به نام آنکه جان را فکرت آموخت

پمپ های ساختمانی و صنعتی، لوله کشی ساختمان و طراحی موتورخانه

تألیف:

مهندس علی کامیاب

کارشناس و ناظر تاسیسات استاد دانشگاه و پایه ۲ تأسیسات مکانیکی

سرشناسه	:	کامیاب، علی، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	:	پمپ‌های ساختمانی و صنعتی، لوله کشی ساختمان و طراحی موتورخانه/ تالیف علی کامیاب.
مشخصات نشر	:	تهران : دایره دانش، ۱۳۹٤.
مشخصات ظاهری	:	۳۱۰ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	:	۱۷۵۰۰۰ریال : ۷-۳۰-۷۱۱۱-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	تأسیسات -- طرح و ساختمان
رده بندی کنگره	:	۱۳۹٤ ۸پ۲۷ک/TH۶۰۲۱
رده بندی دیویی	:	۶۹۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۸۹۶۵۲۳

پمپ‌های ساختمانی و صنعتی، لوله کشی ساختمان و طراحی موتورخانه

تألیف	:	**مهندس علی کامیاب**
مدیر نشر	:	**حامد جمالی‌نسب**
صفحه‌آرایی	:	**هانی توانایان فرد**
نوبت چاپ	:	**اول - ۱۳۹۴**
تیراژ	:	**۵۰۰**
چاپ و صحافی	:	**مرتب**
قیمت	:	**۱۷۵۰۰۰ ریال**
شابک	:	**۹۷۸ -۶۰۰ -۷۱۱۱-۳۰ -۷**

دفتر فروش : **تهران- خیابان انقلاب- روبروی تربیت‌بدنی دانشگاه تهران- جنب بانک صادرات- کتابفروشی محسن**
تلفن: ۶۶۴۹۲۶۶۲ - ۰۹۱۲۳۷۷۶۸۸۰

کلیهٔ حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دایره دانش می‌باشد. هرگونه برداشت،تکثیر،کپی‌برداری به هرشکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از ناشر ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

فهرست مطالب

فصل اول: دسته‌بندی پمپ‌های صنعتی ۱

۱-۱- پمپ‌های هیدرولیکی ۸

۱-۲- انواع پمپ‌ها در صنعت هیدرولیک ۹

۱-۲-۱- پمپ‌های پیستونی شعاعی (Radial piston pumps) ۱۹

۱-۱-۲-۱- نحوه انتخاب پمپ‌های هیدرولیک ۲۲

۲-۲-۱- پمپ‌های گریز از مرکز ۲۳

۱-۲-۲-۱- تاریخچه پمپ گریز از مرکز ۲۳

۲-۲-۲-۱- نحوه کارکرد پمپ گریز از مرکز ۲۴

۳-۲-۲-۱- دسته بندی پمپ‌های گریز از مرکز: ۲۴

۱-۳- تیغه: ۲۵

۱-۴- مزایا و معایب استفاده ازپمپ‌های گریز از مرکز ۲۶

۱-۵- نابالانسی در پمپ‌های گریز از مرکز: ۲۶

۱-۶- اجزاء پروانه پمپ‌های گریز از مرکز ۲۶

۱-۷- انواع پروانه‌ها در پمپ‌های گریز از مرکز ۲۷

۱-۸- بوستر پمپ‌ها ۲۸

۱-۸-۱- بوستر پمپ دور ثابت ۳۱

۱-۱-۸-۱- موارد استفاده از بوستر پمپ :. ۳۲

۲-۱-۸-۱- مزایای استفاده از بوستر پمپ : ۳۲

۳-۱-۸-۱- انواع بوستر پمپ: ۳۷

۴-۱-۸-۱- بوستر پمپ تک پمپه: ۳۸

۵-۱-۸-۱- بوستر پمپ با الکتروپمپ پیشرو : ۳۸

۶-۱-۸-۱- بوستر پمپ بدون الکتروپمپ پیشرو : ۳۸

۷-۱-۸-۱- مؤلفه‌های بوستر پمپ : ۳۸

۸-۱-۸-۱- انواع پمپ‌ها در بوسترپمپ از جهت کارکرد : ۳۸

۱-۸-۱-۸-۱ پمپ اصلی (MAIN PUMP) ۳۸

۲-۸-۱-۸-۱- پمپ جاکی (JOCKEY PUMP) ۳۸

۳-۸-۱-۸-۱-پمپ رزرو (STANDBY PUMP) ۳۹

۹-۱-۸-۱- اجزای تشکیل دهنده بوسترپمپ : ۳۹

۱-۹-۱-۸-۱- الکتروپمپ : ۳۹

۲-۹-۱-۸-۱- بخش مکش : ۴۰

۳-۹-۱-۸-۱- بخش دهش : ۴۰

۴-۹-۱-۸-۱- کلکتور مکش و دهش : ۴۰

۵-۹-۱-۸-۱- شیر فلکه : ۴۱
۶-۹-۱-۸-۱- شیر یکطرفه : ۴۱
۷-۹-۱-۸-۱- صافی : ۴۱
۸-۹-۱-۸-۱- لرزه گیر : ۴۱
۹-۹-۱-۸-۱- تابلوی برق و کنترل : ۴۱
۱۰-۹-۱-۸-۱- پرشر سویچ : ۴۲
۱۱-۹-۱-۸-۱- پرشر ترانسمیتر : ۴۲
۱۲-۹-۱-۸-۱- مانومتر : ۴۲
۱۳-۹-۱-۸-۱- اتصالات تبدیلی و فلنچ‌ها : ۴۲
۱۴-۹-۱-۸-۱- شاسی : ۴۲
۱۵-۹-۱-۸-۱- کوپلینگ : ۴۲
۱۶-۹-۱-۸-۱- مخزن دیافراگمی : ۴۳
۲-۸-۱- بوستر پمپ‌های دورمتغیر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۹-۱- سیستم کنترل بوستر پمپ‌های دور متغیر ۳۵
۱۰-۱- بوستر پمپ‌های دور متغیر ..... **Error! Bookmark not defined.**
منابع: ۴۳

فصل دوم: روشهای انتخاب پمپ ۴۵
۱-۲- مشخصات عمومی پمپ‌های آب ۶۶
۱-۱-۲- منابع مکش ۶۶
۲-۱-۲- منابع رانش ۶۷
۳-۱-۲- مقدار آبدهی پمپ ۶۷
۴-۱-۲- هد پمپ ۶۸
۲-۲- پمپ‌های شناور و روش انتخاب آنها ۶۸
۳-۲- منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های شناور بر روی یک چارت ۷۱
۴-۲- روش انتخاب پمپ شناور مورد نیاز ۷۲
۵-۲- افت سوپاپ ۷۲
۶-۲- تعیین تعداد طبقات ۷۳
۷-۲- پمپ‌های گریز از مرکز و روش انتخاب آنها ۷۸
۱-۷-۲- روش انتخاب یک پمپ گریز از مرکز ۷۹
۲-۷-۲- فرآیند انتخاب پمپ گریز از مرکز ۸۰
۱-۲-۷-۲- انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه ۸۱

۲-۲-۷-۲- انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۱۴۵۰دور در دقیقه ۸۲
۳-۷-۲- تعیین قطر پروانه یک پمپ گریز از مرکز ۸۳
۴-۷-۲- انتخاب الکتروموتور یک پمپ گریز از مرکز ۸۴
۸-۲- روش انتخاب یک پمپ فشار قوی ۸۵
۹-۲- منحنی‌های همپوشانی ۸۶
۱-۹-۲- بررسی موردی یک مجموعه الکتروپمپ کوپل شده با استفاده از پمپ تولیدی شرکت «پمپ ایران» و الکتروموتور تولیدی شرکت «موتوژن» ۹۳
۲-۹-۲- تحقیق صحت مشخصات مندرج در پلاک نصب شده بر روی پمپ با تیپ مندرج WKL ۸۰/۳ ..... ۹۶
۳-۹-۲- مستندات جدول مشخصات انتخاب موتور در کاتالوگ پمپ ایران برای پمپ فشار قوی مدل WKL ۸۰۳/ با الکتروموتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه ۹۷
۱۰-۲- مندرجات پلاک الصاقی بر روی الکتروموتور ۹۸
۱-۱۰-۲- بررسی موردی یک سفارش دریافتی الکتروپمپ فشار قوی ۹۹
۱-۱-۱۰-۲- با مراجعه منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های فشار قوی در ۱۴۵۰ rpm ۹۹
۲-۱-۱۰-۲- مراجعه به جدول مشخصات انتخاب موتور پمپ فشار قوی مدل WKL 80 ۱۰۰
مراجع: ۱۰۰

فصل سوم: نکات مهم در منحنی همپوشانی پمپ‌ها..... ۴۵
۱-۳- منحنی هد-دبی ۴۵
۲-۳- منحنی هد-دبی پمپ‌های با سرعت ثابت..... ۴۹
۳-۳- منحنی توان پمپ..... ۵۱
۴-۳- اثرات سرعت مخصوص روی منحنی مشخصه پمپ ۵۲
۵-۳- منحنی هد- دبی پمپ‌های با سرعت ثابت خاص..... ۵۵
۶-۳- منحنی هد – دبی پمپ‌ها با سرعت متغیر ۵۵
۷-۳- منحنی راندمان بهینه ..... **Error! Bookmark not defined.**
۸-۳- منحنی‌های هد– دبی تیز و مسطح..... ۵۶
۹-۳- کارکرد سری/ موازی پمپ‌های گریز از مرکز ۵۷
۱۰-۳- کارکرد موازی پمپ‌ها..... ۵۹
۱۱-۳- قواعد تشابه پمپ‌ها ۶۲
۱۲-۳- محدودیت‌های قسمت مکش پمپ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱۳-۳- هد مکش مثبت خالص..... **Error! Bookmark not defined.**
منبع: ۶۵

فصل چهارم: NPSH، کاویتاسیون و روشهای رفع آن ۱۰۳
۱-۴- NPSH ۱۰۳
۲-۴- کاویتاسیون ۱۰۴
۳-۴- انواع کاویتاسیون که ممکن است در پمپ‌ها اتفاق بیافتد ۱۰۹
۱-۳-۴- کاویتاسیون تبخیری (نارسایی NPSHa) : ۱۰۹
۲-۳-۴- کاویتاسیون از نوع مکش ۱۱۰

فصل پنجم: بررسی نحوه تنظیم پمپ با موتور پمپ ۱۱۳
۱-۵- فاکتورهایی‌که بر روی تنظیم پمپ با الکتروموتورش تاثیر می‌گذارند: ۱۱۳
۱-۱-۵- تاثیر خروج از مرکزی ۱۱۴
۲-۱-۵- تاثیر ورق پایه و فوندانسیون ماشین ۱۱۴
۳-۱-۵- تاثیر موقعیت محوری ماشین ۱۱۵
۴-۱-۵- تاثیر تکیه گاه ۱۱۵
۲-۵- تکنیکهای راستادهی ۱۱۶
۱-۲-۵- قرارداد راستادهی با استفاده از نشاندهنده عددی (ساعت) ۱۱۷
۲-۲-۵- راستادهی توسط میله رابط و تکیه گاه ۱۱۸
۳-۵- انواع ناهمراستایی ۱۱۹
۱-۳-۵- روش دوعقربه‌ای برای جهت دهی محور ۱۲۰
۲-۳-۵- محاسبات برای صفحه عمودی ۱۲۳
۳-۳-۵- محاسبات برای صفحه افقی ۱۲۵
۴-۳-۵- محاسبات افست: ۱۲۵
۵-۳-۵- محاسبات ناهمراستایی زاویه ای ۱۲۵
۶-۳-۵- روش استفاده از سه گیج آنالوگ برای تعیین راستا ۱۲۷
۷-۳-۵- روش استفاده از گیج‌های مخالف هم برای راستادهی ۱۲۸
۴-۵- میزان کردن تصحیحی بدلیل افزایش حرارتی ۱۳۴
۵-۵- راستاپذیری لیزری ۱۳۶
۶-۵- تلرانس‌های راستادهی ۱۳۸
منابع: ۱۳۹

فصل ششم: طراحی شبکه لوله‌کشی ساختمان ۱۴۱
۱-۶- طراحی شبکه لوله‌کشی: ۱۴۱
۱-۱-۶- سیستم با جریان طبیعی: ۱۴۲

۲-۱-۶- سیستم با جریان اجباری: *۱۴۲*
۱-۲-۱-۶- شبکه یک لوله: ۱۴۲
۲-۲-۱-۶- شبکه دو لوله ای: ۱۴۳
۲-۶- محاسبه شبکه لوله‌کشی: ۱۴۸
۱-۲-۶- روش سرعتی: *۱۴۹*
۲-۲-۶- روش ضریب افت فشار ثابت: *۱۵۰*
۳-۲-۶- محاسبه قطر لوله به روش افت فشار ثابت *۱۵۰*
۴-۲-۶- روش متعادل کردن سیستم: *۱۵۱*
۵-۲-۶- محاسبه ضریب افت فشار متعادل *۱۵۲*
۶-۲-۶- محاسبه دبی جریان و قطر لوله: *۱۵۲*
۷-۲-۶- محاسبه تخمین قطر لوله *۱۵۳*
۸-۲-۶- محاسبه قطر لوله حرارت مرکزی برحسب مساحت زیر بنای ساختمان *۱۵۴*
۹-۲-۶- افت فشار در اتصالات شبکه لوله‌کشی: *۱۵۴*
۱۰-۲-۶- اتصال انبساط و انقباض: *۱۵۶*
۱۱-۲-۶- لوپ انبساط: *۱۵۷*
۱۲-۲-۶- محاسبه مشخصات لوپ با استفاده از فرمول و جدول *۱۵۸*
۱-۱۲-۲-۶- روش اول با استفاده از فرمول: ۱۵۸
۲-۱۲-۲-۶- روش دوم با استفاده مستقیم از جدول: ۱۵۹
۱۳-۲-۶- خم انبساط: *۱۶۳*
۱۴-۲-۶- لوپ تحت فشار: *۱۶۴*
۱۵-۲-۶- محاسبه پمپ سیر کولاسیون: *۱۶۵*
۱-۱۵-۲-۶- محاسبه مشخصات پمپ سیر کولاسیون ۱۶۵
۲-۱۵-۲-۶- محل نصب پمپ اصلی در سیستم حرارت مرکزی: ۱۶۶
۳-۱۵-۲-۶- اگر پمپ روی لوله برگشت قرار گیرد (در مخازن انبساط باز): ۱۶۶
۴-۱۵-۲-۶- مزایا و معایب سیستم فوق: ۱۶۶
۵-۱۵-۲-۶- چنانچه پمپ روی لوله رفت قرار گیرد (در مخازن انبساط باز): ۱۶۷
۶-۱۵-۲-۶- مزایا و معایب سیستم فوق: ۱۶۸
۳-۶- تشریح لوله کشی ساختمان ۱۶۸
منابع: ۱۷۰

فصل هفتم: طراحی تاسیسات لوله کشی آب سرد یک ساختمان ۱۷۱
۱-۷- مرحله تعیین قطر لوله ۱۷۳
۲-۷- محاسبه بوستر پمپ ۱۷۴

۱-۲-۷- دبی : *۱۷۵*
۲-۲-۷- هد : *۱۷۵*
۱-۲-۲-۷- واحد مصرف:(F.U) ۱۷۷
۲-۲-۲-۷- میزان مصرف واقعی: ۱۷۷
۳-۲-۲-۷- حداقل تسهیلات بهداشتی: ۱۷۷
۴-۲-۲-۷- افت فشار در لوله ها: ۱۷۷
۳-۷- مراحل طرح ومحاسبه سیستم لوله کشی آب سرد مصرفی: ۱۷۸
۱-۳-۷- سایزبندی لوله ها: *۱۷۸*
۱-۱-۳-۷- ضخامت: ۱۷۹
۲-۱-۳-۷- جنس : ۱۷۹
۲-۳-۷- جنس لوله مطابق استاندارد ASTM : *۱۸۰*
۳-۳-۷- جنس لوله : *۱۸۱*
۴-۳-۷- فرمول محاسبه ضخامت در طراحی: *۱۸۲*
۴-۷- نحوه تولید: ۱۸۳
۱-۴-۷- لوله بدون درز (Seamless) : *۱۸۳*
۲-۴-۷- لوله درزدار (Welded) : *۱۸۳*
۵-۷- آرایش انتهای لوله: ۱۸۴
۶-۷- طول تولیدی: ۱۸۴
۷-۷- پوشش: ۱۸۴
۸-۷- استاندارد: ۱۸۵
۹-۷- وزن و اندازه لوله‌ها: ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱۰-۷- مشخصات فیتینگ‌ها: ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل هشتم: طراحی موتورخانه گرمایش ۱۸۵
۱-۸- تعریف کلی موتورخانه ۱۸۶
۲-۸- محاسبات موتورخانه ۱۸۸
۱-۲-۸- محاسبه حجم آب گرم مصرفی مورد نیاز *۲۰۲*
۲-۲-۸- مبدلهای حرارتی صفحه ای(Plate heat exchanger) *۲۰۳*
۳-۲-۸- انتخاب کویل برای منبع کویل: *۲۰۴*
۴-۲-۸- محاسبه سطح حرارتی کویل مورد استفاده در منبع کویل دار: *۲۰۵*
۵-۲-۸- انتخاب پمپ: *۲۰۸*
۶-۲-۸- سوخت: *۲۰۹*
۷-۲-۸- گرمکن سوخت: *۲۰۹*

۸-۲-۸- لوله کشی سوخت نفتی: ۲۱۰
۸-۲-۹- تعیین قطر لوله گاز طبیعی: ۲۱۰
۸-۲-۱۰- دودکش: ۲۱۱
۸-۲-۱۱- شکل مقطع دودکش: ۲۱۲
۸-۲-۱۲- محاسبه سطح مقطع دودکش: ۲۱۲
***۸-۲-۱۳- مشعل:* ..... Error! Bookmark not defined.**
۸-۲-۱۳-۱- مشعل‌های انتشاری و یا تشعشعی : ۱۹۲
۸-۲-۱۳-۲- مشعل‌های اتمسفریک : ۱۹۳
۸-۲-۱۳-۳- مشعل‌های دمشی : ۱۹۳
۸-۲-۱۳-۴- مشعلهای مخلوط تبخیری یا پاتیلی : ۱۹۴
۸-۲-۱۳-۵- محاسبه مصرف سوخت مشعل: ۱۹۵
۸-۲-۱۳-۶- انتخاب نازل مشعل: ۱۹۶
۸-۲-۱۳-۷- منابع انبساط: ۲۱۳
۸-۳- پروژه طراحی موتورخانه حرارت مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری: ..... **Error! Bookmark not defined.**
۸-۳-۱- نکات مهم در اجرای موتورخانه: ۲۱۶
۸-۳-۲- تخمین ابعاد موتورخانه: ۲۱۷

فصل نهم: دفترچه محاسباتی طراحی موتورخانه ۲۱۹
۹-۱- آشنایی با اقلیمها و تیپهای تابستانی و زمستانی ۲۱۹
۹-۲- اتلاف حرارت ۲۲۱
۹-۲-۱- اتلاف حرارت هوای تازه ۲۲۳
۹-۲-۲- روش درزی: ۲۲۴
۹-۲-۳- اتلاف حرارت از کف: ۲۲۶
۹-۳-۲-۱- حالت اول: کف همتراز با سطح زمین ۲۲۶
۹-۳-۲-۲- حالت ب: زیر زمین در داخل زمین ۲۲۷
۹-۳- طراحی موتورخانه ۲۲۸
***۹-۳-۱- بویلر (boiler)* ..... Error! Bookmark not defined.**
***۹-۳-۲- تعیین و تخمین ظرفیت دیگ* ..... Error! Bookmark not defined.**
***۹-۳-۳- تخمین ظرفیت دیگ :* ..... Error! Bookmark not defined.**
***۹-۳-۴- راه اندازی بویلر* ..... Error! Bookmark not defined.**
***۹-۳-۵- مشعل:* ..... Error! Bookmark not defined.**
***۹-۳-۶- نگاهی بر عملکرد سیستم مشعل* ..... Error! Bookmark not defined.**

۷-۳-۹- محاسبه مصارف آبگرم ۲۳۲
۱-۷-۳-۹- مصرف واقعی آبگرم ۲۳۲
۲-۷-۳-۹- حرارت مورد نیاز گرمایش آبگرم مصرفی ۲۳۲
۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب پمپ برگشت آبگرم ۲۳۳
۱-۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب پمپ منابع کویلی آبگرم ۲۳۴
۲-۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب چیلر ابزوربشن سیستم تهویه مطبوع ۲۳۵
۳-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی برج خنک کننده ۲۳۶
۴-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی منبع انبساط باز چیلر ۲۳۷
۵-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی پمپ‌های برج خنک کننده ۲۳۷
۶-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی دیگ حرارتی ۲۳۸
۷-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی منبع انبساط باز و بسته (دیافراگمی) گرمایی ۲۳۹
۸-۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب مشعل ۲۴۰
۹-۸-۳-۹- محاسبه حجم منبع سوخت مشعل دوگانه سوز ۲۴۱
۱۰-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی دودکش هر بویلر ۲۴۱
۱۱-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی مخزن آب مصرفی و آتش نشانی ۲۴۲
۱۲-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی بوستر پمپ آتش نشانی ۲۴۳
۱۳-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی بوستر پمپ آبرسانی ۲۴۴
۱۴-۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب سختی گیر ۲۴۵
۱۵-۸-۳-۹- محاسبه و طراحی پمپ‌های فن کویلهای سرمایشی- گرمایشی ۲۴۶

فصل دهم: صرفه جویی انرژی درموتورخانه ۲۴۹
۱-۱۰- نقش درجه حرارت بحرانی بیرون در صرفه جویی انرژی ۲۴۹
۲-۱۰- برآورد فضای لازم برای موتورخانه ۲۵۰
۳-۱۰- راه‌اندازی سیستم گرمایش و ایمنی موتورخانه ۲۵۴
۱-۳-۱۰- سرویس و راه اندازی مشعل گازوئیلی ۲۵۵
۲-۳-۱۰- سرویس و راه اندازی مشعل گازی ۲۵۸
۴-۱۰- عیب یابی ورفع عیب ۲۵۹
۵-۱۰- مشعل‌های گازوییلی ۲۵۹
۶-۱۰- عیب یابی و رفع عیب ۲۵۹
۷-۱۰- ایمنی موتور خانه ۲۶۶
۸-۱۰- نشانه‌های مرئی ۲۶۷
۹-۱۰- نشانه‌های صوتی ۲۶۷
۱۰-۱۰- بوها ۲۶۷
۱۱-۱۰- مقایسه فنی و ایمنی سیستمهای گرمایش ۲۶۸

۱-۱۱-۱۰- صرفه‌جویی انرژی در تولید آب گرم بهداشتی با استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه‌ای ۲۶۸
۱-۱-۱۱-۱۰- آبگرمکن مستقیم ۲۶۹
۲-۱-۱۱-۱۰- آبگرمکن غیر مستقیم ۲۷۰
۲-۱۱-۱۰- مشکلات سیستم‌های رایج تولید آب گرم مصرفی ۲۷۱
۱۲-۱۰- ترمومترها در تاسیسات ۲۷۳
۱۳-۱۰- ترموستاتها در تاسیسات ۲۷۴
منابع ۲۷۶

فصل اول: دسته‌بندی پمپ‌های ساختمانی و صنعتی

به طور کلی پمپ به دستگاهی گفته می‌شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی اخذ و به سیال مایعی که از آن عبور می‌کند انتقال می‌دهد. در نتیجه انرژی سیال پس از خروج از پمپ افزایش می‌یابد. در پمپ‌ها تغییرات انرژی سیال همواره به صورت تغییر فشار سیال مشاهده می‌گردد. از پمپ‌ها برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین و یا جا به جایی آن در یک سیستم لوله کشی و یا هیدرولیک استفاده می‌نمایند. به عبارت کلی‌تر از پمپ برای انتقال سیال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌کنند. پمپ‌ها دارای انواع مختلفی هستند که هرکدام دارای کاربرد خاصی می‌باشند.

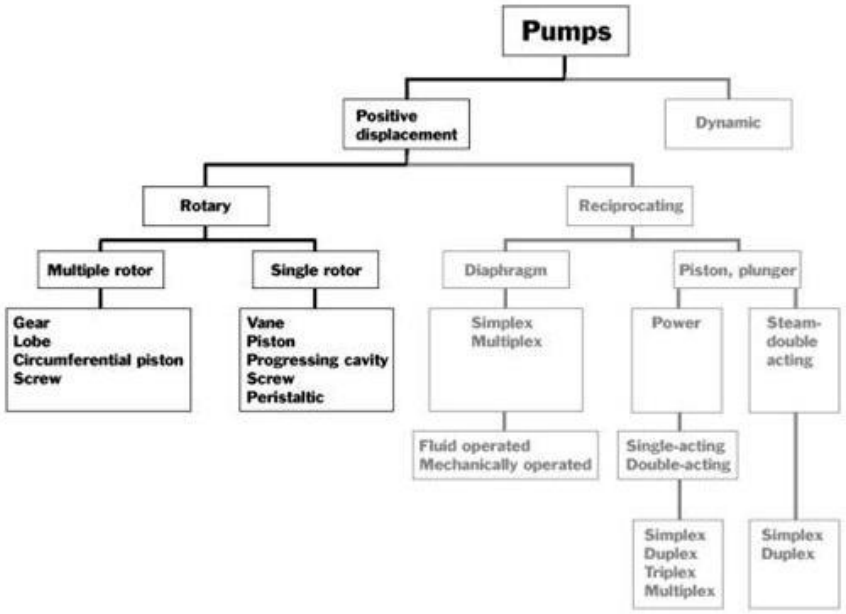
شکل ۱-۱ : یک نمونه پمپ سانتریفوژ

تقسیم بندی پمپهای ساختمانی

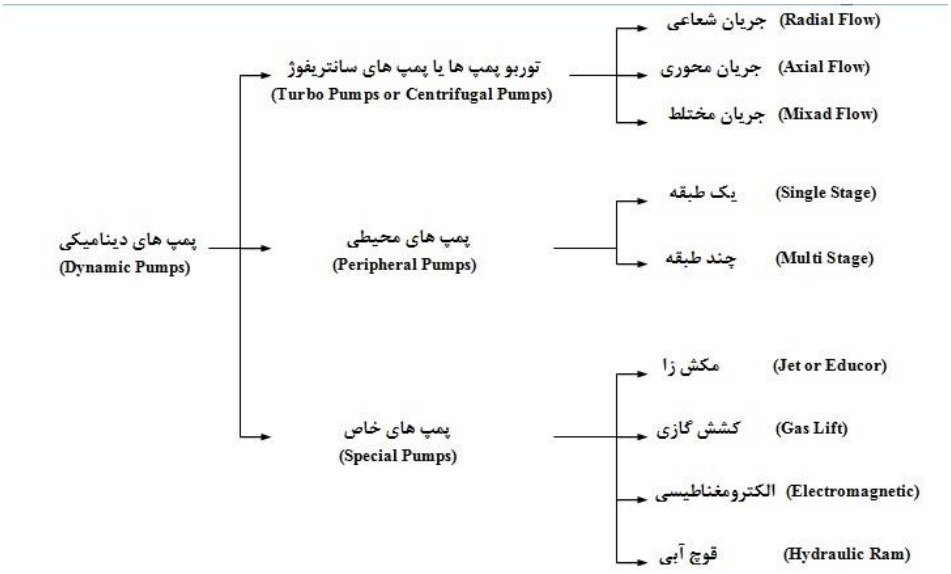
تقسیم بندی پمپها بر اساس عوامل مختلفی صورت می گیرد. این تقسیم بندی می تواند بر مبنای مورد مصرف' ساختمان داخلی' نحوه انتقال انرژی به سیال و سرانجام نوع سیال عبوری انجام شود. متداولترین نحوه تقسیم بندی پمپها بر مبنای نحوه انتقال انرژی به سیال است . در این روش پمپها به دو دسته اصلی تقسیم بندی می شوند:

دسته اول: پمپهایی که انتقال انرژی از آنها به سیال بطور دائمی انجام می گیرد بنام پمپهای

دینامیکی که خود به ۲ دسته توربوپمپها و پمپهای چند طبقه تقسیم بندی می شوند.
دسته دوم: پمپهایی که انتقال انرژی از آنها به سیال به صورت متناوب یا پریودیک می باشد. این پمپها' پمپهای جابجایی مثبت نامیده می شوند و خود شامل ۲ دسته پمپهای رفت و برگشتی و گردشی می باشند.



شکل ۱-۲ : تقسیم بندی پمپهای جابجایی مثبت



شکل ۱-۳ : تقسیم بندی پمپهای دینامیکی

تقسیم بندی توربو پمپهای ساختمانی

متداولترین روش تقسیم بندی توربوپمپها بر اساس مسیر حرکت سیال در چرخ یا پره آن است. از این نظر توربوپمپها را به سه دسته اصلی زیر تقسیم می نمایند:

الف) توربوپمپهای سانتریفوژ یا جریان شعاعی: در این پمپها سیال موازی با محور چرخش پروانه وارد پمپ شده و عمود بر آن خارج می شود.پروانه این پمپها از نوع دو رو بسته است. در پمپهای گریز از مرکز پروانه با سرعت مشخصی توسط موتور الکتریکی چرخانده می شود. چرخش پروانه باعث افزایش انرژی سینتیک سیال ورودی از مرکز یا چشمه می گردد. طراحی پوسته پمپ به گونه ای است که در آن از طریق افزایش یکنواخت سطح مقطع حلزونی ' سرعت را به فشار تبدیل می کنند. در واقع در پمپهای سانتریفوژ ابتدا سرعت سیال از مرکز افزایش می یابد و سپس در خروجی با افزایش سطح مقطع سرعت را به فشار تبدیل می کنند. این پمپها معمولا برای ایجاد فشارهای بالا در دبی های کم به کار می روند.

ب) توربوپمپهای محوری: سیال موازی با محور چرخش پروانه وارد پمپ شده و در همان

راستا نیز خارج می شود. پروانه این پمپها از نوع کاملا باز است. از این پمپها برای تولید دبی های زیاد و فشارهای کم استفاده می شود.

ج) توربوپمپهای نیمه سانتریفوژ: سیال موازی با محور چرخش پروانه وارد پمپ می شود و به طور مایل نسبت به آن خارج می شود. پروانه این پمپها از نوع نیمه باز است. این پمپها برای ایجاد فشارها و دبی های متوسط به کار می روند.

توربوپمپها را از نظر سیال عبوری' نحوه نصب' نوع کارکرد و تعداد طبقات نیز تقسیم بندی می کنند:

- پمپهای لجن کش و شیمیایی
- پمپهای افقی' عمودی و خطی
- پمپهای یک طبقه و چند طبقه
- پمپهای تغذیه دیگ بخار

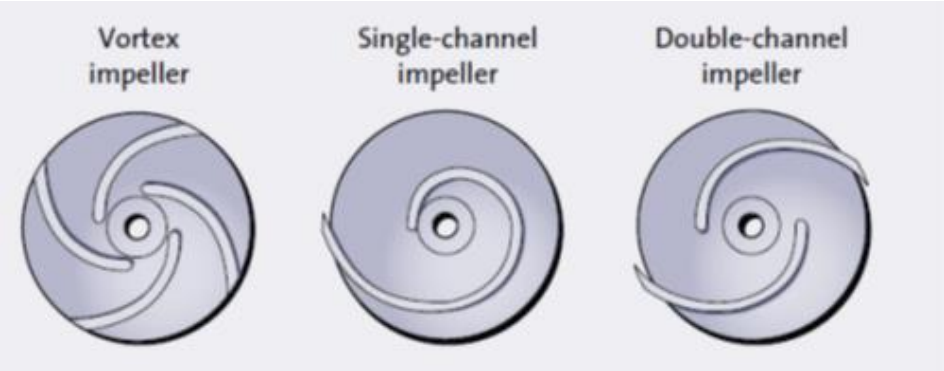
مشخصات اصلی توربو پمپها:

- قیمت ارزان
- جریان سیال به صورت یکنواخت و دایم است
- فضای کمتری نسبت به دیگر انواع پمپهامتناسب با قدرت تولیدی اشال می کنند
- راندمان بالا
- دامنه کاربرد وسیع
- به جز موارد خاص خود راه انداز نیستند
- برای سیالات لزج کاربرد ندارند (حداکثر لزجت سیال بسته به نوع پمپ از حدود ۵۲۰ تا ۷۶۰ سانتی استوکس نمی تواند تجاوز نماید. برای سیالات لزجتر بایستی از پمپهای نوع جابجایی استفاده کرد.

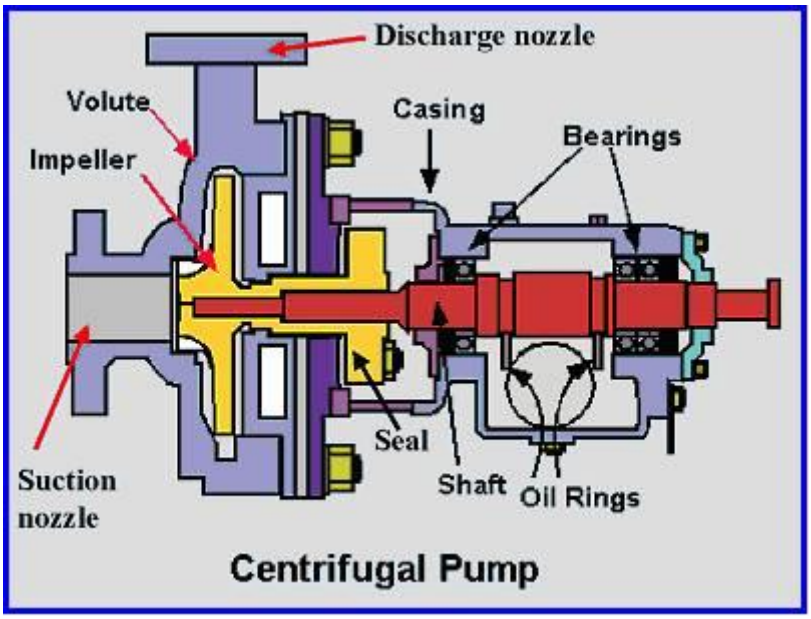
توربو پمپها از حلزونی' چرخ ' پخش کننده ' کاهش دهنده ' محور ' بلبرینگها ' محفظه آب بندی ساخته می شوند. جنس حلزونی غالبا از چدن ریختگی و در موارد فشار بالا از فولاد است چون فولاد گرانتر بوده و استحکام بالاتری دارد. برای پمپاژ سیالات خورنده معمولا از

پوسته فولادی ضد زنگ استفاده می شود. از پوسته های چدنی برای پمپاژ سیالات با دمای کمتر از ۱۸۰ درجه سانتیگراد و فشارهای پایینتر از ۷۰ بار استفاده می شود و پوسته چدنی ارزانتر است. علاوه بر آن باید در نظر داشت که در صورت ایجاد خوردگی سایشی پوسته های فولادی را می توان براحتی به کمک جوشکاری یا ماشینکاری ترمیم نمود در حالیکه در مورد پوسته های چدنی اغلب ناچار به تعویض پوسته هستیم. پوسته های از جنس چدن داکتیل به لحاظ فشار و دمای قابل تحمل مابین چدن و فولاد قرار می گیرند. اگرچه مدول الاستیسیته چدن داکتیل شبیه چدن معمولی است ولی استحکام کششی آن تقریبا دو برابر چدن معمولی می باشد.جنس چرخ به سرعت محیطی و دمای سیال بستگی دارد چرخهای ارزانقیمت و با سرعت محیطی کمتر از ۳۰ متر بر ثانیه و دمای تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد را از چدن و برای سرعتهای محیطی تا از ۴۵ متر بر ثانیه و همچنین پمپاژ آب گرم از برنز، چدن مخصوص و فولادهای آلیاژی کربن دار استفاده می شود.در سرعتهای بیشتر از فولاد ریختگی استفاده می شود. جنس محور اغلب فولاد، فولاد ضد زنگ و مونل است . فولاد ضد زنگ برای محورهای مقاوم در برابر خوردگی بکار می رود. محفظه آب بندی به دو شکل آب بندهای مکانیکی یا نوارهای آب بندی با الیاف گیاهی، آزبستی، گرافیتی و **PTFE** ساخته می شود.

شکل ۱-۴: سه نمونه پروانه باز، نیمه باز و بسته



شکل ۱-۵: پروانه های یک، دو و چند پره



شکل ۱-۶: برش طولی یک پمپ سانتریفوژ

پمپهای رفت و برگشتی

این پمپها مانند موتور خودرو دارای میل لنگ، سیلندر و پیستون می باشند. با پایین رفتن پیستون در سیلندر ایجاد مکش شده و در نتیجه مایع از طریق شیر ورودی داخل سیلندر می گردد. با حرکت پیستون به طرف بالا دریچه ورودی بسته و مایع از طریق شیر خروجی به خارج هدایت می گردد. شیرهای ورودی و خروجی یکطرفه بوده و طوری ساخته شده اند

که در مراحل رفت و آمد پیستون از ورود مایع داخل سیلندر به قسمت کم فشار و بالعکس ممانعت شود. اگر به جای پیستون یک پلانجر در سیلندر رفت و برگشت کند به آن پمپ لانجری می گویند. در صورت استفاده از هر دو طرف پیستون به آن پمپ دو طرفه می گویند. در پمپهای یکطرفه فقط از یکطرف پیستون استفاده می شود.

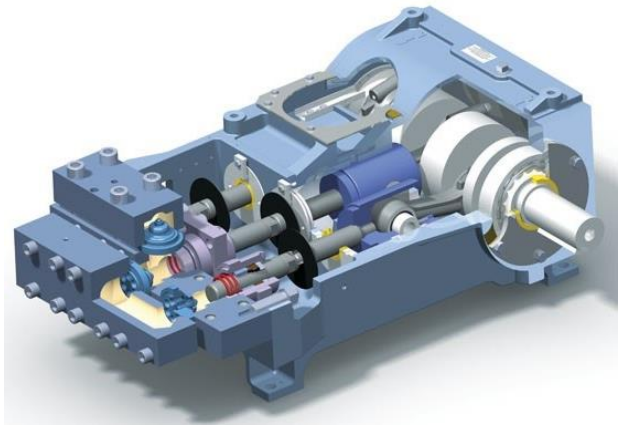
پیستون و پلانجر دو تفاوت عمده دارند:

۱-طول پیستون کوتاهتر از مسافتی است که طی میکند در حالیکه طول پلانجر بیشتر از طول مسافت طی شده به وسیله آن است .

۲-رینگ پیستون یا درزبند که جهت آب بندی پیستون و سیلندر به کار می رود روی بدنه پیستون قرار گرفته و با آن حرکت می کند . در صورتیکه در پلانجر درزبند بکار رفته روی سیلندر قرار دارد و ثابت است.

مشخصات اصلی پمپهای رفت و برگشتی

- سرعت کم
- دبی کم تا متوسط (حداکثر تا حدود ۲۰۰ متر مکعب در ساعت)
- فشار خروجی بسیار بالا
- جریان غیر یکنواخت
- راندمان بالا در صورت سرویس مرتب
- گران بودن نسبت به پمپهای سانتریفوژ



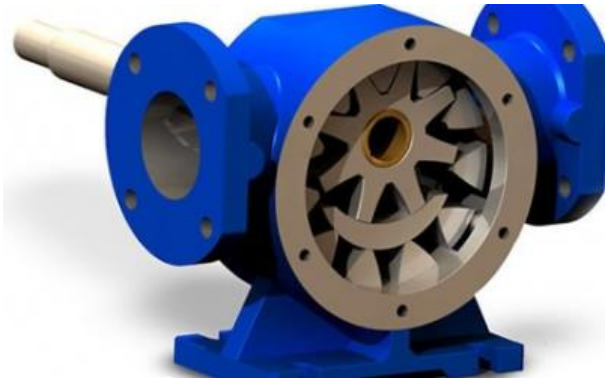
شکل ۱-۷: یک نمونه پمپ رفت و برگشتی

پمپهای گردشی

اساس کار پمپهای گردشی شباهت زیادی به کار پمپهای رفت و برگشتی دارد و بیشتر برای روغنکاری بکار می روند. این پمپها از دو قسمت متمایز تشکیل شده است یکی جداره ثابت و دیگری قسمتهای دوار که شامل یک محور گردان با چرخدنده داخلی یا خارجی یا لوب و ... می باشد. بر خلاف پمپهای گریز از مرکز که مایع را با سرعت به سمت خروجی پمپ هدایت می کند در پمپهای گردشی بخشی از سیال به اصطلاح بین چرخدنده های آن به تله می افتد و در اثر چرخیدن آن به بخش خروجی پمپ فرستاده می شود .

مشخصات اصلی پمپهای گردشی

- دبی کم (کمتر از ۲۰ GPM)
- فشار خروجی متوسط (۱۵۰-۲۰۰ ft)
- برای پمپاژ مایعات غلیظ با ویسکوزیته ۶۵۰ سانتی استوک به بالا
- جهت پمپاژ مایعات ساینده



شکل ۱-۸:یک نمونه پمپ گردشی چرخدنده داخلی

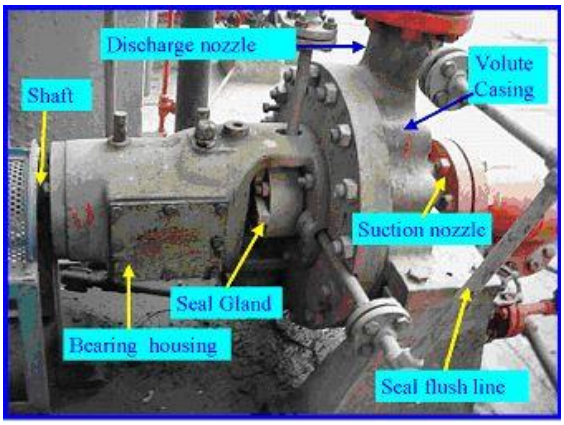
۱-۱- پمپ‌های هیدرولیکی

با توجه به نفوذ روز افزون سیستم‌های هیدرولیکی در صنایع مختلف وجود پمپ‌هایی با توان و فشارهای مختلف بیش از پیش مورد نیاز است. پمپ به عنوان قلب سیستم هیدرولیک انرژی

مکـانیکی را کـه توســط موتورهـای الکتریکی، احتراق داخلی و... تـامین می‌گردد بـه انرژی هیدرولیکی تبدیل می‌کند. در واقع پمپ در یک سیکل هیدرولیکی یا پنیوماتیکی انرژی سیال را افزایش می‌دهد تا در مکان مورد نیاز این انرژی افزوده به کار مطلوب تبدیل گردد.

فشـار اتمسـفر در اثر خلا نسـبی بوجود آمده به خاطر عملکرد اجزای مکانیکی پمپ، سـیال را مجبور به حرکت به سمت مجرای ورودی آن نموده تا توسط پمپ به سایر قسمت‌های مدار هیدرولیک رانده شود. حجم روغن پر فشار تحویل داده شده به مدار هیدرولیکی بستگی به ظرفیت پمپ و در نتیجه به حجم جابه جا شــده ســیال در هر دور و تعداد دور پمپ دارد. ظرفیت پمپ با واحد گالن در دقیقه یا لیتر بر دقیقه بیان می‌شود.

نکته قابل توجه در مکش سـیال ارتفاع عمودی مجاز مکش پمپ نسـبت به سطح آزاد سـیال می‌باشــد. در مورد روغن این ارتفاع نباید بیش از ۱۰ متر باشــد زیرا بر اثر بوجود آمدن خلا نسبی اگر ارتفاع بیش از ۱۰ متر باشد روغن جوش آمده و بجای روغن مایع، بخار روغن وارد پمپ شده و در کار سـیکل اختلال بوجود خواهد آورد. اما در مورد ارتفاع خروجی پمپ هیچ محدودیتی وجود ندارد و تنها توان پمپ است که می‌تواند آن رامعین کند.



شکل ۱-۹: اجزاء الکتروپمپ سانتریفوژ صنعتی

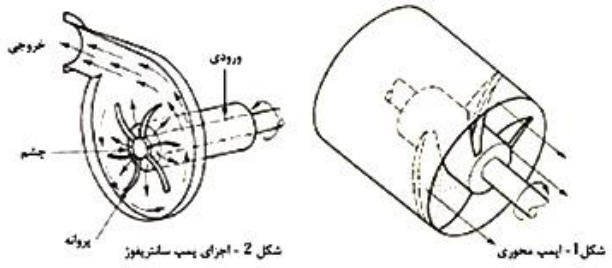
۲-۱- انواع پمپ‌ها در صنعت هیدرولیک

۱- پمپ‌ها با جا به جایی غیر مثبت (پمپ‌های دینامیکی)

۲- پمپ‌های با جابه جایی مثبت

پمپ‌ها با جا به جایی غیر مثبت : توانایی مقاومت در فشــارهای بالا را ندارند و به ندرت در

صـــنعت هیدرولیک مورد اســـتفاده قرار می‌گیرند و معمولا به عنوان انتقال اولیه ســـیال از نقطه‌ای به نقطه دیگر بکار گرفته می‌شـوند. بطور کلی این پمپ‌ها برای سـیسـتم‌های فشـار پایین و جریان بالا که حداکثر ظرفیت فشـــاری آنها به ۲۵۰psi تا ۳۰۰۰ Psi محدود می‌گردد مناســـب اســـت. پمپ‌های گریز از مرکز (ســـانتریفوژ) و محوری نمونه کاربردی پمپ‌های با جابجایی غیر مثبت می‌باشد.



شکل ۱-۱۰: نمونه های از پمپهای جابجایی غیر مثبت

پمپ‌های با جابجایی مثبت: در این پمپ‌ها به ازای هر دور چرخش محور مقدار معینی از سـیال به سـمت خروجی فرسـتاده می‌شـود و توانایی غلبه بر فشـار خروجی و اصـطکاک را دارد. این پمپ‌ها مزیت‌های بسیاری نسبت به پمپ‌های با جابه جایی غیر مثبت دارند مانند مانند ابعاد کوچکتر، بازده حجمی بالا، انعطاف پذیری مناسب و توانایی کار در فشارهای بالا

دسته بندی پمپ‌ها با جابه جایی مثبت از نظر ساختمان :

۱- پمپ‌های دنده ای

۲ - پمپ‌های پره ای

۳- پمپ‌های پیستونی

دسته بندی پمپ‌ها با جابه جایی مثبت از نظر میزان جابه جایی :

۱- پمپ‌ها با جا به جایی ثابت

۲- پمپ‌های با جابه جایی متغییر

در یک پمپ با جابه جایی ثابت (Fixed Displacement) میزان سیال پمپ شده به ازای هر یک دور چرخش محور ثابت اســت. در انتخاب پمپ‌های با جابجایی ثابت موارد ذیل باید در نظر گرفته شود:

- قطر دهانه‌های پمپ
- فشار کاری در خروجی پمپ
- فشار کاری در ورودی پمپ
- سرعت دوران پمپ
- حجم جابجایی روغن
- دبی موثر
- توان موتور محرک پمپ
- دمای کاری روغن
- درجه ویسکوزیته
- فیلتراسیون

در صورتیکه در پمپ‌های با جابه جایی متغیر (Variable Displacement) مقدار فوق بواسطه تغییر در ارتباط بین اجزاء پمپ قابل کم یا زیاد کردن است. به این پمپ ها، پمپ‌های دبی متغیر نیز می‌گویند.
باید بدانیم که پمپ‌ها ایجاد فشار نمی‌کنند بلکه تولید جریان می‌نمایند. در واقع در یک سیستم هیدرولیک فشار بیانگر میزان مقاومت در مقابل خروجی پمپ است. اگر خروجی در فشار یک اتمسفر باشد به هیچ وجه فشار خروجی پمپ بیش از یک اتمسفر نخواهد شد.همچنین اگر خروجی در فشار ۱۰۰ اتمسفر باشد برای به جریان افتادن سیال فشاری معادل ۱۰۰ اتمسفر در سیال بوجود می‌آید.

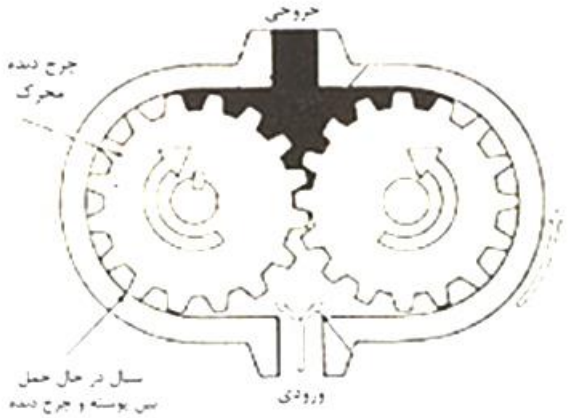
پمپ‌های دنده‌ای (Gear Pump)
این پمپ‌ها به دلیل طراحی آسان، هزینه ساخت پایین و ابعاد کوچک در صنعت کاربرد زیادی پیدا کرده اند. ولی از معایب این پمپ‌ها می‌توان به کاهش بازده آنها در اثر فرسایش قطعات به دلیل اصطکاک و خوردگی و در نتیجه نشت روغن در قسمت‌های داخلی آن اشاره کرد. این افت فشار بیشتر در نواحی بین دنده‌ها و پوسته و بین دنده‌ها قابل مشاهده است.

انواع پمپ‌های دنده‌ای:

۱- دنده خارجی External Gear Pumps
۲– دنده داخلی Internal Gear Pumps
۳- گوشواره‌ای Lobe Pumps
۴- پیچی Screw Pumps
۵- ژیروتور Gerotor Pumps

۱- دنده خارجی External Gear Pumps

در این پمپ‌ها یکی از چرخ دنده‌ها به محرک متصل بوده و چرخ دنده دیگر هرزگرد می‌باشد. با چرخش محور محرک و دور شدن دنده‌های چرخ دنده‌ها از هم با ایجاد خلاء نسبی روغن به فضای بین چرخ دنده‌ها و پوسته کشیده شده و به سمت خروجی رانده می‌شود. لقی بین پوسته و دنده‌ها در اینگونه پمپ‌ها حدود ۰.۰۲۵ mm می‌باشد.



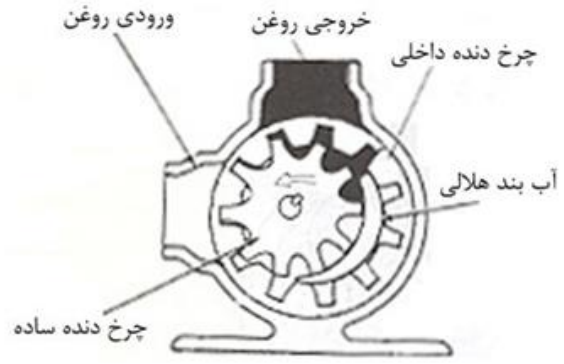
شکل ۱-۱۱: یک پمپ دنده‌ای از نوع دنده خارجی

افت داخلی جریان به خاطر نشست روغن در فضای موجود بین پوسته و چرخ دنده است که لغزش پمپ (Volumetric efficiency) نام دارد.با توجه به دورهای بالای پمپ که تا rpm ۲۷۰۰ می‌رسد پمپاژ بسیار سریع انجام می‌شود. این مقدار در پمپ‌ها ی دنده‌ای با جابه جایی متغییر می‌تولند از rpm ۷۵۰ تا rpm ۱۷۵۰ متغییر باشد. پمپ‌ها ی دنده‌ای برای

فشـارهای تا psi ۳۰۰۰ (۲۰۰کیلوگرم بر سـانتی متر مربع)طراحی شـده اند که البته اندازه متداول آن psi ۱۰۰۰ است.

۲– دنده داخلی Internal Gear Pumps

این پمپ‌ها بیشـــتر به منظور روغنکاری و تغذیه در فشـــارهای کمتر از psi ۱۰۰۰ اســـتفاده می‌شـود ولی در انواع چند مرحله‌ای دسـترسـی به محدوده ی فشـاری در حدود psi ٤۰۰۰ نیز امکان پذیر اســت. کاهش بازدهی در اثر ســایش در پمپ‌های دنده‌ای داخلی بیشـــتر از پمپ‌های دنده‌ای خارجی است.



شکل۱-۱۲: یک پمپ دنده‌ای از نوع دنده داخلی

۳- پمپ‌های گوشواره‌ای Lobe Pumps

این پمپ‌ها از خانواده پمپ‌های دنده‌ای هستند که آرامتر و بی صداتر از دیگر پمپ‌های این خانواده عمل می‌نماید زیرا هر دو دنده آن دارای محرک خارجی بوده و دنده‌ها با یکدیگر درگیر نمی‌شـوند. اما به خاطر داشـتن دندانه‌های کمتر خروجی ضـربان بیشـتری دارد ولی جابه جایی حجمی بیشتری نسبت به سایر پمپ‌های دنده‌ای خواهد داشت.

شکل ۱-۱۳: یک پمپ دنده‌ای از نوع گوشواره ای

۴- پمپ‌های پیچیScrew Pumps

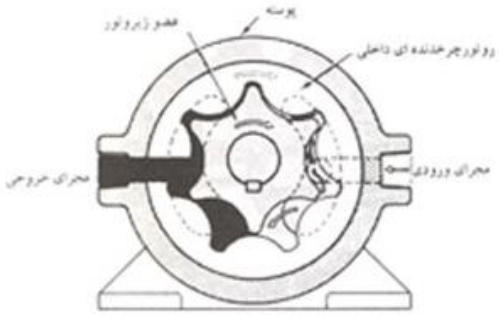
پمپ پیچی یک پمپ دنده‌ای با جلبه جایی مثبت و جریان محوری بوده که در اثر درگیری سه پیچ دقیق (سنگ خورده) درون محفظه آب بندی شده جریانی کاملا آرام، بدون ضربان و با بازده بالا تولید می‌کند. دو روتور هرزگرد به عنوان آب بندهای دوار عمل نموده و باعث رانده شدن سیال در جهت مناسب می‌شوند.حرکت آرام بدون صدا و ارتعاش، قابلیت کار با انواع سیال، حداقل نیاز به روغنکاری، قابلیت پمپاژ امولسیون آب، روغن و عدم ایجاد اغتشاش زیاد در خروجی از مزایای جالب این پمپ می‌باشد.

۵- پمپ‌های ژیروتور Gerotor Pumps

عملکرد این پمپ‌ها شبیه پمپ‌های چرخ دنده داخلی است. در این پمپ‌ها عضو ژیروتور توسط محرک خارجی به حرکت در می‌آید و موجب چرخیدن روتور چرخ دندهای درگیر با خود می‌شود.

در نتیجه این مکانیزم درگیری، آب بندی بین نواحی پمپاژ تامین می‌گردد. عضو ژیروتور دارای یک چرخ دندانه کمتر از روتور چرخ دنده داخلی می‌باشد.

حجم دندانه کاسته شده ضرب در تعداد چرخ دندانه چرخ دنده محرک، حجم سیال پمپ شده به ازای هر دور چرخش محور را مشخص می‌نماید.

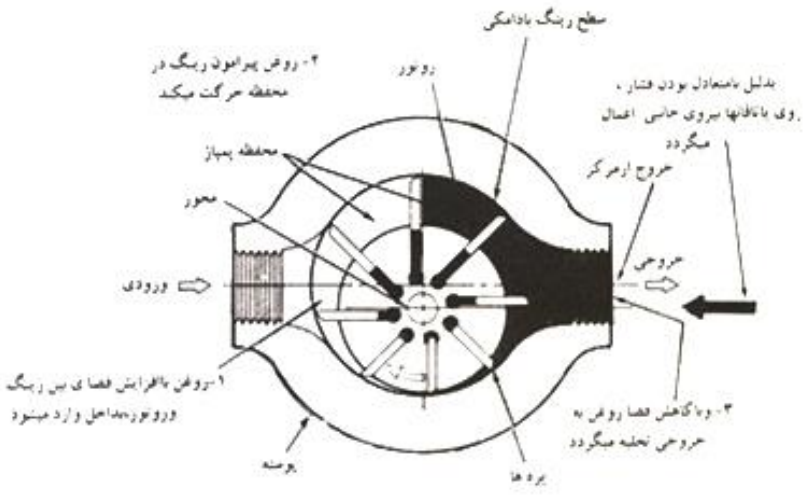


شکل ۱-۱۴: یک پمپ دنده‌ای از نوع ژیروتور

پمپ‌های پره‌ای :

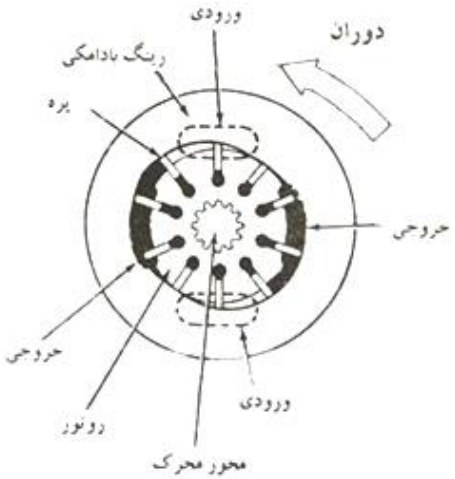
به طور کلی پمپ‌های پره‌ای به عنوان پمپ‌های فشار متوسط در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. سرعت آنها معمولا از ۱۲۰۰ rpm تا ۱۷۵۰ rpm بوده و در مواقع خاص تا ۲۴۰۰ rpm نیز میرسد. بازده حجمی این پمپ‌ها ٪۸۵ تا ٪۹۰ است اما بازده کلی آنها به دلیل نشت‌های موجود در اطراف روتور پایین است (حدود ٪۷۵ تا ٪۸۰). عمدتا این پمپ‌ها آرام و بی سر و صدا کار می‌کنند. از مزایای جالب این پمپ‌ها این است که در صورت بروز اشکال در ساختمان پمپ بدون جدا کردن لوله‌های ورودی و خروجی قابل تعمیر است.

فضای بین روتور و رینگ بادامکی در نیم دور اول چرخش محور افزیش یافته و انبساط حجمی حاصله باعث کاهش فشار و ایجاد مکش می‌گردد، در نتیجه سیال به طرف مجرای ورودی پمپ جریان می‌یابد. در نیم دور دوم با کم شدن فضای بین پره‌ها سیال که در این فضاها قرار دارد با فشار به سمت خروجی رانده می‌شود. همانطور که در شکل می‌بینید جریان بوجود آمده به میزان خروج از مرکز(فاصله دو مرکز) محور نسبت به روتور پمپ بستگی دارد و اگر این فاصله به صفر برسد دیگر در خروجی جریانی نخواهیم داشت.



شکل ۱-۱۵: یک پمپ پره‌ای

پمپ‌های پره‌ای که قابلیت تنظیم خروج از مرکز را دارند می‌توانند دبی‌های حجمی متفاوتی را به سیستم تزریق کنند به این پمپ‌ها جابه جایی متغییر می‌گویند. به خاطر وجود خروج از مرکز محور از روتور(عدم تقارن) بار جانبی وارد بر یاتاقان‌ها افزایش می‌یابد و در فشارهای بالا ایجاد مشکل می‌کند.برای رفع این مشکل از پمپ‌های پره‌ای متقارن (بالانس) استفاده می‌کنند. شکل بیضوی پوسته در این پمپ‌ها باعث می‌شود که مجاری ورودی و خروجی نظیر به نظیر رو به روی هم قرار گیرند و تعادل هیدرولیکی برقرار گردد. با این ترفند بار جانبی وارد بر یاتاقان‌ها کاهش یافته اما عدم قابلیت تغییر در جابه جایی از معایب این پمپ‌ها به شمار می‌آید.(چون خروج از مرکز وجود نخواهد داشت)



شکل ۱-۱۶: یک پمپ پره‌ای بالانس

حداکثر فشار قابل دستیابی در پمپ‌های پره‌ای حدود psi ۳۰۰۰ است.

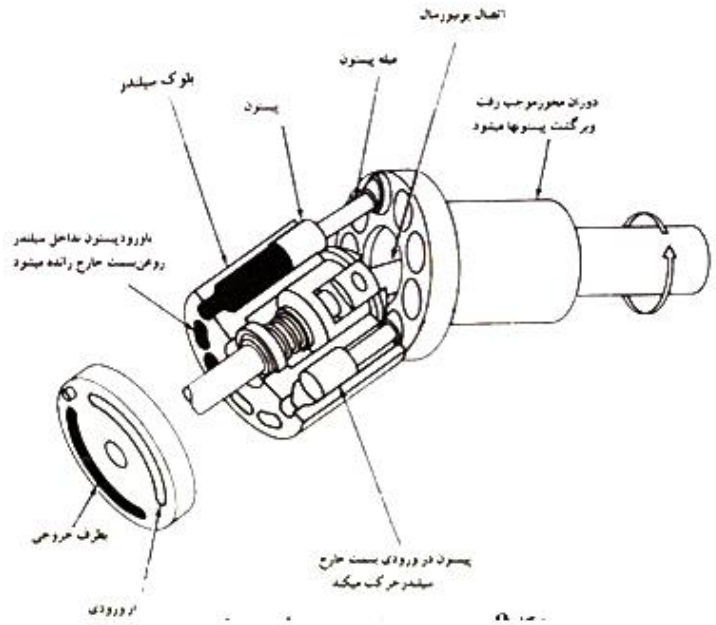
پمپ‌های پیستونی

پمپ‌های پیستونی با دارا بودن بیشترین نسبت توان به وزن، از گرانترین پمپ‌ها هستند و در صورت آب بندی دقیق پیستون‌ها می‌تواند بالاترین بازدهی را داشته باشند. معمولا جریان در این پمپ‌ها بدون ضربان بوده و به دلیل عدم وارد آمدن بار جانبی به پیستونها دارای عمر طولانی می‌باشند، اما به خاطر ساختار پیچیده تعمیر آن مشکل است.

از نظر طراحی پمپ‌های پیستونی به دو دسته شعاعی و محوری تقسیم می‌شوند.

پمپ‌های پیستونی محوری با محور خمیده ((Axial piston pumps(bent-axis type) :

در این پمپ‌ها خط مرکزی بلوک سیلندر نسبت به خط مرکزی محور محرک در موقعیت زاویه‌ای مشخصی قرار دارد میله پیستون توسط اتصالات کروی (Ball & socket joints)به فلنج محور محرک متصل هستند به طوری که تغییر فاصله بین فلنج محرک و بلوک سیلندر باعث حرکت رفت و برگشت پیستون‌ها در سیلندر می‌شود. یک اتصال یونیورسال (Universal link) بلوک سیلندر را به محور محرک متصل می‌کند.

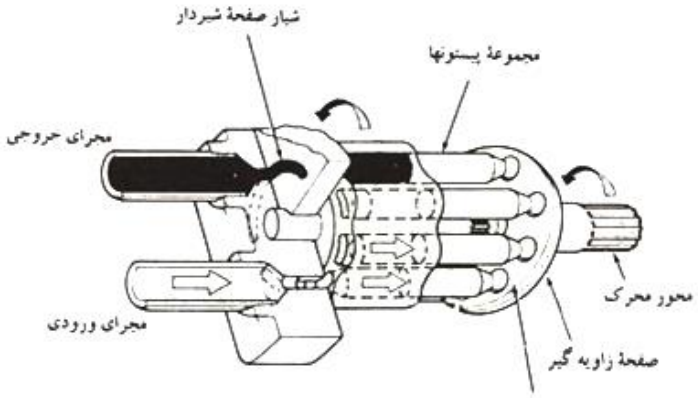


شکل ۱-۱۷: یک پمپ پیستونی محوری با محور خمیده

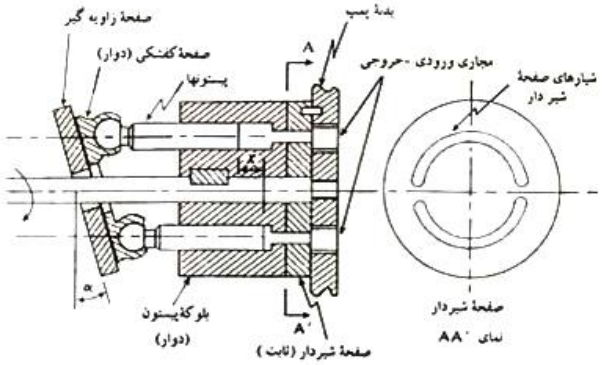
میزان خروجی پمپ با تغییر زاویه بین دو محور پمپ قابل تغییر است.در زاویه صفر خروجی وجود ندارد و بیشینه خروجی در زاویه ۳۰ درجه بدست خواهد آمد.

پمپ‌های پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر ((Axial piston pumps(Swash plate) :

در این نوع پمپ‌ها محوربلوک سیلندر و محور محرک در یک راستا قرار می‌گیرند و در حین حرکت دورانی به خاطر پیروی از وضعیت صفحه زاویه گیر پیستون‌ها حرکت رفت و برگشتی انجام خواهند داد، با این حرکت سیال را از ورودی مکیده و در خروجی پمپ می‌کنند. این پمپ‌ها را می‌توان با خاصیت جابه جایی متغیر نیز طراحی نمود. در پمپ‌های با جابه جایی متغییر وضعیت صفحه زاویه گیر توسط مکانیزم‌های دستی، سرو کنترل و یا از طریق سیستم جبران کننده تنظیم می‌شود. حداکثر زاویه صفحه زاویه گیر حدود ۱۷.۵ درجه می‌باشد.



شکل ۱-۱۸: یک پمپ پیستونی محوری با صفحه زاویه گیر

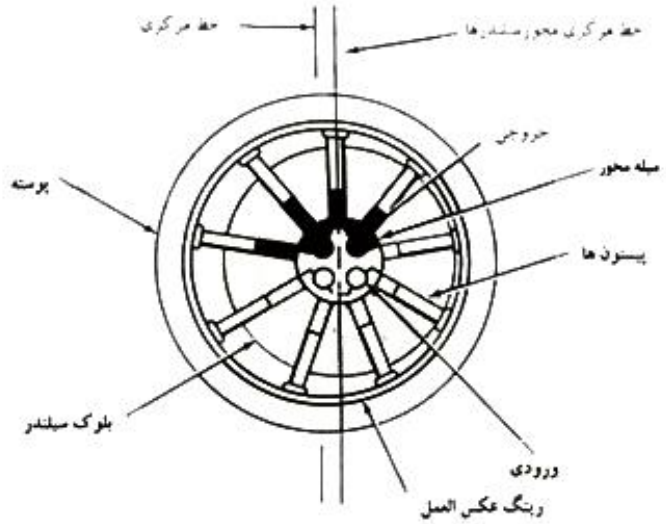


شکل ۱-۱۹: برش محوری از یک پمپ پیستونی با صفحه زاویه گیر

۱-۲-۱- پمپ‌های پیستونی شعاعی (Radial piston pumps)

در این نوع پمپ ها، پیستون‌ها در امتداد شعاع قرار میگیرند.پیستون‌ها در نتیجه نیروی گریز از مرکز و فشار سیال پشت آنها همواره با سطح رینگ عکس العمل در تماسند. برای پمپ نمودن سیال رینگ عکس العمل باید نسبت به محور محرک خروج از مرکز داشته باشد (مانند شکل) در ناحیه‌ای که پیستون‌ها از محور روتور فاصله دارند خلا نسبی بوجود آمده در نتیجه مکش انجام میگیرد در ادامه دوران روتور پیستون‌ها به محور نزدیک شده و سیال موجود در روتور را به خروجی پمپ می‌کند. در انواع جابه جایی متغییر این پمپ‌ها با

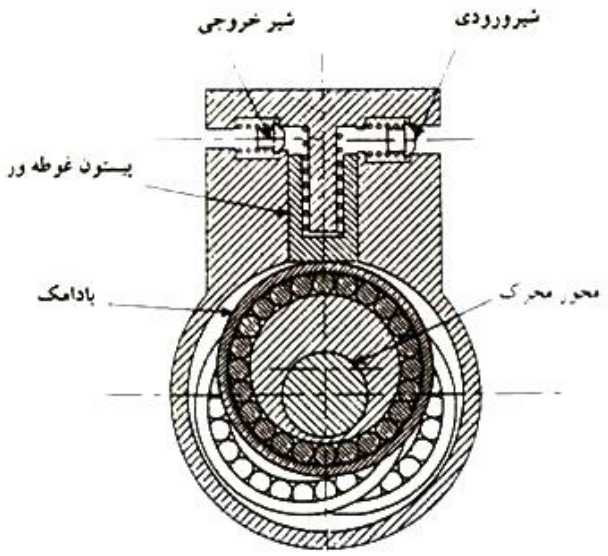
تغییر میزان خروج از مرکز رینگ عکس العمل نسبت به محور محرک می‌توان مقدار خروجی سیستم را تغییر داد.



شکل ۱-۲۰: یک پمپ پیستونی شعاعی

پمپ‌های پلانچر (Plunger pumps)

پمپ‌های پلانچر یا پمپ‌های پیستونی رفت و برگشتی با ظرفیت بالا در هیدرولیک صنعتی کاربرد دارند. ظرفیت برخی از این پمپ‌ها به حدود چند صد گالن بر دقیقه می‌رسد. پیستون‌ها در فضای بالای یک محور بادامکی (شامل تعدادی رولر برینگ خارج از مرکز) در آرایش خطی قرار گرفته اند. ورود و خروج سیال به سیلندرها از طریق سوپاپ‌ها (شیرهای یک طرفه) انجام می‌گیرد.



شکل ۱-۲۱: پمپ پلانجر (برش شعاعی)

راندمان پمپ‌ها (Pump performance):

بازده یک پمپ بطور کلی به میزان تلرانسها و دقت بکار رفته در ساخت، وضعیت مکانیکی اجزاء و بالانس فشار بستگی دارد. در مورد پمپ‌ها سه نوع بازده محاسبه می‌شود:

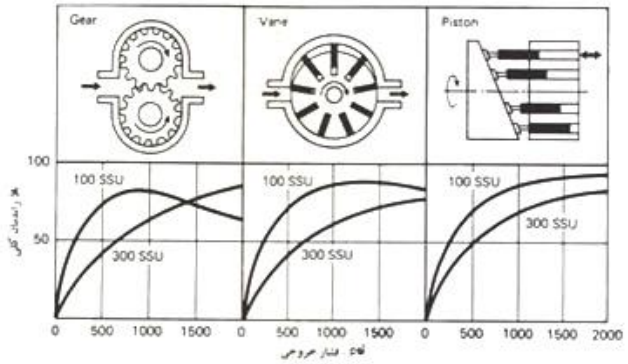
۱- بازده حجمی که مشخص کننده میزان نشتی در پمپ است و از رابطه زیر بدست می‌آید

دبی تئوری که پمپ باید تولید کند /میزان دبی حقیقی پمپ =بازده حجمی

۲- بازده مکانیکی که مشخص کننده میزان اتلاف انرژی در اثر عواملی مانند اصطکاک در یاتاقان‌ها و اجزای درگیر و همچنین اغتشاش در سیال می‌باشد.

بازده مکانیکی= قدرت حقیقی داده شده به پمپ /قدرت تئوری مورد نیاز جهت کار پمپ

۳- بازده کلی که مشخص کننده کل اتلاف انرژی در یک پمپ بوده و برابر حاصضرب بازده مکانیکی در بازده حجمی می‌باشد[۱]، [۲].



شکل ۱-۲۲: راندمان کلی پمپ‌های دنده ای، پره‌ای و پیستونی

۱-۲-۱-۱- نحوه انتخاب پمپ‌های هیدرولیک

اولین مرحله در انتخاب مدار تغذیه و تعیین پمپ مناسب برای یک کاربرد معین در سیستمهای هیدرولیک، بررسی میزان فشار و جریان مورد نیاز در مدار است. ابتدا منحنی‌های جریان و فشار در یک سیکل زمانی باید بررسی شود. سپس همزمانی مصرف درالمانهای مختلف تعیین گردد. بدین نحو حداکثر جریان مورد نیاز مشخص میگردد. برای تعیین یک مدار تغذیه مناسب به موارد ذیل باید توجه نمود:

۱) در سایزینگ پمپ‌ها در عمل حدود ده درصد به دبی تعیین شده از طریق محاسبات تئوریک اضافه مینمایند.

۲) در انتخاب شیر اطمینان (فشار شکن)، فشار تنظیمی باید ده درصد بیشتر از فشار کاری سیستم باشد.

هر دو مورد (۱) و (۲) باعث میشود توان بیشتری در سیستم هیدرولیک تزریق شود.

با تعیین فشار کاری و دبی مصرفی روغن توان مورد نیاز برای الکتروموتور گرداننده پمپ در سیستم با استفاده از فرمول زیر محاسبه میشود :

$$P(KW) = [Q(lit/min) \times p(bar)]/٦٠٠$$

در این رابطه P توان، Q دبی و p فشار میباشد. رابطه فوق بدون در نظر گرفتن راندمانهای مکانیکی و حجمی ارائه شده است.

برای مثال توان الکترو موتور در سیستم هیدرولیکی با فشار کاری ۱۲۰bar و دبی ۳۰lit/min

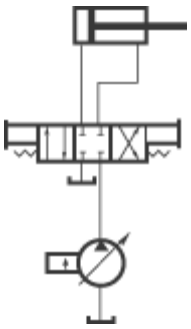
به صورت زیر محاسبه میشود:

P= ۳۰X۱۲۰/۶۰۰ =۶ kW

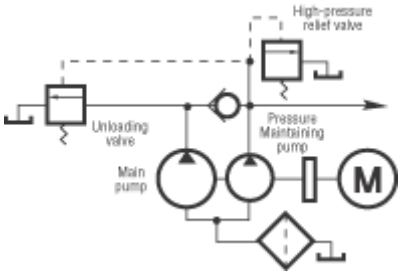
رنج توانهای استاندارد الکتروموتورها(kW)

۲۲	۱۸.۵	۱۵	۱۱	۷.۵	۵.۵	۴	۳	۲.۲	۱.۵

با توجه به رنج استاندارد توان الکترو موتورها، مقدار ۷٫۵kW مناسب میباشد.



شکل۱-۲۳: مدار Unloading پمپ Pressure-compensated pump



شکل ۱-۲۴: Hi-lo circuit

۲-۲-۱- پمپ‌های گریز از مرکز

۱-۲-۲-۱- تاریخچه پمپ گریز از مرکز

مطابق با نوشته‌های تاریخ نگار برزیلی Reti ، یک ماشین آبکش یا لجن کش که بایستی به عنوان نمونه اولیه پمپ گریز از مرکز شناخته شود، در یک مقاله در ابتدای سال ۱۴۷۵ میلادی توسط مهندس ایتالیایی دوره رنسانس Francesco di Giorgio Martini به عرصه ظهور رسید. پمپ‌های سانتریفیوز واقعی تا اواخر دهه ۱۶۰۰ توسعه نیافتند تا اینکه Denis

Papinیک نمونه از آنرا با تیغه‌های صاف درست کرد و تیغه منحنی شکل توسط مخترع بریتانیایی John Appold در سال ۱۸۵۱ معرفی شد.

۱-۲-۲-۲- نحوه کارکرد پمپ گریز از مرکز

یک پمپ گریز از مرکز بر اساس تبدیل انرژی جنبشی یک سیال جاری به فشار ایستایی کار می‌کند. این نحوه عمل بوسیله قانون برنولی توصیف می‌شود. قاعده عملکرد پمپ گریز از مرکز را می‌توان با ملاحظه تاثیر تکان دادن یک سطل آب بر روی یک مسیر دایره‌ای شکل توسط یک طناب، نشان داد. نیرویی که آب را به کف سطل فشار می‌دهد، نیروی گریز از مرکز است. اگر یک سوراخ در کف سطل تعبیه شود، آب از طریق این سوراخ جریان می‌یابد. از این گذشته اگر یک لوله ورودی در بالای سطل تعبیه شود، جریان آب به بیرون سوراخ منجر به تولید یک خلاء موضعی در داخل سطل خواهد شد. این خلاء آب را از یک منبع در سمت دیگر لوله ورودی به داخل سطل خواهد کشید. بدین روش یک جریان پیوسته از منبع و به بیرون سطل بوجود می‌آید. در رابطه با پمپ‌های گریز از مرکز، سطل و سرپوش آن متناظر با قاب پمپ، سوراخ و لوله ورودی متناظر با ورودی و خروجی پمپ هستند و طناب و بازو متناظر کار پرولنه را انجام می‌دهد. پمپ گریز از مرکز پمپی است که از یک پروانه گردان بمنظور افزایش فشار یک سیال استفاده می‌نماید. پمپ‌های گریز از مرکز عموما برای جابجا کردن سیال از طریق یک سیستم لوله کشی کاربرد دارند. سیال در امتداد یا نزدیک محور چرخان وارد پروانه پمپ گشته و بوسیله این پروانه شتاب می‌گیرد و به سرعت به سمت بیرون و به داخل یک پخش کننده یا محفظه حلزونی جریان می‌یابد که از آنجا به درون سیستم لوله کشی پائین جریان خارج می‌گردد. تیغه‌های روی پروانه بطور تصاعدی از مرکز پروانه پهن می‌شوند که سرعت را کاهش داده و فشار را افزایش می‌دهد. این امکان به پمپ گریز از مرکز اجازه می‌دهد تا جریان‌های پیوسته با فشار بالا ایجاد نماید.

۱-۲-۲-۳- دسته بندی پمپ‌های گریز از مرکز:

همانطور که قبلا گفته شد پمپ‌های گریز از مرکز را می‌توان به چند صورت دسته بندی نمود. یک نحوه دسته بندی بر اساس جریانی است که بوجود می‌آورند که متشکل از سه دسته هستند:

پمپ‌های جریان شعاعی: در نوع شعاعی فشار سیال کاملا توسط نیروی گریز از مرکز تامین می‌شود. از این نوع پمپ در مواردی که می‌خواهند فشار خوبی در اختیار داشته باشند استفاده می‌شود.

پمپ‌های جریان مختلط: در این نوع پمپ، قسمتی از فشار توسط عمل بالابری یا راندن تیغه‌ها بر روی سیال صورت می‌گیرد و قسمتی دیگر بوسیله نیروی گریز از مرکز تامین می‌شود.

پمپ‌های جریان محوری: در این پمپ‌ها فشار با عمل پیش رانی و بالابری تیغه‌ها بر روی سیال بوجود می‌آید. در حالت کلی از پمپ‌های جریان محوری هنگامی که افزایش دبی لازم باشد استفاده می‌کنند و از پمپ‌های جریان شعاعی بمنظور تولید فشار سود می‌برند. دو جزء اصلی پمپ‌های گریز از مرکز پروانه و تیغه هستند.

پروانه ها:

نقش پروانه‌ها در پمپ گریز از مرکز تامین چرخش لازم برای سیال می‌باشد. در پمپ‌ها دو نوع پروانه وجود دارد:

۱- مارپیچی

۲- توربینی

پروانه‌های توربینی با تیغه‌های پخش کننده‌ای احاطه شده اند که مسیرهای بتدریج پهن شونده‌ای فراهم می‌آورند تا سرعت آب را به آهستگی کاهش دهند. بنابراین هد سرعت به هد فشار تبدیل می‌شود.

پروانه مارپیچی با ویژگی نداشتن تیغه‌های پخش کننده مشخص می‌شود. در عوض پروانه آن درون محفظه‌ای که حلزونی شکل است قرار گرفته و سرعت آب به دلیل ترک کردن پروانه کاهش می‌یابد که همراه با افزایش فشار می‌باشد.

