

اصطلاح هیدرولیک به معنی مطالعه وضعیت آب در حال سکون و حرکت می باشد.

درک اصل اولیه موضوع به آتش نشانان کمک می کند تا بتوانند:

الف: رفتار آب در ارتباط کار با تجهیزات آتش نشانی را درک کنند.

ب: تصمیمات آگاهانه در جهت تأمین و توزیع آب در منطقه آتش سوزی اتخاذ کنند.

ج: تمهیدات موثر در تهیه منابع آب در مراحل مقدماتی در نظر بگیرند.

ویژگیهای آب

آب خالص بیرنگ، بی بو با ترکیب مولکولی دو اتم هیدروژن با یک اتم اکسیژن (H_2O) می باشد.

جرم یک لیتر آب، برابر با 1kg می باشد و یک متر مکعب که در موارد کاربردی از آن استفاده

می شود، 1000 لیتر است و جرم یک متر مکعب 1000kg یا یک تن می باشد.

وزن (یک جسم به جرم m به نیرویی که از طرف زمین به جسم وارد می شود (و بسمت پایین است

و همچنین به میزان نیرویی که توسط جاذبه کشیده می شود بستگی دارد. در کتاب خدمات ایمنی و

آتش نشانی چاپ اول «فیزیک و شیمی برای آتش نشانان» آمده است:

$$\text{شتاب جاذبه} \times \text{جرم} = \text{وزن}$$

$$\text{وزن بر حسب نیوتن } N \text{ است } w = m \times g$$

G شتاب در اثر گرانش است. مقدار g در سطح زمین به طور جزئی متغیر است و به طور تقریبی

$$9/81 \text{ متر بر مجذور ثانیه است همچنین وزن یک متر مکعب آب } 9810\text{N} = 9/81 \times 1000 \text{ یا } 9/81$$

کیلو نیوتن (KN) است بنابراین برای موارد کاربردی داریم وزن لیتر آب 10 نیوتن است

وزن یک متر مکعب آب 1000 نیوتن است

اگر چه چگالی آب نسبت به درصد خلوص تغییر می کند، این چنین تغییراتی بسیار ناچیز بوده و قابل چشم پوشی است. به عنوان مثال چگالی آب دریا تقریباً $1/0.3 \text{ kg/lit}$ است. آب خالص تحت فشار طبیعی (تقریباً 1 bar) نقطه انجماد 0°C و نقطه جوش 100°C دارد بنابراین در فشار جو بین این دو دما، آب به صورت مایع هست و تمام ویژگیهای یک مایع را داراست. آب مایع تراکم ناپذیر است و افزایش فشار 1 bar تنها باعث کاهش حجم 0.000002 درصدی از آب می شود. آب به عنوان یک مایع حجم معین دارد ولی در برابر تغییر شکل نمی تواند مقاومت کند یعنی اینکه هرگاه در ظرفی ریخته شود، صرفنظر از شکل قبلی با شکل جدید تطبیق پیدا می کند و در آن ساکن می ماند.

دلیل این امر این است که اصطکاک و پیوستگی بین مولکولهایی که آب را تشکیل می دهند بسیار ناچیز است. آب خالص که در آتش نشانی مورد استفاده قرار می گیرد، هادی خوب جریان الکتریسیته محسوب می شود، در نتیجه باید در آتش نشانی برای جلوگیری از تماس جریان با دستگاههای الکتریکی روشن توجه ویژه ای بشود.

۱-۲ ویژگیهای اصلی فشار

یکای فشار در دستگاه S.I نیوتن بر متر مربع (N/m^2) است و نام دیگر آن پاسکال است. چون این واحد کوچک است در آتش نشانی تصمیم بر آن شده که یکای فشار «بار» باشد. رابطه بین این واحدها به قرار زیر است.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ یا } 100000 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1.013 \text{ Bar} = \text{فشار طبیعی جو (Atm)}$$

قوانینی که بر ویژگیهای اصلی فشار مایعات حاکم است بدین قرار است:

الف) فشاری که توسط یک مایع ساکن اعمال می شود همیشه به سمت سطح ظرف است.

ب) فشار در هر نقطه مایع ساکن در همه جهات یکسان است. فشار وارد بر مایع محصور بدون کاهش به تمام قسمت های مایع و دیواره های ظرف منتقل می شود.

درجه فشار سنجی که در مسیر لوله یا شلنگ یا انتهای یک مخزن حاوی مایع ساکن است، در هر جهتی که باشد همان میزان را نشان می دهد زیرا فشار اعمال شده توسط مایع در همه جهات یکسان است. اگر فشار به سبب ارتفاع ستون مایع یا نیرویی بیرونی پمپ نباشد این امر صحیح است.

ج) فشار رو به پائین مایع در یک ظرف روباز، با عمق نسبت مستقیم دارد. شکل ۱-۱ سه مخزن عمودی را نشان می دهد، عمق آب در آنها ۱۰، ۲۰، ۳۰ متر است. اگر درجه فشار در ته هر مخزن قرار داده شود اعداد ۱، ۲ و ۳ بار را نشان خواهد داد که نشانگر فشار با میزان عمق نسبت مستقیم دارد به همان میزان سهمی نسبت به عمق خواهد بود.

