بسم الله الرحمن الرحیم

هیدرولیک آتش‌نشانی

مؤلف:
خداوردی طاهری اصل

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
فصل اول: اهمیت خواص و کاربرد آن در هیدرولیک..... ۱
اهداف ۲
۱-۱. اهمیت آب در آتش‌نشانی ۳
۱-۲. کارایی آب ۳
۱-۲-۱. اثر سردکنندگی ۴
۱-۲-۲. اثر خفه‌کنندگی..... ۶
۱-۳. اهمیت هیدرولیک ۷
۱-۴. مکانیک کاربردی سیالات ۸
۱-۴-۱. هیدرولیک ۸
۱-۴-۲. پنوماتیک ۸
خلاصه ۱۰
آزمون ۱۱
فصل دوم: محاسبات مساحت و حجم ۱۵
اهداف ۱۶
۲-۱. برخی از فرمول‌های مورد نیاز، مشخصات و خواص آب..... ۱۷
۲-۲. تبدیل واحدها..... ۱۷
۲-۳. آب ۲۰
۲-۳-۱. مشخصات ۲۰
۲-۳-۲. خواص فیزیکی آب ۲۰
خلاصه ۲۴
آزمون ۲۶
فصل سوم: فشار در مایعات (آب)..... ۲۹
اهداف ۳۰
۳-۱. نیرو ۳۱
۳-۱-۱. اعمال نیرو برآب ۳۱
۳-۲. فشار:P ۳۱
۳-۲-۱. محاسبه فشار با نصب منبع در ارتفاع (جاذبه‌ای) ۳۲
۳-۳. ارتباط بین فشار و نیرو ۳۳
۳-۴. قوانین فشار در مایعات (آب) ۳۳

۳-۴-۱. فشار اعمال شده مایع (آب) به صورت عمود بر سطح(سطحی که به آن عمل می‌کند وارد می‌شود) ۳۴
۳-۴-۲. فشار اعمال شده مایع (آب) به سطوح مختلف(به‌طور مساوی به تمامی جهات وارد می‌شود) ۳۴
۳-۴-۳. رابطه فشار در سیالات (آب) با چگالی (رابطه مستقیم با چگالی آن دارد) ۳۵
۳-۴-۴. رابطه فشار در مایعات (آب) با ارتفاع (رابطه مستقیم با (ارتفاع) آن دارد) ۳۵
۳-۴-۵. استقلال فشار در سطح زیرین ظرف از شکل آن ۳۶
۳-۴-۶. قانون پاسکال (فشار اعمال شده به آب (مایع) محدود در یک ظرف عیناً بی‌کم و کاست به تمام نقاط مایع منتقل می‌شود) ۳۶
۳-۵. انواع فشار ۳۶
۳-۵-۱. از نظر اندازه ۳۶
۳-۵-۲. در مقایسه با فشار هوا ۳۷
۳-۵-۳. از نظر کاربرد (اصطلاح) ۳۸
۳-۶. عمق مکش ۴۲
۳-۷. فشارسنج‌ها ۴۳
۳-۷-۱. انواع فشارسنج‌ها ۴۴
خلاصه ۴۶
آزمون ۴۸
فصل چهارم: سرعت در مایعات ۵۱
اهداف ۵۲
۴-۱. سرعت ۵۳
خلاصه ۵۷
آزمون ۵۸
فصل پنجم: عوامل مؤثر در جریان آبدهی ۶۱
اهداف ۶۲
۵-۱. بازدهی ۶۳
۵-۲. انرژی‌های موجود در آب در حال جریان ۶۵
۵-۲-۱. انرژی پتانسیل ۶۵
۵-۲-۲. انرژی فشاری ۶۶
۵-۲-۳. انرژی سرعتی ۶۶
۵-۳. اصل بقاء انرژی ۶۷

نتیجه ۶۸
۵-۴. جریان آب در نازل‌ها (نازل سرلوله‌ها) ۶۹
۵-۴-۱. اهداف استفاده از نازل در سرلوله‌ها ۶۹
۵-۴-۲. انواع نازل‌ها و اندازه آنها ۶۹
۵-۴-۳. زاویه‌های جریان آب در نازل‌ها ۷۰
۵-۴-۴. مقدار آبدهی (جریان آبدهی)در نازل‌ها ۷۰
۵-۴-۵. ترکیب نازل‌ها ۷۳
۵-۴-۶. محاسبه قطر معادل به روش میان بر ۷۵
خلاصه ۷۷
آزمون ۷۸
فصل ششم: افت فشار در شلنگ‌های آتش‌نشانی ۸۳
اهداف ۸۴
۶-۱. انرژی سرعتی (فشار سرعتی) ۸۵
۶-۲. انرژی فشاری ۸۵
۶-۳. معادله افت فشار ۸۸
۶-۳-۱. زبری یا ناهمواری جداره (لایه)داخلی شلنگ ۸۸
۶-۳-۲. تغییر جهت جریان آب در شلنگ‌ها ۸۸
۶-۳-۳. ویسکوزیته (گرانروی)(لزجت دینامیکی) ۸۸
۶-۳-۴. مقدارجریان آبدهی و سرعت جریان آب ۸۹
۶-۳-۵. قطر شلنگ ۹۰
۶-۳-۶. طول شلنگ ۹۰
۶-۴. اثر فشار جریان آب در افت فشار در شلنگ‌ها ۹۱
۶-۵. محاسبه افت فشار در شلنگ‌های ۲/۵ اینچ ۹۲
۶-۶. مروری برافت فشار در شلنگ‌های $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ ۹۵
۶-۷. محاسبه افت فشار در اندازه‌های دیگر شلنگ‌ها ۹۶
خلاصه ۱۰۳
آزمون ۱۰۴
فهرست منابع و مراجع ۱۰۷

فهرست جداول و تصاویر

عنوان **صفحه**

نمودار شماره ۲-۱: تغییرات حجم آب بر اثر گرما ۲۲
تصویر ۳-۱. فشار استاتیکی ۳۹
تصویر۳-۲. فشار در جریان ۴۰
شکل ۳-۳. فشار باقی مانده ۴۰
شکل ۳-۴. نمایش هردو حالت فشارکاربردی ۴۲
شکل ۳-۵. نمایش عمق مکش ۴۳
شکل ۳-۶. فشارسنج ساده و مرکب ۴۴
شکل ۳-۷. ساختمان داخلی فشارسنج ساده ۴۵
شکل ۳-۸. فشارسنج مرکب (نوع بوردن) ۴۵
شکل ۳-۹. ساختمان داخلی فشارسنج مرکب (نوع بوردن) ۴۶
جدول (۶-۱) افت فشار برای هرصد فوت شلنگ $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ در جریان‌های آبدهی متغیر ۹۳
جدول (۶-۲) تعیین ضریب افت فشار (C) برای شلنگ‌های آتش‌نشانی ۹۷

فصل اول

اهمیت خواص و کاربرد آن در هیدرولیک

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. ضرورت مطالعه علم هیدرولیک در آتش‌نشانی

۲. اهمیت استفاده از آب در امر اطفاء حریق‌ها

۳. عوامل مؤثر در اهمیت آب

۴. اثرات آب بر حریق‌ها از نظر قدرت اطفایی

۵. جذب گرمای آزاد شده حریق با آب

۶. فرمول و روش محاسبه گرمای جذب شده به منظور نهایت استفاده بهینه از آب در روش‌های مختلف آبرسانی به حریق‌ها

- چرا هیدرولیک مطالعه می‌کنید؟
- چه عاملی آب را تا این اندازه برای آتش‌نشانی مهم کند؟
- چگونه ظرفیت خنک‌کنندگی وخفه‌کنندگی آب آن را ماده‌ای مؤثر برای اطفا به‌شمار می‌آورد؟
- چرا باید هیدرولیک آتش‌نشانی را فرا گیریم؟

۱-۱. اهمیت آب در آتش‌نشانی[۱]

آب همواره مؤثرترین و اقتصادی‌ترین ماده اطفایی بوده است.

هر روزه از آب برای اطفا هزاران حریق به وقوع پیوسته در گوشه و کنار جهان با موفقیت بسیار بالایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هیدرولیک آتش‌نشانی

علیرغم ابداع انواع و اقسام مواد اطفایی مانند انواع پودرها، کف‌ها، موادهالوژنه‌ها، CO_2، و... در قرن ۲۱، هنوز آب به عنوان مؤثرترین و پرکاربردترین ماده اطفایی به شمار می‌رود.

هم اکنون دلایل بسیار متعددی وجود دارد که آب را در زمره یکی از بهترین و مؤثرترین مواد اطفایی برای آتش‌نشانان به حس آب می‌آورند؛

الف) آب در اطفاء حریق‌ها **مؤثر**است.

ب) ماده اطفایی **ارزان** است.

پ) ماده اطفایی **فراوان** است.

ت) به راحتی **قابل انتقال** است.

ث) قابل **ذخیره‌سازی** است.

ج) نسبتاً **خنثی** است.

اگرچه تمامی عوامل مذکور مهم می‌باشند لیکن به‌طور مفصل عامل اول یعنی **کارایی** مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۲. کارایی آب

---

[۱] . ر.ک: Fire Fighting Hydrauiics

با توجه به مثلث آتش می‌توان آتش را به یکی از روش‌های ذیل اطفا نمود:

الف) سرد کردن (خنک کردن)

ب) خفه کردن

ج) جداسازی سوخت از آتش

بررسی‌های اخیر ضلع چهارمی (شکستن زنجیره واکنش شیمیایی) را برای مثلث حریق و روش اطفاء آن در نظر گرفته و امکان اطفاء حریق به این طریق (یعنی شکستن زنجیره شیمیایی حریق) نیز وجود دارد. در اطفاء حریق‌های جامدات بیشتر از روش سرد کردن (آب حالت مایعی) و برای مایعات قابل اشتعال از روش خفه کردن (آب حالت بخاری) استفاده می‌شود و البته می‌توان چنین اظهار داشت که هر دو روش سرد کردن و خفه کردن در اطفاء حریق‌ها با استفاده از آب تواماً به وقوع می‌پیوندد.

۱-۲-۱. اثر سردکنندگی

آب طبیعتاً ماده اطفایی خنک کننده و قابلیت سرد کنندگی آن نیز به واسطه گرمای ویژه و گرمای نهان تبخیر آن است.

گرمای ویژه

مقدارگرمایی است که بتوان با آن، دمای یک پوند از هر جسم را یک درجه فارنهایت افزایش داد (تمامی اجسام).

B.T.U

مقدارگرمایی است که بتوان با آن، دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت افزایش داد (فقط آب) . BTU واحد گرمایی می‌باشد.

گرمای نهان تبخیر

مقدارگرمایی است که مایعات را از حالت جوش به حالت بخار تغییر دهد.

(در حالت تغییر، درجه حرارت مایع در حال جوش، ثابت می‌ماند).

LHV= ۹۷۰ BTU/lb و LHV=۸۱۰۰ BTU/gal

■ برای محاسبه مقدار کل گرمای جذب شده به وسیله آب از فرمول ذیل استفاده می‌نماییم.

کل گرمای جذب شده: $q= c.w(t_۲ - t_۱)$

که در آن:

q- کل گرمای جذب شده برحسب BTU

c -گرمای ویژه آب بر حسب Btu/۱b

w- وزن (جرم) جسم (مایع/آب) بر حسب پوند lb

$t_۱$-دمای اولیه جسم (آب) ^oF

$t_۲$- دمای ثانویه جسم (آب) ^oF

مثال ۱- مقدارکل گرمای جذب شده به هنگام بالا بـردن دمـای یـک پونـد آب از ۶۰^oF درجه به ۲۱۲ ^oF درجه فارنهایت را محاسبه نمایید؟

$q=c.w\ (t_۲ - t_۱)$

$q = ۱\times۱\times(۲۱۲-۶۰)$

$q= ۱۵۲$ BTU/lb

مثال ۲- مقدار کل گرمای جذب شده یک پوند آب برای تبدیل به بخار چقدر می‌باشد؟

$q=c.w\,(t_۲ - t_۱)$

$q = ۱ \times ۱ (۲۱۲ - ۶۰) = ۱۵۲$ BTU/lb

$T_{کل} = ۹۷۰ + ۱۵۲ = ۱۱۲۲$ BTU/lb

مثال۳- مقدار کل گرمای جذب شده یک گالن (US) آب برای تبدیل به بخار چقدر می‌باشد؟

وزن یک گالن آب = ۸/ ۳۴ **lbs**

$T_{کل}$ = ۱۱۲۲ × ۸/۳۴ = ۹۳۶۰ BTU/gal

نرخ احتراق

گرمای آزاد شده در واحد زمان از جسم در حال سوختن را نرخ احتراق گویند.

با توجه به اینکه آب، حرارت آزاد شده از احتراق اجسام را به‌خود جذب می‌کند، باید از آن طوری استفاده نمود که حداکثر کارایی خود را داشته باشد تا حرارت زیادی از حریق اجسام را به خود جذب نماید. لیکن اغلب مقداری از آب به هدر رفته و گرمای حریق را به خود جذب نمی‌نماید. در این صورت ممکن است آب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰یا ۸۰٪ درصدکارایی واقعی خود را داشته باشد؛ بنابراین جذب حداکثری گرما، بستگی به نحوه، روش و شکل استفاده از آب درحریق دارد.

۱-۲-۲. اثر خفه کنندگی

آب در صورت تبخیر به ۱۷۰۰ برابر حجم اولیه خود افزایش می‌یابد. یعنی اگر ft^3 ۱ (یک فوت مکعب) آب را کاملاً به بخار تبدیل نمایید، در این صورت خواهید داشت:

در حالت مایعی ۱ گالن آب = ۰/۱۳ ft^3

و در حالت بخار ۱ ft^3 آب = ۱۷۰۰ ft^3 بخارآب

اگر یک گالن آب را ازحالت مایعی به صورت کامل به حالت بخار در بیاوریم، در این صورت خواهیم داشت:

بخار یک گالن آب = ۰/۱۳ × ۱۷۰۰ = ۲۲۷ ft^3

در صورتی که ۱۰۰ گالن در دقیقه باشد:

۲۲۷ ×۱۰۰ =۲۲۷۰۰ ft^3

و اگر کارایی آن در اطفاء (خفه کنندگی)۵۰٪درصد باشد:

٪۵۰ × ۲۲۷۰۰ = ۱۱۳۵۰ ft^3

۱-۳. اهمیت هیدرولیک

با توجه به مطالب فوق‌الذکر می‌توان اظهار داشت:

آب در اطفاء اکثر حریق‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اینکه چه مقدار آب، با چه فشار و سرعتی، به چه شکلی (اسپری، جت، دو حالته) و با چه وسیله‌ای از محل ذخیره شده تا به نازل در حریق برسانیم. یعنی اینکه چگونه آب را به حرکت در آوریم، **هیدرولیک** در آتش‌نشانی یعنی تکنیک به حرکت در آوردن آب از محل آبگیری تا محل حریق.

آب فقط یکی از مواد اطفایی در آتش‌نشانی است با این تفاوت که یکی از مهم‌ترین آنها است. بنابراین آتش‌نشانان و فرماندهان مسئول باید درک صحیحی از موارد استفاده از آب را داشته باشند که همانا تکنیک استفاده از علم هیدرولیک می‌باشد.

مطالعه علم هیدرولیک به دو صورت است:

الف) هیدرولیک عملی (کاربردی): در عملیات اطفاء حریق‌ها و... (محاسبات قبل از عملیات)

ب) هیدرولیک تئوری (نظری): برای محاسبات کاملاً دقیق که بیشتر در حریق‌ها مورد کاربردی ندارد و قبلاً در ایستگاه مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۴. مکانیک کاربردی سیالات

مکانیک کاربردی سیالات شامل دو بخش ذیل است:

۱-۴-۱. هیدرولیک

شاخه‌ای از علم مکانیک کاربردی سیالات است که در زمینه نقل و انتقال(حرکت) مایعات (روغن‌ها وآب) بحث می‌کند و شامل دو بخش؛

الف) هیدرواستاتیک: در خصوص مایعات در حال سکون بحث می‌کند.

ب) هیدرودینامیک: در خصوص مایعات در حال حرکت بحث می‌کند.

درهیدرولیک آتش‌نشانی در خصوص مایع آب که مهم‌ترین و مؤثرترین ماده اطفایی است و در اکثر حریق‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بحث، بررسی و آن را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

تذکر: بعضی از فرمول‌های هیدرواستاتیک قابلیت تعمیم به هیدرودینامیک دارد.

- کاربرد هیدرولیک در آتش‌نشانی

هیدرولیک: روغنی – جک‌ها، قیچی‌ها، نردبان‌ها و بالابرهای **آب**- پمپ‌ها، شلنگ‌ها، سرلوله‌ها و.....

۱-۴-۲. پنوماتیک

شاخه‌ای از علم مکانیک کاربردی سیالات است که در زمینه نقل و انتقال (حرکت) گازها (هوا) بحث می‌کند.

- کاربرد پنوماتیک در آتش‌نشانی

جک‌ها، آب بندهای بادی و باز و بستن شیرهای پنوماتیکی نصب بر روی پمپ‌ها.

مسئله‌های نمونه:

۱- گرمای ویژه آب چقدر می‌باشد؟

۱ BTU/lb یا ۸/۳۴ BTU/gal

۲- گرمای نهان تبخیر آب چقدر می‌باشد؟

۹۷۰ B.T.U/lb یا ۸۱۰۰ B.T.U/gal

۳-دمای اولیه ۱۰ lb s (پوند) آب ۴۰ ^{o}F (فارنهایت) می‌باشدو اگردمـای آن را بـه ۱۲۰ ^{o}F (فارنهایت) برسانیم، چقدر حرارت مورد نیاز می‌باشد؟

$q=c.w\,(t_۲-t_۱)$

$q = ۱ \times ۱۰\ (۱۲۰-۴۰)$

$q = ۸۰۰\ BTU\ /\ lb$

۴- سر لوله‌ای به مقدار ۳۰۰ gal/m (گالن در دقیقه) جریان آبدهی دارد دمای اولیه آب ۵۵^{o}F (فارنهایت) و پس از برخورد با آتش به ۲۰۰^{o}F (فارنهایت) می‌رسد. به فرض اینکه آب، کاملاً تبخیر شود، نرخ سرد کنندگی جریان آب چقدر است؟

$q= c.w\,(t_۲-t_۱)$

$q = ۱ \times ۳۰۰ \times ۸/۳۴\ (۲۰۰-۵۵)$

$q = ۳۶۳۰۰۰\ Btu/min$

و اگر ۵۰٪ در صد کارایی داشته باشد.

۳۶۳۰۰۰ × ٪۵۰ = ۱۸۱۵۰۰ Btu/min

۵-گرمای نهان تبخیر gallon ۱۵۰ گالن آب چقدر است؟

راه حل اول ۱۵۰ × ۸/۳۴ × ۹۷۰ = ۱۲۱۰۰۰۰ BTU

راه حل دوم یا ۱۵۰ × ۸۱۰۰ = ۱۲۱۰۰۰۰ BTU

۶- چه مقدار بخار در هر دقیقه از نازلی که (gal/m)۲۵۰ گالن در دقیقه آبدهی دارد با (فرض ۱۰۰٪ درصد بخارشدن) تولید می‌شود؟

۲۵۰×۰/۱۳×۱۷۰۰= ۵۶۷۵۰ ft^3/m

۰/۱۳ ft^3 ×۱۷۰۰= ۲۲۷ ft^3

۲۲۷×۲۵۰ = ۵۶۷۵۰ ft^3

۷- به فرض اینکه ۷۰٪ درصد از بازدهی نازلی با آبدهی gal/m ۲۰۰ گالن در دقیقه به هنگام استفاده بر روی حریق به بخار تبدیل شود، بدین ترتیب میزان گرمای جذب شده را محاسبه نمایید.

BTU۹۳۶۰×۲۰۰ = ۱۸۷۲۰۰۰

۱۸۷۲۰۰۰ × ٪۷۰ = ۱۳۱۰۴۰۰ BTU

خلاصه

■ **B.T.U** : مقدارگرمایی است که بتوان با آن، دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت افزایش داد (فقط آب). BTU واحد گرمایی می‌باشد.

■ **گرمای ویژه**: مقدارگرمایی است که بتوان با آن، دمای یک پوند از هر جسم را یک درجه فارنهایت افزایش داد (تمامی اجسام).

