هیدرولیک در آتش نشانی

گردآوردنده :

امیر محمدیها

واحد آموزش سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهرداری قزوین – بهار ۱۴۰۵

اهمیت آب در آتش‌نشانی

آب همواره موثرترین و اقتصادی‌ترین ماده اطفایی بوده است. علیرغم ابداع انواع و اقسام موراد اطفایی مانند پودرها، co2، آب به عنوان موثرترین و پرکاربردترین ماده اطفایی به شمار می‌رود و دارای مزایایی زیر می باشد:

- ارزان بودن
- فراون بودن
- قابلیت انتقال
- قابلیت ذخیره سازی
- نسبتاً خنثی بودن

با توجه به مثلث آتش و در راستای حذف کردن ضلع حرارت مثلث آتش، می‌توان از آب جهت سرد کردن استفاده کرد.



سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی
شهرداری قزوین

ویژگی‌های آب

ویژگی هایی از آب که باعث می‌شوند آب به عنوان موثرترین ماده در اطفاء حریق شناخته شود، عبارتند از:

ظرفیت گرمایی ویژه، بسیار بیشتر از دیگر مواد است. به عبارت دیگرآب به گرمای بسیار زیادی نیاز دارد تا دمای آن بالا رود و گرمای نهان تبخیر، مقدار گرمای لازمی که مایعات را از حالت جوش به حالت بخار تغییر می‌دهد.



100-21=79

ظرفیت گرمای ویژه 79×4.186=330.69KJ

گرمای نهان تبخیر 330.69+2260=2590.7KJ

انبساط حجمی، تغییر حجم قابل توجه ماده در اثر دادن گرما به آن است. وقتی به یک ماده گرما می دهیم حجم آن تغییر می کند. این پدیده انبساط حجمی نام دارد. در بخار آب این انبساط بسیار قابل توجه است. در دمای ۵۰۰ درجه، ۱۷۰۰ برابر می‌شود و در دماهای بالای ۵۰۰ درجه، ۳۴۰۰ برابر حجم می‌گیرد.

سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی

اهمیت هیدرولیک

شهرداری قزوین

آب در اطفاء اکثر حریق‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اینکه چه مقدار آب و با چه فشار و سرعتی به شکل (اسپری، جت) و با چه وسیله‌ایی از محل ذخیره شده تا به نازل درحریق برسانیم به معنی اینکه چگونه آب را به حرکت درآوریم.

هیدورلیک در آتش‌نشانی یعنی تکنیک به حرکت درآوردن آب از محل آبگیری تا محل حریق؛ که به دو مبحث هیدرواستاتیک (در خصوص مایعات در حال سکون) و هیدرودینامیک (در خصوص مایعات در حال حرکت) تقسیم می‌شود. مولفه‌های موثر در هیدرولیک عبارتند از فشار، نیرو و سطح مقطع.

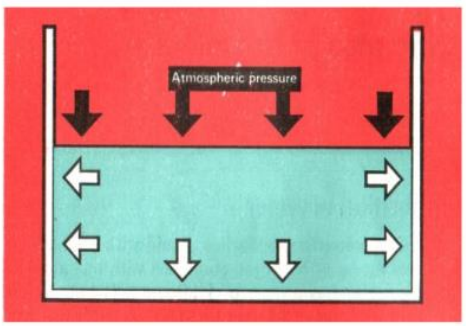
قانون پاسگال

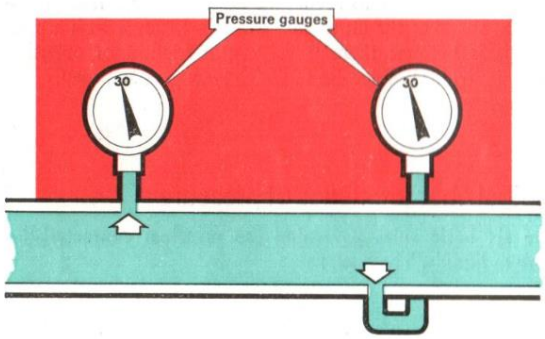
قانون پاسکال بیان می‌کند که هرگاه به یک سیال محبوس و غیرقابل فشرده شدن (مانند مایعات) فشاری وارد شود، این فشار بدون هیچ تغییری، به تمامی نقاط سیال و دیواره‌های ظرف منتقل خواهد شد. به زبان ساده، فشار در یک سیستم هیدرولیک در همه جا یکسان است.

$$P=\frac{F}{A}\longrightarrow F=P\times A$$

$$F_{هوا}=P_{هوا}\times A_{هوا} \qquad F_{آب}=P_{آب}\times A_{آب}$$

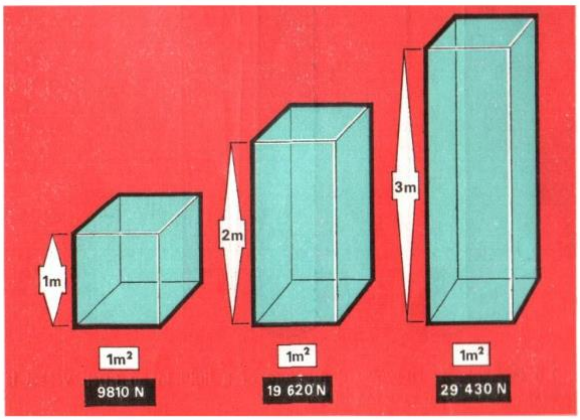
$$F_{هوا}=F_{آب} \qquad \frac{p_{هوا}}{p_{آب}}=\frac{A_{آب}}{A_{هوا}}$$



