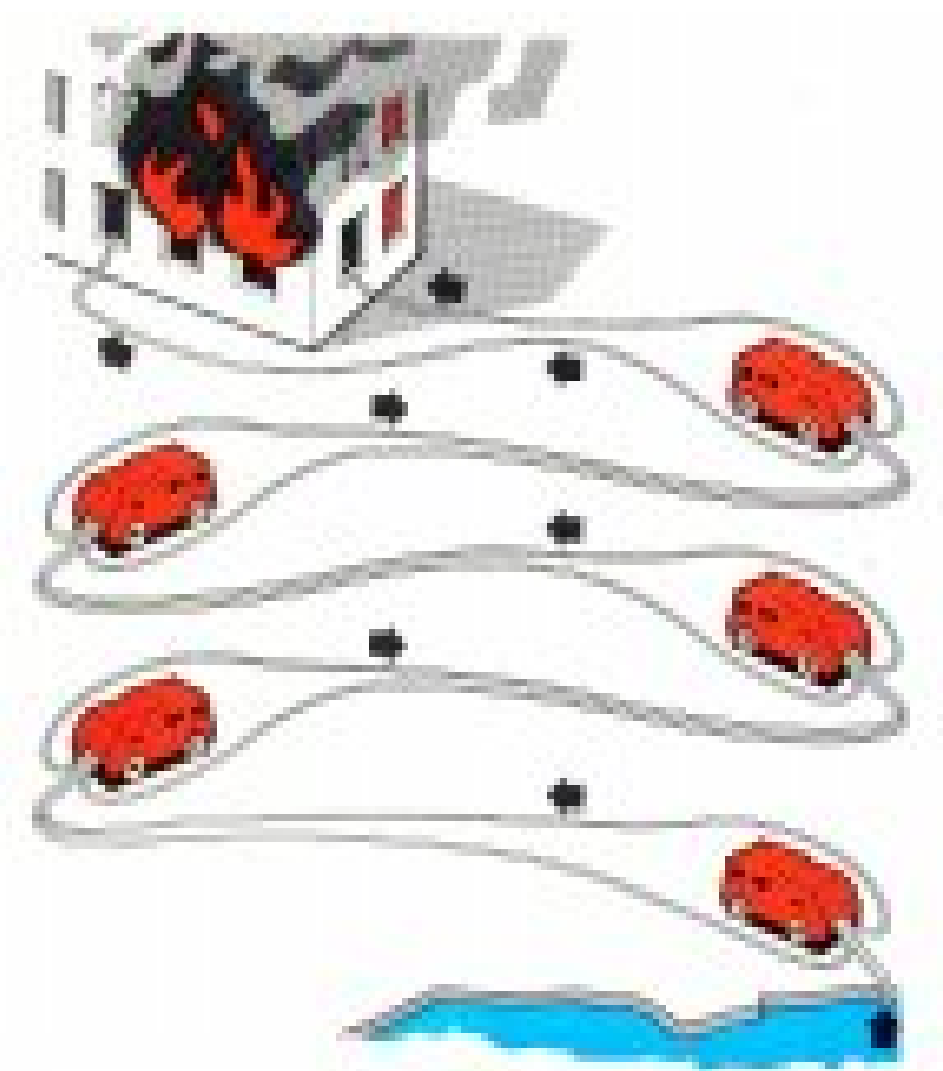




سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران
حوزه معاونت آموزش و تربیت بدنی

هیدرولیک 1



این جزوه حاصل انتخاب محتوا و سرفصل دروسی است که توسط واحد برنامه ریزی آموزش انتخاب و در اختیار مولف قرار گرفته است. در اینجا جا دارد از زحمات برادر آرش کشن زارع که به جهت بازنگری و تصحیح و همچنین برادران سید امیر کلانتریان و امید تیغکار که در جهت آماده سازی و تایپ، یاری نموده اند، قدردانی به عمل آوریم. کل این جزوات در دانشکده علوم ایمنی و آتش نشانی تهران تهیه شده است، از زحمات کلیه دست اندرکاران منجمله ریاست محترم دانشکده که این امکان را برای ما فراهم نمودند تشکر و قدردانی می گردد.

سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی تهران
حوزه معاونت آموزش و تربیت بدنی

برنامه ریزی محتوا و سرفصل دروس : شورای برنامه ریزی آموزش

نام جزوه : هیدرولیک (1)

مولف : ناصر غفوری

آماده سازی و نظارت بر تهیه : ناصر غفوری

تنظیم: حسین مرتضوی نژاد

صفحه آرا : سید امیر کلانتریان

ویرایش اول

تاریخ انتشار : بهمن ماه 1385

حق چاپ و کپی برداری محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل 1: آشنایی با هیدرولیک
1	1-1- ضرورت اهمیت هیدرولیک
1	1-2- تعاریف کلی
5	1-3- تعریف هیدرولیک
6	1-4- تعریف هیدرواستاتیک
6	1-5- انواع سیال
6	1-6- مقیاس های اندازه گیری واحدها تبدیل واحدها
9	فصل 2: آشنایی با قوانین اساسی انتقال سیال
9	2-1- خواص فیزیکی آب
16	2-2- قوانین اصلی فشار
20	2-3- روابط فشار و ارتفاع
22	2-4- قطر نازل
24	2-5- قطر معادل
25	فصل 3: آشنایی با روشهای ایجاد فشار
25	3-3- انواع روش های ایجاد فشار
26	3-2- فشار طبیعی
32	3-3- فشار سنج
33	3-4- رله و ترکیب پمپ ها
57	منابع

فصل 1:

آشنایی با هیدرولیک و سیالات

1-1- ضرورت و اهمیت هیدرولیک

علم هیدرولیک در آتش نشانی علمی است در مورد حرکت و جابجایی آب و از یک مکان به داخل لوله ها و یا سر لوله . اهمیت آب در اطفاء حریق از خصوصیت ویژه ای برخوردار است، در ضمن آب از مهمترین مواد عامل اطفایی است که در سازمان آتش نشانی مورد استفاده قرار می گیرد؛ بنابراین فرد آتش نشان و مسئولان و رؤسای آتش نشانی می بایست طرز صحیح استفاده و کاربرد آب را فراگیرند . فراگیری علم هیدرولیک در دو حالت علمی و عملی مسیر است. علم مربوط به تئوری هیدرولیک بسیار پیچیده و قابل بحث است.

2-1- تعاریف کلی

1-2-1- تعریف سیال

بطور کلی هر ماده ای که بتواند جاری شود و به آسانی به شکل ظرف خود در آید سیال نامیده می شود . سیالات به دو دسته مایعات و گازها تقسیم می گردند . در گازها فاصله مولکولها از یکدیگر زیاد و در مایعات فاصله مولکولها به یکدیگر فوق العاده نزدیک است . به همین علت گازها قابل تراکم و مایعات غیر قابل تراکم می باشند. همچنین مایعات حجم معینی را اشغال نموده و دارای سطح آزاد هستند، در حالی که گازها تمام فضای ظروف مربوطه را اشغال نموده و دارای سطح آزاد نیستند. در بعضی از مواقع مقداری از گاز در داخل مایع موجود می باشد که در این صورت جریان سیال را در داخل لوله و یا پمپ دو فازه می خوانند. جریان مخلوط مایع و اجسام ناخالص نیز دو فازه نامیده می

شود. در پمپ ها تا هنگامی که درصد گاز یا اجسام ناخالص همراه مایع از مقدار معینی تجاوز ننماید می توان سیال را یک فازه فرض نمود. جهت پمپاژ سیالات دو فازه لازم است از پمپ های خاصی که متناسب با گاز و یا اجسام ناخالص همراه مایع طراحی شده، استفاده نمود.

1-2-2- مشخصات سیال

هر سیالی دارای مشخصات خاص خود می باشد که به وسیله آن شرایط فیزیکی سیال و نحوه عملکرد آن معلوم می گردد. مهمترین این مشخصات که در مسائل مهندسی از آن استفاده می شود، عبارتند از:

جرم مخصوص (ρ)

جرم مخصوص بنابه تعریف، عبارت است از جرم واحد حجم که معمولاً آن را با (ρ) نشان می دهند.

$$\rho = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

در سیستم SI واحد جرم مخصوص برابر با $\rho = \frac{kg}{m^3}$ و در سیستم انگلیسی برابر با $\rho = \frac{lb}{ft^3}$ است. به

عنوان مثال جرم مخصوص آب در دمای 4 درجه سانتیگراد و در فشار یک اتمسفر در کنار دریا و سیستم

$$\text{SI برابر } \rho = 1000 \frac{kg}{m^3} \text{ و در سیستم انگلیسی برابر با } \rho = 62.4 \frac{lb}{ft^3} \text{ می باشد.}$$

حجم مخصوص (v)

حجم مخصوص عبارت است از حجم واحد جرم که معمولاً با (v) آن را مشخص می نمایند، واضح است که حجم مخصوص عکس جرم مخصوص می باشد.

$$v = \frac{1}{\rho}$$

وزن مخصوص (γ)

وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم سیال که معمولاً آن را با γ نمایش میدهند:

$$\gamma = \frac{\text{وزن}}{\text{حجم}}$$

بنابراین وزن یک جسم برابر با حاصلضرب جرم آن در شتاب ثقل زمین است. در سیستم SI واحد وزن

مخصوص $\gamma = \frac{N}{m^3}$ و در سیستم انگلیسی $\gamma = \frac{lbf}{ft^3}$ می باشد.

به عنوان مثال ، وزن مخصوص آب 4 درجه سانتیگراد در فشار اتمسفر در سیستم های مختلف برابر است

$$\gamma = \frac{lbf}{ft^3} \quad \text{با:}$$

$$\gamma = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 9810 \frac{N}{m^3} \quad (SI)$$

$$\gamma = 62.4 \frac{lb}{ft^3} \times 32.2 \frac{ft}{s^2} = 62.4 \frac{lbf}{ft^3} \quad \text{سیستم مهندسی}$$

$$\gamma = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 1000 \frac{kgf}{m^3} \quad (MKS)$$

وزن مخصوص ویژه یا چگالی

وزن مخصوص ویژه یا چگالی عبارت است از نسبت وزن مخصوص سیال به وزن مخصوص آب و معمولاً با

علامت SG مشخص می گردد.

ویسکوزیته یا گران روی

گران روی سیال عبارت است از مقاومتی که سیال در مقابل تغییر شکل برشی و یا تغییر شکل زاویه ای

هنگام حرکت از خود نشان می دهد و در حقیقت عامل بازدارنده سیال در مقابل حرکت می باشد. واحد

گران روی را معمولاً با (μ) نشان می دهند که در استانداردهای مختلف برابر است با :

$$\mu = \frac{N \times s}{m^2} \quad (SI)$$

$$\mu = \frac{kgf \times s}{m^2} \quad (MKS)$$

$$\mu = \frac{dyne \times s}{cm^2} \quad (CGS)$$

$$\mu = \frac{lbf \times s}{ft^2}$$

نسبت گران روی یک سیال به جرم مخصوص آن را گران روی سینماتیک می نامند و با حرف (ν) نشان داده می شود که به آن استوک نیز می گویند .

در سیستم (CGS) واحد (ν) عبارت است از:

$$\nu = \frac{\frac{dyne \times s}{cm^2}}{\frac{g}{cm^3}} \times \left(\frac{g \times cm}{dyne \times s^2} \right) = \frac{cm^2}{s}$$

استاتیک سیال

سیالات وقتی در حالت استاتیکی یا سکون می باشند که تمام ذرات آن بدون حرکت بوده و یا در در حالت خاص همگی با سرعت یکنواخت و ثابت نظیر یک جسم صلب نسبت به یک مبدأ مختصات حرکت نمایند. بنابراین تنش برشی در سیال صفر بوده و تنها توزیع فشار مورد بررسی قرار می گیرد.

فشار در این حالت عبارت است از نیروی وارده بر واحد سطح که بطور عمودی بر جداره ظرفی که سیال را احاطه کرده وارد می شود.

طبق قانون پاسکال فشار وارده به هر نقطه در سیال در حال سکون بستگی به جهت نداشته و در تمام جهات به طور یکسان وارد می شود .

