

ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی

نشریه شماره ۳۱۷

وزارت نیرو

سازمان مدیریت منابع آب ایران

دفتر استانداردها و معیارهای فنی

<http://www.wrm.or.ir/standard>

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها

و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir/>

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی

نشریه شماره ۳۱۷

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
ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی /
معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ [با همکاری]
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، ۱۳۸۴.

۳۸ ص.: مصور، جدول، نمودار. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۱۷)

ISBN 964-425-688-3

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیفا

Hydraulic design criteria for pumping stations of irrigation
and drainage networks ص.ع. به انگلیسی:

کتابنامه: ص. ۳۸

۱. ایستگاه‌های تلمبه‌زنی - استانداردها. ۲. سازه‌های هیدرولیکی - طرح و محاسبه - 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.

۶۲۸/۱۴۴

۹ ض ۲ س / ۴۸۵ TD

[TA ۳۶۸ / س ۲۴ ۳۱۷ ش. ۱۳۸۴]

۸۴-۳۳۴۵۵

کتابخانه ملی ایران

ISBN 964-425-688-3

شابک ۹۶۴-۴۲۵ - ۶۸۸-۳

ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی

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

چاپ اول، ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۶۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۴

لیتوگرافی: صبا

چاپ و صحافی: چاپ الجواد

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
رئیس سازمان

شماره : ۱۰۱/۱۳۲۳۰۳	بخشنامه به دستگاههای اجرایی ، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۴/۷/۳۰	

موضوع :

ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاههای پمپاژ شبکههای آبیاری و زهکشی»

به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی ، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره ۳۱۷ دفتر امور فنی ، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان ، با عنوان «ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاههای پمپاژ شبکههای آبیاری و زهکشی» از نوع گروه سوم ، ابلاغ می گردد .

دستگاههای اجرایی ، مهندسان مشاور ، پیمانکاران و عوامل دیگر می توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها ، دستورالعملها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند ، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست .

عوامل یاد شده باید نسخه ای از دستورالعملها ، روشها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی ، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان ، ارسال دارند .

فرهاد رهبر

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>

سند و ق پستی ۱۹۹۱۷-۴۵۴۸۱

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

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ 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) براساس 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 اتلاف 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 کمیته

ترکیب اعضای کمیته فنی شماره ۳ (آبیاری و زهکشی) که در تهیه و تنظیم این استاندارد مشارکت داشته‌اند به شرح زیر هستند:

آقای محمد کاظم سیاهی	مهندسین مشاور پندام	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی و عمران
آقای محمد حسن عبدا... شمشیرساز	مهندسین مشاور پژوهاب	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
آقای احمد قزل‌ایاغ	مهندسین مشاور آبفن	فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای محمد جواد مولایی	وزارت نیرو	لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای منصور طهماسبی	وزارت نیرو	لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای ماشاء... تابع جماعت	طرح تهیه استانداردهای مهندسی	لیسانس مهندسی عمران – آب
آب کشور		

همچنین سرکار خانم مهندس محرابی در تنظیم نهایی این استاندارد همکاری نمودند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	۱- هدف
۲	۲- دامنه کاربرد
۲	۳- کلیات
۲	۱-۳ پمپاژ از رودخانه
۳	۲-۳ پمپاژ از مخزن‌های ذخیره آب
۳	۳-۳ پمپاژ از کانال‌های آبیاری
۴	۴-۳ تخلیه زهکش با پمپاژ
۵	۴- ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ
۵	۱-۴ ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری
۵	۲-۴ ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ زهکشی
۵	۵- اجزای ساختمان ایستگاه پمپاژ
۵	۱-۵ دهانه آبگیر
۶	۲-۵ حوضچه مکش
۷	۱-۲-۵ ابعاد حوضچه مکش
۹	۲-۲-۵ ظرفیت حوضچه مکش
۱۰	۳-۲-۵ طراحی حوضچه پمپاژ زهکشی
۱۳	۴-۲-۵ تیرک آب‌بند
۱۳	۵-۲-۵ آشغالگیر
۱۸	۶- پمپ‌های مورد استفاده در تأسیسات آبیاری و زهکشی
۱۸	۱-۶ انواع پمپ‌ها
۲۱	۲-۶ انتخاب پمپ
۲۱	۱-۲-۶ انتخاب اولیه پمپ
۲۴	۲-۲-۶ انتخاب نهایی
۲۴	۷- موتورهای محرکه پمپ‌ها
۲۵	۸- قدرت مورد نیاز ایستگاه‌های پمپاژ
۲۶	۹- ضوابط هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۶	۱-۹ مشخصه‌های ضروری در طراحی پمپ
۲۶	۱-۱-۹ ارتفاع استاتیک
۲۶	۲-۱-۹ ارتفاع دینامیک کل
۲۷	۲-۹ افت انرژی در ایستگاه پمپاژ
۲۷	۱-۲-۹ افت ارتفاع در لوله مکش
۲۷	۲-۲-۹ افت ارتفاع در لوله رانش
۲۸	۳-۹ ارتفاع کلی پمپاژ
۲۹	۴-۹ سرعت چرخش پمپ
۲۹	۵-۹ سرعت مخصوص (NS)
۳۰	۶-۹ بازده پمپ و قدرت نیروی محرکه
۳۰	۷-۹ خلاءزایی
۳۱	۸-۹ ارتفاع مکش خالص مثبت
۳۳	۱۰- سامانه کنترل خودکار و تابلوهای فرمان
۳۳	۱-۱۰ انواع سامانه کنترل
۳۴	۱-۱-۱۰ روش کنترل با استفاده از تراز سطح آب
۳۴	۲-۱-۱۰ روش کنترل با استفاده از میزان جریان
۳۴	۳-۱-۱۰ روش کنترل با استفاده از فشار کار
۳۴	۴-۱-۱۰ استفاده از سامانه‌های هشدار دهنده
۳۵	۲-۱۰ تجهیزات و متعلقات ایستگاه‌های پمپاژ
۳۵	۱-۲-۱۰ تجهیزات هواگیری
۳۵	۲-۲-۱۰ شیرآلات
۳۵	۳-۲-۱۰ سایر تجهیزات و متعلقات
۳۵	۱۱- متعادل کننده‌های فشار و ضربه‌گیرها در ایستگاه پمپاژ
۳۵	۱-۱۱ پدیده ضربه قوچ و بالا رفتن فشار
۳۷	۲-۱۱ روش‌های جلوگیری از ایجاد پدیده ضربه قوچ
۳۸	منابع و مراجع

مقدمه

این نشریه، به عنوان راهنما برای انتخاب نوع ایستگاه، معیارهای طراحی آنها و انتخاب پمپ‌ها تدوین شده است. بدیهی است با توجه به خصوصیات و پیچیدگی‌های هر طرح و نوآوری‌هایی که در مشخصات و اندازه پمپ‌ها ایجاد می‌شود، انتخاب نوع ساختمان ایستگاه، نوع و ظرفیت پمپ‌ها، با توجه به شرایط ویژه هر پروژه باید توسط طراح مورد توجه قرار گیرد.

ضوابط و معیارهای ارائه شده در این نشریه، در خصوص چگونگی جانمایی پمپ‌ها در حوضچه مکش ایستگاه‌های پمپاژ به صورت راهنما ارائه شده و ضروری است در هنگام طراحی حوضچه مکش با ملاحظه موارد بیان شده در این نشریه به مشخصات کارخانه‌های معتبر سازنده پمپ‌ها در مورد ایفاء و چگونگی آرایش پمپ‌ها در حوضچه مکش و تمهیدات اضافی احتمالی که در کاتالوگ سازنده پمپ‌ها ارائه می‌گردد توجه شود.

در فصل‌های دیگر این نشریه، به مسائل هیدرولیکی حوضچه مکش و مسائل مربوط به انتخاب پمپ‌ها و تعاریف واژه‌های خاص مربوط به حوضچه‌های مکش ایستگاه‌های پمپاژ پرداخته شده است.

لازم به توضیح است که مشخصات و ضوابط تجهیزات الکتریکی و مکانیکی ایستگاه‌های پمپاژ، مانند تابلوهای برق فشار متوسط و ضعیف در دامنه کار این نشریه نبوده و به صورت کلی در فصل هشتم به آن پرداخته شده است.

لازم به توضیح است که با توجه به اهمیت و ضرورت پدیده ضربه قوچ در ایستگاه‌های پمپاژ، در فصل نهم به صورت اختصار به آن پرداخته شده است؛ روش‌های طراحی مربوط به ضربه قوچ در نشریات هیدرولیکی معتبر قابل مراجعه می‌باشد.

۱- هدف

هدف از تهیه و تدوین این نشریه، ایجاد هماهنگی در انتخاب معیارهای طراحی ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری و زهکشی است.

۲- دامنه کاربرد

در این نشریه، انواع متداول ایستگاه‌های پمپاژ، اجزای ساختمان ایستگاه‌های پمپاژ، طراحی حوضچه مکش، معرفی و انتخاب پمپ‌ها، ضوابط هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ، سامانه‌های کنترل خودکار، تابلوهای فرمان ایستگاه‌ها، تجهیزات و متعلقات آنها، و متعادل کننده‌های فشار و ضربه گیرها برای شبکه‌های آبیاری و زهکشی ارائه شده است.

۳- کلیات

ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری و زهکشی، به منظور آگیری از منبع تأمین آب، انتقال آب کانال به تراز بالاتر یا تخلیه جریان زهکش‌ها ساخته می‌شود. طراحی ایستگاه‌های پمپاژ، باید به صورتی باشد که بهره‌برداری از آن، به راحتی و با حداقل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری امکان‌پذیر گردد.

انواع ایستگاه‌های پمپاژ که در پروژه‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: پمپاژ از رودخانه، پمپاژ از مخزن‌های ذخیره آب، پمپاژ از کانال‌های آبیاری و پمپاژ از زهکش‌ها.

۱-۳ پمپاژ از رودخانه

در این ایستگاه‌ها، آب برای استفاده در شبکه آبیاری، از رودخانه به داخل یک کانال روباز یا مجرای بسته و یا مخزن‌های ذخیره و تنظیمی پمپاژ می‌شود. اغلب، طراحی و احداث این نوع ایستگاه‌ها، به علت پی‌های غیرمستحکم، ریزش ساحل رودخانه، وجود سیلت و ماسه، و تغییرات زیاد سطح آب در رودخانه، با مشکلات زیادی همراه است. این نوع ایستگاه پمپاژ، باید در جایی مستقر گردد که کانال آگیری رابط بین رودخانه و ایستگاه پمپاژ، تا حد ممکن کوتاه باشد.

در رودخانه‌های با پیچ و خم زیاد در مسیر، که با بازه‌های مستقیم کوتاه به هم مرتبط هستند و اغلب بدون مسیر مستقیم طولانی می‌باشد، محل ایستگاه پمپاژ، در قسمت بیرونی یک قوس پایدار که در طول زمان حداقل فرسایش بدنه و کف را داشته و ترجیحاً در ربع سوم قوس چم قرار دارد انتخاب می‌شود (شکل ۱). زاویه انحراف جریان به طرف دهانه آگیر ایستگاه، باید ۲۵ تا حداکثر ۳۵ درجه باشد. رابطه زیر، برای تعیین زاویه انحراف جریان به طرف دهانه آگیر پیشنهاد می‌شود:

$$J = \text{Arc cos} \left(\frac{V_d}{V_r} \right) \quad (1)$$

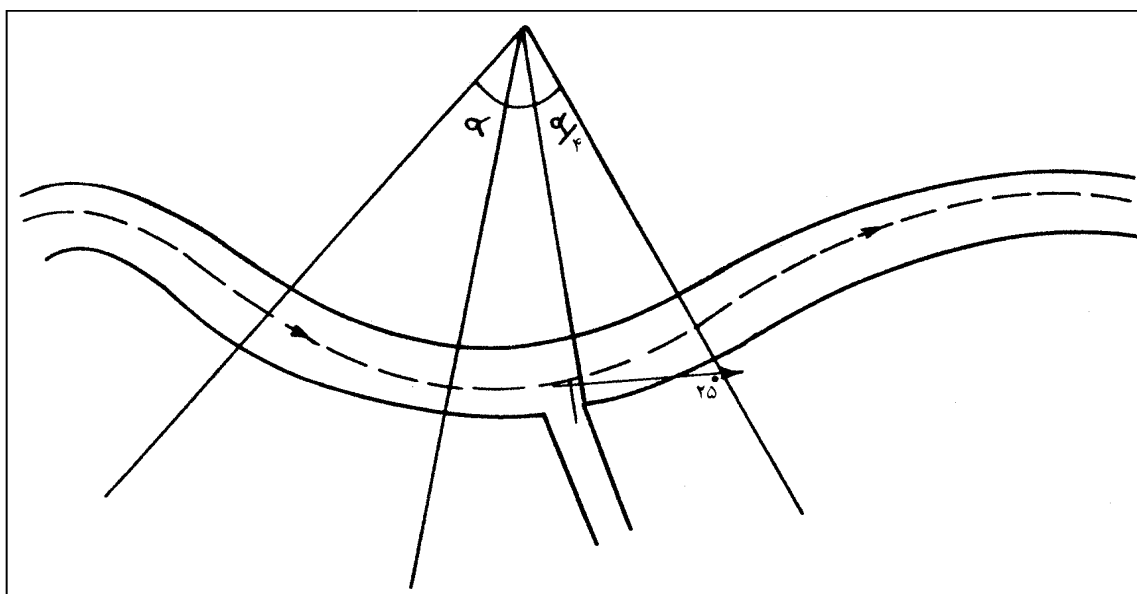
که در این رابطه :

V_d و V_r = به ترتیب سرعت جریان، در رودخانه و در آگیر، و

J = زاویه انحراف آگیری از رودخانه می‌باشد.

در موارد وجود بازه‌های مستقیم و طولانی در مسیر رودخانه، محل ایستگاه پمپاژ را می‌توان در این گونه بازه‌ها انتخاب کرد. لازم به توضیح است که محل آبیگری از رودخانه، باید از نظر سازه‌ای و ژئوتکنیکی، جوابگوی معیارهای طراحی مربوطه نیز باشد.

در ایستگاه‌های پمپاژ کوچک و در مواردی که دیواره‌های رودخانه استحکام و پایداری کافی نداشته و امکان ریزش وجود دارد، تلمبه با چاهک مکش به کار برده می‌شود. این نوع طراحی، در ایستگاه‌های بزرگ‌تر، در مواردی که احتمال یخبندان شدید وجود دارد و یا مواد معلق آب به ایستگاه پمپاژ حمل می‌شود نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت، چاهک پمپاژ دارای لوله آبیگری می‌باشد که از رودخانه به داخل چاهک هدایت شده است. دهانه آبیگر که به درجه کشویی و آشغالگیر مجهز است، در فاصله نزدیکی از ساحل رودخانه، طوری پیش‌بینی می‌شود که تا حد امکان از تشکیل جریان گردابی که موجب رسوبگذاری و تخریب ساحل رودخانه می‌شود جلوگیری نماید.



شکل ۱- محل مناسب آبیگر ایستگاه پمپاژ در قوس رودخانه

۲-۳ پمپاژ از مخزن‌های ذخیره آب^۱

این ایستگاه‌ها، آب را از مخازن سدها، دریاچه‌ها و مخزن‌های طبیعی یا سایر مخزن‌های آب به تراز مورد نظر پمپاژ می‌کنند.

۳-۳ پمپاژ از کانال‌های آبیاری^۲

این ایستگاه‌ها، برای آبیاری اراضی واقع در تراز بالاتر، آب را از کانال‌های آبیاری به کانال‌های مرتفع‌تر شبکه پمپاژ می‌کنند.

1 - Reservoir Plant

2 - Canal Lowlift Pumping Plant

این ایستگاه‌ها باید به سامانه کنترل سطح آب مجهز باشد تا در مواقعی که سطح آب در کانال تغذیه‌کننده از سطح معینی پایین‌تر است و یا سطح آب در کانال تغذیه شونده (به دلایل خاص بهره‌برداری) به میزان بیش از مقدار مجاز از سطح آب نرمال کانال بالاتر می‌رود، پمپاژ را متوقف نماید.