انتخاب بین این دو نوع پروانه بسته به شرایط استفاده تغییر می‌کند. نوع مارپیچی بدلیل ظرفیت بالا و هد مصرفی پائین در چاه‌های کم عمق معمولا ترجیح داده می‌شوند. نوع توربینی در چاه‌های آب عمیق استفاده می‌شود.

۳-۱- تیغه:

تیغه نقش راندن مایع به خروجی پمپ را دارد که سرعت را به فشار تبدیل می‌نماید. جزء

تیغه در داخل پمپ که معمولا به پروانه متصل است به نوبه خود دارای شکل‌های گوناگونی است. تیغه‌ها را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم نمود:

صاف

مارپیچ

۱-۴- مزایا و معایب استفاده ازپمپ‌های گریز از مرکز

- از مزایای پمپ گریز از مرکز می‌توان به ویژگی تولید یک جریان هموار و یکنواخت اشاره نمود. برخی انواع پمپ‌های گریز از مرکز مقداری شن نیز پمپ می‌کنند و در کل مطمئن و دارای عمر کاری خوبی می‌باشند.

- از معایب این پمپ‌ها می‌توان به از دست دادن سطح کیفی راه اندازی اشاره نمود که بعد از راه اندازی رخ می‌دهد. همچنین راندمان این پمپ‌ها بستگی به هد و سرعت طراحی آنها دارد.

- در راه لندازی یک پمپ گریز از مرکز از آنجائیکه این پمپ‌ها از مکش استفاده می‌کنند قابلیت پمپ کردن هوا را ندارند پس بعنوان یک نتیجه پمپ و لوله بایستی از آب پر باشند تا مشکلی در پمپ آب بروز نکند

۱-۵- نابالانسی در پمپ‌های گریز از مرکز:

وقتی اجزاء چرخان پمپ نابالانس باشند، ارتعاش حاصل از عضو چرخان نابالانس می‌تواند ترسناک باشد. این ارتعاش می‌تواند موجب لرزش سطح زمینی که دستگاه روی آن قرار گرفته است شود. دستگاه‌های اطراف آن در جای خود تکان می‌خورند، پیچ‌های نگه دارنده شل می‌شوند و قطعات می‌شکنند. یک عضو چرخان نابالانس بر روی یاتاقان‌های خود نیرو اعمال می‌کند و آنرا از طریق سازه خود به بیرون منتقل می‌نماید و نهایتا این نیرو به فوندانسیون منتقل می‌شود.

۱-۶- اجزاء پروانه پمپ‌های گریز از مرکز

حرکت از موتور محرک بوسیله شافت به پروانه منتقل می‌شود.سیال از چشمه پروانه به سمت پره‌ها حرکت کرده و در امتداد پره‌ها به طرف محیط پرولنه جریان می‌یابد. پرولنه

پمپ وظیفه انتقال انرژی به سیال را به عهده دارد.
یک پروانه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:
۱- توپی پروانه(hub)
با محورپمپ در تماس است و خار یا کلید جهت اتصال پروانه به شافت روی آن قرار دارد.
۲-پره‌های پروانه(vane)
سیال بعد از ورود به چشمه پروانه،در امتداد پره‌ها به طرف محیط پروانه جریان می‌یابد.در حین حرکت سیال بر انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود.
۳-لفافه(Shroud)
دیواره جانبی پروانه را تشکیل می‌دهد.امکان دارد دو طرف پره‌ها لفافه داشته باشد یا یک طرف و یا اصلاً نداشته باشد.
۴-چشمه پروانه(eye)
سیال از طریق چشمه پروانه وارد پره‌های پروانه می‌شود.

۷-۱- انواع پروانه‌ها در پمپ‌های گریز از مرکز

پروانه پمپ‌های گریز از مرکز اصلی‌ترین عامل مشخص کننده خصوصیات پمپ خواهد بود. پروانه‌های پمپ‌های گریزازمرکز را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف تقسیم بندی نمود که در زیر به مهمترین آنها اشاره می‌نماییم:

۱- تقسیم بندی بر اساس نوع جریان خروجی از پروانه (یا سرعت مخصوص پروانه)

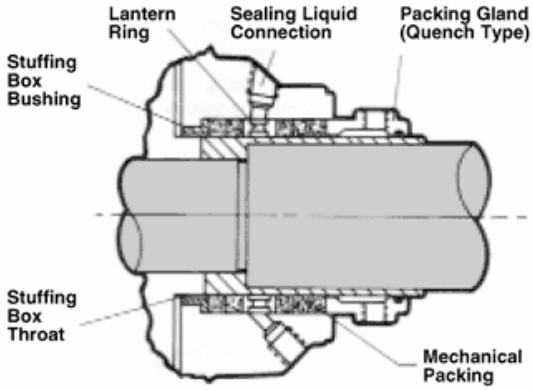
بر این اساس پروانه‌ها به سه دسته جریان محوری (با سرعت مخصوص بالا)، جریان مخلوط (با سرعت مخصوص متوسط) و جریان شعاعی (با سرعت مخصوص پایین) تقسیم بندی می‌شوند. پروانه‌های با سرعت مخصوص بالا قابلیت تولید دبی زیاد و هد کم دارند و با کاهش سرعت مخصوص قابلیت تولید هد افزایش یافته و از میزان تولید دبی آنها کاسته می‌شود.

۲- تقسیم بندی بر اساس تعداد صفحات نگهدارنده پره‌ها (یا باز و بسته بودن پروانه)

بر این اساس پروانه‌ها به سه دسته باز (یا بدونShroud)، نیمه باز (یا با Shroud داخل) و بسته (با دو Shroud)تقسیم بندی می‌شوند. پروانه‌های باز و نیمه باز بیشتر مناسب جریان‌های محوری و مخلوط بوده و قابلیت پمپ کردن سیالات حاوی مواد جامد را بدون گرفتگی دارند

۳- تقسیم بندی بر اساس تعداد ورودی یا مکش پروانه

بر این اســاس پروانه‌ها را به دو دســته تک مکشــه و دو مکشــه تقســیم بندی می‌نمایند. پروانـه‌هـای دو مکشـــه در پمـپ‌هـای بزرگ‌تر و بـا دبی بیشـــتر در نوع بین دو بلبرینـگ (Between Bearing) اســتفاده می‌شــوند و قابلیت کار درNPSHA های کمتر را دارند. به علاوه در این پروانه‌ها نیروی محوری شفت بسیار پایین است.



شکل ۱-۲۵: انواع آب بندها

رینگهای سایشی برای پروانه یا محفظه آب بندی بکار برده می‌شود،انها قابل تعویض بوده و از سایش پروانه یا محفظه جلوگیری میکنند. بلبرینگها غالبا زیاد بکار برده می‌شوند مگر در پمپ‌های سیرکولاتر،که یاتاقانهای موتور و پمپ از نوع بوش می‌باشد.

۸-۱- بوستر پمپ‌ها

یکی از مشـکلات رایج که در سـیسـتم لوله کشـی سـاختمان‌ها و لوله کشـی شـهری وجود دارد تنظیم نمودن فشار آب پمپاژ شده به داخل لوله‌ها می‌باشد. با توجه به این موضوع که میزان آب مصرفی دارای نوسان می‌باشد و دارای مقدار معینی نیست، بنابراین در سیستم‌های پمپاژ ثابت که چند الکترو موتور دائماً مقدار معینی آب به درون لوله‌ها پمپاژ می‌کنند با توجه به کاهش و افزایش مصرف آب فشارهای متفاوتی به لوله وارد می‌شود که این موضوع باعث ایجاد مشکلاتی در سیستم آبرسانی می‌شود. این مشکل بدین صورت است که در صورت افزایش فشار آب که حاصل فعالیت همزمان چند الکترو موتور می‌باشد، در این صورت این امکان وجود دارد لوله بر اثر فشار دچار آسیب‌ها و صدماتی شوند، همچنین بر عکس در صورتی که چند الکترو موتور همزمان خاموش شوند این امکان وجود دارد که فشار آب درون لوله کاهش یابد و آب در نقاط

مختلف شـهر و یا سـاختمان قطع شـود. برای تنظیم این فشـار کنترل شـده در درون سـیسـتم آبرسانی و پمپاژ از بوستر پمپ استفاده می‌شود.

بوستر پمپ دستگاهی یکپارچه‌ای از چندین الکترو پمپ می‌باشد که بصورت موازی به همدیگر متصـل هسـتند تا مجموع آب مصـرفی و مجموع فشـار وارد شـده بر سـیسـتم را تأمین نمایند. از موارد مصـرفی بوسـتر پمپ‌ها می‌توان به اسـتفاده در شـبکه‌های آب شـهری، مصـارف درون ساختمانی، ایجاد فشار لازم برای مصرف آب در آتش نشانی ها، آبیاری پارک‌ها و فضای سبز در شهر ها، ساختمانها، پاساژها، بیمارستان‌ها، فرودگاهها و مراکز صنعتی نام برد.

بوستر پمپ بر حسب دو فاکتور حداکثر مصرف ساعتی و حداقل فشار شبکه مصرف طراحی می‌شـود. مصـرف آب هر یک از وسـایل سـاختمانی بسـته به نوع اسـتفاده سـاختمان متفاوت می‌باشـد. نمودار آب مصـرفی بهداشـتی بوسـتر پمپ NOWAX که زیر مجموعه‌ای از بوسـتر سـازی شـرکت بزرگ EBARA ژاپن اسـت بر خلاف جدوال و نمودارهای مصـرف آب آمریکا که بسـیار بالاتر از نمودار مصـرفی آب در ایران می‌باشـد کاملاً منطبق بر نمودارهای الگوی مصرفی آب در ایران می‌باشد.

قسمتهای اصلی یک بوسترپمپ شامل: الکتروپمپ ها، شاسی اصلی، کلکتور دهش، کلکتور مکش، تجهیزات کنترل فشار، تابلوی کنترل و فرمان می‌باشد.اصلی‌ترین قسمت بوستر پمپ ها، تابلوی کنترل و تجهیزات کنترل فشار آن است.بوسترپمپ‌ها از نظر کنترل فشار آب به دو رده تقسـیم شـده اند، بوسـتر پمپ‌های دور ثابت و بوسـتر پمپ‌های دور متغیر.بوسـتر پمپ‌های دور ثابت در انواع مختلف تک پمپه، دو یا چند پمپه با جاکی پمپ و یا بدون جاکی پمپ سـاخته میشـوند. اما از لحاظ ولتاژ برق مصـرفی بوسـتر پمپ تک فاز دور ثابت ۲۲۰ ولت و سه فاز ۳۸۰ ولت و یا ترکیبی از این دو می‌باشد.

شکل ۱-۲۶: یک نمونه بوستر پمپ آبرسانی

شکل ۱-۲۷: یک نمونه بوستر پمپ آتش نشانی

در بوستر پمپ‌های نسل جدید که به صورت پیشرفته هستند، روشن و خاموش شدن الکترو پمپ‌ها به صورت ردیفی و نوبتی می‌باشد و برای کنترل فشار فقط از دو پرشرسوئیچ استفاده می‌شود. یکی از پرشر سوئیچ‌ها برای حداکثر فشار و پرشر سوئیچ دوم برای حداقل فشار تنظیم می‌شوند. با وصل شدن مدار هر یک از پرشر سوئیچ ها، خبر رسیدن فشار آب به حداقل یا حداکثر به تابلوی کنترل و فرمان بوستر می‌رسد، و تابلوی فرمان بسته به حداقل یا حداکثر بودن فشار دستورات لازم جهت روشن شدن الکتروپمپ‌ها یا خاموش شدن نوبتی الکتروموتورها را صادر می‌کند.

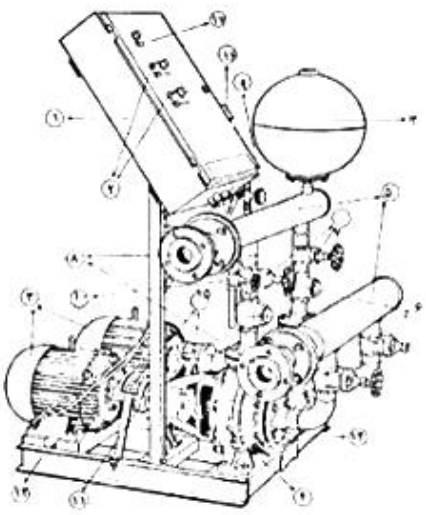
در بوستر پمپ‌های دور ثابت از چند منبع دیافراگمی با ظرفیت‌های ویژه استفاده می‌شوند. بهترین و مناسبترین ظرفیت مفید منبع دیافراگمی برای ۱۵ بار روشن و خاموش شدن هر یک از الکتروپمپ‌های بوستر پمپ، از حاصل تقسیم ظرفیت یک پمپ بر حسب لیتر در دقیقه به تعداد پمپ‌های بوستر پمپ بدست می‌آید. رلندمان منبع دیافراگمی معمولاً ٪۳۳ است لذا حجم اسمی منبع دیافراگمی۳ برابر حجم واقعی آن خواهد بود.

در مدت زمانی که یک یا چند الکترو موتور باهم روشن و فعال می‌باشند، علاوه بر تأمین آب مورد نیاز مقدار اضافی آن در دیافراگم منبع دیافراگمی ذخیره شده و باعث افزایش تدریجی فشار سیستم و رسیدن آن به فشار پرشرسوئیچ حداکثر می‌گردد که بدین وسیله دستور خاموش شدن الکترو موتورهای روشن توسط مدار فرمان صادر میگردد. البته این موضوع را نیز باید در نظر بگیریم که ممکن است مدار فرمان همه ی الکترو پمپ‌ها را خاموش نکند و تنها برخی از الکترو پمپ‌ها را خاموش نماید تا فشار از حداکثر آن کاهش یابد. پس از این حالت آب مصرفی از منبع دیافراگمی به شبکه مصرف وارد می‌شود. با مصرف آب درون دیافراگم، فشار سیستم پایین می‌آید تا به فشار پرسوئیچ حداقل برسد، در این حالت دستوری به مدار فرمان ارسال می‌شود که فشار سیستم کاهش یافته، در این شرایط مدار فرمان دستور روشن شدن الکترو پمپ‌ها را صادر می‌نماید تا فشار سیستم افزایش پیدا کند. این روند روشن-خاموش الکترو پمپ‌ها دور ثابت ادامه می‌یابد تا دستگاه به سیستم آبرسانی خود با کمترین آسیب ادامه دهد.

۱-۸-۱- بوستر پمپ دور ثابت

وظیفه بوستر پمپ دور ثابت نگه داشتن فشار لازم برای تامین شبکه مصرف با توجه به

الگـــوی متغیر مصرف می‌باشد. از این رو هنگامی که در شبکه، مصرفی وجود ندارد، فشار تغییر نمی‌کند و پمپ‌های بوستر پمپ خاموش میشوند اما به محض اینکه فشار در شبکه افت می‌کند برای جبران این افت، اولین پمپ شـــروع به کار می‌کند.اگر این پمپ قادر به تامیـن فشار نباشد پمپ‌های دیگر به همین ترتیب وارد مدار می‌شوند تا فشار را در محدوده معینی ثابت نگه دارند هنگامی که مصرف کم یا متوقف می‌شود پمپ‌ها نیز به ترتیب از مدار خارج می‌شونـــد. بنابراین پمپ‌های بوستر پمپ با توجه بـــــه الگوی مصرف به مدار وارد یا خارج می‌شوند.در ارتباط با صرفه جویی در مصرف انرژی (مصرف برق) اقدامات موثری در طراحی بوستر پمپ انجام گردیده است.



۱ــ تابلوی برق
۲ــ مخزن تحت فشار
۳ــ الکتروموتور
۴ــ پمپ
۵ــ کلکتور
۶ــ شیر یک‌طرفه
۷ــ شیرفلکه
۸ــ لرزه‌گیر
۹ــ مانومتر (شاخص فشار آب)
۱۰ــ شیر تخلیه
۱۱ــ کوپلینگ
۱۲ــ کلید راه‌انداز (دستی ــ خاموش ــ اتوماتیک)
۱۳ــ شاسی
۱۴ــ فلنج
۱۵ــ گارد محافظ کوپلینگ
۱۶ــ پرشر سوییچ
۱۷ــ چراغ اخطار (نشان‌دهنده‌ی کمبود آب مصرفی)

شکل ۱-۲۸: اجزاء یک بوستر پمپ

۱-۸-۱-۱- موارد استفاده از بوستر پمپ:

آبرسانی ساختمان‌های مختلف مانند برج‌ها، بیمارستان‌ها، مدارس، سالن‌های تفریحـــــی، ورزشی، مجتمع‌های مسکونی و آپارتمانی وتامین سیستم اطفاء حریق، مصارف کشاورزی و آبیاری وتامین آب کارخانجات و صنایع

۱-۸-۱-۲- مزایای استفاده از بوستر پمپ :

محدوده وسـیعی را از جهت تنوع مصـرف پوشـش میدهد.وقتی نوسـان‌های مصـرف کننده

بسیار زیاد باشد به جای استفاده از یک پمپ بزرگ از چند پمپ کوچک که به صورت بوستر پمپ هستند استفاده می‌شود تا بتوان بسته به نیاز تعدادی از آنها را به کار واداشت و از کار کردن بیهوده بقیه جلوگیری نمود و در نتیجه استهلاک و مصرف انرژی به حداقل می‌رسد.به دلیل اینکه بوستر پمپ از اجزای مختلف متصل به هم تشکیل شده است می‌توان با جدا کردن این اجزا بوستر پمپ را به سهولت حمل و در مکان مناسب نصب کرد. کارکرد دائمی بوستر پمپ را می‌توان با گذاشتن یک پمپ رزرو تضمین کرد که در هنگام خرابی یک پمپ، پمپ رزرو وارد مدار شود تا وقفه‌ای در کارکرد سیستم ایجاد نگردد.

۱-۲-۸- بوستر پمپ‌های دورمتغیر

آبیکی از نعمات با ارزش طبیعت می‌باشد. بوستر پمپ‌های هوشمند مقدار واقعی آب مورد نیاز را تحویل می‌نمایند تا مصرف کننده همیشه و در تمام اوقات شبانه روز بتواند آب مورد نیاز خود را با فشار کاملا ثابت در اختیار داشته باشد. از دیرباز تأمین فشار کاملاً ثابت آب با تغییرات مقدار مصرف آن یکی از مهمترین اهداف طراحان و تولید کنندگان بوسترپمپ بوده است. برای رسیدن به این هدف اولین گام، ساخت دستگاهی است که بتواند دور الکتروموتورهای (**A.C**) معمول که با برق شهر کار می‌کنند را تغییر دهد. در چند دهه اخیر همسو با پیشرفت صنایع مختلف در جهان، صنعت برق و الکترونیک نیز از جایگاه والایی برخوردار گشته و به پیشرفت‌های چشمگیری نائل آمده است. گوشه‌ای از موفقیت‌های این صنعت ساخت اینورتر است. اینورتر دستگاهی است که بوسیله آن میتوان فرکانس برق شهر را تغییر داد. در صورتیکه این برق به عنوان قدرت محرک الکتروموتورها مورد استفاده قرار گیرد، میتوان دور آنها را متناسب با فرکانس برق خروجی از اینورتر تغییر داد. یکی از رایج‌ترین موارد استفاده اینورترها که برای اغلب مهندسین تأسیسات شناخته شده است استفاده از اینورتر در ساخت آسانسورهای دور متغیر است. در صورتیکه از این خاصیت اینورتر برای کنترل دور الکتروپمپ‌های بوستر پمپ استفاده شود میتوان بوستر پمپ‌های دور متغیر تولید نمود. در چند دهه اخیر استفاده از بوستر پمپ‌های دور متغیر در کشورهای پیشرفته صنعتی رایج بوده است. در این بوستر پمپ‌ها از الکتروپمپ‌هایی استفاده می‌شود که هر یک از آنها به اینورتر مجهز است. در ایران نیز

طراحی و تولید بوستر پمپ‌های دور متغیر با استفاده از الکتروپمپ‌های معمول موجود در بازار با قیمت قابل رقابت با بوستر پمپ‌های دور ثابت آغاز گردیده است. کلیه تجهیزات این بوستر پمپ‌ها بجز تابلوی کنترل و فرمان و سنسور فشار آن، مشابه بوستر پمپ‌های دور ثابت است. تشابه قسمت‌های مکانیکی موجب میگردد تا به سهولت بتوان با استفاده از تابلوی کنترل و فرمان دور متغیر و سنسور فشار مربوطه، بوسترپمپ‌های دور ثابت موجود را به بوسترپمپ‌های دور متغیر تبدیل نمود.

در تابلوی برق بوستر پمپ برای کار دستی هر یک از الکتروپمپ‌ها به منظور راه اندازی بوستر پمپ و استفاده موقت دستی از الکتروپمپ‌های بوستر پمپ به هنگام خرابی احتمالی سیستم اتوماتیک، همچنین راه اندازی اتوماتیک بوستر پمپ، کلیدهای لازم پیش بینی شده است. در بوستر پمپ‌های دور متغیر برخلاف بوستر پمپ‌های دور ثابت که الکتروپمپ‌های آن بصورت آنی روشن و خاموش میشوند، روشن و خاموش شدن الکتروپمپ‌ها کاملا نرم و تغییرات دور آنها به تدریج و با تغییرات مصرف آب صورت می‌گیرد. تغییر تدریجی دور الکتروپمپ‌ها موجب ثابت بودن کامل فشار سیستم می‌گردد که شاخص اصلی بوستر پمپ‌های دور متغیر است. بوستر پمپ‌های دور متغیر دارای مزایای فوق العاده دیگری نیز می‌باشند، از جمله :

۱. کاهش فضای اشغال موتورخانه با کوچکتر شدن حجم منبع دیافراگمی و سایز پمپ ها
۲. کاهش استهلاک کوپلینگ‌ها و قطعات متحرک الکتروپمپ ها
۳. افزایش عمر مفید بوستر پمپ و اجزا تشکیل دهنده آن
۴. کاهش هزینه‌های سرویس و نگهداری
۵. کاهش هزینه‌های مستمر برق مصرفی تا ۳۰ ٪ بدلیل متناسب بودن شدت جریان برق مصرفی
٦. حذف ضربه قوچ در شبکه مصرف به دلیل روشن و خاموش نشدن آنی الکتروپمپ‌ها
۷. ثابت بودن کامل فشار سیستم و عدم نیاز به ذخیره سازی آب درحد فاصل دو فشار در مقایسه با بوستر پمپ‌های دورثابت.

با دور الکتروموتور و حذف شدن جریان راه اندازی در مقایسه با بوستر پمپ‌های دور ثابت به هنگام روشن شدن آنی الکتروپمپ‌ها تابلو برقهای تمام اتوماتیک دارای قابلیت برنامه

ریزی هستند تا بتوان شرایط کاری بوستر پمپ را متناسب با الگوی مصرف آب برنامه ریزی و تنظیم نمود. از مهمترین برنامه‌های کنترل، می‌توان به مورد زیر اشاره نمود :

تعویض نوبتی پمپ‌ها(CHANGE OVER) که موجب میگردد تا کلیه الکتروپمپ‌ها به یک اندازه کار کنند و استهلاک سیستم کاهش یابد.حداقل فاصله زمانی روشن شدن متوالی الکتروپمپ‌ها از یکدیگر، که از روشن شدن همزمان الکتروپمپ‌ها به هنگام نیاز جلوگیری می‌نماید و حداقل فاصله زمانی خاموش شدن متوالی الکتروپمپ‌ها از یکدیگر، موجب میگردد تا در زمان افزایش فشار، همه الکتروپمپ‌ها با یکدیگر خاموش نگردند.تعویض نوبتی پمپ‌ها در حالت کار یک الکتروپمپ از بوستر پمپ باعث می‌شود تا در مصارف کم آب، برای ساعت‌ها یک الکتروپمپ بطور مداوم کار نکند و به ترتیب با سایر الکتروپمپ‌ها تعویض شود.

۹-۱- سیستم کنترل بوستر پمپ‌های دور متغیر

در نوع اول، مدار کنترل و فرمان باید طبق برنامه قادر به تعویض مدار برق شهر و مدار برق اینورتر به هر یک از الکتروپمپ‌ها بر اساس تعویض کار نوبتی الکتروپمپ‌ها باشد. در مدار قدرت اینگونه بوستر پمپ‌ها برای هر الکتروپمپ دو مدار قدرت پیش بینی شده است. مدار قدرت با برق شهر و مدار قدرت با برق خروجی از اینورتر. جهت جلوگیری از بسته شدن همزمان دو مدار قدرت مذکور به یک الکتروپمپ میتوان علاوه بر پیش بینی‌های لازم در برد کنترل و فرمان، جهت امنیت بیشتر از دستگاههای مکانیکی از قبیل قفل کن، بین دو کنتاکتور دو مدار قدرت هر الکتروپمپ استفاده ه نمود. در بوسترپمپ‌های دور متغیر به جای پرشرسوئیچ‌های مورد استفاده در بوستر پمپ‌های دور ثابت از یک دستگاه پرشر ترانسمیتر استفاده می‌شود. پرشر ترانسمیتر وسیله‌ای است که در هر لحظه فشار بوستر پمپ را حس نموده و مقدار آن را بصورت شدت جریان از ۴ تا ۲۰ میلی آمپر به مدار کنترل منتقل می‌نماید. ترانسمیترها با دامنه فشارهای مختلف ساخته می‌شوند. برای حساسیت بیشتر سیستم نسبت به تغییرات فشار ترانسمیتر باید دامنه فشار مورد نیاز بوستر پمپ را داشته باشد.

در بخش کنترل و فرمان تابلوی برق بوستر پمپ میتوان از یک عدد PLC استفاده کرد که بر اساس مقدار فشار مورد نیاز بوستر پمپ تنظیم میگردد. در صورتیکه فشار سیستم کمتر از فشار لازم باشد فرمانی صادر می‌شود که موجب افزایش فرکانس اینورتر می‌گردد. افزایش

فرکانس برق خروجی از اینورتر موجب افزایش دور الکتروپمپ تا حدی می‌گردد که فشـــار سیستم را به فشار تنظیم شـــده برساند و در صورتیکه فشار سیستم بالاتر از فشار مورد نظر باشد عکـس این عمل اتفاق می‌افتد تا همیشه فشار سیستم ثابت بماند.

تغییرات فشار مذکور نامحسوس و در حد دهم متر فشار ستون آب است. لذا فشار سیستم دائماً ثابت می‌باشد. شروع راه اندازی بوستـــــر پمپ با چرخش نرم الکتروپمپ شماره ۱ و افزایش تدریجی دور آن برای تأمین مصرف آب لحظه‌ای شبکه مصرف صورت می‌گیرد. با افزایش تدریجی مصـــــــــرف آب دور الکتروپمپ مذکور به همان نسبت همزمان با افزایش فرکانس برق خروجی از اینورتر افزایش می‌یابد تا بدانجا که فرکانس برق خروجی از اینورتر به فرکانس برق شهر برسد.

در این زمان دور الکتروموتور و آبدهی آن در فشار مورد نظر به حداکثر رسیده است. از این لحظه الکتروموتور مذکور با همان دور با برق شـــهر کار خواهد نمود و اینورتر در مدار الکتروپمپ شماره ۲ قرار می‌گیرد و فرکانس آن به نرمی از صفر به حدی افزایش می‌یابد که اضافه مصرف آب را نسبت به حداکثـــر آبدهی یک پمپ تأمین نماید. با افزایش مصرف آب روشن شدن الکتروپمپ‌های بوستـــر پمپ بـــه همین ترتیب تا آخرین پمپ ادامه می‌یابد. در صورت کاهش مصرف آب، فرکانس برق خروجی از اینورتر و دور الکتروپمپـــــــی که در مدار آن قرار دارد به تدریج کاهش می‌یابد تا فرکانس اینورتر و دور الکتروپمـــــپ به صـفر برسـد. در این لحظه الکتروپمپی که ابتدا در مدار اینورتر قرار گرفته بود مجدداً برای مصـرف از مدار برق شهر جد ا و در مدار برق اینورتر قرار می‌گیرد تا دور آن توسط اینورتر تنظیـــم شـود. به مرور با کاهش مصـرف آب این الکتروپمپ نیز متوقف و از مدار خـــارج می‌شـود و الکتروپمپ بعـــــدی با برنامه CHANGE OVER، مشـــابه این پمپ در مدار اینورتر قرار می‌گیرد. در صورتیکه کاهش مصرف به همین منوال ادامه یابد و مصرف آب به صفر برسد، کلیه الکتروپمپ‌ها متوقف خواهند شد.

در بوستر پمپ‌های پیشرفته اعم از دور ثابت و یا دور متغیر به لحاظ هوشمند بودن میتوان از سیسـتم خبر دهنده نیز اسـتفاده کرد. سیسـتم خبر دهنده با نشـان دادن کدهای خاص عددی یا حروفی و یا هر دو قادر است وجود عیب را در هر یک از تجهیزات تابلویی، سنسور فشار و حتی شبکه مصرف نشان دهد و همزمان با آن با تحریک یک آژیر یا چراغ چشمک زن در محل مناسب از قبیل اطاق نگهبانی یا اطاق تأسیسات وجود عیب را خبر دهد. وجود

سیستم عیب یاب و خبر دهنده، شخص تعمیـر کار را بدون فوت وقت به محل عیب هدایت می‌نماید و از بهم ریختن تابلوی برق برای عیب یابی جلوگیری می‌کند. وجود سیستم عیب یاب موجب میگردد تا برای تعمیر و نگهداری بوستر پمپ بتوان از افراد با تخصص پائین‌تر استفاده نمود. برای رفع عیب تابلویی کافی است که با خاموش کردن کلید برق مدار معیوب، جریان برق آن را قطع و تعمیرات لازم را انجام داد و در صورتیکه خرابی مربوط به الکتروپمپ باشد، با اقدامی مشابه پس از قطع جریان برق نسبت به تعمیر آن اقدام نمود، بدون اینکه اختلالی در کار نرمال بوستر پمپ در حال تعمیر پیش بیاید. به عبارتی بوستر پمپ بر اساس برنامه و بدون در نظر گرفتن بخش معیوب به کار خود ادامه می‌دهد. نوع دوم سیستم کنترل دور متغیر بدین صورت است که با شروع مصرف ابتدا یکی از پمپ‌ها روشن میگردد و با تغییر سرعت پمپ اول فشار آب مصرفی ثابت نگه داشته میشود.

اگر مصرف آب بیشتر شود پمپ دوم بصورت اتوماتیک روشن می‌گردد و به همین ترتیب پمپ‌های بعدی می‌توانند روشن شوند تا فشار مصرفی همیشه ثابت بماند. اگر مصرف آب کاهش یلبد پمپ‌ها بصورت اتوماتیک و به ترتیب متناسب با کاهش مصرف خاموش می‌گردند.اگر مصرف آب کاملا قطع شود سیستم بوستر پمپ کاملا خاموش شده و به حالت آماده بکار می‌رود و با شروع مصرف دوباره روشن می‌گردد. در مدار قدرت اینگونه بوستر پمپ‌ها برای هر الکتروپمپ یک مدار قدرت پیش بینی شده است. پمپ اول دارای مدار قدرت با برق خروجی از اینورتر و سایر پمپ‌ها دارای مدار قدرت با برق شهر می‌باشند. این سیستم نیز کاملا بصورت بهینه، نرم و بی صدا کار می‌نماید و از استهلاک بیش از حد پمپ‌ها جلوگیری کرده و باعث صرفه جویی در مصرف انرژی و افزایش عمر تجهیزات می‌گردد.

۱-۸-۱-۳- انواع بوستر پمپ از نظر تعداد پمپها:

بوستر پمپ‌ها از نقطه نظر تعداد پمپ به دو دسته تک پمپه و دو یا چند پمپه طبقه بندی می‌گردند.

۱-۸-۱-۴- بوستر پمپ تک پمپه:

بوستر پمپ تک پمپه جهت مصارف آب بهداشتی کم و متوسط در شبکه‌های آبرسانی کاربرد دارد. این نوع بوستر پمپ کاملا یکپارچه بوده و برای استفاده کافی است که کلکتور ورودی آن به منبع تغذیه آب و کلکتور خروجی آن به شبکه مصرف متصل شده و برق مورد نیاز تابلوی کنترل و فرمان آن تامین گردد.بوستر پمپ‌های دو یا چند پمپه دور ثابت به دو دسته با الکتروپمپ پیشرو (جاکی پمپ) و بدون الکتروپمپ پیشرو طبقه بندی می‌گردند.

۱-۸-۱-۵- بوستر پمپ با الکتروپمپ پیشرو :

این بوستر پمپ‌ها از یک الکتروپمپ پیشرو (جاکی پمپ) و یک یا چند الکتروپمپ اصلی تشکیل می‌شوند که در آن ظرفیت الکتروپمپ پیشرو کمتر از الکتروپمپ‌های اصلی است ولی فشار آن با فشار الکتروپمپ‌های اصلی برابر است.

۱-۸-۱-۶- بوستر پمپ بدون الکتروپمپ پیشرو :

این بوستر پمپ‌ها از دو یا چند الکتروپمپ اصلی با مشخصات یکسان ساخته می‌شوند.

۱-۸-۱-۷- مؤلفه‌های بوستر پمپ :

بوستر پمپ‌ها بر اساس دو مؤلفه اصلی حداکثر مصرف آب و حداقل فشار طراحی می‌شوند و نوسانات ساعتی مصرف آب نیز عامل موثر در تعیین مشخصات آن می‌باشد.

۱-۸-۱-۸- انواع پمپ‌ها در بوستر پمپ از جهت کارکرد

پمپ‌ها با توجه به کارکرد خود در بوستر پمپ به سه نوع تقسیم می‌شوند :

۱-۸-۱-۸-۱ پمپ اصلی (MAIN PUMP)

پمپ یا پمپ‌هایی که وظیفه تامین هد و دبی کل سیستم را دارند.

۱-۸-۱-۸-۲- پمپ جاکی (JOCKEY PUMP)

هنگامی که دبی مورد نیاز یک سیستم زیاد باشد معمولا از پمپ‌های بزرگ استفاده می‌گردد و به تبع آن موتورهای محرک نیز انرژی زیادی برای به حرکت در آوردن پمپ نیاز دارند. در الگوی مصرف، زمان‌هایی وجود دارد که دبی درخواستی کم می‌باشد و

می‌توان این دبی را با یک پمپ کوچک تامین کرد و نیـــــــازی به استفاده از پمپ بزرگ نیست (تقاضای آب در حالت عادی کمتر از ۲۰ درصد تقاضا در ساعات اوج مصرف بوده و این شـرایط در بیش از ۷۰ درصـد زمان مصـرف حاکم اسـت). به همین دلیل برای صـرفه جویی در مصـرف انرژی و همچنین کاهش اسـتهلاک پمپ‌های بزرگ پمپی با ظرفیت آب دهی کمتر از پمپ اصلی انتخاب می‌کنند تا برای مصارف کم فقط این پمپ روشن شود و نیاز سیستم را برآورده کند. نام این پمپ جاکی پمپ یا پمپ پیشرو است. برای حالتی که آبریزش در پمپ‌ها و افت تدریجی فشار در سیستم (LEAKAGE) وجود دارد از جاکی برای تامین مجدد فشار استفاده می‌شود.

۳-۸-۱-۸-۱-پمپ رزرو (STANDBY PUMP)

معمولا در مکان‌هایی که آبرسانی امری ضروری است و وقفه در آن باعث ایجاد مشکلاتی می‌شود (مانند بیمارستان ها، کارخانجات و ...) پمپی را روی بوستر پمپ قرار می‌دهند تا در صورت خراب شدن یا توقف یکی از پمپ‌ها این پمپ وارد مدار شود و وقفه‌ای در آبرسانی ایجاد نگردد. این پمپ را پمپ رزرو می‌نامند. در بوستر پمپ‌هایی که بـــــرای آتش نشانی بکار می‌روند حتما باید یک پمپ رزرو روی بوستر پمپ تعبیه گردد.

۱-۸-۱-۹- اجزای تشکیل دهنده بوستر پمپ :

اجزای اصلی مشترک بوستر پمپ دور ثابت و دور متغیر عبارتند از :

مجموعه الکتروپمپ ها

بخش مکش

بخش دهش

شاسی اصلی

سایر اجزای اصلی

عملکرد بوستر پمپ‌های دور ثابت توسط تابلوی کنترل و فرمان دور ثابت، منبع دیافراگمی و پرشر سوئیچ‌های حداقل و حداکثر فشار کنترل می‌شود.

۱-۹-۱-۸-۱- الکتروپمپ :

در اکثر قریب به اتفاق بوستر پمپ‌ها از الکتروموتور به عنوان محرک پمپ استفاده می‌شود. دو یا چند الکتروپمپ که به صورت موازی روی یک شاسی اصلی در کنار یکدیگر قرار دارند،

مجموعه الکتروپمپ‌های یک بوستر پمپ را تشکیل می‌دهند. مقدار توان مصرفی الکتروموتور بستگی به پمپ دارد. برای الکتروموتور باید نوع عایق بندی مناسب را لحاظ کرد تا در مناطق مختلف و شرایط متفاوت جوابگو باشد. الکتروموتور از نظر مسائل ایمنی (**IP**) نیز باید قابل اطمینان باشد.

۲-۹-۱-۸-۱- بخش مکش :

بخش مکش بوستر پمپ شامل یک کلکتور لوله‌ای است که به واسطه شیرآلات و اتصالات مورد نیاز به مکش الکتروپمپ‌ها و خروجی مخزن ذخیره آب متصل می‌گردد. شیرآلات و اتصالات این بخش عبارتند از :

شیر قطع و وصل

صافی

لرزه گیر

فلنج

۳-۹-۱-۸-۱- بخش دهش :

بخش دهش نیز یک کلکتور لوله‌ای است که به وسیله شیرآلات و اتصالات لازم از خروجی الکتروپمپ به شبکه مصرف متصل می‌شود. شیرآلات این بخش نیز عبارتند از :

شیر قطع و وصل

شیر یکطرفه

لرزه گیر

فلنج و مهره ماسوره

مغزی و تبدیل

۴-۹-۱-۸-۱- کلکتور مکش و دهش :

ورودی پمپ‌ها به کلکتور مکش متصل می‌شوند و سیال از طریق این کلکتور وارد پمپ‌ها می‌شود. خروجی پمپ‌ها از طریق اتصالات و شیر آلات و فلنج‌ها به کلکتور دهش متصل می‌شوند و سیال از طریق این کلکتور خارج می‌شود. در مصارف آبرسانی کلکتورها باید گالوانیزه باشند تا از نظر بهداشتی مورد تائید باشد. در سیستم‌های آتش نشانی کلکتورها باید از نوع بدون درز و قادر به تحمل فشار بالا باشند.

۵-۹-۱-۸-۱- شیر فلکه :

هنگامی که بخواهیم یکی از پمپ‌ها را برای تعمیر یا به هر دلیل دیگری از مدار خارج کنیم از شـــیرهای فلکه برای قطع جریان ســـیال اســـتفاده می‌کنیم. معمولا برای ابعاد بزرگ از شیرفلکه‌های چدنی و برای ابعاد کوچک از شیرفلکه‌های برنجی استفاده می‌شود.

۶-۹-۱-۸-۱- شیر یکطرفه :

برای جلوگیری از برگشـــت آب به پمپ و جلوگیری از صدمه رساندن ضربه قوچ احتمالی از شیر یکطرفه استفاده می‌کنند.

۷-۹-۱-۸-۱- صافی :

در بسیاری موارد سیال مورد استفـــــاده برای مصرف، حاوی ذرات ریز یا اجسامی است که حتما باید از ورود آنها به پمپ جلوگیری به عمل آید تا به پمپ صـدمه‌ای نرسـد. بنابراین از صافی برای این منظور استفاده می‌شود. در سیستم‌های آتش نشانی توصیه می‌شود که برای هر کـــــــدام از پمپ‌ها یک صافی جداگانه در نظر گرفته شود تا در صورت بسته شدن یک خط، بقیه پمپ‌ها به کار خود ادامه دهند.

۸-۹-۱-۸-۱- لرزه گیر :

به دلیل اینکه بتوانیم ارتعاش بوستر پمپ را به شبکه لوله کشی منتقل نکنیم از لرزه گیر در کلکتور مکش و دهش اســـتفاده می‌کنیم. هنگامی که دبی خروجی از پمپ‌ها زیاد شـــود ارتعاش در بوستر پمپ نیز زیاد می‌شود و به همین دلیل از لرزه گیر بصورت جداگانه در هر خط بوستر پمپ یعنی در ورودی و خروجی هر پمپ استفاده می‌شود.

۹-۹-۱-۸-۱- تابلوی برق و کنترل :

تابلوی برق وسیله‌ای است که سیستم مکانیکی و الکتریکی را هماهنگ می‌نماید. طراحی مناسب تابلو می‌تواند نقش به سزایی در کارکرد مطلوب بوستر پمپ د اشته باشد. تابلوهای فرمان باید الکتروموتورها و پمپ‌ها را از خطرات احتمالی نظیر نوسانات شدید در شبکه برق و خشک کار کردن پمپ‌ها و غیره محافظت کنند. همچنین تابلو باید از نظر ایمنی نیز مورد تائید باشـد. وظیفه کنترلر (PLC) این اسـت که بوسـتر پمپ را طوری کنترل کند که در شـبکه مصـرف، فشـار و دبی مطلوب ایجاد گردد و اسـتهلاک نیز در پمپ‌ها بطور مسـاوی تقسیم گردد.

۱۰-۹-۱-۸-۱- پرشر سویچ :

در بوستر پمپ‌های دور ثابت از پرشر سوئیچ برای کنترل فشار حداقل و حداکثر سیستم استفاده می‌شود و مقدار محدوده فشار مجاز کاری بوستر پمپ را برای واحد کنترل با استفاده از پرشر سوئیچ معین می‌کنیم.

۱۱-۹-۱-۸-۱- پرشر ترانسمیتر :

در بوستر پمپ‌های دور متغیر برای کنترل کاملا ثابت فشار آب فقط یک پرشر ترانسمیتر بکار میرود.

۱۲-۹-۱-۸-۱- مانومتر :

برای اندازه گیری فشار ورودی بوستر پمپ، فشار خروجی بوستر پمپ وفشار تک تک پمپ‌ها از مانومتر استفاده می‌شود.

۱۳-۹-۱-۸-۱- اتصالات تبدیلی و فلنج‌ها :

برای اتصال قطعات مختلف بوستر پمپ به هم از اتصالات و فلنج‌ها استفاده می‌شود که بنا به نوع و حجم بوستر پمپ از اتصالات و فلنجهای جوشی یا دنده‌ای استفاده می‌شود.

۱۴-۹-۱-۸-۱- شاسی :

برای یکپارچه نمودن بوستر پمپ، مجموعه الکتروپمپ ها، بخش مکش، بخش دهش و تابلوی کنترل و فرمان بر روی یک شاسی اصلی نصب می‌گردند. پمپ‌ها و الکتروموتورها باید روی یک شاسی مناسب قرار گیرند تا از ارتعاش و حرکت آنها جلوگیری کند. مقاومت شاسی و نوع آن بستگی به وزن و حجم الکتروموتورها و پمپ‌های مصرفی در بوستر پمپ دارد.

۱۵-۹-۱-۸-۱- کوپلینگ :

اگر پمپ و الکتروموتور با سیستم کوپلینگ در خارج از پمپ کوپله گردد برای اتصال پمپ به الکتروموتورنیاز به کوپلینگ می‌باشد. این کوپلینگ متناسب با قطر شافت الکتروموتور و پمپ می‌باشد. استفاده از گارد کوپلینگ برای رعایت مسائل ایمنی اجباری است.تمام قطعات بکار گرفته شده در بوستر پمپ باید از نوع استاندارد بوده و استانداردهای مربوط به آبرسانی و آتش نشانی در بوستر پمپ باید رعایت شود. همچنین تمام قطعات باید با ضریب اطمینان در نظر گرفته شده بتوانند فشار ایجاد شده توسط پمپ را تحمل نمایند.

۱۶-۹-۱-۸-۱- مخزن دیافراگمی :

آب سیالی است با درصد تراکم نزدیک به صفر و بطور عملی غیرقابل تراکم و از آنجا که در خطوط پمپاژ همواره می‌بایست تداوم جریان سیال برقرار باشد (Continuity) تا عمل ازدیاد فشار و انتقال توسط پمپ انجام گیرد و با توجه به غیر قابل تراکم بودن آب، باید بخشی از سیستم پمپاژ بصورت ارتجاعی قابلیت جذب انرژی بصورت فشار یا کشش را دارا باشد. مخازن دیافراگمی این قابلیت را دارند که آب را تحت فشار معینی ذخیره نموده و در صورت نیاز دوباره آن را به سیستم باز گردانند. تحت فشار بودن دائمی سیستم پمپاژ می‌تواند عملکرد صحیح پرشر سوئیچ (Pressure Switches) را نیز تضمین نماید. تحقیقات نشان می‌دهد که وجود مخزن دیافراگمی در جلوگیری از بوجود آمدن تنش‌های بزرگ در اثر پدیده ضربه قوچ آب الزامی است. از طرف دیگر برای جلوگیری از ازدیاد روشن و خاموش شدن پمپ‌ها سعی می‌شود حجم مخزن دیافراگمی را قدری بزرگتر از حداقل مورد نیاز برای نگهداری فشار انتخاب نمایند تا مصارف کوچک از محل ذخیره مخزن تامین گردد و سپس در صورت نیاز به مقادیر بیشتر، با روشن شدن پمپ‌ها آب مورد نیاز تامین شده و ضمنا آب تخلیه شده از مخزن نیز دوباره جایگزین شود.هر چند این وظیفه را می‌توان به پمپ جاکی نیز محول نمود تا مصارف کوچک را پاسخگو باشد اما به دلایلی که ذکر شد ترکیبی از پمپ جاکی و مخزن دیافراگمی توصیه می‌شود که باعث جلوگیری از روشن و خاموش شدن‌های مکرر پمپ‌های اصلی گردد.

منابع:

[۱]- هیدرولیک صنعتی (شناسایی و کاربرد) در دو جلد، ترجمه و تالیف: مهندس احمد رضا مدینه - مهندس حسین دلایلی

[۲]- هیدرولیک و پنوماتیک، تالیف: هری ل. استوارت، ترجمه: تیمور اشتری نخعی

[۳]- پمپ و پمپاژ' تالیف دکتر سید احمد نوربخش

فصل دوم: منحنیهای مشخصه و نکات مهم در منحنی همپوشانی پمپ‌ها

استفاده از پمپ‌های جابجایی مثبت برای ظرفیتهای پایین و هدهای بالا است. کاربردشان اینگونه است که راندمان آنها باید توسط تولید کننده پمپ تعیین شود. راندمان پمپ‌های جابجایی مثبت از پمپ‌های بسیار کوچک تا پمپ‌های بسیار بزرگ بالا است. انرژی مصرف شده توسط این پمپ‌ها بسیار کم است و فهم این موضوع بسیار شگفت انگیز است. تحقیقات فراوانی برای کار این پمپ‌ها در محدوده راندمان بهینه صورت گرفته است.این تحقیقات منجر به کشف منحنیهای مشخصه گردید.در صورتی که پمپهای سانتریفوژ در محدود گسترده ای برای تامین دبی و هد بکار می روند و این از منحنی مشخصه آنها پیدااست.

۲-۱- منحنیهای مشخصه و خصوصا هد-دبی پمپهای سانتریفوژ

برای هر پمپ با داشتن دو متغیر از میان متغیرهای هیدرولیکی شامل دبی' هد و NPSH و یک متغیر از میان متغیرهای مکانیکی سرعت دورانی و توان مصرفی' شرایط کاری پمپ کاملا بدست می آید و منحنی های هد' توان مصرفی' راندمان و NPSH به ازای یک دور مشخص از طرف سازندگان برای آن پمپ ارائه می گردد.پس به ازای یک متغیر مکانیکی دور و یک پارامتر هیدرولیکی دبی پارامترهای ارتفاع' توان' راندمان و NPSH مورد نیاز پمپ بدست آمده که با نقطه یابی آنها بر حسب دبی عبوری از پمپ منحنیهایی بدست می آید که منحنی مشخصه نام دارند. یعنی مثلا هد در دبی صفر که هد ماکزیمم تولیدی پمپ است و هد در دبی یک' ده' صدو هزار gpm بدست آمده و از وصل کردن این نقاط منحنی مشخصه هد-دبی بدست می آید.

سازندگان پمپ‌های گریز از مرکز همواره علاقمندند که منحنی مشخصه پمپ‌ها را طوری تهیه و در اختیار خریداران قرار دهند که به خواص فیزیکی مایع مورد پمپاژ (بویژه وزن مخصوص) بستگی نداشته باشد. برای این منظور بجای استفاده از فشار از اصطلاحی به نام

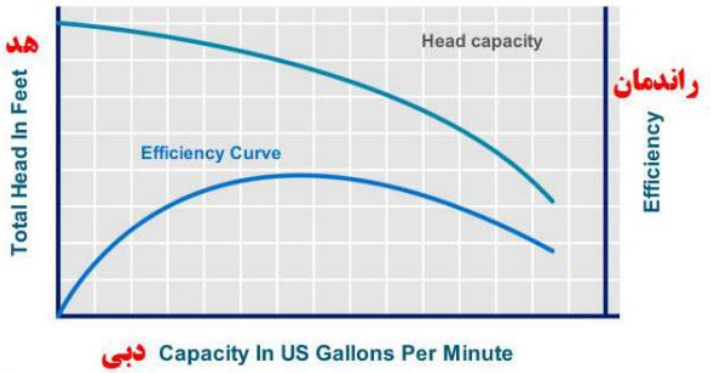
ارتفاع یا هد پمپ (Head)استفاده می‌شود.

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

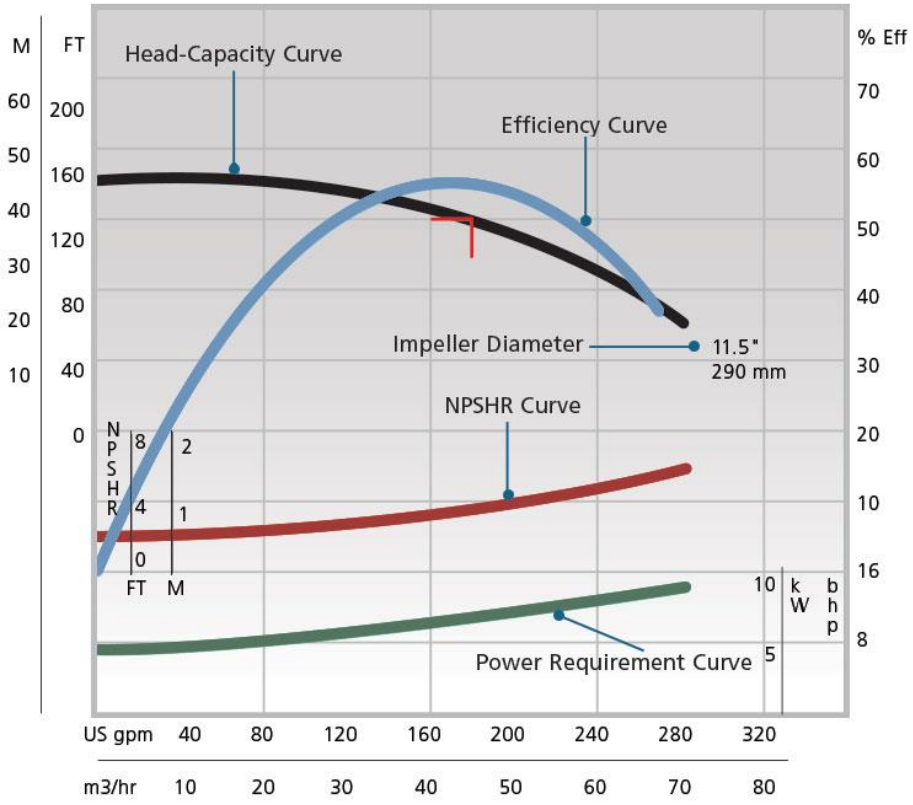
که در این رابطه P فشار بر حسب پاسکال، ρ چگالی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب و g شتاب ثقل است. H هد بر حسب متر می باشد.

در پمپ‌های گریز ازمرکز در صورت ثابت بودن قطر و سرعت دورانی پروانه مقدار انرژی که به واحدوزن مایع داده می‌شود مقداری ثابت بوده و مستقل از وزن مخصوص آن می‌باشد. به همین خاطر در بیان عملکرد پمپ‌های گریز ازمرکز منحنی مشخصه آن بصورت منحنی H-Q(هد-دبی) استفاده می‌گردد. فرض می‌شود که ستونی از آب سرد با وزن مخصوص واحد ساخته شود. برای اعمال یک بار (۱bar) فشار ستون فوق باید حدود ۲/۱۰ متر ارتفاع داشته باشد.بدیهی است که اگر وزن مخصوص مایع از آب بیشتر باشد ارتفاع فوق کاهش می‌یابد.

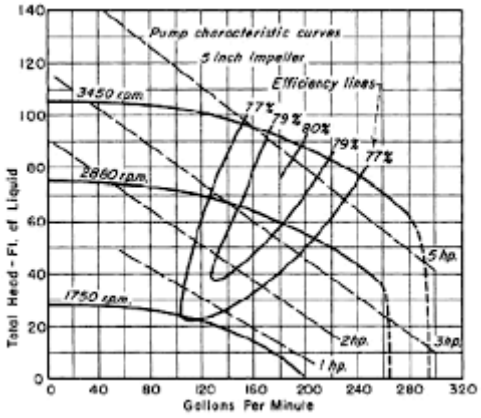
لازم به ذکر است که منحنی مشخصه پمپ‌های گریز از مرکزمنحنی (H-Q)عموماً برای آب تهیه می‌شود. هرچند که منحنی فوق به وزن مخصوص مایع مربوط نمی‌باشد ولی با توجه به تأثیر ویسکوزیته برروی عملکرد دینامیکی پمپ‌های گریزازمر کز منحنی مشخصه ارائه شده برا ی مایعاتی با ویسکوزیته بیشتر از ویسکوزیته آب صادق نبوده و فقط در نقطه (Shut Off Q=۰) که سیستم حالت استاتیکی دارد ارتفاع قابل دسترس برای مایعات مختلف یکسان می‌باشد ولی در سایر مقادیر دبی به لحاظ عملکرد دینامیکی پمپ منحنی مشخصه آن با منحنی مشخصه پمپ در حالت انتقال آب مغایرت داشته و باید اصلاح شده که در این صورت کارآئی پمپ کاهش می‌یابد. در شکل های زیر منحنی هد-دبی برای توربو پمپها آورده شده است:



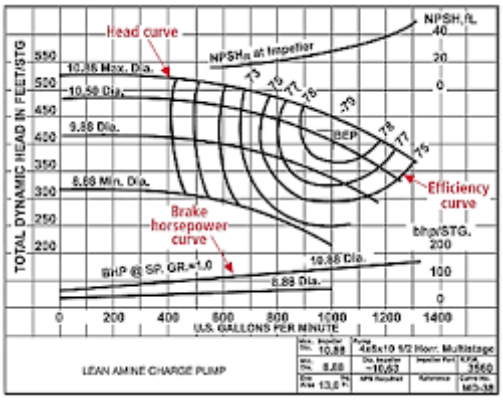
شکل ۲-۱: منحنی های هد-دبی و راندمان-دبی یک توربوپمپ سانتریفوژ



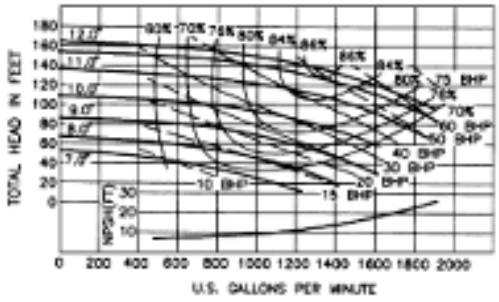
شکل ۲-۲: منحنی هد-دبی و راندمان-دبی ' NPSH-Q و توان-دبی یک پمپ سانتریفوژ



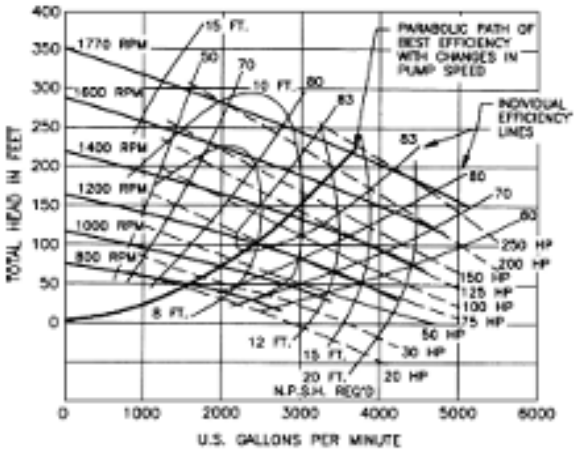
شکل ۲-۳ : تغییرات منحنی هد-دبی با دور موتورهای مختلف



شکل ۲-۴ : افزایش هد با افزایش قطر پروانه



a. Head-flow curves for a constant-speed pump.



b. Head-flow curves for a variable-speed pump.

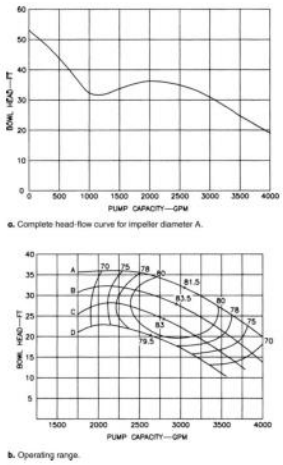
شکل ۲-۵: a) منحنی هد-دبی برای پمپ‌های با سرعت ثابت b) منحنی هد-دبی برای پمپ‌های

با سرعت متغیر

منحنی هد-دبی منحنی ای کاهنده اســت یعنی در نقطه بدون جریان پمپ بیشــترین هد راتولید کرده و با افزایش دبی هد آن کمتر می شــود. با افزایش دور یا قطر پرولنه منحنی هد- دبی به سـمت بالا حرکت کرده و یکی از راههای تئوری بالا بردن هد پمپ افزایش دور یا قطر پروانه آن است. این نکته در شکل ۲-۳ و ۲-۴آورده شده است.

۲-۲- منحنی هد-دبی پمپ‌های محوری

بسـیاری از پمپ‌های بکار رفته در تاسـیسـات دارای سـرعت دورانی ثابت ۱۴۵۰ یا ۲۹۰۰ rev/min هسـتند. این منحنی‌ها از تسـت دینامومتر در کارخانه تولید پمپ بدسـت می‌ایند. سـازندگان پمپ منحنی هد-دبی مربوطه را در سـرعتهای بالا بدسـت آورده اند.منحنی‌های هد-دبی دارای شـکلهای متعدد بسـته به سـرعت مخصـوص هسـتند. شـکل a برای پمپی با سـرعت دورانی متوسـط ۱۵۶۰ است و منحنی مشـخصـه continuously rising نام دارد زیرا که هد بطور پیوســته تا قطع دبی افزایش می‌یابد. پمپ‌های با ســرعت مخصــوص بالا نظیر پمپ‌های جریان مختلط یا محوری می‌توانند دارای منحنی هد-دبی مشابه شکل a باشند.



شکل ۲-۶: منحنی‌های هد-دبی برای یک سرعت مخصوص بالا برای پمپ جریان محوری

معمولا سـازندگان پمپ کاتالوگ منحنی هد پمپ برای کلیه سـرعتهای دورانی برای پمپی نظیر پمپ محوری شــکل a را ارائه نمی‌کنند. فقط بخش ســمت راســت این منحنی در

کاتالوگهای پمپ ارائه می‌شود، مشابه شکل b. این پمپ‌ها بدلیل اینکه در چندین دبی در یک هد ثابت کار می‌کنند نیازمند مراقبتهای خاصی هستند. هنگامیکه پمپ از یک سرعت به سرعت دیگری شیفت پیدا کند لرزش و ارتعاش در خودش و سیستم لوله کشی متصل شده به آن را ایجاد میکند. فقط مهندسان ماهر این پمپ‌ها می‌توانند اینچنین پمپ‌های بزرگی را انتخاب و محاسبه کنند.

منحنی هد- دبی‌ای که هد موجود برای پمپهای سانتریفوژ را ارائه می‌کند با در نظر گرفتن تمام افتهای هد از منحنی هد- دبی پمپ محوری ای که در سرعت مشخص کار کرده و دارای پروانه‌ای با قطر مشخص است متفاوت می‌باشد.منحنی پمپ سانتریفوژ منحنی ای نزولی است ولی منحنی پمپ های محوری مشابه شکل ۲-۶ نزولی-صعودی است و از آنجا که پمپ فقط وقتی پایدار کار می کند که شیب منحنی هد-دبی منفی باشد پس پمپهای محوری در برخی بخشهای منحنی مشخصه خود نمی توانند کار کنند یعنی بخشهایی که شیب منحنی هد-دبی مثبت باشد.

۲-۳- منحنی راندمان توربو پمپها

هر توربوپمپی در هر دبی ای بازای یک سرعت دورانی مشخص دارای راندمان مشخصی می باشد . منحنی راندمان که برحسب دبی رسم شده است نشان می‌دهد که پمپ در چه راندمانی کار می‌کند. سازندگان پمپ منحنیهای راندمان نظیر شکل ۲-۲ را ارائه می‌کنند. این منحنی یک منحنی صعودی تا نقطه راندمان حداکثر است و پس از آن نزولی می‌باشد. نقطه رلندمان حداکثر در این منحنی نقطه " رلندمان بهینه" نام دارد. در دبی صفر پمپ دارای راندمان می باشد. برخی سازندگان خصوصا برای پمپ‌های کوچک منحنی راندمان را ارائه نمی‌کنند و به جای آن منحنی کارکرد را برای پمپ‌های پروانه‌ای معین با سایزی مشخص ارائه می‌کنند.

چنین منحنیهایی که راندمان را نشان نمی‌دهند برای انتخاب پمپ‌های سیستمهای تهویه مطبوع بکار نمی‌روند. هر طراح سیستمهای لوله کشی باید بداند که در کجا راندمان بهینه سیستمش اتفاق می‌افتد به بیان دیگر برای هر پمپی نقطه حداکثر راندمان در چه دبی‌ای اتفاق می‌افتد. او باید بتواند منحنی‌های راندمان شکل ۲-۲ برای پمپ‌های سیستمهای تهویه مطبوعش را توسعه دهد یعنی برای سرعتهای دورانی معین مورد نظرش باید منحنی

راندمان مربوطه را بدست آورد. زیرا که راندمان هر پمپ به دو عامل دبی و سرعت دورانی بستگی دارد.پمپ به دلیل اینکه مقدار مقاومت در سیستم لوله کشی متصل به آن در زمانهای مختلف متفاوت می باشد در نقطه راندمان حداکثر کار نمی کند پس طراح باید این مسئله را مد نظر قرار دهد . باز و بسته کردن یک شیر مقدار مقاومت مسیر لوله کشی را تغییر داده و رلندمان پمپ نیز لزوما تغییر می کند. طراح باید پمپ را در رلندمان عملی در سراسر طول عمرش بازای دورهای مختلف آن و اینکه لوله ها رسوب گرفته و پروانه کثیف شده و قدرت اولیه خود را از دست می دهد طراحی کرده و برای سیستم لوله کشی مدنظرش پمپی با توان ۱۰ درصد بیشتر را در نظر گیرد زیرا اگر توان واقعی را در نظر گیرد در طول زمان با رسوب گیری پروانه و لوله ها توان مورد نیاز پمپ بیشتر شده و صد در صد دیگر پمپ در راندمان طراحی خود کار نمی کند و اگر توان پمپ خیلی بیشتر در نظر گرفته شود هد تولیدی پمپ زیادتر از هد طراحی شده و به سیستم لوله کشی و اتصالات آنها فشار اضافی وارد می آید و طراح مجبور است پی ان نامبر(PN) لوله ها و شیرآلات را بالا برده که این نیازمند سرمایه گذاری بیمورد و خیلی بیشتر از مقدار باید است.

۲-۴- منحنی توان پمپ

توان پمپها از رابطه زیر بدست می آید:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

که در این رابطه ρ چگالی بر حسب Kg/m^3 ، g شتاب ثقل، Q دبی بر حسب m^3/s ، H هد بر حسب متر و η راندمان پمپ است . واحد توان وات است .منحنی توان پمپ یک منحنی صعودی است یعنی با افزایش دبی توان مورد نیاز پمپ افزایش می یابد.توان پمپ باید بر افتهای مسیر لوله کشی و افتهای داخلی پمپ غلبه کند. افتهای داخلی ای که در پمپ‌های سانتریفوژ وجود دارند و موجب کاهش راندمان می‌شوند عبارتند از: ۱- افتهای مکانیکی ۲- افتهای در اثر نشتی ۳- افتهای در اثر باز گردش جریان و ۴- افتهای هیدرولیکی.

افتهای مکانیکی بیشتر مربوط به اصطکاک و سایش در بلبرینگها و افت توان در سیلها و پکینگها است. افتهای ناشی از نشتی مربوط به افت جریان در سیلها و پکینگها و نیز بدلیل تخلیه جریان سیال به خارج پروانه به سمت دهانه مکش پمپ می‌باشد. افتهای باز گردش جریان به خاطر چرخش جریان در محفظه است. بدلیل اینکه جریان بدرون یا بخارج پروانه به نرمی حرکت نمی‌کند هنگامیکه جریان از مقدار دبی بهینه (دبی‌ای که حداکثر رلندمان را داشته باشیم) کمتر شود سیال در پمپ خلاف جهت متداول جریان حرکت کرده و موجب افت بازگردش می‌شود.این ثابت می‌کند که پمپ‌های کوچک با سرعت مخصوص بیشتر دارای افت بازگردش بیشتر نسبت به پمپ‌های بزرگ با سرعت مخصوص کمتر هستند. طراح پمپ باید تمام این افتها برای اینکه پمپش در تمام دبی‌ها ی لازم دارای راندمان بالاتر باشد را حداقل می‌کند. بنابراین تمام پمپ‌هایی که طراحی بهتری دارند راندمان بالاتری نسبت به پمپ‌های ضعیف‌تر خواهند داشت.

۲-۵- منحنی NPSH

منحنی NPSH یک منحنی صعودی است که از یک مقدار غیر صفر بازای دبی صفر شروع می شود. یعنی پمپ در هر صورت باید دارای یک NPSH اولیه باشد . با افزایش دبی مقدار NPSH مورد نیاز پمپ افزایش می یابد.

۲-۶- اثرات سرعت مخصوص روی منحنی مشخصه پمپ

طبق تعریف سرعت مخصوص یک پمپ در نقطه راندمان ماکزیمم سرعت دورانی پمپی است از همان فامیل که دبی برابر واحد (یک متر مکعب در ثانیه) با ارتفاع واحد(یک متر) را در نقطه راندمان ماکزیمم خود را تولید نماید.می توان ثابت کرد کلیه پمپهایی که از نظر هندسی مشابه هستند و بطور مشابه هم کار می نمایند دارای یک سرعت مخصوص مساوی در نقطه راندمان ماکزیمم (دبی بهینه) خود بوده که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید:

$$N_S = N \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

در این رابطه

Q: دبی در نقطه راندمان ماکزیمم بر حسب m^3/s

H : ارتفاع در نقطه راندمان ماکزیمم بر حسب متر

N : سرعت دورانی پمپ بر حسب rpm

به گفته دیگر سرعت مخصوص یک عدد بی بعد است که برای طبقه بندی پروانه‌های پمپ بر اساس مدل‌ها و مشخصاتشان استفاده می‌شود. در شرایطی که ابعاد پروانه به گونه‌ای باشد که بتواند در ازای هد یک فوت به میزان یک گالن در دقیقه انتقال سیال داشته باشد، سرعت مخصوص پروانه به صورت سرعت انتقال جریان بر دقیقه تعریف می‌شود.درک درست این تعریف تنها در طراحی مهندسی معنا پیدا می‌کند؛ سرعت مخصوص یک شاخص برای پیش بینی خصوصیات پمپ مانند شکل کلی پروانه‌است. با افزایش سرعت مخصوص نسبت قطر بیرونی پروانه به قطر درونی آن یا قطر چشم پروانه کاهش می‌یابد. این نسبت برای یک پروانه جریان محوری کامل به ۱.۰ می‌رسد. پروانه‌های شعاعی با سرعت مخصوص پایین هد جریان را عمدتاً از طریق نیروی گریز از مرکزافزایش می‌دهند. پمپ‌های با سرعت مخصوص بالاتر تا حدی از طریق نیروی گریز از مرکز و تا حدی از طریق نیروی محوری هد را افزایش می‌دهند. پمپ‌های دارای جریان و یا پروانه محوری با سرعت مخصوص ۱۰۰۰۰ یا بیشتر هد خود را منحصراً از طریق نیروهای محوری افزایش می‌دهند. پروانه‌های شعاعی معمولاً برای جریان کم با هد بالا طراحی می‌شوند و پرولنه‌های محوری برای جریان بالا با هد پایین.

سرعت مخصوص(Ω_s) کمیتی بدون بعد بوده و تابعی از سرعت زاویه ای(N)،دبی(Q) و تغییرات هد(ΔH) می‌باشد:

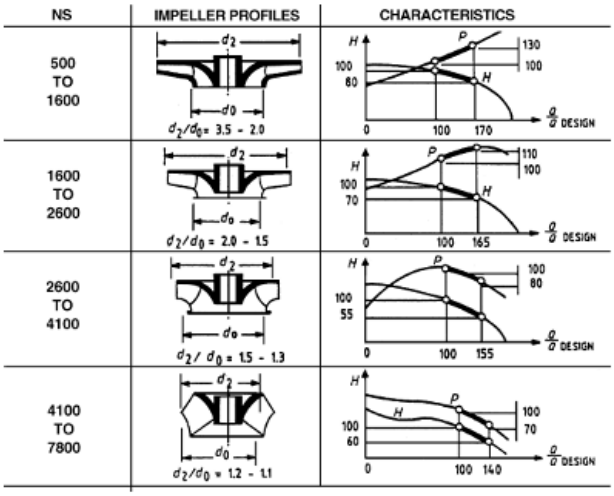
$$\Omega_s = \frac{N(\text{rpm})\sqrt{Q(\text{USgpm})}/[\Delta H(\text{ft})]^{3/4}}{2733.016} = \frac{N_{s,(\text{U.S.})}}{2733.016}$$

$$\Omega_s = \frac{N(\text{rpm})\sqrt{Q(\text{m}^3/\text{s})}/[\Delta H(\text{m})]^{3/4}}{52.919} = \frac{n_q}{52.919}$$

$$n_q(\text{m}^3/\text{s, m}) = N_s(\text{USgpm, ft})/51.64$$

اثر سرعت مخصوص روی منحنی‌های هد- دبی و توان پمپ در شکل ۲-۷ آورده شده

است.با افزایش سرعت مخصوص شکل این منحنی‌ها شدیدا تغییر می‌کند.



شکل ۲-۷: منحنیهای هد- دبی و توان بر اساس سرعت مخصوص و هندسه پره

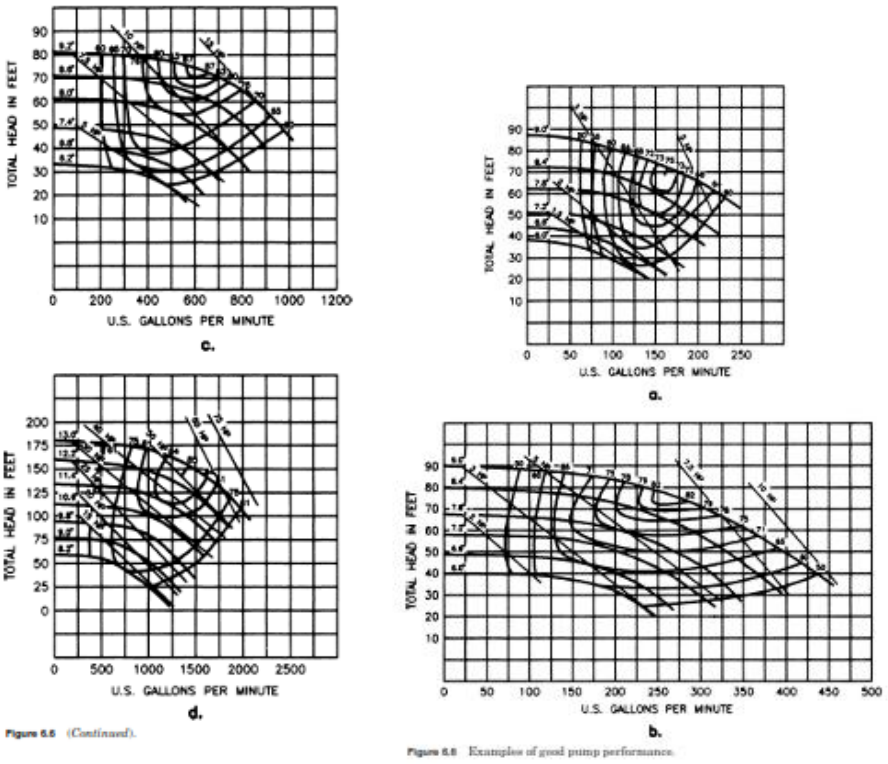
بیشتر پمپ‌های بکار رفته در تاسیسات دارای سرعت مخصوص کمتر از ۲۶۰۰ دور در دقیقه هستند در حالیکه سرعت مخصوص پمپ‌های بکار رفته در برجهای خنک کن بزرگ بیشتر از ۲۶۰۰ دور در دقیقه می‌باشد.

۲-۷- منحنی های مشخصه و لزجت سیال

توربوپمپها بسته به اندازه و طراحی خود قادر به پمپاژ سیالاتی با لزجت پایینتر از ۷۲۰ سانتی استوک هستند که این مقدار را با کاربرد چرخهای خاص می توان تا ۱۰۰۰ سانتی استوک نیز بالا برد. در لزجتهای بالا می توان از پمپهای گردشی خصوصا پمپهای پیچی استفاده کرد. با افزایش لزجت ارتفاع تولیدی پمپ و راندمان آن کاهش یافته و توان لازم آن افزایش می یابد. که با استفاده از ضرایب تبدیل می توان مقادیر را برای دبی مورد نظر صلاح کرد. این ضرایب تبدیل برای هر سیال با هر ویسکوزیته از منحنیهای مربوطه استخراج می شود.

۲-۸- منحنی هد- دبی پمپ‌های با راندمان بالا

در شکل ۲-۸ منحنی هد- دبی یک پمپ با سرعت ثابت خاص نشان داده شده است که کاربرد زیادی در تهویه مطبوع دارد.این منحنیها مربوط به پمپ‌های با راندمان بالا هستند که دارای راندمان بسیار بالا نزدیک ۸۰ درصد می‌باشند.



شکل ۲-۸: نمونه پمپ‌های با کارایی بالا

۲-۹- منحنی هد – دبی پمپ‌ها با سرعت متغیر

منحنی هد-دبی پمپ‌ها با سرعت متغیر حداقل باید برای یک قطر مشخص پروانه پمپ ارائه شود. اگر پروانه دارای قطر متفاوتی باشد باید منحنی هد-دبی دیگری برای آن تهیه شود. تغییر سرعت معمولاً بین ۴۰ تا ۱۰۰ درصد سرعت پمپ است (۸۰۰ تا ۱۷۵۰ دور بر

دقیقه). در سرعتهای زیر ۴۵ درصد سرعت پمپ اولیه، راندمان و کارکرد بسیار پایین می‌آیند و بسیاری از مهندسان تأسیسات صلاح نمی‌بینند که از پمپ در این سرعت استفاده کنند. با افزایش دور ارتفاع تولیدی افزایش می یابد.

۲-۱۰- منحنی‌های هد– دبی تیز و مسطح

در صنایع تهویه مطبوع مختلف بر روی این موضوع که بهتر است منحنی هد–دبی پمپ تیز باشد یا مسطح بحثهای زیادی می‌شود. اگر هد پمپ از نقطه طراحی پمپ تا نقطه بدون جریان بیشتر از ۲۵ درصد افزایش یابد به منحنی هد–دبی تیز گفته می‌شود و اگر افزایش کمتر از ۲۵ درصد باشد به آن مسطح گویند. به عنوان مثال اگر در دبی ۵۰۰ گالن در لیتر هد ۱۰۰ فوت و در شرایط بدون جریان پمپ هد ۱۲۰ فوت باشد منحنی هد–دبی مسطح است ولی اگر در شرایط بدون جریان هد پمپ ۱۳۵ فوت باشد آنگاه منحنی هد–دبی تیز خواهد بود.منحنی هد-دبی در شکل ۲-۸ تیز است. شکل منحنی هد-دبی هنگامی که با سیستمهای دبی ثابت کار می‌کنیم مورد توجه بیشتری باید قرار گیرد. در این کاربردها باید منحنی هد پمپ نسبتاً تیز باشد تا تغییرات کم هد تغییرات زیادی در دبی نداشته باشد.

منحنی‌های تیز ترجیح داده می‌شوند و منحنی‌های مسطح رد شده اند. سیستم پمپاژ سرعت ثابت کوچک با شیر کنترل سه راهه که روی کویلهای سرمایش یا گرمایش نصب شده است باید براساس شکل منحنی هد–دبی پمپ انتخاب شود. منحنی‌های مسطح موجب ناپایداری در کارکرد شیر سه راهه می‌شوند. با ظهور سیستمهای پمپاژ دور متغیر که از پمپ‌های دور متغیر و سیستم کنترل اختلاف فشار بهره می‌برند نیاز خیلی کمی به استفاده از منحنی‌های تیز وجود دارد. در اینجا راندمان حداکثر مهم است و خود تیز بودن منحنی در پمپ‌های دور ثابت برای بالا بردن راندمان است. پس در این سیستم پمپاژ از پمپ‌های با منحنی‌های مسطح استفاده می‌شود که این در راندمان سیستم کاهشی ایجاد نمی‌کند. منحنی‌های مسطح نسبت به منحنی‌های تیز کاهش سرعت کنترل را موجب می‌شوند. هرچه کاهش سرعت کمتر باشد راندمان wire-to-shaft درایو و موتور سرعت متغیر بیشتر است.

۲-۱۱- کارکرد سری/ موازی پمپ‌های گریز از مرکز

تغییر مصـــرف آب در کاربردهای گوناگون تهویه مطبوع نظیر تغییر میزان مصـــرف آب برج خنک کن در ساعات مختلف روز نیازمند اینست که سیستم پمپاژ دبی حداقل تا حداکثر را تأمین کند. در برخی سـاختمانهای مرتفع نیاز داریم تا از چندین پمپ اسـتفاده کنیم تا آب را به کندانسـور پشـت بام برج برسـانیم. کاربرد اول نیازمند یک سـیسـتم پمپاژ اسـت که پمپ‌هایش بطور موازی کار کنند و در کاربرد دوم باید از سیستم پمپاژ سری استفاده کنیم. بیشـتر کاربردهای سـیسـتم پمپاژ بگونه‌ای است که باید از چندین پمپ موازی و تعداد کمی پمپ سری استفاده شود.