1-3- تعریف هیدرولیک

واژه «هیدرولیک» بعنوان علم عبور مایعات از لوله ها تعریف شده است بیشتر تئوری هایی که برای پمپ هیدرولیک به دست آمده است به عنوان سیال واسطه از آب استفاده کرده اند که این به معنی عدم استفاده از سایر مایعات نیست. در تعریف دیگری می توان هیدرولیک را بدین صورت بیان نمود:

هیدرولیک علمی است که در زمینه نقل و انتقال فشار در سیالات در حالت سکون یا حرکت بحث می کند و شامل دو بخش است :

الف - هیدرواستاتیک

ب - هیدرودینامیک

1-4- تعریف هیدرواستاتیک

در تعریفی از هیدرولیک قبلاً بیان شد که علمی است که در زمینه نقل و انتقال فشار در سیالات بحث می کند و شامل دو بخش است:

الف - هیدرواستاتیک : که راجع به فشار در سیالات در حال سکون بحث می کند.

ب - هیدرودینامیک : که راجع به فشار در سیالات در حال حرکت بحث می نماید.

1-5- انواع سیال

انواع سیال به دو نوع تراکم پذیر و تراکم نا پذیر تقسیم می شوند.

سیالات تراکم ناپذیر : سیالاتی هستند که در محاسبات ، جرم مخصوص آنها ثابت فرض می شود. یعنی حتی در فشارهای بسیار بالا این سیالات همواره بصورت مایع هستند و جرم مخصوص ثابت دارند.

سیالات تراکم پذیر: سیالاتی که جرم مخصوصشان را در حالت تعادل نتوان ثابت فرض کرد سیال تراکم پذیر هستند ، مثل گازها.

1-6- مقیاس های اندازه گیری (واحدها) و تبدیل واحدها

مبنای اندازه گیری کمیت های مختلف فیزیکی بُعد نامیده می شود، نظیر جرم، درجه حرارت، طول، زمان و غیره. واحد عبارت است از یک استاندارد قابل قبول و قراردادی برای اندازه گیری یک بعد؛ بنابراین در کلیه مسائل فیزیک یا هیدرولیک برای جلوگیری از هرگونه اشتباه، ذکر واحد بکار رفته در مسائل ضروری است.

دستگاه های اندازه گیری که در علوم مهندسی کاربرد بیشتری دارند عبارتند از: SI ، CGS (در این دو دستگاه جرم، طول، زمان جزء ابعاد اصلی و نیرو بعد چهارم محسوب می گردد و با استفاده از قانون نیوتن تعریف می شود)؛ MKS و دستگاه مهندسی انگلیسی (که در آنها علاوه بر جرم، طول، زمان، نیرو نیز جزء ابعاد اصلی تعریف می گردد) .

دو دستگاه اول معمولاً به نام دستگاه های اندازه گیری مطلق و دو دستگاه آخر که در آن برای تعریف نیرو از شتاب ثقل زمین استفاده می گردد به نام دستگاه های اندازه گیری ثقلی شناخته می شوند.

سیستم اندازه گیری SI

این سیستم اندازه گیری توسط بسیاری از کشورها مورد قبول قرار گرفته است. در این سیستم واحد طول متر (m) ، واحد جرم کیلوگرم (kg) ، واحد زمان ثانیه (s) و واحد نیرو نیوتن (N) می باشد که از قانون معروف نیوتن بدست می آید:

$$F = m.a$$

بنابراین یک نیوتن ، عبارت است از نیرویی که به واحد جرم (یک کیلوگرم) شتابی برابر با یک متر بر مجذور ثانیه بدهد:

$$(1) \text{ N} = (1) \text{ kg} * (1) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

سیستم اندازه گیری CGS

در این دستگاه واحد جرم گرم (g) ، واحد طول سانتیمتر (cm) ، واحد زمان ثانیه (s) و واحد نیرو دین، (dyne) است که از قانون نیوتن بدست می آید :

$$(1) \text{ dyne} = (1) \text{ g} * (1) \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

بنابر تعریف فوق، دین عبارت است از نیرویی که به جرم یک گرم شتابی معادل یک سانتیمتر بر مجذور ثانیه را بدهد.

سیستم اندازه گیری MKS

در این سیستم واحد جرم کیلوگرم (kg)، واحد طول متر (m)، واحد زمان ثانیه (s) و واحد نیرو کیلوگرم نیرو (kgf) است.

یک کیلوگرم نیرو عبارت از نیرویی است که به جرم یک کیلوگرم شتابی معادل شتاب ثقل زمین $9/81 \frac{m}{s^2}$ بدهد، یعنی:

$$(1) \text{ kgf} = (1) \text{ kg} \times (9/81) \frac{m}{s^2}$$

سیستم انگلیسی

این دستگاه اندازه گیری دستگاه انگلیسی است که در آن واحد طول فوت (ft)، واحد جرم پوند (lb)، واحد زمان ثانیه (s) و واحد نیرو پوند نیرو (lbf) می باشد.

بنابر تعریف، یک پوند نیرو عبارت از نیرویی است که به یک پوند جرم، شتابی معادل شتاب ثقل زمین $32/2 \frac{ft}{s^2}$ را بدهد یعنی:

$$F = m.a$$

$$(1) \text{ lbf} = (1) \text{ lb} * 32.2 \frac{ft}{s^2}$$

لازم به ذکر است که امروزه در مسائل مهندسی سعی می شود که از دستگاه SI که یک دستگاه اندازه گیری بین المللی است استفاده گردد.

فصل 2

آشنایی با قوانین اساسی انتقال سیال

2-1- خواص فیزیکی آب و سیال

1- مشخصات آب

آب خالص مایعی بی رنگ، بی بو، بی مزه، بی طعم با یک ترکیب مولکولی از دو اتم هیدروژن با یک اتم اکسیژن است. یک لیتر آب، یک کیلوگرم (1kg) جرم دارد که با نیروی عمودی 9/81 نیوتن (N) برابر می باشد.

یک مترمکعب آب نیرویی عمودی برابر با 9810 نیوتن یا 9/81 کیلو نیوتن (KN) ایجاد می کند که آن را بطور معمول 10 KN محسوب می نمایند. جرم آب با درجه خلوص آن تفاوت می کند. آب معمولی دریا تقریباً 10/1 نیوتن بر لیتر (N/liter) وزن دارد. آب خالص در فشار اتمسفر، (تقریباً یک بار) دارای نقطه انجماد صفر درجه سانتیگراد و نقطه جوش 100 درجه سانتیگراد است. بنابراین آب در بین این دو درجه حرارت ها در فشار اتمسفر، بصورت مایع می باشد و تمام خصوصیات ویژه یک مایع را دارد.

آب تقریباً تراکم ناپذیر است و افزایشی معادل 1 بار، فقط باعث کاهش حجمی برابر 0/000002 درصد می گردد.

آب همانند یک سیال، دارای حجم است و قادر نیست در برابر تغییر شکل یافتنش مقاومت نماید. بطور مثال هنگامی که بداخل ظرفی ریخته شود بدون توجه به شکل قبلی، خودش را با آن تطبیق خواهد داد و با یک سطح صاف ساکن می شود. این امر به دلیل اصطکاک بسیار کم یا پیوستگی بین مولکول های تشکیل دهنده آب می باشد.

وزن مخصوص آب

آب در 4 درجه سانتیگراد بیشترین وزن مخصوص خود را دارد که برابر با یک گرم بر سانتیمتر مکعب است.

دمای جوش آب

آب در فشار یک اتمسفر (فشار جو در سطح دریای آزاد) در 100 درجه سانتیگراد گرما به بخار تبدیل می شود. با کم شدن فشار محیط، درجه گرمای لازم برای تبخیر کاسته می شود، بطوری که اگر فشار مطلق در لوله های مکش آب به 0/5 تا 0/2 اتمسفر برسد آب در درجه گرمای محیط های معمولی نیز به بخار تبدیل می شود. این پدیده سبب قطع جریان آب در لوله های مکش می شود.

درجه انجماد آب

آب خالص در فشار یک اتمسفر در درجه گرمای صفر درجه سانتیگراد یخ می بندد و حجم آن 9٪ افزایش می یابد. این پدیده ممکن است سبب شکستن ظرف آب و یا لوله های آبرسانی گردد.

هدایت پذیری الکتریسیته

آب خالص قابلیت هدایت الکتریسیته بسیار ناچیز دارد، بطوری که می توان آن را عایق الکتریسیته دانست. با ورود نمک های گوناگون به آب، وابسته به نوع و مقدار نمک، هدایت پذیری آب بشدت زیاد می گردد، لذا با اندازه گیری مقدار قابلیت هدایت ویژه آب های خالص می توان به مقدار و نوع نمک های گوناگون موجود در آن پی برد.

گرمای ویژه آب (C) Specific heat

مقدار حرارتی که باید به واحد جرم جسم داده شود تا درجه حرارتش یک درجه افزایش یابد گرمای ویژه گویند.

گرمای دریافتی BTU $Q =$

جرم lb $m =$ $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$

گرمای ویژه BTU/lb.f $c =$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad ^\circ f$$

BTU مقدار حرارتی که باید به یک پوند جسم داده شود تا درجه حرارتش یک درجه فارنهایت افزایش یابد.

کالری (Cal) مقدار حرارتی که باید به یک گرم جسم داده شود تا درجه حرارتش یک درجه سانتیگراد افزایش یابد.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ Cal}$$

گرمای ویژه آب یک BTU می باشد.

$$C_{H_2O} = 1 \text{ BTU/lb}^\circ f$$

گرمای ویژه اسید استیک برابر 0.468 BTU می باشد.

$$C_{ch3cooh} = 0.468 \text{ BTU/lb}^\circ f$$

حرارت نهان تبخیر (Latent Heat of vaporization)

مقدار حرارتی است که باید به واحد جرم جسمی داده شود تا به بخار تبدیل گردد. مقدار حرارت نهان تبخیر آب برای هرپوند آن برابر 970.3 BTU/lb^{°f} می باشد.

توجه شود چون در مدت تبخیر یک مایع، دمای آن تغییر نمی کند پس $^\circ f$ را حذف می کنیم و واحد آن BTU/lb می شود.

گرمای دریافتی (BTU) Q

$$Q = m.l_v \quad (\text{lb}) \quad \text{جرم،}$$

حرارت نهان تبخیر BTU/lb l_v

دقت کنید مثلاً برای تبدیل آب 60 درجه فارنهایت تا وقتی که کل آب تبخیر شود باید به روش زیر عمل کنیم.

$$60^\circ f \rightarrow 212^\circ f \Rightarrow \text{از فرمول} \quad Q = m.c. \Delta t$$

$$212^\circ f \rightarrow 212^\circ f \text{ بخار} \Rightarrow \text{از فرمول} \quad Q_2 = m.l_v$$

$$\Rightarrow \text{گرمای دریافتی بدست می آید.} \quad Q = Q_1 + Q_2$$

مثال :

5 پوند آب را که درجه حرارتش 60°f است چقدر باید حرارت داده شود تا تمام آن به بخار تبدیل شود ؟

$$Q_1 = m.c. \Delta t \Rightarrow Q_1 = 5 * 1 * (212 - 60) = 760 \text{ BTU}$$

$$Q_2 = m.lv \Rightarrow Q_2 = 5 * 970 = 4850 \text{ BTU}$$

$$Q = q_1 + q_2 \Rightarrow Q = 760 + 4850 = 5610 \text{ BTU}$$

دانشیه (چگالی) آب Density of water

دانشیه آب عبارت است از جرم واحد حجم، که فرمول آن چنین است:

$$d = \frac{w}{v} \quad \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

توضیح اینکه با تغییر درجه حرارت میزان دانشیه بیر تغییر می کند.

دانشیه آب در دمای 39 درجه فارنهایت حالت استاندارد 62.4 lb/ft^3 می باشد، یعنی اینکه هرفوت

مکعب آب 62.4 پوند وزن دارد و در سیستم متریک، هر متر مکعب آب 1000 کیلوگرم و هر سانتیمتر

مکعب آب 1 گرم وزن دارد.

$$d_{\text{water}} = \begin{array}{cc} 62.4 & \text{lb/ft}^3 \\ 1000 & \text{kg/m}^3 \\ 1 & \text{g/cm}^3 \end{array}$$

جاذبه مخصوص (وزن مخصوص) SG (Specific gravity)

نسبت چگالی (دانشیه) دو جسم به یکدیگر را جاذبه مخصوص (وزن مخصوص) می گویند.