گرمای ویژه آب = Btu/lb. ^oF = ۸/۳۴ Btu/gal. ^oF

■ برای محاسبه مقدار کل گرمای جذب شده به‌وسیله آب از فرمول ذیل استفاده می‌نماییم.

$$q= c.w\,(t_۲ - t_۱)$$

■ **گرمای نهان تبخیر:** مقدارگرمایی است که مایعات را از حالت جوش به حالت بخار تغییردهد. (در حالت تغییر، درجه حرارت مایع در حال جوش، ثابت می‌ماند).

LHV=۸۱۰۰ BTU/gal و ۹۷۰ BTU/lb = گرمای نهان تبخیر

گالن آب ۷/۴۸ = یک فوت مکعب آب

فوت مکعب بخار آب ۱۷۰۰ = یک فوت مکعب آب

فوت مکعب بخار آب $ft^۳$ ۲۲۷ = یک گالن آب

آزمون

۱- دلایل اولیه، برای اثبات اینکه آب به عنوان یکی از مهم‌ترین مواد اطفائی به‌شمار می‌رود را بیان کنید؟

۲- (a) گرمای ویژه (b) گرمای نهان تبخیر و (C) BTU را تعریف نمائید؟

۳- اگر درجه حرارت lbs ۱۰۰ پوند آب ^oF ۵۰درجه فارنهایت به ۱۴۴ درجه فارنهایت برسد، چه مقدار گرما توسط آب جذب شده است؟

۴- جریان آبی در حدود (gal/m) ۲۵گالن در دقیقه می‌باشد. اگر دمای اولیه آب ^of ۵۵ درجه فارنهایت باشد. ماکزیمم گرمایی که این مقدار آب می‌تواند در دقیقه جذب کند چقدر است؟ (با ۱۰۰ درصد تأثیر)

۵- چه مقدار گرما توسط lbs ۵ پوند استن جذب می‌شود، زمانی که درجه حرارت از ^oF۷۵ درجه فارنهایت به ^oF ۱۲۵ درجه فارنهایت افزایش یابد؟

۶- چه مقدارگرما لازم است تا درجه حرارت ۵۰ lb s پوند آب را از ^{o}F ۵۵ درجه فارنهایت به ^{o}F ۱۰۰ درجه فارنهایت برساند؟

۷- اگر ۲۵ lbs پوند آب ۹۷۵ BTU حرارت جذب کند و درجه حرارت ثانوی آن ^{o}F ۶۱ درجه فارنهایت باشد، درجه حرارت اولیه آب چقدر بوده است؟

۸- مقدار آبدهی شلنگ $۱\frac{۱}{۴}$ اینچی در حدود ۷۵ gal/m گالن در دقیقه می‌باشد. اگر دمای اولیه آب حدود ^{o}F ۶۰ درجه فارنهایت و درجه حرارت ثانوی آن ^{o}F ۹۰ درجه فارنهایت باشد، چه مقدار گرما در دقیقه لازم است؟

۹- با اعمال گرما، اسید استیک دمایش از ^{o}F ۵۰ درجه فارنهایت به ^{o}F ۷۷ درجه فارنهایت می‌رسد. چه مقدار گرما در هر پوند اسید استیک جذب شده است؟

۱۰- چه مقدار حرارت لازم است تا ۲۰ lbs پوند آب را به صورت بخار در آورد؟ (در ^{o}F ۲۱۲ درجه فارنهایت)

۱۱- چند گالن آب می‌تواند ۶ میلیون BTU گرمای ذخیره در بخار آب را به هنگام تراکم و تبدیل به مایع ^{o}F ۲۱۲ درجه فارنهایت را جذب کند؟

۱۲- جریان آبی در حدود ۵۰۰ gal/m گالن در دقیقه به روی آتش هدایت می‌شود، دمای اولیه آب ^{o}F۴۵ درجه فارنهایت است. اگر تأثیر جریان حدود ۴۵٪ باشد چه مقدار حرارت را این مقدار جریان آب جذب می‌کند؟

۱۳- گرمای نهان تبخیر آب چیست؟

۱۴- گرمای ویژه آب چیست؟

۱۵- با اعمال گرما به یک فوت مکعب $ft^{۳}$ آب چند فوت مکعب $ft^{۳}$ بخار آب تولید شود؟

۱۶- چند فوت مکعب $ft^{۳}$ بخار آب در صورتی‌که ۱۰۰ gal/m گالن آب را تبخیر نماییم تولید می‌شود؟

۱۷- شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچ با مقدار ۲۵۰ گالن در دقیقه (gal/m) آبدهی می‌کند. این مقدار آب در دقیقه تولید چند($ft^۳$) فوت مکعب بخار می‌کند (با ۱۰۰٪ بخار کارایی)؟

۱۸- وزن یک گالن (gal) آب چقدر است؟

۱۹- چه مقدار بخار آب بر حسب فوت مکعب ($ft^۳$) از یک گالن آب تولید می‌شود؟

۲۰- حجم بخار آب تولید شده از یک گالن (gal) آب چقدر می‌باشد؟

فصل دوم

محاسبات مساحت و حجم

و ...

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[۱]، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. روش وفرمول‌های محاسبه مساحت و حجم برخی از اشکال هندسی منظم (حجم مخازن، شلنگ‌ها و....) مورد استفاده در آتش‌نشانی

۲. شناخت خواص فیزیکی آب

۳. واحدها و تبدیل آن‌ها به یکدیگر به منظور بهره‌برداری بهینه از آب هنگام استفاده آن در اطفاء حریق‌ها

[۱]. ر.ک: Manual of firemanship, Book۷

۲-۱. برخی از فرمول‌های مورد نیاز، مشخصات و خواص آب

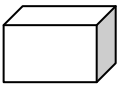
پایه و اساس علم هیدرولیک بر مبنای ریاضیات و فرمول‌های مربوطه استوارگردیده است، به ویژه درخصوص طول (ارتفاع)، سطح، حجم، سرعت و... روابط تبدیل بین واحدهای گوناگون...

طول $\rightarrow L = Length \rightarrow ft, inch$

$۱ ft = ۱۲$ اینچ

A $A = Area \rightarrow ۱ ft^۲, inch^۲$

$۱ ft^۲ = ۱۴۴$ اینچ مربع

V  $\rightarrow v = volume \rightarrow ۱ ft^۳, inch^۳$

$۱ ft^۳ = ۱۷۲۸$ اینچ مکعب

۲-۲. تبدیل واحدها

اینچ مکعب ۲۳۱=۱ گالن

$$۱ ft^۳ = \frac{۱۷۲۸}{۲۳۱} \rightarrow ۷/۴۸ gal$$

وزن یک فوت مکعب آب $= ۶۲/۴ lbs$ $(۷/۴۸ \times ۸/۳۴ = ۶۲/۴)$

وزن یک فوت مکعب آب دریا $= ۶۴ lbs$

وزن یک گالن آب $= ۸/۳۴ lbs$

سطح(A)

مربع----- طول×عرض= مساحت مربع $A = L \times W$

مستطیل--- طول×عرض= مساحت مستطیل $A = L \times W$

دایره---- مجذور شعاع× عدد پی= مساحت دایره $A = r \times r \times \pi$

بیضی---نصف قطرکوچک + نصف قطر بزرگ× عدد پی= مساحت $A = (\frac{a}{۲} + \frac{b}{۲}) \times \pi$

حجم(v)

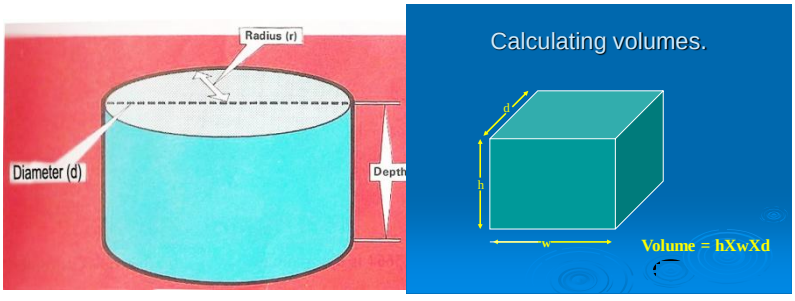
مکعب مربع- طول × عرض × ارتفاع = حجم $V = L \times W \times h$

مکعب مستطیل- طول × عرض × ارتفاع = حجم $V = L \times W \times h$

استوانه (دایره) – مساحت دایره × ارتفاع = حجم $V = A \times h$

استوانه(بیضی)– مساحت بیضی × ارتفاع = حجم $V = A \times h$

کره= حجم $V = \frac{۴}{۳} \pi . r^{۳}$



مکعب **استوانه**

جرم=m

– مجموع ذرات تشکیل‌دهنده یک جسم را جرم گویند و مقدار آن همواره در همه جا ثابت است.

$$m = \frac{w}{g} = cte$$

■ واحد آن پوند lb می‌باشد.

وزن=W

– برآیند تمام نیروهایی است که از طرف زمین به جسم وارد می‌شود و آن را به سمت خود می‌کشد و همواره در همه جا مقدار آن ثابت نیست. چون جاذبه بر آن تأثیر دارد.

$$W = m.g$$

■ واحد آن پوند نیرو lb/f می‌باشد.

جرم حجمی یا جرم مخصوص

جرم در واحد حجم را جرم حجمی گویند.

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

■واحد آن پوند بر فوت مکعب lb / ft^3 می‌باشد.

وزن حجمی، وزن مخصوص، چگالی یا دانسیته(D)

وزن در واحد حجم را وزن حجمی گویند.

$$D = \frac{w}{v}$$

■ واحد آن پوند نیرو بر فوت مکعب lb / ft^3 می‌باشد.

چگالی نسبی(SG=RD)

نسبت چگالی دو ماده را به یکدیگر چگالی نسبی گویند. چون مقایسه بین دو چگالی نسبی است، بنابراین واحد ندارد. چگالی جامدات و مایعات را نسبت به چگالی آب می‌سنجند و درگازها نسبت به هوا می‌سنجند.

$$SG = RD = \frac{ds}{dw}$$

- چگالی نسبی واحد ندارد.

۲-۳. آب

چون در هیدرولیک آتش‌نشانی فقط آب (سیال) مورد بحث و مطالعه قرار می‌گیرد، بنابراین به لحاظ درک کامل و دقیق علم هیدرولیک ضرورت دارد که قبلاً با مشخصات و خواص فیزیکی آب آشنا شویم. شایان ذکر است که در هیدرولیک آتش‌نشانی صرفاً خواص فیزیکی آب مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲-۳-۱. مشخصات

ماده‌ای بی‌رنگ، بی‌بو و مایع با فرمول مولکولی H_2O (دو اتم هیدژون و یک اتم اکسیژن) می‌باشد و از نظر شیمیایی یک مولکول پایدار، به لحاظ داشتن پیوند هیدروژن و اکسیژن دارای پیوندهای قطبی و اصولاً ماده‌ای قطبی و گاهی مواقع حلال مواد، به عنوان سیال دارای حجم بوده، ولی شکل خاصی ندارد و در داخل ظرف شکل ظرف را به خود می‌گیرد. در حال تعادل دارای سطح آزاد می‌باشد، چون بدواً در حالت مایعی به عنوان ماده اطفایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین قوانین مربوط به حالت مایعی آن بیشتر مورد مطالعه و مد نظر قرار می‌گیرد.

۲-۳-۲. خواص فیزیکی آب

برای تفهیم دقیق علم هیدرولیک ضروری است که درک کاملی از خواص فیزیکی آب داشته باشیم. خواص فیزیکی آب به شرح زیر می‌باشد:

الف) آب علاوه بر حالت مایعی در حالت جامد (یخ) و حالت بخار (رطوبت) نیز وجود دارد.

ب) در اثر سرما به حجم آن ۹٪ درصد افزوده می‌شود و بر خلاف سایر مایعات که از حجم آنها کاسته می‌شود در $۳۲^{\circ}F$ درجه فارنهایت آب یخ می‌زند و روی آب قرار می‌گیرد و به علت بالا بودن گرمای ویژه آب در $۳۸^{\circ}F$ فارنهایت باقی مانده آب در سطح زیرین یخ نمی‌زند.

پ) در $۳۸^{\circ}F$ درجه فارنهایت آب کم‌ترین حجم و بالاترین چگالی خود را دارد و در این حالت آب تمیز ۶۲/۴lbs پوند وزن دارد، ولی آب املاح‌دار (آب دریا) lbs ۶۴ پوند وزن دارد.

ت) حجم یک فوت مکعب (ft^3) آب in^3 ۱۷۲۸ (اینچ مکعب) می‌باشد و یک گالن (gal) آب دارای ۲۳۱ اینچ مکعب حجم می‌باشد.

۱۷۲۸ ÷ ۷/۴۸ = ۲۳۱ اینچ مکعب $Inch^3$

ث) یک فوت مکعب (ft^3) آب ۷/۴۸ گالن آب دارد. یعنی:

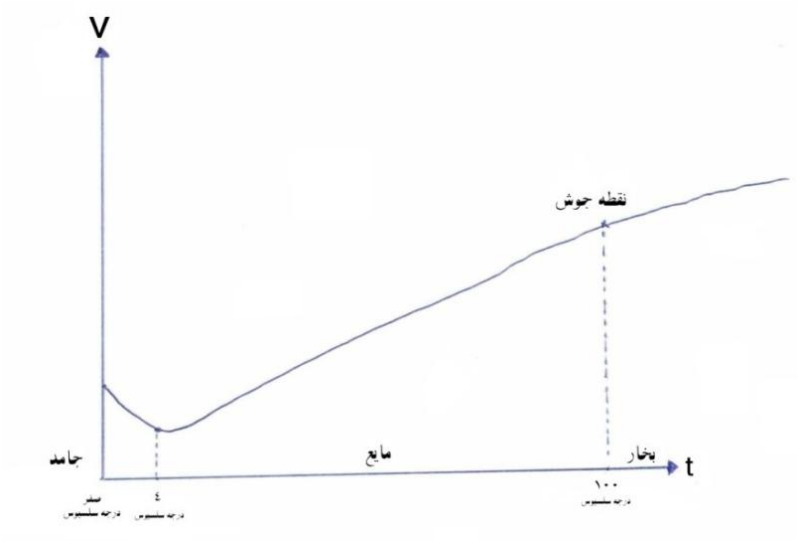
۱۷۲۸÷۲۳۱= ۷/۴۸ gal

ج) یک گالن آب lbs ۸/۳۴ پوند وزن دارد یعنی:

۶۲/۴ ÷ ۷/۴۸ = ۸/۳۴ Ibs

چ) نقطه جوش آب $۲۱۲^{\circ}F$ فارنهایت می‌باشد.

ح) نقطه انجماد آب $۳۲^{\circ}F$ فارنهایت می‌باشد.



نمودار شماره ۲-۱: تغییرات حجم آب بر اثر گرما

خ) گرمای ویژه آب $Btu/lb.^{o}F$------- قبلاً به آن اشاره شده است.

د) گرمای نهان تبخیر آب Btu/lb ۹۷۰..... قبلاً به آن اشاره شده است.

ذ) گرمای نهان ذوب آب (از حالت جامد به مایع Btu/lb ۱۴۳) است. گرمایی است که یخ را از حالت جامد به مایع تبدیل کند.

ر) انبساط حجمی آب (از حالت آب به بخار) برابر $۱۷۰۰ ft^{۳}$ است. در $۲۱۲ ^{o}F$ فارنهایت زمانی که از حالت جوش به بخار تبدیل می‌شود.

- (با دریافت مقدار گرمای نهان تبخیر)
- در درجه حرارت‌های بالا نسبت انبساط بیشتر می‌گردد .

$۱۷۰۰ \div ۷/۴۸ = ۲۲۷ \ ft^{۳}$

و) قدرت نفوذ: قدرت نفوذ آب (به خصوص جهت اطفا ءحریق‌های مواد خشک) به اندازه کافی می‌باشد.

ژ) هادی الکتریسیته: آب خالص بسیارکم هادی جریان الکتریسیته بوده و به هنگامی که دارای املاح می‌گردد، هادی جریان برق خواهد بود .

ص) تراکم‌پذیری: مولکول‌های مواد جامد بسیار متراکم وحرکت بسیار کمی نسبت به همدیگر دارند. در حالی‌که مولکول‌های آب (مایعات)کمتر متراکم‌تر هستند و در گازها آزادتر تا متراکم. بنابراین در مقابل فشار جامدات و مایعات نسبتاً بسیار کم قابل تراکمند، ولی گازها قابل تراکم هستند و از حجم آنها کاسته می‌شود. برای اهداف عملیاتی آب با فشار lbs ۶۵۰۰۰ فقط مقدار ۱۰٪ از حجمش کاسته می‌شود (یعنی با اعمال فشار برای آب ۰/۰۰۰۰۰۲ از حجم آب کاسته می‌شود). این اندازه کاهش حجم آب برای اهداف عملیاتی آتش‌نشانی بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد.

ض) چگالی: نسبت وزن (دقیق‌تر جرم) به واحد حجم را چگالی یا دانسیته گویند.

$$D=\frac{W(m)}{V}=\frac{lbs}{ft^3}$$

بنابراین چگالی آب برابر $D=\frac{۶۲/۴lbs}{ft^3}$ خواهد شد.

ط) چگالی نسبی: نسبت چگالی دو ماده به یکدیگر را چگالی نسبی گویند که در جامدات و مایعات نسبت به آب می‌سنجند.

$$SG = RD = \frac{\text{وزن یک ماده در حجم واحد}}{\text{وزن همان حجم از آب}} = \frac{d_s}{d_w}=\frac{۶۲/۴\,ft^3}{۶۲/۴\,ft^3}=۱$$

بنابراین چگالی نسبی آب یک ۱ خواهد بود و می‌توان چنین اظهار داشت:

- موادی که چگالی نسبی آنها کمتر از یک می‌باشد روی آب قرار می‌گیرند؛ از طرفی موادی که چگالی نسبی آنها بالاتر از یک (آب) باشد، در آن غرق می‌شوند.

- چگالی نسبی گازها را نسبت به چگالی هوا می‌سنجند، یعنی:

$$SG = RD = \frac{d_{\text{گاز}}}{d_{\text{هوا}}}$$

مسایل نمونه

۱- چگالی نسبی آب تازه چقدر است؟

$$SG = \frac{d_s}{d_w} = \frac{۶۲/۴}{۶۲/۴} = ۱$$

۲-چگالی استون lb/ft^3 ۴۹/۹ می‌باشد. چگالی نسبی استون چقدر است؟

$$SG = \frac{d_s}{d_w} = \frac{۴۹/۹}{۶۲/۴} = ۰/۸$$

۳- اگر ۵ گالن از یک مایع lbs ۶۵ وزن داشته باشد، چگالی نسبی آن چقدر خواهد بود؟

وزن پنج گالن آب $= ۵ \times ۸/۳۴ = ۴۱/۷\ lbs$

$$SG = \frac{d_s}{d_w} = \frac{۶۵}{۴۱/۵} = ۱/۵۶$$

چگالی نسبی مایع بیشتر از عدد یک می‌باشد، بنابراین در آب غرق می‌شود.

خلاصه

مساحت(A)

مربع----- طول × عرض= مساحت مربع $A = L \times W$

مستطیل--- طول × عرض= مساحت مستطیل $L\ A = \times W$

دایره---- مجذور شعاع × عدد پی= مساحت دایره $A = r \times r \times \pi$

بیضی---نصف قطرکوچک + نصف قطر بزرگ × عدد پی= مساحت

$$A = (\frac{a}{۲} + \frac{b}{۲}) \times \pi$$

حجم(v)

مکعب مربع- طول × عرض × ارتفاع = حجم $V= L \times W \times h$

مکعب مستطیل- طول× عرض × ارتفاع = حجم $V= L \times W \times h$

استوانه (دایره) - مساحت دایره × ارتفاع = حجم $V= A \times h$

استوانه(بیضی)- مساحت بیضی × ارتفاع = حجم $V= A \times h$

کره= حجم $V=\frac{۴}{۳}\pi.r^{۳}$

تبدیل واحدها

$۱\,ft=۱۲\,inch$

$۱\,ft^{۲}=۱۴۴\,in^{۲}$

$۱\,ft^{۳}=۱۷۲۸\,in^{۳}$

$۱\,ft^{۳}=\frac{۱۷۲۸}{۲۳۱}\rightarrow ۷/۴۸\,gal$

وزن یک فوت مکعب آب $=۶۲/۴\,lbs\,(۷/۴۸\times ۸/۳۴=۶۲/۴\ lbs)$

وزن یک فوت مکعب آب دریا $=۶۴\ lbs$

وزن یک گالن آب $=۸/۳۴\ lbs$

- **چگالی:** نسبت وزن (دقیق‌تر جرم) به واحد حجم را چگالی یا دانسیته گویند.

$$D=\frac{W(m)}{V}=\frac{lbs}{ft^{۳}}$$

بنابراین چگالی آب برابر $D=\frac{۶۲/۴\,lbs}{ft^{۳}}$ خواهد شد.