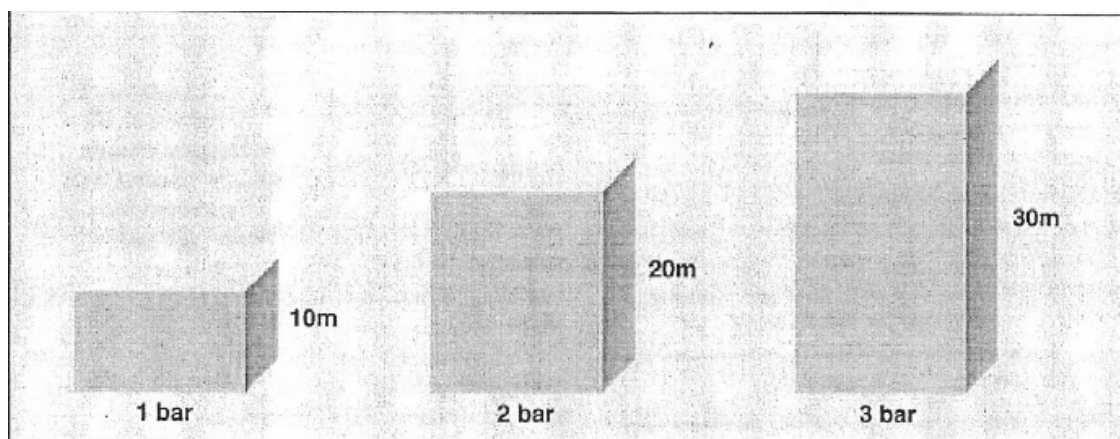
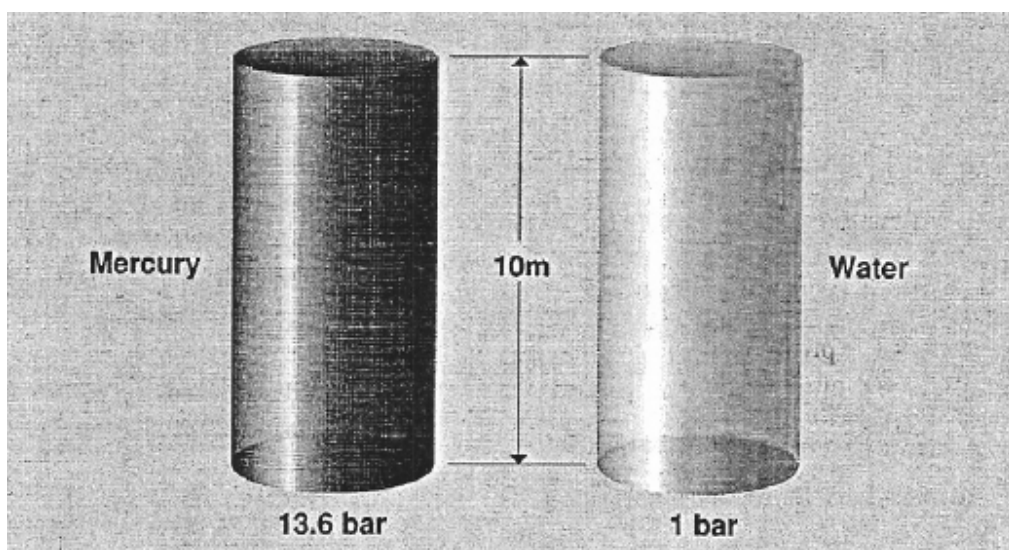


Figure 1.1(c) Downward pressure of a fluid in an open vessel is proportional to its depth.

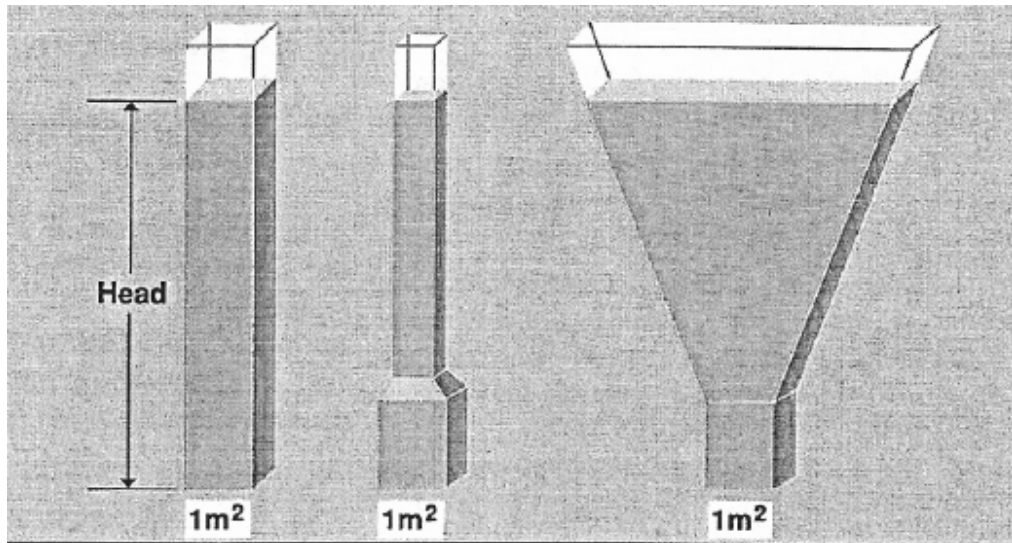
شکل ۱-۱ فشار رو به پائین یک مایع در ظروف روباز با عمق آن نسبت دارد

چ (فشار رو به پائین مایع در یک ظرف روباز به چگالی مایع نسبت دارد. در شکل ۱-۲ دو مخزن یکی محتوی جیوه و دیگری محتوی آب نشان داده شده است عمق مایع در هر دو ظرف یکسان است. اگر فشار سنج در انتهای هر ظرف قرار گیرد، فشار در ته مخزن جیوه 13.6 برابر فشار در ته مخزن آب خواهد بود زیرا جیوه 13.6 چگالترا از آب است.