توضیح اینکه اگر در مسائل، چگالی یک جسم را داشته باشیم برای بدست آوردن وزن مخصوص آن،

چگالی آن را نسبت به چگالی آب می سنجیم.

$$SG = \frac{d_A}{d_B} \rightarrow \frac{lb/ft^3}{lb/ft^3}$$

$$SG = \frac{d_A}{d_B} \rightarrow SG = \frac{w^1/v_1}{w^2/v_2}$$

$$IF = V1 = V2 \rightarrow SG = \frac{w1}{w2}$$

مثال 1:

در صورتیکه وزن 5 گالن از مایعی 65 پوند باشد مطلوب است محاسبه وزن مخصوص آن نسبت به آب؟

$$W_1 = 65 \div 5 = 13 \quad \text{وزن یک گالن مایع}$$

$$W_2 = 8/34 \quad \text{پوند} \quad \text{وزن یک گالن از آب}$$

$$SG = \frac{W1}{W2} = \frac{13}{8/34} = 1/5 \quad \text{در حجم مساوی}$$

(وزن یک گالن آب برابر 8/34 پوند می باشد).

مثال 2:

در صورتی که جاذبه مخصوص (وزن مخصوص) استون عددی حدود 0/8 باشد مطلوب است:

الف - چگالی استون

ب - آیا استون روی آب شناور است یا نه؟

$$SG = 0/8 \quad SG = \frac{d1}{d2} \quad d1 = SG.d2$$

$$d1 = ?$$

$$d2 = 62/4 \quad d1 = 0/8 \times 62/4 = 49/62 \quad lb/ft^3$$

ب: استون روی آب شناور است ، زیرا دانسیته آن از دانسیته آب کمتر است و وزن مخصوص آن نیز از

یک کمتر است.

مثال 3:

مطلوب است حجم 20 پوند از ماده ای با چگالی 37 پوند بر فوت مکعب :

$$V=?$$

$$w=20lb$$

$$d=37 \text{ lb/ft}^3 \quad d=\frac{w}{V} \quad V=\frac{w}{d}=\frac{20}{37}=0.54 \text{ ft}^3$$

مثال 4:

وزن یک اینچ مکعب آب چقدر است؟

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} \quad \longrightarrow 1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3$$

چون وزن یک فوت مکعب آب در سیستم برابر 62.4 پوند بر فوت مکعب است یعنی:

$$= 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

d_{water}

$$62.4 \text{ lb/ft}^3 * \frac{1 \text{ ft}^3}{1728 \text{ in}^3} = \frac{62.4}{1728} = 0.036 \text{ lb/in}^3$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in}^2 \quad \rightarrow \quad 1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ Gal} = 123 \text{ in}^3 \quad \rightarrow \quad 1 \text{ ft}^3 = \frac{1728}{231} = 7.48 \text{ Gal}$$

$$1 \text{ Gal}_{\text{water}} = 8.34 \text{ lb}$$

$$1 \text{ ft}^3_{\text{water}} = 62.4 \text{ lb}$$

حجم بر حسب اینچ مکعب

$$\text{حجم بر حسب فوت مکعب} = \frac{\text{حجم بر حسب اینچ مکعب}}{1728}$$

$$\text{حجم بر حسب فوت مکعب} * 1728 = \text{حجم بر حسب اینچ مکعب}$$

مثال 5:

چند گالن آب در ظرفی به ابعاد 5*4*2 فوت جای می گیرد.

$$V = 2 * 4 * 5 = 40 \text{ ft}^3$$

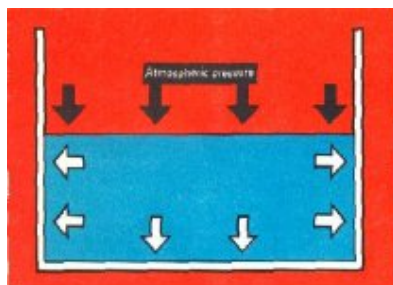
$$1 \text{ ft}^3 = 7.48 \text{ Gal} \quad \longrightarrow 40 * 7.48 = 299.2 \text{ Gal}$$

2-2- قوانین اصلی فشار

شش قانون اصلی مربوط به خصوصیات اصلی فشار در مایعات عبارتند از:

الف - فشار به هر سطحی که روی آن اعمال می شود بصورت عمودی و ستونی است.

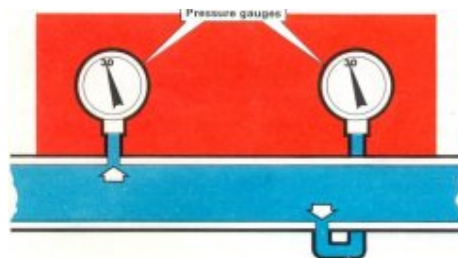
اگر یک ظرف محتوی آب (شکل 2-1) دارای کناره های صاف باشد و آن آب به حالت ساکن رسیده باشد، فشار حاصل از وزن آب در تمام قسمتهای ظرف بصورت عمودی و ستونی است. به همان صورتی که با جهت فلش ها نشان داده شده است.



شکل 2-1- اصل 1: فشار وارده به هر سطحی همواره بصورت عمودی و ستونی است.

ب - فشار در هر نقطه ای از سیال ساکن در تمام جهات بصورت یکسان است. (در شکل 2-2) در یک رشته لوله یاشیلنگ دو فشارسنج الحاق شده است.

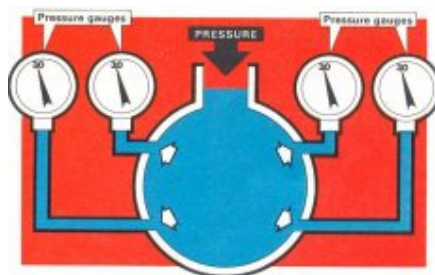
اگر بعلت اینکه شیر اصلی با شیر کنترل سر لوله بسته شده باشد و آب ساکن شود، فشارسنج ها میزان فشار را بطور مساوی و یکسان نشان میدهند و این ثابت می کند که فشار در هر نقطه ای از یک سیال در حالت سکون در تمام جهات بصورت یکسان است.



شکل 2-2- اصل 2: فشار در هر نقطه ای از یک سیال ساکن در تمام جهات بصورت یکسان است.

ج - فشار اعمال شده از خارج به یک مایع که در داخل ظرفی قرار گرفته است در تمام جهات انتقال می یابد.

یک کره توخالی (شکل 2-3) با فشارسنج هایی به دور پیرامون آن، از آب پر و به آن فشار اعمال می گردد. آن فشار در تمام جهات بطور یکسان منتقل می شود.



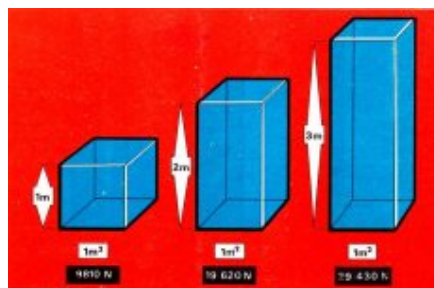
شکل 3- اصل 3:

شکل 2-3- اصل 3: فشار اعمال شده از خارج به یک مایع که در داخل ظرفی قرار گرفته است در تمام جهات بطور یکنواخت و مساوی انتقال می یابد.

د : فشار عمودی در یک سیال در یک ظرف روباز با عمق آن متناسب است.

(شکل 2-4) نشان میدهد که سه ظرف عمودی شکل که هر کدام از آنها دارای سطح مقطع 1 مترمربع هستند، عمق آب درون آنها به ترتیب 1 متر، 2 متر و 3 متر می باشد.

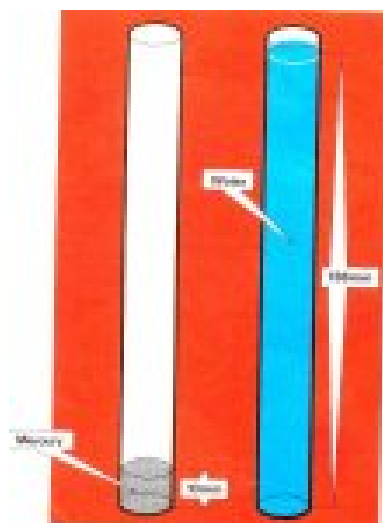
وزن آب به ترتیب در هر ظرف 9810، 19620، 29430 نیوتن است و چون سطح مقطع هر ظرف یک مترمربع است، بنابراین فشاری که به قاعده و ته هر ظرف وارد می شود به ترتیب 9810، 19620، 29430 نیوتن بر مترمربع (N/m^2) می باشد.



شکل 2-4- اصل 4: فشار عمودی در یک سیال در ظرفی روباز با عمق آن تناسب دارد.

هـ- فشار عمودی در یک سیال در ظرفی روباز با چگالی تناسب دارد.

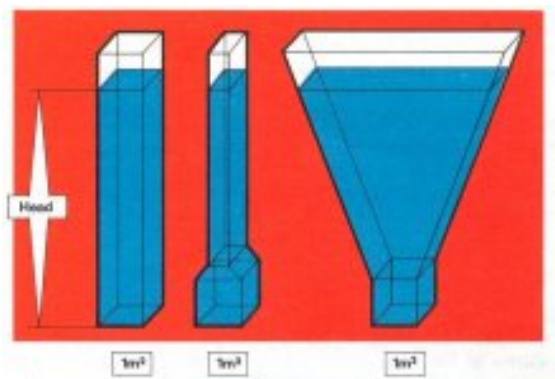
در شکل 5-2 دو ظرف نشان داده می شود. یکی از آنها محتوی جیوه و دیگری محتوی آب است. عمق جیوه 10 میلیمتر و عمق آب 136 میلیمتر است. فشار در ته هر کدام از ظرف ها مساوی می باشد. زیرا جیوه تقریباً $13/6$ برابر از آب سنگین تر است. اگر ظرف جیوه به همان ارتفاع ظرف آب پر شده باشد فشار در ته ظرف جیوه $13/6$ برابر فشار در ته ظرف آب است.



شکل 2-5- اصل 5: فشار عمودی در یک سیال در ظرف روباز با چگالی سیال تناسب دارد.

و - فشار عمودی در یک سیال در ته ظرف مستقل از شکل آن ظرف می باشد.

این قانون در شکل 2-6 به نمایش در آمده است که چند ظرف که دارای شکل های مختلفی هستند ولی مساحت قاعده آنها مساوی و 1 مترمربع (m^2) است رانشان می دهد. فشار در ته همه آنها دقیقاً بصورت یکسان است.



شکل 2-6- اصل 6: فشار عمودی در یک سیال در ته ظرف مستقل از شکل آن ظرف است.

2-3- روابط فشار و ارتفاع

چون هرچه ارتفاع مکعبی را زیاد کنیم در صورتی که همیشه پر از آب باشد فشار افزایش می یابد،

پس می توان گفت فشار متناسب با ارتفاع است: α

$$p \propto h$$

$$h = 1 \text{ ft} \quad p = 62.4 * 1$$

$$h = 2 \text{ ft} \quad p = 62.4 * 2 \quad p = 62.4 * h$$

$$h = 3 \text{ ft} \quad p = 62.4 * 3$$

دیمانسیون فشار

چون وزن یک فوت مکعب آب 62.4 lb/ft^3 می باشد، پس طبق فرمول فشار :

$$p = 62.4 \cdot h$$

$$\rho = \frac{\text{lb} \cdot \text{f}}{\text{ft}^3} \times \text{ft} = \frac{\text{lb} \cdot \text{f}}{\text{ft}^2}$$

برای تبدیل lb/ft^2 به lb/in^2 کافی است که $62.4/144$ را بر 144 تقسیم کنیم :

$$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in}^2 \quad \rightarrow \quad 62.4 : 144 = 0.434 \text{ lb/in}^2$$

پس می توان گفت فرمول فشار بر حسب psi چنین است:

$$p = 0.434 * h$$

ارتفاع بر حسب فوت $h =$

فرمول فشار برای جیوه : $p = 5.9 * h$

فرمول فشار برای تمام مایعات : $p = 0.434 * SG * h$

توجه :

در کنار دریای آزاد که فشار آن یک اتمسفر است یک پمپ می تواند حداکثر $33/8$ فوت آب را از عمق

بکشد.

