

## سیستم انتقال آب گرم

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- انبساط در لوله‌های سیاه‌جوشی و وسایل انبساط‌گیر را شرح دهد.
- ۲- ارتعاش در لوله‌کشی و وسایل ارتعاش‌گیر را توضیح دهد.
- ۳- انواع مختلف سیستم‌های لوله‌کشی حرارت مرکزی را شرح دهد.
- ۴- فشار را با ذکر واحدهای آن در سیستم‌های مختلف و روش تبدیل آن‌ها به یک دیگر، تعریف کند.
- ۵- علل ایجاد افت فشار در شبکه‌ی لوله‌کشی حرارت مرکزی را شرح داده، واحدهای آن را بیان کند.
- ۶- مقدار دبی آب در لوله‌ها را محاسبه کند.
- ۷- قطر لوله در قسمت‌های مختلف شبکه را محاسبه و تعیین کند.
- ۸- مقدار افت فشار شبکه‌ی لوله‌کشی حرارت مرکزی را محاسبه کند.
- ۹- اصول کار پمپ‌های جریانی را شرح دهد.
- ۱۰- انواع مختلف پمپ‌های جریانی خطی و زمینی را توضیح دهد.
- ۱۱- رابطه‌ی قدرت با مقدار آب‌دهی، هد و بازده پمپ را شرح دهد.
- ۱۲- اتصال موازی پمپ‌ها و کاربرد آن‌ها را شرح دهد.
- ۱۳- برای سیستم گرم‌کننده، پمپ جریانی را محاسبه و انتخاب کند.

## ۵- سیستم انتقال آب گرم

رفت آب گرم، شبکه‌ی لوله‌کشی برگشت آب گرم، «پمپ‌های سیرکولاسیون»، فیتینگ‌ها، شیرها، صافی‌ها و لرزه‌گیرها است.

### ۵-۲- سیستم‌های لوله‌کشی

لوله‌کشی شبکه‌ی حرارت مرکزی ساختمان‌ها برحسب نوع برگشت آب به موتورخانه، (وقتی که دو و یا چند دستگاه پخش‌کننده‌ی حرارت با هم در یک مدار نصب می‌شوند) به روش‌های زیر

سیستم انتقال آب گرم شبکه‌ای است که آب گرم سیستم گرم‌کننده را از موتورخانه به دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی حرارت منتقل کرده، پس از تبادل حرارت آب با محیط، دوباره آن را برای جذب انرژی حرارتی به موتورخانه هدایت می‌کند.

### ۵-۱- اجزای سیستم انتقال آب گرم

اجزای سیستم انتقال آب گرم شامل شبکه‌ی لوله‌کشی

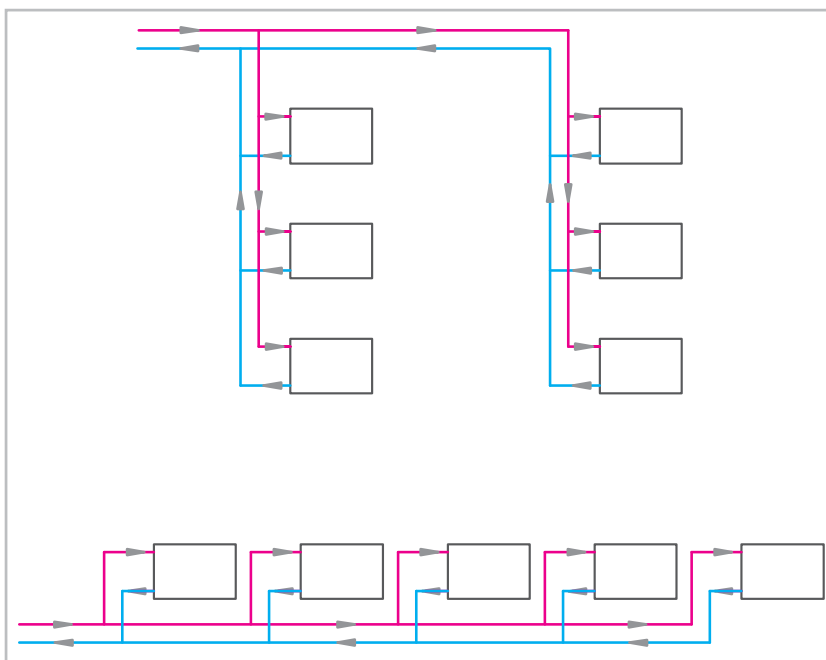
انجام می‌گردد:

### ۱-۲-۵- سیستم لوله‌کشی با برگشت مستقیم:

این روش، آب برگشتی از هر دستگاه پخش کننده‌ی حرارت مستقیماً وارد لوله برگشت شده، مسیر حرکت به سمت موتورخانه را طی می‌کند. در این لوله‌کشی، دستگاه پخش کننده‌ی حرارتی که به موتورخانه نزدیک‌تر است، نسبت به دستگاه‌های دیگر طول لوله‌ی رفت و برگشت کم‌تری (افت فشار کم‌تری در مسیر) دارد، در نتیجه آب در مدار دستگاه راحت‌تر و بیش‌تر سیرکوله شده،

در مدارهای دستگاه‌های دورتر، کم‌تر جریان می‌یابد.

این طریقه‌ی لوله‌کشی برای جایی که دستگاه‌های پخش کننده‌ی حرارت دارای افت فشارهای نامساوی (مثل فن کویل‌ها هستند و هرکدام نیز یک شیر تنظیم کننده Balancing valve) دارند، توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که سیستم لوله‌کشی رادیاتورها در ساختمان‌های کوچک با برگشت مستقیم انجام می‌گردد. شکل (۱-۵) روش لوله‌کشی با برگشت مستقیم نشان داده شده است.



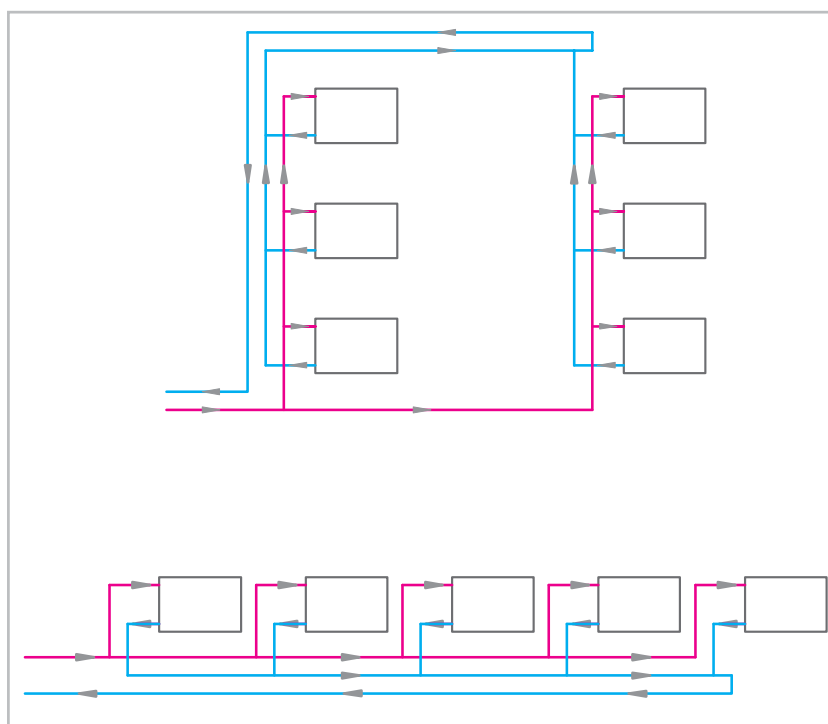
شکل ۱-۵- روش لوله‌کشی با برگشت مستقیم

### ۲-۲-۵- سیستم لوله‌کشی با برگشت معکوس:

اگر دستگاه‌های پخش کننده‌ی حرارت دارای افت فشار مساوی و یا تقریباً مساوی باشند، لوله‌کشی با برگشت معکوس برای آن‌ها پیشنهاد می‌شود. در این سیستم، آب برگشتی از دستگاه‌ها در جهت حرکت آب در لوله‌ی رفت حرکت می‌کند تا لوله‌ی برگشت آب آخرین دستگاه نیز به آن متصل گردد، پس از آن آب به سمت موتورخانه حرکت خواهد کرد.

در این سیستم لوله‌کشی مجموع طول لوله‌های رفت و

برگشت برابر هستند، در نتیجه افت فشار در مدار لوله‌کشی برای تمام دستگاه‌ها مساوی است. اگر افت فشار آب در خود دستگاه‌ها نیز مساوی و یا تقریباً مساوی باشد، مقدار آب در هر مدار، متناسب با قطر لوله‌ی محاسبه شده، جریان خواهد یافت. لازم به ذکر است که سیستم لوله‌کشی بیش‌تر ساختمان‌ها به این روش انجام می‌شود. در شکل (۲-۵) روش لوله‌کشی با برگشت معکوس نشان داده شده است.

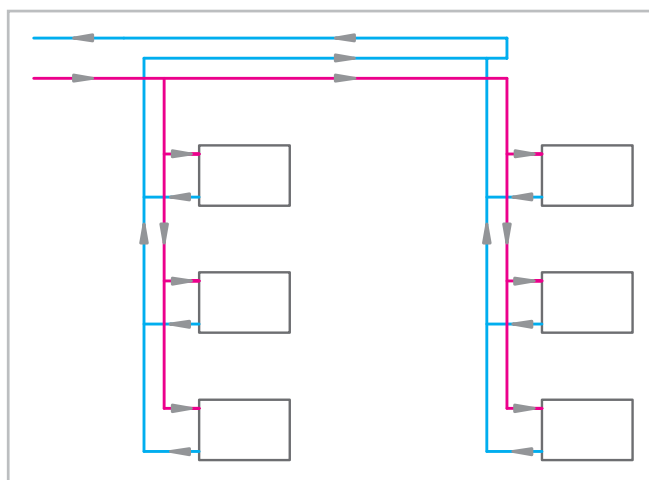


شکل ۲-۵- شبکه‌ی لوله‌کشی با برگشت معکوس

اختلاف مقدار جریان آب به مقدار افت فشار محاسبه شده در رایزرهای رفت و برگشت بستگی دارد که شامل افت فشارهای زیر است:

- ۱- افت فشار در مدار لوله‌کشی رفت و برگشت هر دستگاه تا محل برگشت معکوس
- ۲- افت فشار در خود دستگاه
- ۳- افت فشار در فیتینگ‌ها و شیرهای هر مسیر

**۳-۲-۵- سیستم لوله‌کشی مختلط:** در این سیستم قسمتی از لوله‌کشی برگشت به صورت مستقیم و قسمت دیگر به طور معکوس انجام می‌شود. در شکل (۳-۵) یک سیستم لوله‌کشی مختلط به طریقی که در آن برگشت در رایزرها (لوله‌های عمودی) به صورت مستقیم و در هِدِر (Header) به روش معکوس انجام گردیده، نشان داده شده است. در این سیستم مجموع اندازه‌ی طول لوله‌ی رفت و برگشت و در نتیجه مقدار افت فشار در مسیر لوله‌کشی برای تمام دستگاه‌ها مساوی نیست.



شکل ۳-۵- یک سیستم لوله‌کشی مختلط

### ۵-۳- محاسبه‌ی شبکه‌ی لوله‌کشی حرارت مرکزی

منظور از محاسبه‌ی شبکه‌ی لوله‌کشی حرارت مرکزی تعیین قطر لوله در قسمت‌های مختلف شبکه است به صورتی که مقدار جریان آب مورد نیاز هر قسمت به راحتی تأمین گردد.

#### ۵-۳-۱- فشار: فشار عبارت است از مقدار نیروی

وارد بر واحد سطح.

#### ۵-۳-۲- واحدهای فشار: در سیستم بین‌المللی واحدها

(SI) واحد فشار «پاسکال» (Pa) یا «نیوتن بر متر مربع» است. در سیستم انگلیسی واحد فشار «پوند بر اینچ مربع» است که به صورت «PSI» یا « $\text{Lb/in}^2$ » و یا « $\text{Lb/sq in}$ » نشان داده می‌شود.

در سیستم «متریک» واحد فشار «کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر

مربع» است که آن را به صورت « $\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$ » یا « $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$ » نشان می‌دهند.

واحد دیگر فشار «اتم‌سفر» و یا «فشار جو در سطح

دریا‌های آزاد» است که به صورت «at» نشان داده می‌شود.

یکی دیگر از واحدهای اندازه‌گیری فشار، «بار» است که

معادل  $(10^5)$  پاسکال است و به صورت «bar» و یک هزارم آن میلی‌بار است که به صورت m.bar نشان داده می‌شود.

البته فشار را برحسب ارتفاع ستون مایعات نیز اندازه‌گیری می‌کنند که از آن جمله می‌توان به موارد ذکر شده در زیر اشاره نمود:

۱- «فوت آب» (Ft. Wc)؛

۲- «اینچ آب» (in. Wc)؛

۳- «اینچ جیوه» (in. Hg)؛

۴- «متر آب» ( $m. H_2O$ ) یا ( $m. Wc$ )؛

۵- «سانتی‌متر جیوه» (cm.Hg).

#### ۵-۳-۳- تبدیل واحدهای فشار: گاهی لازم است

واحد فشار از یک سیستم اندازه‌گیری به واحد سیستم اندازه‌گیری دیگری تبدیل گردد. در چنین مواردی از جدول‌هایی که به همین منظور تهیه شده است استفاده می‌شود. در جدول (۵-۱) که به وسیله‌ی «ASHRAE»<sup>۱</sup> تهیه شده، تبدیل واحدهای فشار نشان داده شده است.