ح) فشار روبه پائین یک مایع در انتهای پائینی یک لوله به شکل ظرف بستگی ندارد. این عامل آخر در شکل ۱-۳ چند مخزن با شکلهای مختلف به تصویر کشیده شده است. فشار در ته هر کدام دقیقاً نسبت به همان ارتفاع مایع به یک میزان است.

نتیجه گیری کاربردی از این اصل اینست که فشار استاتیک (بدون جریان و ساکن) در انتهای خروجی یک لوله در یک تانکر یا مخزن آب با فاصله عمودی بین سطح آب و نقطه ای که فشار در آنجا اندازه گیری می شود محاسبه می گردد زیرا عمق همان است و به مسیر مارپیچی که لوله پیموده بستگی ندارد.



شکل ۱-۳ فشار رو به پائین مایع در ته ظرف به شکل ظرف بستگی ندارد

همچنین اگر آب در بالای چنین ظرفی ریخته شود و یا در موارد آتش نشانی در ارتفاع باشیم میزان فشار مورد نیاز پمپ برای غلبه بر عمق به مسیری که شلنگ یا لوله طی می کند بستگی ندارد. با این وجود هنگامی که پرتاب صورت می پذیرد آب جاری و سطح درونی لوله یا شلنگ یک عامل پیچیده می شود که در همین فصل مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۳ رابطه فشار و عمق آب

تا کنون چنین بیان شد که فشار مایع درون یک ظرف روباز به عمق و چگالی آن مایع بستگی دارد.

رابطه دقیق فشار در ذیل آمده است. (به ضمیمه ۴ مراجعه کنید) $P = H \rho g$

P فشار نیوتن بر متر مربع است، H عمق مایع بر حسب متر، ρ چگالی مایع بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3) است و g شتاب جاذبه است. اگر ρ را Kg/m^3 را $9/81$ فرض کنیم آنگاه داریم

$P = H \times 1000 \times 9/81 \text{ N/m}^2$ در نتیجه $P = 0/0981 \times H \text{ bar}$ اگر به طرف دیگر معادله ببریم

$H = \frac{P}{0/0981} \text{ m}$ یا متر $H = 10/19 \times P$ به صورت تقریبی در فرمول به صورت ذیل ساده می شود.

$$P = \frac{H}{10} \text{ bar}$$

$$H = 10 \times P \text{ meters}$$

مثال ۱- فشار آب ساکن ۶ بار در یک نقطه از مخزنی مرتفع مورد نیاز است. سطح آب در چه ارتفاع عمودی بالای این نقطه قرار دارد؟ متر $H = 10 \times P = 10 \times 6 = 60$ (فرمول دقیق عدد ۶۱/۱۴ متر را نشان می دهد. از این مثالها مشخص می شود که میزان خطای استفاده از فرمول تقریبی بسیار کم است و در حدود دقت بیشتر فشار سنجهاست

مثال ۲- سطح آب یک تانکر در سیستم اسیرینکلر (افشانه) ۴۰ متر بالای یک فشار سنج قرار دارد،

$$P = \frac{H}{10} \Rightarrow \frac{40}{10} = 4 \text{ bar}$$

فشار سنج چند بار فشار را نشان می دهد؟

(فرمول دقیق ۳/۹۲۴ را نشان می دهد)

مثال ۳- فشار پمپ ۵ بار برای یک شیلنگ نیاز است تا هم سطح با زمین کار کند. اگر شیلنگ را ۲۵ متر بالای زمین بلند کنیم فشار پمپ چه میزان باید باشد تا همان میزان خروجی بدهد؟

$$P = \frac{H}{10} \text{ یعنی } \frac{25}{10} = 2.5 \text{ bar}$$

بنابراین فشار پمپ باید $7.5 \text{ bar} = 5 + 2.5$ باشد

۱-۴ افت فشار در اثر اصطکاک

هنگامی که آب در درون یک شیلنگ یا لوله جاری می شود افت فشار تدریجی در اثر غلبه بر مقاومت مالشی (اصطکاک) بین جریان آب جاری و سطح داخلی لوله به وجود می آید. مقدار مقاومت اصطکاکی

به عوامل متعددی که در پاراگراف ۱-۴-۱ آمده است بستگی دارد. اهمیت دارد بدانیم:

الف) چه مدت زمانی آب از شیرهای آتش نشانی با خروجی با قطر کم خارج می شود.

ب) چه زمانی طول می کشد تا آب پمپاژ شده دورتر برسد.

ج) چه وقت از شلنگ با قطر کم در منطقه حریق استفاده کنیم.

تخمین صحیح افت فشار بسیار مشکل است ولی خوشبختانه بندرت مورد نیاز است. آنچه از اهمیت برخوردار است درک عوامل کاربردی در فصلهای بعدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۴-۱ قوانین حاکم بر افت فشار در اثر اصطکاک

آزمایشات در زمینه جریان آب درون یک شلنگ می دهد که تقریباً تا حد زیادی افت فشار (P_f) در اثر اصطکاک تحت تأثیر قوانین زیر است:

الف) $P_f \propto L$ مستقیماً متناسب است با طول (L) شیلنگی که در آن آب جریان دارد. یعنی $P_f \propto L$ بنابراین اگر ۰/۵ بار فشار در یک واحد طولی از شلنگ افت کند نتیجتاً اگر همان مقدار آب در ۱۰ واحد طولی از شلنگ جریان یابد افت فشار ۵ بار خواهد بود.