محاسبه فشار و ارتفاع آب منبع در سیستم متریک

اگر ظرفی را به ابعاد یک متر پر از آب نماییم وزن آب آن برابر 1000 kg خواهد بود که بر سطح ظرف خود که برابر با یک مترمربع یا 10000 cm^2 می باشد فشار وارد می آورد. برای محاسبه فشار وارده بر هر cm^2 کافی است که 1000 kg را بر 10000 cm^2 تقسیم نماییم.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1000 \text{ kg}}{10000 \text{ cm}^2} = \frac{1}{10} \text{ kg / cm}^2$$

اگر ارتفاع آب درون ظرف را دویا سه یا H برابر کنیم مقدار فشار وارده به همان ترتیب 2 یا 3 یا H برابر خواهد شد. پس :

$$P = H * \frac{1}{10} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P = \text{فشار , kg / cm}^2 \\ P = \frac{H}{10} \quad H = \text{ارتفاع , m} \\ \frac{1}{10} = \text{عدد ثابت} \end{array} \right.$$

نتیجه مهم : هر 10 متر ارتفاع یک اتمسفر فشار ایجاد می کند و بالعکس اگر بخواهیم آب را به ارتفاع برسانیم برای هر 10 متر ارتفاع یک اتمسفر فشار لازم داریم.

$$P = \frac{H}{10} \rightarrow H = 10 P$$

مثال:

اگر بخواهیم با نصب منبع ، فشاری معادل با 4 اتمسفر داشته باشیم ارتفاع منبع را حساب کنید.

$$H = 10 P \rightarrow H = 10 * 4 = 40 \text{ m}$$

2-4- قطر نازل :

مقدار جریان آب عبوری توسط یک نازل جریان مستقیم را می توان بوسیله فرمول زیر بدست آورد.

$$Q = 29.7 \, d^2 \sqrt{Np}$$

$$Q = \text{مقدار آبدی (gpm)}, \quad Q = 30 \, d^2 \sqrt{Np} \rightarrow \text{Gal} = 3.785 \, \text{lit}$$

$$D = \text{قطر نازل (in)}, \quad Q = 25 \, d^2 \sqrt{Np} \rightarrow \text{Gal} = 4.5 \, \text{lit}$$

$$Np = \text{فشار نازل (Psi)}$$

مثال:

مقدار آبدی از درون یک سرلوله به قطر $1\frac{1}{2}$ اینچ با فشار 100 (Psi) چقدر است؟

$$Q = 30 \, d^2 \sqrt{Np} \rightarrow Q = 30 * (1.5)^2 * \sqrt{100} \rightarrow Q = 675 \, \text{gpm}$$

توجه: برای هر دو سرلوله fog nozzle و Straight stream فرمول فوق بکار می رود.

مقایسه آبدی یک سرلوله 2 اینچ با یک سرلوله 1 اینچ:

$$d_1 = 1' \text{ قطر نازل}$$

$$d_2 = 2' \text{ قطر نازل} \quad A_1 = 0.785 \, d_1^2 = 0.785 (1^2) = 0.785$$

$$A_1 = 1' \text{ مساحت نازل} \quad A_2 = 0.785 \, d_2^2 = 0.785 (2^2) = 0.785 * 4$$

$$A_2 = 2' \text{ مساحت نازل} \quad \text{چون} \rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

پس ظرفیت آبدی متناسب با قطر لوله است، یعنی نسبت بین آبدی دو لوله به قطر آنها بستگی دارد

یعنی $r = \frac{d_1^2}{d_2^2}$ این بدان معنی است که یک سرلوله 1 اینچی، $\frac{1}{4}$ ظرفیت یک لوله 2 اینچی آبدی

$$r = \frac{1^2}{2^2} = \frac{1}{4} \quad \text{دارد.}$$

توجه کنید که فرق ندارد کدام سرلوله را d_1 و کدام را d_2 بنامیم، چون در مثال بالا اگر جای d_1 و d_2 را عوض کنیم نتیجه معکوس می شود.

حالا این بدان معنی است که یک سرلوله 2 اینچی، چهار برابر یک سرلوله 1 اینچی ظرفیت آبدهی دارد.

$$r = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{2^2}{1^2} = 4$$

بیشتر از یک نازل (more than one nozzle)

می خواهیم دو نازل 1 اینچ را با نازل 2 اینچ مقایسه کنیم پس در واقع ما مجموع آبدهی دو نازل 1 اینچی را با آبدهی یک نازل 2 اینچ مقایسه می کنیم و می توانیم این فرمول را بنویسیم.

$$r = \frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}{d_4^2}$$

قطر نازل 1

$$d_2 = 1 \quad \text{قطر نازل 1} \quad r = \frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}{d_4^2} \quad r = \frac{1^2 + 1^2}{2^2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

قطر نازل 2

بنابراین دو نازل 1 اینچی نصف یک نازل 2 اینچی آبدهی دارد وقتی که فشارها مساوی باشند.
(آبدهی یک نازل 2 اینچی دو برابر آبدهی دو نازل 1 اینچی می باشد)

Equivalent diameter 2-5- قطر معادل

روشی که فرمول قبل را مشخص نمود می تواند برای پیدا کردن قطر معادل ترکیبی از نازل ها بکار برده شود. اگر قطر معادل را d_e بگیریم پس آبدهی d_e برابر است با مجموع آبدهی قطرهای دیگر یعنی :

$$r = \frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}{d_e^2} = 1 \quad \longrightarrow \quad d_e^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots$$

پس اگر مجموع آبدهی چند نازل برابر با آبدهی یک نازل گردد پس نسبت r بایستی برابر

گردد ، یعنی $r = 1$ بنابراین:

$$de^2 = d1^2 + d2^2 + d3^2 + \dots \rightarrow de = \sqrt{d1^2 + d2^2 + d3^2}$$

مثال :

سه نازل یک اینچی معادل یک نازل با چه قطری می باشند؟

$$de = \sqrt{d1^2 + d2^2 + d3^2}$$

$$de = \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} = \sqrt{3} = 1/72 \approx 1/75'' = 1\frac{3}{4}$$

فصل 3

آشنایی با روش های ایجاد فشار

3-1- انواع روش های ایجاد فشار

3-1-1- روش های ایجاد آب تحت فشار

الف - بوسیله ایجاد منبع در ارتفاع

ب - بوسیله پمپ (موتور پمپ - الکتروپمپ)

ج - بوسیله تحت فشار قرار دادن مایع

$$p = 0.434 * h \quad H = \text{(بر حسب فوت) ارتفاع}$$

$$H = \frac{\rho}{0.434} \quad p = \text{فشار (Psi بر حسب)}$$

$$H = 2.3 p$$

مثال:

اگر منبع آبی در ارتفاع 200 فوتی قرار گرفته باشد، فشار آن را بر حسب Psi محاسبه کنید:

$$p = 0.434 h$$

$$p = 0.434 * 200 = 86.8 \text{ (Psi)}$$

مثال:

اگر بخواهیم بوسیله ایجاد منبع فشاری برابر با 100 Psi داشته باشیم حساب کنید منبع آب در چه

ارتفاعی از زمین باید قرار گیرد؟

$$H = 2.3 p$$

$$H = 2.3 * 100 = 230 \text{ (فوت)}$$

3-2- فشار طبیعی (جاذبه و ارتفاع)

الف - مفهوم فشار و هد

در چهارمین اصل از خصوصیات فشار در سیالات قبلاً بیان شد که فشار عمودی بر یک سیال در یک ظرف روباز متناسب با عمق آن است، یا ارتفاع سطح بالای نقطه ای که در آنجا فشار اندازه گیری می شود. اگر یک ظرف مکعبی شکل با اضلاع یک متری از آب پر شده باشد (صرفنظر از وزن ظرف)، جرم آب برابر با 1000 کیلوگرم خواهد بود. (چگالی آب = 1000 kg/m^3)

نیروی ناشی از جاذبه از جرم آب برابر است با $9/81 \times 1000$ نیوتن و این نیرو به مساحت قاعده مکعب که برابر با 1 m^2 است انتقال می یابد؛ بنابراین فشار اعمال شده بوسیله آب روی کف ظرف برابر است با:

$$\frac{1000 \times 9/81}{1} = 9810 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (\text{نیوتن بر متر مربع})$$

اگر بجای ظرف یک متر مکعبی، ظرفی داشته باشیم که ارتفاع آن H متر، ولی اضلاع قاعده مربع آن

دارای اضلاع 1 متری باشد، جرم کل آب برابر است با: $H \times 1000 \text{ kg}$

و نیروی وارده بوسیله آن بر قاعده و نه آن $9/81 \times 1000 \times H$ نیوتن خواهد بود. بدین ترتیب فشار

اعمال شده روی کف ظرف از رابطه زیر بدست می آید:

$$\text{فشار} = 9810 \times H \quad (\text{نیوتن بر متر مربع})$$

$$H = \frac{\text{متر}}{\text{فشار}}$$

$$9810$$

همچنین با یک تقریب خوب و با خطای فقط 2 درصد داریم:

$$\text{فشار} = 10000 H$$

$$H = \frac{\text{فشار}}{10000}$$

$$10000$$

در اینجا H = هد آب به متر و فشار بر حسب N/m^2 است.

به هر حال چون N/m^2 (= 1 پاسکال) واحدی نسبتاً کوچک برای فشار است، حتی فشارهایی کاملاً کوچک از قبیل فشار مربوط به اتمسفر، منجر به استفاده از اعداد بزرگی میشود. برای مثال فشار

اتمسفری $= 101325 \text{ N/m}^2$ یک واحد بزرگ فشار بار است که برابر با 100000 N/m^2 (10^5 N/m^2) می

باشد. اگر از بار به عنوان واحد فشار استفاده کنیم، معادله فوق تبدیل می شود به:

$$P = 0.0981 * H \text{ بار} \quad (2)$$

$$H = \frac{P}{0.0981} \text{ (یا) متر}$$

$$H = 10.19 * P \text{ متر} \quad (2 \text{ الف})$$

با یک معادله تقریبی نزدیک می توانیم بگوییم:

$$P = \frac{H}{10} \text{ بار} \quad (2 \text{ ب})$$

$$H = 10P \text{ متر} \quad (2 \text{ ج})$$

مثال ها:

1- فشار سنجی 6 بار را نشان می دهد، مقدار هد فشار بطور نسبی بر حسب متر چقدر است؟

$$H = 10.19 P$$

$$H = 10.19 * 6$$

$$H = 61.14 \text{ (متر) هد}$$

(با استفاده از فرمول تقریبی (2ج) جواب 60 متر هد بدست می آید).

2- سطح آب مخزنی در یک تأسیسات اسپرینکلر 40 متر بالاتر از یک فشار سنج می باشد، فشار بر حسب

بار، چه درجه ای را باید نشان دهد؟

$$P = 0.0981 H$$

$$= 0.0981 * 40$$

$$= 3.924 \text{ بار}$$

(با استفاده از فرمول تقریبی (2ب) جواب 4 بار بدست می آید).

ب: فشار اتمسفری

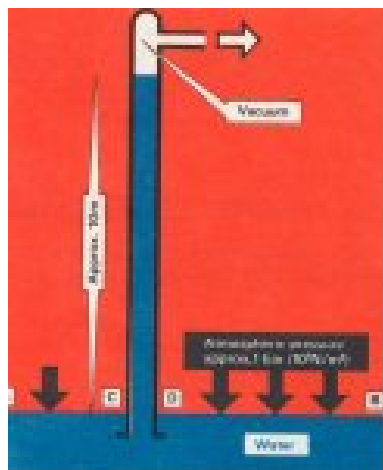
نقطه جوش و نقطه ذوب آب بستگی به فشار اتمسفر دارد. بنابراین درک کردن مفهوم فشار اتمسفری

دارای اهمیت است.

جو یا اتمسفر که زمین را پوشانده است گرچه بصورت گاز است ولی دارای وزن معینی است. برای اینکه وزن برای همه اهداف عملی، در سرتاسر زمین و همینطور بر حفره ها و سطح خارجی بدن بطور یکنواخت اعمال می گردد انسان به آن بی توجه و بی اطلاع است و طوری رفتار می کند که گویی چنین فشاری وجود ندارد.