جدول ۵-۱- تبدیل واحدهای فشار<sup>۲</sup>

	pascal	atm	bar	kg/cm <sup>2</sup>	psi	mmHg	inHg	dyne/cm <sup>2</sup>
pascal	1	$9.8692 \times 10^{-4}$	$10^{-5}$	$1.0192 \times 10^{-5}$	$1.45038 \times 10^{-4}$	0.00750	$2.953 \times 10^{-4}$	10
atm	101.325	1	1.01325	1.03323	14.6960	760.0	29.921	1013.250
bar	$10^5$	0.98692	1	1.01972	14.5038	750.062	29.530	$10^6$
kg/cm <sup>2</sup>	98.066	0.96784	0.98066	1	14.223	735.559	28.959	980.665
psi	6894.8	0.068046	0.068948	0.07030696	1	51.715	2.0360	33.864
mmHg	133.32	0.00131579	0.0013332	0.0013595	0.0193368	1	0.03937	1333.2
inHg	3386.4	0.033421	0.033864	0.034532	0.491154	25.400	1	33.864
dyne/cm <sup>2</sup>	0.100	$9.8692 \times 10^{-7}$	$10^{-6}$	$1.01972 \times 10^{-6}$	$1.45038 \times 10^{-5}$	0.000750	$2.953 \times 10^{-5}$	1

پاسخ: در ستون ( $\text{kg/cm}^2$ ) عدد (۱) را پیدا می‌کنیم،

در همین ردیف (سطر) در ستون‌های دیگر مقدار معادل فشار

مثال: چگونه می‌توانیم فشار ( $\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$ ) (۱) را به واحدهای

دیگر فشار تبدیل کنیم؟

۱-ASHRAE= American Society of Heating, Refrigerating And Air - Conditioning Engineers. INC.

۲-علامت بالای اعداد به معنی دقیق بودن آن است.

برحسب واحدهای دیگر فشار داده شده که چنین است:

$$\begin{aligned}
 1 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} &= 14.703 \text{ PSI} = 28.959 \text{ in Hg} \\
 &= 0.96784 \text{ atm} = 735.559 \text{ mm Hg} \\
 &= 0.98066 \text{ bar} = 98066 \text{ dyne/cm}^2 \\
 &= 98066 \text{ pascal}
 \end{aligned}$$

**۴-۳-۵- افت فشار:** حرکت آب در یک مسیر به علت وجود اصطکاک (در لوله، شیرها و فیتینگ)، تغییر مسیر حرکت (در زانو و سه راهی)، تغییر مقطع لوله و عوامل دیگر باعث افت فشار می شود. کاهش فشار را به طور کلی می توان به دو دسته:

۱- افت فشار در لوله ها ۲- افت فشار در شیرها و فیتینگ ها تقسیم بندی نمود.

**افت فشار آب در لوله:** افت فشار آب در داخل لوله به عوامل زیر بستگی دارد: (این عوامل قابل مقایسه با عواملی است که در افت ولتاژ در جریان برق مؤثر هستند).

**۱- طول لوله:** هر چه طول لوله یا طول مسیری که آب باید آن را طی نماید بیش تر باشد، افت فشار ایجاد شده برای آب زیاده تر خواهد بود؛ به عبارت دیگر افت فشار با طول لوله رابطه ی مستقیم دارد.

**۲- سرعت آب:** هر چه سرعت آب زیاده تر باشد، افت فشار بیش تری برای آب به وجود می آید. مقدار افت فشار با توان دوم سرعت نسبت مستقیم دارد. به این معنی که اگر سرعت جریان آب در یک لوله (۲) برابر شود افت فشار حاصله (۴) برابر خواهد شد.

**۳- زبری سطح داخلی لوله:** هر چه زبری و ناهمواری های سطح داخلی لوله بیش تر باشد، افت فشار آب در داخل لوله بیش تر خواهد بود.

**۴- قطر لوله:** هر چه قطر لوله بیش تر باشد آب راحت تر از آن عبور کرده، افت فشار کم تری به وجود می آید. (به عبارت دیگر مقدار افت فشار در لوله با قطر لوله رابطه ی معکوس

دارد).

**۵- جرم مخصوص آب:** بنا بر آزمایش های انجام شده مقدار افت فشار آب در داخل لوله با جرم مخصوص آب رابطه ی مستقیم دارد. می دانیم که در اثر گرم شدن آب، حجم آن افزایش یافته، در نتیجه جرم مخصوص آن کاهش می یابد؛ بنابراین مقدار افت فشار آب در لوله با درجه ی حرارت آب رابطه ی معکوس دارد.

**افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها:** آب در مسیری که طی می کند به اجبار از «شیرها» و «فیتینگ های» عبور می کند که در اثر آن افت فشار ایجاد می گردد که این افت فشار را افت فشار «موضعی» و یا «محلی» می گویند. مقدار افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها به عوامل زیر بستگی دارد:

**۱- نوع سیر و یا فیتینگ:** مقدار افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها متفاوت است.

**۲- سرعت سیال:** مقدار افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها با توان دوم سرعت آب رابطه ی مستقیم دارد.

**۳- جرم مخصوص:** مقدار افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها با جرم مخصوص آب رابطه ی مستقیم دارد.

**۳-۵- واحدهای افت فشار:** افت فشار در لوله ها را با واحدهای «پوند بر اینچ مربع» در هر (۱۰۰) فوت طول لوله  $(\frac{\text{lbs}}{\text{sq. in.} \cdot 100 \text{ft}})$  یا «فوت آب» در هر (۱۰۰) فوت طول لوله  $(\frac{\text{ft. wc}}{100 \text{ft}})$  و یا «پاسکال بر متر» طول لوله  $(\frac{\text{Pa}}{\text{m}})$  اندازه گیری می کنند.

مقدار افت فشار معمولاً (۲) تا (۳) فوت آب در هر (۱۰۰) فوت و یا (۲۰۰) تا (۳۰۰) پاسکال بر متر طول لوله انتخاب می شود.

**۳-۵-۶ محاسبه ی دبی آب در لوله ها:** به طور کلی دو نوع دبی (گذر آب) تعریف شده است:

**۱- دبی حجمی و آن عبارت است از مقدار حجم آبی که در واحد زمان باید از نقطه ای به نقطه ی دیگر منتقل گردد.**

**۲- دبی جرمی و آن عبارت است از مقدار جرم آبی که در**

واحد زمان باید از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل گردد. در محاسبات گرمایی، دبی حجمی بیش‌تر کاربرد دارد.

برای محاسبه‌ی دبی حجمی آب با داشتن تلفات حرارتی ساختمان از فرمول « $H = mc\Delta t$ » (۱) استفاده می‌شود که در آن:

«H» مقدار تلفات حرارتی محل مورد نظر بر حسب کیلو وات است؛

«m» دبی جرمی آب بر حسب کیلوگرم در هر ثانیه است؛

«c» گرمای ویژه‌ی آب بر حسب کیلو ژول بر کیلوگرم بر

$$\text{درجه‌ی کلون است.} \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) (4/186)$$

« $\Delta t$ » اختلاف درجه‌ی حرارت آب رفت و برگشت

بر حسب درجه‌ی کلون است. گرم کردن اجباری (جریان آب به وسیله‌ی پمپ) بین (۱۰ تا ۱۵) درجه‌ی کلون در نظر گرفته می‌شود.

حال اگر در فرمول (۱) به جای «m» مقدار مساوی آن « $\rho Q$ » را قرار دهیم، خواهیم داشت « $H = \rho Q c_p \Delta t$ » (۲) در این فرمول:

« $\rho$ » جرم حجمی آب بر حسب کیلوگرم بر لیتر ( $\frac{\text{kg}}{\text{l}}$ ) است که (۱) می‌باشد.

«Q» دبی حجمی آب بر حسب لیتر بر ثانیه ( $\frac{\text{l}}{\text{s}}$ ) است.

از فرمول (۲) می‌توان مقدار دبی حجمی آب را محاسبه

$$\text{کرد.} \left( Q = \frac{H}{\rho c_p \Delta t} \right) \text{ (۳)}$$

حال اگر  $\Delta t$  را برابر « $11^\circ \text{K}$ » یا « $20^\circ \text{F}$ » در نظر بگیریم

و در فرمول (۳) مقادیر معلوم را عددگذاری کنیم، خواهیم داشت:

$$\left( Q = \frac{H}{46/5} \right) \text{ (۴)} \text{ و } \left( Q = \frac{H}{1 \times 4/186 \times 11/11} \right)$$

در فرمول (۴) مقدار «H» بر حسب کیلووات و مقدار «Q»

بر حسب لیتر بر ثانیه است.

مثال: تلفات حرارتی اطاقی معادل (۲۳۲۶۰) وات است،

مقدار دبی حجمی آب را محاسبه کنید.

$$Q \left( \frac{\text{L}}{\text{S}} \right) = \frac{H(\text{kW})}{46/5} \text{ و } Q = \frac{23/26 \cdot \text{L}}{46/5 \cdot \text{S}} \text{ و } Q = 0/5 \frac{\text{L}}{\text{S}}$$

واحدهای دبی حجمی: واحدهایی که برای دبی حجمی

ماینات متداول هستند، عبارت‌اند از:

۱- گالن بر ساعت (GPH):

۲- گالن بر دقیقه (GPM):

۳- مترمکعب بر ساعت ( $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ ):

۴- لیتر بر ثانیه ( $\frac{\text{l}}{\text{s}}$ ).

لازم به تذکر است که دو نوع گالن وجود دارد یکی «گالن

آمریکایی» (USG) که معادل (۳/۷۸۵) لیتر است و دیگری «گالن سلطنتی» (Imperial G) که برابر (۴/۵۴۶) لیتر است. اگر بعد از گالن کلمه‌ی آمریکایی و یا سلطنتی بیان نشده باشد، منظور گالن آمریکایی است.

۷-۳-۵- سرعت آب در لوله: سرعت جریان آب در

لوله‌ها با توجه به دو عامل تعیین می‌شود:

۱- عبور جریان بدون صدای آب در لوله؛ به این ترتیب

هرچه قطر لوله بیش‌تر انتخاب گردد، سرعت جریان آب در آن کم‌تر و بدون صدا خواهد بود.

۲- اقتصادی بودن پروژه، که با توجه به آن نمی‌توان

قطر لوله را زیاد از حد، بزرگ گرفت. پیشنهاد می‌شود سرعت جریان آب در لوله‌های فرعی و انشعاب حداکثر (۱/۲) متر بر ثانیه و در لوله‌های اصلی حداکثر (۲/۴) متر بر ثانیه در نظر گرفته شود.

۸-۳-۵- تعیین قطر لوله‌ها: اگر مقدار دبی (گذر

حجمی آب) از یک لوله مطابق شکل زیر را با (Q) و سرعت متوسط جریان آب داخل لوله را با (V) و سطح مقطع لوله را با

حرف (A) نشان دهیم، خواهیم داشت.



$$Q = A \cdot V \quad (1)$$

و

$$A = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

حال اگر در فرمول (۲) مقدار دبی آب را برحسب متر مکعب بر ثانیه و مقدار سرعت آب را برحسب متر بر ثانیه قرار دهیم مقدار سطح مقطع لوله برحسب متر مربع به دست می‌آید که اگر در  $10^6$  ضرب شود سطح مقطع بر حسب میلی متر مربع خواهد شد.

$$A = \frac{m^3}{\frac{s}{m}} = m^2 \quad (3)$$

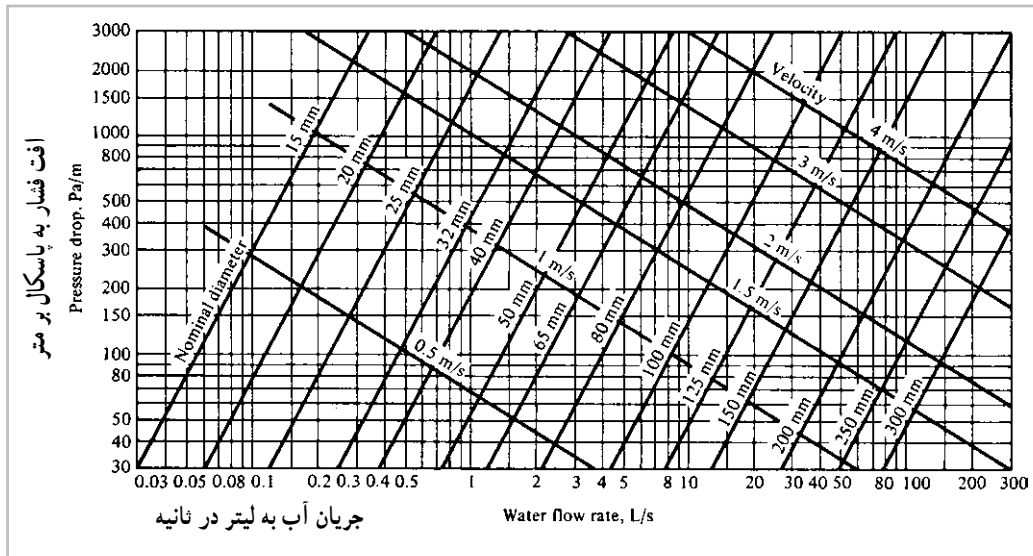
چون مقطع لوله دایره‌ای است با معلوم بودن «A» می‌توان مقدار قطر لوله را از فرمول (۳) برحسب میلی متر به دست آورد.

$$D = 2 \sqrt{\frac{A \times 10^6}{3.14}} \quad (4)$$

در دیاگرام‌هایی مقادیر مختلف: دبی، سرعت، افت فشار و قطر لوله داده شده است که با استفاده از آن‌ها و معلوم بودن مقدار دبی و افت فشار، می‌توان مقدار سرعت و قطر لوله‌ی مناسب را تعیین نمود. شکل (۴-۵) یک نمونه از آن‌هاست. در این دیاگرام

مقادیر دبی آب از  $(3^\circ/5)$  تا  $(300^\circ)$  لیتر بر ثانیه روی محور عمودی و مقادیر افت فشار از  $(3^\circ)$  تا  $(300^\circ)$  پاسکال بر متر روی محور عمودی و مقادیر قطر لوله از  $(15)$  میلی متر تا  $(300)$  میلی متر و سرعت آب از  $(5/10)$  تا  $(4)$  متر بر ثانیه در دیاگرام داده شده است. مثال: مقدار دبی یک مسیر لوله کشی  $(\frac{6L}{s})$  است، اگر مقدار افت فشار  $(\frac{300^\circ Pa}{m})$  در نظر گرفته شود قطر لوله‌ی مناسب را تعیین کنید.