ب) P_f با مقداری به نام عامل اصطکاک در شلنگ نسبت مستقیم دارد (تا حد زیادی با ناهمواری سطوح داخلی لوله تعیین می گردد) یعنی $P_f \propto f$. عامل اصطکاک خود تحت تأثیر سایر همچون اتصالات کوچکی یا بزرگی نسبت به شلنگ قرار می گیرد. جدول ۱-۱ عوامل اصطکاک در شلنگها با قطرهای مختلف را نشان می دهد. البته باید به این مسئله توجه کرد که نمونه های مختلف هر چند با همان قطر باشند مقادیر کمی تفاوت را نشان خواهد داد.

جدول ۱-۱ ضریب اصطکاک برای شلنگها

ضریب اصطکاک	قطر شلنگ
۰/۰۰۵	۷۰mm، ۶۴mm، ۴۵mm، ۳۸mm
۰/۰۰۷	۹۰ میلیمتر با اتصالات استاندارد
۰/۰۰۵	۹۰ میلیمتر با اتصالات جریان کامل
۰/۰۰۴	۱۰۰ و ۱۲۵ میلیمتری
۰/۰۰۳	۱۵۰ میلیمتری

ج) $P_f \propto L^2$ متناسب است با مجذور دبی جریان (L) یعنی

بنابراین به عنوان مثال اگر دبی جریان در طول شلنگ دو برابر شود کاهش و افت فشار در اثر اصطکاک ۴ برابر خواهد شد. (از آنجائیکه در یک لوله با قطر معین، سرعت جریان با دبی متناسب است می توان معادلی برای این قانون بیان داشت یعنی کاهش اصطکاک متناسب با مجذور سرعت آب است.)

د) $P_f \propto \frac{1}{d^5}$ با یک پنجم برابرقطر شلنگ (d) متناسب است یعنی

قطر مهمترین عاملی است که بر کاهش اصطکاک تأثیر می گذارد. به سبب همین قانون توان ۵، تغییر متوسط در قطر تغییر زیادی در کاهش اصطکاک ایجاد می کند برای درک این شدت تفاوت کاهش اصطکاک در شلنگ ۴۵mm تقریباً ۳۲ (۲^۵) برابر بزرگتر از کاهش اصطکاک در شلنگ ۹۰ میلیمتری با اتصالات جریان کامل با همان میزان دبی جریان است. دلیل این تغییر شدید تا حد زیادی به این

خاطر است که چون سطح مقطع شنگ بزرگتر ۴ برابر است سرعت جریان تنها یک چهارم آن در شلنگ کوچکتر می باشد.

۲-۴-۱ معادله کاهش اصطکاک

چند فرمول برای محاسبه کاهش اصطکاک استفاده می شود. هر چه میزان دقت مورد نیاز باشد فرمول پیچیده تر خواهد شد. برای موقعیتهای آتش نشانی که دقت بسیار بالا نیاز نیست، مفیدترین رابطه چهار تناسبی که در بالا بیان شد را با هم جمع می کند و به صورت ذیل نشان می دهد:

$$P_f = \frac{9000 f L L^2}{d^5}$$

P_f عامل اصطکاک، P_f افت فشار بر حسب بار، L طول شلنگ بر حسب متر، L دبی جریان بر حسب لیتر در دقیقه و d قطر شلنگ بر حسب میلیمتر است.

مثال ۴: دبی جریان در شلنگ ۵۰ متری با قطر ۴۵ میلیمتر، ۴۰۰ لیتر در دقیقه (L/min) است. میزان افت فشار در شلنگ را در صورتیکه عامل اصطکاک ۰/۰۰۵ باشد محاسبه نماید.

$$P_f = \frac{9000 L L^2}{d^5} \Rightarrow P_f = \frac{9000 \times 0.005 \times 50 \times 400 \times 400}{45 \times 45 \times 45 \times 45 \times 45}$$

⇒ (۱ بار در هر واحد طول شلنگ) یا ۲ bar = افت فشار

مثال ۵: افت فشار در اثر اصطکاک را محاسبه کنید اگر الف) شلنگ ۹۰ میلیتری با اصطکاک ۰/۰۰۷ داشته باشیم.

ب) دو رشته شلنگ دو قلو ۴۵ میلیتری داشته باشیم.

$$P_f = \frac{9000 \times 0.007 \times 50 \times 400 \times 400}{90 \times 90 \times 90 \times 90 \times 90}$$

⇒ (تقریباً ۰/۰۵ بار در واحد طول شلنگ) ۰/۰۹ bar = افت فشار

در شلنگ دو قلوی ۴۵ میلیمتری دبی جریان ۲۰۰ L/min است پس داریم (جواب ب)

$$P_f = \frac{9000 \times 0.005 \times 50 \times 200 \times 200}{90 \times 90 \times 90 \times 90 \times 90} = 0.5 \text{ bar (در واحد طول شلنگ)}$$

مزیت کاربرد شلنگهای با قطر بیشتر توسط این مثالها مشخص گردید. با این حال در مثال آخر سهولت حمل و قابلیت مانور رشته شلنگها از اهمیت بیشتری برخوردار است. جدول ۱-۶ در فصل ۶ کاهش تقریبی فشار در اثر اصطکاک در دبی ها و قطرهای مختلف شلنگ نشان داده شده است.

۵-۱: تغییرات انرژی در جریان آب

هنگامیکه آب در کانالهای متفاوت مقطعی مثل سرلوله، اتصالات، ونتوری و پمپها حلقه ای پمپها جریان میابد تغییراتی در سرعت و فشار مایع رخ می دهد. معادله برنولی که در ضمیمه ۴ آمده است رابطه این متغیرها را نشان می دهد ولی درک رفتار آب با بررسی تغییرات جریان آب بر صورتهای گوناگون انرژی که هنگام عبور از این کانالها رخ می دهد امکان پذیر است.