در شـکل ۲-۹ منحنی هد–دبی سـیسـتم پمپاژ سـری و موازی ارائه شـده اند. سـیسـتم پمپاژ موازی طراح را قادر می‌ســازد تا کارکرد پمپ‌ها برای تأمین دبی از حداقل تا حداکثر موثرتر گردد. ظرفیت سـیسـتم پمپاژ موازی با پمپ‌های مشـابه حاصـلضـرب ظرفیت یک پمپ در تعداد آنهانیست، این در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. در اینجا از دو پمپ مشابه استفاده شـده و ظرفیت سـیسـتم پمپاژ حاصـلضـرب مضـرب ۲ در ظرفیت یکی از پمپ‌هانیسـت. برای تأمین دبی و هد مورد نیاز در سـیسـتم پمپاژ موازی باید مطمئن شـویم که تعداد مناسـب پمپ‌ها در حال کار و تعداد مناســب آنها در حال اســتراحت هســتند. منحنی هد–دبی

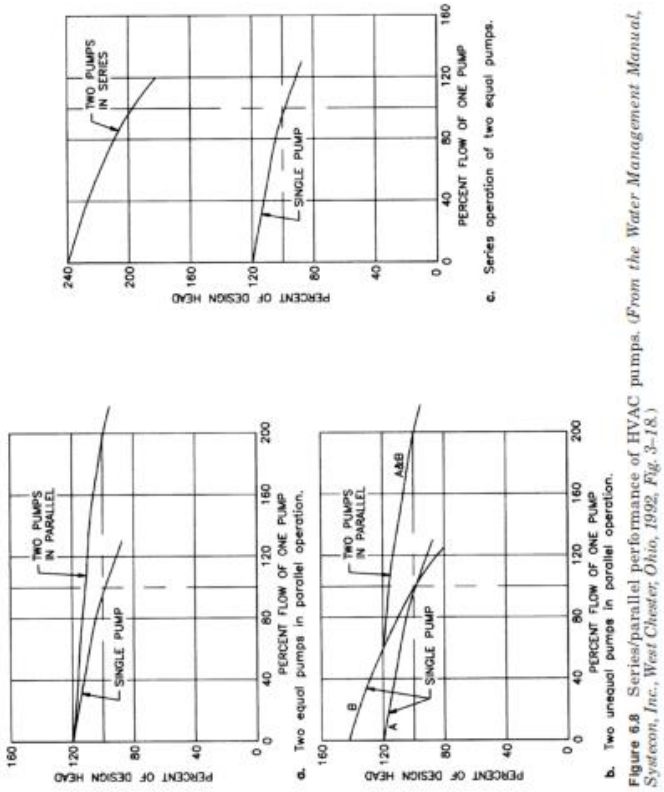


Figure 6.8 Series/parallel performance of HVAC pumps. (*From the Water Management Manual, Systecon, Inc., West Chester, Ohio, 1992, Fig. 3-18.*)

شکل ۲-۹ : کارایی سری/ موازی پمپ‌های تاسیسات

سیستم پمپاژ موازی با پمپ‌های مشابه همان منحنی هد–دبی یکی از پمپ‌هاست. یک اشتباه متداول در سرهم کردن پمپ‌های موازی مشابه اینست که در یک هد خاص یکی از پمپ‌ها دارای دبی معینی است، پمپ دوم را نصب کرده و می‌بینیم که ظرفیت بدست آمده ۲ برابر ظرفیت یکی از پمپ‌ها نیست. هد پمپ‌های موازی با توجه به منحنی هد سیستم لوله کشی تغییر می‌کند و این باید مورد توجه قرار گیرد و در نظر نگرفتن آن خطرناک است.

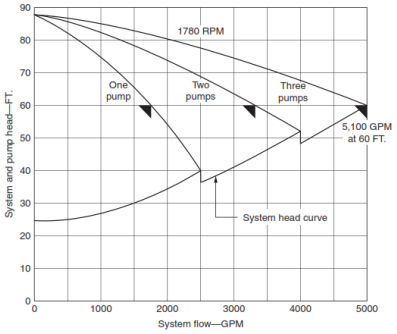
در هنگام بکارگیری پمپ‌های موازی که منحنی‌های هد–دبی مختلفی دارند باید دقت خاصی مبذول کرد. این در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. در این شکل اگر پمپ A که دارای منحنی هد–دبی پایین تری است در شرایط بالا قرار گیرد خطر بزرگی در مجموعه

پمپها ایجاد شده و پمپ گرم می‌شود. این شرایط وقتی ایجاد می‌شود که دو پمپ با هم در کمتر از ۶۲ درصد ظرفیت یک پمپ کار کنند. همچنین کنترل دو پمپ جهت کارکرد موازی با یکدیگر در راندمان wire-to-water بسیار دشوار است. هنگامی چند پمپ به صورت سری به یکدیگر بسته می‌شوند که دبی‌ای که یک پمپ دارد در رنج عملیاتی باشد اما هد مورد نیاز آنقدر بالا باشد نیاز به چند پمپ دیگر برای افزایش هد احساس می‌شود.
شکل ۲-۹ نشان می‌دهد که بستن سری چند پمپ منجر به افزایش هد کل در یک دبی با ظرفیت مشخص می‌گردد.پمپهای گردشی برای کاربردهای هد بالا و دبی پایین بسیار مناسبند. پمپهای چند طبقه نیز برای افزایش هد بسیار خوبند. در بیشتر کاربردهای موردنیاز تهویه مطبوع از پمپهای چند طبقه که بطور موازی به یکدیگر بسته شده اند استفاده می‌شود. در این حالت هم از نمودار a و هم از نمودار c باید استفاده کرد و گاهاً این نوع سیستم پمپاژ ظرفیت ۲۰۰ برابر به علت بستن موازی و هد ۲۰۰ برابر به علت استفاده از پمپهای چند طبقه را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۲-۱۲- کارکرد موازی پمپ‌هاو پمپهای دور متغیر

نیاز بیشتر کاربردهای گوناگون تهویه مطبوع و سیستمهای آبرسانی نیازمند اینست که بیشتر از یک پمپ بطور موازی به یکدیگر بسته شده و کل نیاز هد – دبی سیستم را تأمین کند. همچنین ممکن است از یک پمپ کمکی برای حالت استندبای نیز در طراحی سیستم پمپاژ استفاده شود. بیشتر پمپها در سیستم پمپاژ به طور موازی به هم بسته می‌شوند و احیاناً تعداد کمی از آنها با بقیه سری می‌گردند. بستن موازی پمپها به طراح اجازه می‌دهد که ظرفیت را در رنج حداقل تا حداکثر آن با تعیین تعداد پمپها طراحی کند و نیز این نکته را مدنظر داشته باشد که راندمان در محدوده مجاز قرار گیرد. در بستن موازی پمپها در سیستم پمپاژ باید توجه خاصی به اینکه پمپ در شرایط بهینه راندمان در دبی و هد مورد نیاز کار کند، مبذول گردد. هنگامی که پمپها بطور موازی به هم بسته شده لند منحنی هد–دبی آنها باید بگونه‌ای باشد که نیاز هد سیستم لوله کشی را برآورده کند.
توجه به این نکته حائز اهمیت است که منحنی هد–دبی دو پمپ موازی با منحنی هد–دبی یک پمپ متفاوت است و ظرفیت دو پمپ دقیقاً برابر مجموع ظرفیت دو پمپ مشابه آن که بطور موازی به هم بسته شده اند نمی‌باشد. پیش بینی کارکرد پمپ قبل از آنکه آن در

سیستم لوله کشی نصب شده باشد مقدور نیست چرا که کارکرد آن به منحنی هد سیستم لوله کشی کاملاً وابسته است. این به این خاطر در اینجا ذکر گردید که بدون اطلاع از هد موردنیاز سیستم لوله کشی نباید پمپ را انتخاب کرد. شکل ۲-۱۰ ترکیبی از منحنی‌های سه پمپ هر یک با ظرفیت ۱۷۰۰ گالن در دقیقه در هد ۶۰ فوت و سرعت کاری ۱۷۸۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. منحنی هد سیستم هد استاتیک ۲۶ فوت و هد اصطکاکی ۳۴ فوت و در نتیجه هد کل ۶۰ فوت را نشان می‌دهد. این منحنی بیانگر منحنی هد سه پمپ در دور ثابت و هر سه پمپ در بار کامل آنها وقتی که سرعتهای آنها بتواند متغیر باشد است.



شکل ۲-۱۰: منحنی هد- دبی برای سه پمپ مواز مشابه

اگر پمپ‌ها را سرعت متغیر کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

شکل ۲-۱۱ ناحیه کارکردی یک پمپ سرعت متغیر و شکل ۲-۱۲ ناحیه کار کردن دو پمپ سرعت متغیر را نشان می‌دهند.

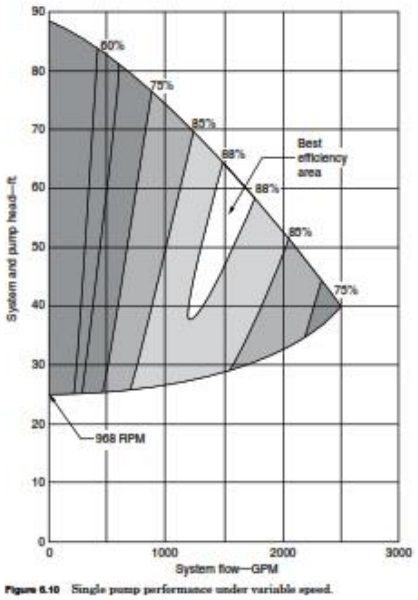


Figure 6.10 Single pump performance under variable speed.

شکل ۲-۱۱: کارکرد یک پمپ تک با سرعت متغیر

حداقل سرعت برای این پمپها در هد ۶ فوت برای سیستمی آبی با هد ثابت ۹۳۵ دور در دقیقه است. در این شلکها ناحیه‌هایی که پمپ دارای بهترین عملکرد است با رنگ سفید و ناحیه‌ای که دارای بدترین علمکرد است با رنگ تیره‌تر نشان داده شده است. این نمایش مصوری از الگوریتم کنترلی کارکرد سیستم پمپاژ است.

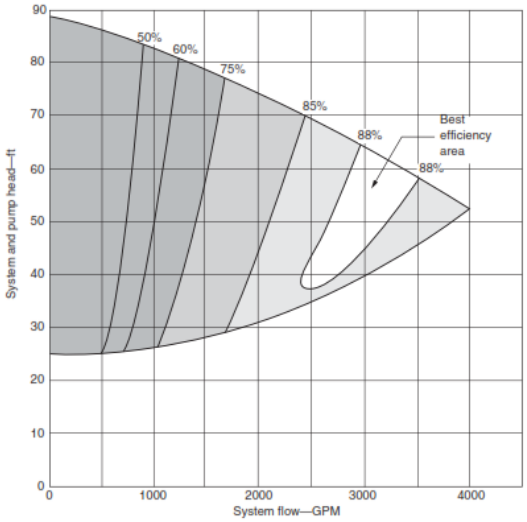


Figure 6.11 Two-pump performance under variable speed.

شکل ۲-۱۲: کارکرد دو پمپ با سرعت متغیر

۲-۱۳- قواعد تشابه پمپ‌ها

پمپ‌های سانتریفوژ همانند فن‌های سانتریفوژ ماشین‌های مکانیکی دارای گشتاور متغیر هستند و قواعد مشابه فن‌های سانتریفوژ را دارند. واژه گشتاور متغیر دلالت براین دارد که توان یا اسب بخار لازم جهت چرخاندن پمپ یا فن مستقیماً با سرعت آنها تغییر نمی‌کند. آن با مکعب یا توان ۳ سرعت تغییر می‌کند. پمپ‌های گشتاور ثابت مشابه بیشتر پمپ‌های جابجایی مثبت بگونه‌ای هستند که توان آنها مستقیماً با سرعت آنها تغییر می‌کند.

قوانینی که عملکرد پمپ‌های سانتریفوژ را تعریف می‌کنند "قواعد تشابه" نام دارند. آنها تغییر در کارکرد پمپ برحسب تغییر سرعت، دبی و قطر پروانه را بیان می‌دارند. قواعد تشابه اصلی عبارتند از:

برای یک پروانه با قطر ثابت:

۱. دبی پمپ مستقیماً با سرعت آن تغییر می‌کند:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

۲. هد پمپ با توان دوم یا مربع سرعت تغییر می‌کند:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$$

۳. توان یا اسب بخار پمپ با توان سوم یا مکعب سرعت پمپ تغییر می‌کند: $\frac{bhp_1}{bhp_2} = \frac{N_1^3}{N_2^3}$

باید یادآور شد که این قواعد برای خود پمپ هستند نه برای هنگامیکه پمپ در یک سیستم لوله‌کشی با سیستم هد ثابت یا متغیر کار می‌کند.

از قواعد تشابه مثلاً برای انتخاب قطر پروانه یک پمپ استفاده نمی‌شود و لازم نیست که جهت انتخاب قطر پروانه کل سیستم لوله‌کشی شامل پمپ را در نظر گرفته و از منحنی در سیستم یا ناحیه هد سیستم بهره بریم. تغییر قطر پروانه موجب تغییر کارکرد و سرعت پمپ می‌شود.

برای یک پمپ با سرعت ثابت داریم:

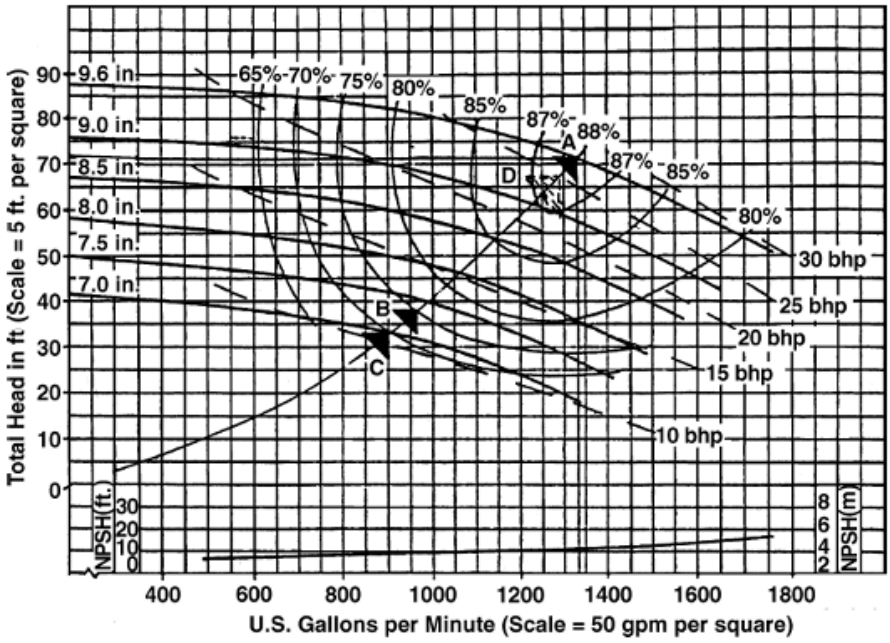
۱. دبی پمپ مستقیماً با قطر آن تغییر می‌کند: $\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{d_۱}{d_۲}$

۲. هد پمپ با توان دوم یا مربع قطر آن تغییر می‌کند: $\frac{h_۱}{h_۲} = \frac{d_۱^۲}{d_۲^۲}$

۳. اسب بخار پمپ با توان سوم قطر آن تغییر می‌کند: $\frac{bhp_۱}{bhp_۲} = \frac{d_۱^۳}{d_۲^۳}$

متأسفانه بدلیل اینکه سرعت مخصوص یک پمپ با تغییر قطر پمپ از یک حداقل مجاز تا حداکثر قطر تغییر می‌کند قواعد تشابه برای پمپ‌ها براساس سرعت ثابت یا تغییر قطر آن دقیق نیستند. سؤال مهم دیگر اینست که چگونه ممکن است بیشترین راندمان را با حداقل سرعت و حداقل قطر داشته باشیم؟

پمپی مشابه شکل ۲-۱۳ با راندمان ۸۸ درصد در قطر کامل و ۷۱ درصد در قطر حداقل را در نظر گیرید.



شکل ۲-۱۳: قواعد تشابه بر اساس قطر پروانه پمپ

اگر شـــرایط مطلوب ۹۰۰ گالن در دقیقه و هد ۳۸ فوت باشـــد حتماً تولیدکنندگان پمپی وجود دارند که در این شـــرایط پمپی با راندمان بالاتر از ۷۱ درصـــد را تولید کنند. حال اگر شرایط مطلوب تغییر کرده و به صورت دبی ۱۱۰۰ گالن در دقیقه و هد ۵۵ فوت گردد چکار باید کرد؟ این نیازمند برش پروانه تا نزدیکی ۸/۵ اینچ اسـت. سـؤال دیگری که پیش می‌آید اینست که چرا پمپ را در حداقل سرعت و در نقطه مناسب با هد ــ دبی مطلوب نگه نداریم و در عوض از یک پروانه با قطر کامل برای رسیدن به حداکثر راندمان بهر بریم؟

این نیازمند محاســـبه گشـــتاور اســـت تا از اینکه موتور می‌تواند پمپ را بکار اندازد بطوریکه شرایط طراحی ارضاء شده و سرعت پمپ کاهش یابد، اطمینان حاصل شود.با کمک گرفتن از مهندســـان هیدرولیک که در مورد کارکرد پمپ و موتور دانش زیادی دارند این مشـــکل نخواهد بود. بهترین انتخاب ممکن اســـت قطر پروانه‌ای کوچکتر از قطر کامل ولی بزرگتر از ۸/۵ اینچ باشـد. مهندسـین از محاسـبات کامپیوتری برای مشـخص کردن قطر پروانه جهت داشتن حداکثر راندمان Wire - to - Water در سراسر رنج تغییر بار پمپ بهره می‌برند. این

محاسبات کامپیوتری باید رنج دبی و هد سیستم لوله‌کشی و همچنین تعداد پمپ‌های مورد نیاز برای این سیستم را بدست دهد.همچنین راندمان پمپ و راندمان Wire - to - Shaft مجموعه موتور / درایو سرعت متغیر با تغییر دبی سیستم لوله‌کشی از حداقل به حداکثر باید توسط کامپیوتر محاسبه شود.

منبع:

[۱]- کتاب "HVAC pump handbook" ,٦ , ۱۵۹-۱۳۵ pp.

فصل سوم: روشهای انتخاب پمپ

۳-۱- مشخصات عمومی پمپ‌های آب

مشخصات عمومی پمپ‌ها به آن دسته از عواملی اطلاق میگردد که پیشنهاد دهنده را قادر سازند تا بر مبنا و باستناد آن عوامل، پمپ مورد درخواست را بصورت‌های صحیح و با بر خورداری از بالاترین کارائی‌ها و و برای طولانی‌ترین مدت بهره برداری‌ها انتخاب و معرفی نماید.

از مهمترین مشخصه‌های عمومی گزینش پمپ ها، باید به موارد ذیل اشاره داشت :

نوع، ماهیت و مشخصات شیمیایی مایع قابل انتقال نظیر :آب آشامیدنی، آب کشاورزی، فاضلاب شهری، فاضلاب صنعتی، مواد شیمیایی، مواد سوختنی، پساب‌های صنعتی (اسیدی، بازی) و...؛

مشخصات فیزیکی مایع قلبل انتقال نظیر: دمای کاری و محدوده درجه حرارت، میزان گرانروی یا ویسکوزیته، میزان املاح و ذرات جامد ؛ ظرفیت و مقدار آبدهی ؛ هِد یا ارتفاع آبدهی.

هدف اساسی از انتخاب یک الکتروپمپ، تعریف و تعیین مشخصات الکتروپمپی است که بتواند :مقدار حجم مشخصی از آب را از یک عمق مشخصی که منبع مکش نامیده می‌شود.به ارتفاع مشخصی که منبع رانش نامیده می‌شود انتقال دهد.

۳-۱-۱- منابع مکش

منبع مکش میتواند آب دریا، آب رودخانه ، آب چاه ، آب مخزن طبیعی و یا آب مخزن مصنوعی زیرزمینی باشد.

شکل ۳-۱: نمونه‌ای از منابع مکش

۳-۲-۱- منابع رانش

منبع رانش می‌تواند آبیاری یک مزرعه یا زمین کشاورزی، تامین آب مخازن تصفیه خانه یک شبکه آبرسانی شهری، پر کردن یک استخر آب و یا تامین آب مجتمع‌های ساختمانی و ... باشد.

۳-۳-۱- مقدار آبدهی پمپ

مقدار حجم آبی که توسط یک پمپ در واحد زمان انتقال داده می‌شود «مقدار آبدهی» یا کاپاسیته (Capacity) پمپ خوانده می‌شود.واحد مقدار آب مورد انتقال بصورت‌های واحد حجم در واحد زمان مانند لیتر بر ثانیه، لیتر بر دقیقه، متر مکعب در دقیقه، و یا بصورت‌های عمومی‌تر در قالب متر مکعب در ساعت بیان می‌شود.

۳-۴-۱- هد پمپ

اندازه ارتفاع آب مورد انتقال از سطح منبع رانش تا سطح منبع مکش «ارتفاع» یا هِد (Head) پمپ خوانده می‌شود.در پروژه‌های آبیاری شهری، صنعتی و کشاورزی واحد «ارتفاع» یا «هد» بصورت «متر» بیان می‌شود.انتخاب نوع صحیح پمپ از روی منحنی پمپ‌ها که از طرف سازنده پمپ در کاتالوگ منتشره آن سازنده آورده می‌شود صورت می‌پذیرد.

منحنی مشخصه کارکردی پمپ‌ها دارای دو محور افقی و عمودی است.شاخص محور عمودی در منحنی‌های کارکردی پمپ‌های آب به ارتفاع آبدهی یا (Head) پمپ اختصاص داده می‌شود.در پمپ‌های صنعتی و کشاورزی واحد ارتفاع آبدهی به صورت متر داده می‌شود.شاخص محور افقی در منحنی‌های مربوط به پمپ‌های آب به ظرفیت آبدهی پمپ اختصاص داده می‌شود.واحد ظرفیت آبدهی بصورت‌های مترمکعب در ساعت، لیتر در ثانیه یا لیتر در دقیقه آورده میشود.در برخی از موارد این شاخص بصورت ترکیبی از موارد بالا آورده می‌شود.

• متقاضی و یا خریدار و درخواست کننده پمپ ممکن است مقدار آبدهی پمپ مورد تقاضا را در قالب لیتر در دقیقه و یا مترمکعب در ساعت سفارش دهد.

•هرگاه مقدار آبدهی پمپ مورد تقاضا بصورت متر مکعب در ساعت ارائه شود می‌توان با استفاده از رابطه:

$$M^{۳}_{hours} * \frac{۶۰}{۱۰۰۰} = l_{min}$$

مقدار آنرا بصورت لیتر در دقیقه تبدیل کرد.

۳-۲- پمپ‌های شناور و روش انتخاب آنها

این پمپ‌ها جابه‌جایی آسان داشته و نسبت به فرسایش مقاوم بوده که جهت آبیاری باغ و چمن و انتقال آب از مخازن و استخر و تخلیه پس آب‌ها استفاده می‌شود. مثلا مشخصات پمپ‌های lowara سری doc بشرح زیر می‌باشد:

جنس بدنه و پروانه : تکنو پلیمر نوریل

جنس شفت : استینلس استیل AISI ٤١٦

ماکزیمم دبی : ۸.۷ برای سری ۳ DOC و ۱۳.۵ برای سری ۷ DOC و ۱۰.۸ برای

سری DOC ۷VX

ماکزیمم هد فشار : ۷ متر برای سری DOC ۷VX , DOC ۳ و ۱۱ متر برای سری DOC ۷

ماکزیمم فشار کاری : bar ۲۵-۱۶

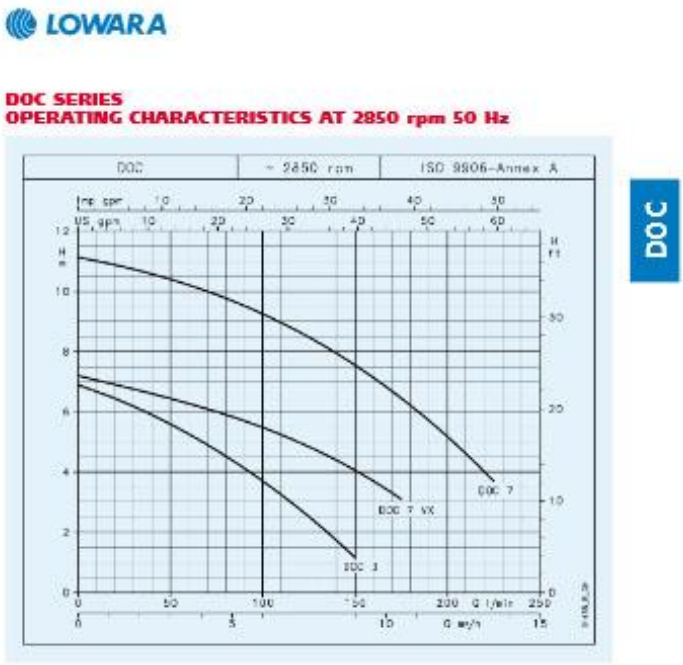
دمای سیال : +۴۰ درجه سانتیگراد

کلاس عایق بندی : B

درجه حفاظت : IP۶۸

مدل‌های موجود : DOC ۷VX , DOC ۷ , DOC ۳

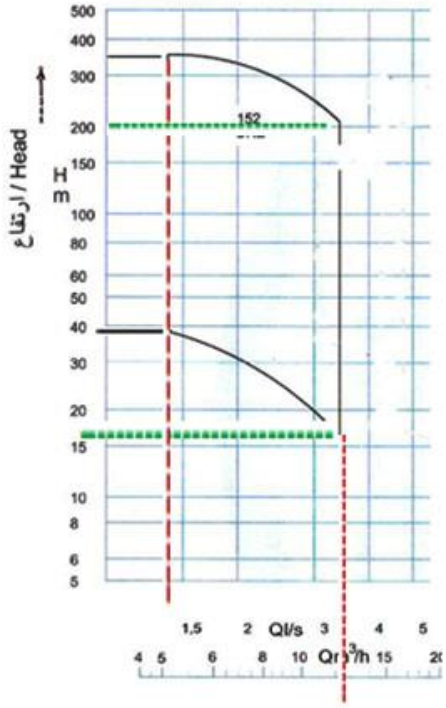
نمونهای از منحنی مشخصه سری DOC در اینجا آمده است:



شکل۳-۲: نمونه‌ای از منحنی مشخصه پمپ‌های لورا سری DOC

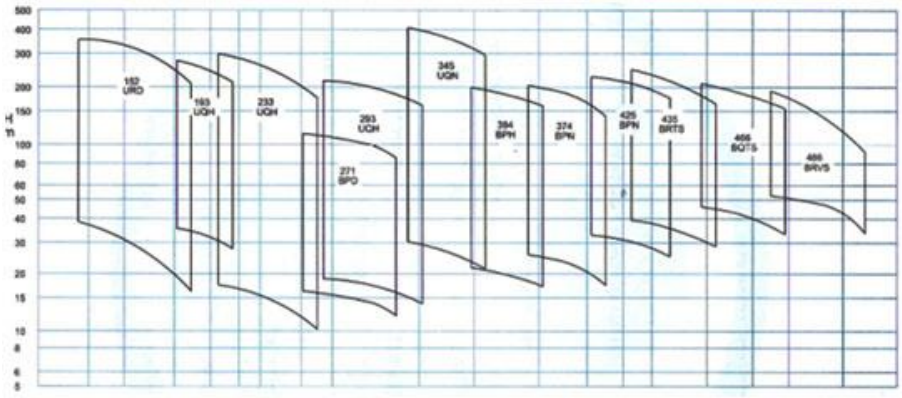
• برای بررسی نمونه‌ای دیگراز منحنی کارکردی پمپ‌های شناور، منحنی کارکردی پمپ شناور URD ۱۵۲ را در نظر میگیریم. شاخص ظرفیت آبدهی بر حسب حجم در واحد زمان را اضافه می‌کنیم. پمپ شناور URD ۱۵۲ می‌تولند مقدار ۱۲ مترمکعب آب را از عمق ۱۶متر تا ارتفاع ۲۰۰ متر منتقل نماید. با افزایش ارتفاع آبدهی، از میزان حجم آبدهی پمپ

کاسته میگردد بصورتی که در ارتفاع حدود ۳۶۰ متر، این میزان به حداقل مقدار خود یعنی ۱/۳ لیتر در ثانیه برای حداکثر ارتفاع ۳۶۰ متر افت میکند. منحنی مورد بحث در این قسمت در صنایع پمپ سازی عموما تحت عنوان منحنی‌های Q-H شناخته می‌شوند. هر کدام از پمپ‌ها دارای منحنی آبدهی – هد منحصر بفرد خود هستند که به تحت عنوان منحنی (Q-H) اختصاصی همان پمپ شناخته می‌شود



شکل ۳-۳: منحنی کارکردی پمپ URD ۱۵۲

بررسی منحنی‌های کارکردی هر کدام از پمپ‌ها نشان میدهد که منحنی هر کدام از پمپ‌ها با منحنی‌های پمپ کوچکتر و بزرگتر از خود تداخل دارند:

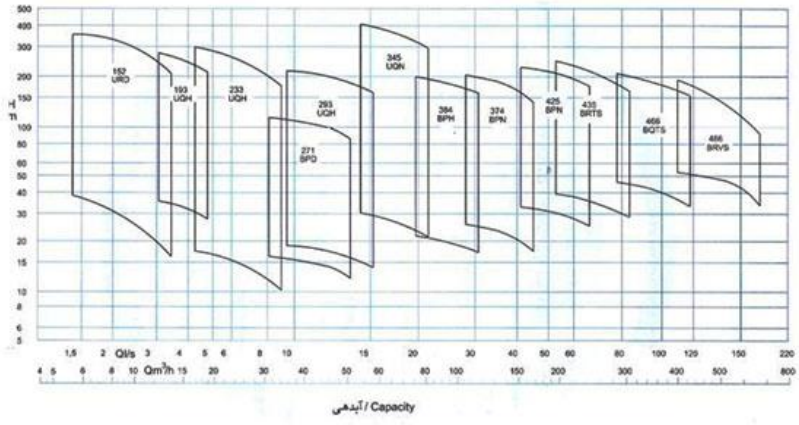


شکل ۳-۴: نمونه‌ای از منحنیهای همپوشانی

از تابلوی منحنی‌های همپوشانی در انتخاب مدل اصلی پمپ شناور مورد تقاضا استفاده می‌شود.

۳-۲- منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های شناور بر روی یک چارت

تابلوی نمونه منحنی‌های همپوشانی برای انتخاب پمپ‌های شناور



شکل ۳-۵: نمونه‌ای از منحنی همپوشانی پمپ شناور

حال بعنوان یک مثال عملی فرآیند صحیح انتخاب یک پمپ شناور را مورد بررسی قرار می‌دهیم :مورد تقاضا درخواست یک پمپ با مقدار آبدهی ۱۸۰ مترمکعب در ساعت برای آبرسانی از یک منبع مکش به یک منبع رانش می‌باشد بصورتی که اختلاف سطح دو منبع

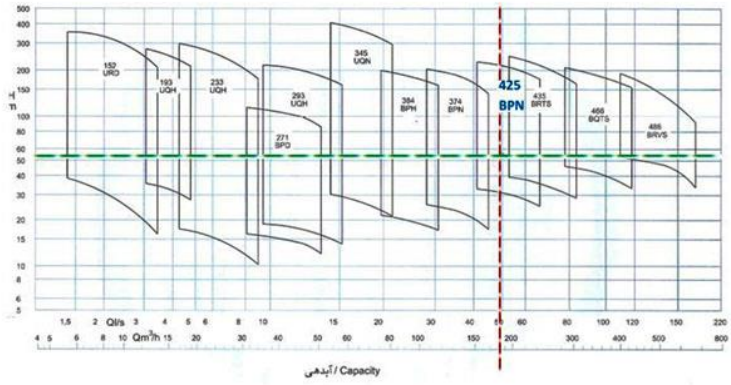
مشروحه ۵۵ متر است. مقدمتا باید گفته شود که گزینش صحیح یک پمپ شناور ضرورتا مستلزم سه انتخاب صحیح زیر است:

- انتخاب پمپ شناور مناسب؛
- انتخاب الکتروموتور مناسب؛
- انتخاب کابل برق مناسب.

برای انتخاب پمپ شناور، به منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های شناور (شکل۳-۴) مراجعه می‌شود.

۳-۴- روش انتخاب پمپ مورد نیاز

با استفاده از منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های شناور مقدار آبدهی ۱۸۰ متر مکعب در ساعت را از محور آبدهی انتخاب و خط عمودی را اســـتخراج میکنیم.ارتفاع آبدهی ۵۵ متر را از محور ارتفاع (Head) انتخاب و خط افقی را ترســـیم میکنیم.تقاطع دو خط افقی و عمودی نشانگر پمپ مناسب برای خواسته تعریف شده یعنی پمپ٤٢٥ BPN است.



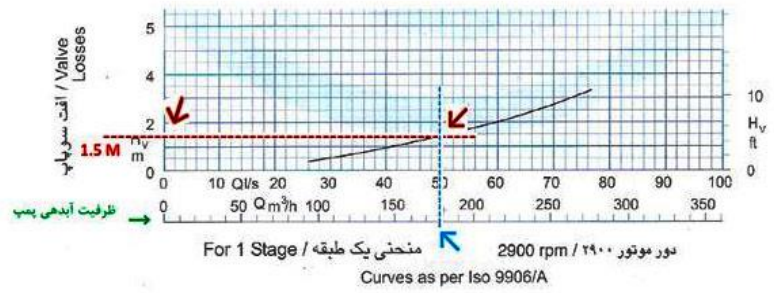
شکل ۳-۶: منحنی همپوشانی پمپ ٤٢٥ BPN

منحنی آبدهی – هد فوق بدون ملاحظه افت سوپاپ یعنی (Valve Losses) برای هر کدام از پمپ هاترسیم گردیده است.

۳-۵- افت سوپاپ

حاصل جمع افت اصطکاک‌هایی که از منشاء باز و بسته شدن سوپاپ‌ها و نیز مقاومت‌های

اصـطکاکی داخل پمپ‌ها ایجاد می‌شـود با عنوان « افت سـوپاپ» نام برده می‌شـود.نیروی معادل برای غلبه بر افت سوپاپ، در قالب «ارتفاع آب» در داخل سیستم آورده میشود. برای اسـتخراج نیروی معادل افت سـوپاپ، در قالب «ارتفاع آب» به منحنی مربوطه که از سـوی شرکت سازنده پمپ منتشر می‌گردد مراجعه می‌شود:



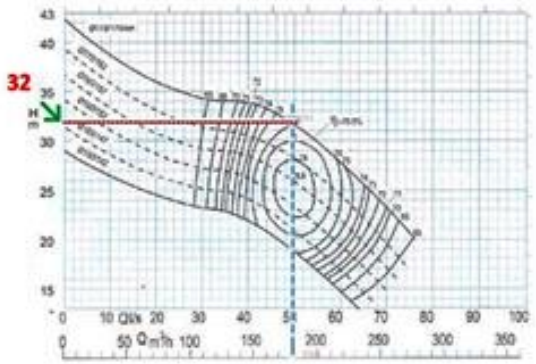
شکل ۳-۷: منحنی افت سوپاپ بر حسب دبی برای دور ۲۹۰۰ rpm

همانند منحنی‌های قبلی پمپ‌های آب، در این منحنی هم شـــاخص محور افقی به ظرفیت آبدهی پمپ اختصـاص دارد. با توجه به اینکه حجم آبدهی پمپ مورد بحث ۱۸۰ مترمکعب است مقدار آنرا در محور افقی انتخاب و خطی را اسـتخراج می‌کنیم تا منحنی را قطع نماید. از نقطه تقاطع خط اسـتخراجی با منحنی، خطی را بصـورت افقی ترسـیم می‌کنیم تا محور عمودی منحنی را قطع کند. میزان افت ســـوپاپ برای ارتفاع آبدهی ۱۸۰ مترمکعب، مقدار یک و نیم متر استخراج می‌شود. این مقدار را به ارتفاع آبدهی اضافه می‌کنیم.

$$۵۵ + ۱.۵ = ۵۶.۵\, m$$

۳-۶- تعیین تعداد طبقات

بر مبنای داده‌های شـرکت سـازنده مشـخصـات هیدرولیکی پمپ شـناور BPN ٤٢٥ بصـورت ذیل می‌باشد.

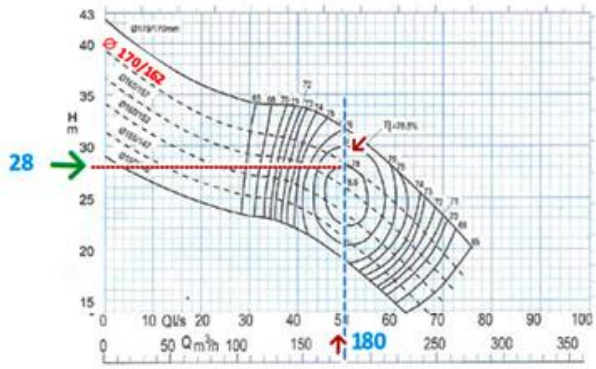


شکل ۳-۸: مشخصات هیدرولیکی پمپ BPN ٤٢٥

مشـــخصـــات فوق الذکر برای یک پمپ شـــناور BPN ٤٢٥ یک طبقه آزمایش و اســـتخراج گردیده است. مقدار آبدهی ۱۸۰ متر مکعب در ساعت را از محور آبدهی انتخاب و خط قائم را رسـم می‌کنیم. تقاطع خط قائم با تراش پروانه اسـتاندارد ۱۷۸ mm /۱۷۰= ø را مشـخص می‌کنیم. خط افقی را ترســـیم تا محور عمودی را قطع کند. مقدار بدســـت آمده (۳۲ متر) ارتفاع پمپاژ پمپ یک طبقه در آبدهی ۱۸۰ متر مکعب در ساعت میباشد. در محاسبات قبل گفته شد که با احتساب میزان افت سوپاپ برای ارتفاع ۵۵ متر برای آبدهی ۱۸۰ مترمکعب لازم است که مقدار ارتفاع را باندازه یک و نیم متر اضافه‌تر در نظر بگیریم. حال همین مقدار را به میزان ارتفاع پمپاژ پمپ یک طبقه یعنی ۳۲ که اخیرا بدست آوردیم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{۵۶.۵}{۳۲} = ۱.۷ \approx ۲$$

مقدار حاصـل تعداد طبقات را از نظر ریاضـی به مقدار ۱.۷ بدسـت میدهد. با توجه به اینکه در عمل چنین تعداد طبقه ای نمی‌تواند وجود داشـــته باشـــد این مقدار را بصـــورت تقریب اضـــافی یعنی ۲ طبقه در نظر می‌گیریم. بنابراین تعداد طبقات پمپ مورد نظر، دو طبقه خواهد بود که بصورت مطمئن نیاز اعلام شـده را پاسـخگو می‌باشـد. با تقسـیم عدد ۵۶.۵ به تعداد طبقات یعنی عدد ۲ به حدود ۲۸ دســـت می‌یابیم که در محاســـبات بعدی آنرا بمثابه ارتفاع پمپاژ پمپ یک طبقه مورد ملاحظه قرار خواهیم داد. مجددا به مشخصات هیدرولیکی پمپ شناور BPN ٤٢٥ مراجعه می‌کنیم.



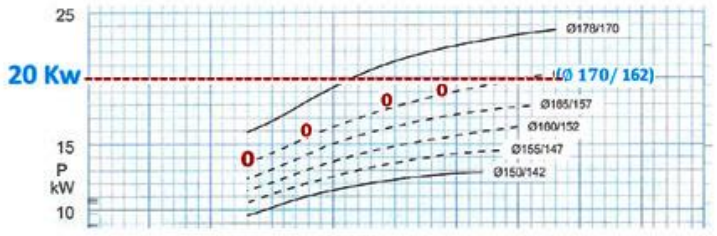
شکل ۳-۹: مشخصات هیدرولیکی پمپ BPN ٤٢٥

خط عمودی مقدار آبدهی مورد درخواست یعنی ۱۸۰ متر مکعب در ساعت را از محور آبدهی انتخاب و خط قائم را رسم می‌کنیم. خط افقی ارتفاع پمپاژ پمپ یک طبقه را برای (۲۸ متر) ترسیم می‌کنیم تا محور عمودی ترسیم شده را قطع کند. نقاط تقاطع دو محور ترسیمی بر منحنی تراش پروانه استاندارد ۱۶۲/۱۷۰ mm = ø واقع میگردد. بنابراین مشخصه کامل پمپ مورد درخواست بصورت مندرج در ذیل خواهد بود.

- تیپ اصلی پمپ
- تعداد طبقات
- تراش پروانه

$$BPN\ ۴۲۵\quad ۲a\quad (Ø\ ۱۷۰/۱۶۲)$$

بعد از انتخاب نوع پمپ ضروری است که به انتخاب نوع الکتروموتور مناسب مبادرت گردد. با توجه به اینکه پمپ انتهایی بیش از یک طبقه می‌باشد ضرورت دارد که برای تعیین الکتروموتور مناسب نخست مقدار قدرت لازم را بر حسب یک طبقه استخراج و متعاقبا در تعداد طبقات ضرب کنیم.نخست منحنی توان ارائه شده از سوی سازنده را در نظر می‌گیریم.



شکل ۳-۱۰: منحنی توان پمپ BPN ٤٢٥

در این منحنی به تراش پرولنه mm،Ø ۱۶۲/۱۷۰ مراجعه می‌کنیم.نقطه ماکزیمم توان برای این تراش پرولنه را با اســـتخراج یک خط افقی و با تعیین نقطه تقاطع آن با محور عمودی قرائت می‌کنیم.مقدار Kw ۲۰ قرائت شـده برای یک طبقه پمپ اسـت و چون تعداد طبقات دو عدد میباشد آنرا در دو ضرب می‌کنیم.

$$۲۰\ KW * ۲ = ۴۰\ KW$$

محاسبات نظری نشان میدهد که توان موتور درخواستی ۴۰ کیلووات می‌باشد. با مراجعه به «جدول ابعاد و وزن پمپ‌های شناور» نسبت به انتخاب عملی مبادرت می‌گردد.

جدول ۳-۱: جدول توان پمپ BPN ٤٢٥

Dimentions in mm

14B			12A			10A		9A						7A						6E			6C			Motor موتور
300	260	220	185	150	130	110	92	73,5	62,5	55	45,5	37	30	24	22	18,5	15	13	11	9,2	7,5	5,5	3,7	3	2,2	1,5	kW کیلووات
408	354	300	252	204	177	150	125	100	85	75	62	50	41	33	30	25	20	18	15	12,5	10	7,5	5	4	3	2	Hp اسب بخار
605	520	445	380	307	264	222	187	155	132	115	96	80	65	52	47	40	32	28	24	20	17	13	8,8	6,9	5,4	3,9	Amp آمپر
2620	2470	2350	2180	2080	2010	1850	1730	1780	1640	1560	1490	1390	1290	1220	1150	1100	1020	960	920	850	920	850	770	700	670	640	Length طول
343			282			245		226							180					170	136						Dia. قطر
1176	1080	1010	655	625	600	397	361	320	296	276	259	237	215	200	126	120	105	99	93	83	64	59	52	46	44	41	kg وزن تقریبی Aprox. weigth

در ردیف سـطر توان موتور بدنبال توان موتور مناسـب می‌گردیم. بر مبنای برآوردهای انجام شـــده قبلی توان موتور مورد نیاز kW ۴۰ می‌باشـــد. بنابراین بر حســـب داده‌های جدول مشروحه، مقدار مورد جستجو در حدفاصل مقادیر مندرج خواهد بود:

۳۷-۴۵.۵ KW

با توجه به اینکه نوع موتور انتخابی ســـه فاز دو قطبی می‌باشـــد بر همین مبنا مقدار عددی ۲/۳ که نشاندهنده موتور ۳ فاز ۲ قطبی است بعد از آمپراژ موتور A ۹ نوشته می‌شود.حال مشخصات تیپ و مدل پمپ را هم به مشخصات الکتروموتور اضافه می‌کنیم.

۹A ۳/۲ +BPN ۴۲۵/۲a (ϕ ۱۷۰/۱۶۲)

بعد از انتخاب نوع پمپ و انتخاب نوع الکتروموتور مناسـب ضـرورت دارد که به انتخاب نوع کابل برق مناســب مبادرت گردد.برای تعیین نوع کابل ضـرورت دارد که مقدمتا موارد توان الکتروموتور و طول کابل که از حاصـل جمع عمق چاه با میزان فاصـله چاه تا تابلو بدسـت می‌آید در دسـترس باشـند.بعد از مشـخص شـدن موارد فوق الذکر به جدول مربوطه مراجعه می‌شود.

جدول ۳-۲: انتخاب کابل برای پمپ BPN ٤٢٥

Y/Δ starting / در راه اندازی ستاره-مثلث																	
220 kW	185 kW	150 kW	130 kW	110 kW	92 kW	73,5 kW	62,5 kW	55 kW	45,5 kW	37 kW	30 kW	22 kW	18,5 kW	15 kW	13 kW	11 kW	9,2 kW	Motor Power / قدرت موتور
445 A	380 A	307 A	264 A	222 A	187 A	155 A	133 A	115 A	96 A	80 A	60 A	47 A	40 A	32 A	28 A	24 A	20 A	Line Current / جریان خط
1-125 3X90	1-117 3X70	1-100 3X50	1-50 3X35	1-96 3X35	1-81 3X25	1-105 3X25	1-78 3X16	1-90 3X16	1-67 3X10	1-48 3X6	1-42 3X4	1-55 3X4	1-39 3X2.5	1-30 3X1.5	1-34 3X1.5	1-39 3X1.5	1-48 3X1.5	طول کابل مساحت کابل Cable Length Cable Size تعداد رشته / No. of Supplying Cable
126-160 3X120	118-159 3X90	101-141 3X70	51-118 3X50	97-138 3X50	82-114 3X35	106-148 3X35	79-123 3X25	91-141 3X25	68-109 3X16	49-78 3X10	43-66 3X6	56-82 3X6	40-63 3X4	31-49 3X2.5	35-57 3X2.5	40-66 3X2.5	49-78 3X2.5	
161-200 3X150	160-201 3X120	142-199 3X90	119-166 3X70	139-193 3X70	115-163 3X50	149-211 3X50	124-172 3X35	142-196 3X35	110-171 3X25	80-127 3X16	66-102 3X10	83-138 3X10	64-94 3X6	50-78 3X4	58-93 3X4	67-105 3X4	79-129 3X4	
	202-252 3X150	191-241 3X120	167-226 2X90	194-262 3X90	164-229 3X70	212-297 3X70	173-248 3X50	197-282 3X50	172-240 3X35	126-199 3X25	103-163 3X16	139-222 3X16	95-157 3X10	79-118 3X6	94-139 3X6	106-160 3X6	130-193 3X6	
		242-301 3X150	227-286 3X120	263-333 3X120	230-312 3X90	298-408 3X90	247-345 3X70	283-394 3X70	241-342 3X50	200-279 3X35	164-255 3X25	223-346 3X25	158-252 3X16	120-190 3X10	140-232 3X10	161-266 3X10	194-322 3X10	
			287-358 3X150		313-394 3X120		346-469 3X90		343-478 3X70	280-389 3X50	256-357 3X35		253-394 3X25	200-318 3X16	233-373 3X16	269-430 3X16		

برای مسئله مطروحه با توجه به اینکه توان موتور ۴۰ KW می‌باشد در سطر توان موتور به میزان توان الکتروموتور رجوع می‌شود.سطر دوم جدول میزان شدت جریان را نشان میدهد که برای موتور مورد نظر این مقدار ۹A درج شده است.در سطرهای زیر آن، دو رقم درج شده است که:

رقم نخست میزان متراژ طول کابل

رقم دوم تعداد رشته‌های کابل و اندازه قطر رشته‌ها است

مثلا رقم ۳*۱۹ به مفهوم سه رشته کابل، با قطر mm^2 ۱۹ در راه اندازی ستاره – مثلث می‌باشد.حال در همین مثال اگر فاصله عمق چاه تا پای تابلو ۲۲۰متر باشد با دقت در ذیل ستون ۴۰ kw متوجه می‌شویم که این مقدار (یعنی ۲۲۰ متر) در حد فاصل ۱۷۲-۲۴۰ واقع است بنابراین استاندارد کابل، دورشته کابل ۳*۳۵ خواهد بود. شایان ذکر است برای موارد کمتر از ۷.۵ kw که راه اندازی آنها بصورت‌های مستقیم صورت می‌پذیرد از کابل‌های تک رشته‌ای استفاده می‌شود که به منظور تعیین و مشخص کردن نوع کابل مورد استفاده به جدول مربوطه مراجعه می‌گردد.

جدول ۳-۳: طول کابل الکتروپمپ‌های کوچکتر از ۷.۵ کیلو وات

↓ در راه اندازی مستقیم / DOL(direct on line) starting						
7,5 kW	5.5 Kw	3,7 kW	3 kW	2,2 kW	1,5 kW	قدرت موتور / Motor Power
17 A	13 A	8,8 A	6,9 A	5,4 A	4 A	جریان خط / Line Current
1-38 3X1,5	1-50 3X1,5	1-73 3X1,5	1-95 3X1,5	1-120 3X1,5	1-160 3X1,5	طول کابل سایز کابل Cable Length Cable Size / تا کی رشته / Supplying Cable
39-63 3X2,5	51-85 3X2,5	74-120 3X2,5	96-155 3X2,5	121-200 3X2,5	161-275 3X2,5	
64-100 3X4	86-130 3x4	121-190 3X4	156-250 3X4	201-320 3X4	276-435 3X4	
101-170 3X6	131-220 3X6	191-315 3X6	251-400 3X6			
171-260 3X10	221-340 3X10	316-480 3X10				

حال به عنوان نمونه به تعریف کابل برای یک الکتروموتور با توان kw ۵.۵ و با طول کابل ۱۲۵ متر مبادرت می‌کنیم.با مراجعه به جدول مربوطه و سطر مربوط به توان الکتروموتور به طرف مقدار توان الکتروموتور حرکت می‌کنیم. بر روی مقدار کیلووات مورد نظر متمرکز می‌شویم.سطر دوم جدول میزان شدت جریان را نشان میدهد که برای موتور مورد نظر این مقدار ۱۳ A درج شده است.در هر کدام از ردیف‌های مندرج در ذیل دو ردیف ارقام درج شده است که رقم نخست محدوده میزان متراژ طول کابل از یک کرانه پائین حداقل (۸۶m) به یک کرانه بالای حداکثر (۱۳۰ m)است.رقم ۳*۴ برای کابل بدست می‌آید به معنای ۳ رشته کابل به قطر $۴mm^۲$ است.

۳-۷- پمپ‌های سانتریفوژ و روش انتخاب آنها

عمده موارد استفاده از این پمپ‌ها عبارتند از انتقال آب به تصفیه خانه‌ها برای مصارف شهری و صنعتی، استخراج و انتقال آب برای آبیاری باغات و مزارع کشاورزی، انتقال آب سرد و گرم در تأسیسات گرمایش و سرمایش و اطفاء و ... .

شکل ۳-۱۱: نمونه‌هایی از کاربرد پمپ‌های گریز از مرکز

پمپ‌های گریز از مرکز می‌توانند موارد درخواست‌های وارده از سوی مشتری را برای موارد ذیل پوشش دهند :

ظرفیت آبدهی: ۵ تا ۱۸۰۰ متر مکعب در ساعت

هِد یا ارتفاع آبرسانی : ۵ تا ۹۰ متر

قطر خروجی: ۳۲ تا ۳۰۰ میلیمتر

دمای کاری از ۵۰- تا ۱۴۰ درجه سانتیگراد با آببندی مکانیکی

۳-۱-۷- روش انتخاب یک پمپ گریز از مرکز

بعنوان یک مثال عملی، فرآیند صحیح انتخاب یک پمپ گریز از مرکز را مورد بررسی قرار می‌دهیم. مورد درخواست یک پمپ گریز از مرکز برای آبرسانی از یک منبع مکش به یک منبع رانش با اختلاف سطح ۲۹متر و با میزان آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت می‌باشد.نحستین گام در گزینش صحیح یک پمپ گریز از مرکز، ضرورتا با مشخص کردن شرائط کارکردی مورد انتظار آغاز می‌گردد.

شرائط کارکردی مورد انتظار از پمپ می‌تواند در قالب :

- کارکرد آبدهی بصورت‌های مداوم و مستمر
- کارکرد آبدهی در فواصل زمانی گاه بگاه و مقطعی

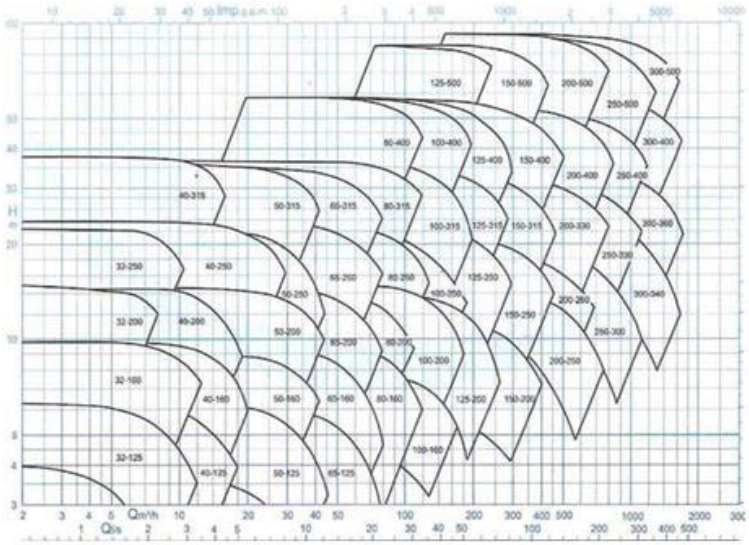
صورت پذیرد.

باید توجه داشت که بطور کلی در هر پمپ آب گریز از مرکز، میزان خروجی و آبدهی پمپ با میزان اندازه و قطر پرولنه، تعداد پره‌های پرولنه، تعداد دور چرخشی پرولنه، قطر دهلنه ورودی و خروجی و .... بستگی و از رابطه مستقیم برخوردار است.پمپ‌های گریز از مرکز را می‌توان با موتورهای الکتریکی ۱۴۵۰ دور در دقیقه یا ۲۹۰۰ دور در دقیقه بصورت کوپل شده مورد استفاده قرار داد.

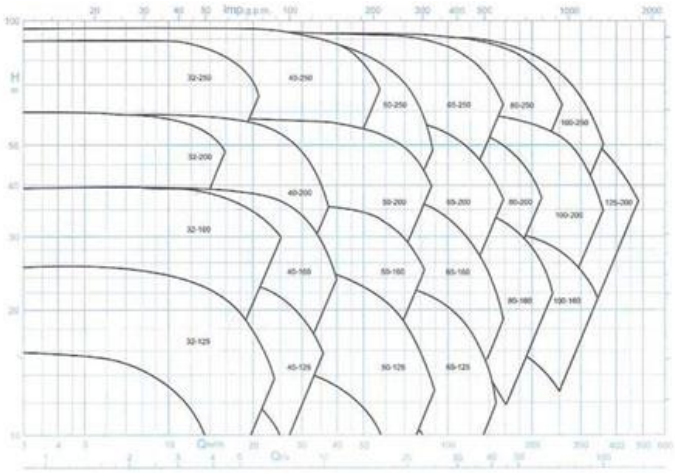
جهت تقلیل استهلاک پمپ در دورهای بالا بهتر است برای کارکرد بصورت‌های مداوم و مستمر از موتورهای الکتریکی ۱۴۵۰ دور در دقیقه استفاده بعمل آوردو برای کارکرد در فواصل زمانی گاه بگاه و مقطعی از موتورهای الکتریکی ۲۹۰۰ دور در دقیقه استفاده بعمل آورد.

۳-۲-۷- فرآیند انتخاب پمپ گریز از مرکز

منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های گریز از مرکز برای دورهای ۱۴۵۰ دور در دقیقه و ۲۹۰۰ دور در دقیقه در دو چارت جداگانه و مستقل بشرح مندرج نمایش داده شده و دراختیار قرار داده شده اند.بعد از مشخص شدن شرائط کارکردی مورد انتظار از سوی خریدار و آگاهی از چگونگی کار پمپ درخواستی بصورت‌های مداوم و مستمر و یا منقطع و در فواصل زمانی مختلف به منحنی‌های همپوشانی مربوطه مراجعه می‌شود.



شکل ۳-۱۲ : منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های گریز از مرکز برای دور ۱۴۵۰ دور در دقیقه

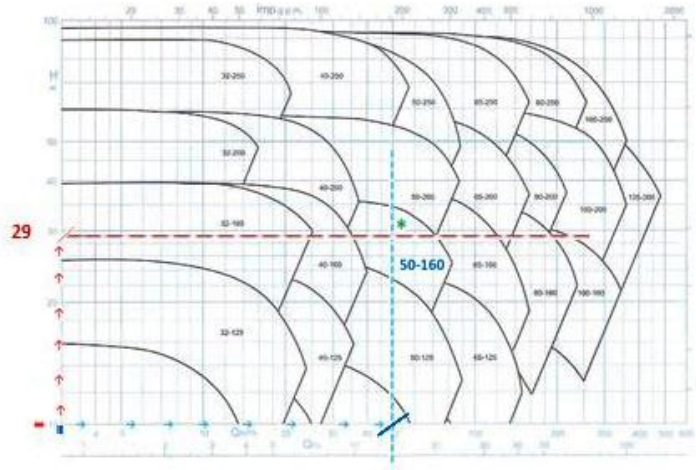


شکل ۳-۱۳ : منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های گریز از مرکز برای دور ۲۹۰۰ دور در دقیقه

۳-۱-۲-۷- انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه

در گام نخست باید به منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های گریز از مرکز برای الکتروموتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه مراجعه شود.

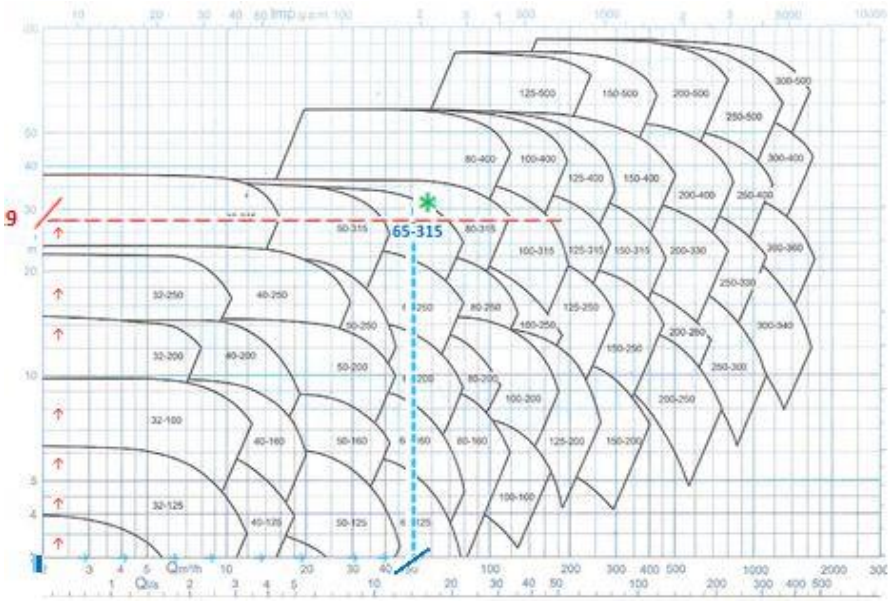
۱) مقدار آبدهی ۵۰ متر مکعب در ســـاعت را از محور طولی انتخاب و خط عمودی را استخراج میکنیم.
۲) ارتفاع آبدهی ۲۹ متر را از محور ارتفاع انتخاب و خط افقی را ترسیم میکنیم.
۳) تقاطع دو خط افقی و عمودی نشانگر پمپ مناسب برای خواسته تعریف شده یعنی پمپ ۱۶۰ – ۵۰ برای ۲۹۰۰ دور در دقیقه میباشد.



شکل ۳-۱۴: مشخص شدن پمپ ۱۶۰-۵۰

۳-۲-۲-۷- انتخاب پمپ گریز از مرکز برای آبدهی ۵۰ مترمکعب در ســـاعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر از روی منحنی همپوشانی با موتور ۱۴۵۰دور در دقیقه

در گام نخســـت باید به منحنی‌های همپوشـــانی پمپ‌های گریز از مرکز برای الکتروموتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه مراجعه شود.
۱) مقدار آبدهی ۵۰ متر مکعب در ســـاعت را از محور طولی انتخاب و خط عمودی را استخراج میکنیم.
۲) ارتفاع آبدهی ۲۹ متر را از محور ارتفاع انتخاب و خط افقی را ترسیم میکنیم.
۳) تقاطع دو خط افقی و عمودی نشانگر پمپ مناسب برای خواسته تعریف شده یعنی پمپ ۳۱۵ – ۶۵ برای ۱۴۵۰ دور در دقیقه میباشد.

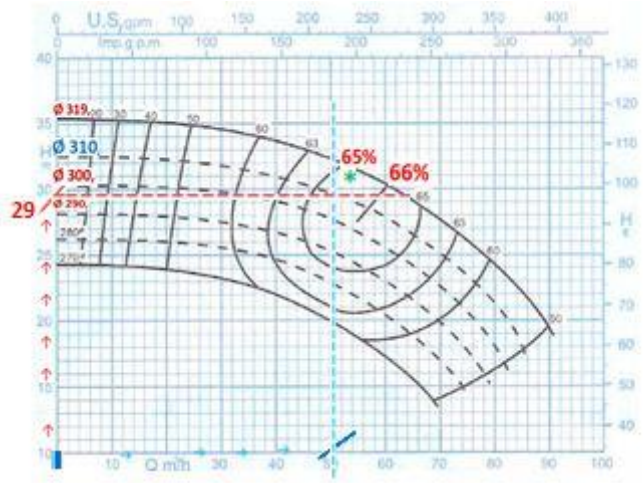


شکل ۳-۱۵: مشخص شدن پمپ ۳۱۵-۶۵

۳-۳-۷- تعیین قطر پروانه یک پمپ گریز از مرکز

بر حسب آنچه که گفته شد برای درخواست وارده پمپ با آبدهی ۵۰ متر مکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر دو گزینه پمپ ۳۱۵-۶۵ در ۱۴۵۰ دور در دقیقه و پمپ ۱۶۰-۵۰ در ۲۹۰۰ دور در دقیقه را در دست خواهیم داشت.با توجه به اینکه استهلاک پمپ در دورهای بالاتر بیشتر است هرگاه کارکرد پمپ سفارش شده بصورت‌های مداوم باشد بهتر خواهد بود که مدل ۳۱۵-۶۵ مورد انتخاب و گزینش نهایی قرار بگیرد.ولی اگر کارکرد پمپ سفارش شده بصورت‌های مقطعی و گاه بگاه و در فواصل زمانی باشد بهتر خواهد بود که مدل ۵۰-۱۶۰ مورد انتخاب و گزینش نهایی قرار گیرد. با پیش فرض کارکرد پمپ سفارش شده بصورت‌های مداوم و انتخاب گزینه مدل ۳۱۵-۶۵ بعنوان گزینش نهایی، در ادامه به تعیین قطر پروانه مبادرت می‌ورزیم.

به منحنی مشخصات هیدرولیکی پمپ گریز از مرکز ۳۱۵-۶۵ در ۱۴۵۰ دور در دقیقه مراجعه می‌کنیم. منحنی‌ها برای قطر تراش پروانه‌های مختلف تهیه و ارائه گردیده اند.



شکل ۳-۱۶: منحنی برای تعیین قطر تراش پمپ ۳۱۵-۶۵

هر منحنی به یک تراش پروانه خاص اختصـــاص دارد مثلا : ۳۱۹ ø ,۳۱۰ø ,۳۰۰ø ,۲۹۰ و .... در محور افقی و از نقطه آبدهی ۵۰ مترمکعب خط عمودی و از محور عمودی از ارتفاع ۲۹ متر خط افقی را اخراج و نقطه تقاطع را مشـــخص می‌کنیم.بعد از مشـــخص کردن نقطه تقاطع، اولین منحنی بالای این نقطه را که مربوط به تراش پروانه۳۱۰ ø می‌باشد را انتخاب می‌کنیم.

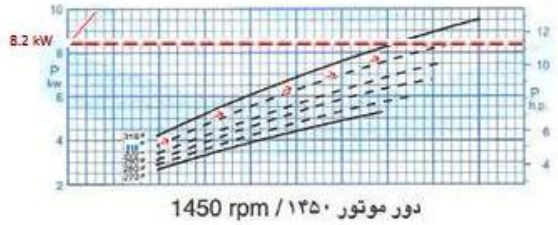
بنابراین پمپ مورد تقاضـــا، پمپ گریز از مرکز ۳۱۵-۶۵، ۱۴۵۰دور بر دقیقه با تراش پروانه ۳۱۰ ø می‌باشد.

۳۱۵-۶۵ ø ۳۱۰a ,(۱۴۵۰rpm)

با توجه به اینکه نقطه انتخاب پمپ در منحنی فوق الذکر، بین راندمان ۶۵٪ و ۶۶٪ می‌باشد، راندمان پمپ مورد انتخاب حدود ۶۵/۲٪ خواهد بود.

۳-۴-۷- انتخاب الکتروموتور یک پمپ گریز از مرکز

بمنظور انتخاب الکتروموتور مناســـب نخســـت منحنی مربوط به اندازه تراش پروانه و قدرت الکتروموتورها را در نظر می‌گیریم. اندازه تراش پروانـه را پیدا می‌کنیم. از انتهای منحنی تراش پروانه۳۱۰ ø خطی موازی محور افق رسم و به عدد kw ۸.۲ می‌رسیم.



شکل۳-۱۷: قطر تراش و توان پمپ ۳۱۵-۶۵

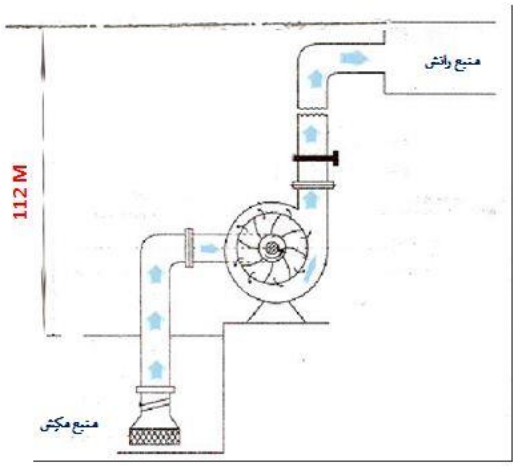
رقم مندرج حداقل قدرت لازم برای الکتروموتور مورد نیاز میباشـــد. با مراجعه به جدول و بملاحظه مقدار آبدهی و قطر پرولنه جهت عملکرد مطمئن الکتروموتور kw ۱۱، ۱۴۵۰ دور در دقیقه را انتخاب می‌کنیم.

جدول ۳-۴: جدول تعیین توان پمپ ۳۱۵-۶۵

دور ۱۴۵۰ RPM 1450	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m^3/h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج‌پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics			قطر لوله Pipe Dia. (Inch)	
	25	40	60	70	80		مکش Inlet	رانش outlet	Power / قدرت kW کیلووات	HP اسب‌بخار	I / جریان Amp آمپر	مکش Inlet	رانش outlet
ارتفاع (متر) Head (m)	35	33.5	30.5	27.5	24	319	80	65	11	15	23.8	✡✡	✡✡✡
	32	31	28	25	21.5	310			11	15	23.8		
	30	29	25.5	22.5	18	300			11	15	23.8		
	28	26.7	23	20	-	290			7.5	10	15.7		

۸-۲- روش انتخاب یک پمپ فشار قوی

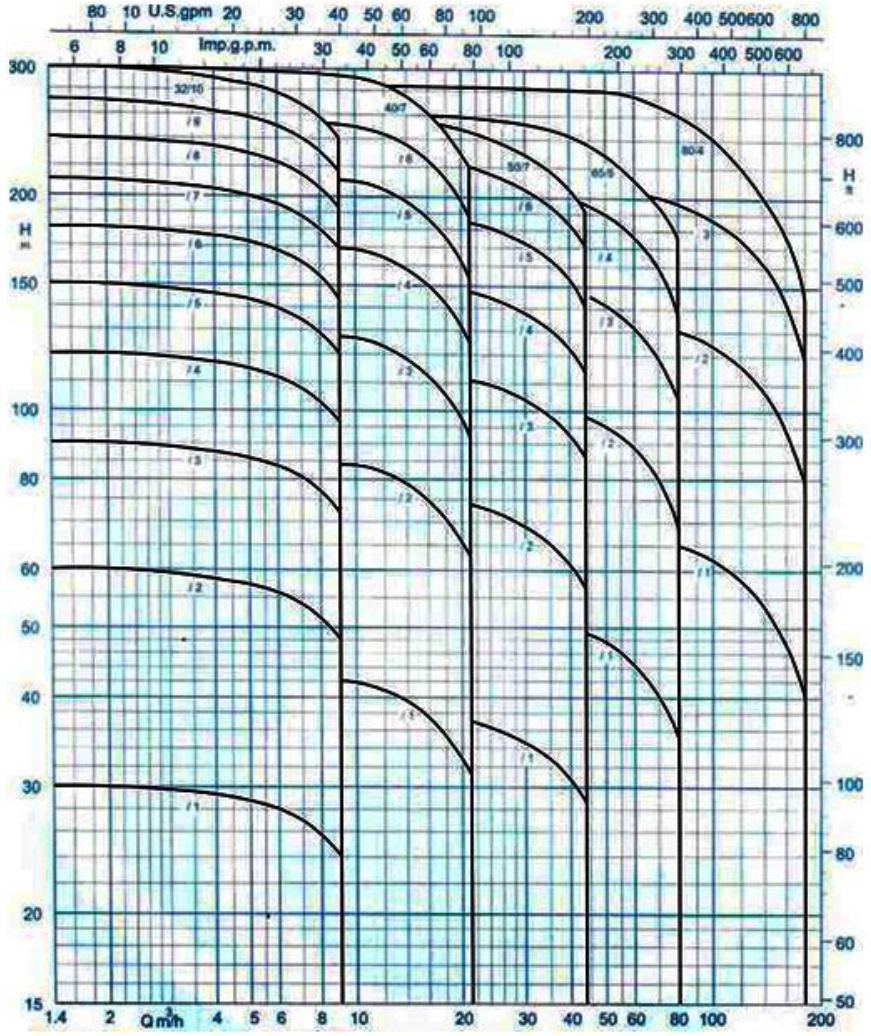
بعنوان یک مثال عملی، فرآیند عملیاتی انتخاب یک پمپ فشـــار قوی را مورد بررســـی قرار می‌دهیم. مورد درخواست یک پمپ فشار قوی در یک شبکه برای آبرسانی با میزان آبدهی ۳۳ مترمکعب در ســـاعت از یک منبع مکش به یک منبع رانش با اختلاف ســـطح ۱۱۲ متر میباشد.



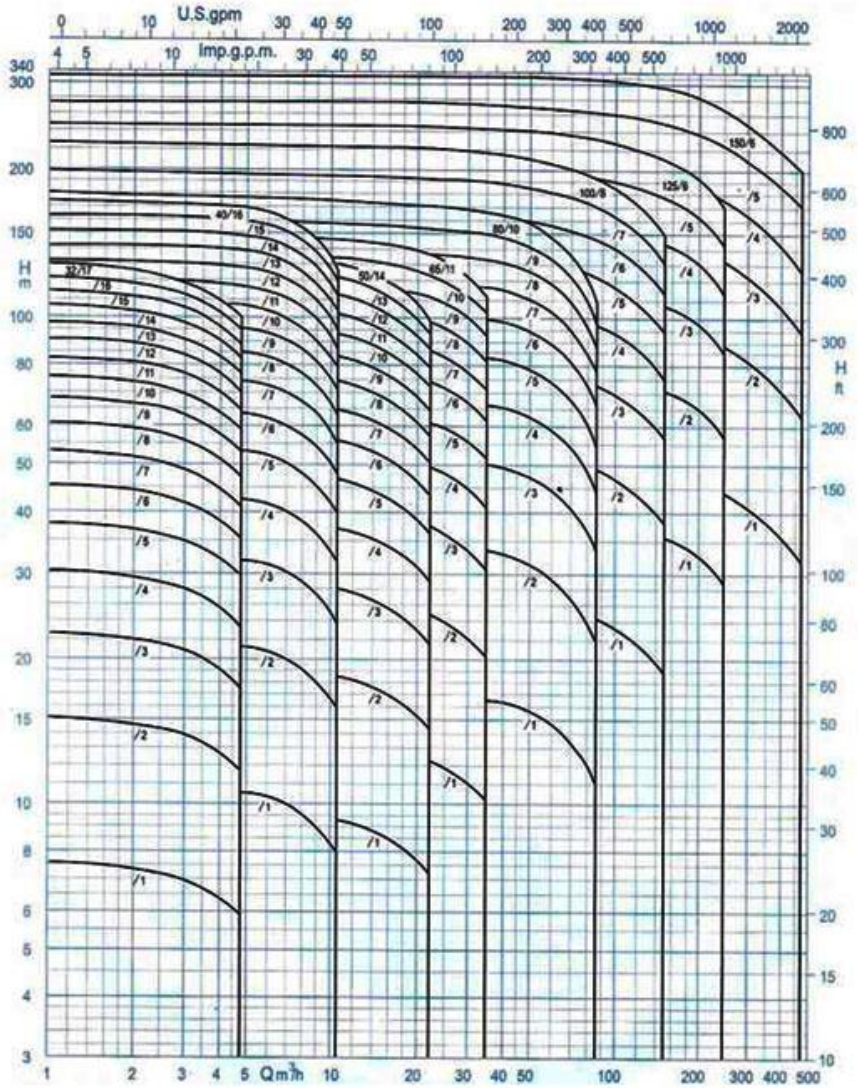
شکل ۳-۱۸: اختلاف ارتفاع بین منبع رانش و مکش

۹-۲- منحنی‌های همپوشانی

برای پمپ‌های فشار قوی دو منحنی همپوشانی برای دورهای ۲۹۰۰ RPM و ۱٤٥۰ RPM برای مراجعه در دسترس می‌باشد.



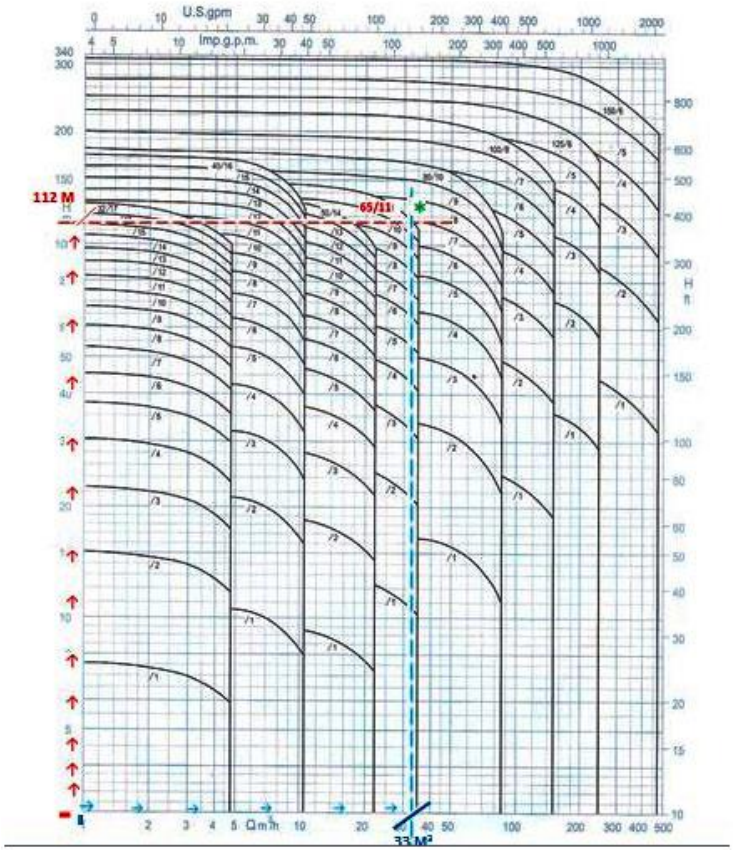
شکل ۳-۱۹: منحنی‌های همپوشانی برای دور RPM۲۹۰۰



شکل ۳-۲۰ : منحنی‌های همپوشانی برای دور RPM۱۴۵۰

حال می‌خواهیم یک پمپ فشـــار قوی با مشـــخصـــات فوق با ســـرعت کاری RPM ۱۴۵۰ را انتخاب کنیم:

میزان آبدهی ۳۳مترمکعب را از محور افقی تعیین و خط عمودی را استخراج می‌کنیم ؛



شکل ۲۱-۲: تعیین پمپ WKL ٦٥/١١

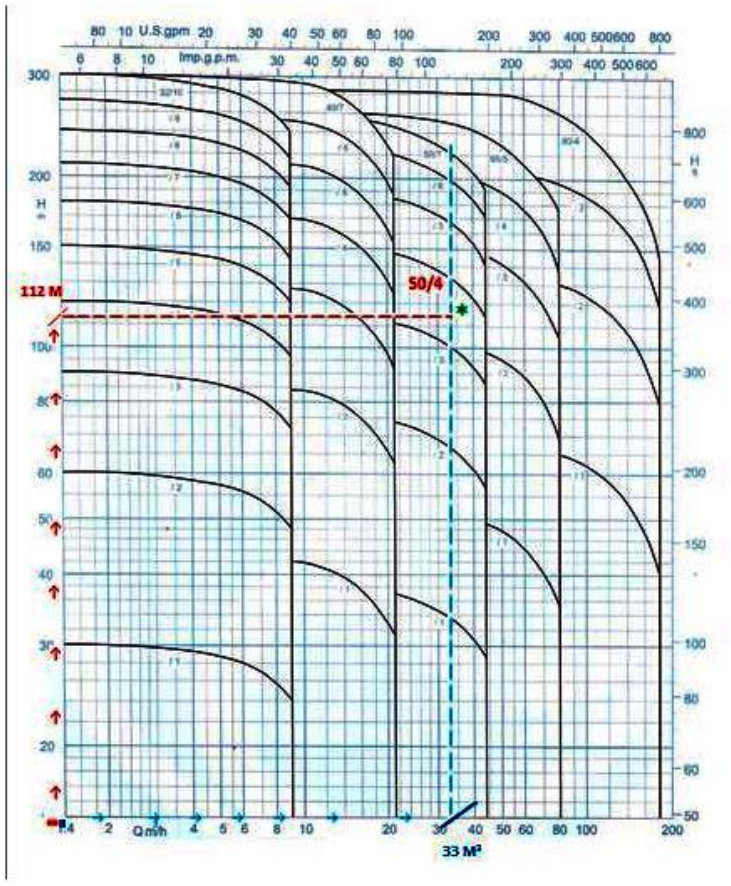
اندازه ارتفاع ۱۱۲ متر را از محور عمودی مشخص و خط افقی را ترسیم می‌کنیم.تقاطع دو محور عمودی و افقی مشخص کننده پمپ WKL ۶۵/۱۱ می‌باشد.