- **چگالی نسبی:** نسبت چگالی دو ماده به یکدیگر را چگالی نسبی گویند که در جامدات و مایعات نسبت به آب می‌سنجند.

$SG = RD$ وزن یک ماده در حجم واحد $=\frac{d_s}{d_w}=\frac{۶۲/۴\,ft^{۳}}{۶۲/۴\,ft^{۳}}=۱$

وزن همان حجم از آب =

بنابراین چگالی نسبی آب یک ۱ خواهد بود و می‌توان چنین اظهار داشت:

- موادی که چگالی نسبی آنها کمتر از یک می‌باشد روی آب قرار می‌گیرند؛ از طرفی موادی که چگالی نسبی آنها بالاتر از یک (آب) باشد در آن غرق می‌شوند.

آزمون

۱- حجم آب در تانکری به ابعاد ۳ در ۵ در۶ فوت چند گالن خواهد شد؟

۲- کل وزن آب در تمرین۱ بر حسب پوند چقدر خواهد شد؟

۳- چند گالن آب در یک مخزن استوانه‌ای شکل که اندازه قطر مساحت قاعده آن ۱۲ فوت و ارتفاع آن ۹ فوت می‌باشد، وجود دارد؟

۴- اگر ۱۰ گالن از مایعی ۱۴۰ پوند وزن داشته باشد چگالی نسبی آن چقدر خواهد شد؟

۵- اگر چگالی نسبی ماده‌ای برابر با ۳/۲ باشد چگالی آن ماده چقدر خواهد بود؟

۶- مساحت ساختمان درحال آتش‌سوزی به اضلاع '۶۲ و '۹۲ فوت را محاسبه نمایید؟

۷- چند اینچ مربع دریک فوت مربع وجود دارد؟

۸- اندازه شعاع یک شلنگ "$۲\frac{۱}{۲}$ اینچی آتش‌نشانی چقدر می‌باشد؟

۹- وزن یک گالن آب دریا چقدر است؟

۱۰- وزن ۱۰۰ گالن جیوه چقدر می‌باشد؟

۱۱- چگالی نسبی ماده‌ای ۰/۷ می‌باشدو چگالی آن چقدر خواهد بود؟ آیا این ماده از آب سنگین‌تر یا سبک‌تر است؟

۱۲- یک فوت از ماده‌ای lbs ۶۸ پوند وزن دارد، چگالی و چگالی نسبی این ماده چیست؟

۱۳- اگر ft^3 ۱۰ فوت مکعب از ماده‌ای ۴۴۰ lbs پوند وزن داشته باشد چگالی این ماده چقدر خواهد بود؟

۱۴- اندازه قطر قاعده مخزنی ۵۰ ft فوت و اندازه عمق آن ۳۵ ft فوت می‌باشد؛ حجم این مخزن چند گالن و وزن آن چقدر خواهد شد؟

۱۵- اگریک بند شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچی ۱۰۸ اینچ مکعب وزن داشته باشد طول این شلنگ چقدر است؟

فصل سوم

فشار در مایعات (آب)

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[۱]، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. ابعاد نیرو و فشار، واحدهای آن‌ها و چگونگی اعمال نیرو و فشار بر مایعات (آب)

۲. شناخت قوانین فشار در مایعات

۳. انواع فشار از نظر اندازه در مقایسه با فشار هوا

۴. انواع فشار از نظر کاربرد و انواع فشارسنج‌ها و... جهت محاسبه دقیق میزان آب موجود در مخازن

۵. شلنگ‌ها

۶. آب‌گیری از منابع روباز وتحت فشار

۷. استفاده از فشارسنج‌ها به منظور بهره‌برداری مناسب از آب به هنگام انجام عملیات اطفاء حریق

---

[۱] . ر.ک؛ Fire Fighting - Hydraulics

۳-۱. نیرو

F- نیرو عبارت است از یک هل یا کشیدن که معمولاً بر حسب پوند بر نیرو lb/f یعنی وزن اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۱-۱. اعمال نیرو برآب

نیرو به دو صورت به مایعات (سیالات) آب اعمال می گردد:

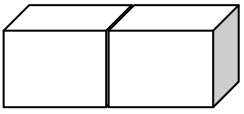
الف) جاذبه‌ای

ب) نیروهای خارجی

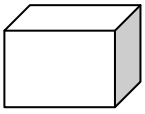
نیروی جاذبه‌ای: نیروی جاذبه به آب مخزن در ارتفاع وارد می‌شود و جهت آن به طرف زمین است. نیروی جاذبه به دو عامل بستگی دارد:

۱. چگالی آب

۲. مقدار آب دارد.



۱۰۰ lbs



۵۰ lbs

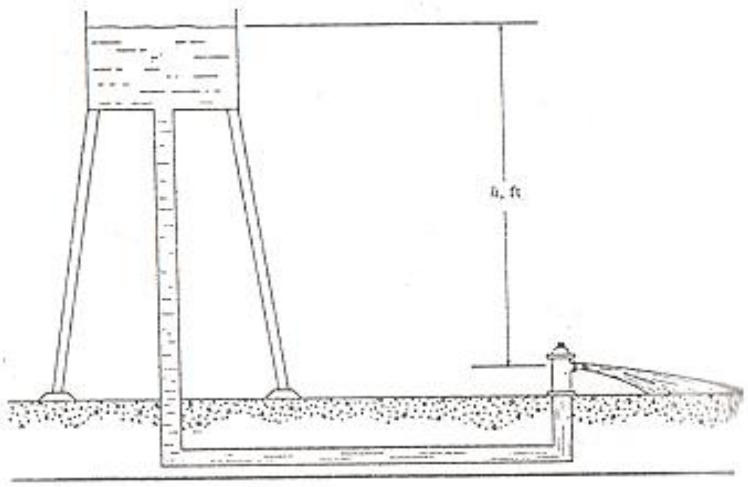
۳-۲. فشار:p

مقدار نیرویی است که به صورت عمود بر واحد سطح وارد می‌شود. این نیرو می‌تواند ناشی از وزن نیز باشد.

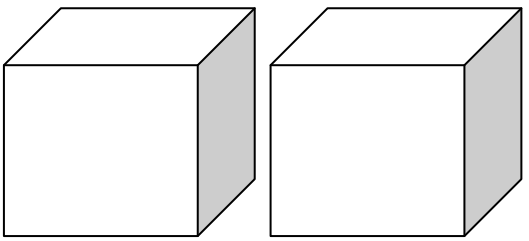
$$P=\frac{F=W}{A}$$

واحد فشار پوند بر اینچ مربع psi یا lb/in^2

۳-۲-۱. محاسبه فشار با نصب منبع در ارتفاع (جاذبه‌ای)



L



$A=۱ ft^2=۱۴۴ in^2$

$V=۱ ft^3=۱۷۲۸ in^2$

W = وزن یک فوت مکعب آب = ۶۲/۴ lbs

$$P=\frac{W}{A}=\frac{۶۲/۴}{۱۴۴}=۰/۴۳۴\rightarrow P=۰/۴۳۴\times ۱ \text{ یا } ۲ \text{ یا } H$$

$\rightarrow P=۰/۴۳۴ \times H$ برای آب

$P = ۰/۴۳۴ \times SG \times H$ برای سایر مایعات

نیروی‌های خارجی: نیروهای خارجی که بستگی به موارد زیر دارد:

الف) نیروی ناشی از وزن هوا بر سطح آب درظرف روباز

ب) نیروی ناشی از پیستون یا پره پروانه پمپ، بر آب

■ نیروی اعمال شده ناشی از وزن هوا بر سطح آب بسیارمهم به هنگام آبگیری از منابع روباز است.

۳-۳. ارتباط بین فشار و نیرو

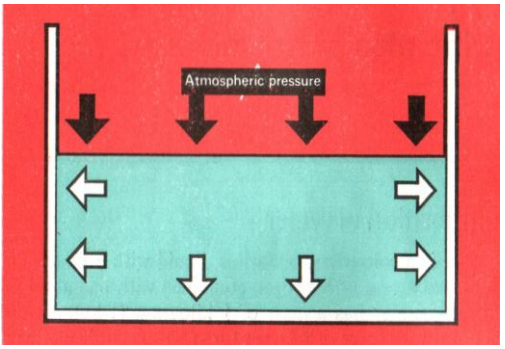
در طراحی اسپرینکلرهای لوله خشک مورد محاسبه و استفاده قرار می‌گیرد.

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

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

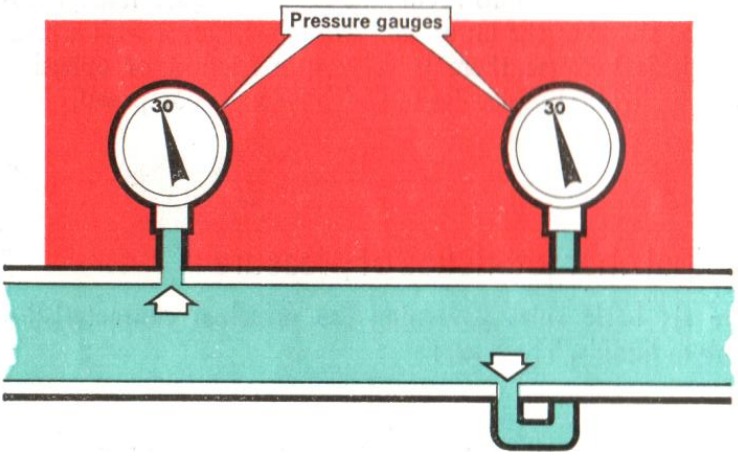
$$F_{هوا} = F_{آب} \qquad \frac{p_{هوا}}{p_{آب}} = \frac{A_{آب}}{A_{هوا}}$$

۳-۴. قوانین فشار در مایعات (آب)[۱]

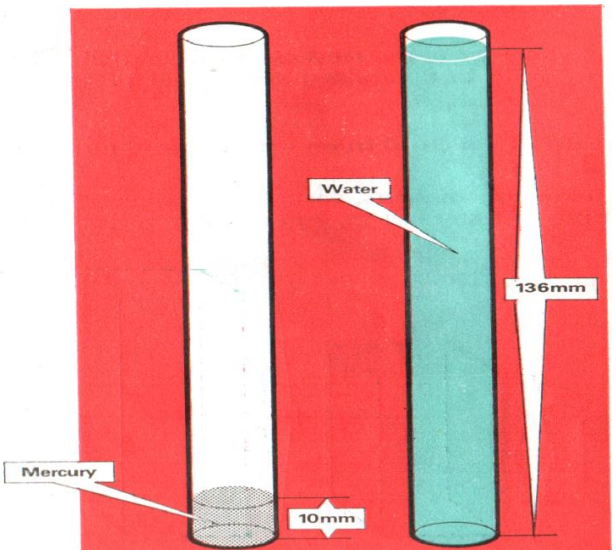


[۱] . ر. ک: Manual of firemanship, book۷

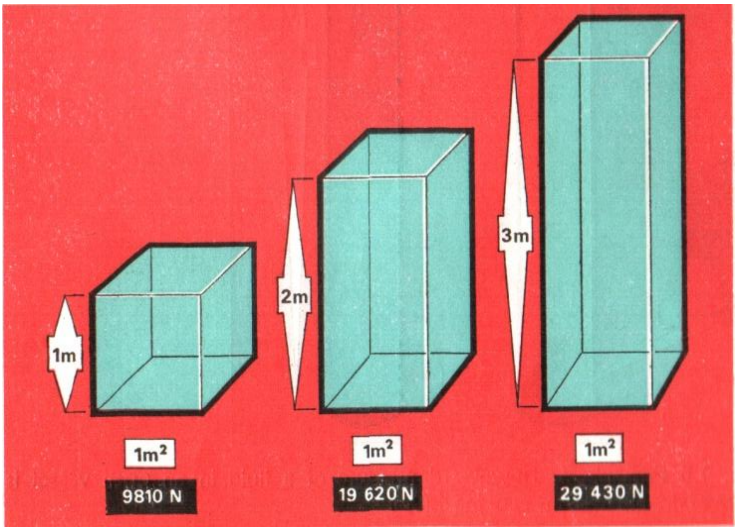
۳-۴-۱. فشار اعمال شده مایع (آب) به صورت عمود بر سطح (سطحی که به آن عمل می‌کند، وارد می‌شود)



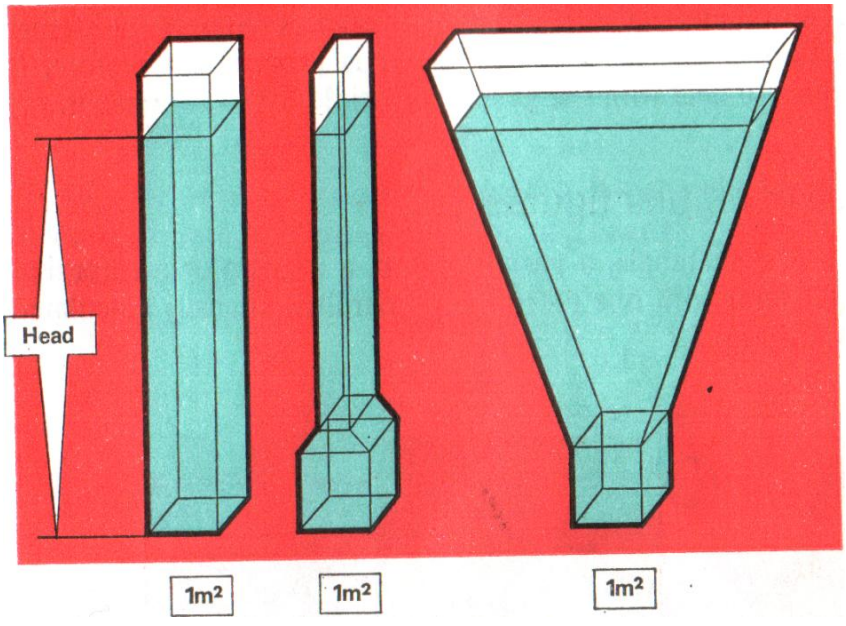
۳-۴-۲. فشار اعمال شده مایع (آب) به سطوح مختلف (به‌طور مساوی به تمامی جهات وارد می‌شود)



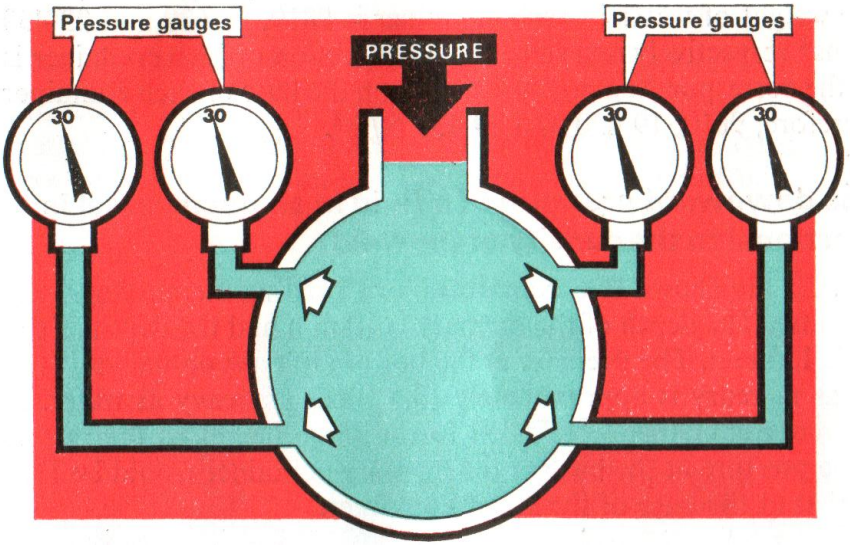
۳-۴-۳. رابطه فشار در سیالات (آب) با چگالی (رابطه مستقیم با چگالی آن دارد)



۳-۴-۴. رابطه فشار در مایعات (آب) با ارتفاع (رابطه مستقیم با (ارتفاع) آن دارد)



۳-۴-۵. استقلال فشار در سطح زیرین ظرف از شکل آن



۳-۴-۶. قانون پاسکال (فشار اعمال شده به آب (مایع) محدود در یک ظرف عیناً بی‌کم و کاست به تمام نقاط مایع منتقل می‌شود)

$$P_A = \frac{F_A}{A_A} \quad , \quad P_B = \frac{F_B}{A_B}$$

$$P_A = P_B \rightarrow \frac{F_A}{A_A} = \frac{F_B}{A_B}$$

۳-۵. انواع فشار

۳-۵-۱. از نظر اندازه

فشار از نظر اندازه در سه نوع به شرح ذیل وجود دارد:

الف) فشارهوا

ناشی از وزن (جرم) توده‌های هوا بر سطح اجسام (از جمله سطح آب) می‌باشد و مقدار آن را با بارومتر اندازه‌گیری می‌نمایند و برابر است با:

PSI A = ۱۴/۷ PSI

ب) فشارنسبی

به فشارهای بالاتر از فشار جو، **فشار نسبی یا مانومتری** می‌گویند. در فشار نسبی اندازه فشار هوا محاسبه نمی‌شود و مبدأ اندازه‌گیری آن از صفر می‌باشد و با مانومتر آن را اندازه‌گیری می‌کنند.

PSIg = PSIa - PSIA

ج) فشار مطلق

به مجموع فشار هوا و فشار نسبی، **فشار مطلق** می‌گویند. در فشار مطلق که با فشارسنج مرکب اندازه‌گیری می‌شود مبدا اندازه‌گیری آن خلاء کامل(صفر محاسبه) می‌شود.

PSIa = PSIg + PSIA

۳-۵-۲. در مقایسه با فشار هوا

فشار در مقایسه با فشار هوا در دو نوع به شرح ذیل وجود دارد:

الف) فشار منفی[۱]

فشارهای پایین‌تر از فشار هوا را فشار منفی گویند.

ب) فشار مثبت[۱]

[۱] . Negative pressure = NP

فشارهای بالاتر از فشار هوا را فشار مثبت گویند.

۳-۵-۳. از نظر کاربرد (اصطلاح)

فشار از نظر کاربرد، حسب استفاده از آن‌ها در وسایل و تجهیزات مانند: (هیدرانت‌ها، شلنگ‌ها، سرلوله‌ها و...) در سیستم یا شبکه آبرسانی نام‌گذاری می‌گردند. حدالمقدور به چند نمونه از آن‌ها به شرح ذیل اشاره می‌گردد.

الف) فشار ستونی آب[۲]

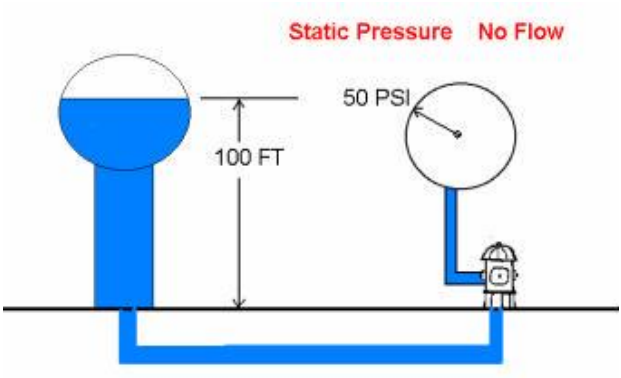
فشار به سمت پایین، ناشی از وزن ستون عمودی آب می‌باشد و مقدار آن برای هر یک (ft) فوت ستونی از آب برابر (psi) ۰/۴۳۴ پوند بر اینچ مربع و برای (ft) ۲/۳۴ فوت برابر ۱ پوند بر اینچ مربع می‌باشد.

ب) فشار استاتیکی[۳]

فشار سیال(آب)در حال سکون در سیستم یا شبکه آبرسانی (هیدرانت‌ها، شیلنگ‌های پراز آب با سرلوله بسته و...) را فشار استاتیکی گویند.

---

۱. Postive pressure = PP
۲. Head Pressure
۳. Static Pressure



تصویر ۳-۱. فشار استاتیکی

ج) فشار در حال جریان[۱]

فشار در حال جریان سیال (آب) زمانی که ازخروجی هیدرانت، پمپ‌ها و نازل سرلوله‌ها خارج می‌گردد را فشار در حال جریان گویند.

