در طراحی تلمبه‌خانه، مورد توجه قرار گیرد به‌طور مختصر در این فصل توضیح داده می‌شود.

۶-۱ انواع تلمبه‌خانه‌ها

نوع تلمبه‌خانه‌ها برحسب عواملی مانند ظرفیت، عملکرد مورد نیاز، نوع تلمبه مورد نیاز، هزینه و شرایط محیط و زیبایی تعیین می‌گردد. تجهیزاتی مانند آشغالگیری، کنترل بو، برق اضطراری، تجهیزات جرثقیل که برای عملکرد یک تلمبه‌خانه ضروری تشخیص داده می‌شود در شکل و نوع تلمبه‌خانه مؤثر است. در حالی که ظرفیت تلمبه‌خانه از عوامل مهم در تعیین نوع تلمبه‌خانه است، محدودیت زمین محل تلمبه‌خانه می‌تواند عامل مهمی در تعیین نوع تلمبه‌خانه باشد.

تلمبه‌خانه‌ها را می‌توان از نظر موقعیت تلمبه و موتور و نوع اتصال موتور و تلمبه و شیوه ساختمان آن به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱-۱-۶ بر حسب موقعیت تلمبه

- تلمبه داخل چاله تر قرار دارد.
- تلمبه داخل چاله خشک قرار دارد.
- تلمبه بالای سطح آب قرار دارد.
- محور تلمبه به صورت اریب است (تلمبه های پیچوار)

۲-۱-۶ بر حسب موقعیت موتور محرک تلمبه

- موتور محرک بالای سطح زمین و در اتاقک بالایی تلمبه قرار دارد.
- موتور محرک زیر سطح زمین و در چاهک خشک قرار دارد.
- موتور محرک زیر سطح زمین در چاهک تر و به صورت یکپارچه با تلمبه است.

۳-۱-۶ بر حسب نحوه اتصال موتور محرک با تلمبه

- استفاده از موتور محرک با محور یک تکه با تلمبه و یا محور دو تکه و یا نوع مستغرق
- ۴-۱-۶ بر حسب آنکه موتور محرک در بالای سطح زمین در اتاقک قرار گیرد و یا در فضای باز باشد.

۵-۱-۶ بر حسب نوع ساختمان

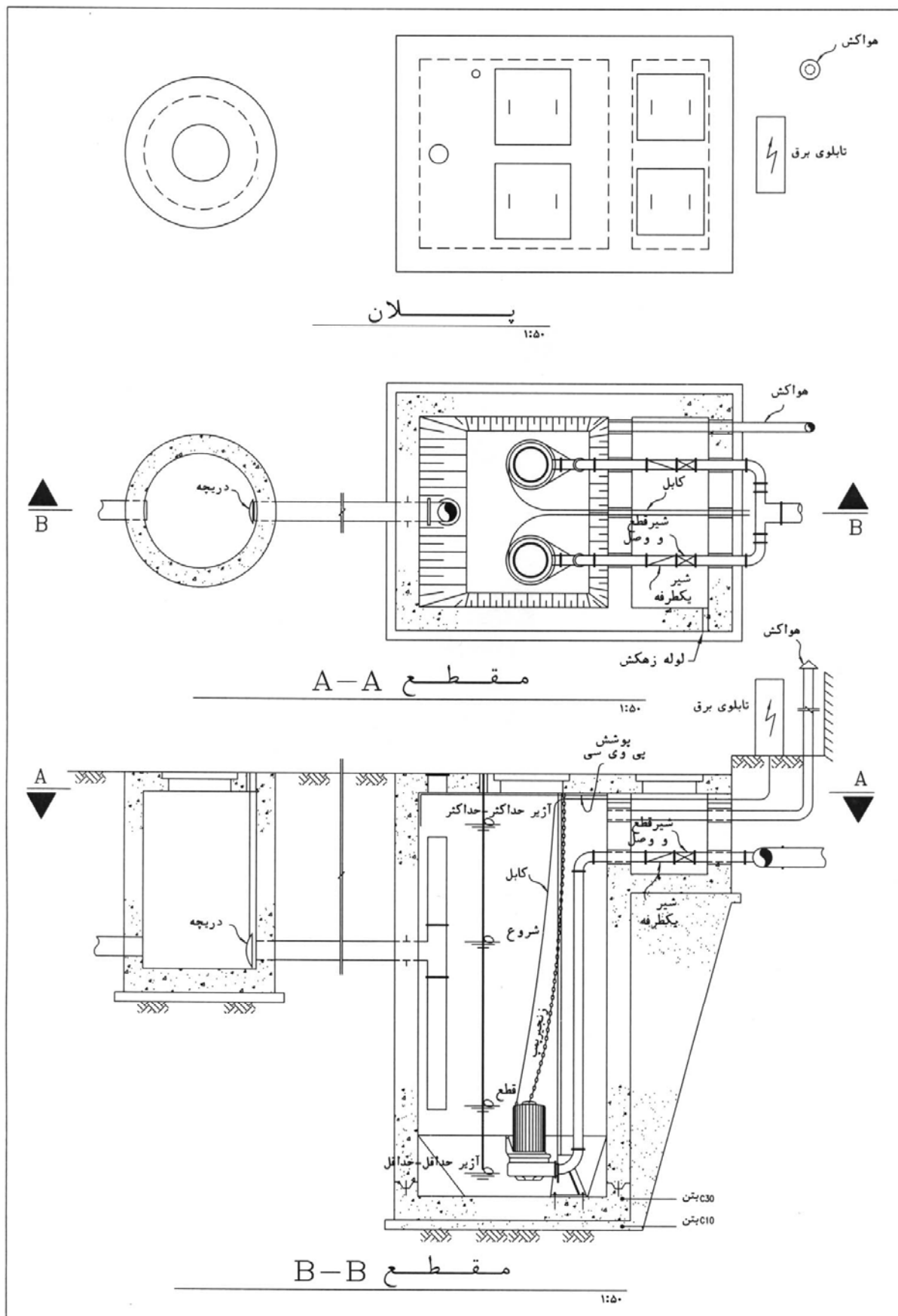
- تلمبه‌خانه‌های پیش ساخته و با تجهیزات تلمبه و لوله کشی به صورت مجموعه^۱
- تلمبه‌خانه‌های نوع درجاساخت

- تجهیزات تلمبه و لوله کشی به صورت مجموعه که داخل آدرو و یا تلمبه‌های درجاساخت قرار داده می‌شود.

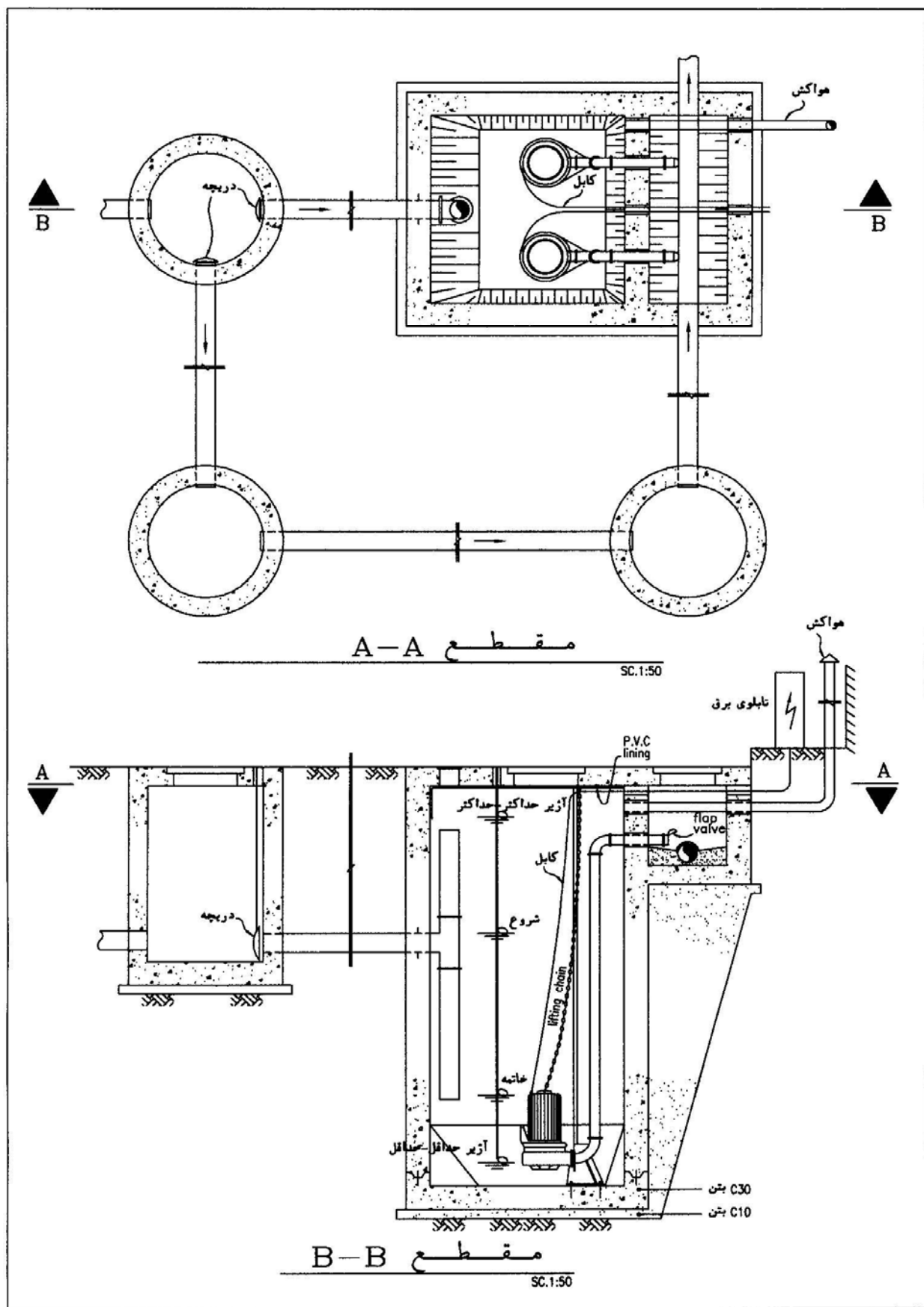
هریک از موارد فوق بر حسب ظرفیت تلمبه‌خانه می‌تواند دارای اشکال متفاوت باشد، از آنجا که طبقه‌بندی تلمبه‌خانه‌ها بر حسب ظرفیت برای انواع تلمبه‌خانه‌ها معمولی تر است. در ادامه به شرح انواع تلمبه‌خانه پرداخته می‌شود.

۲-۶ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت کم

تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت کم معمولاً برای انتقال فاضلاب ساختمانهای مسکونی در حدود حداکثر ۳۰ هکتار و با تراکم ۱۰۰ نفر در هکتار مورد استفاده قرار می‌گیرد و ظرفیت آن معمولاً تا ۲۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد. تلمبه‌های مورد مصرف در این نوع، معمولاً از نوع مستغرق می‌باشد. در این نوع تلمبه‌خانه که ابعاد آن محدود بوده و فاقد اتاقک روی زمین است، از دو واحد تلمبه که یک واحد آن ذخیره است استفاده می‌شود. شکل تلمبه‌خانه می‌تواند به صورت دایره مشابه آدرو و یا مربع مستطیل باشد تلمبه‌خانه‌های مزبور می‌تواند از نوع بالا آورنده (انتقال فاضلاب از نقطه عمیق به نقطه بالادست بدون خط انتقال) و یا با خط انتقال باشد. در حالت اخیر تلمبه‌خانه باید دارای یک اتاقک شیر که روی هر خط آن یک شیر قطع و وصل و یک شیر یک طرفه نصب می‌شود، باشد. این تلمبه‌خانه‌ها با توجه به آنکه فاقد اتاقک بالای تلمبه‌خانه است، می‌تواند در زیر معابر عمومی ساخته شود. تلمبه‌خانه‌های مزبور با توجه به ابعاد کوچک آن می‌تواند به صورت پیش ساخته و یا درجاساخت اجرا گردد. شکل ۱-۶ و ۲-۶ جزییات این تلمبه‌خانه را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱- تلمبه‌خانه با ظرفیت کوچک و تلمبه‌های مستغرق و خط انتقال



شکل ۶-۲- تلمبه‌خانه با ظرفیت کوچک با تلمبه‌های مستغرق (بدون خط انتقال)

۳-۶ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط

تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت ۲۵ الی ۲۵۰ لیتر بر ثانیه (رقم دوم حدوداً حداکثر لحظه‌ای فاضلاب جمع‌آوری شده از یک حوضه ۳۵۰ هکتاری است) تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط نامیده می‌شوند. در این تلمبه‌خانه‌ها با توجه به ظرفیت ورودی آنها می‌توان از انواع تلمبه‌ها (مستغرق، چاله خشک) استفاده کرد به علاوه با توجه به حدود حوضه‌ای که پوشش می‌دهد دارای اتاقک بالا و دیگر تجهیزات مربوط خواهد بود که با توجه به اهمیت آن، برای هر نوع توضیحات ارائه می‌شود.

۳-۶-۱ تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط از نوع پمپ مستغرق

تعداد تلمبه‌ها در این نوع تلمبه‌خانه برحسب مقدار ظرفیت تلمبه‌خانه و تغییرات جریان در طول شبانه‌روز و همچنین شیوه افزایش مقدار جریان ورودی فاضلاب به تلمبه‌خانه در نظر گرفته می‌شود و معمولاً بین دو تا سه واحد تلمبه کار مشابه و یک واحد تلمبه ذخیره خواهد بود. بهتر است در ورودی تلمبه‌خانه آشغالگیردستی در نظر گرفته شده و امکان دسترسی آسان از طریق پله برای تلمبه‌خانه فراهم شود. فواصل آشغالگیردستی با توجه به مجرای گذر تلمبه‌ها که حداقل ۷۵ میلی‌متر است، برابر ۵۰ میلی‌متر انتخاب می‌گردد. تجهیزات لازم برای بالاآوردن آشغالها و شستشوی محل جمع‌آوری آشغال در نظر گرفته می‌شود. روی مجرای ورودی به تلمبه‌خانه باید یک دریچه کشویی^۱ که به‌طور دستی باز و بسته می‌شود، در نظر گرفته شود که این دریچه در مواقعی که به دلایلی لازم است تلمبه‌خانه از سرویس خارج شود، بسته می‌شود. توجه شود که با بسته شدن دریچه، فاضلاب در مجرای ورودی پس زده می‌شود و بنابراین در شرایطی که تلمبه‌خانه فقط از نوع بالاآورنده است لوله کنارگذر برای ارتباط با آدم‌رو تخلیه تلمبه‌خانه، پیش‌بینی می‌شود تا با بالاآمدن سطح فاضلاب از طریق لوله کنارگذر به مجرای خروجی سوار شود. در شرایطی که تلمبه‌خانه دارای خط انتقال است، باید از طریق تلمبه سیار، انتقال فاضلاب را انجام داد، بنابراین در طرح لوله‌کشی تلمبه‌خانه باید مورد توجه قرار گیرد و گزینه دیگر اینکه برای تلمبه‌خانه با پیش‌بینی دیوار وسط دو چاله تر که توسط دریچه رابط بهم ارتباط یافته درنظر گرفته شود. در این حال می‌توان با خارج کردن یک چاله از سامانه و وارد کردن چاله دیگر (با بستن دریچه بین دو چاله) تلمبه‌های ذکر شده را تعمیر کرد، در شرایط عادی هر دو چاله تلمبه‌خانه کار می‌کنند. در این تلمبه‌خانه‌ها، تابلوی برق تلمبه‌خانه در فضای سرپوشیده قرار داده می‌شود و برای تلمبه‌ها دریچه بازدید در سقف که امکان خارج کردن آن از طریق جرثقیل و ریل هادی و زنجیر تلمبه باشد، درنظر می‌گیرند.

در تلمبه‌خانه‌های مستغرق، شیوه ورود فاضلاب به چاله تر با توجه به ملاحظات زیر صورت می‌گیرد:

الف - جریان فاضلاب به‌طرف تلمبه‌ها، باید به‌صورت مستقیم و بدون ایجاد گرداب و افت زیاد باشد.

ب - برای جلوگیری از ایجاد جریان گردابی^۲ و یا نقاط ساکن، دیوار جداکننده بین تلمبه‌ها و نزدیک به لوله ورودی پیش‌بینی می‌کنند تا جریان به‌صورت یکنواخت و به‌صورت قائم به‌طرف تلمبه‌ها حرکت کند.

ج - به‌منظور جلوگیری از رسوب که باعث گندیدگی فاضلاب و تصاعد گازهای مضر و بو می‌شود، باید کف چاله به‌طرف مجاری مکش تلمبه‌ها شیب داشته باشد.

1 - Penstock

2 - Vortex

- د- کفاب و مواد سبک و شناور در چاله تر و جمع شدن آن، از مشکلات بهره‌برداری در تلمبه‌خانه‌ها است. طراحی چاله باید به گونه‌ای باشد که بتوان سطح آب داخل چاله تر را هر از گاه به میزان کافی پایین برده تا با ایجاد اغتشاش، سرعت زیادشده و بدون آنکه هوا داخل تلمبه شود مواد شناور از سطح آب خارج شود.
- ه- هنگام کارکردن تلمبه‌ها با پایین افتادن سطح آب داخل چاهک تر ریزش فاضلاب زیاد شده و امکان مخلوط شدن هوا و ورود هوا به تلمبه‌ها زیاد می‌شود. در این حالت با پیش‌بینی صفحه بتنی اریب که مسیر حرکت را تا دهانه تلمبه افزایش می‌دهد فرصت کافی برای خارج شدن هوا از فاضلاب را در نظر می‌گیرند شکل ۳-۶ شمای کلی تلمبه‌خانه‌ها را نشان می‌دهد.

۲-۳-۶ تلمبه‌خانه متوسط نوع پمپ قابل نصب در چاهک خشک

ساختمان این تلمبه‌خانه از دو بخش چاله تر و چاله خشک تشکیل شده است. مشابه نوع تلمبه‌خانه‌های مستغرق، برای فاضلاب ورودی آشغالگیر دستی و راه دسترسی و دریچه کشویی در نظر می‌گیرند. تلمبه و موتور در چاله خشک قرار می‌گیرند و در این حالت فقط لوله مکش تلمبه‌ها از طریق دیوار میانی به چاله تر ارتباط دارد. در صورتی که محور تلمبه به صورت عمودی باشد تلمبه‌ها روی سکوی بتنی یا چدنی قرار می‌گیرند و مکش تلمبه توسط یک زانوی ۹۰ درجه به چاهک تر ارتباط دارد. در این حالت موتور محرک می‌تواند روی قاب تلمبه قرار گیرد و یا توسط یک محور کوپلینگ‌دار به موتور محرک در اتاقک رویی متصل شود. تابلوهای برق نیز در همین اتاق قرار داده می‌شوند. برای ارتباط به محل استقرار تلمبه بهتر است از پله استفاده شود تا در دوره بهره‌برداری و نگهداری، دسترسی به تلمبه‌ها و شیرآلات آسان شود. معمولاً برای چاله خشک، تلمبه تخلیه زهاب ناشی از چکه کردن تلمبه‌ها و همچنین تخلیه لوله‌ها، در نظر می‌گیرند خروجی تلمبه زهکش به چاله تر مرتبط است. کف تلمبه‌خانه چاهک خشک نیز شیب‌دار ساخته و به چاله زهکشی ختم می‌شود.

معمولاً سطح آب در چاله تر نباید به اندازه‌ای انتخاب شود که در لوله مکش تلمبه ایجاد گرداب کرده و باعث ورود هوا گردد. در طراحی لوله مکش و شکل چاله تلمبه مشکلات زیر وجود دارد که باید در طراحی چاله تلمبه در نظر گرفته شود.

الف - ریزش آزاد فاضلاب از لوله ورودی به تلمبه‌خانه به داخل چاله منجر به آزاد شدن گازهای محلول در فاضلاب و داخل شدن حبابهای هوا به درون آن می‌شود که این امر باعث ایجاد بو و کاهش بازده تلمبه می‌گردد. حبابهای هوا معمولاً مدت زیادی در فاضلاب باقی مانده و پس از کشیده شدن به داخل لوله مکش تلمبه، باعث کاهش بازده می‌گردد. اضافه شدن یک درصد حباب هوا، کاهش ۱۵ درصدی بازده تلمبه را به دنبال دارد. با پیش‌بینی مدت ماند کافی در داخل چاله تر و همچنین طی فاصله کافی تا رسیدن به دهانه مکش تلمبه و وجود ارتفاع کافی روی دهانه مکش موضوع فوق کاهش می‌یابد. با پیش‌بینی شیب در داخل چاله تر فاصله زیادتر شده و ریزش کمتر می‌شود.

ب - مناطق ساکن و بی حرکت و یا با سرعت کم در چاله تلمبه، باعث رسوبگذاری شده و شرایط متعفن شدن فاضلاب را ایجاد می‌کند و در صورت رسوب کردن مواد، معلق و شناور کردن آنها مشکل است.

ج - شکل هندسی چاله و همچنین شیوه مکش تلمبه، باعث حرکت چرخشی در کل جریان داخل چاله تر شده و معمولاً سرعت این چرخش به سمت لوله مکش، شدیدتر می‌شود که در این حالت مقدار NPSH قابل دسترس را در دهانه مکش تلمبه کاهش داده و موجب حفره‌زایی و در نتیجه ایجاد صدا و خوردگی در پره تلمبه می‌کند.

د- تداخل بین لوله‌های مکش تلمبه‌ها

ه- توزیع نامساوی جریان بین لوله‌های مکش تلمبه‌ها

با توجه به موارد گفته شده، ملاحظه می‌شود که طراحی یک چاله مناسب که این مشکلات را نداشته باشد، مشکل بوده و معمولاً در نظر گرفتن یک عامل باعث تشدید عوامل دیگر می‌گردد. پیش‌بینی ملاحظات زیر مشکلات ذکر شده را تعدیل می‌کند. (مرجع ۹)

- پیش‌بینی زانوی ۹۰ درجه برای لوله مکش تلمبه که به سمت پایین قرار می‌گیرد و فاصله آن با کف تلمبه‌خانه بین 0/33D تا 0/4D و حداقل ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. D قطر دهانه مکش در انتهای زانوی ناقوسی است.

- سرعت ورود آب به دهانه مکش (قطعه ناقوسی) کمتر از ۱/۱ متر بر ثانیه اختیار شود.

- سرعت آب در لوله مکش کمتر از ۱/۵ متر بر ثانیه اختیار شود.

- سرعت افقی جریان به سمت لوله‌های مکش در چاله تر همیشه کمتر از ۰/۳ متر بر ثانیه اختیار شود (سرعت بیشتر از ۰/۱۵ متر بر ثانیه مانع رسوب مواد داخل فاضلاب می‌گردد).

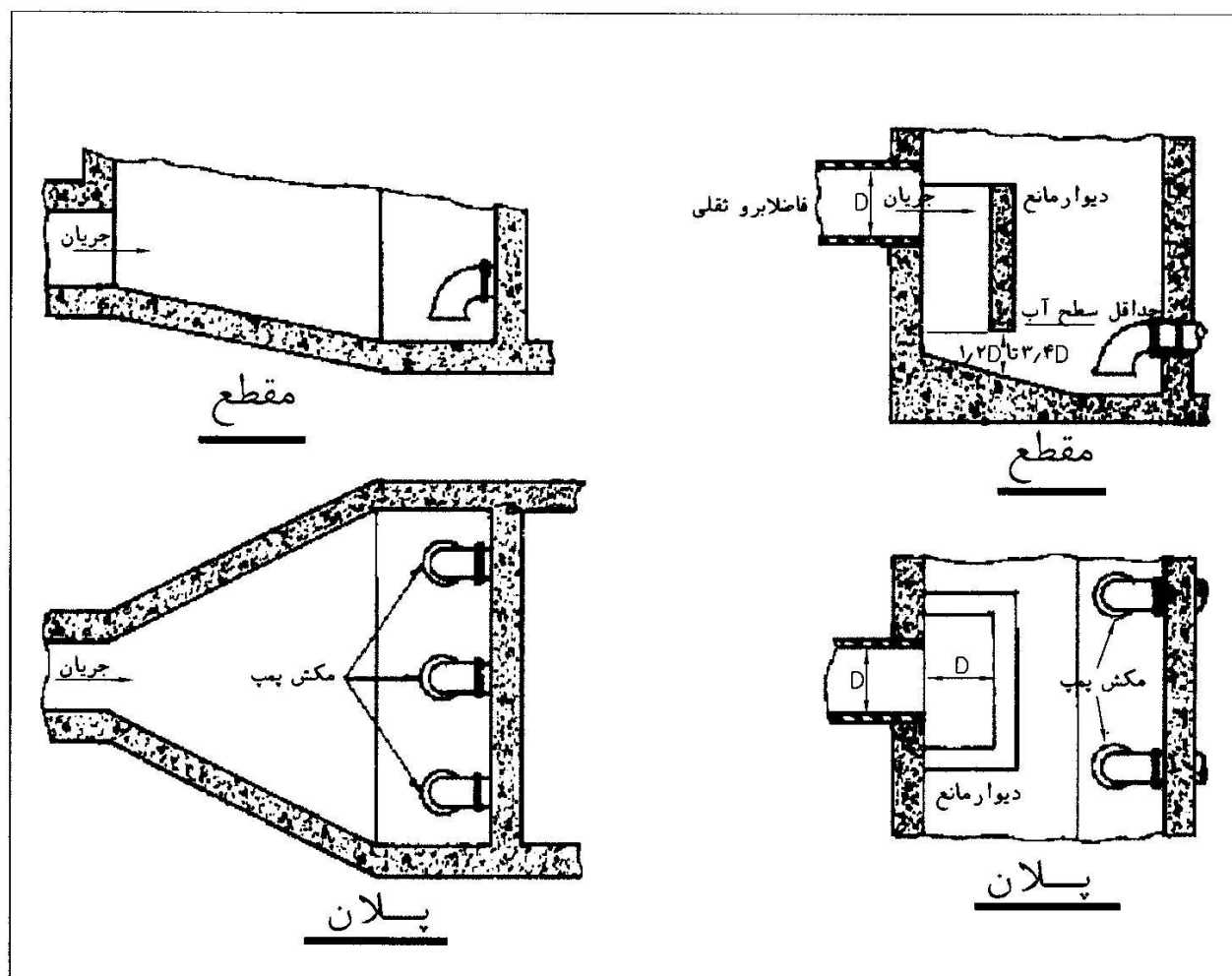
- حداقل میزان آب روی دهانه مکش تلمبه با ضریب اطمینان کافی اختیار شود.

- شکل هندسی چاله تر ایجاد جریان چرخشی در چاله تر نکند.

شکل ۴-۶ شیوه مکش تلمبه و کاهش موضوعات گفته شده را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۵-۶ تلمبه‌خانه‌های از نوع نصب‌شونده در چاهک خشک را در شرایطی که موتور محرک در طبقه بالا قرار داده می‌شود نشان می‌دهد. شکل ۶-۶ و جدول ۶-۱ اندازه و ابعاد لازم برای این نوع تلمبه‌خانه را ارائه می‌دهد.

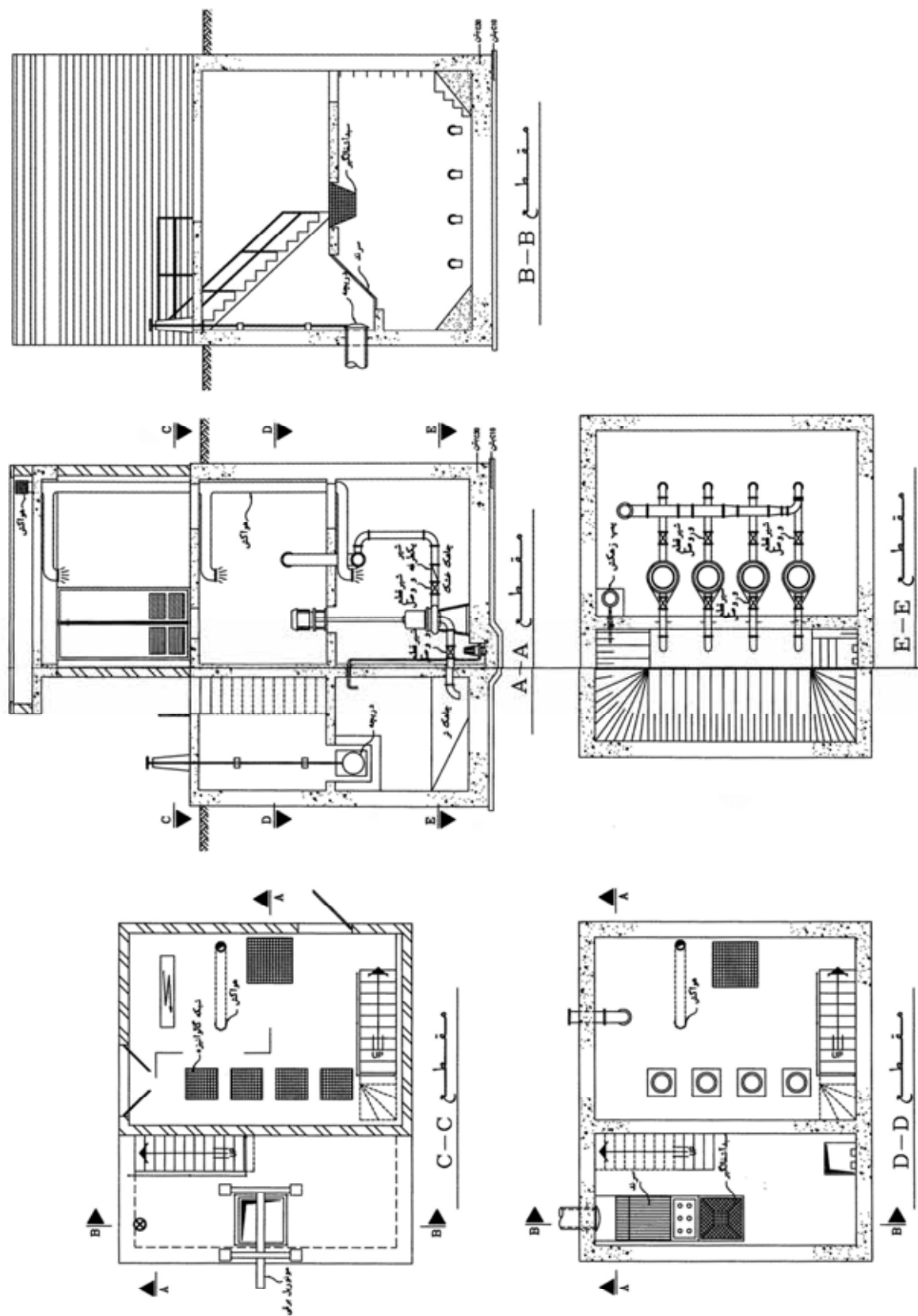
۴-۶ تلمبه‌خانه‌های بزرگ

تلمبه‌خانه‌های با حجم حداکثر ورودی فاضلاب بیش از ۲۵۰ لیتر بر ثانیه به بالا، معمولاً در ابتدای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و یا انتهای حوضه‌های فاضلاب‌گیر بزرگ قرار می‌گیرند. این تلمبه‌خانه‌ها می‌تواند از نوع تلمبه‌های مستغرق و یا نوع تلمبه در چاهک خشک در نظر گرفته شود. در این تلمبه‌خانه‌ها با توجه به حجم فاضلاب ورودی و میزان آشغال آن، تجهیزات آشغال‌روبی به صورت مکانیکی در نظر گرفته می‌شود و در شرایطی که سامانه جمع‌آوری فاضلاب به صورت مشترک انتخاب شود (آب باران و فاضلاب توسط یک شبکه جمع‌آوری شود) دانه‌گیری از فاضلاب باید قبل از تلمبه‌خانه صورت گیرد تا اولاً از فرسایش پروانه تلمبه‌ها جلوگیری شود و ثانیاً از انباشته شدن مواد ماسه‌ای چاله تر تلمبه‌خانه‌ها جلوگیری گردد. با توجه به تعداد تلمبه‌ها و همچنین روند افزایش مقدار فاضلاب در افق طرح تلمبه‌خانه‌ها (از نظر ساختمانی) بهتر است به صورت دو قسمت (دوقلو) ساخته شوند. در این تلمبه‌ها باید راههای دسترسی کافی برای تخلیه آشغالهای جمع‌شده، دسترسی به تلمبه‌ها و موتورها برای انجام تعمیرات و تعویضها در نظر گرفته شود. موارد ذکر شده درباره طراحی چاله تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت متوسط، در مورد تلمبه‌خانه‌های مزبور نیز صدق می‌کند. به منظور کاهش حجم چاله تر، در این تلمبه‌خانه‌ها می‌توان بالاترین ارتفاع سطح آب در چاله را به گونه‌ای انتخاب کرد که حجمی از کانال یا لوله ورودی فاضلاب جزو حجم چاله تر منظور شود. شکل ۶-۷ تلمبه‌خانه‌های بزرگ نوع مستغرق را نشان می‌دهد.

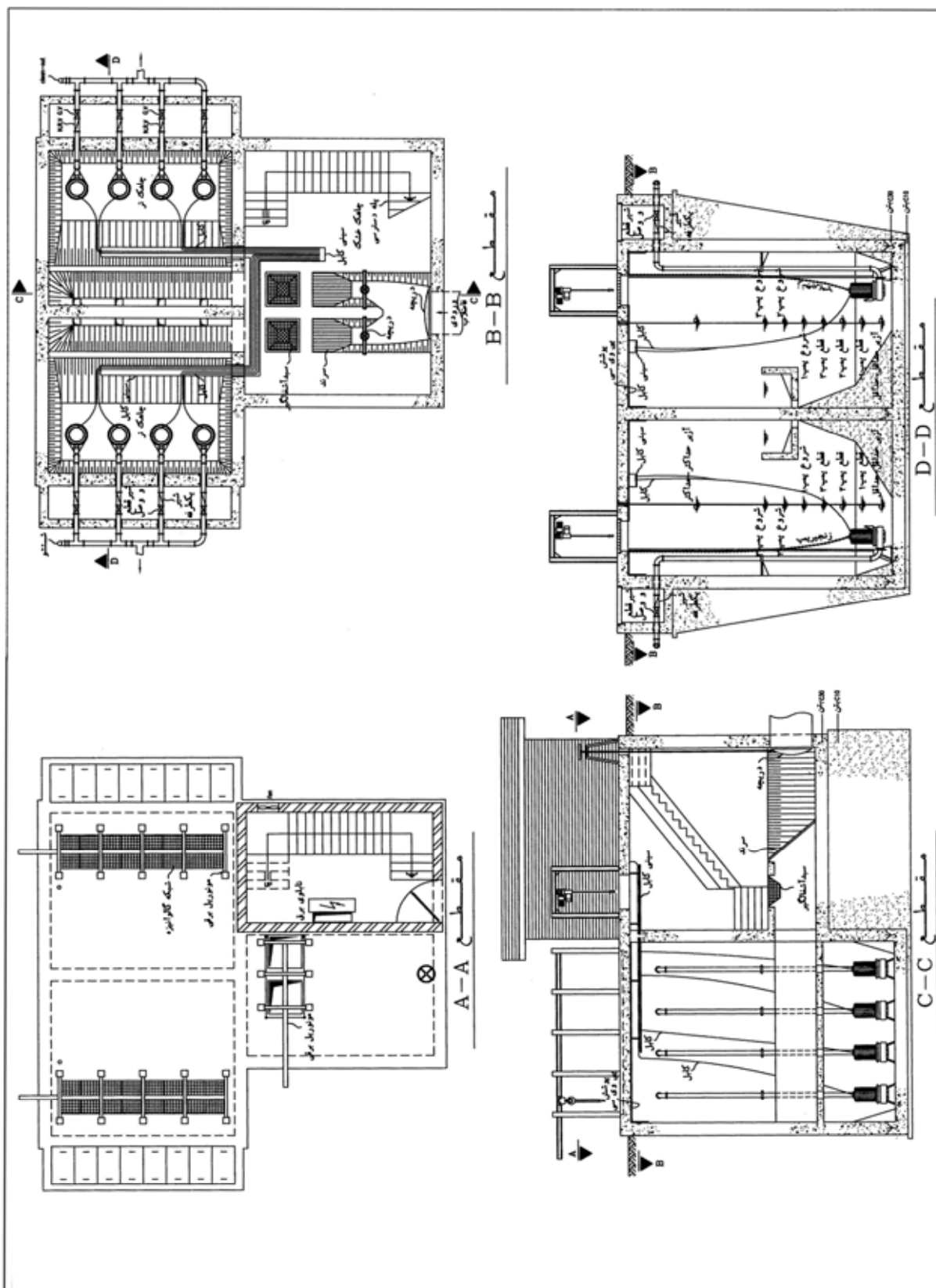


شکل ۴-۶- شیوه مکش تلمبه در تلمبه‌خانه‌های چاهک خشک و تر

شکل ۵-۶- تلمبه‌خانه با ظرفیت متوسط و تلمبه‌های نوع چاهک خشک



شکل ۶-۷ - تلمبه‌خانه با ظرفیت بزرگ و تلمبه‌های مستغرق و خط انتقال



جدول ۶-۱- ابعاد و اندازه‌های چاهک تر بر حسب ظرفیت تلمبه

ظرفیت حداکثر تلمبه (لیتر بر ثانیه)	قطر ورودی و خروجی تلمبه (میلی‌متر)		قطر شیر و متعلقات (میلی‌متر)		ابعاد چاهک تر (میلی‌متر)												
	مکش	رانش	مکش	رانش	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
۲۰	۷۵	۷۵	۱۰۰	۷۵	۸۱۰	۱۱۸۰	۸۶۰	۲۸۰	۱۲۷۵	۵۳۵	۲۸۰	۵۶۰	۳۳۰	۶۵۰	۱۰۰	۱۳۰۰	۸۵۰
۳۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۸۵۰	۱۳۵۵	۱۰۱۵	۳۵۵	۱۴۳۰	۶۷۵	۳۳۰	۷۲۵	۴۳۰	۶۵۰	۱۲۵	۱۳۰۰	۸۵۰
۵۵	۱۲۵	۱۲۵	۱۵۰	۱۲۵	۹۱۰	۱۵۳۵	۱۲۰۰	۳۵۵	۱۴۳۰	۶۷۵	۳۳۰	۷۴۰	۴۳۰	۶۵۰	۱۲۵	۱۵۰۰	۹۰۰
۸۰	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۹۷۵	۱۷۱۰	۱۳۰۰	۴۴۵	۱۵۸۵	۸۲۵	۴۳۰	۹۰۰	۵۴۵	۷۵۰	۱۶۵	۱۲۷۵	۹۰۰
۱۴۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۱۶۵	۲۰۰۰	۱۴۰۰	۵۲۰	۱۸۱۰	۹۵۰	۴۸۰	۱۰۵۰	۶۴۵	۸۵۰	۱۹۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰
۱۹۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۲۵۰	۱۲۴۵	۲۲۴۰	۱۵۵۰	۶۲۵	۲۰۱۰	۱۱۳۵	۵۳۰	۱۲۶۰	۷۷۵	۱۲۰۰	۲۵۵	۱۸۰۰	۱۲۰۰
۲۷۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۰۰	۱۳۷۰	۲۴۷۵	۱۶۰۰	۷۲۵	۲۷۱۰	۱۳۶۵	۶۸۰	۱۳۶۵	۹۰۰	۱۲۰۰	۲۹۵	۱۸۰۰	۱۲۰۰
۳۲۰	۳۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۳۵۰	۱۴۴۵	۲۵۸۵	۱۷۰۰	۸۱۵	۲۷۲۵	۱۵۵۰	۶۸۵	۱۵۵۰	۱۰۱۵	۱۵۰۰	۳۲۰	۲۰۰۰	۱۳۰۰
۴۵۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۱۵۲۰	۲۸۸۰	۱۸۵۰	۹۱۵	۲۷۸۵	۱۷۱۵	۷۱۰	۱۷۸۰	۱۱۶۰	۱۶۰۰	۳۸۰	۲۳۰۰	۱۳۰۰
۶۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۵۰۰	۴۵۰	۱۶۰۰	۳۰۶۵	۱۸۵۰	۱۰۱۰	۲۹۸۵	۱۸۴۵	۷۳۵	۱۸۴۵	۱۲۹۵	۱۶۰۰	۴۲۵	۲۶۰۰	۱۵۰۰
۸۴۰	۵۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۱۷۵۰	۳۴۱۵	۲۰۵۰	۱۱۹۵	۳۵۲۵	۲۳۰۵	۸۸۵	۲۳۰۵	۱۴۹۰	۱۶۰۰	۵۱۰	۳۰۶۰	۱۵۰۰
۱۰۶۰	۶۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۲۰۵۰	۴۱۰۵	۲۵۵۰	۱۳۶۵	۳۷۳۵	۲۶۳۵	۹۶۵	۲۶۳۵	۱۷۱۵	۱۷۰۰	۶۰۰	۳۶۰۰	۱۵۰۰

در این جدول M , N حداقلهای نشان داده شده در شکل ۶-۶ است.