یک ستون هوای 1 متر مربعی و امتدادش تا بالاترین حد جو 101300 نیوتن در سطح دریا وزن دارد و بنابراین فشاری معادل 101300 N/m^2 (1/013 بار) یا تقریباً 1 بار اعمال می کند. این فشار اتمسفری روی سطح هر آب روبازی درست مانند قسمتهای دیگر سطح زمین بطور یکنواخت عمل و اثر می کند. به هر حال، اگر این فشار اتمسفری از بالای قسمتی از آب برداشته شود به عبارت دیگر در صورتی که آنجا خلاء تشکیل شود سطح آب در معرض فشار نامعادلی قرار گرفته و آب در برابر فشرده شدن مقاومت نموده، اما شکل آن تغییر می کند؛ آن قسمتی از سطح که نسبتاً عاری از فشار است تمایل به بالا آمدن خواهد داشت. تشکیل خلاء به این طریق در عملیات آتش نشانی اهمیت اساسی دارد، زیرا که فرایند تخلیه پمپ از آب روباز به آن بستگی دارد.

مطالعه و بررسی شکل 3-1 در این مرحله آسان می باشد. در این نمودار A B سطح یک لایه از آب روبازی است که روی قسمتی از آن یعنی CD، یک لوله بلند بصورت واژگون قرار گرفته و قسمت بالای آن بسته و آب بندی شده است.



شکل 3-1 نمودار نشاندهنده اصل بالا آوردن آب بوسیله فشار اتمسفری .

بغیر از قسمتی که برای اتصال به پمپ می باشد در صورتی که این لوله در فشار نرمال اتمسفری محتوی هوا باشد می توان سیستم را به صورت یکسان با دو مقیاس در نظر گرفت.

دو تشتک که دارای وزن مساوی اند یعنی هر کدام تحت فشار و بار $1/013$ بار هستند. حال اگر فشار در لوله عمودی کاهش یابد از مقدار فشار وارده به سمت پایین روی قسمت CD نیز بصورت تصاعدی کاسته می شود. فشار اتمسفری در خارج از لوله تغییری نمی کند و بنابراین مشاهده خواهد شد که حالا سیستم نامتعادل است.

آب درون لوله به سمت بالا جریان می یابد تا اینکه فشار اعمال شده در قسمت پایین ستون آب در لوله مساوی و متعادل با فشار اتمسفر اطراف گردد. بصورت تئوری اگر بتوان در لوله خلاء کاملی را تشکیل داد یعنی هوای آن را بطور کامل تخلیه نمود دریافته می شود که آب بصورت عمودی تا حدود $10/3$ متر بالا خواهد رفت، زیرا ستون آب به ارتفاع $10/322$ متر با فشاری معادل $1/013$ بار بر هر مترمربع از سطح آب در معرض قرار گرفته برابر می باشد، بدین معنی که :

$$P=0/0981 * H=0/0981 * 10/322=1/013$$

هرچقدر تلاش بیشتر از طریق سعی کردن در افزایش خلاء (که غیر ممکن است) و یا بوسیله افزایش طول لوله، آب را نمی تواند از 10/3 متر بالاتر ببرد.

قبلاً بیان گردید که چگالی آب دریا کمی بیشتر از آب معمولی است، بنابراین ستون کوتاهتری از آب دریا با فشار جو متعادل می شود، یعنی فشار اعمال شده بوسیله هد یک متر آب دریا برابر با 0/101 بار است، پس به ستون $\frac{1/013}{0/101}$ متری یا تقریباً 10 متری احتیاج دارد تا با فشار اتمسفری متعادل گردد.

به هر حال اگر هوا بطور کامل از لوله تخلیه نشود آب فقط تا ارتفاع کافی برای تعادل یافتن اختلاف فشار موجود مابین داخل و خارج لوله بالا می رود. بدین ترتیب اگر هوا در داخل لوله در فشاری معادل با میزان اعمال شده بوسیله یک ستون آب به ارتفاع 3/3 متر باقی بماند آب فقط تا 7 متر بالا خواهد رفت.

بنابراین دریافته می شود که هنگامی که خلاء در لوله بلندی تشکیل شود آب بوسیله تشکیل یافتن خلاء مکیده نمی شود، بلکه از طریق فشار خارجی هوا که روی سطح آب در معرض قرار گرفته، عمل نموده، آن را به سمت بالا می فرستد.

این دقیقاً همان عملی است که به هنگام تخلیه هوا در پمپ اتفاق می افتد، شیلنگ مکش (خرطومی) جای لوله عمودی را می گیرد و تخلیه کننده نیز دستگاهی است که برای تخلیه کردن هوای قسمت ورودی استفاده می شود.

وقتی که فشار درون شیلنگ خرطومی و ورودی پمپ کاهش می یابد بدین ترتیب فشار اضافی هوا روی سطح آب در معرض قرار گرفته، نیرو وارد می کند تا این که آب وارد شیلنگ خرطومی گردد و به سمت بالا آمده تا به ورودی پمپ برسد. بنابراین حتی بصورت تئوری تحت شرایط کامل کاری هیچ پمپی نمی تواند تحت هر شرایطی آب را بیشتر از عمق 10/3 متر از سطح آب تا مرکز ورودی پمپ بالا بیاورد.

از آن رو که در خدمات آتشی نشانی درجه های نشان دهنده فشار به هنگام نشان دادن فشار اتمسفر روی عدد صفر قرار می گیرند معمولاً به فشارهای بالاتر از فشار اتمسفر، فشار مثبت یا بطور ساده تر فشار اشاره می شود و فشار پایین تر از فشار اتمسفر را نیز فشار منفی می گویند.

3-3- فشار سنج

در بالا فرض گردید که فشار اتمسفر بصورت مداوم در $1/013$ بار باقی می ماند، ولی به هر حال آن بطور محض درست نمی باشد. با داشتن تنوع در شرایط آب و هوایی، این فشار در کنار دریا در محدوده های معینی تغییر می یابد.

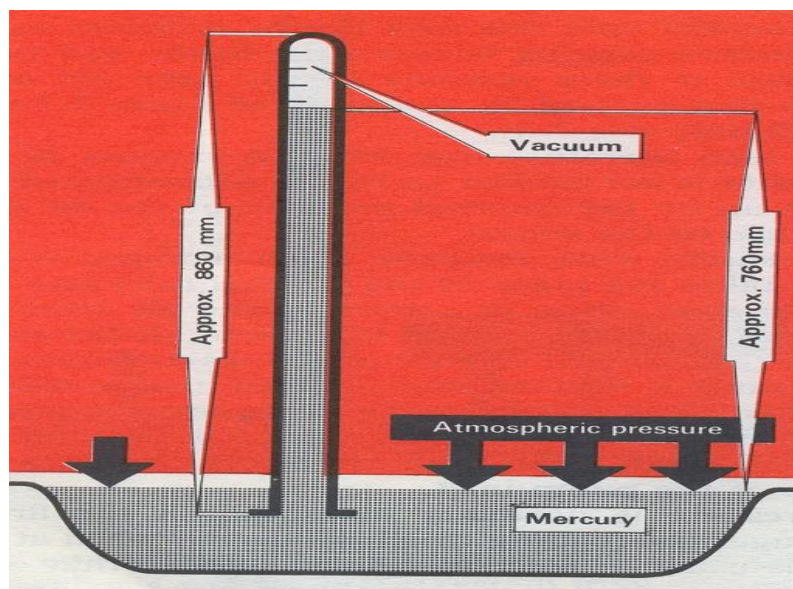
چون این تنوع و تغییرات در فشار اتمسفری یک راهنما برای پیش بینی آب و هوای احتمالی را تشکیل می دهد از فشارسنج که وسیله ای برای اندازه گیری فشار اتمسفری است بطور وسیعی استفاده می شود. بطور کلی دو نوع فشارسنج وجود دارد. فشارسنج جیوه ای و فشارسنج بدون مایع (آنروید).

الف - فشارسنج جیوه ای

قبلاً نشان داده شد که آب در یک لوله کاملاً خلاء شده، تا ارتفاع $10/3$ متری بالا می آید و بدین ترتیب می توان از آن بعنوان یک سنجش و معیار اندازه گیری فشار اتمسفری استفاده نمود. چنین لوله ای برای استفاده معمولی کاملاً غیر عملی خواهد بود، بنابراین با استفاده از سنگین ترین مایع شناخته شده، جیوه طول ستون مورد نیاز برای متعادل و برابر کردن فشار هوا کاهش می یابد.

چون چگالی جیوه $13/6$ برابر آب است، یک ستون جیوه به ارتفاع حدود 760 میلیمتر یعنی مقدار نسبتاً کمتری از یک سیزدهم ارتفاع آب، فشار اتمسفری را متعادل خواهد کرد.

فشارسنج جیوه ای (شکل 3-2) از یک لوله به بلندی حدود 860 میلیمتر تشکیل شده است.



شکل (3-2)

3-4- رله و ترکیب پمپ ها (سری و موازی)

در بسیاری از مکانها منابع تغذیه آب برای خاموش کردن آتش سوزی ناکافی اند یا مشکل دسترسی دارند و یا در بعضی موارد اصلاً چنین منابعی وجود ندارد. حتی در مواردی که بطور معمول منبع تغذیه کافی موجود باشد ممکن است برای حادثه‌ای بزرگ مانند یک آتش سوزی صنعتی عظیم کفایت نکند. در چنین مواردی وظیفه فراهم نمودن آب کافی با حداکثر سرعت ممکن به برنامه ریزی قبلی و گاهی اوقات تجهیزات خاصی احتیاج دارد.

دو روش اصلی شامل استفاده و بکارگیری تعدادی خودرو منبع دار آب یا خودروهای حامل آب است که از محل تغذیه آب بصورت «رفت و برگشت» آبرسانی می نمایند و دیگری رله کردن آب در فاصله مربوط با استفاده از پمپ ها و شیلنگ می باشد.

واضح است که فرمانده مسئول باید سعی کند که میزان آب مورد نیاز را محاسبه نماید و امکانات فوق‌العاده و اضافی را برای هرگونه تأخیر که به علت تجهیز کردن و به حرکت در آوردن، نوع زمین و وضعیت هوا می باشند، جبران کند.

در این فصل پیشنهاداتی برای محاسبه مربوطه و نکاتی که باید در نظر گرفته شود، ارائه گردیده است.

3-4-1- برنامه ریزی قبلی

برنامه ریزی قبلی برای آتش سوزی های بزرگ شامل تهیه و تدارک منابع آب می گردد و این امر باید هم در سطح سازمان و هم در سطح ایستگاه ها انجام گرفته تا بدین ترتیب مشکل بصورت کلی دریافت شود.

هنگامی که یک سیاست سراسری و کلی برای حمل و نقل آب یا رله آن تعیین می گردد فاکتورهای زیر را باید مدنظر قرارداد:

الف - ماهیت خطرات شامل تمام عوامل خاص، بطور مثال فرایندهای صنعتی که در حال انجام شدن است.

ب - تخمین تعداد و انواع سرلوله های پرتاب آب بصورت جت و در نتیجه میزان آب مورد نیاز برای نگهداری و ذخیره در محل و خاموش کردن یک آتش سوزی بزرگ.

پ - میزان آب قابل دسترسی در مجاورت و نزدیک به محل خطرات.

ت - میزان آب اضافی مورد نیاز.

ث - موقعیت منبع یا منابع و فاصله مربوطه برای حمل یا رله کردن آب.

ج - منابع دیگر احتمالی برای مواردی که منابع قید شده در بند (ث) در آن زمان از سال در دسترس و آماده نباشد.

چ - تجهیزات موجود و روشهای ممکن برای حمل یا رله کردن آب.

خ - فاکتورهای زمان در فراهم آوردن تجهیزات ضروری و مورد نیاز.

هنگامی که تصویر کاملی استنتاج و مشخص گردید یک بررسی و مطالعه از انتخاب های مختلف برای فرمانده آتش نشانی می تواند فراهم گردد که آنها را می توان بصورت زیر فهرست بندی نمود:

د - نیاز به استفاده از تانکرهای بزرگ حمل آب بعنوان تناوب دیگری جهت مضاعف نمودن با خودروهای حمل آب معمولی و در چنین صورتی میزان آبی راکه باید حمل نمایند.

د- نیاز به استفاده از خودروهای لوله کشی و در این صورت میزان شیلنگی را که باید حمل نمایند.

ر- نیاز به فراهم نمودن حداقل تجهیزات لوله کشی در تعدادی یا تمامی خودروهای پمپاژ کننده.

ز- نیاز به استفاده از شیلنگ های 70 میلتری یا اتخاذ اندازه بزرگتر.

فرمانده باید چگونگی پیشرفت در کار آبی مربوط به حرکت خودروها، نیروی انسانی، مدت زمان و هزینه‌ای را که می تواند برای فراهم کردن آب با برقراری وسایل مکانیکی بجای وسایل دستی در محل آتش سوزی بدست آورد را برقرار نماید.