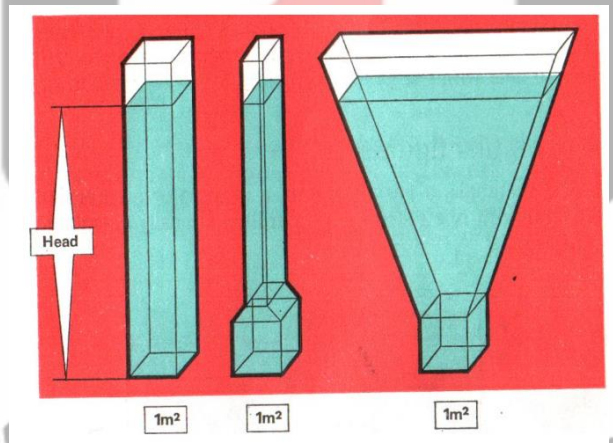


شهرداری قزوین

فشار در سیالات با چگالی و عمق سیال رابطه مستقیم دارد.



فشار در سیالات با ارتفاع رابطه مستقیم دارد.



سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی
شهرداری قزوین

واحدهای فشار

پاسگال: واحد SI برای فشار، پاسکال (Pa)است که به صورت نیوتون بر متر مربع $N = m^2$ تعریف می‌شود. نیوتون نیز به صورت کیلوگرم‌متر بر مجذورثانیه $\mathrm{k}gm/s^2$ قابل تعریف است.

بار: واحد بار (bar) نیز از جمله واحدهایی است که در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر پایه سیستم متریک بنا شده است اما بخشی از واحد SI به شمار نمی‌آید. از واحد بار استفاده کمتری می‌شود اما با توجه به کوچک بودن واحد پاسکال، کاربردهایی در خصوص فشارهای بالاتر دارد. تبدیل واحد بار به پاسکال به صورت زیر است:

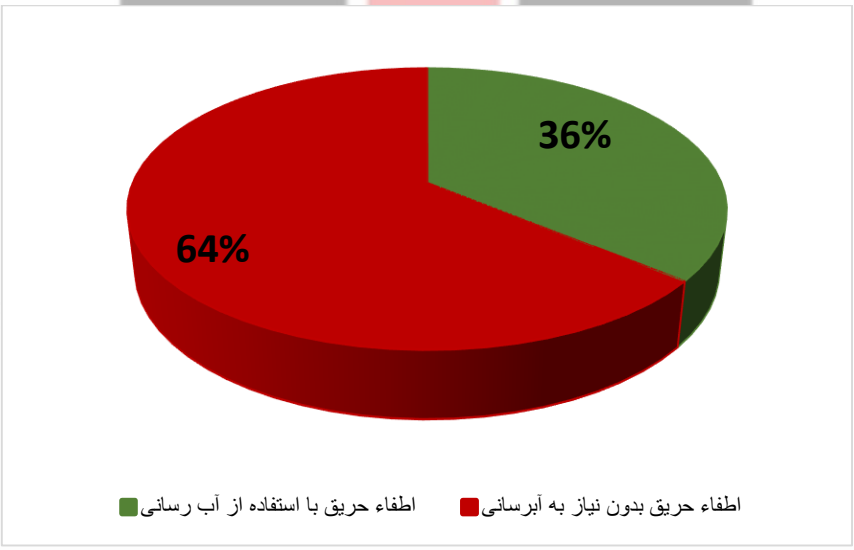
$$1bar = 100000Pascal = 100kPa$$

محاسبه حجم

پایه و اساس علم هیدرولیک برمبنای ریاضیات و فرمول‌های مربوطه استوار گردیده است.

مکعب مربع	طول × عرض × ارتفاع = حجم
مکعب مستطیل	طول × عرض × ارتفاع = حجم
استوانه(سطح مقطع دایره)	مساحت دایره × ارتفاع = حجم
استوانه (سطح مقطع بیضی)	مساحت بیضی × ارتفاع = حجم
کره	$V = \frac{4}{3\pi r^3}$

فکر می‌کنید چند درصد از عملیات‌های شما نیاز به آبرسانی دارد؟



در آب رسانی به چه عواملی باید توجه داشت

- نوع، قدرت و هد پمپ
- تعداد لوله‌ها
- مسافت لوله
- قطر لوله
- ارتفاع عمودی از سطح
- محدودیت منابع

انواع پمپ‌ها

وسیله‌ای است که به روش مکانیکی، سیالات تراکم ناپذیر (مایعات) را جابجا می‌کند.