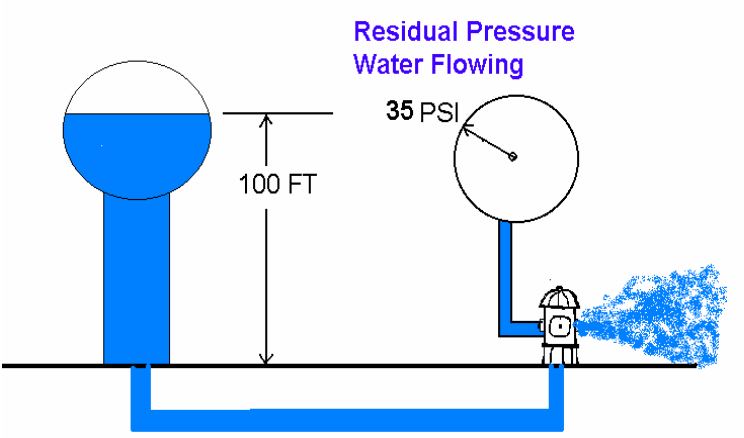
---

۱. Flow Pressure

تصویر۳-۲. فشار در جریان

د) فشارباقی مانده[۱]

فشار باقی مانده در سیستم آبرسانی (هیدرانت‌ها، پمپ‌ها، شلنگ‌ها و...) زمانی که آب از خروجی آن‌ها در جریان می‌باشد.



شکل ۳-۳. فشار باقی مانده

۱. Residual Pressure

ه) فشار سرعتی[۱]

فشار سرعتی با استفاده از پیتوت تیوب زمانی که آب از خروجی نازل یا هر خروجی دیگر(هیدرانت، پمپ....) خارج گردیده اندازه‌گیری می‌شود؛ بدین ترتیب که با استفاده از پیتوت تیوب و قرار دادن آن در مسیر جریان آب خروجی از نازل یا ... سرعت جریان آب را به فشار تبدیل و فشار سرعتی را محاسبه نمود.

و) فشار افتی

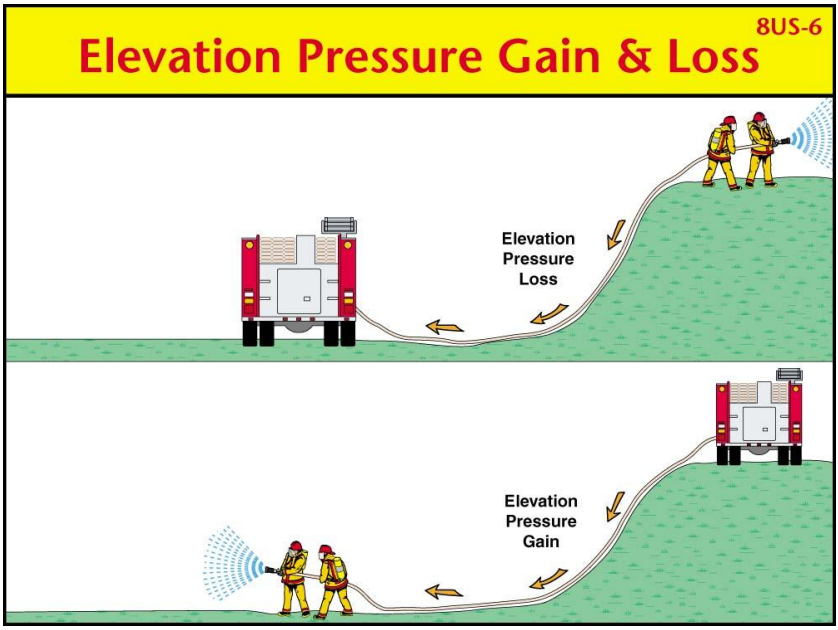
در حقیقت فشار پسرو افت فشاری می‌باشد که به واسطه ارتفاع ستونی آب با اختلاف سطح به‌وجود می‌آید. در این حالت نازل یا شلنگ در ارتفاع مانند طبقات ساختمان بلند و.... قرار دارد و افت فشار برای پمپ خواهد بود.

ز) فشار افزایشی

در حقیقت فشار پیشرو، فشارتولید شده‌ای می‌باشد که به واسطه عمق ستونی آب با اختلاف سطح به وجود می‌آید. در این حالت نازل یا شلنگ در عمق مانند طبقات زیرزمین ساختمان بلند و.... قرار دارد و این فشار کمکی برای فشار پمپ خواهد بود.

---

۱. Velocity Pressure



شکل ۳-۴. نمایش هردو حالت فشارکاربردی

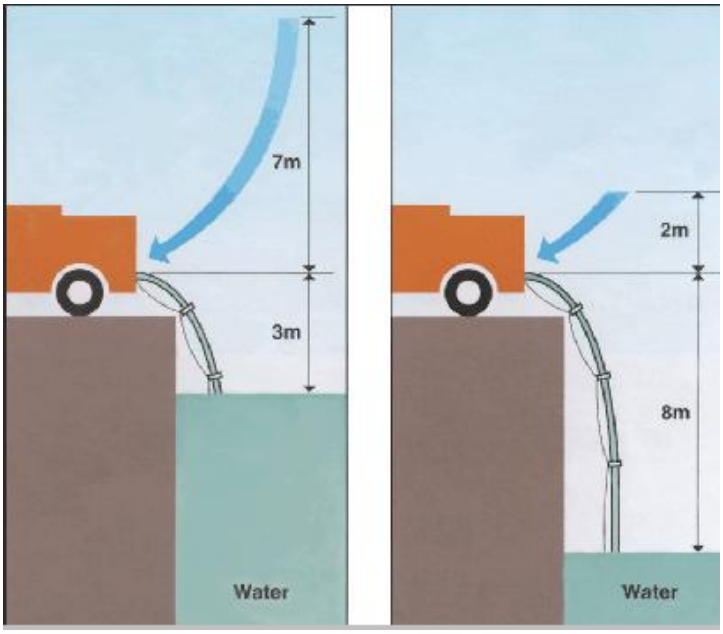
شایان ذکر است:

۱. کلیه فشارهای مذکور از نظر اندازه در تقسیم‌بندی ردیف اول قرار می‌گیرند.

۲. واحد اندازه‌گیری فشارهای مزبور در سیستم آمریکایی و انگلیسی پوند بـراینچ مربـع in^2 /lbs یا psi می‌باشد.

۳-۶. عمق مکش

فاصله عمودی بین مرکز ورودی پمپ تا سطح آب محل آبگیری از منابع روباز را عمق مکش گویند.



شکل ۳-۵. نمایش عمق مکش

ماکزیمم عمق مکش آب

$$۱۰/۳۳\ {}^{m}_{\text{آب}} = ۱۰۳۳\ {}^{cm}_{\text{آب}} = ۳۳/۸\ ft\ of\ water$$

ماکزیموم عمق مکش جیوه

$$۷۶\ {}^{cm}_{\text{جیوه}} = ۷۶۰\ {}^{mm}_{\text{جیوه}} = ۲۹/۸\ {}^{in}_{\text{جیوه}}$$

۳-۷. فشارسنج‌ها[۱]

دستگاه‌هایی هستند که بر روی وسایل و تجهیزات آتش‌نشانی نصب می‌شوند و جهت اندازه‌گیری مقدار فشار اعمال شده در آب (فشار ورودی به پمپ، خروجی از پمپ و فشار منفی) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

---

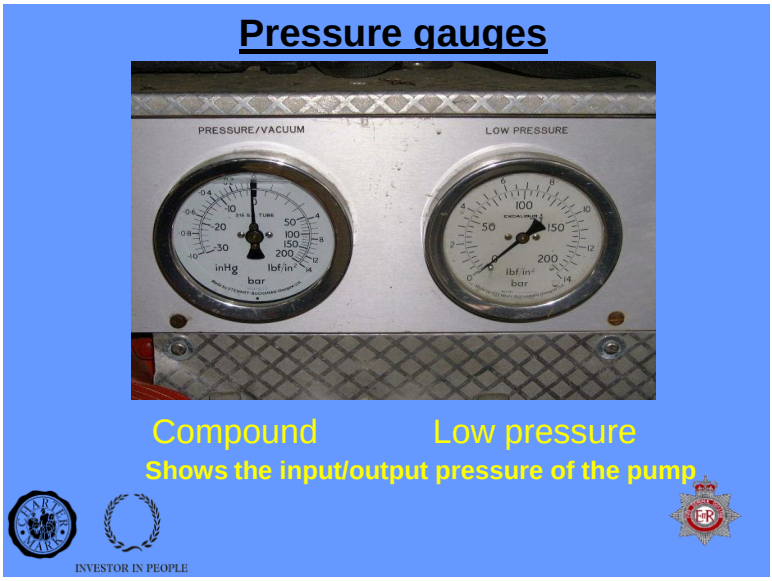
[۱] . ر. ک: Manual of firemanship book۷

۳-۷-۱. انواع فشارسنج‌ها

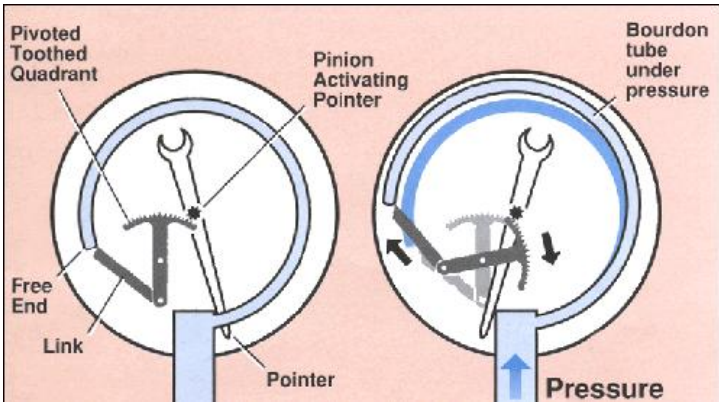
الف) فشار سنج ساده ب) فشارسنج مرکب

الف) فشارسنج ساده- این نوع فشارسنج‌ها جهت اندازه‌گیری فشارهای بالاتر از فشارهوا مورد استفاده قرار می‌گیرند. مانند فشارهای معمولی و قوی .

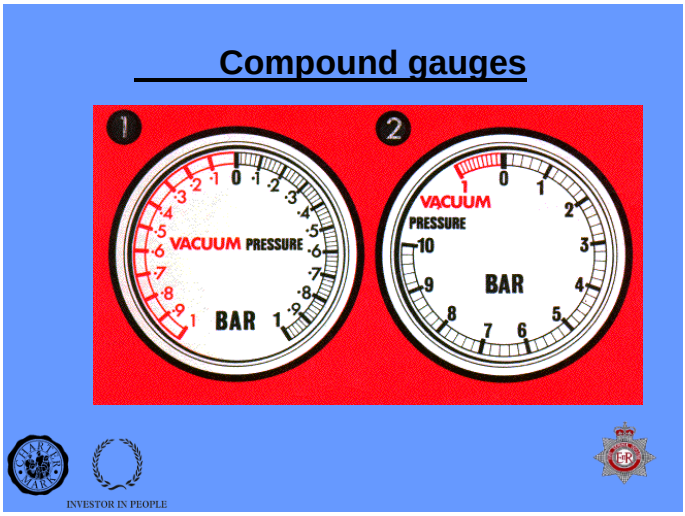
ب) فشارسنج مرکب- این نوع فشارسنج‌ها هم جهت اندازه‌گیری فشارهای بالاتر از فشارهوا (فشار آب منابع تحت فشار مانندهایدرانت‌ها، مخازن نصب در ارتفاع و...) در ورودی پمپ‌ها و همچنین اندازه‌گیری فشارهای پایین‌تر از هوا به هنگام آبگیری از منابع روباز (استخر، حوض، دریاچه و...) مورد استفاده قرار می‌گیرند.



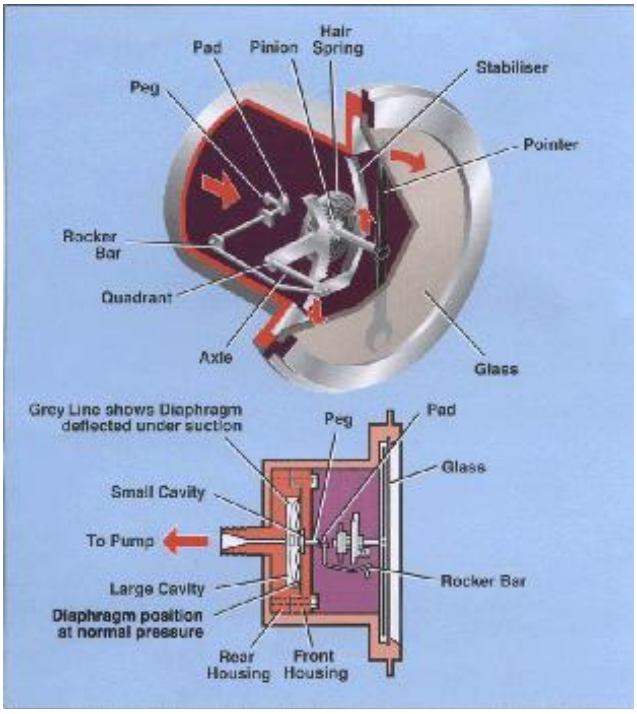
شکل ۳-۶. فشارسنج ساده و مرکب



شکل ۳-۷. ساختمان داخلی فشارسنج ساده



شکل ۳-۸. فشارسنج مرکب (نوع بوردن)



شکل ۳-۹. ساختمان داخلی فشارسنج مرکب (نوع بوردن)

خلاصه

معادلات فشار

برای آب

$$p = ۰/۴۳۴ \times h_w$$

برای جیوه

$$p = ۵/۹ h_{mer}$$

برای هر مایع

$$p = ۰/۴۳۴\ SG \times h_{any}$$

معادلات هد (ارتفاع ستونی آب)

برای آب

$h = ۲/۳ \times p$

برای جیوه

$h = ۲/۳ \times p$

قوانین فشار در مایعات

۱. فشار اعمال شده مایع (آب) به صورت عمود بر هر سطحی که به آن عمل می‌کند وارد می‌شود.

۲. فشار اعمال شده مایع (آب) به طور مساوی به تمامی جهات وارد می‌شود.

۳. فشار در سیالات (آب) رابطه مستقیم با چگالی آن دارد.

۴. فشار در مایعات (آب) رابطه مستقیم با (ارتفاع) آن دارد.

۵. فشار در سطح زیرین ظرف مستقل از شکل ظرف می‌باشد.

۶. فشار اعمال شده به آب (مایع) محدود در یک ظرف عیناً بی کم و کاست به تمام نقاط مایع (آب) منتقل می‌شود (قانون پاسکال).

اندازه فشار هوا در سطح دریا = ۱۴/۷ psi+

اندازه فشار مطلق= فشار نسبی + ۱۴/۷ psi

فشار نسبی = فشار مطلق – ۱۴/۷ psi

■ حداکثر ارتفاعی که می‌توان آب را با استفاده از فشار هوا به بالا برد (در کنار دریا) برابر با ۳۳/۸ فوت یا ۲۹/۸ اینچ برای جیوه است.

آزمون

۱- چه مقدار فشار با نصب منبع در ارتفاع ۵۰۰ فوتی در پایه محل برپایی برج ایجاد می‌شود؟

۲- فشار استاتیکی آب در هیدرانتی برابر با psi ۷۵ می‌باشد؛ برای ایجاد چنین فشاری باید منبع را در چه ارتفاعی از زمین نصب نمایید؟

۳- عقربه فشارسنجی اندازه فشار را psi۵۰ نشان می‌دهد؛ اندازه فشار مطلق در این حالت چقدر خواهد بود؟

۴- اندازه قطر مخزن آبی ft ۲۸ و ارتفاع آن ft ۴۲ می‌باشد؛ وزن کل آب مخزن و مقدار فشار ایجاد شده در سطح زیرین آن چقدر خواهد شد؟

۵- میزان فشار درپای لوله ایستاده[۱] به ارتفاع ft ۱۰۵ بر حسب psi چقدر خواهد شد؟

۶- فشار استاتیکی در هیدرانتی معادل psi ۴۲ می‌باشد؛ ارتفاع ستونی آب هوا[۲] در برابری با این مقدار فشار چقدر خواهد شد؟

۷- اندازه فشار تولید شده در سطح زیرین مخزنی به طول ft ۸، عرضft ۴ و ارتفاع ft ۳ بر حسب psi چقدرخواهد شد؟ در ضمن مقدار نیروی کل در همان سطح چقدر خواهد بود؟

۸- فشار ستونی آب در سطح زیرین آن برابر با psi ۴۳ می‌باشد. چنانچه جیوه را جایگزین همان ستون آب کنید در این صورت فشار ایجاد شده چقدر خواهد شد؟

۹- مقدار فشار آب در سطح زیرین مخزنی psi ۳۷ می‌باشد در صورتی که عمق مخزن را دو برابر کنید در این حالت اندازه فشار چقدر خواهد شد؟

۱۰- ارتفاع ستونی از جیوه ft ۲۳ می‌باشد اندازه فشار تولیدی ستون جیوه در سطح زیرین آن چقدر خواهد شد؟

---

۱. Standpipe
۲. head

۱۱- فشار تولیدی ۳۰ft ارتفاع ستونی آب برابر چه مقدار فشار مطلق خواهد بود؟

۱۲- ساختمانی۳۰۰ft ارتفاع دارد و مجهز به لوله خشک می‌باشد. برای رساندن آب به بالای این ساختمان حداقل فشار مورد نیاز در پمپ چقدر خواهد بود؟

۱۳- مخزن حاوی سوخت ft ۱۲ ارتفاع دارد. چنانچه چگالی نسبی سوخت ۰/۴۵ باشد فشار تولیدی در سطح زیرین آن چقدر خواهد شد؟

۱۴- اندازه فشار تولیدی در سطح زیرین مخزنی ۳۰۰psi می‌باشد. ارتفاع این مخزن را محاسبه نمایید؟

۱۵- مخزن آبی به اندازه ۶۴ft بالاتر از هیدرانتی که از طریق لوله‌کشی به آن آبرسانی می‌نماید قرار دارد. فشار استاتیکی هیدرانت را دراین حالت محاسبه نمایید؟

فصل چهارم

سرعت در مایعات

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[۱]، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. آشنایی با مفهوم سرعت و ارتباط آن با جریان آب

۲. معادلات و تکنیک‌های مربوط به محاسبه سرعت آب بر حسب فشار

۳. عوامل مؤثر بر سرعت در سیستم هیدرولیکی

۴. معادله پیوستگی و کاربرد آن به هنگام آبرسانی با استفاده از تبدیل‌ها و شلنگ‌ها

۵. شلنگ‌ها و افت فشار

---

[۱] . ر. ک: Firefighting - Hydraulics

۴-۱. سرعت

سرعت ، عبارت است از مسافت طی شده در واحد زمان .

در هیدرولیک آتش‌نشانی معمولاً سرعت آب بر حسب فوت بر ثانیه ft/sیا متر بر ثانیه m/s اندازه‌گیری می‌شود و عبارت است از سرعتی که در آن آب درون شلنگ‌ها در حال جریان می‌باشد.