حال برای انتخاب پمپی با همان مشخصات ولی با سرعت کاری RPM ۲۹۰۰ داریم:

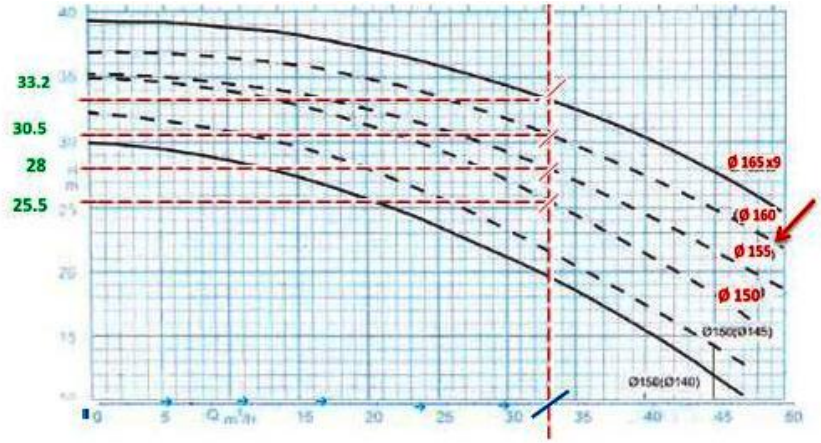
میزان آبدهی ۳۳مترمکعب را از محور افقی تعیین و خط عمودی را استخراج می‌کنیم. اندازه ارتفاع ۱۱۲ متر را از محور عمودی مشخص و خط افقی را ترسیم می‌کنیم. تقاطع دو محور عمودی و افقی مشخص کننده پمپ WKL ٥٠/٤ می‌باشد.با توجه به اینکه استهلاک پمپ در دورهای بالا بیشتر است چنانچه کارکرد پمپ مداوم باشد بهتر است مورد قبلی یعنی WKL٦٥/١١ را انتخاب کنیم. در صورتیکه کارکرد پمپ متناوب باشد آنگاه مورد WKL ٥٠/٤ را انتخاب می‌کنیم و برای ادامه به منحنی مشخصات هیدرولیکی همین

پمپ اخیر مراجعه می‌کنیم.

مقدار آبدهی درخواستی (۳۳ متر مکعب در ساعت) را در محور افقی مشخص و عمود قاطع را ترسیم میکنیم تا منحنی‌های تراش پروانه را قطع نماید. از نقاط تقاطع خط ترسیمی با هر یک از منحیهای تراش پروانه ، خطی بموازات محور افقی ترسیم می‌کنیم تا محور عمودی را قطع و از آنجا ارتفاع پمپ برای این آبدهی در آن تراش پرولنه معین را بدست می‌آوریم.



شکل ۳-۲۲: تعیین پمپ WKL ۵۰/٤



شکل ۳-۲۳: مشخص کردن ارتفاع پمپ

با توجه به اینکه منحنی مورد بحث، برای ارتفاع یک طبقه تهیه شده است. ارتفاع کل را بر ارتفاع یک طبقه تقسیم می‌کنیم، نتیجه حاصل، تعداد طبقات را بدست میدهد. با توجه به اینکه ارتفاع مطلوب و درخواست شده ۱۱۲ متر بوده است، همین مقدار را به اعداد حاصل تقسیم می‌کنیم.

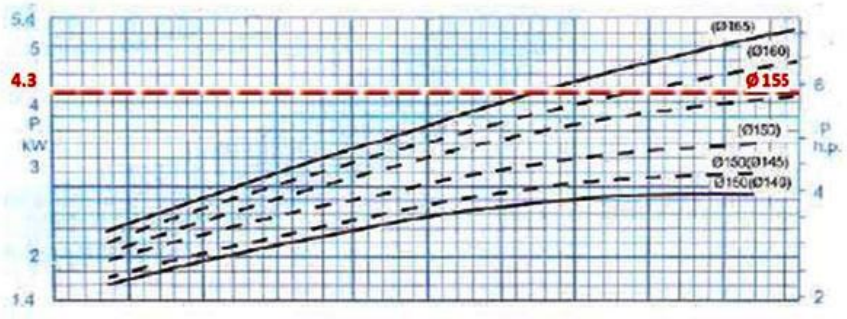
$$\frac{۱۱۲}{۳۳.۲} = ۳.۳ \qquad \frac{۱۱۲}{۳۰.۵} = ۳.۶ \qquad \frac{۱۱۲}{۲۸} = ۴ \qquad \frac{۱۱۲}{۲۵.۵} = ۴.۳$$

از نتایج حاصله، عدد صحیح یعنی عدد (۴) را بعنوان گزینه تعداد طبقات معین و انتخاب می‌کنیم. اگر کلیه اعداد حاصل اعشاری بودند آنگاه بزرگترین عدد اعشاری را گرد می‌کنیم. بنابر این پروانه پمپ مورد نظر، برای اندازه قطر ۱۵۵ میلیمتر تراش کاری خواهد شد.

بنا بر آنچه آورده شد پمپ انتخاب شده تحت مدل :

(RPM ۲۹۰۰) Ø ۱۵۵ ٤ a WLK ٥٠/٤

پمپ فشار قوی، تیپ پنجاه، با پروانه تراش داده شده با قطر تراش پروانه ۱۵۵ میلیمتر و با سرعت کاری ۲۹۰۰ دور در دقیقه می‌باشد.برای انتخاب الکتروموتور به منحنی مربوطه مراجعه می‌کنیم. در این منحنی، تراش پروانه ۱۵۵ را مشخص و خط افقی را رسم می‌کنیم.تقاطع خط استخراجی با محور عمودی رقم ۴.۳ KW را نشان میدهد.



شکل ۳-۲۴: مشخص کردن توان پمپ WKL ٥٠/٤

چون پمپ چهار طبقه می‌باشد پس توان جذبی کلی، مقدار ۱۷/۲خواهد بود:

P = ٤*٤,٣ =١٧,٢KW

بعد از دست یابی نظری و محاسباتی به مقدار عددی مندرج، در عمل بمنظور غلبه بر افت قدرت‌ها و فشارها و کسب راندمان‌های مناسب، مقدار محاسباتی را با تقریب اضافی مناسب مثلاKW ۲۲ منظور میدارند.داده‌های مندرج در ذیل که از کاتالوگ شرکت سازنده اصلی برای پمپ فشار قوی WKL ٥٠ استخراج شده اند، موید صحت محاسبات بعمل آمده می‌باشند.

تعداد طبقات: ۴

میزان آبدهی: ۳۳ متر مکعب در ساعت

ارتفاع آبدهی: ۱۱۲ متر

قطر پروانه: ۱۵۵ Ø

قدرت موتور بر حسب کیلو وات: ۲۲ کیلو وات یا ۳۰ اسب بخار

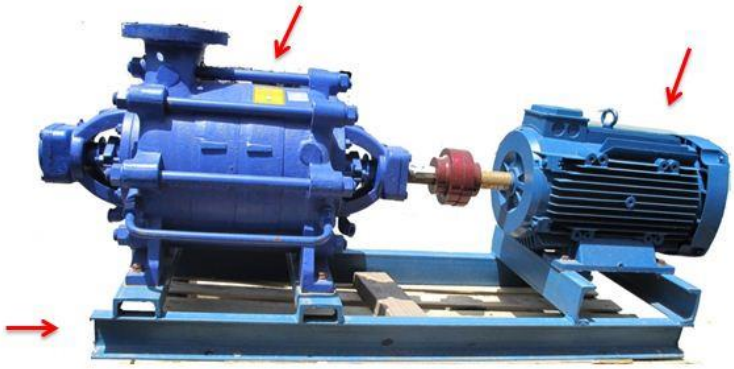
میزان آمپراژ: ۳۹.۵ آمپر

جدول ۳-۵: مشخصات موتور الکتروپمپ WKL ۵۰/٤

تعداد طبقات No. of Stages	دوردر دقیقه ۲۹۰۰ RPM 2900	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m^3/h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics			قطر لوله Pipe Dia. (Inch)	
		49	41	33	25	17		مکش Inlet	رانش outlet	Power / قدرت kW کیلووات	HP اسب‌بخار	I / جریان Amp آمپر	مکش Inlet	رانش outlet
1a	ارتفاع (متر) Head (m)	-	21	26	30	33	150	65	50	4	5.5	9.15	✲✲	✲✲✲
1		25	30	33	36	38	165			7.5	10	15.7		
2a		39	48	56	62	66	155			11	15	22		
2		50	60	67	72	76	165			15	20	29.2		
3		76	90	100	108	114	165			18.5	25	34		
→ 4a *		76	96	112 *	124	132	155 *			22 *	30 *	39.5 *		
4		101	120	133	144	151	165			30	40	54		
5		126	149	166	179	189	165			30	40	54		
6		151	179	200	215	227	165			37	50	67		
7		163	196	221	241	254	165			37	50	67		

در این قسمت گذری داریم بر بررسی یک مجموعه الکتروپمپ کوپل شده و همینطور تشریح مندرجات پلاک الصاقی بر روی پمپ‌های فشار قوی و مطالعه و بررسی آنها و در ادامه نیز صحت مشخصات مندرج در پلاک نصب شده بر روی پمپ‌ها را بررسی میکنیم:

۱-۹-۲- بررسی موردی یک مجموعه الکتروپمپ کوپل شده با استفاده از پمپ تولیدی شرکت «پمپ ایران» و الکتروموتور تولیدی شرکت «موتوژن»



شکل ۳-۲۵: یک مجموعه الکتروپمپ کوپل شده

میخواهیم مجموعه پمپ فشار قوی تیپ ۸۰، سه طبقه WKL ۸۰/۳ با قطر تراش پروانه ۲۲۰ Ø کوپل شده با الکتروموتور به قدرت ۱۵ Kw با سرعت چرخشی ۱۴۵۰ rpmنصب شده بر روی یک استند فولادی جوشکاری شده را مورد ملاحظه قرار دهیم:

۱٤٥٠ rpm,۱۵ kW , Ø ۲۲۰ WKL ۸۰/۳

با شـناخت اولیه از اصـول کارکرد کل مجموعه کوپل شـده و با توجه به داده‌های مندرج بر روی پلاک پمپ و پلاک الکتروموتور می‌توان اطلاعات مفیدی را برای شـناخت بیشـتر و تجزیه تحلیل‌های موثرتر استخراج نمود.

شکل ۳-۲۶ : پلاک الکتروموتور موتوژن

داده‌های درج شـده بر روی هر یک از پلاک ها، حاوی اطلاعات ارزشـمندی می‌باشـند که آگاهی از کم وکیف آنها به شناخت بیشتر از مجموعه در دسترس و بهره برداری‌های موثرتر و اقتصادی‌تر از آن‌ها منجر می‌شود:

شکل ۲۷-۲: پلاک پمپ ساخت پمپ ایران

مندرجات پلاک نمونه، مبین پمپ فشـار قوی تیپ ۸۰ سـه طبقه WKL ۸۰/۳ از سـری محصولات پمپ ایران می‌باشد.پمپ مورد اشاره را می‌توان برای گردش و کوپل کردن با هر کدام از الکتروموتورها با دورهای ۱۴۵۰ دور در دقیقه و ۲۹۰۰ دور در دقیقه بکار گرفت.

بر مبنای مندرجات پلاک مورد بحث:

شکل ۳-۲۸ : پلاک پمپ ساخت پمپ ایران

مقدار حجم آبدهی پمپ برای ۱۴۵۰ دور در دقیقه – ۶۰ متر مکعب در ساعت ؛
مقدار حجم آبدهی پمپ برای ۲۹۰۰ دور در دقیقه – ۱۱۰ متر مکعب در ساعت ؛
مقدار ارتفاع آبدهی پمپ برای ۱۴۵۰ دور در دقیقه – ۴۳ متر ؛
مقدار ارتفاع آبدهی پمپ برای ۲۹۰۰دور در دقیقه – ۱۷۶ متر ؛
قدرت الکتروموتور مورد نیاز برای کارکرد ۱۴۵۰ دور در دقیقه – ۱۵ کیلووات
قدرت الکتروموتور مورد نیاز برای کارکرد ۲۹۰۰ دور در دقیقه -۱۱۰ کیلووات
مشخصه‌های مندرج فوق‌الذکر برای تراش پروانه ۲۲۰ میلیمتر محاسبه و پیش‌بینی شده‌اند؛ با اعمال تغییر در اندازه قطر پروانه مقادیر ارتفاع آبدهی و مقدار حجم آبدهی پمپ قابل تعدیل می‌باشند:

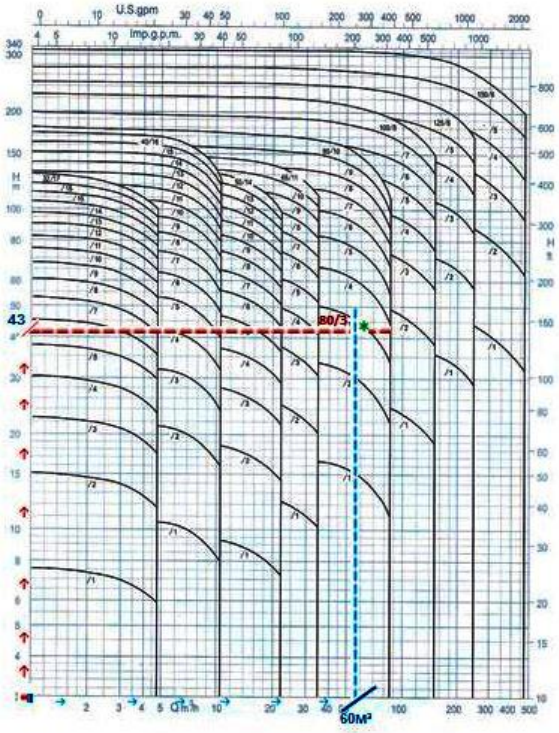
$$\frac{HP_2}{HP_1}=\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 \quad \frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad \frac{Q_2}{Q_1}=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)\left(\frac{D_2}{D_1}\right)$$

برای تعیین قطر تراش پروانه نسبت به مقادیر ارتفاع آبدهی و مقدار حجم آبدهی مورد نظر،

ضروری است که به منحنی مشخصات هیدرولیکی پمپ مشروحه مراجعه داشت.
تاریخ تولید پمپ : اسفند ماه سال ۱۳۹۱
شماره سریال تولید : ۵۴۳۴۷۴
دارای گواهی کیفیت استاندارد ایران و صادرات به کشورهای اروپایی

۲-۹-۲- *تحقیق صحت مشخصات مندرج در پلاک نصب شده بر روی پمپ با تیپ مندرج WKL ۸۰/۳*

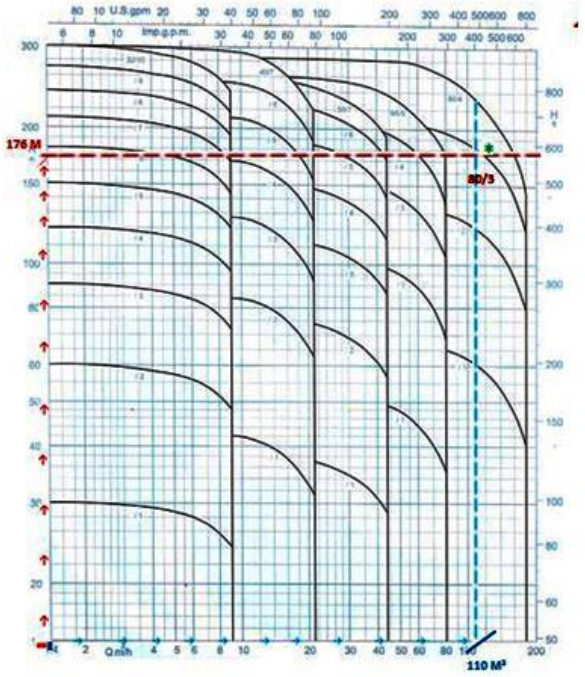
با مراجعه منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های فشار قوی در ۱٤٥۰ rpm



شکل ۳-۲۹ : مشخص کردن پمپ WKL ۸۰/۳

ظرفیت آبدهی ۶۰ مترمکعب در ساعت را در محور افقی تعیین می‌کنیم و خط عمودی را استخراج می‌کنیم. اندازه هد ۴۳ متر را در محور عمودی مشخص می‌کنیم و خط افقی را بموازات محور افقی ترسیم می‌کنیم. همچنانکه ملاحظه می‌شود نقطه تقاطع دو خط ترسیمی مبین همان تیپ اصلی مندرج در روی پلاک اصلی یعنی پمپ WKL ۸۰/۳ می‌باشد.

با توجه به اینکه حسب داده‌های مندرج بر روی پلاک الصاقی، موضوع پمپ مورد مطالعه تیپ WKL ۸۰/۳ غیر از الکتروموتور ۱۴۵۰ rpm با الکتروموتور ۲۹۰۰ rpm هم قابل کوپل کردن می‌باشد لذا برای تکمیل تحقیق صحت مشخصات پلاک نصب شده روی پمپ به منحنی همپوشانی پمپ‌های فشار قوی در دور ۲۹۰۰ rpm در زیر مراجعه میکنیم.
ظرفیت آبدهی ۱۱۰ مترمکعب در ساعت را در محور افقی تعیین می‌کنیم، خط عمودی را استخراج می‌کنیم.اندازه هد ۱۷۶ متر را در محور عمودی مشخص می‌کنیم، خط افقی را به موازات محور افقی ترسیم می‌کنیم.نقطه تقاطع دو محور، مشخص کننده پمپ WKL ۸۰/۳ می‌باشد.



شکل ۳-۳۰: مشخص کردن پمپ WKL ۸۰/۳

۳-۹-۲- مستندات جدول مشخصات انتخاب موتور در کاتالوگ پمپ ایران برای پمپ فشار قوی مدل WKL ۸۰/۳ با الکتروموتور ۲۹۰۰ دور در دقیقه

تعداد طبقات : ۳
مقدار آبدهی : ۱۱۰ متر مکعب

ارتفاع آبدهی : ۱۷۶ متر

قدرت الکتروموتور : ۱۱۰ کیلو وات

جدول ۳-۶: مشخصات موتور الکتروپمپ WKL ۸۰/۳

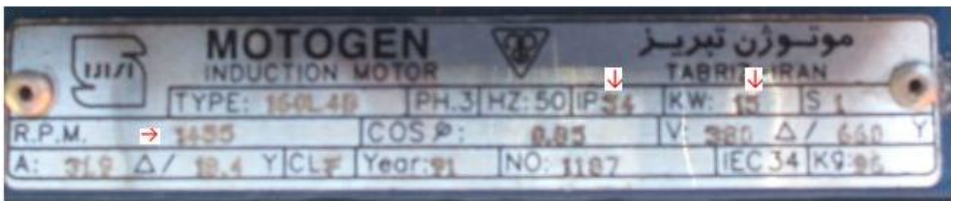
تعداد طبقات No. of Stages	دوربر دقیقه ۲۹۰۰ RPM 2900	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m^3/h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج‌پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics			قطر لوله Pipe Dia. (Inch)	
		170	140	110 *	80	50		مکش Inlet	رانش outlet	قدرت / Power کیلووات kW	اسب‌بخار HP	جریان / I آمپر Amp	مکش Inlet	رانش outlet
1a	ارتفاع (متر) Head (m)	-	-	36	44	49	205(180)	100	80	18.5	25	34	✲✲	✲✲✲
1a		-	35	45	52	56	205			22	30	39.5		
1a		35	47	56	63	67	215			30	40	54		
1		41	51	59	66	70	220			37	50	67		
2a		-	73	93	106	116	205			45	60	81.5		
2a		64	88	106	120	129	210			55	75	98		
2		81	101	117	131	141	220			75	100	131		
3a		-	120	150	169	184	210			75	100	131		
3a		106	142	168	189	202	215			90	125	158		
→ 3 *		121	152	176 *	197	212	220			110 *	150	193		
4a		128	176	212	240	258	210			110	150	193		

۱۰-۲- مندرجات پلاک الصاقی بر روی الکتروموتور

میزان قدرت الکتروموتور :پانزده کیلووات

۱۴۵۰ دور در دقیقه

درجه حفاظتی: IP ٥٤

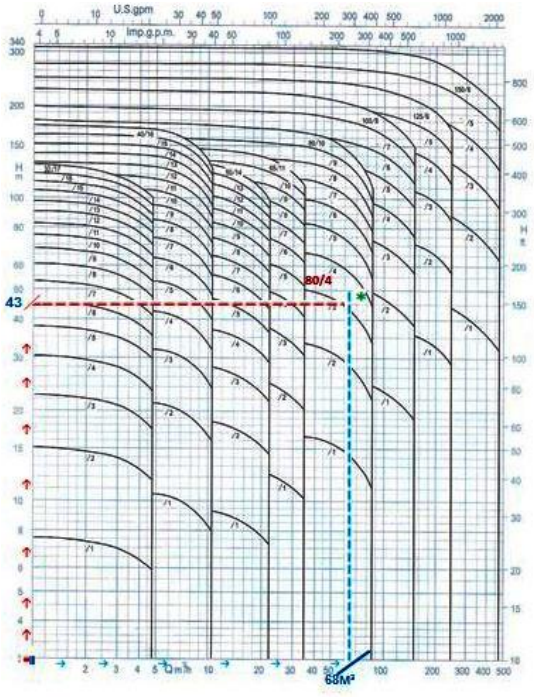


شکل ۳-۳۱ : پلاک الکتروموتور موتوژن تبریز

۲-۱۰-۱- بررسی موردی یک سفارش دریافتی الکتروپمپ فشار قوی

No.	Item No.	Unit	Qty.	Description
1	01	NO	2	ظرفیت پمپاژ: ۶۸ متر مکعب بر ساعت هد مورد نیاز: ۴۳ متر سرعت چرخش پروانه: ۱۴۵۰ دور در دقیقه بازده پمپ: دست‌کم ۶۸ درصد قدرت موتور: ۱۸.۵ کیلووات موتوژن تبریز قطر لوله مکش: ۱۰۰ میلیمتر قطر پروانه: ۲۲۰ میلیمتر تعداد طبقات: ۴ طبقه همراه با کوپله و شاسی خط مکش: ۴ متر عمودی و ۳۰ متر افقی

۱-۱-۱۰-۲- با مراجعه منحنی‌های همپوشانی پمپ‌های فشار قوی در rpm۱۴۵۰



شکل ۳-۳۲: منحنی همپوشانی پمپ WKL ۸۰/٤

ظرفیت آبدهی ۶۸ مترمکعب در ســـاعت را در محور افقی تعیین می‌کنیم، خط عمودی را استخراج می‌کنیم. اندازه هد ۴۳ متر را در محور عمودی مشخص می‌کنیم، خط افقی را بموازات محور افقی ترسیم می‌کنیم. نقطه تقاطع دو محور مشخص کننده پمپ WKL ۸۰/٤ می‌باشد.

۲-۱-۱۰-۲- مراجعه به جدول مشخصات انتخاب موتور پمپ فشار قوی مدل WKL ۸۰

تعداد طبقات : ۴

مقدار آبدهی : ۶۸ متر مکعب

ارتفاع آبدهی : ۴۳ متر

قدرت الکتروموتور : ۱۸/۵ کیلو وات

جدول ۳-۷: مشخصات موتور الکتروپمپ WKL ۸۰/٤

تعداد طبقات No. of Stages	دوردر دقیقه ۱۴۵۰ RPM 1450	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m^3/h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج‌پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics			قطر لوله Pipe Dia. (Inch)	
		100	80 *	60	40	20		مکش Inlet	رانش outlet	Power / قدرت ☼ kW کیلووات	HP اسب‌بخار	I / جریان Amp آمپر	مکش Inlet	رانش outlet
1		7	11	14	16	18	220			5.5	7.5	12.2		
2		14	24	29	33	36	220			11	15	23.8		
3		22	34	43	50	55	220			15	20	32		
→ 4 *	ارتفاع (متر)	29	45 *	57	66	73	220			18.5 *	25	36.5		
5		36	56	71	83	91	220			22	30	44		
6	Head (m)	43	67	86	100	109	220	100	80	30	40	58.5	☼☼	☼☼☼
7		50	78	100	116	127	220			37	50	70.5		
8		58	90	114	133	146	220			37	50	70.5		
9		65	101	129	149	164	220			45	60	85.5		
10		72	113	143	166	182	220			45	60	85.5		

مراجع:

[۱] – مرکز تحقیق و توسعه شرکت ابیاران

فصل چهارم: NPSH، کاویتاسیون و روشهای رفع آن

در این فصل ضمن بررسی دقیق و جامع NPSH و پدیده کاویتاسیون، روشهائی عملی و کاربردی جهت جلوگیری از بروز این پدیده و ملاحظاتی که از زمان طراحی پمپ تا زمان بهره برداری از آن، باید مدنظر قرارداد، ارائه میگردد.

NPSH -۴-۱

NPSH به دو بخش $NPSH_a$ $NPSH_r$ تقسیم میشود. NPSH فشار مثبت خالص در دهانه مکش پمپ میباشد ، $NPSH_r$ یا هد مثبت مکش خالص مورد نیاز، به مفهوم هد (فشار) خالص مورد نیاز برای کارکرد صحیح پمپ و جلوگیری از وقوع کاویتاسیون میباشد:

Net positive suction head required

این فشار خالص مورد نیاز صرفا به طراحی پمپ بستگی دارد و توسط سازنده کنترل میشود. $NPSH_a$ یا هد مثبت مکش خالص در دسترس به مفهوم آن مقدار از فشار اتمسفر است که در دهانه مکش پمپ قابل دسترس میباشد:

Net positive suction head available

این پارامتر با توجه به عواملی از قبیل ارتفاع منطقه از سطح دریا، ارتفاع پمپ نسبت به سطح آب در مخزن مکش و دمای کاری، کنترل میشود و در واقع تابعی از سیستم و شرایط آن میباشد.

برای کارکرد صحیح پمپ، به دور از کاویتاسیون و اثرات آن، بایستی فشار مثبت خالص در دسترس پمپ ازمقدار فشار مورد نیاز پمپ برای کارکرد صحیح، بیشتر باشد، بنابراین داریم:

$NPSH_r < NPSH_a$

این اصطلاح یکی از مهمترین و بنیادی‌ترین اصطلاحات رایج در پمپ‌های سانتریفیوژ می‌باشد و معرف مجموع فشار مطلق مکش منهای فشار بخار سیال، در دمای کاری می‌باشد. فشار مطلق مکش در نازل مکش تعیین می‌گردد. NPSH یک مفهوم فیزیکی و از جنس انرژی می‌باشد و بر حسب متر و یا فوت ارتفاع سیال پمپ شونده بیان می‌گردد. NPSHa

(در دسترس) بیان کننده میزان انرژی کل سیال در هنگام ورود به پمپ می‌باشد و در صورتی که این انرژی جهت غلبه بر تلفات قسمت مکش پروانه پمپ کافی باشد، سیال در همان حالت باقی مانده و تبخیر نمی‌شود. بدیهی است هنگامی که انرژی سیال از میزان انرژی که باعث گردیده است ماده در آن دما سیال بماند (همان فشار بخار در دمای معلوم) کمتر گردد, ماده شروع به تبخیر شدن می‌نماید و دلیلی برای مایع بودن ندارد. علاوه بر موارد فوق کاهش فشار باعث آزاد شدن گازهای محلول در سیال می‌گردد. این گازها که در نتیجه فشار سیال در سیال محلول گردیده اند با کاهش فشار آزاد می‌گردند. ایجاد فاز گازی در سیال چه در نتیجه کاهش فشار و آزاد شدن گازهای محلول و چه در نتیجه تبخیر خود سیال به خاطر کاهش فشار تا فشار بخار, باعث ایجاد پدیده مخرب کاویتاسیون در قسمت مکش پروانه پمپ می‌گردد. این پدیده باعث خوردگی پره‌های پروانه در قسمت مکش می‌گردد.

۲-۴- کاویتاسیون

هنگامیکه مایع به درون چشم پروانه (مجرای ورود به پروانه) یک پمپ سانتریفیوژ وارد می‌شود، فشارش کاهش می‌یابد. اگر فشار مطلق در مقطع چشم پروانه از فشار بخار مایع در همان درجه حرارت کاری پائین‌تر آید، در آن نقطه شروع به جوشیدن کرده و تبدیل به بخار می‌شود. وقتی این حبابهای بخار همراه مایع در امتداد پره‌های پرولنه بحرکت در می‌آیند، فشار رفته رفته افزایش یافته و این حبابها ترکیده و مجدداً به مایع تبدیل می‌شوند. این پدپده تشکیل و از بین رفتن حبابهای بخار اصطلاحاً کاویتاسیون یا حفره زایی نامیده می‌شود. بطور کلی تشکیل و از بین رفتن تعداد زیادی حباب بر روی یک سطح آزاد، آنرا در معرض تنش شدید موضعی قرار می‌دهد که به نظر می‌رسد بر اثر پدپده خستگی صدمه می‌بینند. کاویتاسیون در پمپ‌ها اثرات بسیار نامطلوبی دارد که از آن جمله می‌توان به ایجاد سرو صدای غیر طبیعی ناشی از ضربات هیدرولیکی و ایجاد لرزش در پمپ‌ها، کاهش راندمان پمپ، نوسانی شدن دبی خروجی، افت فشار در پمپ، صدمات مکانیکی و خوردگی سایشی بر روی سطوح و قطعات داخلی پمپ از جمله پوسته، پروانه و آب بندها اشاره کرد.

NPSH (ارتفاع مثبت خالص مکش) نقش مهم و اساسی را در انتخاب پمپ‌هایی که درجه

حرارت مایع ورودی به آنها بالاســـت، ایفا می‌کند. در واقع یک ســـیال زمانی تبخیر خواهد شــدکه فشــار آن خیلی کاهش و یا دمای آن خیلی افزایش یابد و NPSH به حداقل میزان فشــاری اطلاق می‌گردد که برای جلوگیری از پدیده کاویتاســیون، مورد نیاز اســت.به منظور ممانعت از بروز پدیده کاویتاسیون، فشار سیستم می‌بایست همواره در تمامی مراحل مکش، ورود به پروانه و تخلیه، بالاتر از فشار بخار مایع در درجه حرارت کاری باشد.

در تمامی پمپ‌های سانتریفیوژ می‌بایست حداقل فشار مورد نیاز در قسمت ورودی پمپ که برای جلوگیری از تبخیر شدن سیال (کاویتاسیون) لازم می‌باشد، تعیین گردد که این فشار مکش به مشــخصــات طراحی پمپ بســتگی دارد و مقدار آن توســط ســازنده بر روی منحنی عملکرد پمپ ارائه می‌شـــود که به آن NPSHR (ارتفاع مثبت خالص مکش مورد نیاز) گویند. NPSHA (ارتفاع مثبت خالص مکش موجود) مقدار فشــار مکشــی اســت که عملاً در سیستم موجود است و مقدار آن تابع شرایط سیستم پمپاژ است که می‌بایست همواره مقدار آن از NPSHR بالاتر باشد.

یک تعریف ساده از NPSHA بصورت رابطه زیر بیان می‌شود :

NPSHA=Atmospheric Pressure + Static Suction Head - Pressure Head – Vapor Pressure – Losses in the piping, Valves and fittings.

NPSHA را می‌توان از فرمول زیر برحســب فوت محاســبه کرد: NPSHA=Pa+Hs-Hi-Pv-Hf

P_a = فشار منبع مکش (Psia)

P_v= فشار بخار مایع پمپ شونده در حداکثر درجه حرارت ممکن (Psia)

H_s = فشـــار حاصـــل از ارتفاع ســـیال قبل از ورود به دهانه مکش پمپ (ft). این مقدار در صورتیکه مخزن مکش در ارتفاعی پائین‌تر از پمپ قرار گیرد، منفی خواهد بود.

H_f = تلفات ناشی از اصطکاک در لوله مکش بازاء دبی مورد نیاز (ft).

حال به مثالی برای محاسبه NPSHA می‌پردازیم :

مفروضات :

۱- ســـیال چگالیده بخار (Condensate)با دبی ۲۰۰ gpm و در درجه حرارت (۹۸,۸°C) ۲۱۰ °F است.

۲- هد (فشار) استاتیک برابر ۳ ft است.

۳- فشار اتمسفر برابر ۱۴.۷ Psi می‌باشد.

۴- مخزن در سطح دریا و بصورت باز (Vent) در نظر گرفته می‌شود.
۵- لوله مکش به قطر "۳ و بطول ft ۱ و شامل یک زانوئی ° ۹۰ و یک شیر کشوئی (Gate Valve) می‌باشد.

حل : با استفاده از جداول و نمودارهای مربوطه :
- افت ناشـــی از اصـــطکاک و زبری جداره یک لوله آهنی معادل ۸.۹ فوت در هر ۱۰۰ فوت طول لوله می‌باشد (لوله مکش با ظرفیت gpm ۲۰۰ و قطر "۳)
- برای افت در زانوئی و شـیر کشـوئی باید طول معادل از یک لوله مسـتقیم و نو محاسـبه و منظور گردد، که نتیجتاً خواهیم داشت :

$H_f = (۱,۰+۲,٦۲+۳,٦) \times ۸,۹$ ft per ۱۰۰ ft = ۰,٦٤ ft
H_s= ۳,۰ ft
$P_a = P_{atm} + P_{gage}$ = ۱٤,۷ +۰ = ۱٤,۷ Psia
s.g. = ۰,۸٤ at ۲۱۰ °F
P_v= ۱٤,۱ Psia at ۲۱۰°F
NPSHA= Pa+Hs-Hi-Pv-Hf=۱٤,۷+۳+۰,۸٤-۱٤,۱-۰,٦٤=۳,۸ ft

بنابراین پمپی که برای این مثال انتخاب می‌شود باید دارای NPSHR کمتر از ft ۳.۸ باشد تا از بروز پدیده کاویتاسـیون ممانعت بعمل آید.به منظور ممانعت از بروز کاویتاسـیون باید یا NPSHA را افزایش داد و یا NPSHR را کاهش داد و برای این منظور راهکارهای مختلفی وجود دارد که از جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد :
۱- افزایش سطح سیال در مخزن.
۲- بالا بردن مخزن.
۳- افزایش فشار مخزن (استفاده از سیستمهای بسته / سیستمهای تحت فشار)
۴- قراردادن پمپ داخل گودال (Pit).
۵- کاهش افتهای ناشی از لوله کشی و اتصالات (که می‌توان با طراحی دقیق سیسـتم لوله کشـی، بکار بردن حداقل اتصـالات، طراحی مناسـب قطر لوله‌ها و غیره، افتهای مربوطه را به حداقل رسانید.)
۶- تزریق مقدار کمی سیال خنک کننده به ورودی پمپ (به منظور کمتر شدن فشار بخار، می‌توان سیال را از درون یک خنک کننده یا فلاش تانک عبور داد.)

۷- عایق بندی مناسب لوله ها.
۸- بکار بردن پمپ‌های دو مکشه (که تا ٪۲۵ مقدار NPSHR را کاهش می‌دهد.)
۹- بکار بردن پمپ‌ها با سرعت دورانی (rpm) پائین تر.
۱۰- بکار بردن پمپ‌ها با مجرای ورودی (چشم) پروانه بزرگتر.
۱۱- زاویه جریان ورودی به زاویه‌ای اطلاق می‌شود که تحت آن جریان سیال وارد پروانه می‌شود. هر چند این زاویه بزرگتر باشد بازده بیشتر است و هر چه این زاویه کوچکتر باشد، NPSHR پائین‌تر است. به همین دلیل زاویه جریان ۱۷ درجه با حدود ۵ تا ۷ پره بعنوان یک حد مرزی بین دو محدوده فوق در نظر گرفته می‌شود.
۱۲- در هر پمپ هر چه مقدار سرعت مخصوص مکش کمتر باشد، مقدار NPSHR بالاتر خواهد بود. در مواردیکه NPSHR پائین حائز اهمیت است، مقادیر سرعت مخصوص مکش باید بسیار افزایش یابد که به منظور دستیابی به چنین مقادیر بالائی، زاویه جریان باید تا کمتر از ۱۰ درجه و تعداد پره‌های پروانه تا حداقل ۴ پره کاهش یابد.
۱۳- به منظور کاهش بیشتر NPSHR و به تبع آن افزایش بیشتر سرعت مخصوص مکش، یک پروانه جریان محوری یا یک راه انداز (Inducer) در جلوی پروانه سانتریفیوژ بکار گرفته می‌شود. زاویه جریان این پروانه ثانویه ۵ تا ۱۰ درجه و زاویه پره ۳ تا ۵ درجه بزرگتر است و تعداد پره‌های آن بین ۲ تا ۴ می‌باشد.
۱۴- جلوگیری از ورود هوا به داخل پمپ.
۱۵- بکار بردن خط بای پس مناسب (اگر خط بای پس خیلی نزدیک به ورودی پمپ نصب گردد، باعث افزایش دمای سیال ورودی خواهد شد.)
۱۶- جلوگیری از اغتشاش (Turbulence) جریان سیال و فراهم نمودن شرایط عبور سیال در یک سرعت ثابت با استفاده از طول مناسبی از لوله صاف (ده برابر قطر ورودی) مابین قسمت ورودی پمپ تا اولین اتصال.
۱۷- بکارگیری چندین پمپ کوچکتر بجای استفاده از یک پمپ بزرگتر (هر قدر ظرفیت پمپ افزایش یابد مقدار NPSHR نیز افزایش خواهد یافت و دلیل آن افزایش سرعت سیال می‌باشد چرا که هر وقت سرعت سیال افزایش یابد فشار یا هد کاهش خواهد یافت.)

آیا هرچه مقدار NPSHA نسبت به NPSHR بیشتر باشد مقدار کاویتاسیون در پمپ کمتر بوده و شرایط برای پمپ بهتر است؟

برای پاسخ به این سوال ابتدا باید مفهومی به نام NPSHi یا Incipient NPSH را معرفی نمود که بیانگر میزان NPSH یا فشار مطلق مکشی است که در آن میزان کاویتاسیون در پمپ به صفر می‌رسد و با کاهش فشار نسبت به آن کاویتاسیون شروع می‌شود. مقدار NPSHiدر پمپ‌های مختلف با شرایط کاری متفاوت، تغییر می‌کند و مخصوصاً در پمپ‌های بزرگ‌تر و High Energy مقدار NPSHi بسیار بالاتر از NPSHR است. نکته حائز اهمیت دیگر اینست که رفتار کاویتاسیون و تغییرات آن با فشار سیال و هندسه مکش پمپ بسیار پیچیده بوده و در بسیاری موارد با افزایش فشار از NPSHR ابتدا میزان کاویتاسیون افزایش یافته و سپس در نقطه‌ای شروع به کاهش کرده تا در NPSHi به صفر می‌رسد. لذا بر حسب نوع پمپ و طراحی مکش آن، افزایش فشار در مکش ممکن است منجر به افزایش یا کاهش کاویتاسیون گردد. در مواردی که مقدار NPSHi بسیار بالا است، کار کردن در این فشار مقرون به صرفه و عملی نیست و کارکرد پمپ همراه با مقداری کاویتاسیون در محدوده NPSHRهزینه پایین تری دارد.

لذا برای تعیین مقدار مناسب NPSHA نیز مشورت با سازنده پمپ می‌تواند مفید واقع شده و کارکرد بهتر پمپ را تضمین نماید. بر اساس بسیاری از دستورالعمل‌ها و راهنما ها، مقدار مناسب NPSHA حدود ۰/۵ تا ۱ متر بالاتر از NPSHR در نظر گرفته می‌شود که بهتر است با سازنده پمپ چک شود.

این پدیده یکی از خطرناکترین حالتهایی است که ممکن است برای یک پمپ به وجود آید. آب یا هر مایع دیگری در هر درجه حرارتی به ازای فشار معینی تبخیر می‌شود. هرگاه در حین جریان مایع در داخل چرخ یک پمپ فشار مایع در نقطه‌ای از فشار تبخیر مایع در درجه حرارت مربوطه کمتر شود حبابهای بخار یا گازی در فاز مایع به وجود می‌آیند که به همراه مایع به نقطه‌ای دیگر با فشار بالاتر حرکت می‌نمایند. اگر در محل جدید فشار مایع به اندازه کافی زیاد باشد حبابهای بخار در این محل تقطیر شده و در نتیجه ذراتی از مایع از مسیر اصلی خود منحرف شده و با سرعتهای فوق العاده زیاد به اطراف و از جمله پره‌ها برخورد می‌نماید. در چنین مکانی بسته به شدت برخورد سطح پره‌ها خورده شده و متخلخل می‌گردد. این پدیده مخرب درپمپ‌ها را کاویتاسیون می‌نامند. پدیده کاویتاسیون برای پمپ بسیار خطرناک بوده و ممکن است پس از مدت کوتاهی پره‌های پمپ را از بین ببرد. بنابراین باید از وجود چنین پدیده‌ای در پمپ جلو گیری گردد. کاویتاسیون همواره با صداهای

منقطع شروع شده و سپس در صورت ادامه کاهش فشار در دهانه ورودی پمپ بر شدت این صداها افزوده می‌گردد. صدای کاویتاسیون مخصوص ومشخص بوده وشبیه برخورد گلوله‌هایی به یک سطح فلزی است. هم‌زمان با تولید این صدا پمپ نیز به ارتعاش در می‌آید. در انتها این صداهای منقطع به صداهایی شدید ودائم تبدیل می‌گردد و در همین حال نیز راندمان پمپ به شدت کاهش می‌یابد.

۳-۴- انواع کاویتاسیون که ممکن است در پمپ‌ها اتفاق بیافتد

۱-۳-۴- کاویتاسیون تبخیری (نارسایی NPSHa) :

شایعترین نوع کاویتاسیون می‌باشد و حدود ۷۰٪ از کاویتاسیون‌ها را در بر می‌گیرد. برای جلوگیری از این نوع کاویتاسیون، مقدار NPSHa در سیستم باید از مقدار NPSHr (حداقل انرژی مورد نیاز پمپ که توسط کارخانه سازنده توسط منحنی‌هایی به همراه کاتالوگ پمپ ارائه می‌گردد) بیشتر باشد.برای جلوگیری از صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ۱- کاهش دما که مقدار هد ناشی از فشار بخار سیال را کاهش دهد. هرچه دما کمتر باشد در نتیجه فشار اشباع متناظر به آن کمتر خواهد شد و در نتیجه احتمال کمتر شدن این فشار نسبت به فشار داخل پمپ افزایش می‌یابد.
- ۲- افزایش تراز مایع در مخزن مکش که مقدار هد استاتیکی را افزایش می‌دهد.
- ۳- بهبود و اصلاح پمپ شامل موارد زیر :
  - - کاهش سرعت که مقدار Hf(هد ناشی از افت) را کاهش می‌دهد.
  - - افزایش قطر چشمه پره
  - - بکار بردن دو پمپ کوچکتر بصورت موازی که موجب کاهش افت هد می‌شود.
  - در این شرایط مایع مجبور می‌شود از ناحیه پر فشار پمپ به طرف ناحیه کم فشار آن در عرض پره بازگردش کند. وقتی در قسمت مکش یا تخلیه جریان گردابی ایجاد می‌شود که ناشی از سرعت بالای سیال می‌باشد جریان سیال برعکس شده و در خلاف جریان حرکت جریان عادی سیال باز گردش می‌کند. باز گردش سیال باعث می‌شود که قطر مفید عبور سیال در قسمت مکش و تخلیه کاهش یابد و

باعث کاهش فشار سیال گردد(مطابق اصل برنولی). با کاهش فشار و رسیدن فشار به فشار بخار سیال پدیده کاویتاسیون ایجاد می‌شود.

این نوع کاویتاسیون به دو حالت اتفاق می‌افتد :

اول اینکه مایع داخل محفظه پمپ با سرعت موتور باز گردش کرده و یکباره حرارتش افزایش پیدا کرده و فوق گرم می‌شود.

دوم وقتی که سیال مجبور می‌شود که از میان آب بندها و درزهای بین قطعات به سرعت عبور کند در این حالت حرارت بالا باعث تبخیر مایع خواهد شد.

صدمات ناشی از کاویتاسیون در پمپ‌های باز بیشتر در لبه تیغه‌های ایمپلر سمت چشم پره و در نوک تیغه‌ها تا قطر خارجی ایمپلر اتفاق می‌افتد. در پمپ‌های با ایمپلر بسته این صدمات روی نوارهای سایشی بین پره و بدنه محفظه ایجاد می‌شود.برای بهبود و تصحیح شرایط در حللت ایمپلر باز باید ایمپلر را به گونه‌ای تنظیم کرد که تلرانس بین تیغه‌ها و محفظه دقیقا تصحیح شود.در پمپ‌های پره بسته امکان تصحیح شرایط نیست اما لازم است جریان محصور شده در قسمت تخلیه پمپ آزاد شود. فضای آزاد بین نوک پره و زبانه باید معادل ۴٪ قطر پره باشد. صدمات ناشی از این نوع کاویتاسیون بیشتر در نوک تیغه‌های خارجی پره و پشت زبانه، روی دیواره محفظه داخلی دیده می‌شود.

۲-۳-۴- کاویتاسیون از نوع مکش

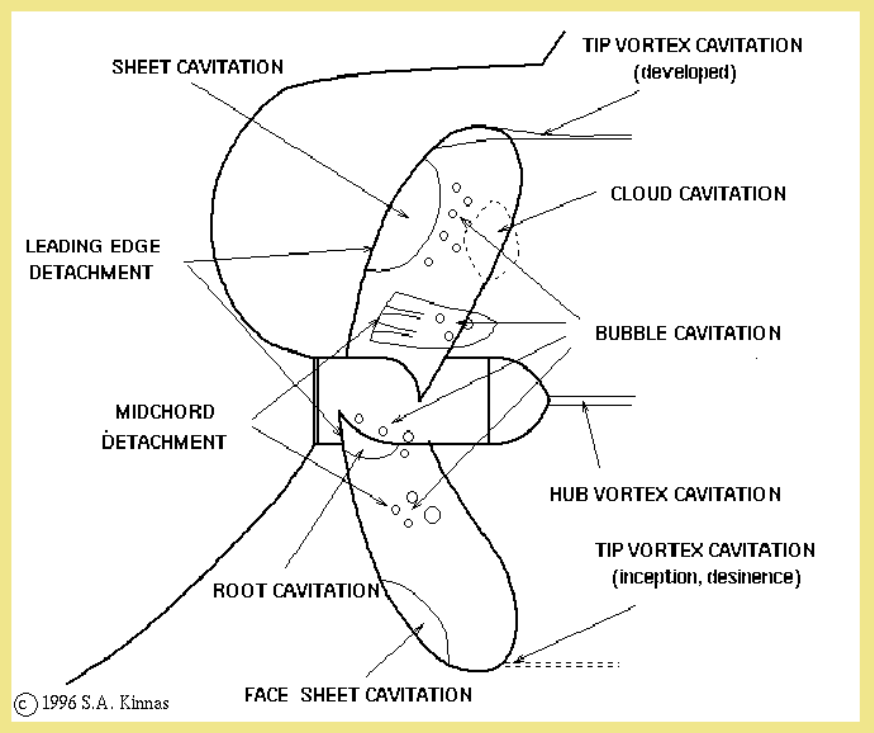
مکش هوا می‌تواند به اشکال مختلف در لوله‌ها و نقاط دیگر پمپ اتفاق بیافتد. مثلا در صورت ایجاد خلا در پمپ، هوا می‌تواند به درون لوله‌ها وارد شود. یکی از این نمونه‌ها پمپ بالاکش (Lift pump) می‌باشد. هوا از راههای زیر می‌تواند وارد پمپ شود.

- ۱- آببند شفت پمپ
- ۲- آببند ساق متصل به صفحه شیر در لوله مکش
- ۳- رینگ‌های اتصالی لوله مکش
- ۴- واشرهای آب بند صفحه فلنج در اتصالات لوله
- ۵- ارینگ‌ها و اتصالات پیچی در قسمت مکش
- ۶- ارینگ‌ها و آب بندهای ثانویه در آب بندهای تک
- ۷- سطوح آب بندهای مکانیکی تک

- ۸- از طریق حباب‌ها و حفره‌های هوا در لوله مکش
- ۹- از طریق مایعات کف کننده

راه‌های جلوگیری از کاویتاسیون نوع مکش هوا:

- ۱- آب بندی و بستن تمام سطوح، صفحات فلنج‌ها و واشر ها
- ۲- درزبندی و بستن رینگ‌های آب بند و آببندهای ساقه متصل به صفحه شیر در لوله مکش
- ۳- نگه داشتن سرعت سیال به میزان ۸ فوت بر ثانیه (با افزایش قطر لوله)
- ۴- استفاده از آب بندهای مکانیکی



شکل ۴-۱: انواع مختلف کاویتاسیون در یک پمپ و محل آنها

۱۲- محدودیت‌های قسمت مکش پمپ

پمپ‌های سانتریفوژی که آب را پمپ می‌کنند در قسمت مکش دچار پدیده بخار شدن آب می‌شوند و این به خاطر کاهش فشار روی آب است. با کاهش فشار آب از مایع به بخار تبدیل می‌شود به این پدیده کاویتاسیون می‌گویند. چگالی مخصوص بخار آب بسیار کمتر است، که این موجب ایجاد سر و صدا و ضربه زدن در قسمت مکش و فرسایش محفظه پمپ و اجزاء داخلی آن می‌گردد. به عنوان مثال فرض کنید، که یک سیستم لوله‌کشی آب گرم نیازمند آبی با دمای ۲۴۰ درجه فارنهایت است. از جداول فشار، فشار بخار بخار آب ۲۴۰ درجه فارنهایتی در فشار اتمسفر ۱۴.۷ psi، ۲۴.۹۷ psia یا ۱۰.۲۷ psig می‌باشد. حداقل ۲۵ psia باید برروی این آب گرم وارد شود تا بخار نگردد. اگر فشار کاهش یابد کاویتاسیون اتفاق افتاده و فشار آب گرم زیر ۲۴.۹۷ psia می‌شود. حال سؤال اینست، چگونه می‌توان از کاویتاسیون در پمپ‌ها جلوگیری کرد که با اطمینان یافتن از اینکه فشار آب در هربخش سیستم لوله‌کشی بیشتر از فشار بخار برای هر دمای ممکن آب در آن ممکن می‌شود. اطلاعات و ابزارهای زیادی نظیر دیاگرام گرادیان فشار وجود دارند که از کاویتاسیون در سیستم‌های لوله‌کشی و تهیه مطبوع جلوگیری می‌کنند. اگر پمپ دچار کاویتاسیون نگردد طراح می‌تواند مراحل دیگر طراحی سیستم لوله‌کشی‌اش را دنبال کند.

فصل پنجم: بررسی نحوه تنظیم پمپ با موتور پمپ

تنظیم شـفت پمپ و گرداننده برای افزایش طول عمر مفید تجهیزات و نیز طولانی‌تر کردن زمان عملکرد در فاصله بین تعمیرات آنها بسیار مهم است. بعلاوه تنظیم خوب موتور باعث کاهش پیشرفت خرابی و نقص در پمپ خواهد شد. اگر شفت پمپ و مجموعه پره به طور کامل میزان و تنظیم شوند گردش پره حول خط المرکز شفت در یک مدار کامل صورت خواهد گرفت. اگر چه با وجود نامیزانیهایی که در هنگام ریخته گری و ماشینکاری پره و شفت بوجود می‌آید امکان تنظیم این قطعات عملا غیر ممکن است. در این موارد گردش شفت حول خط المرکز آن نامیزان یوده که اصطلاحا به آن گردش خارج از مرکز گوییم.
ناهم راستایی در محور پمپ‌ها موجب ایجاد نیروی اصطکاک میشود. این موجب ایجاد تنشهای غیر نرمال در بلبرینگهای غیر اصطکاکی مشابه سایش و گرمایش بیش از حد کوپلینگ میشود. محور می‌تواند همچنین به علت خستگی خراب شود. تنشهای سیکلی بر روی کوپلینگ موجب ارتعاش محوری و شعاعی می‌شود. علاوه بر بیش بار، آن می‌تولند ارتعاشات را به ماشین آلات منتقل کند. پمپ‌ها و توربینها ماشینهایی هستند که دارای آب بندیهای خاصی می‌باشند و به خاطر ارتعاشات زیاد خراب می‌گردند. بنابراین هنگامیکه نیاز است باید از قطعات یدکی استفاده شود. برای اجتناب کردن از تمام وسایلی که با ناهمراستایی همراهند لازم است که این روال را دنبال کرد. هر چند که تمام ماشین آلات دقت لازمه را ندارند. این به نوع، سرعت و قابلیت اعتماد غیر مرتبط به نوع ماشین بستگی دارد.

۱-۵- فاکتورهایی‌که بر روی تنظیم پمپ با الکتروموتورش تاثیر

می‌گذارند:

۱-۱-۵- تاثیر خروج از مرکزی

راستای محور توسط دو مرجع در دو انتهای محور هدایت می‌شود. هابهای کوپلینگ یا دیگر اجزاء متصل شده به محور و عیوبی که از ماشینکاری بدست می‌آیند موجب می‌شود که انتهای محور بادامکی یا بیضی گون شود. برای چک کردن این گیجی عددی به انتهای محور متصل میشود(A) و نیز به انتهای دیگر محور بنام (B). هنگامیکه انتهای (A) با یک پایه چرخانده میشود قرائتها بر روی پایه دیگر دلالت بر این دارد که انتهای (B) خارج از محور است. این خروج از مرکزی میتواند موجب قرائتهای خطا شده و در نتیجه موجب همراستایی نا صحیح می‌گردد. مشکل کوپل کردن دو انتها و دوران آنها با یکدیگر به منظور بدست آوردن نا هم راستائیهاست. این روال خطای خارج از محوری انتهای محور هابهای کوپلینگ را حذف می‌کند.

۲-۱-۵- تاثیر ورق پایه و فوندانسیون ماشین

طراحی ورق پایه (Base Plate) برای ماشین آلات به منظور حذف ارتعاشات و جلوگیری از تاثیر شکل بدنه لازم است. بطور مشابه اگر چهار ورق پایه در یک صفحه قرار نگیرند موقعت محور به اینکه چگونه پیچها را محکم کنیم بستگی دارد. تماس بین پایه و ورق پایه (Base Plate) می‌تواند توسط شیمها با گیجهای پر کننده صورت گیرد. در خلال نصب یا بعد از اصلاحات ورق پایه استفاده از لبه‌های مستقیم بطور دقیق لازم است به منظور اطمینان یافتن از اینکه نا هم راستایی وجود ندارد یا به عبارت دیگر پایه‌ها در یک صفحه قرار دارند. صفحه‌ها باید تا آنجا که ممکن است با یکدیگر کوپل شوند. سطح تلرانسی پذیرفته شده این صفحات ۰.۱mm است. در برخی ماشینهای سنگین تشخیص فاصله حتی اگر پایه در یک صفحه نباشد آسان است. یک تست ساده تنظیم گیجهای عددی برای نشان دادن خارج از مرکزی توسط ابزار دقیقها است. در این مورد شیم باید در زیر پایه جلو قرار داده شود و داده‌ها گزارش شوند. سپس این شیم حذف شده و در جایی دیگر قرار داده میشود. قرائتها باید یکسان باشند. همین روال را برای پایه‌های عقب نیز بکار میبرند.روش دیگر تنظیم گیج عددی است. روش دیگر بدین گونه که Dial Pointer باید درجهت عمودی قرار داده شود.

سپس ماشین بطور محکم به ورقهای پایه پیچ می‌شود. هم اکنون هر پیچ لقی گزارش می‌شود. هر قرائت عددی‌ای که بالاتر از دیگران است نشاندهندهSoft Foot در آن موقعیت میباشد. Soft Foot می‌تواند یک شیم با ضخامت مناسب را برای ماشین بدست دهد.

۳-۱-۵- تاثیر موقعیت محوری ماشین

موقعیت محوری انتهای محور به فاصله بین انتهای محور اطلاق میشود (DBSE). معمولا بیشتر کوپلینگها تلرانس بزرگی در جهت محوریشان دارند؛ و بنابراین DBSE پارامتر مهمی برای چک کردن نیست. هر چند که برای کوپلینگهایی شبیه کوپلینگهای دیسکی هر خطای دیسک را تحت شرایط تنش بالا قرار داده و عمرش را کوتاه میکند. آن همچنین موجب نیرویی محوری میشود که به بلبرینگهای ماشین فشار اعمال میکند. بهتر است این زمینه را مد نظر قرار دهیم خصوصا هنگامیکه در شرایط دما بالا کار می‌کنیم. اگر X در DBSE برای کوپلینگ توصیه شود X+۰٫۵ برای ماشینهایی که در محدوده دمایی ۲۰۰-۱۰۰ °C کار می‌کنند بکار میرود؛ اگر دمایش ۲۵۰°-۲۰۰ باشد X+۱ بکار گرفته میشود. هنگامیکه بر روی موتورها کار میکنیم مرکز محور دوران آن باید خیز صفر داشته باشد. روتور موتور باید به خوبی توسط بلبرینگ هایش حمایت شود. بعد از علامت زدن آنها را به یکدیگر متصل کرده و نیروی پیشران را در هر دو جهت وارد کنید.

۴-۱-۵- تاثیر تکیه گاه

در بیشتر موارد خصوصا در کوپلینگهای فاصله دار (Spacer Coupling) باید تست شکم دادگی بر روی تکیه گاه محور انجام شود. DBSE در این کوپلینگها ممکن است طویل بوده و هنگامیکه تکیه گاههای راستاپذیر به انتهای محور متصل شوند تمایل برای شکم دادن تکیه گاه زیاد میشود. این شکم دادگی می‌تواند قرائت گیج عددی را تغییر دهد، که منجر به خطای محاسباتی می‌گردد. در مورد تکیه گاههایی با طول بیش از cm ۳۰-۲۵ باید توجه اضافه‌ای در طراحی به منظور افزایش سفتیشان و کاهش شکم دادگی لحاظ کرد.

بنابراین انجام تست شکم دادگی ضروری است. چک کردن شکم دادگی فقط برای راستادهی به ماشینهای افقی ضروری است به علت اینکه شکم دادگی به دلیل نیروی وزن بوجود می‌آید. در ماشینهای عمودی شکم دادگی تکیه گاه برای کل دوران تکیه گاه ثابت است و بنابراین نیازی به چک کردن ندارد. برای انجام دادن تست شکم دادگی قاب، تکیه

گاه را بر روی یک لوله نصب کنید. در موقعیت بالای لوله نشانگر را بر روی صفر تعیین کنید و لوله را بچرخانید. اندازه‌ها را یادداشت کرده و سپس همین عمل را برای موقعیت پایین بکار گیرید. شکم دادگی کلی دو برابر شکم دادگی تکیه گاه است. ممکن است لوله‌ای که برای تست شکم دادگی بکاربرده میشود خود شکم داشته باشد. به منظور محدود کردن و رفع این اشکال برای لوله‌هایی با Schedule ٤٠ باید موارد زیر را برای طول دهانه لحاظ کرد.

جدول ۱-۵: فاصله بین دو تکیه گاه لوله برحسب طول آن

دهانه بین تکیه‌گاه‌ها		Pipe (in.)
۲ ft ۶ in.	۰.۷۶ m	۲
۳ ft	۰.۹۱ m	۳
۳ ft ۶ in.	۱.۰۶ m	۴
۴ ft ۴ in.	۱.۳۲ m	۶

برای تکیه گاههای Face-Mounted همین نوع چک کردن را بین مراکز ماشین تراش یا درون لوله‌ای که از یک انتها محدود شده است انجام دهید. روش دوم معمولا نیازمند علامت مثبت و منفی بر روی نشانگر است اما مقادیر صحیح هستند. مقدار تنظیم بر روی نشانگر در بالای لوله صفر تنظیم میشود. هم اکنون لوله ۱۸۰° چرخیده و قرائت عددی انجام می‌شود. به قرائت اخیر توجه کنید. اگر قرائتها mm ۰.۴- است شکم واقعی mm ۰.۲ برای تکیه گاه می‌باشد و قرائتهای انجام گرفته روی ماشین باید ثابت بماند. در بخش بعد مقدار شکم دادگی را محاسبه می‌کنیم.

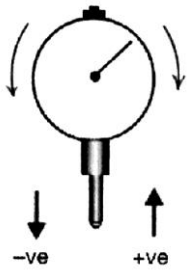
۲-۵- تکنیکهای راستادهی

روشهای زیادی برای راستادهی ماشین وجود دارد. روش مناسب بر اساس نوع ماشین، سرعت دورانی و اهمیت ماشین در خط تولید (بحرانی بودن ماشین) سیاست نگهداری و تعمیر و تلرانسهای راستادهی بستگی دارد. تنظیم راستای یک لبه در ماشینهای با دور و توان بالا به سادگی ماشینهای کم توان نیست زیرا که ماشینهای توان بالاتر شکننده نیستند. با ملاحظه تمام جوانب دقت می‌تواند در محدوده mm ۰،۸-۰،۳ قرار گیرد. ماشینکاری با سرعت کاری ۳۰۰۰ rpm و توان متوسط ۲۰kw-۱Mw که دارای اجزایی شکننده و آب

بندهای مکانیکی سفت هست باید با دقت ۰.۱mm راستا دهی شوند. در این حالت مجبوریم که از روشـهایی با دقت بالاتر و اجزای دیجیتال و روشـهای دارای خطاهای کمتر اسـتفاده کنیم و بیشتر ماشینها در این محدوده قرار می‌گیرند.

۱-۲-۵- قرارداد راستادهی با استفاده از نشاندهنده عددی (ساعت)

نشـانگر عددی (سـاعت) یکی از اجزایی اسـت که برای راسـتادهی اسـتفاده می‌شـود. اصـول کارکرد نشانگر عددی براساس چرخدنده و دنده شانه است. یک نمونه از نشانگر عمودی در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۵-۱: ساعت اندازه گیری

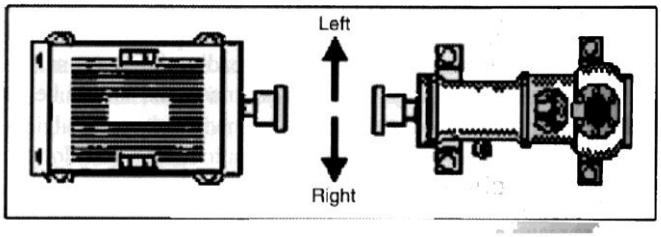
هنگامی که فنر ساعت اندازه گیری فشرده می‌شود عقربه ساعت در جهت ساعتگرد چرخیده و عدد مثبت را نشـان می‌دهد. برعکس وقتی که فنر سـاعت کشـیده می‌شـود سـاعت اندازه گیر، در خلاف جهت ساعت حرکت کرده و مقادیر منفی را نشان می‌دهد.

گیج (ساعت اندازه گیر) مستقیما به یک تکیه گاه توسط میله رابط متصل می‌شود و انتهای آن (Pointer) بر روی محور یا انتهای محور قرار داده شـــده یا اینکه بر روی توپی کوپلینگ قرار می‌گیرد.

پایه با انتهای سـاعت اندازه گیر فشـرده میگردد تا این که عقربه بر روی صـفر یا وسـط قرار گیرد. لازم اســـت که پس از دوران کامل محور عقربه ســـاعت اندازه گیر در هیچ یک از انتهاهای خود قرار نگرفته باشـد. در هر موقعیتی از محور توسـط چرخاندن صـفر سـاعت می‌توان یک صفر نسبی بدست آورد.

لازم است که پایه ساعت اندازه گیر را به آهستگی به سمت بالا و پایین فشار دهیم تا از آزاد بودن حرکتی آن مطمئن گردیم و اینکه قرائتهای مشابه و تکراری را توسط آن انجام دهیم.

قرارداد دیگر برای قرائت راستا در صفحه افقی از شکل۲ نشان داده شده است.

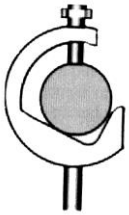


شکل ۵-۲ : قرائت همراستایی در صفحه افقی

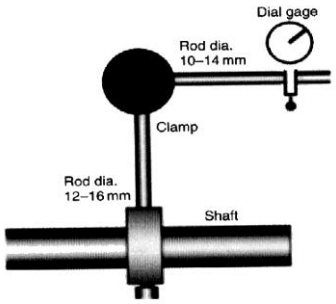
در قرائتهای صفحات عمودی فرض بر این است که پایه به سمت چپ و راست حرکت می‌کند اگر تبدیل اجراء نشود آن باید بر روی گرافی که این روی آن ثبت شده است ذکر شود.

۵-۲-۲- راستادهی توسط میله رابط و تکیه گاه

میله رابط نگهدارنده وسیله اندازه گیر باید ساده و صلب باشد. تکیه گاه نشان داده شده در شکل ۳ مثال خوبی است. از تکیه گاههای مغناطیسی به دلیل عدم اعتماد نباید استفاده شود. در بازار وسایل تکیه گاهی جهت نشانگر عددی (ساعت) زیادند که یکی از آنها در شکل ۴ نشان داده شده است. مفهوم و ایده اصلی جهت انتخاب میله رابط و تکیه گاه این است که باید صلب باشند تا کمتر شکم دهند.



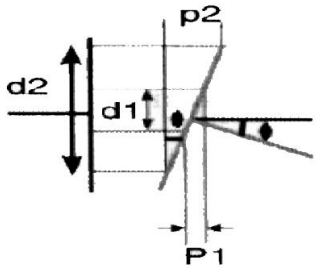
شکل ۵-۳: میله رابط و تکیه گاه برای راستادهی



شکل ۵-۴: براکت راستادهی

۵-۳- انواع ناهمراستایی

ناهمراستایی در ماشینها به دو صورت زاویه‌ای یا افست هستند اما آنچه در عمل با آن مواجه می‌شویم ترکیبی از دو حالت است. برخی اوقات محور بیضی گون شده و از حالت دایروی خارج می‌شود که توسط ساعت مشخص می‌گردد. برای یک ناهمراستایی زاویه ای، بیضی گون بودن توسط اختلاف در اندازه گیری قطر محور بدست می‌آید. اگر از d_1 به d_2 برویم P_1 در شکل ۵-۵ به P_2 تغییر اندازه می‌دهد.



$$\theta = tg^{-1}(\frac{p1}{d1}) = tg^{-1}(\frac{p2}{d2})$$

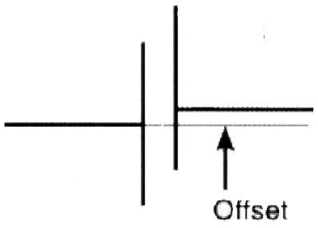
شکل ۵-۵ : ناهمراستایی زاویه‌ای

این مقدار باید وقتی که ترانس مشخصی را می‌خواهیم، بدقت اندازه گیری شوند (شکل ۵-۵)بکار رود، که P_1 و P_2 مقادیر افقی نشان داده شده در شکل ۵-۵ و d_1 و d_2 قطرهای داخلی و خارجی هستند. هنگامی که توسط یک ساعت اندازه گیری ناهمراستایی را اندازه می‌گیریم میزان بیضی گون بودن از اختلاف اقطار بدست آمده و میزان افست محورها از

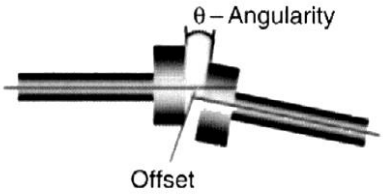
تقسیم ماکزیمم قرائت شده تقسیم بر ۲ بدست می‌آید.

$$\text{افست} = \frac{\text{میزان قرائت ساعت}}{۲}$$

هرچند که قبلا ذکر شد، ناهمراستایی عملی در ماشین ترکیبی از دو حالت زاویه‌ای و افست است که در شکل ۵-۷ نشان داده شده است.



شکل ۵-۶: ناهمراستایی شعاعی



شکل ۵-۷: ناهمراستایی محور به صورت افست و زاویه ای

۱-۳-۵- روش دوعقربه‌ای برای جهت دهی محور

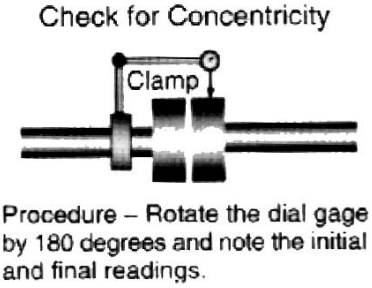
گامهای لازم برای جهت دهی ماشین عبارتند از:

۱. گام اول شـل کردن پیچ کوپلینگ اسـت بنابراین هیچ محدودیتی در خلال اندازه گیری حرکت زاویه‌ای از ناهمراسـتایی موجود وجود ندارد. گیج سـپس از طریق کوپلینگ‌های هاب بالا برده می‌شود تا مطمئن شوید هابها لمس نمی‌شوند.

۲. گیج آنالوگ همچنانچه در شـکل ۵-۸ نشـان داده شـده اسـت متصـل شـده اسـت. گام اول تسـت شـعاعی برای اندازه گیری افسـت اسـت. این در صـفحات افقی و عمودی برای بدسـت آوردن افسـت در هر دو صـفحه انجام می‌شـود. چهار قرائت لازم اسـت. تماس ممکنه ممکن است به صورتهای زیر باشد:

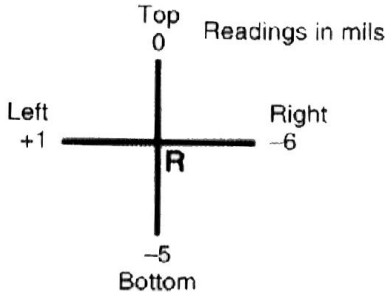
- بالا، پایین، چپ و راست (ارتباط چپ/ راست زودتر نشان داده شد)
- موقعیت ساعت : (ساعت‌ها ۱۲ و ۳ و ۶ و ۹ می‌باشند)

گیج آنالوگ معمولا در بالا قرار می‌گیرد (ساعت ۱۲) و صفر روی مقیاس گردانده می‌شود تا با سوزن منطبق شود. پوینتر باید تست شود تا مطمئن شویم قرائتها قابل تکرار هستند.



شکل ۵-۸ : ابزار تست ساعت در موقعیت بالا. اختلاف قرائتها پس از ۱۸۰ درجه چرخش افست را در صفحات افقی و عمودی نشان می‌دهد.

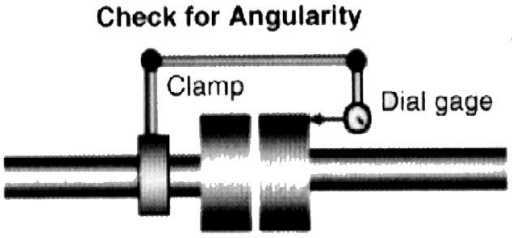
در این موقعیت، هر دو محورها بطور دستی تنظیم می‌شوند در طی یک دوران کامل و قرائتها در هر نیمه ذکر شده اند. قرائتها که در چهار موقعیت صورت می‌گیرد در فرمت شکل زیر نوشته می‌شوند. R در شکل۵-۹ دلالت بر این دارد که قرائتهای شعاعی وجود دارند که تصحیحات افست معنا می‌دهند.



شکل ۵-۹: قرائت بر حسب میل

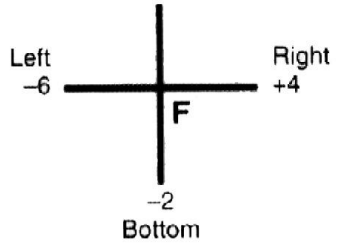
۳. کلمپ با گیج آنالوگ تنظیم شده است حال زاویه دوران را اندازه گیری کنید همچنانچه در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است. پوینتر (همچنانچه در شکل نشان داده شده است) موازی محور شافت است. مشابه آن افست در هر دو صفحه افقی و عمودی اندازه گیری شده است و زاویه محورها باید در هر دو صفحه اندازه گیری شود. گیج آنالوگ یکبار چرخانده

می‌شود برای یک دور کامل و در هر ربع متوقف می‌شود تا اینکه قرائتها بهتر صورت گیرند.



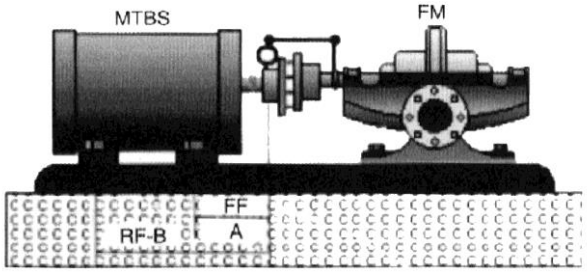
شکل ۵-۱۰ : ابزار تست ساعتی در موقعیت بالا. اختلاف قرائتها پس از ۱۸۰ درجه چرخش ناهمراستایی زاویه‌ای را در صفحات افقی و عمودی نشان می‌دهد.

٤. هر بار که این قرائتهای شعاعی و زاویه‌ای ثبت شوند گام بعد تبدیل این مقادیر به ضخامت شیم مناسب که باید به منظور ثابت کردن جهت افزوده یا حذف گردد است. برای ادامه دادن گام بعد، داشتن اطلاعات اضافی درباره موقعیت پایه جلو و عقب گیج آنالوگ لازم است.



شکل۵-۱۱: F نشان دهنده قرائت از روبروست

در شکل ۵-۱۲ پمپ، ماشین ثابت است (FM) و موتور ماشینی است که باید شیم‌گذاری شود (MTBS). این تأکید دارد بر اینکه تمام تصحیحات توسط حذف یا اضافه کردن شیمهای زیر موتور صورت می‌گیرد. پمپ از موقعیتش تکان نمی‌خورد. فاصله از پوینتر گیج آنالوگ تا پایه بالا (FF) موتور با A نمایش داده می‌شود. فاصله پایه عقب (RF) تا پوینتر گیج آنالوگ با B نمایش داده می‌شود. این مجموعه داده‌هایی را که برای محاسبات لازمه لازم است را کامل می‌کنند. دو مجموعه از محاسبات لازم هستند. یک مجموعه برای صفحه عمودی و دیگری برای صفحه افقی.



شکل۵-۱۲: محاسبه شیمها

۲-۳-۵- محاسبات برای صفحه عمودی

تصحیح افست: برای مثال بیائید قرائت افست را به ترتیب برای موقعیتهای بالا و پایین ۰ و ۵- mils بنامیم. اگر پوینتر گیج آنالوگ بر روی موتور باشد (MTBS) علامت منفی تأکید بر این دارد که محور موتور بالاتر از محور پمپ است. آن نصف قرائت آخر منهای قرائت اول است بنابراین

$$\frac{(-5)-0}{2} = -2.5mils$$

بنابراین شیمهایی با ۲.۵mils باید از پایه جلو و عقب حذف شوند.

تصحیح زاویه ای: بیائید قرائت انحراف زاویه‌ای برای قرائتهای بالا و پایین را به ترتیب ۰ و ۲mils- بنامیم. اگر پوینتر گیج آنالوگ سطح عقب هاب کوپلینگ موتور را لمس کند علامت منفی دلالت بر این دارد که کوپلینگ فاصله باریکتر در پایین آن نسبت به قسمت بالای آن دارد. ساعت اندازه گیر یک دایره ۵inای را توصیف می‌کند. زاویه $\theta = tg^{-1}\left(\frac{P_1}{d_1}\right)$ است و از آنجا که زاویه بسیار کوچک است از معکوس تانژانت می‌توان صرفنظر کرد.

$$P_1 = 0-(-0/0.2)in$$

(فرمول معکوس خواهد شد اگر پوینتر سطح جلوی هاب کوپلینگ را لمس کند. که معمولا حالتی است که یک اسپیسر ضخیم‌تر بین کوپلینگ ها) قرار گیرد.

$$d_1 = 5in$$

$$\theta = \frac{0.0.2}{5} = 0.4milli - radians\,(0.023^\circ)$$

زاویه θ همچنین زاویه شیب محور موتور نسبت به محور چپ است. مثلث زاویه‌ها در

کوپلینگ‌ها مشابه مثلث شیب زوایای موتور است.

خط AB شیب محور موتور است شکل ۵-۱۳. آن باید در FF مقدار x و در فاصله RF مقدار y را داشته باشد. مقادیر x و y به صورت زیر محاسبه شده است.

x و y به صورت کمان تقریب زده شده اند فرمول زیر می‌تواند به صورت زیر باشد:

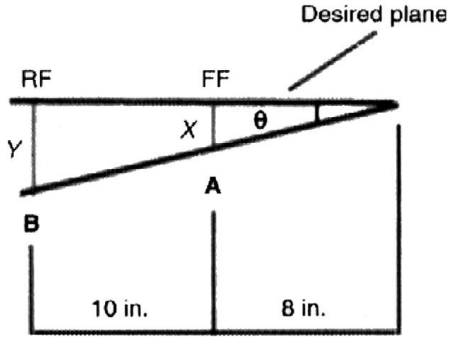
$$s = r \times q$$

که s برابر طول کمان r شعاع و q زاویه است.

بنابراین:

$$x = 8 \times 0.4 = 3.2 \ mils$$ (و شیمها)

$$y = 18 \times 0.4 = 7.2 \ mils$$ (و شیمها)



شکل ۵-۱۳ : محاسبه مقادیر xوy

و نتایج نهایی باید شامل تصحیحات برای هر دو تصحیحات افست و زاویه‌ای باشد.

در نقطه A:

نتایج افست: حذف شیمهای ۲.۵mils است.

نتایج ناهمراستایی زاویه ای: اضافه کردن شیمهای ۳.۲mils است.

بنابراین نتیجه وارد کردن و اضافه کردن شیمهای ۰.۷mils‌ای زیرپایه موتور می‌باشد.

در نقطه B:

نتایج افست: حذف شیمهای ۲.۵mils‌ای است.

نتایج ناهمراستایی زاویه ای: افزودن شیمهای ۷.۲mils‌ای است.

بنابراین افزودن شیمهای ۴.۷mils‌ای در زیر پایه عقب موتور می‌باشد.

۵-۳-۳- محاسبات برای صفحه افقی

برای صحبت کردن در مورد روال ما محاسبات را برای صفحه افقی تکرار می‌کنیم. نتیجه چنین است: از بخش پشت موتور، سمت چپ عبارتست از قرائت اولیه و سمت راست قرائت نهایی است.

۵-۳-۴- محاسبات افست:

قرائت سمت چپ: $+1\ mils$

قرائت سمت راست: $-6\ mils$

از آنجا که پوینتر آنالوگ بر روی شافت موتور است قرائت راست منفی دلالت بر این دارد که محور شافت موتور در سمت چپ محور شافت پمپ است.

$$\text{افست} = \frac{-6-(+1)}{2} = -3.5\ mils$$

نقاط A و B موتور را به سمت راست حرکت دهید به اندازه $+3.5mils$

۵-۳-۵- محاسبات ناهمراستایی زاویه ای

همچنانچه پوینتر گیج آنالوگ سطح عقب هاب کوپلینگ موتور را لمس کند محور بیاد آورنده چیزی است که در شکل ۵-۱۴ نشان داده شده است.

در حالت:

$$P_1 = +4-(-6) = +10$$

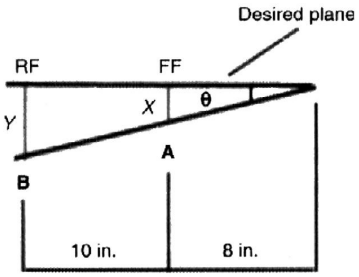
D۱=۵ in.

بنابراین $\theta = \frac{0.01}{5} = 2\ milli-radians$

$\theta = (0.114^\circ)$

بنابراین $x = 2\times 8 = 16\ mils$: حرکت به سمت چپ و

$y = 2\times 18 = 36\ mils$: حرکت به سمت راست



شکل ۵-۱۴

در نقطه A:

نتایج افست: حرکت 3.5 *mils* به سمت راست است.

نتایج ناهمراستایی زاویه ای: حرکت 16 *mils*ای به سمت چپ است.

بنابراین حرکت به سمت چپ به اندازه 12.5 *mils* می‌باشد.

در نقطه B

نتایج افست: حرکت 3.5 *mils* به سمت راست است.

نتایج ناهمراستایی زاویه ای: حرکت 36 *mils* به سمت چپ است.

بنابراین به اندازه 32.5 *mils* به سمت چپ حرکت کنید.