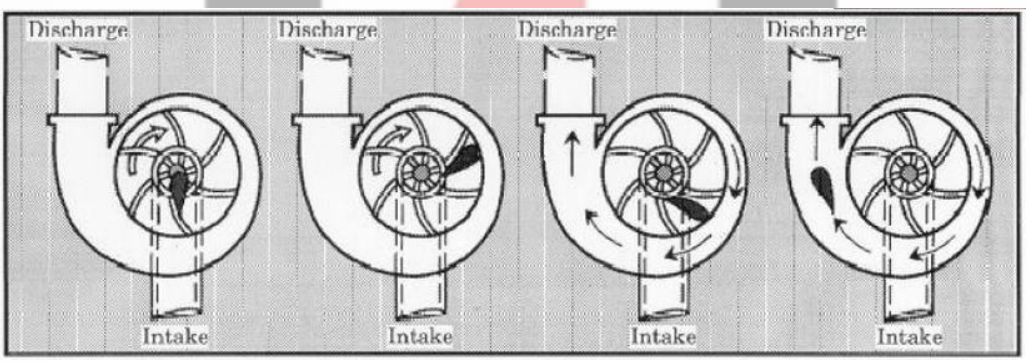
انواع پمپ‌های مورد استفاده در آتش‌نشانی

پمپ سانتریفیوژی

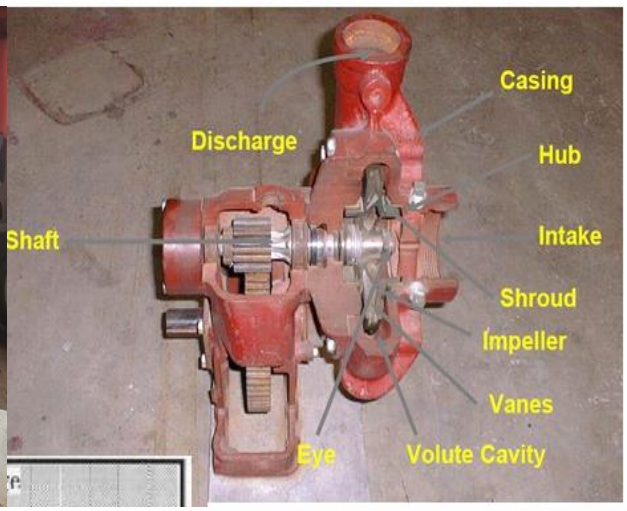
پمپ سانتریفیوژی نوعی پمپ دورانی است که با استفاده از نیروی گریز از مرکز، انرژی مکانیکی موتور را به فشار و سرعت درآب تبدیل می‌کند. این پمپ رایج‌ترین پمپ در خودروهای آتش نشانی است. پمپ های سانتریفیوژی از نظر ساختار در آتش‌نشانی به انواع تک مرحله ایی و دو مرحله ایی تقسیم می‌شوند.

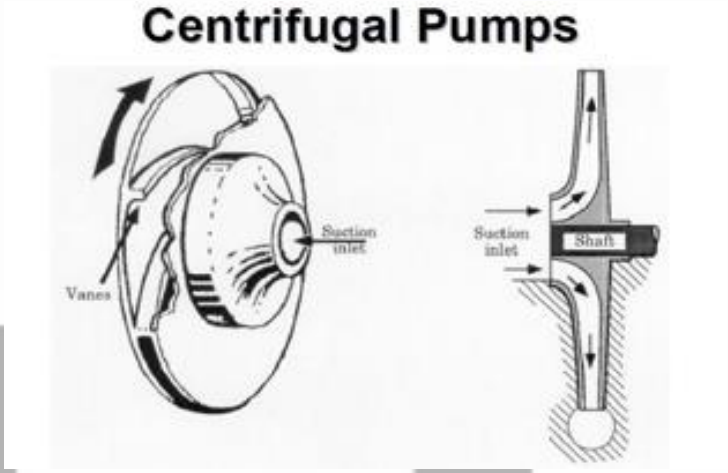
پمپ سانتریفیوژی تک مرحله‌ایی

پمپ تک مرحله ایی فقط یک پروانه دارد و انرژی سیال فقط در یک مرحله افزایش پیدا می کند. این نوع پمپ ها مناسب برای خودروهای سبک آتش نشانی هستند.