چون قوانین حرکت سقوطی اجسام در مورد خروج آب از سرلوله‌ها نیز صدق می‌نماید. بنابراین در مورد سرعت جریان آب خواهید داشت:

۱. $V = g \times t$

۲. $g = ۳۲/۲\ ft/s^۲$

۳. $V = ۳۲/۲ \times t \rightarrow V = g \times t \rightarrow t = \frac{v}{g}$

۴. $h = \frac{۱}{۲} g t^۲ \rightarrow h = \frac{۱}{۲} g \times (\frac{v^۲}{g}) \rightarrow h = \frac{v^۲}{۲g}$

۵. $V^۲ = ۲g \times h \rightarrow v = \sqrt{۲g \times h}$

۶. $V = \sqrt{۲ \times ۳۲/۲ \times h} \rightarrow v = \sqrt{۶۴/۴ \times h}$

۷. $h = ۲/۳.P$ چون و $V = ۸/۲\sqrt{h}$

۸. $V = ۸/۲ \times \sqrt{۲/۳P} \rightarrow V = ۱۲/۱۴\sqrt{P}$ محاسبه سرعت در حالت استاتیک

۹. $V = ۱۲/۱۴\sqrt{NP}$ محاسبه سرعت در حال حرکت فشا ر نازل

مسایل نمونه

۱- فشارخروجی آب در یک نازل $۱\frac{۱''}{۸}$ اینچی برابر psi ۵۵ می‌باشد. سرعت جریان آب در نازل چقدر می‌باشد؟

$$V=۱۲/۱۴\sqrt{NP}\rightarrow v=۱۲/۱۴\sqrt{۵۵}$$

$$\rightarrow v=۱۲/۱۴\times ۷/۴۲=۹۱\ ft/s$$

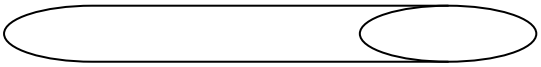
۲- سرعت جریان آب در نازل یک اینچی که با فشار psi ۱۰۰ آبدهی دارد چقدر می‌باشد؟

$$V=۱۲/۱۴\times\sqrt{NP}\rightarrow V=۱۲/۱۴\sqrt{۱۰۰}$$

$$V=۱۲۱/۱۴\ ft/s$$

معادله پیوستگی

از آنجایی که اصولاً آب ماده‌ای غیرقابل تراکم می‌باشد، لذا اگر مقداری آب را از یک سر شلنگ به داخل آن وارد نماییم قاعدتاً همان مقدار آب از سر دیگرآن خارج خواهد شد (به فرض اینکه قبلاً شلنگ کاملاً پراز آب شده باشد)؛ یعنی هر چقدر آب داخل شلنگ شود باید از طرف دیگر همان مقدار خارج شود. به همین منظور به معادله‌ای که در این خصوص مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادله پیوستگی گویند.

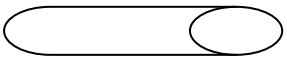
$۱۰۰۰\ gpm \rightarrow$  $\rightarrow ۱۰۰۰\ gpm$

$Q=V.A$

*- این اصل مستقل از شکل اندازه وطول شلنگ یا رشته شلنگ می‌باشد، بنابراین:

$$Q_۱=۵۰۰۰\ gpm$$

$$Q_۲=۵۰۰۰\ gpm$$



$$Q_۱=V_۱\times A_۱$$

$$Q_۲=V_۲\times A_۲$$

$$Q_۱ = Q_۲ = \Rightarrow V_۱ \times A_۱ = V_۲ A_۲$$

$$V_۲ = \frac{V_۱ \times A_۱}{A_۲}$$

مثال: به فرض اینکه سرعت جریان آب در شلنگی با سطح مقطع ۲ $ft^۲$، فوت مربع ۱۰ft/s فوت بر ثانیه باشد. سرعت آب با یک شلنگ دارای سطح مقطع ۴ $ft^۲$ فوت مربع چقدر خواهد بود؟ (با همان اندازه آبدهی)

$$V_۲ = \frac{V_۱ \times A_۱}{A_۲} \rightarrow \qquad V_۲ = \frac{۱۰ \times ۲}{۴} = ۵\ ft/s$$

$$A = \frac{d}{۲} \times \frac{d}{۲} \times \pi \rightarrow A = \frac{d^۲ \times ۳/۱۴}{d_۲^۲} \rightarrow A = ۰/۷۸۵ \times d^۲$$

$$V_۲ = \frac{۰/۷۸۵ d_۱^۲ \times V_۱}{۰/۷۸۵ d_۲^۲} \rightarrow$$

$$V_۲ = \frac{d_۱^۲ \times V_۱}{d_۲^۲}$$

با خلاصه نمودن فرمول می‌توان اظهار داشت:

Q=V.A

$$Q = V.A \rightarrow Q = ۰/۷۸۵ d^۲ \times V$$

$$A = ۰/۷۸۵ \times d^۲$$

$$V = \frac{Q}{۰/۷۸۵ d^۲}$$

■ سرعت آب در شلنگ با توان دوم قطر شلنگ نسبت معکوس دارد (به شرط ثابت ماندن آبدهی).

الف) با افزایش قطرشلنگ، سرعت جریان آب در شلنگ کمتر می‌شود .

ب) با کاهش قطر شلنگ، سرعت جریان آب در شلنگ بیشتر می‌شود.

به‌طور مثال: اگر مقدار آبدهی در شلنگ‌ها ثابت باشد و قطر شلنگ نصف شود سرعت جریان آب ۴ برابر می‌شود و اگر قطر شلنگ دو برابر گردد، سرعت جریان آب در شلنگ $\frac{۱}{۴}$ می‌شود .

اگر $d_۲ \rightarrow ۲d_۱ \rightarrow$ آنگاه $\rightarrow V_۲ \rightarrow ۴V_۱$

چند مثال از معادله پیوستگی

۱- فشار استاتیکی در هیدرانت ایستاده برابر با ۱۰۰psi می‌باشد. سرعت آب پس از باز نمودن آن چقدر خواهد شد؟

$$V = ۸/۲\sqrt{h} \rightarrow h = ۲/۳p \rightarrow h = ۲/۳ \times ۱۰۰ \rightarrow h = ۲۳۱\ ft$$

$$V = ۸/۲\sqrt{۲۳۱} \rightarrow v \approx ۱۲۴\ ft/s$$

۲- فشار آبدهی در یک رشته شلنگ برابر ۱۰۰ psi می‌باشد، سرعت آب برحسب ft/s چقدر است؟

$$V = ۱۲/۱۴\sqrt{NP} \rightarrow v = ۱۲/۱۴\sqrt{۱۰۰}$$

$$V = ۱۲۱/۴\ ft/s$$

۳- سرعت حرکت آب نازلی برابر با ۵۰ ft/s است. فشار نازل بر حسب psi چقدر است؟

$$V = ۱۲/۱۴ \times \sqrt{NP} \rightarrow ۵۰ = ۱۲/۱۴\sqrt{NP}$$

$$\sqrt{NP} = \frac{۵۰}{۱۲/۱۴} \rightarrow \sqrt{NP} = ۴ \rightarrow N_p = ۱۶\ psi$$

۴- یک خط شلنگ یک اینچی با تبدیل به خط شلنگ ۲ اینچی در آمده است. اگر سرعت در خط شلنگ ۱ اینچی برابر ۵۰ ft/s می‌باشد، سرعت در خط شلنگ ۲ اینچی چقدر خواهد شد؟

$$v_۲^۲=\frac{V_۱\times d_۱^۲}{d_۲^۲}\rightarrow v_۲^۲=\frac{۵۰\times(۱^۲)}{۲^۲}=\frac{۵۰}{۴}\rightarrow ۱۲/۵\ ft/s$$

- یعنی با دو برابر شدن قطر شلنگ سرعت $\frac{۱}{۴}$ شده است.

۵- دو شلنگ با قطرهای متفاوت به واسطه یک تبدیل به یکدیگر متصل شده‌اند. سرعت حرکت آب در اولی ft/s ۱۰۰ و در دومی ۵۰ ft/s است. نسبت سطح مقطع شلنگ‌ها را محاسبه نمایید.

$$V_۱A_۱=V_۲A_۲\rightarrow\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{A_۲}{A_۱}$$

$$\frac{۱۰۰}{۵۰}=\frac{A_۲}{A_۱}\rightarrow\frac{۲}{۱}=\frac{A_۲}{A_۱}\rightarrow \text{ یا } \frac{A_۱}{A_۲}=\frac{۱}{۲}$$

۶- یک رشته شلنگ "۲/۵ اینچی به یک رشته شلنگ "۳ اینچی متصل شده است. نسبت سرعت‌های آنها به یکدیگر چگونه است؟

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{A_۲}{A_۱}\rightarrow\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{d_۲^۲}{d_۱^۲}\rightarrow\frac{v_۱}{v_۲}=\frac{۹}{۶/۲۵}$$

خلاصه

- سرعت عبارت است از چگونگی تندی جسم در حال حرکت. در آتش‌نشانی سرعت را بر حسب فوت بر ثانیه اندازه‌گیری می‌کنند.
- سرعت جریان مستمر آب نازل از فرمول: $V=۸/۲\sqrt{h}$ محاسبه می‌شود.
- سرعت آب در حال جریان نازل از فرمول: $V=۱۲/۱۴\times\sqrt{NP}$ محاسبه می‌شود.

- مقدار آب وارد شده به درون یک خط شلنگ برابر آب خارج شده از شلنگ می‌باشد.

سرعت آب در خط شلنگ

۱- با سطح مقطع شلنگ رابطه معکوس دارد.

$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

۲- با توان دوم قطر شلنگ رابطه معکوس دارد.

$$V_2 = \frac{V_1 \times d_1^2}{d_2^2}$$

آزمون

۱- سرعت جریان آب از نازلی برابر با ۵۰ ft/s می‌باشد. فشار جریان آب در نازل چقدر خواهد بود؟

۲- خط شلنگ ۱ اینجی با استفاده از تبدیل به خط شلنگ ۲ اینچی متصل شده است. سرعت جریان آب در خط شلنگ ۱ اینچی برابر با ۵۰ ft/s است. سرعت جریان آب را در خط شلنگ ۲ اینچی بر حسب ft/s محاسبه نمایید؟

۳- یک شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچی با استفاده از واسطه به شلنگ ۳ اینچی متصل گردیده است. نسبت سرعت آن‌ها را به یکدیگر محاسبه نمایید؟

۴- فشار جریان آب از خط شلنگی ۱۰۰ psi می‌باشد. سرعت جریان آب برحسب ft/s چقدر خواهد شد؟

۵- سرعت جریان آب از نازلی ۵۰ ft/s است. ارتفاع استاتیکی معادل این فشار چقدر خواهد شد؟

۶- آچار شلنگی به‌طور ناگهانی از دست یک آتش‌نشان از بالای ساختمان بلندی رها شده و به طرف پایین سقوط و پس از ۳ ثانیه به زمین می‌رسد. سرعت(ft/s) آچار در زمان برخورد آن با زمین چقدر می‌باشد؟

۷- ارتفاع ساختمان را در تمرین شماره ۶ برحسب ft محاسبه نمایید؟

۸- فشار استاتیکی هیدرانتی برابر با psi ۹۵ می‌باشد. سرعت جریان آب در زمان باز شدن هیدرانت بر حسب ft/s چقدر خواهد شد؟

۹- اگر اندازه فشار در هیدرانت تمرین ۸ زمان باز شدن کامل هیدرانت به psi ۶۴ کاهش یابد سرعت جریان آبدهی را بر حسب ft/s محاسبه نمایید؟

۱۰- اگر سرعت جریان آب خروجی از نازلی به قطر $۱\frac{۱}{۸}$ اینچی برابر با ft/s ۱۲۱ باشد، اندازه فشار آب برحسب psi چقدر خواهد شد؟

۱۱- اندازه قطر خط شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچی را با استفاده از تبدیل به $۱\frac{۱}{۲}$ اینچی تقلیل می‌دهید. اگر سرعت در خط شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچی ft/s ۱۶ باشد، اندازه سرعت برحسب ft/s در خط شلنگ $۱\frac{۱}{۲}$ اینچی چقدر خواهدشد؟

۱۲- اگرجسم در حال سقوط با سرعت ft/s ۱۶۱ با زمین برخورد نماید، اولاً: جسم چه مدتی درحال سقوط بوده است، ثانیاً: ارتفاع سقوط آن چقدر می‌باشد؟

۱۳- نازلی را باز و از آن با فشارpsi ۷۳ آبدهی می‌نمایید. سرعت جریان آب بر حسب ft/s در دهانه خروجی نازل چقدر خواهد شد؟

۱۴- با سرعت ft/s ۶۲ از خروجی نازلی آب در حال جریان می‌باشد، فشار آب در خروجی نازل چقدرخواهد شد؟

۱۵- سرعت جریان آب در خط شلنگ ۴ in اینچی ۱ ft/s می‌باشد. اگر خط شلنگ ۴ in اینچی با تبدیل به یک خط شلنگ ۳ in اینچی متصل گردد، مقدار سرعت برحسب ft/s در خط شلنگ ۳ in اینچی چقدر خواهد شد؟

۱۶- سرعت جریان آب را در دهانه نازلی که با فشار ۱۴۴ psi آبدهی می‌نماید، بر حسب ft/s محاسبه نمایید؟

فصل پنجم

عوامل مؤثر در جریان آبدهی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[۱]، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. آشنایی با مفهوم جریان آب، محاسبه مقدار جریان آبدهی شلنگ‌ها و عوامل مؤثر در آن
۲. انرژی و انواع آن
۳. معادله برنولی
۴. اصل بقای انرژی
۵. جریان آب در نازل‌ها
۶. فرمول محاسبه میزان آبدهی در نازل‌ها، اندازه و انواع آنها
۷. ترکیب نازل‌ها و فرمول‌های محاسبه قطر معادل در نازل‌ها

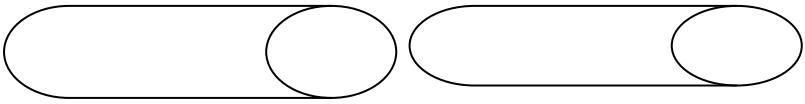
هدف اصلی علم هیدرولیک آتش‌نشانی به حرکت در آوردن مقداری آب از نقطه‌ای به نقطه دیگر است، مثلاً از محل آبگیری تا محل حریق در این فصل با عوامل مؤثر در جریان آبدهی در شلنگ‌ها و نازل‌ها را مورد مطالعه قرار می‌دهید.

---

[۱] . ر. ک: Firefighting - Hydraulics

۵-۱. بازدهی

بازدهی یا میزان آبدهی (جریان) معمولاً بر حسب گالن در دقیقه یا فوت مکعب در ثانیه است.



$$Q = V \times A$$

$$Q = ft/s \times ft^{۲} \rightarrow Q = ft^{۳}/s$$

$$Q = m/s \times m^{۲} \rightarrow Q = m^{۳}/s$$

میزان بازدهی به سرعت جریان آن و سطح قاعده یا قطر(شلنگ یا نازل) بستگی دارد.

مثال۱: سرعت جریان آب در سر نازلی به قطر ۱ اینچ ۱۰۰ فوت بر ثانیه است. اولاً مقدار آبدهی نازل را بر حسب فوت مکعب در ثانیه $ft^{۳}/s$ ثانیاً بر حسب گالن در دقیقه (gpm) محاسبه نمایید؟

$$Q = V.A$$

$$Q = V \times ۰/۷۸۵ \times d^{۲} \rightarrow \quad Q = ۱۰۰ \times ۰/۷۸۵ \times (\frac{۱}{۱۲})^{۲}$$

$$Q = ۰/۵۴۵ \ ft^{۳}/s$$

$$ft^{۳}/s \times ۶۰ \times ۷/۴۸ = ۴۴۹ \ gpm$$

۱) $ft^{۳}/s \times ۴۴۹ = gpm$

۲) $gpm \div ۴۴۹ = ft^{۳}/s$

$$Q = ۰/۵۴۵ \times ۴۴۹ \rightarrow Q = ۲۴۵ \ gpm$$

مثال۲- میزان آبدهی نازلی با قطر $۱\frac{۱}{۲}$ اینچ ۵۰ gpm می‌باشد. اگر بخواهیم مقدار آبدهی آن را به ۱۰۰ gpm افزایش دهیم، اولاً سرعت ابتدایی، ثانیاً سرعت ثانوی را محاسبه نمایید.

$$Q=V\times A\rightarrow V_۱=\frac{Q_۱}{A_۱}\rightarrow V_۱=\frac{Q_۱}{۰/۷۸۵\times d_۱^۲}$$

$$۵۰\div ۴۴۹=۰/۱۱۱\ ft^۳$$

$$V_۱=\frac{۰/۱۱۱}{۰/۷۸۵\times(\frac{۱/۵}{۱۲})^۲}\rightarrow V_۱=۹/۰۲\ ft/s$$

$$A_۱=۰/۷۸۵\times(\frac{۱/۵}{۱۲})^۲=۰/۰۱۲۳\ ft^۲$$

$$V_۱\times A_۱=V_۲\times A_۲$$

$$۹/۰۲\times ۰/۰۱۲۳=V_۲\times ۰/۰۱۲۳\rightarrow ?$$

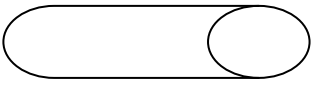
$$۱۰۰\div ۴۴۹=۰/۲۲۲\ ft^۳/s$$

$$V_۲=\frac{۰/۲۲۲}{۰/۷۸۵\times(\frac{۱/۵}{۱۲})^۲}=۱۸/۰۴\ ft/s$$

بحث پیرامون فرمول آبدهی

۱. با سطح مقطع شلنگ یا نازل

$$Q=V\times A$$



۲. با قطر نازل یا شلنگ

$$Q=V\times ۰/۷۸۵\times d^۲$$

با توجه به فرمول‌های فوق می‌توان اظهار داشت:

۱- اگر اندازه قطر نازل یا شلنگ ثابت باشد، میزان آبدهی به کم یا زیاد شدن سرعت جریان آب بستگی دارد. یعنی با افزایش میزان سرعت، آبدهی افزایش و با کاهش آن (سرعت) میزان بازدهی نیز کاهش می‌یابد.

۲- اگر میزان بازدهی از شلنگ ثابت بماند، در این صورت سرعت آب در شلنگ با توان دوم قطر آن نسبت عکس دارد. یعنی با افزایش قطر، سرعت کاهش و با کاهش قطر، سرعت جریان آب افزایش می‌یابد.

$$V_{\downarrow}=\frac{Q}{۰/۷۸۵\times d^{۲}_{\downarrow}} \qquad V_{\downarrow}=\frac{Q}{۰/۷۸۵\times d^{۲}_{\uparrow}}$$

- یعنی اگر بازدهی ثابت بماند و قطر دو برابر شود سرعت $\frac{۱}{۴}$ می شود و اگر قطر نصف شود سرعت ۴ برابر می‌شود.

$$V_{۲}A_{۱}=V_{۲}A_{۲}$$

$$V_{۱}\,۰/۷۸۵\,d_{۱}^{۲}=V_{۲}\;۰/۷۸۵\;d_{۲}^{۲}\rightarrow v_{۱}d_{۱}^{۲}=v_{۲}d_{۲}^{۲}$$

$$v_{۱}\times(۱)^{۲}=v_{۲}\times(۲)^{۲}\rightarrow v_{۱}=v_{۲}\times۴$$

$$v_{۱}\times(۱)^{۲}=v_{۲}\times(\frac{۱}{۲})^{۲}\rightarrow v_{۲}=۴v_{۱}$$

۵-۲. انرژی‌های موجود در آب در حال جریان

در شلنگ‌های آتش‌نشانی یا در سیستم هیدرولیکی مرتبط سه نوع انرژی در آب حال جریان وجود دارد که عبارتند از:

۵-۲-۱. انرژی پتانسیل

انرژی غیر قابل استفاده یا از آن استفاده نشده است. انرژی پتانسیل بر اثر اختلاف ارتفاع از سطح به‌وجود می‌آید. به فرض اینکه انرژی پتانسیل صفر باشد. اختلاف ارتفاع انرژی پتانسیل در نازل است.

$h = E_{po}$

اگر شلنگ یا سرلوله با پمپ هیچ اختلاف ارتفاعی نداشته باشد (معمولاً شلنگ‌های آتش‌نشانی بر روی زمین قرار دارند و اختلاف ارتفاع از سطح ندارند) انرژی پتانسیل صفر خواهد بود. بنابراین انرژی پتانسیل در سرلوله‌ها فاکتور مهمی نخواهد بود.

۵-۲-۲. انرژی فشاری[۱]

اگر مقدار فشار در شلنگ بسته افزایش یابد، یعنی با افزایش نیرو، فشار نیز افزایش خواهد یافت $p^{\uparrow} = \frac{F^{\uparrow}}{A}$. فشار ممکن است در آب در حال جریان نیز وجود داشته باشد. انرژی فشاری در شلنگ آب در حال جریان به‌طور عمود بر دیواره‌های داخلی شلنگ وارد می‌شود.

$h = ۲/۳\ p$

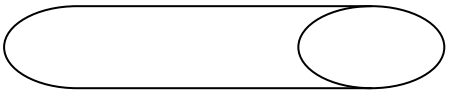
$EP = ۲/۳\ p$

۵-۲-۳. انرژی سرعتی[۲]

---

۱. Pressure ENERGY
۲. Velocity energy

انرژیی است که آب بنا به حرکت و تغییر مکانش دارد و انرژی جنبشی نیز نامیده می‌شود. این انرژی فقط در جهت جریان آب می‌باشد و به دیواره شلنگ‌ها وارد نمی‌شود.



$$V_E = \frac{V^2}{2g}$$

جمع انرژی‌های موجود در آب $p + \frac{V^2}{2g} + h$ = انرژی کل ۲/۳

۵-۳. اصل بقاء انرژی

انرژی نه به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود؛ بلکه فقط از صورتی به صورت دیگر تغییر پیدا می‌کند. اگر به فرض این فرضیه درست باشد، بنابراین انرژی‌های موجود در یک سمت شلنگ با انرژی‌های موجود در سمت دیگر آن برابر می‌شود. به این معنی که اندازه انرژی کل در هر دو طرف ثابت است. لیکن ممکن است هر انرژی نیز خودبه تنهایی تغییر یابد، ولی در مجموع در دو طرف شلنگ انرژی کل ثابت می‌ماند.