۵-۶ حجم چاله تر

چاله تر در تلمبه‌خانه به‌عنوان حجم تعدیل‌کننده جریان فاضلاب در نظر گرفته می‌شود و تغییرات ورودی فاضلاب را کاهش می‌دهد. حجم انبار چاهک تر به نحوه تلمبه‌زنی بستگی دارد. در تلمبه‌هایی که بر اساس خاموش و روشن شدن کنترل شوند حجم انبار باید به اندازه‌ای انتخاب شود که مانع خاموش و روشن شدن کوتاه‌مدت تلمبه گردد. برای تلمبه‌خانه نوع نصب در چاهک خشک، ماکزیمم شش استارت در ساعت برای موتورهای به ظرفیت ۲۰ کیلووات و کمتر پیشنهاد می‌شود، برای تلمبه‌های با موتور به قدرت ۲۵ تا ۷۵ کیلو وات تعداد استارت ۴ بار در ساعت و برای تلمبه‌های با قدرت موتور ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلووات این تعداد به دو بار استارت در ساعت محدود می‌شود.

تلمبه‌های مستغرق که موتور آنها توسط مایع درون چاله خنک می‌شود، می‌تواند تا ۱۰ استارت در ساعت در نظر گرفته شود. زمان سپری شده بین استارت تلمبه‌ها، تابع عملکرد تلمبه (بده تلمبه) و میزان جریان ورودی فاضلاب به تلمبه‌خانه است، هرگاه مقدار جریان بین دو استارت نصف آبدهی تلمبه باشد، زمان مزبور حداقل است. برای اثبات این موضوع فرض می‌کنیم تلمبه‌خانه‌ای دارای یک واحد تلمبه کار، با آبدهی Q_p و مقدار فاضلاب ورودی Q_i باشد، در این صورت مدت زمان در یک سیکل کاری بین روشن شدن متوالی تلمبه برای خالی و پرشدن حجم V از چاله، به‌صورت زمان خالی شدن بر اساس $t_1 = \frac{V}{Q_p - Q_i}$ و زمان پرشدن $t_2 = \frac{V}{Q_i}$ و کل زمان $t = t_1 + t_2 = \frac{V}{Q_p - Q_i} + \frac{V}{Q_i}$ خواهد بود. اگر Q_i را با مضربی از X

با Q_p نشان دهیم، $Q_i = XQ_p$ رابطه t به‌صورت $t = \frac{V}{Q_p - XQ_p} + \frac{V}{XQ_p}$ خواهد شد. مشتق t در رابطه مزبور نسبت به

X برابر $\frac{dt}{dx} = \frac{V}{(Q_p - XQ_p)^2} - \frac{V}{2X^2 \cdot Q_p}$ می‌گردد و چنانچه برابر صفر قرار داده شود، $\frac{dt}{dx} = 0$ مضرب X که برای آن t

حداقل است، به‌دست می‌آید. $Q_p^2 X^2 + (Q_p - Q_p X)^2 = 0$ که در این رابطه $X = 0/5$ خواهد بود و در نتیجه $Q_i = 0/5 Q_p$ (مقدار فاضلاب ورودی نصف آبدهی تلمبه است) و با قرار دادن در رابطه زمان کلی بین دو استارت متوالی

(۱-۶) $t = \frac{4V}{Q_p}$ است. اگر t برحسب دقیقه، V برحسب مترمکعب و Q_p برحسب مترمکعب بر دقیقه فرض شود، $t = \frac{4V}{Q_p}$

به‌دست می‌آید.

در شرایطی که تلمبه‌خانه دارای چند تلمبه کار باشد می‌توان رابطه فوق را تعمیم داد به این ترتیب در شرایطی که تلمبه‌خانه دارای یک تلمبه کار باشد، حداقل زمان بین دو استارت متوالی در حالتی است که فاضلاب ورودی نصف آبدهی تلمبه باشد. برای حالتی که دارای دو تلمبه کار باشد، $1/5 Q_p$ برای سه تلمبه کار $2/5 Q_p$ و برای چهار تلمبه کار $3/5 Q_p$ و به‌طور کلی برای n تلمبه کار $(n - 0/5) Q_p$ خواهد شد.

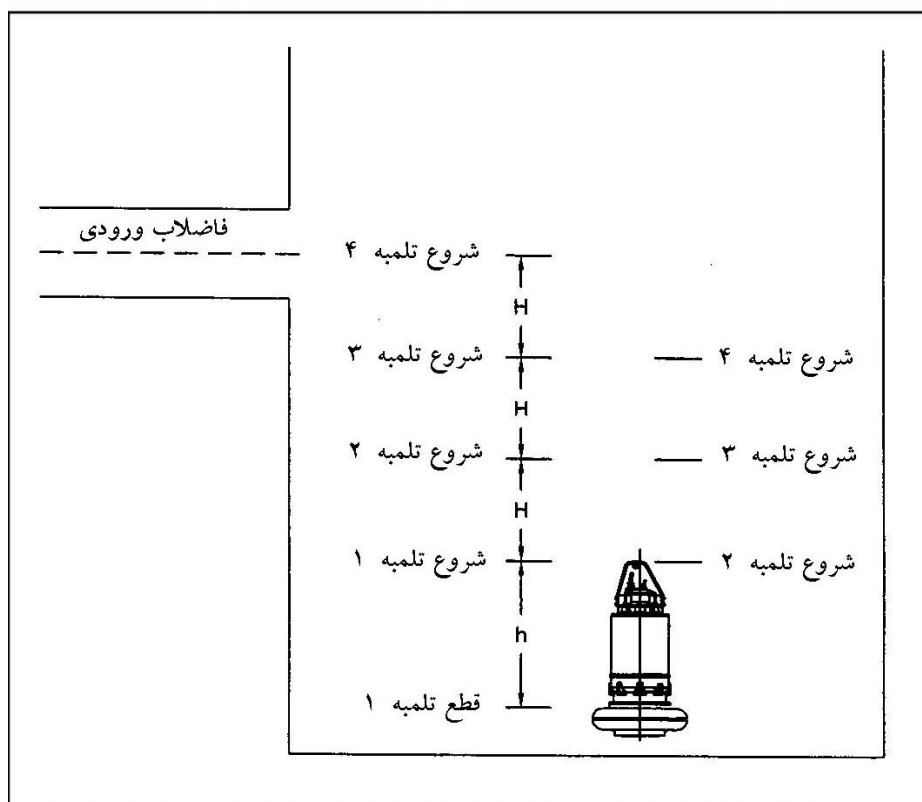
در این حالت برای آنکه حجم چاهک تر به حداقل برسد، حجم چاهک تر برای تلمبه اول برابر $V = \frac{Q_p t}{4}$ اختیار می‌گردد و

این حجم چاهک را بین حداقل ارتفاع مایع که درون چاهک اختیار می‌شود و ارتفاعی که تلمبه دوم از آن شروع می‌شود انتخاب می‌نمایند، این ارتفاع تابع سطح چاهک تر است. سپس تلمبه‌های دیگر با فاصله حدود ۳۰ سانتی‌متر اختیار می‌شود در

این صورت چنانچه سطح مقطع چاهک تر S باشد و فواصل انتخاب شده برای تلمبه‌های دوم به بعد H باشد و ارتفاع کارکرد تلمبه اول h انتخاب شود حجم چاهک تر برابر است با:

$$V = Sh + (n - 1)S.H$$

(۲-۶)



شکل ۶-۸- شیوه قرار گرفتن سطح‌سنجها

شکل ۶-۸ وضعیت مزبور را برای یک تلمبه‌خانه با چهار واحد تلمبه‌کار نشان می‌دهد. در این حالت اگر میزان سطح آب در چاهک تر از تراز شروع تلمبه ۱ که مربوط به تلمبه اول است بیشتر شود، تلمبه اولی کار می‌افتد (برای تلمبه مزبور ارتفاع h از حجم چاله تر منظور شده است). هرگاه مقدار فاضلاب ورودی کمتر از بده تلمبه مزبور باشد سطح آب پایین افتاده و در حداقل قطع تلمبه ۱ متوقف می‌شود. چنانچه فاضلاب ورودی بیشتر از ظرفیت تلمبه‌کار باشد در این حالت سطح آب در داخل چاله بالا رفته تا به حد شروع تلمبه ۲ که سطح شروع کار تلمبه ۲ باشد می‌رسد و برای تلمبه سوم و چهارم به همین روش خواهد بود. خاموش شدن تلمبه‌ها به همین صورت ابتدا از بالا تلمبه چهارم، سه، دو و یک خواهد بود. معمولاً برای طولانی شدن زمان بین

دو استارت، برنامه‌ریزی اختیار شده در کارکرد تلمبه‌ها به گونه‌ای است که به صورت گردشی کار نماید. برای مثال، اگر تلمبه‌ها را «الف-ب-ج-د» نامگذاری کنیم در سیکل اول «الف-ب-ج-د» خواهد بود و در سیکل دوم «ب-ج-د-الف» می‌گردد یعنی تلمبه کار اولی در این مرحله «ب» می‌شود سپس «ج-د-الف-ب» و «د-الف-ب-ج» و دوباره «الف-ب-ج-د». فواصل شروع و قطع هر تلمبه برحسب سطح مقطع چاله به میزان ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر اختیار می‌شود، حداقل سطح شروع تلمبه ۱ بر اساس توصیه سازنده تلمبه‌ها و به منظور جلوگیری از ورود هوا به داخل تلمبه در نظر گرفته می‌شود. از طرف دیگر حجم چاله تر حداکثر به میزان ۳۰ دقیقه متوسط جریان فاضلاب روزانه به تلمبه‌خانه مربوطه انتخاب می‌شود. انتخاب زمان کوتاه‌تر باعث کوتاه شدن زمان بین دو استارت تلمبه و در نتیجه افزایش تعداد استارت در ساعت می‌گردد. تلمبه‌های با سرعت متغیر حجم کمتری برای چاهک تر نیاز دارد زیرا بده تلمبه با جریان فاضلاب ورودی بهتر تطابق می‌کند و تعداد استارت در ساعت کاهش می‌یابد.

چاهک تر باید به گونه‌ای طراحی شود که فارغ از عملکرد تلمبه‌ها، فاضلاب در آن ته‌نشین نشود. در تلمبه‌خانه‌های بزرگ، چاهک تر با تیغه‌بندی باعث هدایت جریان فاضلاب به هر تلمبه می‌گردد.

در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب که دارای آشغالگیر باشند اگر سطح حداکثر فاضلاب در چاهک تر از رقوم کف کانال و یا لوله ورودی فاضلاب به چاهک تر بالاتر باشد، باید در مقطع مزبور سرعت جریان بین میله‌های آشغالگیر بین حداقل ۰/۴ تا ۱/۲ متر بر ثانیه (رقم ۰/۴ مربوط به سرعت جریان در حداقل جریان و ۱/۲ مربوط به سرعت جریان در حداکثر جریان ورودی به تلمبه‌خانه است) انتخاب شود.

۶-۶ ملاحظات ساختمانی در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

تلمبه‌خانه‌های فاضلاب معمولاً در پایین‌ترین نقطه حوضه که خاک نیز شرایط نامناسبی دارد، ساخته می‌شود. طراحی تلمبه‌خانه‌ها از نظر سازه و همچنین معماری، به عنوان پیش نیاز طرح به مطالعات ژئوتکنیک نیاز دارد و سپس طراحی معماری با توجه به محیط و محدودیت زمین و سازه آن که ملاحظات ژئوتکنیک و هیدرولیک را در نظر می‌گیرد، انجام می‌شود. در این بخش موارد زیر بررسی می‌گردد.

۶-۶-۱ مطالعات ژئوتکنیک

در طراحی سازه‌ای و همچنین شیوه گودبرداری و حفاظت دیوارهای گود تلمبه‌خانه باید گمانه آزمایشی برای نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های ژئوتکنیک صورت پذیرد. برحسب نوع خاک در طبقات مختلف زمین، نمونه‌برداری به صورت دست‌خورده و یا دست‌نخورده انجام می‌شود و شرح طبقات خاک در نیمرخ گمانه آزمایشی صورت می‌پذیرد. عمق گمانه آزمایشی معمولاً دو برابر عرض تلمبه‌خانه از کف آن در نظر گرفته می‌شود. و آزمایش‌های زیر صورت می‌پذیرد:

- طبقه بندی خاک
- دانسیته طبیعی، درصد رطوبت، ضرایب اتربرگ برای طبقات مختلف خاک
- آزمایش ضربه برای طبقات مختلف خاک

- برش مستقیم برای تعیین ضرایب ϕ, C', C, ϕ
- آزمایش یک محوری
- آزمایش سه محوری در شرایط زهکشی و غیر زهکشی و تعیین ضرایب C', ϕ, C, ϕ
- سطح آب زیرزمینی و مشخصات شیمیایی آن از نظر سولفات
- ضریب نفوذ پذیری خاک برای طبقات برخورد شده
- بر اساس مطالعات و آزمایشهای مزبور، آزمایشگاه ذیصلاح، گزارش مطالعات را تهیه و اطلاعات زیر را اعلام می‌دارد.
- شیب پایدار گود تلمبه‌خانه و شیوه نگهداری دیوار گود در حالت قائم
- احتمال تورم کف گود تلمبه‌خانه
- شیوه آبکشی و روشهای قابل اجرا در محل
- فشار جانبی خاک برای دیوار صلب و قابل انعطاف و فشار مقاوم^۱ خاک و تعیین ضرایب (K_p, K_a, K_o)
- مقاومت مجاز خاک
- بر اساس مطالعات ژئوتکنیک مهندس طراح باید موارد زیر را مشخص کند:
- مناسبترین روش گودبرداری تلمبه‌خانه را با توجه به شرایط منطقه از نظر محدودیت زمین، ترافیک، مزاحمت برای مردم، برخورد به تأسیسات، شرایط زمین انتخاب کند. روشهای مختلف گودبرداری می‌تواند شامل گودبرداری با شیب پایدار، سپرکوبی و مهاربندی دیوارهای گود و گودبرداری آن، به‌کارگیری صندوقه^۲ (در تلمبه‌خانه‌های کوچک)، تزریق سیمان برای ایجاد یک دیوار و کف ثابت و غیر قابل نفوذ، باشد.
- مناسبترین روش آبکشی و خشک کردن گود ترانشه با توجه به مشخصات خاک و اینکه ساختمانهای اطراف چگونه است. در این قسمت مهندس طراح آبکشی مستقیم از داخل گود تلمبه‌خانه، سامانه آبکشی از طریق پمپهای کوچک هوامکش^۳، حفر چاههای عمیق در اطراف گود و پایین انداختن سطح آب زیرزمینی در اثر آبکشی، به‌کارگیری سپر برای رسیدن به طبقه غیر قابل نفوذ و یا پیش‌بینی ریشه کافی برای سپر به‌منظور ایجاد افت فشار در حرکت آب به کف تلمبه‌خانه و همچنین تزریق بنتونیت و یا سیمان را مورد توجه قرار می‌دهد.
- مناسبترین روش برای مقابله با شناور شدن تلمبه‌خانه چه روشی خواهد بود. در این قسمت مهندس طراح اضافه کردن وزن تلمبه‌خانه، کوبیدن شمع‌های کششی در کف گود، مهاریهایی پیش تنیده و یا پیش‌بینی زهکش در سامانه را (چنانچه شرایط توپوگرافی اجازه دهد) مورد بررسی و مقایسه قرار می‌دهد.
- تأثیر گودبرداری، شمع کوبی و سپرکوبی بر ساختمانهای مجاور باید بررسی شود.
- دیگر شرایط غیر معمول مانند وجود طبقات سنگی متفاوت، وجود چشمه، پدیده روانگرایی^۴ بررسی شود.
- وضعیت تلمبه‌خانه پس از احداث و در صورتی که گودبرداری در مجاور آن قرار گیرد و فشار جانبی غیر متعادل بر آن وارد آید چگونه خواهد بود.
- نوع پی مناسب مشخص گردد.

1 - Passive

2 - Caisson

3 - Wellpoint

4 - Liquefaction

۶-۶-۲ ملاحظات معماری

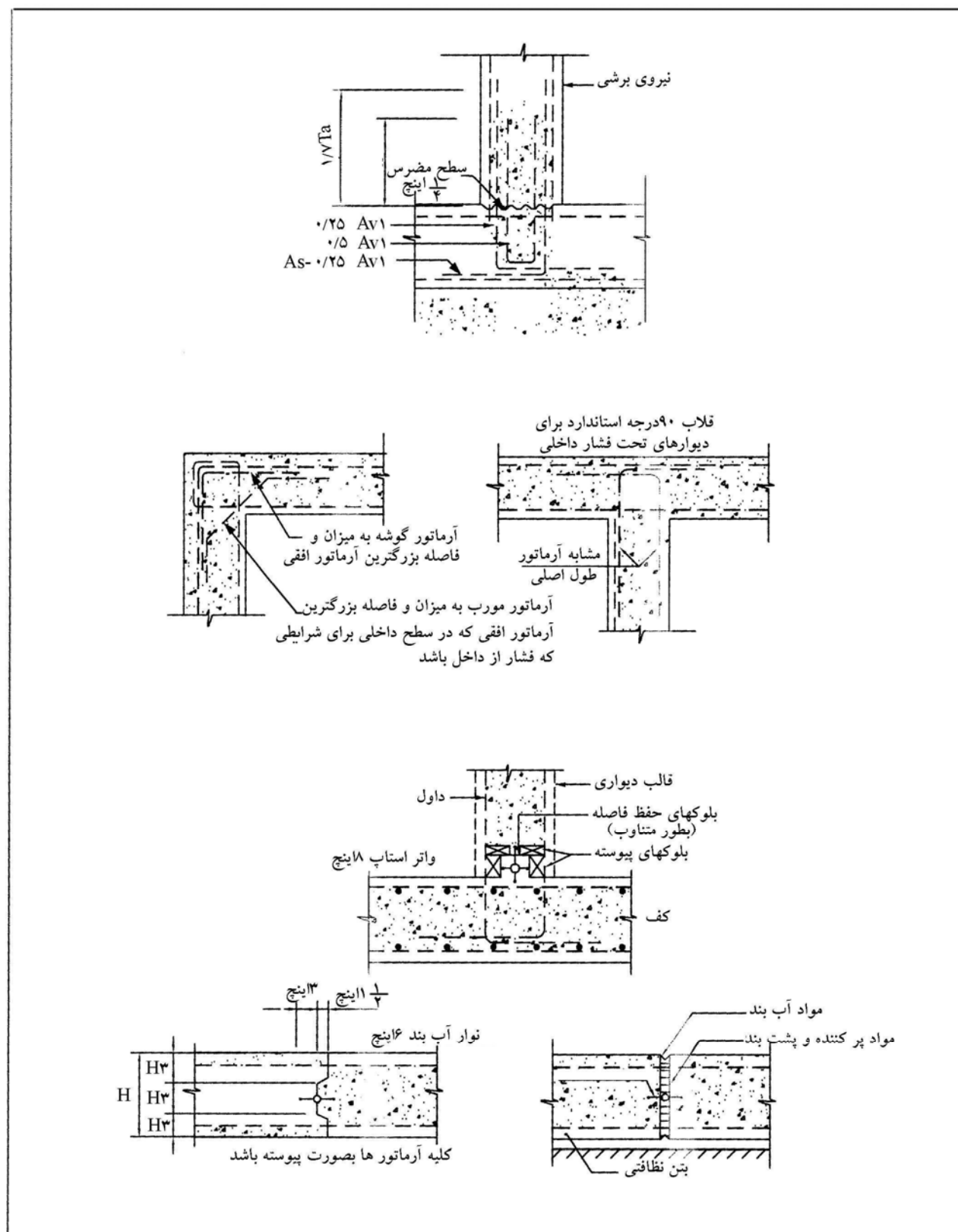
پیش از طراحی معماری تلمبه‌خانه باید یک سری مطالعات و اقدامات در ارتباط با قوانین موجود محیط زیست، شهرداری منطقه، محدودیتهای وضع شده برای ساخت‌وساز با توجه به طرح تفصیلی منطقه، ملاحظات اجتماعی، شیوه ساخت‌وساز و نماهای ساختمانهای منطقه، راههای دسترسی به زمین تلمبه‌خانه مورد بررسی قرار گیرد. برحسب اهمیت و بزرگی تلمبه‌خانه می‌توان برای تلمبه‌خانه‌های متوسط و بزرگ، محوطه و فضای اطراف که در آن دیگر تأسیسات جانبی نیز در نظر گرفته می‌شود، منظور کرد. در تلمبه‌خانه‌های کوچک معمولاً نیاز به فضا و محوطه مزبور نخواهد بود. در طرح کلی معماری تلمبه‌خانه ملاحظات زیر از نظر زیبایی در نظر گرفته می‌شود.

- تلمبه‌خانه فاضلاب از دید مستقیم عمومی پنهان باشد، زیرا پوشش دادن محیط اطراف تلمبه‌خانه با فضای سبز و یا با دیوارهای محوطه به‌صورت مناسب و زیبا، در پذیرش آن از طرف ساکنین مؤثر است.
- طرح تلمبه‌خانه باید به‌عنوان یک کار معماری مورد توجه قرار گیرد.
- باید همه مصالح ساختمانی، با محیط مجاور همخوانی داشته باشد.
- طراحی فضای سبز برای تلمبه‌خانه که در ضمن حداقل نگهداری را داشته باشد باید مورد توجه قرار گیرد.
- در تلمبه‌خانه‌های بزرگ و متوسط، ساختمان تلمبه‌خانه فاصله کافی با ساختمانهای مجاور و همسایه داشته باشد.
- همه سازه‌های روزمینی تلمبه‌خانه با سازه‌های زیرزمینی به‌آسانی قابل دسترسی باشد.
- در تلمبه‌خانه‌ها، پیش‌بینی سامانه‌های گرمایی و سرمایی بسته به شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شود.
- نور کافی برای طبقات مختلف تلمبه‌خانه پیش‌بینی شود.
- تجهیزات لازم برای کاهش صدا به‌ویژه در محل ژنراتور اضطراری در نظر گرفته شود.
- سازه‌های تلمبه‌خانه که روی زمین ساخته می‌شود باید مشابه ساختمانهای اطراف باشد و می‌توان این موضوع را با ایجاد پنجره‌های کاذب در نماها در نظر گرفت.
- سامانه‌های پنجره باید برای جلوگیری از سرقت، از نوع مسلح انتخاب شود.
- دسترسی کافی به تجهیزات و شیرآلات در نظر گرفته شود، با پیش‌بینی درب کشویی یا غلطکی در بالا، دسترسی به تجهیزات آسان می‌شود.
- برای کفها شیب حدود یک درصد که به کفشوی وصل شود در نظر گرفته شود.
- محلی برای قراردادن کمد و فایلها در ارتباط با نقشه‌های تلمبه‌خانه و تلمبه‌ها و ثبت فرمهای تعمیرات و سرویس تلمبه‌ها در نظر گرفته شود.
- همچنین محل مناسب برای قراردادن ابزار تعمیرات تلمبه و وسایل یدکی کارکرد معمول تلمبه‌ها پیش‌بینی شود.
- فضای کافی برای تجهیزات حفاظت شامل ماسک و سایر تجهیزات حفاظتی در محل مناسب در تلمبه‌خانه در نظر گرفته شود.
- در خود تلمبه‌خانه یا محوطه آن (برای تلمبه‌خانه‌های بزرگ و متوسط) محلی برای استراحت کارگران و همچنین سرویس بهداشتی پیش‌بینی شود.
- در محوطه تلمبه‌خانه‌های متوسط و بزرگ راههای دسترسی برای خارج یا داخل کردن تجهیزات، محلی برای پارک ماشین و ورودی مناسب اختیار شود.

- دیوارهای داخلی تلمبه‌خانه از سطوح صاف که قابل تمیز کردن باشد (ترجیحاً کاشی لعابدار) انتخاب شود.
- سازه‌های روی زمین تلمبه‌خانه دارای نور کافی باشد.
- کفهای تلمبه‌خانه‌ها که به‌طور دائم شسته می‌شود از مصالحی ساخته شوند که باعث لغزش پرسنل نشده و همچنین در صورت افتادن ابزار و وسایل، مقاوم و ضمناً تمیز کردن و شستشوی آن آسان باشد.
- ارتفاع آزاد سقف حداقل ۲/۲ متر اختیار شود.
- درپچه‌ها به تعداد کافی به‌صورت لولایی و با ابعاد مناسب برای خارج کردن تجهیزات و شیرآلات در سقف سازه‌های بخش مستقر در زیرزمین در نظر گرفته شود.

۳-۶-۶ ملاحظات سازه‌ای

- بخش سازه‌ای تلمبه‌خانه که در زیرزمین قرار دارد معمولاً از بتن مسلح ساخته می‌شود. در تلمبه‌خانه‌های کوچک (قطر حداقل ۱/۷۵ متر) می‌توان از بتن مسلح پیش‌ساخته استفاده کرد و در این صورت ابعاد سازه برحسب ملاحظات ژئوتکنیک و سطح آب زیرزمینی محاسبه و به‌صورت پیش‌ساخته طراحی می‌شود. ابعاد تلمبه‌خانه‌ها تابع حجم فاضلاب ورودی و حجم چاله تر، تعداد تلمبه‌ها و عمق فاضلاب‌روها می‌باشد. در محاسبات سازه‌ای باید به موارد زیر توجه کرد:
- محاسبات سازه‌ای تلمبه‌خانه باید براساس استانداردها و دستورالعملهایی که برای محاسبات سازه‌های نگهدارنده آب در نظر گرفته شده است، انجام شود. در این مورد نشریه شماره ۱۲۳ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، استاندارد امریکا به شماره ۳۱۸ - R ACI Building و استاندارد بریتانیا به شماره BS ۵۳۳۷ می‌تواند مورد عمل قرار گیرد.
 - حداقل ضخامت دیوارها و کفها ۲۵۰ میلی‌متر اختیار شود که امکان قرار دادن آرماتور با ضخامت کافی و همچنین نوارهای آب‌بند در محل درزهای واریز و سهولت مرتعش کردن بتن تأمین گردد.
 - در مقاطع واریز و درزهای کامل انقباضی، برای آب‌بندی از نوارهای آب‌بند نوع پی.وی.سی و یا لاستیکی استفاده می‌کنند. نوارهای آب‌بند باید در گوشه‌ها و مقاطعی که قطع شده است کاملاً به‌هم جوش داده شده و از رویهم آمدن آنها خودداری شود، افزون بر این نوارهای آب‌بند باید با سنجاقکهای مناسب فولادی در فواصل کوتاه نگهداری شده تا در اثر ریزش بتن، لوله نشود، زیرا این امر از نظر آب‌بندی یک نقطه ضعف است. شکل ۶-۹ شیوه استقرار نوار آب‌بندی را در مقاطع واریز، کف دیوار و مقاطع انقباضی کامل نشان می‌دهد.
 - تلمبه‌خانه‌ها باید به‌منظور مقابله با فشار بالا آورنده هیدرولیکی با ضریب اطمینان کافی طراحی شوند. در این مورد حداکثر سطح آب زیرزمینی باید در نظر گرفته شود.
 - توصیه می‌شود در تلمبه‌خانه‌هایی که عمق آنها از ۹ متر بیشتر است از نظر پایداری دیوارها برای مقابله با فشار جانبی خاک از سقفهای میانی^۱ استفاده شود.
 - دیوارهای تلمبه‌خانه‌ها در محل گوشه‌ها و تقاطع‌ها مطابق شکل ۶-۹ از نظر آرماتوربندی تقویت شود.



شکل ۶-۹- جزئیات تقویت آرماتوربندی در گوشه‌ها و درز انبساط و واریز

به‌طور کلی در طراحی سازه‌های تلمبه‌خانه باید موارد زیر مشخص شوند:

- مقاومت زمین، مقاومت فولاد، شیوه محاسبه سازه (تنش مجاز، مقاومت نهایی، مقاومت پلاستیکی)، مقاومت مجاز خاک، فشار جانبی خاک، شیوه پایداری سازه در اثر فشار معکوس هیدرولیکی، لغزش، واژگونی، تورم کف پی و یا خمیری شدن آن، نشست قابل توجه سازه.
- شرایط بارگذاری سازه ناشی از بار زنده سقف، کفها، وزن تجهیزات مکانیکی، فشار باد، بارهای ناشی از بار جرثقیلها، بارهای ناشی از فشار معکوس هیدرولیکی، بارهای عرضی، بارهای ناشی از مهار لوله‌ها، بارهای ناشی از ضربه، بارهای ناشی از حرکت، بار کامیون، بار ناشی از زمین‌لرزه، بارهای هیدرولیکی ناشی از ضربه قوچ و حداکثر و حداقل سطح آب زیرزمینی و سیلاب، لرزش، دیگر بارهای مرده و سربار^۱ ناشی از عملیات ساختمانی.
- نوع نوارهای آب‌بند، فواصل مقاطع واریز و در نتیجه حداقل آرماتور موردنیاز برای جلوگیری از جمع‌شدگی بتن و پیدایش ترک در آن.

۴-۶-۶ ملاحظات مکانیکی

- در طراحی شیوه آرایش تلمبه‌ها، موتور محرک، شیرآلات، لوله‌کشیها، جرثقیلها باید مواردی در نظر گرفته شود تا ضمن کوچک شدن تلمبه‌خانه دسترسی آسان برای دوره بهره‌برداری و نگهداری ممکن شود. این موارد عبارتند از:
- حداقل یک متر فاصله آزاد بین فلنج لوله‌ها و تلمبه‌ها و دیگر تجهیزات برای عبور کارگران و تجهیزات در نظر گرفته شود. این فاصله باید در سه طرف تلمبه رعایت شود.
 - شیرآلات در ارتفاع قابل دسترس قرار داده شود.
 - جهت شیرآلات به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که در صورت برداشتن دریچه آن، باعث خیس شدن کارگران نشود.
 - برای لوله‌کشیها شیر خروسک تخلیه در نظر گرفته شود.
 - در سقف طبقات قلاب مطمئن و محکم برای آویزان کردن جرثقیل پیش‌بینی شود. در تلمبه‌خانه‌های کوچک جرثقیل به‌صورت دستی است و در تلمبه‌خانه‌های متوسط می‌تواند به‌صورت مونوریل و برقی باشد. در تلمبه‌خانه‌های بزرگ جرثقیل برقی با حرکت شش کاره به‌کار گرفته می‌شود.
 - برای شیرآلات و تلمبه‌ها به میزان کافی قطعات تنظیم^۲ در نظر گرفته شود.
 - برای تلمبه‌ها در طرف مکش و بده، شیرهای قطع و وصل پیش‌بینی شود.
 - لوله‌های بده تلمبه هیچ‌گاه به زیر لوله جمع‌کننده وصل نشود بلکه از بغل به لوله جمع‌کننده وصل شود.
 - شیرهای یک‌طرفه در خروجی تلمبه‌ها در حالت افقی قرار گیرد.
 - لوله‌های بده تلمبه‌ها و جمع‌کننده آن نزدیک دیوارهای تلمبه‌خانه پیش‌بینی شود تا بتوان آنها را به دیوارها مهار نمود.
 - برای جلوگیری از انتقال لرزش ناشی از حرکت تلمبه به لوله‌های مکش و رانش، قطعات لرزه‌گیر (دارای دو سر فلنج فولادی و بدنه از جنس نئوپرین) در نظر گرفته شود. در این حالت ضروری است که لوله‌ها مهار شود.

1 - Surcharge

2 - Dismanteling joint

- در محل سه راهه‌ها، فلنج کور، شیرهای قطع و وصل برای جلوگیری از رانش و خارج شدن لوله و متعلقات در اثر فشارهای هیدرواستاتیک نامتعادل، مهاری لازم در نظر گرفته شود.
- سامانه شستشو با تعداد شیرهای کافی در نظر گرفته شود.
- تجهیزات به گونه‌ای آرایش داده شود که برای پیاده کردن هر کدام به پیاده کردن دیگر تجهیزات نیازی نباشد.
- برای خط تخلیه تلمبه‌هایی که مستقیماً به کانال تخلیه وارد می‌شود شیر دریچه‌ای^۱ در نظر گرفته شود.
- برای لوله جمع کننده^۲، دریچه بازدید^۳ در انتهای لوله در نظر گرفته شود تا هر از گاه با تنقیه کردن آن، مسیر لوله شسته شود.
- برای لوله‌هایی که از تلمبه‌خانه خارج می‌شوند اتصالی قابل انعطاف به گونه‌ای که نشست تلمبه‌خانه به لوله خروجی منتقل نشود و همچنین برای همه لوله‌های خروجی به کارگیری غلاف^۴ و مواد پرکننده بین آن از مواد قابل انعطاف در نظر گرفته شود.

۵-۶-۶ تجهیزات گرمایی و سرمایی و تهویه

تجهیزات گرمایی و سرمایی و تهویه در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب به منظور موارد زیر به کار می‌روند:

- تأمین شرایط مطمئن و راحت برای کارکنان نگهداری و تعمیرات
 - کاهش خوردگی و از بین رفتن تجهیزات مکانیکی، برقی، ابزار کنترل و سازه تلمبه‌خانه
 - پذیرش بیشتر ساکنین مجاور منطقه با کاهش صدا و بو.
- معمولاً این تجهیزات برای دو بخش چاله تر و چاله خشک با مبانی متفاوت اختیاری می‌شوند. چاله تر به طور کلی به کلیه فضاهایی که فاضلاب در آنها جاری بوده و یا انبار می‌گردد، (مانند اتاقک آشغالگیرها، دانه‌گیری و انباره دفع فاضلاب محل مکش تلمبه‌ها) اطلاق می‌شود. چاله خشک، محل استقرار تلمبه‌ها (در شرایطی که مستغرق نباشد)، موتور محرک، تابلوهای برق، سایر تجهیزات جانبی است.
- در چاله تر به علت ایجاد شرایط تعفن تصاعد گازهای هیدروژن سولفور و همچنین متان بسیار زیاد است؛ این موضوع باعث از دست رفتن جان افراد مأمور تعمیرات و نگهداری شده و همچنین انفجار گاز متان بارها خسارت جانی و مالی زیادی را به جا گذاشته است و بنابراین تهویه چاله تر بسیار با اهمیت بوده و باید توجه زیادی به آن کرد.
- چاله خشک محل استقرار موتور محرک تلمبه (بجز نوع مستغرق) و دیگر تجهیزات است. به دلیل تأمین حداقل دما در هوای سرد و خارج کردن حرارت ایجاد شده ناشی از کارکرد موتورها و تلمبه‌ها و همچنین وجود هوای گرم، وجود تجهیزات تهویه برای چاله خشک لازم و ضروری است.