۴-۳ تخلیه زهکشی با پمپاژ^۱

در شرایطی که امکان تخلیه ثقلی جریان زهکشی تمام یا بخشی از اراضی مورد زهکشی، به صورت ثقلی از نظر بالا بودن سطح آب در تخلیه‌گاه (به صورت فصلی یا دائمی) فراهم نباشد، تخلیه جریان زهکشی برای این بخش به صورت پمپاژ انجام خواهد شد.

سامانه زهکشی اراضی زیر پوشش پمپاژ، باید به صورتی طراحی گردد که نیازهای زهکشی و بهره‌برداری کارا از پمپ‌ها فراهم شود.

اراضی تحت زهکشی به صورت پمپاژ، باید با احداث گوره‌های^۲ خاکی پیرامونی در مقابل جریان سرریزی و یا برگشت آب از تخلیه‌گاه و آثار موج حفاظت گردد.

تخلیه جریان زهکشی محدوده اراضی باید از طریق مجاری مجهز به دریچه یک‌طرفه انتهایی، که از ورود جریان در شرایط بالا بودن سطح آب در تخلیه‌گاه جلوگیری و امکان جریان ثقلی در مواقع کم‌آبی تخلیه‌گاه را فراهم می‌آورد، صورت گیرد. به‌طور کلی سامانه زهکشی زیر پوشش پمپاژ باید موارد زیر را دربر گیرد:

- سطح آب در حوضچه مکش ایستگاه پمپاژ زهکشی باید با شیب هیدرولیکی سامانه زهکشی منطبق باشد.
- کاربرد بهینه تالاب‌ها و باتلاق‌های واقع در مجاور یا نزدیکی ایستگاه پمپاژ به منظور افزایش ظرفیت ذخیره جریان زهکشی مازاد بر ظرفیت حوضچه پمپاژ و فراهم آوردن امکان کاهش بده پمپاژ زهکشی مورد توجه قرار گیرد.
- محل ایستگاه، در گودترین نقطه محدوده اراضی زیر پوشش زهکشی با پمپاژ قرار گیرد و ضمناً به نزدیک‌ترین خروجی نیز دسترسی داشته باشد.
- مجرای روباز زهکش ورودی به حوضچه پمپاژ باید در حد کافی دارای عمق و ظرفیت عبور جریان باشد تا از تغییرات شدید سطح آب در مجرا و فرسایش آن جلوگیری شود.
- در انتخاب محل ایستگاه پمپاژ زهکشی، ضمن رعایت موارد بالا، تعدیل لازم به منظور دسترسی به پی مناسب با حداقل استفاده از سپرکوبی و شمع‌کوبی، عدم غرقابی تجهیزات پمپاژ در دوران بهره‌برداری، دسترسی آسان به نیروی برق (یا سوخت فسیلی) و حفاظت در مقابل آسیب‌رسانی احتمالی توسط افراد، مدنظر قرار گیرد.
- اراضی خیلی پست واقع در محدوده تحت زهکشی با پمپاژ را اغلب می‌توان با روش اقتصادی قابل اطمینان از طریق احداث یک ایستگاه پمپاژ با ظرفیت محدود مورد بهره‌برداری قرار داد و از طراحی سامانه پمپاژ زهکشی برای کل اراضی حتی‌الامکان خودداری نمود.
- مجرای زهکش خروجی از ایستگاه پمپاژ به طرف تخلیه‌گاه باید ظرفیت لازم برای عبور جریان پمپاژ شده را داشته باشد و با ضوابط مربوط به تخلیه جریان زهکشی سازگار باشد.

1 - Drainage Pumping Plant

2 - Dyke

۴- ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ

۴-۱ ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری

ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری با توجه به هیدرومدول آبیاری طرح (هیدرومدول دوره حداکثر مصرف با اعمال راندمان‌ها) و مساحت خالص اراضی زیر پوشش آبیاری محاسبه می‌گردد. در مواردی که از رودخانه با دهانه آبگیر و بدون سد انحرافی برای شبکه آبیاری پمپاژ می‌شود، بده پمپاژ باید برای فراهم آوردن امکان آبیگری کافی متناسب با حداقل بده جریان رودخانه بوده و حداکثر معادل ۲۰٪ جریان آن باشد.

۴-۲ ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ زهکشی

ظرفیت طراحی ایستگاه پمپاژ زهکشی اراضی کشاورزی بر اساس نیاز زهکشی (ضریب زهکشی سطحی) با دوره تناوب ۲۵ ساله و منظور نمودن میزان تراوش از اراضی (در مواردی که این ورودی قابل توجه باشد) و با کسر ذخیره موقت آب در مجاری زهکشی و اراضی پست (در مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت برحسب مورد با توجه به گیاهان زراعی طرح) تعیین می‌گردد.

نیاز زهکشی سطحی اراضی بر اساس شرایط اقلیمی (مانند میزان و شدت بارندگی، تبخیر و تعرق، تبخیر و سایر پارامترهای اقلیمی) وضعیت توپوگرافی، نوع خاک، کاربری اراضی و نوع گیاهان زیر کشت در قالب الگوی زراعی طرح با روش‌های متداول توصیه شده مانند روش CN دفتر حفاظت منابع طبیعی آمریکا^۱ تعیین می‌گردد. نیاز زهکشی یا ضریب زهکشی سطحی بر اساس حجم آبی که در واحد زمان از واحد سطح اراضی باید توسط سامانه زهکشی خارج شود (معمولاً لیتر بر ثانیه بر هکتار) تعریف می‌گردد.

در هر حال، ظرفیت مورد نظر برای طراحی ایستگاه پمپاژ زهکشی باید با سامانه‌های زهکشی موجود در دست بهره‌برداری در نواحی مجاور محدوده طرح که دارای شرایط مشابه از نظر اقلیمی، توپوگرافی و خاک و زراعت باشند، مورد مقایسه قرار گیرد.

۵- اجزای ساختمان ایستگاه پمپاژ

۵-۱ دهانه آبگیر^۲

به‌طور معمول، دهانه آبگیر، یکی از اجزای ساختمان ایستگاه است که در ایستگاه‌های پمپاژ رودخانه‌ای به‌صورت ساختمان جداگانه متناسب با توپوگرافی ساحل رودخانه پیش‌بینی می‌شود. برای جلوگیری از ورود آشغال به پمپ‌ها، در دهانه آبگیر، آشغالگیر پیش‌بینی می‌گردد.

1 - USNRCS – United Stated Natural Resources Conservation Service (US. NRCS) Formerly SCS.

2 - Intake Structure

در موارد ممکن، آستانه دهانه ورودی آبگیر، باید دست کم ۱ متر بالاتر از کف بستر رودخانه باشد. در صورتی که از نظر عمق محدود آب رودخانه در ماه‌های کم‌آبی، امکان استقرار آستانه در این وضعیت فراهم نباشد، در این صورت باید به وسیله تیرک‌های آب‌بند^۱ موقت، در فصل‌های سیلابی و پرابی، تراز آستانه ورودی را به ارتفاع حداقل ۱ متر از کف بستر بالا آورد تا از ورود بار بستر به داخل دهانه آبگیر ایستگاه پمپاژ، جلوگیری شود.

۵-۲ حوضچه مکش^۲

حوضچه مکش یکی از مهم‌ترین قسمت‌های ساختمان ایستگاه پمپاژ است که اگر طراحی و ابعاد آن مناسب نباشد، ممکن است شرایط جریان ورودی در بهره‌برداری از پمپ‌ها، اثر نامطلوبی را به دنبال داشته باشد.

در جانمایی اجزای حوضچه مکش، گزینه‌های مختلفی می‌تواند مدنظر قرار گیرد، که بهترین نتیجه را، هنگامی می‌توان به دست آورد که دهانه ورودی حوضچه مکش به قدری بزرگ باشد که جریان، بدون هیچ مانع عمده‌ای به طرف پمپ‌ها جریان یافته و عمود بر جهت جریان ورودی قرار گیرد. اگر دهانه حوضچه‌های مکش زاویه‌دار یا موازی جهت جریان ورودی قرار گیرد، غیر یکنواخت شدن سرعت در دهانه ورودی و در نتیجه افت زیاد ظاهر می‌شود. وضعیت قرار گرفتن لوله‌های مکش پمپ‌ها، باید طوری باشد که هر پمپ به طور مستقل عمل کرده و آب ورودی به هر پمپ، قبل از رسیدن به لوله مکش آن، از مقابل لوله مکش پمپ دیگر عبور نکند.

در شرایط خاص مانند موارد زیر، باید برای تعیین ابعاد مناسب حوضچه مکش، از مدل هیدرولیکی استفاده کرد:

- هزینه گودبرداری و خشک کردن محل ساخت ایستگاه پمپاژ از حد متعارف بیشتر باشد،
- شکل مورد نظر برای حوضچه پمپاژ با انواع استاندارد متفاوت باشد، و
- ظرفیت پمپ‌ها از حد متعارف (۳ متر مکعب بر ثانیه) بیشتر باشد.

در ایستگاه‌های پمپاژ (به‌خصوص ایستگاه‌های پمپاژ از رودخانه و یا زهکش‌ها)، باید کف اتاقک خشک ایستگاه پمپاژ با رعایت ارتفاع آزاد لازم بالاتر از حداکثر تراز سطح آب در حوضچه مکش قرار گیرد. حداکثر تراز سطح آب در حوضچه مکش منطبق با تراز سیلابی رودخانه یا حداکثر جریان عبوری در زهکش اصلی می‌باشد. در ضمن ممکن است در مواقعی، به دلیل توقف ناگهانی پمپ‌ها، سطح آب در حوضچه مکش به صورت دفعی افزایش پیدا کرده که برای این شرایط نیز، کف اتاقک خشک ایستگاه پمپاژ باید در تراز مناسب بالاتر طراحی شده باشد تا از آب‌گرفتنی در این شرایط محفوظ باشد و یا اینکه سامانه تخلیه اضطراری در حوضچه مکش پیش‌بینی شده باشد به‌طوری که با تخلیه جریان اضافی، ارتفاع آزاد کافی بین حداکثر رقوم سطح آب در حوضچه مکش و کف اتاقک خشک ایستگاه پمپاژ حاصل گردد.

تغییر شرایط بهره‌برداری از آبگیرها در بالادست ایستگاه پمپاژ در کانال اصلی نیز، ممکن است باعث افزایش سطح آب در حوضچه مکش شود، در این شرایط نیز باید ارتفاع آزاد کافی بین حداکثر تراز سطح آب در حوضچه مکش و رقوم کف اتاقک خشک ایستگاه پمپاژ وجود داشته باشد.

1 - Stoplog

2 - Sump

در مواقعی که ضرورت ایجاب نماید، ممکن است از دریچه‌هایی که برحسب مورد و با توجه به ابعاد به صورت دستی، مکانیکی یا برق مانور می‌گردند در بالادست حوضچه مکش استفاده نمود. با بهره‌برداری مناسب از این دریچه‌ها می‌توان علاوه بر تنظیم و کنترل جریان عادی ورودی از رودخانه یا مسیل به داخل حوضچه مکش، از ورود جریان‌های سیلابی به داخل حوضچه مکش جلوگیری نمود. هر دریچه باید به‌طور مستقیم مقابل یک پمپ قرار گیرد و در حالتی که ایستگاه پمپاژ دارای چندین دهانه مکش است، دریچه‌ها در مقابل هر دهانه ورودی حوضچه مکش قرار می‌گیرد. سرعت جریان عبوری از دریچه‌ها باید کمتر از ۱ متر بر ثانیه باشد و شرایط هیدرولیکی جریان در خروجی دریچه‌ها باید شرایط مناسب مورد نیاز حوضچه مکش پمپ‌ها را تحت تأثیر قرار ندهد.

۵-۲-۱ ابعاد حوضچه مکش

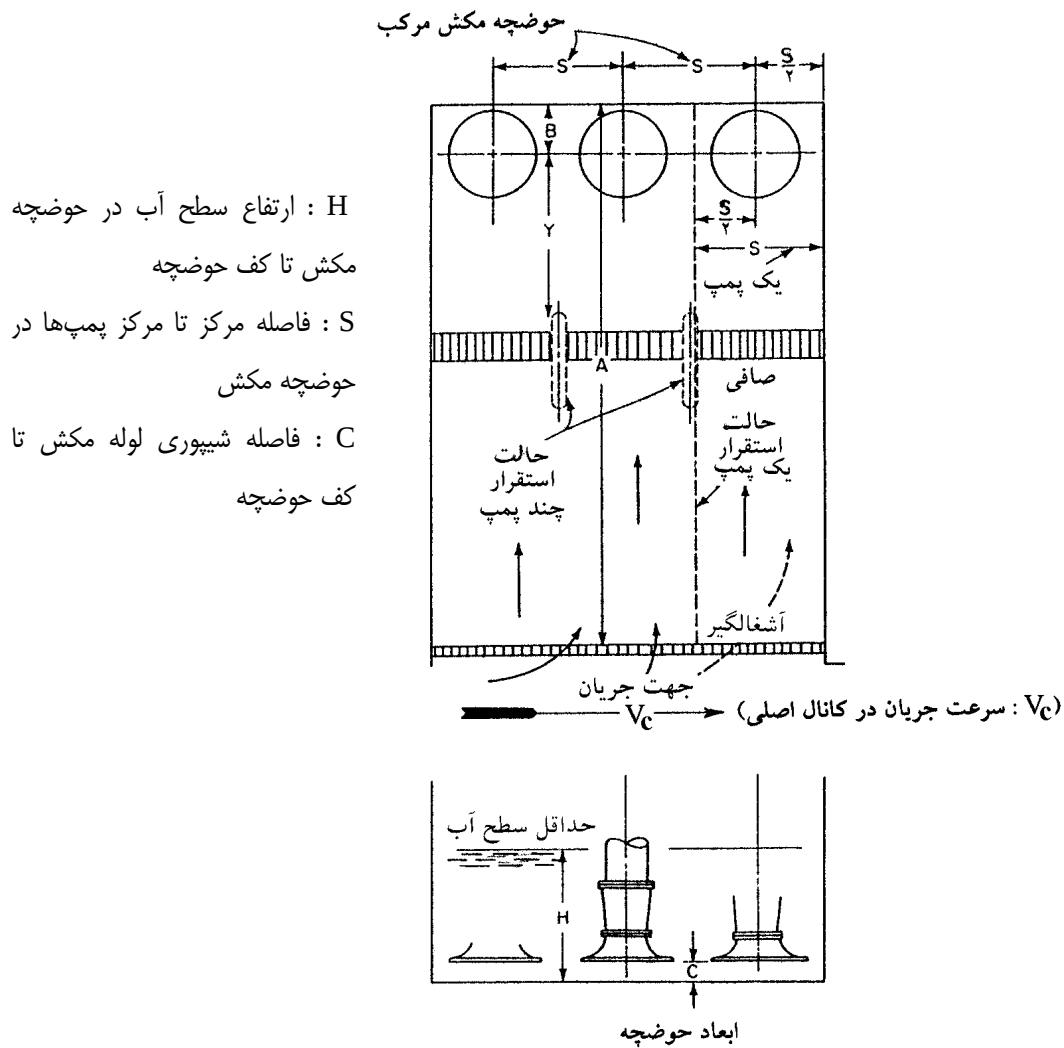
در تعیین ابعاد حوضچه مکش برای ایجاد شرایط مناسب هیدرولیکی، رعایت موارد زیر ضروری است:

- تراز دیواره حوضچه مکش، براساس بیشترین سطح آب طراحی تعیین شود،
- ابعاد حوضچه مکش باید به اندازه‌ای در نظر گرفته شود که برای استقرار لوله‌های مکش و کنترل سرعت جریان در داخل حوضچه (به منظور جلوگیری از ایجاد تلاطم) مناسب باشد، و
- شکل و ابعاد حوضچه مکش، باید طوری باشد که جریان آب به سمت لوله مکش پمپ‌ها به صورت یکنواخت هدایت شده و از ایجاد جریان گردابی و کم شدن ارتفاع استغراق روی دهانه لوله مکش هر پمپ (که موجب ورود هوا به داخل پمپ‌ها خواهد شد) جلوگیری نماید.