تصحیحات شیمهای عمودی معمولا قبل از شیمهای افقی انجام می‌شود. هر بار که شیمهای عمودی تنظیم شدند پیچها باید محکم شوند و تست سریع قرائت صفحه عمودی باید انجام شود برای تأیید دقت. اگر دقت رضایت بخش است پیچها می‌توانند شل شوند و راستادهی افقی باید با پیچهای جک (اگر تهیه شوند) صورت گیرد. محدودیتهای روش عبارتند از:

- محاسبات که انجام آن ممکن است مشکل باشد لازم هستند.
- دیدن جهت حرکت شافت سودمند است از قرائت گیج آنالوگ اما آن نیازمند تمرین است. تکنیکهای تجربه نشده می‌تواند موجب سردرگمی شود.
- رخ دادن خطاها در محاسبات اثبات شده است مانند قرائت گیج آنالوگ و شکم دادن براکت
- اگر محور یک یا هر دو ماشینها دارای ناهمراستایی باشند قرائت‌های زاویه‌ای می‌تواند موجب خطا شوند.

۶-۳-۵- روش استفاده از سه گیج آنالوگ برای تعیین راستا

در این بخش، با روش استفاده از گیج آنالوگ آشنا شدید، ما از یک گیج آنالوگ با دو قرائت استفاده کردیم یکی در جهت شعاعی و دیگری موازی محور شافت. براکتهایی وجود دارند که می‌توانند از روش دو گیجه برای اندازه گیری افست و ناهمراستایی زاویه‌ای استفاده کنند. این زمان لازمه برای جمع کردن قرائتها را کاهش می‌دهد. با توجه به محدودیتهای قرائتهای انجام شده توسط دو گیج آنالوگ، ما می‌خواهیم ماشینها را با زاویه ناهمراستایی یا افست زیاد راستادهی کنیم. این می‌تواند شامل موارد ذیل باشد:

- محور ماشینها دارای افست زیادی باشد (مثلا ۱۰mm)
- اگر بلبرینگ ماشینها از نوع Kingsbury باشد (افست در حدود ۰.۲ الی ۰.۳mm باشد)
- ماشینها دارای بلبرینگهای غلطکی مخروطی (۰.۱mm-۰.۰۵) است.

اگر محور این ماشینها به طور محوری حرکت کند هنگامی که با دست دوران داده شود برای قرائت صفحه افقی یا عمودی، قرائتهای دارای خطا ممکن است پیش بیاید. برای حذف این خطا از گیج آنالوگ استفاده می‌شود. پوینتر این گیج آنالوگ در زاویه 180° از دیگر پوینترها قرار گرفته است. نتیجتا از سه گیج آنالوگ استفاده می‌کنیم (شکل ۵-۱۵). افراد از افست شعاعی استفاده می‌کنند و دیگر روشهای اندازه‌گیری تا قرائتهای شعاعی و صفحه‌ای داشته باشند. ما آنها را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

F_m گیج آنالوگ برای اندازه گیری زاویه

F_r گیج آنالوگ برای مرجع لندازه گیری ناهمراستایی زاویه‌ای (180° اختلاف زاویه بین پوینترهاست)

گیج‌های آنالوگ را بر روی صفر تنظیم کنید و محور را تا 180° بچرخانید. قرائتهای گیج آنالوگ را ثبت کنید. قرائت صفحه‌ای صحیح برای ناهمراستایی زوایا عبارتست از:

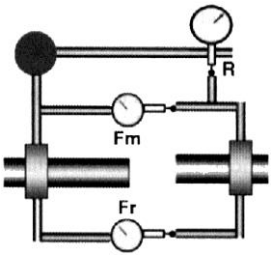
$$F = \frac{F_m - F_r}{2}$$

مثال:

F_r, F_m را روی صفر تنظیم کنید. محورها 180° چرخانده شوند و قرائتهای جدید یادداشت شوند. اگر $F_m = -4$ و $F_r = -20$ باشند، ناهمراستایی زاویه‌ای عبارتست از:

$$F = \frac{-4-(-20)}{2} = +8$$

هر بار که هم راستایی در رنج صحیح خود قرار گرفت باقی روال مد نظر با روشهای که از دو گیج آنالوگ استفاده می‌کند یکسان است.

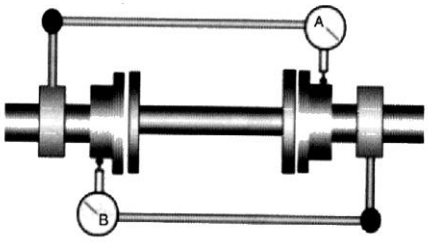


شکل ۵-۱۵: ابزار تست نشاندهنده روش سه ساعته

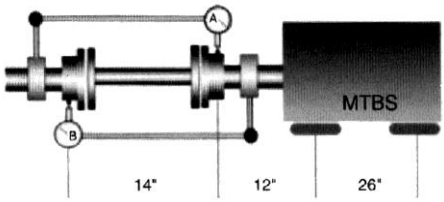
۵-۳-۷- روش استفاده از گیج‌های مخالف هم برای راستادهی

ابزار تست روش‌هایی که از گیج آنالوگ به طور مخالف هم استفاده می‌کند در شکل ۵-۱۶آورده شده است. روش گیجهای مخالف هم در مفصل بندی دوتایی استفاده می‌شود. کوپلینگهایی وجود دارد که بین آنها تضاد وجود دارد. این روش دارای مزایای متعددی است که در ذیل به آنها پرداخته می‌شود:

- دقت از حرکت افقی محور تأثیر نمی‌پذیرد
- هنگامی که هر دو محور با هم دوران کنند، بیضـــوی بودن (run out) کوپلینگها اندازه گیری نمی‌شود.
- دقت هندسی بهتر از روشهایی است که از روش دو گیج استفاده شود
- کوپلینگ‌ها برای اندازه گیری ناهمراستایی نباید باز شوند
- تصحیحات مقدار شکم دادگی و حرارتی را شامل می‌شود.



شکل ۵-۱۶ : روش ساعت معکوس



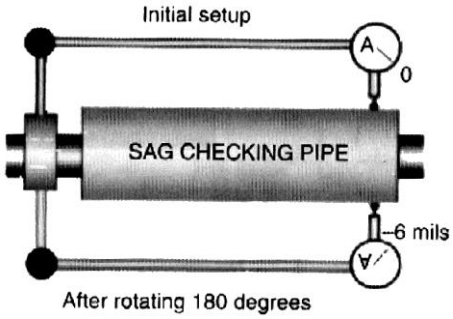
شکل ۵-۱۷ : ابزار تست روش ساعت معکوس

مجموعه مونتاژی را در شکل ۵-۱۷ در نظر بگیرید تا تصحیحات شیمها را در روش‌هایی که از گیجهای آنالوگ به طور معکوس استفاده می‌کند بدست آیند.

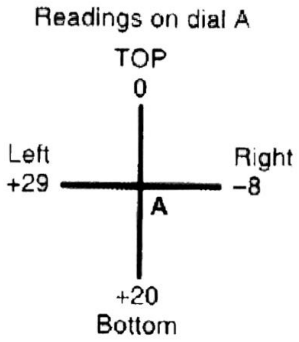
قواعد ذیل استفاده می‌شوند:

- گیج آنالوگ B بر روی ماشین ثابت (نشان داده نشده است) در صفحه B است
- گیج آنالوگ A بر روی موتور (MTBS) در صفحه A است
- پایه موتور که نزدیکتر به گیج آنالوگ A است پایه inboard نام دارد و به صورت IB نشان داده می‌شود
- پایه دورتر (outboard) موتور را به صورت OB نشان می‌دهند
- فاصله بین صفحه A و B: ۱٤in است
- فاصله بین صفحه A و IB: ۱۲in است
- فاصله بین IB و OB: ۲٦in است

با دقت بیشتر بر روی موضوع شکم دادگی مشاهدات بیشتر انجام شدند. گیج با کلمپ مانند شکل ۵-۱۸ در موقعیت بالا تنظیم شده است. لوله با کلمپ سپس به اندازه 180° چرخانده شده است. به خاطر شکم دادگی کلمپ، پوینتر گیج آنالوگ به خارج حرکت می‌کند که مقدار منفی ۶mils- را نشان می‌دهد. گیجهای آنالوگ A و B به ماشین متصل شده اند همچنانچه در شکل نشان داده شده است. گیج آنالوگ A دارای پوینتری است که بر روی سطح کوپلینگ موتور است و در موقعیت بالای آن قرار داده شده است.



شکل ۵-۱۸: ساعت با کلمپی که ۱۸۰ درجه چرخیده اند.

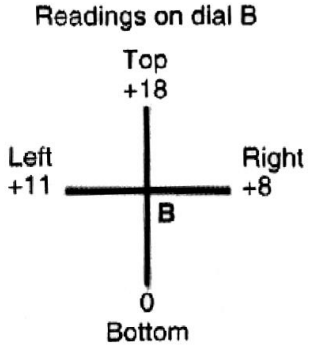


شکل ۵-۱۹: قرائت نشاندهنده شکم دادگی در ساعت A است.

پوینتر گیج آنالوگ بر روی ماشین ثابت قرار داده شده است و در موقعیت پائین قرار داده شده است.

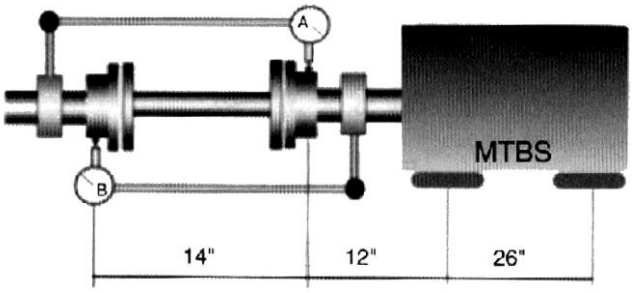
شافتها سپس به اندازه یک دور کامل می‌پیچند و قرائتهای گیجهای آنالوگ در هر ربع ثبت می‌شوند.

این قرائت‌ها در شکل ۵-۱۹ نشان داده شده اند.



شکل ۵-۲۰: قرائتها نشاندهنده شکم دادگی در ساعت B هستند.

قرائت‌ها از شکم دادن تأثیر می‌پذیرند. چک کردن شکم دادگی دلالت بر این امر دارد که قرائت ۶mils- است. این بعد از دوران گیج بدست می‌آید از موقعیت بالا تا موقعیت پایین (TB).
گیج آنالوگ A از موقعیت بالا به موقعیت پایین حرکت می‌کند همچنین این دلالت بر این دارد که ۶mils بیشتر از مقدار واقعی به خاطر ناهمراستایی انحراف دارد. این مقدار بنابراین باید تفریق شود تا مقدار واقعی بدست آید.
قرائتهای گیج A عبارتند از بالا: ۰؛ پایین: ۲۰+. بعد از تصحیح شکم دادگی قرائتها باید برابر با مقدار زیر باشند: بالا: ۰ و پایین: ۱۴. قرائتهای افقی همچنانچه قبلا ذکر شد از شکم دادگی تأثیر نمی‌پذیرند.
گیج آنالوگ A روی شافت موتور است (MTBS). قرائت پایین مثبت است و دلالت بر این دارد که صفحه عمودی از پوینتر A (در صفحه A) آن در موقعیت بالاتری است.
قرائت TB گیج آنالوگ B باید برای شکم دادن صحیح باشد (شکل ۵-۲۰). در این مورد گیج در پایین Journey و در بالا Finish شده است. به این دلیل تکنسینها معمولا قرائت گیج آنالوگ را بر روی صفر در نقطه پایین تنظیم می‌کنند. روال تصحیح شکم دادن می‌تواند در اینجا اشتباه شود. توصیه‌های مؤلف اینست که روال فوق راجع به تفریق قرائت شکم دادن می‌تواند برای قرائت پایین تکرار شود.
قرائت تصحیح شده شکم دادن عبارتست از بالا: ۱۸+ پایین: ۶-
هم اکنون ۶mils+ را به بالا و پایین اضافه کنید حال بالا: ۲۴+ پایین: ۰
پوینتر گیج آنالوگ B بر روی ماشین ثابت شده است (شکل ۵-۲۱)



شکل ۵-۲۱

و هنگامی که از بالا به پایین حرکت می‌کند پوینتر به سمت داخل فشرده می‌شود تا عددی مثبت بدست آید. این بر این امر دلالت دارد که در صفحه عمودی پوینتر B (که صفحه B نام دارد) آن همچنین بالاتر است. بنابراین قرائت گیج آنالوگ که برای انجام محاسبات بکار می‌رود عبارتست از:

گیج A: بالا: ۰ پایین: ۱۴ موقعیت در صفحه: بالاتر

گیج B: بالا: ۲۴ پایین: ۰ موقعیت در صفحه: بالاتر

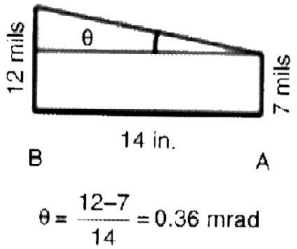
قرائت گیج آنالوگ ناهمراستایی را دوبرابر می‌کند پس:

افت شعاعی در صفحه A ۷mils است

افت شعاعی در صفحه B ۱۲mils است. فاصله بین صفحات A و B به اندازه ۱۴in می‌باشد. نتیجتا ناهمراستایی زاویه‌ای بدست می‌آید برابر:

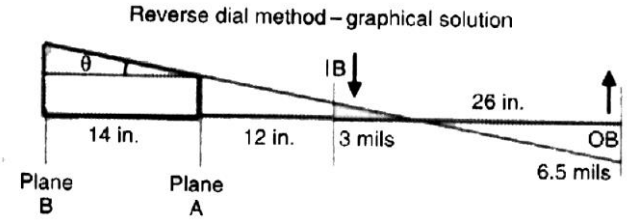
$$\theta = \frac{12-7}{14} = 0.36 mroad$$

حال که زاویه بدست آمد با ادامه خط زاویه OB که در شکل ۵-۲۳ نشان داده شده است را داریم. فاصله در OB , IB را می‌توان از نمودار فوق بدست آورد و این مقادیر ضخامت شیم را نشان می‌دهد که باید اضافه یا حذف شوند.



$$\theta = \frac{12-7}{14} = 0.36 \text{ mrad}$$

شکل ۵-۲۲



شکل ۵-۲۳: گراف نشاندهنده خط ادامه یافته تا OB

حرکت افقی به طریقی ساده می‌تواند محاسبه شود:

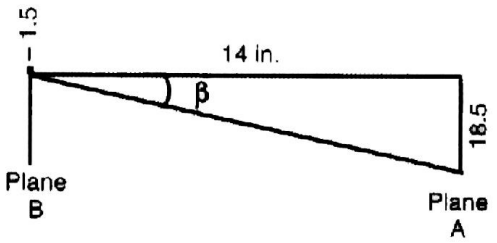
قرائت گیج A عبارتست از:	چپ:	راست:
	+۲۹	-۸
این می‌تواند به صورت زیر بیان شود:	چپ: +۳۷	راست: ۰
قرائت گیج B عبارتست از:	چپ: +۱۱	راست: +۸
این می‌تواند به مقدار زیر بیان شود	چپ: ۰	راست: -۳

افت شعاعی (شکل ۵-۲۴) در صفحه افقی A (گیج A) عبارتست از ۱۸.۵

موقعیت پوینتر در صفحه عبارتست از: چپ

افت شعاعی در صفحه افقی B عبارتست از (گیج B): ۱.۵-

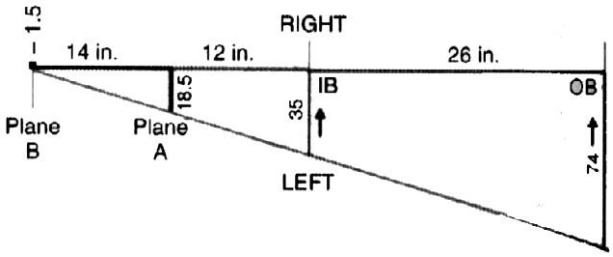
موقعیت پوینتر در صفحه: راست



$$\beta = \frac{-1.5 - (18.5)}{14}$$
$$= -1.43 \text{ mrad}$$

شکل ۵-۲۴ : زاویه ناهمراستایی در صفحه افقی

بنابراین پایه IB باید به سمت راست حرکت کند به اندازه ۳۵mils (شکل ۵-۲۵) و پایه OB باید به اندازه راست به اندازه ۷۴mils حرکت کند.



شکل ۵-۲۵ : روش ساعت معکوس- حل گرافیکی- صفحه افقی

۵-۴- میزان کردن تصحیحی بدلیل افزایش حرارتی

ماشینهای دورانی نظیر توربین بخار، پمپ‌های انتقال دهنده سیالات دمای بالا و گیربکسهای سرعت بالا در دمای بالا کار می‌کنند که این موجب انبساط محفظه ماشین می‌شود. این پدیده رشد حرارتی نام دارد (thermal growth). رشد حرارتی ماشینها که به این مثالها مربوط است ممکن است واقعی نباشد که جابجایی نسبی محور از موقعیت سرد (cold) را سبب می‌شود. این امر به نوبه خود منجر به برهم خوردن شرایط راستاپذیری می‌شود مگر اینکه اندازه‌گیری‌های مناسب انجام شوند.

این نتیجتا به منظور تجمع (compensation) رشد حرارتی لازم است.تجمع موجب می‌شود ماشینها در حالت cold condition ناهمراستا شوند اما تحت شرایط عملیاتی جهت دهی

مناسب بدست می‌آید. خصوصیات هدف در دسترس برای cold alignment به طور کلی از سازندگان ماشین قابل بدست آمدن است.

هرچند وقتی که سازندگان خصوصیات رشد حرارتی (thermal growth) را ایجاد نکنند خطوط زیر می‌توانند استفاده شوند.

می‌توان فرض کرد که پداستال ماشین می‌تواند انبساط حرارتی تک جهته داشته باشد. فرمول ذیل برای انبساط حرارتی برای افزایش طول فرض می‌شود.

$$dl = (l \times \alpha) dT$$

که انبساط حرارتی dl و طول مرکز ارتفاع پایه ماشین L است

α: ضریب انبساط حرارتی مواد (۰.۰۰۰۰۱۱۸ برای چدن در استاندارد SI و ۰.۰۰۰ ۰۰۵۹ در استاندارد FPS)

dT: تغییر دما است

یک پمپ که سیال در دمای 120° را انتقال می‌دهد را بررسی کنید. طول خط فاصل پایهB ۵۰۰mm (۱۹،۷in) است. دمای محیط $20^{\circ}C$ است.

$$dl = (l \times \alpha) dT$$

$$dl = 500 \times (0.000\ 01\ 18) \times (120 - 20) = [19.7 \times 0.000\ 00\ 59 \times 212]$$

$$= 0.59mm\ (24.5mils)$$

براساس یک قاعده سرانگشتی می‌توان انبساط حرارتی را بدست آورد. قاعده بیان می‌کند که:

- انبساط ۱mm برای ۱m طول برای $100^{\circ}C$ افزایش دما رخ می‌دهد.
- انبساط ۱mil برای ۱in. طول برای $100^{\circ}C$ افزایش دما رخ می‌دهد.
- افزایش کل به اندازه ۲۰٪ است.

در مثال فوق افزایش دما $100^{\circ}C$ بود. براساس یک قاعده سرانگشتی ۰.۵m طول به اندازه ۰.۵mm گسترش خواهد یافت. افزایش آن ۲۰٪ است و پاسخ ۰.۶mm است. برحسب اینچ فرض کنید که طول ۲۰in باشد، بنابراین با $100^{\circ}C$ افزایش آن ۲۰mils طول خواهد شد. حال اگر نتیجه ۲۰٪ افزایش یابد پاسخ ۲۴mils است. این به پاسخ بالا خیلی نزدیک است.

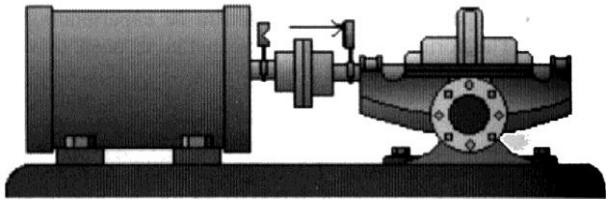
هنگامیکه پدیده رشد حرارتی رخ دهد آن با شیمها جبران می‌گردد. اگر نتایج راستاپذیری دلالت داشته باشد بر این که پایه با افزودن شیمها به اندازه ۰.۸۵mm بلند شود و کرنش حرارتی ۰.۶mm باشد آنگاه شیمها فقط ۰.۲۵mm خواهند شد. بقیه افزایش لازم از طریق

انبساط رخ می‌دهد. اگر نتایج راستاپذیری دلالت بر این داشته باشد که شیمهای با ۰.۴mm در حالت بالا باید افزوده گردد آنگاه شیمهای ۰.۲mm باید حذف شوند.

۵-۵- راستاپذیری لیزری

جهت دهی توسط دستگاههای مقایسه کننده نظیر گیج آنالوگ درجه بیشتری دقت می‌خواهد اما این روشها نیازمند مهارت، آموزش و تجربه است. نتیجتا این روشها دارای خطا هستند و مقدار قابل توجهی زمان نیاز دارد. روش اندازه گیری راستا توسط لیزر (شکل ۵-۲۶) بر معایب لیست شده در فوق غلبه می‌کند و تدریجا روش کامل جهت دهی را برای غالب ماشینها دارا می‌باشد. به خاطر پیشرفتهای اخیر در این تکنیکها، راستا و هم راستایی جمع آوری داده و محاسبات سریع و دقیق می‌شوند.

برخی سیستمهای لیزری نیاز به چرخش کمتری از یک ربع شافت برای اینکه داده تصحیح کننده شیم خوبی داشته باشیم دارد. آنها تلرانسهای هم راستایی را می‌سازند اما برای بحث درباره کیفیت ناهمراستایی پس ماند نیازی به متخصص نیست.



شکل ۵-۲۶ راستا دهی لیزری

علاوه بر مزایای قبلی در مورد ماشینهای بحرانی، راستادهی لیزری برای جهت دهی گیربکسهای جهت دهنده، برج خنک کن با موتورهایشان ایده آل است. فاصله بین آنها بیش از ۲-۵m است. روش گیج دوبل برای این کاربردها خیلی محتاطانه است.

پرتوهای لیزری می‌توانند مسافتهای طولانی را سیر کنند و بنابراین جهت ماشینها را می‌توان با سهولت بیشتر بدست آورد. سیستم جهت دهی لیزری از یک آنالایزر و دو سر لیزری (head) استفاده می‌کنند (شکل ۵-۲۷). سرهای لیزری به دو شافت متصل شده اند. سرهای لیزری روبروی هم می‌باشند و هر سر دارای گسیل دهنده و دریافت کننده است. هنگامی که محورها می‌پیچند دریافت کننده‌ها حرکت پرتوهای لیزری را دنبال می‌کنند. این مقادیر به آنالایزر فرستاده می‌شوند. داده‌های ماشین آلات و مسافتهای مورد نیاز بطور

اولیه وارد آنالایزر می‌شود. داده‌ها از سر لیزری و داده‌های مشخص ماشین آلات برای تشخیص دقیق تصحیحات سیستم برای ماشین بکار می‌روند. پرتوهای لیزری در اثر مسافت خم نمی‌شوند و بنابراین اثرات شکم دادگی ناچیز است.

شکل ۵-۲۷: سیستم راستادهی لیزری شامل سر لیزر و رفلکتور و آنالایزر.

برخی سیستمهای جهت دهی لیزری فقط دارای پرتودهنده لیزری و یک سنسور منعکس کننده هستند. آنالایزر در این حالت دارای خصوصیات پایه است. این سیستمها برای ماشینهای سه منظوره ایده آل است.

آنها گیجهای آنالوگ را حذف کرده و از یک محاسبه گر جهت استفاده می‌کنند. متدولوژی. هربار که سر لیزری و رفلکتور نصب می‌شوند شافت باید پیچیده شود. در هر ربع دوران آنالایزر برای قرائت مورد نیاز باید فعال شود بعد از این آنالایزر اطلاعات تصحیح جهت دهی را تهیه می‌کند. برخی سیستمهای پیشرفته شامل خصوصیات اضافی هستند که جهت ماشینها را امری آسان می‌کند برخی از این خصوصیات عبارتند از:

- مقایسه زنجیره‌های پیچیده برای ۵ ماشین
- کابلهای حذف اتصالات RF بین سرهای لیزری و آنالایزر
- IN-built inclinometerها می‌تواند موقعیت شافت را پیدا کند.
- خطاها به خاطر ارتعاشات از دیگر ماشینها می‌تواند بطریق متوسط گیری حذف شود
- کمتر از دوران ربع شافت برای تعیین داده‌های ناهم راستایی لازم است
- ممکن است که جهت دهی افقی Live را داشته باشیم. این بدین معناست که نیازی به قرائت و انتقال آن به آنالایزر برای محاسبات نیست. ارتباطات لحظه‌ای بین سر لیزر و

آنالایزر آنرا به طور اتوماتیک تکمیل می‌کند.

- شرایط یک یا دوپایه‌ای می‌تواند مشخص شود
- کرنش حرارتی Pedestal می‌تواند محاسبه شود و محاسبات را شامل شود.
- نمونه‌های ماشینهای شناخته شده برای آنالایزر برنامه ریزی شده اند و اینها می‌تواند برای فهم بهتر و گزارش دهی انتخاب شوند.
- هر بار که ماشین جهت داده شود تاریخچه آن داده‌ها می‌تواند ذخیره شود
- آنها تلرانسهای ناهمراستایی built – in را تهیه می‌کنند.

۶-۵- تلرانس‌های راستادهی

عملا غیرممکن است که افست صفر واختلاف زاویه محورهای صفر را بدست آورید. و بنابراین ماشینها باید با ناهمراستایی پسماند مشخص باشند. این ناهمراستایی پسماند دارای اثرات مشخص‌ای بر روی عملکرد ماشینها هستند. جدول زیر (مرجع: CSI Ultra Spec-Easy Align Manual) مقادیر ناهمراستایی پسماند را برای ایمنی بیشتر در دسترس شما قرار می‌دهد. مقادیر براساس سرعت عملیاتی ماشینها هستند.

جدول ۵-۲ : مقادیر ناهمراستایی پسماند

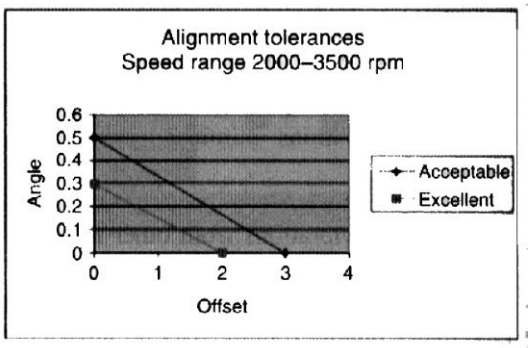
	Excellent		Acceptable	
	Offset (mils)	Angle (mils/in.)	Offset (mils)	Angle (mils/in.)
Speed (rpm)				
<500	5.0	1.5	6	2.0
500–1250	4.0	1.0	5	1.5
1250–2000	3.0	0.5	4	1.0
2000–3500	2.0	0.3	3	0.5
3500–7000	1.0	0.25	2	0.3
>7000	0.5	0.2	1	0.25

این مقادیر اثرات ناچیزی یا اختلاف زاویه ناچیزی را باعث می‌شوند. عملا، ترکیب دو تا ناممکن است و تلرانسها باید برای این ترکیبات به حساب آیند. برای مثال، ماشین در سرعت ۳۰۰۰rpm می‌چرخد و داده‌های ناهمراستایی پسماند عبارتند از:

افست: ۲/۶mils ناهمراستایی زاویه ای: ۲.۲۵mil/m (mad)

در فرمهای خالص این مقادیر پذیرفته شده هستند. اگرچه فرض کنید که ترکیب دوتایی

آنها پذیرفته شـده اسـت برای رسـیدن به اینها، گراف XY هم‌چنانچه در شـکل ۵-۲۸ داده شده است ساخته شده است.



شکل ۵-۲۸: تلرانسهای جهت دهی

اگر یک افسـت با مقدار ۲۶ با ناهمراسـتایی زاویه‌ای (mrad) ۰.۲۵mil/in رسـم شـود آن باید ماوراء رنج قابل قبول باشد[۱].

منابع:

[۱] Cornelius ،scheffer & paresh ،girdhar, "practical machinery vibration analysis & predictive maintenance", ۲۰۰٤.

فصل ششم: طراحی شبکه لوله‌کشی ساختمان

اولین ملتها به تقلید از طبیعت با استفاده از کندن زمین به صورت کانال شروع به آبرسانی نمودند. قنات یا کاریز از شیوه‌های بسیار قدیمی در آبرسانی است که هنوز در ایران مورد استفاده است. چینی ها، بابلی ها، هندی ها، ایرانیان و مصریان از جمله قدیمی‌ترین ملت‌ها در زمینه استفاده از شبکه آبرسانی هستند.امروزه جای خوشبختی است که در اکثر شهرها آب سالم غالبا به مقدار کافی و با فشار مطلوب در دسترس است. اگر چنین نباشد. علاوه بر افزایش نارضایتی عمومی سطح بهداشت و رفاه جامعه به شدت کاهش می‌یابد.و همچنین به علت تمرکز روز افزون مردم در شهرها از یک سو و گسترش صنایع از سوی دیگر لازم می‌سازد که فن آبرسانی شهرها مانند هر فن دیگری در حال تکامل باشد. لذا آگاهی مهندس طراح یک شبکه آبرسانی شهری بر آنچه که در این زمینه در دنیا رخ می‌دهد بسیار لازم است.

همچنین دسترسی به آب در مناطق مختلف شهری تحت الگوهای مصرف متفاوت و با مخازن مختلف السطح تامین آب برای نیاز اضطراری آتش نشانی وضعیت شبکه‌های موجود آبرسانی به مناطق تحت توسعه شهری یا صنعتی از جمله مشکلاتی هستند که برای حل آنها نیاز به درک صحیح رفتار هیدرولیکی شبکه‌ها است.

۱-۶- طراحی شبکه لوله‌کشی:

متداولترین روش انتقال انرژی (حرارتی و برودتی) توسط آب و شبکه لوله‌کشی می‌باشد. در این سیستم آب نقش سیال منتقل‌کننده انرژی را ایفا نموده و لوله، مجرای عبور آن است. آب، حرارت تولید شده در دیگ‌های حرارت مرکزی و برودت تولیدی در چیلر را دریافت داشته و از طریق شبکه لوله‌کشی به دستگاه‌های انتقال انرژی مانند رادیاتور، کنوکتور، یونیت هیتر و فن‌کویل (در سیستم گرمایش)، هواساز و فن‌کویل (در سیستم سرمایش) منتقل می‌نماید. بطور کلی از نظر حرکت سیال (آب) در لوله دو سیستم وجود دارد:

۱- سیستم با جریان طبیعی
۲- سیستم با جریان اجباری

۱-۱-۶- سیستم با جریان طبیعی:

در سیستم با جریان طبیعی، حرکت آب در لوله بعلت اختلاف درجه حرارت ستون آب رفت و برگشت و اختلاف وزن دو ستون (نیروی ترموسیفون) صورت می‌گیرد. در حقیقت آب بعد از عبور از دیگ، حرارتش بالا رفته و با ازدیاد حجم، وزن مخصوص آن کمتر شده و میل حرکت به طرف بالا را نسبت به آب سردتر در محل لوله ورودی دیگ پیدا می‌کند.این سیستم در شبکه‌های بسیار ساده و دارای ارتفاع مناسب قابل استفاده می‌باشد ولی در شبکه‌های مسطح با سطح زیاد قادر به تامین اختلاف فشار شبکه نیست و بطور کلی در بعضی از سیستم‌های گرمایشی به طور محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون این نوع سیستم‌ها به ندرت طراحی می‌شود از ذکر محاسبه و جزییات آن خودداری می‌گردد.

۲-۱-۶- سیستم با جریان اجباری:

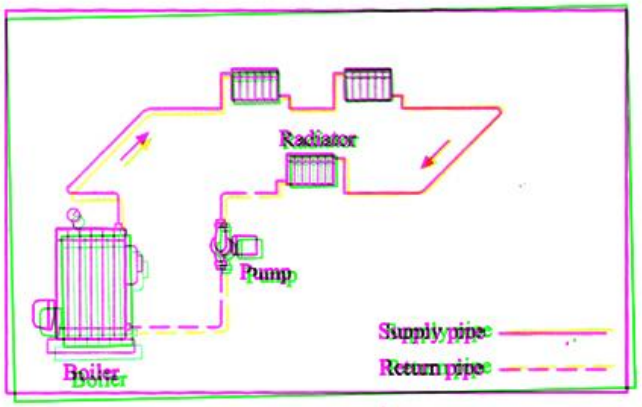
در سیستم‌های حرارت مرکزی برای ایجاد فشار از پمپ‌های جریان (پمپ سیر کولاسیون) استفاده می‌شود. پمپ سیر کولاسیون، کمبود فشار شبکه را تامین می‌نماید. ارتفاع (هد پمپ) در این سیستم باید حداقل مساوی افت فشار و حتی بیشتر از آن باشد. باتوجه به نوع و شرایط سیستم، شبکه‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف ـ شبکه یک لوله
ب ـ شبکه دو لوله

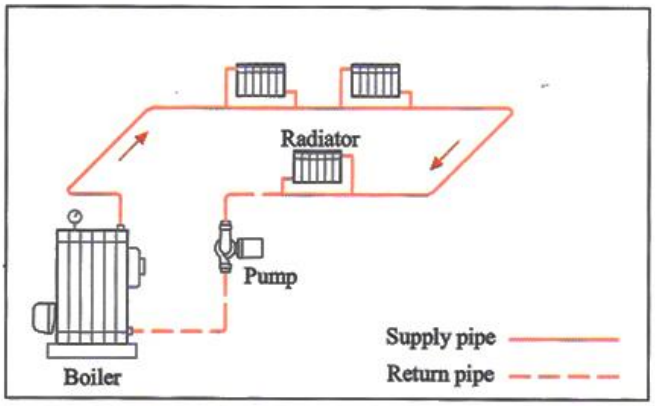
۶-۱-۲-۱- شبکه یک لوله:

در این سیستم رادیاتورها به دو صورت سری و انشعابی در مسیر جریان قرار می‌گیرند این نوع طراحی در پروژه‌های بسیار کوچک اجرا می‌شود. (شکل‌های۶-۱ و۶-۲)

در شبکه‌های یک لوله‌ای درجه حرارت آب رادیاتورهای اول بیشتر از رادیاتورهای آخر می‌باشد زیرا آب برگشت رادیاتورهای اولی با آب رفت شبکه مخلوط و حرارت آنرا پایین می‌آورد و لذا کنترل درجه حرارت در شبکه بسیار مشکل بوده و حتی غیرممکن به نظر می‌رسد. بنا به دلایل فوق‌الذکر این سیستم نیز دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



شکل ۶-۱: سیستم لوله کشی یک لوله سری



شکل ۶-۲: سیستم لوله کشی یک لوله انشعابی

۶-۱-۲-۲- شبکه دو لوله ای:

در شبکه دو لوله‌ای که متداولترین شبکه لوله‌کشی است اشکالات شبکه یک لوله وجود ندارد و بطور کلی در انواع زیر طراحی می‌گردد:

۱- سیستم برگشت مستقیم

۲- سیستم برگشت معکوس

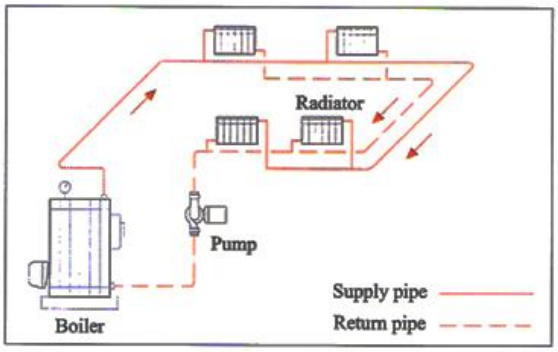
۳- سیستم مختلط

انتخاب هریک از سیستم‌های فوق بستگی به شرایط طرح، مشخصات پروژه و عوامل متعدد

دیگر دارد. ذیلاً به شرح هریک از سیستم‌های فوق پرداخته می‌شود.

سیستم برگشت مستقیم:

در این سیستم، جریان حرکت آب در لوله رفت هم جهت با لوله برگشت بوده و چون طول مسیر جریان آب از خروجی تا ورودی دیگ برای کلیه رادیاتورها تقریباً مساوی است بنابراین متعادل‌ترین سیستم می‌باشد. قطر لوله‌های رفت و برگشت در مجاورت هم، عکس یکدیگرند. یعنی در هرمقطع، اگر قطر لوله رفت زیاد باشد قطر لوله برگشت کم است و بالعکس بهمین دلیل پیمانکاران این سیستم را معکوس (Reverse) می‌نامند که یک اشتباه مصطلح است.

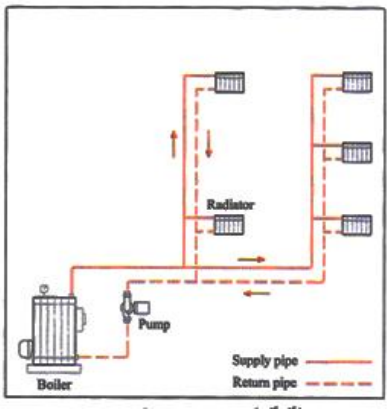


شکل ۶-۳: سیستم لوله کشی دو لوله‌ای برگشت مستقیم

این سیستم در پروژه‌های یک طبقه (و یا دارای طبقات کم) با سطح بنای بسیار زیاد مناسب است زیرا شبکه با کمترین محاسبات خود بخود متعادل می‌گردد. (شکل ۳)

سیستم برگشت معکوس:

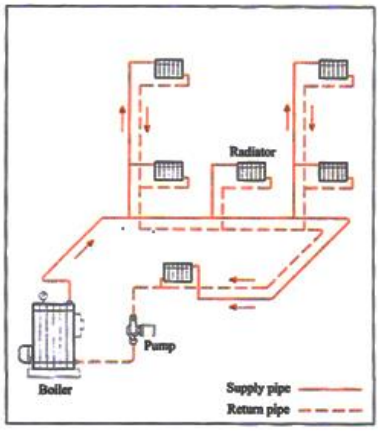
در این سیستم که انشعابی و شاخه‌ای نیز نامیده می‌شود جهت جریان آب در لوله‌های رفت و برگشت عکس یکدیگرند و بعلت اینکه طول مسیر جریان برای رادیاتورهای انتهایی بیشتر از رادیاتورهای ابتدائی است سیستم نامتعادل می‌باشد. قطر لوله‌های رفت و برگشت در مجاورت هم، مساوی یکدیگرند به این دلیل، پیمانکاران به اشتباه این سیستم را مستقیم می‌نامند. این نوع شبکه در ساختمان‌های نسبتاً بلند و مرتفع که به صورت رایزری طراحی می‌شوند مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۶-۴)



شکل ۶-۴ : سیستم لوله کشی دو لوله‌ای برگشت معکوس

سیستم مختلط:

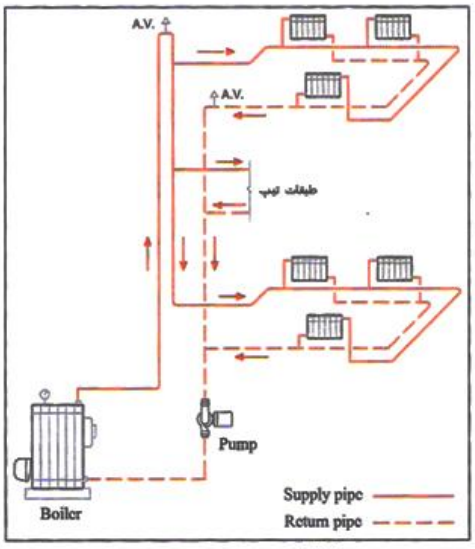
گاهی ممکن است در یک شبکه از ترکیب دو سیستم برگشت مستقیم و برگشت معکوس استفاده شود. بدین صورت که در سقف زیرزمین و یا همکف یک شبکه برگشت مستقیم اجرا نموده و سپس از چند نقطه به طرف طبقات بالا رایزرهای عمودی با سیستم برگشت معکوس انشعاب می‌گیرند. این سیستم ترکیبی در ساختمان‌های نیمه مرتفع کاربرد زیادی دارد. (شکل۶-۵)



شکل ۶-۵: سیستم لوله کشی دو لوله‌ای برگشت مختلط

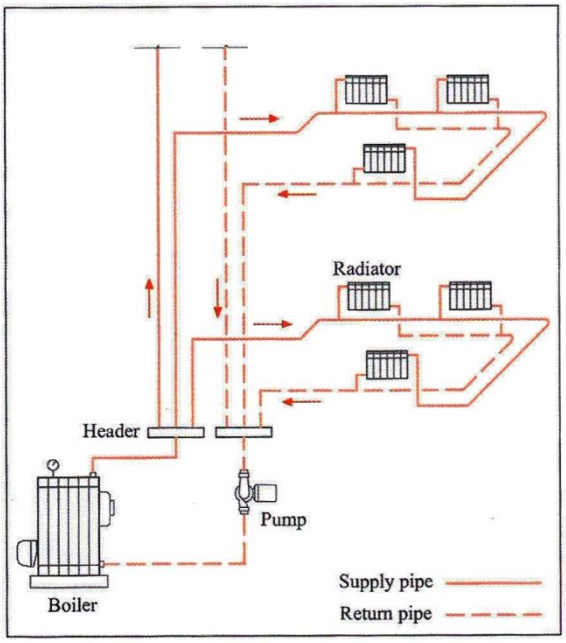
نوع دیگر سیستم مختلط برای ساختمان‌های مرتفع مورد استفاده قرار می‌گیرد بدین صورت

که رایزر اصلی به صورت سیستم رفت و برگشت مستقیم (۳ لوله‌ای) اجرا شده (شکل۶-۶) و در هرطبقه یک انشعاب از آن جدا می‌گردد که آنهم می‌تواند بصورت برگشت مستقیم اجرا شود و بنابراین کل سیستم متعادل می‌گردد. در ضمن می‌توان در ابتدای ورودی هرواحد در هرطبقه برای کنترل مستقل، شیر فلکه برروی لوله‌های رفت و برگشت نصب نمود. (شکل۶-۶)



شکل ۶-۶ : سیستم رایزر سه لوله ای

باتوجه به نظر طراح، در ساختمان‌های چند طبقه که در هرطبقه چند واحد آپارتمان وجود دارد می‌توان برای هرآپارتمان سیستم جداگانه‌ای را در نظر گرفته و کلیه لوله‌ها را روی کلکتور مربوطه متصل نمود. (شکل۶-۷)



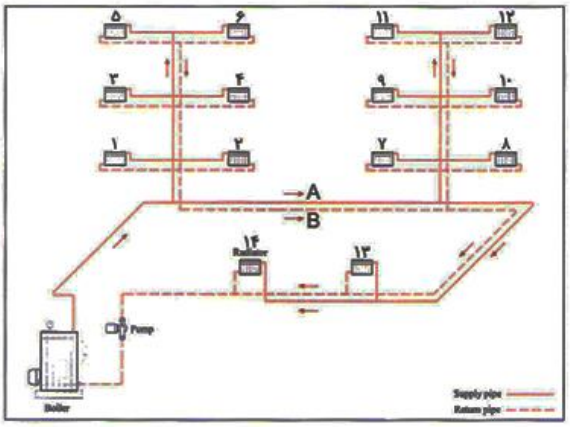
شکل ۶-۷: سیستم دو لوله‌ای با کلکتور

همانطور که قبلاً نیز گفته شد عیب سیستم جریان معکوس در نامتعادل بودن آن است و آنرا عموماً در پروژه‌های با سطح زیربنای متوسط و به صورت مرتفع (شبکه رایزری) طرح می‌نمایند. لازم به تذکر است که سیستم متعادل سیستمی است که افت فشار برای جریان سیال از دیگ به کلیه رادیاتورها (بطور کلی دستگاه‌های توزیع) تقریباً با هم برابر و یکسان بوده و اختلاف آنها نسبت به طولانی‌ترین مسیر شبکه و بیشترین مقدار افت، از ۵ الی ۷ درصد تجاوز ننماید.

نوع دیگر سیستم مختلط عموماً در ساختمان‌های چند طبقه اداری و آپارتمان‌ها که احتیاجی به کنترل مستقل در شبکه (به صورت شیرفلکه هرواحد) ندارند طرح می‌شود. عموماً یک شبکه حلقوی برگشت مستقیم را در زیرزمین و یا همکف اجرا نموده و از آن انشعابات متعددی (رایزر) بصورت سیستم برگشت معکوس برای طبقات در نظر می‌گیرند.

باید سعی شود که رایزر چند رادیاتور اطراف خود را در طبقات مختلف تغذیه نماید. معمولاً در پایین هر رایزر روی لوله‌های رفت و برگشت شیر فلکه نصب می‌کنند تا در صورتی که قسمتی از شبکه احتیاج به تعمیر داشت با بستن شیرفلکه‌های مربوطه، آن رایزر از مسیر

خارج شده و در حالیکه بقیه سیستم در حال کار است به تعمیر آن اقدام شود.



شکل ۶-۸ : سیستم دو لوله‌ای مختلط

۲-۶- محاسبه شبکه لوله‌کشی:

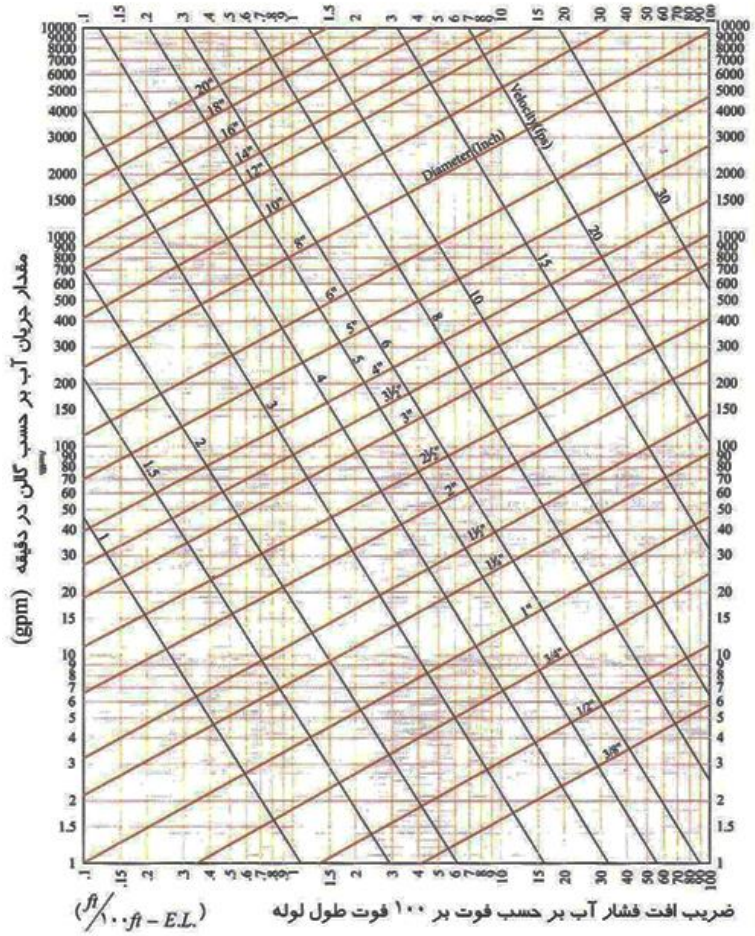
برای بررسی چگونگی جریان آب در لوله‌های یک شبکه، چند عامل مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

ـ دبی جریان حجمی یا مقدار آب جریانی برحسب گالن در دقیقه gpm یا لیتر در ثانیه Lit/Sec و یا مترمکعب در ساعت m^3/ht

ـ سرعت جریان آب در لوله، برحسب متر در ثانیه m/sec و یا فوت در ثانیه $(fps)\ ft/sec$

ـ افت فشار موجود در شبکه جریان، که برحسب متر افت درصد متر طول لوله $m/100m$ و یا فوت افت فشار در ۱۰۰ فوت طول لوله و یا اینچ آب در ۱۰۰ فوت طول لوله $In.wg/100ft$ عنوان می‌شود.

باتوجه به عوامل فوق می‌توان قطر لوله‌ها را محاسبه نمود. بطور کلی محاسبه قطر لوله‌ها به سه طریق انجام می‌پذیرد.



شکل ۶-۹: نمودار اندازه گذاری لوله‌های فولادی (سیاه)

۱- روش سرعتی
۲- روش ضریب افت فشار ثابت
۳- روش متعادل کردن سیستم

۱-۲-۶- روش سرعتی:

در این روش باتوجه به محدودیتی که برای سرعت آب در لوله وجود دارد (معمولاً بین ۰/۵ الی ۳ متر در ثانیه و یا ۱/۵ الی ۱۰ فوت در ثانیه) و میزان جریان حجمی، با استفاده از

دیاگرام (۶-۹) می‌توان قطر لوله را محاسبه نمود. در این روش محاسبه افت کل شبکه خالی از اشکال نیست زیرا هرقسمتی از شبکه دارای ضریب افت فشار متفاوتی می‌باشد.

۲-۲-۶- روش ضریب افت فشار ثابت:

معمولاً ار روش افت فشار ثابت برای محاسبه قطر لوله‌های شوفاژ و یا تهویه مطبوع (فن کویل) استفاده می‌شود. بدین صورت که ابتدا ضریب افت فشار ثابتی (در حرارت مرکزی معمولاً ضریب افت فشار ۲ یا ۲/۵ فوت درصد فوت طول لوله استفاده می‌شود) انتخاب نموده و باتوجه به میزان جریان حجمی و با استفاده از دیاگرام شکل (۶-۹) یا جدول (۶-۱) قطر لوله محاسبه می‌شود.

برای محاسبه جریان حجمی آب در لوله، مقدار انرژی حرارتی و یا برودتی که از لوله مربوطه عبور می‌کند در نظر گرفته می‌شود. این انرژی عبارتست از میزان حرارت‌دهی رادیاتورهایی که از آن لوله بخصوص تغذیه می‌شوند. برای مثال در شکل (۶-۸) مقدار انرژی منتقل شده توسط لوله A عبارتست از مجموع ظرفیت‌های حرارت‌دهی در رادیاتورهای شماره ۷ الی ۱۴ (یعنی رادیاتورهایی که در جهت مسیر آب، بعد از نقطه مورد نظر قرار گرفته‌اند) ضمناً باید توجه داشت که در همان مقطع مقدار انرژی منتقل شده توسط لوله برگشت B برابر است با مجموع حرارت‌دهی رادیاتورهایی که در خلاف جهت جریان آب قبل از نقطه مورد نظر وجود دارند (در این شکل توسط رادیاتورهای ۱ الی ۶ نشان داده شده است).

۳-۲-۶- محاسبه قطر لوله به روش افت فشار ثابت

به عنوان مثال اگر در یک نقطه از مسیر لوله‌کشی، جمع بار حرارتی منتقله برابر ۵۰/۰۰۰ کیلو کالری در ساعت باشد باتوجه به ضریب افت فشار ۲/۵ فوت درصد فوت (۲/۵٪) مطلوبست محاسبه قطر لوله.

باتوجه به اینکه اختلاف درجه حرارت رفت و برگشت آب‌گرم دیگ در سیستم حرارت مرکزی معمولاً حدود ۲۰ درجه فارنهایت می‌باشد مقدار دبی جریان از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{دبی جریان} = \frac{\left(\frac{Kcal}{hr}\right)\text{بار حرارتی}}{۲۵۰۰} = \frac{۵۰۰۰۰}{۲۵۰۰} = ۲۰ \qquad gpm$$

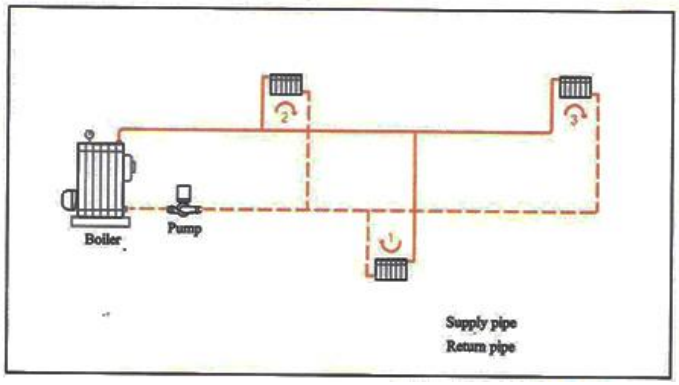
با استفاده از جدول (۱-۶) با افت فشار ۲/۵ فوت درصد فوت و دبی ۲۰ گالن در دقیقه قطر لوله برابر $2''$ تعیین می‌شود.

طبق جدول، لوله به قطر 2″ برای دبی تا $36\,gpm$ و سرعت 3/5fps طراحی شده و چون در این مثال دبی عبوری $20\,gpm$ می‌باشد لذا سرعت موجود کمتر از 3/5fps خواهد بود بنابراین سرعت جریان کمتر از fps ۶ می‌شود. محاسبات فوق را با استفاده از دیاگرام (۹-۶) نیز می‌توان انجام داد.

۴-۲-۶- روش متعادل کردن سیستم:

در حرارت مرکزی معمولاً از ضریب افت فشار ۲ یا ۲/۵ فوت درصد فوت طول لوله استفاده می‌شود مگر برای متعادل نمودن چند شبکه با شبکه اصلی، که ضرایب افت فشار دیگری انتخاب می‌گردد. مثلاً در صورتی که طول شبکه فرعی مورد نظر کمتر از شبکه اصلی (که با ضریب ۲٪ محاسبه شده است) باشد برای متعادل کردن آن از ضرایب افت بیشتر از ۲٪ برای شبکه فرعی و در حالیکه طول مسیر شبکه فرعی بیشتر از شبکه اصلی باشد از ضریب افت کمتر از ۲٪ استفاده می‌شود و در واقع حاصلضرب طول مسیر در ضریب افت لوله برای هریک از مسیرهای جداگانه باید تقریباً برابر شود تا کل سیستم متعادل گردد. البته برای دقت بیشتر، افت در اتصالات نیز باید در نظر گرفته شود. برای سیستم‌های تهویه مطبوع (سرمایش) ضریب افت فشار معمولاً ۳٪ انتخاب می‌گردد.

برای نمونه در شکل (۶-۱۰) اگر شبکه ۱ با ضریب افت فشار ۲ فوت درصد فوت طول لوله محاسبه شود حلقه ۲ با ضریب افت فشار بیشتر و حلقه ۳ با ضریب افت فشار کمتری محاسبه می‌گردد.



شکل ۶-۱۰: متعادل کردن شبکه

۵-۲-۶- محاسبه ضریب افت فشار متعادل

اگر طول مسیر یک شبکه ۳۰۰ متر و با ضریب افت ۲٪ محاسبه شده باشد برای متعادل کردن شبکه دیگری با آن شبکه به طول ۲۵۰ متر، ضریب افت چقدر باید در نظر گرفته شود باتوجه به اینکه ۱۰۰ متر از طول لوله‌کشی در هردو شبکه مشترک است.

طول غیرمشترک شبکه اول، متر (m) $۳۰۰-۱۰۰=۲۰۰$

طول غیرمشترک شبکه دوم، متر (m) $۲۵۰-۱۰۰=۱۵۰$

$$۲۰۰*۲\% = ۱۵۰*h_۲ \qquad h_۲ = ۲.۶۶\%$$

و بنابراین محاسبه قطر لوله باتوجه به ضرایب افت بدست آمده بطور جداگانه مانند روش قبل انجام می‌شود.در محاسبه سیستم‌های برودتی (تهویه مطبوع)، یعنی هنگامیکه آبسرد توسط دستگاه چیلر تولید و توزیع می‌شود معمولاً شبکه را با ضریب افت ۳ فوت درصد فوت (معادل ۳٪) محاسبه می‌نمایند و جهت متعادل کردن شبکه‌های آن مانند حرارت مرکزی عمل می‌گردد.

۶-۲-۶- محاسبه دبی جریان و قطر لوله:

برای بدست آوردن جریان حجمی آب در لوله در سیستم سرمایش، مقدار انرژی سرمایی منتقله برحسب بی‌تی‌یو در ساعت را به ۵۰۰۰ تقسیم می‌نمایند. معمولاً اختلاف درجه حرارت آب ورودی و خروجی برای سیستم سرمایش $\Delta T = 10F$ است.

دبی جریان در سیستم گرمایش با اختلاف درجه حرارت $\Delta T = 20F$ محاسبه می‌گردد. در شبکه‌هایی که لوله‌کشی برای سیستم گرمایش و سرمایش مشترکاً طرح می‌شود بدلیل اینکه معمولاً قطر لوله‌کشی سیستم سرمایش (چیلر) بزرگتر از سیستم گرمایش (حرارت مرکزی) می‌باشد شبکه را برای سیستم سرمایش محاسبه می‌نمایند و در نتیجه برای گرمایش نیز محاسبه با ضریب اطمینان بالا، قابل قبول است، در پروژه‌هایی که از فن‌کویل استفاده می‌شود لوله سومی برای تخلیه آب تقطیر شده در فن‌کویل مورد نیاز است. این لوله تحت فشار نیست و آب‌های تقطیر شده را جمع‌آوری نموده و بطرف فاضلاب یا هرز آب هدایت می‌نماید. این لوله باید دارای شیب حداقل یک هزارم باشد. قطر آن از جدول شماره (۶-۱) محاسبه می‌گردد. یعنی باتوجه به قطر لوله اصلی که از جدول فوق محاسبه می‌شود در قسمت پایین جدول قطر لوله تخلیه (DRAIN) بدست می‌آید. مثلاً برای لوله اصلی ۲

اینچ، قطر لوله تخلیه $\frac{3}{4}$ اینچ تعیین می‌شود.

بطور کلی لوله‌های جریان آب برای سیستم حرارت مرکزی و تهویه مطبوع از جنس لوله سیاه درز دار و لوله‌های تقطیر فن‌کویل از جنس لوله سفید گالوانیزه می‌باشد.

جدول ۶-۱ : اندازه گذاری قطر لوله فولادی با سطح نسبتا صاف

Friction Loss افت فشار	جریان Flow	Pipe Size Nominal Inches — قطر لوله به اینچ														
ft/100 ft	سرعت	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	5	6	8	10	12
1	G.P.M	0.8	1.75	3.55	7.4	11.5	22	37	64	92	130	235	390	820	1450	2350
	F.P.S	0.92	1.15	1.35	1.6	1.75	2.1	2.4	2.85	3	3.3	3.8	4.2	5.1	6	6.8
1½	G.P.M	1.05	2.3	4.5	9.4	14	27.5	45	80	112	165	295	490	1020	1820	2950
	F.P.S	1.2	1.4	1.65	2	2.2	2.6	2.95	3.4	3.75	4.05	4.8	5.3	6.4	7.2	8.2
2	G.P.M	1.25	2.7	5.2	11	16.5	33	52	92	130	190	355	570	1180	2120	3350
	F.P.S	1.3	1.65	1.9	2.3	2.65	3.05	3.4	3.95	4.3	4.8	5.5	6.3	7.2	8.5	9.5
2½	G.P.M	1.4	3.1	6	12.5	19	36	59	105	150	215	390	650	1350	2400	4000
	F.P.S	1.55	1.8	2.15	2.7	2.8	3.5	3.9	4.5	4.9	5.4	6.1	7.1	8.4	9.5	11
3	G.P.M	1.55	3.4	6.6	13.5	21	40	65	116	162	235	425	710	1480	2650	4250
	F.P.S	1.7	2.05	2.5	2.9	3.2	3.8	4.25	4.95	5.4	5.95	7.45	7.8	9.2	10.8	12
3½	G.P.M	1.7	3.7	7.2	15	23	43	72	126	180	260	460	770	1650	2900	4700
	F.P.S	1.8	2.2	2.7	3.1	3.5	4.1	4.7	5.4	6	6.7	7.2	8.5	9.9	12	13.5
4	G.P.M	1.85	4	7.7	16	24.5	46	75	135	190	280	490	830	1750	3200	5000
	F.P.S	1.95	2.4	2.9	3.4	3.75	4.4	5	5.8	6.1	7	8	8.9	10.8	12.5	14
Drain Size		1/2"			3/4"				1"		1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"		

ΔT = 20 F (Heating) G.P.M = K Cal / hr ÷ 2500 = B.T.U / hr ÷ 10000 بار گرمایی (افت فشار پیشنهادی = ۲/۵ - ۲٪)

ΔT = 10 F (Cooling) G.P.M = B.T.U / hr ÷ 5000 بار سرمایی (افت فشار پیشنهادی = ۳٪)

۶-۲-۷- محاسبه تخمین قطر لوله

جدول (۶-۲) بار حرارتی، دبی جریان و قطر لوله حرارت مرکزی را برحسب متراژ ساختمان در شرایط عادی، برای تیپ‌های مختلف آب و هوایی به صورت تخمینی ارائه می‌دهد. بنابراین برای هرشهر مورد نظر ابتدا از جدول شرایط اقلیمی شهرهای ایران، تیپ مربوط به آن شهر را بدست آورده، سپس با استفاده از جدول (۶-۲) و باتوجه به متراژ سطح زیربنایی که لوله مزبور آن قسمت را تغذیه می‌کند، قطر لوله برحسب (اینچ)، بار حرارتی برحسب Kcal/hr و دبی جریان در لوله برحسب (gpm) بدست می‌آید.

جدول۶-۲ : محاسبه تخمینی قطر لوله و بار حرارتی به ازای مساحت زیر بنای ساختمان

تیپ ۵ سرد	تیپ ٤ خیلی سرد	تیپ ۳ گرم	تیپ ۲ معتدل	تیپ ۱ سرد	بار حرارتی K cal/hr	دبی جریان کافی در دقیقه (gpm)	قطر لوله به اینچ (inch)
بار حرارتی به ازای هر متر مربع ساختمان: Kcal/(hr.m²)							
113	160	72	95	130			
مساحت زیر بنای ساختمان (m²) برای قطر لوله های مختلف							
31	22	49	37	27	3500	1.4	½"
69	48	108	82	60	7750	3.1	¾"
133	94	208	158	115	15000	6	1"
277	195	434	329	240	31250	12.5	1¼"
420	297	660	500	365	47500	19	1½"
796	563	1250	947	692	90000	36	2"
1305	922	2049	1553	1135	147500	59	2½"
2323	1641	3648	2763	2019	262500	105	3"
4757	3359	7465	5656	4135	537500	215	4"
8628	6094	13542	10263	7500	975000	390	5"
14381	10156	22569	17105	12500	1625000	650	6"
29867	21094	46875	35526	25962	3375000	1350	8"

۸-۲-۶- محاسبه قطر لوله حرارت مرکزی برحسب مساحت زیر بنای ساختمان

یک واحد مسکونی به متراژ ۲۵۰ متر مربع مورد نظر است. چنانچه این ساختمان در شهر تهران واقع باشد قطر لوله ورودی حرارت مرکزی را برای آن محاسبه کنید.

با مراجعه به جدول تقسیم بندی اقلیمی شهرهای ایران، شهر تهران در تیپ یک، منطقه گرم و خشک با زمستان سرد واقع است. باتوجه به جدول (۶-۲) برای تیپ یک و ۲۵۰ متر مربع (در جدول مزبور متراژ ۳۶۵ متر مربع نزدیک‌ترین عدد بیشتر از ۲۵۰ است). قطر لوله ورودی حرارت مرکزی $\frac{1}{2}$ اینچ برآورد می‌گردد.

۹-۲-۶- افت فشار در اتصالات شبکه لوله‌کشی:

برای محاسبه افت فشار در اتصالات شبکه لوله‌کشی، معادل طولی لوله را برای هراتصال از روی جداول (۶-۳) و (۶-۴) محاسبه نموده و به افت طولی شبکه اضافه می‌نمایند.

در محاسبات عملی، عموماً برای افت فشار اتصالات و غیره معادل ۵۰ درصد (نصف) افت طول کل لوله در طولانی‌ترین مسیر را در نظر می‌گیرند یعنی اگر طول شبکه‌ای ۵۰۰ فوت و ضریب افت فشار ۲ فوت درصد فوت باشد افت کل معادل لوله و اتصالات ۰.۱۵ فوت در صد فوت بدست می‌آید.

جدول ۶-۳: افت فشار اتصالات مختلف بر حسب فوت طول معادل لوله

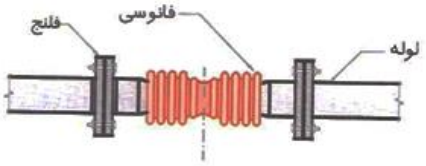
قطر اسمی اتصالات (Inch)	زانویی ملایم پیچ						سه راهی های ملایم پیچ			
	زانوی ۹۰°			زانوی ۴۵°		۱۸۰°	جریان	در جهت جریان		
	کوتاه	شعاعی بلند	معمولی	کوتاه	معمولی	کوتاه	از انشعاب	بدون تبدیل	با تغییر ¼	با تغییر ½
	افت فشار اتصال بر حسب فوت (ft)									
⅜	1.4	0.9	2.3	0.7	1.1	2.3	2.7	0.9	1.2	1.4
½	1.6	1	2.5	0.8	1.3	2.5	3	1	1.4	1.6
¾	2	1.4	3.2	0.9	1.6	3.2	4	1.4	1.9	2
1	2.6	1.7	4.1	1.3	2.1	4.1	5	1.7	2.3	2.6
1¼	3.3	2.3	5.6	1.7	3	5.6	7	2.3	3.1	3.3
1½	4	2.6	6.3	2.1	3.4	6.3	8	2.6	3.7	4
2	5	3.3	8.2	2.6	4.5	8.2	10	3.3	4.7	5
2½	6	4.1	10	3.2	5.2	10	12	4.1	5.6	6
3	7.5	5	12	4	6.4	12	15	5	7	7.5
3½	9	5.9	15	4.7	7.3	15	18	5.9	8	9
4	10	6.7	17	5.2	8.5	17	21	6.7	9	10
5	13	8.2	21	6.5	11	21	25	8.2	12	13
6	16	10	25	7.9	13	25	30	10	14	16
8	20	13	-	10	-	33	40	13	18	20
10	25	16	-	13	-	42	50	16	23	25
12	30	19	-	16	-	50	60	19	26	30
14	34	23	-	18	-	55	68	23	30	34
16	38	26	-	20	-	62	78	26	35	38
18	42	29	-	23	-	70	85	29	40	42
20	50	33	-	26	-	81	100	33	44	50
24	60	40	-	30	-	94	115	40	50	60

جدول ۶-۴: افت فشار در شیرهای مختلف بر حسب فوت طول معادل لوله

قطر اسمی شیر به اینچ	شیر سوزنی Globe	شیر زاویه ای Angle 60°	شیر زاویه ای Angle 45°	شیر زاویه ای Angle	شیر دروازه ای Gate	شیر یکطرفه Check
	افت فشار در شیر بر حسب فوت (ft)					
⅜	17	8	6	6	0.6	5
½	18	9	7	7	0.7	6
¾	22	11	9	9	0.9	8
1	29	15	12	12	1	10
1¼	38	20	15	15	1.5	14
1½	43	24	18	18	1.8	16
2	55	30	24	24	2.3	20
2½	69	35	29	29	2.8	25
3	84	43	35	35	3.2	30
3½	100	50	41	41	4	35
4	120	58	47	47	4.5	40
5	140	71	58	58	6	50
6	170	88	70	70	7	60
8	220	115	85	85	9	80
10	280	145	105	105	12	100
12	320	165	130	130	13	120
14	360	185	155	155	15	135
16	410	210	180	180	17	150
18	460	240	200	200	19	165
20	520	275	235	235	22	200
24	610	320	265	265	25	240

۱۰-۲-۶- اتصال انبساط و انقباض:

در هنگام اجرای لوله‌کشی درجه حرارت محیط متعادل بوده و لوله از نظر فشار و کشش در حالت تعادل می‌باشد. پس از اینکه آب گرم وارد شبکه شد حرارت باعث ازدیاد طول لوله شده و در صورتیکه این انبساط محاسبه و مهار نشده باشد در اثر تنش‌های داخلی، لوله‌ها خم شده و سبب صدمات زیادی از قبیل ترکیدن لوله و درز باز کردن محل جوش‌ها خواهد شد، برای اینکه از صدمات انبساط لوله جلوگیری شود از اتصال انبساط استفاده می‌شود. (شکل ۶-۱۱)



شکل ۶-۱۱ : قطعه انبساط

این اتصالات یا بصورت فانوسی و یا بصورت کشویی مطابق شکل می‌باشد. در مواقعی که لوله از محل درز انبساط ساختمان عبور می‌کند نیز نصب اتصال انبساط ضروری می‌باشد.

۱۱-۲-۶- لوپ انبساط:

در بعضی مواقع از خود لوله برای اتصال انبساط (لوپ) استفاده می‌کنند. روش کار بدین صورت است که قسمتی از لوله را مطابق شکل (۶-۱۲) با تغییر مسیر، اجرا نموده تا در صورتیکه لوله منبسط شد این فشار در قسمت انبساط خنثی گردیده و خساراتی به شبکه وارد نگردد برای محاسبه ابعاد لوپ باتوجه به طول مستقیم شبکه مورد نظر و اختلاف درجه حرارت محیط هنگام اجرای لوله‌کشی و درجه حرارت آب گرم جریان یافته در شبکه در زمان بهره‌برداری، مقدار طول کل لوپ (L) و در نتیجه ابعاد (H و W) محاسبه می‌گردد:

$$L = ۶.۱۶ * \sqrt{D * \Delta} = ۷۵\sqrt{\Delta D}$$

شکل ۶-۱۲: اجرای لوپ انبساط بوسیله خود لوله

که در آن:

: L طول کل لوپ برحسب فوت (با ضریب ۷۵ بر حسب میلیمتر)

: D قطر لوله به اینچ (با ضریب ۷۵ بر حسب میلیمتر)

: Δ مقدار انبساط طولی لوله برحسب اینچ (با ضریب ۷۵ بر حسب میلیمتر)می‌باشد.

برای محاسبه مقدار انبساط لوله (Δ)، ابتدا از جدول (۶-۵) مقدار انبساط طولی را به ازای هر ۱۰۰ فوت طولی لوله بدست آورده و سپس باتوجه به طول مستقیم لوله اصلی مقدار

انبساط لوله محاسبه شده و از روی آن با استفاده از فرمول فوق مقدار L بدست می‌آید.

جدول ۶-۵ : مقدار انبساط لوله در اختلاف درجه حرارتهای مختلف

اختلاف درجه حرارت * (F)	لوله مسی $in/100\,ft$	لوله فولادی $in/100\,ft$
0	0	0
50	0.56	0.37
100	1.12	0.76
130	1.46	1
150	1.69	1.15
200	2.27	1.55
250	2.85	1.96
300	3.45	2.38
350	4.05	2.81
400	4.65	3.25
450	5.27	3.7
500	5.89	6.15

همچنین می‌توان براحتی از جداول (۶-۷) الی (۶-۱۰) طول لوپ انبساط را برحسب قطر و طول لوله اصلی، براساس اختلاف دمای محیط هنگام نصب و شبکه هنگام بهره‌برداری بدست آورد.

۱۲-۲-۶- محاسبه مشخصات لوپ با استفاده از فرمول و جدول

اگر طول مستقیم لوله فولادی به قطر ۳ اینچ در یک شبکه ۱۰۰ متر و درجه حرارت آب جریانی در لوله ۱۸۰ درجه فارنهایت و درجه حرارت محیط هنگام کار ۵۰ درجه فارنهایت باشد مطلوبست مشخصات لوپ

۶-۲-۱۲-۱- روش اول با استفاده از فرمول:

اختلاف درجه حرارت به فارنهایت برابر ۱۳۰ درجه شده و طول لوپ ۱۹.۳ فوت می‌گردد.سپس باتوجه به مشخصات مسیر لوله، ابعاد لوپ را می‌توان انتخاب کرد:

$L=W+2H=19,3$ ft $H=2W=7,72$ ft $W=L/5=3,86$ ft

مقدار Δ را می‌توان مستقیماً از جدول تعیین نمود. جدول (۶-۶) مقدار انبساطی طولی لوله (Δ) را برحسب اینچ برای طول لوله اصلی و اختلاف درجه حرارت‌های متفاوت نشان

می‌دهد. باتوجه به ۱۰۰ متر طول لوله اصـــلی و اختلاف درجه حرارت ۱۳۰ درجه فارنهایت، مقدار افزایش طول ۳/۲۸ اینچ بدست می‌آید.

۶-۲-۱۲-۲- روش دوم با استفاده مستقیم از جدول:

جداول (۶-۷) الی (۶-۱۰) طول لوپ انبســـاط را برحســـب قطر و طول لوله اصـــلی نشـــان می‌دهد. برای مثال فوق، باتوجه به طول لوله اصـــلی ۱۰۰ متر و قطر ۳ اینچ برای درجه حرارت محیط ۵۰ درجه فارنهایت و درجه حرارت کار ۱۸۰ درجه فارنهایت از جدول (۶-۸) مقدار طول لوپ انبساط برابر ۱۹/۳ فوت تعیین می‌شود.