اگر انرژی در یک سیستم هیدرولیکی نه گرفته شود و نه اضافه شود، بنابراین انرژی کلی ثابت باقی خواهد ماند.

$$E.Total_1 = E.Total_2 = cte$$

ممکن است این سوال مطرح شود **که** چرا پمپ با فشار ۱۰ atm اتمسفرکار می‌کند، در صورتی که با کشیدن ۱۰۰ متر شلنگ " ۲/۵ در سرلوله ۹ atm فشار داریم. پس یک اتمسفر فشار با توجه به اصل بقای انرژی کجا رفته است و چه شده است؟

جواب: بله انرژی‌های طرفین مساوی است و یک اتمسفر نیز بر اثر اصطکاک آب با جداره داخلی شلنگ و سایر ملکول‌های آب و قفل و بست‌ها به صورت انرژی حرارتی درآمده و از بین می‌رود که ملموس و محسوس نمی‌باشد.

صرف نظر از انرژی‌های تلف شده به صورت حرارت در فرمول خواهیم داشت:

$$P_۱E + V_۱E + P_۱E = P_۲E + V_۲E + P_۲\,OE$$

$$۲/۳P_۱ + \frac{V_۱^۲}{۲g} + h_۱ = ۲/۳P_۲ + \frac{V_۲^۲}{۲g} + h_۲$$

بنابراین اگر دو سر شلنگ را در دو سطح (هم‌سطح) داشته باشیم، در شلنگ‌ها فقط انرژی فشاری و سرعتی خواهیم داشت:

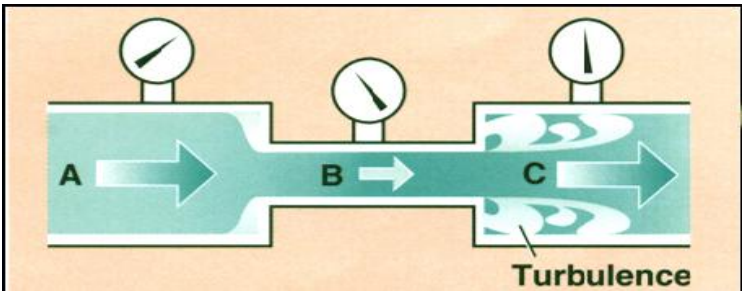
$$۲/۳P_۱ + \frac{V_۱^۲}{۲g} = ۲/۳P_۲ + \frac{V_۲^۲}{۲g}$$

اگر میزان بازدهی ثابت بماند هر چه قطر شلنگ‌ها بیشتر باشد، سرعت آن کمتر و فشارش بیشتر خواهد شد و هر چه شلنگ قطرش کمتر باشد، سرعت آب در آن بیشتر و فشارش کمتر خواهد شد.

نتیجه

۱. در قطر بزرگ انرژی سرعتی به انرژی فشاری تبدیل می‌شود.

۲. در قطر کوچک انرژی فشاری به انرژی سرعتی تبدیل می‌شود.



$$(V_B > V_A, V_B > V_C), (P_A > P_B), (P_A > P_C), (P_B < P_C < P_A)$$

۵-۴. جریان آب در نازل‌ها (نازل سرلوله‌ها)

۵-۴-۱. اهداف استفاده از نازل در سرلوله‌ها

الف) ایجاد و افزایش سرعت جریان آب (تبدیل قطر بزرگ به قطر کوچک یعنی تبدیل انرژی فشاری به سرعتی)

ب) شکل دادن به جریان و مقدار آب خروجی (جتی یا اسپری)

ج) کنترل میزان بازدهی جریان آب (کم، زیاد، بسته یا باز)

- هدف از اسپری (فوگ)[۱] نمودن جریان آب در نازل سرلوله‌های مجهز به نازل اسپری، افزایش اثر خنک‌کنندگی آب (قطرات آب با سطح تماس بالا با حریق) می‌باشد.

۵-۴-۲. انواع نازل‌ها و اندازه آنها

الف) سرلوله نازل جتی[۲]: جریان آبدهی به‌صورت یک تکه[۳]

ب) سرلوله نازل اسپری (مه‌پاش یا فوگ) [۱]

---

۱. Fog
۲. Smoot bore nozzles
۳. Straight stream=solid stream=jet stream

اندازه قطردهانه: نازل‌ها از "$\frac{۱}{۴}$ اینچ تا "۲ اینچ می‌باشد.

۵-۴-۳. زاویه‌های جریان آب در نازل‌ها

- جتی	۰ صفر درجه
- اسپری	۳۰ درجه
-	۶۰ درجه
-	۹۰ درجه
شیلدر[۲] - سپر حرارتی	۱۸۰درجه

۵-۴-۴. مقدار آبدهی (جریان آبدهی) در نازل‌ها

برای محاسبه تأمین آب مورد نیاز، نحوه استفاده از آب به اشکال مختلف در آتش سوزی‌ها و همچنین کنترل حریق، بهره‌برداری از سرلوله‌ها همراه با نازل‌های گوناگون در اندازه‌های مختلف را برای آتش‌نشانان کاملاً امری ضروری می‌نماید. علی‌هذا محاسبه مقدار آبدهی نازل‌ها درسیستم‌های اندازه‌گیری، جهت آگاهی به شرح ذیل ارائه می‌گردد.

فرمول آبدهی (آمریکایی) $Q = ۳۰ d^{۲} \times \sqrt{NP}$

Q= آبدهی برحسب گالن در دقیقه (Gpm)

d= قطر نازل برحسب اینچ (inch)

NP= فشار آب در نازل برحسب پوند بر اینچ مربع (psi)

۴ لیتر≈ لیتر ۳/۷۸۵ ← US. gallon (گالن امریکایی)

---

۱. Fog or spray nozzles
۲. Sheilders

مثال۱: بازدهی سرلوله‌ای با قطر نازلی به اندازه $۱\frac{۱}{۴}$ اینچ که با فشار psi ۱۰۰ آبدهی می‌نماید، چقدر می‌باشد؟

$$Q=۳۰d^{۲}\times\sqrt{NP}$$

$$Q=۳۰\times(\frac{۵}{۴})^{۲}\times\sqrt{۱۰۰}\rightarrow Q=۳۰\times\frac{۲۵}{۱۶}\times۱۰ \qquad NP=۱۰۰Psi$$

$$Q=۶۷۵\rightarrow ۶۷۵\times۴=۲۷۰۰ \text{ لیتر} \quad d=۱\frac{۱''}{۴}$$

توجه‌مهم: برای محاسبه میزان بازدهی سرلوله‌های (نازل‌های) جتی و اسپری از فرمول $Q=۳۰d^{۲}\times\sqrt{NP}$ استفاده می‌نماییم. چنانچه اندازه قطر نازل مورد استفاده از نصف قطر شلنگ متصل به نازل بزرگ‌تر باشد، از فرمول ضریب درستی بازدهی C ازفرمول ذیل به‌دست می‌آید استفاده می‌نماییم. ضریب به‌دست آمده در میزان آبدهی (از فرمول فوق الذکر) ضرب گردیده تا مقدار دقیق (صحیح) آبدهی در نازل‌ها به‌دست آید.

$$C=\frac{D^{۲}}{\sqrt{D^{۴}-d^{۴}}}$$

D= قطر شلنگ متصل به نازل بر حسب اینچ

d= قطر نازل خروجی آب بر حسب اینچ

C= ضریب درستی (بدون واحد)(عدد)

مثال۲: مقدار بازدهی دقیق (صحیح) از یک نازل ۲ اینچ با استفاده از شلنگ ۲/۵ اینچ با فشار psi۱۰۰ چقدر است؟

$$Q=۳۰d^{۲}\times\sqrt{NP}$$

$$p=۱۰۰\ psi$$

$$Q=۳۰\times(۲)^{۲}\times\sqrt{۱۰۰}\rightarrow Q=۳۰\times۴\times۱۰ \qquad d=۲''$$

$D=۲/۵"$

$d>\frac{D}{۲}$ چون

$Q=۱۲۰۰\,Gpm$ (گالن در دقیقه)

$$C=\frac{D^{۲}}{\sqrt{D^{۴}-d^{۴}}}\rightarrow c=\frac{(۲/۵)^{۲}}{\sqrt{(\frac{۲}{۵})^{۴}-۲^{۴}}}$$

$c=?$

$$C=\frac{۶/۲۵}{\sqrt{۳۹/۱-۱۶}}=\frac{۶/۲۵}{\sqrt{۲۳/۱}}\rightarrow c=\frac{۶/۲۵}{۴/۸}\approx ۱/۳$$

$Q=?$

$C=۱/۳\rightarrow Q=۱۲۰۰\times ۱/۳=۱۵۶۰\,Gpm$

فرمول آبدهی نازل(انگلیسی)[۱] $G=۲۵\times d^{۲}\times\sqrt{NP}$

G = مقدار آبدهی بر حسب گالن در دقیقه

گالن انگلیسی[۲] $=۴/۵۴۶\approx ۴/۵$

d= قطر نازل بر حسب اینچ in

NP= فشار آب در نازل بر حسب psi

فرمول فرانسوی متریک (SI) $L=\frac{۲}{۳}\times d^{۲}\times\sqrt{NP}$

L= مقدار آبدهی بر حسب Lpm

---

[۱] . ر. ک: Manual of firemanship Book۷

[۲] . UK.GALLON

d= قطر نازل بر حسب میلی‌متر(mm)

NP فشار آب در نازل بر حسب bar یا kg/cm^2 یا اتمسفر (atm)

لیتر m^3 =۱۰۰۰

مقایسه جریان آبدهی نازل‌ها با اندازه‌های متفاوت در فشارهای مساوی

$$Q=30\times d^2\times\sqrt{NP}\rightarrow\sqrt{NP}=\frac{Q}{30\cdot d^2}$$

$$\sqrt{NP_1}=\sqrt{NP_2}\rightarrow\frac{Q_1}{30\cdot d_2^2}=\frac{Q_2}{30\cdot d_1^2}\rightarrow\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{d_1^2}{d_2^2}$$

$$\frac{d_1^2}{d_2^2}=\frac{A_2}{A_1}\rightarrow\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{A_2}{A_1}$$

$$\text{بطور کلی}\rightarrow\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{d_2^2}{d_1^2}=\frac{A_1}{A_2}$$

۵-۴-۵. ترکیب نازل‌ها

مقایسه جریان آبدهی نازل‌ها ما را قادر می‌سازد تا:

الف) چگونه این نازل‌ها را ترکیب نماییم.

ب) چطور قطر معادل نازل‌ها را به‌دست آوریم.

ج) چطور فشار پمپ را که متصل به سرلوله‌های خروجی هستند محاسبه نماییم.

عامل مهمی که تأثیرگذار بر جریان آبدهی است مساحت قاعده شلنگ یا نازل است که اگر فشار را ثابت نگهداریم با افزایش قطر نازل۱به ۲، بازدهی چهار برابر خواهد شد و اگر قطر مساحت از یک به نصف تبدیل شود، بازدهی $\frac{1}{4}$ خواهد شد.

مثال۱: جریان آبدهی نازل $\frac{۳}{۴}$ اینچی را با یک نازل $۱\frac{۱}{۲}$ اینچی مقایسه نمایید؟

$$\frac{A_۱}{A_۲}=\frac{۰/۷۸۵\times d_۱^۲}{۰/۷۸۵\times d_۲^۲}\rightarrow \qquad \frac{A_۱}{A_۲}=\frac{(۰/۷۵)^۲}{(۱/۵)^۲}=\frac{۰/۷۵\times ۰/۷۵}{۲/۲۵}=$$

$$\rightarrow \quad \frac{۱}{۴} \quad \rightarrow \quad \frac{A_۲}{A_۱}=۴$$

یعنی یک نازل "۱/۵ اینچی ۴ برابر یک نازل $\frac{۳}{۴}$ اینچی آبدهی خواهد داشت، در صورتی که فشار در هر دو نازل ثابت باشد.

بنابراین:

$$r=\frac{Q_۱}{Q_۲}=\frac{d_۲^۲}{d_۱^۲}=\frac{A_۲}{A_۱}$$

r - ظرفیت نسبی آبدهی نازل‌ها است که با مقایسه قطرها، سطح مقطع‌ها و یا آبدهی به‌دست می‌آید.

$$A=۰/۷۸۵\times d^۲ \rightarrow \text{ در اصل } \rightarrow r=\frac{d_۱^۲}{d_۲^۲}$$

مقایسه آبدهی یک نازل با قطر بزرگ با آبدهی چند نازل با قطرهای یکسان(مساوی) در فشارهای مساوی

$$de=d\times\sqrt{n}$$

de= قطر نازل بزرگ یا قطر معادل

d= اندازه یکی از قطرهای مساوی (چند قطر یکسان)

n= تعداد قطرهای مساوی

مقایسه آبدهی یک نازل با قطر بزرگ با آبدهی چند نازل با قطرهای غیر یکسان (نامساوی) در فشارهای مساوی

$$de=\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2+d_4^2+....}$$

de= قطر معادل (بزرگ)

d_1 = قطر نازل اول

d_2 = قطر نازل دوم

d_3 = قطر نازل سوم

d_4 = قطر نازل چهارم

مثال۱- یک نازل"۲ اینچی چند برابر یک نازل ۱ اینچی آبدهی دارد؟ (فشار در خروجی نازل‌ها یکسان می‌باشد)

$$de=d\times\sqrt{n}\rightarrow de=2"\quad d=1"\quad n=?$$

$$2=1\times\sqrt{n}\rightarrow\sqrt{n}=\frac{2}{1}\rightarrow n=4$$ چهار برابر ابدهی دارد

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

مثال۲: آبدهی یک نازل "۲ اینچی چند برابر دو نازل "۱ اینچی می‌باشد؟ (فشار در خروجی‌ها یکسان است)

$$De=d\times\sqrt{n}\rightarrow de=2"\quad d=1\times2$$

$$2=d\times\sqrt{n}\rightarrow 2=d\times\sqrt{2}\rightarrow d=\frac{2}{\sqrt{2}}\qquad d=\frac{4}{2}\rightarrow 2$$

$$r=\frac{d_1^2+d_2^2+...}{d_3^2}=\frac{(1)^2+(1)^2}{(2)^2}\rightarrow\frac{2}{4}\rightarrow\qquad r=2$$

۵-۴-۶. محاسبه قطر معادل به روش میان‌بر

قطر نازل سرلوله‌های آتش‌نشانی با افزایش ضریب $\frac{۱}{۸}$ اینچ می‌باشد؛ یعنی $۱\frac{۱}{۸}$" یا $۱\frac{۱}{۴}$"... تبدیل اعداد کسری مرکب به یک کسری ساده با ضرایب مخرج $\frac{۱}{۸}$ با مخرج مشترک ۸ می‌باشد، یعنی:

ابتدا با تبدیل اعداد کسری مرکب به یک کسر ساده، سپس با مخرج مشترک مساوی و در نهایت صورت کسرها را به توان دو رسانده و آنها را با هم جمع می‌کنیم و حاصل‌جمع صورت‌ها را زیر رادیکال قرار می‌دهیم و آن را محاسبه می‌نماییم.

مثال۱: یک نازل $۱\frac{۳}{۸}$" اینچی و $۱\frac{۱}{۴}$" اینچی معادل چه قطری می‌باشد؟

$$۱\frac{۳}{۸}, ۱\frac{۱}{۴} \rightarrow \qquad \frac{۱۱}{۸}, \frac{۵}{۴} \times \frac{۲}{۲} = \frac{۱۰}{۸} \rightarrow \frac{۱۲۱}{۸}, \frac{۱۰۰}{۸}$$

$$۱۲۱ + ۱۰۰ = ۲۲۱ \rightarrow \sqrt{۲۲۱} = ۱۴/۹$$

$$\frac{۱۴/۹}{۸} \rightarrow ۱\frac{۷}{۸}$$

مثال ۲: اگر جریان آبدهی نازلی به قطر $۱\frac{۳}{۸}$" اینچی معادل ۴۰۰ gpm گالن در دقیقه باشد، مقدار آبدهی در یک نازل $۱\frac{۱}{۸}$ اینچی چقدر خواهد بود؟ (فشار آب در خروجی نازل‌ها یکسان است).

$$۱\frac{۳}{۸} \rightarrow \frac{۱۱}{۸} \Rightarrow (\frac{۱۱}{۸})^۲ \Rightarrow \frac{۱۲۱}{۶۴} = ۱/۸۹$$

$$۱\frac{۱}{۸} \Rightarrow \frac{۹}{۸} \Rightarrow (\frac{۹}{۸})^۲ \Rightarrow \frac{۸۱}{۶۴} = ۱/۲۶ \text{ گالن در دقیقه}$$

$$\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۱/۸۹}{۱/۲۶} = \frac{۴۰۰}{Q_۲}$$

$$۱/۸۹x = ۱/۲۶ \times ۴۰۰ \Rightarrow x = \frac{۱/۲۶ \times ۴۰۰}{۱/۸۹}$$

$x = ۲۶۶\ gpm$

توجه داشته باشید که در این حالت، سطح مقطع دو نازل را با یکدیگر مقایسه کرده‌ایم.

مثال۳: اگر فشارجریان آب در نقطه A درون شلنگی برابر با ۴۰ psi و سرعت جریان آن ۲۰ ft/s باشد، چنانچه سرعت جریان آب را نسبت به نقطه A در نقطه B به ۴۰ ft/s افزایش دهیم اندازه فشار را در نقطه B محاسبه نمایید.

$$۲/۳ p_۱ + \frac{v_۱^۲}{۲g} = ۲/۳ p_۲ + \frac{v_۲^۲}{۲g}$$

$$۲/۳ \times ۴۰ + \frac{(۲۰)^۲}{۲ \times ۳۲/۲} = ۲/۳ \times p_۲ \frac{(۴۰)^۲}{۲ \times \frac{۳۲}{۲}}$$

$$۹۲ + ۶/۵ = ۲/۳ p_۲ + ۲۶$$

$$p_۲ = \frac{۷۲/۵}{۲/۳} = ۳۱/۵\ psi$$

خلاصه

- در صورت ثابت ماندن قطر شلنگ، اندازه جریان آبدهی با سرعت جریان آب نسبت مستقیم دارد.

$$Q = V \times A$$

$$Q = ۰/۷۸۵ \times V \times d^۲$$

- به شرط ثابت نگه داشتن میزان جریان آبدهی، سرعت جریان آب با توان دوم قطر شلنگ رابطه معکوس دارد.

یعنی:

$$V = \frac{Q}{۰/۷۸۵ \times d^۲}$$

- **انواع انرژی**

-انرژی فشاری

-انرژی سرعتی

-انرژی پتانسیل

- انرژی سرعتی از فرمول: $\frac{V^2}{2g}$ محاسبه می‌شود.

- انرژی کل از مجموع این سه انرژی حاصل می‌شود.