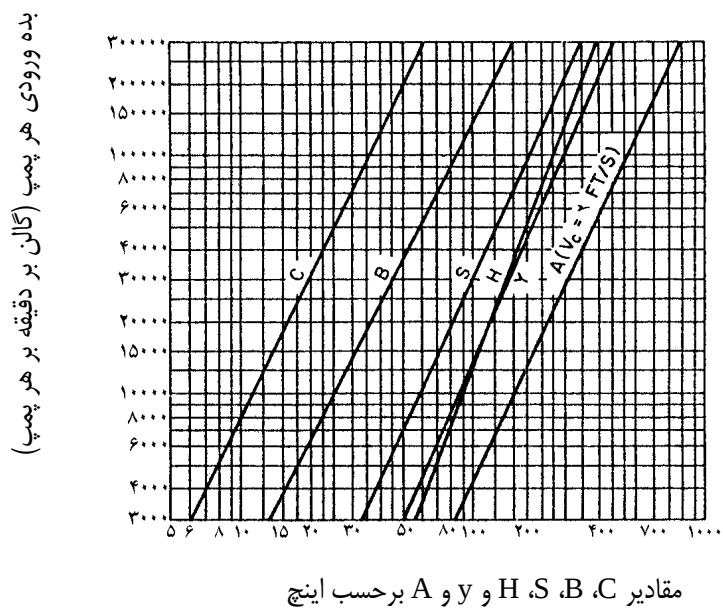
براساس شکل‌های ۲ و ۳، عامل‌های اصلی طراحی حوضچه مکش مانند حداقل عمق استغراق (H)، فاصله پمپ‌ها از یکدیگر (S)، فاصله دهانه لوله مکش تا کف حوضچه (C)، فاصله دیواره انتهایی حوضچه تا آشغالگیر (A) و سایر موارد، با استفاده از استانداردهای معتبر و با توجه به دستورالعمل‌های کارخانه‌های سازنده تعیین می‌شود. شکل‌های ۲ و ۳، روش‌های پیشنهاد شده استقرار پمپ و وضعیت قرار گرفتن لوله‌های مکش را نشان می‌دهد.

در شکل ۳ (وضعیت الف)، سرعت ورودی جریان آب به طرف لوله‌های مکش و جهت جریان آب نشان داده شده است. اگر از پمپ‌ها به طور متناوب استفاده شود، بین پمپ‌ها، دیوارهای جانبی به شکلی که در وضعیت (ب) نشان داده شده قرار می‌گیرند.

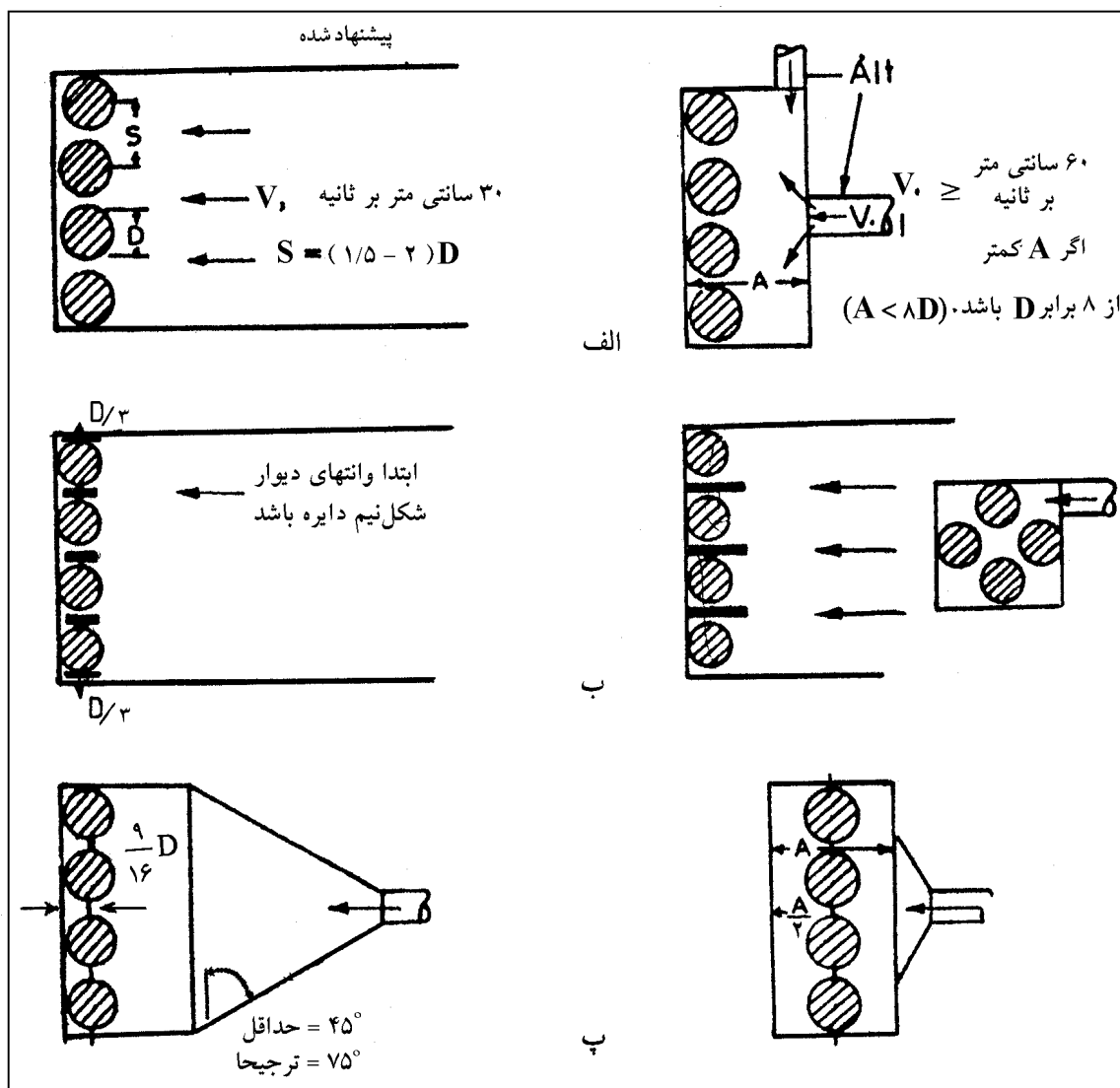
وضعیت (پ)، چگونگی اتصال لوله یا کانال ورودی به حوضچه مکش و محل قرار گرفتن پمپ را (که در نزدیکی دیوار انتهایی حوضچه برای جلوگیری از ایجاد گرداب‌های بزرگ می‌باشد) نشان می‌دهد. این پیشنهادها برای طراحی کارهای مقدماتی قابل استفاده می‌باشد ولی ممکن است در مورد تلمبه‌خانه‌های خاص و مهم، انجام اصلاحاتی در ابعاد نهایی بر اساس پیشنهادهای کارخانه سازنده ضروری باشد. جاگذاری پمپ‌ها به‌صورت پشت سرهم پیشنهاد نمی‌شود مگر آنکه پمپ‌ها کوچک بوده و با فاصله از هم قرار گیرند.



شکل ۲- چگونگی استقرار پمپها در حوضچه مکش



نمودار ۱- ابعاد حوضچه مکش در رابطه با بده پمپ



شکل ۳- ابعاد حوضچه مکش و چگونگی استقرار پمپ

(V_0 سرعت جریان در حوضچه مکش - سرعت جریانی که به سمت لوله مکش هدایت می شود)

۲-۲-۵ ظرفیت حوضچه مکش^۱

ظرفیت حوضچه مکش در ایستگاه های پمپاژ آبیاری و زهکشی، با توجه به ابعاد گفته شده در بند قبلی تعیین می شود ولی در هر صورت، باید به اندازه ای باشد که دفعات روشن و خاموش کردن پمپ ها از حد معینی تجاوز نکند. با این ترتیب، ظرفیت ذخیره حوضچه مکش به میزان و تعداد روشن و خاموش شدن پمپ ها بستگی دارد. روشن و خاموش کردن نوبتی پمپ در مواردی ضرورت پیدا می کند که میزان جریان ورودی کمتر از میزان بده پمپاژ باشد.

در موارد بهره‌برداری خودکار پمپ‌ها، ظرفیت حوضچه مکش باید در حدی باشد که تعداد نوبت‌های قطع و وصل پمپ‌ها در هر ساعت، از میزان پیش‌بینی شده از طرف کارخانه سازنده پمپ‌ها تجاوز نکند. بر اساس مطالعات تعدادی از آزمایشگاه‌های هیدرولیک معتبر، بهره‌برداری با راندمان مناسب، در صورت استفاده از موتورهای الکتریکی بین ۱۰ تا ۱۲ بار خاموش و روشن شدن در ساعت می‌باشد.

فاصله زمانی بین دو روشن شدن متوالی پمپ برابر است با:

زمانی که لازم است تا حجم ذخیره حوضچه مکش (حجم واقع در فاصله بین سطح آب حداکثر و سطح آب حداقل طراحی در حوضچه)، به علاوه جریانی که در همین مدت به حوضچه وارد شده تخلیه گردد، به اضافه زمانی که لازم است تا قسمت ذخیره حوضچه مکش دوباره پر شود.

بر این اساس، ظرفیت ذخیره مورد نیاز حوضچه مکش را، می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$S = \frac{3/60}{n} \times \frac{1}{\left(\frac{1}{Q_p - Q_i} + \frac{1}{Q_i}\right)} \quad (2)$$

که در این رابطه :

n = تعداد دفعات روشن شدن پمپ‌ها در ساعت،

S = ظرفیت ذخیره حوضچه مکش بر حسب متر مکعب،

Q_p = بده پمپ‌ها بر حسب لیتر بر ثانیه، و

Q_i = بده جریان ورودی بر حسب لیتر بر ثانیه.

به‌طور معمول، ابعاد حوضچه مکش را طوری انتخاب می‌کنند که فاصله بین سطح آب حداکثر و حداقل در حوضچه‌های مکش روباز، از ۳۰ سانتی‌متر و در حوضچه‌های مکش روبسته از ۶۰ سانتی‌متر کمتر نباشد.

برای حوضچه مکش، شکل مستطیل بیشتر به کار می‌رود. در سامانه‌های کوچک، ممکن است شکل‌های دایره‌ای نیز به منظور رعایت شرایط اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد ولی باید توجه داشت که در صورت وجود سرعت زیاد، امکان ایجاد جریان چرخشی و گردابی در این نوع حوضچه‌ها بیشتر باشد.

۳-۲-۵ طراحی حوضچه پمپاژ زهکشی

حجم جریان زهکشی که باید در حوضچه پمپاژ ذخیره گردد و یا در حقیقت تعیین ابعاد حوضچه پمپاژ برای ذخیره‌سازی بهینه حجم جریان زهکشی از میزان حداکثر که معادل حجم جریان زهکشی ناشی از رگبار طراحی می‌باشد تا حداقل که معادل میزان حجم پمپاژ متناظر با تعداد خاموش و روشن شدن پمپ‌ها در حد مجاز است تغییر می‌نماید.

برای سامانه راه‌اندازی دستی ایستگاه پمپاژ، تعداد دفعات راه‌اندازی (استارت) پمپ‌ها ممکن است به ۲ بار در روز (از نظر راحتی کار مسئول بهره‌برداری) محدود گردد. در این صورت، حجم ذخیره حوضچه مکش برای ۲ بار راه‌اندازی در روز معادل خواهد بود با:

$$S = C_s.Q \quad (3)$$

که در آن:

S = مقدار ذخیره بر حسب مترمکعب،

Cs = ضریب معادل $10/84$ و (سیستم متریک)،

Q = ظرفیت آبدهی پمپ بر حسب لیتر بر ثانیه.

برای راهاندازی خودکار پمپها، تعداد سیکل های بهره برداری پمپها (قطع و وصل) به ۱۰ نوبت در ساعت محدود می گردد. یک سیکل بهره برداری شامل زمان کار پمپ و زمان قطع پمپ می باشد. زمان کل یک سیکل بهره برداری ۶ دقیقه و زمان کار پمپ نباید از ۳ دقیقه در هر سیکل کمتر باشد. برای حالت راهاندازی اتوماتیک، حداقل حجم ذخیره حوضچه مکش برابر است با:

$$S = \frac{Cl.Q}{n} \quad (4)$$

که در آن:

S = حجم ذخیره بر حسب مترمکعب،

Cl = ضریب معادل $0/9$ در سیستم متریک،

Q = ظرفیت آبدهی پمپ (لیتر بر ثانیه)، و

n = تعداد سیکل بهره برداری در هر ساعت.

حوضچه مکش ایستگاه پمپاژ زهکشی معمولاً به صورت مخزن، چاهک یا قسمتی از مجرای زهکش و یا اراضی پست بوده

که به عنوان نقطه جمع آوری آب های زهکشی و محلی که پمپاژ زهکشی از آن صورت می گیرد، تعریف می شود.

ابعاد حوضچه مکش برای بهره برداری اتوماتیک باید منطبق با شرایط محل و با ملاحظات اقتصادی تعیین گردد. به طور

کلی، حوضچه پمپاژ نباید عمیق طراحی گردد. برای بهره برداری اتوماتیک و مؤثر عمق ذخیره آب در حوضچه مکش برای

حوضچه های بسته $0/6$ متر و برای حوضچه های باز $0/3$ متر توصیه می گردد. در بعضی خاکها، نوسان زیاد عمق آب موجب

فرسایش مجرای زهکش و ریزش بدنه مقطع می گردد.

مجاری زهکشی (انهار زهکشی) و اراضی پست محدوده زهکشی می تواند به عنوان محل ذخیره بیشتر جریان زهکشی در

شرایطی که حجم جریان های زهکشی زیاد باشد، مورد استفاده قرار گیرند.

سازه حوضچه مکش بر حسب مورد و ظرفیت ایستگاه پمپاژ زهکشی، ممکن است به صورت قطعات پیش ساخته و یا در جا

اجرا گردد.

در مواردی که خاک محل از نظر شرایط ژئوتکنیکی، محدودیت هایی را برای اجرای سازه در جا به وجود آورد، استفاده از

قطعات پیش ساخته مانند تانک سپتیک، لوله های بتنی پیش ساخته که به طور سری در کنار هم قرار می گیرند (به خصوص در

مواردی که حجم جریان زهکشی کم باشد) توصیه می شود.

1 - Closed Sump

2 - Open Sump

برای بهره‌برداری مؤثر از ایستگاه پمپاژ، ابعاد حوضچه مکش باید به صورتی باشد که فضای کافی برای نصب پمپ، فواصل پمپ از کف و دیواره‌های حوضچه تأمین گردد.

شکل ۵ جاگذاری و نصب پمپ‌ها و شکل ۶ مقادیر توصیه شده ابعاد و فواصل نصب پمپ در یک حوضچه پمپاژ را برای پمپ عمودی^۱ نشان می‌دهد.

برای سایر انواع پمپ‌ها مانند پمپ‌های مستغرق^۲ مقادیر بالا باید بر اساس مشخصات سازنده و متناسب با ظرفیت پمپ تأمین گردد.

تراز سطح آب حداقل در حوضچه مکش باید برای تأمین عمق استغراق لازم روی پروانه پمپ به منظور جلوگیری از بروز پدیده خوردگی^۳ تأمین گردد.

به‌طور کلی تراز سطح آب حداقل در حوضچه مکش باید شرایط زیر را تأمین نماید.

- ارتفاع آب روی پروانه پمپ به میزان کافی باشد تا هواگیری خودکار تأمین شده و از بروز پدیده خوردگی جلوگیری شود.

- ارتفاع خالص مثبت مکش مورد نیاز پمپ مورد نظر مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده برای غلبه بر پدیده خوردگی تأمین گردد.

در این رابطه، مقدار اولیه ارتفاع استغراق روی شیپوری مکش که معمولاً توسط سازندگان پمپ‌ها توصیه می‌شود و در طراحی باید در نظر گرفته شود، براساس رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$K_s = \frac{0.64 Q}{D^2} \quad (5)$$

که در آن :

K_s = عمق استغراق برحسب متر (شکل ۶)،

Q = ظرفیت آبدهی پمپ برحسب مترمکعب بر ثانیه، و

D = قطر دهانه مکش بر حسب متر.