جدول ۶-۶: مقدار افزایش طول به اینچ برای طول لوله فولادی و اختلاف دماهای مختلف

طول لوله اصلی L(m)	اختلاف دمای محیط هنگام نصب و شبکه هنگام بهره برداری به فارنهایت (F)									
	30	50	75	100	130	150	180	200	250	300
	افزایش طول لوله (Inch) Δ									
10	0.07	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.42	0.51	0.64	0.78
15	0.11	0.18	0.28	0.37	0.49	0.57	0.62	0.76	0.96	1.17
20	0.14	0.24	0.37	0.50	0.66	0.75	0.83	1.02	1.29	1.56
25	0.18	0.30	0.47	0.62	0.82	0.94	1.04	1.27	1.61	1.95
30	0.22	0.36	0.56	0.75	0.98	1.13	1.25	1.53	1.93	2.34
35	0.25	0.42	0.65	0.87	1.15	1.32	1.46	1.78	2.25	2.73
40	0.29	0.49	0.75	1.00	1.31	1.51	1.67	2.03	2.57	3.12
45	0.32	0.55	0.84	1.12	1.48	1.70	1.87	2.29	2.89	3.51
50	0.36	0.61	0.93	1.25	1.64	1.89	2.08	2.54	3.21	3.90
55	0.40	0.67	1.03	1.37	1.80	2.07	2.29	2.80	3.54	4.29
60	0.43	0.73	1.12	1.50	1.97	2.26	2.50	3.05	3.86	4.68
65	0.47	0.79	1.22	1.62	2.13	2.45	2.71	3.30	4.18	5.07
70	0.51	0.85	1.31	1.74	2.30	2.64	2.92	3.56	4.50	5.46
75	0.54	0.91	1.40	1.87	2.46	2.83	3.12	3.81	4.82	5.85
80	0.58	0.97	1.50	1.99	2.62	3.02	3.33	4.07	5.14	6.25
85	0.61	1.03	1.59	2.12	2.79	3.21	3.54	4.32	5.46	6.64
90	0.65	1.09	1.68	2.24	2.95	3.39	3.75	4.58	5.79	7.03
95	0.69	1.15	1.78	2.37	3.12	3.58	3.96	4.83	6.11	7.42
100	0.72	1.21	1.87	2.49	3.28	3.77	4.17	5.08	6.43	7.81
110	0.79	1.33	2.06	2.74	3.61	4.15	4.58	5.59	7.07	8.59
120	0.87	1.46	2.24	2.99	3.94	4.53	5.00	6.10	7.71	9.37
130	0.94	1.58	2.43	3.24	4.26	4.90	5.42	6.61	8.36	10.15
140	1.01	1.70	2.62	3.49	4.59	5.28	5.83	7.12	9.00	10.93
150	1.08	1.82	2.80	3.74	4.92	5.66	6.25	7.63	9.64	11.71
160	1.15	1.94	2.99	3.99	5.25	6.04	6.66	8.13	10.29	12.49
170	1.23	2.06	3.18	4.24	5.58	6.41	7.08	8.64	10.93	13.27
180	1.30	2.18	3.37	4.49	5.90	6.79	7.50	9.15	11.57	14.05
190	1.37	2.31	3.55	4.74	6.23	7.17	7.91	9.66	12.21	14.83
200	1.44	2.43	3.74	4.99	6.56	7.54	8.33	10.17	12.86	15.61

جدول ۶-۷: طول لوپ انبساط (فوت) برای لوله فولادی بر حسب طول و قطر لوله اصلی

$$\Delta T = 148F$$

طول لوله	d (Inch)												
L(m)	1	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
10	3.8	4.2	4.6	5.4	6.0	6.6	7.1	7.6	8.5	9.3	10.7	12.0	13.1
15	4.6	5.2	5.7	6.6	7.3	8.0	8.7	9.3	10.4	11.3	13.1	14.7	16.1
20	5.4	6.0	6.6	7.6	8.5	9.3	10.0	10.7	12.0	13.1	15.1	16.9	18.5
25	6.0	6.7	7.3	8.5	9.5	10.4	11.2	12.0	13.4	14.7	16.9	18.9	20.7
30	6.6	7.3	8.0	9.3	10.4	11.3	12.3	13.1	14.7	16.1	18.5	20.7	22.7
35	7.1	7.9	8.7	10.0	11.2	12.3	13.2	14.2	15.8	17.3	20.0	22.4	24.5
40	7.6	8.5	9.3	10.7	12.0	13.1	14.2	15.1	16.9	18.5	21.4	23.9	26.2
45	8.0	9.0	9.8	11.3	12.7	13.9	15.0	16.1	17.9	19.7	22.7	25.4	27.8
50	8.5	9.5	10.4	12.0	13.4	14.7	15.8	16.9	18.9	20.7	23.9	26.8	29.3
55	8.9	9.9	10.9	12.5	14.0	15.4	16.6	17.7	19.8	21.7	25.1	28.1	30.7
60	9.3	10.4	11.3	13.1	14.7	16.1	17.3	18.5	20.7	22.7	26.2	29.3	32.1
65	9.6	10.8	11.8	13.6	15.3	16.7	18.0	19.3	21.6	23.6	27.3	30.5	33.4
70	10.0	11.2	12.3	14.2	15.8	17.3	18.7	20.0	22.4	24.5	28.3	31.7	34.7
75	10.4	11.6	12.7	14.7	16.4	17.9	19.4	20.7	23.2	25.4	29.3	32.8	35.9
80	10.7	12.0	13.1	15.1	16.9	18.5	20.0	21.4	23.9	26.2	30.3	33.8	37.1
85	11.0	12.3	13.5	15.6	17.4	19.1	20.6	22.1	24.7	27.0	31.2	34.9	38.2
90	11.3	12.7	13.9	16.1	17.9	19.7	21.2	22.7	25.4	27.8	32.1	35.9	39.3
95	11.7	13.0	14.3	16.5	18.4	20.2	21.8	23.3	26.1	28.6	33.0	36.9	40.4
100	12.0	13.4	14.7	16.9	18.9	20.7	22.4	23.9	26.8	29.3	33.8	37.8	41.4
110	12.5	14.0	15.4	17.7	19.8	21.7	23.5	25.1	28.1	30.7	35.5	39.7	43.5
120	13.1	14.7	16.1	18.5	20.7	22.7	24.5	26.2	29.3	32.1	37.1	41.4	45.4
130	13.6	15.3	16.7	19.3	21.6	23.6	25.5	27.3	30.5	33.4	38.6	43.1	47.3
140	14.2	15.8	17.3	20.0	22.4	24.5	26.5	28.3	31.7	34.7	40.0	44.8	49.0
150	14.7	16.4	17.9	20.7	23.2	25.4	27.4	29.3	32.8	35.9	41.4	46.3	50.8
160	15.1	16.9	18.5	21.4	23.9	26.2	28.3	30.3	33.8	37.1	42.8	47.9	52.4
170	15.6	17.4	19.1	22.1	24.7	27.0	29.2	31.2	34.9	38.2	44.1	49.3	54.0
180	16.1	17.9	19.7	22.7	25.4	27.8	30.0	32.1	35.9	39.3	45.4	50.8	55.6
190	16.5	18.4	20.2	23.3	26.1	28.6	30.9	33.0	36.9	40.4	46.6	52.1	57.1
200	16.9	18.9	20.7	23.9	26.8	29.3	31.7	33.8	37.8	41.4	47.9	53.5	58.6

Ambient Temp. = 0 °C (32 F) درجه حرارت محیط هنگام اجرای پروژه
Working Temp. = 82 °C (180 F) درجه حرارت شبکه هنگام بهره برداری

جدول ۶-۸ : طول لوپ انبساط (فوت) برای لوله فولادی بر حسب طول و قطر لوله اصلی

$$\Delta T = 130F$$

طول لوله	d (Inch)												
L(m)	1	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
10	3.5	3.9	4.3	5.0	5.6	6.1	6.6	7.1	7.9	8.6	10.0	11.2	12.2
15	4.3	4.8	5.3	6.1	6.8	7.5	8.1	8.6	9.7	10.6	12.2	13.7	15.0
20	5.0	5.6	6.1	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	11.2	12.2	14.1	15.8	17.3
25	5.6	6.2	6.8	7.9	8.8	9.7	10.4	11.2	12.5	13.7	15.8	17.6	19.3
30	6.1	6.8	7.5	8.6	9.7	10.6	11.4	12.2	13.7	15.0	17.3	19.3	21.2
35	6.6	7.4	8.1	9.3	10.4	11.4	12.3	13.2	14.8	16.2	18.7	20.9	22.9
40	7.1	7.9	8.6	10.0	11.2	12.2	13.2	14.1	15.8	17.3	20.0	22.3	24.4
45	7.5	8.4	9.2	10.6	11.8	13.0	14.0	15.0	16.7	18.3	21.2	23.7	25.9
50	7.9	8.8	9.7	11.2	12.5	13.7	14.8	15.8	17.6	19.3	22.3	24.9	27.3
55	8.3	9.3	10.1	11.7	13.1	14.3	15.5	16.5	18.5	20.3	23.4	26.2	28.7
60	8.6	9.7	10.6	12.2	13.7	15.0	16.2	17.3	19.3	21.2	24.4	27.3	29.9
65	9.0	10.1	11.0	12.7	14.2	15.6	16.8	18.0	20.1	22.0	25.4	28.4	31.2
70	9.3	10.4	11.4	13.2	14.8	16.2	17.5	18.7	20.9	22.9	26.4	29.5	32.3
75	9.7	10.8	11.8	13.7	15.3	16.7	18.1	19.3	21.6	23.7	27.3	30.6	33.5
80	10.0	11.2	12.2	14.1	15.8	17.3	18.7	20.0	22.3	24.4	28.2	31.6	34.6
85	10.3	11.5	12.6	14.5	16.3	17.8	19.2	20.6	23.0	25.2	29.1	32.5	35.6
90	10.6	11.8	13.0	15.0	16.7	18.3	19.8	21.2	23.7	25.9	29.9	33.5	36.7
95	10.9	12.2	13.3	15.4	17.2	18.8	20.3	21.7	24.3	26.6	30.8	34.4	37.7
100	11.2	12.5	13.7	15.8	17.6	19.3	20.9	22.3	24.9	27.3	31.6	35.3	38.6
110	11.7	13.1	14.3	16.5	18.5	20.3	21.9	23.4	26.2	28.7	33.1	37.0	40.5
120	12.2	13.7	15.0	17.3	19.3	21.2	22.9	24.4	27.3	29.9	34.6	38.6	42.3
130	12.7	14.2	15.6	18.0	20.1	22.0	23.8	25.4	28.4	31.2	36.0	40.2	44.1
140	13.2	14.8	16.2	18.7	20.9	22.9	24.7	26.4	29.5	32.3	37.3	41.7	45.7
150	13.7	15.3	16.7	19.3	21.6	23.7	25.6	27.3	30.6	33.5	38.6	43.2	47.3
160	14.1	15.8	17.3	20.0	22.3	24.4	26.4	28.2	31.6	34.6	39.9	44.6	48.9
170	14.5	16.3	17.8	20.6	23.0	25.2	27.2	29.1	32.5	35.6	41.1	46.0	50.4
180	15.0	16.7	18.3	21.2	23.7	25.9	28.0	29.9	33.5	36.7	42.3	47.3	51.8
190	15.4	17.2	18.8	21.7	24.3	26.6	28.8	30.8	34.4	37.7	43.5	48.6	53.3
200	15.8	17.6	19.3	22.3	24.9	27.3	29.5	31.6	35.3	38.6	44.6	49.9	54.7

Ambient Temp. =10 °C (50 F) درجه حرارت محیط هنگام اجرای پروژه

جدول ۶-۹ : طول لوپ انبساط (فوت) برای لوله فولادی بر حسب طول و قطر لوله اصلی

$$\Delta T = 103F$$

طول لوله	d (Inch)												
L(m)	1	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
10	3.1	3.5	3.8	4.4	4.9	5.4	5.8	6.2	7.0	7.7	8.8	9.9	10.8
15	3.8	4.3	4.7	5.4	6.0	6.6	7.2	7.7	8.6	9.4	10.8	12.1	13.3
20	4.4	4.9	5.4	6.2	7.0	7.7	8.3	8.8	9.9	10.8	12.5	14.0	15.3
25	4.9	5.5	6.0	7.0	7.8	8.6	9.2	9.9	11.0	12.1	14.0	15.6	17.1
30	5.4	6.0	6.6	7.7	8.6	9.4	10.1	10.8	12.1	13.3	15.3	17.1	18.7
35	5.8	6.5	7.2	8.3	9.2	10.1	10.9	11.7	13.1	14.3	16.5	18.5	20.2
40	6.2	7.0	7.7	8.8	9.9	10.8	11.7	12.5	14.0	15.3	17.7	19.8	21.6
45	6.6	7.4	8.1	9.4	10.5	11.5	12.4	13.3	14.8	16.2	18.7	21.0	23.0
50	7.0	7.8	8.6	9.9	11.0	12.1	13.1	14.0	15.6	17.1	19.8	22.1	24.2
55	7.3	8.2	9.0	10.4	11.6	12.7	13.7	14.7	16.4	17.9	20.7	23.2	25.4
60	7.7	8.6	9.4	10.8	12.1	13.3	14.3	15.3	17.1	18.7	21.6	24.2	26.5
65	8.0	8.9	9.8	11.3	12.6	13.8	14.9	15.9	17.8	19.5	22.5	25.2	27.6
70	8.3	9.2	10.1	11.7	13.1	14.3	15.5	16.5	18.5	20.2	23.4	26.1	28.6
75	8.6	9.6	10.5	12.1	13.5	14.8	16.0	17.1	19.1	21.0	24.2	27.1	29.6
80	8.8	9.9	10.8	12.5	14.0	15.3	16.5	17.7	19.8	21.6	25.0	27.9	30.6
85	9.1	10.2	11.2	12.9	14.4	15.8	17.0	18.2	20.4	22.3	25.8	28.8	31.5
90	9.4	10.5	11.5	13.3	14.8	16.2	17.5	18.7	21.0	23.0	26.5	29.6	32.5
95	9.6	10.8	11.8	13.6	15.2	16.7	18.0	19.3	21.5	23.6	27.2	30.4	33.4
100	9.9	11.0	12.1	14.0	15.6	17.1	18.5	19.8	22.1	24.2	27.9	31.2	34.2
110	10.4	11.6	12.7	14.7	16.4	17.9	19.4	20.7	23.2	25.4	29.3	32.8	35.9
120	10.8	12.1	13.3	15.3	17.1	18.7	20.2	21.6	24.2	26.5	30.6	34.2	37.5
130	11.3	12.6	13.8	15.9	17.8	19.5	21.1	22.5	25.2	27.6	31.9	35.6	39.0
140	11.7	13.1	14.3	16.5	18.5	20.2	21.9	23.4	26.1	28.6	33.1	37.0	40.5
150	12.1	13.5	14.8	17.1	19.1	21.0	22.6	24.2	27.1	29.6	34.2	38.3	41.9
160	12.5	14.0	15.3	17.7	19.8	21.6	23.4	25.0	27.9	30.6	35.3	39.5	43.3
170	12.9	14.4	15.8	18.2	20.4	22.3	24.1	25.8	28.8	31.5	36.4	40.7	44.6
180	13.3	14.8	16.2	18.7	21.0	23.0	24.8	26.5	29.6	32.5	37.5	41.9	45.9
190	13.6	15.2	16.7	19.3	21.5	23.6	25.5	27.2	30.4	33.4	38.5	43.1	47.2
200	14.0	15.6	17.1	19.8	22.1	24.2	26.1	27.9	31.2	34.2	39.5	44.2	48.4

Amblent Temp. = 25 °C (77 F) درجه حرارت محیط هنگام اجرای پروژه
Working Temp. = 82 °C (180 F) درجه حرارت شبکه هنگام بهره برداری

جدول ۶-۱۰ : طول لوپ انبساط (فوت) برای لوله فولادی بر حسب طول و قطر لوله اصلی

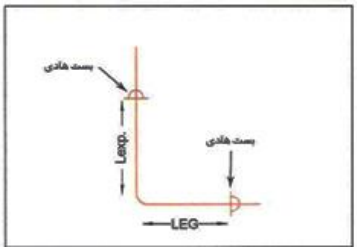
$$\Delta T = 85F$$

طول لوله L(m)	d (Inch)												
	1	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
10	2.8	3.2	3.5	4.0	4.5	4.9	5.3	5.6	6.3	6.9	8.0	8.9	9.8
15	3.5	3.9	4.2	4.9	5.5	6.0	6.5	6.9	7.7	8.5	9.8	10.9	12.0
20	4.0	4.5	4.9	5.6	6.3	6.9	7.5	8.0	8.9	9.8	11.3	12.6	13.8
25	4.5	5.0	5.5	6.3	7.1	7.7	8.3	8.9	10.0	10.9	12.6	14.1	15.5
30	4.9	5.5	6.0	6.9	7.7	8.5	9.1	9.8	10.9	12.0	13.8	15.5	16.9
35	5.3	5.9	6.5	7.5	8.3	9.1	9.9	10.6	11.8	12.9	14.9	16.7	18.3
40	5.6	6.3	6.9	8.0	8.9	9.8	10.6	11.3	12.6	13.8	16.0	17.8	19.6
45	6.0	6.7	7.3	8.5	9.5	10.4	11.2	12.0	13.4	14.7	16.9	18.9	20.7
50	6.3	7.1	7.7	8.9	10.0	10.9	11.8	12.6	14.1	15.5	17.8	20.0	21.9
55	6.6	7.4	8.1	9.4	10.5	11.5	12.4	13.2	14.8	16.2	18.7	20.9	22.9
60	6.9	7.7	8.5	9.8	10.9	12.0	12.9	13.8	15.5	16.9	19.6	21.9	23.9
65	7.2	8.0	8.8	10.2	11.4	12.5	13.5	14.4	16.1	17.6	20.4	22.8	24.9
70	7.5	8.3	9.1	10.6	11.8	12.9	14.0	14.9	16.7	18.3	21.1	23.6	25.9
75	7.7	8.6	9.5	10.9	12.2	13.4	14.5	15.5	17.3	18.9	21.9	24.4	26.8
80	8.0	8.9	9.8	11.3	12.6	13.8	14.9	16.0	17.8	19.6	22.6	25.2	27.7
85	8.2	9.2	10.1	11.6	13.0	14.3	15.4	16.5	18.4	20.2	23.3	26.0	28.5
90	8.5	9.5	10.4	12.0	13.4	14.7	15.8	16.9	18.9	20.7	23.9	26.8	29.3
95	8.7	9.7	10.7	12.3	13.8	15.1	16.3	17.4	19.5	21.3	24.6	27.5	30.1
100	8.9	10.0	10.9	12.6	14.1	15.5	16.7	17.8	20.0	21.9	25.2	28.2	30.9
110	9.4	10.5	11.5	13.2	14.8	16.2	17.5	18.7	20.9	22.9	26.5	29.6	32.4
120	9.8	10.9	12.0	13.8	15.5	16.9	18.3	19.6	21.9	23.9	27.7	30.9	33.9
130	10.2	11.4	12.5	14.4	16.1	17.6	19.0	20.4	22.8	24.9	28.8	32.2	35.3
140	10.6	11.8	12.9	14.9	16.7	18.3	19.8	21.1	23.6	25.9	29.9	33.4	36.6
150	10.9	12.2	13.4	15.5	17.3	18.9	20.4	21.9	24.4	26.8	30.9	34.6	37.9
160	11.3	12.6	13.8	16.0	17.8	19.6	21.1	22.6	25.2	27.7	31.9	35.7	39.1
170	11.6	13.0	14.3	16.5	18.4	20.2	21.8	23.3	26.0	28.5	32.9	36.8	40.3
180	12.0	13.4	14.7	16.9	18.9	20.7	22.4	23.9	26.8	29.3	33.9	37.9	41.5
190	12.3	13.8	15.1	17.4	19.5	21.3	23.0	24.6	27.5	30.1	34.8	38.9	42.6
200	12.6	14.1	15.5	17.8	20.0	21.9	23.6	25.2	28.2	30.9	35.7	39.9	43.7

Ambient Temp. = 35 °C (95 F) درجه حرارت محیط هنگام اجرای پروژه
Working Temp. = 82 °C (180 F) درجه حرارت شبکه هنگام بهره برداری

۱۳-۲-۶- خم انبساط:

سیستم انبساط را به شکل دیگری چنانچه شبکه لوله‌کشی در یک نقطه تغییر مسیر ۹۰ درجه داشته باشد نیز می‌توان اجرا نمود. باتوجه به شکل (۶-۱۳) طول انبساط (Lexp) از روش قبل محاسبه شده و طول ساق (Leg) از جدول (۶-۱۱) تعیین می‌گردد.



شکل ۶-۱۳ : اجرای خم انبساط بوسیله خود اوله

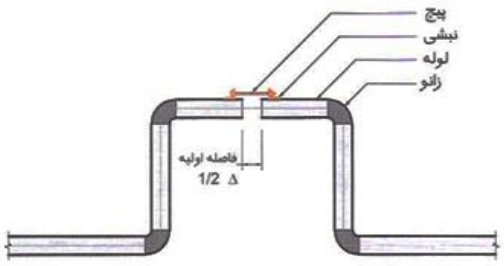
در طول مسیر Lexp و Leg نباید هیچگونه بست یا قلاب نگاهدارنده وجود داشته باشد و محل اولین بست در نقشه باید نشان داده شود.

جدول ۶-۱۱ : مقدار ساق گیرداری خم انبساط به فوت برای قطر لوله‌های مختلف

قطر لوله	افزایش طول لوله به اینچ (In)					
	Δ=½"	Δ=1"	Δ=1½"	Δ=2"	Δ=2½"	Δ=3"
	مقدار ساق گیرداری خم انبساط (LEG به فوت)					
2"	5	7.5	9.5	10.9	12	13.5
2½"	6	8.5	10.5	12	13.5	14.7
3"	6.7	9.5	11.5	13.2	15	16.4
4"	7.7	10.8	13	15.1	16.9	18.5
5"	8.5	12	14.5	16.8	18.6	20.5
6"	9	12.9	15.7	18.5	20.5	22.5
8"	10.7	14.8	18	21	23.5	25.5
10"	11.8	16.3	20	23	25.7	28.3
12"	13	18	22	25.4	28.3	31.1
14"	13.4	18.9	23	26.5	29.8	32.7
16"	14.2	20.2	24.5	28.5	31.8	35.9
18"	15.3	21.5	26	30	33.8	37
20"	16	22.8	27.5	32	35.6	39

۱۴-۲-۶- لوپ تحت فشار:

سیستم لوپ بصورتی که نشان داده شده خالی از اشکال نیست، عیب آن در اینست که، حالت عادی تنش (فشار و کشش) برای لوله فقط هنگامی اتفاق می‌افتد که لوله در شرایط متعارفی اجرا (درجه حرارت محیط بدون آب گرم جریانی) باشد ولی از هنگامی که آب گرم وارد شبکه گردید بعلت حرارت زیاد، اتصال انبساط تحت تنش قرار گرفته و مادامیکه جریان آب گرم وجود دارد و همچنین برای مدت زمان طولانی که سیستم در حال کار است تنش فشاری زیادی به لوله اثر می‌گذارد.



شکل ۶-۱۴ : لوپ با فاصله اولیه (cold sprung)

برای از بین بردن این عیب، لوپ را بصورت کولد اسپرانگ اجرا می‌کنند. بدین ترتیب که در هنگام اجرا در حالت عادی بین دو لوله مقداری فاصله قرار می‌دهند. سپس دو قسمت را با نیروی خارجی به طرف هم کشیده و محل اتصال را جوشکاری می‌کنند. بنابراین شبکه و لوپ قبل از بهره‌برداری شبکه در حالت کشش می‌باشد. بعد از ورود آب گرم به شبکه، لوله منبسط می‌شود و قسمتی از فشار حاصل از این انبساط با کشش اعمال شده اولیه خنثی می‌گردد و در نتیجه لوپ در هنگام بهره‌برداری دارای تنش عادی‌تری می‌گردد. فاصله دو لوله در حالت کولد اسپرانگ برابر نصف طول انبساط محاسباتی لوله مورد نظر $(\frac{1}{2}\Delta)$ انتخاب می‌شود و می‌توان ابعاد لوپ را نیز برمبنای نصف مقدار انبساط حالت عادی محاسبه نمود یعنی طول لوپ نصف مقدار حالت اولیه خواهد بود.

۱۵-۲-۶- محاسبه پمپ سیر کولاسیون:

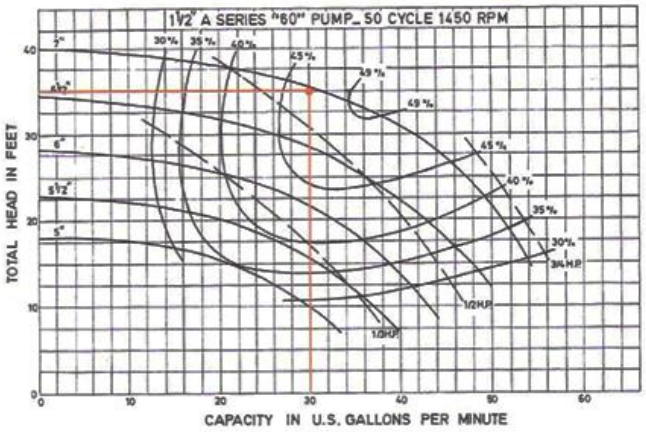
برای محاسبه سیر کولاسیون، ابتدا می‌بایست دو عامل جریان حجمی آب برحسب (gpm) و افت فشار کل شبکه برحسب (ft) تعیین گردند.باتوجه به دو عامل فوق توان و راندمان پمپ از روی کاتالوگ کارخانه سازنده محاسبه می‌شود.

۶-۲-۱۵-۱- محاسبه مشخصات پمپ سیر کولاسیون

اگر انرژی حرارتی منتقله در یک سیستم ۷۵/۰۰۰ کیلو کالری در ساعت و افت فشار کل شبکه لوله‌کشی و اتصالات ۱۵ فوت و افت فشار در دیگ، رادیاتورها و سایر متعلقات ۲۰ فوت باشد، مطلوب محاسبه پمپ مناسب.

از روی منحنی شکل (۶-۱۵) برای دبی gpm ۳۰ و افت فشار ft ۳۵ مقدار راندمان برابر ۴۶

درصد و قدرت پمپ برابر ۰/۷۵ یا $\frac{3}{4}$ اسب بخار می‌شود.



شکل ۶-۱۵ : نمونه نمودار محاسبه پمپ

۶-۲-۱۵-۲- محل نصب پمپ اصلی در سیستم حرارت مرکزی:

پمپ سیر کولاسیون را در سیستم حرارت مرکزی می‌توان روی لوله رفت و یا برگشت نصب نمود که هرکدام دارای مزایا و معایبی است ولی بطور کلی باید مسائلی از قبیل اختلاف ارتفاع منبع انبساط از روی بام تا بالاترین رادیاتور و هد (ارتفاع آبدهی) پمپ را رعایت نمود تا در هیچ نقطه‌ای از سیستم فشار کمتر از فشار آتمسفر نگردد.

۶-۲-۱۵-۳- اگر پمپ روی لوله برگشت قرار گیرد (در مخازن انبساط باز):

در این صورت فشاری که روی رادیاتور R بالاترین رادیاتور وجود دارد قبل از اینکه پمپ روشن شود برابر است با (شکل (۶-۱۶)) : $h_1 = H - h_2$

اگر فشار پمپ روی رادیاتور برابر P فرض شود در این صورت باید رابطه $h_1 > P$ برقرار باشد. به‌عبارت دیگر اختلاف ارتفاع بین رادیاتور و مخزن انبساط باید بیشتر از فشار پمپ روی رادیاتور R باشد.

۶-۲-۱۵-۴- مزایا و معایب سیستم فوق:

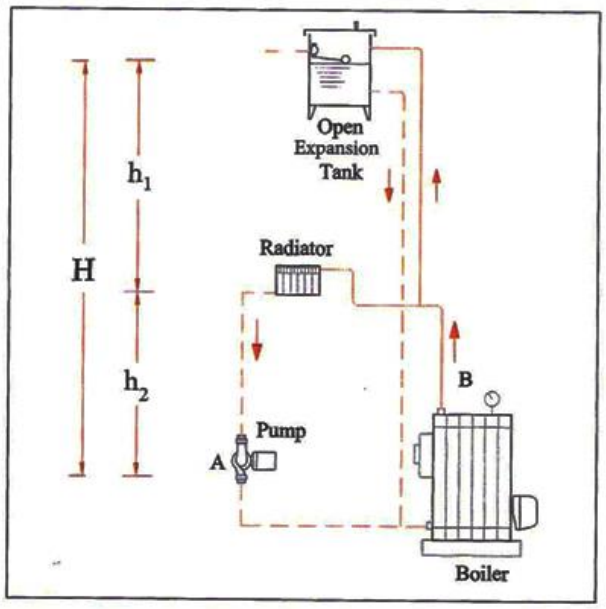
مزایا:

۱- به علت درجه حرارت کمتر، استهلاک پمپ کمتر است.

۲- بعلت درجه حرارت پایین‌تر، حجم مخصوص آب کمتر است و مقدار آب بیشتری را با پمپ ضعیفتری می‌توان منتقل نمود.

معایب:

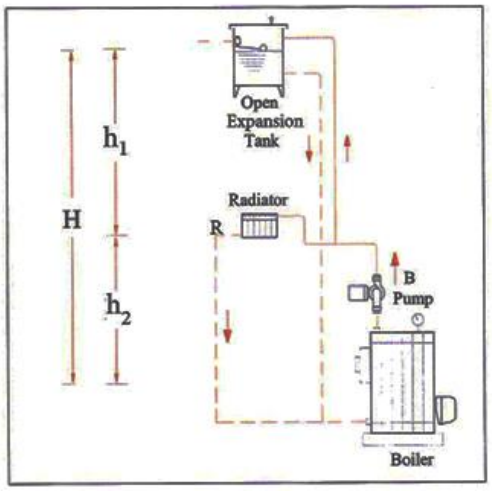
۱- بعلت احتمال مکش در رادیاتور، خلاء ایجاد می‌شود.



شکل ۶-۱۶ : مخزن انبساط باز، پمپ روی لوله برگشت

۶-۲-۱۵-۵- چنانچه پمپ روی لوله رفت قرار گیرد (در مخازن انبساط باز):

در این صورت فشار در رادیاتور R باید از رابطه $H - h_1 + P > 0$ پیروی نماید. (شکل ۶-۱۷). بنابراین در حالتی که پمپ روی لوله رفت قرار گیرد همواره فشار در کلیه سیستم مثبت خواهد بود چون $(H - h_2)$ مثبت بوده و P نیز مثبت است رابطه فوق همواره مثبت می‌باشد[۱].



شکل ۶-۱۷ : مخزن انبساط باز، پمپ روی لوله رفت

۶-۲-۱۵-۶- مزایا و معایب سیستم فوق:

مزایا:

۱- فشار آب خروجی پمپ به فشار رادیاتور اضافه شده و احتمال بوجود آمدن خلاء از بین می‌رود.

معایب:

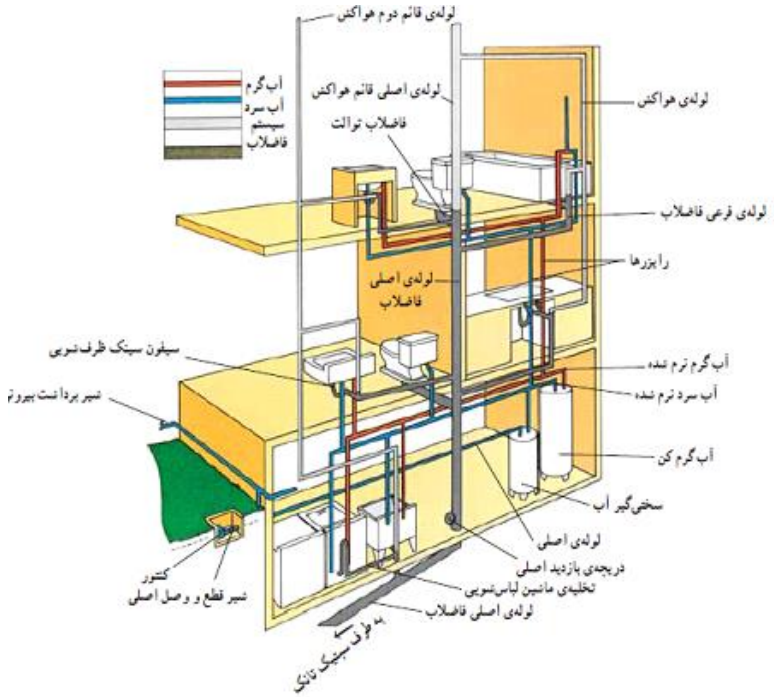
۱- به علت درجه حرارت بیشتر، استهلاک پمپ بیشتر است.

۲- بعلت درجه حرارت بالاتر، حجم مخصوص آب بیشتر و پمپ قوی‌تری نیاز است.

۳-۶- تشریح لوله کشی ساختمان

لوله آب مصرفی پس از کنتور به شیر قطع و وصل و شیر یکطرفه در ورودی ساختمان متصل می‌گردد. از آن پس با توجه به شبکه لوله کشی و تجهیزات آب رسانی مورد استفاده در ساختمان ها، بسته به این که تک واحدی یا مجموعه‌ای از چند واحد مسکونی، تجاری یا اداری باشد، ادامه مسیر لوله کشی می‌تواند بسیار متنوع باشد. آب معمولا از پایین‌ترین قسمت شبکه لوله کشی با یک انشعاب اصلی نخست به شیر تخلیه و سپس وارد لوله تقسیم کننده می‌گردد. آن گاه از این لوله انشعاب‌های مناسب برای تهیه آب گرم مصرفی و لوله‌های تغذیه آب سرد طبقات و زیر زمین جدا می‌شود. در صوت استفاده از دستگاه

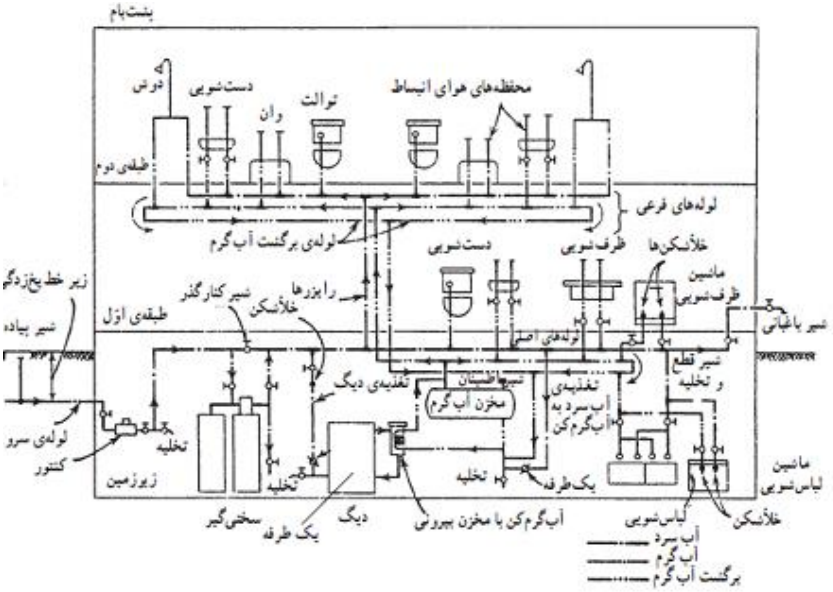
سختی گیر در سیستم حرارت مرکزی و تهویه مطبوع، انشعاب دیگری نیز برای آن در نظر گرفته می‌شود. بهتر است یک شیر فلکه سرشیلنگی نیز برای برداشت آب در موتورخانه نصب گردد. لوله‌های آب گرم



شکل ۶-۱۸: سیستم لوله کشی آب سرد و گرم مصرفی و فاضلاب ساختمان

در ساختمان‌های بزرگ‌تر و چند واحدی، معمولا یک یا چند مسیر برای بالا رفتن لوله‌های آب در نظر گرفته می‌شود. هر کدام از لوله‌های بالارونده در ابتدای مسیر باید دارای شیر فلکه قطع دستی باشد. لوله انشعاب در طبقات نیز بایستی مجهز به شیر فلکه قطع و وصل برای کلیه لوله‌های سرد و گرم مصرفی باشد. سپس توزیع آب سرد و گرم مصرفی در طبقات و واحدهای جداگانه مشابه سرویس‌های ساختمان قبلی انجام می‌گیرد. در صورتی که استفاده از سقف کاذب امکان پذیر باشد بهتر است لوله کشی در هر واحد در داخل سقف کاذب همان طبقه انجام گردد. شکل ۶-۱۹ نحوه گردش آب در لوله بالا رونده را نشان می‌دهد.

همان طور که در سیستم لوله کشی ملاحظه می‌نمایید، علاوه بر لوله‌های آب سرد و آب گرم لوله سومی نیز وجود دارد که "برگشت آب گرم" یا لوله "گردش آب گرم" نامیده می‌شود. این لوله معمولا از *آخرین مصرف کننده گرفته می‌شود و در محل ورود آب سرد به منبع آب گرم وصل می‌شود*. کار آن گردش دائمی آب بین مصرف کننده‌ها و منبع آب گرم است خواه شیر مصرف کننده باز و خواه بسته باشد. وجود این لوله باعث می‌شود که با باز کردن شیر آب گرم در فاصله زمانی کمتری به آب گرم دست پیدا شود و از هدر رفتن آب جلوگیری به عمل آید.



شکل ۶-۱۹ :سیستم لوله کشی ساختمان

منابع:

[۱] –مهندس فرزاد منصوری یزدی , "روش نوین محاسبات و مبانی طراحی تاسیسات (حرارت مرکزی و کولر)" , ۱۳۸۴

فصل هفتم: طراحی تاسیسات لوله کشی آب سرد و گرم یک ساختمان

نخستین بار در سال ۱۳۰۱طرح احداث شبکه‌های لوله کشی آب شرب شهرهای ایران بررسی شد و بخشی از شهرهای آبادان،مشهد وبیرجند لوله کشی شد.اولین سازمان آب رسانی شهری در ایران بنگاه مستقل خیریه آبلوله بیرجند بود که در سال ۱۳۰۲با احداث وبهره برداری یک رشته لوله به طول۹کیلومتر و یک منبع وقنات تامین کننده آب،فعالیت خودراآغازکرد.پیش از فعالیت موسسه آب بیرجند،آب مورد نیاز ساکنان این شهر چون دیگر شهرها از آب انبارهایی تامین می‌شد که افراد خیر ونیکوکار در شهرها بنا می‌کردند.آب انبارهای شهر بیرجند را با آب قنوات آبادی‌های دامنه کوه باقران پر می‌کردند.فکر احداث شبکه لوله کشی و تامین آب سالم و بهداشتی برای مردم شهر در پایان جنگ جهانی اول مطرح شدودر اجرای این طرح از لوله‌هایی که ارتش انگلستان برای لوله کشی کمپ‌های نظامی خود به مطقه سفیدابه واقع در ۲۵۰کیلومتری بیرجند ونقاط دیگر آورده وبلااستفاده مانده بود استفاده شد.برای تامین آب مورد نیاز،بعضی از مالکین سهم خود ازقنات علی آباد را واگذار کردند و با همت معتمدین و مسئولین شهر کمیسیون لوله کشی تشکیل و برای احداث خط لوله و منبع اقدام به جمع آوری اعانه کرد.رشته لوله‌ای که آب قنات را به شهر بیرجند می‌آورد۹کیلومتر طول داشت.در مرتفع‌ترین نقطه شهر آب را به داخل منبع می‌ریخت و از آنجا آب سالم با دو رشته لوله که در مسیر آن شیرهای برداشت نصب شده بود در دسترس مردم قرار می‌گرفت.در تهران آب مشروب اهالی قبل از احداث شبکه لوله کشی با ابتدایی‌ترین روش‌های استحصال آب یعنی از طریق۴۸رشته قنات وقفی و خصوصی تامین می‌شد.محل ظهور قنات‌ها از محل سکونت و زیستگاه‌های مردم دور بود،به همین دلیل،فرسنگ‌ها فرسنگ،گذرگاه‌های آبی برای انتقال آب بنا می‌شد تا آب به محل زندگی می‌رسید.آب در مسیر طولانی خود،پس از گذشتن از نهرها و گذرگاه‌های آبی روباز،با انواع آلایش‌ها و ناپاکی‌ها برخورد می‌کرد وبا انواع ضایعات مواد پاک کننده و شو ینده‌ها و سیاهی و دوده ی ظرف‌ها و خاکروبه خلنه ها،زبالله‌ها و لاشه حیولنات و سایر آلودگی ها،مخلوط

می‌شـــد و ســـرانجام به آب انبارهای خانگی می‌رســـید.آب انبارهاآن زمان یا عمومی بودند ویاخصوصی.آب انبارهای عمومی بزرگ‌تر بوده و دارای پله‌های زیادی بودند(گاه تا ۴۰پله)در بعضـــی از آب انبـارهـا بـه کیفیـت آب توجـه می‌شـــد و در این آب انبـارهـا مقـادیری آهک،خاکستر،ذغال برای تصفیه و ته نشینی مواد معلق به آب اضافه می‌کردند تا در جهت بهداشـتی بودن آب اقدامی کرده باشـند.سـال‌های متمادی آب تهران از طریق قنوات تامین می‌شد اما افزایش روز افزون جمعیت شـهر و همچنین شـیوع بیماری‌های ناشـی از نوشـیدن آب آلوده،مسئولان را به فکر چاره جوئی انداخت و از سال۱۳۰۱به بعد متوجه شدند که تنها راه برطرف کردن مشـکلات آب تهران،لوله کشـی آب مصـرف شـهر و جلوگیری از اتلاف آن است.در سال ۱۳۰۶عملیات احداث مجرای رودخانه کرج به تهران آغاز شد و عملیات اجرایی این طرح از روســـتای"بیلقان کرج"تا"جمشـــیدآباد"تهران به طول۵۳کیلومتر۴ماه طول کشـید.۲۰کیلومتر از این مسـیر را کانال کشـی کرده بودند اما این آب در مسـیر هرز می‌رفت وانواع آلودگی را دربرداشـــت.درســـال۱۳۳۰طرح اول لولـه کشـــی آب تهران براســـاس جمعیت۹۰۰هزارنفرجمعیت این شـهراجرا شـد.درمحاسـبات تامین وبرداشـت آب از رودخانه کرج میزان مصـرف آب برای هرنفربین۱۵۰تا۳۰۰لیتردرشـبانه روزی درنظر گرفته شـده بود وبرای آبگیری هرهکتار درختکاری اراضـی نیم لیتر درثانیه آب محاسـبه شـده بود.ظرفیت دو لوله آبرســـانی از محل آبگیر بیلقان رودخانه کرج تا اولین تصـــفیه خانه آب واقع در منطقه جلالیه ۲۵۶۰۰۰مترمکعب در شـبانه روز تعیین شـده بود. این مختصـری از تاریخچه لوله کشی آب شرب ایران است که به عنوان مقدمه خدمتتان ارائه نمودم. حال به مسئله اصلی یعنی طراحی لوله کشی آب سرد می‌پردازم. برای طراحی باید مراحل زیر را دنبال کنید.

اصول اندازه گذاری لوله های آب سرد و گرم مصرفی

برای سایزینگ هر لوله اصلی یا فرعی ابتدا باید حداکثر مصرف لحظه ای را بدست آوریم که در جدول (۷-۱) مقادیر S.F.U مصرفی آب سرد و گرم هر وسیله بهداشتی بر اساس مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان معرفی شده است. سپس جداگانه S.F.U آب سرد و گرم و کل را برای هر شاخه جمع زده مقدار S.F.U آنرا با استفاده از شکل های پ ۱-۳-۲ مبحث شـانزدهم به GPM تبدیل کرده و ضـریب همزمانی را اعمال می کنیم . این ضـریب را غالبا ۰.۳ در نظر می گیریم. سـپس افت فشـار در آن شـاخه را بدسـت آورده و با اسـتفاده از

دیاگرامهای مودی شکلهای پ ۱-۵-۲ و پ ۱-۵-۳ و ... مبحث شانزدهم با داشتن افت فشار و GPM قطر شاخه و سرعت جریان آب در آنرا بدست می آوریم . اگر سرعت جریان از ۳ متر بر ثانیه یا ۱۰ فوت بر ثانیه بیشتر بود سایز لوله را یک سایز بالا می بریم و دوباره سرعت را بدست می آوریم تا به سرعت مجاز برسیم .

۱-۷- مرحله تعیین قطر لوله

۱. واحد مصرف در شاخه‌های فرعی و شاخه اصلی را از جدول زیر به دست آورید.

جدول۷-۱ : مقدار S.F.U. لوازم بهداشتی مختلف

مقدار واحد مصرف لوازم بهداشتی مختلف

لوازم بهداشتی	نوع تصرف، سکونت یا اشغال	نوع کنترل	مقدار S.F.U		
			سرد	گرم	کل
توالت	عمومی	فلاش والو $1\frac{1}{2}$"	۱۰		۱۰
توالت	عمومی	فلاش تانک	۵		۵
پیسوار	عمومی	فلاش والو ۱" (۳۵٫۴ mm)	۱۰		۱۰
پیسوار	عمومی	فلاش والو $\frac{3}{4}$" (۱۹ mm)	۵		۵
پیسوار	عمومی	فلاش تانک	۳		۳
دستشویی	عمومی	شیر	۱٫۵	۱٫۵	۲
وان	عمومی	شیر	۳	۳	۴
دوش	عمومی	شیر مخلوط	۳	۳	۴
سینک عمومی	ادارت، غیره	شیر	۲٫۲۵	۲٫۲۵	۳
سینک آشپزخانه	هتل، رستوران	شیر	۳	۳	۴
آبخوری	ادارت، غیره	شیر $\frac{3}{8}$" (۹٫۵۲ mm)	۰٫۲۵		۰٫۲۵
توالت	خصوصی	فلاش والو $1\frac{1}{2}$"	۶		۶
توالت	خصوصی	فلاش تانک	۲٫۲		۲٫۲
دستشویی	خصوصی	شیر	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۷
وان	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
دوش	خصوصی	شیر مخلوط	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
سینک آشپزخانه	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
سینک رختشویی	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش والو	۶	۳	۸
لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش تانک	۲٫۷	۱٫۵	۳٫۶
ماشین ظرفشویی	خصوصی	اتوماتیک	—	۱٫۴	۱٫۴
ماشین رختشویی ۲٫۶ کیلوگرم	خصوصی	اتوماتیک	۱	۱	۱٫۴
ماشین رختشویی ۳٫۶ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۲٫۲۵	۲٫۲۵	۳
ماشین رختشویی ۳٫۷ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۳	۳	۴

۲. فشـار خروجی در کنتور و یا به عبارتی فشـار آب شـهر را بدسـت آورید (با اسـتفاده از

سازمان آب و فاضلاب)

۳. اختلاف ارتفاع کنتور تا بالاترین مصرف کننده را تعیین کنید (فاصله عمودی).

۴. به ازای هر ۱ متر اختلاف ارتفاع کنتور و بالاترین مصرف کننده ۱۰ KPa از فشار آب شهر کم کنید، سپس با توجه به فشار بدست آمده گروه، محدوده فشار مورد استفاده در جدول را تعیین کنید.

۵. طول مسیر لوله کشی (افقی + عمودی) از کنتور تا دورترین مصرف کننده را بدست آورید(مصرف کننده بحرانی).

۶. در جدول ستونی را که معادل یا بزرگتر از طول محاسبه شده در بند ۵ باشد انتخاب کنید (اعداد داخل پرانتز برای طول بر حسب متر می‌باشد).

۷. در ستون انتخاب شده و در محدوده فشار تعیین شده در بند۴ به طرف پایین حرکت کنید تا به واحد مصرف مورد نظر محاسبه شده در بند ۱ برسید (اگر واحد مصرف در جدول وجود نداشت،از اولین عدد بزرگتر از آن در جدول استفاده کنید).

۸.با مشخص شدن واحد مصرف در ستون انتخاب شده به سمت چپ حرکت کنید و قطر مورد نظررا از ستون دوم پیدا کنید.

۹. در ستون انتخاب شده اگر به کل واحد مصرف ساختمان برسیم و به سمت چپ حرکت کنیم در ستون دوم اندازه قطر اصلی ساختمان را بدست می‌آوریم و از ستون اول اندازه قطر کنتور تعیین می‌شود.

۱۰. شاخه‌های فرعی و رایزرها را نیز با توجه به واحد مصرفی که تغذیه می‌کنند از روی ستون دوم (مربوط به لوله اصلی ساختمان و شاخه ها) سایز زنید.

برای محاسبه سایز لوله‌های آبسرد از واحد مصرف آبسرد و برای محاسبه سایز لوله‌های آبگرم از واحد مصرف آبگرم در جدول بند ۱ استفاده کنید.

۲-۷- محاسبه بوستر پمپ

برای انتخاب بوستر پمپ به دو مولفه هد و دبی نیاز داریم تا با استفاده از آن و رجوع به کاتالوگ شرکت‌های سازنده ؛ پمپ مورد نظر انتخاب شود:

۱-۲-۷- دبی :

مقدار دبی پمپ آبرسا نی برابر مقدار مصرف آب مصرفی ساختمان است که برای یافتن این مقدار می‌توان از جدول مقدار S .F.U(فیکسچر یونیت) لوازم بهداشتی و جمع مقادیر مربوط به S.F.U کل و تبدیل آن به GPM و یا از جدول استاندارد تعیین مصرف آب بر اساس نوع کاربری و نوع ساختمان (مقدار کل بدست آمده از این جدول را باید بر عدد ۳ تقسیم کنید) حجم آب مصرفی ساختمان (دبی) را بدست آورید.

۲-۲-۷- هد :

$H = h_1+h_2+h_3+h_4$(متر آب)

h_1 : ارتفاع عمودی از دهانه بوستر پمپ تا شیر دورترین وسیله بهداشتی بر حسب متر.

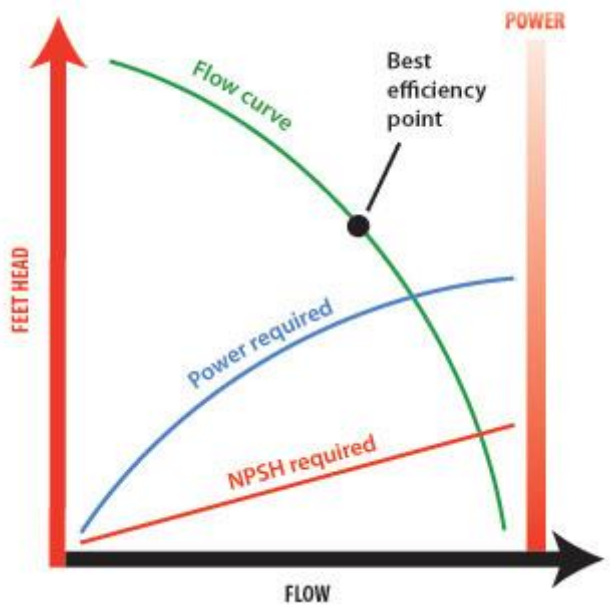
h_2 : حاصلضرب طول دورترین و پرفشارترین مسیر رفت آب(L) از مخزن آب تا بالاترین وسیله بهداشتی در عدد ۰.۱۶۵ :

$h_2 = L \times ۰.۱۶۵$

h_3: فشار مورد نیاز در پشت شیر بالاترین وسیله بهداشتی (از جدول مقررات ملی ساختمان)

h_4: فاصله عمودی از دهانه لوله مکش مخزن ذخیره آب تا دهانه مکش بوستر پمپ

در آخر با توجه به هد و دبی بدست آمده از روی نمودار همپوشانی پمپ که برای هر کارخانه منحصر بفرد است و تلاقی این دو مقدار در منحنی، مدل پمپ را انتخاب کنید.



شکل ۷-۱ : منحنیهای هد-دبی- توان- NPSH پمپ

ضریب همزمانی

یکی از مهمترین اقلام مورد نیاز برای تعیین قطر لوله‌های سیستم آبرسانی، دبی احتمالی آب در لوله‌ها می‌باشد. دبی آب در لوله ها، اعم از رایزرها و شاخه‌های اصلی و غیره بندرت با حاصل جمع دبی‌های آب وسایل بهداشتی مصرف کننده برابر خواهد بود. در واقع احتمال آن که وسایل مصرف کننده آب همگی در یک زمان مورد استفاده قرار گیرند آنقدر بعید است که طراحی سیستم لوله کشی بر مبنای حاصل جمع دبی‌های وسایل بهداشتی مصرف کننده عاقلانه بنظر نمی‌رسد. مقدار واقعی مصرف آب در ساختمان را نمی‌توان دقیقا و بر مبنای یک استاندارد مشخص تعیین نمود. در این راه دو مسئله اساسی باید مورد توجه قرار گیرند:

۱- دبی آب رضایت بخش برای یک وسیله بهداشتی معین

۲- تعداد وسایل مصرف کننده‌ای که احتمالا بطور همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرند

حداقل آب مورد نیاز انسان که تا حدود زیادی بستگی به برنامه زندگی، احتیاجات حرفه ای، تعداد اعضای خانواده،احتیاجات باغ یا باغچه و نظایر آن دارد معمولا بین ۳۰ تا ۸۰ گالن در

روز برای هر نفر اســـت. تجربه نشـــان داده اســـت که بزرگی یا کوچکی شـــهر و موقعیت جغرافیایی و سطح تمدن ساکنین آن نیز در میزان مصرف آب تاثیر دارند.

۱-۲-۲-۷- واحد مصرف:(S.F.U)

بر آورد میزان مصـرف آب وسـایل بهداشـتی مختلف اغلب بر حسـب واحد مصـرف صـورت می‌گیرد. یک واحد مصـرف عبارتسـت از ۷/۵ گالن بر دقیقه و این میزان مصـرف یک شـیر سـاده مثل شـیر دسـتشـویی اسـت. در جدول میزان مصـرف آب وسـایل بهداشـتی مختلف بر حسب واحد مصرف نشان داده شده است.

۲-۲-۲-۷- میزان مصرف واقعی:

همانطور که ذکر شد استفاده همزمان از تمام وسایل بهداشتی موجود در ساختمان آن قدر نا متحمل اسـت که طراحی سـیسـتم لوله کشـی و تعیین قطر لوله‌ها بر مبنای حاصـل جمع واحدهای مصـرف وسـایل بهداشـتی مسـتخرجه از جدول فوق بسـیار نامعقول اسـت. میزان مصرف در مدت کوتاهی از شبانه روز حداکثر بوده و در ساعات دیگر حداقل و یا حتی صفر است.

به منظور دسـت یافتن به میزان واقعی مصـرف آب در یک سـاختمان که مبنای محاسـبات سیستم لوله کشی قرار خواهد گرفت باید واحدهای مصرف مستخرجه از جدول ذکر شده را در ضریبی بنام ضریب تقاضا ضرب نمود و میزان مصرف آب رابر حسب گالن بر دقیقه برای واحدهای مصرف مختلف با در نظر گرفتن ضریب تقاضا ارایه نمود.

۳-۲-۲-۷- حداقل تسهیلات بهداشتی:

پیش بینی حداقل تسـهیلات بهداشـتی در سـاختمان که مسـتقیما با آسـایش و بهداشـت ساکنین آن ارتباط خواهد داشت از اهم مسایلی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

۴-۲-۲-۷- افت فشار در لوله ها:

افت فشـار در لوله‌ها بخش مهمی از افت فشـار در سـیسـتم لوله کشـی را تشـکیل می‌دهد. میزان آن بر حسب نوع لوله‌های مصرفی و چگونگی سطح داخلی آن‌ها متفاوت است.

۳-۷- مراحل طرح ومحاسبه سیستم لوله کشی آب سرد مصرفی:

۱- ترسیم کروکی سیستم لوله کشی شامل کنتور، لوله اصلی، رایزرها و شاخه‌ها و نشان دادن لوازم بهداشتی مورد استفاده بر روی نقشه ساختمان

۲- تعیین واحدهای مصرف هر یک از وسایل بهداشتی متصل به سیستم لوله کشی

۳- تعیین میزان واقعی تقاضای آب بر حسب گالن در دقیقه

۴- مشخص نمودن مرتفع ترین, دورترین و پر فشارترین وسیله بهداشتی موجود در سیستم و تعیین طول مسیر لوله کشی از محل اتصال به لوله اصلی آب خیابان تا آن وسیله بهداشتی با احتساب طول معادل وصاله‌ها و شیرهای این مسیر. بابت افت فشار در کلیه اتصالات مسیر می‌توان ۵۰ درصد به طول مسیر لوله کشی اضافه نمود

۵- تعیین حداقل فشار آب در لوله اصلی خیابان و همچنین فشار لازم برای بالاترین وسیله بهداشتی

۶- محاسبه نرخ تقریبی افت فشار در سیستم با استفاده از فرمول زیر:

$$P= [\ Ps - ۰,٤٣٤h - Pf - Pm\ ] \times ۱۰۰/ L$$

P: متوسط نرخ افت فشار در سیستم لوله کشی

Ps: فشار در لوله اصلی خیابان

Pf: حداقل فشار مورد نیاز در بالاترین و دورترین وسیله بهداشتی

Pm: افت فشار در کنتور آب

h: ارتفاع بالاترین وسیله بهداشتی از لوله اصلی خیابان

L: طول کل مسیر لوله کشی مذکور

۷- تعیین قطر لوله اصلی با معلوم بودن نرخ افت فشار و میزان واقعی دبی کل ساختمان مذکور

۸- تعیین قطر لوله‌های فرعی با معلوم بودن نرخ افت فشار و دبی واقعی آب در هر قسمت از سیستم

۱-۳-۷- سایزبندی لوله ها:

سایز و یا قطر اسمی به شکل ذیل تقسیم بندی شده اند:

1/4"	3/8"	½"	3/4"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	3 ½"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	+2
13.72	17.15	21.34	26.67	33.40	42.16	48.26	60.33	73.03	88.90	101.60	114.30	141.30	168.28	219.08	273.05	323.85	355.6	406.40	

نکات:

- قطر واقعی OD تا سـایز ۱۲ اینچ با NPS متفاوت بوده و از سـایز ۱۲ اینچ به بالا با NPS برابر می‌گردد.
- آخرین سایز فرد موجود ۵ اینچ می‌باشد که در صنعت توصیه نمی‌شود.
- به سطح مقطع عبور جریانBore می‌گویند
- در تعاریف سـایز لوله را با NPS عنوان می‌کنند ولی در محاسـبات OD واقعی را در نظر می‌گیرند
- در مقابل فشار و دما ID کوچک و بزرگ می‌شود

۱-۱-۳-۷- ضخامت:

ضخامت‌ها و یا به نوعی Schedule به طور کلی به شکل زیر و یا با درج مقدار واقعی مشخص می‌گردند:

۵, ۱۰, ۲۰, ۳۰, ۴۰, STD, ۶۰, ۸۰, ۱۰۰, ۱۲۰, ۱۴۰, ۱۶۰, XS, XXS

برای لوله‌های Stainless Steel جلوی Schedule حرف S درج می‌گردد مانند ۱۰S, ۴۰S, ۸۰S

مشخّصه STD به معنای Standard می‌باشد.

مشخّصه XS به معنای Extra Strong می‌باشد.

مشخّصه XXS به معنای Extra Extra Strong می‌باشد.

$$S = \frac{d - e}{۲e}$$

که S سری لوله d قطر خارجی لوله به میلیمتر و e ضخامت لوله به میلیمتر است.

۲-۱-۳-۷- جنس:

جنس لوله‌ها بطور کلی به شکل تقسیم می‌گردند :

Fe + (2 ~ 6 %) C			Cast Iron	پایه آهنی	Metallic	جنس
Fe + (Max 1.95 %) C	Normal	Carbon Steel	Steel			
	افزودن درصد موادی چون Ni, Cr جهت بالا بردن خواص مقاومتی (Strength) ، تحمل پذیری حرارتی و یا خوردگی.	Alloy Steel				
	گران میباشند ، Cr ≥ 10.5% و C.A ~ 0 میباشند	Stainless Steel				
	برای موارد کاملاً خاص بکار میروند	Super Steel (Dublex)				
میباشند و بسیار گران قیمت بوده و برای پایه Ni, Cr, Mo, V, Ti, Al, Cu موارد خاص بکار گرفته میشوند مانند داخل کمپرسورها . . . دارای مقاومت بالا در برابر بوده و همچنین در مقابل تغییرات دمایی بسیار بالا و Corrosion Allowance پایین مقاومند. جوشکاری آنها سخت بوده و تعمیرات آنها محدود میباشد و قطعات یدکی آنها بسختی گیر میاید.		Monel	پایه غیر آهنی			
		Inconel				
		Incoloy				
		Hasteloy				
		Carpenter				
Reinforcement (Polyester, Epoxy, Styrene, Forum, ...) + (Fiberglass, Resin) حساسیت بالا نسبه مقاوم در برابر خوردگی !	Glass Reinforced Polyester	GRP	Thermosetting		Non Metallic	
	Glass Reinforced Epoxy	GRE				
	Reinforced Thermosetting Resin	RTRP				
		RTRE				
		RTRV				
تغییر شکل با کاهش و افزایش دما مورد مصرف در تجهیزات شیرآلات ، پوشش داخلی و خارجی لوله ها و تجهیزات	Poly Ethylene	PE	Thermoplastic			
	Propylene	PP				
	Poly Tetra Flour Ethylene	PFTE				
		EPDM				
		PVC				
		CPVC				
		UPVC				

- جهت محاسبه حد مجاز خوردگی از فرمول روبرو پیروی می‌نمایند:

Corrosion Allowance = Corrosion + Erosion + Abrasion

- حد مجاز برای طراحی $o < C.A < ٦$ mm

در طراحی Piping میزان C.A را بین ۰ تا ۳ میلیمتر می‌گیرند.

با توجه به یکنواخت نبودن C.A بدترین حالت را در نظر می‌گیرند.

در مواردی که الزام به Fix نمودن C.A باشد یا بایستی از Inhibitor Corrosion استفاده نمود یا در موارد Passive داخل لوله پر می‌شود (لوله‌های آلومینیومی) و یا از (Lining Line (FBE, PTFE, Cement, Glass Line, Lead استفاده می‌شود.

- Glass Line برای صنایع مکانیک در صنایع دفاع استفاده می‌شود و Lead Line برای خطوطی که دارای دمای بالا و اسیدی می‌باشند استفاده می‌شود.

۲-۳-۷- جنس لوله مطابق استاندارد ASTM :

شماره‌هایی که با A شروع می‌شوند فلزات پایه آهنی می‌باشد مثل A۱۰٦, ۳۳۳ ,A۱۰۵ A و شماره‌هایی که با B,C,D,E شروع می‌شوند غیرفلزات (غیر آهنی) مثل B۱٦۲, B ۳۳۳

می توان جزئیات را از ۵۷, ۵۹ Note A۱ Appendix A, Table ASME B۳۱,۳ استخراج نمود.

۳-۳-۷- جنس لوله :

بطور کلی جنسهایی که با آن لوله میسازند به شرح ذیل می‌باشد:

sr e m a r k	lmatetia	sc l a s
lN o r m a	SC .	۳ ۵A
eH i g h T e m p e r a t u r	SC .	۶۰۱A
lL o w T e m p e r a t u r e C a r b o n S t e e	SL T C	۳۳۳A
)c۰۲٤Alloy Steel),for high temp Services like HP Steam , above	SA .	۵۳۳A
lS t a i n l e s s S t e e	SS .	۲۱۳A

با تغییر جزیی در خواص شـــیمیایی و یا روشـــهای تولیدی لوله با لفظی به اســـم Grade مواجه می‌شویم.

Remarks	Grade	Class
	A	A ۵۳
	B	
	C	
	A	A ۱۰۶
Y.S ۳۵۰۰۰ PSI	B	
Y.S ٤۰۰۰۰ PSI	C	
	۱	A ۳۳۳
For Service With -۱۰۰ c temp.	۳	
For Service With -٤۵ c temp.	۶	
	۸	
۱/۲Mo	P۱	A ۳۳۵
۱۱/۴Cr+۱/۲Mo	P۱۱	
۲۱/۴Cr+۱Mo Expensive Mat.	P۲۲	
Cr + Ni	۳۰۴	A ۳۱۲
Cr + Ni +Mo	۳۱۶	
Cr + Ni + Ti	۳۲۱	
Cr + Ni + Co Expensive Mat	۳۴۷	

به جز استاندارد ASTM از استاندارد API نیز برای تولید لوله استفاده می‌شود که جنس را نیز شامل می‌شود و مقادیر استحکام تسلیم آن در قیاس با استاندارد ASTM عبارتند از:

API ٥L ~ A ٣٨١

API ٥L Gr. B ≡ ASTM A١٠٦ Gr. B

A ١٠٦ سخت‌تر از API ٥L بوده ولی Y.S بالایی ندارد در نتیجه ضخامت در طراحی بالا می‌رود.

Grade	Yield Strength (PSI)
A ٢٥	
A	
B	٣٥٠٠٠
X ٤٢	٤٢٠٠٠
X ٤٦	٤٦٠٠٠
X ٥٢	٥٢٠٠٠
X ٥٦	٥٦٠٠٠
X ٦٠	٦٠٠٠٠
X ٦٥	٦٥٠٠٠
X ٧٠	٧٠٠٠٠
X ٨٠	٨٠٠٠٠

جهت مقرون به صرفه کردن هزینه مطابق استاندارد طراحی API ، Grade را بالا برده و ضخامت را کاهش می‌دهند.

۴-۳-۷- فرمول محاسبه ضخامت در طراحی:

$t=PD/٢(PY+SE)$

t = Thickness ضخامت

P= Pressure فشار

D= Diameter قطر

Y = Y Coefficient ضریب متریال

S = Sa ≈ Y.S% (Allowance Stress) تنش حد مجاز

E = Ej = Weld joint Efficiency تابع جنس و مکانیزم جوش می‌باشد

۴-۷- نحوه تولید:

نحوه تولید به دو صـورت Welded و Seamless انجام می‌پذیرد.قیمت Seamless تقریباً دو برابر نوع Welded بوده ولی تقریباً اکثر سـازندگان بزرگ دنیا نوع Welded را زیر سـایز"۶ نمی‌سازند.

۱-۴-۷- لوله بدون درز (Seamless) :

- در استاندارد حداکثر تا "۴۸ تعریف گردیده است.
- در بازار معمولاً بین ۳۲" - ۳۶" تولید می‌گردد.
- معمول استفاده از آن در طراحی حداکثر بین "۱۸ - "۲۰ می‌باشد.

۲-۴-۷- لوله درزدار (Welded) :

در صـورت اجازه دادن ابعاد، ضـخامت و جنس پلیت و همچنین داشـتن خط تولید پیوسـته امکان تولید این نوع لوله می‌باشد.

- روش تک ورق که با انجام دو مرحله Uing (یوینگ) و Oing (اوینگ) و انجام جوشـکاری مستقیم (Straight Seam Welding) میتوان این نوع لوله را تولید نمود.
- روش :Spiral (Helical) Seam :

در این روش ورق را به صورت مارپیچ تابانده و آنرا جوشکاری می‌نمایند.
گاهی از Trimmer برای ایجاد لوله‌های درز مخفی استفاده می‌شود.
این لوله‌ها از نظر فشـارP و دمایT هیچگونه تفاوتی برای طراحی باهم ندارند ولی مشـکلات اجرایی و تداخل درز جوشها با سرجوشها مانع از استفاده لوله‌های مارپیچ می‌گردد.

- در لوله‌های Seamless، Ej = ۱ در نظر گرفته می‌شود
- در لوله‌های Welded با جوشـکاری از نوع EFW(Electric Fusion Weld) مثل (SAW, GTAW, GMAW EFW)، مطابق Table A۱،۱۳ B۳۱،۳ ASME ، Ej = ۰،۹۵ در نظر گرفته می‌شود
- در لـولـه‌هـای Welded بـا جـوشـــکـاری از نـوع (ERW(Electric Resistance Weld،مطابق Table A۱،۱۳، ASME B۳۱،۳، Ej = ۰،۸۵ در نظر گرفته می‌شود.

- در جوشـــکاری لوله‌های ۳۳۳ A از فیلر پر کننده اســـتفاده نمی‌شـــود و جوش از ذوب لبه‌های فلز ایجاد می‌گردد.

۵-۷- آرایش انتهای لوله:

سایز	آرایش انتهای لوله	نوع اتصال
"۱/۲ - "۱۱/۲	Threaded(THR,TH)رزوه ایی	(Threaded (THR
	Plain End(PE) تخت	Socket Weld(SW)
۲and Above	Beveled End(BE) شیاردار	Butt Weld(BW)

استاندارد ۱۶،۲۵ ASME B در مورد Bevel (پخ ها) و انتهای لوله‌ها توضیح می‌دهد و این نیاز بایستی از کارخانه سازنده درخواست گردد.

۶-۷- طول تولیدی:

طول تولیدی به دو صورت کلی ذیل تقسیم می‌گردد:

نوع	علامت اختصاری	طول استاندارد	طول متعارف	بیشترین مورد مصرف
Single Random Length	SRL	۵-۷.۵m	۵m تا ۶m	"۱/۲ - "۱۱/۲
Double Random Length	DRL	۱۰-۱۳m	۱۰m تا ۱۲m	۲and Above

- لوله‌های DRL میتوانند در صورت توافق به صورت دو تکه ارسال شود ولی حداقل طول هر تکه نبایستی کمتر از۱،۵ m باشد.

- حتی کارخانجات میتوانند در ضخامت نیز انحرافی در حدود ۱۲ ٪ کمتر و یا ۱۵ ٪ بیشتر داشته باشند که در صورت داشتن محدودیت‌های بیشتر بایستی موارد طی Specification (مشخصات فنی پروژه) از سازنده درخواست گردد.

۷-۷- پوشش:

لوله‌های بدون پوشـش را Bore نامیده و هر گونه پوشـش داخلی و یا خارجی مطابق جدول ذیل نام گذاری می‌گردد

نام پوشش	مورد مصرف برای	نمونه	توضیحات
Lining	پوشش داخلی	PTFEو یا تفلون	در حین جوشکاری تخریب میشوند که بایستی در سایزهای بالا توسط نفر و در سایزهای پایین توسط دستگاه Orbital تعمیر گردند.
Cladding	پوشش داخلی	Nickel , Inconel	برای بالا بردن خواص مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی و همچنین بهینه پروژه مورد استفاده قرار میگیرند.
Coating	پوشش خارجی	پلی اتیلن،پلی اورتان تار،Cement	بیشتر برای لوله‌های Under Groundو زیر دریا به صورت آماده خریداری میگردد.
Galvanize	محافظت خارجی	لوله‌های گالوانیزه	برای بالا بردن مقاومت در برابر اکسیداسیون بخصوص در مناطق مرطوب و همچنین خطوط هوای تجهیزات ابزار دقیق استفاده میشود.

۸-۷- استاندارد:

استاندارد لوله‌ها شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱- API ٥L برای لوله‌های Carbon Steel.

۲- ASME B ٣٦،١٠m – ASTM برای لوله‌های Carbon Steel و.Alloy Steel

۳- ASME B ٣٦،١٩m – ASTM برای لوله های.Stainless Steel

فصل هشتم: طراحی موتورخانه گرمایش

۸-۱- تعریف کلی موتورخانه

هنوز هم تامین سرمایش و گرمایش فضاها سهم عمده‌ای از تلاش برای فراهم آوردن شرایط آسایش در ساختمان را به خود اختصاص داده است و احداث موتورخانه‌های مرکزی در دو گروه عمده تک فصلی و دو فصلی بخش مهمی از این کوشش هاست. موتورخانه مرکزی مکانی برای استقرار مولد گرما است و بخشی از تجهیزات انتقال سیال مانند پمپ‌ها در این مکان نصب می‌شوند. بنابراین تمرکز آلودگی‌ها و سروصداهای ناشی از کارکرد تجهیزات مولد در نقطه‌ای خاص ضمن سهولت و در کنترل و دفع مزاحمت آنها مانع از انتشار آلودگیها در سطح ساختمان می‌شود. همانگونه که اشاره شد موتورخانه‌های مرکزی را می‌توان در دو گروه عمده تک فصلی و دو فصلی طبقه بندی کرد.

موتورخانه‌های تک فصلی اغلب از نوع گرمایش هستند اما در مناطق گرمسیری ممکن است از موتورخانه‌های فقط سرمایشی بدون تجهیزات گرمایشی نیز استفاده شود. در حال حاضر استفاده از موتورخانه‌های تک فصلی گرمایشی بسیار رایجتر از موتورخانه‌های تک فصلی سرمایشی است زیرا به طور کلی تجهیزات مولد سرمایش محلی در انواع تبخیری، تراکمی و حتی جذبی از فراوانی بیشتری برخوردارند و به همین دلیل بهره برداری از چنین تجهیزاتی بنا به دلایل مختلف رایجتر و بی نیاز از موتورخانه سرمایش است و به تبع آن زمینه بهره

گیری از موتورخانه‌های فقط گرمایشی فراهم‌تر است. موتورخانه فقط گرمایشی که سیال پایه آن آب است بیشتر در دو گونه آب گرم و بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد و تنها در شرایط خاصی ممکن است از سیستم آب داغ پر فشار استفاده شود. در مجموع تجهیزات سیستم آب گرم جای بسیار کمتری نسبت به تجهیزات بخار اشغال می‌کند و در عین حال ساختار موتورخانه‌های آب گرم بسیار ساده‌تر از موتورخانه‌های بخار است.

امروزه کمتر از بخار به طور مستقیم برای گرمایش ساختمانها استفاده می‌شود. بنابراین در موتورخانه‌های بخار مبدلهای حرارتی بخار-آب دارای جایگاه ویژه‌ای هستند تا از طریق آنها بتوان آب گرم کم فشار برای واحدهای تبادل حرارت محلی مانند هواسازها، رادیاتورها و فن کویلها را تهیه نمود.

موتورخانه‌های آب داغ از نظر دما در دامنه ۱۲۰ تا ۲۳۲ درجه سانتیگراد و از نظر فشار در دامنه ۱۶۰ تا ۳۰۰ پوند بر اینچ مربع مورد استفاده قرار می‌گیرند. موتورخلنه‌های اب داغ فاقد تجهیزات و پیچیدگیهای سیستم بخار هستند و از سوی دیگر به دلیل امکان افزایش دمای آب تحت فشار بالاتر از جو برتری قابل توجه دمای سیال نسبت به سیستمهای آب گرم کم فشار دارند اما به کارگیری آب داغ با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد نسبت به هر دو سیستم بخار و آب گرم به ندرت مقرون به صلاح و صرفه است زیرا گرمای کل اب داغ در این دما بسیار کمتر از بخار کم فشار با دمای ۱۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد است. بنابراین از نقطه نظر انتقال انرژی به مناطق دورتر بخار برتری قابل توجهی نسبت به آب داغ دارد و به همین دلیل قطر لوله‌های انتقال بخار کوچکتر می‌شود مگر اینکه دمای آب داغ به ۲۳۰ درجه سانتیگراد رسانیده شود که در اینصورت با توجه به ضرورت اعمال فشار بیشتر شبکه انتقال سنگینتر خواهد شد.

موتورخانه‌های دو فصلی نیز به طبع مولدهای گرمایی و سرمایی ممکن است در یکی از گروه‌های زیر جای بگیرند:

الف: موتورخانه آب گرم-چیلر تراکمی

ب: موتورخانه آب گرم-چیلر جذبی

ج: موتورخانه آب داغ- چیلر تراکمی

د: موتورخانه آب داغ-چیلر جذبی

ه: موتورخانه بخار-چیلر تراکمی

و: موتورخانه بخار-چیلر جذبی

به موازات تهیه طرح اولیه یا فاز یک معماری با مشخص بودن شرایط اقلیمی نوع کاربری و مساحت تقریبی ساختمان می‌توان کار بر روی نوع موتورخانه، محل و تجهیزات اصلی آنرا آغاز کرد. لازم نیست که کلیه محاسبات گرمایشی و سرمایشی ساختمان به اتمام برسد تا طراح تاسیسات و معماری قادر به تعیین نوع تجهیزات و ابعاد موتورخانه شوند. برای تعیین محل احداث و ابعاد موتورخانه کافی است بر اساس شرایط اقلیمی و کاربری پروژه نوع تجهیزات مولد فارغ از مقدار ظرفیت تعیین شوند. زیرا شرط اول برای تعیین نوع تجهیزات مولد، وضعیت اقلیمی و کاربری ساختمان است که این شرط پیش از تهیه حتی یک برگ نقشه نیز مشخص است.

۲-۸- محاسبات موتورخانه

انتخاب ظرفیت دیگ برای موتورخانه

برای انتخاب میزان ظرفیت دیگ تأمین‌کننده بار گرمایش ساختمان کافیست که Q به‌دست آمده از نرم افزار کریر با زون بندی ' انتخاب شهر' نوع بارهای وسایل برقی' نفوذ هوا'نوع پنجره و دربها' جهت پنجره و دربها' جهت ساختمان و نورگیری آن' مساحت هر زون و نوع دیوارهای داخلی و خارجی یا محاسبات دستی را در ضریب اطمینان ضرب کرده که این ضریب را معمولاً ۱.۱ الی ۱.۴ در نظر می‌گیرند.سپس با داشتن بار دیگ آنرا مثلا چدنی یا فولادی انتخاب کنند. دیگهای چدنی فقط برای آب گرم و دیگهای فولادی هم برای آب گرم و هم برای آب داغ و هم برای بخار استفاده می‌شوند.دیگهای چدنی دچار خوردگی و زنگ زدگی نشده و پره پره هستند. آنها نمی توانند تنشهای حرارتی را تحمل کنند. آنها را نمی توان جوشکاری کرده و باید پره های آنها را تعویض کرد. آنها برای فشارها و ظرفیتهای پایین تا kcal/hr ۶۲۵۰۰۰ مناسبند. قیمت آنها نسبت به دیگهای فولادی پایین تر است. دیگهای فولادی با ظرفیت پایین تر از نوع آتش در تیوب انتخاب می شوند و برای ظرفیتهای بسیار بالا از نوع آب در تیوب انتخاب می گردند. در نوع آتش در تیوب' آتش در لوله آتشخوار بوده و آب درون دیگ جریان دارد ولی در نوع آب در تیوب ' آب در لوله ها بوده و آتش دیگر در لوله نیست بلکه در محفظه خود است. رلندمان حرارتی دیگهای آب در تیوب خیلی بالاتر بوده ولی ساخت آن نیز دشوارتر است. دیگهای فولادی از نظر نوع ساختمان انتهایی به دو نوع وت بک و درای بک تقسیم می شوند که

راندمان وت بک بیشتر بوده و مسایل مربوط به سوراخ شدن را کمتر دارند. دیگهای فولادی یا یک پاسه اند یا دو و سه پاسه که پاس به مسیر عبور آتش گفته می شود.
دیگهای چدنی از نظر ظرفیت حرارتی از ۵ الی ۱۴ پره موجود هستند و از نظر فشار کاری در تئوری تا bar ۵ شناخته شده اند ولی در عمل ماکزیمم تا bar ۳ عمل می‌کنند.

$$Q_{heating} = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳$$

Q۱= ظرفیت گرمایی مورد نیاز برای تامین اب گرم مصرفی (BTU/hr)
Q۲ = ظرفیت گرمایی مورد نیاز برای گرمایش فضا (BTU/hr) (این اعداد از خروجی نرم افزار کریر بدست می‌آیند).
Q۳ = ظرفیت گرمایی مورد نیاز برای تامین آب گرم استخر و جکوزی (BTU/hr)

$$Q^۳ = \frac{\text{حجم استخر آب} * ۲۶۴ * \Delta T^۳ * ۸.۳۲}{h}$$

در این فرمول حجم آب به متر مکعب می‌باشد.

$$\Delta T^۳ = T_{pool} - T_۱$$

T_{pool} : ۲۴ الی ۲۹ درجه سانتیگراد
$T_۱$: ۵ الی ۱۵ درجه سانتیگراد
h = زمان پیش گرمایش راه اندازی اولیه

- عمومی: ۴۸ الی ۷۲ ساعت
- خصوصی: ۱۲ الی ۲۴ ساعت

دما در جکوزی : $T_۳$: ۳۶ الی ۴۰ درجه سانتیگراد
در نهایت ظرفیت گرمایی دیگ برابر است با:

$$Q_{boiler} = Q_{heating} * SF$$

SF = ۵ الی ۳۰ درصد (معمولا ۲۰ درصد گرفته می‌شود)
در ظرفیتهابی بالا به جای دیگ با ظرفیت بالا از دو دیگ با ظرفیت پایین استفاده می‌کنیم. در ظرفیتهای بالا مثلا بیبشتر از ۴۰۰۰۰۰ برای جلوگیری از خرابی عدد را به ۲/۳ ضرب می‌کنیم و به تعداد جواب بدست آمده استفاده می‌کنیم ولی در آیین نامه‌های مهندسی عدد ظرفیت را به ۳/۴ ضرب می‌کنند.

جدول ۸-۱ : مشخصات فنی دیگهای فولادی آبگرم

مشخصات فنی دیگ های فولادی آبگرم

مدل	ظرفیت حرارتی Kcal/hr	ضخامت ورق mm	طول تمام شده Cm	ارتفاع Cm	عرض Cm	تعداد لوله	قیمت بریال ایران
M.SH.X-400	72000	6	95	90	65	9	
M.SH.X-500	82000	6	104	90	65	9	
M.SH.X-600	92000	6	113	90	65	9	
M.SH.X-700	102000	6	117	90	70	10	
M.SH.X-800	120000	6	127	100	76	11	
M.SH.X-900	135000	6	133	100	76	11	
M.SH.X-1000	150000	6	145	105	76	13	
M.SH.X-1100	170000	6	154	105	76	13	
M.SH.X-1200	200000	6	164	120	85	16	
M.SH.X-1300	250000	8	170	120	90	17	
M.SH.X-1400	300000	8	176	120	90	18	
M.SH.X-1500	350000	8	180	130	95	18	
M.SH.X-1600	400000	8	190	130	100	20	
M.SH.X-1700	500000	8	200	135	100	22	
M.SH.X-1800	600000	8	212	145	110	24	
M.SH.X-1900	700000	10	220	145	110	26	
M.SH.X-2000	800000	10	233	150	115	28	
M.SH.X-2100	900000	10	253	150	115	28	
M.SH.X-2200	1000000	10	263	160	120	30	
M.SH.X-2300	1200000	12	278	175	140	36	
M.SH.X-2400	1400000	12	300	185	150	42	
M.SH.X-2500	1600000	12	312	185	150	44	

شکل ۸-۱ : نمونه هایی از دیگهای آبگرم

انتخاب مشعل

مشعل باید متناسب با ظرفیت حرارتی دیگ و بسته به راندمان خود انتخاب شود که راندمان مشعل بسته به نوع سوخت ' ساختمان ' تولید کننده آن و ... متفاوت است. مشعلهای گازوییل سوز دارای راندمان ۸۰٪ و گازسوز غالبا دارای راندمان ۹۰٪ هستند و راندمان مشعل را باید از کاتالوگ تامین کننده یا سازنده آن بدست آورد. مشعلها خود به دو دسته مشعلهای گازسوز و گازوییل سوز دسته بندی می شوند.

$$Q_{BU} = \frac{Q_B}{\eta_{BU}}$$

که در این رابطه Q_{BU} ظرفیت حرارتی مشعل و Q_B ظرفیت حرارتی دیگ و η_{BU} راندمان مشعل می باشند.

انواع مشعلها

۱. به طور کلی مشعلها در دو نوع اتمسفریک (بدون فن) و فندار موجود هستند.
۲. به طور معمول در ایران ظرفیت مشعلها اغلب بر حسب *KCAL/hr* اعلام می‌شود.

۳. مشعلهای فن دار راندمان بالاتری نسبت به مشعلهای اتمسفریک دارند و در ظرفیتهای بالاتر از ۸۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت اغلب مشعلها از نوع فندار هستند.

٤. ظرفیت مشعلها بر اساس ظرفیت دیگ تعیین می‌شود.

محاسبه ظرفیت مشعل:

برای انتخاب مشعل از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Q_{burner} = Q_{boiler} * SF$$

Q_{burner} : ظرفیت مشعل بر حسب کیلو کالری بر ساعت

Q_{boiler}: ظرفیت دیگ بر حسب کالری بر ساعت

SF : ضریب اطمینان یا ضریب استهلاک که بین ۱۰ الی ۳۰ درصد در نظر گرفته می‌شود که ضریب ۲۰ درصد معمولا عدد مناسبی است. در نهایت بر مبنای ظرفیت به دست آمده برای مشعل مدل مورد نظر را از روی کاتالوگ انتخاب می‌کنیم.

انواع مشعلهابر اساس نحوه اختلاط سوخت و هوا:

مشعلها براساس نحوه اختلاط سوخت و هوا به چهار دسته تقسیم می‌گردد:

۸-۲-۱۳-۱- مشعل‌های انتشاری و یا تشعشعی :

به مشعل‌هایی گفته می‌شود که در آنها سوخت مستقلا وارد محفظه احتراق می‌گردد و درناحیه احتراق با هوا ترکیب می‌شود. (شعله شمع)مهمترین ویژگی این مشعلهاشعله درخشان آنها می‌باشد.این تشعشع در اثر شکستن کربن داخل هیدروکربنهای سوخت می‌باشد که در حرارتهای بالا دارای ضریب تشعشع قابل رویتی می‌باشد.مشعلهای انتشاری به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند:

الف - مشعلهای انتشاری صنعتی

ب - مشعلهای انتشاری تجاری :

مشعلهای تجاری مایع سوز، گازطبیعی سوز و گازشهرسوز

پنج خصوصیت عمده این مشعلها:

- مقدار حرارت فقط با شیر سوخت تنظیم می‌شود.
- درجه حرارت شعله تشکیل شده بسیار کمتر از سایر مشعلهاست.
- عدم وجود پس زدگی شعله.
- طول شعله بسیار بلند.