پاسخ: در سمت راست دیاگرام بر روی محور قائم مقدار دبی  $(\frac{6L}{s})$  را پیدا می‌کنیم در تمام نقاط واقع بر روی خط افقی که از این نقطه عبور می‌کنند، مقدار دبی  $(\frac{6L}{s})$  است. در قسمت بالای دیاگرام بر روی محور افقی مقدار افت فشار  $(\frac{300^\circ Pa}{m})$  را پیدا می‌کنیم در تمام نقاط واقع بر روی خط قائمی که از این نقطه عبور می‌کنند، مقدار افت فشار برابر  $(\frac{300^\circ Pa}{m})$  است، محل تلاقی این خط قائم با خط افقی که از  $(\frac{6L}{s})$  رسم شده، قطر لوله مناسب را تعیین خواهد کرد که برابر  $(80 \text{ mm})$  یا  $(3)$  اینچ است و سرعت آب نیز در این لوله معادل  $(\frac{1}{3} \frac{m}{s})$  خواهد بود.



شکل ۴-۵- نمودار دبی - افت فشار

۱- مقدار افت فشار مناسب جهت تعیین قطر لوله بین مقادیر  $\frac{200^\circ Pa}{m}$  تا  $\frac{300^\circ Pa}{m}$  است.

مقاوم‌ترین مسیر در نظر گرفته می‌شود) «L» متر باشد، خواهیم داشت:

$3L$  (۵۰٪ L) مجموع طول لوله‌ی رفت و برگشت به اضافه‌ی هم ارز طولی فیتینگ‌ها.

اگر محاسبه‌ی شبکه‌ی لوله‌کشی با افت فشاری حدود  $(\frac{200}{m} Pa)$  انجام شده باشد، افت فشار آب در مقاوم‌ترین مسیر چنین خواهد بود:

$$افت\ فشار = 3L(m) \times 200 (\frac{Pa}{m}) = 600 \cdot L(Pa)$$

در فرمول فوق اگر به جای «L» (طول لوله‌ی رفت و یا برگشت) طولانی‌ترین مسیر را برحسب متر قرار دهیم، مقدار افت فشار شبکه و یا فشار (هد) پمپ بر حسب «پاسکال» به دست می‌آید.

لازم به ذکر است که در سیستم گرم‌کننده با رادیاتور، از افت فشار آب در رادیاتور به علت کم بودن آن صرف‌نظر می‌شود.

مثال: طول لوله‌ی رفت دورترین رادیاتور تا موتورخانه (۵۰) متر است اگر شبکه‌ی لوله‌کشی با افت فشاری معادل  $(\frac{200}{m} Pa)$  محاسبه شده باشد، مقدار هد پمپ را برحسب کیلوپاسکال محاسبه کنید.

$$3000 Pa \quad 50 \times 600 = 600 \cdot L \quad \text{افت فشار هد پمپ}$$

#### ۴-۵- موتور پمپ جریانی (سیرکولاتور)

موتور پمپ‌های جریانی که از آن‌ها برای به جریان انداختن آب در یک مدار بسته استفاده می‌شود از دو قسمت اصلی: موتور و پمپ تشکیل شده است. موتور آن معمولاً برقی از نوع «آسنکرون قفس سنجایی» با «استاتور» سیم پیچی شده است و در دو نوع: «یک فاز» و «سه فاز» وجود دارد و پمپ آن از نوع «سانتری فوژ» (گریز از مرکز) است.

#### ۱-۴-۵- طرز کار پمپ جریانی: هر پمپ سانتری فوژ

مثال: برای دبی  $(\frac{L}{s})$  با افت فشار  $(\frac{200}{m} Pa)$  قطر لوله مناسب را تعیین کنید.

پاسخ: خط قائم مربوط به دبی  $(\frac{L}{s})$  و خط افقی مربوط به افت فشار  $(\frac{200}{m} Pa)$  است. این دو خط یک‌دیگر را در محلی مابین لوله‌ی ۸۰ mm و لوله‌ی ۱۰۰ mm قطع می‌کنند که معمولاً لوله‌ی بزرگ‌تر معینی ۱۰۰ mm (۴ اینچ) انتخاب می‌شود. در این صورت سرعت آب در لوله تقریباً  $(\frac{1}{s} m)$  و افت فشار آب هم مساوی  $(\frac{150}{m} Pa)$  خواهد بود.

۹-۳-۵- محاسبه افت فشار در شبکه‌ی لوله‌کشی: در محاسبه‌ی افت فشار شبکه‌ی لوله‌کشی باید مقدار افت فشار را در مقاوم‌ترین مسیر محاسبه نمود، چون هرگاه فشار پمپ به اندازه‌ای باشد که بتواند افت فشار مقاوم‌ترین مسیر را جبران کرده، آب را در آن مسیر به جریان بیندازد، در سایر مسیرها نیز مطمئناً آب جریان خواهد یافت.

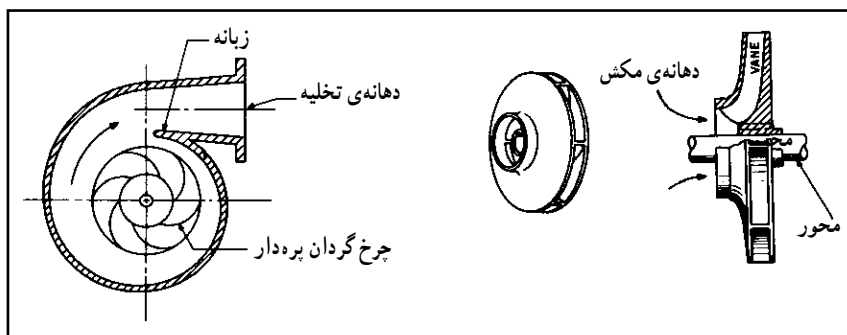
افت فشار هر مسیر برابر با مجموع افت فشار در لوله‌های رفت و برگشت آن مسیر، به اضافه‌ی افت فشار در دستگاه پخش‌کننده حرارت و افت فشار در فیتینگ‌های آن مسیر است. در سیستم گرم‌کننده با رادیاتور، مقدار افت فشار در رادیاتورهای مختلف اختلاف زیادی ندارد، لیکن در سیستم گرم‌کننده با فن‌کویل ممکن است مقدار افت فشار آب در کویل فن‌کویلی که به موتورخانه نزدیک‌تر است، آن قدر زیادتر از دیگر فن‌کویل‌ها باشد، که مقدار افت فشار در مسیر لوله‌های رفت و برگشت دورترین فن‌کویل هم به اندازه‌ی آن نباشد. بنابراین در سیستم گرم‌کننده با فن‌کویل برای تعیین مقاوم‌ترین مسیر، تنها توجه به طول مسیر کافی نیست بلکه در این مورد باید دقت کافی به عمل آید.

در سیستم گرم‌کننده با رادیاتور معمولاً (۵۰٪) طول مسیر را به عنوان هم‌ارز طولی فیتینگ‌ها و شیرها در نظر می‌گیرند. بنابراین اگر طول لوله‌ی رفت دورترین رادیاتور (که به عنوان



دارای یک چرخ پره‌داری<sup>۱</sup> به نام «پروانه» است که داخل محفظه‌ی حلزونی شکلی به وسیله‌ی موتور به چرخش در می‌آید. آب از دهانه‌ی مکش پمپ و از قسمت وسط چرخ پره‌دار به فضای مابین پره‌ها وارد شده، در صورت روشن بودن پمپ همراه چرخ پره‌دار به چرخش در می‌آید و از پروانه‌ی پمپ، انرژی جنبشی (سرعتی) دریافت می‌کند و تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز به طرف محیط خارجی پروانه حرکت کرده، از لبه‌ی چرخ پره‌دار خارج می‌شود.

در محفظه‌ی حلزونی شکل، به دلیل شکل محفظه و محل قرار گرفتن پروانه در آن، به تدریج سرعت آب کاهش می‌یابد و مقداری از انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل (فشار استاتیک که همان هد پمپ است) تبدیل شده، آب از دهانه‌ی پمپ خارج می‌شود. در شکل (۵-۵) یک چرخ پره‌دار و محفظه‌ی حلزونی یک پمپ نشان داده شده است.



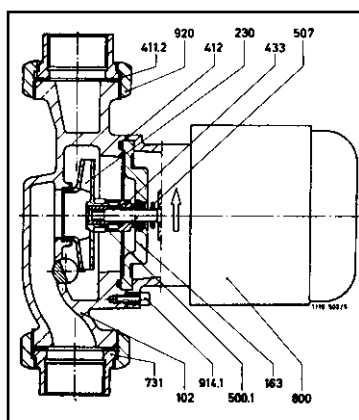
شکل ۵-۵ - پروانه و محفظه‌ی حلزونی پمپ

**پمپ‌های خطی<sup>۲</sup>:** موتور پمپ‌های جریان‌ی با مقدار آب‌دهی و هد کم را به دلیل سبکی آن‌ها، می‌توان روی لوله نصب کرد، امتداد ورود و خروج آب در این پمپ‌ها در یک راستاست و به همین علت امتداد لوله‌ای که پمپ روی آن نصب می‌شود، تغییر نمی‌کند. این نوع پمپ‌ها را «خطی» و یا «هوایی» می‌گویند. در شکل (۵-۶) یک موتور پمپ جریان‌ی خطی با قطعات مختلف آن

**۲-۴-۵ - انواع موتور پمپ‌های جریان‌ی:** موتور پمپ‌های جریان‌ی را از نظر مقدار آب‌دهی (دبی) و مقدار فشار استاتیک (هد پمپ) به دو دسته‌ی: موتور پمپ‌های جریان‌ی با قدرت‌های کم (مقدار دبی و هد کم) یا موتور پمپ‌های خطی و موتور پمپ‌های جریان‌ی با قدرت‌های زیاد (مقدار دبی و هد زیاد) یا موتور پمپ‌های زمینی تقسیم‌بندی می‌کنند.

### لیست قطعات

شماره‌ی قطعه	نام قطعه	شماره‌ی قطعه	نام قطعه
۵ / ۱	پروانه	۱ ۲	محفظه‌ی حلزونی
۵ ۷	آب‌پخش‌کن	۱۶۳	درپوش محفظه
۷۳۱	ماسوره	۲۳	پروانه
۸	موتور	۴۱۱/۲	واشر کاغذی
۹۱۴	پیچ بدنه	۴۱۲	اورینگ
۹۲	مه‌ره	۴۳۳	آب‌بندی مکانیکی

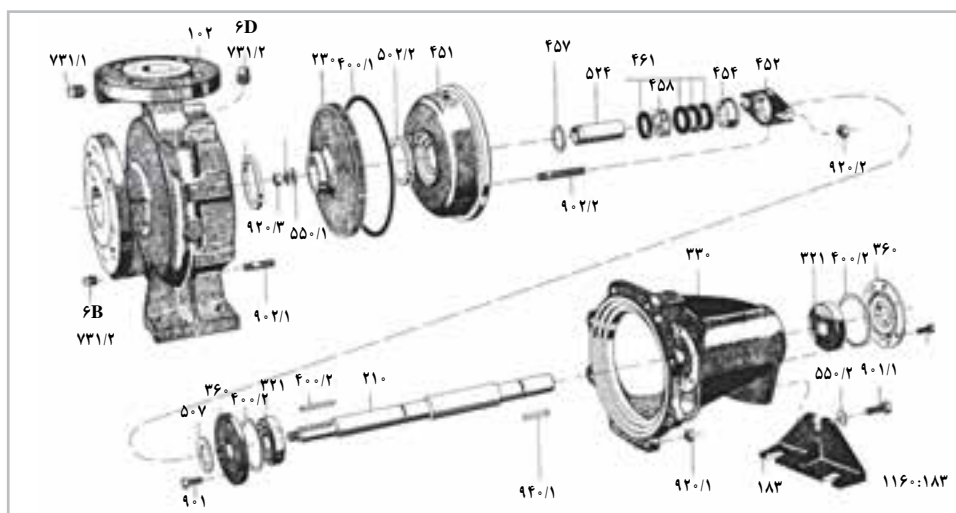


شکل ۵-۶ - یک موتور پمپ خطی و قطعات آن

نشان داده شده است.

به علت وزن زیادشان باید زمین و روی «فونداسیون» نصب گردند. به این پمپ‌ها، پمپ‌های زمینی گفته می‌شود. در شکل (۵-۷) یک موتور پمپ زمینی با قطعات مختلف آن نشان داده شده است.

پمپ‌های زمینی: موتور پمپ‌های جریانی با مقدار آب‌دهی و هد زیاد، موتور و پمپ بزرگی خواهند داشت. این موتور پمپ‌ها



نام قطعه	شماره‌ی قطعه	نام قطعه	شماره‌ی قطعه
بوش محافظ محور	۵۲۴	محفظه‌ی حلزونی	۱۰۲
نوار آب‌بندی	۴۶۱	پروانه	۲۳۰
رینگ خنک کننده	۴۵۸	سریوش محفظه	۴۵۱
استوانه‌ی فشار دهنده	۴۵۴	پایه‌ی یاتاقان	۳۳۰
بلبرینگ	۳۲۱	پایه‌ی پمپ	۱۸۳
واشر تخت	۴۰۰/۱	درپوش بلبرینگ	۳۶۰
خار	۹۴۰/۲	محور	۲۱۰
پیچ هواگیری	۷۳۱/۱	قطعه‌ی عینکی	۴۵۲
پیچ تخلیه	۷۳۱/۲	رینگ محفظه	۵۰۲/۱

شکل ۵-۷- یک موتور پمپ زمینی با قطعات آن

«Q» مقدار دبی (آب در جریان) برحسب لیتر بر ثانیه

است.

«P<sub>۱</sub>» فشار آب ورودی به پمپ (مکش) برحسب پاسکال

است؛

«P<sub>۲</sub>» فشار آب خروجی از پمپ (رانش) برحسب پاسکال

است؛

عدد (۱۰۰۰) تبدیل لیتر به متر مکعب است.