بیشتر این شکلهای انرژی که در کتاب خدمات آتش نشانی چاپ اول «فیزیک و شیمی برای آتش نشانان» آمده، توضیح داده شده است عبارتند از:

الف) انرژی (جنبشی): انرژی که آب به خاطر سرعتش دارد.

ب) انرژی پتانسیل: انرژی که آب به سبب ارتفاعش بالای یک نقطه مثل یک سوارخ یا پمپ داراست

ج) فشار

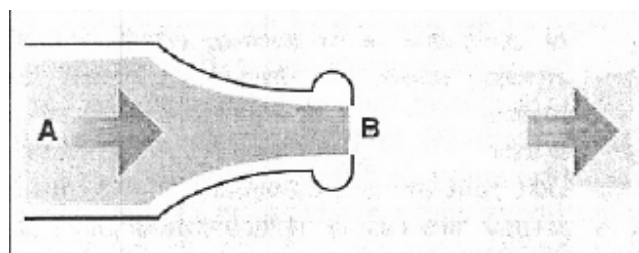
د) گرما

قانون بقای انرژی بیان می کند انرژی بوجود نمی آید و از بین نمی رود بلکه از یک شکل به شکل دیگر در میاید، این مطلب را می رساند که اگر یک شکل از انرژی افزایش یابد، این افزایش باعث کاهش در یک یا چند شکل دیگر انرژی خواهد شد. این قانون در جریان آب در انواع کانالهایی که در

پاراگرافهای گذشته ذکر شد کاربرد دارد. به سبب اصطکاک هنگامیکه آب در مسیر شلنگ حرکت می کند، انرژی گرمایی در اثر فشار ایجاد می شود. با اینحال تشخیص افزایش دمای آب دشوار است. زمانی که انرژی گرمایی تولید می شود به آسانی نمی تواند به هیچکدام از این شکلها برگردد. همچنین انرژی گرمایی در هر نقطه از جریان آب که تلاطم بتوسط تغییر ناگهانی در سطح مقطع یا جهت جریان بوجود میایدف ایجاد میشود. در اکثر موارد کاربردی تغییرات دما در جریان آب نادیده می شود البته وقتی که یک پمپ سانتریفوژ در یک محیط بسته و محدود کار می کند آب به طور قابل ملاحظه گرم می شود زیرا بیشتر انرژی فراهم آمده پمپ برای ایجاد تلاطم به هدر میرود.

۱-۵-۱ جریان آب درون نازل

شکل ۱-۴ جریان آب در نازل نوع A رانشان می دهد. وقتی آب از نقطه A به نقطه B جریان میابد، سرعت در نتیجه انرژی جنبشی اش افزایش یافته ولی فشار از نقطه A به میزان چندبار وقتی به نقطه B میرسد به میزان فشار جو کاهش پیدا می کند.



شکل ۱-۴ آب درون نازل نوع A جریان دارد

هیچ نوع تغییر ویژه دیگر در سایر انواع انرژی صورت نمی پذیرد. در ضمیمه ۴ رابطه بین سرعت پرتاب (V) و فشار اولیه بدین صورت است: $V = 14/14 \sqrt{P}$ و مقدار یت در دقیقه (L/min) که از نازل خارج می شود به صورت $L = 2/3 d^2 \sqrt{P}$ می باشد.

مثال ۶: دبی جریان را در یک نازل ۱۵ میلیمتری نوع A هنگامیکه با فشار ۴ بار کار می کند محاسبه نمایید.

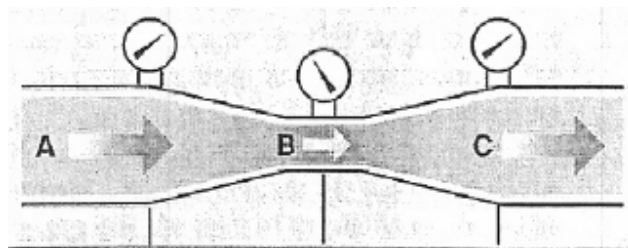
$$L = \frac{2}{3} d^2 \sqrt{P}$$

$$\text{لیتر در دقیقه} = \frac{2}{3} \times 15 \times 15 \times \sqrt{4} = 300$$

توجه کنید که ان فرمول در نازل‌های نوع جت - اسپری و افشانه کاربرد ندارد زیرا آب از یک مقطع دایره ای ساده عبور نمی کند.

۲-۵-۱ جریان در یک گلویی (باریک شدگی ، ونتوری (گلوگاه))

شکل ۲-۵-۱ جریان آب در گلویی را نمایش می دهد یعنی مقطعی از لوله که در آن قطر لوله نسبت به قطر اولیه اش بتدریج کاهش میابد. این میزان به حداقل میزان خود در نقطه گلویی B میرسد و سپس به تدریج افزایش میابد. بدلیل تغییرات تدریجی در قطر، تلاطم کمی در جریان آب ایجاد میشود.