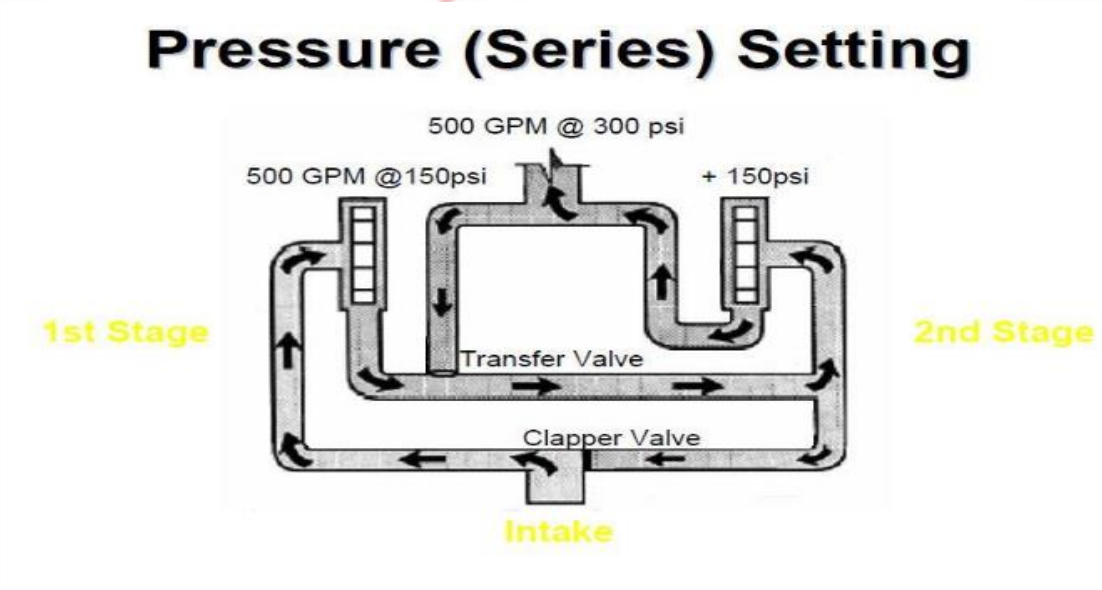






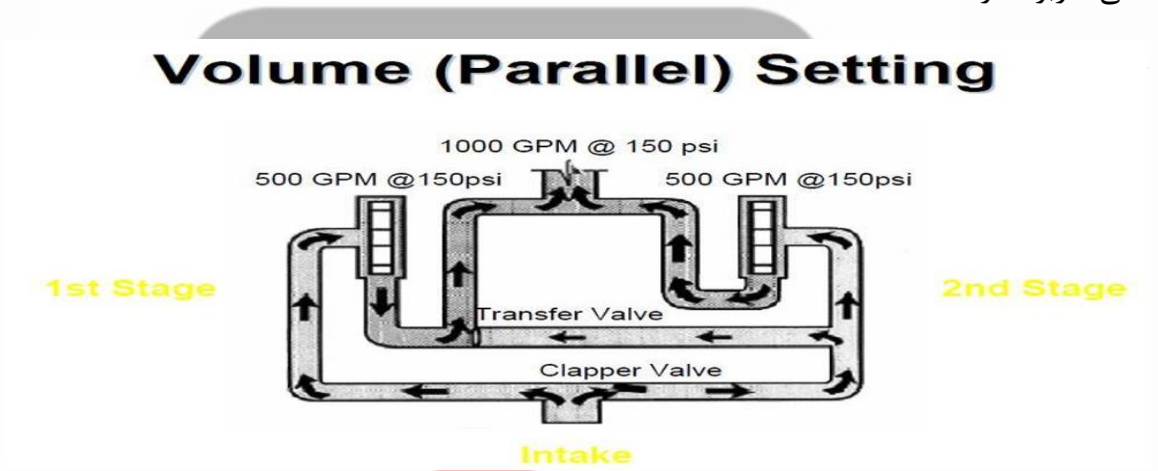
پمپ سانتریفیوژی دو مرحله‌ای سری

این نوع پمپ‌های دو مرحله ای که معمولا دارای دو پروانه مجزا روی یک محور تعبیه شده اند و مدار داخلی آن به صورت سری می‌باشد؛ برای افزایش هد پمپ بدون افزایش سرعت دوران و افزایش حجم پمپ ، استفاده می‌شوند. این نوع پمپ‌ها در عملیات سنگین آتش‌نشانی به جهت تامین فشار لازم به خصوص در بلند مرتبه‌ها کاربرد دارند.



پمپ سانتریفیوژی دو مرحله‌ای موازی (پارالل)

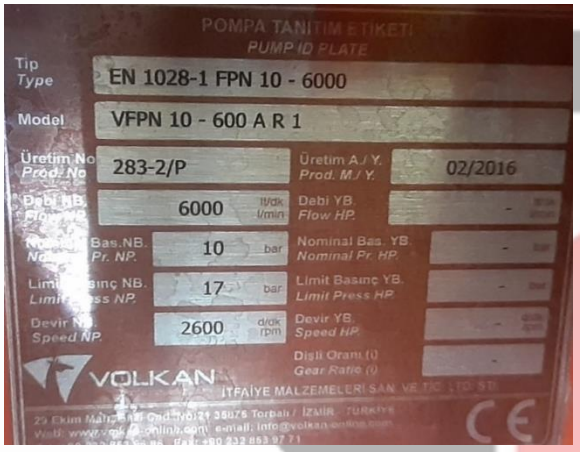
این نوع پمپ‌های دو مرحله ای که معمولا دارای دو پروانه مجزا روی یک محور تعبیه شده اند و مدار داخلی آن به صورت موازی می‌باشد که به جهت افزایش دبی خروجی با فشار و دور ثابت مناسب برای عملیات‌هایی که نیاز به دبی مصرفی بالا و حریق‌هایی با وسعت و یا گستردگی بالا مانند حریق های صنعتی کاربرد دارند.

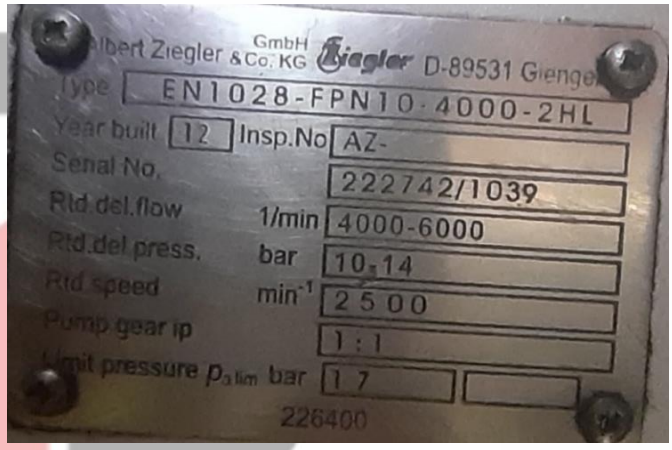




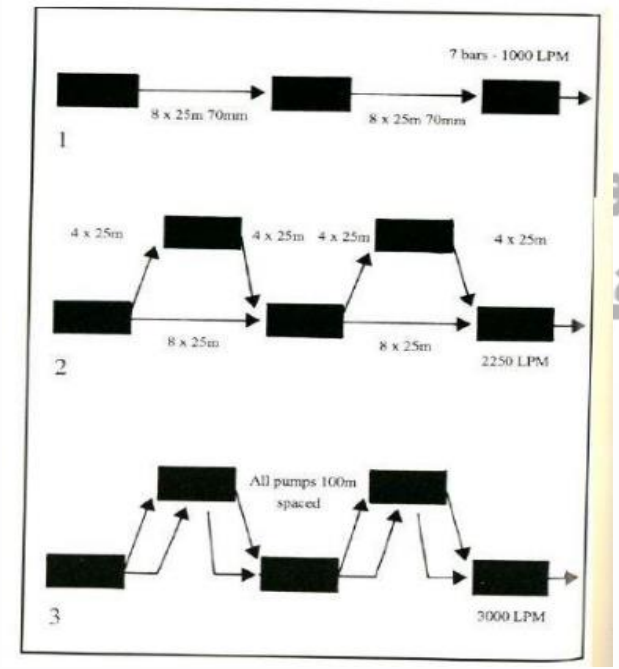
مشخصات انواع پمپ‌ها بسته به نوع قدرت و مقدار دور در آتش نشانی