- صدای بسیار کم این مشعلها.

۸-۲-۱۳-۲- مشعل‌های اتمسفریک :

دراین مشعلها سوخت به سرعت از نازل خارج می‌شوددراین هنگام با ایجاد خلا در اطراف خود هوای مورد نیاز احتراق را فراهم می‌کند.این مشعلها در انواع دستگاههای حرارتی تجاری قابل مشاهده است.

۸-۲-۱۳-۳- مشعل‌های دمشی :

هوای مورد نیاز احتراق این مشعلها بوسیله دمنده تامین می‌شود.انواع این مشعلهارا می‌توان در بویلرها مشاهده کرد.این مشعلها به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف- مشعلهای پیش مخلوط دمشی :Premix air blast burners

دراین مشعلها هوا با سرعت از نازل خارج شده و گاز را از اطراف نازل خود که خلا می‌باشد به داخل می‌کشد.خلا موجود اطراف نازل را دستگاهی به نام zero-governer تامین می‌کند.این مشعلها از جهت کلی با مشعلهای اتمسفریک قابل مقایسه بوده با این تفاوت که هوا به سرعت از نازل خارج می‌گردد.

مزایای این مشعلها :

- ورودی حرارت بوسیله یک شیر هوا قابل کنترل می‌باشد.
- کنترل نسبت گاز به هوا بسیار آسان و دقیق خواهد بود.
- به سادگی می‌توان مشعل را از سوختی به سوخت دیگر تبدیل کرد.
- بدلیل مخلوط خوب سوخت و هوا طول شعله کوتاه بوده و نیازی به محفظه احتراق بزرگ نمی‌باشد.
- بدلیل فشاربالای مخلوط امکان داشتن محصولات احتراق باسرعت زیاد که موجب یکنواختی حرارت در دستگاه می‌باشد وجوددارد.
- رسیدن به نقطه استوکیومتری در این مشعلها آسان می‌باشد.
- کنترل نسبت گاز و هوا دقیق و آسان می‌باشد.
- چنانچه فشار گاز برابر فشار اتمسفر یا برابر فشار محفظه احتراق باشد نسبت هوابه سوخت خودبخود کنترل می‌شود.

ب – مشعلهای مخلوط سرنازل: nozzle-mixing burner

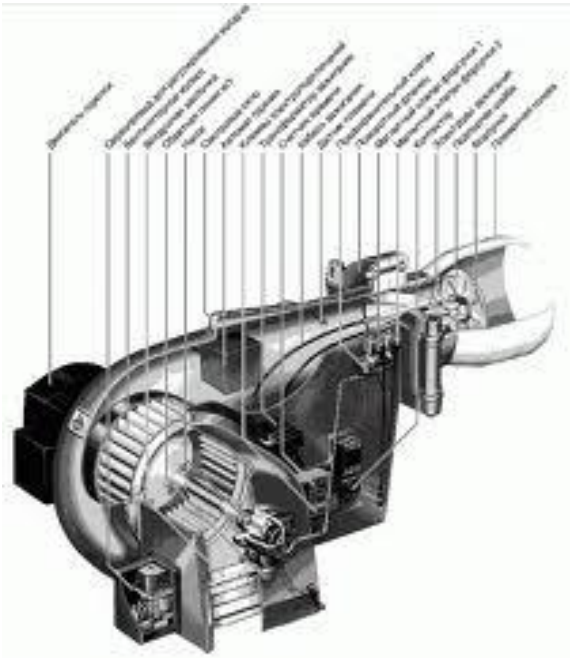
دراین مشعلها مخلوط سوخت و هوای احتراق بطور همزمان درسر دهانه مشعل صورت می‌گیرد.چنانچه این مخلوط داخل تونلی که از آجر نسوز ساخته شده شکل بگیرد به آن مشعل مخلوط تونلی گفته می‌شود.نقاطی در سراین مشعل پیدا می‌شودکه مخلوط آنها بیشترین سرعت سوختن رادارداین عاملی است که موجب پایداری شعله می‌گردد.برای حصول احتراق کامل دراین مشعلها لازم است هواو سوخت به سرعت وخوب مخلوط شوندو می‌بایستی سطوح تماس بین سوخت و هوا افزایش یابد.مشعلهای پکیج که جهت دیگهای آبگرم یا بخار تولید می‌شوند ازاین نوع مشعلها می‌باشند.

مزایای این مشعلها:

- پایداری در مقابل پرش شعله افزایش یافته و مشعل می‌تواند با هوای اضافی هم کارکند.
- این مشعلها قادر به کار با نواع سوختها می‌باشند.
- فشار هوای مشعل می‌تواند کم باشد.
- امکان استفاده از هوای پیشگرم با حرارتهای بالا وجوددارد.
- توکشیدگی شعله دراین مشعلها وجودندارد.

۸-۲-۱۳-۴- *مشعلهای مخلوط تبخیری یا پاتیلی:*

این مشعلها کاربرد زیادی در صنعت بعنوان استفاده در بویلرها و کوره ها را دارند.طرز کار آنها عموما بدین ترتیب است که گازوییل در پایین گرم و برای احتراق آماده می‌شود سوخت تبخیر شده بالا آمده و روی پاتیل شعله ور می‌شود.



شکل ۸-۲ : یک نمونه مشعل

۸-۲-۱۳-۵- محاسبه مصرف سوخت مشعل:

برای محاسبه مصرف سوخت مشعل از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{مصرف سوخت مشعل} = \frac{\text{ظرفیت حرارتی}}{\text{راندمان احتراق} * \text{ارزش حرارتی سوخت}}$$

۱. در رابطه فوق مصرف سوخت مشعل بر حسب متر مکعب در ساعت محاسبه می‌شود.
۲. ظرفیت حرارتی مورد نیاز بر حسب کیلو کالری بر ساعت است.
۳. ارزش حرارتی سوخت مقدار گرمایی است که به ازای سوختن هر متر مکعب از سوخت بدست می‌آید. هر نوع سوخت یک ارزش منحصر به فرد حرارتی دارد. ارزش حرارتی گاز طبیعی به طور متوسط حدود ۹۵۰۰ متر مکعب بر ساعت است.
٤. راندمان احتراق اساسا به عوامل مختلفی از جمله چگالی هوا بستگی دارد. به عبارت دیگر هر چه اکسیژن موجود در هوا بیشتر باشد اکسیژن مورد نیاز برای فرآیند احتراق در دسترس بوده و راندمان احتراق بالاتر است. بنابراین با افزایش ارتفاع از سطح دریا که منجر به کاهش چگالی هوا می‌شود راندمان احتراق کاهش می‌یابد. به طور کلی به

ازای هر ۳۰۰ متر اختلاف سطح از دریا راندمان احتراق ۴ درصد کاهش می‌یابد. به طور مثال اگر ارتفاع تهران از سطح دریا را ۱۲۰۰ متر در نظر بگیریم با یک تناسب ساده در می‌یابیم که راندمان احتراق در شهر تهران ۸۴ درصد است.

برای بدست آوردن ارتفاع شهرهای مختلف از سطح دریا نیز می‌توانید به نشریه ۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه مراجعه کنید.

۸-۲-۱۳-۶- انتخاب نازل مشعل:

یکی از مواردی که هر روزه عده‌ای از کارشناسان تاسیسات با آن مواجه می‌باشند انتخاب نازل برای مشعلهای گازوئیل سوز می‌باشد. (بخصوص با مباحثی که در حال حاضر در مورد بهینه سازی مصرف سوخت رایج گردیده است). در این رابطه باید سه عامل زیر مورد توجه قرار گیرند.

۱- مقدار دبی گازوئیل (عدد گالن تعیین شده روی هر نازل)

۲- زاویه پاشش گازوئیل (زاویه تعیین شده روی هر نازل)

۳- شکل پاشش گازوئیل (حروفB ، H، Sو... تعیین شده روی هر نازل)

بطور معمول اگر ارزش حرارتی هر لیتر گازوئیل معادل ۸۵۰۰ کیلو کالری در نظر گرفته شود و حجم هر گالن معادل ۳.۷۸۵لیتر باشد،بنابر این ارزش حرارتی یک گالن گازوئیل معادل است با:

۸۵۰۰*۳.۷۸۵=۳۲۰۰۰ Kcal

مطابق مطلب فوق عدد نازل مورد نیاز برای مشعل گازوئیل سوز۲۲۰۰۰۰ kcal(اصطلاحا مشعل ۵ تا ۷) می‌باید معادل:

۳۲۰۰۰ us gal / ۲۲۰۰۰۰ = ٦,٨ باشد در حالی که این عدد معمولا برای مشعل فوق. ۳.۵ us galاعلام می‌شود.همچنین مثلا برای مشعل۶۰۰۰۰۰ kcal (دو نازله)آیا مجموع عدد نازلها باید ۱۸,۷۵ G.P.H =۳۲۰۰۰ / ٦۰۰۰۰۰ باشد؟

در حالی که هیچ شرکت تولید کننده مشعل چنین عددی را برای نازل مشعل فوق پیشنهاد نمی‌کند و عدد درست معمولا حدود ۱۰ گالن می‌باشد، چرا ؟

برای یافتن پاسخ سئوال فوق باید به دو نکته توجه شود.

الف) کاهش ٪۴ از راندمان احتراق به ازاء هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا

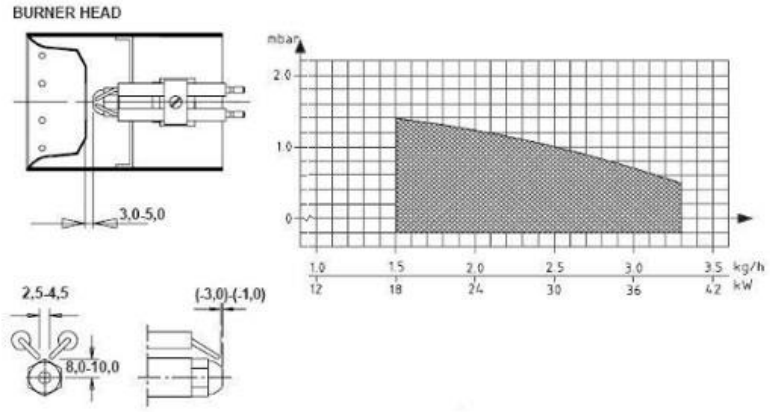
ب) فشار نرمال ۷ بار و فشار ایجادی پمپ گازوئیل هر مشعل

در مورد ردیف الف متناسب با افزایش ارتفاع از سطح دریا بدلیل کاهش چگالی (غلظت) هوا و طبیعتا کاهش اکسیژن موجود در آن نسبت به شرایط هوا در سطح دریا، راندمان احتراق کاهش یافته و نتیجتا باید سوخت کمتری برای مشعل تدارک دیده شود زیرا در غیر اینصورت احتراق مشعل همراه با خام سوزی و یا دود زدن انجام خواهد پذیرفت.

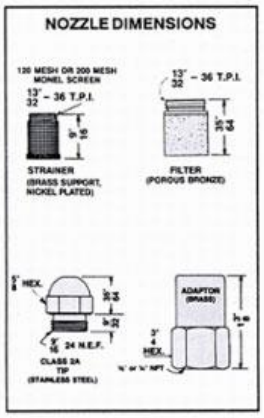
بر این اساس برای شهر تهران که حدود ۱۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد، راندمان احتراق حدود ٪۲۰ کاهش می‌یابد و این به معنی کاهش ٪۲۰ از میزان مصرف سوخت و نیز گرمای تولید شده می‌باشد.

در مورد ردیف ب ذکر این توضیح ضروری است که عدد گالن نوشته شده روی هر نازل بر مبنای فشار نرمال ۷ بار می‌باشد یعنی اوریفیس آن نازل در فشار گازوئیل ۷ بار به همان مقدار نوشته شده سوخت عبور می‌دهد ولی از آنجا که فشار ایجادی پمپ گازوئیل مشعلها بیشتر از ۷بار می‌باشد (طبق نمودار پمپ‌ها) و در این فشار بیشتر، طبعا اوریفیس نازل حجم گازوئیل بیشتری را از خود عبور می‌دهد.

مثلا در مورد مشعل۲۲۰۰۰۰ kcal مثال اول معمولا فشار ایجادی پمپ گازوئیل حدود ۱۲ تا ۱۴ بار می‌باشد که لازم است عدد نازل کوچکتری انتخاب گردد.



MONARCH TYPE PLP			
GPH	45°	60°	80°
2.25			
2.50			
2.75			
3.00			
3.50			
4.00			
4.50			
5.00			
5.50			
6.00			
6.50			
7.00			
8.00			
8.50			
9.50			
10.50			
12.00			
13.50			
14.00			
15.50			
21.50			
24.00			
28.00			
30.00			



شکل ۸-۳ : مشخصات فنی مشعلها

شکل ۸-۴ : سوراخ سوخت و بخار نازل مشعل

مجموعه قطعات و دستگاههایی که برروی مشعل نصب شده است باعث خروج شعله و در نهایت گرم شدن شوفاژ خانه ما می‌شود.

این مجموعه شامل:

۱. الکتروموتور فن دمنده هوا

۲. شیر برقی جهت کنترل گاز

۳. پرشر سوئیچ‌ها جهت کنترل گاز و عملکرد فن

٤. ترانس جرقه زن

٥. الکتروهای مخصوص جرقه

٦. میله یون جهت کنترل شعله

۷. رله

۸. دمپر کنترل هوا

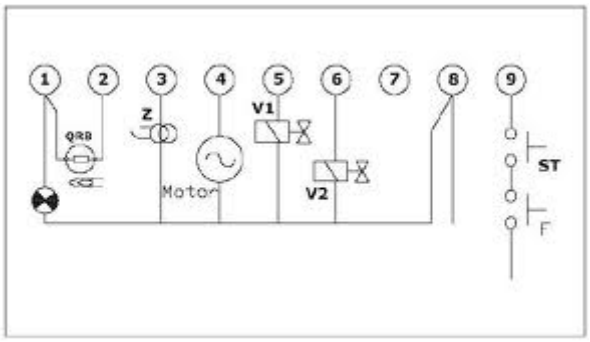
کنترل و نظارت بر عملکرد صحیح و ایمنی مشعل به عهده قسمتی به نام رله است، از این رو چون درگذشته المانهای الکترونیکی وجود نداشت مخترعان اولیه ان را از مجموعه‌ای رله و ترموستاتهای حرارتی و تاخیری می‌ساختند،که ناخود آگاه رله نام گذاری شد. ولی امروزه کنترل به عهده مدارهای مجتمع و ترانزیستورها می‌باشد و رله‌ها وظیفه روشن کردن خروجی‌ها را برعهده دارند در شکل زیر نمایی از رله را مشاهده می‌نمایید:

شکل ۸-۵ : چند نمونه رله مشعل

رله برروی پایه‌ای نصب می‌شود که مانند سوکت باعث سهولت در تعویض رله شده و در حقیقت سیم کشی‌ها به پایه رله متصل هستند در عکس زیر یک نمونه از پایه مشاهده می‌شود:

شکل ۸-۶ : یک نمونه پایه رله مشعل

اگر به تصویری که زیر رله کشیده شده دقت فرمایید، می‌بینید که نقشه سیم کشی پایه‌های رله برروی آن توسط شرکت سازنده (که غالبا استاندارد هم می‌باشند) کشیده شده است :



شکل ۸-۷ : یک نمونه نقشه مدار پایه رله مشعل

که:

۱. آلارم اکسترنال جهت مطلع شدن مسئول تاسیسات از خرابی سیستم
۲. یون جهت کنترل روشن بودن شعله (مانند ترموکوبل در اجاق گازهای خانگی)
۳. ترانس جرقه
٤. الکتروموتور فن
٥. شیر برقی گاز ۱
٦. شیر برقی گاز ۲ (جهت امنیت بیشتر در موتورخانه‌های بزرگ)
۷. سنسور کنترل ایجاد هوا توسط فن

۸. ورودی نول برق شهری
۹. ورودی فاز برق شهری (پس از عبور از ترموستات و سنسور کنترل گاز)

در مشعل‌های فن دار معمولا فرایند روشن شدن مشعل و تشکیل شعله شامل مراحل زیر می‌باشد:

- بعد از عملکرد ترموستات دیگ فرمان روشن شدن به رله (پایه ۹) می‌رسد.
- ابتدا به مدت ۴۰ ثانیه پایه ۴ برق دار شده و فن مشعل کار می‌کند تا در صورت وجود گاز و مواد حاصل احتراق در داخل دیگ، آنرا تخلیه نماید.
- در همین هنگام پایه شماره ۷ صحت عملکرد فن را کنترل می‌کند.
- سپس پایه ۳ برق دار شده و جرقه زن به مدت ۵ ثانیه جرقه می‌زند.
- همزمان با فرایند بالا (جرقه زدن) پایه ۵ برق دار شده و شیر برقی گاز باز می‌شود.
- در صورت تشخیص شعله توسط میله یونیزاسیون ظرف ۵ ثانیه،برق جرقه زن قطع شده و مشعل روشن می‌ماند.
- بعد از گرم شدن دیگ و رسیدن دما به مقدار تنظیم شده در ترموستات برق مشعل توسط آن قطع می‌شود
- در غیر اینصورت و عدم تشکیل شعله، شیر برقی گاز بسته شده و فن خاموش شده و رله ریست می‌نماید و چراغ آلارم روشن می‌ماند.

اکنون که با مراحل کار مشعل آشنا شدیم می‌توانیم به عیب یابی مشعل اقدام نماییم.کافی است بفهمیم که مشعل در کدام مرحله از مراحل فوق ریست می‌شود تا آن قسمت را چک نماییم. بطور مثال اگر فن روشن شده و صدای ترانس جرقه زن هم می‌آید ولی شعله روشن نمی‌شود یا شیر برقی گاز خراب است یا الکترودهای جرقه خراب شده و جرقه نوک مشعل انجام نمی‌شود.

۱-۲-۸- محاسبه حجم آب گرم مصرفی مورد نیاز

$$Q = ۵۰۰ * GPM * \Delta T$$

Q بر حسب BTU/HR محاسبه میشود و $۸.۳۳ \frac{\text{پاوند}}{\text{گالن}} * ۶۰ \frac{\text{دقیقه}}{\text{ساعت}} = ۵۰۰$ است. GPM همان گالن بر دقیقه است و مقدار آن از جداول بدست می‌آید. این GPM باید در فرمول اصلاح

شود که در اصطلاح به آن GPM اصلاح شده می‌گویند و برای رسیدن به این عدد باید آنرا در ضریب تقاضا (DF) ضرب کنیم که به شکل زیر در می‌آید.

$$GPM * DF = \text{کل } GPM \text{ اصلاح شده}$$

در نهایت

$$GPM * SF = \text{اصلاح شده } GPM = \text{حجم آب گرم مصرفی مورد نیاز}$$

جواب فرمول حجم مصرفی اب گرم بر حسب گالن در دقیقه بدست می‌آید و چون همه منابع در ایران به لیتر هستند جواب بدست آمده را به ۳.۷۸ ضرب می‌کنیم تا بر حسب لیتر بدست آید. ضریب *SF* (ضریب ذخیره) و ضریب تقاضا *(DF)* و عدد *GPM* هر کدام در جدول حداکثر مصرف آب گرم *GPM* موجود هستند.این *GPM* را در میزان مصرف ساکنین برای یک روز ضرب می کنیم حجم منبع آبگرم بدست می آید. میزان مصرف یک نفر بر اساس مبحث ۱۶ ام ۷۵ لیتر در روز بیان شده است که معقول است. در ایران اکثر منابع آبگرم مدلهای ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ لیتری هستند و در انتخاب منبع سعی کنید همیشه دید بالا داشته باشید. اگر جواب محاسبه ۱۶۰۰ لیتر شد منبع را ۲۰۰۰ لیتر انتخاب کنید و عدد بدست آمده را در کاتالوگ انتخاب کنید.

اگر ظرفیت بالای ۱۵۰۰ لیتر شد از منابع کویلی استفاده کنید. منبع دو جداره به علت ساختار رسوب ندارد (در منطقه‌ای که آب زیادی دارد منبع دو جداره توصیه می‌شود زیرا نیازی به سختی گیر نخواهیم داشت). اگر ظرفیت بالا بود باید از چند منبع استفاده شود. مثلاً برای ۳۰۰۰ لیتر از دو تا منبع ۱۵۰۰ لیتری باید استفاده شود. انتخاب افقی یا عمودی بودن تجهیزات در موتورخانه بستگی به فضای در دسترس دارد.

۲-۲-۸- مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای (Plate heat exchanger)

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای از صفحات نازک که کانال‌های جریان را تشکیل می‌دهد، ساخته می‌شود. جریان‌های سیال توسط صفحات مسطح که یا به صورت صاف و یا موجدار هستند از هم جدا می‌شوند. این مبدل‌ها برای انتقال گرما بین گاز، مایع یا جریان‌های دو فاز استفاده می‌شوند. این مبدل‌ها می‌توانند به‌صورت زیر دسته‌بندی شوند:

الف- صفحه‌ای واشردار *(Gasketed-plate)*

ب- صفحه‌ای حلزونی *(spiral plate)*

ج- لاملا *(lamella)*

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای دارای مزایایی به شرح زیر می‌باشند:

این مبدل‌ها در مقایسه با سیستم‌های گرمایش سنتی فضا و وزن بسیار کمی را اشغال می‌کنند. بدلیل فاصله کم بین صفحات حجم سیال فرآیندی در این مبدل‌ها بسیار کم است. صفحات این مبدل‌ها از نوع فولاد ضدزنگ می‌باشد. این مبدل‌ها در قیاس با مبدل‌های دو جداره و کویلدار بهای بسیار کمتری دارند. راندمان بسیار بالایی داشته و تلفات حرارتی آنها بسیار کم است و عایق‌کاری بسیار کمتری نسبت به مبدل‌های دو جداره و کویل‌دار نیاز خواهند داشت. فرمول محاسبه ظرفیت حرارتی مبدل‌ها:

$$Q = ۵۰۰ * GPM * \Delta T$$

اختلاف دما بر حسب درجه فارنهایت و Q بر حسب BTU/hrمی‌باشد. فرمول تعیین دبی آب گرم‌کننده در مبدل‌های آب به آب:

$$DW = \frac{Q}{۸.۳۳ * ۶۰ * \Delta T}$$

می باشد.

شکل ۸-۸ : یک نمونه مبدی صفحه ای

۸-۲-۳- انتخاب کویل برای منبع کویلی:

برای محاسبه منبع حرارتی کویل‌دار کافیست از فرمول معروف و ساده زیر استفاده کرد:

$$Q = V^{o} \rho g C_p \left(T_۲ - T_۱\right)$$

که در آن:

Q : بار حرارتی آب گرم مصرفیW

V^{o} : دبی حجمی Lit/s

ρ: چگالی آب گرم

C_p : ظرفیت گرمای فشار ثابت

$T_۲$: دمای آب گرم مصرفی معمولا ۶۰-۳۷ °C

$T_۱$: دمای آب شهر معمولا ۱۰°C

۴-۲-۸- محاسبه سطح حرارتی کویل مورد استفاده در منبع کویل دار:

برای بدست آوردن سطح کویل مورد استفاده ظرفیت حرارتی را بر اختلاف دمای لگاریتمی آب ورودی و خروجی و همچنین ضریب انتقال حرارت کلی تقسیم می‌کنیم:

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_m}$$

که در آن:

A : سطح حرارتی به متر مربع است.

Q : ظرفیت مورد نیاز منبع کویل دار با واحد W است.

U : ضریب انتقال حرارت کلی است($W/m^۲.k$).

ΔT_m : اختلاف دمای لگاریتمی است.

«عدد U بر اساس مواد بکار رفته و نوع ساخت کویل متفاوت خواهد بود»

چند نمونه جداول مشخصات فنی منابع دوجداره آبگرم در زیر آورده شده است.

جدول ۸-۲ : مشخصات فنی منبع دو جداره آبگرم

مشخصات فنی منبع دوجداره آبگرم

ردیف	حجم لیتر	ضخامت جداره میلیمتر	وزن کیلوگرم	طول سانتی متر	قطر عدسی سانتی متر	قطر جدار دوم سانتی متر
1	300	2-4	115	150	50	58
2	300	2.5-4	128	150	50	58
3	300	3-4	140	150	50	58
4	300	3-5	160	150	50	58
5	400	2-4	150	150	60	66
6	400	2.5-4	155	150	60	66
7	400	3-4	163	150	60	66
8	400	3-5	218	150	60	66
9	500	2-4	162	150	66	71
10	500	2.5-4	178	150	66	71
11	500	3-4	1886	150	66	71
12	500	3-5	210	150	66	71
13	600	2-4	180	155	72	76
14	600	2.5-4	196	155	72	76
15	600	3-4	210	155	72	76
16	600	3-5	235	155	72	76
17	800	2-4	242	200	72	78
18	800	2.5-4	256	200	72	78

جدول ۸-۳ : مشخصات فنی منابع کویل دار عمودی

مشخصات فنی منابع کوئل دار عمودی

ردیف	حجم لیتر	ضخامت جداره میلیمتر	وزن کیلوگرم	سطح حرارتی	طول سانتی متر	قطر عدسی سانتی متر
1	400	4	120	12	155	65
2	400	5	140	12	155	65
3	500	4	135	15	155	68
4	500	5	165	15	155	68
5	600	4	150	18	155	70
6	600	5	200	18	155	70
7	800	4	180	23	155	82
8	800	5	240	23	155	82
9	1000	4	215	27	155	92
10	1000	5	260	27	155	92
11	1200	4	255	29	155	98
12	1200	5	310	29	155	98
13	1500	4	275	38	155	115
14	1500	5	340	38	155	115
15	2000	4	330	61	200	115
16	2000	5	415	61	200	115
17	2500	5	475	72	200	126
18	2500	6	555	72	200	126

جدول ۸-۴ : مشخصات فنی منابع کویل دار افقی

مشخصات فنی منابع کوئل دار افقی

ردیف	حجم لیتر	ضخامت جداره میلیمتر	وزن کیلوگرم	سطح حرارتی	طول سانتی متر	قطر عدسی سانتی متر
1	300	3	75	7.5	140	52
2	300	4	98	7.5	140	52
3	300	5	120	7.5	140	52
4	400	3	90	9.5	140	60
5	400	4	115	9.5	140	60
6	400	5	140	9.5	140	60
7	500	4	130	13	150	65
8	500	5	150	13	150	65
9	600	4	140	15	155	70
10	600	5	180	15	155	70
11	800	4	180	19	200	72
12	800	5	230	19	200	72
13	1000	4	200	22	200	80
14	1000	5	250	22	200	80
15	1200	4	240	24	200	88
16	1200	5	310	24	200	88
17	1500	4	270	28	200	98
18	1500	5	345	28	200	98

۵-۲-۸- انتخاب پمپ:

جهت انتخاب پمپ خطی سیرکولاسیون آبگرم موتورخانه لازم است اطلاعات زیر مشخص گردد :

۱- دبی آب در گردش

۲- میزان افت فشار در مسیر

دبی پمپ سیرکولاسیون سیستم گرمایش از رابطه زیر

$$GPM = \frac{Q}{۵۰۰\Delta T}$$

بدست می‌آید که ΔT اختلاف دمای آبگرم رفت و برگشت است که معمولا ۲۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود. میزان افت فشار نیز معمولاً ۲.۵ (دو و نیم) فوت در ۱۰۰ فوت در نظر گرفته می‌شود که بیشترین مسیر رفت و برگشت مدنظر می‌باشد و مقداری هم بابت افت فشار در دیگ و اتصالات لحاظ می‌گردد و در کل از ضرب کردن ۳ برابر فاصله تا دورترین مصرف‌کننده در عدد ۰.۰۲۵ می‌توان تقریبا افت فشار را بدست آورد

افت فشار بر حسب فوت آب برابر است با :

۰.۰۲۵ H× ۳L=۰.۰۷۵ dP

L: طول مسیر رفت از دیگ به دورترین مبدل حرارتی (رادیاتور، فن کویل و..) بر حسب فوت

dp: برابر مجموع افت فشار دیگ و کلکتورها و مبدل‌های حرارتی و کلیه تجهیزات به کار رفته در سیستم گرمایش

شکل ۸-۹ : دو نمونه پمپ آبگرم

۶-۲-۸- سوخت:

نفت خام منشاء اصلی سوخت مایع محسوب می‌شود. بر اساس مشخصات ASTM (موسسه آزمایش مواد امریکا) سوخت‌های نفتی بر اساس گرانروی در شش گروه تجارتی طبقه بندی می‌شوند. ارزش حرارتی سوخت بنزین سفید' گازوئیل و سوخت نفتی سنگین (مازوت) به ترتیب ۳۶۵۰۰ و ۴۱۳۲۷ و ۴۴۶۰۳ کیلوکالری در گالن است. سوخت‌های گازی در دو نوع گاز طبیعی و گاز مایع مورد استفاده فراوانی دارند. گاز طبیعی دارای ارزش حرارتی ۱۰۰ بی تی یو به ازای هر فوت مکعب یا ۹۵۰۰ KCAL/M^۳ است. این گاز ترکیبی است از ۸۰ درصد متان، و گازهای دیگر همچون بوتان، پنتان و...است.

گاز مایع نیز مخلوطی است از پروپان و بوتان که با توجه به فصل نسبت یکی به دیگری بیشتر است. معمولا در زمستان‌ها به درصد پروپان گاز مایع افزوده و در تابستان از آن می‌کاهند. منابع سوخت بر اساس محل نصب' شکل ظاهری و موقعیت نسبت به سیستم سوخت رسانی و موارد استفاده شامل انواع مخازن زیر زمینی و روزمینی ثقلی' استوانه عمودی، استوانه افقی، چهارگوش، اصلی، فرعی یا روزانه می‌شوند.

حداقل ظرفیت مخازن سوخت نفتی از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{ظرفیت مخزن بر حسب گالن} = \frac{Q * ADD * .۲۰}{۵۰۰ * \Delta T_m}$$

Q = بار گرمایی (BTU/hr)

ADD = روز درجه سالیانه

۷-۲-۸- گرمکن سوخت:

سوختهای نفتی سنگین درجه ۵ و ۶ برای روان سازی و جاری شدن در هر شرایطی نیاز به گرمکن دارند. در سیستمهای روان سازی سوخت معمولا از دو گرمکن استفاده می‌شود. گرمکن اولیه از نوع بخاری و یا آب گرم است. که سوخت ابتدا از آن عبور نموده و به یک منبع ذخیره می‌ریزد. در پی این مخزن یک دستگاه گرمکن الکتریکی قرار می‌گیرد که در صورت سخت شدن سوخت بار دیگر آن را روان می‌سازد.

از طریق زیر می‌توان ظرفیت گرمایی گرمکن سوخت را تعیین کرد:

$$Qh = D * W * C * \Delta T_m$$

Q= ظرفیت گرمایی

D = دبی پمپ اولیه

W = وزن مخصوص سوخت

C = گرمای ویژه که در مورد سوختهای سنگین ۰.۵ در نظر گرفته می‌شود.

و برای تعیین مقدارآب گرم مورد نیاز گرمکن سوخت از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Df = \frac{Qh}{۸.۳۳ * ۶۰ * \Delta T_m}$$

۸-۲-۸- لوله کشی سوخت نفتی:

دبی سوخت نفتی ۵ و ۶ به ترتیب از طریق روابط زیر بدست می‌آید:

$$Df^{۵} = \frac{Qb}{۰.۸ * ۱۴۸۸۰۰}$$

$$Df^{۶} = \frac{Qb}{۰.۸ * ۱۵۳۴۰۰}$$

در روابط فوق Qb همان ظرفیت گرمایشی مشعل بر حسب (BTU/hr) می‌باشد.

لوله کشی از منابع اصلی سوخت و منابع فرعی یا محل مصرف ممکن است به صورت تک لوله‌ای یا دو لوله‌ای انجام پذیرد. در شبکه دو لوله‌ای که کاربرد بیشتری دارد بین مخزن و محل مصرف دو خط مکش و برگشت اجرا می‌شود. اندازه لوله بر مبنای نیاز مصرفی تعیین شده و بسته به نوع جریان سوخت متغیر است. در لوله کشی سوخت سنگین درجه ۵ طول خط لوله مکش که به طور عمودی در داخل مخزن قرار گرفته و به ورودی پمپ متصل می‌شود نباید از ۵ متر تجاوز کند و این مقدار به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع به اندازه (۰،۳۸۱) متر کاهش می‌یابد. در صورتیکه طول این لوله بیشتر از ۵ متر شود باید برای سیستم پمپ دیگری در نزدیکی مخزن مد نظر قرار گیرد. در سیستم لوله کشی برای جلوگیری از هوا گرفتن پمپ سوخت مشعل بهتر است لوله برگشت مخازن با همان عمق مخازن اجرا شود.

۹-۲-۸- تعیین قطر لوله گاز طبیعی:

برای تعیین مقدار مصرف یا دبی مورد نیاز بهتر است به کاتالوگ تجهیزات گازسوز و توصیه شده کارخانجات سازنده مراجعه شود. از آنجا که ارزش حرارتی هر فوت مکعب گاز طبیعی با چگالی ۰.۶۳ معادل ۱۰۰ بی تی یو در ساعت است می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$D_g = \frac{Qb}{۱۰۰}$$

Dg = دبی گاز بر حسب فوت مکعب در ساعت

Qb = ظرفیت گرمایی مشعل بر حسب بی تی یو در ساعت

۱۰۰ = ارزش حرارتی گاز طبیعی با چگالی ۰.۶۵ بر حسب بی تی یو بر فوت مکعب

چگالی گاز عامل مهمی در تعیین ظرفیت لوله‌ها می‌باشد. از این رو در محاسبات مربوط به تعیین اندازه لوله‌ها باید به این نکته توجه ویژه داشت.

۱۰-۲-۸- دودکش:

مقدار مکش دودکش تابعی از ارتفاع دمای داخل و خارج دودکش است که از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$Df = ۰.۲۵۵۴ * Pb * H * \left(\frac{۱}{TO} - \frac{۱}{Tm} \right)$$

Df= مکش تئوریکی دودکش بر حسب اینچ آب

Pb = فشار بارومتریک بر حسب لینچ جیوه

H = ارتفاع دودکش بر حسب فوت

TO = دمای هوای بیرون بر حسب رانکین

Tm = دمای متوسط دودکش بر حسب رانکین

مکشی که در دودکش بوجود می‌آید به عوامل زیر بستگی دارد:

- ارتفاع دودکش
- سطح مقطع دودکش
- درجه حرارت دود و گازهای حاصل از احتراق و هوای خارج
- جنس جداره دودکش

هر چه ارتفاع دودکش بیشتر باشد قدرت کشش آن بیشتر می‌شود و در نتیجه سطح مقطع آنرا می‌توان کمتر اتخاذ نمود. معمولا ارتفاع دودکش را می‌توان حداقل ۵ متر در نظر گرفت شکل مقطع نیز در این رابطه مهم می‌باشد. اختلاف درجه حرارت دود و هوای خارج در مکش دودکش موثر بوده و با زیاد شدن اختلاف درجه حرارت کشش دودکش نیز زیاد

می‌شود. عامل مهم دیگر جنس جداره دودکش است که هر چه صافتر و صیقلی‌تر باشد اصطکاک کمتری را ایجاد کرده و در نتیجه کشش بیشتری خواهیم داشت. درجه حرارت و حجم دود و گازهای حاصل از احتراق به نوع سوخت بستگی دارد.

مقدار حجم دود به ازای هر ۱۰۰۰ کیلو کالری حرارت با توجه به انواع سوخت به قرار زیر است:

چوب : ۴.۳ متر مکعب در ساعت

زغال سنگ: ۳.۳ متر مکعب در ساعت

نفت و گازوییل: ۲.۱ متر مکعب در ساعت

۱۱-۲-۸- شکل مقطع دودکش:

دودکش را در مقاطع مختلف دایره مربع و مستطیل میسازند. مقطع دایره بهترین شکل را برای دودکش بدست می‌دهد. زیرا دود در آن بصورت مارپیچ حرکت می‌کند. در مقطع مربع شکل بعلت وجود آشفتگی در گوشه‌های دودکش مکش ان نسبت به مقطع دایره‌ای کمتر می‌باشد. مقطع مستطیل زیاد مناسب نبوده و کشش آن از مقطع مربع کمتر می‌باشد. قابل ذکر است هر چه نسبت طول به عرض بیشتر باسد مکش کمتر می‌شود.

در اندازه‌های کوچک عموما مقطع دودکش را دایره‌ای شکل در نظر می‌گیرند و قطعات آن نیز پیش ساخته و آماده می‌باشد. در ابعاد و اندازه‌های بزرگ چون دودکش آماده به شکل دایره وجود ندارد و همچنین به دلیل اینکه مقطع دایره‌ای فضای بیشتری را می‌گیرد دودکش را با مقطع مستطیل و یا دایره بوسیله مصالح ساختمانی می‌سازند. در مواردی که عرض فضای عبور دودکش کم باشد آنرا به شکل مستطیل پر می‌نمایند.

۱۲-۲-۸- محاسبه سطح مقطع دودکش:

لازمست سطح مقطع دودکش طوری انتخاب شود که دود براحتی از آن تخلیه گردد.

اگر سطح مقطع کم انتخاب شود سرعت دود در آن زیاد بوده و تولید صدا خواهد کرد و احتمالا کشش آن نیز مناسب نمی‌باشد. چنانچه سطح مقطع زیاد محاسبه گردد سرعت دود کم شده و درجه حرارت پایین آمده و در نتیجه از کشش دودکش می‌کاهد.

برای محاسبه سطح مقطع از رابطه زیر استفاده می‌شود:

برای سوخت مایع: $A=0.02\ Q/\sqrt{H}$ برای سوخت جامد: $A=0.04Q/\sqrt{H}$

که در آن:

A = سطح مقطع دودکش بر حسب سانتیمتر مربع

Q = ارتفاع معادل دودکش بر حسب متر

ارتفاع معادل دودکش برابر است با طول قسمت عمودی به اضافه نصف طول قسمت افقی:

بعد از محاسبه سطح مقطع با انتخاب شکل مقطع دودکش بصورت دایره، مربع و یا مستطیل ابعاد آن نیز تعیین می‌شود.

قطر دودکش چنانچه مقطع آن دایره انتخاب شود برابر است با:

$$D=(4A/P)^{0.5} \qquad P=3.14159$$

و چنانچه سطح مقطع مربع در نظر گرفته شود: طول هر ضلع برابر است با:A

اگر دودکش با سطح مقطع مستطیل انتخاب شود نسبت طول به عرض آن معمولا ۱.۵ فرض می‌شود

b/a=۱.۵ نسبت طول به عرض

یک روش کلی دیگر هم هست که با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$A=\frac{Q+۱۰۰۰}{\sqrt{H}\,(۲۵+۲\sqrt[۴]{Q})}$$

H = ارتفاع دودکش

Q= بار حرارتی به کیلوکالری در ساعت $(KCAL/hr)$

۸-۲-۱۳-۷- منابع انبساط:

خصوصیات منابع انبساط:

- فراهم آوردن امکان انبساط حجمی آب
- تثبیت فشار سیستم
- هواگیری
- تامین آب جبرانی

منابع انبساط به دو گونه هستند: باز و بسته. باز که باید ۱۲۰ سانتی متر بالاتر از تجهیزات فن کویل قرار گیرد و بسته که به دو نوع دیافراگمی و تحت فشار ساخته می‌شوند.

منبع انبساط باز در مناطق سردسیر به علت جلوگیری از انجماد آب به صورت دو لوله‌ای استفاده می‌شود و نکته مهم این است که در مسیر لوله انبساط هیچ شیری نباید باشد. در سیستم آب داغ فقط منبع انبساط بسته بکار می‌رود زیر ا حداقل آب داغ با دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد داریم و اگر منبع انبساط باز را بکار ببریم آب داغ بخار می‌شود.

در سیستم منبع انبساط باز داریم $V_{EXP} = \left(V_{EQUIP} + V_{PIPING}\right) * ۰.۰۳$

در سیستم منبع انبساط بسته داریم

$$V_{EXP} = \frac{\text{حجم آب منبسط شده}}{\text{ضریب پذیرش منبع}}$$

$\left(GAL\right) = V_S$ حجم آبگیری سیستم

$a = ۶.۰۵ * ۱۰^{-۷}$

$\text{حجم آب منبسط شده} = V_S * \left(\frac{V_۲}{V_۱} - ۱\right) - ۳\alpha\Delta T$

ظرفیت پذیرش منبع:

- تحت فشار: $\frac{P_a}{p_۱} - \frac{p_a}{p_۲}$
- دیافرگمی: $۱ - \frac{p_۱}{p_۲}$

P_1 فشار در حالت شروع بکار و $p_۲$ فشار در حالت کارکرد سیستم است.حداقل فشار در سیستم بسته به حدی می‌باشد که بالاترین وسیله تبادل حرارت قبلا پر از آب شده باشد. در گام اول بر مبنای حداکثر دمای سیستم و نوع منبع انبساط ضریب لوله را استخراج می‌کنیم و سپس ضریب لوله را در ضریب تصحیح ضرب می‌کنیم.

جدول ۸-۵ : ظرفیت تقریبی منابع انبساط در سیستم آبگرم کم فشار

ظرفیت تقریبی منابع انبساط در سیستم آبگرم کم فشار

ظرفیت دیگ (KW)	ظرفیت منبع (LITRE)	اندازه شناور MM	اندازه لوله تغذیه MM	اندازه لوله رفت MM	اندازه لوله سر ریز MM
12	54	15	20	25	25
25	54	15	20	25	32
30	68	15	20	25	32
45	68	15	20	25	32
55	86	15	20	25	32
75	114	15	25	32	32
150	191	20	25	32	32
225	227	20	32	40	40
275	264	20	32	40	40
375	327	20	40	50	40
400	336	25	40	50	50
550	423	25	40	50	50

شکل ۸-۱۰ : چند نمونه منبع انبساط باز

۱-۳-۸- نکات مهم در اجرای موتورخانه:

۱: در زمانیکه از سوخت‌های مایع نظیر گازوئیل و مازوت استفاده می‌کنید مخزن اصلی سوخت بیرون از موتورخانه باشد.

۲: یک عدد مخزن روزانه با حجم مناسب در داخل موتورخانه طوری نصب گردد که بر پمپ سوخت مشعل سوار باشد.

۳: اگر فاصله منبع سوخت تا مشعل از ده متر بیشتر و یا سه زانویی بیشتر استفاده شده باشد سایز لوله سوخت حداقل ۱ اینچ باشد.

۴: قبل از پمپ سوخت حتماً از فیلتر استفاده کنید.

۵: برگشت سوخت به مخزن روزانه باعث افزایش دمای مخزن سوخت (بخصوص در سیستم‌های مازوت سوز) می‌گردد که در بهتر سوختن مشعل کمک نماید.

۶: همیشه دیگ بخار را بر روی سطح کاملاً صاف (تراز) قرار دهید.

۷: بهتر است پایه‌های دیگ بخار از کف موتورخانه در حد معقول بالا باشد. در این مورد بهتر است از شرکت نحوه اجراء فنداسیون را بخواهید.

۸: همیشه مشعل به طرف درب موتورخانه باشد.(جهت دریافت هوای بیشتر)

-درب ورودی موتورخانه در قسمت پایین طوری اجرا شود که هوای مناسب موقع بسته بودن درب به داخل موتورخانه هدایت شود.

۹:حداقل فضای دیگ بخار از دیوار در طرفین ۱.۵ متر و حداقل فاصله از عقب به اندازه قطر دیگ‌های بخار و از جلو به اندازه طول دیگ بخار است. (جهت تعمیرات)

۱۰: دودکش دیگ بخار هر چقدر مرتفع باشد بهتر است. حداقل ارتفاع دودکش ۵ متر تا ۷ متر است.

۱۱: در زمان اجرای دو دیگ بخار بشکل موازی و کارکرد همزمان، در خروجی لوله بعد از شیر بخار یک عدد شیر یکطرفه نصب شود.

۱۲: همیشه از یک کلکتور با خروجی‌های متنوع استفاده کنید. وجود کلکتور با فلنچ‌های اضافه موجب می‌شود در آینده اگر مصرف کننده‌هایی اضافه شد کنده کاری و برشکاری روی خطوط اصلی بخار انجام نگیرد و در هزینه‌ها صرفه جویی بعمل آید.

۱۳:منبع کندانس در نزدیکترین نقطه به پمپ دیگ بخار باشد.

۲-۳-۸- تخمین ابعاد موتورخانه:

وقتی ساختمان جدیدی طراحی می‌شود به ندرت پیش می‌آید که طراح تاسیسات برای طراحی و ترسیم نقشه‌های موتور خانه اطلاعات کافی در اختیار داشته باشد.بنابراین اغلب برای تخمین فضای مورد نیاز موتورخانه و چیدن دستگاه‌های مختلف در این فضا از برآوردهای سرانگشتی استفاده می‌شود.نوع سیستم تاسیساتی مورد استفاده،شکل وترکیب ساختمان،وچندین پارامتر دیگر در برآورد فضای لازم برای موتورخانه دخیلند.طرح نهایی معمولا با میان گیری بین آنچه مهندس تاسیسات می‌خواهد وآنچه مهندس معمار راضی به تامین آن است،حاصل می‌شود.گرچه ساختمانها از نظر طرح متفاوتند،اما تعیین مساحت لازم برای موتور خانه برپایه اصولی انجام می‌گیرد که برای بیشتر ساختمانها قابل اجراست.این مساحت را اغلب می‌توان برحسب درصدی از مساحت کل کف ساختمان بیان کرد.

فضای کل مورد نیاز برای نصب دستگاه‌ها و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی(موتورخانه) بین۴تا۹ درصد مساحت زیربنای ساختمان است که برای اغلب ساختمانها بین۶ تا ۹ درصد می‌باشد.از دیدگاه مهندسی،ایده آل این است که فضای اختصاص یافته برای موتور خانه یا اتاق‌های هواساز نسبت به ساختمان موقعیت مرکزی داشته باشندکه این موجب کاهش طول واندازه کانالها و لوله ها،ساده ترشدن طرح شفتها تمرکز ونتیجتا تسهیل کار سرویس و نگهداری تاسیسات خواهد شد.این امر همچنین موجب کاهش قدرت مورد نیاز برای موتور بادزنهاو پمپ‌ها شده وهزینه عملکرد سیستم را پایین می‌آورد.

اما به دلایل بسیار اغلب امکان دادن فضای مرکزی ساختمان موتورخانه تاسیسات یا اتاق هواساز و غیره وجود نداردواما دست کم باید سعی شود که تا حد امکان موتورخانه تاسیسات مکانیکی ؛تجهیزات الکتریکی وسیستم آب و فاضلاب ساختمان در جنب یکدیگر قرار گیرند.محل موتورخانه تاسیسات معمولا در زیرزمین یا طبقات پایین‌تر ساختمان است.ارتفاع سقف این فضاها برحسب چگونگی کانال کشی،لوله کشی واندازه دستگاه‌ها وتجهیزات؛باید بین۱۲تا۲۰ فوت(۳تا۶ متر)باشد. سقف موتورخانه در هر مورد و موقعیت باید دارای ساختاری حداقل ۲ساعت مقاوم در برابر حریق باشد. احداث هرگونه روزنه یا بازشو به طبقات بالا در سقف موتورخانه ممنوع است. هیچگونه ترکیب و تصرف در موتورخانه‌ها مجازنیست. فضای موتورخانه‌ها تحت هیچ عنوان و به هیچ دلیل نباید برای منظورهای دیگر مانند : انباری. رختشویخانه، پارکینگ،ذخیره سازی سوخت و غیره استفاده گردد.

فصل نهم: دفترچه محاسباتی طراحی موتورخانه

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با تیپ و اقلیم شهر و موقعیت ساختمان و اتلافات حرارت برای هر جداره آن آشنا شد که مجموع این اتلافات حرارتی بار حرارتی ساختمان را بدست می دهد.

۹-۱- آشنایی با اقلیمها و تیپهای تابستانی و زمستانی

کشور پهناور ایران بعلت قرار گرفتن در موقعیت جغرافیایی خاص و دارا بودن عوامل مختلف محیطی از قبیل دریای آزاد، دریاچه، کویر، کوهستان و جنگل دارای مناطقی با آب و هوای متفاوت می‌باشد و از این رو در فصول مختلف سال شرایط اقلیمی متغییری را می‌توان مشاهده نمود. بندر چابهار با عرض جغرافیایی ۱۴' و ۲۵° (با آب و هوای گرم و مرطوب) جنوبی‌ترین و ماکو با عرض جغرافیایی ۱۵' و ۳۹° (با آب و هوای خیلی سرد و کوهستانی) شمالی‌ترین شهرهای مهم کشور محسوب می‌شوند. نواحی مختلف کشور را بر طبق شرایط جوی و با توجه به حداکثر و حداقل درجه حرارت و میزان رطوبت نسبی و پارامترهای دیگری که از آمارهای سازمان هواشناسی استخراج می‌گردند می‌توان به مناطق مختلف تقسیم بندی نمود.

این تقسیم بندی برای فصل تابستان و زمستان به طور جداگانه قابل انجام است بطوریکه از تقسیم بندی تابستانی برای محاسبه سیستمهای برودتی (تهویه مطبوع، کولر و...) و از تقسیم بندی زمستانی برای محاسبه سیستمهای حرارت مرکزی (تاسیسات مرکزی دیگ

آب گرم، تاسیسات مرکزی دیگ بخار، منبع آب گرم دور و منبع بخار دور) استفاده می‌گردد. مثلا در تقسیم بندی تابستانی عوامل درجه حرارت خشک (DB)، درجه حرارت مرطوب(WB)، رطوبت نسبی (RH) و مقدار رطوبت (W) موثرند. با مشخص شدن دو عامل از عوامل فوق بقیه پارامترها مشخص می‌شود بنابراین تقسیم بندی طبق دو عامل مهم می‌تواند صورت پذیرد:

- تفاوت در درجه حرارت
- تفاوت در رطوبت

مناطق مختلف از نظر ماکزیمم درجه حرارت خشک در تابستان به دو بخش گرم و معتدل تقسیم می‌گردند:

a. مناطق گرم: مناطقی هستند که درجه حرارت خشک بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد یا ۱۰۴ درجه فارنهایت را دارا باشند.

b. مناطق معتدل: مناطقی هستند که درجه حرارت خشک پایین‌تر از ۴۰ درجه سانتیگراد یا ۱۰۴ درجه فارنهایت را دارا باشند.

عامل مهم دیگر درجه حرارت مرطوب می‌باشد. با مشخص شدن درجه حرارت خشک و درجه حرارت مرطوب میزان رطوبت نسبی تعیین می‌شود. مناطق مختلف از نظر ماکزیمم درجه حرارت مرطوب در تابستان به سه بخش زیر تقسیم می‌شوند.:

a. مناطق خشک: مناطقی هستند که درجه حرارت مرطوب کمتر از ۲۳ درجه سانتیگراد را دارا باشند.

b. مناطق نیمه مرطوب: مناطقی هستند که درجه حرارت مرطوب از ۲۳ الی ۲۷ درجه سانتیگراد را دارا باشند.

c. مناطق مرطوب: مناطقی هستند که درجه حرارت مرطوب بیش از۲۷ درجه سانتیگراد را دارا باشند.

بنابراین هر منطقه را با دو مشخصه گرم یا معتدل بودن همچنین خشک، نیمه مرطوب و یا مرطوب بودن می‌توان در تیپ مخصوص خود جای داد.در تقسیم بندی زمستانی بر اساس نوع هوا چهار منطقه قابل تعریف است که عبارتند از چهار منطقه خیلی سرد، سرد، معتدل و گرم. جهت طراحی سیستمهای حرارتی پس از آشنایی با انواع مناطق زمستانی بهتر است به شهرهای مختلف ایران و نوع سیستم حرارت مرکزی آنها نیز نظری اندازیم. در شهرهای

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با

خیلی سردی مانند تبریز، سنندج، زنجان و همدان غالبا از سیستم تاسیسات حرارت مرکزی فن کوئل از طریق موتورخانه مرکزی و پمپ حرارتی، در شـــهرهای ســـردی نظیر تهران، اصـفهان، کاشـان و کرمان از سـیسـتم حرارت دیگ آب گرم جهت سـاختمانهای مسـکونی کوچک و متوسـط و برای برجها از سـیسـتم حرارت مرکزی، هواسـازها یا پمپ‌های حرارتی بهره برده می‌شـود و در شـهرهای معتدلی مانند دزفول و اندیمشـک از سـیسـتم گرمایش بخاری گازی استفاده می‌شود. در اینجا بهتر می‌بینم با تجهیزات گرمایشی آشناتر شویم: در موتورخانه که متداولتر از بقیه سیستمهاست دیگ آب گرم توسط مشعلی گازی آب را گرم کرده و آب گرم از طریق لوله کشی به دست ساکنین ساختمان می‌رسد. هواسازهای معمول یکی دیگر از تجهیزات پرکاربرد گرمایشی هستند. از دیگر تجهیزات میتوان به زنت نیز اشاره کرد. سـپس حرارت آب گرم بوسـیله وسـایل توزیع انرژی نظیر رادیاتور و فن کوئل به فضـای ساختمان حرارتی مطبوع می‌دهد.

۲-۹- اتلاف حرارت

از دانش انتقال حرارت می‌دانیم که در یک ساختمان بدون توجه به کاربری آن اتلاف حرارت از طریق مختلف صورت می‌پذیرد که عبارتند از:

الف: اتلاف حرارت از جدارها شامل:

- پنجره (شیشه)
- دیوارهای خارجی و بعضا داخلی
- سقف
- کف

ب- اتلاف حرارت هوای تازه شامل یکی از موارد زیر:

- انتقال از درز در و پنجره (نفوذ از درز)
- انتقال به طریق تعویض هوای داخلی (تهویه هوا)

بطور کلی مقدار اتلاف حرارت به انواع جدارها مانند پنجره، دیوار، سـقف، کف و وضـعیت درز پنجره و مقدار تهویه هوا و همچنین اختلاف درجه حرارت داخل و خارج (موقعیت اقلیمی سـاختمان) و پارامترهای مختلف دیگر بسـتگی دارد.پس برای پیدا کردن اینکه مقدار انتقال حرارت از یک جدار چقدر اســت باید از دانش انتقال حرارت بهره برد. این به ما رابطه زیر را

پیشنهاد می‌کند:

$$Q = KA\left(T_{OUT} - T_{IN}\right)$$

که در این فرمول پارامترهای زیر تعریف می‌گردد:

Q = اتلاف حرارت بر حسب کیلو کالری در ساعت K_{cal} / hr

K = ضریب انتقال حرارت از جدار بر حسب $K_{cal} / \left(hr.m^{۲}.^{o}C\right)$

A = مساحت جدار مورد نظر بر حسب مترمربع $m^{۲}$

T_{OUT} = درجه حرارت طرح خارج بر حسب درجه سانتیگراد ^{o}C

T_{IN} = درجه حرارت طرح داخل بر حسب درجه سانتیگراد ^{o}C

واحدهای فوق در سیستم متریک می‌باشد و در سیستم انگلیسی مقدار اتلاف حرارت بر حسب بی تی یو در ساعت BTU/hr و مساحت بر حسب فوت مربع ($ft^{۲}$)و اختلاف درجه حرارت بر حسب درجه فارنهایت (F) می‌باشد. ولی معمولا برای محاسبات حرارت مرکزی از سیستم متریک و برای محاسبات تهویه مطبوع از سیستم انگلیسی استفاده می‌شود. در ادامه نحوه محاسبه ضریب انتقال حرارت K را فرا می‌گیریم:

مقدار K علاوه بر جداول ارائه شده در مراجعی نظیر محاسبا ت تاسیسات ساختمان ترجمه و تالیف مهندس سید مجتبی طباطبایی توسط فرمول زیر برای جدارهای مرکب محاسبه می‌گردد:

$$\frac{۱}{K} = \frac{۱}{h_i} + \frac{۱}{h_e} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_U + R_a$$

$\frac{۱}{h_i} + \frac{۱}{h_e}$ = ضریب مقاومت سطحی هوای نزدیک جدار است که با توجه به طرز قرار گرفتن جدار و جهت جریان حرارتی و وضعیت داخلی یا خارجی بودن جدار از جداول استخراج می‌گردد.

e_i = ضخامت بر حسب متر (m)

λ_i = ضریب هدایت حرارتی بر حسب Kcal/(hr.m.°c) که برای جدارهای مختلف از جداول برآورد می‌گردد.

R_U = مقاومت حرارتی لایه که معادل $\frac{e}{\lambda}$ می‌باشد و ممکن است مستقیما از جداول مربوطه

استخراج گردد. در این مورد دیگر نیازی به محاسبه $\frac{e}{\lambda}$ برای لایه مذکور نمی‌باشد و باید به جای $\frac{e}{\lambda}$ مقدار R_U بدست آمده از جداول را در فرمول جایگذاری نمود لیکن برای لایه‌های دیگر $\frac{e}{\lambda}$ را محاسبه نموده و با قرار دادن در فرمول مقدارK محاسبه می‌شود.

R_U = مقاومت حرارتی لایه هوا که بین جدارهای دیگر قرار می‌گیرد و از جداول برآورد می‌گردد.

۱-۲-۹- اتلاف حرارت هوای تازه

در زمستان به علت ورود هوای سرد خارج به داخل ساختمان و جابجایی و خروج هوای گرم به خارج مقدار زیادی حرارت تلف می‌گردد که معمولا بیشترین مقدار اتلاف را شامل می‌شود. این مقدار اتلاف به دو صورت مختلف محاسبه و هر کدام که بیشتر باشد به بار حرارتی جدارهای ساختمان اضافه می‌گردد.

الف-نفوذ از درز

ب- تهویه هوا

در ذیل نحوه محاسبه آنها توضیح داده می‌شود.

الف- نفوذ از درز به دو روش:

a. روش کلی

b. روش درزی

روش کلی: یکی از عوامل مهم اتلاف حرارتی ساختمان در زمستان، درز پنجره‌ها می‌باشد که به عوامل مختلف از قبیل طول درز، وضعیت قرارگیری ساختمان، وزش باد، وضعیت پنجره‌ها و اختلاف دمای داخل و خارج بستگی دارد.در این روش مقدار اتلاف حرارتی مستقیما از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \sum (al).H.Z.R.\Delta T$$

در این فرمول پارامترهای زیر وجود دارد:

Q = مقدار اتلاف حرارتی در اثر نفوذ از درز بر حسب Kcal/hr

a = هوای ورودی به اتاق به ازاء یک متر از درز بر حسب متر مکعب در ساعت $^{m}/_{hr.m^{3}}$

L = طول درز بر حسب متر(m)

H = وضعیت بادگیری ساختمان

Z = مشخص کننده وضعیت قرارگیری ساختمان

R = ضریب خاصیت عبور هوا از اتاق

ΔT =اختلاف درجه حرارت داخل و خارج بر حسب درجه سانتیگراد (°C)

برای محاسبه کمیتهای فوق باید از جداول استفاده کرد:

محاسبه a : مقدار a به نوع پنجره و نحوه ساخت آن بستگی دارد و از جداول بدست می‌آید.

محاسبه l : مقدار l بر حسب متر با استفاده از سطح پنجره (A) بر حسب متر مربع و مقدار W که از جداول استخراج می‌شود بدست می‌آید: l=W.A

محاسبه H : با توجه به کم باد یا پر باد بودن موقعیت محلی و همچنین وضع ساختمان از جداول بدست می‌آید.

محاسبه Z : این کمیت به وضعیت قرار گرفتن پنجره‌ها بستگی دارد:

در صورتیکه پنجره‌ها در یک جبهه بنا شوند Z=۱

در صورتیکه پنجره‌ها در گوشه و یا دو جبهه مجاور باشند Z=۱,۲

محاسبه R : این پارامتر بستگی به نسبت مساحت پنجره‌های خارجی A_e به پنجره‌های داخلی A_i دارد.

$$\frac{A_e}{A_i} \le ۶ \longrightarrow R=۰,۹$$

$$۶ \le \frac{A_e}{A_i} \le ۲۰ \longrightarrow R=۰,۷$$

$$A_i = ۰ \longrightarrow R=۰,۷$$

۲-۲-۹- روش درزی:

بعلت اختلاف فشار نسبی هوای داخل و خارج هوای گرم فضای داخل به خارج هدایت شده و همچنین هوای سرد بیرون به داخل منتقل می‌شود. با توجه به نوع پنجره و سرعت باد در منطقه مقدار هوای نفوذی به ازای هر متر درز بدست می‌آید که با استفاده از این مقدار هوا اتلاف حرارتی محاسبه می‌شود:

مقدار هوای نفوذی: V=N*L

V = حجم هوای نفوذی بر حسب متر مکعب در ساعت $\left(m^3/hr\right)$

N = مقادیر اعداد بدست آمده ار جداول

L =طول درز پنجره به متر (m)

در نهایت مقدار اتلاف حرارتی از این روش طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$Q = ۰.۳V.\Delta T$$

ب- تهویه هوا:

محاسبه اتلاف هوای تازه به روش تهویه هوا آسانتر و منطقی‌تر از روش نفوذ از درز می‌باشد و بنا به دلایل زیر به روش قبل
ارجحیت دارد:

- در اکثر کتب حرارت مرکزی که به زبان فارسی تدوین می‌شود جداول مربوط به محاسبات نفوذ از درز از مراجع خارجی استفاده می‌گردد که بر مبنای آزمایشات مورد نیاز روی پنجره‌های مختلف (که بر اساس استانداردهای کشور مربوطه ساخته شده اند) استخراج شده است. با توجه به کیفیت و نحوه ساخت پنجره‌های داخلی (مخصوصا پنجره فلزی) که معمولا استاندارد خاصی بر آنها حاکم نیست و عمدتا در محل کارگاه ساخته می‌شوند اعداد مندرج در جداول مزبور به هیچ وجه نشانگر اعداد واقعی نبوده و با تقریب بسیار همراه است.
- جهت ایجاد شرایط مناسب از نظر احتیاج افراد به هوای تازه و تنفس و همچنین تخلیه هوای نامطبوع داخل شامل گاز، بو، گرد و غبار و غیره لازم است که در هر ساعت چند بار هوای محل تعویض گردد که مقدار این هوای تازه معمولا بیشتر از مقدار هوای نفوذ از درز می‌باشد یعنی علاوه بر مقدار هوای نفوذ از درز می‌بایست به طرق مختلف مانند باز و بسته نمودن پنجره‌ها و یا سیستم تهویه اجباری کمبود هوای تازه تامین شود. بنابر موارد فوق بهتر است از روش تهویه هوا ی تازه محاسبات انجام پذیرد. تعداد تهویه هوا در ساعت از جداول برآورد می‌گردد. مواقعیکه در یک محل مانند کلاس درس مدارس تعداد افراد به نسبت مساحت فضا زیاد باشد می‌توان با استفاده از همان جدول مقدار هوای تازه به ازای هر نفر را مشخص کرده و سپس با ضرب آن در تعداد افراد مقدار کل هوای تازه برای محل مربوطه تعیین شود این میزان پس از تبدیل واحد از CFM به m^3/hr به جای n.v در فرمول

زیر قرار داده می‌شود. در این حالت مقدار n برابر ۱ فرض شده است.پس از محاسبه حجم اتاق اتلاف حرارتی مربوط به آن از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = ۰.۳n.v.\Delta T$$

Q = مقدار اتلاف حرارتی هوای تازه بر حسب کیلوکالری در ساعت Kcal/hr

N = تعداد تعویض هوا که از جداول استخراج می‌شود

V = حجم اتاق یا فضای مورد محاسبه بر حسب متر مکعب ($m^۳$)

ΔT = اختلاف دمای داخل و خارج بر حسب سانتیگراد(°C)

۳-۲-۹- اتلاف حرارت از کف:

همانطور که انتقال حرارت از جدارهای خارجی ساختمان وجود دارد کف ساختمان نیز دارای اتلاف حرارت می‌باشد. البته در این حالت به جای دمای خارج از دمای خاک اطراف زیر زمین استفاده می‌شود و مقدار اتلاف نسبت به جدارهای خارجی بسیار کمتر می‌باشد. همچنین در ساختمانهای چند طبقه که زیر زمین به موتورخانه و انباری اختصاص دارد عملا این فضاها برای سیستم حرارت مرکزی و نصب رادیاتور و... طراحی و محاسبه نمی‌شوند. ساختمانهاییکه کف آنها با خاک در تماس هستند در دو حالت می‌توانند مطرح باشند:

حالت اول: کف تقریبا همتراز سطح زمین باشد

حالت دوم: زیر زمین کاملا در داخل زمین قرار داشته باشد.

۹-۲-۳-۱- *حالت اول: کف همتراز با سطح زمین*

برای این حالت بیشتر اتلاف حرارتی از طریق طول لبه‌های خارجی به بیرون صورت می‌پذیرد و به نحوی با دمای خارج در ارتباط است. البته در جداول کتب مرجع مقدار این اتلاف را برای حالتهاییکه لبه داخلی اطراف ساختمان عایق شده باشد و برای حالات مختلف مقدار اتلاف را مشخص می‌کنند لیکن به علت اینکه معمولا در کشور ما برای چنین ساختمانهایی عمل عایق کاری حرارتی انجام نمی‌شود لذا بایستی با احتیاط از آن اعداد استفاده نمود. بطور کلی می‌توان اتلاف حرارت از کف را در این حالت به صورت مجموع اتلاف نوار طولی اطراف ساختمان و اتلاف کف به زمین محاسبه نمود.

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با تیپ و اقلیم شهر و موقعیت ساختمان و اتلافات حرارت برای هر جداره آن آشن / ۲۲۷

۹-۲-۳-۲- حالت ب: زیر زمین در داخل زمین

در این حللت زیر زمین کاملا در داخل زمین قرار دارد و اتلاف حرارتی کف علاوه بر کف به زمین از طریق دیوارهای اطراف زیر زمین به خاک نیز صـــورت می‌پذیرد و علاوه بر آن در قسمت فوقانی دیوار انتقال حرارت از طریق نوار طولی بالایی دیوار نیز انجام می‌گیرد.

۱- انتقال حرارت از دیوار خارجی

طبق جدول تقسیم بندی اقلیمی شـهر تهران در تیپ ۱ (زمسـتان سـرد و تابسـتان گرم و خشـک) واقع اسـت. با اسـتفاده از جداول حداقل درجه حرارت محیط خارج سـاختمان در زمسـتان برای شـهرهای تیپ ۱ برابر ۸- درجه سـانتیگراد اسـت. با اسـتفاده از جداول درجه حرارت محیط داخل برای اتاق نشـــیمن و ســـالن برابر ۲۲°C اســـت. بنابراین اختلاف درجه حرارت داخل و خارج ســـاختمان برابر ۳۰°C می‌باشـــد.برای ارزیابی تلفات حرارتی از مفهوم انتقال حرارت استفاده می‌کنند که در آن ضریب هدایت حرارتیλ با واحد w/m.k عبارتست از توان حرارتی تلف شـــده (انتقال یافته) از یک دیوار به ضـــخامت یک متر که طرفین آن یک درجه ســـانتی گراد (یا کلوین) اختلاف دما دارد. مقدار λ هر چقدرکمتر باشـــد ویژگی عایقی آن بهتر و مطلوب‌تر است چنانکه این مقدار برای عایق حرارتی پشـم شـیشـه w/m.k ۰.۰۴ و برای دیوار بتنی ۱.۷ است. مهندسان معمار برای مقایسه عملکرد حرارتی دیوارهای مختلف سـاختمانها از متغیر دیگری بنام مقاومت حرارتی یا R اسـتفاده می‌کنند این پارامتر عکس λ بوده و عامل ضخامت در آن لحاظ گردیده است به عنوان مثال مقاومت حرارتی R یک دیواره بتنی با ضخامت ۱۱۵ cm با یک لایه پشم شیشه با ضخامت ۲/۵cm برابر است. عملکرد حرارتی R و U یک دیواره بطور عمده وابسـته به ایزولاسـیون حرارتی اسـت. شـار عبوری حرارت از دیوار به اختلاف دمای مابین داخل و خارج و مقاومت R دیوار بســـتگی دارد. هر یک از اجزا، دیوار ویژگیهای حرارتی خود را دارا اســـت : آجر و بتن، عایق و نمای ساختمان هر یک دارای ضریب مقاومت حرارتی مخصوص خود است.مقاومتهای اخیر مربوط به تبادل حرارت همرفتی و تابشـی سطوح دیوار با هوای داخل و خارج می‌باشـد. اما علاوه بر در نظر گرفتن ایزولاسـیون سطوح مختلف سـاختمان اعم از دیوارها، سـقف و کف بایسـتی به مقاطع برخورد این سطوح نیز توجه کافی شود. تجربه نشـان داده است که انتقال حرارت از این مقاطع می‌تواند عملکرد حرارتی کل ســاختمان را به شـــدت کاهش دهد.مهندســـین معمار و سازه از این موضوع به پلهای حرارتی یاد می‌کنند. یک طراحی خوب می‌تواند تلفات

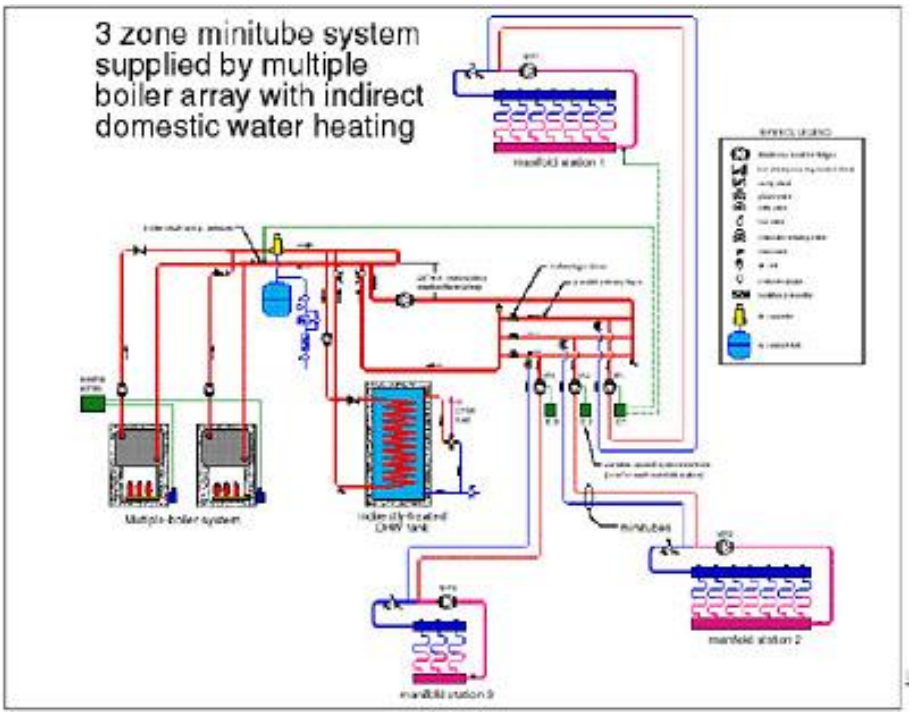
حرارتی را از پلها به حداقل مقدار، کاهش دهد. خوشبختانه سهولت کاربرد محصولات پشم شیشه اعم از تاپذیری و انعطاف کافی در محصولات رولی و نیمه سخت تا دانسیته $۵۰ kg/m^۳$ و برش پذیری خوب پانلهای سخت پشم شیشه و تحمل بار مکانیکی بسیار بالای این محصولات، سهولت ایزولاسیون بنا را هم در مرحله طراحی و هم در مرحله اجرا برای مهندسین ساختمان فراهم نموده است.

۳-۹- طراحی موتورخانه

هنوز هم تامین سرمایش و گرمایش فضاها سهم عمده‌ای از تلاش برای فراهم آوردن شرایط آسایش در ساختمان را به خود اختصاص داده است و احداث موتورخانه‌های مرکزی در دو گروه عمده تک فصلی و دو فصلی بخش مهمی از این کوششهاست. موتورخانه مرکزی مکانی برای استقرار تجهیزات مولد است و بخشی از تجهیزات انتقال مانند پمپ‌ها در این مکان نصب می‌شوند. بنابراین تمرکز آلودگیها و سروصداهای ناشی از کارکرد تجهیزات مولد در نقطه‌ای خاص ضمن سهولت و در کنترل و دفع مزاحمت آنها مانع از انتشار آلودگیها در سطح ساختمان می‌شود. همانگونه که اشاره شد موتورخانه‌های مرکزی را می‌توان در دو گروه تک فصلی و دو فصلی طبقه بندی کرد.

موتورخانه‌های تک فصلی اغلب از نوع گرمایشی هستند اما در مناطق گرمسیری ممکن است از موتورخانه‌های فقط سرمایشی بدون تجهیزات گرمایشی نیز استفاده شود. موتورخانه از این وسایل تشکیل شده است: یک دستگاه دیگ آبگرم (بویلر) با مشعل گازوئیلی، مخزن ذخیره گازوئیل، مخزن ذخیره آبگرم مصرفی (مخزن دو جداره)، مخزن انبساط باز و دو دستگاه الکتروپمپ خطی آبگرم حرارت مرکزی و برگشت آب گرم مرکزی.

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با



لوله رفت آب گرم از قسمت بالای دیگ آب گرم (بویلر) به کلکتور رفت آب گرم متصل می‌گردد. از کلکتور رفت، لوله رفت آب گرم به مخزن دو جداره و لوله رفت آب گرم به طرف رادیاتورهای ساختمان، انشعاب گرفته شده است.

آب گرم ورودی به جداره خارجی مخزن دو جداره، پس از تبادل حرارت با آب درون استوانه میانی، از طریق لوله برگشت آب گرم به کلکتور برگشت متصل می‌شود. لوله برگشت آب گرم رادیاتورها نیز از طریق لوله دیگری به کلکتور برگشت متصل می‌شود. لوله برگشت آب گرم رادیاتورها نیز از طریق لوله دیگری به کلکتور برگشت وصل شده است. بین کلکتور برگشت آب گرم و دیگ، یک دستگاه پمپ خطی نصب شده که آب گرم را بین دستگاه‌های تبادل کننده حرارت (رادیاتورها، مخزن دو جداره) به جریان در می‌آورد. لوله‌ای که به موازات این پمپ رسم شده است، لوله بای پاس نام دارد که در صورت خرابی پمپ، شیر فلکه‌های دو طرف پمپ را می‌بندد، از طرفی شیر فلکه لوله بای پاس را باز کرده و آب گرم با جریان طبیعی بین دستگاه‌هایی به گردش در می‌آید که بالاتر از دیگ واقع شده اند. از مخزن گازوئیل، لوله رفت از طریق شیر فلکه کشویی و منبع گازوئیل به مشعل می‌رسد. در

بالای مخزن گازوئیل لوله هواکش، لوه پرکن گازوئیل و ارتفاع سنج گازوئیل نصب شده است. بر روی دیگ، فشارسنج و دماسنج نیز نصب شده است که درجه حرارت آب درون دیگ و ارتفاع ستون آبی که بر دیگ سوار است نشان داده می‌شود. اکوستات مستغرق نیز باید بر روی دیگ آب گرم نصب شود که فرمان خاموش و روشن شدن را به مشعل می‌دهد. لوله آب سرد (آب شهر) از قسمت پایین استوانه میانی به مخزن دوجداره وارد می‌شود و پس از تبادل حرارت و گرم شدن از قسمت بالای مخزن و از جهت مخالف خارج و به طرف وسایل بهداشتی جریان می‌یابد. لوله برگشت آب گرم مصرفی نیز از طرف ساختمان به موتورخانه وارد شده و از طریق الکتروپمپ خطی به قسمت وسط استوانه میانی مخزن دوجداره وصل می‌شود. این پمپ، آب گرم مصرفی را بین مخزن دوجداره و وسایل بهداشتی به جریان در می‌آورد تا با باز کردن شیرهای آب گرم مصرفی بلافاصله آب گرم از شیر خارج شود. همانگونه که در شکل دیده می‌شود این پمپ نیز دارای لوله بای پاس است. در بالای استوانه میانی مخزن دوجداره، شیر اطمینان نصب شده است که در صورت افزایش فشار و دمای آب گرم مصرفی درون مخزن دوجداره، شیر باز می‌شود و آب گرم تخلیه می‌گردد. از لوله رفت آب گرم حرارت مرکزی مخزن دوجداره، لوله‌ای به سمت پایین کشیده می‌شود، سپس به شیر فلکه‌ای می‌رسد که شیر هواگیری دستی است و لوله خروجی آن به طور مشترک با لوله تخلیه استوانه میانی تا کف موتورخانه امتداد می‌یابد. مخزن انبساط دارای دو لوله رفت و برگشت آب گرم است. لوله رفت این مخزن از قبل شیر فلکه زیر کلکتور رفت گرفته شده است و در مسیر آن شیری نصب نشده است. لوله برگشت مخزن انبساط نیز به کلکتور برگشت قبل از الکتروپمپ (مکش پمپ)متصل گردیده است. لوله آب سرد بعد از عبور از یک شیر فلکه کشویی از بالاترین محل اتصال به شیر شناور مخزن انبساط می‌رسد. در صورتی که دستگاه با کمبود آب مواجه شود با پایین آمدن سطح آب درون مخزن انبساط، شیر شناور باز شده آب به درون مخزن انبساط جریان می‌یابد. لوه‌ای که پایین‌تر از لوله آب شهر به مخزن انبساط اتصال یافته، لوله سرریز است. هرگاه سطح آب درون مخزن انبساط، به هر علتی افزایش یابد، آب از طریق این لوله سرریز می‌کند. این لوله تا موتورخانه ادامه دارد. لوله تخلیه مخزن انبساط به وسیله یک شیر فلکه کشویی به لوله سرریز متصل شده است. در قسمت پایین دیگ آب گرم لوله تخلیه با یک شیر فلکه کشویی رسم شده است که محل تخلیه آب درون دیگ است. یکی از تجهیزات مهم موتورخانه بویلر است:

حال دفترچه محاســباتی پروژه طراحی موتورخانه مرکزی موســســه مالی و اعتباری بانک قوامین به شما ارائه می‌شود:

اطلاعات پایه محاسباتی

کارفرما :	موسسه مالی و اعتباری قوامین
پروژه:	طراحی موتور خانه مرکزی
محاسب	س.احمدی
تاریخ:	۱۳۸۷ -۱۳۸۸

محل انجام پروژه:	تهران – میدان آرژانتین

شرایط جغرافیایی

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا(ft)	فشار بارومتریک	ضریب محسوس	ضریب نهان
۳۵.۷۵ *deg*	-۵۱.۴ *deg*	۴۲۳۰	۲۵.۶۲ *inHg*	۰.۹۲۸	۰.۵۸۵

شرایط هوای خارج ساختمان در تابستان

دمای خشک	تغییرات روزانه	دمای مرطوب	رطوبت نسبی ساعت ۱۵	رطوبت نسبی ساعت ۱۲:۳۰	مقدار رطوبت
(DB) F	F	(WB) F	RH %	RH %	Gr/Ib
۹۴	۲۴	۶۶.۲۳	۲۴.۶۶	۲۸	۶۸.۷۴

شرایط هوای خارج ساختمان در زمستان

دمای خشک (DB)	رطوبت نسبی (RH %)
۱۹.۵	۷۷

وضعیت سرمایش تبخیری	
دو مرحله‌ای ASHRAE	یک مرحله‌ای (کولر آبی)
۶۳.۷	۷۱.۷

شرایط هوای داخل ساختمان					
شرایط هوا در زمستان			شرایط هوا در تابستان		
رطوبت نسبی	دمای مرطوب	دمای خشک	رطوبت نسبی	دمای مرطوب	دمای خشک
RH %	(WB) F	(DB) F	RH %	(WB) F	(DB) F
۳۳	۶۳	۷۴	۴۷.۵	۶۲	۷۸

۷-۳-۹- محاسبه مصارف آبگرم

ردیف	وسیله بهداشتی	تعداد	GPH Per Each	TOTAL GPH
۱	شیر مخلوط توالت عمومی	۲۰	۴	۸۰
۲	شیر مخلوط دستشویی عمومی	۲۰	۶	۱۲۰
۳	سینک ظرفشویی اداری	۱۰	۱۰	۱۰۰
۴	شیر مخلوط تی شور	۱۰	۱۰	۱۰۰
مجموع				**۴۰۰**

ضریب همزمانی را ۰.۳ در نظر می‌گیریم و سپس داریم:

۹-۳-۷-۱- مصرف واقعی آبگرم

GPH ۴۰۰ × ۰.۳ = ۱۲۰

۹-۳-۷-۲- حرارت مورد نیاز گرمایش آبگرم مصرفی

$Q = ۱۲۰ \times ۸,۳۳ \times (۱٤۰ - ٤۰) = ۹۹,۹٦۰$ *BTU/Hr*

ضریب ذخیره را ۲ نظر می‌گیریم:

۱۲۰ × ۲ = ۲۴۰

Lit ۲٤۰ × ۳,۷۸٥ = ۹۰۸,٥

با در نظر گرفتن ضریب ۱.۲۵ برای جلوگیری از سرد شدن آب، حجم منبع کویلی چنین خواهد بود:

Lit ۹۰۸.۵ *۱.۲۵ =۱۱۳۵.۷

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با

۲ دســـتگاه منبع کویلی هر یک به حجم ۷۰۰ لیتر ســـاخت کارخلنه نقاشـــیان را انتخاب می‌کنیم. که میزان گذر آبگرم را تامین می‌کند.