قدرت مصرفی و یا قدرت داده شده به محور پمپ که همان

۳-۴-۵- رابطه‌ی قدرت با مقدار آب‌دهی، هد و

بازده پمپ: در موتور پمپ‌ها، دو قدرت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد یکی قدرت مفید (قدرت جذب شده توسط آب) و دیگری قدرت مصرفی (قدرت داده شده به محور پمپ یا قدرت موتور) است قدرت مفید یا قدرت جذب شده توسط آب از این رابطه به دست می‌آید که در آن:

$$P_w = \frac{Q(P_2 - P_1)}{1000}$$

«P<sub>w</sub>» قدرت مفید برحسب وات است؛

قدرت موتور است (قدرت نوشته شده بر روی پلاک موتور) با توجه به بازده پمپ به دست می آید.

بازده پمپ ( $\eta_p$ ) عبارت است از نسبت قدرت مفید به

$$\eta_p = \frac{\text{قدرت مفید}}{\text{قدرت مصرفی}} = \frac{P_w}{P_b}$$

$$P_b = \frac{P_w}{\eta_p} \text{ یا } P_b = \frac{Q(P_2 - P_1)}{\eta_p}$$

در این رابطه ( $P_b$ ) قدرت موتور برحسب وات است و

$\eta_p$ ) بازده موتور پمپ برحسب درصد است.

بازده موتور پمپ‌های خطی در حدود (۳۰٪) تا (۶۰٪)

و بازده موتور پمپ‌های زمینی به حدود (۸۰٪) می‌رسد.

#### ۴-۴-۵- اتصال موازی پمپ‌ها : دو یا چند دستگاه

موتور پمپ مشابه را می‌توان به منظور افزایش دبی و یا رزرو بودن یکی از آن‌ها و یا هر دو منظور، به صورت موازی به یکدیگر متصل کرد. در اتصال موازی موتور پمپ‌ها برای جلوگیری از سیرکولای آب در جهت خلاف در مدار پمپی که خاموش است، باید روی لوله‌ی رانش هریک از پمپ‌ها شیر یک طرفه نصب گردد.

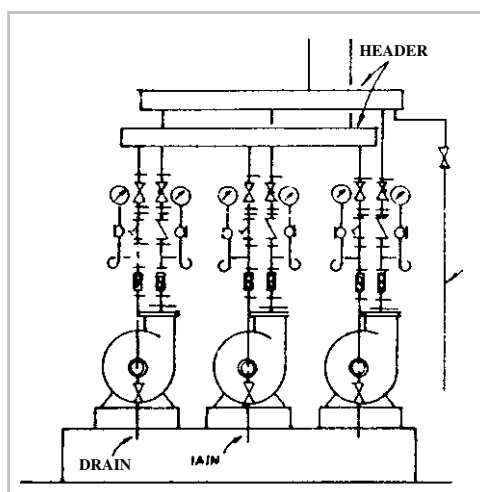
لازم به ذکر است که هرگاه چند دستگاه موتور پمپ مشابه،

به صورت موازی در مداری کار کنند، دبی مدار، برابر مجموع

دبی آن چند دستگاه موتور پمپ خواهد بود. در شکل (۸-۵)

طریقه‌ی اتصال موازی چند دستگاه موتور پمپ زمینی نشان

داده شده است.



شکل ۸-۵- نصب سه دستگاه موتور پمپ زمینی به طور موازی

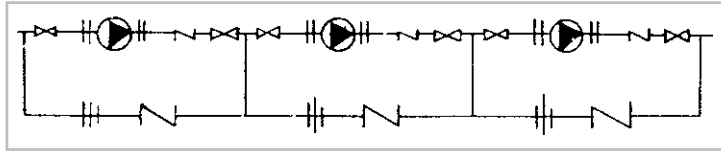
خرابی، پیش‌بینی شده است و شیرهای یک طرفه برای آن است که در صورت خرابی یک دستگاه از سه دستگاه پمپ و یا رزرو بودن یکی از آن‌ها، دو دستگاه دیگر (بدون آن که لازم باشد شیرهای کشویی پمپ رزرو و یا پمپ خراب بسته شوند) بتوانند کار کنند.

توجه: هرگاه دو یا چند دستگاه موتور پمپ مشابه،

به طور سری در مداری نصب گردند، فشار و یا هد آن‌ها جمع خواهد شد.

#### ۵-۴-۵- اتصال سری پمپ‌ها : دو یا چند دستگاه

موتور پمپ مشابه را می‌توان به منظور افزایش فشار، به طور سری نصب کرد. به این طریق که رانش پمپ اول را به مکش پمپ دوم و رانش پمپ دوم را به مکش پمپ سوم اتصال می‌دهند و به همین ترتیب برای سایر موتور پمپ‌ها عمل می‌کنند. شکل (۹-۵) طریقه‌ی نصب سه دستگاه موتور پمپ خطی (هوایی) را به طور سری نشان می‌دهد. بیان این مطلب، لازم است که شیر فلکه‌های کشویی دو طرف پمپ‌ها برای باز کردن پمپ‌ها در موقع تعمیر



شکل ۹-۵- نصب سه دستگاه موتور پمپ خطی به طور سری

$$Q^{(L/S)} = \frac{H^{(kw)}}{46/5}$$

محاسبه کرد.

۲- فشار و یا هد پمپ: فشار و یا هد پمپ باید به اندازه‌ای باشد که افت فشار مقاوم‌ترین مسیر را جبران کند. بنابراین برای محاسبه‌ی هد پمپ باید افت فشار آب در مقاوم‌ترین مسیر را محاسبه نمود.

۳- نوع موتور: در موقع انتخاب موتور پمپ لازم است موتور پمپ از نظر فاز (یک فاز و یا سه فاز) و نیز از نظر تعداد دور در دقیقه (RPM) ۱۴۵ و یا (RPM) ۲۹۰ مشخص گردد. پس از محاسبه و تعیین سه شاخص ذکر شده، با استفاده از منحنی کارکرد پمپ‌ها می‌توان موتور پمپ مورد نظر را انتخاب کرد. در انتخاب پمپ باید به این نکته توجه داشت که موتور پمپ دارای حداکثر بازده باشد. در شکل‌های (۵-۱۰ تا ۵-۱۲) منحنی‌های کار چند دستگاه موتور پمپ خطی نشان داده شده است.

### ۶-۴-۵- محاسبه و انتخاب پمپ جریانی: برای

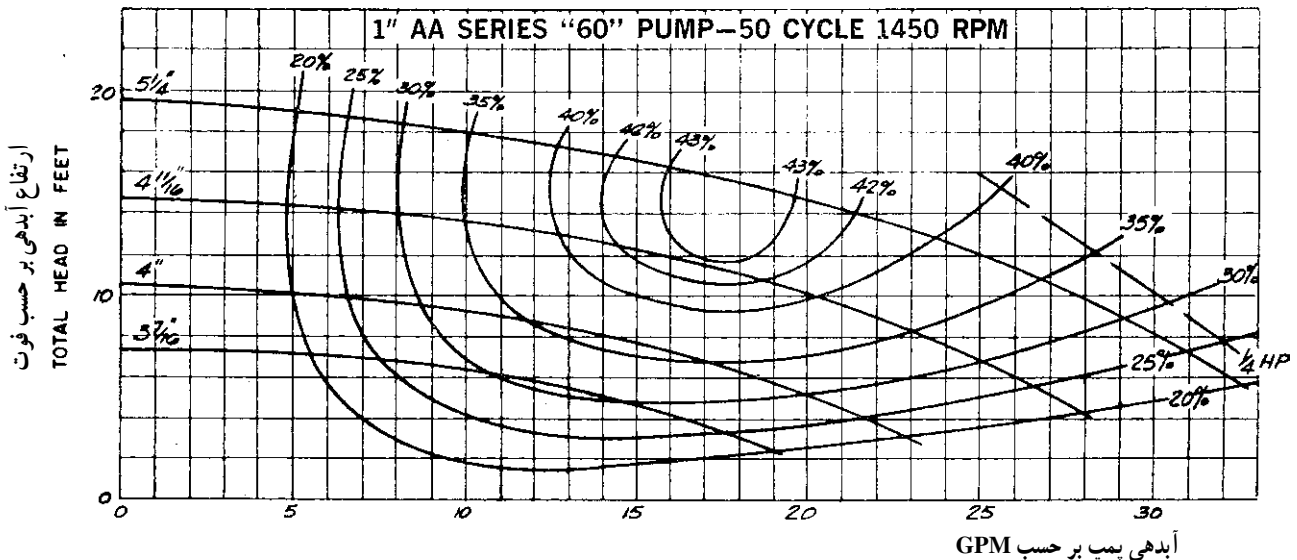
به جریان انداختن آب در مدارهای مختلف سیستم گرم‌کننده از پمپ جریانی استفاده می‌شود. برای انتخاب پمپ جریانی باید شاخص‌های ذکر شده در زیر را محاسبه و تعیین نمود، تا بتوان موتور پمپ مناسب را انتخاب کرد:

#### ۱- مقدار آب‌دهی پمپ: دبی پمپ جریانی باید

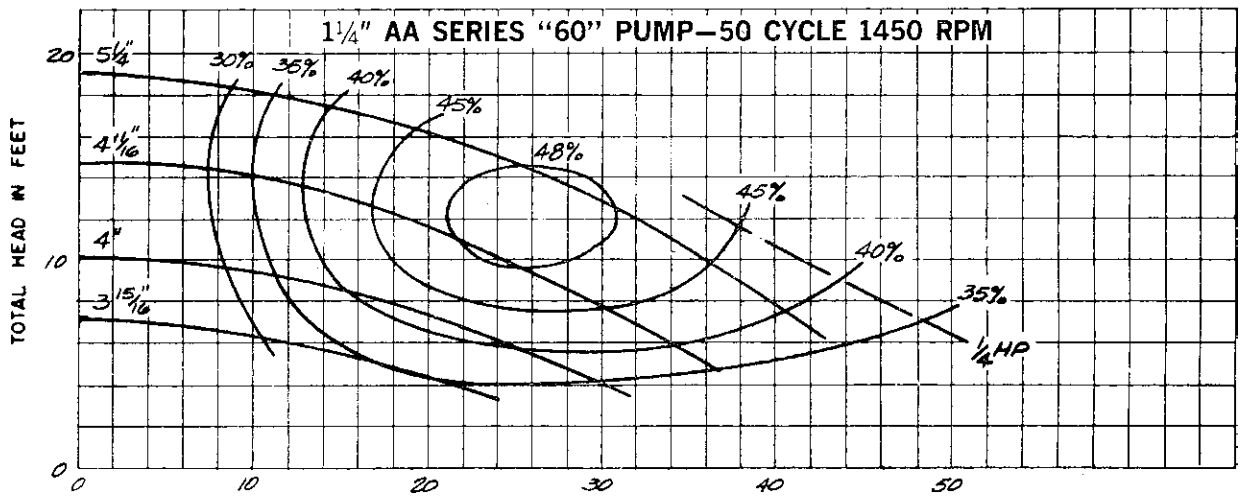
به اندازه‌ای باشد که مقدار آب گرم مورد نیاز تمام دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی حرارت و مخزن آب گرم مصرفی را در مدار آن‌ها سیرکوله نماید. به عبارت دیگر دبی پمپ جریانی برابر است با مجموع دبی دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی حرارت به اضافه‌ی دبی مورد نیاز مخزن آب گرم مصرفی. اگر در طرح، یک دستگاه پمپ جهت سیستم گرم‌کننده و یک دستگاه دیگر برای مخزن آب گرم پیش‌بینی شده باشد، دبی هر پمپ باید جداگانه محاسبه گردد.

اگر اختلاف درجه‌ی حرارت آب رفت و برگشت را به طور متوسط (۲۰°F) در نظر بگیریم مقدار دبی پمپ جریانی را با در دست داشتن تلفات حرارتی ساختمانی، می‌توان از رابطه‌ی

### SERIES "60"-FOR 50 CYCLE-1450 RPM MOTOR OPERATION PERFORMANCE CHARACTERISTICS

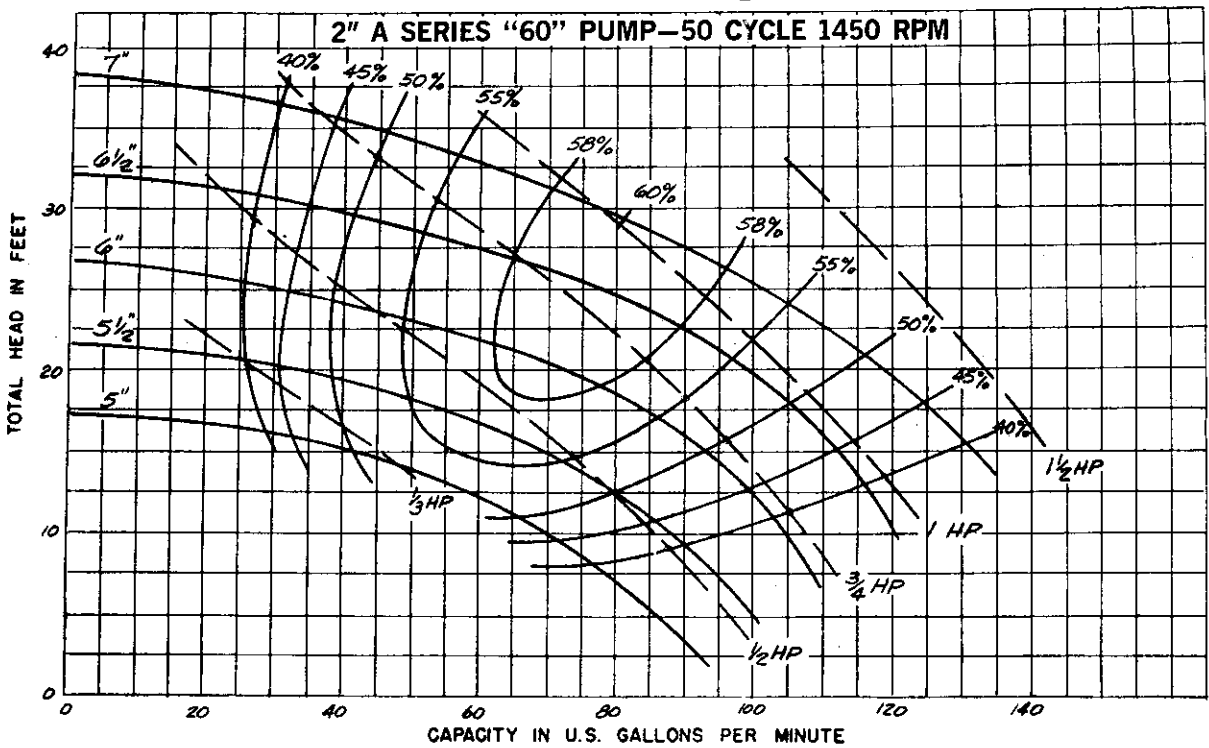


شکل ۱۰-۵- دیاگرام انتخاب پمپ



شکل ۱۱-۵- دیاگرام انتخاب پمپ

**SERIES "60"--FOR 50 CYCLE-1450 RPM MOTOR OPERATION**



**CONVERSION TABLE**

When other pumping conditions are given — convert to feet of head and capacity in U.S. GPM.  
Multiply by appropriate correction factor.