1 - Flap valve
2 - Header
3 - Cleanout
4 - Sleeve

۶-۵-۱ طرح تهویه چاله تر

بر حسب آنکه چاله تر مورد بازدید و ورود مکرر قرار گرفته و یا غیرقابل ورود باشد نوع تهویه آن متفاوت است. هرگاه چاله تر دارای آشغالگیر دستی یا مکانیکی باشد و مورد بازدید و ورود مکرر قرار گیرد، در این صورت ضروری است تهویه آن به صورت تحت فشار باشد. مناسبترین سامانه، دمیدن هوا با فشار و تخلیه آن نیز به صورت مکشی می باشد. پیش بینی تجهیزات به صورت تهویه به ظرفیت دوازده بار تعویض کامل فضای چاله تر و ملحقات آن (فضای موجود در بالاترین سطح آب) در ساعت و یا تعویض سی بار در ساعت که با روشن شدن چراغ به کار افتاده و با فنهای با سرعت بالا انجام می پذیرد مناسب خواهد بود. همچنین سامانه تهویه را می توان با در نظر گرفتن حسگرهای تعیین میزان گازهای قابل انفجار (متان) و یا هیدروژن سولفور تنظیم کرد. در این حالت در شرایط معمول یک فن تهویه کلی را انجام می دهد و فنهای دیگر با تجمع میزان گاز متان در حدود ۲۰ درصد کمتر از میزان حد انفجار (معمولاً چنانچه ۵ درصد هوا از گاز متان تشکیل شود، مخلوط آماده انفجار است) برای متان و برای گاز هیدروژن سولفور به میزان ۱۰ قسمت در میلیون راه اندازی شده و تهویه را انجام می دهد. حسگرهای مزبور باید حداقل همراه کالیبره و کنترل شوند.

موضوع مهم در طراحی تهویه چاله تر این است که گازهای هیدروژن سولفور و یا متان به علت سنگینی ممکن است در گوشه ها باقی مانده و مشکل به وجود آورند. بهترین سامانه آن است که هوا با فشار در بالاترین نقطه چاهک تر و زیر سقف دمیده و در پایین ترین رقوم مکیده شود و میزان مکش حدود ۵ درصد بیشتر از دهش باشد به گونه ای که همواره فشار منفی معادل ۳۰ تا ۶۰ پاسکال (۳ تا ۶ میلی متر ستون آب) ایجاد شود. توزیع هوا و مکش توسط کانال انجام می گیرد، در نظر نگرفتن کانال باعث می شود که هوای دمیده شده در مسیر کمترین افت، از طریق مکش خارج شده و گوشه ها و نقاط آرام بدون تهویه باقی بمانند. در طراحی مقاطع کانال، سرعت تأمین هوا ۹-۵ متر بر ثانیه، کانال دهش هوا با سرعت ۷/۵ - ۴ متر بر ثانیه، شبکه ها و دمپرها ۵-۳ متر بر ثانیه و شبکه مکش هوا ۲-۱/۳ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود.

برای چاهک تر تلمبه خانه هایی که به طور معمول نیاز به ورود ندارد. فقط یک هواکش کافی می باشد که با توجه به تغییر سطح مایع درون آن امکان خروج و دخول هوا ممکن می گردد.

تجهیزات برقی داخل چاهک های تر باید از نوع ضد انفجار باشد، بنابراین اگر موتورهای برقی در محیط باز با چاهک تر باشد باید از نوع ضد انفجار انتخاب شود. در این مورد موتور تلمبه های مستغرق نیز باید از نوع ضد انفجار باشد زیرا همیشه موتور الکتریکی در زیر سطح مایع قرار ندارد.

۶-۵-۲ تهویه چاله خشک

تهویه چاله خشک تلمبه ها برای خارج کردن گرمای اضافی ایجاد شده در اثر کارکرد موتورهای تلمبه، روشنایی، دیگر دستگاه های برقی و همچنین رطوبت موجود در داخل چاهک خشک و جلوگیری از خوردگی انجام می شود. میزان تهویه بر حسب دمای بیرون محیط تلمبه خانه، در فصول گرم و خشک و سرد متفاوت است و معمولاً بر حسب دمای بیرون، دمای درون تلمبه خانه، میزان ورود هوای بیرونی و مخلوط کردن آن با هوای درونی و تأمین دمای درونی چاهک تنظیم می شود. کمترین دمای داخل چاهک خشک ۱۳ درجه و بیشترین آن را ۳۰ درجه در نظر می گیرند. در چاهک خشک تلمبه خانه ها میزان تعویض

هوا برای حالت مداوم ۶ بار بر ساعت و چنانچه به صورت منقطع با روشن شدن چراغ انجام پذیرد، ۳۰ بار بر ساعت در نظر گرفته می شود. محوطه محل استقرار تلمبه ها معمولاً با پیش بینی هوادهی نزدیک سقف و مکش هوا از کف صورت می گیرد و برای این محل، ظرفیت تهویه را می توان ۱۰ بار تعویض بر ساعت پیش بینی کرد. در محل استقرار تابلوهای برق، تهویه به ظرفیت ۶ بار بر ساعت در نظر گرفته می شود.

۶-۷ ملاحظات کلی در طرح تلمبه خانه های فاضلاب از نظر هیدروژن سولفور

تلمبه خانه های فاضلاب با خطوط انتقال طولانی، محل مناسبی برای تولید هیدروژن سولفور در شبکه های جمع آوری فاضلاب است. شرایط ایجاد هیدروژن سولفور با افزایش دمای محیط، افزایش میزان اکسیژن خواهی فاضلاب و افزایش مواد سولفاته موجود در فاضلاب و افزایش زمان ماند، تشدید می گردد. در نتیجه در مناطق خشک و گرم با زمینهای مسطح، نفوذ آبهای زیرزمینی حاوی مقادیر قابل توجه سولفات، تولید گاز هیدروژن سولفور تشدید می گردد. در مناطق نسبتاً سرد و معتدل و زمینهای با شیبهای تند، متعفن شدن فاضلاب با توجه به زمان ماند کوتاه تر در سامانه، هوادهی فاضلاب و دمای پایین فاضلاب، کمتر صورت گرفته و تولید گاز هیدروژن سولفور کمتر است. تولید هیدروژن سولفور علاوه بر ایجاد بوی تعفن و تهدید سلامتی کارکنان بهره بردار، مشکلات خوردگی تجهیزات را به وجود می آورد. افزون بر این، در فرآیند تصفیه، اخلاص ایجاد می کند. بررسی تلمبه خانه و خط انتقال آن از نظر هیدروژن سولفور بستگی به آن دارد که آیا جریان در تلمبه خانه و خط انتقال آن مداوم است و یا متناوب. چنانچه تلمبه خانه از نظر ظرفیت به گونه ای باشد که تلمبه ای به طور دائم جریان حداقل را در خط انتقال عبور دهد، و بر حسب جریان ورودی به تلمبه خانه، تلمبه های دیگر در زمانهای ضروری وارد سامانه شوند، سامانه مزبور را جزو تلمبه زنی دائم رده بندی می کنند. در غیر این صورت، کارکرد متناوب تلمبه خانه مقطعی خواهد بود. مناسب ترین شرط آن است که فاضلاب خام ورودی به تلمبه خانه، دست کم دارای ۰/۵ میلی گرم اکسیژن محلول باشد. این شرایط ممکن است با توجه به توپوگرافی زمین بالادست حاصل شود و یا اینکه طراحی شبکه از نظر تهویه، این شرایط را تأمین کند. در هر حال، تلمبه خانه های فاضلاب و خط انتقال آن باید از نظر هیدروژن سولفور به گونه ای طراحی شوند که :

- مقدار اکسیژن محلول در فاضلاب در چاله تر، به میزان اکسیژن محلول در فاضلاب ورودی به تلمبه خانه باشد (انبار شدن فاضلاب در چاله تر باعث کاهش اکسیژن محلول نگردد).
- ظرفیت تلمبه ها، طراحی خط انتقال از نظر قطر، ارتفاع و دیگر ملاحظات به گونه ای صورت گیرد که مشکلی از نظر هیدروژن سولفور برای تأسیسات پایین دست تخلیه خط انتقال ایجاد نکند.

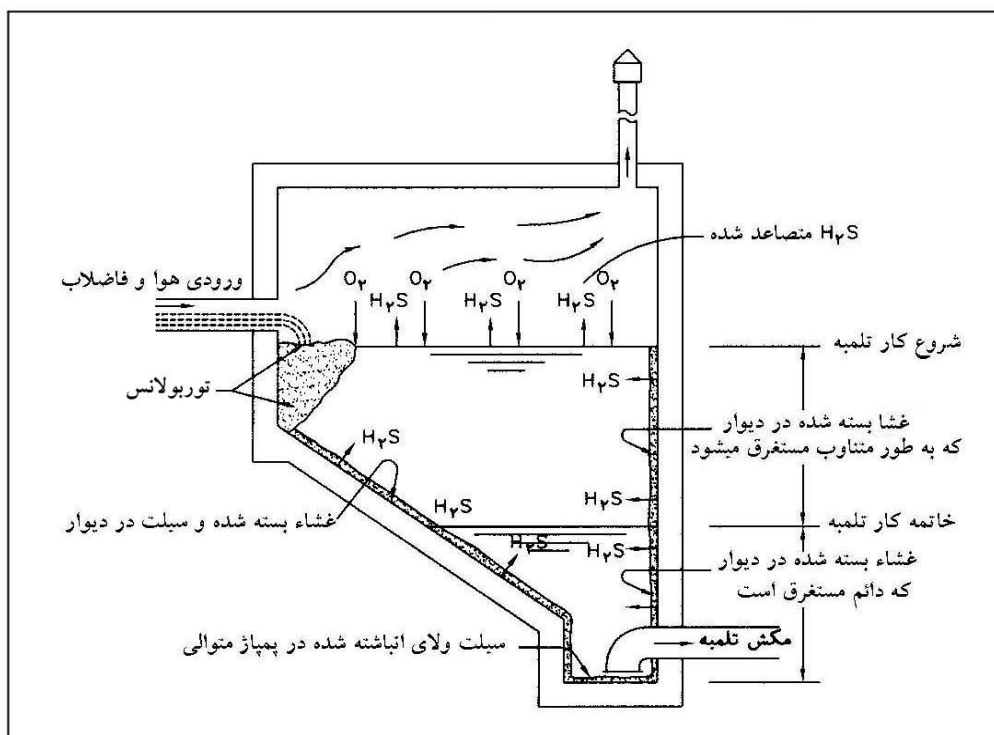
شکل ۶-۱۰ وضعیت ایجاد هیدروژن سولفور را در چاله تر تلمبه خانه ها نشان می دهد. پژوهشهای انجام شده در استرالیا نشان می دهد که تولید هیدروژن سولفور در چاله تر تلمبه خانه نسبت به هیدروژن سولفور در خط انتقال کمتر است. توقف فاضلاب در چاله تر سبب ماندگی فاضلاب شده و شرایط لازم برای تولید هیدروژن سولفور را در خط انتقال سبب می شود. در چاله تر، هیدروژن سولفور بیشتر در مناطقی که به طور دائم در تماس فاضلاب قرار دارند (کف چاله و دیوارهای چاهک زیر تراز قطع تلمبه) تولید می شود و سطوحی که به طور متناوب در بین تراز بیشینه و کمینه در تماس فاضلاب قرار می گیرند، کمتر باعث ایجاد هیدروژن سولفور می شود. در طراحی چاله تلمبه خانه ها سعی می گردد قسمتی از چاله تر که همواره زیر تراز قطع

تلمبه‌ها قرار می‌گیرد، کمترین سطح تماس به حجم را داشته باشد و در ضمن سطح آب در چاله تر که اکسیژن‌گیری از فضای بالای آن صورت می‌گیرد، در این حالت نسبت به سطح تماس بیشینه باشد. ضمناً شیوه تخلیه فاضلاب از لوله ورودی به‌گونه‌ای باشد که امکان رسوب‌گذاری روی سطح شیب‌دار را منتفی سازد. در شروع کار تلمبه‌خانه‌ها (دست‌کم ۵ سال اول بهره‌برداری)، ممکن است حجم فاضلاب با توجه به چاله تر که برای ظرفیت نهایی تلمبه‌خانه طراحی شده، اندک باشد. در این حالت پیش‌بینی دیوار جداکننده چاله تر با در نظر گرفتن دریچه رابط بین آن دو مناسب است.

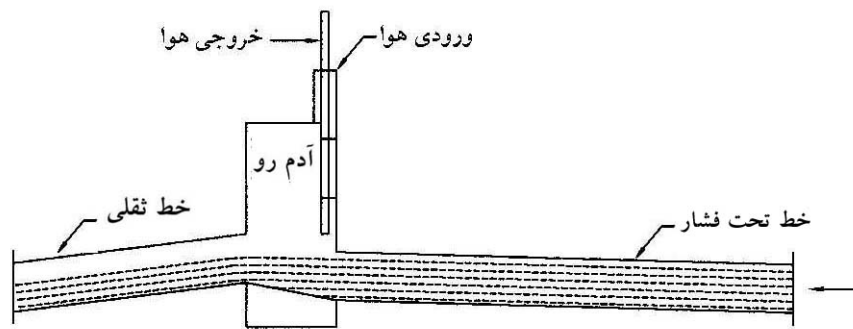
مقدار سولفید ایجاد شده در یک خط انتقال تحت فشار و به‌صورت تلمبه‌زنی مداوم به طول L بر حسب فوت، D قطر خط بر حسب فوت، براساس رابطه

$$Bs = 0/573 \times 10^{-6} \times \frac{L}{D} \times (BOD_5)^{0/8} \times [SO_4]^{9/4} \times 1/139^{(T-20)}$$

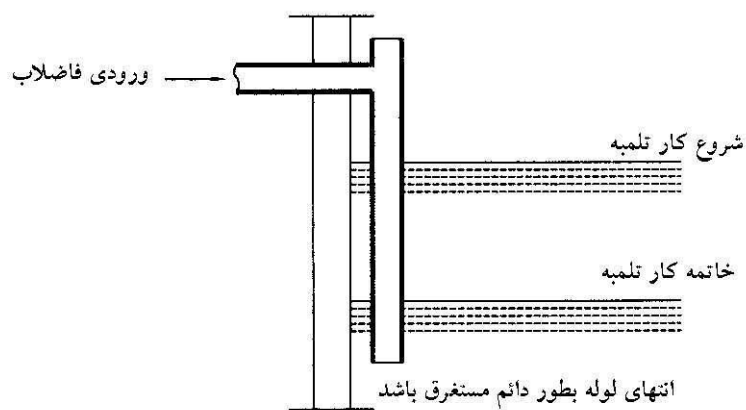
به‌دست می‌آید. در این رابطه BOD_5 میزان اکسیژن خواهی برحسب میلی گرم بر لیتر و SO_4 میزان سولفات در فاضلاب برحسب میلی گرم بر لیتر و T دما بر حسب سانتی‌گراد، Bs مقدار سولفید تولید شده در خط انتقال است. محل تخلیه خط انتقال به فاضلابرو پایین‌دست، باید به‌گونه‌ای باشد که خط انتقال در محل تخلیه همیشه پر باشد و به‌علاوه اغتشاش جریان نیز باعث خارج شدن گاز هیدروژن سولفور از فاضلاب نشود. شکل ۶-۱۱ آدمرو تخلیه فاضلاب خط انتقال و نحوه تهویه آن را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱۰- محلهای ایجاد گاز هیدروژن سولفور در چاله تر تلمبه‌خانه



شکل ۶-۱۱-الف - چگونگی تخلیه خط تحت فشار به آدم رو تخلیه



شکل ۶-۱۱-ب - چگونگی تخلیه خط ثقیلی به تلمبه خانه

۷- ابزار دقیق و برق تلمبه‌خانه

اپراتور مسئول بهره‌برداری از تلمبه‌خانه فاضلاب، نیاز به اطلاعاتی در مورد کارکرد دستگاهها، وضعیت سطح آب در چاهک تر، حجم فاضلاب انتقال یافته و فشار سامانه دارد تا بر اساس آن، تصمیم لازم را بگیرد. این اطلاعات توسط حس‌گرها که در نقاط حساس سامانه قرار داده شده دریافت و به مرکز کنترل ارسال می‌شود. دستورهای لازم بر حسب نوع سامانه طرح شده و یا انتخاب شده، به‌طور دستی و یا خودکار عمل می‌کند.

ساختار سامانه کنترل به‌صورت نموداری که در آن فرایند سامانه و نحوه کنترل را مشخص می‌سازد و به نام P&ID^۱ (نمودار فرایند و ابزار دقیق) است نشان داده می‌شود. در این نمودار، علائم و نشانه‌ها که معمولاً در استانداردها معرفی شده است، به کار گرفته می‌شود. علائم و نشانه‌ها مطابق ISA^۲ انتخاب می‌گردد. نمودار P&ID در دو سطح تهیه می‌شود: در نوع تفصیلی، موقعیت شیرآلات، جهت جریانها، کلیه تجهیزات مکانیکی، علائم ابزار دقیق و کنترل، نیازهای اصلی برق، تعداد و نوع علامتها تهیه می‌گردد که همه این اطلاعات برای کمک به مهندس برق در تعیین نوع، اندازه و مسیر کابلها و سیمها همراه با شماره شناسایی ابزار دقیق است. در سامانه کلی و ساده‌تر که نمودار ابزار دقیق و کنترل است فرایند ساده جریان همراه با تجهیزات اصلی مکانیکی و ابزار دقیق و کنترل نهایی نشان داده می‌شود که به‌طور معمول در طراحی، روش اخیر مورد نظر است.

تجهیزات ابزار دقیق در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب بر حسب تعداد تلمبه و نوع تلمبه از نظر سرعت ثابت و یا متغیر، متفاوت است. اصلی‌ترین موضوع کنترل در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، در مرحله اول، پمپاژ فاضلاب وارد شده به تلمبه‌خانه در حدود حجم وارد شده به تلمبه‌خانه است و در مرحله بعدی، کنترل تغییرات فاضلاب خروجی در حد امکان است. دیگر کنترلها عبارتند از جلوگیری از سرریز فاضلاب از تلمبه‌خانه، حفاظت تجهیزات الکتریکی و مکانیکی تلمبه‌خانه، یکسان نمودن استهلاک کار بین تلمبه‌ها و چرخش کار پمپاژ بین تلمبه‌ها، اعلام شرایط غیرعادی که می‌تواند ناشی از بالا رفتن سطح آب از میزان معین در چاهک تر تلمبه‌خانه و گرم شدن بیش از حد تجهیزات برقی و یا پایین رفتن سطح آب از حداقل مشخص شده باشد.

جدول ۷-۱ حداقل کنترل مورد نیاز در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب را نشان می‌دهد و جدول ۷-۲ کنترلهای اضافی که حسب مورد در تلمبه‌خانه‌ها کاربرد دارد را مشخص می‌سازد.

جدول ۷-۱ - حداقل کنترلهای لازم در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

ملاحظات	کنترل، اندازه گیری، هشدار
ترازهای سطح آب در چاهک تر	به‌طور مداوم یا در مقاطع مختلف زمانی
هشداردهنده سطح بالای آب در چاهک	نوع شناور مورد استفاده قرار می‌گیرد
انتخاب سوییچهای نوع کارکرد تلمبه (خاموش - روشن) و (خودکار - دستی)	برای سهولت بهره‌برداری
بالا رفتن دما	حفاظت موتور و بیرینگهای تلمبه‌های مستغرق

1 - Piping & instrument diagram

2 - Instrument society of america

جدول ۷-۲ - کنترل‌های موردی در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

کنترل، اندازه گیری، هشدار	ملاحظات
موقعیت دریچه شیریک طرفه	جهت مشخص شدن مشکلات شیریک طرفه و جلوگیری از صدمه خوردن تلمبه
هشداردهنده حداقل سطح آب در داخل چاهک تر	حفاظت تلمبه برای جلوگیری از گیرکردن آن
کنترل فاز برق	حفاظت تلمبه
سرعت تلمبه	برای تلمبه‌های با سرعت متغیر
مقدار جریان فاضلاب	برای مواقعی که اطلاع از مقدار جریان ضروری باشد

۷-۱ سطح سنج

تلمبه‌های فاضلاب براساس سطح‌سنج مستقر در چاهک تر راه‌اندازی و خاموش می‌شوند. در مرحله طراحی تلمبه‌خانه، عمق تلمبه‌خانه‌ها با توجه به سطح سنج‌های به‌کار گرفته شده در کمترین و بیشترین سطح آب در تلمبه‌خانه تعیین می‌گردد. به‌طور معمول، ارتفاع حداکثر و حداقل، دو تراز در چاهک تلمبه‌خانه‌ها است که کلیه تلمبه‌ها در این بازه کار می‌کنند. علاوه بر ارتفاع حداکثر تلمبه، سطح‌سنج حداکثر - حداکثر و سطح‌سنج حداقل - حداقل نیز برای شرایط غیرعادی (که جریان ورودی به تلمبه‌خانه بیش از ظرفیت تلمبه‌ها است و یا سطح‌سنج حداکثر کار نکند و برعکس) در نظر گرفته می‌شود. معمولاً سطح‌سنج‌های حداکثر - حداکثر و حداقل - حداقل باید توسط تجهیزات ساده در نظر گرفته شود که مستقل از تجهیزاتی است که شرایط کارکرد عادی را کنترل می‌کند. سطح‌سنج حداقل - حداقل باید در تلمبه‌های مستقر در چاهک خشک برای جلوگیری از ورود هوا در بالای تراز پوسته تلمبه و یا حداقل در محور پروانه قرار گیرد. در تلمبه‌های مستغرق با توجه به خنک شدن موتور توسط مایع درون چاله سطح‌سنج حداقل - حداقل در بالای موتور مستقر می‌شود. البته برحسب نوع خنک شدن موتور در برخی تلمبه‌ها، حتی اگر سطح مایع فقط بخشی از موتور را شامل شود، موتور به راحتی کار می‌کند. در شرایطی که عمیق کردن چاله تلمبه‌ها (به‌علت واقع شدن موتور زیر سطح‌سنج حداقل - حداقل) باعث مشکلات اجرایی می‌گردد، تغییر سطح‌سنج حداقل - حداقل از روی موتور به پایین‌تر از آن باید با مشورت سازنده پمپ صورت گیرد. تراز سطح‌سنج حداکثر - حداکثر را می‌توان با توجه به شرایط پس زدن فاضلاب در لوله ورودی و مشکلاتی که ایجاد می‌کند، در نظر گرفت. سطح‌سنج حداکثر - حداکثر در شرایط کارکرد عادی تلمبه‌ها، معمولاً ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بالای سطح‌سنج حداکثر قرار می‌گیرد. انواع سطح‌سنج‌ها که در تلمبه‌خانه کاربرد دارند، عبارتند از: سوییچ شناور، نوع نیوماتیک، اولتراسونیک و حسگرهای مستغرق می‌باشند.

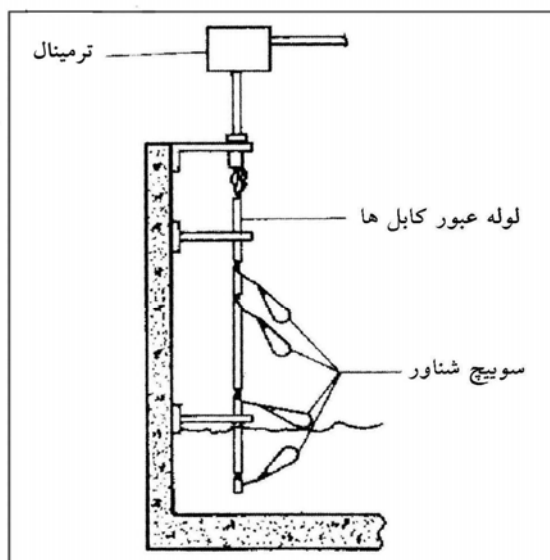
۷-۱-۱ سویچ شناور^۱

این نوع با توجه به هزینه، مناسب‌ترین سطح‌سنج است و معمولاً یک نقطه معین را کنترل می‌کند. پوسته خارجی شناور از مواد مصنوعی است که فاضلاب بر آن تأثیری ندارد. سویچ آن باید در چاله تر در محیطی آرام و دور از تلاطم فاضلاب ورودی قرار گیرد. با توجه به اینکه در فاضلاب مواد چربی و مواد جامد وجود دارد که امکان رسوب آن روی شناور باعث جلوگیری از عملکرد درست آن می‌شود، سطح‌سنج مزبور هر از گاه باید از چاله خارج و تمیز شود. سویچ شناور می‌تواند در امتداد یک لوله (۲۵ میلی‌متر) و یا کابلی که پایین آن وزنه آویزان است قرارگیرد (شکل ۷-۱)، سویچ شناور براساس نیروی ارشمیدس کار می‌کند. در شرایطی که سطح مایع پایین است، سویچ به‌صورت قائم آویزان بوده و تلمبه مربوطه در شرایط قطع جریان برق قرار دارد. با بالا آمدن سطح آب داخل چاله تر شناور تحت اثر نیروی ارشمیدس به‌حالت افقی و سپس زاویه‌دار به‌طرف بالا قرار گرفته و باعث ارتباط الکتریکی تلمبه می‌شود. بدین ترتیب که جیوه پیش‌بینی شده در شناور در شرایط قرار گرفتن افقی و یا زاویه‌دار به‌طرف بالا، باعث ارتباط الکتریکی می‌گردد. دقت شناورها در محیط آرام، ± 6 میلی‌متر و در اغتشاش سطح آب، حدود ± 10 سانتی‌متر است.

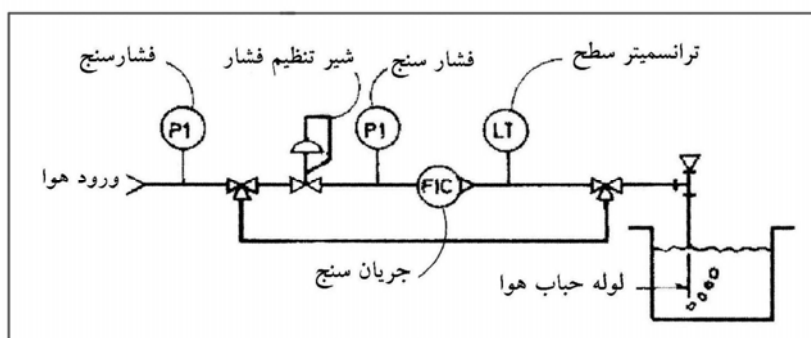
۷-۱-۲ سطح‌سنج نوع حباب هوا

این سطح‌سنج از یک لوله هوا تشکیل گردیده که انتهای آن باز بوده و طرف دیگر آن به یک کمپرسور کوچک هوا متصل است. انتهای لوله در عمق خاصی از چاله تر که به‌نام عمق مرجع نامیده شده، قرار گرفته و کلیه ارتفاعات بالاتر از عمق لوله، براساس آن سنجیده می‌شود. در همه حال مقدار معینی هوا که توسط رگولاتور تنظیم شده، از لوله تخلیه می‌گردد و باعث خروج دائم حبابهای هوا از انتهای لوله می‌شود. فشار هوا در لوله همیشه برابر با ارتفاع آب روی انتهای لوله است. این فشار توسط یک فشارسنج و ترانسمیتر اندازه‌گیری می‌شود. (در شرایطی که به‌جای آب مایع، سیالی با وزن مخصوص کمتر یا بیشتر وجود داشته باشد، ترانسمیتر باید برای وزن مخصوص مایع کالیبره گردد). معمولاً به‌علت افت فشار در لوله، مقدار فشار اندازه‌گیری شده در ترانسمیتر به‌اندازه فشار مایع در انتهای لوله نیست. به‌همین دلیل سعی می‌شود طول لوله در بخش هوا و متعلقات آن، حداقل باشد.

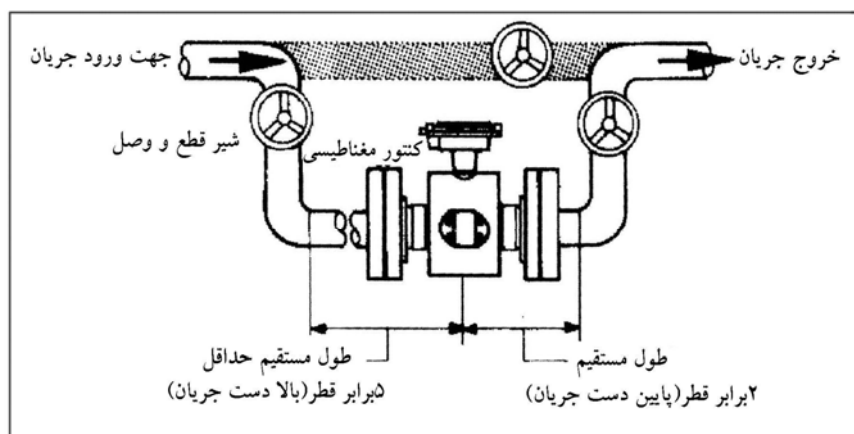
شکل ۷-۲ شمای این تجهیزات را نشان می‌دهد. قطر لوله هوا حداقل $\frac{1}{2}$ اینچ است. انتهای لوله هوا معمولاً با به‌کارگرفتن نازل و یا قطع آن به‌صورت ۴۵ درجه پیش‌بینی می‌شود تا حبابهای هوا به‌طور مداوم و متصل به‌هم و هم اندازه ایجاد شود. رسوب مواد جامد در انتهای لوله باعث می‌گردد حبابها به اندازه مساوی خارج نشده و لذا میزان فشار نشان داده شده متناسب با ارتفاع آب نباشد. میزان هوای خروجی توسط رگولاتور تنظیم فشار، تأمین می‌گردد و مقدار آن بین ۰/۰۸ تا ۰/۰۳ لیتر بر ثانیه است. انتهای لوله معمولاً حدود ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح انباشت مواد جامد در کف تلمبه‌خانه در نظر گرفته می‌شود. در مسیر لوله هوا یک کنتور برای تنظیم مقدار جریان هوا در نظر گرفته می‌شود. دقت اندازه‌گیری ارتفاع توسط سامانه، متأثر از دستگاه تعیین فشار در سامانه، وزن مخصوص مایع، افت فشار درون لوله هوا، فشار اتمسفری و دمای مایع و هوا است. به‌طور معمول دقت دستگاه حدود ۰/۵ تا یک درصد کل ارتفاع قابل اندازه‌گیری و قدرت کمپرسور، حدود ۱۸۰ الی ۳۷۰ وات است.



شکل ۷-۱- نحوه استقرار شناورها



شکل ۷-۲- سطح سنج نوع حباب هوا



شکل ۷-۳- جریان سنج مغناطیسی

۷-۱-۳ سطح سنج اولتراسونیک

این نوع سطح سنج با توجه به آنکه با فاضلاب تماس ندارد، مشکلات سطح سنجهای دیگر را ندارد. این دستگاه با تولید امواج فراصوتی و ارسال آن به سطح مایع و سپس برگشت امواج فراصوتی و اندازه گیری فاصله زمانی انتشار و دریافت آن با توجه به سرعت صوت و تبدیل آن به طول و در نهایت به ارتفاع، کار می کند. سرعت صوت با دما، فشار هوا و تا حدی با رطوبت تغییر می کند. تغییر دما به میزان یک درجه سانتی گراد، باعث اشتباه در اندازه گیری به میزان 0.2% درصد می گردد. گاهی مواقع دقت اندازه گیری سطح سنج اولتراسونیک به علت اجسام شناور بزرگ در چاله تر و یا کف موجود روی مایع و یا بازتاب امواج صوتی توسط دیوارهای چاله تر، کاهش می یابد.

سطح سنج اولتراسونیک باید با فاصله کافی از دیوار نصب شده و به علاوه فاصله کافی بین (۵۰ تا ۷۰ سانتی متر) از بالاترین سطح آب در نظر گرفته شود. حسگرهای تجهیزات مزبور با بسامد ۹ کیلوهرتز (بسامد صوت) تا ۵۰ کیلوهرتز (فراصوتی) امواج صوتی را ارسال می دارند. قدرت این امواج با افزایش فاصله تا سطح مایع کاهش می یابد. این کاهش قدرت با مربع فاصله کاهش می یابد. جذب امواج فراصوتی توسط کفاب بیشتر از جذب امواج صوتی است. معمولاً برای دقت کافی در اندازه گیری، سطح مایع چاله آرام که اغتشاش سطح مایع به آن منتقل نمی گردد، در نظر گرفته می شود و سطح سنج اولتراسونیک بر روی آن نصب می گردد. این چاله آرام ممکن است از قطعه لوله ای از جنس پی.وی.سی به قطر ۱۵ الی ۲۰ سانتی متر باشد که انتهای آن به صورت ۴۵ درجه و مورب بریده می شود. چاله مزبور باید هر از گاهی تمیز شود.

۷-۲ جریان سنج

در بیشتر تلمبه خانه های بزرگ به خصوص تلمبه خانه هایی که فاضلاب را به تصفیه خانه منتقل می کنند، جریان سنج پیش بینی می شود. جریان سنجهای دقیق، ابزار مناسبی برای آزمایش تلمبه می باشند که توانایی اندازه گیری جریان را در شرایط کار پمپ دارند.

اطلاعات مربوط به میزان جریان انتقال یافته توسط تلمبه خانه، داده های خوبی از نظر روند افزایش جریان و پیش بینی توسعه تلمبه خانه ها هستند. جریان سنجها در دو نوع برای نصب در لوله و در کانال باز تقسیم بندی می شوند. نوع مناسب برای نصب در لوله به صورت جریان سنج مغناطیسی، جریان سنج اولتراسونیک و نوع ونتوری است که در مورد فاضلاب، نوع مغناطیسی و اولتراسونیک مناسب است.

۷-۲-۱ جریان سنج مغناطیسی

جریان سنج مغناطیسی، مناسب ترین جریان سنج برای خط انتقال فاضلاب از تلمبه خانه است. پوشش درونی آن از موادی مانند پلی اورتان است که در برابر خوردگی مقاوم می باشد در این جریان سنجها آشغال و مواد رسوب گذار، کمتر در دقت آن مؤثر است. میزان دقت اندازه گیری آن حدود ۱ درصد برای طیف جریان ۱ : ۱۰ می باشد. جریان سنجهای مغناطیسی برای دو نوع جریان برق AC و DC ساخته می شوند. نوع DC آن برای فاضلاب بیشتر کاربرد دارد. جریان سنج مغناطیسی معمولاً در نقطه ای به کار می رود که دست کم ۵ برابر قطر لوله در بالادست آن و ۲ تا ۳ برابر قطر لوله در پایین دست آن در خط مستقیم قرار گیرد. در شرایطی که جریان سنج مزبور پایین دست شیر کنترل و یا لوله رانش تلمبه قرار می گیرد، این فاصله را ۱۰ برابر قطر برای دقت سامانه (حدود ۰/۵ درصد) در نظر می گیرند. در مواقعی که قطر جریان سنج کوچک تر از قطر لوله خط باشد، تبدیلهای خارج از مرکز بلافاصله در دو طرف جریان سنج در نظر گرفته می شود. جریان سنجهای مغناطیسی می تواند دارای ترانسیمتری باشند که روی آن نصب شده و یا اینکه در فاصله نزدیک به آن نصب می شود. جریان سنج مغناطیسی می تواند با تلمبه به هم ارتباط پیدا کند به طوریکه اگر تلمبه متوقف شود (و یا اینکه لوله نیمه پر باشد)، جریان سنج جریان صفر را نشان دهد. وجود هوا باعث

اشتباه در اندازه‌گیری می‌گردد. از آنجا که ممکن است محل جریان سنج در نقطه بالایی باشد، هواگیری به‌طور دستی یا خودکار در محل مزبور پیش‌بینی می‌شود. برای جلوگیری از رسوب در محل جریان سنج مغناطیسی، معمولاً جریان سنج کوچک‌تر از خط لوله در نظر گرفته می‌شود، به‌گونه‌ای که سرعت، حداقل از ۰/۶ متر بر ثانیه، کمتر نشود. در محل جریان سنج مغناطیسی، خط اضطراری کنارگذر پیش‌بینی می‌شود تا در مواقعی که جریان سنج احتیاج به تعمیر و تعویض داشته باشد، خط پمپاژ متوقف نشود. شکل ۳-۷ نمونه نصب یک جریان سنج را در شرایط افقی نشان می‌دهد. انتخاب این شکل برای پرنگداشتن خط در همه مواقع عبور جریان است.