فراهم کردن آب برای مبارزه در یک آتش سوزی می تواند بطور گسترده ای مشکلات مختلفی را برای آتش نشانی های مختلف ایجاد نماید. چیزی که وظیفه مشکلی را برای یک آتش نشانی روستایی تشکیل می دهد ممکن است برای یک آتش نشانی شهری، که خودروهای کمکی کافی را بسرعت تجهیز می نماید مشکل بزرگی به نظر نمی رسد. با این وجود اصول برنامه ریزی قبلی هنوز هم کاربرد دارد. یک آتش سوزی بزرگ حریق است که در آن 20 عدد سر لوله و یا تعداد بیشتری مورد نیاز می باشد. در یک بررسی و تحقیق از حریقهای بزرگ مشخص گردیده است که در این گونه آتش سوزی ها بطور معمول حداقل 17000 لیتر آب در دقیقه برای اطفاء احتیاج می باشد.

3-4-2- محاسبه مقدار آب مورد نیاز

در یک آتش سوزی بزرگ محاسبه دقیق میزان آب مصرفی یا پیشنهاد شده برای استفاده امری مهم خواهد بود. باید برای هر سر لوله اندازه نازل و فشار آن از قبل ارزیابی و کنترل شود. یک روش تجربی آسان برای ساده کردن این کار مورد نیاز می باشد.

الف - محاسبات براساس میزان جریان در شیلنگ

چون یک پمپ فقط می تواند آب را با فشار یکسان از تمام خروجی ها بیرون دهد مواردی پیش می آید که یک پمپ منفرد در یک فشار پمپ در طول رشته های شیلنگ با تعداد بندها و قطرهای مختلف که به سرلوله هایی که دارای نازل هایی در اندازه های مختلفی هستند آبرسانی می نماید.

بجای محاسبه میزان آب خروجی در ترکیبی از اندازه های نازل و فشار، آزمایشات عملی نشان می دهد که محاسبه و تخمین مقدار آب با دقت کافی، مطابق میزان جریان تقریبی در طول اندازه های مختلف شیلنگ امکان پذیر است.

با فرض اینکه یک رشته شیلنگ دارای 4 یا 5 بند باشد اندازه نازل مورد استفاده طبق اندازه شیلنگ تغییر خواهد کرد و اینکه فشار معمول پمپ در حدود 6 بار باشد، میزان جریان بصورت زیر شامل و بکار گرفته می شود:

شیلنگ با قطر 45 میلیمتر = 300 لیتر در دقیقه

شیلنگ با قطر 70 میلیمتر = 600 لیتر در دقیقه

شیلنگ با قطر 90 میلیمتر = 1200 لیتر در دقیقه

با استفاده از این جدول ساده، مقدار آب مورد نیاز برای یک موقعیت آتش سوزی می توان به آسانی تخمین زد.

مثال :

استفاده از 6 سرلوله جت که به شیلنگ 45 میلیمتری و 4 سرلوله جت که به شیلنگ با قطر 70 میلیمتر

متصل شده اند پیشنهاد می گردد، چه مقدار آب مورد نیاز خواهد بود؟

6 رشته شیلنگ 45 میلیمتری مورد نیاز (لیتر در دقیقه) $300 \times 6 = 1800$

4 رشته شیلنگ 70 میلیمتری مورد نیاز (لیتر در دقیقه) $600 \times 4 = 2400$

جمع مقدار آب مورد نیاز (لیتر در دقیقه) $1800 + 2400 = 4200$

ب – مانیتورهای بزرگ

برای مانیتورهای بزرگ زمینی که هر کدام از آنها چندین رشته شیلنگ احتیاج دارند محاسبه میزان جریان بصورت دقیق با این روش امکان پذیر نمی باشد.

به هر حال معمولاً مقدار خروجی آب از چنین مانیتورهایی مشخص می باشد و بعلاوه معمولاً هر مانیتور بوسیله پمپ مخصوص به خود تغذیه می گردد، بنابراین بدست آوردن میزان بازدهی آب آنها نباید چندان مشکل باشد.

مثال :

چهار سرلوله جت به شیلنگ 45 میلیمتری و 6 سرلوله جت نیز به شیلنگ 70 میلیمتری متصل می باشند.

پیشنهاد می گردد 8 سرلوله جت که به شیلنگ 70 میلیمتری ، 2 مانیتور زمینی کوچک که به شیلنگ 90 میلیمتری متصل باشند، 2 مانیتور نردبان گردان (بلند) با بازدهی 1400 لیتر در دقیقه برای هر کدام و 3 مانیتور زمینی بزرگ با میزان خروجی 4500 لیتر در دقیقه برای هر کدام اضافه شود. در صورتی که منبع تغذیه آب بتواند 7000 لیتر آب در دقیقه فراهم نماید: (الف) میزان کل آب مورد نیاز چقدر است و (ب) چه مقدار آب برای رله کردن آب در محل آتش سوزی احتیاج می باشد؟

(الف)

سرلوله جت متصل به شیلنگ 45 میلیمتری :	لیتر در دقیقه $4 \times 300 = 1200$
سرلوله جت متصل به شیلنگ 70 میلیمتری :	لیتر در دقیقه $14 \times 600 = 8400$
مانیتورهای کوچک متصل به شیلنگ 90 میلیمتری :	لیتر در دقیقه $2 \times 1200 = 2400$
مانیتورهای بزرگ مورد استفاده :	لیتر در دقیقه $2 \times 1400 = 2800$

جمع کل مقدار آب برای آتش سوزی : لیتر در دقیقه 28300

(ب)

جمع مقدار آب برای آتش سوزی : لیتر در دقیقه 28300

مقدار آب قابل دسترسی از منابع آب : لیتر در دقیقه 7000

مقدار آب مورد نیاز برای رله به محل آتش سوزی: لیتر در دقیقه 21300

3-4-3- رله کردن آب

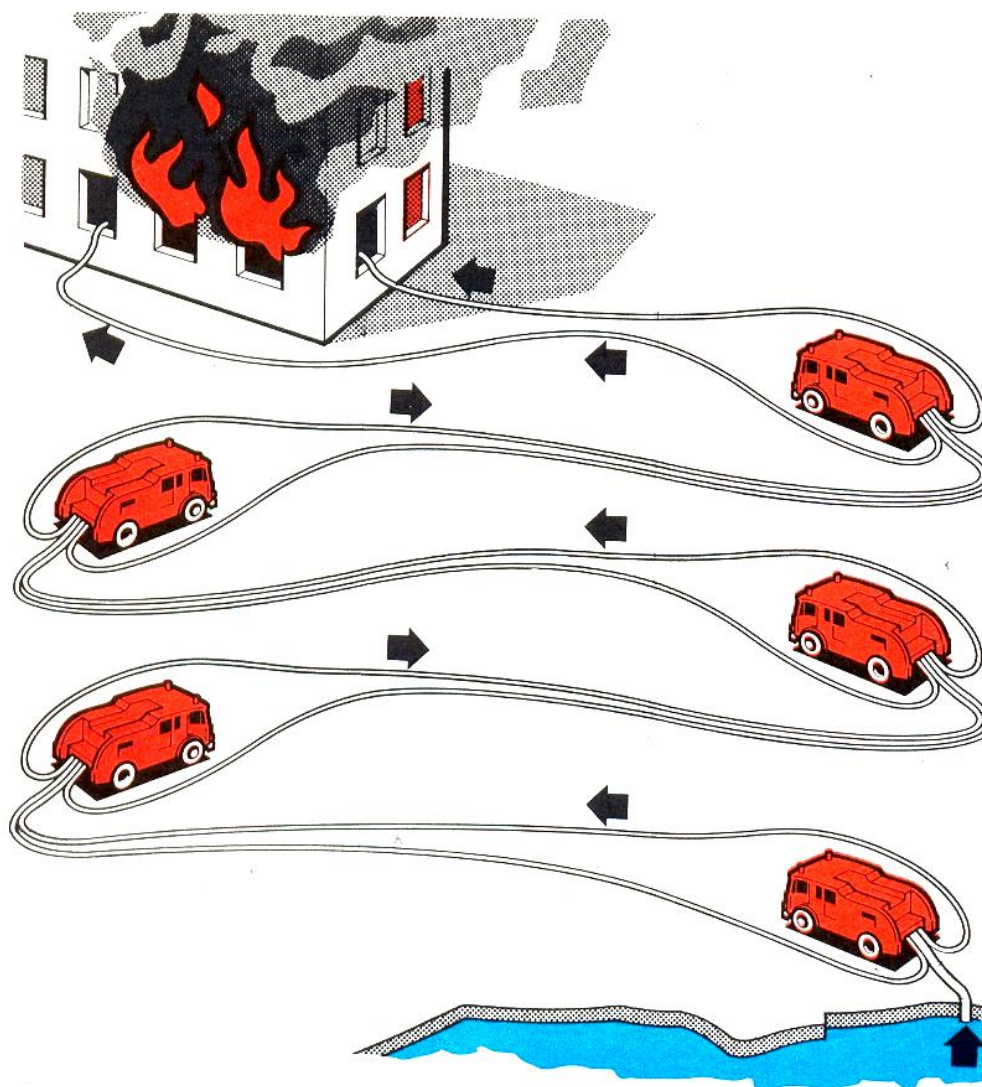
رله کردن آب تعدادی پمپ را شامل می گردد که در فواصلی در طول مسیر بین منبع آب و محلی که آب مورد نیاز است مستقر می شوند. در یک زمان، دو نوع رله بنامهای رله مدار بسته (که در آن آب مستقیماً از طریق شیلنگ از یک پمپ به پمپ بعدی پمپاژ می گردد) و رله مدار باز (که در آن آب از طریق آب بندهای قابل حمل و نقل که در بین پمپ ها مستقر می شوند پمپاژ می گردد)، مورد استفاده قرار می گرفت.

مزیت اساسی در سیستم مدار باز توانایی نگهداری جریان در آتش سوزی است، یعنی اگر حتی پمپ اصلی از کار بیفتد بوسیله مقادیر بیشتری از تجهیزات و تلاش مورد نیاز، جبران و متعادل می گردد. به همین علت در حال حاضر روش مدار باز به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد و معمولاً سیستم مدار بسته ترجیح داده می شود. این مسأله بطور کامل در زیر شرح داده می شود.

الف - رله های مدار بسته

در رله مدار بسته (شکل 3-3)، اولین پمپ یا پمپ اصلی آب خود را از منبع تغذیه گرفته و از طریق رشته های شیلنگ به داخل ورودی اولین پمپ تقویت کننده می فرستد؛ اولین پمپ تقویت کننده آب را از طریق شیلنگ به ورودی دومین پمپ تقویت کننده می رساند و به همین ترتیب تا اینکه آب به پمپ مستقر در محل آتش سوزی می رسد عملکرد پمپ های تقویت کننده تأمین و نگهداری فشار کافی برای جبران و غلبه بر افت فشار در شیلنگ می باشد. فاصله بین پمپها با توجه به میزان افت اصطکاک و پستی و بلندی مسیر تنظیم می گردد.

هدف از سازماندهی رله آب، رساندن حداکثر میزان ممکن آب با حداقل تجهیزات است. این فقط می تواند از طریق بکارگیری ظرفیت کامل پمپ ها و رعایت فاصله صحیح بین آنها تأمین گردد. هنگامی که نتوان این شرایط مطلوب و لازم را به علت در دسترس نبودن پمپ های کافی یا شیلنگ با قطر مناسب بدست آورد. هدف بدست آوردن حداکثر میزان ممکن با استفاده از تجهیزات موجود و در دسترس می گردد.



شکل 3-3- طرح نمایش روش رله مدار بسته

– ظرفیت پمپ ها

پمپهای آتش نشانی مطابق فشار خروجی که کار می کنند قادر به تأمین میزان خروجی و بازدهی مختلفی می باشند. فشار مطلوب برای اکثر پمپها در حدود 7 بار است. مقدار آب خروجی در این فشار

به عنوان بازدهی اسمی پمپ نامیده می شود. در دور کامل، عملیات در فشارهای کمتر از 7 بار بر اساس مشخصات پمپ فقط افزایش کمی در میزان بازدهی حاصل می شود؛ در حالیکه عملیات در فشارهای بالاتر، کاهش در میزان بازدهی را به دنبال دارد که ممکن است در بعضی از پمپها کاملاً شدید باشد. بنابراین هدف عملکرد در 7 بار می باشد.