جدول تبدیل

Multiply	By	To Obtain	Multiply	By	To Obtain
Centimeter	.0328	Feet of Head	Imperial Gals./Min.	1.2	U.S. Gals. per Min.
Meters	3.28	Feet of Head	Liters/Min.	.264	U.S. Gals. per Min.
PSI	2.31	Feet of Head	Liters/Sec.	15.85	U.S. Gals. per Min.
			Liters/Hr.	.0044	U.S. Gals. per Min.
			Cubic Meters/Min.	264.2	U.S. Gals. per Min.
			Lbs./Min.	.12	U.S. Gals. per Min.
			Cubic Meters/Hr.	4.4	U.S. Gals. per Min.

شکل ۱۲-۵- دیاگرام انتخاب پمپ

$$GPM = 8 \times 15 / 85 = 126 / 8$$

در قسمت پایانی ابعاد مختلف موتور پمپ‌ها داده شده است.

مثال: برای ساختمانی با مشخصات ذکر شده در زیر، چه

نوع موتور پمپ جریانی باید انتخاب کنیم؟

۱- تلفات حرارتی ساختمان (۲۷۹۱۰۰) وات است؛

۲- طول لوله‌ی رفت دورترین رادیاتور تا محل نصب

پمپ (۱۰۰) متر است؛

۳- افت فشار آب در داخل لوله‌ها به‌طور متوسط برابر

$$\left( 200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right) \text{ است؛}$$

۴- اختلاف درجه‌ی حرارت آب رفت و برگشت (۱۱/۱)

درجه سانتی‌گراد است؛

۵- موتور پمپ باید (۲۲۰) ولت و (۱۴۵۰) دور در دقیقه

باشد.

پاسخ: برای انتخاب موتور پمپ باید مقدار آب‌دهی و هد

پمپ محاسبه گردد.

$$q_v = \frac{H}{46/5} \text{ مقدار دبی برحسب لیتر بر ثانیه و}$$

$$q_v = \frac{279/1}{46/5} = 6$$

مقدار دبی برحسب گالن بر دقیقه

$$GPM = \frac{1}{s} \times 15 / 85 = GPM = 6 \times 15 / 85 = 95 / 1$$

افت فشار در مسیر دورترین رادیاتور

$$\text{پاسکال } Pa = 600 \times 100 = 60000 \text{ و } Pa = 600 \times L$$

با توجه به این که هر کیلو پاسکال (۰/۳۳۵) فوت آب است؛

هد پمپ برحسب فوت آب

$$Ft = 60 \times 0 / 335 = 20 / 1$$

حال مقدار دبی (۹۵/۱) گالن بر دقیقه را از روی محور

افقی آخرین مدل پمپ، پیدا کرده، از آنجا یک خط قائم رسم

می‌کنیم، مقدار هد (۲۰/۱) فوت را هم روی محور قائم پیدا

کرده، یک خط افقی از آنجا رسم می‌نماییم، محل تلاقی این دو

خط، نقطه‌ی کار پمپ مورد نیاز است که دارای مشخصاتی به

شرح قسمت‌های مختلف نمودارها: در هر یک از

نمودارهای مربوط به پمپ‌ها این موارد مشخص شده است.

۱- مقدار دبی پمپ روی محور افقی برحسب گالن

آمریکایی بر دقیقه مشخص گردیده است.

۲- مقدار هد پمپ روی محور قائم برحسب فوت آب،

نشان داده شده است.

۳- منحنی‌هایی که در سمت چپ روی آن‌ها اعدادی

برحسب اینچ داده شده، منحنی‌های کار پمپ، با پروانه‌ای با آن

قطر هستند.

توضیح: کارخانه‌های سازنده‌ی پمپ به‌طور معمول موتور

پمپ را با بزرگ‌ترین پروانه به بازار عرضه می‌کنند و در صورت

نیاز یا باید پروانه را از پمپ خارج کرده، آن را تا قطر موردنظر

تراشید و یا این که به کارخانه‌ی سازنده‌ی پمپ، سفارش خرید

مخصوص داد.

۴- منحنی‌هایی که روی آن‌ها اعدادی برحسب درصد

مشخص گردیده، بازده موتور پمپ هستند.

۵- منحنی‌های خط چینی که روی آن‌ها اعدادی با واحد

«HP» نوشته شده، قدرت موتور پمپ برحسب اسب بخار است.

۶- مدل هر موتور پمپ در بالای منحنی‌های کار آن پمپ

نوشته شده است (نظیر AA<sup>۱</sup>، AA<sup>۲</sup> و ...).

۷- موتور تمام پمپ‌ها (۲۲۰) ولت و (۵۰) سیکل (۱۴۵۰)

دور در دقیقه است.

در زیر دیاگرام آخرین پمپ، جدولی برای تبدیل واحدهای

مختلف هد به فوت آب و نیز تبدیل واحدهای مختلف دبی به گالن

آمریکایی بر دقیقه با ضرایب تبدیل آن‌ها داده شده است.

مثال: اگر در یک محاسبه، هد پمپی (۵PSI) برآورد شده

باشد، مقدار آن برحسب فوت آب چنین است:

$$Ft = PSI \times 2 / 31 \text{ و}$$

$$Ft = 5 \times 2 / 31 = 11 / 55$$

مثال: دبی ۸ لیتر بر ثانیه معادل چند گالن بر دقیقه است؟

$$\text{پاسخ: } GPM = \frac{1}{s} \times 15 / 85 \text{ و}$$

این شرح خواهد بود.

دقیقه انتخاب شود.

۱- مدل پمپ (A ۲)؛

۲- قطر پروانه (۶/۴" یا ۶ ۱/۴")؛

۳- قدرت موتور (۱ اسب بخار)؛

۴- بازده موتور پمپ (%۵۵).

به دلیل آن که کارخانه‌ی سازنده، پمپ را با بزرگ‌ترین

پروانه (V) به بازار عرضه می‌کند، این موتور پمپ (AV ۲) نامیده می‌شود.

۷-۴-۵- انتخاب پمپ زمینی: منحنی‌های

شکل‌های (۵-۱۳) و (۵-۱۴) مربوط به انتخاب پمپ زمینی از یک کارخانه سازنده است. پس از انجام محاسبات می‌خواهیم پمپی را انتخاب کنیم که مقدار آبدهی آن ۵ مترمکعب در ساعت یا ۱۳/۹ لیتر بر ثانیه و ارتفاع آبدهی آن ۲۹ متر باشد.

الف- انتخاب پمپ: پمپ‌های زمینی نیز در دورهای

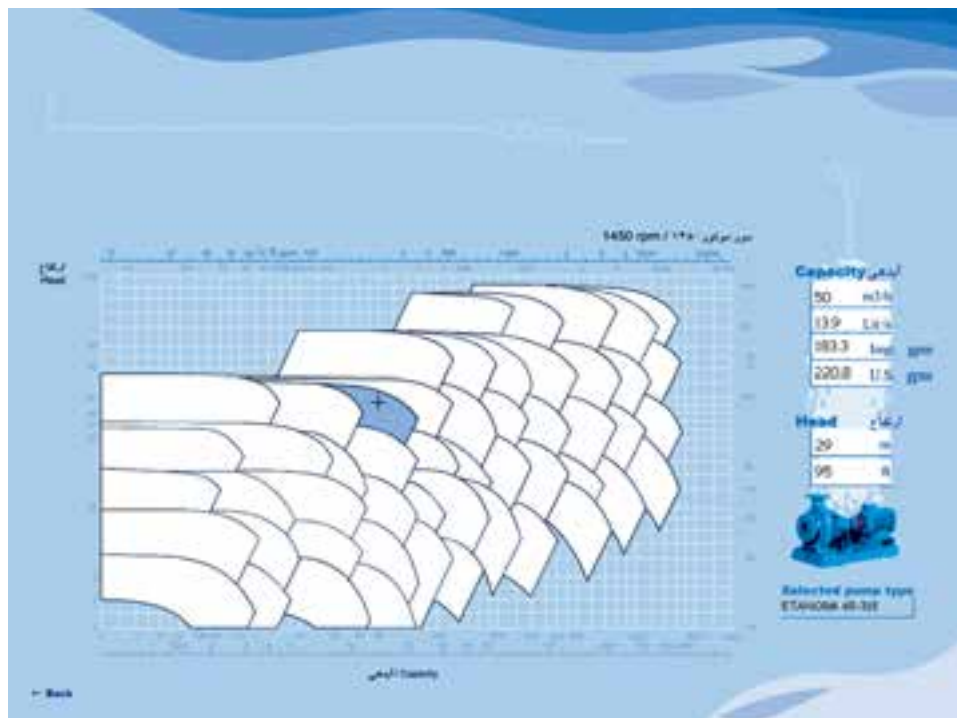
۱۴۵۰rpm و ۲۹۰۰rpm تولید می‌شوند. با توجه به اینکه استهلاک پمپ در دورهای بالا بیشتر است در صورتی که کارکرد پمپ مداوم باشد بهتر است پمپ با سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور در

برای انتخاب پمپ به منحنی همپوشانی پمپ در شکل (۵-۱۳) مراجعه می‌کنیم. محل تقاطع آبدهی ۵ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر پمپ ۳۱۵-۶۵ را مشخص می‌کند.

ب- تعیین قطر پروانه: شکل (۵-۱۴) منحنی مشخصات پمپ ۳۱۵-۶۵ در ۱۴۵۰ دور در دقیقه مراجعه می‌کنیم بر روی منحنی نقطه تقاطع آبدهی ۵ مترمکعب در ساعت و ارتفاع آبدهی ۲۹ متر یافته و اولین منحنی بالای این نقطه که مربوط به پروانه با تراش  $\varnothing 310$  می‌باشد انتخاب می‌کنیم. بنابراین پمپ انتخاب شده 1450rpm, (310) 65-315<sub>a</sub> می‌باشد.

ج- راندمان پمپ: با توجه به اینکه نقطه انتخاب در منحنی شکل (۵-۱۴) بین راندمان %۶۵ و %۶۶ قرار می‌گیرد راندمان پمپ انتخاب شده %۶۵/۲ است.

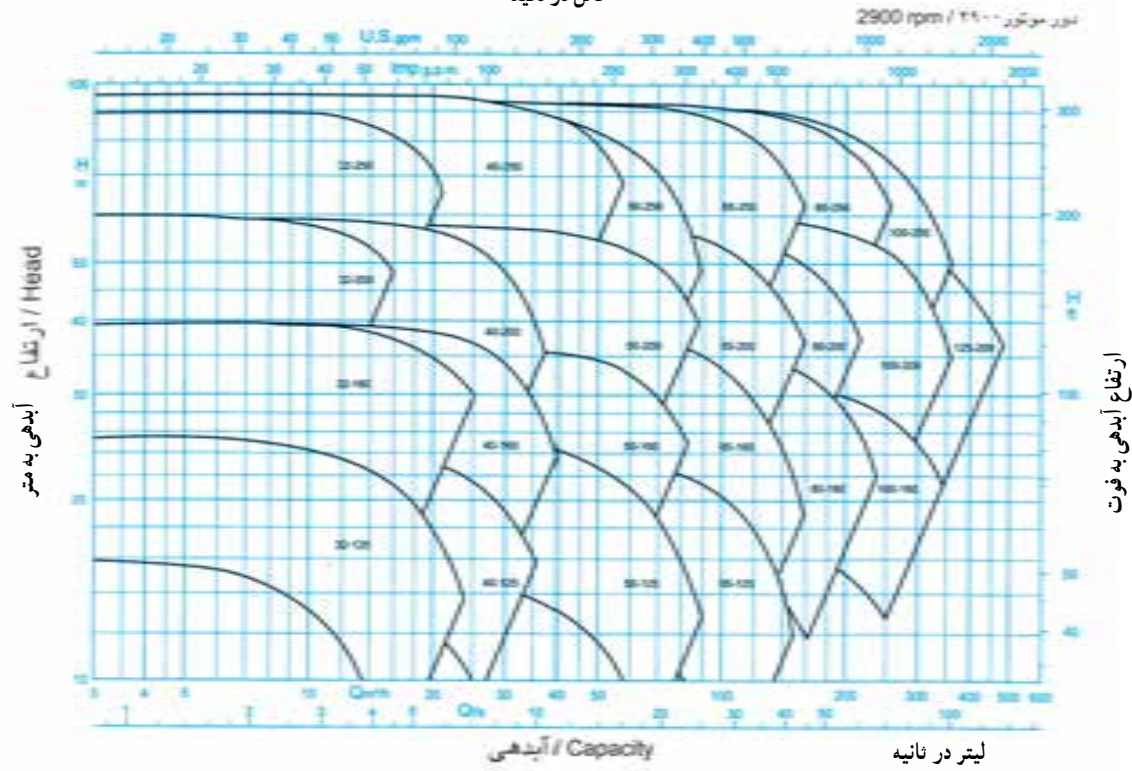
د- انتخاب الکتروموتور: برای انتخاب الکتروموتور انتهای منحنی توان را برای تراش پروانه ۳۱۰ در نظر گرفته به عدد ۸/۲kw می‌رسیم بنابراین برای عملکرد مطمئن الکتروموتور ۱۱ کیلووات ۱۴۵۰ دور در دقیقه انتخاب می‌کنیم.