- ظرفیت ذخیره آب در حوضچه مکش باید به اندازه کافی باشد تا از قطع و وصل کار پمپ بیش از تعداد مجاز در هر ساعت جلوگیری شود.

- کف مجرای ورودی و حوضچه مکش باید تا فاصله حداقل معادل ۵ برابر قطر دهانه مکش از محور پمپ هم سطح باشد.

- در مواردی که از ذخیره‌سازی در مجاری زهکشی استفاده شده، دهانه کالورت (آبرو زیرگذر) برای عبور جریان به طرف حوضچه مکش باید با سرعت حداکثر ۰/۴۵ متر بر ثانیه طراحی گردد.

1 - Vertical Pumps

2 - Submersible Pumps

3 - Cavitation

۴-۲-۵ تیرک آب‌بند

روی ورودی حوضچه مکش، برای محل نصب تیرک‌های آب‌بند باید شکافی پیش‌بینی شود تا بتوان هنگام تعمیر پمپ، با قرار دادن تیرک‌های آب‌بند، حوضچه را تخلیه نمود. این تیرک‌ها می‌توانند از قطعات الوار، فولاد، آلومینیوم یا بتن و... ساخته شوند که باید در مقابل فشار آب و خوردگی مقاوم باشند. در ضمن باید تجهیزات لازم برای راحتی جابه‌جایی و انبار کردن آنها (در زمانی که استفاده نمی‌شوند) نیز پیش‌بینی شود.

۵-۲-۵ آشفالگیر^۱

برای جلوگیری از ورود آشفال یا قطعات چوب شناور در سطح آب ورودی به حوضچه مکش در محل ورودی حوضچه شبکه آشفالگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کاربردن صافی یا توری نصب شده روی دهانه ورودی یا فلنج لوله مکش، به علت بسته شدن سوراخ‌ها و مشکل بودن تمیز کردن آن به جز برای موارد خاص توصیه نمی‌شود.

شبکه آشفالگیر، به صورت شیدار و در جهت بیرون حوضچه مکش، به شکلی مستقر می‌شود که آشفال و قطعات چوب به طرف بالای سطح آب شناور شده و در نتیجه به سادگی با چنگک تعبیه شده در بالای شبکه آشفالگیر برداشته شود. فاصله میله‌های آشفالگیر، اغلب بین ۳/۷۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر است و سطح کل شبکه باید به اندازه‌ای باشد که سرعت عبوری از آشفالگیر از حد ۷۵ سانتی‌متر بر ثانیه بیشتر نباشد (شکل ۴ چگونگی قرار و عملکرد شبکه آشفالگیر را نشان می‌دهد). در بیشتر موارد، جمع کردن آشفال با دست انجام می‌گیرد، بنابراین، باید سکوی مناسبی با جان‌پناه، برای این منظور در جلوی شبکه احداث کرد.

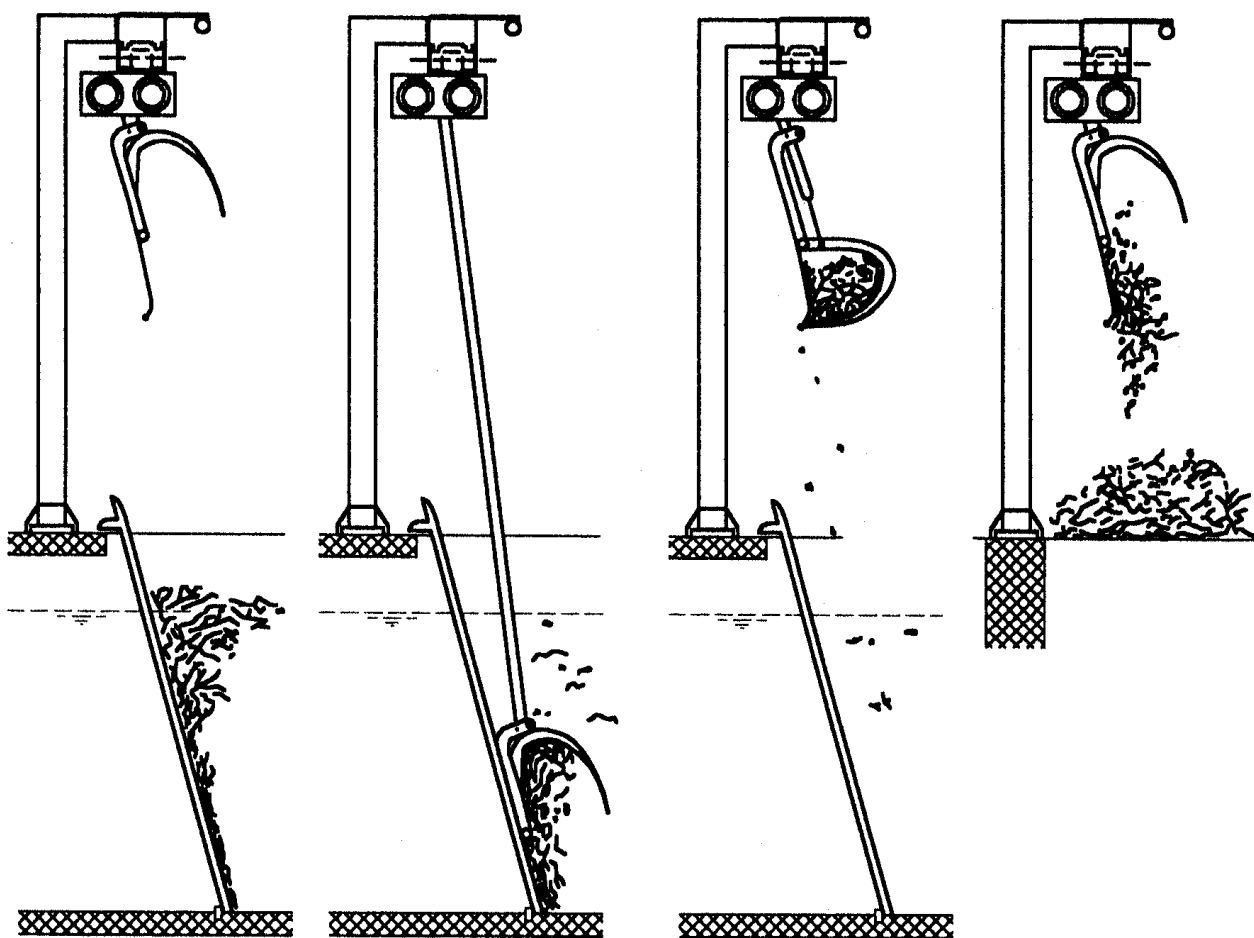
حداکثر سرعت جریان ورودی به شبکه آشفالگیر باید حداکثر ۰/۶ متر بر ثانیه و ترجیحاً ۰/۳ متر بر ثانیه توصیه شود.

محل استقرار شبکه آشفالگیر باید در فاصله حداقل معادل ۲/۵ برابر قطر دهانه مکش از محور پمپ قرار گیرد.

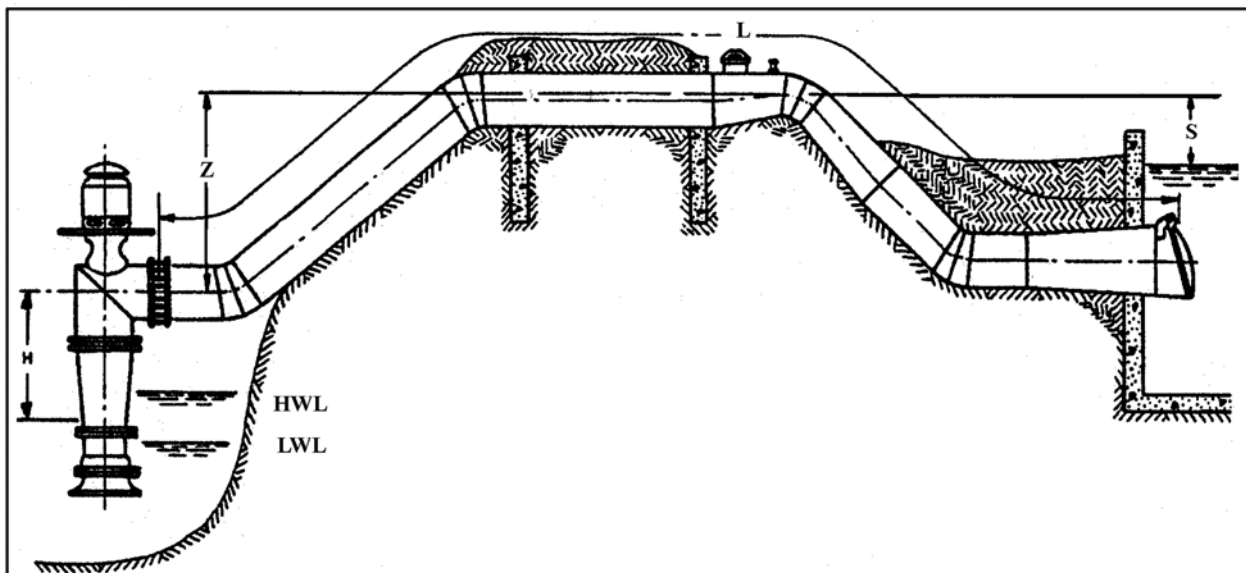
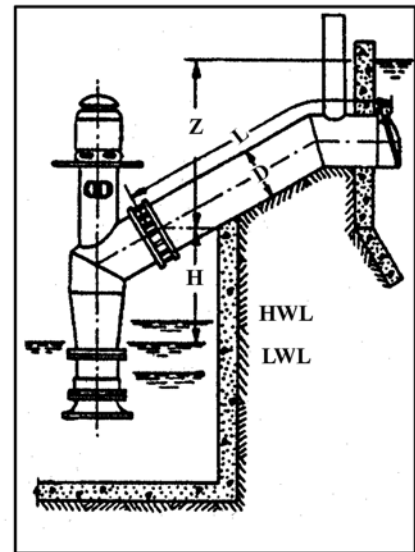
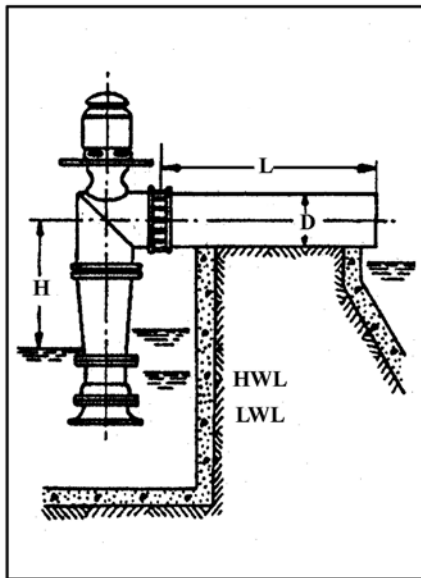
فاصله بین لوله میله‌های شبکه آشفالگیر به شرح زیر توصیه می‌شود:

فاصله میله‌های شبکه آشفالگیر	قطر دهانه مکش پمپ
۲۵ میلی‌متر	میلی‌متر < ۴۰۰
۳۵ میلی‌متر	۴۵۰ - ۶۰۰
۵۰ میلی‌متر	۶۰۰ - ۷۵۰
۷۵ میلی‌متر	> ۱۰۰۰

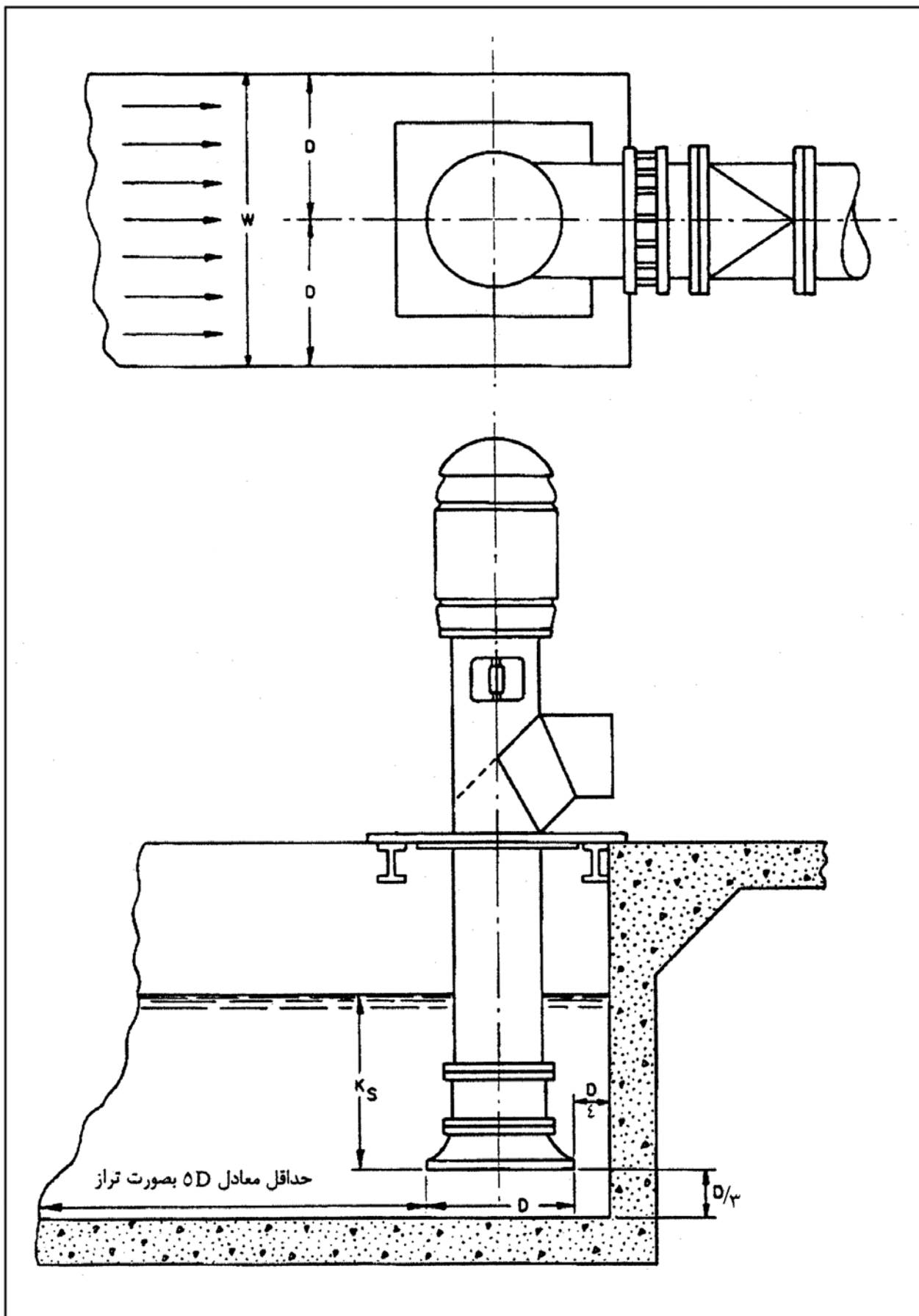
شبکه آشفالگیر باید به صورت مایل و با شیب ۴ به ۱ (۴ در قائم و ۱ در افق) نصب گردد تا امکان تمیز کردن آن با وسایل دستی میسر باشد.