در مواردی که پمپهایی با ظرفیتهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرند مسلماً بازدهی رله بوسیله بازدهی پمپی که کمترین ظرفیت را دارد، تعیین می گردد.

– ظرفیت شیلنگ

یک مسأله مهم در برقراری رله آب، افت ناشی از اصطکاک در شیلنگ است. همانطوری که مربع سرعت آب در شیلنگ افزایش می یابد، افت هد ناشی از اصطکاک نیز اضافه می گردد. بنابراین مسأله که سرعت تا حد ممکن پایین باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. برای افزایش دادن مقدار آب تحویلی به پمپها تا حد ممکن و به حداقل رساندن تعداد پمپهای مورد نیاز، باید از شیلنگ با بزرگترین قطر استفاده گردد و در صورت امکان دو یا تعداد بیشتری رشته شیلنگ بین پمپها فراهم و برقرار شود.

استفاده از رشته شیلنگ های زوج بجای تک رشته، سرعت را به دو نیم تقسیم کرده و بدین ترتیب افت هد ناشی از اصطکاک نیز به یک چهارم تقلیل و کاهش می یابد، با یک فشار پمپ معین در سطح زمین این امکان است که مقدار معینی آب را بیش از چهار برابر فاصله ای که با یک رشته شیلنگ با همان قطر بدست می آید آبرسانی نمود.

فشار اسمی کارکرد شیلنگ مورد استفاده بوسیله آتش نشانی 7 بار است و در حالیکه افزایش این فشار برای مدت زمان کوتاه مجاز می باشد، این کار در محل آتش سوزی از دیگر ملاحظات بهتر و ارجح است. البته بعلت افزایش یافتن احتمال ترکیدگی های ناهنگام شیلنگ نباید برای مدت طولانی انجام گیرد.

هرگونه افزایش جریان که بوسیله عملکرد پمپ در فشار بالای 7 بار (در طریق افزایش دور موتور) بدست می آید، به هر صورت احتمالاً در حد بسیار کمی است؛ بطور مثال در 8 بار میزان بازدهی یک رله فقط در حدود 7 درصد بالا خواهد رفت. بنابراین بطور معمول نباید فشار بالاتر از 7 بار مورد استفاده قرار گیرد، مگر اینکه این کار برای مدت کوتاهی احتیاج باشد و هرگز نباید فشارهای بالاتر از 8/5 بار بصورت مداوم مورد استفاده قرار گیرد.

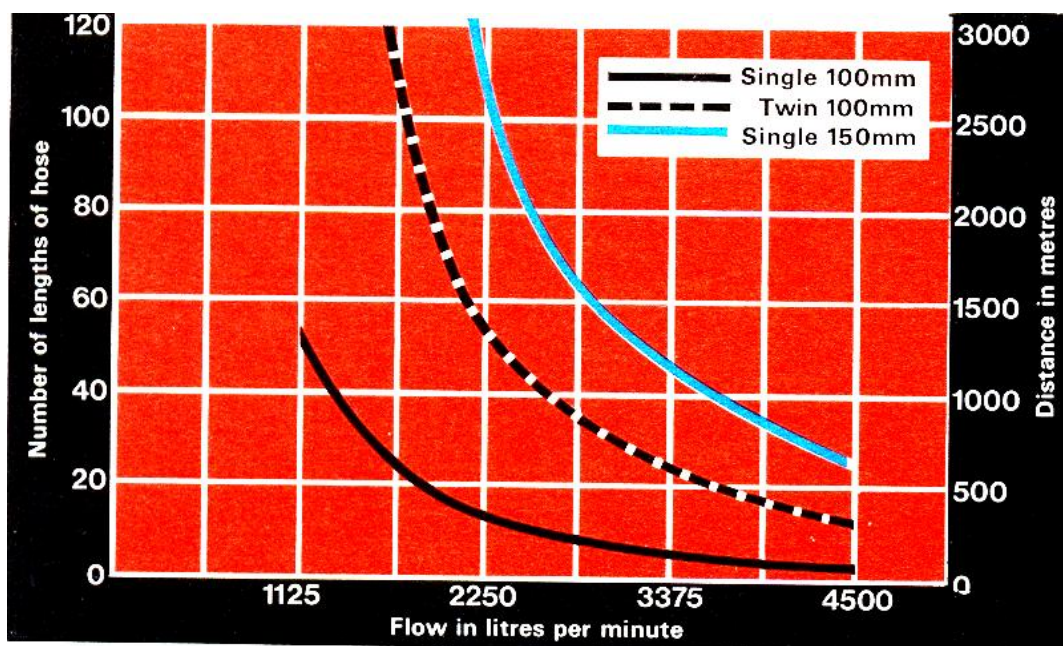
در صورتی که رله ای آب کافی را با توجه به توانایی پمپ های مورد استفاده تأمین نمی کند و هنوز فشاری بیشتر از 7 بار تقاضا می گردد میزان بازدهی را فقط می توان بطور قابل توجهی:

(الف) با افزایش دادن تعداد رشته های شیلنگ (یا اندازه شیلنگ) در بین پمپها،

یا (ب) کوتاه کردن فاصله بین پمپها با استفاده از پمپهای تقویت کننده بیشتر، افزایش داد، اگر چه روش دوم مستلزم قطع کردن آب در رله می گردد و ممکن است این روش عملی نباشد.

شکلهای 3-4 و 3-5 تعداد بندهای شیلنگ 25 متری دهنده را نشان میدهند که از طریق آنها مقدار مشخصی آب می تواند با فشار ورودی 7 بار عبور نماید. رشته های تکی و زوج شیلنگ 70 میلیمتری و 90 میلیمتری که با کویلینکهای مدل انگلیسی که طبق استاندارد BS336 نصب گردیده اند در شکل 3-4 و شیلنگهای 100 میلیمتری و 150 میلیمتری که با کویلینکهایی که جریان را بصورت کامل برقرار می کنند (کویلینکهای استورز یا ویکتالیک)، متصل شده اند در شکل 3-5 نمایش داده شده است.

این نمودارها مزیت استفاده از شیلنگ ها بصورت رشته های زوجی یا اندازه های (قطرهای) بزرگتر را نشان میدهد. بطور مثال می توان از طریق یک رشته شیلنگ به قطر 70 میلیمتر 1125 لیتر آب را در دقیقه به فاصله 225 متری پمپاژ نمود، ولی با استفاده از شیلنگ بصورت رشته های زوج می توان فاصله 900 متری بین پمپها را تأمین کرد (در زمین مسطح). همین میزان را می توان از طریق یک شیلنگ 90 میلیمتری برای فاصله 500 متری یا در حدود 2075 متر با استفاده از دو رشته شیلنگ 90 میلیمتری پمپاژ نمود.



شکل 3-5- نمودار نمایش تعداد بند های 25 متری شیلنگ بدون تراوش آب با قطر 100 میلیمتر و 150 میلیمتر (با کویلینگهای جریان کامل) که میزان آب معینی می تواند در فشار 7 بار از آنها عبور نماید.

به هر حال با استفاده از پمپهای دارای ظرفیت بالا، یک بازدهی 4500 لیتر در دقیقه ای را می توان در فاصله فقط 50 متری با دو رشته شیلنگ 70 میلیمتری و یا 125 متر با استفاده از دو شیلنگ 90 میلیمتری پمپاژ کرد. به هر صورت حتی با استفاده از شیلنگ با قطر بزرگتر و کویلینگهای که تمام جریان را عبور می دهند، همین مقدار آب را می توان در فاصله 325 متری با دو رشته شیلنگ 100 میلیمتری و یا فاصله 625 متری با یک رشته شیلنگ 150 میلیمتری پمپاژ نمود.

— فاصله بین پمپها

فاصله ضروری بین پمپها در هر رله ای به عوامل زیر بستگی دارد:

جریان مورد نیاز؛

فشار پمپ بکار گرفته شده (معمولاً 7 بار) ؛

اندازه و نوع شیلنگ و تعداد رشته های شیلنگ در بین پمپها؛

پستی و بلندی مسیر رله.

بعلاوه در مواردی که بازدهی مورد نیاز به بازدهی اسمی هر کدام از پمپهای بکار گرفته شده ، نزدیک باشد. عملکرد پمپ یک فاکتور محدود کننده می شود.

ب – رله کردن روی زمین مسطح

خصوصیات هیدرولیکی تعدادی از شیلنگ های 25 متری و به قطر 70 میلیمتر در یک سری منحنی در شکل 3-6 برای رشته شیلنگ های تکی و زوج نشان داده شده است. منحنی های حداقل بازدهی نمونه هایی از پمپ های آتش نشانی نیز در آن نمودار به آنها اضافه گردیده است و برای هر میزان جریان معین مورد نیاز، فاصله مجاز بین پمپها را می توان با مراجعه به منحنی ها که ممکن است برای اهداف برنامه ریزی قبلی مفید باشد، تعیین نمود. شکل 3-7 چنین اطلاعاتی را برای شیلنگ 90 میلیمتری نشان می دهد.

برای مثال در صورتی که یک جریان 1500 لیتر در دقیقه ای احتیاج باشد این میزان برای ظرفیت هر پمپ استاندارد آتش نشانی غیر از پمپ های قابل حمل و نقل مناسب خواهد بود و تعیین کردن فاصله مورد نیاز بین پمپها فقط از طریق خصوصیات هیدرولیکی شیلنگ انجام می گیرد.

اگر فقط شیلنگ 70 میلیمتری در دسترس باشد، در شکل 3-6 می توان دید که فاصله مناسب بین پمپها به هنگام استفاده از یک رشته شیلنگ تکی و فشار 7 بار، 5 بند خواهد بود. در صورت ضرورت، می توان از طریق افزایش فشار تا 8 بار ، همان بازدهی را در فاصله 6 بند حفظ نمود، که آن هنوز در محدوده مجاز فشار رله است؛ ولی با افزایش و امتداد بیشتر آن در یک رشته تکی امکان پذیر نمی باشد، مگر اینکه کاهش جریان کمتری از میزان 1500 لیتر در دقیقه قابل قبول باشد.

برای مثال، پمپاژ از طریق 8 بند، در حداکثر فشار مجاز رله 8/5 بار، در یک جریان در حدود 1350 لیتر در دقیقه حاصل می گردد که یک کاهش 10 درصدی در بازدهی می باشد. اگر این 8 بند بصورت زوج باشد یا اینکه فاصله بین پمپها به نصف یعنی 4 بند تقسیم گردد (یک رشته)، میزان جریان اولیه مورد نیاز 1500 لیتر در دقیقه با مقدار قابل ملاحظه ای، بیش از این حد بدست می آید.

به هر حال در صورتی که استفاده و بکارگیری کامل بازدهی اسمی که پمپ 2250 لیتر در دقیقه ای با شیلنگ 70 میلیمتری ضرورت داشته باشد، فاصله مورد نیاز بین پمپها در فشار 7 بار، 2 بند برای یک رشته خواهد بود (که در این صورت هدر دادن تجهیزات است)، یا 9 بند برای رشته دوتایی که می تواند بعنوان شرایط مطلوب برای این ترکیب اندازه شیلنگ و پمپ در نظر گرفته شود.

در صورت ضرورت با دور شدن از شرایط مطلوب و پمپاژ در فشار 8/5 بار می توان فاصله رشته زوج را تا 13 بند افزایش داد. این در محدوده بازدهی پمپ و حداکثر فشار مجاز پمپ خواهد بود ولی 5 درصد کاهش در جریان را در پی دارد.

جدول 3 فاصله استاندارد رله، برای اندازه های مختلف شیلنگ در چهار مقدار جریان که مرتبط با بازدهی اسمی پمپهای نمونه انتخاب شده اند را مقایسه می کند.