مشخصه پمپ‌ها در آتش‌نشانی با توجه به نوع نیروی محرکه و روش انتقال نیرو (که معمولا یا به وسیله گیربکسی و یا به وسیله موتور هیدرولیکی) و حداکثر تعداد دور و همچنین ماکزیموم فشار و حداکثر دبی قابل تامین جهت مصرف تعبیه می‌شوند.





سری کردن پمپ های آتش نشانی

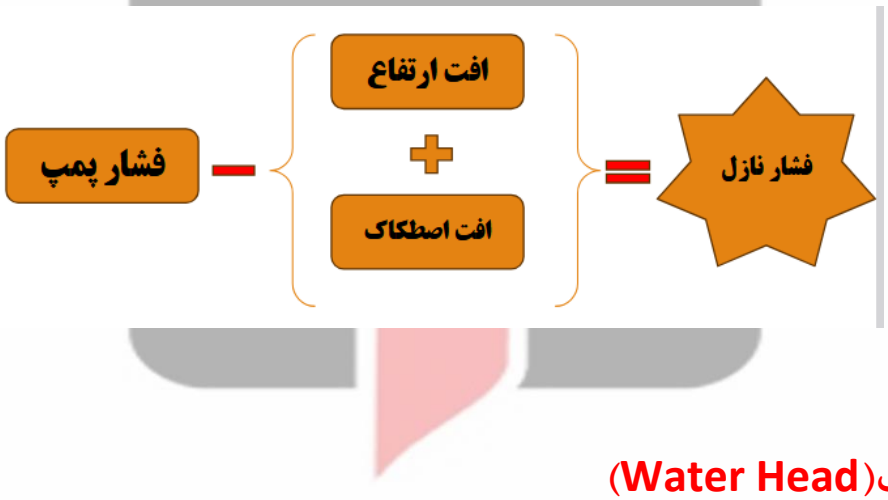


با توجه به چالش های پیش رو در ساختمان های بلندمرتبه و تامین فشار همچنین نیازمبرم به تولید فشار مطلوب جهت رساندن آب در طبقات بالایی و نیاز به داشتن پمپ هایی با فشار بالا و کارکرد در ساعات متوالی با توان نامی احتمال خرابی و اصطحلاک بالا می توان از روش های جایگزین مانند سری کردن دو یا چند پمپ استفاده نمود. البته باید به این نکته توجه نمود توان و هد و دبی تمامی پمپ ها در محدوده هم باشد. پمپ های اولیه مقدار دبی و فشار بیشتری را داشته باشند که دچار کاویتیشن نشوند.

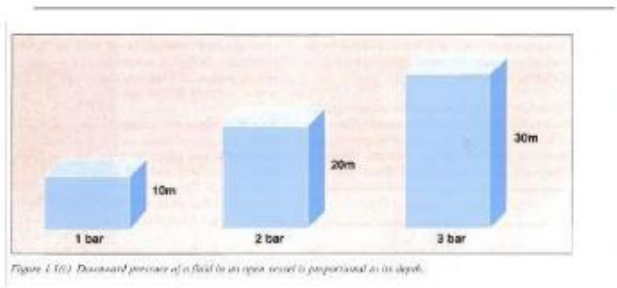
موازی کردن پمپ های آتش نشانی

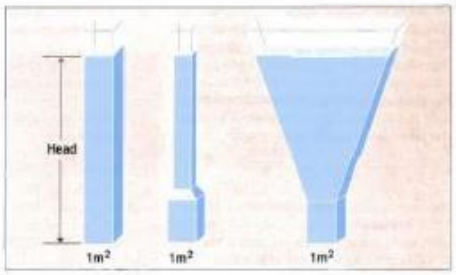
به جهت اطفاء حریق در وسعت بالا مانند حریق های صنعتی نیاز به تامین دبی آب بالا خواهیم بود که برای رفع این معضل می توان از روش موازی کردن پمپ ها استفاده نمود.

هیدرولیک



فشار سربار آب(Water Head)





فشار هد آب در هر لوله یا لوله با هر قطری در ازای هر ۱۰ متر ارتفاع ۱بار می‌باشد.

$$P=\frac{H}{10} \qquad P=\frac{45}{10}=4.5 \text{ bar}$$

مثال: در یک ساختمان با ۴۵ متر ارتفاع چه مقدار افت فشار ارتفاع داریم؟

افت فشار اصطکاک(Friction Loss)

عوامل موثر در افت فشار اصطکاک لوله یا لوله:

- دبی آب خروجی نازل
- قطر لوله یا لوله
- طول لوله یا لوله

Table 1.1 Friction factors for hose

Diameter of hose	Friction factor
38mm, 45mm, 64mm and 70mm	0.005
90mm with standard instantaneous couplings	0.007
90mm with full flow couplings	0.005
100mm and 125mm	0.004
150mm	0.003

از لوله ۱.۵ تا ۲.۷۵ ضریب اصطکاک ۰.۰۰۵ می باشد

لوله ۱.۵ اینچ ۳۸ میلیمتر
لوله ۲ اینچ ۵۱ میلیمتر
لوله ۲.۵ اینچ ۶۴ میلیمتر

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

Pf : افت فشار اصطکاک D: قطر شلنگ

L : دبی

l : طول شلنگ

f : ضریب اصطکاک مطابق جدول

حال بیایید افت فشار اصطکاک لوله ۱,۵ و لوله ۲,۵ را در طول ۱۰۰ متر و با دبی ۲۵۰ لیتر بر دقیقه مقایسه کنیم!