MODEL	HEATING SURFACE سطح حرارتی Ft.Sq	CAPACITY ظرفیت LIT	GPH/GPM	تعداد
TCWH -۸۲٤	۱۵	۷۰۰	۱۱۰/۹	۲

۸-۳-۹- محاسبه و انتخاب پمپ برگشت آبگرم

هر D.*F.U* ۲۰ از آبگرم مصرفی را معادل *GPM* ۱ در نظر می‌گیریم:

ردیف	وسیله بهداشتی	تعداد	HOT FU	TOTAL
۱	شیر مخلوط توالت عمومی	۲۰	۳	۶۰
۲	شیر مخلوط دستشویی عمومی	۲۰	۱.۵	۳۰
۳	سینک ظرفشویی اداری	۱۰	۳	۳۰
۴	شیر مخلوط تی شور	۱۰	۳	۳۰
مجموع				**۱۵۰**

آبگرم مصرفی D.F.U = ۱۵۰ → Q = ۱۵۰ / ۲۰ = ۷,۵ *GPM*

→ Q = ۷,۵ *GPM*

با توجه به تعداد ۱ پمپ در حال کار دبی حرارتی تقسیم بر ۱ خواهد شد.

به ازای هر پمپ*GPM* ۷.۵ / ۱ = ۷.۵

طول مسیر رفت و برگشت تا داخل واحد و نزدیکی شیر آخر L = ۱۰۰ m

افت فشار مسیر = ۱,۵ × ۱۰۰ × (۲,۵/۱۰۰) = ۳,۷۵ *(m)*

افت فشار مسیر = ۳,۷۵ → افت فشار= ۱۲,۳ *(ft)*

افت فشار منبع = ۱,۱ *(ft)*

افت فشار کلی= ۱۲,۳ + ۱,۱ = ۱۳,٤ *(ft)*

H = ۱۳,٤ *ft* = *4.1 m*
Q = ۷,۵ *GPM* = *1.7 m³ /Hr*

۲دستگاه پمپ ساخت کارخانه WILO با مشخصات فنی زیر انتخاب می‌شود. یکی از پمپ‌ها به صورت رزرو خواهد بود.

مدل	STAR RS ۲۵/٦-۱۸۰
سرعت	۱۴۵۰ RPM
قدرت مصرفی	۰.۸ HP
V-PH-HZ	۲۲۰-۱-۵۰
تعداد	۲

۹-۳-۸-۱- محاسبه و انتخاب پمپ منابع کویلی آبگرم

Q = ۹۹,۹٦۰ بار حرارتی منبع *BTU/Hr*

با احتساب ۱۰٪ ضریب اطمینان خواهیم داشت:

Q = ۹۹۹٦۰ × ۱,۱ = ۱۰۹۹۵٦~۱۱۰,۰۰۰ بار حرارتی منبع *BTU/Hr*

GPM = ۱۱۰,۰۰۰ / ۱۰۰۰۰ = ۱۱ دبی منبع *GPM*

با توجه به تعداد ۱ پمپ در حال کار دبی تقسیم بر ۱ خواهد شد.

۱۱ / ۱ = ۱۱ دبی هر پمپ *GPM*

۲.۵ / ۱ = ۲.۵ دبی هر پمپ *M³/Hr*

L = ۲۰ *m* طول مسیر

۱,۵ × ۲۰ × ۲,۵/۱۰۰ = ۰,۷۵ *(m)* افت فشار مسیر

۰.۷۵ *m* = ۲.۵ *(ft)* افت فشار مسیر

۲ *(ft)* = افت فشار کلکتور

۱,۱ *(ft)* =افت فشار کویل

۵,٦ *(ft)* =افت فشار کلی

(m) ۱,۷ =افت فشار کلی

H = *1.7* m = *5.6* *ft*
Q = ۱۱ *GPM = 2.5 M³ /Hr*

۲دستگاه پمپ ساخت کارخانه پمپ WILO با مشخصات فنی زیر انتخاب می‌شود. یکی از پمپ‌ها به صورت رزرو خواهد بود.

مدل	STAR RS ۲۵/۶-۱۸۰
سرعت	۱۴۵۰ RPM
قدرت مصرفی	۰.۸ HP
V-PH-HZ	۲۲۰-۱-۵۰
تعداد	۲

۹-۳-۸-۲- محاسبه و انتخاب چیلر ابزوربشن سیستم تهویه مطبوع

TON ۶۸,۱ = بار برودتی فن کویل ها

۱ دستگاه چیلر در نظر گرفته شده دارای مشخصات زیر می‌باشد:

کارخانه سازنده	**EBARA**		
مدل	**RCP-G۰۰۸(H)**		
نوع چیلر	**ABSORPTION – DIRECT FIRE**		
ظرفیت	۸۰		TON
ابعاد چیلر به متر	H(۱,۹۱۵)	W(۱,۸٤)	D(۲,۷۷٦)
CHILLED WATER			
جریان گذر	۸۱۰		L/Min
افت فشار	۵.۳		M
تغییرات دما	۱۲ ·c ۷·c		
COOLING WATER			

جریان گذر	۱۲۸۰	L/Min
افت فشار	۸.۱	M
تغییرات دما	۳۲ ·c ۳۷.۵ ·c	
تعداد	۱	

۹-۳-۸-۳- محاسبه و طراحی برج خنک کننده

دمای آب گرم ورودی به برج ۹۹.۵ F°

دمای آب سرد خروجی از برج ۸۹.۵ F°

دمای هوای خشک هوای محیط برج ۹۵ F°

دمای هوای مرطوب هوای محیط برج ۷۵ F°

دبی آب در حال گردش در برج ۷٦,۸ M^3/Hr

RANGE ۱۰ F°

APPROACH ۱۰ F°

برای هر دستگاه چیلر یک دستگاه برج خنک کن مطابق مشخصات زیر انتخاب می‌گردد.

کارخانه سازنده	SHINWA	
مدل	۱۰۰ASY	
گذر آب (دبی) هر دستگاه	۳۳۸.۲	*GPM*
وزن در حال کار	۱.۵۱	*TON*
ابعاد دستگاه به متر	L(۲,۹۹),W(۱,۸۵),H(۲,۱٤)	
توان	۲.۲	*Kw*
V-PH-HZ	۳۸۰-۳-۵۰	
تعداد	۱ دستگاه	
هد پمپ	۳ *m*	
محل نصب	بام	

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با تیپ و اقلیم شهر و موقعیت ساختمان و اتلافات حرارت برای هر جداره آن آشن / ۲۳۷

۹-۳-۸-۴- محاسبه و طراحی منبع انبساط باز چیلر

با توجه به محاسبات صفحه قبل

BTU/Hr Qقدرت برودتی چیلر = ۹٦۰,۰۰۰

Kcal/Hr Qقدرت برودتی چیلر = ۲٤۱,۹۲۰

lit Vحجم منبع انبساط = ۲۵۰

قطر لوله رفت به منبع $d = ۱۵ + ۱,۵ \times (\sqrt{Q/1000})$

mm dقطر لوله رفت به منبع = ۳۸,۳۳

in ds = ۱ ۱/۲

in ds = ۱ ۱/۲ "

جدول مشخصات فنی منابع انبساط باز

ابعاد مخزن بر حسب میلیمتر	محل نصب	حجم بر حسب لیتر	تعداد	ضخامت ورق
۵۰۰×۵۰۰×۱۰۰۰	پشت بام	۲۵۰	۱	۲
شمار محصول:	OPEN EXPANSIONTANK- IRAN COIL			

۹-۳-۸-۵- محاسبه و طراحی پمپ‌های برج خنک کننده

با توجه به میزان گذر جریان درکندانسور چیلر که برابر با ۳۳۸.۲ گالن بر دقیقه می‌باشد، خواهیم داشت :

با توجه به تعداد ۱ پمپ در حال کار دبی تقسیم بر ۱ می‌شود:

دبی هر پمپ = *GPM* ۳۳۸.۲/ ۱ = ۳۳۸.۲

دبی هر پمپ M^3/Hr = ۷٦,۸ / ۱ = ۷٦,۸

طول مسیر L = ۵۰ *m*

افت فشار مسیر = ۱,۵ × ۵۰ × ۲,۵/۱۰۰ × ۲ = ۳,۷۵ *(m)*

افت فشار برج = ۳ *(m)*

افت فشار کندانسور چیلر =۸,۱ *(m)*

افت فشار کلی =۱٤,۸٥ *(m)*

H = ٤٨,٨ *ft* = ١٤,٨٥ *m*
Q = ٣٣٨,٢ *GPM* = *76.8 M³ /Hr*

۲ دستگاه پمپ ساخت کارخانه پمپیران با مشخصات فنی زیر انتخاب می‌شوند. یکی از پمپ‌ها به صورت رزرو می‌باشند.

مدل	۸۰-۲۵۰	
قدرت مصرفی	۱۰	HP
سرعت	۱۴۵۰	RPM
V-PH-HZ	۳۸۰-۳-۵۰	
تعداد	۲	
قطر پروانه	۲۴۰ (mm)	

۹-۳-۸-۶- محاسبه و طراحی دیگ حرارتی

بار حرارتی منبع ذخیره آبگرم Q= ۹۹,۹٦۰ *BTU/Hr*

بار حرارتی گرمایش Q= ٤۳٦,۲۰۰ *BTU/Hr*

بار حرارتی کل Q= ٥۳٦,۱٦۰ *BTU/Hr*

با احتساب ۱۰ درصدد ضریب اطمینان خواهیم داشت:

۵۳۶,۱۶۰ × ۱.۱ = ۵۸۹,۷۷۶ *BTU/Hr*

بار حرارتی Q = ٥۸۹,۷۷٦ × ۰,۲٥۲= ۱٤۸,٦۲٤ *Kcal/Hr*

بار حرارتی دیگهای حرارت مرکزی =۱۷۲,۸ *Kw*

برای این پروژه تعداد۲ دستگاه دیگ حرارت مرکزی در حال کار در نظر گرفته می‌شود که ظرفیت هر یک از دیگها برابر ۶۶٪ ظرفیت کل مورد نیاز خواهد بود.

با در نظر گرفتن تعداد دیگهای در حال کار = ۱٤۸,٦۲٤ × ۰,٦٦ = ۹۸,۰۹۲ *Kcal/Hr*

= ۱۱٤ *Kw*

۲ دستگاه دیگ حرارت مرکزی با مشخصات زیر در نظر می‌گیریم.

شرکت پاکمن	کارخانه سازنده
فولادی آب داغ	نوع دیگ
PHWB-۱۰	مدل
۱۱۷ kw – ۱۰۰,۰۰۰KCAL/Hr	ظرفیت دیگ حرارت مرکزی
H(۱,۲۸)-L(۱,۷٤)-W(۱,۰٥)	طول – عرض – ارتفاع(*cm*)
۲ دستگاه	تعداد

۹-۳-۸-۷- محاسبه و طراحی منبع انبساط باز و بسته (دیافراگمی) گرمایی

در صورتی که مبنای عملکرد در نظر گرفتن منبع انبساط بسته (دیافراگمی) برای طرح باشد، با توجه به ویژگیهای سیستم ۲ منبع انبساط بسته از نوع دیافراگمی (غشایی) به حجم ۱۱۰ لیتری در نظر می‌گیریم و نیز حجم منبع انبساط باز بدین صورت خواهد بود:

$V = ۱,٥\ Q / ۱۰۰۰ = (۱,٥ \times ۱۰۰,۰۰۰) / ۱۰۰۰ = ۱٥۰$ Lit

Lit ۱٥۰ = V *حجم منبع انبساط باز*	
۲ = *تعداد*	

قطر لوله رفت به منبع $d = ۱٥ + ۱,٥ \times (\sqrt{Q/1000})$

$d = ۳۰$ *mm* قطر لوله رفت به منبع

$ds = ۱ ¼$" *in/ each boiler*

$ds = ۱ ¼$" *in*

قطر لوله برگشت به منبع $d = ۱٥ + (\sqrt{Q/1000})$

$d = ۲٥$ *mm* قطر لوله برگشت به منبع

$ds = ۱$" *in/ each boiler*

ds =۱" *in*

جدول مشخصات فنی منابع انبساط باز

محل نصب	حجم بر حسب لیتر	تعداد	ضخامت ورق	ابعاد مخزن
پشت بام	۱۵۰	۲	۲*mm*	۵۰۰×۵۰۰×۶۰۰
شماره محصول:	OPEN EXPANSION TANK- IRAN COIL			

۹-۳-۸-۸- محاسبه و انتخاب مشعل

m ۱۲۹۰ =ارتفاع منطقه

kcal/m³ ۹۴۰۷ = ارزش حرارتی سوخت در کنار دریا

۱۲۹۰ × ۰.۰۴ / ۳۰۰ = ۰.۱۷۲

۱۰۰٪ - ۱۷.۲٪ = ۸۳٪

kcal/m³ ۰,۸۳*۹٤۰۷= ۷۸۰۷,۹ =ارزش حرارتی سوخت در ارتفاع پروژه

kw ۹,۰۷ =ارزش حرارتی سوخت در ارتفاع پروژه

kcal/hr ۱۰۰,۰۰۰ = قدرت حرارتی هر دیگ

kw ۱۱۷ =قدرت حرارتی هر دیگ

مصرف گاز هر مشعل بر حسب متر مکعب بر ساعت خواهد بود:

M³ /Hr ۱۱۷/ ۹,۰۷ = ۱۲,۹ =مصرف گاز هر مشعل

با توجه به ویژگی‌های طرح در نظر گرفتن یک مشعل دو گانه سوز به همراه یک مشعل گاز سوز ضروری به نظر می‌رسد، تا در صورت افت احتمالی فشار گاز منطقه، گرمایش مورد نیاز ساختمان قطع نشده و توسط مشعل دوگانه سوز(گاز سوز، گازوئیل سوز) تامین شود:

کارخانه سازنده	ایران رادیاتور
مدل مشعل گاز سوز	JGN ۸۰/۰
تعداد	۱

کارخانه سازنده	ایران رادیاتور
مدل مشعل دو گانه سوز	DJ ۲
تعداد	۱

۹-۳-۸-۹- محاسبه حجم منبع سوخت مشعل دوگانه سوز

حجم منبع سوخت با توجه به میزان سوخت مصرفی مشعل و مدت زمانیکه مایلیم سوخت را ذخیره کنیم، به این صورت خواهد بود:

حجم منبع سوخت (لیتر) = W × ۱,۲ × A × n ×B

W =میزان مصرف سوخت مشعل (Kg/ Hr)

A = تعداد ساعات کار سیستم در شبانه روز

n =تعداد روزهایی که مایلیم سوخت را در منبع ذخیره کنیم

B = درصد انقطاع کار سیستم در شبانه روز

۱,۲ = حجم مخصوص گازوئیل (Lit / Kg)

با توجه به اینکه ظرفیت حرارتی گازوئیل معادل Kcal / kg ۱۰,۰۰۰ در نظر گرفته شـــده است، خواهیم داشت:

حجم منبع سوخت (لیتر) = W × ۱,۲ × A × n ×B

حجم منبع سوخت (لیتر) = ۱۰ × ۱,۲ × ۲٤ × ۳۰ ×۰,٦

حجم منبع سوخت (لیتر) = ۵۱۸۴ Lit

حجم منبع سوخت گازوئیل مورد نیاز برابر با ۵۰۰۰ لیتر خواهد بود.

۹-۳-۸-۱۰- محاسبه و طراحی دودکش هر بویلر

محاسبه قطر دود کش بر اساس ظرفیت دیگ حرارتی و ارتفاع دود کش بدین شرح می‌باشد. چنانچه ظرفیت دیگ حرارت مرکزی در حدود ظرفیتهای زیر باشد.

$$۴۰۰۰ \ kcal/hr < Q < ۲۵۰۰۰۰۰ \ kcal/hr$$

$$A = \frac{Q + ۱۰۰۰}{\sqrt{H}\ (۲۵ + ۲ * \sqrt[۴]{Q})}$$

با فرض :

$H = ۳۵ \quad m$

با توجه به محاسبات صفحه قبل داریم:

Q = ۱۰۰, ۰۰۰ قدرت حرارت دیگ مرکزی *kcal/hr*

$$A = \frac{100000 + 1000}{\sqrt{35}(25 + 2 \times \sqrt[4]{100000})}$$

A = ۲۸۲ cm^2

A = ۲۸۰ cm^2

ابعاد مقطع دایره‌ای شکل *Diameter* = ۲۰cm

ضخامت ورق	۳ *mm*
وزن ورق	۶۶۴ *kg*

۹-۳-۸-۱۱- محاسبه و طراحی مخزن آب مصرفی و آتش نشانی

تعداد کل نفرات ساکن را ۲۰۰ نفر در نظر می‌گیریم و به ازای هر فرد ۳۵ لیتر مصرف را در شبانه روز در نظر می‌گیریم.

۲۰۰ × ۳۵ = ۷۰۰۰ *lit*

حجم نهایی مخزن ذخیره آب مصرفی بهداشتی ۷ متر مکعب خواهد بود

حجم ذخیره مورد نیاز آتش نشانی:

دبی یک جعبه آتش نشانی در حال کار ۵۰ GPM و حداقل مدت زمانیکه یک جعبه بتواند کار کند نیم ساعت می‌باشد. و به ازای دبی هر جعبه ۵۰ GPM را در نظر می‌گیریم.

تعداد جعبه در حال کار = ۲

۲ × ۵۰ = ۱۰۰ *GPM*

۳۰ × ۱۰۰ = ۳۰۰۰ *GAL*

$۳۰۰۰ \times ۴ = ۱۲۰۰۰$ *lit* $= ۱۲$ m^3

بنا براین حجم آب مورد نیاز آتش نشـــانی ۱۲ متر مکعب خواهد بود. حجم نهایی مخزن ذخیره آب بهداشتی بهمراه آب آتش نشانی ۱۹ متر مکعب خواهد بود:

حجم مخزن ذخیره آب آتش نشانی ۱۲ متر مکعب خواهد بود.
حجم نهایی مخزن ذخیره آب ۱۹ متر مکعب خواهد بود.

۹-۳-۸-۱۲- محاسبه و طراحی بوستر پمپ آتش نشانی

دبی هر یک از پمپ‌ها معادل کل دبی مورد نیاز و برابر با GPM ۱۰۰ می باشـــد و تعداد جعبه‌های در حال کار را ۲ عدد در نظر می‌گیریم. برای محاســـبه هد مورد نیاز می‌بایســـتی افت هر قسمت لوله کشی را جدا گانه محاسبه نمود.

طول مسیر = ۴۰ متر

افت مسیر m $P_۱= ۱,۵ \times ۴۰ \times (٤/۱۰۰) = ۲,٤$

$P_۲ = ۳۰$ فشار مورد نیاز در سر نازل m

ارتفاع بالاترین جعبه در ساختمان $P_۳ = ۳۰$ m

$P_t = P_۱ + P_۲ + P_۳ = ٦۲,٤$ m

H = ٦۲,٤ *m* = *205 ft*

Q = ۲۳ *m³ / Hr* = *100 GPM*

۲ دســتگاه پمپ ســاخت کارخانه پمپیران با مشـخصـات فنی زیر انتخاب می‌شـود. یکی از پمپ‌ها بصورت رزرو می‌باشد:

مدل	WLK ۵۰-۲a
تعداد	۲
برق مصرفی	۳۸۰-۳-۵۰
سرعت	۲۹۰۰ RPM

۱۵ HP	قدرت مصرفی

۹-۳-۸-۱۳- محاسبه و طراحی بوستر پمپ آبرسانی

برای بوستر پمپ آبرسانی ۲ دستگاه پمپ اصلی به همراه یک پمپ رزرو در نظر گرفته می‌شود که دبی هر یک از پمپ‌ها ی اصلی معادل نصف دبی مورد نیاز و برابر با ۵۰٪ از کل دبی می‌باشد. برای محاسبه هد مورد نیاز می‌بایستی افت هر قسمت لوله کشی را جدا گانه محاسبه نمود.

ردیف	واحد مصرف	تعداد	FU	TOTAL
۱	شیر مخلوط توالت عمومی	۲۰	۴	۸۰
۲	فلاش تانک توالت عمومی	۲۰	۵	۱۰۰
۳	شیر مخلوط دستشویی عمومی	۲۰	۲	۴۰
۴	سینک ظرفشویی اداری	۱۰	۴	۴۰
۵	شیر مخلوط تی شور	۱۰	۴	۴۰
۶	آبسرد کن	۱۰	۱	۱۰
جمع				**۳۱۰**

D. F.U.=۳۱۰واحد مصرف ناحیه اول ساختمان

$= 88\ GPM$

با توجه به تعداد پمپ‌های اصلی که ۲ تا می‌باشد، دبی تقسیم بر۲ می‌شود :

GPM ۸۸ / ۲ = ۴۴

m ۶۰ =طول مسیر

m $P_1 = 1,5 \times 60 \times 2,5 / 100 = 2,25$

m ۳۰ =ارتفاع

فشار پشت شیر ۱۰ m

افت فشار کلی ۴۲,۲۵ m

H = ۴۲,۲۵ *m* = *138.7 ft*

Q = ۱۰ *m³ / Hr* = *44 GPM*

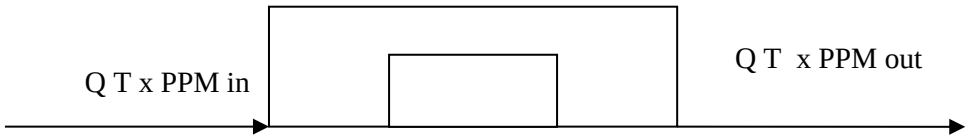
۳ دستگاه پمپ ساخت کارخانه پمپیران با مشخصات فنی زیر انتخاب می‌شود. یکی از پمپ‌ها رزرو می‌باشد.

مدل	WLK ٤٠-٦
تعداد	۳
برق مصرفی	۳۸۰-۳-۵۰
سرعت	۱۴۵۰ RPM
قدرت مصرفی	۴ HP

۹-۳-۸-۱۴- محاسبه و انتخاب سختی گیر

در این پروژه آب پر کن سیستمهای گرمایشی و مصارف مورد نیاز تاسیسات سختی‌گیری می‌شود.مقدار سختی گیری PPM ۳۵۰ است. مقدار GPM ۵.۴ دبی سختی گیری مناسب است:

$$(Q\ T - X) \times PPM\ in$$



که GPM ۵.۴ از اینجا بدست آمده است. با توجه به ظرفیت چیلر شعله مستقیم که ۸۰ تن برودتی می‌باشد، خواهیم داشت:

۸۰ × ۴ = ۳۲۰ GPH

۳۲۰ / ۶۰ = ۵.۴ GPM

$$GRAIN/_{DAY} = \frac{۳۵۰ * ۸ * ۶۰ * ۵.۴}{۱۷.۱} = ۵۳۰۲۱$$

GRAIN /DAY = ٦٠٠٠٠

آب اندیش	کارخانه سازنده
S.۳۰	مدل

۳/۴"	قطر لوله
۲.۵	گذر آب بر حسب متر مکعب بر ساعت
۳.۵	افت فشار بر حسب بار
۳۰	قطر حسب سانتیمتر
۵۰ Lit	RESIN

۹-۳-۸-۱۵- محاسبه و طراحی پمپ‌های فن کویلهای سرمایشی- گرمایشی

با توجه به میزان گذر جریان در اواپراتور چیلر که برابر با ۲۱۴ گالن بر دقیقه می‌باشد، و با توجه به تعداد ۲ پمپ در حال کار دبی هر پمپ تقسیم بر۲ می شود:

دبی هر پمپ GPM ۲۱۴ / ۲ = ۱۱۲

دبی هر پمپ M^3/Hr ۴۸.۶ / ۲ = ۲۴.۳

طول مسیر *(m)* L = ٦٠

افت فشار مسیر = ۱,٥ × ٦٠ × ۲,٥/۱۰۰ ×۲ = ٤,٥ *(m)*

افت فشار کلکتور = ۱ *(m)*

افت فشار اواپراتور چیلر = ٥,۳ *(m)*

افت فشار فن کویل = ۲ *(m)*

افت فشار کلی=٤۲ *(ft)*

افت فشار کلی= ۱۲,۸ *(m)*

H = ٤۲ *ft* = *12.8 m*

Q = ۱۰۷ *GPM* = *24.3 M³/Hr*

۳ دستگاه پمپ ساخت کارخانه پمپیران با مشخصات فنی زیر انتخاب میشوند. یکی از پمپ‌ها به صورت رزرو می‌باشند.

۵۰-۲۰۰	مدل
۳HP	قدرت مصرفی

در فصل قبل گفته شد که برای بدست آوردن بار حرارتی ساختمان یا از طریق محاسبات دستی باید عمل کرد یا از طریق محاسبه آن با نرم افزار کریر. جهت انجام محاسبات بار حرارتی به صورت دستی هم باید با تیپ و اقلیم شهر و موقعیت ساختمان و اتلافات حرارت برای هر جداره آن آشن / ۲۴۷

قطر پروانه	۲۰۹ mm
سرعت	۱۴۵۰ RPM
تعداد	۳

فصل دهم: صرفه جویی انرژی درموتورخانه

۱-۱۰- نقش درجه حرارت بحرانی بیرون در صرفه جویی انرژی

از آنجایی که نصب دستگاه‌های تهویه مطبوع و حرارت مرکزی مستلزم سرمایه گذاری سنگین بوده و همچنین هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیز به آن اضافه میگردد، انتخاب بهینه این سیستمها بسیار مهم است. نکته مهم آنکه محاسبه ظرفیت این دستگاه‌ها تابعی از شرایط محیط داخل و شرایط محیط بیرون میباشد که شرایط محیط بیرون با توجه به اطلاعات ثبت شده اداره هواشناسی هر منطقه بر اساس دستورالعمل و با عملیات آماری قابل دستیابی میباشد. مطابق استاندارد Ashrea یک دسته بندی کلی شامل پارامترهای ٪۱، ٪۲.۵، ٪۵ و ۹۹%، ٪۹۷.۵، ٪۹۵از دماهای خشک و مرطوب و همچنین رطوبت نسبی انجام میگیرد.

همچنین مطابق این استاندارد نیز می‌توان میزان سمت و سرعت باد را نیز طبق محاسبات ویژه‌ای تعیین نمود. نقاط تعیین شده دارای این ویژگی هستند که با قابلیت اعتماد مناسبی میتوان بار حرارتی و برودتی ساختمان را باتوجه به نوع و موقعیت جغرافیایی آن محاسبه نمود. بدین معنی که تجهیزات گزینش شده بر اساس بار بدست آمده در شرایط فوق بیش از ۹۹٪یا ۹۷.۵٪ یا ۹۵٪ کل ساعات شبانه روز از یک فصل بحرانی، تابستان یا زمستان به بار حرارتی یا برودتی واقعی پاسخ میدهد. لذا میتوان با توجه به میزان حساسیتی که در ساختمان مورد نظر در مقابل تغییرات شرایط جوی حاکم است یکی از پارامترهای فوق را بعنوان مبنای طراحی برگزید تا تجهیزات مناسب گزینش گردد.

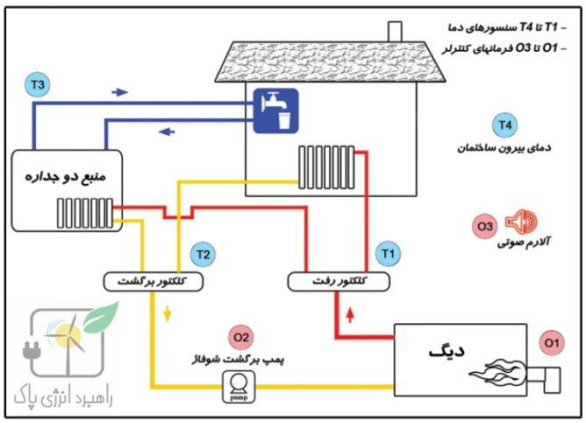
بدین ترتیب به میزان زیادی در هزینه‌ها صرفه جویی شده و از گزینش تجهیزاتی که در اغلب ساعات شبانه روزی تحت باری خیلی کمتر از بار نامی خود کار میکنند(تجهیزاتی با ضرایب اطمینان کاذب) پرهیز میگردد.از دیرباز تا کنون تهیه محیط مناسب برای زندگی در فصول مختلف سال یک مسئله حیاتی بشمار میرفته است. انسان همواره برای گرم کردن خود در ماه‌های سرد سال و بویژه در مناطق سردسیر با مشکلات عدیده‌ای روبرو بوده

است.این مشکل یعنی عدم وجود شرایط محیطی مناسب در ماه‌های گرم سال بویژه در مناطق گرمسیر بروز میکند که آن عبارت از ایجاد روشی مناسب برای کاهش درجه حرارت به منظور نگه داشتن بدن در محیط خنک میباشد.نکته‌ای که از مطالب فوق نتیجه میشود آن است که چه در شرایط سرد و چه گرم بایستی میزان انتقال حرارت معینی بسته به نوع فعالیت انسان بین اندامهای فرد و محیط پیرامونش انجام شود تا انسان احساس راحتی کند. یکی از پارامترهای اصلی موثر بر این انتقال حرارت اختلاف دمای بین بدن انسان و محیط می‌باشد که در واقع کار عمده سیستمهای تهویه مطبوع این است که شرایطی را در داخل ساختمان ایجاد نماید تا مقدار انتقال حرارت مناسب صورت پذیرد و هدف اصلی که همانا راحتی انسان است تحقق پذیرد.با توجه به اینکه امروزه به منظور رشد و توسعه هرچه بیشتر صنایع مختلف تاسیس مراکز بزرگ صنعتی، تجاری، مسکونی و خدمتی با ساختمانهای مدرن مجهز امری انکار ناپذیر مینماید، نصب تاسیسات تهویه مطبوع به منظور تامین آسایش افرادی که در این مکانها به کار و فعالیت مشغول اند ضروری به نظر می‌رسد. امروزه با توجه به توجه جهانی به مصرف بهینه سوخت و بازیافت انرژی استفاده از وسایل خنک کننده و گرم کننده بیش از نیاز ساختمانها و ملحوظ کردن ضرایب طراحی کاذب همچنین کاربری این تجهیزات تحت بار کمتر از بار نامی آنها معقولانه به نظر نمیرسد. انتخاب بهینه شرایط محیط بیرون بجای انتخاب شرایط بسیار بحرانی (که ممکن است هیچگاه در آن منطقه جغرافیایی بوجود نیاید)میتواند نقش عمده‌ای در کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های مربوط به تجهیزات تهویه مطبوع داشته باشد. متاسفانه در حال حاضر در ایران بدلیل اینکه در زمینه محاسبه شرایط استاندارد محیط جهت براورد بار بحرانی تحقیقی انجام نشده است، روش‌های موجود برای انتخاب شرایط محیط بیرون و نهایتا محاسبه بار حرارتی و برودتی منجر به حدس و گمان و بعضا اعمال سلیقه شخصی میگردد که البته این موضوع برای افرادی که این محاسبات را انجام میدهند خالی از منفعت شخصی نیست.

۲-۱۰- برآورد فضای لازم برای موتورخانه

وقتی ساختمان جدیدی طراحی می‌شود به ندرت پیش می‌آید که طراح تاسیسات برای طراحی و ترسیم نقشه‌های موتور خانه اطلاعات کافی در اختیار داشته باشد.بنابراین اغلب برای تخمین فضای مورد نیاز موتورخلنه و چیدن دستگاه‌های مختلف در این فضا از

برآوردهای سرانگشتی استفاده می‌شود.نوع سیستم تاسیساتی مورد استفاده،شکل وترکیب ساختمان، دمای طرح داخل و خارج وچندین پارامتر دیگر در برآورد فضای لازم برای موتورخانه دخیلند.طرح نهایی معمولا با میان گیری بین آنچه مهندس تاسیسات می‌خواهد وآنچه مهندس معمار راضی به تامین آن است،حاصل می‌شود.گرچه ساختمانها از نظر طرح متفاوتند،اما تعیین مساحت لازم برای موتور خلنه برپایه اصولی انجام می‌گیرد که برای بیشتر ساختمانها قابل اجراست.این مساحت را اغلب می‌توان برحسب درصدی از مساحت کل کف ساختمان بیان کرد.



شکل ۱-۱۰ : شماتیکی از لوله کشی آب کرم و آب سرد

فضای لازم برای دستگاه‌های مکانیکی و الکتریکی(موتورخانه) فضای کل مورد نیاز برای نصب دستگاه‌ها و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی(موتورخانه) بین۴تا۹ درصد مساحت زیربنای ساختمان است که برای اغلب ساختمانها بین۶ تا ۹ درصد می‌باشد. از دیدگاه مهندسی،ایده آل این است که فضای اختصاص یافته برای موتور خانه یا اتاق‌های هواساز نسبت به ساختمان موقعیت مرکزی داشته باشند که این موجب کاهش طول واندازه کانالها و لوله ها،ساده ترشدن طرح شفتها، تمرکز ونتیجتا تسهیل کار سرویس و نگهداری تاسیسات خواهد شد.این امر همچنین موجب کاهش قدرت مورد نیاز برای موتور بادزنهاو پمپ‌ها شده وهزینه عملکرد سیستم را پایین می‌آورد. اما به دلایل بسیار اغلب امکان دادن فضای مرکزی ساختمان موتورخانه تاسیسات یا اتاق هواساز و غیره وجود نداردواما دست کم باید سعی شود که تا حد امکان موتورخانه تاسیسات مکانیکی ؛تجهیزات الکتریکی وسیستم آب و فاضلاب ساختمان در جنب یکدیگر قرار گیرند. محل موتورخانه تاسیسات معمولا در

زیرزمین یا طبقات پایین‌تر ساختمان است.ارتفاع سقف این فضاها برحسب چگونگی کانال کشی،لوله کشی واندازه دستگاه‌ها وتجهیزات؛باید بین۱۲تا۲۰ فوت(۴تا۶ متر)باشد. برخی از تجهیزات hvac از نظر محل نصب بسیار انعطاف پذیرند؛به طوری که مثلا گاهی به لحاظ اقتصادی چیلر را روی پشت بام نصب میکنند.گرچه به این ترتیب هزینه‌های مربوط به مستحکم کردن سازه پشت بام و کارهای الکتریکی افزایش می‌یابد،اما این خرجها با صرفه جویی حاصله در لوله کشی و انرژی مصرفی وکاهش هزینه‌های مربوط به کار دستگاه در فشار پایین‌تر جبران می‌شود.حتی دیگ را هم می‌توان روی پشت بام نصب کرد.با این کار دیگر احتیاجی به تعبیه دودکش در ساختمان نیست.استفاده از سوخت گاز عملی‌تر وکم هزینه‌تر از گازوئیل است چرا که دیگر به منبع ذخیره گازوئیل وملزوماتی مثل سیستم پمپاژ سوخت و لوله کشیهای مربوطه نیازی نیست. با استفاده از وسایل بازیابی گرما همواره با دستگاه چیلر می‌توان سایز دیگ را به میزان قابل توجهی کاهش داده وفضای بزرگی را در موتورخانه صرفه جویی کرد. نصب برج خنک کن نیزاغلب مشکلاتی را به همراه دارد.در بیشتر موارد،خصوصا در ساختمانهای بزرگ،استفاده از برج خنک کن ضروری است.چنانچه طبق طرح قراربا‌شد برج خنک کن روی سطح زمین مستقر شود باید حداقل ۱۰۰فوت(۳۰متر)با ساختمان فاصله داشته باشد به دو دلیل: یکی دوری جستن از سروصدای برج خنک کن که موجب آزار ساکنین ساختمان می‌شود،ودیگری جلوگیری از ورود هوای مرطوب خروجی از برج خنک کن به داخل ساختمان از طریق درها وپنجره ها. همین فاصله باید نسبت به پارکینگ نیز منظور شود چرا که رطوبت هوای خروجی از برج خنک کن به دلیل محتوای مواد شیمیایی آن ممکن است به رنگ اتومبیلها صدمه بزند. وقتی قرار است برج خنک کن روی پشت بام نصب گردد باید حتما برای جلوگیری از انتقال ارتعاشات و سروصدای آن به ساختمان تمهیدات لازم اندیشیده شوند. بعضی از انواع برج خنک کن نسبت به برخی دیگر کم صداتر هستند که این پارامتر هنگام انتخاب برج باید لحاظ شود. کف برج خنک کن،خاصه در انواع بزرگ آن باید روی شاسی فولادی به بلندی ۴تا۵ فوت(حدود۱/۵متر)قرار گیرد تا کارهای لوله کشی وتعمییر ونگهداری به راحتی صورت پذیرند. فضای لازم برای اتاق هواساز وبادزن در ساختمانهای چندطبقه اتاقهای هواساز وبادزن زیرزمینها وطبقه اول معمولا در طبقات پایینی ساختمان در نظر گرفته می‌شوند حالا یا در خود زیرزمین یا در طبقه دوم.چنانچه اتاقهای هواساز در طبقه دوم

باشـند،دسـترسـی به هوای تازه خارج وتخلیه هوای داخل وهمچنین نقل وانتقال تجهیرات راحت‌تر اسـت.در سـاختمانهایی که سـطح زیربنای طبقات وسـیع باشـد اغلب از چند اتاق هواسـاز در هر طبقه اسـتفاده می‌شـود. اما در بسـیاری از سـاختمانهای مرتفع یا اصطلاحا"برج"ممکن است یک اتاق هواساز برای۱۰تا۲۰ طبقه مورد استفاده قرار گیرد ؛یک اتاق هواسـاز برای طبقات پایینی،یکی برای طبقات میانی سـاختمان ویک اتاق هواسـاز هم روی پشـت بام برای طبقات بالایی ساختمان. مقررات جدید بناهای مرتفع ایجاب میکند که ساختمانها در سطح یا ارتفاع به چند بخش تقسیم شوند تا ایمنی ساکنین در صورت بروز آتش سوزی بهتر تامین گردد واین ممکن است روی تعداد و وسعت اتاقهای هواساز و محل آنها تاثیر بگذارد.ولی به هر حال محل اتاق هواساز باید در جایی باشد که از نظر کانال کشی حداکثر تسـهیلات وحداقل هزینه را در بر داشـته باشـد. این مهم اسـت که شـفتها از راه پله وچاه آسانسور حداقل دوبرابر عرض خود فاصله داشته باشند تا بتوان در هر طبقه کار لوله کشی،کانال کشی وسیم کشی را در سقف یا کف به مقصد مورد نظر انجام داد.عموما اجرای شـفتهایی با نسـبت ظرافت (Aspect Ratio)از۲:۱ تا۴:۱ راحت‌تر از شـفتهای گرد اسـت.سـایز،تعداد ومحل شـفتها در سـاختمانهای مرتفع حائز اهمیت اسـت.از دیدگاه مهندسـی،مطلوب این اسـت که کانال کشـی بیشـتر به طور قائم صـورت گیردوحتی المقدورکانال کشی افقی کمتر باشد تا هزینهای مربوطه کاهش یابد؛بالانس سیستم آسانتر صورت گیرد،برخورد با سیستم لوله کشی و ستونهای فلزی ساختمان وسیستم روشنایی وغیره کمتر شود وبالاخره به مهندس معمار این امکان را بدهد که فاصله کف تا کف طبقات را کم کند.تعدادشفتها تابعی از فرم و وسعت ساختمان است.اما در ساختمانهای بزرگ از جنبه‌های مختلف،عاقلانه‌تر این است که بجای یک شفت بزرگ،چندشفت کوچکتر منظور گردد.همچنین ممکن است مطلوب باشد که شفتهای کانالهای رفت وبرگشت مجزا باشند تا شمار تقاطع کانالها به حداقل رسیده وکار کانال کشی راحت‌تر صورت پذیرد.ایده آل این است که برای شفتها۱۰تا۱۵ درصد فضای اضافی جهت توسعه یا تغییرات آینده منظور گردد.

شکل ۲-۱۰: تصویری از یک موتورخانه گرمایش که با استفاده از عایقکاری مناسب مصرف انرژی را کاهش داده است

۳-۱۰- راه‌اندازی سیستم گرمایش و ایمنی موتورخانه

در آغاز فصل پاییز کم کم زمان سرویس سالانه و راه اندازی سیستمهای گرمایش مرکزی فرا می‌رسد.چنانچه این کار به درستی انجام گیرد،می توان تا حد زیادی از صحت کار سیستم در طول فصل سرد مطمئن بود.مواردی مثل تمییزکردن داخل دیگ و دودکش و در صورت لزوم،معاینه و بازرسی اجزاء سیستم از قبیل منابع دوجداره وانبساط،معاینه عایق کاری لوله‌های بیرونی و غیره از ساده‌ترین کارهایی هستند که در شروع فصل راه اندازی صحیح این دستگاه واجد اهمیت اساسی است.بدین لحاظ ابتدا چگونگی سرویس راه اندازی مشعلهای گازی وگازوئیلی،وسپس نکاتی در خصوص ایمنی موتورخانه ذکر می‌شوند.

۱-۳-۱۰- سرویس و راه اندازی مشعل گازوئیلی

شکل ۳-۱۰: نمونه‌ای از یک مشعل گازوییلی و ساختمان آن

سرویس مشعل گازوئیلی حداقل باید سالی یکبار به ترتیب زیر انجام گیرد:

-کلید برق مشعل را در وضعیت خاموش قراردهید.

-ترموستات وآکوستات را روی درجه مطلوب قرار دهید.

-نازل را از نظرتمییزی بررسی کرده اطمینان حاصل کنید که اندازه آن با ظرفیت حرارتی دیگ تناسب دارد.

-الکترودها باید تمیز و در جای خود محکم باشند و فاصله آنها نسبت به هم ونسبت به نازل باید طبق توصیه کارخانه باشد که معمولا چنین است:

=فاصله دوالکترود۳تا۴ میلی متر؛

=فاصله هر الکترودا‌ز محور نازل۹ میلی متر؛

=فاصله الکترودها از نوک نازل۰ تا ۳میلی متر؛

=فاصله الکترودها از دیگر قسمتهای فلزی مشعل بیش از ۶میلی متر؛

-فاصله شعله پخش کن تا نازل باید متناسب با زاویه نازل و مطابق دستورالعمل کارخانه تنظیم شود.

-فتوسل را بیرون آورده با یک پارچه خشک ونرم آن را تمییز کنید.

-اتصال کابلهای ولتاژ قوی ترانسفورمر و کیفیت اتصال فیش کابلهای جرقه به الکترودهای جرقه را بررسی کرده و از صحت آنها مطمئن شوید.

-در مشعلهایی که پمپ توسط کوپلینگ به محور الکتروموتور اتصال دارد،دریچه تنظیم

هوای مشعل را کاملا باز کرده از استحکام کوپلینگ بین پمپ وموتور خاطر جمع شوید. بعد دریچه تنظیم هوا را طوری ببندیدکه حدود۳ میلی متر باز باشد.

-از وجود گازوئیل در منبع اطمینان حاصل کرده وشیرهای مربوطه را باز کنید.

از وجود آب در دیگ و رادیاتورها مطمئن شوید.

-کلیداستارت مشعل را بزنید.

-پمپ گازوئیل را هواگیری کنید.البته در سیستم دو لوله‌ای هواگیری خودبه خود صورت میگیرد.چنانچه براثر طولانی بودن لوله کشی افقی یا قائم پمپ قادر به مکش اولیه نبود،سمت مکش را باز کرده گازوئیل را به طور دستی بریزید وپرکنید،بدین ترتیب پمپ کار میکند.حال خلاءسنج رابررسی کنید.اگر بعد از پر شدن لوله مکش خلاء وجود نداشته باشد دلیلش این است که یا پمپ کارنمی کند ویا اینکه در نتیجه لوله کشی غلط سمت مکش،نشتی زیاداست.

-پس از روشن شدن مشعل چنانچه شعله دود داشته باشد،دریچه هوا را که حدود۳ میلی متر باز است کم کم بازترکنید تا دود بکلی از بین برود.در صورت لزوم فشار پمپ را توسط آچار مخصوص تنظیم کنید.

-مشعل را چندبار خاموش وروشن کنید تا از صحت عملیات جرقه زنی و اشتعال اطمینان حاصل گردد.

عملکرد مشعلهای گازی:

مشعلهای گازی به دو قسمت عمده تقسیم می‌شوند:

۱- مشعلهای گازی بدون فن یا اتمسفریک

۲- مشعلهای گازی فن دار

باتوجه به اینکه کاربرد مشعلهای فن دار وسیعتر می‌باشد درزیربه شرح عملکرد مشعلهای فندار می‌پردازیم

هنگامی که درجه حرارت آب از میزان ست شده برروی ترموستات دیگ پایینتر آمد، ترموستات از طریق فاز ورودی به رله مشعل به موتورمشعل فرمان روشن شدن را می‌دهد(پایه شماره ۴ رله مشعل)و فن هوارا به محفظه احتراق هدایت می‌کند.

پس از طی شدن زمانهای tlw = max. reaction time for air proving system و tv_1= pre-purge time (که اصطلاحا به آن زمان پرج گفته شده ودراین زمان گازهای اضافی

داخل دیگ تخلیه می‌شـــوندوســـوخت بهترمنتقل می‌شـــود، این زمان در رله‌های مختلف متفاوت اســـت) جریان برق به ترانســـفورماتور جرقه می‌رســـدو ســـرالکترودها جرقه ایجاد می‌گردد.(پایه شماره ۳ رله مشعل).ترانسفورماتور جرقه می‌بایستی ولتاژ بالایی در حدود ۱۰۰۰۰ ولت ایجاد کند.

پس از طی شدن زمان tvz = pre-ignition time شیربرقی گاز باز می‌شود (پایه شماره ۵ رله مشعل)ودر محفظه احتراق مخلوط هوا و گاز مشتعل می‌گردد.

پس از طی شدن زمان ts = safety time جرقه زن متوقف می‌شود.

هنگامی که درجه حرارت آب به حدتعیین شده بر روی ترموستات رسیدموتورفن خاموش شده و شیر مغناطیسی نیزراه ورود جریان گاز را می‌بندد.

تجهیزات ایمنی جانبی :

۱- GAS PRESSURE (کنترل کننده فشار گاز ورودی) : درصورتیکه فشار گاز کاهش یابد این کنترل کننده شیر مغناطیسی گاز ورودی را می‌بندد.

۲- AIR PRESSURE (کنترل کننده فشار هوای ورودی) : درصورتیکه هوای کافی به مشعل نرسد راه ورود گاز رامسدود می‌کند.

۳- میله یونیزاسیون :به سبب آبی بودن شعله در مشعلهای گازی برای کنترل شعله از میله یونیزاسیون استفاده میشود ودرصورتیکه شعله خاموش شود موتورخاموش شده و رله مشعل اصطلاحا ریست می‌کند.

شکل ۴-۱۰: یک نمونه جعبه تقسیم مشعل گازوییلی

شکل ۵-۱۰: نمونه‌ای از مشعل گازوییلی و نقشه سیم کسی آن

۲-۳-۱۰- سرویس و راه اندازی مشعل گازی

شکل ۶-۱۰: یک مشعل گازی

بیش از روشن کردن مشعل اطمینان حاصل کنیدکه:

- دریچه هوا باز است؛
- ترموستاتها و آکوستات روی درجه مورد نظر قرار دارند؛
- برق مشعل وصل است؛
- سیستم شوفاژ پر از آب است؛
- جریان گاز به مشعل برقرار است؛

اکنون برای روشن کردن مشعل به ترتیب زیرعمل کنید:

- قبل از باز کردن شیر دستی گاز،دریچه تنظیم هوا را کاملا باز کرده مدار کلید فشاری گاز

را اتصـال کوتاه کنید وکلید اسـتارت را بزنید.بدین ترتیب مشـعل پس از اتمام زمان ایمنی خاموش می‌شود(رله ریست می‌کند).
-بعداز قطع کلید،اتصال کوتاه کلید فشاری گاز را برداشته ومشعل را روشن کنید.هنگام کار مشعل شیردستی گاز را ببندید،مشعل باید بلافاصله روشن شود.
-پس از حصول اطمینان از صحت اجزاء مشعل دریچه تنظیم هوا را کاملا بسته ومیزان گاز را به وسـیله رگلاتور یا شـیر مغناطیسـی کم کنید.حال مشـعل را روشـن کنید تا با حداقل ظرفیت مدتی کار کند.محل اتصالات گاز را از نظر نشتی با کف صابون آزمایش کنید.
-دبی گاز را زیاد کرده وبا افزتیش هوای ورودی موقتا شـــعله را تنظیم کنید تا دمای آب به ۷۰۰ °c برسد وسپس تنظیم کامل را انجام دهید.

۱۰-۴- عیب یابی ورفع عیب

در صورت بروز اشکال در کار مشعل، ابتدا موارد زیر باید برسی شوند :
۱-برق مشـعل ۲-مسـیر سـوخت {شـیرمغناطیسـی گاز و رگولاتور گازو کلید فشـار هوا}۳-وضعیت کلیدها روی پانل کنترل.

۱۰-۵- مشعل‌های گازوییلی

سرویس ونگهداری مشعل گازوییلی باید حداقل سالی یک بار به ترتیب زیر انجام گیرد.
کلید برق مشعل را در وضعیت خاموش قرار دهید.فتوسل رابیرون اورده با یک پارچه خشک ولطیف ان را تمیز کنید.اتصـال کابلهای ولتاژ قوی ترانسـفورمر را باز کنید.اتصـال لوله‌های ســوخت را از پمپ باز کرده.شـــعله پخش کن را باز کرده وان را تمیز کنیدنازل و اجزای داخلی ان را تمیز کرده.الکترود هارا به دقت تمیز کرده و در جای خود قرار دهید و بررســی کنید که تنظیم باشند.فیلتر داخل پمپ را خارج و به دقت تمیز کرده و در سر جای خودش قرار دهید.کابلها و لوله‌های باز شده را مجددا به نحو صحیح در سر جای خود قرار دهید.

۱۰-۶- عیب یابی و رفع عیب

در صورت بروز هر گونه اشکالی در کار مشعل ابتدا:
شرایط کار مشعل را بررسی کنید.اطمینان حاصل کنید که برق مشعل وصل است.اطمینان

حاصل کنید که جریان سوخت مشعل به طور صحیح بر قرار است.اجزاء تنظیم شدنی مشعل در وضـع مطلوب قرار دارد.مشـعل را خاموش و روشـن کنید تا از صـحت انجام این فرایند اطمینان حاصل کنید.

عیب و رفع عیب مشعل‌های گازوئیلی

عیب

فشار کافی نباشد

علت

فشارشبکه گاز کم است.

کلید فشارگازاز تنظیم خارج و یا معیوب شده است.

فیلتر کثیف شده است.

چگونگی رفع عیب آن:

کلید را تنظیم یا تعویض کنید.

فیلتر را تمیز کنید.

عیب

موتور کار نمی‌کند ولی اتصال برق بسته است.

کلید فشار هوا خراب است

کلید مشعل یا سیم کشی اشکال دارد

خازن موتور خراب است.

رله مشعل خراب است.

موتور خراب است.

چگونگی رفع عیب:

کلید فشار هوا را تعویض کنید.

کلید مشعل را تعویض کنید یا سیم کشی مشعل را بررسی و اشکال آن را رفع کند.

موتور را تعویض کنید

عیب

موتور کار نمی‌کند چون مدار برق مشعل مدار باز است.

علت

فیوزاصلی جریان برق سوخته است.
فیوزمخصوص مشعل سوخته است.
سیم کشی موتور به پایه رله اشکال دارد.
اکوستات درست تنظیم نیست.
کلیدفشارهوامعیوب است.

چگونگی رفع عیب

فیوز اصلی برق را تعویض کنید.
فیوز مخصوص مشعل را تعویض کنید.
سیم کشی موتور را بررسی و اشکال رابرطرف کنید.
اکوستات را بررسی و تنظیم کنید.
کلید فشار هوارا تعویض کنید.

عیب

مشعل درست کار نمی‌کند.
کلید فشار هوا از تنظیم خارج یا خراب شده است.

چگونگی رفع عیب

کلید فشار هوا را تنظیم یا تعویض کنید.

عیب

چند ثانیه پس از تشکیل شعله رله ریست میکند.

علت

میله یونیزاسیون کثیف یا اشکالی دارد.
رله خراب است.
بدنه مشعل اتصال زمین نشده است.
اتصال فاز ونول به پایه رله برعکس است.

چگونگی رفع عیب

وضعیت میله یونیزاسیون ومدار ان را بررسی و اشکال را برطرف کنید.
رله را تعویض کنید.
اتصال بدنه مشعل را به زمین وصل کنید.

فاز و نول را در جای خود صحیح وصل کنید.

عیب

جرقه زده نمی‌شود.

علت

الکترودهای جرقه اتصال کوتاه کرده اند یا خرابند.

کابل‌های جرقه معیوب شده اند.

ترانسفورمرجرقه خراب شده است.

رله خراب است.

چگونگی رفع عیب

الکترود هارا تنظیم یا تعویض کنید.

کابل‌های جرقه را تعویض کنید.

ترانسفورمر جرقه را تعویض کنید.

رله را تعویض کنید.

عیب

مشعل در حین کار مکررا خاموش می‌شود.

علت

شعله تنظیم نیست.

فاصله بین الکترودهازیاد است.

شیرمغناطیسی گاز را به دلیل افت فشار باز نمی‌کند وترانسفورمرجرقه نیز درست عمل نمی‌کند.

چگونگی رفع عیب

جریان گاز وهوارا تنظیم کنید.

فاصله بین الکترودها را تنظیم کنید.

حتی الامکان ولتاژ را تقویت کنید.

عیب

بادزن مشعل مداوما کار می‌کند اما جرقه زده نمی‌شود.

علت

سرو موتور خراب شده است.
رله معیوب است.
چگونگی رفع عیب
سرو موتور را تعویض کنید.
رله معیوب را تعویض کنید.
عیب
شعله پس می‌زند.
علت
سیستم جرقه زنی اشکال دارد.
گاز یا هوا بیش از مقدار لازم است.
چگونگی رفع عیب
الکترودها را بررسی ودر صورت لزوم تنظیم یا تعویض کنید.
ترانسفورمر جرقه را در صورت خرابی تعویض کنید.
اتصال کابل جرقه به الکترودها را بررسی و در صورت شل بودن سفت کنید واگر اتصال بدنه کرده است ان را برطرف کنید.
گاز یا هوارا بررسی و تنظیم کنید.
عیب
صدای احتراق زیاد است.
علت
دیگ یا دود کش کثیف است.
مقطع دود کش کوچک است یا گرفتگی دارد.
نسبت هوا وگاز در سوخت درست نیست.
باد زن کوچک است.
چگونگی رفع عیب
دیگ ودود کش را تمیز کنید.
دودکشی بامقطع مناسب انتخاب کنید.
نسبت هواوگازرا تنظیم کنید.

بادزن مناسبی را انتخاب کنید.

عیب

سرو صدای مشعل زیاد است.

علت

دریچه تنظیم هوا لق می‌خورد.

بادزن در جای خود محکم نیست.

موتور درست نصب نشده است.

یاتاقانهای موتور معیوبند.

چگونگی رفع عیب

لقی دریچه را برطرف کنید.

بادرزن را در جای خود محکم کنید.

موتوررا درست نصب کنید.

یاتاقانهای موتور را تعویض کنید.

عیب

موتور کار نمی‌کند:

علت:

فیوز اصلی جریان برق سوخته است.

فیوز برق مشعل سوخته است.

کلید برق ویا سیم کشی برق مشعل اشکال دارد.

رله خراب است.

اکوستات یا ترموستات درست کار نمی‌کنند.

بادزن نمیچرخد.

الکترو موتورسوخته یا خازن ان خراب شده.

سیم کشی موتور به پایه رله قطع است.

چگونگی رفع عیب:

تعویض کردن فیوز.

کلید برق ویا سیم کشی برق مشعل را بررسی کنید.

رله خراب را تعویض کنید.
اکوستات یا ترموستات بررسی ودرصورت نیاز تعویض کنید.
بادزن را بررسی و گیر ان را برطرف کنید.
الکترو موتورسوخته یا خازن را تعویض کنید.
سیم کشی موتور به پایه رله قطع شده را وصل کنید.

عیب:

موتور کارمی کند اما جرقه زده نمیشود:

علت:

گازوییل در منبع تمام شده است.
لوله مکش پمپ هوا گرفتگی دارد.
نازل گرفتگی دارد.
فیلتر کثیف شده است.
فاصله الکترودها زیاد است.
اتصال جرقه زن به پایه رله قطع است.
ترانسفور جرقه معیوب است.
الکترودها معیوب شده.
الکترودها اتصال بدنه دارد.

چگونگی رفع عیب:

اگر گازوییل در منبع تمام شده باشد ان را پر میکنیم.
نازل را باز کرده و تمیز کنید.
فیلتر را تمیز کنید.
اگر فاصله الکترودها زیاد باشد برق مشعل را قطع و فاصله ان را تنظیم کنید.
اتصال جرقه زن به پایه را وصل کنید.
الکترودهای معیوب شده را تعویض کنید
الکترودهای اتصال یافته را جدا کرده و اتصال را بر طرف کنید.

عیب:

مشعل روشن شده و کمی بعد از ان خاموش میشود.

علت:
لوله مکش پمپ هوا گرفتگی دارد.
لوله‌ها وشیرها سوراخ دارند.
سوخت تمام شده است.
چگونگی رفع اشکال :
سوراخ را پیدا کرده و بر طرف کنید.
منبع گازوییل را بررسی کنید.
عیب:
سوخت درست پودرنمی شود و شعله کوتاه ونا منظم است:
علت
نازل گرفتگی دارد.
فشار برای پودر کردن سوخت کافی نیست
چگونگی رفع اشکال :
نازل را تمیز کنید
اگر فشار برای پودر کردن سوخت کافی نباشد پمپ را بررسی کنید ممکن است چرخ دنده‌های ان فرسوده باشند ان‌ها را تمیز کنید
فیلتر کثیف شده ان را تمیز کنید

۷-۱۰- ایمنی موتور خانه

حوادثی که بهنگام سرویس وتعمیرات یا کار معمولی سیستم در موتورخانه‌های تاسیسات اتفاق می‌افتند سالانه تلفات وخسارات زیادی برجای می‌گذارند.این ضایعات بویژه در تاسیسات بزرگ از قبیل کارخانجات وبیمارستانها گاه جبران ناپذیرند.خسارات وارده،جدای از تلفات احتمالی ناشی از بروز انفجار در موتورخانه(مثلا ترکیدن دیگ بخار وغیره).شامل موارد زیرند:

- هزینه تعویض یا تعمیر دستگاهها و وسایل صدمه دیده؛
- هزینه کارهای اداری مربوط به رتق وفتق پیامدهای حادثه،
- هزینه وخسارات ناشی از تعطیل شدن کار مشتری در طول مدت بازسازی تاسیسات؛

- هزینه آموزش کارگران وتکنیسینهای جدید؛
- هزینه‌های مربوط به پراخت خسارت و دیه به بازماندگان مصدومین وکشته شدگان؛
خطرها کدامند؟
نیاز به توضیح نیست که برای جلوگیری از حوادث باید اول خطرات متحمل را شناخت.قبل از شروع کار باید نشانه‌های خطر راجستجو کرد:

۸-۱۰- نشانه‌های مرئی

-سوختن یا از بین رفتن روپوش وعایق لوله ها؛
-وجود موادومایعات ناشناخته روی کف موتورخانه؛
-ناتمام بودن کارهای الکتریکی و وجود سرسیمهای لخت در تابلو برق؛
-وجودآشغال وکثافات روی کف موتور خانه؛
-وجود سیمهای لخت روی کف موتورخانه؛

۹-۱۰- نشانه‌های صوتی

-صدای شبیه هس س س از یک شیر(بخار،آب داغ و مایعات شیمیایی)؛
-صدای غیرمعمول ساییدگی دوچیز به هم از درون دستگاهها و تجهیزات؛
صدای ریزش مایع از یک مخزن یا ظرف حاوی مواد شیمیایی؛

۱۰-۱۰- بوها

-احساس کردن بوهای ناشناخته(شیمیایی)؛
-احساس کردن بوی ماندگی وفساد که حاکی از عدم تهویه صحیح موتورخانه است؛
همانقدر که شـــناخت خطرات احتمالی اهمیت دارد،دانســـتن امکانات ایمنی و اورژانس در محل نیز مهم است:
-نزدیکترین جعبه کمکهای اولیه کجاست؟
-نزدیکترین وسایل اطفاء حریق کجا قرار دارند؟
-نزدیکترین هشداردهنده صوتی آتش سوزی کجاست؟
-نزدیکترین دستگاه تنفس اضطراری کجاست(مخصوصا در سیستمهای آمونیاکی)؟

-در صورت نیاز ومصدومیت کسی چگونه و از کجا می‌توان در خواست کمک کرد؟
مضاف برهمه آنچه ذکر شد،برعهده پیمانکار است که وسایل وتجهیزات لازمه را برای ایمنی کارگران وتکنسینها فراهم کند.

۱۱-۱۰- مقایسه فنی و ایمنی سیستمهای گرمایش

نظارت صوری مهندسان ناظر و مقاومت سازمان نظام مهندسی در به‌کارگیری بازرسان مجرب باعث رواج انتخاب غیراصولی سیستم‌های گرمایشی توسط سازنده‌ها شده است.نبود ارگان‌های نظارتی قوی، غیرتشریفاتی و اجرایی که کلیه فرآیندهای ساخت‌وساز واحدهای مسکونی را کنترل و بازرسی کنند، شاید یکی از مهم‌ترین ضعف‌هایی است که آمار بالای حوادث ساختمانی به خصوص حوادثی که مربوط به نصب و اجرای غیراصولی و نامناسب سیستم‌های گرمایشی می‌شوند به آن مربوط می‌شود. این در حالی است که براساس قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، وجود ارگان‌های نظارتی تحت عنوان شرکت‌های کنترل و بازرسی ساختمان پیش‌بینی شده که صفر تا ۱۰۰فرآیند ساخت و بهره‌برداری از واحدهای مسکونی را کنترل، بازرسی و تایید کنند.
اما، به گفته رییس هیات‌مدیره شرکت‌های کنترل و بازرسی ساختمان، توجه به کمی‌سازی به جای کیفی‌سازی واحدهای مسکونی ظرف سال‌های اخیر، باعث شده این شرکت‌ها به‌رغم تاکید صریح قانون نظام مهندسی بر ضرورت وجود آنها و برخورداری از توان کافی به منظور نظارت و کنترل ساخت‌وسازها به حاشیه رانده شوند و عملا زمینه فعالیت آنها فراموش شود.

۱-۱۱-۱۰- صرفه‌جویی انرژی در تولید آب گرم بهداشتی‌با استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

تبادل حرارت میان دو یا چند سیال با دماهای مختلف در اغلب فرایندهای صنعتی، تجاری و خانگی اتفاق می‌افتد و معمولا بدین منظور از مبدل‌های حرارتی استفاده می‌شود. تولید آب گرم بهداشتی در زندگی روزمره از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است؛ همچنین با توجه به نیاز روز افزون به صرفه جو یی در مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی فرایندها، چگونگی گرم کردن آب و وسیله مورد استفاده جهت انجام این کار نیز بسیار مهم می‌باشد.

آب گرم بهداشتی یکی از نیازهای اساسی انسان می‌باشد. بطور کلی گرم کردن آب بهداشتی در ساختمان‌ها توسط آبگرمکن صورت می‌گیرد، آبگرمکن‌ها به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. دراین نوشتار سعی بر این است که انواع آبگرمکن‌ها بررسی شود و معایب سیستم‌های سنتی گرمایش آب مصرفی مطرح گردد و نهایتا مزایای استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای جهت گرمایش آب مصرفی بیان شود و از لحاظ مصرف انرژی سیستم‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.

۱-۱-۱۱-۱۰- آبگرمکن مستقیم

در آبگرمکن مستقیم، گرم کردن آب مصرفی بطور مستقیم انجام می‌شود و عامل گرم کننده آب مستقیما در مجاورت آن وجود دارد و آب را گرم می‌کند، آبگرمکن با سوخت گاز طبیعی، آبگرمکن برقی، آبگرمکن‌های نفتی و.... نمونه هائی از آبگرمکن‌های مستقیم هستند، با این آبگرمکن‌ها معمولا دمای آب شهر را به ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) می‌رسانیم و سپس برای مصرف با آب سرد مخلوط می‌کنیم. این آبگرمکن‌ها دارای مخزن ذخیره می‌باشند که به تدریج آب ذخیره شده مصرف می‌شود، برای گرم کردن آب در این آبگرمکن نیاز به زمان میباشد، به عبارت دیگر آب سرد در این آبگرمکن‌ها فورا گرم نمی‌شود.

شکل ۷-۱۰: یک آب گرمکن مستقیم

۲-۱-۱۱-۱۰- آبگرمکن غیر مستقیم

در آبگرمکن غیرمستقیم، گرم کردن آب مصرفی به طور غیر مستقیم انجام می‌شود، گرمایش آب گرم مصرفی به طور غیرمستقیم خود به دو نوع تقسیم می‌شود.

الف - از طریق گرم کردن و ذخیره نمودن آب گرم و سپس مصرف کردن

ب - از طریق گرم کردن و استفاده فوری بدون ذخیره

از سیستم ذخیره نمودن آب گرم در مواقعی استفاده می‌شود که تقاضای آب گرم ثابت و یکنواخت و پیوسته نباشد، در نتیجه حجم اضافی آب گرم باید برای زمان خاصی که مصرف حداکثر است در منبع ذخیره گردد. مکانیزم گرم شدن آب منبع بدین قرار است که آب سرد به داخل منبع آمده و با کویل گرم تماس حاصل می‌کند، آب سرد از طریق جابجائی طبیعی گرما را از کویل می‌گیرد و با گرم شدن به قسمت بالای منبع می‌رود. سیال گرم کننده در داخل کویل سیرکوله می‌شود تا گرما را به آب مصرفی منتقل کند. در این سیستم نیز دمای آب شهر را به ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) می‌رسانیم و برای مصرف با آب سرد مخلوط می‌کنیم. برای گرم کردن آب این منابع به زمان نیاز داریم.

سیستم غیر مستقیم تولید آب گرم به صورت فوری در مواقعی استفاده می‌شود که تقاضای آب گرم ثابت و یکنواخت و پیوسته است، در این سیستم آب به محض عبور از یک مبدل حرارتی گرم شده و آماده مصرف می‌گردد.

شکل ۸-۱۰: یک آب گرمکن غیر مستقیم

۲-۱۱-۱۰- مشکلات سیستم‌های رایج تولید آب گرم مصرفی

در کشور ما سیستم‌های رایج تولید آب گرم مصرفی که به صورت سنتی از سالیان قدیم مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از آبگرمکن‌های مخزن دار استوانه‌ای شکل (نوع مستقیم) و منابع دو جداره و کویلی (نوع غیر مستقیم) که دارای اشکالاتی به شرح زیر می‌باشند:

در هر سه سیستم حجم آب اضافی بایستی دائما گرم نگه داشته شود که مستلزم صرف انرژی زیادی است، حتی در ساعتهائی از شب که مصرف آب گرم به حداقل خود می‌رسد سیستم بایستی کل حجم آب ذخیره را در دمای ثابت حفظ کند.

۱. حجم زیادی از فضا در موتورخانه‌ها توسط این منابع اشغال می‌گردد.

۲. هزینه زیادی صرف عایقکاری سطح خارجی این منابع می‌شود، با وجود سطح خارجی زیاد اتلاف انرژی باز هم وجود خواهد داشت.

۳. بدلیل ساکن شدن آب در این منابع و گرم شدن آن زمان کافی برای تشکیل رسوب در جداره‌های فلزی و در مجاورت کویل وجود دارد. به عبارت دیگر در این منابع در مدت زمان کوتاهی رسوب زیادی تشکیل می‌شود.

٤. دمای آب گرم تولیدی در این منابع حداقل ۶۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. این آب در محل مصرف بایستی با آب سرد مخلوط شده و در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد مصرف شود، اولا انرژی حرارتی زیادی بایستی تولید کنیم تا درجه حرارت را به ۶۰ درجه سانتیگراد برسانیم و مجددا این آب را سرد نمائیم. ثانیا رسوب کربنات کلسیم رابطه مستقیم با دما دارد و هر چه دما بالاتر رود رسوب بیشتری در سیستم تولید می‌شود، ثالثا بدلیل اختلاط آب گرم و سرد مصرف آب زیادتر می‌شود. هزینه تعمیر و نگهداری سیستم‌های سنتی تولید آب گرم مصرفی زیاد است چون با تشکیل کوچکترین سوراخ در کویل مسی یا بدنه فلزی سیستم، بایستی نسبت به تعویض آن اقدام نمود.

مزایای استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه‌ای جهت تامین آب گرم مصرفی

مبدلهای حرارتی صفحه‌ای از نوع آبگرمکن غیرمستقیم و فوری هستند که می‌توانند نیازهای آب گرم بهداشتی را تامین کنند. بدلهای صفحه‌ای عمدتا در دو نوع لحیم کاری شده و واشردار تولید می‌شوند، نوع واشر دار بدلیل امکان بازشدن صفحات دارای مزیت بیشتری هستند.یک مبدل صفحه‌ای تشکیل شده از صفحات زیادی که در مجاورت یکدیگر قرار گرفته اند و فاصله بین این صفحات بین ۳تا ۵ میلیمتر میباشد، جریان سیال گرم کننده و گرم شونده به صورت یک لایه نازک بین صفحات یک در میان حرکت می‌کنند و آب دیگ فورا آب مصرفی را گرم می‌کند.

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای دارای مزایائی به شرح زیر می‌باشند

این مبدل‌ها در مقایسه با سیستم‌های گرمایش سنتی فضای بسیار کمی را اشغال می‌کنند.

این مبدل‌ها در مقایسه با سیستم‌های گرمایش سنتی وزن بسیار کمتری دارند.

بدلیل فاصله کم بین صفحات حجم سیال فرآیندی در این مبدلها بسیار کم است.

صفحات این مبدلها از نوع فولاد ضد زنگ می‌باشند.

بر روی صفحات موج‌ها یا شیارهائی وجود دارد (شورون) که سبب ایجاد و تسریع جریان‌های گردابی یا تلاطمی می‌شود که با قطر هیدرولیکی کوچک سبب افزایش سطح موثر برای انتقال حرارت می‌گردد. از طرفی این موج‌ها سبب افزایش تکیه گاه مکانیکی شده و صلبیت صفحه را افزایش می‌دهند.

۶- به خاطر ضریب انتقال حرارت بالا و امکان ایجاد جریان معکوس در این مبدل‌ها اختلاف دما بین سیالات گرم کننده و گرم شونده می‌تواند به حدود یک درجه سانتیگراد برسد که

درصد بازیافت حرارت را بالا می‌برد. این خصوصیات سبب می‌شود که از این مبدل‌ها بطور وسیعی برای بازیافت حرارت از منابع حرارتی درجه پایین چیلرها و برج خنک کن استفاده کرد.

۷- ارتعاشات ناشی از جریان، سروصدا و خوردگی در این مبدلها وجود ندارد.

۸- در این مبدل‌ها تنها لبه صفحات در معرض هوای آزاد هستند بنابراین نیازی به عایقکاری ندارند.

۹- در این مبدل‌ها بدلیل درهم بودن جریان و عدم وجود نقاط راکد و مرده رسوب کمتری تشکیل می‌شود.

۱۰- تعمیر و نگهداری این مبدلها بسیار راحت است، با باز کردن پیچ‌ها و جدا کردن صفحات امکان تمیز کاری صفحات وجود دارد.

۱۱- در این مبدل‌ها به دلیل سیستم واشربندی احتمال مخلوط شدن دو سیال گرم کننده و گرم شونده وجود ندارد.

۱۲- در این مبدل‌ها امکان افزایش و یا کاهش سطح انتقال حرارت با افزایش و کاهش تعداد صفحات وجود دارد.

۱۳- ضریب کلی انتقال حرارت در این مبدل‌ها نسبت به مبدلهای پوسته و لوله لااقل سه برابر بیشتر است.

۱۴- در این سیستم آب گرم دائمی و بدون توقف با هر دمائی که مورد نیاز باشد تولید می‌شود و می‌توان به جای تولید آب ۶۰ درجه آب ۴۰ درجه تولید نمود که سبب صرفه جوئی انرژی و تولید رسوب کمتر و صرفه جوئی مصرف آب خواهد شد.

۱۵- قیمت این مبدل‌ها نسبت به منابع سنتی بسیار پایین‌تر می‌باشد.

۱۲-۱۰- ترمومترها در تاسیسات

برای اطمینان از صحت کار دستگاههای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی لازم است که بعضی کمیتهای فیزیکی نظیر دما و یا فشار در نقاط مختلف سیستم اندازه گیری شود مثلا برای اندازه گیری دما از وسیله‌ای به نام ترمومتر استفاده می‌شود

انواع ترمومترها :

ترمومتر غلافی :در این نوع یک غلاف بروی دستگاه نصب می‌شود تا با رساندن حرارت لوله

به مخزن ترمومتر درجه حرارت را نشان دهد.

شکل ۹-۱۰: یک نمونه ترمو متر دیجیتالی موتورخانه

ترمومتر بی متالی :بعضی ترمومترها بر اساس انبساط و انقباض دو فلز غیر هم جنس کار می‌کنند که در ساختمان این دستگاهها یک نوار بی متال استفاده می‌شود

ترمومتر با لوله مویی :بعضی دیگر از ترمومترها از یک مخزن و یک لوله مویی و صفحه‌ای همراه با یک عقربه تشکیل شده است. داخل مخزن و لوله مویی معمولا از گاز یا جیوه پر شده است.

۱۳-۱۰- ترموستاتها در تاسیسات

ترموستات‌ها وسایل کنترل دمای آب داخل شبکه سیستم گرمایش یا سرمایش یا آب گرم مصرفی و یا کنترل هوای گرم یا سرد می‌باشند. هر ترموستات دارای یک قطعه حساس در مقابل دما است که نسبت به تغییر آن عکس العمل نشان داده و باعث قطع و وصل آن می‌شود.

شکل ۱۰-۱۰: نمونه‌هایی از ترموستات‌های موتورخانه

به این قطعه حساس حس کننده گفته می‌شود که به انواع زیر می‌تواند باشد:

- بی متال (نوار دو فلزی)
- میله و لوله ای
- فانوسی
- مقاومت الکتریکی
- هیدرولیکی

از جمله ترموستاتهای سیستم حرارت مرکزی می‌توان به ترموستات اتاقی - ترموستات دیگ(آکوستات) - ترموستات جداری و ترموستات هوایی نام برد. از ترموستاتهای فوق دو تای اولی به ترتیب با کاهش دمای هوای اتاق یا آب گرم دیگ یا آب داخل لوله‌ها مدار الکتریکی را وصل و پس از رسیدن دما به حد تنظیم شده مدار را وصل می‌کنند.

ترموستات قطع و وصل : در این نوع ترموستات برای کنترل دما از یک بی متال استفاده می‌شود. تنظیم دامنه حساسیت ترموستات معمولا با فشار مستقیمی که به بی متال وارد می‌شود صورت می‌گیرد در حالی که در تنظیم اختلاف دمای قطع و وصل آهنربای کوچکی به مقدار جزئی به نوار دو فلزی نزدیک و یا از آن دور می‌شود.

اشکالی که در این ترموستات پیش می‌آید این است که پس از باز شدن پلاتین‌ها و خاموش

شدن پمپ گرم کننده درجه حرارت اتاق باز هم بالا می‌رود. علت این امر جریان طبیعی آب در لوله‌ها می‌باشد. برای جبران این اشکال سازندگان ترموستات یک مقاومت الکتریکی کوچک در ترموستات قرار می‌دهند که در تمام مدت کار مشعل، برق از داخل آن عبور می‌کند و درجه حرارت آن را چند درجه بالاتر از دمای محیط نگه می‌دارد. به این مقاومت مقاومت جلو انداز هم گفته می‌شود.

ترموستات دیگ (اکوستات) : ترموستات دیگ که به اکوستات مستغرق هم معروف است برای تنظیم دمای مایعات طوری طراحی شده که از آن در تاسیسات حرارت مرکزی برای فرمان دادن به مشعل جهت تنظیم دمای آب دیگ استفاده می‌شود. قسمت حس کننده از نوع هیدرولیکی بوده و به همراه یک غلاف روی دیگ نصب می‌شود. هنگامیکه دمای آب داخل دیگ به دمای تنظیم شده روی اکوستات برسد کلید داخل اکوستات توسط بالب قطع می‌شود و مشعل از کار می‌افتد و پس از سرد شدن آب دیگ مجددا کلید، وصل می‌شود و مشعل روشن می‌گردد.

ترموستات جداری : حس کننده این ترموستات از نوع بی متال است و کاربرد آن در ساختمان‌های چند اتاقی است که نمی‌توان تعداد زیادی ترموستات اتاقی برای اتاقها نصب کرد. به این صورت که یک ترموستات جداری برای لوله اصلی در نظر می‌گیرند این ترموستات دارای دگمه ریست بوده و با پایین آمدن درجه حرارت آب دیگ و رسیدن به دمای مطمئن با فشردن دگمه ریست مشعل به کار خواهد افتاد.کاربرد دیگر آن خاموش و روشن کردن پمپ سیرکولاسیون می‌باشد[۱].

منابع

[۱]- کتاب تجزیه و تحلیل از کار افتادگی دیگ‌های بخار مترجم مهندس محمد رضا نفری