- اگر به سیستم هیدرولیکی هیچ گونه انرژی افزوده یا از آن کسر نشود، انرژی کل ثابت می‌ماند. بنابراین معادله برنولی:

$$2/3P_1+\frac{V_1^2}{2g}+h_1=2/3P_2+\frac{V_2^2}{2g}+h_2$$

و $Q=30d^2\times\sqrt{NP}$

- معادله قطر معادل، در صورتی که اندازه یک قطر را با چند قطر مساوی برابر می‌کنید:

$$d_e=d\sqrt{n}$$

- در صورتی که اندازه یک قطر را با چند قطر نامساوی برابری کنیم، از فرمول ذیل استفاده می‌کنید.

$$de=\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2+d_4^2+...}$$

آزمون

۱- درون یک خط شلنگ آب با سرعت ۱۲ft/s در جریان است. مقدار جریان آب برحسب ft^3/s را محاسبه نمایید؟

۲- مقدار آبدهی در تمرین شماره ۱ برحسب gal/m (گالن در هر دقیقه) چقدر خواهد شد؟

۳- سرعت جریان آب در نازلی به قطر $۱\frac{۱}{۸}$ اینچ که ۲۵۰ gpm (گالن در هر دقیقه) آبدهی دارد را بر حسب ft/s محاسبه کنید؟

۴- انرزی سرعتی آب که با سرعت ۱۰۰ft/s در حال جریان می‌باشد را محاسبه کنید؟

۵- سرعت آب در شلنگی که ۳۰۰ gpm (گالن در دقیقه) آب درون آن در حال جریان می‌باشد، معادل ۴/۲۳ft/s است. اگر مقدار جریان آبدهی را به ۶۰۰ gpm افزایش دهید تغییر سرعت در شلنگ چگونه خواهد بود؟

۶- اندازه جریان آبدهی بر حسب gpm در نازل ۱in (اینچی) که با فشار ۶۴ psi آبدهی می‌کند را محاسبه نمایید؟

۷-نازلی به قطر $۱\frac{۱}{۸}$ اینچ با فشار ۱۰۰ psi آبدهی می‌کند. مقدار آبدهی آن را برحسب gpm (گالن در هر دقیقه) محاسبه کنید؟

۸- کدام نازل بازدهی بیشتر دارد؟ یک نازل $\frac{۳}{۴}$ اینچی با فشارخروجی ۷۵ psi یایک نازل $۱\frac{۳}{۸}$ اینچی با فشار خروجی ۴۲ psi؟

۹- نازلی به قطر $۱\frac{۱}{۴}$ اینچ مقدار ۴۵۰ gpm آبدهی دارد. اندازه فشار درنازل برحسب psi چقدر خواهد شد؟

۱۰- نازلی با فشار ۸۱ psi درهر دقیقه ۸۶۰ gpm گالن آبدهی دارد. اندازه قطر نازل برحسب اینچ چقدر است؟

۱۱- قطر معادل را در دو نازل $\frac{۳}{۴}$ اینچی را محاسبه کنید؟

۱۲- قطر معادل را در سه نازل $\frac{۱}{۲}$ اینچی محاسبه نمایید؟

۱۳- قطر معادل دو نازل که اندازه قطر آن‌ها $\frac{۱}{۲}$ و $\frac{۱}{۴}$ اینچ می‌باشد را محاسبه کنید؟

۱۴- اگر سرعت جریان آب در شلنگ $\frac{۱}{۲}$ ۲ اینچی، ۵ft/s باشد. سرعت جریان آب را در شلنگ $\frac{۱}{۲}$ ۱ اینچی که همان اندازه آبدهی شلنگ $\frac{۱}{۲}$ ۲ اینچی را دارد را محاسبه نمایید؟

۱۵- اگر نازل in ۲ اینچی ۱۱۰۰gpm(گالن در دقیقه) آبدهی داشته باشد. اندازه فشار بر حسب psi چقدر خواهد بود؟

۱۶- اگر نازلی با فشار ۱۰۰psi مقدار ۲۹۷gpm (گالن دردقیقه) آبدهی کند. قطر نازل برحسب in اینچ چقدر می‌باشد؟

۱۷- سه نازل با قطر $۱\frac{۱}{۸}$ اینچی معادل چه قطری خواهد بود؟

۱۸- اگر بازدهی نازلی به قطر $\frac{۱}{۴}$ ۱ اینچ ۵۰۰gpm گالن در دقیقه باشد. بازدهی نازلی به قطر $۱\frac{۳}{۴}$ اینچ با همان فشار چقدر خواهد شد؟

۱۹- پمپی $ft^۳/s$ ۲/۵ (فوت مکعب در ثانیه) آبدهی می‌کند. در حقیقت چند گالن دردقیقه آبدهی دارد؟

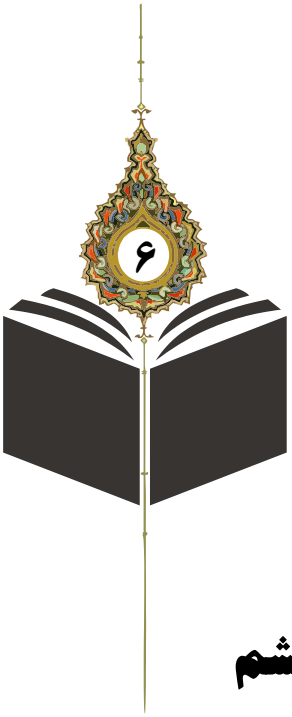
۲۰- ۱۰۰۰Gpm (گالن در دقیقه) معادل چند $ft^۳/s$ (فوت مکعب در ثانیه) می‌باشد؟

۲۱- نازلی با قطر $\frac{۱}{۴}$ ۱ اینچی، ۳۰۰ gpm بازدهی دارد. فشار در نازل برحسب psi چقدر خواهد شد؟

۲۲- نازلی با فشار ۷۵ psi حدود ۷۹۶ gpm (گالن در دقیقه) بازدهی دارد. قطر نازل برحسب اینچ in چقدر است؟

۲۳- نسبت بازدهی یک نازل $۱\frac{۱}{۸}$ اینچی در مقایسه با نازل $\frac{۱}{۴}$ ۱ اینچی چقدر خواهد شد؟

۲۴- یک شلنگ $\frac{۱}{۲}$ ۴ اینچی معادل چند قطر $\frac{۱}{۲}$ ۲ اینچی خواهد شد؟



فصل ششم

افت فشار در شلنگ‌های آتش‌نشانی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[۱]، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. آشنایی با مفهوم افت فشار
۲. عوامل مؤثر در کاهش و افزایش افت فشار جریان آب شلنگ‌ها در سیستم هیدرولیکی
۳. توانایی محاسبه افت فشار شلنگ‌ها در اندازه‌های مختلف و فرمول‌های مرتبط
۴. محاسبه دقیق اندازه فشار و میزان آبدهی نازل‌ها

[۱] . ر. ک: Fire fighting – Hydraulics

افت فشار در شلنگ‌ها، انرژی هدر رفته جریان آب می‌باشد که به سبب اصطکاک بین ملکول‌های آب و ملکول‌های آب با جداره داخلی شلنگ‌ها، قفل و بست‌ها و یا پیچ و تاب‌ها، طول و... به وجود می‌آید و به صورت انرژی حرارتی هدر می‌رود که برای ما ملموس نمی‌باشد.

انرژی کل را **پمپ** به‌وجود می‌آورد و شامل موارد زیر می‌باشد:

۶-۱. انرژی سرعتی(فشار سرعتی)

انرژی سرعتی(فشار سرعتی) به واسطه حرکت جریان آب به وجود می‌آید و به سرعت جریان آب و قطرشلنگ بستگی دارد. به شرط ثابت ماندن اندازه آبدهی، مادامی که قطر شلنگ ثابت باشد سرعت جریان آب نیز ثابت می‌ماند .

۶-۲. انرژی فشاری

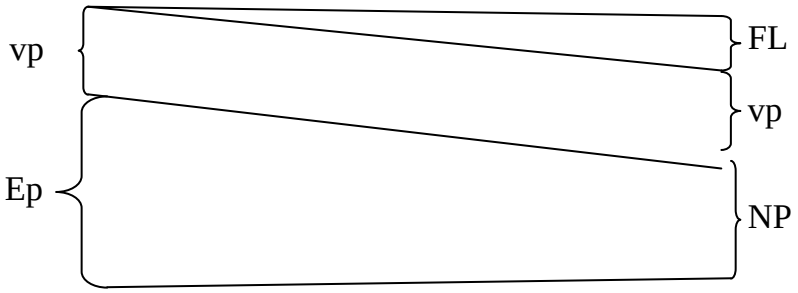
فشاری است که آب به جداره داخلی شلنگ وارد می‌کند و در فاصله‌ای معین مقدار آن تغییر می‌کند و این تغییر به سبب اصطکاک و افت فشار می‌باشد.

توانایی محاسبه افت فشار در شلنگ‌ها از نظر اهداف عملیاتی بسیار مهم می‌باشد. فقط با محاسبه افت فشار می‌توانید فشار پمپ و فشار نازل‌ها را در یک طراحی عملیات به‌دست آورید.

Velocity pressure= Vp
Engine pressure=EP
Nozzle pressure=NP
Back pressure=BP
Forward pressure=-BP= FP
Friction Loss = FL

۱) $EP = NP + FL$

۲) $Ep + vp = vp + Np + FL$ انرژی کل



- چون فشار سرعتی تغییری پیدا نمی‌کند، بنابراین مقدار فشار سرعتی VP از طرفین فرمول **۲** حذف خواهد شد و برای محاسبه فرمول شماره **۱** کامل وکافی می باشد.

Vp=vp

Ep=Np+Fz

درصورتی که نازل با پمپ اختلاف سطح داشته باشد، فرمول شماره**۳**به شرح ذیل خواهد بود:

۳) $\rightarrow$ Ep=Np+FL$\pm$Bp

۱- اگر نازل بالاتر از سطح خروجی پمپ قرار گیرد، فرمول ذیل صادق است.

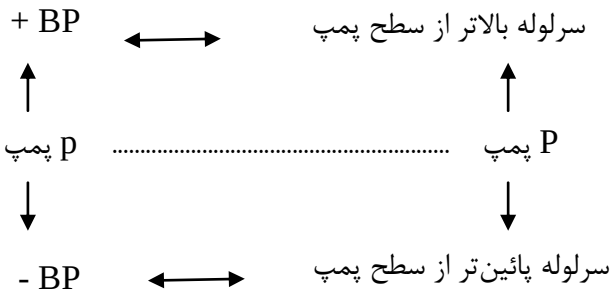
- انرژی تلف شده(+BP) EP=NP+FL+BP

۲- اگر نازل پایین‌تر از سطح خروجی پمپ قرار گیرد، فرمول ذیل صدق می‌کند.

- انرژی کسب شده **(BP_ یا FP_)**

EP=NP+FL -BP یا EP = NP + FL + FP

یعنی:



و برای محاسبه $\pm$ BP یا FP_ از فرمول **۴** استفاده می‌نمایید.

۴) $P = ۰/۴۳۴ \times h$

اگر افت فشار را در معادله (فرمول) برنولی قرار دهید دراین صورت خواهید داشت.

$$۲/۳ p_۱ + \frac{v_۱^۲}{۲g} + h_۱ = ۲/۳ p_۲ + \frac{v_۲^۲}{۲g} + h_۲ \pm FL$$

این معادله بر حسب ارتفاع ستونی آب می‌باشد، لیکن فرمول محاسبه افت فشار بر حسبpsi خواهد شد.

مثال۱- فشار جریان خروجی آب در نازلی برابر۱۲۰ psi پوند بر اینچ مربع می‌باشد. اگر افت فشار در سیستم ۸۰psi پوند بر اینچ مربع باشد. فشار تولیدی پمپ باید چقدر باشد؟

EP = NP + FL

$EP = ۱۲۰ + ۸۰ = ۲۰۰\ psi$

مثال۲: اگر فشار نازلی ۱۰۰psi پوند بر اینچ مربع و افت فشار در سیستم ۶۰ psi پوند بر اینچ مربع باشد، یکبار ۷۵ft (فوت) سرلوله را بالاتر (پشت بام) و یک‌بار ۴۰ ft (فوت)

سرلوله را پایین‌تر (زیر زمین) می‌بریم، فشار پمپ را در دو حالت به تفکیک محاسبه نمایید؟

الف) $BP = ۰/۴۳ \times h \rightarrow BP = ۰/۴۳۴ \times ۷۵ \rightarrow Bp = \pm ۳۲/۶\ psi$

$EP = NP + FL + BP \rightarrow EP = ۱۰۰ + ۶۰ + ۳۲/۶ \rightarrow EP = ۱۹۲/۶\ psi$

ب) $FP = ۰/۴۳۴ \times h \rightarrow FP = ۰/۴۳۴ \times ۴۰ = -۱۷/۴\ psi$

$EP = NP + FL - FP \rightarrow EP = ۱۰۰ + ۶۰ - ۱۷/۴ = ۱۴۲/۶\ psi$

۶-۳. معادله افت فشار

عوامل مؤثر در افت فشار در شلنگ‌های آتش‌نشانی که هرکدام به نوبه خود از درجه اهمیت خاصی برخوردارند، عبارتند از:

۶-۳-۱. زبری یا ناهمواری جداره (لایه)داخلی شلنگ

این مقدار غیر قابل محاسبه می‌باشد؛ بنابراین به صورت تجربی آن را محاسبه می‌نمایند. می‌توان گفت هرچه جداره داخلی شلنگ صاف‌تر باشد، افت فشار کمتر می‌گردد.

۶-۳-۲. تغییر جهت جریان آب در شلنگ‌ها

افت فشار در شلنگ‌های دارای پیچ، خم و تابدار ۶٪ درصد بیشتر از شلنگ‌های راست می‌باشد.

۶-۳-۳. ویسکوزیته (گرانروی) (لزجت دینامیکی)

گرانروی (گرانروی یعنی مقاومتی که سیال در مقابل حرکت از خود نشان می‌دهد) از آنجایی که آب رقیق می‌باشد و از خود مقاومتی نشان نمی‌دهد و ویسکوزیته آن بسیارکم

می‌باشد، در افت فشار بسیار مؤثر نیست. یعنی با کاهش مقدار گرانروی افت فشار کمتر و با افزایش آن افت فشار بیشتر می‌شود. شایان ذکر است گرما، گرانروی مایعات را کاهش می‌دهد.

تذکر: عوامل ردیف‌های (۱، ۲، ۳) مذکور در عملیات آبرسانی معمولی ثابت و مقدار آن بسیار ناچیز می‌باشد که به‌صورت تجربی آن را محاسبه می‌نمایند.

عوامل مؤثر در محاسبه مقدار افت فشار در شلنگ‌ها سه عامل اصلی ذیل هستند:

الف) مقدار آب درحال جریان درون شلنگ وسرعت آن

ب) قطر شلنگ

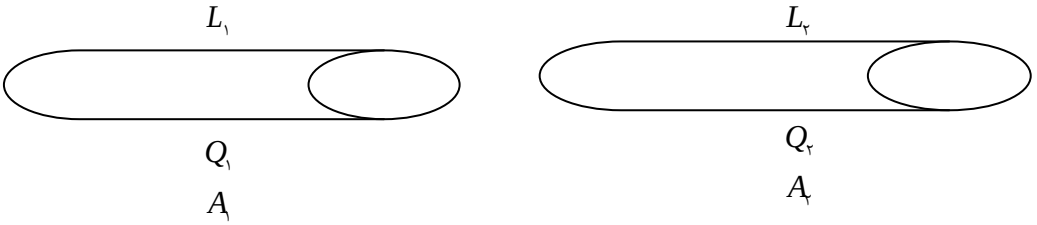
ج) طول شلنگ

۶-۳-۴. مقدارجریان آبدهی و سرعت جریان آب

تجربه نشان داده است که افت فشار با توان دوم مقدار آبدهی و سرعت جریان آب نسبت مستقیم دارد، یعنی اگر سرعت جریان آب یا مقدار جریان آبدهی دو برابر شود، افت فشار چهار برابر می‌شود و اگر سرعت جریان آب یا مقدارجریان آبدهی نصف شود ($\frac{۱}{۲}$)، افت فشار $\frac{۱}{۴}$ خواهد شد، به شرط اینکه در هر دو حالت قطر شلنگ ثابت بماند.

$$Q=V.A\rightarrow V=\frac{Q}{A}\rightarrow V^{۲}=\frac{Q}{A}$$ یعنی

$$FL\propto V^{۲}\rightarrow FL\propto\frac{Q^{۲}}{A^{۲}}$$



اگر قطر (d) ثابت باشد $Q_1 < Q_2$

درصورتی که آبدهی در شلنگ دوم A_2 بیشتر از شلنگ اول A_1 باشد.

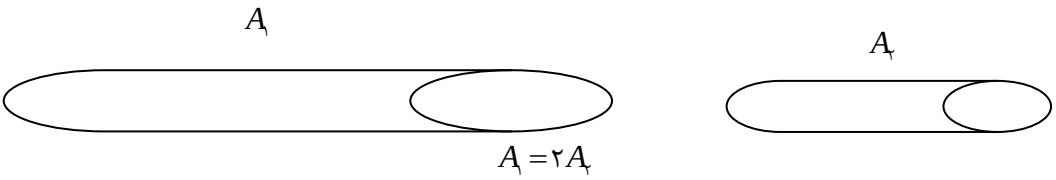
یعنی:

$A_1 = A_2$

در نتیجه افت فشار در شلنگ دوم بیشترخواهد بود. $FL_2 > FL_1$

۶-۳-۵. قطر شلنگ

اثر قطر شلنگ زمانی که مقدار جریان آبدهی ثابت باشد، افت فشار در شلنگ‌ها با افزایش قطر، کاهش و با کم شدن قطر، افت فشار افزایش می‌یابد. یعنی اگر سطح مقطع شلنگ دو برابر شود افت فشار $\frac{۱}{۴}$ خواهد بود و اگر سطح مقطع نصف شود، افت فشار ۴ برابر خواهد شد.



یعنی افت فشار با قطر شلنگ رابطه معکوس دارد و با افزایش قطر شلنگ، افت فشار کم و با کاهش قطر شلنگ، افت فشار افزایش می‌یابد.

۶-۳-۶. طول شلنگ

اثر طول شلنگ در افت فشار به قرار ذیل خواهد بود:

اگر در رشته شلنگ‌های هم سایز (از نظر قطر) طول آنها افزایش یابد، افت فشار نیز افزایش خواهد یافت و بالعکس (افت فشار با کاهش طول شلنگ نیز کاهش خواهد یافت)؛

یعنی اگر طول شلنگ دو برابر شود، کل افت فشار دو برابر خواهد شد (به شرط آن‌که تمامی فاکتورهای دیگر ثابت بماند).

به عبارت دیگر، برای هر اندازه طول درشلنگ‌ها با قطرهای مساوی، افت فشار به یک اندازه خواهد بود.

واحد فشار در سیستم انگلیسی و امریکایی پوند بر اینچ مربع می‌باشد که برای هر صد فوت طول شلنگ محاسبه می‌شود که طریقه محاسبه آن ساده می‌باشد.

تذکر: چون عوامل(۴، ۵، ۶) مذکور، تعیین کننده سرعت جریان آب در شلنگ‌ها می‌باشند و افت فشار بیشتر بر اثر سرعت جریان آب در شلنگ‌ها به وجود می‌آید. از طرفی چون سرعت جریان آب در شلنگ‌ها عاملی متغیر است، لذا سرعت، عامل بسیار مهمی در جهت محاسبه افت فشار در شلنگ‌ها به شمار می‌آید و محاسبه می‌گردد.

۶-۴. اثر فشار جریان آب در افت فشار در شلنگ‌ها

به‌طور نظری، افت فشار در شلنگ‌ها مستقل از عامل فشار می‌باشد، ولی در عمل به علت افزایش فشار جریان آب در شلنگ‌ها، قطر شلنگ‌ها اندکی جزیی افزایش پیدا می‌کند. در این حالت افت فشار قابل اغماض می‌باشد؛ چون با افزایش جزیی قطر شلنگ بر اثر فشار جریان آب، افت فشار نیز به همین اندازه کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان چنین اظهار داشت که عامل فشار جریان آب در شلنگ‌ها تأثیری نخواهد داشت که قابل اغماض می‌باشد.

مثلاً در فشار صفردر آب، قطر شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچ برابر با ۲/۵۹ in اینچ است، ولی در فشار ۲۰۰psi (پوند بر اینچ مربع) قطر شلنگ به "۲/۶۸ اینچ افزایش پیدا می‌کند که ۱۷٪ در صد قطر اولیه شلنگ افزایش داشته است. بنابراین افزایش قطر، افت فشار ایجاد شده براثر

فشار را جبران خواهد نمود و عملاً بر اثر افزایش فشار جریان آب در شلنگ‌ها افت فشار به وجود نمی‌آید.

۶-۵. محاسبه افت فشار در شلنگ‌های ۲/۵ اینچ

معادله افت فشار برای شلنگ‌های ۲/۵ اینچ متداول به شرح ذیل می‌باشد.

$$FL = ۲ \times Q^{۲} \times L$$

FL= افت فشار بر حسب PSI

Q= مقدار آبدهی برحسب صدها GPM

L= طول شلنگ۲/۵ اینچ بر حسب صدها فوت

۱) Theobald ----- $FL = ۲/۴Q^{۲}L$ ---------- ۱۹۴۶

۲) I.S.O ---------- $FL = (۲Q^{۲} + Q).L$ ---------- ۱۹۵۹

۳) Gaskill ------- $FL = ۱/۹Q^{۲}.L$ ---------- ۱۹۶۶

۴) Kimball ------ $FL = ۱/۸۲Q^{۲}.L$ ---------- ۱۹۶۷

۵) Purington ---- $FL = ۲Q^{۲}.L$ ---------- ۱۹۶۷

از فرمول‌های فوق مناسب‌ترین پاسخ را فرمول شماره ۵ یعنی: $FL = ۲Q^{۲}.L$ ارائه می‌دهد.