۳-۷ فشارسنج

فشارسنج در تلمبه‌خانه فاضلاب کمتر از تلمبه‌خانه آب مصرف دارد. معمولاً فشارسنج در لوله مکش و رانش تلمبه قرار داده می‌شود و توسط یک شیر جداکننده به خط رانش و مکش متصل می‌گردد. قرارگرفتن فشارسنج در خط فشار، می‌تواند برای کنترل منحنی مشخصه تلمبه به‌کار گرفته شود. به‌علاوه می‌تواند به‌عنوان وسیله‌ای برای اطمینان از کارکرد تلمبه مورد استفاده قرار گیرد. فشارسنجها بر اساس ۳۰ الی ۷۰ درصد فشار کار سامانه در شرایط عادی انتخاب می‌شوند. معمولاً برای تلمبه‌خانه یک فشارسنج قرار داده می‌شود ولی در هر حال، در محل مکش و رانش هر تلمبه، باید محل نصب فشارسنج دارای شیر جداکننده، در نظر گرفته شود.

۴-۷ شرایط هشدار

در تلمبه‌خانه‌های کوچک، شرایط غیرعادی (بالا و یا پایین بودن سطح آب در چاله تلمبه‌خانه) با آژیر یا علائم هشداردهنده اعلام می‌گردد. برای تلمبه‌خانه‌های بزرگ، شرایط هشدار ممکن است متعدد باشد و این شرایط در هر مورد، باید به دقت بررسی و انتخاب شود. جدول ۳-۷، شرایطی را نشان می‌دهد که در صورت محقق شدن، برای آن ابزار هشداردهنده پیش‌بینی می‌شود.

از کار افتادن تلمبه‌ها معمولاً از طریق بالارفتن سطح آب در داخل چاله تر مشخص می‌شود. در بعضی تلمبه‌خانه‌های مهم کار نکردن تلمبه از طریق حسگرهای ثانویه نیز کنترل می‌گردد. این حسگرها ممکن است از نوع سویچ حدی^۱ و سویچ فشار که روی خروجی تلمبه و شیر یک‌طرفه نصب می‌شود انتخاب گردد.

جدول ۳-۷- شرایط هشدار در تلمبه‌خانه‌های بزرگ

شرایط
کارکرد تلمبه (برای هر تلمبه)
کاهش فشار آب‌بندی تلمبه (برای هر تلمبه)
عمل نکردن شیر یک‌طرفه (برای هر تلمبه)
بالارفتن سطح آب از حد عادی در چاله تر
پایین رفتن سطح آب از حد عادی در چاله تر

1 - Limit switch

شرایط
ازدیاد بده تخلیه از حد عادی
کاهش بده تخلیه از حد عادی
ارتعاش تلمبه (برای هر تلمبه)
داغ شدن یاتاقانهای تلمبه (برای هر تلمبه)
وجود رطوبت (در تلمبه مستغرق)
وجود گاز قابل انفجار در محیط تلمبه‌خانه
کمبود اکسیژن در فاضلاب
خرابی پایانه کنترل از راه دور
بازماندن شیر سرج
کاهش قدرت تهویه فن
بالارفتن سطح آب روی تلمبه زهکش
بالارفتن دمای موتور
به کار افتادن دیزل ژنراتور
قطع یک فاز
بالارفتن دما در ساختمان تلمبه‌خانه
پایین افتادن سطح سوخت در مخزن گازوییل (برای دیزل ژنراتور)
کارکرد کلید قطع موتور

۵-۷ تابلوی نشان دادن وضعیت تجهیزات

وضعیت تجهیزات عمده در محل تلمبه‌خانه در تابلوی کنترل نشان داده می‌شود. به‌طور معمول تجهیزاتی مانند تلمبه‌ها، شیرهای خودکار، آشغالگیر، فنهای تهویه، دیزل ژنراتور بر حسب مورد در تابلوی کنترل مشخص می‌شود. تعداد ساعت کارکرد تلمبه از زمان نصب و همچنین تعداد استارت در ساعت که معمولاً از نصف شب یا هر زمان مناسب دیگر در نظر گرفته می‌شود. در محل تلمبه‌خانه و یا مرکز کنترل مشخص می‌شود. برای قدرتهای بالاتر از ۳۷ کیلووات (۵۰ اسب بخار)، آمپراژ موتور، ولتاژ هرفاز، سرعت موتور (دور در دقیقه) به‌طور معمول در محل تابلو موتورخانه مشخص می‌شود. مقدار جریان، سطح آب در داخل چاله تر، مقدار جریان تجمعی معمولاً در تابلوی تلمبه‌خانه مشخص می‌شود. نوع ثبت جریان به‌صورت کاغذ و قلم در بیشتر اوقات ایجاد اشکال می‌کند و در این حالت جریان فقط به‌صورت تعیین مقدار لحظه‌ای و حجم جریان خواهد بود. در سامانه‌های SCADA^۱ تلمبه‌خانه‌ها به‌صورت مرکزی کنترل می‌شوند. در این محل اطلاعات جمع‌آوری شده از تلمبه‌خانه‌ها در کامپیوتر ثبت و می‌تواند توسط چاپگر، چاپ و یا در مانیتور نمایش داده شود.

1 - Supervisory control and data acquisition

۶-۷ واسط بهره بردار^۱ - تجهیزات ارتباطی بین بهره بردار و تلمبه ها

تابلوی کنترل و کلیدهای دستی در محل نزدیک به تلمبه قرار دارد. تجهیزات لازم در سامانه بهره برداری از راه دور برای سامانه SCADA معمولاً یک کامپیوتر رومیزی و صفحه کلید است. تابلوی کنترل در تلمبه خانه ها معمولاً شامل کلیدهای دستی، چراغهای نشان دهنده وضعیت دستگاهها، چراغها و علائم هشداردهنده فرآیندهای متغیر و ثباتها است. تابلوهای کنترل بر حسب نوع استقرار آن در داخل یا خارج مطابق استاندارد تعیین شده برای آن ساخته می شود. جدول ۴-۷ استاندارد تعیین شده توسط سازندگان تجهیزات الکتریکی آمریکا (NEMA)^۲ را که به طور معمول برای تلمبه خانه های فاضلاب کاربرد دارد، مشخص کرده است.

جدول ۴-۷ - طبقه بندی تابلوهای کنترل تلمبه خانه های فاضلاب حسب شرایط محیط

بر اساس NEMA

شرح	طبقه بندی
در محیط بسته - حفاظت محدود در مقابل صدمات مکانیکی	NEMA1
در محیط باز - حفاظت در مقابل گرد و خاک، باد، باران، تگرگ و یخبندان	NEMA2
در محیط باز - حفاظت در مقابل باران، تگرگ و یخبندان	NEMA3R
در محیط باز - حفاظت در مقابل گرد و خاک، باد، باران، تگرگ، کارکرد تجهیزات بیرونی تابلو در شرایط یخ زدگی	NEMA5
در محیط بسته و باز - حفاظت در مقابل گرد و خاک، باد، باران، ترشح آب و پاشیدن آب بوسیله شیلنگ	NEMA4
در محیط بسته و باز - حفاظت در مقابل خوردگی، باد، گرد و خاک، باران، ترشح آب و پاشیدن آب بوسیله شیلنگ	NEMA4X
در محیط بسته - حفاظت در مقابل غبار، ریزش آشغال و مایعات غیرخورنده	NEMA12

درجه حفاظت تجهیزات برقی مانند موتورهای الکتریکی و تابلوهای برق از نظر تماس و همچنین ورود اجسام خارجی و نفوذ آب طبقه بندی می شوند، این طبقه بندی معمولاً با دو عدد مشخص می گردد. این طبقه بندی مطابق (IEC)^۳ می باشد و با حروف IP^۴ شروع می گردد. عدد اول (از سمت چپ) طبق جدول ۵-۷ مربوط به میزان حفاظت تجهیزات برای تماس و ورود اجسام خارجی است و عدد دوم طبق جدول شماره ۶-۷ مربوط به میزان حفاظت تجهیزات در مقابل نفوذ آب است. لذا چنانچه تابلویی از نظر درجه حفاظت بصورت IP44 مشخص گردد، در این صورت طبق تعاریف مشخص شده در جداول ۵-۷ و ۶-۷ تابلوی مزبور از نظر حفاظت برای ورود اجسام خارجی به قطر بیش از یک میلیمتر و همچنین حفاظت در مقابل پاشش آب تعریف شده است.

1 - Operator interface

2 - National electrical manufacturers association

3 - International electrotechnical commission

4 - International protection

جدول ۷-۵- درجه حفاظت تجهیزات برقی و تابلوهای برق برای تماس و ورود اجسام خارجی
(عدد اول درجه حفاظت IP?X)

درجه حفاظت	عدد اول از سمت چپ
هیچ گونه حفاظتی برای اشخاص در مقابل تماس با قسمتهای برق دار و یا قسمتهای متحرک داخل آن ندارد. هیچ گونه حفاظتی در مقابل ورود اجسام جامد خارجی ندارد	۰
دارای حفاظت برای اشخاص در تماس با دست به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک است. دارای حفاظت در مقابل ورود اجسام بزرگ جامد خارجی است.	۱
دارای حفاظت برای تماس انگشتان دست به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک است. دارای حفاظت در مقابل ورود اجسام متوسط جامد خارجی است.	۲
دارای حفاظت برای تماس به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک بوسیله ابزار، سیم و دیگر اشیاء که ضخامت آن از ۲/۵ میلی متر بیشتر باشد است. دارای حفاظت در مقابل ورود اجسام کوچک جامد خارجی است.	۳
دارای حفاظت برای تماس به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک بوسیله ابزار، سیم و سایر اشیاء که ضخامت آن از ۱ میلی متر بیشتر باشد است. دارای حفاظت در مقابل ورود اجسام کوچک جامد خارجی است .	۴
دارای حفاظت کامل برای تماس به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک داخل وسیله است. حفاظت در مقابل انباشت گرد و غبار، ورود گرد و غبار کاملاً جلوگیری نمی شود، ولی گردوغبار نمی تواند به میزانی مانع کارکرد دستگاهها شود وارد گردد.	۵
دارای حفاظت کامل برای تماس به قسمتهای برق دار و قسمتهای متحرک داخل وسیله است. حفاظت در مقابل ورود گرد و غبار دارد	۶

۷-۷ دیاگرام P&ID^۱

تجهیزات ابزار دقیق برای تلمبه خانه های فاضلاب حسب ظرفیت آن متفاوت است. تلمبه خانه های با ظرفیت بالا از نظر تجهیزات ابزار دقیق در مقایسه با تلمبه خانه های فاضلاب با ظرفیت کوچک نیاز به تجهیزات بیشتری دارند. نموداری که محل تجهیزات کنترل همراه با تجهیزات و شیرآلات و لوله های ارتباطی را نشان می دهد، P&ID نامیده می شود. نقاط کنترل معمولاً به صورت دایره مشخص می شود و بر حسب آنکه در تابلوی محلی یا تابلوی مرکزی مشخص شود دایره دارای خط قطری و یا بدون آن است. کنترلهای به کار برده شده در تلمبه خانه های فاضلاب به صورت جدول ۷-۷ است.

1 - Piping and instrument diagram

جدول ۷-۶- درجه حفاظت تجهیزات برقی در مقابل آب
(عدد دوم درجه حفاظت IPX ?)

درجه حفاظت	عدد دوم از سمت چپ
هیچ گونه حفاظتی ندارد.	۰
دارای حفاظت در مقابل قطرات آب ناشی از تعریق دارد. قطرات آب ناشی از تعریق که به طور عمودی روی تجهیزات ریخته شود ایجاد مشکل نمی کند.	۱
دارای حفاظت در مقابل ریخته شدن قطرات مایع است. ریخته شدن قطرات مایع هیچ گونه مشکلی برای تجهیزات تا میزانی که تجهیزات مزبور تا حد ۱۵ درجه از محور قائم منحرف گردد، ندارد.	۲
دارای حفاظت در برابر باران است. ریزش قطرات باران در زاویه کمتر از ۶۰ درجه نسبت به محور قائم ایجاد مشکل برای تجهیزات نمی کند.	۳
دارای حفاظت در مقابل پاشش آب است. پاشش مایعات در هر جهت ایجاد مشکل برای تجهیزات نمی کند.	۴
دارای حفاظت در مقابل پاشش آب به صورت جت است. پاشش آب توسط نازل به طور مداوم ایجاد مشکل برای تجهیزات نمی کند.	۵
دارای حفاظت در مقابل ورود شرایط ایجاد شده برای کشتیها و اسکله های بارگیری و باراندازی است.	۶
حفاظت در مقابل فروبری در آب - آب نتواند در شرایط توقف شده زمانی و فشار، وارد دستگاه شود.	۷
حفاظت در مقابل فروبری نامعین در آب - آب نتواند تحت هر شرایطی وارد دستگاه شود.	۸

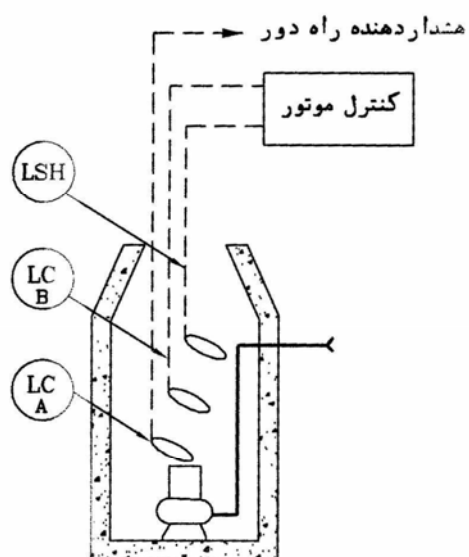
توجه شود که ترانسیمتر مانند FT و یا PT ممکن است به صورت نشان دهنده محلی با منظور کردن I یعنی FTI و PTI درآید. همچنین باید توجه شود که حروف نوشته شده در داخل دایره، منظور تجهیزات برای انجام کار مورد نظر نیست بلکه به عنوان کنترل کننده ذکر می شود. برای مثال، یک سویچ فشارسنج برای کنترل سطح به کار گرفته می شود و با علامت LS مشخص می شود که برای شرایط حداقل LSL و برای حداکثر LSH خواهد بود.

۷-۷-۱ تجهیزات کنترل در تلمبه خانه های فاضلاب کوچک

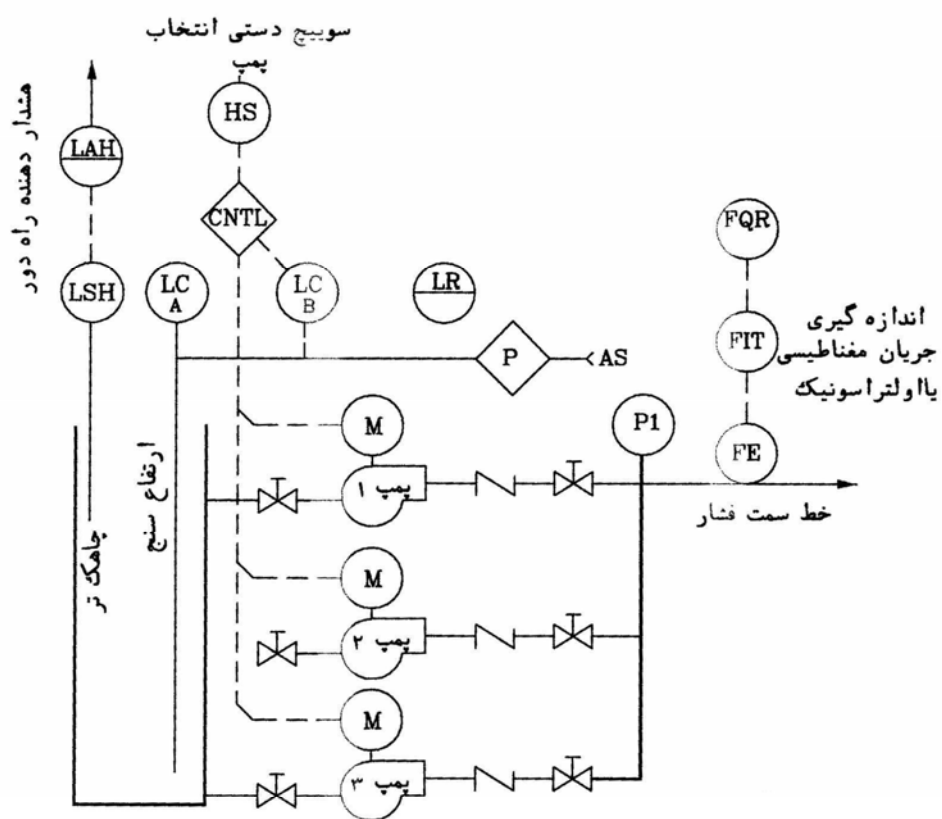
در این تلمبه خانه ها با توجه به آنکه تعداد تلمبه یک یا دو واحد (تلمبه کار یک واحد) است، برای کنترل سطح سه واحد (به صورت سطح سنج شناور) که یک واحد آن برای آژیر حداکثر سطح آب در تلمبه خانه، یک واحد آن برای شروع کار تلمبه و یک واحد برای توقف تلمبه است به کار می رود. معمولاً اطلاعات سطح آب حداکثر (به صورت آژیر) باید به مرکزی انتقال داده شود که تحت مراقبت دائم است، تا به محض شنیدن آژیر، دسترسی به محل تلمبه خانه ممکن باشد. در شکل ۷-۴ تجهیزات کنترل این تلمبه خانه نشان داده شده است.

جدول ۷-۷- کنترل‌های به کار برده شده در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

A,B	خط تحت فشار A و خط تحت فشار B
AE	ابزار آنالیز
ARC	ابزار ثبت یا کنترل
FC	کنترل مقدار جریان
FE	ابزار اندازه‌گیری جریان (مانند جریان‌سنج مغناطیسی یا ونتوری)
FIQ	ابزار اندازه‌گیری جریان که به صورت لحظه‌ای میزان جریان و جمع جریان را نشان می‌دهد
FQ	جمع‌کننده جریان
FQR	ثبتات جریان و جمع جریان
FR	ثبت‌کننده جریان
FT	انتقال‌دهنده اطلاعات جریان
HS	سوییچ دستی
KS	تایمر
LAH	آزیر تراز حداکثر
LAHH	آزیر تراز حداکثر - حداکثر
LAL	آزیر تراز حداقل
LC	کنترل سطح
LCV	شیر کنترل سطح
LG	اندازه‌گیری سطح
LR	ثبت اندازه‌گیری سطح
LFH	سوییچ سطح حداکثر
LSHH	سوییچ سطح حداکثر - حداکثر
LSL	سوییچ سطح حداقل
LSLL	سوییچ سطح حداقل - حداقل
LT	انتقال‌دهنده اطلاعات سطح
M	موتور
PC	کنترل فشار
PI	نشان‌دهنده فشار یا فشارسنج
PSH	سوییچ فشار حداکثر
PSL	سوییچ فشار حداقل
PT	انتقال‌دهنده اطلاعات فشار
SS	سوییچ سرعت
ZS	سوییچ حدی و موقعیت



شکل ۷-۴ - P&ID تلمبه خانه فاضلاب نوع کوچک



شکل ۷-۵ - P&ID تلمبه خانه فاضلاب نوع متوسط

۷-۲ تجهیزات کنترل در تلمبه‌های متوسط و بزرگ

در این تلمبه‌خانه‌ها سه تا چهار واحد تلمبه کار وجود دارد. سطح‌سنج‌های حداقل - حداقل و حداکثر - حداکثر معمولاً به صورت جداگانه از سامانه سطح‌سنج‌های کارکرد تلمبه‌ها خواهد بود. برای هر تلمبه سطح‌سنج شروع و خاتمه کار نیز در نظر گرفته می‌شود.

سطح‌سنج‌های مربوط به تلمبه A,B,C (چنانچه سه واحد تلمبه کار داشته باشد) می‌تواند در یک سامانه PLC^۱ ساده برنامه‌ریزی و دوره گردش کار تلمبه‌ها نیز برنامه‌ریزی شود. همچنین در شرایط سطح آب در حداکثر - حداکثر تلمبه رزرو نیز می‌تواند شروع به کار کرده و در عین حال آژیر را در مرکز کنترل نشان دهد.

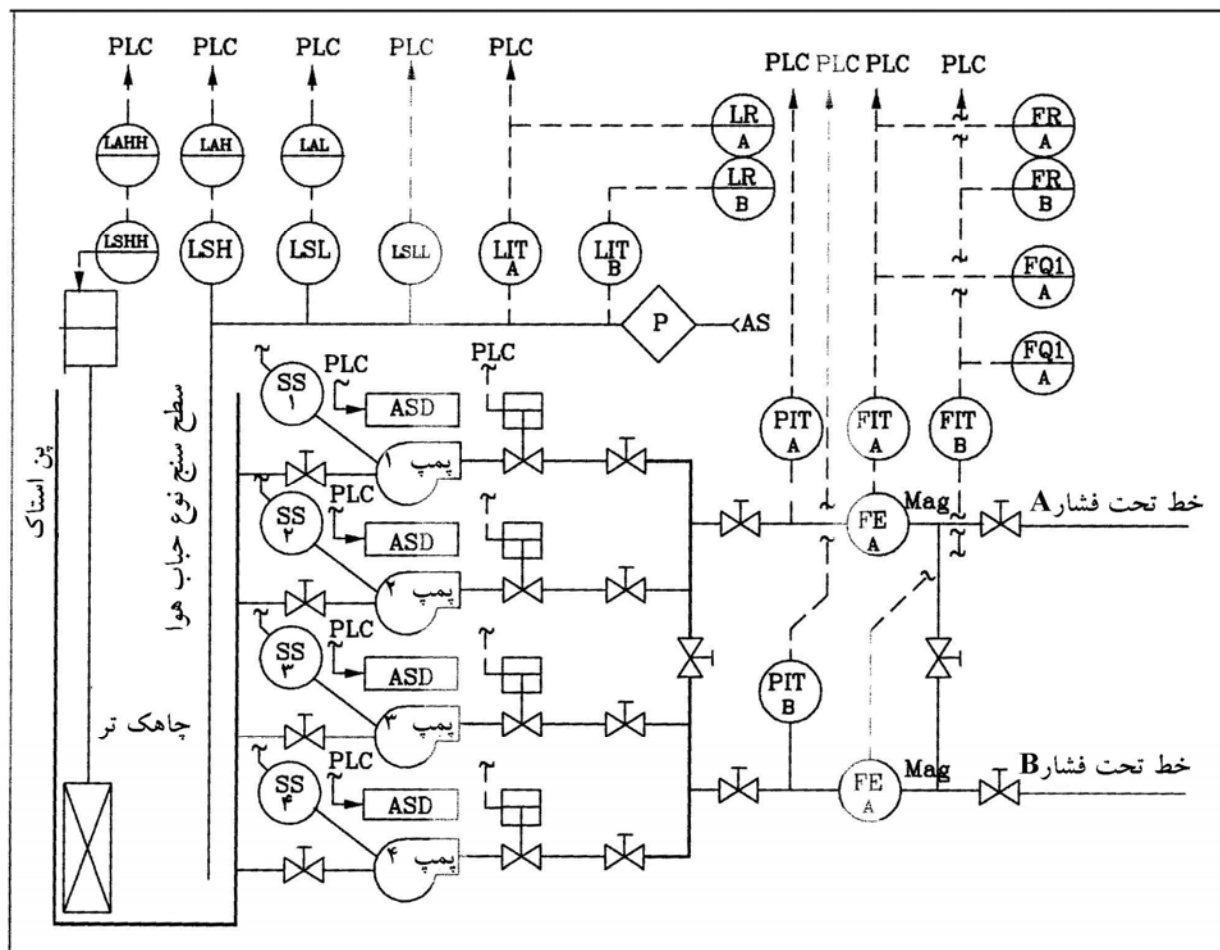
معمولاً برای این تلمبه‌ها در حالتی که در چاهک خشک قرار گیرند، تجهیزات کنترل مربوط به بالا رفتن دما و در شرایط تلمبه‌های مستغرق نفوذ رطوبت نشان داده شده و در تابلوی کنترل مشخص می‌شود. مقدار جریان فاضلاب شامل نشان دادن و یا ثبت اطلاعات دیگر داده‌هایی است که بر حسب نوع تلمبه‌خانه و اهمیت اطلاعات نشان داده می‌شود. در شکل‌های ۷-۵ و ۷-۶، P&ID، تلمبه‌خانه‌های، متوسط و بزرگ نشان داده شده است.

چنانچه تابلویی از نظر درجه حفاظت به صورت IP44 مشخص شود در این صورت این تابلو از نظر حفاظت، برای ورود اجسام خارجی به قطر بیش از یک میلی‌متر و همچنین حفاظت در مقابل پاشش آب است.

در شرایطی که تلمبه‌خانه فاضلاب خط انتقال طولانی با ارتفاع تلمبه‌زنی قابل توجه داشته باشد به گونه‌ای که نیاز به تجهیزات کنترل ضربه قوچ باشد، در این صورت باید واحد PLC برنامه زمانی باز یا بسته کردن شیرهای کنترل ضربه قوچ در مواقع وارد شدن پمپها به سامانه یا خارج شدن آن را برنامه‌ریزی نماید.

۷-۸ تجهیزات برقی تلمبه‌خانه‌ها

تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری، برق موردنیاز خود را از شبکه برق فشارمتوسط شهری تأمین می‌کنند. شبکه برق فشارمتوسط شهری در ایران به صورت ۱۱، ۲۰، ۳۳ کیلوولت است. تجهیزات برق تلمبه‌خانه معمولاً از محل انشعاب از شبکه برق فشارمتوسط شروع می‌شود و شامل تجهیزات پست پاساژ، تابلوی فشارمتوسط، ترانسفورماتور، تابلوی فشارضعیف، کابلها، تابلوهای MCC، موتورهای الکتریکی تلمبه‌ها، روشنایی، کلید و پرز و اتصال زمین است که با توجه به آنکه مشخصات فنی مربوطه در نشریه شماره ۱-۱۱۰ تحت عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی" آورده شده است، از ذکر مجدد این مباحث در این بخش صرف‌نظر شده و به نشریه مزبور ارجاع و فقط به صورت کلی توضیح داده می‌شود.



شکل ۷-۶- P& ID تلمبه‌خانه فاضلاب نوع بزرگ

۹-۷ تجهیزات پست پاساژ

تجهیزات اندازه‌گیری مقدار برق همراه با کلیدهای قطع و وصل، در پست پاساژ که اتاقک قابل دسترسی برای شرکت برق منطقه‌ای بوده و مجزا از پست ترانسفورماتور است در نظر گرفته می‌شود. تابلوی پست پاساژ شامل سکسیونرها، دژنکتور، آمپرمترها (برای هر فاز)، ولت‌متر، سلکتور سویچ ۷ حالت (اندازه‌گیری ولتاژ در فازهای مختلف) اندازه‌گیری $\cos\phi$ ، ترانس ولتاژ همراه با فیوز (برای تأمین ولتاژ تجهیزات نصب‌شده روی تابلو) ترانس جریان، کنتورهای اندازه‌گیری مصرف اکتیو و راکتیو، ساعت فرمان، کلید اتصال زمین فشار متوسط نصب می‌باشد. در شرایطی که نوع پست به‌صورت سرتیری و یا روی زمینی باشد (قدرت کمتر از ۲۵۰ کیلوولت آمپر) تجهیزات مزبور در داخل تابلوی تمام بسته و در زیر ترانسفورماتور (در حالت سرتیری) نصب می‌شود.

۷-۱۰ ترانسفورماتور

شبکه‌های برق شهری در شهرهای ایران به صورت ۱۱، ۲۰، ۳۳ کیلوولت است. موتورهای الکتریکی تلمبه‌های فاضلاب با توجه به قدرت محدود آن (کوچک‌تر از ۱۰۰ کیلو وات) به صورت سه فاز ۳۸۰ ولت است. پست‌های ترانسفورماتور با تبدیل برق فشارمتوسط (ولتاژ اولیه) به برق فشارضعیف (ولتاژ ثانویه) انرژی موردنیاز موتورهای الکتریکی تلمبه‌ها و همچنین دیگر نیازهای برق تلمبه‌خانه (روشنایی، تهویه، تجهیزات گرمایی، سرمایی، تجهیزات کنترل، جرثقیلها و...) را تأمین می‌کند. مشخصات فنی ترانسفورماتورها بر حسب شرایط محیط مانند ارتفاع محل از سطح دریا، دمای محیط (حداکثر و حداقل)، موقعیت ترانسفورماتور (داخل ساختمان و یا محیط باز)، روش خنک‌شدن ترانسفورماتور (روغنی یا خشک)، قدرت اسمی، فرکانس اسمی، ولتاژ اولیه اسمی، ولتاژ ثانویه اسمی، امکان تنظیم ولتاژ اولیه، ولتاژ امپدانس اسمی تعریف می‌شود.

قدرت اسمی خروجی ترانسفورماتورها بر حسب کیلو ولت آمپر (KVA) و در قدرتهای ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و بالاتر است. در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری قدرت موردنیاز به ندرت از ۲۵۰ کیلوولت آمپر فراتر می‌رود، مگر در محل ورودی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که تلمبه‌های با ظرفیت بزرگ‌تر همراه با دیگر تجهیزات مورد نیاز باشد.

مشخصات فنی عمومی و اجرایی ترانسفورماتورها در نشریه شماره ۱-۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به‌طور مشروح تشریح شده است. مطالب درج‌شده در مورد اصول و نصب ترانسفورماتورها که در این نشریه آورده شده است به‌منظور تأکید بیشتر عیناً درج می‌گردد. در شکل‌های ۷-۷ و ۷-۸ نمودار تک خطی تابلوی توزیع برق (پست پاساژ)، برق فشارمتوسط (پست ترانسفورماتور، تابلوی تلمبه‌ها) در شرایط پست هوایی و زمینی همراه با توضیح علائم آن ارائه شده است.

۷-۱۰-۱ نصب ترانسفورماتور در داخل ساختمان

۷-۱۰-۱-۱ اتاق ترانسفورماتور باید تا حد امکان نزدیک به مرکز ثقل بار و در طبقه همکف بوده و در آن به خیابان یا فضای آزاد باز شود به گونه‌ای که نقل و انتقال ترانسفورماتور و حرکت جرثقیل به سهولت امکان‌پذیر باشد. در مواردی که نصب ترانسفورماتورها در طبقات صورت می‌گیرد، باید از ترانسفورماتورهای خشک استفاده شود.

۷-۱۰-۱-۲ به‌طور کلی ابعاد اصلی اتاق ترانسفورماتور، که باید با توجه به ظرفیت و تعداد ترانسفورماتورها و امکان توسعه آتی آن تعیین شود، به شرح زیر است :

الف - ترانسفورماتورهای کوچک تا ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت - آمپر

ابعاد اتاق : طول = ۴ متر، عرض = ۳ متر، ارتفاع = ۴/۷ متر

ابعاد در اتاق : عرض = ۱/۵ متر، ارتفاع = ۴ متر

ب - ترانسفورماتورهای بزرگ‌تر از ۶۳۰ کیلو ولت - آمپر

ابعاد اتاق : طول ۴/۵ متر، عرض = ۳/۵ متر، ارتفاع = ۵/۳ متر

ابعاد در اتاق : عرض = ۲ متر، ارتفاع = ۴/۳ متر

فضای آزاد در اطراف ترانسفورماتور باید دست‌کم ۰/۸ متر در نظر گرفته شود.

دفع گرمای ناشی از تلفات ترانسفورماتور در شرایط عادی (حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰۰ متر، دمای ۴۰ درجه و حداقل ۵ درجه در محیط بسته) ممکن است به وسیله تهویه طبیعی همچون افزایش ارتفاع پست و تعبیه دریچه‌های مشبک ورود هوا در قسمت پایین پست و نصب بادگیر خروج هوا در قسمت سقف یا زیر آن انجام شود. در موارد غیرعادی مانند مناطق گرمسیری که گرمای محیط پست بیش از گرمای مندرج در فوق می‌باشد، استفاده از تهویه مصنوعی به کمک هواکشهای برقی ضرورت دارد. در اینگونه موارد باید در دهانه بادگیر یا پشت دریچه‌های فوقانی پست، هواکشهای برقی مناسبی با کنترل ترموستات پیش‌بینی شود، به گونه‌ای که هنگام افزایش گرمای داخل پست، هواکشها با فرمان ترموستاتها به کار افتاده و در دیگر مواقع خاموش باشد.

برای محاسبه و انتخاب نوع و تعداد هواکشها در هر یک از موارد گفته شده، به جدولهای بخش ۲-۳ مندرج در جلد اول از نشریه «استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت» وزارت نیرو، امور برق، رجوع شود.

دیگر مواردی که باید در ساختمان اتاق ترانسفورماتور رعایت شود به قرار زیر است :

الف - اتاق پست ترانسفورماتور باید عاری از رطوبت بوده و از مصالحی ساخته شود که در برابر آتش‌سوزی مقاوم باشد.

ب - سطوح دیوارهای داخلی اتاق باید به گونه‌ای پوشیده شود که گردگیر نباشد.

پ - سقف اتاق باید با ملات ماسه سیمان اندود و در نهایت رنگ‌آمیزی (نقاشی) شود، استفاده از گچ‌کاری و مانند آن مجاز نخواهد بود.

ت - ورودی اتاق باید فاقد پله و دارای شیب مجاز باشد. در اتاق باید از نوع آهنی و به سمت خارج باز شود. قفل در باید از نوعی باشد که حتی هنگام قفل بودن آن، از داخل قابل باز شدن باشد. اتاق ترانسفورماتور نباید به جز در اصلی هیچ گونه در یا پنجره دیگری داشته باشد.

ث - ارتفاع کف اتاق ترانسفورماتور باید دست کم ۲۰ سانتی متر از سطح احتمالی سیلابروهای منطقه بالاتر باشد.

ج - دریچه‌های ورودی و خروجی هوا باید به گونه‌ای باشد که از ورود آب باران و همچنین دخول پرندگان و حیوانات کوچک به داخل پست جلوگیری شود.

چ - در فضای درونی و در جداره داخلی و خارجی دیوارها، سقف و کف اتاق ترانسفورماتور نباید هیچ گونه لوله‌های حامل آب، گاز، تهویه و حرارت مرکزی نصب شود.

ح - برای اجتناب از تعریق در اتاق ترانسفورماتور، باید از گرمکن برقی مجهز به ترموستات استفاده شود.

ممکن است ترانسفورماتور به طور جداگانه در اتاق ویژه آن، یا مشترکاً در اتاق تابلوهای فشارمتوسط نصب شود. اتاق موردنظر ممکن است دارای کف نیم طبقه (دارای زیرزمین) و یا از نوع کف کانال باشد، بنابراین در هر دو صورت، به منظور جلوگیری از آلودگی محیط پست، اجتناب از آتش‌سوزی، و گردآوری روغنهایی که به علل مختلف از ترانسفورماتور نشت یا سرریز می‌شود، در زیر هر ترانسفورماتور باید حوضچه‌ای مستطیل شکل به شرح زیر پیش‌بینی شود:

الف - ابعاد حوضچه باید دست کم برابر با ابعاد خارجی بزرگ‌ترین ترانسفورماتوری باشد که در اتاق مزبور ممکن است نصب شود و عمق آن متناسب با ظرفیت روغن ترانسفورماتور نامبرده خواهد بود. لبه دورادور حوضچه باید با آهن نبشی ۴×۴ سانتی متر محافظت شود.

ب - دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به صورت آجری با اندود سیمان، یا با بتن مسلح ساخته شود و سپس با رنگ مقاوم در برابر روغن رنگ‌آمیزی شود.

پ - به منظور به حداقل رساندن خطر آتش‌سوزی، داخل حوضچه روغن باید تا ارتفاع معینی از قلوه‌سنگ انباشته شود تا روغن داغ در مجاورت هوا قرار نگیرد. [۱۷]

ت - کف حوضچه باید دارای شیب مناسبی به طرف چاله گردآوری و تخلیه روغن داشته باشد و لوله تخلیه یا امکانات دیگری برای جمع‌آوری و تخلیه روغن در ساختمان آن در نظر گرفته شود.

ث - بر روی حوضچه باید ریل‌های مناسبی برای استقرار چرخ‌های کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین ترانسفورماتور قابل استفاده در اتاق پیش‌بینی و نصب شود.

ج - به منظور جلوگیری از جابه‌جایی ترانسفورماتور، چرخ‌های آن باید به کمک نگهدارنده‌های پیچ و مهره‌دار بر روی ریل‌ها محکم شود.

۶-۱۰-۷ جزئیات حوضچه روغن و ریل‌گذاری ترانسفورماتور مطابق استاندارد وزارت نیرو، امور برق اجرا گردد.

۷-۱۰-۷ در مواردی که از اتاق ترانسفورماتور با کف کانال استفاده می‌شود، برای نصب کابل‌های فشارمتوسط و فشارضعیف از تابلوها به ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور کانال‌هایی به ابعاد حداقل 50×30 سانتی‌متر پیش‌بینی و احداث شود.

۸-۱۰-۷ در مواردی که از اتاق با کف نیم طبقه (دارای زیرزمین) استفاده می‌شود، برای ورود کابل‌های فشارمتوسط و فشارضعیف از زیرزمین به اتاق ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه، شیارهایی با ابعاد 50×15 سانتی‌متر پیش‌بینی شود.

۹-۱۰-۷ برای نگهداری کابل‌های فشارمتوسط و فشارضعیف به صورت قائم در طرفین ترانسفورماتور تا محل اتصال آن، در کنار شیارهای ورودی کابل یا در انتهای کانال‌های کابل، در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور، باید اسکلت‌های فلزی نرده مانند ساخته شده از نبشی حداقل 5×5 سانتی‌متر پیش‌بینی و پایه‌های آن به‌طور ثابت در کف اتاق نصب شود.