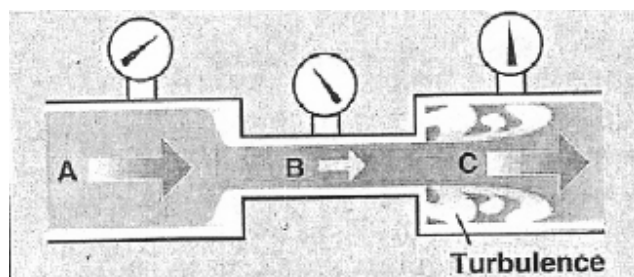
شکل ۲-۵-۱ جریان آب درون یک گلویی (ونتوری)

هنگامیکه آب از نقطه A به B جریان میابد سرعت و در نتیجه انرژی جنبش اش به حداکثر میرسد به سبب اینکه فشار در B به کمترین میزان خود میرسد. در نقطه C انرژی جنبشی به میزان اولیه خود میرسد (در صورتیکه قطر لوله در A و C برابر باشد) و همچنین فشار به وضعیت قبلی خود باز میگردد. اگر فشار در نقطه C بالا نباشد ممکن است فشار در گلویی ونتوری تا زیر فشار اتمسفر افت

کند و در نتیجه آب، هوا و هر مایع خارج از دستگاه از طریق روزنه هایی که ممکن است در گلوگاه وجود داشته باشد به درون جریان راه یابد. این مسئله اساس عملکرد برخی انواع فلومتر (جریان سنج)، اینداکتورکف و پمپ انژکتور که در فصل ۵ توضیح داده شده است میباشد.

۳-۵-۱ جریان در اثر کاهش ناگهانی قطر

شکل ۱-۶ جریان آب از یک کانال که قطرش ناگهانی ای میزان اولیه در نقطه A به میزان کمتر در نقطه B کاهش میابد و سپس مجدداً ناگهان افزایش میابد.

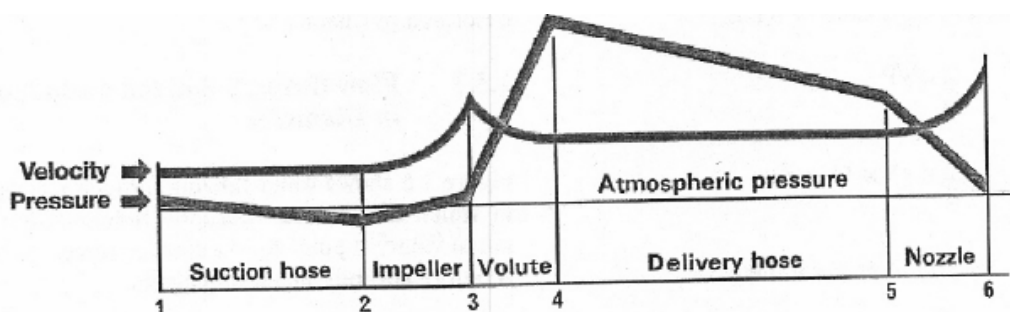


شکل ۱-۶ جریان آب در کانالی که تغییر ناگهانی در قطر دارد

با این وجود اگرچه انرژی جنبشی هنگامیکه جریان آب در نقطه C به قطر اولیه خود برمیگردد به میزان اولیه خود باز میگردد، فشار به میزان اولیه نمی رسد. این امر به خاطر این است که جریان رو به پائین محدوده که در اثر تغییر ناگهانی در قطر لوله است ایجاد تلاطم می کند و مقداری از فشار بدون باز یافت به انرژی گرمایی تبدیل می شود. اتصالات استاندارد که در شلنگها با قطر بالای ۶۴ میلیمتر استفاده می شوند، Kinks مارپیچی در مسیر یک رشته شلنگ و آب سنج های ورودی اصلی با قطر کمتر از لوله ای که بر روی آن نصب شده اند، همگی ایجاد تلاطم و آشفتگی و در نتیجه افت فشار می کنند. هر چه قطر سطح مقطع بیشتر تغییر کند، افت فشار بیشتر خواهد بود.

۴-۵-۱ جریان در یک پمپ تک مرحله ای single stage pump

شکل ۱-۷ تغییرات در فشار و سرعت (و بنابراین انرژی جنبشی) هنگامیکه آب از درون یک پمپ تک مرحله ای از یک منبع باز به یک جت در منطقه حریق پمپاژ می شود را نشان می دهد. با تعقیب خطوط سرعت ۱ تا ۶ مشاهده می شود که سرعت در شلنگ مکش ۱ تا ۲ ثابت و بطور نسبی پائین می باشد زیرا قطر زیاد است ولی افت فشار اندکی که صرف افزایش انرژی پتانسیل می شود هنگام حمل آب رخ می دهد. هنگام رسیدن به ورودی در پروانه سرعت و فشار هر دو افزایش میابند تا اینکه آب از پروانه خارج شود (۳) این نقض ظاهری قانون بقای انرژی بدین سبب رخ می دهد که در این مرحله انرژی از یک منبع بیرونی (موتور) تأمین می گردد. از نقطه ۳ تا ۴ آب از حلزونی یا پخش کن در حال عبور است و بتدریج سرعتش کم می شود تا به نقطه ۴ یعنی خروجی پمپ و ورودی شلنگ برسد. کاهش انرژی جنبشی با افزایش فشار همراه می شود. از نقطه ۴ تا ۵ آب از شلنگ حامل عبور می کند و سرعت، ثابت و افت فشار به دلیل اصطکاک را به همراه خواهد داشت. بین نقطه ۵ یعنی انتهای شلنگ حامل و ورودی انشعاب و نقطه ۶ یعنی خروجی نازل همانطور که قبلاً توضیح داده شد، انرژی جنبشی افزایش میابد تا صرف انرژی فشار گردد. تغییرات انرژی هنگامیکه از یک پمپ دو مرحله ای استفاده می شود شبیه مراحل بالا خواهد بود با این تفاوت که مراحل ۲ تا ۴ تکرار می شود زیرا دو پروانه وجود دارد.



شکل ۱-۷ تغییرات فشار و سرعت هنگامیکه آب از یک منبع به نازل پمپاژ می شود.