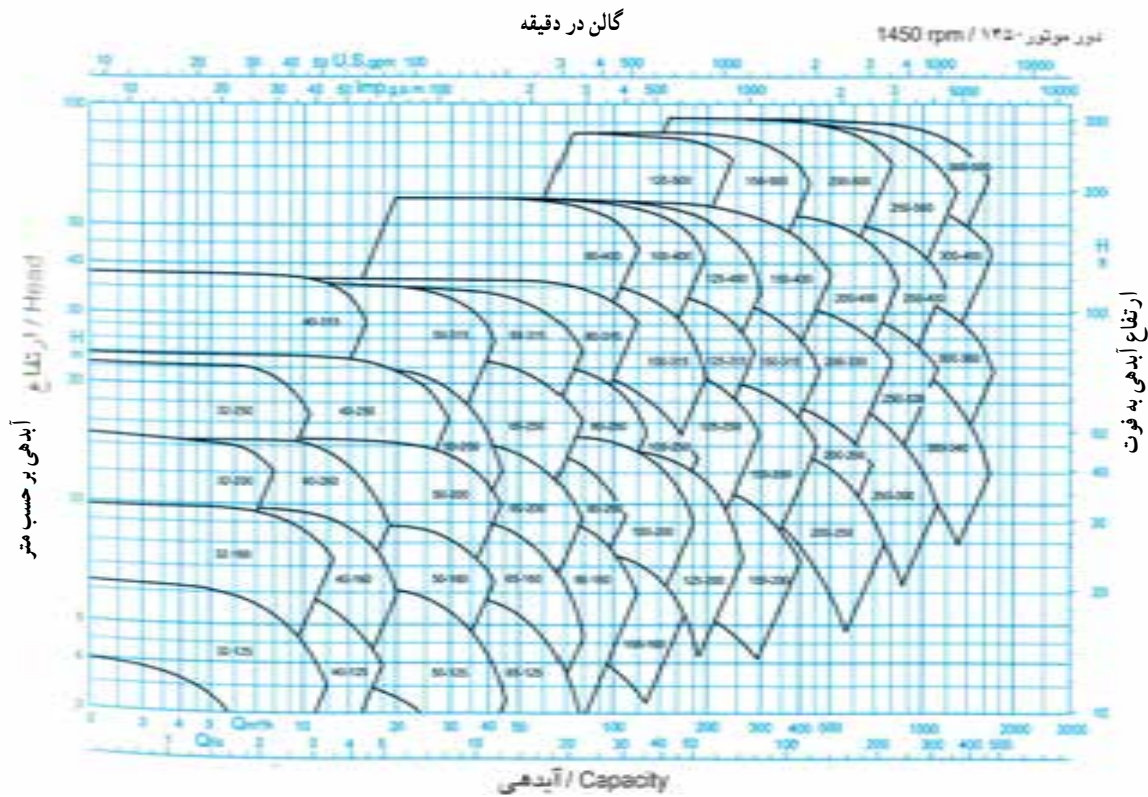
شکل ۵-۱۳- الف- منحنی همپوشانی پمپ‌های گریز از مرکز



گالن در دقیقه

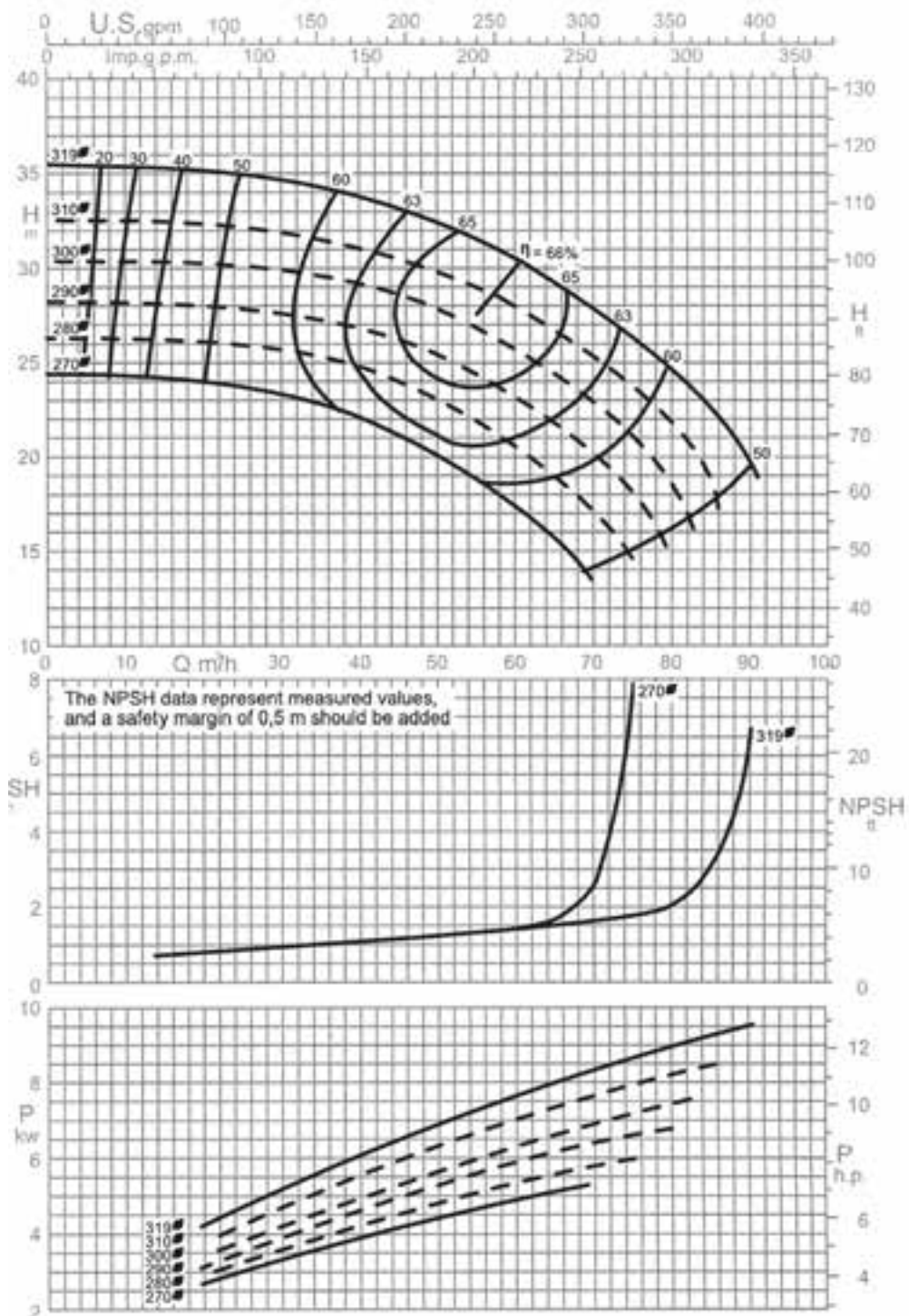


گالن در دقیقه



شکل ۱۳-۵ - ب - منحنی هم پوشانی پمپ های گریز از مرکز





دور موتور ۱۴۵۰ / 1450 rpm

شکل ۱۴-۵ - منحنی مشخصات پمپ ۳۱۵-۶۵

## ۵-۵- انبساط لوله‌ها

خواهد بود که لازم است با استفاده از روش‌هایی این انبساط و انقباض گرفته شود. جدول (۵-۲) مقدار انبساط لوله‌های مسی و فولادی را برحسب اینچ در هر (۱۰۰) فوت لوله، در دماهای مختلف نشان می‌دهد.

تمام لوله‌ها در اثر تغییر درجه‌ی حرارت محیط و درجه‌ی حرارت سیال داخل لوله، منبسط و منقبض می‌شوند. اگر تغییر دمای سیال داخل لوله و نیز طول لوله‌ی مستقیم (بدون زانو و خم) زیاد باشد، مقدار افزایش و یا کاهش طول لوله نیز زیاد

جدول ۵-۲- مقدار انبساط لوله‌ها

(Inches per 100 feet)

TEMP RANGE (F)	COPPER TUBING	STEEL PIPE
0	0	0
50	.56	.37
100	1.12	.76
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	3.70
500	5.89	4.15

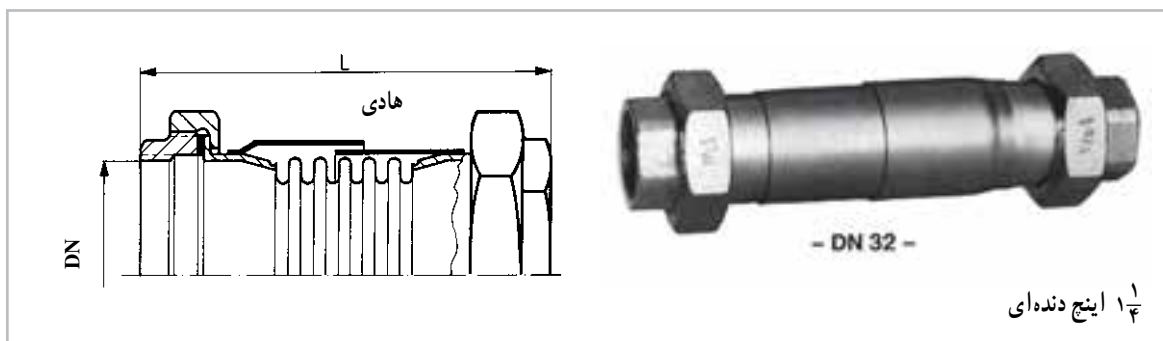
NOTE: Above data are based on expansion from 0°F but are sufficiently accurate for all other temperature ranges.

انبساط لوله‌ها در تأسیسات حرارتی است. برای جلوگیری از تغییر حالت، قطعات انبساطی باید از داخل و یا از خارج دارای قطعه‌ی هادی باشند. قطعات انبساطی در انواع: دنده‌ای، جوشی و فلنجی ساخته می‌شوند. در شکل (۵-۱۵) چند نمونه از قطعات انبساطی نشان داده شده است.

برای گرفتن انبساط و انقباض لوله‌ها از سه روش استفاده می‌شود: ۱- استفاده از قطعات انبساطی ۲- استفاده از شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی و یا لاستیکی ۳- پا<sup>۱</sup> و لوپ<sup>۲</sup> انبساطی

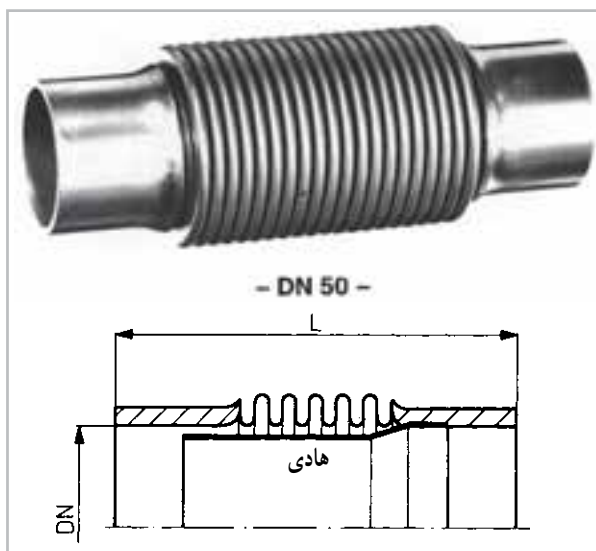
۵-۵-۱- قطعات انبساطی: استفاده از قطعات

انبساطی آکاردئونی فلزی متداول‌ترین روش گرفتن انبساط و

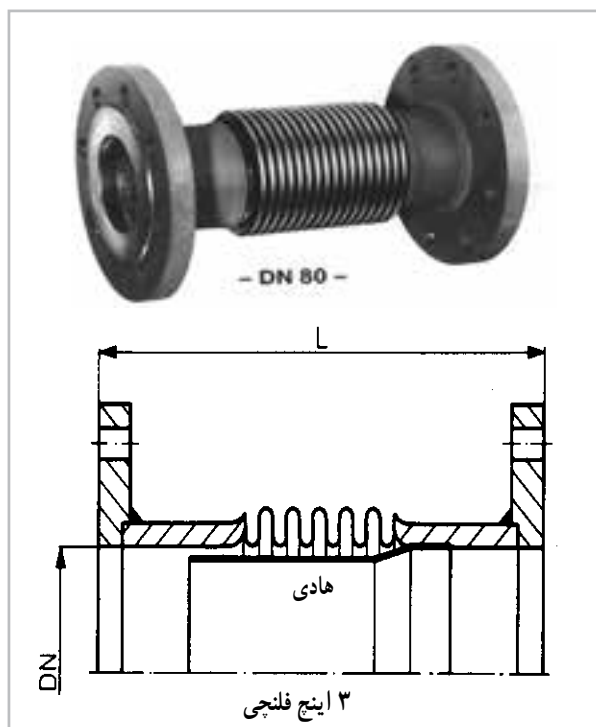


۱- Leg

۲- Loop



۲ اینچ جوشی



۳ اینچ فلنجی

شکل ۱۵-۵- چند نمونه قطعه‌ی انبساطی آکاردئونی فلزی

شکل (۵-۶) شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی نشان داده شده است.