۱۰-۱۰-۷ به‌منظور رعایت ضوابط ایمنی، بدنه اصلی ترانسفورماتور باید از طریق پیچ مخصوص اتصال زمین به‌طور محکم به چاه اتصال زمین واقع در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به آن متصل شود. با توجه به قابلیت جابه‌جایی ترانسفورماتور بر روی چرخ و ریل، هادی اتصال زمین باید از نوع انعطاف‌پذیر و دارای طول کافی باشد. تجهیزات داخل پست اعم از بدنه ترانسفورماتورها، تابلوها، در، دریچه‌ها، نرده‌ها و درپوش‌های فلزی باید به‌طور مؤثری به شبکه زمین پست اتصال داده شود.

۷-۱۰-۲ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان (فضای آزاد)

ترانسفورماتور را می‌توان در خارج ساختمان بر روی زمین و یا روی تیر نصب کرد.

۷-۱۰-۱-۲ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان و در روی زمین

الف - فضایی که برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان در نظر گرفته می‌شود باید حداقل دارای ابعاد $4 \times 4/5$ متر بوده و کف آن حدود ۵۰ سانتی‌متر از کف اطرافش بالاتر باشد.

- ب - برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان باید در محل نصب ترانسفورماتور حوضچه‌های مستطیل شکل با ابعادی حداقل برابر با ابعاد خارجی ترانسفورماتور مورد نظر و به عمق ۵۰ سانتی‌متر پیش‌بینی و بر روی آن دو عدد ناودان مناسب برای حرکت و قرار گرفتن چرخهای ترانسفورماتور نصب‌شده و لبه دورادور حوضچه با آهن نبشی 4×4 سانتی‌متر مهار شود.
- پ - به‌منظور هدایت و دفع روغنهایی که به علل مختلف از ترانسفورماتور نشت می‌کند و همچنین دفع آب باران و غیره، کف حوضچه باید دارای شیبی برابر یک درصد به طرف مرکز آن بوده و در مرکز به وسیله یک کف شور به چاهک جذب با عمق مناسب به خارج منتهی شود.
- ت - دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به صورت آجری با اندود سیمان و یا با بتن مسلح ساخته شود.
- ث - برای نصب کابل‌های فشارمتوسط و فشارضعیف از تابلوها به ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه کانالهایی به ابعاد حداقل 50×30 سانتی‌متر پیش‌بینی و تعبیه شود.
- ج - به منظور حفاظت ترانسفورماتور در برابر آسیب، و دسترسی افراد غیرمجاز باید دورادور محل نصب آن با حصار توری و یا نرده فلزی با درهای ورودی مناسب محصور شود.

۷-۱۰-۲ نصب ترانسفورماتور در روی تیر

- الف - ترانسفورماتورهای فشارمتوسط با ولتاژ ۱۱ کیلوولت تا قدرت ۲۵۰ کیلوولت - آمپر، و با ولتاژ ۲۰ کیلوولت تا قدرت ۲۰۰ کیلوولت - آمپر را می‌توان در روی تیر نصب کرد.
- ب - برای نصب ترانسفورماتورهای فشارمتوسط با ولتاژهای ۱۱ و ۲۰ کیلوولت در روی تیر باید جزییات و اصول نصب مندرج در استانداردهای شماره ۱۱-۴۴۲ و ۱۱-۴۴۳ و ۱۱-۴۴۴ و ۲۰-۴۴۲ و ۲۰-۴۴۳ و ۲۰-۴۴۴ وزارت نیرو - امور برق دقیقاً رعایت شود.

۷-۱۱ تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط

تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط بین خط انتقال فشارمتوسط و ترانسفورماتور قرار می‌گیرند و در آن تجهیزات قطع و وصل و کنترل و اندازه‌گیری و تنظیم قرار داده می‌شوند. این تابلوها به‌طور معمول در کارخانه ساخته شده و آزمونهای مورد لزوم را در کارخانه برای آن انجام می‌دهند. به‌طور معمول این تابلوها با پوشش و خانه‌های بسته فلزی و یا دارای جداره‌های غیرفلزی است. خانه‌های این تابلوها به‌صورت جداگانه برای اجزای کلید اصلی و اجزایی که به دو طرف کلید ارتباط دارد به‌طور جداگانه خواهد بود. در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری تابلوهای قدرت و فرمان به‌صورت تمام بسته و به‌طور ایستاده در نظر گرفته شده و با توجه به درجه حفاظت موردنیاز برای شرایط بیرون و یا داخل ساختمان در نظر گرفته می‌شود. حداقل درجه حفاظت IP40 خواهد بود که دارای حفاظت در برابر نزدیک شدن به قسمتهای باردار و یا تماس از طریق سیم به قطر بیشتر از یک میلی‌متر است ولی حفاظتی از نظر نفوذ آب ندارد و در شرایطی که تابلو در بیرون از ساختمان نصب می‌شود حداقل حفاظت IP44، در نظر گرفته می‌شود که در برابر پاشیدن آب و ورود اجسام به قطر بیشتر از یک میلی‌متر حفاظت دارد (جهت اطلاع از درجه حفاظت به جدولهای ۷-۵، ۷-۶ رجوع شود) رقم مزبور حداقل حفاظت ضروری است. تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط از جلو قابل دسترس می‌باشند بدین ترتیب که وسایل فرمان مانند دسته یا شاسیها روی بخش ثابتی در سمت راست، وسایل اندازه‌گیری با در جداگانه در بخش فوقانی، در قسمت جلو تابلو قرار می‌گیرند. دیگر تجهیزات مانند سکسیونرهای غیرقابل قطع

زیر بار، سکسیونرهای قابل قطع زیربار، دیژنکتورهای دستی و موتوری، فیوزها، ترانس جریان، ترانس ولتاژ، سرکابلها در داخل تابلو نصب می‌شود و به وسیله یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکی یا مکانیکی که فقط پس از قطع کلید قابل باز شدن است و در جنب قسمت فوق‌الذکر قرار دارد، دسترسی برای اتصالات، تعمیرات و غیره امکان‌پذیر می‌شود. استاندارد ساخت تابلوهای فشارقوی باید مطابق فصل ششم ردیف ۵-۶ نشریه ۱-۱۱۰ (جلد اول) دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور باشد. در این استاندارد تأکید شده است که اسکلت تابلو CI^۱ پروفیل آهنی باشد که به وسیله پیچ و مهره به هم متصل شده است. پروفیل‌های فلزی باید با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر و رنگ آمیزی آن شامل زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفات‌کاری و رنگ‌کاری در نظر گرفته شود. سامانه همبندی بین اجزای تابلو باید به گونه‌ای باشد که ایمنی در کار و سهولت در بهره‌برداری را تأمین کند. تابلوها برای مناطقی که مرطوب بوده و یا در جای مرطوب قرار می‌گیرد مجهز به هیتر برقی برای تنظیم دما بین ۲۵ تا ۳۰ درجه باشد. برای تابلوهای فشارمتوسط سامانه اتصال زمینی در نظر گرفته شود. حداکثر ابعاد تابلوهای فشارمتوسط ایستاده و قابل دسترسی و فرمان از جلو برای ولتاژ ۲۰ کیلوولت، ارتفاع ۲۲۰ سانتی‌متر، عرض ۱۴۰ سانتی‌متر و عمق ۱۴۰ سانتی‌متر است. ساختمان این گونه تابلوها به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که توسعه آن از طرفین امکان‌پذیر باشد. بر حسب آنکه پست فشارمتوسط از سامانه شبکه حلقه‌ای تغذیه کند و یا از سامانه شبکه شعاعی، شیوه آرایش ادوات تابلو فشار قوی متفاوت خواهد بود. در این بخش آرایش پیشنهاد شده نشریه ۱-۱۱۰ برای این دو نوع پست عیناً آورده می‌شود.

۷-۱۱-۱ ترکیب کلی تابلو فشارمتوسط

۷-۱۱-۱-۱ تابلو فشارمتوسط برای استفاده در سامانه حلقه‌ای (رینگ)

در مواردی که پست فشارمتوسط از سامانه شبکه حلقه‌ای تغذیه می‌شود ترکیب کلی تابلو باید به شرح زیر باشد:

سلول اول - کلید ورودی شماره یک رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین است، در این سلول نصب می‌شود.

سلول دوم - کلید ورودی شماره دو رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین است، در سلول دوم نصب می‌شود.

سلول سوم - کلید اصلی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف، مانند کم روغن، گازی (SF₆)، روغنی، موتوری و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی است، در سلول سوم نصب می‌شود.

سلول چهارم - وسایل اندازه‌گیری، که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور راکتیو، ساعت فرمان و غیره، در سلول چهارم نصب می‌شود.

سلول پنجم - کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی، که شامل یک عدد سکسیونر غیر قابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف مانند کم روغن، روغنی، گازی (SF₆)، موتوری و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانویه است، در سلول پنجم نصب می‌شود.

۷-۱۱-۲ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سامانه شعاعی

در مواردی که پست فشار متوسط از سامانه شبکه شعاعی تغذیه می‌شود، ترکیب کلی تابلو باید به شرح زیر باشد:

سلول اول - کلید اصلی که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (که ممکن است از انواع مختلف مانند کم روغن، روغنی، گازی (SF6)، موتوری و غیره باشد) با رله‌های محافظ از نوع اولیه یا ثانوی است در سلول اول نصب می‌شود.

سلول دوم - وسایل اندازه‌گیری، که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور راکتیو، ساعت فرمان و غیره است در سلول دوم نصب می‌شود.

سلول سوم - کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف مانند کم روغن، روغنی، گازی (SF6)، موتوری و غیره)، با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی است، در سلول سوم نصب می‌شود.

سلولهای چهارم به بعد، در صورت لزوم مشابه سلول سوم خواهد بود.

۷-۱۲ تابلوهای فشار ضعیف

برق با ولتاژ ضعیف از خروجی ترانسفورماتور به تابلوی فشار ضعیف متصل می‌گردد در این تابلو مجموعه وسایل قطع و وصل (یک یا چند کلید) همراه با تجهیزات کنترل و اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم به‌طور کامل سوار شده‌اند. وسایل داخلی تابلو شامل کلید خودکار که وسیله مکانیکی قطع و وصل جریان است و قادر است در شرایط عادی، جریانها را وصل و یا قطع کند. این نوع کلیدها مجهز به وسایلی است که در جریانهای غیرعادی (اضافه بار، اتصال کوتاه) جریان برق به‌طور خودکار قطع می‌کند، کلید فیوز و کنتاکتور مکانیکی از دیگر تجهیزاتی است که در تابلوی فشار ضعیف قرار داده می‌شود. تابلوهای فشار ضعیف معمولاً به‌صورت تمام بسته که حداقل درجه حفاظت آن IP40 برای منطقه سرپوشیده است، ساخته می‌شود. این تابلوها بر حسب قدرت مورد نیاز تلمبه‌خانه می‌تواند از نوع دیواری و یا ایستاده باشد در تلمبه‌خانه‌های کوچک (زیر ۴۰ کیلو وات) تابلوها به‌صورت دیواری است و برای قدرت بالاتر، ایستاده پیش‌بینی می‌شود. تابلوهای تمام بسته ایستاده می‌تواند از نوع دسترسی از جلو و یا از پشت تابلو باشد و از یک یا چند سلول تشکیل می‌شود. تابلوهای دیواری فقط از جلو قابل دسترسی است. حداکثر ابعاد تابلوهای قابل دسترسی در جلو ارتفاع ۲۲۰ سانتی‌متر، عرض ۹۰ سانتی‌متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر است، در مورد تابلوهای قابل دسترسی از پشت تابلو عمق آن به ۸۰ سانتی‌متر افزایش می‌یابد.

تابلوهای فشار ضعیف در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری، رابط بین طرف ثانویه پست ترانسفورماتور و تجهیزات موتوری و دیگر مصارف برق خواهد بود. بر این اساس کلید ورودی اصلی از نوع خودکار انتخاب می‌شود، به‌علاوه بر سر راه هر اتصال به واحد موتوری، کلید قطع و وصل خودکار پیش‌بینی می‌شود. این کلید وسیله موتوری را در مقابل اتصال کوتاه و بار گمانه اضافی محافظت می‌کند. برای مصارف روشنایی و تهویه از نوع کلید فیوز و یا کلید گردان یا چاقویی و یا فیوز جداگانه استفاده می‌شود. کلید ورودی اصلی به تابلو، مجهز به سه دستگاه آمپر متر و یک دستگاه ولت متر و کلید تبدیل ولت متر از نوع هفت حالتی است، برای اطلاع از وضعیت خاموش یا روشن بودن موتورها چراغهای سیگنال روشن، خاموش در نظر گرفته می‌شود. در این تابلو همچنین کلیدهای راه‌اندازی دستگاههای موتوری در نظر گرفته می‌شود. به‌علاوه ترانس جریان و خازنهای تنظیم‌کننده،

به منظور کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت در نظر گرفته می شود. شکل ۷-۸ دیاگرام تک خطی تابلوهای فشارضعیف تلمبه خانه های شهری را نشان می دهد.

شیوه استارت تلمبه های فاضلاب با توجه به قدرت اسمی موتورالکتریکی و توان سامانه برای تحمل آمپراژ آن در مرحله راه اندازی انتخاب می شود، برای استارت موتورهای دو روش به صورت مستقیم و ستاره مثلث وجود دارد. نوع اتصال مستقیم^۱ که ارزان ترین روش نیز می باشد، مقدار جریان برق برای راه اندازی موتور در این روش تا حدود شش برابر جریان نرمال مورد نیاز خواهد بود، در این روش محدودیتی از نظر تعداد استارت در ساعت برای موتور وجود ندارد. این روش معمولاً در سامانه هایی که قابلیت تحمل آمپراژ بالا در مرحله استارت دارند و همچنین برای موتورهای با قدرت کم کاربرد دارد. در روش راه اندازی به صورت ستاره مثلث^۲ میزان جریان در مرحله راه اندازی ستاره ای حدود ۳۳/۳ درصد روش مستقیم و حدود دو برابر آمپراژ نرمال است، در نتیجه ممان محرک^۳ برای گردش موتور نیز حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد است که در بعضی موارد ممکن است برای موتور ایجاد اشکال کند، بویژه در مواردی که تعداد قطبهای موتور افزایش یابد. این روش معمولاً در اکثر موارد برای قدرتهای بالا به کار می رود و هزینه آن نیز نسبت به روش اول بیشتر است.

انتخاب ادوات لازم از قبیل کنتاکتور، بی متال، فیوز، کلید قطع و وصل و کابل با توجه به نوع موتور تک فاز و یا سه فاز با توجه به قدرت اسمی آن انجام می گیرد. جدولهای ۷-۸ و ۷-۹ که از نشریه ۱-۱۱۰ استخراج شده، اندازه های مربوط را به دست می دهد، معمولاً برای هر مدار آمپرتر در نظر می گیرند و در مدارهایی که شدت جریان بیش از ۶۰ آمپر باشد از ترانس جریان و آمپرتر مخصوص استفاده می شود.

۷-۱۳ خازنها

در مدارهای الکتریکی به منظور کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت، از خازن استفاده می کنند و در این حالت قدرت خازن باید به اندازه ای باشد که مقدار $\cos\phi$ را به حدود ۰/۹ تا ۱ برساند. قدرت اکتیو از رابطه $I \times \cos\phi$ (آمپر) $\times U$ (ولتاژ) $\times \sqrt{3}$ $P_W =$ (قدرت اکتیو) به دست می آید. چنانچه $\cos\phi$ موتورهای ۰/۹ بیشتر باشد نیازی به خازن نخواهد بود، اما در حالتی که مقدار آن پایین تر بوده و در نظر باشد آن را به بالاتر از ۰/۹ افزایش دهیم، قدرت خازن طبق رابطه $P_W \times F = P_C$ (قدرت اکتیو) P_C (قدرت خازن) که F ضریبی است که بر اساس جدول ۷-۱۰ مطابق نشریه ۱-۱۱۰ به دست می آید، در این حالت ابتدا با داشتن ضریب قدرت واقعی $\cos\phi_1$ در جدول در ردیف افقی برای $\cos\phi_2$ مورد نظر ضریب F را انتخاب کرده و در رابطه بالا منظور می کنیم و قدرت خازن بر حسب کیلو وار به دست می آید. در رابطه فوق F قدرت مورد لزوم بر حسب کیلووار به ازای هر کیلووات قدرت اکتیو است. فصل یازدهم نشریه شماره ۱-۱۱۰ جزئیات طراحی و کاربرد خازنها را تشریح می کند.

1 - Direct on - Line

2 - Star - Delta

3 - Torque

جدول ۷-۸- جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سامانه موتورهای تک فاز برقی

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۲۲۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای تک فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار(متریک)
		فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع		۱۴۲۵			
۲ × ۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۰/۷۵	۱-۰/۶	۹	۰	اتصال مستقیم		۰/۷		$\frac{1}{16}$	۰/۰۴۷
۲ × ۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت-ز	۰/۹۵	۱/۲-۰/۸	۹	۰	ا-م		۰/۹		$\frac{1}{12}$	۰/۰۶
۲ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۱/۲۵	۱/۶-۱/۱	۹	۰	ا-م		۱/۲		$\frac{1}{8}$	۰/۰۹
۲ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۱/۷۵	۲-۱/۴	۹	۰	ا-م		۱/۷		$\frac{1}{6}$	۰/۱۲
۲ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۲/۳۵	۲/۵-۱/۷	۹	۰	ا-م		۲/۳		$\frac{1}{4}$	۰/۱۸
۲ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۳/۳۵	۴/۵-۳	۹	۰	ا-م		۳/۳		$\frac{1}{3}$	۰/۲۵
۲ × ۲/۵	۱۶	۱۰	۲۵	DIA ت-ز	۴/۱۵	۶-۴	۹	۰	ا-م		۴/۱		$\frac{1}{2}$	۰/۳۷
۲ × ۲/۵	۱۶	۱۶	۲۵	DIA ت-ز	۶/۲۰	۸-۵/۵	۹	۰	ا-م		۶/۱		$\frac{3}{4}$	۰/۵۵
۲ × ۲/۵	۱۶	۱۶	۲۵	DIA ت-ز	۷/۶۰	۱۲-۸	۱۶	۱	ا-م		۷/۵		۱	۰/۷۵
۲ × ۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIA ت-ز	۹/۶۰	۱۲-۸	۱۶	۱	ا-م		۹/۵		۱/۵	۱/۱
۲ × ۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت-ز	۱۴/۲۰	۱۶-۱۱	۳۲	۲	ا-م		۱۴		۲	۱/۵
۲ × ۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت-ز	۲۱/۵۰	۲۵-۱۷	۳۲	۲	ا-م		۲۱		۳	۲/۲
۲ × ۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۳۵/۵۰	۴۵-۳۰	۴۵	۳	ا-م		۳۵		۵	۳/۶
۲ × ۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۵۱	۶۳-۴۰	۶۳	۴	ا-م		۵۰		۷/۵	۵/۵

جدول ۷-۹- جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سامانه موتورهای سه فاز برقی

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار (متریك)
		فشنك (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰		
سطح مقطع و تعداد رشته	قطع (آمپر)													
۳ × ۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۱۸	۹	۰	اتصال مستقیم	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۴	$\frac{1}{12}$	۰/۰۶
۳ × ۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIA ت-ز	۰/۳۵	۰/۴-۰/۲۵	۹	۰	ا-م	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۶	$\frac{1}{8}$	۰/۰۹
۳ × ۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIA ت-ز	۰/۴۵	۰/۶-۰/۴	۹	۰	ا-م	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۵۰	$\frac{1}{6}$	۰/۱۲
۳ × ۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت-ز	۰/۶۵	۱-۰/۶	۹	۰	ا-م	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۸	$\frac{1}{4}$	۰/۱۸
۳ × ۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت-ز	۰/۸۰	۱-۰/۶	۹	۰	ا-م	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۸	$\frac{1}{3}$	۰/۲۵
۳ × ۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت-ز	۱/۱۵	۱/۲-۰/۸	۹	۰	ا-م	۱/۱۰	۱/۱۲	۱/۱۵	$\frac{1}{2}$	۰/۳۷
۳ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۱/۵۰	۱/۶-۱/۱	۹	۰	ا-م	۱/۴۵	۱/۴۷	۱/۶۳	$\frac{3}{4}$	۰/۵۵
۳ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۲/۰۰	۲/۵-۱/۷	۹	۰	ا-م	۱/۸۳	۱/۹۵	۲/۱۵	۱/۰	۰/۷۵
۳ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۲/۸۵	۳/۲-۲/۲	۹	۰	ا-م	۲/۵۵	۲/۸	۳/۰	۱/۵	۱/۱
۳ × ۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت-ز	۳/۱۵	۴/۵-۳	۹	۰	ا-م	۲/۸۰	۳/۱۴	۳/۴	۱/۶	۱/۲
۳ × ۲/۵	۱۶	۱۰	۲۵	DIA ت-ز	۳/۷۵	۴/۵-۳	۹	۰	ا-م	۳/۴	۳/۷	۴/۰	۲/۰	۱/۵
۳ × ۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت-ز	۵/۰۰	۶-۴	۹	۰	ا-م	۴/۴	۴/۹۵	۵/۳	۲/۶۷	۲/۰
۳ × ۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت-ز	۵/۲۵	۶-۴	۹	۰	ا-م	۴/۸	۵/۲	۵/۸	۳/۰	۲/۲
۳ × ۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت-ز	۷/۰۵	۸-۵/۵	۹	۰	ا-م	۶/۴	۷/۰	۷/۶	۴/۰	۳/۰

ادامه جدول ۷-۹

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار (متریک)
		فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰		
۳×۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۸/۹	۹/۵-۶/۵	۱۶	۱	اتصال مستقیم	۸/۱	۸/۸	۹/۵	۵/۵	۴
۳×۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIA ت-ز	۱۰/۹	۱۲-۸	۱۶	۱	ا-م	۱۰/۱	۱۰/۸	۱۱/۹	۶/۶۷	۵
۳×۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت-ز	۱۱/۸	۱۶-۱۱	۱۶	۱	ا-م	۱۱/۲	۱۱/۷	۱۳/۱	۷/۵	۵/۵
۳×۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت-ز	۱۵/۷	۲۰-۱۴	۳۲	۲	ا-م	۱۴/۹	۱۵/۶	۱۸/۱	۱۰	۷/۵
۳×۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت-ز	۲۰/۵	۲۵-۱۷	۳۲	۲	ا-م	۲۰/۴	۲۰	۲۲/۶	۱۳/۳۴	۱۰
۳×۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت-ز	۲۲/۵	۲۵-۱۷	۳۲	۲	ا-م	۲۲/۵	۲۲	۲۴/۳	۱۵	۱۱
۳×۱۰	۶۳	۶۳	۶۳	DIA ت-ز	۲۹/۵	۳۲-۲۲	۳۲	۲	ا-م	۳۰	۲۹	۳۱/۵	۲۰	۱۵
۳×۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۳۸/۵	۴۵-۳۰	۴۵	۳	ا-م	۳۶	۳۸	۳۷/۵	۲۵	۱۸/۵
۳×۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۴۰	۴۵-۳۰	۴۵	۳	ا-م	۳۷/۹	۳۹/۸	۴۰/۱	۲۶/۶۶	۲۰
۳×۲۵	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۴۴	۶۳-۴۰	۶۳	۴	ا-م	۴۲/۵	۴۳/۵	۴۴/۵	۳۰	۲۲
۳×۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۵۰	۶۳-۴۰	۶۳	۴	ا-م	۴۸	۴۹	۵۰	۳۳/۳۴	۲۵
۳×۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت-ز	۵۹	۶۳-۴۰	۶۳	۴	ا-م	۵۷	۵۸	۵۹	۴۰	۳۰
۳×۳۵	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	DIA ت-ز	۶۸	۸۰-۵۵	۱۱۰	۶	ا-م	۶۵/۵	۶۷	۶۸	۴۶/۶۶	۳۵
۳×۳۵	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	DIA ت-ز	۷۲	۸۰-۵۵	۱۱۰	۶	ا-م	۶۹	۷۱	۷۲	۵۰	۳۷

ادامه جدول ۷-۹

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار (متریک)
		فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰		
سطح مقطع و تعداد رشته	قطع (آمپر)													
۳ × ۳۵	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	DIAZED تاخیر زمانی	۷۸	۱۰۰-۷۰	۱۱۰	۶	اتصال مستقیم	۷۴/۲	۷۵/۶	۷۷/۲	۵۳/۳۳	۴۰
۳ × ۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	DIA ت - ز	۸۸	۱۰۰-۷۰	۱۱۰	۶	ا - م	۸۳	۸۷	۸۷	۶۰	۴۵
۳ × ۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	DIA ت - ز	۹۶	۱۱۰-۹۰	۱۱۰	۶	ا - م	۹۳	۹۴/۵	۹۶	۶۶/۶۶	۵۰
۳ × ۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	DIA ت - ز	۱۰۶	۱۲۵-۸۸	۱۷۰	۸	ا - م	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۶	۷۵	۵۵
۳ × ۷۰	۴۰۰	۲۲۴	۴۰۰	HRC	۱۴۴	۱۷۰-۱۲۰	۱۷۰	۸	ا - م	۱۴۰	۱۴۲	۱۴۴	۱۰۰	۷۵
۳ × ۹۵	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	HRC	۱۷۲	۲۰۰-۱۴۰	۲۵۰	۱۰	ا - م	۱۶۶	۱۶۸	۱۷۲	۱۲۵	۹۰
۳ × ۱۲۰	۴۰۰	۳۰۰	۴۰۰	HRC	۲۱۰	۲۵۰-۱۷۵	۲۵۰	۱۰	ا - م	۲۰۰	۲۰۵	۲۱۰	۱۵۰	۱۱۰
۳ × ۱۵۰	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	HRC	۲۵۵	۳۲۰-۲۲۵	۴۰۰	۱۲	ا - م	۲۴۰	۲۴۵	۲۵۵	۱۸۰	۱۳۲
۳ × ۱۸۵	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	HRC	۲۹۵	۴۰۰-۲۸۰	۴۰۰	۱۲	ا - م	۲۹۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۲۰	۱۶۰
۳ × ۳۰۰	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	HRC	۳۷۰	۵۰۰-۳۵۰	۴۰۰	۱۲	ا - م	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۲۷۰	۲۰۰
۳ × ۳۰۰	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	HRC	۴۶۰	۶۳۰-۴۴۰	۶۳۰	۱۴	ا - م	۴۴۰	۴۵۰	۴۶۰	۳۴۰	۲۵۰
۳ × ۴۰۰	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	HRC	۵۸۰	۶۳۰-۴۴۰	۶۳۰	۱۴	ا - م	۵۶۰	۵۷۰	۵۸۰	۴۳۰	۳۱۵
۲(۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	HRC	۷۰۰	۱۰۰۰-۲۵۰	۱۰۰۰		ا - م	۶۶۰	۶۸۰	۷۰۰	۵۱۵	۳۸۰
۲(۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	HRC	۷۲۰	۱۰۰۰-۲۵۰	۱۰۰۰		ا - م	۷۱۰	۷۱۵	۷۲۰	۵۴۵	۴۰۰
۲(۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	HRC	۹۱۰	۱۲۰۰-۷۵۰	۱۰۰۰		ا - م	۸۷۵	۸۹۵	۹۱۰	۶۸۰	۵۰۰

ادامه جدول ۷-۹

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار (متریک)
سطح مقطع و تعداد رشته	قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰		
۲ (۳×۶)	۴۰	۲۵	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۱۳	۱۱ - ۱۶	۲۵	۱	ستاره مثلث	۲۲/۵	۲۲	۲۴/۳	۱۵	۱۱
۲ (۳×۱۰)	۶۳	۵۰	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۱۸	۱۴ - ۲۰	۵۰	۲	س-م	۳۰	۲۹	۳۱/۵	۲۰	۱۵
۲ (۳×۱۰)	۱۰۰	۶۳	NEOZ- 63 یا HRC- 125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۲	۱۷ - ۲۵	۵۰	۲	س-م	۳۶	۳۸	۳۷/۵	۲۵	۱۸/۵
۲ (۳×۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ- 63 یا HRC- 125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۴	۲۲ - ۳۲	۷۰	۳	س-م	۳۷/۹	۳۹/۸	۴۰/۱	۲۶/۶۶	۲۰
۲ (۳×۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ- 63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۶	۲۲ - ۳۲	۷۰	۳	س-م	۴۲/۵	۴۳/۵	۴۴/۵	۳۰	۲۲
۲ (۳×۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ- 63 یا HRC- 125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۹	۲۲ - ۳۲	۷۰	۳	س-م	۴۸	۴۹	۵۰	۳۳/۳۴	۲۵
۲ (۳×۱۶)	۱۲۵	۸۰	۱۲۵	HRC	۳۵	۳۰ - ۴۵	۷۰	۳	س-م	۵۷	۵۸	۵۹	۴۰	۳۰
۲ (۳×۲۵)	۱۲۵	۱۰۰	۱۲۵	HRC	۴۰	۳۰ - ۴۵	۱۰۰	۴	س-م	۶۵/۵	۶۷	۶۸	۴۶/۶۶	۳۵
۲ (۳×۲۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۴۲	۴۰ - ۶۳	۱۰۰	۴	س-م	۶۹	۷۱	۷۲	۵۰	۳۷
۲ (۳×۲۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۴۵	۴۰ - ۶۳	۱۰۰	۴	س-م	۷۴/۲	۷۵/۶	۷۷/۲	۵۳/۳۳	۴۰
۲ (۳×۳۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۵۱	۴۰ - ۶۳	۱۶۰	۶	س-م	۸۳	۸۷	۸۷	۶۰	۴۵
۲ (۳×۳۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۵۶	۴۰ - ۶۳	۱۶۰	۶	س-م	۹۳	۹۴/۵	۹۶	۶۶/۶۶	۵۰
۲ (۳×۵۰)	۲۵۰	۱۶۰	۲۵۰	HRC	۶۲	۵۵ - ۸۰	۱۶۰	۶	س-م	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۶	۷۵	۵۵
۲ (۳×۷۰)	۲۵۰	۲۰۰	۲۵۰	HRC	۸۴	۷۰ - ۱۰۰	۱۶۰	۶	س-م	۱۴۰	۱۴۲	۱۴۴	۱۰۰	۷۵

ادامه جدول ۷-۹

کابل یا سیم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه فاز	
	اندازه کلید	فیوز پشتیبان			رله محافظت حرارتی (بی-متال)		راه انداز			دور در دقیقه			کیلو وات	اسب بخار (متریک)
		فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰		
۲ (۳×۹۵)	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	HRC	۹۸	۱۲۵ - ۸۸	۲۵۰	$\frac{8}{6}$	ستاره مثلث	۱۶۶	۱۶۸	۱۷۲	۱۲۵	۹۰
۲ (۳×۹۵)	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	HRC	۱۲۰	۱۲۵ - ۸۸	۲۵۰	$\frac{8}{6}$	س-م	۲۰۰	۲۰۵	۲۱۰	۱۵۰	۱۱۰
۲ (۳×۱۲۰)	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	HRC	۱۴۵	۱۷۰ - ۱۲۰	۲۵۰	$\frac{8}{6}$	س-م	۲۴۰	۲۴۵	۲۵۵	۱۸۰	۱۳۲
۲ (۳×۱۵۰)	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	HRC	۱۷۵	۲۵۰ - ۱۷۵	۵۰۰	$\frac{12}{8}$	س-م	۲۹۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۲۰	۱۶۰
۲ (۳×۲۴۰)	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	HRC	۲۱۰	۲۵۰ - ۱۷۵	۵۰۰	$\frac{12}{8}$	س-م	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۲۷۰	۲۰۰
۲ (۳×۳۰۰)	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	HRC	۲۶۱	۳۲۰ - ۲۲۵	۵۰۰	$\frac{12}{8}$	س-م	۴۴۰	۴۵۰	۴۶۰	۳۴۰	۲۵۰
۲ (۳×۴۰۰)	۱۰۰۰	۲×۵۰۰	۲×۶۳۰	HRC	۳۳۱	۴۰۰ - ۲۸۰	۷۰۰	$\frac{12}{10}$	س-م	۵۶۰	۵۷۰	۵۸۰	۴۳۰	۳۱۵
۴ (۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۲×۵۰۰	۲×۶۳۰	HRC	۳۹۵	۴۰۰ - ۲۸۰	۷۰۰	$\frac{12}{10}$	س-م	۶۶۰	۶۸۰	۷۰۰	۵۱۵	۳۸۰
۴ (۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۲×۵۰۰	۲×۶۳۰	HRC	۴۱۵	۶۳۰ - ۳۵۰	۱۰۰۰		س-م	۷۱۰	۷۱۵	۷۲۰	۵۴۵	۴۰۰
۴ (۳×۲۴۰)	۱۰۰۰	۲×۵۰۰	۲×۶۳۰	HRC	۴۹۳	۶۳۰ - ۳۵۰	۱۰۰۰		س-م	۸۳۰	۸۵۰	۸۷۰	۶۴۵	۴۷۵
۶ (۳×۱۸۵)	۱۰۰۰	۲×۵۰۰	۲×۶۳۰	HRC	۵۲۰	۶۳۰ - ۳۵۰	۱۰۰۰		س-م	۸۷۵	۸۹۵	۹۱۰	۶۸۰	۵۰۰

جدول ۷-۱۰- تعیین ضریب F و محاسبه قدرت خازن لازم (کیلو وات) برای اصلاح ضریب قدرت

فاکتور F = کیلو ولت آمپر موردنیاز به صورت درصد بار مؤثر نصب شده به کیلو وات																	
ضریب قدرت واقعی $\cos\phi_1$	ضریب قدرت مورد نیاز $(\cos\phi_2)$																
	۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۷۵	۰/۸۵	۰/۸۲۵	۰/۸	۰/۷۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵
۰/۴	۲۳۰	۲۱۰	۲۰۱	۱۹۴	۱۸۷	۱۸۲	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۸	۱۱۳	۹۶	۷۸	۵۷
۰/۴۵	۱۹۸	۱۷۷	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۶	۱۲۹	۱۲۳	۱۱۶	۱۱۰	۹۶	۸۱	۵۴	۴۶	۳۴
۰/۵	۱۷۳	۱۵۲	۱۴۴	۱۳۷	۱۳۰	۱۲۵	۱۱۸	۱۱۱	۱۰۴	۹۸	۹۲	۸۵	۷۱	۵۶	۴۰	۲۱	
۰/۵۵	۱۵۲	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۶	۱۰۹	۱۰۴	۹۷	۹۰	۸۳	۷۷	۷۱	۶۴	۵۰	۳۵	۱۹		
۰/۶	۱۳۳	۱۱۳	۱۰۴	۹۷	۹۱	۸۵	۷۸	۷۱	۶۵	۵۸	۵۲	۴۶	۳۲	۱۶			
۰/۶۵	۱۱۷	۹۷	۸۸	۸۱	۷۴	۶۹	۶۲	۵۵	۴۸	۴۲	۳۶	۲۹	۱۵				
۰/۷	۱۰۲	۸۱	۷۳	۶۶	۵۹	۵۴	۴۶	۴۰	۳۳	۲۷	۲۰	۱۴					
۰/۷۲۵	۹۵	۷۵	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۹	۳۳	۲۶	۲۰	۱۳	۷					
۰/۷۵	۸۸	۶۷	۵۹	۵۲	۴۵	۴۰	۳۳	۲۶	۱۹	۱۳	۶/۵						
۰/۷۷۵	۸۱	۶۱	۵۲	۴۵	۳۹	۳۳	۲۶	۱۹	۱۲	۶/۵							
۰/۸	۷۵	۵۴	۴۶	۳۹	۳۲	۲۷	۱۹	۱۳	۶								
۰/۸۲۵	۶۹	۴۸	۴۰	۳۳	۲۶	۲۱	۱۴	۷									
۰/۸۵	۶۲	۴۲	۳۳	۲۶	۱۹	۱۴	۷										
۰/۸۷۵	۵۵	۳۵	۲۶	۱۹	۱۳	۷											
۰/۹	۴۸	۲۸	۱۹	۱۲	۶												
۰/۹۲	۴۲	۲۲	۱۳	۶													
۰/۹۴	۳۶	۱۶	۷														
۰/۹۶	۲۹	۹															
۰/۹۸	۲۰																
۰/۹۹	۱۴																
قدرت خازن لازم (کیلو وار) برای تصحیح $\cos\phi_1$ به $\cos\phi_2$ برابر است با (قدرت آکتیو F_x) مثال : برای اصلاح ضریب قدرت $\cos\phi_1$ ۰/۶ به $\cos\phi_2$ ۰/۹۶ در کارخانه‌ای با ۲۰۰ کیلو ولت آمپر بار مؤثر طبق جدول فوق فاکتور $F = ۱۰۴$ درصد خواهد بود کیلو وار $۱۲۵ = ۲۰۰ \times ۰/۶ \times ۱۰۴\%$																	

از محل تابلوی فشارضعیف تا موتور الکتریکی تلمبه‌ها، انتقال نیروی برق توسط کابل انجام می‌گیرد. کابل شامل یک یا چند هادی (تک یا چند رشته‌ای) است به گونه‌ای که هر هادی به وسیله عایق واحدی عایق کاری شده و مجموعه هادیهای عایق‌دار نیز در داخل یک پوشش اضافی قرار می‌گیرند. کابل‌های مورد مصرف در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب از نوع زمینی است که معمولاً در زمین یا در کانال پیش‌ساخته و یا در شافت و یا لوله قابل نصب هستند. علائم شناسایی کابلها در سامانه VDE (مربوط به کشور آلمان) برای کابل مورد مصرف فشارضعیف به صورت NYY است که N مشخصه تطابق آن با استاندارد VDE آلمان برای هادی مسی و Y علامت نوع عایق هر رشته از جنس پی.وی.سی و Y دوم علامت غلاف از جنس پی.وی.سی است. کابل‌های مزبور از نوع مسی است و چنانچه نوع آلومینیمی باشد با NAYY مشخص می‌شود، ولتاژ اسمی این نوع کابلها ۰/۶-۱ کیلوولت است کابل‌هایی که برای زیر آب مناسب است به صورت NYKY مشخص می‌گردد که شامل هادی مسی، عایق پی.وی.سی ماده پرکننده، سیم اتصال زمین غلاف داخل و غلاف خارجی پی.وی.سی و غلاف سربی است. به علاوه این نوع کابلها را می‌توان مستقیماً در زیر خاک و یا داخل کانال‌های پیش‌ساخته نصب کرد. برای اتصال هادیهای کابل‌های فشارضعیف به کلید، فیوز، جعبه اتصال ماشین‌آلات، تلمبه‌ها، وسایل اندازه‌گیری، ترمینالها و غیره باید از کابلشوهای استاندارد مسی نوع، پرسی، پیچی و لحیمی استفاده نمود. سرکابلها برای اتصال کابل به تابلوی اصلی، ترانسفورماتور و تلمبه‌ها استفاده می‌گردد.