۶-۱ توان آب و کارایی

هنگامیکه آب از داخل یک پمپ عبور می کند انرژی کلی اش افزایش میابد زیرا انرژی از یک منبع خارجی یعنی موتور که پمپ را به حرکت در می آورد تأمین می شود. از آنجائیکه انرژی جنبشی آب کم است، (چه در ورود و چه در خروج از پمپ) | انرژی جدید حاصله تقریباً به طور کامل به شکل فشار می باشد. در ضمیمه ۴ نشان داده شده است که توان آب (انرژی که در هر ثانیه به وجود میاید) که توسط پمپ تولید می شود با فرمول زیر بدست میاید:

$$WP = \frac{100 \cdot LP}{60}$$

WP توان آب است و با وات اندازه گیری میشود. L دبی جریان است و یا لیتر در دقیقه اندازه گیری می شود (L/min). P افزایش فشار ورودی و خروجی است که با بار اندازه گیری میشود. مثال ۷: توان آب یک پمپ دستی، با تمام توان، دبی خروجی ۱۶۰۰ L/min وقتی که فشار را ۹ بار افزایش می دهد محاسبه نمایید.

$$WP = \frac{100 \times 1600 \times 9}{60} \text{ watts} = 24000 \text{ watts} \text{ یعنی توان آب } = 24 \text{ Kw}$$

مقداری از انرژی فراهم آمده برای حرکت پمپ بدلیل تلاطم داخلی به گرما تبدیل می شود و بنابراین این میزان همه توانایی صد در صد راندمان برای تبدیل توان محرک، BP، توان مورد نیاز برای حرکت دستگاه آب نیست. کارایی هر دستگاه به صورت زیر تعریف می شود

$$\text{کارمفید خروجی دستگاه} \\ \text{توان محرک} \\ = \text{کارایی}$$

برای یک پمپ داریم:

$$E \text{ کارایی} = \frac{Wp}{Bp}$$

از آنجائیکه کارایی (E) را در معیار درصد بیان کنیم فرمول زیر را بکار می بریم

$$E = \frac{Wp}{Bp} \times 100$$

در استفاده از این فرمول می بایست بدانیم که Wp و Bp باید در یک واحد یکسان محاسبه شوند یعنی هر دو به وات یا کیلو وات.

مثال ۸: مشخصات فنی پمپ دستی در مثال ۷ نشان می دهد که برآورد شده موتور ۳۷kw است،

$$E = \frac{24}{37} \times 100 \Rightarrow \text{کارایی} \approx 65\%$$

مثال ۹: برای حمل ۲۷۰۰ L/min در فشار ۱۰ بار به یک پمپ نیاز داریم، به فرض اینکه کارایی دستگاه ۶۵٪ داشته باشد، توان محرک پمپ را محاسبه کنید.

$$WP = \frac{100}{65} \times 2700 \times 10 = 4118 \text{ Watts یا } 4.1 \text{ KW}$$

اگر در فرمول E را جابجا کنیم برای بدست آوردن BP داریم

$$BP = \frac{WP}{E} \times 100 \Rightarrow \frac{41}{65} \times 100 \approx 63 \text{ KW}$$

این را باید بدانیم کارایی یک پمپ هیچگاه یک مقدار ثابت نیست و تحت شرایط عملکرد تغییر می نماید. برای مثال اگر پمپ در یک خروجی بسته کار کند کارایی صفر است زیرا همه انرژی فراهم آمده به گرما - تبدیل می شود. کارایی همیشه وقتی یک پمپ نزدیک به حد کارایی مشخصات فنی خود عمل در بالاترین سطح است.

۷-۱ عکس العمل جت

هنگامیکه آب از نازل پرتاب می شود یک عکس العمل مساوی و در خلاف نیروی پرتاب جت در نازل بوجود میاید. بنابراین این آتش نشان (ها) هر آنچه رشته شلنگ را حمایت میکند. میبایست آماده

باشند و توانایی کنترل این نیروی عکس العمل را داشته باشند. حداقل یک مورد مرگ و چندین مصدوم در اثر عدم توانایی تحمل در مقابل عکس العمل ناگهانی جت قوی بوجود آمده است. کل عکس العمل زمانی که آب از نازل خارج می شود رخ می دهد و برخورد یا عدم برخورد جت به اشیاء مجاور در عکس العمل تأثیری ندارد، اگرچه خود جسم به همان بزرگی را تحمل می کند.

بنابراین جریان جت که توسط آتش نشانی که بر روی نردبان ایستاده نگهداشته شده، چه به دیوار برخورد کند و چه برخوردی نداشته باشد بر ثباتش بر روی نردبان تأثیری جزئی خواهد داشت که تحت نیروی عکس العمل نازل قرار می گیرد.

در ضمیمه ۴ نشان داده شده که برای نازل نوع A عکس العمل (R) برحسب نیوتن محاسبه می گردد $R = 0.157Pd^2$ که P فشار نازل برحسب بار و d قطر آن به میلیمتر است.

در حالیکه نگهداشتن یک جت کوچک برای آتش نشان کار ساده ای است، چندین آتش نشان برای کنترل جت بزرگ حتی اگر فشار عمل در هر دو یکسان باشد مورد نیاز است زیرا عکس العمل نه تنها به سرعت جت بستگی دارد بلکه به حجم آبی که در هر ثانیه خارجی می شود نیز بستگی دارد. در جت های بزرگ برخی شیوه های پشتیبان مانند نگهدارنده شلنگ مورد نیاز است.

مثال ۱۰: تفاوت میان عکس العمل آبی که از یک نازل ۲۵ میلیمتری خارج می شود با نازل ۱۲/۵ میلیمتری اگر فشار در هر مورد ۷ بار باشد چیست؟

الف $R = 0.157 \times 7 \times 25^2 = 687N$ در نازل ۲۵ میلیمتری

ب $R = 0.157 \times 7 \times 12.5^2 = 172N$ در نازل ۱۲/۵ میلیمتری

تفاوت این دو عکس العمل تقریباً ۵۱۵ نیوتن است.