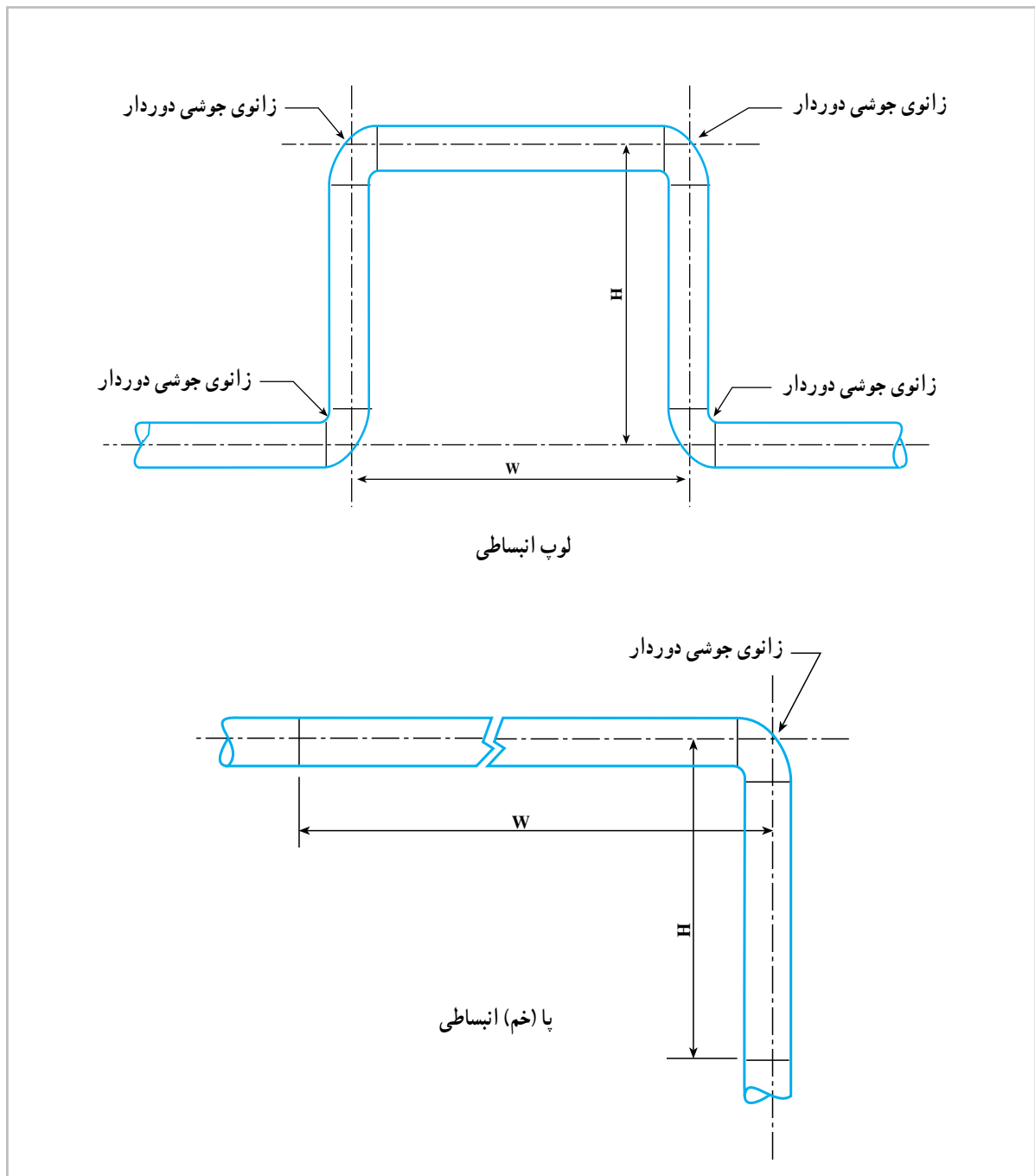
۳-۵-۵- لوپ و پای انبساطی: لوپ و پای انبساطی در لوله‌کشی‌های طولانی نظیر لوله‌کشی خطوط انتقال نفت و گاز بین شهرها، خطوط بخار در پالایشگاه‌ها و کارخانه‌ها، خطوط لوله‌کشی در محوطه‌های بزرگ و نظایر آن‌ها به کار برده می‌شود.

۲-۵-۵- شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی و یا لاستیکی: شیلنگ‌های قابل انعطاف فقط برای گرفتن انبساط و انقباض لوله‌های سایز کوچک توصیه می‌شود زیرا برای اندازه‌های بزرگتر قطعه‌ی انبساطی با طول زیاد لازم است. جایی که شیلنگ قابل انعطاف برای گرفتن انبساط، مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در مسیر مستقیم لوله نصب گردد. در

در شکل (۵-۱۷) پا و لوپ انبساطی نشان داده شده است. لازم جزء اهداف برنامه نیست. به تذکر است که محاسبه‌ی مقادیر «H» و «W» در لوپ و طول پا



شکل ۵-۱۶- شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی



شکل ۱۷-۵- لوب و پای انبساطی

## ۵-۶- ارتعاش در لوله‌کشی

در تمام لوله‌کشی‌ها ارتعاشات از یک منبعی نظیر پمپ و یا کمپرسور سرچشمه می‌گیرد. ارتعاشات در لوله‌ها باعث ایجاد اثرات نامطلوب زیر خواهد شد:

۱- وارد شدن صدمات فیزیکی به لوله‌ها نظیر شکستن اتصالات؛

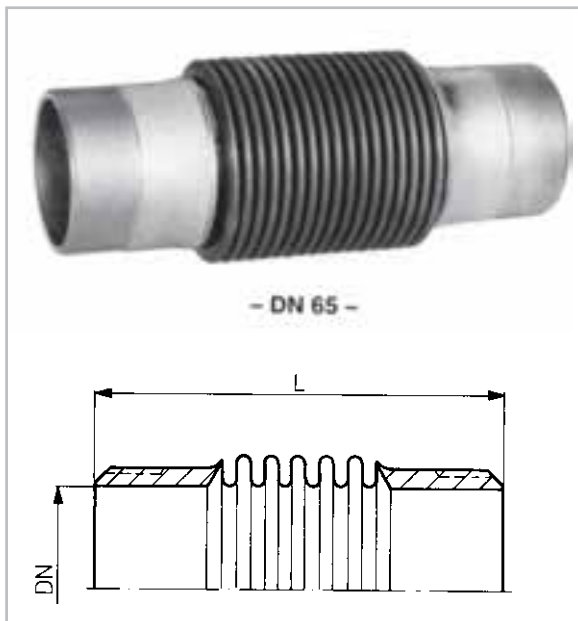
۲- هدایت صدا از طریق خود لوله‌ها و یا ساختمان در صورتی که لوله‌ها در تماس مستقیم با ساختمان باشند.

البته مشکل است که نتایج عیوب حاصل از ارتعاشات شبکه‌ی لوله‌کشی را پیش‌بینی نمود به همین دلیل، توصیه می‌شود با وسایل ارتعاش‌گیر اثرات ارتعاشات به حداقل رسانده شود.

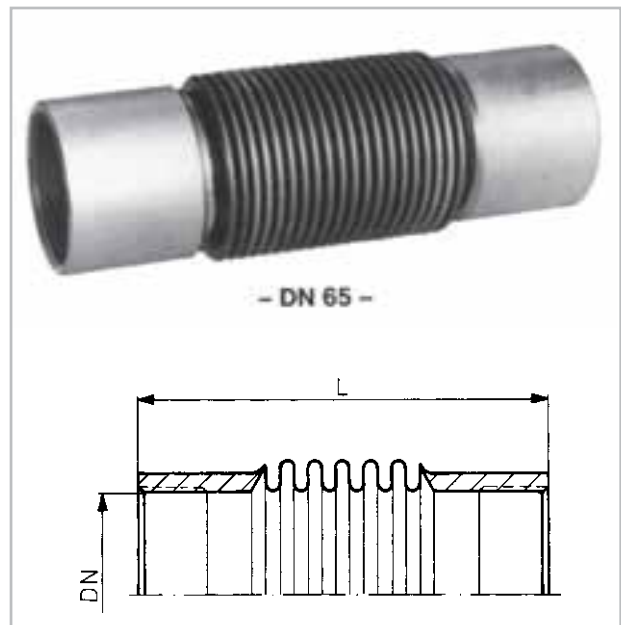
۱-۵-۶- وسایل ارتعاش‌گیر: ارتعاش‌گیرهای لاستیکی و یا فلزی از انتقال ارتعاشات از طریق لوله‌ها به ساختمان جلوگیری می‌کنند. ارتعاش‌گیرها بر روی لوله‌های «مکش» و «رانس» پمپ‌ها نصب می‌گردند. با نصب ارتعاش‌گیر بر روی لوله‌های پمپ ارتباط سفت و محکم پمپ (دستگاه تولید‌کننده‌ی ارتعاش) با لوله‌ها قطع می‌شود و در حالی که پمپ در حال

ارتعاش است، لوله‌ها مرتعش نمی‌شوند. ارتعاش‌گیرهایی که بر روی لوله‌ها نصب می‌شوند، در دو نوع لاستیکی و فولادی ضدزنگ ساخته می‌شوند. نوع فولادی آن با اتصالات دنده‌ای، جوشی و فلنجی ساخته می‌شود و به علت گران بودن آن فقط بر روی پمپ‌های آب داغ نصب می‌شود. نوع لاستیکی این ارتعاش‌گیر با اتصال فلنجی است. ارتعاش‌گیرهای لاستیکی بر حسب نوع، دما و فشار سیال به صورت متفاوت ساخته می‌شوند و به وسیله‌ی کد رنگی که بر روی آن‌ها حک شده است، مشخص می‌گردند. در شکل (۵-۱۸) چند نمونه ارتعاش‌گیر فلزی و لاستیکی نشان داده شده است. شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی هم وسیله‌ی دیگری برای جلوگیری از انتقال ارتعاشات هستند. این ارتعاش‌گیرها به‌طور معمول بر روی لوله‌های مکش و رانس کمپرسورها نصب می‌شوند (شکل ۵-۱۸).

ارتعاش‌گیرهای لاستیکی مخصوصی هم وجود دارند که با نصب آن‌ها در زیر پمپ‌ها، می‌توان انتقال ارتعاشات پمپ‌ها را از طریق فونداسیون به ساختمان به حداقل رساند. در شکل (۵-۱۹) یک نمونه از این ارتعاش‌گیرها نشان داده شده است.

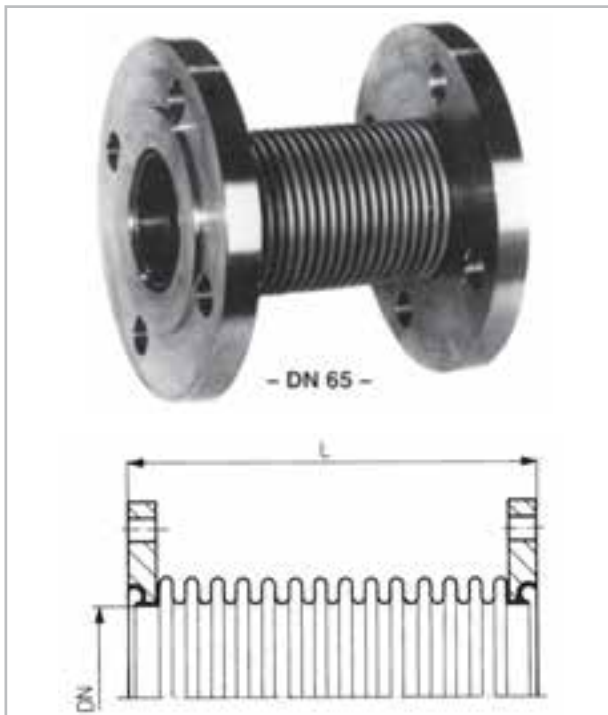


۲۱ اینچ آکاردنونی دنده‌ای



۲۱ اینچ آکاردنونی جوشی





شکل ۱۸-۵-الف - چند نمونه از ارتعاش گیر لوله

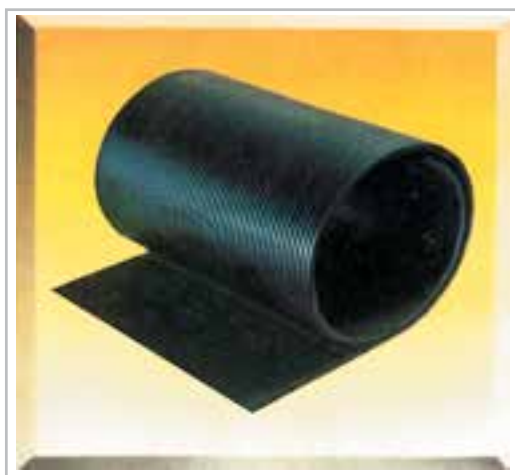


لاستیکی فلنچی



شکل ۱۸-۵-ب - چند نمونه از ارتعاش گیر لاستیکی ساخت یک کارخانه‌ی داخلی:

- ارتعاش گیر به رنگ آبی برای سیستم‌های پرفشار (PN25, PN16)؛
- ارتعاش گیر به رنگ سبز برای سیالات اسیدی و مشتقات نفت؛
- ارتعاش گیر به رنگ قرمز برای سیستم‌های گرمایش تا (۹۰°) سانتی‌گراد؛
- ارتعاش گیر به رنگ سفید برای آب بهداشتی؛
- و ارتعاش گیر به رنگ زرد برای سیستم‌های تهویه مطبوع با فشار کم.