شکل ۴- نمای شماتیک از آشغالگیر با سامانه جمع‌آوری آشغال

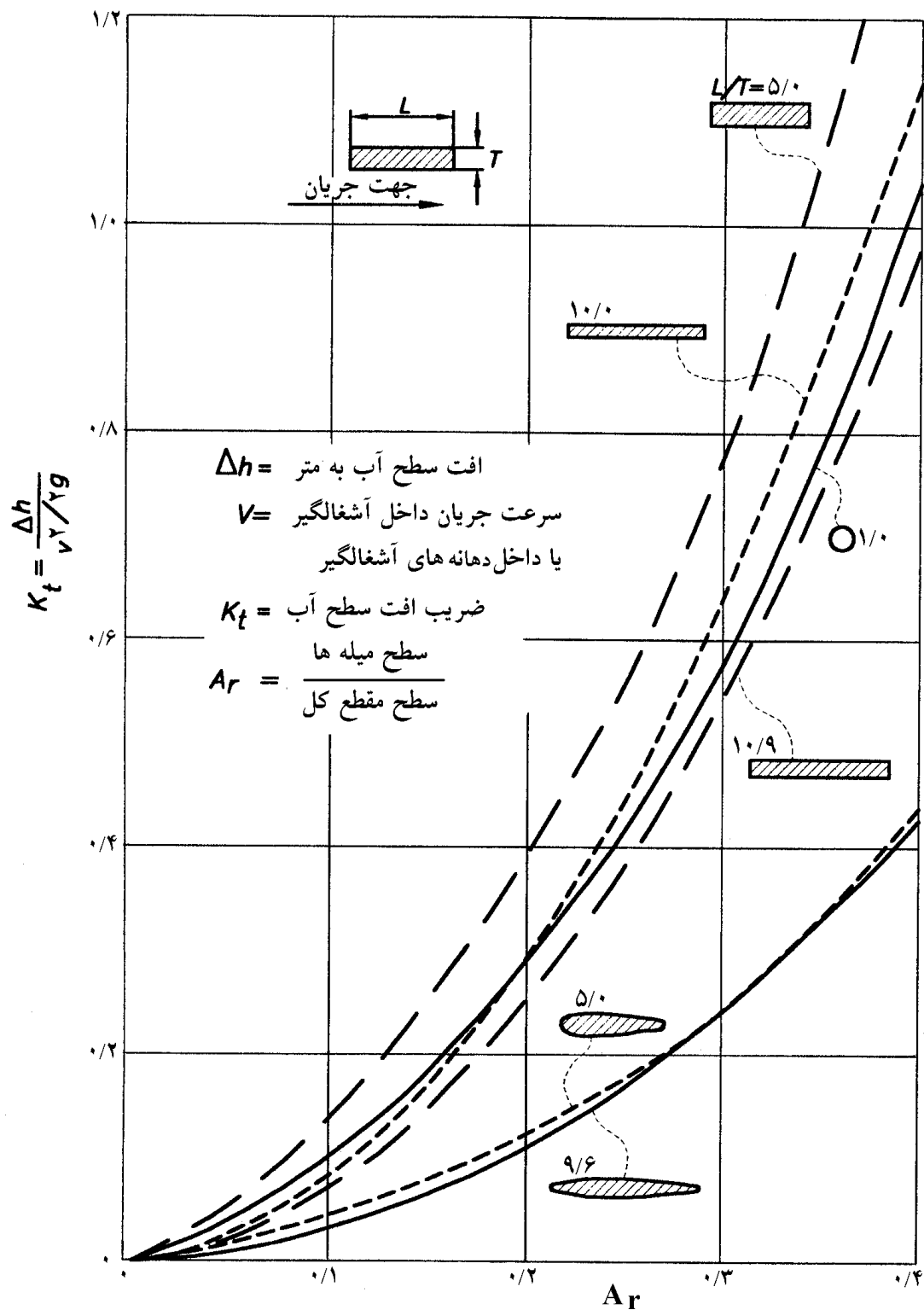


شکل ۵- انواع جاگذاری و نصب پمپ‌ها، HWL، LWL معادل سطح آب حداکثر و حداقل، L طول، H ارتفاع تا محور لوله آبده و Z بلندی لوله آبده، D قطر لوله آبده، و S متوسط ارتفاع سیفونی لوله آبده



شکل ۶- فواصل نصب الکتروموتور پمپ عمودی در حوضچه مکش

افت سطح آب در شبکه آشغالگیر، تابع سرعت جریان، شکل و فاصله میله‌ها است. برای تعیین افت سطح آب در انواع مختلف میله شبکه آشغالگیر، می‌توان از نمودار (۲) استفاده نمود.



نمودار ۲- افت سطح آب در انواع مختلف میله‌های شبکه آشغالگیر

۶- پمپ‌های مورد استفاده در تأسیسات آبیاری و زهکشی

۱-۶ انواع پمپ‌ها

به‌طور کلی، پمپ‌ها از یک قسمت متحرک که چرخنده یا پروانه نامیده می‌شود، و یک قسمت ثابت که به آن پوسته یا محفظه می‌گویند تشکیل شده است. هنگامی که نیرو به محور قسمت متحرک منتقل می‌شود، آب می‌تواند جابه‌جا شود (مانند پیچ ارشمیدس این نیرو ممکن است به صورت یک حرکت چرخشی، آب را با فشار به طرف بالا هدایت کند (مانند پمپ‌های پروانه‌ای). پمپ‌های پروانه‌ای، به‌طور کلی از نظر مشخصات، نوع ساختمان پروانه، چگونگی و جهت هدایت جریان به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- پمپ‌های با جریان شعاعی^۱،

- پمپ‌های با جریان محوری^۲، و

- پمپ‌های با جریان مخلوط^۳.

این نوع طبقه‌بندی، به‌طور کلی بر اساس تفاوت‌های موجود در مشخصات پره‌های پمپ در برخورد با جریان آب، فرم و شکل پره‌ها، شکل و مشخصات پوسته و غلاف پره‌ها تعیین شده‌اند.

توضیح اینکه، پمپ‌های حلزونی با توجه به روش بازیابی و تبدیل انرژی جنبشی به‌دست آمده از آب خارج شده از پره‌های پمپ، به دو نوع پمپ‌های گریز از مرکز و توربینی تقسیم می‌شوند.

جدول ۱، مشخصات پمپ‌های مختلف را به‌عنوان راهنما و به منظور انتخاب آنها نشان می‌دهد.

پره‌های این پمپ‌ها دارای چهار نوع:

- جریان شعاعی،

- فرانسسیس،

- جریان محوری، و

- جریان مخلوط

هستند. در نوع اول، تیغه‌های پره‌ها به‌طور معمول عمود بر محور پمپ بوده و آب از بین پره‌ها به‌صورت صفحه‌ای عمود بر محور جریان می‌یابد. تیغه پره‌های نوع فرانسسیس، به‌طور کلی به صورت سه بعدی بوده و جریان از ورودی تا خروجی تیغه پره، ترکیبی از شعاعی و محوری می‌باشد. تیغه‌های جریان مخلوط، تقریباً همان شکل تیغه‌های فرانسسیس را داشته با این تفاوت که خروجی تیغه در جهت مورب نسبت به محور نیز شیب‌دار بوده و برای پمپ‌های با جریان مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تیغه‌های جریان محوری که در شکل ۷ نشان داده شده است، برای پمپ‌های با جریان محوری به کار می‌روند.

در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری و زهکشی، از موتور پمپ شناور نیز استفاده می‌شود. در این موتور پمپ‌ها، موتور با محور کوتاهی به پمپ متصل و در داخل آب مستغرق می‌باشد.

1 - Radial Flow Pumps

2 - Axial Flow Pumps

3 - Mixed Flow Pumps

یک نوع پمپ دیگر که در تأسیسات آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پمپی است که در آن به جای پروانه، پیچ ارشمیدس^۱ به کار گرفته شده است. این نوع پمپ، می‌تواند برای جابه‌جایی حجم زیاد آب به ارتفاع کم، مانند نواحی پست حاشیه دریاها مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۸).

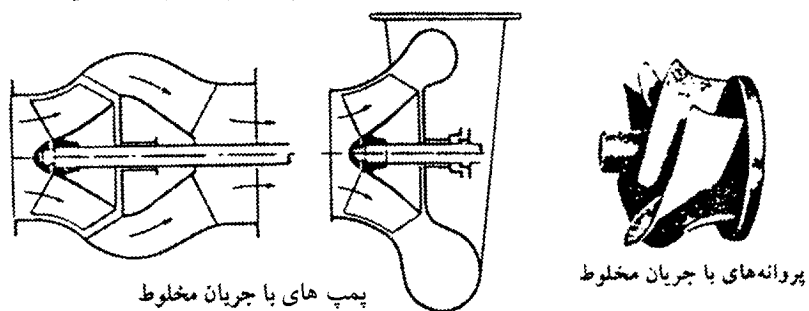
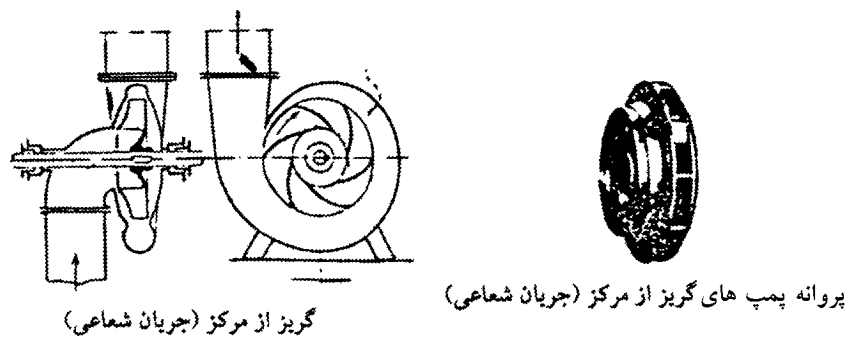
جدول ۱- مقایسه پمپ‌ها از نظر ارتفاع پمپاژ و ارتفاع مکش

ارتفاع پمپاژ	ارتفاع مکش	پمپ گریز از مرکز	پمپ با جریان مخلوط	پمپ با جریان محوری
کمتر از ۳ متر	————	نامناسب	کمتر مناسب	مناسب
۳ تا ۴ متر	کمتر از ۳ متر	نامناسب	کمتر مناسب	مناسب
	بیشتر از ۴ متر	نامناسب	مناسب	نامناسب
۴ تا ۵ متر	کمتر از ۲ متر	نامناسب	مناسب	نامناسب
	بیشتر از ۴ متر	نامناسب	مناسب	نامناسب
۵ تا ۸ متر	کمتر از ۴ متر	مناسب	مناسب	نامناسب
	بیشتر از ۵ متر	مناسب	نامناسب	نامناسب
بزرگ‌تر از ۸ متر	————	مناسب	نامناسب	نامناسب

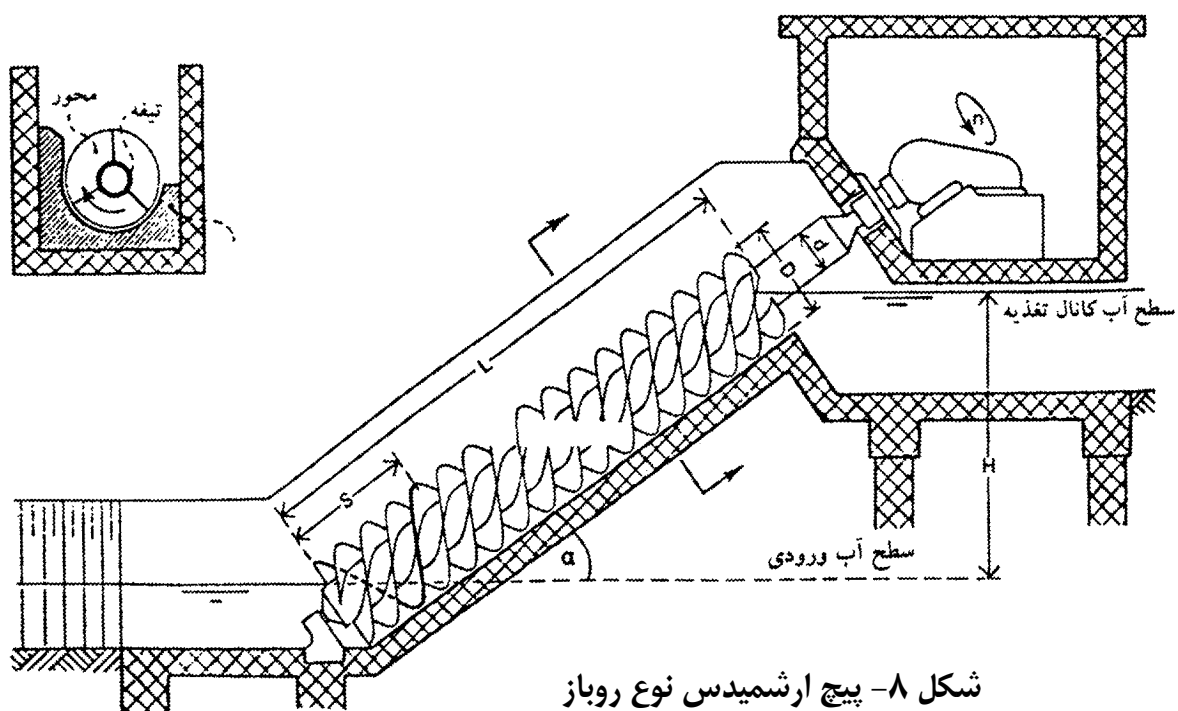
مهم‌ترین مزایای پمپ‌های با پیچ ارشمیدس نسبت به پمپ‌های پروانه‌ای، عبارت است از: سرعت کم پیچ که بین $\frac{1}{3}$ تا ۲ دور بر ثانیه است که در قطرهای بزرگ تا کوچک تغییر می‌کند، امکان عبور جریان همراه با آشغال کم از بین تیغه‌ها، و امکان بازرسی شرایط پمپاژ به علت باز بودن مسیر وجود دارد. و از معایب مهم آن، بزرگی ابعاد پیچ ارشمیدس، محدود بودن توانایی پمپاژ توسط این پمپ که تنها از یک مخزن روباز به یک مخزن دیگر امکان‌پذیر است و عدم امکان ارتباط خروجی آن به خط لوله تحت فشار می‌باشد.

به‌طور کلی می‌توان گفت که پیچ ارشمیدس، برای مواردی که سطح آب در ورودی پمپ و در قسمت خروجی آن تغییرات کمی دارد مناسب است.

1 - Archimedean Screw



شکل ۷- انواع پمپ‌های پروانه‌ای مختلف



برای یک بده و ارتفاع مشخص پمپاژ، حدود ابعاد اولیه را می‌توان از رابطه‌های زیر و با توجه به شکل ۸ محاسبه کرد:

$$D = \frac{\sqrt[3]{Q}}{Kn} \quad , \quad n = \frac{0.185}{\sqrt[3]{D}} \quad , \quad L = \frac{H}{\sin \alpha} \quad , \quad d = \frac{L}{20} \quad (6)$$

که در این رابطه:

Q = بده برحسب متر مکعب بر ثانیه،

H = ارتفاع استاتیک به متر،

n = تعداد دور بر ثانیه،

K = عدد ثابتی است که از جدول‌های هیدرولیکی قابل استخراج می‌باشد،

D = قطر پیچ به متر،

α = زاویه شیب پیچ به درجه،

d = قطر محور به متر، و

L = طول پیچ.

ابعاد نهایی، با استفاده از ابعاد اولیه و مشخصات کارخانه‌های سازنده این نوع پمپ‌ها تعیین می‌شود.

۲-۶ انتخاب پمپ

۱-۲-۶ انتخاب اولیه پمپ

در انتخاب پمپ‌ها باید نوع، مشخصات، ظرفیت، ارتفاع پمپاژ و تعداد آنها مورد بررسی و توجه قرار گیرد. در واقع باید هزینه کل سامانه انتخابی شامل: نوع، میزان و هزینه انرژی مورد نیاز، ساختمان حوضچه مکش و بهره‌برداری از ایستگاه نیز مورد توجه باشد. به‌طور کلی، عوامل اولیه‌ای که باید در انتخاب پمپ مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

۱-۱-۲-۶ کیفیت آب (آب صاف، آب گل‌آلود، هرز آب و فاضلاب)

در انتخاب نوع پمپ و مشخصات پروانه پمپ باید مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب در نظر گرفته شود. در مواردی که رسوب و مواد جامد و فرساینده مانند فاضلاب تصفیه نشده، سیلاب و هرز آب‌های زهکشی سطحی و مثل آنها در آب وجود داشته باشد، باید از پمپ‌های با سرعت پایین استفاده کرد (فرسایش تجهیزات پمپ، با توان سوم یا چهارم سرعت متناسب است).