بخش هفتم نشریه شماره ۱-۱۱۰ در مورد استاندارد کابلها، شیوه نصب را مشخص می‌کند. در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، نصب کابلها از تابلوی MCC تا محل واحد برقی که روی دیوار و یا سقف نصب می‌شود به‌طور موازی از بست کائوچویی دو تکه در حالت تک رشته و بستهای به‌صورت ریلی در حالت چند رشته استفاده می‌گردد. چنانچه کابلها در کف تلمبه‌خانه قرار گیرند معمولاً در کانال‌های پیش‌بینی شده در کف و روی سینی گالوانیزه نصب می‌شود.

۱۵-۷ مشخصات موتورهای الکتریکی تلمبه‌ها

مشخصات موتورهای الکتریکی تلمبه‌های فاضلاب به شرح زیر است:

- موتور ۳ فاز از نوع قفس سنجابی برای کار با برق ۳۸۰ ولت و ۵۰ هرتز و مناسب برای راه‌اندازی با استارتر ستاره - مثلث با سرعت ۱۴۵۰ دور بر دقیقه. کلاس ایزولاسیون F و درجه حفاظت در مورد موتورهای کار در خشکی IP - 66 و در مورد موتورهای کار در حالت مستغرق (زیرآبی) IP - 68،
- با یاتاقان بلبرینگ و یا رلبرینگ با بازده بیش از ۸۰ درصد و ضریب قدرت حدود ۰/۸۵،
- حفاظت در مقابل گرم شدن بیش از حد مجاز می‌تواند توسط رله تأخیری مربوط به اضافه بار و قطع جریان بوده و یا توسط نیم هادیهای حساس به دما به نام ترمیستور^۱ که در داخل سیم پیچ موتور قرار داده می‌شود، انجام گیرد.
- اندازه کابل تغذیه یک موتور نباید ظرفیتی کمتر از ۱۲۵ درصد جریان بار کامل^۲ داشته باشد.

1 - Thermistor

2 - Full Load Amps

- در مورد کابل تغذیه ۲ و یا چند موتور به‌طور گروهی، ظرفیت کابل نباید کمتر از ۱۲۵ درصد بار کامل F.L.A بزرگ‌ترین موتور در گروه به‌اضافه بار کامل بقیه موتورها در گروه باشد.

۷-۱۵-۱ طبقه عایق حرارتی

موتورهای الکتریکی از نظر عایق حرارتی سیم‌پیچ، بر حسب مقاومت سیم‌پیچ در برابر دما به شرح زیر طبقه‌بندی می‌گردند.

طبقه عایق حرارتی	حداکثر درجه داری در سیم پیچ استاتور
A	تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد
E	تا ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد
B	تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد
F	تا ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد
H	تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

۷-۱۵-۲ حفاظت در مقابل عوامل فیزیکی

موتورهای الکتریکی از نظر حفاظت در برابر عوامل فیزیکی مانند تابلوهای برق طبقه‌بندی شده و با توجه به حفاظت‌های تعریف شده در جدولهای ۶-۷ و ۷-۷ در مقابل ورود اجسام خارجی و تماس آب طبقه بندی می‌شوند.

۷-۱۶ برآورد بار الکتریکی

همه واحدهای به‌کار برده شده در تلمبه‌خانه فاضلاب شامل تلمبه‌هایی که بر اساس مشخصات سازنده آن میزان آمپراژ در بار حداکثر برای هر واحد تلمبه مشخص شده، همچنین دیگر آمپراژ مورد نیاز برای تأسیسات تهویه، گرمایی، سرمایی، تلمبه زهکشی، روشنایی در شرایط زیر بار قرار داشتن همه واحدها، در جدولی تنظیم شده و جمع آمپراژ مربوط به‌دست می‌آید، (واحدهای رزرو در این محاسبه منظور نمی‌شوند) سپس با در نظر گرفتن ضریب تصحیح قدرت به میزان ۹۵ درصد و رابطه $P3\phi = \sqrt{3} \times 380 \times A \times 0.95 / 1000$ که در آن A حداکثر آمپراژ موردنیاز و $P3\phi$ قدرت مورد نیاز بر حسب کیلووات، به‌دست می‌آید. با منظور کردن فاکتور دیماند به میزان یک حداقل میزان تغذیه به تابلوی اصلی MCC با در نظر گرفتن حداکثر آمپراژ A و اضافه کردن ۲۵ درصد آمپراژ بزرگ‌ترین واحد الکتریکی تلمبه‌خانه محاسبه می‌شود و حداقل ظرفیت کلید قطع و وصل با منظور داشتن حداکثر آمپراژ A و اضافه کردن ۵۰ درصد آمپراژ، بزرگ‌ترین واحد الکتریکی تلمبه‌خانه به‌دست می‌آید که با توجه به کلیدهای قطع و وصل استاندارد نزدیک‌ترین و با ظرفیت بیشتر انتخاب می‌شود.

جدولهای ۸-۷ و ۹-۷ اطلاعات لازم در مورد ظرفیت و اندازه کلید قطع و وصل و در صورت نداشتن اطلاعات فنی لازم از موتور الکتریکی مورد مصرف با توجه به قدرت موتور، میزان آمپراژ را حسب نوع موتور (تک فاز، سه فاز) به دست می دهد.

۱۷-۷ اتصال زمین

به منظور ایجاد ایمنی و حفاظت لازم در برابر برق گرفتگی برای افراد و کارکنان تلمبه خانه های فاضلاب، سیستم اتصال زمین برای تجهیزات برقی و بدنه یا اسکلت های هادی که مربوط به تجهیزات برقی بوده و در وضعیت عادی برق دار نمی باشد، در نظر گرفته می شود. در این مورد فصل پانزدهم نشریه ۱-۱۱۰ جزییات مربوط به روش محاسبه و نقشه های اجرایی را مشخص می سازد.

۸- تجهیزات جانبی تلمبه‌خانه

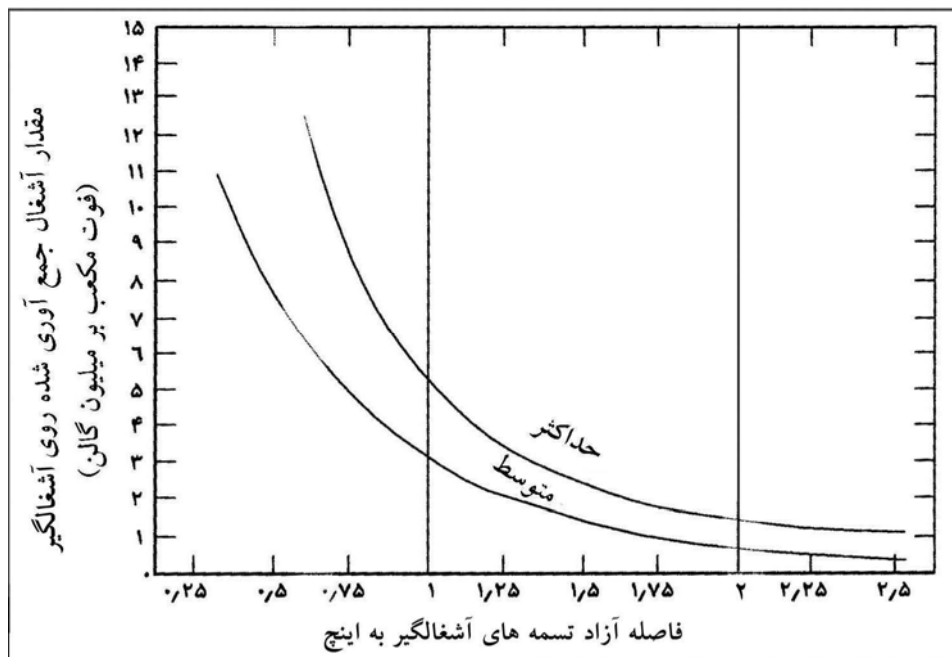
در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب علاوه بر تجهیزات تلمبه، لوله و متعلقات و تجهیزات ابزار دقیق، تجهیزات دیگری به منظور آشغالگیری از فاضلاب برای حفاظت تلمبه‌ها از گیر کردن، تجهیزات کنترل بو به‌منظور تأمین شرایط مناسب و بهداشتی برای بهره‌بردار و ساکنان منطقه، تجهیزات جرثقیل برای خارج نمودن تلمبه‌ها و شیرآلات و همچنین تجهیزات ایمنی برای حفاظت بهره‌بردار در نظر گرفته می‌شود که در زیر تشریح می‌شوند:

۸-۱ تجهیزات آشغالگیری

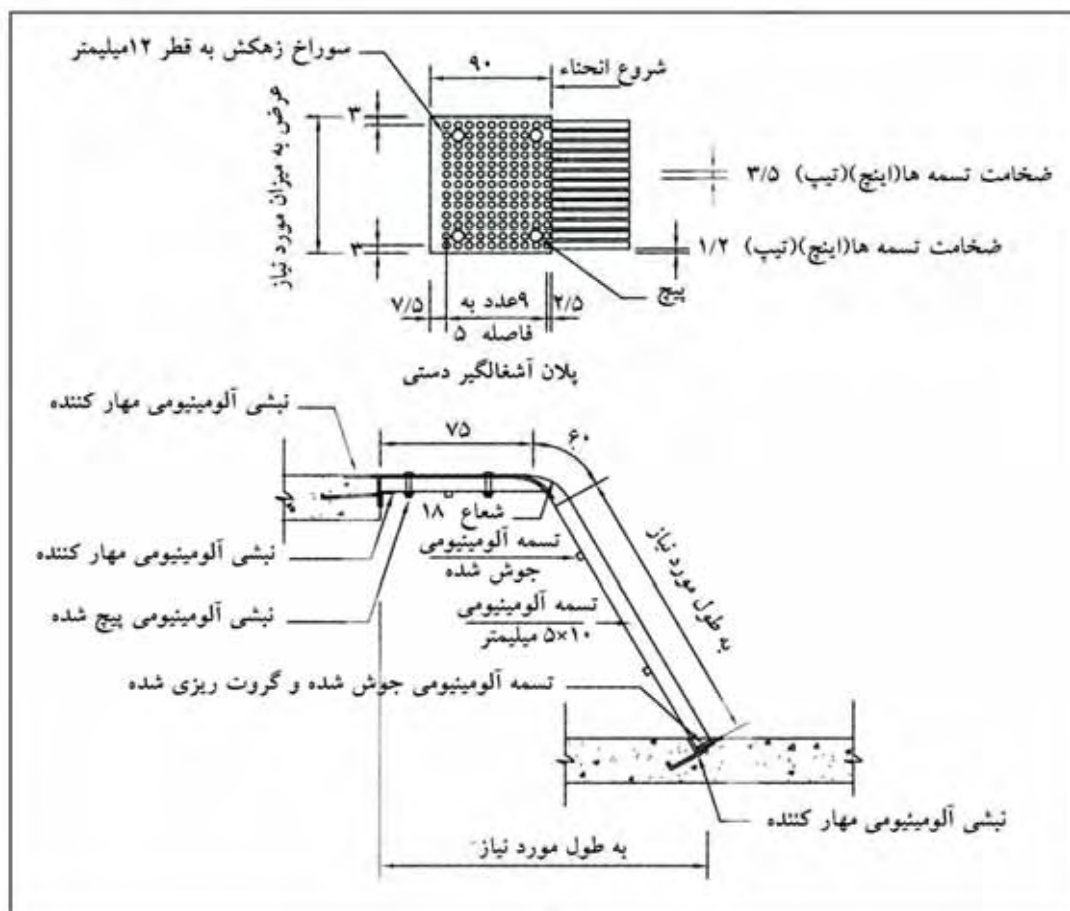
تجهیزات آشغالگیر در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب به منظور حذف مواد درشت دانه همراه با فاضلاب است که باعث گرفتگی و انسداد تلمبه‌ها می‌شود. بر حسب ظرفیت تلمبه‌خانه و نوع شبکه جمع‌آوری (مجزا یا مشترک) آشغالگیرها به‌صورت دهانه درشت و یا دهانه ریز، دستی یا مکانیکی در نظر گرفته می‌شود. در شبکه‌های مشترک که مجموع آب باران و فاضلاب جریان دارد به‌علت ورود اجسام بزرگ به‌داخل کانالهای آبهای سطحی معمولاً در ابتدا از یک آشغالگیر دهانه درشت که دهانه باز آن بین ۴۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر است، استفاده می‌کنند. شبکه آشغالگیر از تسمه‌های پهن به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و عرض ۶۰ میلی‌متر که با زاویه ۳۰ درجه نسبت به قائم، موازی هم نصب می‌گردد، تشکیل می‌شود. این آشغالگیرها می‌توانند به‌صورت دستی و یا مکانیکی تجهیز شوند. تسمه‌های مزبور معمولاً با پوشش گالوانیزه از نظر خوردگی حفاظت می‌گردد، در تلمبه‌خانه‌های بزرگ فاضلاب که جمع‌آوری همزمان فاضلاب و آبهای سطحی را انجام می‌دهد معمولاً بعد از آشغالگیر دهانه درشت دستی یک آشغالگیر مکانیکی که دهانه آزاد میله‌های آن ۲۰ تا ۵۰ میلی‌متر است، قرار می‌دهند و در تلمبه‌خانه‌های بزرگ فاضلاب که صرفاً جمع‌آوری فاضلاب را به‌عهده دارند از آشغالگیر مکانیکی استفاده می‌شود. معمولاً فاصله آزاد بین میله‌های آشغالگیر را یک سوم قطر بزرگ‌ترین گلوله‌ای که تلمبه می‌تواند از خود عبور دهد، انتخاب می‌کنند و بنابراین اگر مجرای عبور تلمبه‌ای ۹ سانتی‌متر باشد فاصله آزاد میله‌ها ۳ سانتی‌متر انتخاب می‌شود.

مقدار آشغال جمع‌شده روی آشغالگیر، تابع فاصله آزاد میله‌ها است. نمودار نشان داده شده در شکل ۸-۱ حجم آشغال جمع‌شده روی آشغالگیرها را بر حسب فوت مکعب آشغال بر حسب میلیون گالن فاضلاب عبور یافته از آشغالگیر برحسب دهانه آزاد میله‌های آشغالگیر بر حسب اینچ نشان می‌دهد. مواد جمع‌شده روی آشغالگیرها به‌طور معمول دارای ۱۰ تا ۲۰ درصد مواد جامد خشک و وزن مخصوص ۶۴۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.

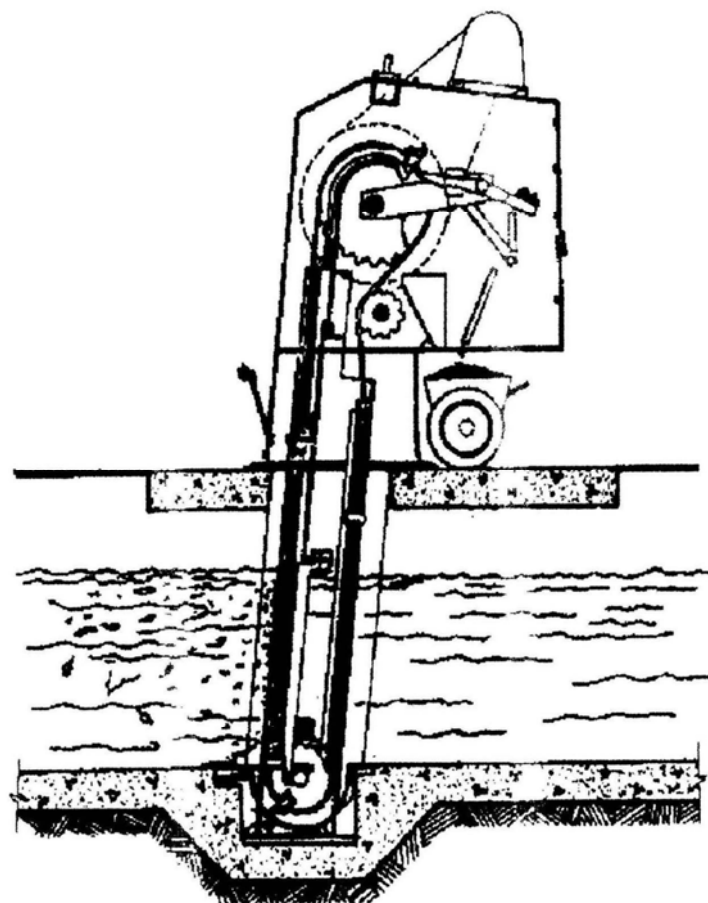
مناسب‌ترین روش آشغالگیری در تلمبه‌خانه‌های کوچک، پیش‌بینی آشغالگیر نوع سبدی که مستقیماً لوله ورودی فاضلاب به‌داخل آن می‌ریزد و سبد آشغالگیر می‌تواند توسط یک جرثقیل دستی یا برقی خارج شود خواهد بود. ظرفیت سبد آشغالگیر معمولاً برای ۲۴ ساعت حجم آشغال در نظر گرفته می‌شود. شکل‌های ۸-۲، ۸-۳، ۸-۴ آشغالگیرهای نوع دستی، مکانیکی و سبدی را نشان می‌دهد.



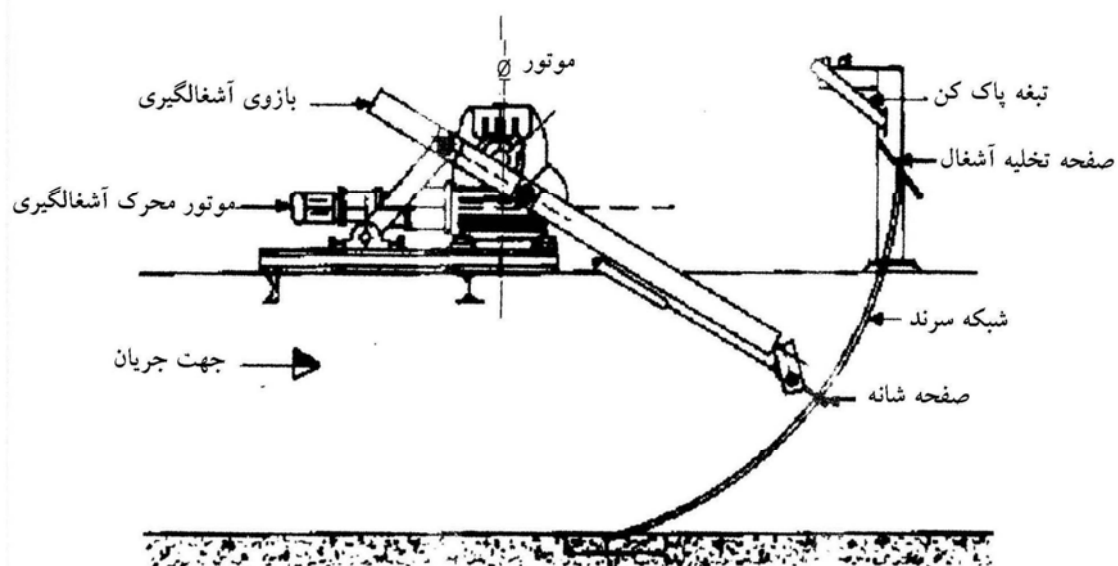
شکل ۸-۱- مقدار آشغال جمع شده روی آشغالگیر بر حسب فاصله آزاد میله‌ها



شکل ۸-۲- آشغالگیر دستی (جزئیات اجرایی)

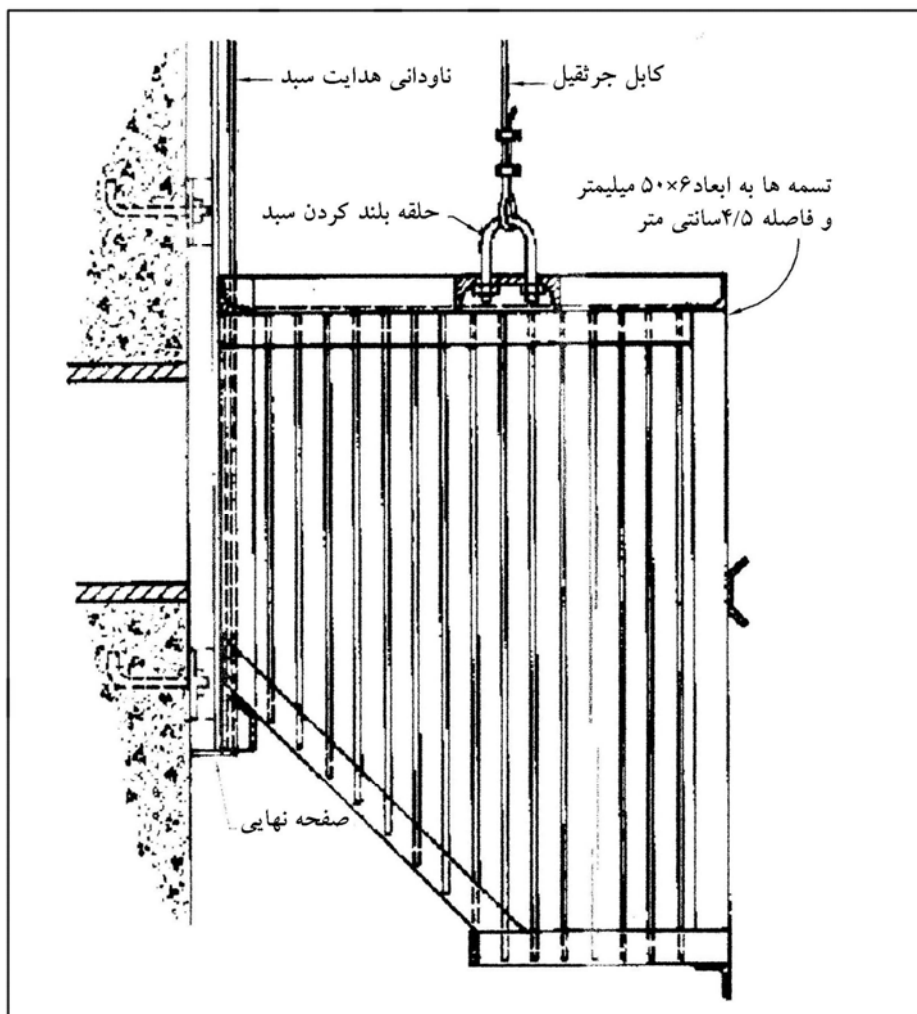


الف - نوع زنجیره ای



ب - نوع کمائی

شکل ۸-۳- آشغالگیر مکانیکی نوع زنجیره ای و کمائی



شکل ۸-۴- آشغالگیر سبدي (جزئیات اجرایی)

۲-۸ مبانی طراحی آشغالگیرها

الف - موقعیت آشغالگیرها

محل آشغالگیر باید به طور دائم تحت تهویه پر فشار قرار گیرد. به علاوه در محل تجهیزات، نور کافی پیش‌بینی شود. به گونه‌ای که مسئول بهره‌برداری، خدمات تعمیراتی را به راحتی انجام داده و دسترسی کافی به تجهیزات داشته باشد. آب تحت فشار در نزدیکی محل آشغالگیر پیش‌بینی شود تا در حد امکان از ایجاد بوی نامطبوع جلوگیری شود. برای آشغالگیرها مجرای کنارگذر در نظر گرفته شود. چنانچه تلمبه‌خانه بیش از یک واحد آشغالگیر داشته باشد، تجهیزات به گونه‌ای طراحی شود که با اضافه شدن حجم فاضلاب از ظرفیت یک واحد، واحد دومی در صورت امکان به طور خودکار وارد سامانه گردد. به علاوه تجهیزات لازم (دریچه‌ها) برای جدا کردن واحد آشغالگیر مورد نظر از بقیه آشغالگیرها در نظر گرفته شود.

انتخاب اینکه تجهیزات آشغالگیری در فضای آزاد یا سرپوشیده قرارگیرد، تابع دو شرط نوع طراحی تجهیزات (برای فضای باز یا سرپوشیده) و شرایط آب و هوا است، در شرایط آب و هوایی زیر صفر درجه سانتیگراد محیط باید گرم شده، بنابراین فضای سرپوشیده مناسب است.

ب - طراحی آشغالگیر

اولین موضوع مهم در طراحی آشغالگیر، تعیین ظرفیت ماکزیمم جریان روزانه ورودی به تلمبه‌خانه است. سرعت جریان در قبل از آشغالگیر و هنگام عبور از آشغالگیر، عامل مهمی در عملکرد آشغالگیر است، سرعت کمتر باعث تجمع آشغال بیشتر روی شبکه آشغالگیر می‌شود. در مقابل کاهش سرعت باعث رسوب مواد در کانال آشغالگیر می‌گردد. انتخاب سرعت 0.6 متر بر ثانیه در جریان متوسط و 0.9 متر بر ثانیه در جریان حداکثر روش مناسبی است. یکنواختی مقدار سرعت در نقاط مختلف مقطع کانال آشغالگیر نیز مهم است انتخاب کانال مستقیم در جلوی آشغالگیر و به طول کافی، باعث می‌شود سرعت در محل کانال آشغالگیر در مقطع آن از یکنواختی پیروی کند. فاصله تسمه‌های آشغالگیر بین 25 تا 150 میلی‌متر بر حسب اندازه موادی که در نظر است حذف شود، انتخاب می‌شود. برای آشغالگیر مکانیکی ارقام کوچک‌تر انتخاب می‌شود.

اندازه تسمه‌ها تابع عرض و عمق کانال آشغالگیر است، ابعاد تسمه 50×10 میلی‌متر (ضخامت 10 ، عرض 50 میلی‌متر) برای کانالهای تا عمق 2 متر و 65×15 میلی‌متر برای کانالهای تا عمق $3/5$ متر در نظر گرفته می‌شود.

ج - ابزار دقیق

برای آشغالگیر مکانیکی، کنترل‌هایی از قبیل، روشن و خاموش کردن دستی و یا خودکار تجهیزات آشغالگیری که بر اساس زمان سنج و یا سطح آب در جلوی آشغالگیر و یا اختلاف سطح آب در جلو و عقب آشغالگیر عمل می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. نوع سطح‌سنج می‌تواند شامل سطح‌سنج فشاری، نیوماتیک (جباب هوا) و یا مافوق صوت باشد. آشغالگیر مکانیکی همچنین باید دارای سطح‌سنج حداکثر و آژیر مربوط به عمل نکردن آشغالگیر باشد، معمولاً عملکرد آشغال‌روبی با تجهیزات انتقال آشغال سنکرونیزه می‌شود.

د - طراحی هیدرولیکی

افت فشار در یک آشغالگیر که تمیز و یا بخشی از آن گرفته شده باشد طبق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$H_L = K(V_1^2 - V_2^2) / 2g \quad (1-8)$$

که در آن H_L افت فشار، K ضریب افت فشار، V_1 سرعت در داخل میله‌های آشغالگیر و V_2 سرعت در بالادست آشغالگیر و g شتاب ثقل است. در یک آشغالگیر تمیز رابطه افت فشار می‌تواند طبق رابطه زیر به دست آید:

$$H_L = \beta(w/b)1/33h\sin\phi \quad (2-8)$$

که در آن H_L افت فشار، β ضریب شکل تسمه‌های آشغالگیر، W ماکزیمم عرض مقطع تسمه که در جهت جریان باشد و b حداقل عرض آزاد آشغالگیر، h ارتفاع معادل سرعت در بالادست آشغالگیر و ϕ زاویه آشغالگیر با افق است. ضریب β طبق جدول ۸-۱ به دست می‌آید:

جدول ۸-۱ - ضریب β

β	شکل تسمه
۲/۴۲	تسمه با مقطع مربع مستطیل و گوشه‌های تیز
۱/۸۳	تسمه با مقطع مربع مستطیل ولی طرف ورود جریان به صورت نیم دایره
۱/۲۹	تسمه به صورت گرد
۱/۶۷	تسمه با مقطع مربع مستطیل ولی دو طرف ورود و خروج جریان نیم دایره

کاتالوگهای فنی سازندگان آشغالگیرهای مکانیکی اطلاعات کامل و بیشتری به دست می‌دهد.

۸-۳ کنترل بو در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب

بیشتر ترکیبهای ایجادکننده بو که در فاضلابهای شهری یافت می‌شود ناشی از فعالیت بی‌هوازی باکتریها بوده که مواد ارگانیکی، سولفاتها و نیتراتهای موجود در فاضلابها را تجزیه کرده و ایجاد گازهای متعفن می‌کنند. گاز SH_2 (هیدروژن سولفور) از گازهای متعفنی است که مشکلات زیادی را ایجاد می‌کند. این گاز بسیار در آب محلول است (۲۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۵۶۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب ۵ درجه سانتی‌گراد)، همچنین خورنده و بسیار سمی است. در شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تلمبه‌خانه‌ها بخار آب تعریق شده با گاز SH_2 تولید اسید سولفوریک رقیق کرده و منجر به خوردگی بتن، فولاد و رنگهای با پایه سرب می‌شود. سمیت گاز SH_2 به اندازه هیدروژن سیانید (CNH) است، این گاز در pH آب برابر ۹ حدود ۹۹ درصد به صورت (SH) محلول است و در pH برابر ۵، فقط یک درصد آن محلول است موارد زیر به عنوان راه‌حلهای احتمالی در کاهش بو مؤثر است:

۱-۳-۱ شستشوی خط انتقال فاضلاب که وارد تلمبه‌خانه می‌شود و یا توسط لوله تحت فشار خارج می‌گردد.

۲-۳-۱ تزریق هوا یا اکسیژن به فاضلاب باعث بالا رفتن مقدار اکسیژن محلول در فاضلاب و مانع فعل و انفعالات

غیرهوازی می‌شود. این عمل به روشهای زیر انجام می‌شود:

- هوادهی چاهک تر با هوا
- تزریق هوای تحت فشار به خط لوله تحت فشار
- استفاده از تلمبه‌های هوامکش^۱ در تلمبه‌خانه
- تانک تحت فشار هوا برای تزریق هوا به خطوط ثقلی فاضلاب

۸-۳-۳ اضافه نمودن مواد شیمیایی

اضافه کردن مواد شیمیایی تحت شرایط مناسب، باعث کاهش بو می‌شود. برای مثال، اضافه کردن آهک به آب سولفات‌دار باعث افزایش pH آب و بنابراین باقی‌ماندن سولفیدها در شرایط یونیزه (به صورت SH محلول به جای SH_2 گاز) می‌شود. دیگر مواد شیمیایی اکسیدکننده برای تثبیت مواد قابل تجزیه نیز به کار می‌رود. همچنین مواد شیمیایی برای از بین بردن باکتری‌هایی که تجزیه مواد را انجام می‌دهد، مناسب است. اضافه کردن مواد شیمیایی در تلمبه‌خانه‌ها با توجه به اثرات پایین دست آن در تصفیه‌خانه باید مورد توجه قرار گیرد. مواد شیمیایی مورد مصرف عبارت است از:

– مواد اکسیدکننده

• ازن

• آب اکسیژنه

– کلر

• سدیم هیپوکلریت

• پرمنگنات پتانسیم

– مواد تقلیل دهنده اکسیداسیون^۱

• اکسیژن

• نیترات

• آب اکسیژنه

• کلر

– باکتری کشها

• ازن

• آب اکسیژنه

• کلر

• سدیم هیپوکلریت

– اصلاح کننده pH

• آهک

• هیدروکسید سدیم

کلرزنی به عنوان عامل مؤثر در اکسیداسیون و همچنین باکتری کش روش قدیمی و مرسوم است. استفاده از هیپوکلریت سدیم در مواقعی که میزان مصرف از ۲/۲ کیلوگرم بر روز کمتر باشد، به کار می‌رود. میزان تزریق کلر تا حدود ۱۰ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته می‌شود.

1 - Oxidation reduction potential

۴-۸ جرثقیل

برای خارج کردن تلمبه‌ها، موتورهای، شیرآلات و متعلقات و آشغال جمع‌شده از جرثقیل دستی یا موتوری استفاده می‌شود. جرثقیل مزبور بر حسب کاربرد آن می‌تواند از نوع ثابت در یک نقطه و یا به‌صورت متحرک در نظر گرفته شود. این جرثقیل می‌تواند در مرحله نصب تلمبه‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد. در تلمبه‌خانه‌های بزرگ می‌توان از جرثقیلهای متحرک الکتریکی شش کاره (رفت و برگشت در طول، رفت و برگشت در عرض و بالا و پایین در ارتفاع) استفاده کرد. برای جابه‌جایی تلمبه‌ها، شیرآلات سنگین، سبد آشغال می‌توان از قلاب که برای آویزان کردن جرثقیل مورد استفاده قرار می‌گیرد در طراحی در نظر گرفته می‌شود.

۵-۸ ملاحظات ایمنی

در تلمبه‌خانه‌های فاضلاب، به‌علت عمق آن، رطوبت موجود، گازهای سمی، باید ملاحظات ایمنی خاصی به‌شرح زیر در نظر گرفته شود:

- اطراف هر سوراخ باز یا آدم‌رو یا تغییر ارتفاع، دست‌انداز فولادی به‌منظور جلوگیری از سقوط بهره‌بردار در نظر گرفته شود.
- حفاظ لازم اطراف همه موتورهای، تسمه پروانه‌ها، گیربکسها، محورهای گردنده در نظر گرفته شود.
- علائم هشداردهنده در نزدیکی تجهیزات خطرناک، موانع غیرقابل دید و نقاط خطرناک نصب شود.
- کفپوش پلاستیکی مناسب در جلوی همه تجهیزات و تابلوهای برقی در محلهایی که امکان ایجاد شوک الکتریکی وجود دارد، در نظر گرفته شود، تجهیزات الکتریکی باید کاملاً عایق‌بندی و اتصال زمین داشته باشد، سوییچها و کنترلرها باید از نوع ضد جرقه باشد. روشنایی کافی در نقاط بویژه در نقاطی که تجهیزات گردنده وجود دارد و در محلهای دارای دریچه، پیش‌بینی شود.
- در طرح تلمبه‌خانه به‌جای نرده‌بان از پله استفاده شود و برای جلوگیری از لغزش، سطح پله‌ها از نوع آجدار انتخاب شود، در صورت استفاده از نرده‌بان باید برای آن حفاظ انتخاب شود در حالتی که ارتفاع نرده‌بان از ۲/۴ متر فراتر رود در وسط آن پاگرد پیش‌بینی شود.
- پیش‌بینی خط تلفن در محل تلمبه‌خانه برای ارتباط بهره‌بردار با مرکز کنترل و درخواست کمک مفید است.
- پایش^۱ و واریسی کیفیت فضای محل چاهک تر، به‌منظور اطلاع از تراکم گازهای سمی و همچنین مخلوط گازهای قابل انفجار مفید است.
- تجهیزات خاموش کردن آتش در محل تلمبه‌خانه باید در نظر گرفته شود. به‌کارگیری کربن تتراکلرید به‌علت مسمومیت مایع و گاز آن باید منع شود.
- کمربندهای ایمنی، تجهیزات کمکهای اولیه، کلاه ایمنی، کپسول دهنی اکسیژن و حلقه‌های لاستیک برای شناور شدن در آب باید به تعداد کافی در ایستگاه در نظر گرفته شود.