از این مزیت عکس العمل جت میتوان یک قایق آتش نشانی را تنها با نصب جت ثابت در عقب قایق به جلو راند. آب در پمپهای آتش نشانی از طریق جت ها منشعب شده و عکس العمل آب هنگامیکه از نازل خارج می شود، قایق را در جهت مخالف به جلو میراند. از برخورد جت یا سطح یا قرار دادن آن در زیر آب سرعت قایق افزایش نمی یابد، عکس العملی که نیروی جلو برنده قایق را ایجاد می کند به طور کامل در نازل به وجود میاید. این مسئله را می توان به صورت تقسیم آب از حرکت جلو برنده آب زیرین به سمت سطح هنگامیکه قایق تقریباً با همان سرعت جابجا میشود بیان نمود.

۸-۱ ضربه آب (ضربه قوچ)

پدیده ای است که بیشتر مردم با آن آشنا هستند زیرا در بسیاری از مواقع در خانه رخ می دهد مانند زمانی که جریان آب در لوله فلزی طولانی با بستن سریع شیر آب ناگهان قطع میشود. این امر باعث صدای دنگی فلز شده در نتیجه ضربه آب به وجود میاید. وقتی که یک جسم متحرک خودرو یستون آب دستخوش تغییر در سرعت گردد نیروی F لازم برای افزایش یا کاهش شتاب آن به جرم (m) ، سرعت (V) و زمان (t) آن بستگی دارد تا تغییر سرعت رخ دهد. ضمیمه ۴ نشان میدهد که رابطه بین

$$\text{این مقادیر به صورت روبروست: } F = \frac{mv}{t}$$

که F برحسب نیوتن، m برحسب کیلوگرم، V متر بر ثانیه و t برحسب ثانیه است. حاصل mxv معروف به تکانه جسم متحرک و نیرو (F) برابر با تغییر تکانه حرکت در ثانیه است.

یکی از مهمترین مفاهیم این فرمول اینست که نیروی لازم برای به حال سکون در آوردن جسم با زمان ترمز نسبت عکس دارد (هر چه زمان کوتاهتر باشد نیروی بیشتری میبایست اعمال گردد).

بنابراین اگر وسیله نقلیه ی ظرف مدت ۰/۱ ثانیه تصادف به حال سکون در آید نیروی ۱۰۰ برابر بیشتر از زمانی خواهد بود که برای مثال ظرف مدت ۱۰ ثانیه در اثر ترمز طبیعی متوقف شود و تأثیر این

نیروی بزرگ بر وسیله نقلیه (و جسمی که با آن برخورد می کند) مسلماً آشکار خواهد بود. در تعدادی از مواقع در اطفاء حریق، زمان برای قطع جریان آب که با سرعت قابل ملاحظه ای در حرکت است می تواند خیلی کوتاه باشد که در نتیجه از این نیروی زیاد به دستگاه خسارت وارد میشود. چنین وضعیتهایی شامل

۱- قطع سریع جریان در شلنگ

اگرچه شلنگهای آتش نشانی قابل انعطاف هستند و قابلیت جذب بیشتر انرژی جنبشی آب را دارند با اینحال احتمال خسارت به اتصالات به دلیل قطع سریع جریان در شلنگها وجود دارد. مدارکی وجود دارد که نشان می دهد خسارت می تواند در پمپها و Collecting heads نیز رخ بدهد.

فعالیت ویژه ای که ممکن است ممکن است موجب خسارت شود، عمل خاموش / روشن کردن ناگهانی، کنترل پخشگی رشته شلنگهای متوالی در شلنگ هوزریل فشار قوی است به عنوان مثال انحاز تکنیک pulsing بعنوان تاکتیک آتش نشانی. این تکنیک به منظور توزیع مقدار آب کنترل به صورت افشان برای خنک کردن گازهای داغ طراحی گردیده است. مطلوبست برای ایجاد تأثیر بهتر از کنترل خاموش / روشن کردن با سرعت پائینتر و محاسبه شده استفاده شود، در نتیجه خسارت غیر ضروری در اتصالات و سایر وسایل از طریق ضربه آب کاهش میابد. اطلاعات بیشتر در زمینه pulsing به عنوان یک تاکتیک آتش نشانی را می توانید در صفحه ۱۴ کتاب خدمات آتش نشانی جلد دوم «آتش سوزیهای منازل و تاکتیک تهویه» بیابید. برخی پمپها یک کانال تخلیه فشار کوچک در سوپاپ یکطرفه در قسمت مکش خوددارند که برای محافظت از collecting head در برابر ضربه آب طراحی شده است.

۲- اتصال سریع شیر آتش نشانی به سوپاپ مخزن و یا به اتصالات اصلی شیر سوپاپ این امر باعث میشود که ورودی اصلی که شیر آتش نشانی به آن متصل است ترک بردارد. خسارت زمانی رخ میدهد که ورودی اصلی قطر کمی داشته باشد و در نتیجه سرعت پرتاب بالایی دارد.

این مثالها لزوم، آرام بستن شیرهای آتش نشانی نوع باز و بسته کردن انشعابات مسدود و سایر سوپاپها برای جلوگیری از پدیده ضربه آب که ممکن است باعث پارگی شلنگ و خسارت به اتصالات، پمپها، اتصالات اصلی، مخازن و ورودی اصلی آب گردد را به ما نشان می دهد.

Reza.Hami@yahoo.com