۲-۱-۲-۶ ظرفیت و تعداد پمپ‌های مورد استفاده در ایستگاه پمپاژ

ظرفیت پمپ‌ها در ایستگاه‌های پمپاژ، تابع حداکثر آب مورد نیاز و در مورد پمپاژ از چاه، تابع ظرفیت آبدهی چاه است. اگر نصب سه پمپ یا بیشتر در ایستگاه پمپاژ ضروری باشد، بهتر است پمپ‌ها از نظر سادگی در بهره‌برداری و رعایت شرایط اقتصادی، از یک نوع و ظرفیت انتخاب شوند، به طوری که ظرفیت آنها با بده حداقل و حداکثر نیاز آبیاری قابل تطبیق باشد.

در ایستگاه‌های پمپاژ طرح‌های آبیاری و زهکشی بزرگ، اغلب دو یا چند پمپ به کار می‌رود. در تلمبه‌خانه‌های زهکشی کوچک که ممکن است دو پمپ مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است ظرفیت یک پمپ نصف ظرفیت پمپ دیگر انتخاب شود. در چنین مواردی، با توجه به شرایط پروژه و منطقه طرح و رعایت جنبه‌های اقتصادی، برای ایمنی سامانه ممکن است در ایستگاه پمپاژ از پمپ یدک یا پمپ انتظار استفاده نمود.

در حالت استفاده از چاه، ظرفیت پمپ با ظرفیت آبدهی چاه برابر است و چون اغلب، تعداد زیادی چاه در شبکه آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، تعدادی پمپ متناسب با ظرفیت و تعداد پمپ‌های به کار رفته به عنوان یدک پیش‌بینی می‌شود. در حالت استفاده از ایستگاه پمپاژ متعدد در شبکه آبیاری یا زهکشی، می‌توان از تعدادی پمپ یدک متناسب با ظرفیت و تعداد کل پمپ‌ها استفاده نمود.

به طور کلی، پیشنهاد می‌شود که برای کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، اندازه پمپ‌ها یکسان باشد. در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، به طور معمول به علت کوتاه بودن دوره بهره‌برداری از تلمبه‌خانه، هزینه‌های اولیه تهیه و نصب پمپ‌ها به مراتب از هزینه بهره‌برداری بیشتر می‌باشد و به همین دلیل، انتخاب نوع و تعداد پمپ‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. جز در موارد آبکشی از یک چاه که از یک پمپ استفاده می‌شود، در سایر موارد، اغلب در شبکه آبیاری و زهکشی، بیش از یک پمپ نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

در تلمبه‌خانه‌های با ظرفیت کوچک (حدود ۵۰۰ لیتر بر ثانیه و کمتر) نیز، انتخاب حداقل دو یا سه پمپ به منظور بهره‌برداری بهتر توصیه شده است. با این حال، انتخاب تعداد و تنوع در ظرفیت هر پمپ، بسته به شرایط بهره‌برداری و تغییر میزان بده پمپاژ ماهانه و سایر موارد تعیین می‌گردد. به طور کلی، انتخاب پمپ‌های یک ایستگاه پمپاژ زهکشی معمولاً براساس حداکثر و حداقل و متوسط جریان زهکشی، حداقل، حداکثر و متوسط ارتفاع کل پمپاژ و نوع نیروی محرکه و شرایط زیست‌محیطی انجام می‌گیرد. پمپ‌های مستغرق، مناسب‌ترین نوع پمپ مورد استفاده در زهکشی اراضی کشاورزی است پروانه این پمپ‌ها با جریان شعاعی، جریان محوری یا جریان مخلوط طراحی می‌گردد. در ایستگاه‌های تلمبه‌خانه زهکشی، حداقل دو پمپ نصب می‌شود و چون از کارافتادگی یکی از پمپ‌ها می‌تواند موجب خسارات شود، بنابراین انتخاب سه پمپ یا بیشتر ترجیح داده می‌شود. در حالت استفاده از سه پمپ، هر پمپ با ظرفیت مساوی (یک سوم ظرفیت آبدهی ایستگاه) پیش‌بینی می‌گردد. در شبکه‌های آبیاری، واحدهای پمپ انتظار در مواردی به کار می‌رود که بهره‌برداری طولانی و دائمی از یک پمپ غیرقابل اجتناب باشد. در این حالت، نصب یک پمپ اضافی (پمپ انتظار) با حداقل ۲۰ درصد ظرفیت اضافه بر نیاز طرح پیش‌بینی می‌شود. نبودن عمق آب لازم در حوضچه مکش نیز ممکن است لزوم کاربرد تعداد بیشتری پمپ کوچک با عمق استغراق کمتر را ایجاب نماید، بنابراین در مواردی که عمق آب به اندازه کافی نباشد و استغراق لازم برای لوله مکش پمپ تأمین نشود، باید راه حل افزایش تعداد پمپ با راه حل عمیق‌تر کردن حوضچه مکش و کانال ارتباط آن با منبع آب را مقایسه نمود.

به طور کلی، منحنی‌های مشخصه عملکرد پمپ‌ها در انتخاب و بهره‌برداری از پمپ‌ها که در شرایط بدون خوردگی کار نمایند، مؤثر می‌باشد و به طور کلی موارد زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- ارتفاع کار پمپ نباید خیلی بالاتر از نقطه بهینه راندمان کار پمپ انتخابی باشد.
- آبدهی پمپاژ نباید خیلی پایین‌تر از ظرفیت آبدهی در نقطه بهینه کار پمپ باشد.
- ارتفاع خاص مثبت مکش^۱ موجود نباید از رقم مورد نیاز نوع پمپ انتخابی کمتر باشد.

1 - NPSH – Net Positive Suction Head

۳-۱-۲-۶ شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری شامل: حداقل جریان، حداقل و حداکثر ارتفاع پمپاژ، ارتفاع خالص مثبت مکش یا حدود میزان استغراق و سایر نیازها، در انتخاب پمپ تأثیر اساسی دارد.

به طور کلی، تعیین تمامی مشخصات سامانه در شرایط بهره‌برداری مختلف قابل انتظار، باید در انتخاب پمپ مدنظر قرار گیرد. در رابطه با ارتفاع پمپاژ، اغلب می‌توان پمپ‌های با جریان محوری را برای ارتفاع پمپاژهای کمتر از ۴ متر، پمپ‌های با جریان مخلوط افقی را در محدوده ۳ تا ۸ متر و پمپ‌های با جریان مخلوط قائم را تا حدود ۲۵ متر مورد استفاده قرار داد. پمپ‌های گریز از مرکز با جریان شعاعی یک طبقه، برای ارتفاع پمپاژهای ۶ متر تا بالاتر از ۶۰ متر، و پمپ‌های گریز از مرکز چند طبقه برای ارتفاعات ۱۰ متر تا چندصد متر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لازم به یادآوری است که پمپ‌های با جریان مخلوط، قابلیت انتقال سیلت و رسوبات کم، و پمپ‌های با جریان شعاعی، قابلیت انتقال رسوبات زیاد را نیز دارند. در هر صورت برای انتخاب پمپ از بین چند نوع گفته شده، باید به مسائل مختلفی توجه نموده و با در نظر گرفتن همه موارد، پمپ مناسب را انتخاب کرد.

۴-۱-۲-۶ مشخصات ایستگاه پمپاژ و محل استقرار آن

خصوصیات محل و موقعیت ایستگاه پمپاژ به شرح زیر، می‌تواند در انتخاب پمپ تأثیرگذار باشد:

- اندازه ایستگاه: در یک ایستگاه کوچک، نوع پمپ عمودی مناسب‌تر بوده و می‌توان نوع توربینی عمودی را در نظر گرفته و سطح ایستگاه را کاهش داد.

- نیمرخ هیدرولیکی: مقدار مورد نیاز ارتفاع خالص مثبت مکش در محل ورودی جریان به ایستگاه پمپاژ، ممکن است نیاز به محلی عمیق را برای استقرار ایستگاه ایجاب نماید؛ در این صورت، پمپ‌های افقی مناسب نیست زیرا هزینه ایستگاه، به دلیل افزایش سطح آن بالا می‌رود. در شرایطی که محل ایستگاه بتواند کم عمق باشد، پمپ نوع افقی مناسب‌تر است زیرا باعث حذف اطاق جراثقال شده و در نهایت سبب پایین بردن ارتفاع تأسیسات بالای ایستگاه می‌شود.

- شرایط محیطی احداث ایستگاه: شرایط آب و هوایی ممکن است موجب شود که تجهیزات را نتوان به نوعی انتخاب کرد که در فضای باز کار کند.

سر و صدای زیاد، ممکن است موجب شود که از نصب موتور و گیربکس در سطح زمین جلوگیری شود. در این صورت، موتورهای مستغرق که بی‌صدا نیز هستند ترجیح داده می‌شوند.

۵-۱-۲-۶ نوع موتور

نوع موتور در انتخاب نوع پمپ مؤثر است، به عنوان مثال در مواقعی که موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است پمپ‌های افقی از پمپ‌های عمودی مناسب‌تر باشند، هرچند جعبه دنده‌های عمودی نیز می‌توانند برای اتصال پمپ و موتور مورد استفاده باشند.

سرعت موتورهای در دسترس نیز در انتخاب نوع پمپ مؤثر می‌باشند.

۶-۱-۲-۶ سایر موارد

موارد دیگری که می‌توانند در انتخاب پمپ مؤثر باشند به شرح زیر می‌باشند:

- اولویت‌های موردنظر کارفرما،
- سابقه و تجربه قبلی در مورد استفاده از تولیدات یک سازنده یا یک نوع پمپ،
- مقدار بودجه و قیمت خرید اولیه و همچنین میزان هزینه‌های نگهداری،
(توجه: مناسب‌ترین پمپ، پمپی است که هزینه آن در طول عمر مفید، شامل قیمت خرید اولیه، هزینه نگهداری و هزینه انرژی مصرفی پمپ در ارتباط با ایستگاه پمپاژ و با توجه به قابلیت اعتماد و سایر موارد مورد نظر کمتر باشد).
- زمان مورد نیاز برای تحویل پمپ،
- میزان دسترسی به لوازم یدکی و همچنین راحتی سرویس و نگهداری، و
- طولانی بودن سابقه ساخت و بهره‌برداری از پمپ‌های انتخابی در شرایط مشابه، به شکلی که اطلاعات مربوط به نگهداری و بهره‌برداری از آنها قابل استناد باشد.

۶-۲-۲-۶ انتخاب نهایی

در انتخاب نهایی، باید مروری بر نکاتی که در انتخاب اولیه عنوان شده، به شکل تفصیلی صورت گیرد و تمامی مسائلی که در مذاکرات و بررسی‌های مربوط توسط سازندگان و کارفرما صورت گرفته مورد توجه واقع شود. موارد ویژه‌ای که در این مرحله باید به آن توجه نمود عبارتست از:

ارزیابی تفصیلی سامانه هیدرولیکی پمپ‌ها باید تدوین شده و وضعیت هر یک از پمپ‌های انتخابی در شرایط مختلف کار مورد توجه قرار گیرد.

اطلاعات و نیازهای هیدرولیکی (شامل منحنی حالت‌های مختلف بهره‌برداری)، طرح اولیه ایستگاه پمپاژ و جزییات طراحی اولیه باید در اختیار هریک از سازندگان مورد نظر در مرحله اول قرار گرفته و از این سازندگان خواسته شود پیشنهادهای خود را همراه با برآورد هزینه و قیمت‌ها به‌طور مکتوب ارائه کنند. در پیشنهاد سازندگان باید مشخصات فنی پمپ مانند اندازه محور، اندازه و چگونگی قرار گرفتن یاتاقان‌ها، پیش‌بینی مربوط به آب‌بندی محور، یاتاقان‌ها و پوشش‌های مربوط، سرعت کار پمپ و قطر پروانه‌ها و سایر موارد ضروری ارائه گردد. طرح اولیه، برآورد تقریبی اعتبار مورد نیاز برای احداث ایستگاه، خرید پمپ و تجهیزات مربوط به آن، باید در یک گزارش مقدماتی در اختیار نمایندگان کارفرما قرار گیرد. پس از دریافت نظرهای کارفرما و سازندگان پمپ، انتخاب نهایی پمپ، وسایل مربوط، طرح نهایی ایستگاه پمپاژ و مشخصات تفصیلی ایستگاه پمپاژ انجام می‌گیرد.

۷- موتورهای محرکه پمپ‌ها

در ایستگاه‌های پمپاژ شبکه آبیاری و زهکشی، می‌توان از موتورهای الکتریکی و دیزلی استفاده کرد. استفاده از موتورهای الکتریکی اقتصادی‌تر است، و در مواردی که امکان تامین انرژی الکتریکی از فاصله نزدیک ایستگاه پمپاژ وجود دارد، باید از آن استفاده شود. در مواردی که استفاده از موتورهای الکتریکی به دلیل مشکلات دسترسی و هزینه‌های انشعاب و مصرف برق اقتصادی نباشد، از موتورهای دیزل استفاده می‌شود. موتورهای الکتریکی می‌توانند به آسانی با سامانه کنترل خودکار مورد

بهره‌برداری قرار گیرند. این نوع موتورها، می‌توانند در دو نوع قفسه سنجابی یا القایی و سنکرونیزه مورد استفاده قرار گیرند که به‌طور کلی برای بده‌های کم و متوسط از نوع قفسه سنجابی استفاده می‌شود. نمودار ۳، به‌عنوان راهنما، می‌تواند در انتخاب نوع موتور مورد استفاده قرار گیرد. انتخاب نهایی نوع موتور، باید با رعایت پیشنهادهای کارخانه سازنده پمپ انجام پذیرد.

۸- قدرت مورد نیاز ایستگاه‌های پمپاژ

BHP که قدرت مورد نیاز موتور است باید از موتور به پمپ انتقال داده شود و شامل افت قدرت در واحدهای تولید کننده قدرت و افت داخل پمپ می‌باشد که برحسب کیلووات به‌صورت رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$BHP = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{367e} \quad (7)$$

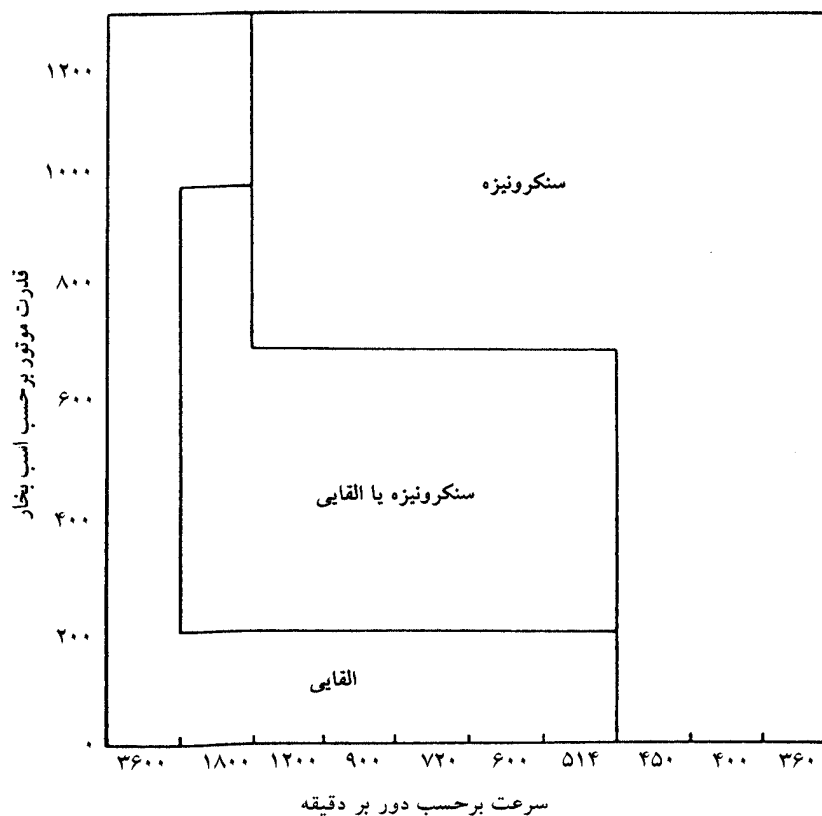
که در این رابطه:

e = راندمان کلی موتور که به‌طور معمول نباید از ۷۵ درصد کمتر باشد،

H = ارتفاع کل برحسب متر،

Q = بده پمپاژ برحسب متر مکعب بر ساعت، و

γ = وزن مخصوص سیال برحسب تن بر مترمکعب.