شکل ۱۹-۵- یک نمونه ارتعاش گیر جهت نصب در زیر پمپ‌ها

## پرسش و تمرین

- ۱- سیستم انتقال آب گرم را تعریف کنید.
- ۲- اجزای سیستم انتقال آب گرم را نام ببرید.
- ۳- سیستم لوله کشی با برگشت مستقیم را شرح دهید.
- ۴- سیستم لوله کشی با برگشت معکوس را توضیح دهید.
- ۵- سیستم لوله کشی مختلط را تشریح کنید.
- ۶- فشار را تعریف کنید.
- ۷- واحد فشار در سیستم های «SI»، انگلیسی و «متریک» را بنویسید.
- ۸- واحدهای متداول اندازه گیری فشار برحسب ستون مایعات را نام ببرید.
- ۹- افت فشار را توضیح دهید.
- ۱۰- افت فشار آب در لوله را شرح داده، عوامل مؤثر در مقدار آن را توضیح دهید.
- ۱۱- افت فشار آب در شیرها و فیتینگ ها را توضیح داده، عوامل مؤثر در مقدار آن را شرح دهید.
- ۱۲- واحدهای اندازه گیری افت فشار در لوله ها را نام ببرید.
- ۱۳- فرمول محاسبه ی دبی حجمی آب در سیستم گرم کننده برای فرمول ( $\Delta t = 2^\circ F$ ) را نوشته، واحدهای عوامل آن را نام ببرید.
- ۱۴- واحدهای متداول دبی حجمی را بنویسید.
- ۱۵- سرعت مناسب آب در لوله های اصلی و فرعی چه قدر است؟
- ۱۶- رابطه ی دبی حجمی، سرعت آب و سطح مقطع لوله را نوشته، واحدهای عوامل آن را در یک سیستم اندازه گیری توضیح دهید.
- ۱۷- قطر لوله ی مناسب برای دبی ( $\frac{L}{S}$ ) و افت فشار ( $20 \frac{Pa}{m}$ ) را تعیین کنید.
- ۱۸- محاسبه ی افت فشار در شبکه ی لوله کشی چگونه است؟
- ۱۹- فرمول محاسبه ی افت فشار در طولانی ترین مسیر را نوشته، واحدهای عوامل آن را توضیح دهید.
- ۲۰- اگر طول لوله ی رفت دورترین وسیله ی پخش کننده ی حرارت در سیستم لوله کشی با برگشت مستقیم برابر (۷۵) متر و افت فشار معادل ( $20 \frac{Pa}{m}$ ) باشد، هد پمپ چند کیلو پاسکال خواهد بود؟
- ۲۱- موتور پمپ جریانی را توضیح دهید.
- ۲۲- طرز کار پمپ جریانی را بنویسید.
- ۲۳- انواع موتور پمپ های جریانی را نام ببرید.
- ۲۴- موتور پمپ های جریانی خطی را شرح دهید.
- ۲۵- موتور پمپ های زمینی را شرح دهید.
- ۲۶- رابطه ی قدرت موتور با مقدار آب دهی، هد و بازده پمپ را نوشته، واحدهای عوامل مختلف آن را



در سیستم «SI» نام ببرید.

۲۷- اتصال موازی دو یا چند دستگاه موتور پمپ زمینی را شرح دهید.

۲۸- اتصال سری دو یا چند دستگاه موتور پمپ را شرح دهید.

۲۹- برای انتخاب یک موتور پمپ جریانی چه شاخص‌هایی را باید قبلاً محاسبه و تعیین کرد؟

۳۰- برای ساختمانی با مشخصات ذکر شده در زیر، موتور پمپ جریانی خطی انتخاب کنید.

الف - مقدار تلفات حرارتی ساختمان برابر (۱۰۰ کیلو وات)؛

ب - اختلاف درجه‌ی حرارت آب گرم رفت و برگشت سیستم حرارت مرکزی (۲۰°F)؛

پ - فاصله‌ی دورترین رادیاتور تا محل نصب موتور پمپ برابر (۸ متر)؛

ت - افت فشار آب در لوله‌ها به‌طور متوسط برابر ( $۲۰۰ \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ )؛

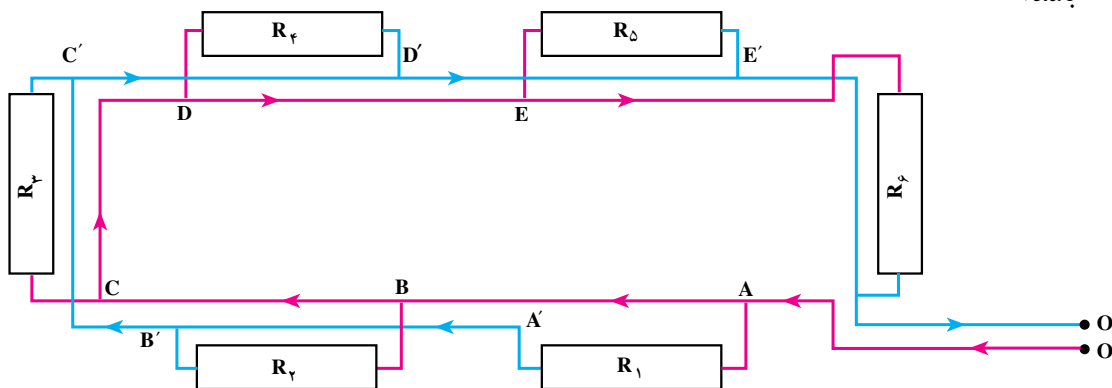
ث - نوع موتور یک فاز (۱۴۵۰) دور در دقیقه.

۳۱- شکل ۲۰-۵ سیستم لوله‌کشی یک سالن را نشان می‌دهد. در صورتی که بار حرارتی هر یک از

واحدهای گرمایی (رادیاتور)  $۹۰۰۰ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$  باشد قطر لوله‌های اصلی و یکی از لوله‌های فرعی را تعیین نمایید.

در صورتی که اختلاف دمای آب رفت و برگشت  $۱۰^\circ\text{C}$  فرض شود و افت فشار در هر متر طول لوله  $۲۰۰ \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$

باشد.



شکل ۲۰-۵ - لوله‌کشی یک ساختمان یک طبقه

۳۲- اگر مجموع طول لوله‌های رفت و برگشت در یک سیستم حرارت مرکزی  $۱۲۰$  متر و افت فشار در

هر متر  $۲۵۰ \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$  باشد:

۱- افت فشار سیستم را برحسب Pa و متر حساب کنید.

۲- در صورتی که دبی آب جریانی  $۲ \frac{\text{lit}}{\text{s}}$  فرض شود قدرت پمپ را برحسب W و KW محاسبه نمایید.

۳۳- در شکل ۲۱-۵ نقشه ارتباطی شبکه لوله‌کشی حرارت مرکزی یک ساختمان چهار طبقه داده شده

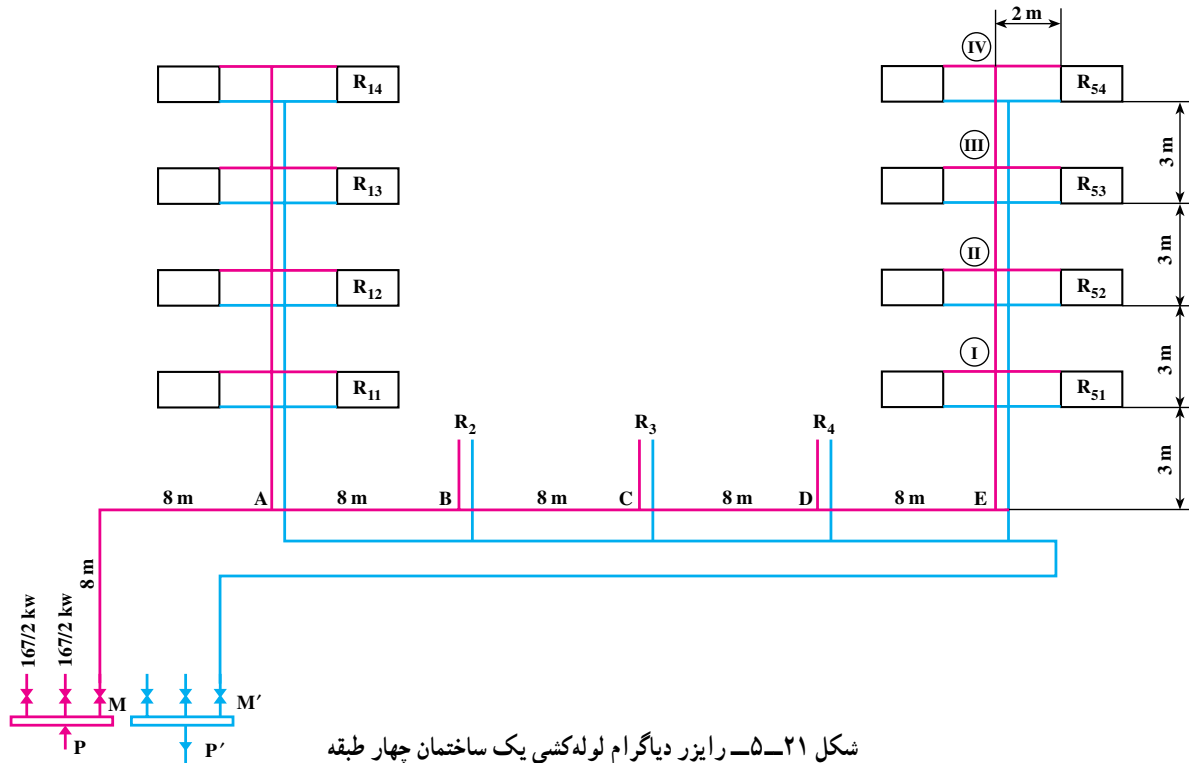
است. در صورتی که بار حرارتی رادیاتورها یکسان و برابر  $۴۱۸۰\text{W}$  فرض شود مطلوبست:

۱- تعیین قطر لوله‌های قسمت A-B، B-C، C-D، D-E در مسیر رفت و برگشت در صورتی که

افت فشار  $30 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$  و اختلاف دمای آب رفت و برگشت  $1^\circ\text{C}$  باشد.

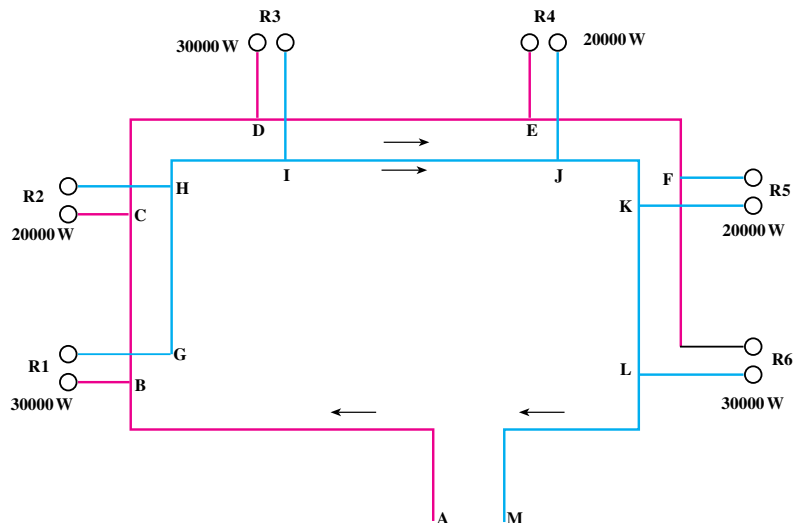
۲- محاسبه افت فشار در مسیر رادیاتور R54

۳- محاسبه دبی (Q) و هد پمپ جریانی و انتخاب مدل پمپ

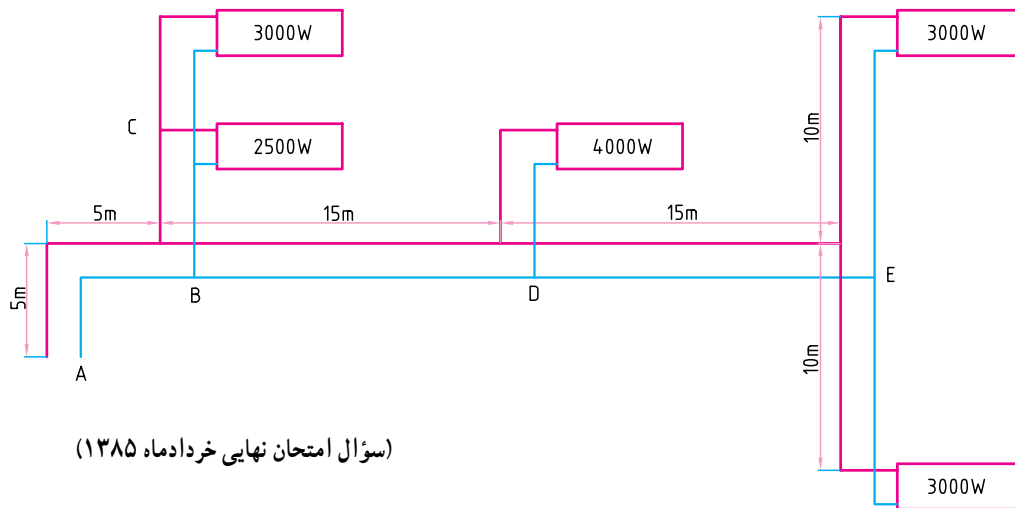


۳۴- در شکل ۲۲-۵ نقشه لوله‌های افقی لوله‌کشی یک ساختمان داده شده است.

مطلوبست تعیین قطر لوله‌های اصلی و تعیین قطر رایزرها در صورتی که:



- ۱- اختلاف دمای آب رفت و برگشت  $1^{\circ}\text{C}$  باشد.
- ۲- افت فشار در مسیر  $300 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$  فرض شود.
- ۳۵- انبساط لوله‌ها را شرح دهید.
- ۳۶- قطعات انبساطی آکاردئونی فلزی را توضیح دهید.
- ۳۷- شیلنگ‌های قابل انعطاف فلزی و یا لاستیکی را شرح دهید.
- ۳۸- لوپ و پای انبساطی را توضیح دهید.
- ۳۹- ارتعاش در لوله‌کشی چگونه است؟
- ۴۰- انواع وسایل ارتعاش‌گیر را بنویسید.
- ۴۱- با توجه به شکل (۲۳-۵) قطر لوله‌های مسیر مشخص شده را به دست آورید. افت فشار مدار  $300 \text{ Pa/m}$



(سؤال امتحان نهایی خردادماه ۱۳۸۵)

شکل ۲۳-۵

- ۴۲- برای ساختمانی با مشخصات زیر دبی پمپ (مقدار آبدهی) و هد پمپ (فشار) را تعیین نمایید؟  
الف) مقدار تلفات حرارتی ساختمان  $93 \text{ kW}$   
ب) اختلاف دمای آب گرم رفت و برگشت سیستم حرارت مرکزی به طور متوسط  $20^{\circ}\text{F}$  یا  $11/1^{\circ}\text{F}$   
ج) فاصله دورترین رادیاتور تا محل نصب موتور پمپ جریانی برابر  $8 \text{ m}$   
د) افت فشار آب در لوله‌ها به طور متوسط  $200 \text{ pa/m}$
- (سؤال امتحان نهایی دی ماه ۱۳۸۳)