جدول 3

فواصل استاندارد رله در زمین مسطح: براساس تعداد بندهای شیلنگ 25 متری

میزان جریان اسمی بر حسب لیتر بر دقیقه								نوع شیلنگ
4500		3500		2250		1125		
حداک ثر	میزان مطلوب	حداک ثر	میزان مطلوب	حداک ثر	میزان مطلوب	حداک ثر	میزان مطلوب	
—	—	—	—	—	—	16	9	رشته تکی 70 میلیمتری *
—	—	5	4	13	9	64	36	رشته های زوج 70 میلیمتری *
—	—	—	—	7	5	30	20	رشته تکی 90 میلیمتری *
7	5	12	9	28	20			رشته های زوج 90 میلیمتری *
—	—	9	6	21	13			رشته تکی 100 میلیمتری +
21	13	34	22	—	54			رشته های زوج 100 میلیمتری +
—	26	—	44	—	104			رشته تکی 1500 میلیمتری +
+ با کوپلینگهای جریان کامل								* با کوپلینگهای آنی
توجه: در هنگام چاپ این کتاب (1986) بنظر می رسید که تعداد کمی از آتش نشانی ها در انگلستان از کوپلینگهای جریان کامل استفاده می کردند. واضح است که در جاهایی که از آنها استفاده می شود آنها باید واسطه های مناسب برای اتصال به پمپ داشته باشند. در این موارد نشان داده شده در جدول باید با یک میزان مناسب کاهش یابد.								

در هر مورد فاصله مطلوب پمپها در تعداد مناسب بندهای 25 متری مرتبط با کار کردن در فشار 7 بار بیان شده است.

فاصله «حداکثر» در موارد ذکر شده، برای عملیات در فشار 8/5 بار با کاهش جریان قابل قبولی که از 85 درصد مقدار جریان اسمی کمتر نمی باشد را نشان می دهد. فقط هدف این است که یک آزادی و وسعت عمل در برقراری رله در لحظات اولیه آتش سوزی هنگامی که ممکن است منابع بسیار محدود باشد فراهم گردد. در یک رله طولانی که احتمالاً به حضور ابتدایی خودروها یا خودروهای تقویت کننده اولیه احتیاج می باشد، هر تلاشی باید انجام گیرد تا بهترین شرایط فواصل پمپ ها تطبیق داشته باشد و بدین ترتیب از عملیات در فشارهای بیشتر از 7 بار خودداری شود و در صورت نیاز به فشار بیشتر باید پمپ های مورد نیاز تخمین و درخواست انجام گیرد.

ج - رله کردن در سطح زمین ناهموار

بطور مکرر اتفاق می افتد که سطح زمینی که رله در آنجا انجام می گیرد مسطح نمی باشد و اگر مقدار شیب قابل توجه باشد تطبیق و تنظیم فاصله بین پمپها ضروری می گردد.

در جاهایی که سطح زمین بین پمپها سربالایی است مقداری از فشار پمپ صرف بالا آوردن آب به سطح بالاتر می گردد، به این ترتیب فشار کمتری برای غلبه بر مقاومت اصطکاکی در شیلنگ فراهم خواهد شد که این در صورتی است که هنوز پمپ با دور کامل کار نکند؛ در غیر این صورت میزان جریان مورد نیاز را فقط می توان از طریق کاهش دادن فاصله پمپ ها برقرار و حفظ نمود.

بالعکس در جاهایی که سطح زمین در بین پمپها سرازیر است هد ساکن، مقاومت اصطکاکی درون شیلنگ را خنثی و جبران می کند، بدین ترتیب می توان فاصله بین پمپها را بیش از فاصله استاندارد در نظر گرفت.

در یک رله فقط هنگامی که تمام پمپها بطور صحیح در فاصله مطلوب قرار گیرند رله می تواند کارایی کامل و بهینه ای از نظر تجهیزات و نیروی انسانی داشته باشد. برای بدست آوردن این کارایی ممکن است بعضی از روشهای تعیین و ارزیابی هر تصحیحی در تعیین فاصله پمپ ها ضروری باشد تا اثر شیب ها در مسیر رله را مطلوب نماید.

یک روش سریع برای انجام تخمین اختلاف ارتفاع بین دو پمپ بر حسب متر و تقسیم آن به 10 است تا همد ساکن موجود بر حسب بار بدست آید. سپس این عدد را باید دوباره بر فشار کار کرد رله تقسیم و فاصله بین پمپها را با توجه به اصطکاک حاصل اصلاح نمود. به هر حال باید توجه شود جایی که اختلاف سطح بین پمپهای متوالی کمتر از 10 متر است آن فقط یک تغییر و اختلاف در میزان جریان ایجاد می کند که مقدار آن حدوداً 7 درصد یا کمتر در فشار 7 بار رله می باشد. بنابراین اختلاف سطح کمتر از 10 متر بطور معمول نادیده گرفته می شود.

مثال :

اگر بخواهیم با استفاده از دو رشته شیلنگ 90 میلیمتری در قسمتی از یک رله روی تپه ای که اختلاف سطح آن در فاصله بیش از 20 بند (فاصله استاندارد رله روی زمین مسطح) 20 متر تخمین زده می شود 2250 لیتر در دقیقه آبرسانی نماییم، با تقسیم کردن این اختلاف سطح بر 10، کاهش فشاری معادل با 2 بار حاصل می گردد. آن $\frac{2}{7}$ فشار در نظر گرفته شده برای رله (7 بار) است و بنابراین فاصله استاندارد رله 20 بند شیلنگ (500 متر) باید تا $\frac{2}{7}$ کاهش یابد که حدود 14 بند (350 متر) می شود. از طرف دیگر، در صورتی که رله روی سرازیری با همان شیب برقرار شود باید فاصله بین پمپ ها مطابق مثال بالا $\frac{2}{7}$ یعنی تا حدود 26 بند شیلنگ (650 متر) افزایش یابد.

— ملاحظات عملی

کارایی یک رله آب به فاکتورهای مهم زیر بستگی دارد:

الف — تمام دستگاههای پمپاژ کننده و تجهیزات دیگر در شرایط کاری خوبی باشند،

بدین ترتیب که صرفنظر از موقعیتشان در رله، حداکثر بازدهی را بتوانند داشته باشند.

ب — رله طوری استقرار و سازماندهی شده باشد که تمام تجهیزات در حداکثر ظرفیتشان کار کنند؛

ج — مهارت پمپچی ها و اجرا کنندگان.

— استقرار و موقعیت پمپ اصلی

بازدهی پمپ اصلی، پمپی که باید آب را فراهم سازد میزان جریان را در طول مسیر رله کنترل خواهد کرد. اگر این پمپ بصورت کارآمدی کار نکند تمام رله اشکال پیدا می کند. هنگام کارکردن از منابع آب روباز، در صورتی که ارتفاع عمودی مکش از 3 متر بیشتر نباشد و بیش از سه بند شیلنگ خرطومی مورد استفاده قرار نگرفته باشد میزان کل خروجی و بازدهی را می توان برآورد نموده و انتظار داشت . بنابراین این پمپ اصلی باید در صورت امکان و عملی بودن هرچه نزدیکتر به منبع آب و با حداقل ارتفاع مکش مستقر شود.

— فاصله بین دو پمپ اول

بعلت اینکه پمپ اصلی مجبور است که قسمتی از انرژی خود را جهت بالا آوردن آب از منبع روباز به ورودی پمپ مصرف کند یک تقلیل فشار برای آبی که از طریق شیلنگ خروجی به اولین پمپ تقویت کننده می رسد وجود دارد.

در چنین شرایط هایی فاصله بین پمپ اصلی و اولین پمپ تقویت کننده می باید در حدود دو بند شیلنگ (متر $25 \times 2 = 50$) کاهش یابد. برای تمام هدفهای عملی می توان چنین کاهش را که میزان کل بازدهی گرفته شده از پمپ را تضمین می کند فرض نمود.

— استقرار شیلنگ (لوله کشی)

هنگامی که شیلنگ بطور مستقیم از خودرو لوله کشی پهن می گردد خودرو باید با سرعت یکنواخت 15 الی 25 کیلومتر در ساعت حرکت نماید. این سرعت را می توان در شرایط ایده آل حداکثر تا حدود 40 کیلومتر در ساعت افزایش داد، ولی باید توجه و مواظبت بسیار زیادی نموده زیرا در این سرعت هنگامی که خودرو بخصوص در پیچها از سرعت خود می کاهد ممکن است شیلنگ بیشتر از حد تخلیه شود این مساله احتمالاً باعث ایجاد حلقه های بزرگ و پیچ و خم غیر ضروری در شیلنگ می گردد که در نتیجه وقتی که آب وارد شیلنگ شده تحت فشار قرار می گیرد بیش از حد حالت مارپیچی پیدا کرده و پیچ و تاب برمی دارد.

در صورت امکان پس از باز شدن شیلنگها روی زمین و قبل از اینکه آب وارد آن شود آنها را بازدید نموده ، تا اینکه رشته شیلنگ در کنار جاده و مسیر قرار گرفته باشد و مانعی برای رفت و آمد خودروها نباشد.

فرستی نیز باید برای برطرف کردن پیچ و تاب های آن در نظر گرفته شود قبل از اینکه تحت فشار قرار گیرد. هنگامی که عبور شیلنگ از عرض خیابان و جاده ضروری باشد رمپ ها یا پلهای مخصوص شیلنگ باید مورد استفاده قرار گیرد.

– تحت فشار قرار گرفتن با آب

هنگامی که رشته شیلنگ مستقر شد پمپ های تقویت کننده در محل استقرار می یابد و فرمانده مسئول نیز از نبودن موانع ترافیکی اطمینان حاصل نمود، رشته شیلنگ تحت فشار قرار می گیرد. هنگامی که رشته شیلنگ شارژ می شود علاوه بر خروجی های پمپ که به رشته های شیلنگ متصل شده است یکی از خروجی ها در هر پمپ تقویت کننده باید بحالت باز بماند. این کار به خروج هوا از سیستم کمک می کند. به محض اینکه آب به پمپ رسید شیر اضافی باز شده، باید بسته شود.

پمپ اصلی باید در حدود نصف سرعت خود کار کند تا اینکه تمام سیستم تحت فشار قرار گرفته و شارژ شود. وقتی که فرمانده مسئول مطمئن شد که رله بطور رضایت بخشی کار می کند باید سرعت پمپ اصلی را به تدریج افزایش دهد تا این که به فشار کامل برسد در طول این مدت و پس از آن پمپچی های پمپ های تقویت کننده باید از طریق تنظیم تدریجی دور موتور با گاز دستی های مربوطه در موقعیتی که عقربه فشار سنج مرکب دقیقاً بالای صفر را نشان دهد رله را در تعادل نگه دارند. پمپ های تقویت کننده که شرایط مکش را در مقابل ندارند باید با سرعت کمی پایین تر نسبت به پمپ اصلی کار کنند.

– از کار افتادن

در صورتی که یکی از پمپ های تقویت کننده دچار نقض فنی شود معمولاً نیازی نیست که رله قطع و شیر خروجی آن بسته شود تا اینکه پمپ دارای نقص آماده برای تعویض شدن با یک پمپ سالم گردد. اگر چه البته در میزان بازدهی افت بوجود خواهد آمد ولی رله به کارکرد خود ادامه می دهد و با توجه به شرایط تغییر یافته، دور موتور پمپ های تقویت کننده دیگر را باید تنظیم نمود. در صورت امکان فرمانده مسئول باید پمپ یدکی با نفرات موجود را آماده کرده، تا آن را در رله مستقر نمایند.

— ارتباطات

برای عملیات کارآمد یک رله آب، ارتباطات خوب در طول مسیر دارای اهمیت است. بدین ترتیب تغییرات در موقعیتها، دستورات جهت بستن آب و غیره را می توان بسرعت انجام داد. البته نوع ارتباطات به شرایط، در دسترس بودن و قابلیت استفاده از نیروی انسانی و چنین مواردی بستگی دارد و مسئولیت فرمانده رله است که سیستم مناسبی را تدبیر و برقرار نماید.

در یک آتش سوزی بزرگ دستگاه بی سیم سیار (روی کوله پشتی) می تواند سودمند باشد و یک بی سیم پمپچی (دستی) در هر پمپ تقویت کننده ایده آل خواهد بود، ولی ممکن است که چند نفر نیز جهت گشت زدن مسیر کافی باشد.

از هر سیستمی که استفاده شود مسئولین ارتباطات باید بعلت صدای موتورها در فاصله کوتاهی از پمپ ها مستقر شوند.

منابع :

- 1- کتاب firemanship جلد 7، ترجمه ناصر غفوری .
- 2- جزوه هیدرولیک، از مطالب جزوات تخصصی دوره کار آموزی - حسن احمدیان.
- 3- کتاب توربو ماشین های جریان هیدرولیکی و قابل تراکم - مترجم دکتر محمد حسن شجاعی فرد .
- 4- کتاب پمپ و پمپاژ - دکتر سید احمد نوربخش .