نمودار ۳- راهنمای انتخاب نوع موتور

۹- ضوابط هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ

کارکرد پمپ، به ارتفاع کل پمپاژ، سرعت چرخش (دور بر دقیقه)، بده جریان و قدرت موتور آن بستگی دارد. ارتباط این عوامل در قالب منحنی‌های مشخصه پمپ توسط سازندگان ارائه می‌شود. هر پمپ، در هر سرعت چرخش معینی دارای یک منحنی مشخصه است که برای بده حداقل تا حداکثر آن پمپ، سه خصوصیت قدرت، راندمان و ارتفاع کل پمپاژ را به دست می‌دهد. منحنی مشخصه، برای انتخاب پمپی که بهترین کارکرد را برای شرایط بهره‌برداری موردنظر به دست می‌دهد به کار گرفته می‌شود.

۹-۱ مشخصه‌های ضروری در طراحی پمپ^۱

۹-۱-۱ ارتفاع استاتیک

ارتفاع استاتیک، اختلاف ارتفاع بین سطح آب پیش‌بینی شده در حوضچه مکش و سطح آب لازم در خروجی لوله رانش می‌باشد. برای محاسبه ارتفاع استاتیک طراحی، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\frac{\sum Q_i H_{si}}{\sum Q_i} = H_{sd} \quad (۸)$$

که در این رابطه:

H_{si} و Q_i = به ترتیب مقادیر بده و ارتفاع استاتیک نظیر آن برای دوره‌ها یا ماه‌های مختلف بهره‌برداری، و H_{sd} = ارتفاع استاتیک در نظر گرفته شده در طراحی.

۹-۱-۲ ارتفاع دینامیک کل^۲

ارتفاع دینامیک کل هر پمپ برابر است با مجموع ارتفاع استاتیک به اضافه همه افت‌های بین سطح آب مبدأ و سطح آب مقصد، که شامل افت در پمپ، لوله مکش، لوله رانش، شیرآلات و اتصالات و سایر متعلقات مربوط می‌باشد. ارتفاع دینامیک کل را با رابطه زیر می‌توان نشان داد:

$$H_t = (h_d + \frac{V_d^2}{2g} + d_v) - (h_s + \frac{V_s^2}{2g} + d_v) \quad (۹)$$

که در این رابطه :

H_t = ارتفاع کل خالص دینامیک،

1 - Pumping Requirements

2 - Total Dynamic Head

h_d = ارتفاع رانش اندازه‌گیری شده در محل فلانچ اتصال لوله رانش به پمپ،

V_d = سرعت متوسط جریان در لوله در محل اندازه‌گیری h_d ،

d_s = ارتفاع اشل محل اندازه‌گیری h_d از سطح مینا،

h_s = ارتفاع مکش اندازه‌گیری شده در محل فلانچ اتصال طرف مکش پمپ (در صورتی که لوله تحت فشار باشد مثبت و

در صورتی که در حالت خلاء باشد منفی می‌باشد)،

V_s = سرعت متوسط جریان در لوله در نقطه‌ای که h_s اندازه‌گیری می‌شود، و

d_s = ارتفاع اشل محل اندازه‌گیری h_s از سطح مینا.

به‌طور معمول، افت ارتفاع داخل پمپ‌ها که شامل افت در حد فاصل بین اتصالات سمت مکش و رانش پمپ می‌باشد،

به‌علت طراحی دقیق قسمت‌های مختلف پمپ در کارخانجات سازنده، به‌طور کلی کوچک و قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد.

۹-۲ افت انرژی در ایستگاه پمپاژ

۹-۲-۱ افت ارتفاع در لوله مکش

برای کاهش افت در لوله مکش پمپ‌ها، باید شکل، قطر لوله مکش و شیپوری دهانه ورودی لوله مکش و سرعت آب در ورودی به لوله مکش به‌صورتی باشد که در وضعیت مکش پمپ‌ها در شرایط استقرار موردنظر تأثیر منفی نداشته باشند. سرعت آب در ورودی لوله مکش باید کمتر از ۰/۹۰ متر بر ثانیه باشد. برای جلوگیری از ایجاد جریان گردابی، باید جریان در حوضچه مکش بدون تلاطم و موج بوده و تا حد ممکن جهت جریان مستقیم باشد. این عمل، به‌وسیله پیش‌بینی‌های لازم در طرح حوضچه مکش و در نظر گرفتن ارتفاع استغراق لازم و متناسب با ظرفیت پمپ روی شیپوری دهانه ورودی لوله مکش انجام می‌شود.

۹-۲-۲ افت ارتفاع در لوله رانش^۱

افت‌های لوله رانش شامل: افت اصطکاک و افت خروجی هستند که می‌توان آنرا با استفاده از فرمول‌های هیدرولیکی مربوط محاسبه نمود.

در مواردی که از لوله‌های با قطر نسبتاً زیاد (۵ تا ۱۵ سانتی‌متر بزرگ‌تر از قطر فلنج اتصال لوله و پمپ) استفاده می‌شود، افت اصطکاک پایین می‌آید. به این منظور، از یک لوله تبدیل کوتاه که لوله رانش را به فلنج پمپ متصل می‌نماید استفاده خواهد شد.

اگر در محل خروج آب از لوله رانش، از دریچه‌های یک‌طرفه^۲ استفاده شود، افت بار از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$H_{Lg} = C_f \cdot V^2 \cdot e^{\frac{C_f \cdot V}{D}} \quad (۱۰)$$

1 - Discharge Pipe Losses

2 - Flap Gate

H_{Lg} = افت بار در دریچه‌های یک‌طرفه برحسب متر،

V = سرعت در دریچه یک‌طرفه برحسب متر بر ثانیه،

D = قطر خروجی برحسب متر، و

$C_d \cdot C_v$ = ضرایب معادل 0.408 و $1/2$ - در سامانه متریک.

سرعت طراحی جریان در لوله خروجی معمولاً از ۲ تا ۴ متر بر ثانیه منظور می‌گردد ولی بهترین راندمان در سرعت‌های $2/4$ تا ۳ متر بر ثانیه به‌دست می‌آید.

سرعت ۳ متر بر ثانیه برای لوله آبدۀ معمولاً برای طراحی اولیه یک سامانه پمپاژ به عنوان پیش‌فرض در نظر گرفته می‌شود که در روند طراحی به رقم نهایی دسترسی پیدا می‌شود.

۳-۹ ارتفاع کلی پمپاژ

ارتفاع پمپاژ H_t معادل ارتفاع دینامیکی پمپاژ یعنی ارتفاع کلی انرژی مورد نیاز برای بدۀ طراحی پمپ می‌باشد.

$$H_t = H + H_v + H_f \quad (11)$$

که در آن H ارتفاع استاتیکی معادل فاصله تراز حداقل سطح آب در حوضچه مکش تا تراز حداکثر سطح آب در تخلیه‌گاه در حالت مستغرق بودن لوله آبدۀ خروجی پمپ و یا محور لوله آبدۀ خروجی پمپ در حالتی که جریان آب از لوله آبدۀ به صورت ریزشی به حوضچه خروجی وارد می‌شود. تراز حداقل سطح آب در حوضچه مکش براساس شرایط هیدرولیکی جریان در کانال یا رودخانه یا در سامانه زهکشی در شرایط حداقل بدۀ ورودی و با توجه به حجم ذخیره آب در حوضچه مکش مشخص می‌شود. H_v = معادل ارتفاع نظیر سرعت، و H_f = ارتفاع معادل افت اصطکاکی می‌باشد.

$$\text{مقدار } H_v \text{ معادل } H_v = \frac{V^2}{2g} \text{ یا } H_v = C_v \frac{Q^2}{D^5} \text{ می‌باشد که}$$
$$C_v = 0.83$$

V = سرعت در لوله آبدۀ برحسب متر بر ثانیه،

Q = ظرفیت آبدۀ پمپ برحسب مترمکعب بر ثانیه،

D = قطر لوله آبدۀ برحسب متر، و

g = شتاب ثقل معادل 9.81 متر بر مجذور ثانیه.

مقدار H_f افت بار هیدرولیکی از ورودی جریان به پمپ تا خروجی جریان از لوله آبدۀ پمپ می‌باشد. مقدار افت بار در داخل مجموعه پمپ، مقدار ناچیزی بوده و طراحی پمپ‌ها به صورتی است که این مقدار کوچک در منحنی‌های مشخصه منظور شده و بنابراین فقط افت بار در لوله آبدۀ و متعلقات آن منظور می‌شود.

$$H_f = \frac{C_f L Q^{1/9}}{D^{4/9}} \quad (12)$$

که در آن:

H_f = بر حسب متر و

ضریب $C_p = 2/62 \times 10^{-9}$ ،

L = طول لوله به متر،

Q = ظرفیت آبدهی پمپ بر حسب لیتر بر ثانیه، و

D = قطر لوله آبدهی بر حسب متر.

این افت بار برای لوله‌های مستقیم بوده ولی افت بار خم‌های با زاویه ۴۵ درجه و کمتر را نیز می‌توان با تقریب کافی در آن منظور شده فرض نمود.

استفاده از خم‌های تندتر از ۴۵ درجه در خط لوله آبده مجاز نمی‌باشد.

۴-۹ سرعت چرخش پمپ^۱

سرعت، یکی از مشخصه‌هایی است که علاوه بر ارتفاع کلی پمپ و بده آن، برای طراحی پمپ، مورد نیاز بوده و با R.P.M (دور بر دقیقه) بیان می‌شود. با توجه به این که سرعت چرخش پمپ اثر قابل توجهی روی کارکرد و مشخصات پمپ دارد، باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، تغییر در سرعت روی ارتفاع کل، بده و قدرت اثر می‌گذارد.

۵-۹ سرعت مخصوص (NS)

سرعت مخصوص، سرعت پمپی است که با پمپ مورد نظر به صورت مشابه کار کرده و بار مانومتریک آن ۱ متر و قدرت تولیدی مفید آن ۱ اسب بخار باشد. به طور کلی، پمپ‌هایی که از یک گروه و از نظر هندسی مشابه باشند، دارای سرعت مخصوص برابر در نقطه راندمان ماکزیمم می‌باشند.

فاکتورهای اساسی برای تصمیم‌گیری در مورد شکل و ابعاد پره‌های یک پمپ، سرعت و بده پمپ می‌باشد.

سرعت مخصوص، رابطه بین ارتفاع، ظرفیت و سرعت پمپ را در ارتباط با ارتفاع مکش به دست می‌دهد. سرعت زیاد بدون شرایط مناسب مکش، موجب لرزش و ناهنجاری‌هایی خواهد شد.

سرعت مخصوص را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$N_s = \frac{N \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (13)$$

جدول ۳، راهنمای مفیدی برای طبقه‌بندی پمپ‌ها بر مبنای مقادیر سرعت مخصوص می‌باشد. در شکل ۹ نیز، حدود سرعت مخصوص برای انواع پره‌ها در پمپ‌های مختلف نشان داده شده است.

۹-۶ بازده پمپ و قدرت نیروی محرکه^۱

بازده نیز یکی از مشخصه‌های مهم در انتخاب پمپ است و اغلب، پمپی انتخاب می‌شود که بازده حداکثر را در نقطه کار مورد نظر داشته و در شرایط تغییرات هیدرولیکی پمپاژ، یعنی تغییرات بده و ارتفاع، با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، کمترین حساسیت را داشته باشد.

	جریان شعاعی	جریان شعاعی	فرانسیس	جریان مخلوط	جریان محوری
شکل					
سرعت مخصوص	۱۲۰	۱۸۰	۴۰۰	۹۰۰	۱۴۰۰
	پمپ های حلزونی			پمپ های با جریان مخلوط	پمپ های با جریان محوری

شکل ۹- مشخصات انواع پره پمپ‌های مختلف

۹-۷ خلاءزایی^۲

در پمپ‌ها، فشار جریان در ورودی پره‌ها، از قسمت‌های دیگر آن پایین‌تر است و در صورتی که به پایین‌تر از فشار بحرانی برسد (فشار بحرانی یا فشار بخار اشباع، فشاری است که مایع در یک درجه حرارت ثابت، شروع به بخار شدن می‌کند) مایع جاری در پمپ تبخیر و حباب‌های بخار تشکیل می‌شود. حباب‌های کوچک، از مکان اولیه خود به طرف منطقه‌ای که فشار بیشتری نسبت به فشار بحرانی دارد حرکت کرده و در آن محل، به علت افزایش فشار دوباره به مایع تبدیل می‌شوند. این عمل، با کاهش حجم ناگهانی و ایجاد خلاء همراه است که در پمپ‌ها باعث خوردگی فلز شده و خساراتی را به دنبال خواهد داشت. این پدیده، خلاءزایی نامیده می‌شود و برای جلوگیری از آن، باید سعی شود که حداقل فشار در ورودی پره‌های پمپ، از فشار بحرانی جریان مایع پمپ بیشتر باشد.

1 - Pump Efficiency and Shaft Horsepower

2 - Cavitation

جدول ۲- طبقه‌بندی پمپ‌ها بر مبنای سرعت مخصوص

انواع پمپ	سرعت مخصوص
پمپ توربینی	۲۷۰ - ۹۰
پمپ حلزونی	۷۰۰ - ۹۰
پمپ با جریان مخلوط	۱۰۰۰ - ۶۰۰
پمپ با جریان محوری	۱۹۰۰ - ۱۳۰۰

۸-۹ ارتفاع مکش خالص مثبت

ارتفاع مکش خالص مثبت عبارت است از جمع ارتفاع مکش محاسبه شده در ورودی لوله مکش که با توجه به فشار بخار آب اصلاح نیز شده است. اشتباه در محاسبه مقدار NPSH می‌تواند موجب کاهش ظرفیت و راندمان پمپ‌ها شده و خسارت‌های ایجاد شده از ایجاد خلاء را به دنبال داشته باشد.

ارتفاع مکش مثبت خالص، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$NPSH_{Available} = P_a - P_v + Z - hf \quad (۱۴)$$

که در این رابطه :

P_a = فشار اتمسفر در محل پمپ به متر،

P_v = فشار بخار آب در درجه حرارت بهره‌برداری از پمپ به متر،

Z = ارتفاع استغراق در ورودی پمپ به متر، و

hf = افت در لوله مکش.

به‌طور معمول P_a و P_v را می‌توان از جدول‌هایی مانند جدول‌های ۳ و ۴ استخراج نمود. مقدار Z از تفاوت مقادیر H و C در شکل ۲ محاسبه شده و hf نیز اغلب در کاتالوگ‌های کارخانه سازنده پمپ مشخص می‌شود.

باید به خاطر داشت که در پمپ‌های با ارتفاع مکش زیاد (بیش از ۵ متر)، توجه مخصوص در طراحی پمپ ضروری خواهد شد. در چنین مواردی، به‌طور معمول به پمپ‌های بزرگ با سرعت کم نیاز خواهد بود و در صورتی که امکان کاهش ارتفاع مکش وجود داشته باشد، پمپ کوچک‌تر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

لازم به یادآوری است حداکثر ارتفاعی که پمپ می‌تواند در بالاتر از سطح آزاد آب در حوضچه مکش نصب گردد، با عنوان $NPSH_{Req}$ تعریف شده و به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$NPSH_{Req} = P_a - P_v - H_f - Z_p \quad (۱۵)$$

که در این رابطه:

Z_p = ارتفاع مکش حداکثر برحسب متر،

P_a = فشار اتمسفر برحسب متر،

P_v = فشار تبخیر مایع برحسب متر، و

H_f = افت اصطکاکی بین مکش و لوله ورودی پمپ.

در هر شرایط، باید رابطه $NPSH_{avial} \geq NPSH_{Req}$ محقق شود.