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

برای لوله ۲.۵ اینچ با دبی ۲۵۰ لیتر بر دقیقه :

$$pf = \frac{9000 \times (0.005) \times (100) \times (300^2)}{64^5} = 0.26 \text{ bar}$$

برای لوله ۱.۵ اینچ با دبی ۲۵۰ لیتر بر دقیقه :

$$pf = \frac{9000 \times (0.005) \times (100) \times (300^2)}{38^5} = 3.55 \text{ bar}$$

افت اصطکاک در لوله های مختلف

قطر لوله	۱,۵	۲	۲,۵
دبی LPM۱۰۰	۰,۵	۰,۱۳	۰,۰۵
دبی LPM۲۰۰	۲,۲۷	۰,۵	۰,۱۸
دبی LPM۳۰۰	۵,۱۳	۱,۱۷	۰,۴
دبی LPM۴۰۰	۹,۸۸	۲	۰,۷
دبی LPM۵۰۰	۱۴,۲	۳,۲	۱,۱۳
دبی LPM۷۰۰	---	۶,۵	۲,۲۲
دبی LPM۱۰۰۰	---	---	۴,۵
دبی LPM۱۵۰۰	---	---	۱۰

با این نتایج در آبرسانی مسیرهای طولانی از چه قطر لوله ای استفاده می نمایید؟

جابجایی لوله های ۲,۵ اینچ سخت تر هست ولی به نظرشما پمپ شما توان ایجاد فشار دوبرابر را دارد وآیا اتصالات شما تحمل آن فشار را دارند؟



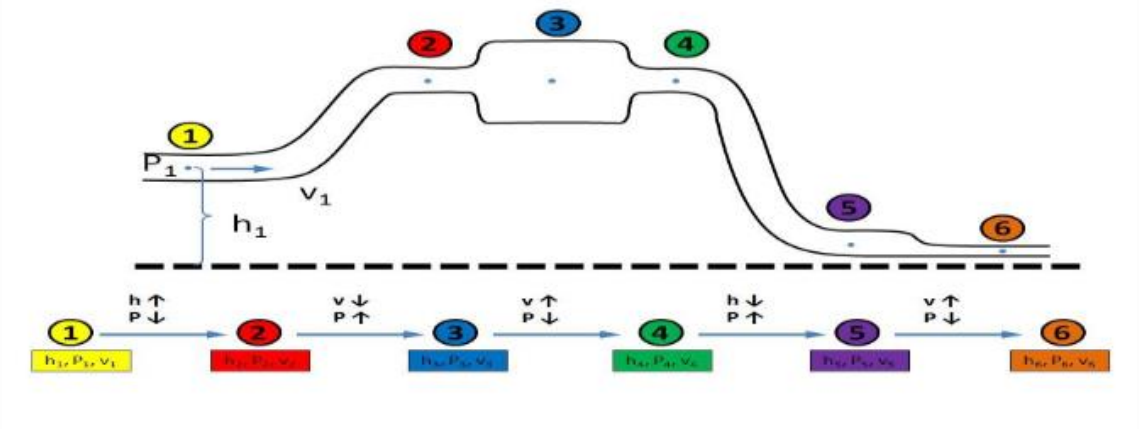


انواع نازل

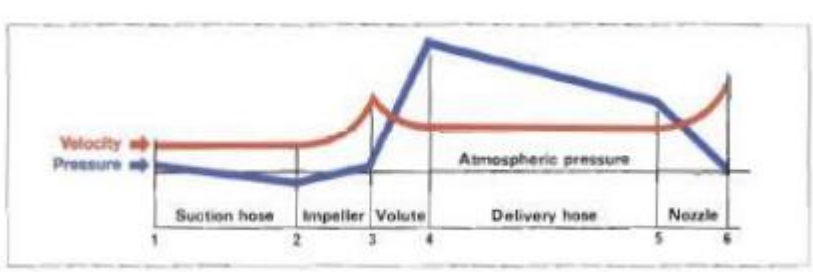


قانون برنولی

قانون برنولی توضیح می‌دهد که چرا در اثر کاهش مساحت خروجی سرلوله(نازل)، سرعا آب افزایش و فشار استاتیک آن کاهش می‌یابد. این افزایش سرعت، همان چیزی است که باعث پرتاب قوی و دوربرد آب توسط لوله آتش‌نشانی می شود و مستقیما به کارایی عملیات اطفاء حریق کمک می کند. ولی هر عملی عکس العملی به دنبال دارد. اعمال فشار بر روی فرد نازلمن از معضلات این امر می باشد.