جدول (۶-۱) افت فشار برای هرصد فوت شلنگ $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ در جریان‌های آبدهی متغیر

آبدهی بر حسب gpm	افت فشار بر حسب psi				
	Kimball $۱/۸Q^۲L$	*Gaskill* $۱/۹Q^۲L$	*Purington* $۲Q^۲L$	*Theobald* $۲/۴Q^۲L$	*ISO* $(۲Q^۲+Q)L$
۱۰۰	۱/۸۲	۱/۹	۲	۲/۴	۳
۲۰۰	۷/۲۸	۷/۶	۸	۹/۶	۱۰
۳۰۰	۱۶/۴	۱۷/۱	۱۸	۲۱/۱۶	۲۱
۴۰۰	۲۹/۱	۳۰/۴	۳۲	۳۸/۴	۳۶

مثال۱: افت فشار در هر$۵۰۰ft$ فوت طول شلنگ $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ را که از آن $۳۰۰gpm$ گالن در دقیقه آب می‌گذرد چقدر است؟

$$FL=۲Q^۲L$$
$$FL=۲\times۳^۲\times۵$$
$$FL=۹۰\ PSI$$

تجربه نشان داده است که افت فشار به:

الف) ارتباط مستقیم با طول شلنگ‌ها، توان دوم سرعت، جریان آبدهی، ویسکوزیته، زبری لایه داخلی شلنگ و

ب) ارتباط معکوس با قطر شلنگ دارد.

با دانستن موارد فوق الذکر می‌توان چنین نوشت:

$$FL \propto \frac{kLV^۲}{D}$$

FL= افت فشار برحسب psi

K= ضریب (واحد ندارد)

V= سرعت جریان آب برحسب ft/s

D= قطر شلنگ برحسب اینچ in

چون .....

$$Q = v \times A$$

بنابراین $V = \frac{Q}{A}$ $v^2 = \frac{Q^2}{A^2}$

و

$$A = 0/785 \times d^2$$

بنابراین $v^2 = \frac{Q^2}{0/785 \times D^4}$

در آخر خواهیم داشت: $FL \propto \frac{kLv^2}{D^5}$

از معادله افت فشار چنین استنباط می‌گردد:

۱. افت فشار با تغییرات طول شلنگ ارتباط مستقیم دارد.

۲. الف) افت فشار با توان دوم مقدار جریان آبدهی نسبت مستقیم دارد.

ب) افت فشار با توان دوم سرعت جریان آب نسبت مستقیم دارد.

۳. افت فشار با توان پنجم قطر شلنگ نسبت معکوس دارد.

با افزایش قطر شلنگ افت فشار به شدت کاهش می‌یابد و با کاهش قطر شلنگ افت فشار به شدت افزایش می‌یابد.

مثال: به فرض افت فشار آب در شلنگ۲ اینچی برابر ۷۵ psi (پوند بر اینچ مربع) برای هر صد فوت طول باشد. افت فشار در شلنگ ۳ اینچ با همان مقدار آبدهی چقدر خواهد شد؟

$$\frac{۲^{۵}}{۳^{۵}}=\frac{۳۲}{۲۴۳}=۰/۱۳۲$$

$$۰/۱۳۲\times(۷۵)=۹/۹\ psi$$

۶-۶. مروری برافت فشار در شلنگ‌های $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ

۱. افت فشار با توان پنجم قطر شلنگ نسبت معکوس دارد.

۲. افت فشار با طول شلنگ ارتباط مستقیم دارد.

۳. افت فشار با توان دوم سرعت جریان آب نسبت مستقیم دارد.

۴. افت فشار با توان دوم مقدار جریان آبدهی نسبت مستقیم دارد.

۵. افت فشار برای تمامی اهداف عملیاتی مستقل از اثر فشار جریان آب می‌باشد.

۶. برای تمام شلنگ‌های لایه (آستر) پلاستیکی با قطر $۲\frac{۱''}{۲}$ اینچ از فرمول افت فشارذیل استفاده می‌کنیم:

$$FL=۲\times Q^{۲}\times L$$

که در آن:

FL= افت فشار بر حسب psi

Q= مقدار هر ۱۰۰ گالن آبدهی در دقیقه

L= طول شلنگ برای هر صد فوت

۷- فرمول محاسبه فشار تولیدی پمپ:

Ep=Np+FL+Bp

Ep=Np+FL-Bp(Fp)

که درآن:

Np- فشار آب در نازل بر حسب psi

FL- افت فشار آب برحسب psi

Ep- فشارپمپ بر حسب psi

Bp- فشار (برگشت) بر حسب psi

Fp- فشار (پیشرو) بر حسب psi

h- ارتفاع یا عمق آب بالاتر یا پائین‌تر از پمپ.

۶-۷. محاسبه افت فشار در اندازه‌های دیگر شلنگ‌ها

چون افت فشار در شلنگ‌های آتش‌نشانی بستگی به قطر شلنگ‌ها دارد که تا توان پنجم قطر خود افزایش می‌یابند. بنابراین می‌توان چنین اظهار داشت که همان‌گونه که قطر شلنگ کاهش می‌یابد، محاسبه افت فشار را در شلنگ‌های غیر از ۲/۵ اینچ که به صورت متغیر با مقدار آبدهی و درطول شلنگ‌های متفاوت عمل می‌نمایند، پیچیده‌تر می‌کند. به هرحال، دو روش را در حل مسائل افت فشار در شلنگ‌های غیر از ۲/۵ اینچ می‌توان مورد استفاده قرار داد:

الف) روش(فرمول مستقیم)

ب) روش(طول معادل)

- از دو روش فوق فقط روش اول را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

الف) روش(فرمول مستقیم)

آزمایش‌ها بر روی شلنگ‌های آتش‌نشانی منتج به فرمول‌های افت فشارگردیده است و با توجه به مقدار ضریب افت فشار(C) برای قطرهای مختلف شلنگ، فرمول افت فشار به شرح ذیل در جدول(۲) درج گردیده است:

$$FL = C \times Q^{۲} \times L$$

جدول (۶-۲) تعیین ضریب افت فشار (C) برای شلنگ‌های آتش‌نشانی

قطر شلنگ برحسب اینچ In"	نرخ‌های افت فشار			
	Gaskill	Kimball	Others	ضریب افت فشار توصیه شده(C)
۳/۴"	۱۱۰۰	۱۱۸۰	-	۱۱۰۰
۱"	۱۵۰	۱۵۵	-	۱۵۰
۱ ۱/۲"	۲۴	۲۴/۵	-	۲۴
۲"	-	-	۸	۸
۲ ۱/۲"	۱/۹	۱/۸۲	-	۲
با ۲ ۳/۴" کوپلینگ ۴"	-	-	۱/۴۹	۱/۵
۳" با کوپلینگ ۲/ ۵"	۲/۳	۰/۸	-	۰/۸
۴ "	-	-	۰/۲	۰/۲
۴ ۱/۲"	-	۹۷	۰/۱	۰/۱

تذکر

چون قطر شلنگ و لایه (آستر) آنها معمولاً تغییر می‌یابد. بنابراین فرمول‌های ارائه شده همیشه به حل مسائل افت فشار به صورت دقیق منجر نمی‌شود. اما برای اهداف عملیاتی آتش‌نشانی، به‌طور معمول به اندازه کافی صحیح می‌باشند. انتظار می‌رود در آینده آزمایش‌های جامع برای توسعه فرمول‌ها منتج به فرمول‌های جدید و دقیق‌تر گردد. استفاده از روش (فرمول مستقیم) صرفاً باید با تعیین نرخ‌های مناسب برای LوQ با انتخاب و استخراج ضریب افت فشارصحیح (C) از جدول شماره ۲ وجایگزین نمودن آن‌ها در فرمول کلی مناسب صورت پذیرفته و محاسبه گردد.

مثال۱- افت فشار در شلنگ $۱\frac{۱}{۲}$ اینچ با طول ۱۰۰ ft با مقدار جریان آبدهی ۱۰۰ gpm را محاسبه نمایید؟

$$Q = ۱۰۰ \div ۱۰۰ = ۱$$
$$L = ۱۰۰ \div ۱۰۰ = ۱$$
$$FL = ۲۴\, Q^{۲}$$
$$FL = ۲۴ \times (۱)^{۲} \times ۱$$
$$FL = ۲۴\ psi$$

مثال۲- اگر ۵۰ft فوت شلنگ $\frac{۳}{۴}$ اینچ با جریان آبدهی ۱۰gpm داشته باشیم. اگر ۲۵۰ft شلنگ در هوزریل باشد. افت فشار چقدر خواهد شد؟

$$Q = ۱۰ \div ۱۰۰ = ۰/۱$$
$$L = ۲۵۰ \div ۱۰۰ = ۲/۵$$
$$FL = ۱۱۰۰ \times ۰/۱^{۲} \times ۲/۵$$
$$FL = ۲۷/۵\ psi$$

چون آب از کل ft ۲۵۰ (فوت) شلنگ هوزریل می‌گذرد، بنابراین باید افت فشار در کل طول شلنگ محاسبه می‌گردد.

مثال ۳- فشار آب درخروجی نازلpsi ۷۵ (پوند بر اینچ مربع) می‌باشد. اگر افت فشار در سیستم psi۴۵ پوند بر اینچ مربع باشد در این صورت فشار پمپ چقدر خواهد شد؟

$$Ep = Np + FL$$
$$Ep = ۷۵ + ۴۵ = ۱۲۰ psi$$

مثال۴- پمپی با فشار psi ۱۰۰ (پوند بر اینچ مربع) با استفاده از رشته شلنگی متصل به نازل با فشار آب psi۵۰ (پوند بر اینچ مربع) از خروجی نازل آبدهی نماید افت فشار چقدر خواهد شد؟

Ep= Np+FL

FL= Ep-Np

FL= $۱۰۰ - ۵۰ = ۵۰ psi$

مثال۵- پمپی در یک زمین مورب که نازل آن با شلنگ ft ۵۵ پائین‌تر از سطح پمپ (در زیر زمین) باشد. اگر افت فشار ۱۲۵پوند بر اینچ مربع و فشار آب در خروجی نازل ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع باشد فشارتولیدی پمپ باید چقدر باشد؟

Ep=Np+FL± Bp

Bp = $-۰/۴۳۴ \times h$

Bp = $۰/۴۳۴ \times ۵۵ = ۲۴ psi$

Ep = $۱۰۰ + ۱۲۵ - (۲۴)$

Ep = $۲۰۱ psi$

مثال۶- پمپی با مقدار آبدهی ۵۵۰ gpm گالن در دقیقه آب را به ارتفاع ۵۰ ft فوتی بالاتر ازسطح پمپ می‌رساند. افت فشار بین پمپ و نازل برابر ۱۰۵ psi (پوند براینچ مربع) می‌باشد. اگر فشار آب درخروجی نازل ۱۰۰ psi (پوند بر اینچ مربع) باشد، فشار پمپ چقدر خواهد شد؟

$$Ep=Np+FL\pm Bp$$

$$Bp=+۰/۴۳۴\times h$$

$$Ep=+۰/۴۳۴\times ۵۰=۲۲\ psi$$

$$Ep=۱۰۰+۱۰۵+۲۲=۲۲۷\ psi$$

مثال۷- اگر فشار تولید شده پمپی ۲۰۵ psi (پوند بر اینچ مربع) و فشار آب در خروجی نازل مورد استفاده ۴۵ psi پوند بر اینچ مربع و افت فشار ۱۰۰ psi (پوند بر اینچ مربع) باشد. اولاً Bp، ثانیاً اختلاف ارتفاع بین نازل و پمپ چقدر خواهد بود؟

$$Ep=Np+FL\pm Bp$$

$$Bp=Ep-Np-FL$$

$$Bp=۲۰۵-۴۵-۱۰۰=۶۰\ psi$$

$$h=۲/۳\times p$$

$$h=۲/۳\times ۶۰=۱۳۳\ ft$$

با این شرایط Bp مثبت است.

مثال ۸- پمپی با فشار ۲۰۰psi (پوند بر اینچ مربع) کار می‌کند. اگر افت فشار کل در سیستم ۷۵ psi (پوند بر اینچ مربع) و مقدار $Bp=+۴۳\ psi$ باشد فشار آب درخروجی نازل چقدر خواهد شد؟

$$Ep=Np+FL+Bp$$

$$Np=Ep-FL-Bp$$

$Np= ۲۰۰-۷۵-۴۳=۸۲\ psi$

مثال ۹- پمپی با فشار ۱۲۵ psi (پوند بر اینچ مربع) کار می‌کند. اگر فشار آب درخروجی نازل ۵۰psi (پوند بر اینچ مربع) باشد Bp آن راوقتی که اختلاف ارتفاع وجود دارد وهمچنین ارتفاع را محاسبه نمایید؟

Bp=Ep-Np-FL (a

$Bp= ۱۲۵-۱۰۰-۵۰=-۲۵\ psi$

علامت منفی نشاندهنده آن است که نازل پائین‌تر از پمپ قرار دارد.

$h=۲/۳\times-۲۵$

$h=-۵۷/۵\ ft$

مثال۱۰- افت فشاردر ۲۰۰ ft (فوت) شلنگ ۲/۵ in اینچی را که مقدار ۳۰۰gpm (گالن در دقیقه آبدهی) دارد، محاسبه نمایید.

$Q= ۳۰۰ \div ۱۰۰ = ۳$

$L=۲۰۰ \div ۱۰۰ = ۲$

$FL=۲Q^{۲}\times L$

$FL=۲(۳)^{۲}\times۲=۳۶\ psi$

توجه داشته باشید که دو صد فوت و سه صد گالن در دقیقه محاسبه شده است. اشتباهی که اغلب در مسائل افت فشار به‌وجود می‌آید، این می‌باشد که به غلط Q را به توان ۲ نمی‌رسانیم.

مثال۱۱- مقدار افت فشار در ۱۰۰۰ ft (فوت) شلنگin ۲/۵ (اینچ) که در آن ۲۵۰ gpm (گالن در دقیقه) آب جریان دارد را محاسبه نمایید؟

$L=۱۰۰۰\div۱۰۰=۱۰$

$Q=۲۵۰\div۱۰۰=۲/۵$

$FL=۲Q^{۲}L$

$FL=۲(۲/۵)^{۲}۱۰=۱۲۵psi$

مثال ۱۲- اندازه افت فشاردر هر صد فوت شلنگ۲/۵ (اینچ) بامقدار جریان آبدهی ۲۰۰ گالن در دقیقه چقدر خواهد شد؟

$Q=۲۰۰\div۱۰۰=۲$

$L=۱۰۰\div۱۰۰=۱$

$FL=۲Q^{۲}L$

$FL=۲(۲)^{۲}\times۱=۸\ psi$

مثال۱۳- اندازه افت فشار در ۲۰۰ft (فوت) شلنگ in ۱/۵ (اینچی) را که ۱۰۰ (گالن دردقیقه) آبدهی دارد چقدر خواهد شد؟

$L=۲۰۰\div۱۰۰=۲$

$Q=۱۰۰\div۱۰۰=۱$

$FL=۲۴Q^{۲}L$

$FL=۲۴(۱)^{۲}\times۲=۴۸\ psi$

مثال۱۴_ پمپی با استفاده از ۷۵ فوت شلنگ $۲\frac{۳}{۴}$ اینچی متصل به کوپلینگ۳ اینچی آبدهی می‌نماید. مقدار جریان آبدهی ۲۷۵ گالن در دقیقه می‌باشد. افت فشار را در سیستم محاسبه نمایید؟

$L=۷۵۰\div۱۰۰=۷/۵$

$Q=۲۷۵\div۱۰۰=۲/۷۵$

$FL=۱/۵Q^{۲}L$

$FL=۱/۵\times(۲/۷۵)^{۲}\times۷/۵$

$FL=۸۵/۱\ psi$

مثال۱۵ - از شلنگی با قطر $\frac{۳}{۴}$ اینچ مقدار ۲۰ گالن در دقیقه آبدهی می‌شود. افت فشار برای هریک صد فوت طول شلنگ را محاسبه نمایید.؟

$L = ۱۰۰ \div ۱۰۰ = ۱$

$Q = ۲۰ \div ۱۰۰ = ۰/۲$

$FL = ۱۱۰۰\, Q^{۲} L$

$FL = ۱۱۰۰ \times (۰/۲)^{۲} \times ۱$

$FL = ۴۴\ psi$

خلاصه

- افت فشار با:

توان پنجم قطر شلنگ رابطه معکوس دارد.

افزایش طول شلنگ رابطه مستقیم دارد.

توان دوم سرعت جریان آب ارتباط مستقیم دارد.

توان دوم مقدار جریان آبدهی ارتباط مستقیم دارد.

برای تمامی اهداف عملیاتی مستقل از عامل فشار می‌باشد.

- برای محاسبه فشار پمپ از فرمول:

$EP = NP + FL \pm BP$

استفاده می‌نمایید.

- برای محاسبه افت فشار در شلنگ‌های $۲\frac{۱}{۲}$ اینچ از فرمول:

$FL = ۲Q^{۲} \times L$

استفاده می‌کنید.

- برای محاسبه افت فشار شلنگ‌های اندازه متفاوت از فرمول:

$$FL = C \times Q^{۲} \times L$$

با استخراج اندازه ضریب افت فشار(C) استفاده می‌کنید.

آزمون

۱- اگر فشار در نازلی۷۵ psi و افت فشار در سیستم ۵۵ psi باشد اندازه فشار در پمپ را محاسبه نمایید؟

۲- پمپی آب را به بالای ساختمانی به ارتفاع۸۵ ft پمپاژ می‌کند. با توجه به اینکه، مقدار فشار در نازل ۱۰۰ psi و افت فشار در سیستم ۷۲psi می‌باشد. اندازه فشار را در پمپ محاسبه کنید؟

۳- مقدار افت فشار در ۱۲۰۰ft شلنگ $۲\frac{۱}{۲}$ اینچی با ۲۵۰gpm آبدهی بر حسب psi محاسبه نمایید؟

۴- اندازه افت فشار در۲۰۰۰ft شلنگ ۴ اینچ که ۱۱۰۰ گالن در دقیقه آبدهی دارد . محاسبه کنید؟

۵- شلنگ $۱\frac{۱}{۲}$ اینچی با طول ۴۵۰ft، در دقیقه ۵۵ (گالن در دقیقه) آبدهی دارد. اندازه افت فشار را در سیستم محاسبه کنید؟

۶- به فرض اندازه افت فشار در یک خط شلنگ ۵۰ psi که اندازه فشار در نازل آن ۱۰۰psi می‌باشد. فشار پمپ بایدچقدر باشد؟

۷- اگر سطح نازل از سطح پمپ پایین‌تر قرار گیرد، آیا اندازه BP[۱] به اندازه افت فشار افزایش یا کاهش خواهد یافت؟

---

۱. Back Pressure

۸- نازلی به اندازه ۱۲۰ft بالاتر از سطح پمپ که به آن آب رسانی می‌کند قرار گرفته است. اندازه فشار BP چقدر خواهد شد؟

۹- پمپی با استفاده از ۷۵۰ft طول شلنگ $۲\frac{۳}{۴}$ اینچی (متصل به کوپلینگ in ۳ اینچی) برابر gpm ۲۷۵ گالن در دقیقه آبرسانی می‌کند. اندازه افت فشار در سیستم چقدر خواهد شد؟

۱۰- افت فشار و واحد آن در سیستم امریکایی چیست؟

فهرست منابع و مراجع

۱. Robert J. Purington, Firefighting – Hydraulices Mac Graw – Hill book-Company, ۱۹۷۴

۲. Her-Majesty's, Manual of Firemanship, Book۷, Stationery office, ۱۹۹۱

۳. William F.Crapo-Thomson Delmer, Hydraulics for Firefighters, third edition, ۲۰۰۸

۴. طاهری اصل، خداوردی، هیدرولیک آتش‌نشانی (جزوه)، سازمان آتش‌نشانی تهران، ۱۳۸۵

۵. غفوری، ناصر، هیدرولیک (جزوه)، سازمان آتش‌نشانی تهران، ۱۳۸۵