جدول ۳- مشخصه‌های آب در ارتفاعات مختلف از سطح دریا

ارتفاع از سطح دریا (متر)	فشار بار و متریک (میلی متر جیوه)	ارتفاع آب معادل فشار اتمسفر (متر)
۱۵۲/۴ -	۷۷۴/۷	۱۰/۵۵
۰	۷۵۹/۵	۱۰/۳۳
۱۵۲/۴	۷۴۶/۸	۱۰/۱۸
۳۰۴/۸	۷۳۴/۰	۹/۹۹۷
۴۵۷/۲	۷۱۸/۸	۱۰/۰۰
۶۰۹/۶	۷۰۶/۱	۹/۶۰
۱۲۱۹/۲	۶۵۵/۳	۹/۰۰
۱۸۲۸/۸	۶۰۹/۶	۸/۲۹
۲۴۳۸/۴	۵۶۳/۹	۷/۶۸

جدول ۴- مشخصه‌های آب در درجه حرارت‌های مختلف

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	فشار بخار (کیلوپاسکال)	وزن مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰	۰/۶۱۱	۱۰۰۰
۱۰	۱/۲۳	۱۰۰۰
۲۰	۲/۳۴	۹۹۸
۳۰	۴/۲۴	۹۹۶
۴۰	۷/۳۸	۹۹۲
۵۰	۱۲/۳	۹۸۸
۶۰	۱۹/۹	۹۸۴

۱۰- سامانه کنترل خودکار و تابلوهای فرمان

۱۰-۱ انواع سامانه کنترل

برای کنترل کار پمپ‌ها و شیرآلات ایستگاه‌های پمپاژ، بسته به مورد و اهمیت آن، می‌توان از کنترل دستی، کنترل خودکار یا سامانه توام استفاده نمود. نوع پمپ و موتور در انتخاب نوع سامانه کنترل موثر می‌باشند.

برای بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ، بسته به مورد و اهمیت آن، می‌توان از یکی از دو روش زیر استفاده نمود:

- بهره‌برداری به وسیله بهره‌بردار^۱، و
- بهره‌برداری به صورت خودکار کامل.

در سامانه بهره‌برداری توسط بهره‌بردار (دستی)، همه پمپ‌ها و موتورهای موجود در ایستگاه پمپاژ، از طریق تابلوی فرمان^۲ که کلیدهای روشن و خاموش کردن و راه‌اندازی و استفاده از هر یک از آنها روی آن قرار دارد به وسیله بهره‌بردار، کنترل و بهره‌برداری می‌شود. در سامانه خودکار کامل، همه عملیات راه‌اندازی، بهره‌برداری و توقف پمپ‌ها با استفاده از وسایل و علائم کنترل و هشدار دهنده^۳ انجام می‌گیرد. همچنین می‌توان در سامانه خودکار، امکان راه‌اندازی و توقف پمپ‌ها به وسیله اپراتور را نیز پیش‌بینی نمود.

در سامانه خودکار، برای روشن و خاموش کردن پمپ‌ها، از سه روشی که در ادامه آمده استفاده می‌شود.

1 - Operator
2 - Switch Board
3 - Detectors

۱۰-۱-۱ روش کنترل با استفاده از تراز سطح آب^۱

در این روش، در ترازهای معینی از سطح آب در حوضچه مکش یا مخزن ذخیره آب یا کانال، پمپ‌ها به تدریج روشن و در ترازهای دیگری به تدریج خاموش می‌شوند.

۱۰-۱-۲ روش کنترل با استفاده از میزان جریان^۲

در این روش که در مجاری آبرسان، تحت فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد، با تغییر میزان جریان از پیش تعیین شده پمپ‌ها روشن و خاموش می‌شوند؛ این عمل با باز و بسته شدن تدریجی شیر ابتدای خط رانش، و یا با تغییر سرعت پمپ‌ها در شرایطی که از پمپ با دور متغیر استفاده شود، متناسب با تغییر میزان جریان انجام می‌پذیرد.

۱۰-۱-۳ روش کنترل با استفاده از فشار کار^۳

در این روش، با تغییر و کنترل میزان فشار در لوله رانش، پمپ‌ها به تدریج خاموش یا روشن می‌شوند.

۱۰-۱-۴ استفاده از سامانه‌های هشداردهنده

استفاده از سامانه‌های هشداردهنده، برای بالا بردن ایمنی بهره‌برداری از تجهیزات ایستگاه پمپاژ در موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

الف - در حالت قطع جریان به علت تغییرات غیرمتعارف سطح آب در کانال یا رودخانه، و

ب - قطع جریان به علت تغییرات و اشکالات در قسمت‌های الکترومکانیکی پمپ.

برای اینکه اشکالات پیش آمده در ایستگاه پمپاژ، موجب خسارتی نشود، روی تابلوی فرمان وسایلی پیش‌بینی می‌شود که در موارد بروز اشکالات مهم، پمپ‌ها را خاموش کرده و در مورد اشکالات جزئی با روشن شدن چراغ یا به صدا درآوردن زنگ و غیره بتوان به اشکال پی برده آن را رفع نمود. از جمله مواردی را که برحسب نیاز و با توجه به نوع موتور پمپ برای آنها می‌توان از قبل پیش‌بینی کرد و روی تابلوی فرمان مشخص نمود می‌توان به شرح زیر نام برد:

- بروز بار اضافی در موتور اصلی یا کمکی،
- افت ولتاژ غیرمعمول در خطوط اصلی جریان برق،
- افت فشار غیرمعمول در لوله رانش،
- بالا رفتن حرارت بلبرینگ‌ها در پمپ یا موتور،
- سطح آب غیرمعمول در حوضچه مکش یا مخزن ذخیره،
- قطع جریان روغن یا آب خنک کننده موتور یا پمپ‌ها،
- بروز صدای ناهنجار در هنگام کارکرد موتور یا پمپ، و
- حرکت پمپ‌ها به صورت خشک و بدون آب.

1 - Water Level Control

2 - Flow rate Control

3 - Pressure Control

۱۰-۲ تجهیزات و متعلقات ایستگاه‌های پمپاژ

در ایستگاه‌های پمپاژ، علاوه بر پمپ‌ها، تجهیزات و وسایلی به کار می‌رود که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

۱۰-۲-۱ تجهیزات هواگیری^۱

پمپ‌هایی که خارج از آب نصب می‌شوند، باید مدتی قبل از بهره‌برداری و پیش از روشن کردن، به روش‌های مناسب مانند پر کردن قسمت مکش پمپ با آب، هواگیری شوند.

۱۰-۲-۲ شیرآلات

شیرآلات مختلفی که در ایستگاه‌های پمپاژ، برحسب مورد به کار گرفته می‌شوند شامل: شیر قطع و وصل^۲، شیر پروانه^۳، شیر یک‌طرفه^۴، شیر هوا^۵، دریچه یک‌طرفه^۶ و ... می‌باشند.

۱۰-۲-۳ سایر تجهیزات و متعلقات

از وسایل دیگری که در ایستگاه‌های پمپاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به شناورهای کنترل سطح آب، مانومتر (برای اندازه‌گیری فشار پمپ یا ارتفاع آب مخزن ذخیره آب)، کنتور، ونتوری متر (برای اندازه‌گیری مقدار جریان) و پمپ زهکشی (برای تخلیه آب‌های جمع شده در اطراف پمپ و آب‌های نفوذی اطراف تلمبه‌خانه) اشاره کرد.

۱۱- متعادل کننده‌های فشار و ضربه‌گیرها در ایستگاه پمپاژ

۱۱-۱ پدیده ضربه قوچ و بالا رفتن فشار

یکی از عوامل مهم بالا رفتن فشار در خط لوله و پمپ‌های ایستگاه پمپاژ، پدیده ضربه قوچ است که موجب صداهای ناهنجار، لرزش، ضربات و صدمات ناشی از آن می‌گردد. این پدیده، در خطوط آبرسانی و پمپ‌ها و در اثر تغییر ناگهانی سرعت به دلایل زیر به وجود می‌آید:

الف - شروع یا توقف ناگهانی پمپاژ یا تغییر سریع در سرعت و دور پمپ، و

ب - باز یا بسته کردن ناگهانی شیرها یا هر وسیله دیگر کنترل میزان جریان.

پدیده ضربه قوچ که اغلب با صداهای ناهنجار و لرزش همراه است، موجب بالا رفتن ناگهانی فشار در لوله می‌شود که در نتیجه اگر از حد مجاز تجاوز کند، به لوله مکش، رانش یا پمپ صدماتی وارد می‌کند.

زمان لازم برای انتقال موج در طول لوله، از فرمول $t = \frac{2L}{a}$ محاسبه می‌شود.

-
- 1 - Priming Device
 - 2 - Gatevalve
 - 3 - Butterfly Valve
 - 4 - Check Valve
 - 5 - Air Valve
 - 6 - Flap Valve

در این رابطه:

t = زمان انتقال موج (برحسب ثانیه)، و

L = طول لوله بین پمپ و شیر یا وسیله دیگری که ضربه قوچ را ایجاد نموده است (برحسب متر).

میزان بالا رفتن فشار در اثر ضربه قوچ، در صورتی که زمان بستن شیر از زمان لازم برای انتشار موج کوچکتر باشد، از فرمول ساده زیر قابل برآورد است:

$$\Delta h = \frac{a}{g} \Delta V \quad (۱۶)$$

که در این رابطه:

Δh = فشاری که در اثر ضربه قوچ به فشار موجود در لوله اضافه می‌شود (برحسب متر)،

ΔV = تغییر سرعت آب (برحسب متر بر ثانیه)،

g = شتاب ثقل برابر ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه، و

a = سرعت موج حاصله در لوله برای تغییر سرعت ایجاد شده است (برحسب متر بر ثانیه) که از رابطه صفحه بعد قابل

محاسبه می‌باشد:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \times \frac{D}{e}}} \times C \quad (۱۷)$$

در این رابطه:

K = مدول الاستیسیته آب داخل لوله که برابر $2/10 \times 10^8$ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته می‌شود،

D = قطر لوله،

e = ضخامت لوله،

E = مدول الاستیسیته لوله، که برای لوله‌های مختلف می‌توان اعداد زیر را به کار برد:

لوله چدنی $1/10 \times 10^{10}$ کیلوگرم بر مترمربع

لوله چدن داکتیل $1/70 \times 10^{10}$ کیلوگرم بر مترمربع

لوله فولادی $2/10 \times 10^{10}$ کیلوگرم بر مترمربع

لوله آزیست $0/24 \times 10^{10}$ کیلوگرم بر متر مربع

C = ضریبی است که به نوع کارگذاری لوله بستگی داشته و در حالت‌های مختلف، بین ۰/۹۰ تا ۱ می‌باشد. اگر زمان بستن

شیر از زمان لازم برای انتشار موج بزرگتر باشد، فشار ایجاد شده در اثر ضربه قوچ از فرمول:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{n}{2} (n + \sqrt{n^2 + 4}) \quad (۱۸)$$

محاسبه می‌شود^۱ که در آن:

$$H = \text{فشار استاتیک، و } n = \frac{L \cdot \Delta V}{g t H} \text{ می‌باشد.}$$

امروزه محاسبات دقیق ضربه قوچ با استفاده از نرم‌افزارهای مبتنی بر روش محاسباتی اجزا محدود امکان‌پذیر است که برحسب مورد و اهمیت پروژه کارشناس طراح باید از آنها استفاده نماید.

۱۱-۲ روش‌های جلوگیری از ایجاد پدیده ضربه قوچ^۲

متداول‌ترین وسیله برای جلوگیری از اثرات ضربه قوچ، کند کردن روند تغییر سرعت و جلوگیری از افزایش سریع فشار ایجاد شده از موج حرکت مایع است که این تمهیدات را به ترتیب زیر می‌توان انجام داد:

- افزایش زمان توقف پمپ یا بستن شیر، و یا تغییر سرعت (t)،
- تخلیه قسمتی از آب لوله،
- ترکیب دو روش یاد شده، و
- تانک ضربه‌گیر.

طرح لوله‌ها با سرعت کم نیز، می‌تواند به دلیل کاهش مقدار تغییر سرعت در هنگام توقف پمپ یا بستن شیر در پایین آوردن آثار ضربه قوچ کمک کند. برای اضافه کردن زمان توقف، می‌توان با ایجاد یک تانک ضربه‌گیر در ابتدای لوله رانش و نزدیک پمپ یا نزدیک هر وسیله دیگری که می‌تواند موجب ضربه قوچ بشود استفاده نمود. همچنین می‌توان در نقاط مرتفع خط لوله و نزدیک پمپ، برای تخلیه آب و هوا در هنگام ایجاد ضربه قوچ، شیر تخلیه هوا قرار داد. برای جلوگیری از بالا رفتن فشار سریع، می‌توان از شیر کنترل نوع "Slow Closing Check Valve" یا انواع شیرهای مناسب دیگر (شیرهای کاهش فشار) در محل پمپ استفاده کرد. در مسیر لوله‌ها بسته به مورد، برای جلوگیری از آثار ضربه قوچ، از تانک متعادل کننده فشار^۳، اتاقک هوا^۴ و سایر انواع متعادل یا کم کننده فشار نیز استفاده می‌شود.

یکی دیگر از روش‌های جلوگیری از آثار ناشی از پدیده ضربه قوچ، استفاده از سامانه By Pass همراه با نصب یک شیر یک‌طرفه می‌باشد. لازم به یادآوری است که این روش، فقط برای حالتی پیشنهاد می‌شود که بار آبی پمپ کوچک باشد.

۱- لازم به یادآوری است که اگر در یک خط لوله، تأسیساتی مانند اتاقک هوا یا انشعاب وجود داشته باشد، رابطه بالا درست نبوده و برای تحلیل‌های دقیق‌تر می‌توان با در نظر گرفتن افت‌های اصطکاکی از روش‌های حل عددی مانند روش خطوط مشخصه استفاده نمود. برای توضیحات بیشتر، به کتاب Fluid Transient اثر آقایان وایلی و استریتر مراجعه کنید.

۲- بحث تفصیلی و کامل درباره محاسبه و روش‌های جلوگیری از ایجاد پدیده ضربه قوچ، مدنظر این نشریه نبوده و فقط به اختصار به معرفی آن پرداخته شده است. برنامه‌های کامپیوتری مناسبی برای حل پدیده قوچ در دسترس می‌باشد که طراحان می‌توانند با مراجعه به منابع معتبر به آن دسترسی پیدا نمایند.

3 - Surge Tank

4 - Air Chamber

منابع و مراجع

- ۱- کیالحسینی، رضا، "پمپ‌های آبیاری"، انتشارات وزارت کشاورزی - امور زیربنایی
- ۲- بیات، حبیب‌ا...، ۱۳۷۳، "سازه‌های آبی نوشته P.Novak"
- ۳- سیمافر، شجاع‌الدین ۱۳۷۴، تأسیسات و شبکه‌های انتقال آب - دانشگاه تبریز
- 4- Calvin Victor Davis, 1969, "Handbook of Applied Hydraulics" USA; McGraw - Hill.
- 5- Karassik, Ijetal, 1976; "Pump Handbook", IGOR J.Karrassik, William C.Krutzsch, Warren H.Fraser, McGraw Hill Company.
- 6- Prosser, MJ, 1977, "The Hydraulic Design of Pump Sumps and Intakes", "British Hydromechanics Research Association".
- 7- WALKER, R 1972 : "Pump Selection", Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.
- 8- Butter Worths, Publishers, 1989, "Pumping Station Design", Robert L.Sanks, PhD, PE, George Tchobanoglous, PhD, PE, Bayard Bosserman, PE.

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سه سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده کنندگان و دانش پژوهان محترم رسانده می‌شود. لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها

و

کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Hydraulic Design Criteria for Pumping Stations of Irrigation and Drainage Networks

این نشریه

با عنوان «ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی» به معرفی مشخصات و موارد استفاده از پمپاژ در سامانه‌های آبیاری و زهکشی و نحوه تعیین ظرفیت این ایستگاه‌ها می‌پردازد. در این رابطه مشخصات دهانه آبیگرو حوضچه مکش و تجهیزات ایمنی مربوط به آنها ارائه شده است. همچنین انواع پمپ‌های مورد استفاده، ظرفیت و تعداد پمپ‌ها، شرایط بهره‌برداری، مشخصات ایستگاه و محل استقرار آن، مشخصه‌های هیدرولیکی انتخاب پمپ، تجهیزات کنترل و راهبری ایستگاه‌ها در این نشریه تشریح گردیده است.

معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی

مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

ISBN 964-425-688-3



9 789644 256882