عکس العمل نازل



$R = 0.157.P.d^2$

R: عکس العمل نازل

P: فشار

d: قطر خروجی نازل

عکس العمل دو نازل با خروجی ۱۱ میلیمتر و ۲۵ میلیمتر را در فشار ۶ بار مقایسه می کنیم:

$$R11 = 0.157 \times 6 \times (11^2) = 117\ N = 11.9\ Kg$$

$$R25 = 0.157 \times 6 \times (25^2) = 588\ N = 60\ Kg$$

دبی نازل‌های جت



آتش نشانی و خدمات ایمنی
شهرداری قزوین

$Q = \frac{2}{3} D^2 . \sqrt{P}$

Q= دبی

D= قطر خروجی

P= فشار

دبی نازل جت ۱۱ میلیمتر با فشار ۶ بار چقدر است ؟

$$Q = \frac{2}{3} (11^2) \sqrt{6} = 197\ lpm$$

فشار مناسب آب پشت نازل در اکثر نازل‌ها ۷ بار است!

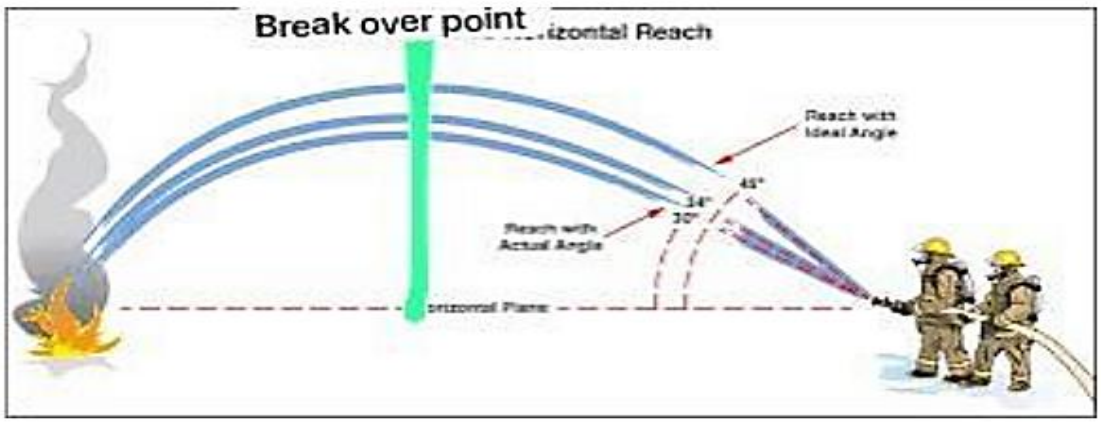
فشار بیشتر در نازل های مه پاش یا جت هیچ تاثیری در پرتاب بیشتر ندارد و فقط کنترل نازل را سخت‌تر کرده و احتمال ترکیدگی لوله یا اتصالات را زیادتر می‌کند.



نقطه شکست پرتاب و برد مفید نازل

هر سر لوله بسته به نوع طراحی و استفاده دارای دو نقطه شکست BREAK POINT که به معنی پایان محدوده پرتاب موثر یا مطلوب اشاره دارد. پرتاب مفید EFFECTIVE STREAM به حداکثر فاصله ای اشاره دارد که سر لوله می تواند جریانی از آب را به صورت متمرکز، منسجم و با انرژی کافی برای اهداف اطفاء حریق پرتاب کند. این فاصله، معیاری برای ارزیابی کارایی یک سر لوله است.

سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی



روش‌های اطفاء حریق

- حمله مستقیم Direct Attack
- حمله سه بعدی 3D Firefighting
- حمله انتقالیTransitional Attack

حمله انتقالی: با نازل‌های جت و مه‌پاش می‌توان تا قبل از رسیدن آب از طریق حمله داخلی نسبت به اطفاء حریق بالکن یا داخل اتاق دچار حریق در اطراف پنجره اقدام نمود.

برای این کار باید برد موثر نازل خود را بدانیم و آب را با جریان مستقیم با فشار و زاویه مناسب آب را به سقف آن طبقه بزنیم. هرچه زوایه بیشتر باشد محدوده بیشتری را اطفاء خواهد کرد.



شهرداری قزوین

هوز هندلینگ

عملیات مربوط به مدیریت حمل و استفاده از لوله های آتش‌نشانی را هوز هندلینگ گویند که از مهارت های اساسی برای هر آتش‌نشان است و از رسیدن تا پایان عملیات ادامه دارد. یک هوز هندلینگ صحیح و کارآمد می‌تواند سرعت، ایمنی را افزایش و از هدر رفتن آب جلوگیری نماید. همچنین ماندگاری و افزایش عمر تجهیزات را افزایش و به اطفاء حریق موثرتر کمک می کند.

رساندن لوله کافی به نازلمن

با هربار تغییر در تاکتیک عملیات و نیاز به تهاجم، مامور خط لوله باید ۸ الی ۱۲ متر لوله پشت سرنازلمن آماده کند.

حمایت ساپورتمن خط از نازلمن

با توجه به آنچه گفته شد، ساپورتمن نقش اساسی در هرچه صحیح تر رساندن لوله به نازلمن و همچنین کامل تر کردن دید نازلمن را دارد.





ساختمان‌های بلند و چالش‌های آب‌رسانی

- فشار آب پمپ تا نازل
- لوله‌ریزی و هوزهندلینگ
- تامین آب

تست لوله ها و اتصالات در فشار بالا

لوله ها و اتصالات آتش نشانی از قبل طبق برنامه مدون باید در فشار بالا مورد تست قرار گیرند تا از عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل شود.