پیوستہا

جدول ۱-۱- مقدار جریان در واحدهای بهداشتی

نوع واحدهای بهداشتی	مقدار جریان برحسب لیتر بر دقیقه
واحدهای بهداشتی مجموعه یک حمام (توالیت + دستشوئی + وان و دوش)	۲۴
سینک آشپزخانه	۱۰
ماشین ظرفشویی (خانگی)	۱۲
کفشوی	۳
دستشوئی	۹
ماشین رختشوئی	۱۲
دوش ایستاده (خانگی)	۱۲
دوش ایستاده (مجموعه)	۱۸
توالیت با فلاش تانک	۶
توالیت با فلاش شستی	۱۲

پیوست شماره ۲- اطلاعات فنی در مورد تلمبه‌های گریز از مرکز

۱-۲ تلمبه‌های گریز از مرکز

تلمبه‌های گریز از مرکز از دو بخش تشکیل می‌شود. قسمت پروانه تلمبه که بخش متحرک و گردنده تلمبه است و پوسته تلمبه که بخش ثابت تلمبه می‌باشد. پروانه تلمبه توسط شفت یا محور تلمبه که به موتور تلمبه متصل است به حرکت در می‌آید و انرژی تولید شده از طریق موتور، توسط محور به پروانه منتقل می‌شود و پروانه این انرژی را به مایع که از دهانه پروانه وارد شده و از میان پره‌ها عبور می‌کند، منتقل می‌سازد و ایجاد سرعت و فشار برای مایع می‌نماید، پوسته ثابت تلمبه به شکل و جهت جریان نظم داده و ضمناً بخشی از انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل^۱ تبدیل می‌کند. برحسب شکل جریان و شیوه خارج شدن مایع از تلمبه، تلمبه‌های گریز از مرکز به سه نوع تقسیم می‌شوند:

- تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی
- تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان مختلط
- تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان محوری

در شکل ۱-۲ جهت جریان و شیوه خروج آن در تلمبه‌های مزبور مشخص شده است.

در تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی، مایع قابل انتقال، موازی محور تلمبه و از طریق دهانه پروانه وارد شده و به صورت عمود بر محور تلمبه خارج می‌شود. در تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان محوری، مایع قابل انتقال موازی محور تلمبه و از طریق دهانه پروانه وارد شده و به صورت موازی محور تلمبه خارج می‌شود. در تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان مختلط، مایع قابل انتقال از دهانه پروانه و موازی محور تلمبه وارد شده و به صورت زاویه‌دار با محور تلمبه خارج می‌شود. شکل پوسته هر یک از تلمبه‌های ذکر شده، تابع جریان است. در تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی و بعضی از تلمبه‌های با جریان مختلط، پوسته تلمبه به صورت حلزونی^۲ است، این شکل برای تبدیل انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل و همچنین جمع‌آوری مایع خارج شده از پره‌ها و هدایت آن به طرف خروجی تلمبه، در نظر گرفته شده است.

در تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان محوری و تعدادی از تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان مختلط، جریان خارج شده از پره‌های پروانه تلمبه توسط پره‌های هدایت‌کننده^۳ جریان به صورت موازی محور تلمبه در می‌آید و پوسته نیز در جهت همین هدف شکل داده شده است. این نوع تلمبه‌ها، بعلاوه فاصله محدود و کم بین پره‌ها و پوسته، برای فاضلاب که مقادیر قابل توجهی مواد جامد دارد، کاربرد ندارد.

با توجه به توضیحات فوق شکل پروانه، نوع جریان را مشخص می‌کند، لذا در تلمبه‌های گریز از مرکز، برای تقسیم بندی فوق مشخصه‌ای بعنوان سرعت ویژه تعریف شده است که بر اساس مقدار آن نوع تلمبه و عملکرد آن مشخص می‌شود. سرعت ویژه برای هر تلمبه در نقطه بهینه بازده در منحنی عملکرد آن محاسبه می‌شود. رابطه تعیین سرعت ویژه بصورت رابطه (۱-۲)

1 - Potential energy

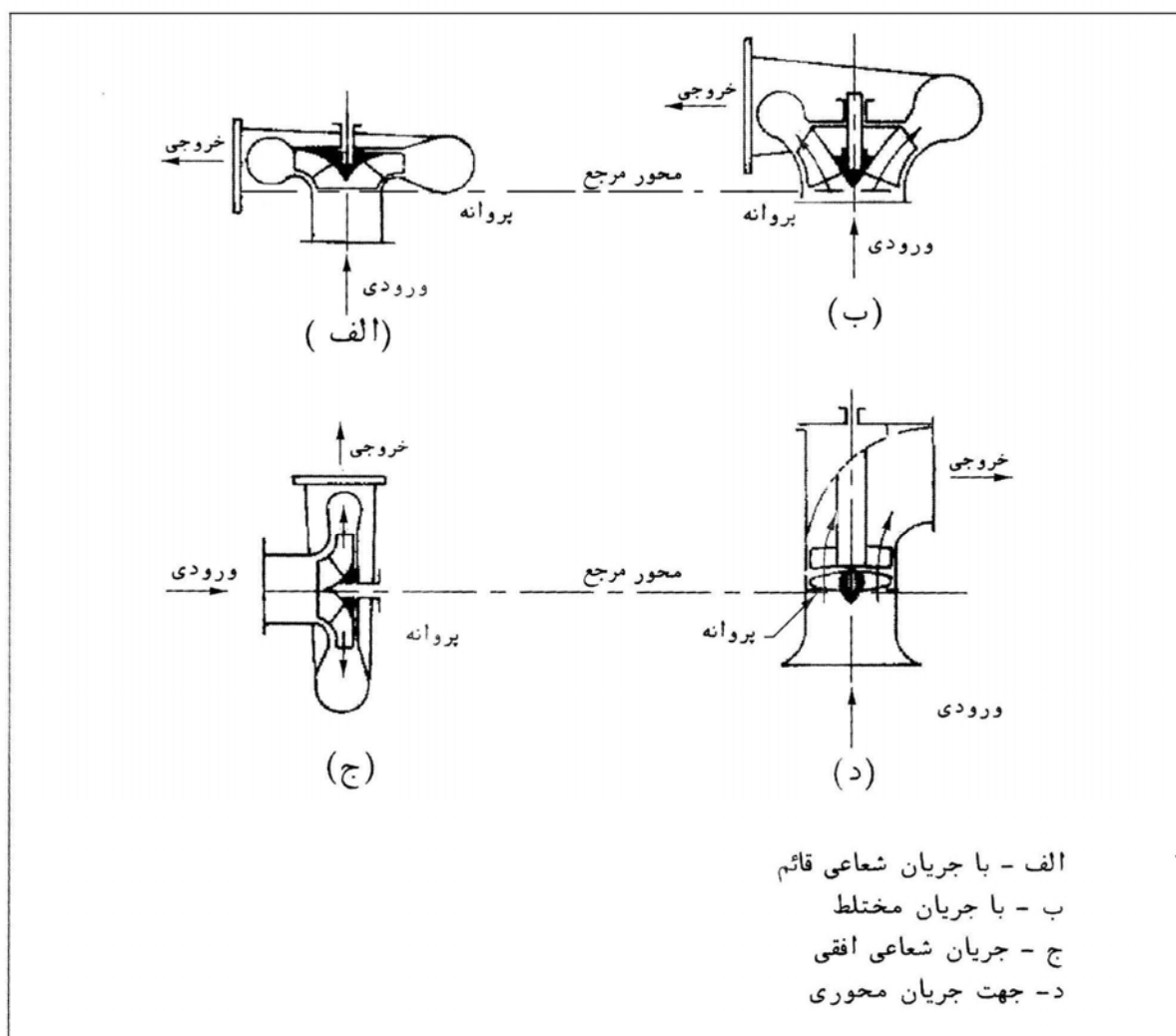
2 - Volute

3 - Diffuser

می‌باشد. که در آن N دور موتور بر حسب تعداد دور بر دقیقه، Q آبدهی تلمبه در نقطه مناسبترین بازده تلمبه بر حسب مترمکعب بر ثانیه و H_T ارتفاع تلمبه زنی در مناسبترین بازده تلمبه بر حسب متر است.

$$N_s = \frac{N \cdot Q^{0.5}}{H_T^{0.75}} \quad (۱-۲)$$

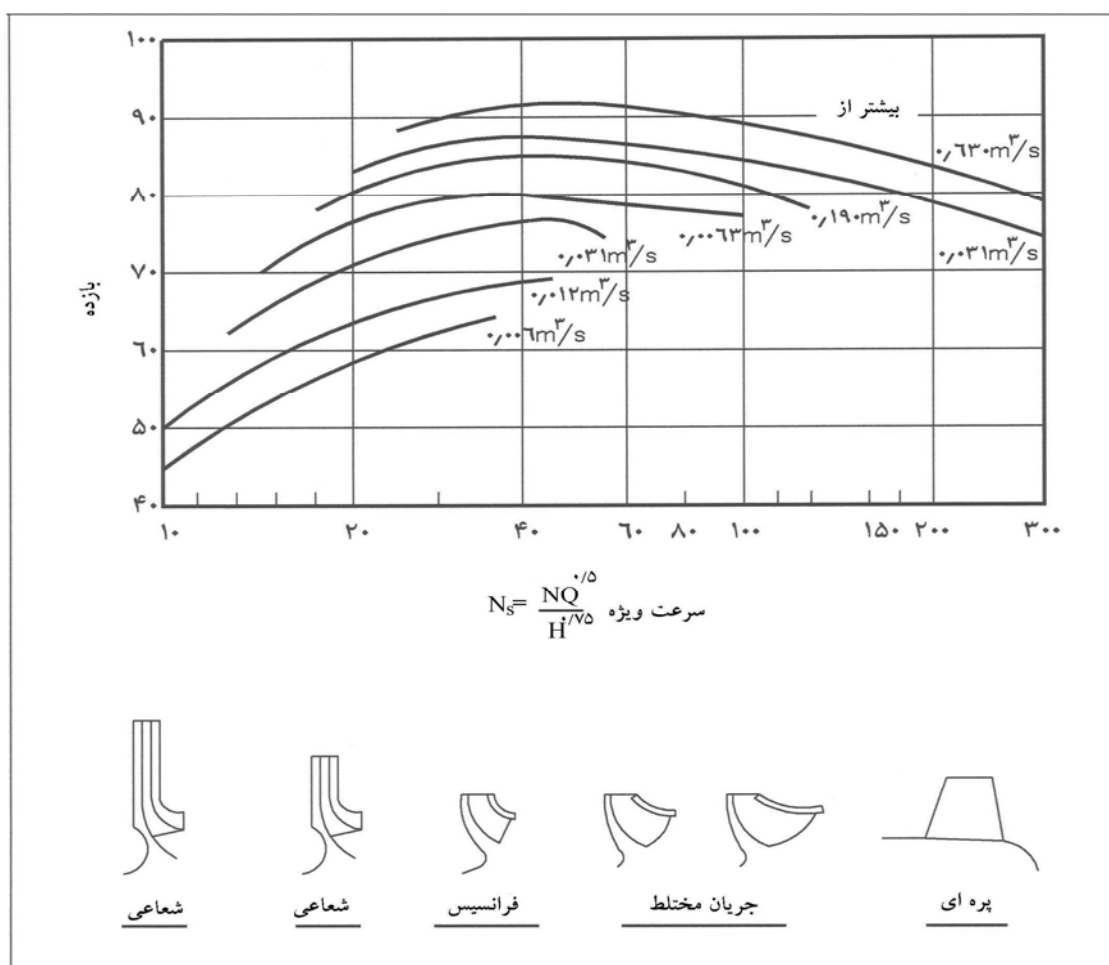
با توجه به مراتب فوق تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی دارای سرعت ویژه بین ۱۰ الی ۸۰ است. تلمبه‌های گریز از مرکز با جریان مختلط، سرعت ویژه ۶۰ الی ۱۷۵ را دارند و سرعت ویژه تلمبه‌های با جریان محوری از ۱۷۵ به بالا است. شکل ۲-۲ کلی پروانه تلمبه‌ها و بازده قابل انتظار برای تلمبه‌ها با آبدهی متفاوت با توجه به سرعت ویژه آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱ - جهت جریان در تلمبه‌های گریز از مرکز

۲-۱-۱ پروانه تلمبه

تلمبه‌های فاضلاب باید قادر باشند مواد جامد درون فاضلاب را از خود عبور دهند. توالتهای منازل می‌توانند مواد جامد کروی تا قطر ۶۵ میلیمتر را از خود عبور دهند، بنابراین تلمبه‌های فاضلاب باید قابلیت عبور اجسام تا قطر ۷۵ میلیمتر را داشته باشند. مواد ریشه‌ای و رشته‌ای در اغلب اوقات وارد فاضلاب شده و در بیشتر مواقع باعث انسداد تلمبه‌ها می‌شود. پروانه تلمبه‌ها بصورت باز، نیمه باز و بسته ساخته می‌شود، پروانه‌های نیمه باز معمولاً یکطرف آن (پشت پروانه نسبت به جریان) بسته است و طرف دیگر که پره‌های پروانه و یا تیغه‌های آن باشد با پوسته ثابت تلمبه، جاسازی دقیق و نزدیک می‌شود. این جاسازی و تنظیم دقیق مانع می‌شود که جریان از مسیر دهش به محل مکش تلمبه سیرکوله شود. در پروانه بسته، هر دو طرف پروانه بسته می‌شود و بنابراین فقط جاسازی دقیق و نزدیک در طرف مکش تلمبه نیاز است. پروانه‌های باز فاقد هرگونه پوشش برای پره‌ها هستند. تلمبه‌های فاضلاب با جریان شعاعی، بطور معمول دارای پوشش در دو طرف پره‌ها است. این پوشش از فرسایش لبه‌های پره‌ها جلوگیری می‌کند. معمولاً در فاضلاب، بعلت وجود مواد دانه‌ای، فرسایش لبه‌های پره‌ها در نوع پروانه‌های باز، باعث از بین رفتن فاصله تنظیم شده بین پره‌ها و پوسته ثابت تلمبه شده و کاهش بازده تلمبه را به دنبال دارد.



شکل ۲-۲- سرعت ویژه، شکل پروانه و بازده

نوع خاص پروانه بصورت گردابی^۱ پروانه نیمه بسته است (صفحه پوشش در پشت پره‌ها قرار دارد) و قسمت جلو پروانه با فاصله گرفتن از پوسته تلمبه و جریان مایع و ایجاد جریان گردابی در داخل پوسته تلمبه، حرکت مایع بطرف مسیر دهش را فراهم می‌سازد. با توجه به اینکه مواد جامد و رشته‌ای با پروانه تماس ندارند احتمال مسدود شدن این نوع تلمبه‌ها بسیار کم است. تلمبه‌های مزبور از بازده کمی برخوردارند.

شکل ۲-۳ انواع پروانه‌های ذکر شده را مشخص می‌سازد.

۲-۱-۲ منحنی مشخصه تلمبه

منحنی مشخصه تلمبه که توسط سازنده تلمبه تهیه می‌شود، عملکرد تلمبه را مشخص می‌سازد. این منحنی مشخصه، عملکرد تلمبه برای انتقال ظرفیتهای مختلف و متناسب با آن، ارتفاع تلمبه‌زنی، قدرت مورد لزوم و بازده را بدست می‌دهد. مشخصه‌های مزبور به شرح زیر تعیین می‌شوند:

- ظرفیت

حجم مایع که تلمبه در واحد زمانی انتقال می‌دهد، ظرفیت تلمبه نامیده می‌شود و برحسب لیتر بر ثانیه یا لیتر بر دقیقه و یا مترمکعب بر ساعت بیان می‌شود. در واحد امریکایی به‌صورت گالن بر دقیقه، میلیون گالن بر روز و یا فوت مکعب بر ثانیه به‌کار می‌رود.

- ارتفاع تلمبه زنی^۲

بطور کلی ارتفاع تلمبه‌زنی، عبارت از ارتفاع اندازه‌گیری شده سطح آزاد آب در بالا یا پائین از محور افقی فرضی است که محور مرجع^۳ نامیده می‌شود. این محور، با توجه به شکلهای مختلف جریان در تلمبه گریز از مرکز بصورت جریان شعاعی یا جریان مختلط یا جریان محوری مطابق (شکل ۲-۱) خواهد بود. معمولاً ارتفاع اندازه‌گیری شده بالاتر از محور مرجع مثبت و ارتفاع پائین‌تر از مرجع منفی در نظر گرفته می‌شود. ارتفاع تلمبه‌زنی عبارت است از ارتفاع اندازه‌گیری شده آب که به سطح معین برای جریان مشخص انتقال می‌یابد، از طرف دیگر ارتفاع سامانه تلمبه‌زنی عبارت است از ارتفاع متناظر برای مقابله با کلیه افت فشارهایی که در یک سامانه تلمبه‌زنی بوجود می‌آید تا حجم مشخصی از مایع را به ارتفاع معین برساند.

۲-۱-۳ قدرت موتور

۲-۱-۳-۱ قدرت خروجی موتور

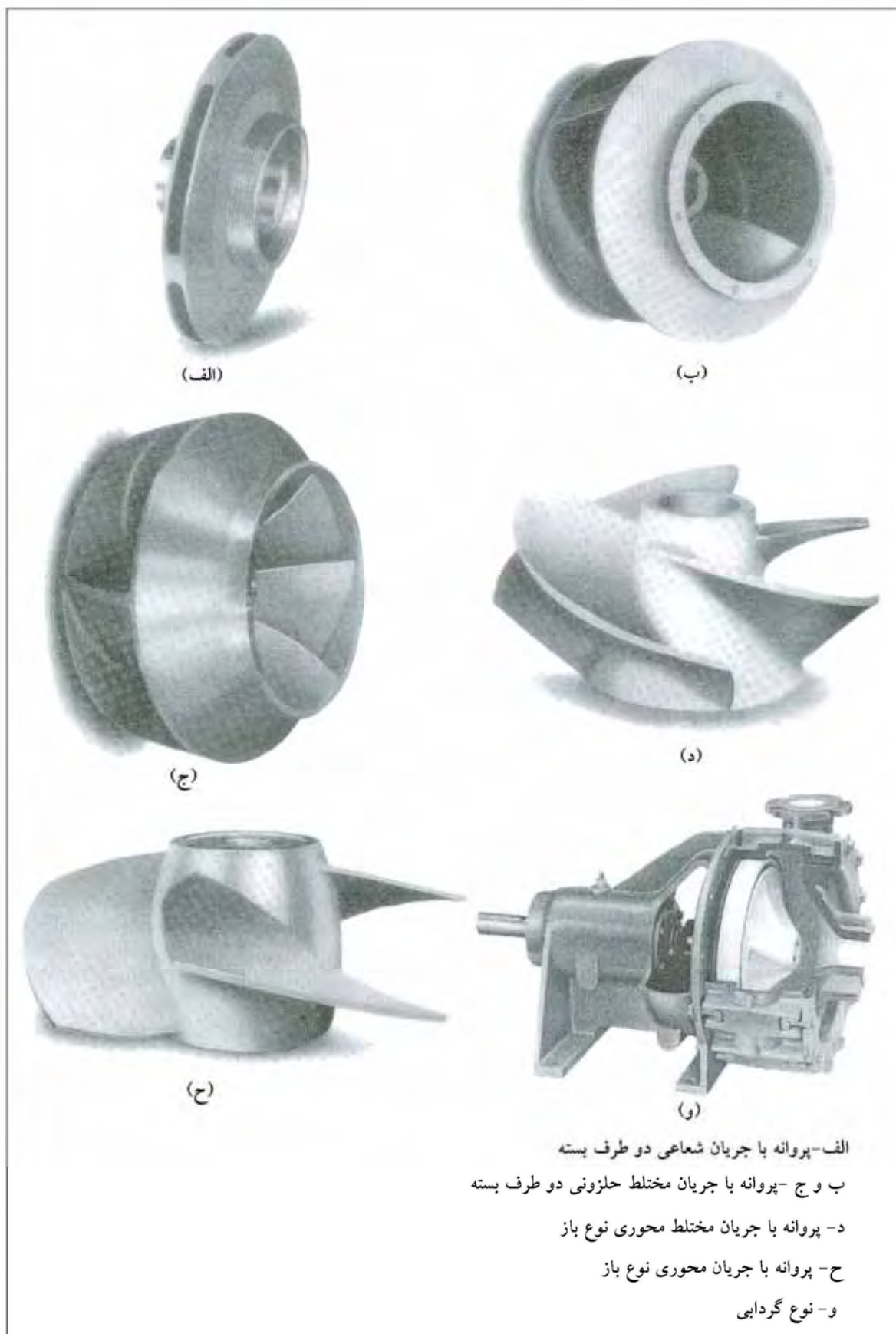
انرژی که تلمبه به مایع وارد می‌کند طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_o = \rho Q H \quad (2-2)$$

1 - Vortex

2 - Head

3 - Refrence



شکل ۲-۳- انواع پروانه‌های گریز از مرکز

که در آن P_o قدرت خروجی موتور برحسب کیلو وات، Q وزن مخصوص مایع برحسب کیلو نیوتن بر مترمکعب، Q مقدار جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه و H کل ارتفاع دینامیکی تلمبه‌زنی برحسب متر محاسبه می‌شود. چنانچه سیال آب باشد می‌توان قدرت خروجی موتور را طبق رابطه زیر محاسبه کرد:

$$P_o = \frac{qH}{102} \quad (3-2)$$

که در آن انرژی انتقال یافته به پروانه تلمبه محاسبه می‌گردد.
 q میزان جریان بر حسب لیتر بر ثانیه و 102 ضریب تبدیل آب 15 درجه به 20 درجه سانتیگراد است.

۲-۳-۱-۲ قدرت ورودی موتور

انرژی انتقال یافته توسط موتور به محور تلمبه را، قدرت ورودی موتور به تلمبه می‌نامند و عملکرد آن برحسب میزان جریان مایعی که تلمبه قادر به انتقال آن به ارتفاع معین، بازای بازده مشخص است، ارزیابی می‌شود. بازده تلمبه نسبت قدرت مفید (خروجی) که معمولاً بر حسب کیلو وات و یا اسب بخار اندازه‌گیری می‌شود به قدرت انتقال یافته به محور تلمبه یا قدرت ورودی تعیین می‌گردد و در تلمبه‌ها از 20 الی 85 درصد متغیر است. قدرت ورودی تلمبه طبق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$P_{in} = \frac{\gamma QH}{E_p} \quad (4-2)$$

که E_p بازده تلمبه است و یا چنانچه مایع آب باشد قدرت ورودی تلمبه طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{in} = \frac{qH}{102E_p} \quad (5-2)$$

تفاوت انرژی خروجی (قدرت انتقال یافته به محور تلمبه) و انرژی ورودی (قدرت انتقال یافته از طریق پره تلمبه به مایع) اتلاف انرژی در تلمبه است. اتلاف انرژی در تلمبه ناشی از اتلاف حجمی، اتلاف مکانیکی و اتلاف هیدرولیکی است. اتلاف حجمی مربوط به حجم آن قسمت از مایع است که از بین پره و پوسته فرار کرده و به دهانه مکش منتقل می‌شود. اتلاف مکانیکی ناشی از تلفات انرژی حاصل از اصطکاک محور تلمبه با یاتاقانها و آببندهای آن است، اتلاف هیدرولیکی ناشی از تلفات انرژی در مجرای حرکت مایع درون پوسته تلمبه است.

۲-۱-۴ منحنی عملکرد تلمبه

سازندگان تلمبه در کارخانه، منحنی مشخصه هر تلمبه را که شامل ارتفاع تلمبه‌زنی برای هر بده تلمبه است، با تغییر بده آن توسط یک شیر قطع و وصل که در خروجی تلمبه نصب می‌شود و همزمان متناسب با آن فشار (ارتفاع تلمبه‌زنی) را اندازه‌گیری

می‌کنند بدست آورده و نتایج را در مختصات X, Y (معمولاً در محور x ها بده تلمبه و محور y ها ارتفاع تلمبه‌زنی) رسم می‌نمایند، منحنی بدست آمده از ارتباط نقاط آزمایش روی این مختصات، منحنی بده- ارتفاع برای تلمبه مورد آزمایش خواهد بود. با توجه به نقاط بدست آمده قدرت ورودی تلمبه و بازده آن تعیین و بصورت منحنی در همان نمودار نشان داده می‌شود. به مجموعه اطلاعات به دست آمده که شامل ارتفاع تلمبه‌زنی در بده‌های مختلف همراه با قدرت ورودی و بازده است و برای دور موتور و قطر پروانه معین آزمایش شده است، منحنی مشخصه‌های تلمبه گفته می‌شود.

۲-۱-۵ قوانین همبستگی^۱

قوانین همبستگی برای پیش‌بینی عملکرد یک تلمبه گریز از مرکز در سرعتها و قطرهای مختلف بکار می‌رود. این قوانین شیب منحنی عملکرد تلمبه، قدرت مورد نیاز تلمبه برای تغییر در سرعت و اندازه پروانه را با دقت خوب پیش‌بینی می‌کند. در تلمبه‌های گریز از مرکز روابط (۲-۸) تا (۲-۱۰) حاکم است. در این روابط C ضریب بدون بعد و اندیسهای p, h, q ضریب مزبور، برای بده، ارتفاع تلمبه‌زنی و قدرت است. در روابط زیر P وزن مخصوص مایع برحسب کیلوگرم بر مترمکعب و Q برحسب مترمکعب بر ثانیه، H برحسب متر، P برحسب کیلووات و g شتاب ثقل معادل $9/81$ متر بر مجذور ثانیه و D قطر پروانه (متر) و n سرعت پروانه (دور بر دقیقه) است با استفاده از روابط مزبور :

$$C_q = \frac{Q}{nD^3} \quad (۲-۸)$$

$$C_h = \frac{gH}{n^2 D^2} \quad (۲-۹)$$

$$C_p = \frac{P}{\rho n^3 D^3} \quad (۲-۱۰)$$

عملکرد تلمبه در دوره‌های مختلف موتور برای هر نقطه کارکرد و یا تغییر قطر پروانه تلمبه، قابل محاسبه است، بنابراین امکان طرح تلمبه به منظور تطبیق با شرایط مورد نظر امکان‌پذیر است، چنانچه عملکرد تلمبه با توجه به کارکرد آن برای یک نقطه (P_1, Q_1, H_1, n_1) معلوم باشد کارکرد تلمبه برای نقطه مورد نظر برای دور n_2 با استفاده از روابط (۲-۸) الی (۲-۱۰) بصورت زیر در می‌آید.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (۲-۱۱)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (۲-۱۲)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (۲-۱۳)$$

این روابط در حالتی است که قطر پروانه تلمبه در هر دو حالت یکسان باشد و بنابراین براساس روابط (۲-۱۱) تا (۲-۱۳) می‌توان منحنی عملکرد تلمبه را برای دیگر دورها با توجه به داشتن نقاط موردنظر در تلمبه برای سرعت n_1 بدست می‌آید سازندگان تلمبه‌های گریز از مرکز برای تلمبه با مشخصه‌های معین (P, Q, H, n) و با در نظر گرفتن دور آن بصورت ثابت با تغییر قطر پروانه تلمبه منحنیهای عملکرد متفاوتی بدست می‌آورند، در این حالت قطر پروانه را با تراشکاری تغییر داده و برای هر اندازه قطر پروانه با حفظ دور ثابت منحنی عملکرد با استفاده از روابط (۲-۸) تا (۲-۱۰) روابط (۲-۱۴) تا (۲-۱۶) بدست می‌آید.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (2-14)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (2-15)$$

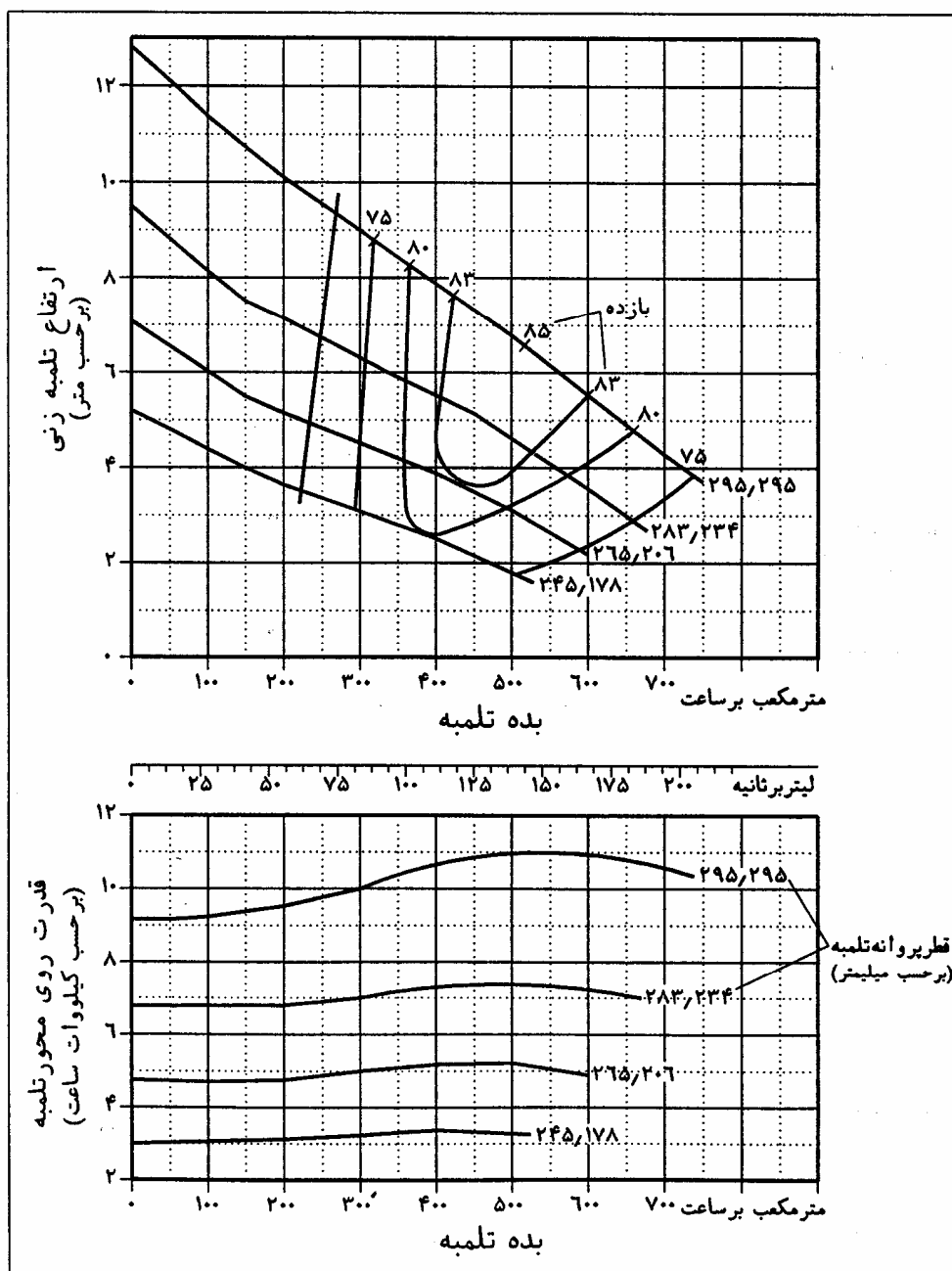
$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad (2-16)$$

در این روابط مجدداً P_1, H_1, Q_1 عملکرد تلمبه با قطر D_1 در نقطه معین است که با تغییر قطر آن به D_2 عملکرد این نقطه به P_2, H_2, Q_2 تغییر می‌کند و در این تغییر قطر دور پروانه یکسان است، روابط ذکر شده بعنوان روابط همبستگی، شناخته می‌شوند. شکل ۲-۴ منحنی‌های عملکرد تلمبه را برای یک نمونه از تلمبه‌های گریز از مرکز و با قطرهای مختلف نشان می‌دهد.

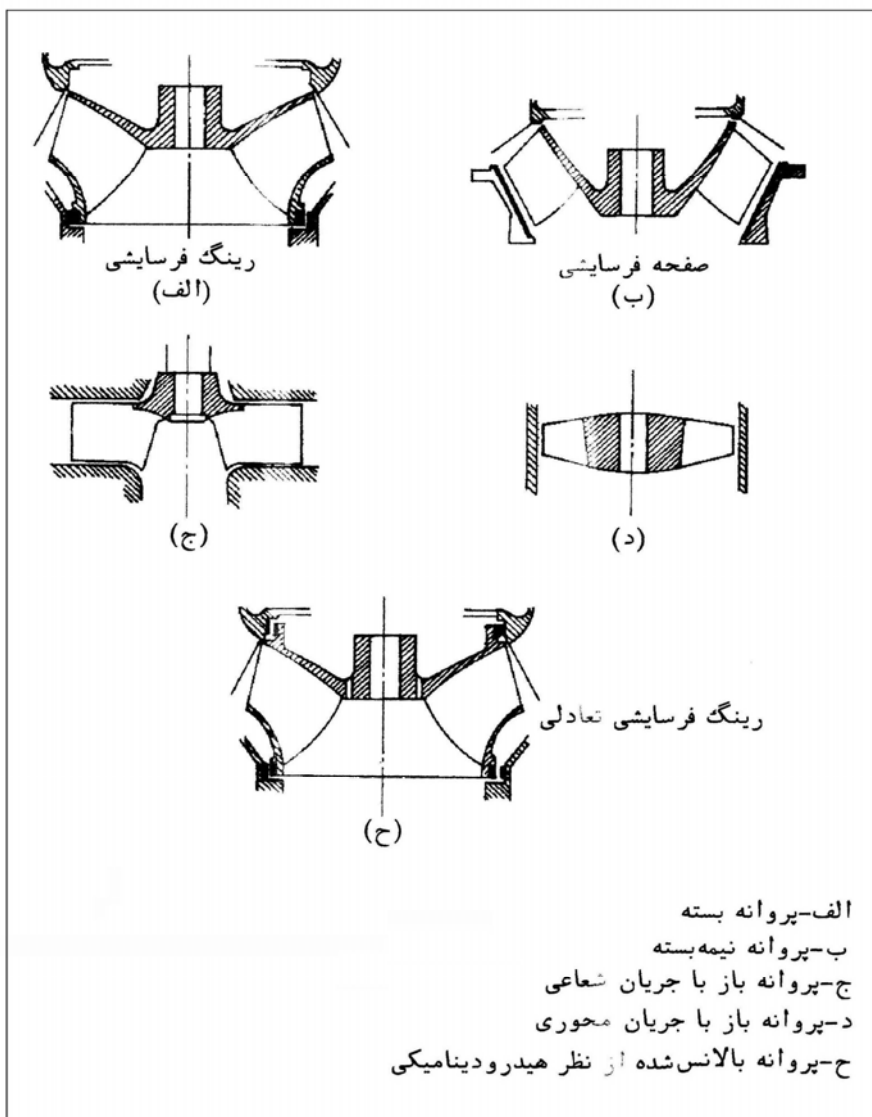
۲-۱-۶ ساختمان تلمبه‌های گریز از مرکز

تلمبه‌های گریز از مرکز از سه بخش اصلی یعنی روتورگردنده، پوسته تلمبه و یاتاقانها همراه با قاب آن تشکیل شده است. تلمبه‌های گریز از مرکز با اتصال یکپارچه فاقد بخش سوم بوده و پوسته موتور محرک مستقیماً به پوسته تلمبه متصل است. روتورگردنده شامل پروانه تلمبه، محور تلمبه و رینگهای (آببندی) فرسایشی است.

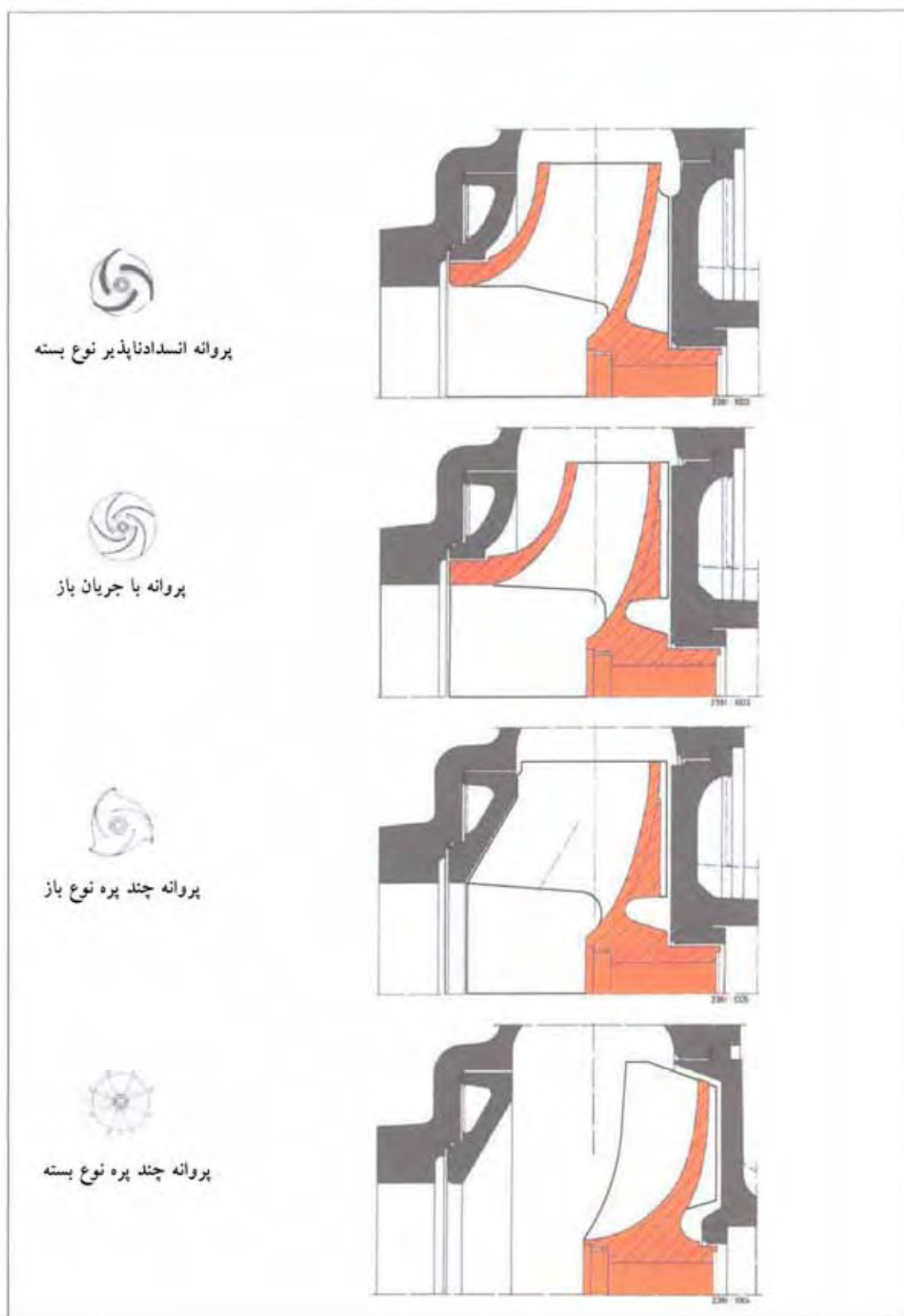
رینگهای فرسایشی درمحل تماس پروانه تلمبه با پوسته تلمبه بکارگرفته می‌شود، رینگ فرسایشی تنظیم فاصله مزبور را بعهده دارد و مانع چرخش آب طرف خروجی از تلمبه که دارای فشار بیشتر است به محل ورودی تلمبه می‌گردد. فرسایش رینگ مزبور معمولاً به جهت وجود مواد ماسه‌ای و یا بطور کلی موادی که ایجاد فرسایش کرده و درون فاضلاب است صورت می‌گیرد و همچنین سائیدگی ناشی از تماس رینگها با هم (رینگ پروانه تلمبه، رینگ متصل به پوسته تلمبه) می‌باشد در یک تلمبه با طراحی مناسب نباید تغییر شکل محور تلمبه در حرکت گردشی آن بیش از فاصله تنظیم شده بین دو رینگ باشد. رینگهای فرسایشی ممکن است بصورت مجزا و یا درجا ساخته شود که در مورد اول پس از فرسودگی آن به راحتی قابل تعویض است و در مورد رینگ درجا پس از آنکه فاصله پروانه با پوسته زیاد گردد با تراشکاری محل مزبور و اضافه کردن رینگهای فرسایشی برای پروانه و پوسته تلمبه دوباره شرایط مناسب را پیدا می‌کند. حسب نوع پروانه (بسته، نیمه باز و باز) نوع رینگهای فرسایشی متفاوت است. در پروانه نیمه بسته بجای رینگ فرسایشی صفحه فرسایشی^۱ که بین لبه پروانه و پوسته در محل تماس قرار می‌گیرد استفاده می‌شود. شکل شماره (۲-۵)، (۲-۶) وضعیت رینگهای فرسایشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- منحنی مشخصه‌های تلمبه با قطرهای مختلف



شکل ۲-۵- رینگهای فرسایشی با انواع پروانه ها



شکل ۲-۶- انواع پره‌ها و رینگهای فرسایشی

۲-۱-۶-۱ محور تلمبه

محور تلمبه وظیفه انتقال قدرت از محور محرک به پروانه را دارد و باید بتواند کلیه نیروهای محوری و شعاعی که از چرخش پروانه حاصل می‌شود را تحمل کند. محور تلمبه در معرض پیچش، خمش و کشش قرار می‌گیرد و لذا در طراحی آن دقت زیادی انجام می‌شود بطوریکه تغییر شکل زیاد آن باعث فرسایش رینگها شده و عدم آببندی تلمبه را ایجاد می‌کند. معمولاً تغییر شکل به میزان حداکثر $0.5/0$ میلیمتر در محل آببندی محور مقدار مجاز تغییر شکل می‌باشد. میزان تغییر شکل محور تلمبه باید با فاصله تنظیم شده بین رینگهای فرسایشی مطابقت داشته باشد. غلاف محور در محل آببندی تلمبه برای محور در نظر گرفته می‌شود که از جنس فولاد ضد زنگ است این غلاف کاملاً به محور چسبیده است و برای آن آببندی کامل را در نظر می‌گیرند.

۲-۱-۶-۲ یاتاقانهای تلمبه

یاتاقانهای محور تلمبه کلیه بارهای عمودی، شعاعی که به محور تلمبه وارد می‌گردد را تحمل می‌کند. یاتاقانها بطور معمول از نوع ضد اصطکاکی و از نوع بلبرینگهای کروی، استوانه‌ای، یا مخروط ناقص می‌باشند. یاتاقانها در نوع تلمبه‌های با اتصال جداگانه، دارای قاب جداگانه است که به پوسته تلمبه پیچ و مهره می‌گردد. معمولاً عمر یاتاقانها را بر حسب ساعت برای کار مداوم که ۹۰ درصد بلبرینگها در طی مدت مزبور فرسوده گردد در نظر می‌گیرند و حدود ۴۰۰۰ ساعت پیش‌بینی می‌کنند. عمر یاتاقانها تابع نحوه کار تلمبه بین نقاط بهترین بازده تلمبه و نقطه کارکرد تلمبه در برابر شیر بسته (بده صفر) که معمولاً فشار حداکثر به تلمبه وارد می‌کند خواهد بود. برای روان‌سازی یاتاقانها از گریس استفاده می‌کنند. آببندی یاتاقانها برای جلوگیری از نفوذ آب و مواد خورنده از خارج تلمبه به داخل آن و با تنظیم فاصله نزدیک بین محور موتور و قاب یاتاقانها و یا پیش‌بینی مواد لاستیکی که توسط فنر به سطح محور تلمبه فشار وارد می‌گردد، تامین می‌شود. این محل باید بطور مناسب روغنکاری شده تا در اثر اصطکاک ایجاد حرارت نکند.

۲-۱-۶-۳ آببندی محور تلمبه‌ها

برای جلوگیری از بیرون زدن مایع تحت فشار درون تلمبه در بالاتر از محل اتصال به پروانه، تلمبه باید آببندی شود. آببندی با دو روش انجام می‌گیرد:

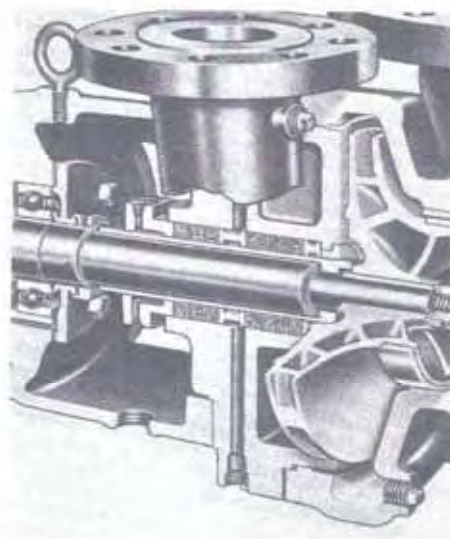
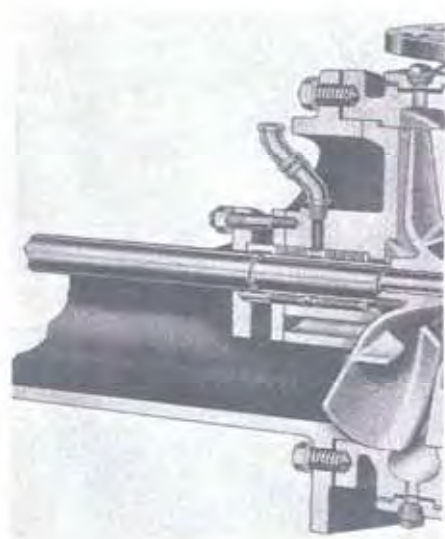
روش اول از طریق لایه‌های آببندی و بنام کاسه نمد^۱ است و روش دوم از طریق مکانیکی^۲. در نوع اول که روشی ساده است از لایه‌های حلقوی و از مواد مصنوعی که روی محور یا غلاف محور قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود و تعداد آن از سه ردیف بیشتر است و توسط یک آب‌بند نگهداری می‌شود و در داخل قابی که بالای پوسته تلمبه (بین پوسته تلمبه و قاب یاتاقانها) است، قرار می‌گیرند. کاسه نمد همیشه دارای نشستی است که روان‌سازی محور تلمبه را تامین می‌کند. مزیت این نوع آببندی، ارزان بودن آن و راحتی تعویض آن است و عیب آن مراقبت دائم و بازدیدهای مرتب است. آببندی نوع مکانیکی شامل دو

1 - Stuffing box

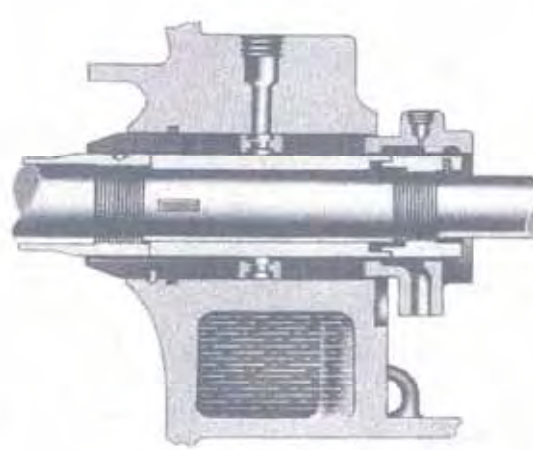
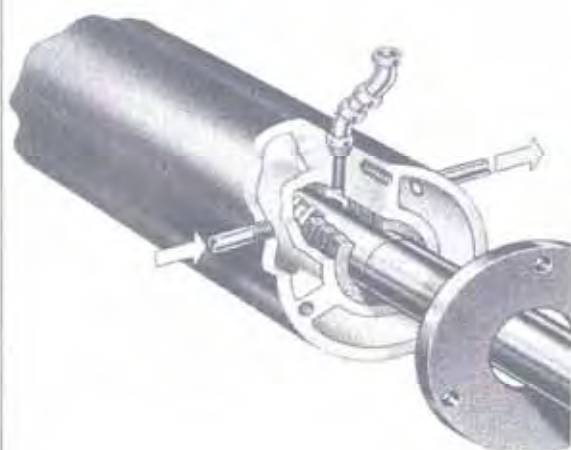
2 - Mechanical seal packing

بخش گردنده و ثابت است. بخش گردنده روی محور قرار می‌گیرد و با محور حرکت می‌کند و بخش ثابت به قاب متصل است. این دو بخش در دو سطح صاف و با فاصله حدود یک میکرون از هم هستند و با لایه روان‌ساز از هم جدا شده‌اند. جنس این سطوح، معمولاً از سرامیک و کرین است. این نوع آببندها بصورت تکی و دوتائی استفاده می‌شود. آببندهای مکانیکی گران بوده و برای تعویض آن، باید قطعات تلمبه را پیاده کرد، در عوض به مراقبت دائم نیاز ندارند. خراب شدن این آببند بطور ناگهانی و با مقادیر زیاد نشتی است در حالیکه نوع اول، میزان نشتی بتدریج اضافه می‌شود.

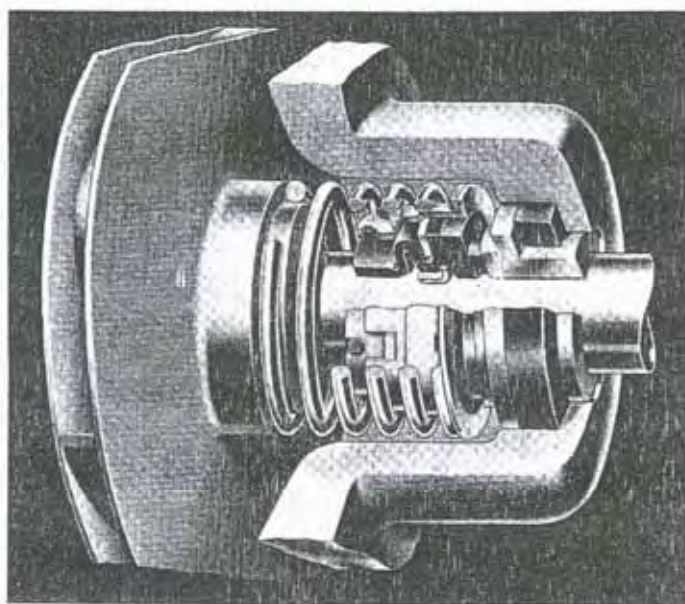
شکلهای شماره (۷-۲-الف و ب و ۸-۲-الف و ب و ج) دو نوع آببندی محور تلمبه را نشان می‌دهد.



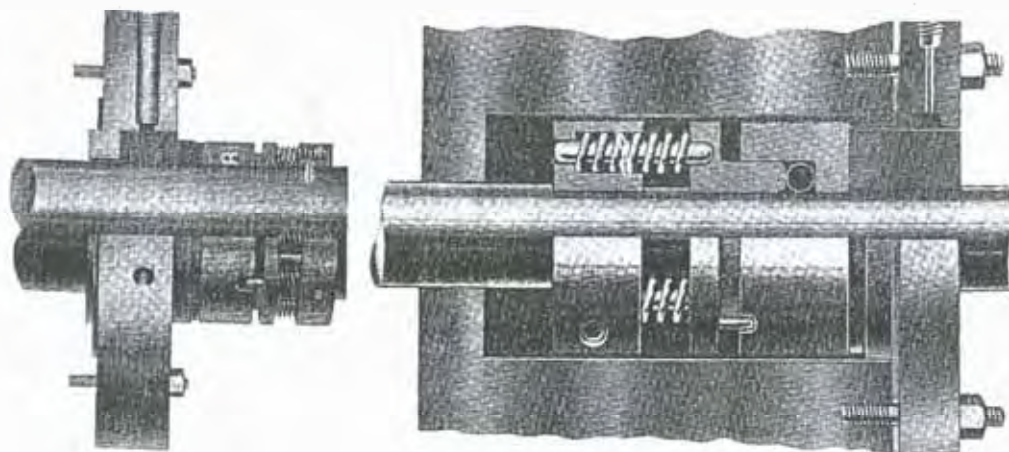
شکل ۷-۲-الف- آب بندی محور تلمبه به صورت لایبی (PACKING)



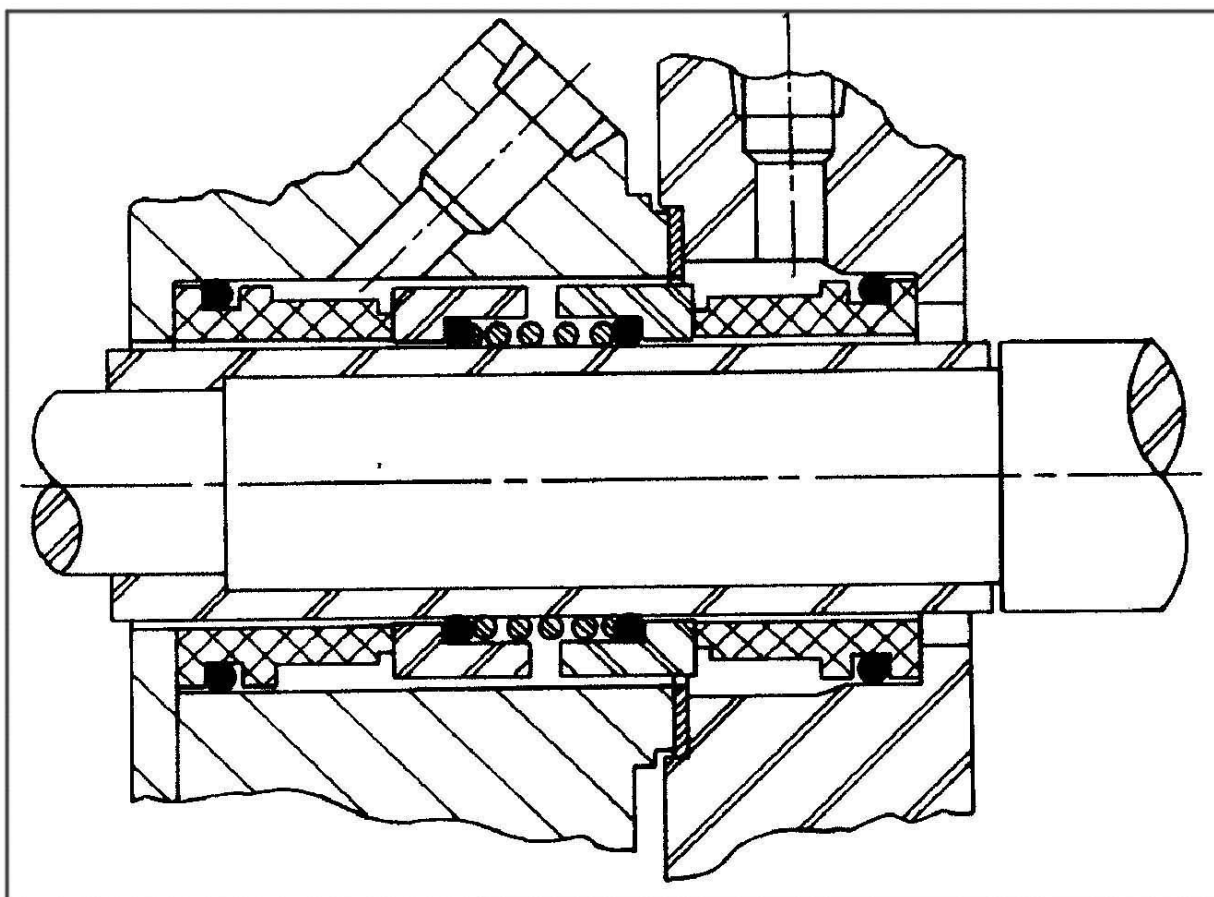
شکل ۷-۲-ب- دو نوع رینگ لترین



شکل ۲-۸-الف- آب بندی مکانیکی تلمبه گریز از مرکز



شکل ۲-۸-ب- آب بندی مکانیکی



شکل ۲-۸-ج- مقطع آب بندی نوع مکانیکی دو تایی

۲-۲ ساختمان تلمبه‌های پیچوار

بطور کلی تلمبه‌های پیچوار از چند قسمت تشکیل شده است: لوله و پیچ، یاتاقانهای بالا و پائین، کوپلینگ اتصال پیچوار به گیربکس، گیربکس، موتور محرک. در مورد تلمبه‌های پیچوار باز به دلیل اینکه سینی و غلاف مانع و یاتاقان پائین همیشه در آب قرار دارند، ضروری است بطور مداوم روغنکاری شود. در تلمبه‌خانه‌های پیچوار، گریس‌زن برقی پیش‌بینی شده که بطور دائم روغنکاری یاتاقانها را انجام می‌دهد.

لوله و پره‌های پیچ تلمبه از فولاد ساخته شده است و بطور دقیق برشکاری و جوش داده می‌شود، سپس سندبلاست کامل شده و پوشش می‌گردد. انتقال مایع توسط تلمبه با قرار گرفتن مایع در بین پره‌های پیچ، سینی زیر تلمبه و جابجائی آن بطرف بالا انجام می‌گیرد. سرعت تلمبه‌های پیچوار بین ۲۰ الی ۷۵ دور در دقیقه است و ظرفیت تلمبه تابع قطر پیچوار، سرعت و زاویه نصب آن می‌باشد. حداکثر ظرفیت انتقال در تلمبه‌های مزبور در شرائطی است که سطح آب در چاله تلمبه در نقطه ^۱A طبق شکل ۲-۹ قرار گیرد. بنابراین این نوع تلمبه‌ها نیاز به چاله عمیق ندارد. تلمبه‌های پیچوار قابلیت انتقال هر میزان آب را که کمتر از حداکثر جریان باشد، دارند و لذا جریان خروجی فاضلاب از پیوستگی مطلوبی برخوردار است. هزینه‌های سرمایه‌گذاری

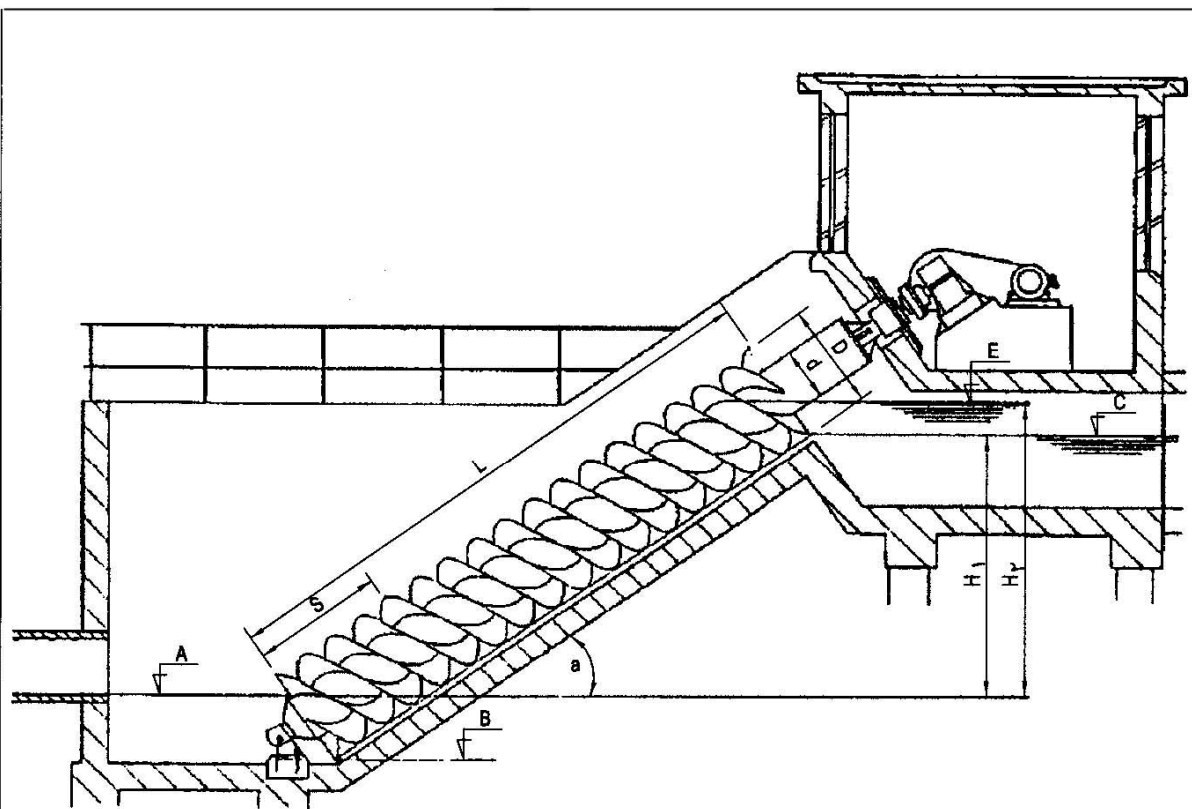
1- Filling point

در این تلمبه‌خانه هم از نظر ساختمانی و هم تجهیزاتی بیشتر از نوع تلمبه‌های گریز از مرکز است در عوض هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری آن کمتر است.

بهمن‌زنی فاضلاب در حرکت پیچوارها به جلو، باعث خارج شدن گازهای محلول در فاضلاب می‌شود. در تلمبه‌های پیچوار محدودیت ارتفاع بعثت مشکلات تجهیزاتی وجود دارد زیرا بطور معمول برای هر قطر معینی حداکثر طول معینی می‌توان با توجه به تغییر شکل تلمبه (از آنجا که تلمبه‌ها در دو نقطه تکیه دارند طول زیاد باعث تغییر شکل در وسط تلمبه می‌شود که این امر کارکرد آنرا مشکل می‌سازد) ناشی از خمش و تغییر دما در نظر گرفت لذا برای انتقال مایعات به ارتفاع بیشتر معمولاً با بکارگیری تلمبه‌ها در دو مرحله، انتقال آب به ارتفاع بالاتر ممکن می‌شود، در این حال دو تلمبه‌خانه در ارتفاعات مختلف و نزدیک بهم ساخته می‌شود.

شکل ۲-۹ مقطع یک تلمبه‌خانه پیچوار نوع باز را نشان می‌دهد. بطور معمول بخشی از جریان انتقال یافته در تلمبه‌های پیچوار از فاصله بین صفحات پیچ با سینی آن به چاله پائین دست تلمبه باز می‌گردد. این موضوع در تلمبه‌های پیچوار نوع بسته وجود ندارد زیرا با توجه به جوش شدن پره‌ها به لوله خارجی، امکان برگشت متفی شده است.

جدول ۲-۱ حداکثر ظرفیت تلمبه‌های پیچوار برحسب قطر خارجی تلمبه با زاویه ۳۰ درجه و با حداکثر دور در دقیقه را نشان می‌دهد. در این جدول، حداکثر ارتفاع برای نصب با زاویه ۳۰ درجه و ۴۰ درجه و جزئیات تلمبه برای زاویه ۳۰ درجه نیز نشان داده شده است. خروجی تلمبه‌های پیچوار باید به گونه‌ای تنظیم شود که مشکل سرریز شدن و لذا برگشت جریان پیش نیاید. این موضوع با پیش‌بینی کانال خروجی که حداکثر سطح آب در داخل آن پائین‌تر از آستانه ریزش است در نظر گرفته می‌شود. تلمبه‌های پیچوار همواره مجهز به ترمز مانع حرکت معکوس دورانی هستند. بعثت دور کم تلمبه‌های پیچوار، اتصال مستقیم موتور محرک به تلمبه‌ها ممکن نیست و بنابراین برای کاهش دور موتور محرک به حدود دور تلمبه به گیربکس نیاز دارد. شیوه اتصال موتور محرک به گیربکس برحسب قدرت موردنیاز و ابعاد و ارتفاع موتور و گیربکس متفاوت است. شکل ۲-۱۰ انواع اتصالات فوق را نشان می‌دهد. در اتصالات موتور گیربکس بصورت تسمه، امکان تعویض پولی موتور و لذا تغییر سرعت پیچوار و تغییر میزان بده فراهم است. اتصال محور گیربکس به محور پیچوار توسط کوپلینگ‌های قابل انعطافی که ضربات ناشی از حرکت محوری گیربکس و انحراف کوچک محور تلمبه با محور گیربکس را می‌گیرد، انجام می‌شود و در نتیجه دارای خاصیت جذب انحرافات پیچشی، زاویه‌ای، محوری و عرضی است. قاب کوپلینگها از چدن با مقاومت بالا (GG25) و معمولاً از دو قسمت ساخته می‌شوند که شامل قسمت اتصال به محور موتور و محور گیربکس است. در بخش اول خارهای مناسبی که در بخش دوم کوپلینگ برای آن جاسازی شده، قرار می‌گیرد و لذا تغییرات پیچشی، زاویه‌ای، خارج از محور بودن (محور گیربکس و محور تلمبه) و یا تنظیم تغییر شکل طولی را تامین می‌کند.

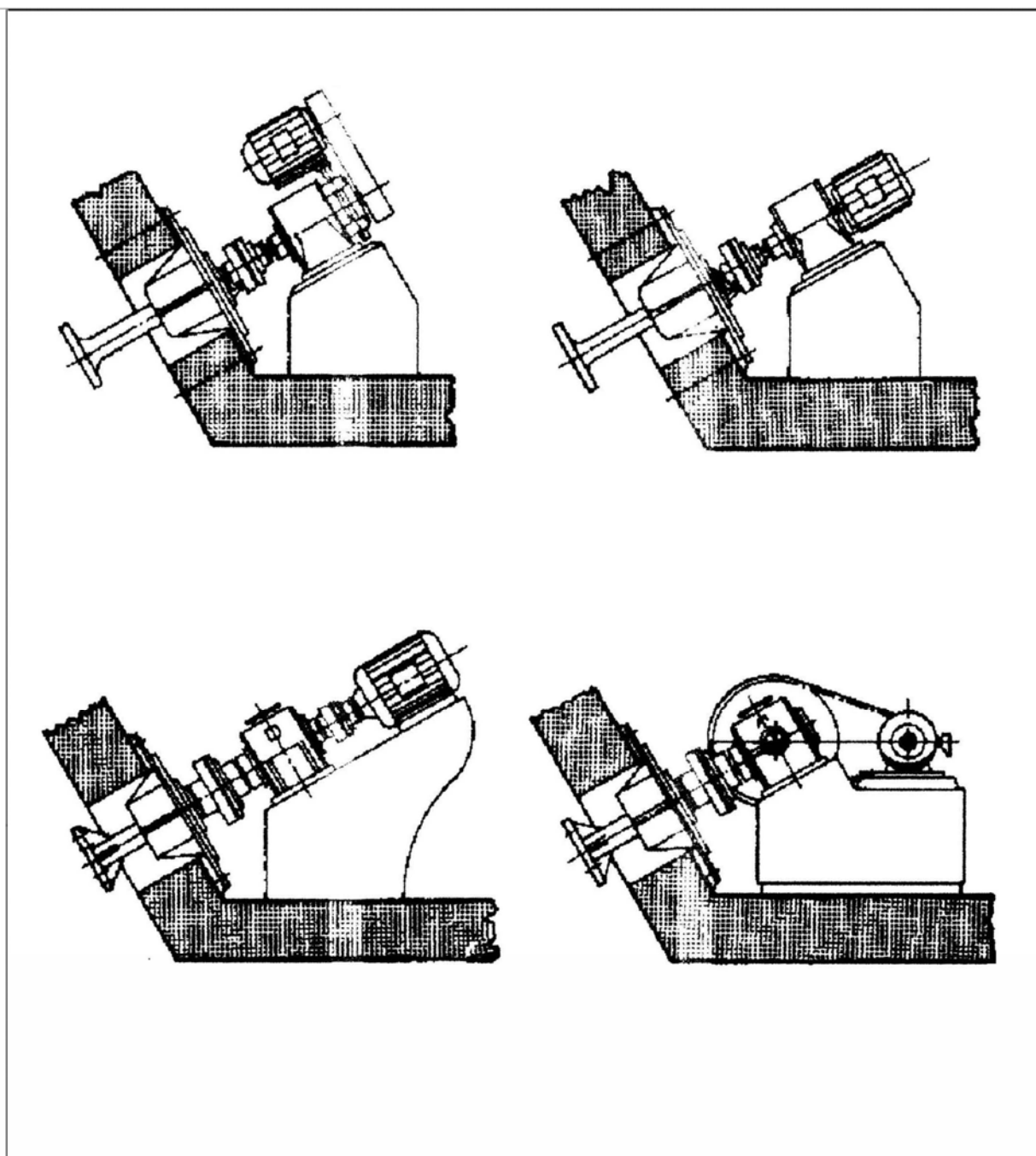


$$\begin{aligned}
 & \text{سطح آب برای حداکثر جریان تلمبه} = \sqrt{\frac{A}{B}} \\
 & \text{سطح آب برای حداقل جریان تلمبه} = \sqrt{\frac{B}{C}} \\
 & \text{آستانه ریزش} = \sqrt{\frac{C}{D}} \\
 & \text{حداکثر سطح انتقال آب بدون برگشت جریان} = \sqrt{\frac{D}{E}} \\
 & a = \text{زانوی استقرار تلمبه} \\
 & D = \text{قطر خارجی تلمبه پیچوار با پره ها} \\
 & d = \text{قطر لوله مرکزی پیچوار} \\
 & L = \text{طول پیچوار} \\
 & S = \text{گام پیچ} \\
 & H_1 = \text{حداقل ارتفاع انتقال آب} \\
 & H_2 = \text{حداکثر ارتفاع انتقال آب}
 \end{aligned}$$

شکل ۲-۹- تلمبه خانه پیچوار و مشخصه های مهم آن

جدول ۱-۲ - ظرفیت و ارتفاع بالا آوردن سرعت برای تلمبه پیچوار با زاویه نصب ۳۰ درجه

قطر پیچوار بر حسب میلی متر (D)	حداکثر ظرفیت در زاویه $a = 30^\circ$ بر حسب لیتر بر ثانیه	حداکثر دور در دقیقه	حداکثر ارتفاع تلمبه زنی (میلی متر)		ابعاد تلمبه برای $a = 30^\circ$ درجه و حداکثر ارتفاع تلمبه زنی (میلی متر)				
			$a = 30^\circ$	$a = 40^\circ$	L	A	B	X	Y
۴۰۰	۲۷	۹۲	۲۷۸۰	۳۹۸۰	۶۰۱۰	۲۷۰	۶۰	۳۵۰	۳۰۰
۵۰۰	۴۶	۷۹	۳۱۴۰	۴۴۹۰	۶۸۰۰	۳۳۰	۸۰	۴۰۰	۳۵۰
۶۰۰	۷۱	۷۰	۳۳۷۰	۴۸۵۰	۷۴۲۰	۴۰۰	۹۰	۴۵۰	۴۰۰
۷۰۰	۱۰۴	۶۳	۳۶۰۰	۵۲۱۰	۷۸۹۰	۴۶۰	۱۱۰	۵۰۰	۴۵۰
۸۰۰	۱۴۱	۵۸	۳۷۴۰	۵۴۴۰	۸۲۸۰	۵۲۰	۱۲۰	۶۰۰	۵۰۰
۹۰۰	۱۸۳	۵۴	۳۶۲۰	۵۳۱۰	۸۱۰۰	۵۷۰	۱۴۰	۶۵۰	۵۵۰
۱۰۰۰	۲۳۸	۵۰	۴۳۶۰	۶۳۸۰	۹۷۳۰	۶۵۰	۱۵۰	۷۰۰	۶۰۰
۱۲۰۰	۳۶۴	۴۴	۴۷۳۰	۶۹۸۰	۱۰۶۶۰	۷۸۰	۱۸۰	۸۰۰	۷۰۰
۱۴۰۰	۵۲۲	۴۰	۵۰۵۰	۷۵۳۰	۱۱۵۱۰	۹۱۰	۲۱۰	۹۰۰	۸۰۰
۱۶۰۰	۷۱۳	۳۷	۵۳۴۰	۸۰۴۰	۱۲۳۰۰	۱۰۴۰	۲۴۰	۱۰۰۰	۹۰۰
۱۸۰۰	۹۳۹	۳۴	۵۵۸۰	۸۴۷۰	۱۲۹۸۰	۱۱۸۰	۲۷۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰
۲۱۰۰	۱۳۴۰	۳۱	۵۶۴۰	۸۶۴۰	۱۳۳۵۰	۱۳۵۰	۳۲۰	۱۳۵۰	۱۱۵۰
۲۵۰۰	۲۰۱۷	۲۷	۶۰۵۰	۹۳۸۰	۱۴۵۷۰	۱۶۱۰	۳۸۰	۱۵۵۰	۱۳۵۰
۲۹۰۰	۲۸۵۲	۲۵	۶۳۹۰	۱۰۰۳۰	۱۵۶۵۰	۱۸۷۰	۴۴۰	۱۸۰۰	۱۵۵۰
۳۴۰۰	۴۱۱۵	۲۲	۶۵۱۰	۱۰۳۶۰	۱۶۳۶۰	۲۱۷۰	۵۱۰	۲۱۰۰	۱۸۰۰
۳۷۰۰	۵۰۳۴	۲۱	۶۸۳۰	۱۰۹۵۰	۱۷۳۴۰	۲۳۹۰	۵۶۰	۲۲۵۰	۱۹۵۰
۴۰۰۰	۶۰۵۶	۲۰	۷۱۶۰	۱۱۵۵۰	۱۸۳۳۰	۲۶۱۰	۶۰۰	۲۴۵۰	۲۱۰۰



شکل ۲-۱۰- انواع اتصالات موتور گیربکس در تلمبه‌های پیچوار

منابع و مراجع

- 1- Control of sulphides in sewerage system, D.K.B Thistle thwayte 1972
- 2- Centrifugal Pump design K.S.B. Technical Appendix , Edition 1.4.82
- 3- Design of waste water and storm water pumping station manual of practice FO-4 WEF , 1993
- 4- Guide to sewage pumping Allen Gwynnes, AGP.6145
- 5- Instrumentation in waste water treatment facilities manual of practice 21 W.E.F. 1994
- 6- K.S.B KWP . KVP centrifugal pumps .
- 7- Pump selection Rodger walker . P.Eng Third print 1975
- 8- Pumping stations for water and sewage Ronald E. Bartlett . 1974.
- 9- Pimping station Design volume I,II,III,IV Robert L.SANKS.Ph.PE , March 1989.
- 10- Pump application Engineering Hicks and Edwards, 1971.
- 11- Waste water Engineering Metcalf & Eddy 1972.
- 12- Water Hammer problems and solutions B.B sharp . 1981.

۱۳- پمپ و پمپاژ تالیف : دکتر سید احمد نوربخش چاپ ۱۳۷۹

۱۴- ماشینهای آبی جلد اول پمپها تالیف : دکتر یوسف حسن زاده سال ۱۳۷۸

۱۵- تجربیات شخص تهیه کننده در طرحهای مطالعاتی و اجرایی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب شهری

۱۶- ضربه قوچ آبی ، شرکت صنایع پمپ سازی ایران تالیف : دکتر حمید نشان

۱۷- مشخصات فنی - عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی (نشریه ۱-۱۱۰)، دفتر امور فنی و تدوین

معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰

***Guideline for Design of Urban Swage
Pump Stations***

این نشریه

با عنوان «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب»
به‌منظور استفاده در طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب
شهری تدوین شده است. در این استاندارد ضوابط
طراحی به تفصیل در شش فصل و دو پیوست ذکر
شده است که راهنمای مناسبی برای مشاوران و
طراحان تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد.

معاونت امور اداری ، مالی و منابع انسانی
مرکز مدارک علمی ، موزه و انتشارات

ISBN: 978-964-425-949-4



9789644259494