محاسبه و تست فشار عملیاتی پمپ و نازل

باتوجه به آنچه در بحث پمپ ها اشاره شد، به طور متوسط به ازاء هر ۱۰۰ متر لوله در راستای افق، افت فشار ۱ بار و به ازاء هر ۱۰ متر ارتفاع، افت فشار ۱ بار بدون در نظر گرفتن خم های لوله؛ اتفاق می افتد. با توجه به این امر و نیاز به تامین فشار ۷ بار جهت عملیات اطفاء حریق، باید به صورت تقریبی فشار پمپ محاسبه شود.

مقدار حجم آب پنهان در لوله ها

حجم استوانه

۲۵’ = ۶۴mm شعاع $= \frac{63.5}{2} \cong 0.032mm \longrightarrow$ 32mm

$$v = \pi r^2 h$$

هر متر $3.14 \times (0.032)^2 \times 1 = 3.2$ لیتر

20×3.2متر 64 =لیتر

1.5’= 38mm **شعاع** $= \frac{38}{2} \cong 0.019mm$

$$v = 3.14 * (0.019)^2 \times 1$$

$v = 1.13$ 1.13لیتر

قبل از شروع آبرسانی باید محاسبه لوله انجام شود

به طور ویژه در حریق ساختمان‌های بلند باید در رابطه با تامین لوله مورد نیاز و محاسبه رشته‌ای لوله مورد نیاز دقت نمود.

لوله‌ریزی و هوز هندلینگ

با توجه به چالش های پیش رو در ساختمان های بلند و بی اعتمادی به سیستم رایزرهای بلندمرتبه ها، نیازمند روش های خاصی در لوله‌ریزی و هوزهندلینگ هستیم که این روش ها عبارتند از:

- روش زیگزاگ
- روش O شکل
- روش دنور

روش زیگزاگ : جهت تسهیل لوله ریزی در راه پله ها، لوله ها به صورت اکاردئونی جمع آوری و برروی دوش افراد روی راه پله باز می‌شود.

روش O شکل و دنور: جهت ورود به محل حریق و کافی بودن لوله جهت خط حمله و نازلمن از روش O شکل یا دنور می توان استفاده نمود.

به چه طریقی لوله‌ها را جمع می‌کنید؟

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی
شهرداری قزوین

- شکل برای پشت درب
- آکاردوئی برای راه‌پله‌ها و ساختمان‌های بلند
- روش دنور برای ساختمان‌های بلند
- دولایه برای مسافت‌های متوسط و جایی که امکان رفت و برگشت زیاد وجود ندارد
- یک لایه برای حالت‌هایی که پرتاب لوله امکان‌پذیر است

سه رکن اساسی آب‌رسانی موفق



آبرسانی و ارتباطات

تنظیم و قرارداد سازمانی ارتباطات و اشاره بین مامورین و راننده(اپراتور پمپ) بسیار ضروری است.

نقض در ارتباطات موجب شکست عملیات خواهد شد.

مامور خط لوله وظیفه برقراری ارتباط بین نازلمن و راننده را دارد، این مامور وظیفه رفت و آمد مداوم بین خط نخست عملیات و خودرو را دارد.

آیا آمادگی نقص در تجهیزات آبرسانی را دارید؟

در عملیات آبرسانی باید هر لحظه انتظار نقض در تجهیزات را داشت و برای آن برنامه‌ریزی کرد و در هنگام نقص تجهیزات باید بدون هیاهو و تشنج در عملیات نسبت به رفع نقص اقدام نمود.

سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی
شهرداری قزوین

پشتیبانی آب رکن اساسی عملیات

برای یک عملیات با ۲۰۰ لیتر بر دقیقه مصرف آب، شما چند دقیقه آب در ایستگاه یا سازمان خود دارید؟

- منابع آب طبیعی
- چاه‌های آب با پمپ
- منابع آب روباز سازمانی(استخر)
- شیرهای هایدرانت
- تانکرهای آب

آبگیری از هایدرانت به چند عامل بستگی دارد؟

- قطرلوله آبگیری
- فشار آب هایدرانت
- فاصله تا هایدرانت‌ها
- تکنیک‌های آبگیری و آب‌رسانی

آیا تا به حال از خود پرسیده‌اید حداکثر دبی شیرهای هایدرانت منطقه یا شهر شما چندلیتر بر دقیقه است؟

تفاوت دبی خروجی ۲,۵ اینچ و ۴ اینچ در ۳ بار فشار یک شیر هایدرانت چقدر است؟

inches:۲۱۷۲ lpm ۲/۵

۴inches:۶۷۳۸lpm

یک تانکر ۱۲۰۰۰ لیتری با آبگیری ۲,۵ اینچ در ۶ دقیقه و با آبگیری ۴ اینچ در ۱ دقیقه و ۴۷ ثانیه آبگیری می‌شود.

حال باید پاسخ داد چرا لوله آبگیری اکثر خودروها و تانکرها ۲,۵ اینچ است.

ارزش منابع آب روباز

- آبگیری با پمپ آب پرتابل
- آبگیری با پمپ پرایمر

سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی

یک استخر آب ۱۰۰ متر مربع به عمق ۳ متر، ۳۰۰۰۰۰ لیتر آب در اختیارما قرار می دهد که برابر ۱۵ تانکر ۲۰۰۰۰ لیتری است.

شهرداری قزوین

منابع:

۱.کتاب آموزش هیدرولیک، پمپ و آب‌رسانی آتش‌نشانی بریتانیا

۲. غفوری، ناصر، آبرسانی در عملیات اطفاء حریق، تهران، سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، ۱۳۹۱

۳. طاهری اصل، خداوردی، کتاب هیدرولیک آتش‌نشانی، سازمان آتش نشانی تهران، ۱۳۸۵