



Namatek
True Education

Water Hammer

www.namatek.com

ضربه قوچ

فهرست مطالب

۱. ضربه قوچ
۲. دلیل اهمیت پیشگیری ضربه قوچ
۳. روش های جلوگیری از ضربه قوچ
۴. ضربه قوچ و کاویتاسیون
۵. محاسبات ضربه قوچ
۶. نرم افزار محاسبه ضربه قوچ

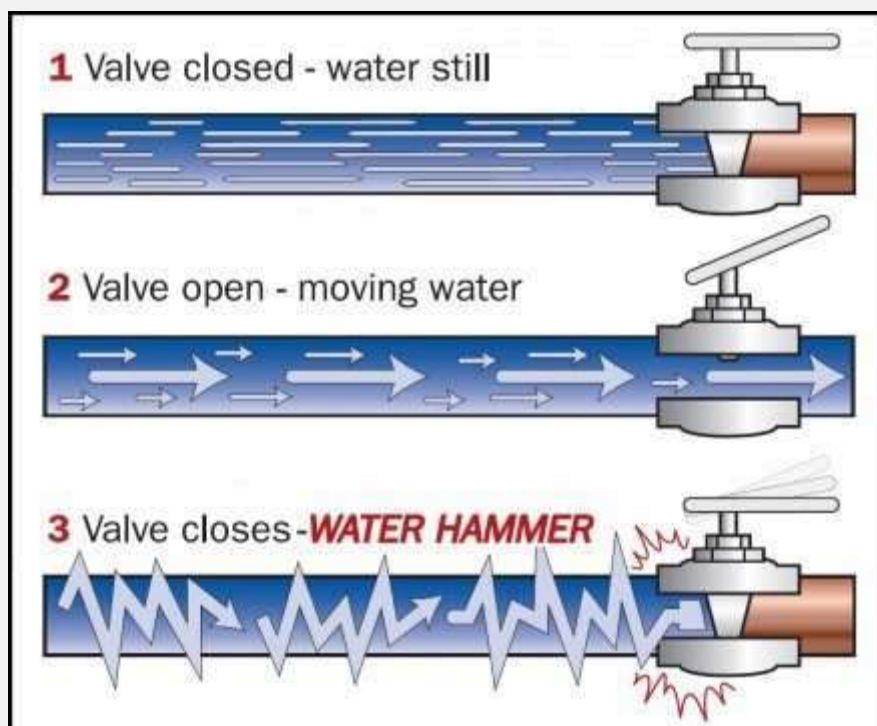
بی شک ضربه قوچ یکی از بدترین عوامل مخرب در سیستم ها و تجهیزات هیدرولیکی می باشد.

در این مقاله به دلایل ایجاد و اهمیت و همچنین راهکارهای پیش گیری و محاسبات ضربه قوچ به تفصیل پرداخته می شود.

امروزه مهندسان در سیستم های هیدرولیکی با اعمال راه های مختلف از این اثر هیدرولیکی پیشگیری کرده و سیستم ها و تجهیزات را از اثرات مخرب مالی و زمانی آن در امان نگه می دارند.

ضربه قوچ

هنگامی که یکی از شیر آلات پایین دست مدار پمپ، به طور ناگهانی و در حین کارکرد، بسته شود و یا پمپ خاموش شود؛ پدیده ضربه قوچ و یا همان water Hammer اتفاق می افتد.



در یک دسته بندی ضربه قوچ به دو نوع تقسیم می شود:
ضربه قوچ مانع نرم (بطور مثال خاموشی پمپ)
ضربه قوچ مانع سخت (بطور مثال بسته شدن شیرآلات پایین دست مدار)

دلیل اهمیت پیشگیری ضربه قوچ

پدیده واتر همر موجب خرابی هایی می شود که می تواند عملکرد سیستم را مختل کند. به همین علت پیشگیری از آن بسیار مهم است. از مهم ترین این خرابی ها می توان به خرابی شیر ها، لوله ها، گنج ها و از همه مهم تر پمپ ها اشاره کرد.



روش های جلوگیری از ضربه قوچ

برای جلوگیری از بوجود آمدن ضربه قوچ راه های متفاوتی وجود دارد که از کاربردی ترین این راه ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کنترل سائز لوله به منظور محدود کردن سرعت سیال در خط خروجی به زیر ۱۵ m/s

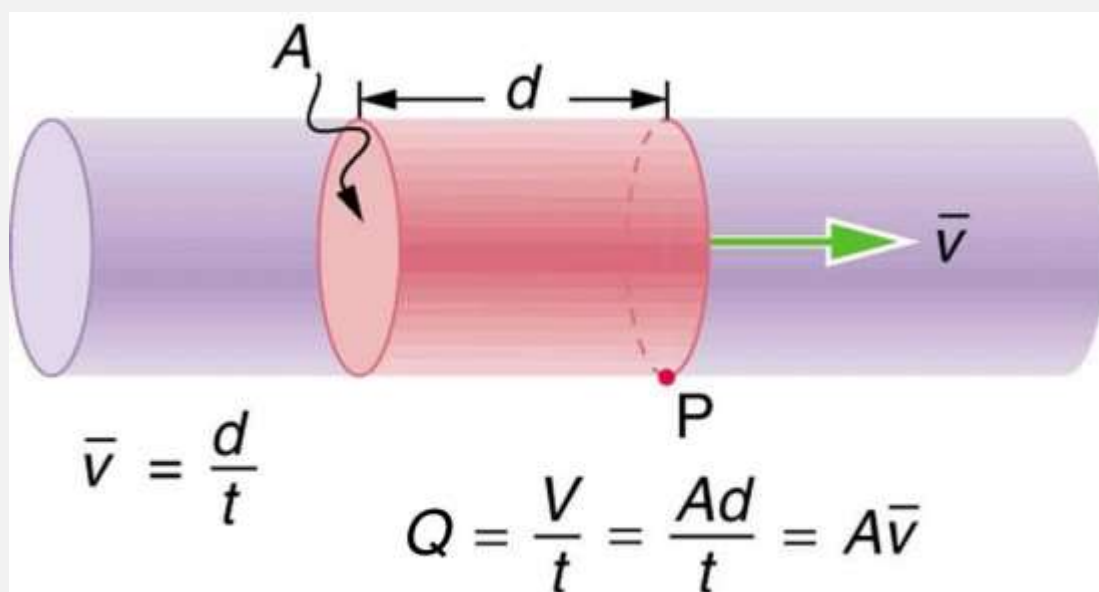
- استفاده از مخزن تلاطم گیر تحت فشار
- استفاده از مخزن تلاطم گیر اتمسفریک استفاده از شیر یک طرفه هیدرولیکی

- استفاده از شیر اطمینان

در ادامه به توضیح و بررسی هر یک از این روش ها می پردازیم.

کنترل سایز لوله برای محدود کردن سرعت سیال

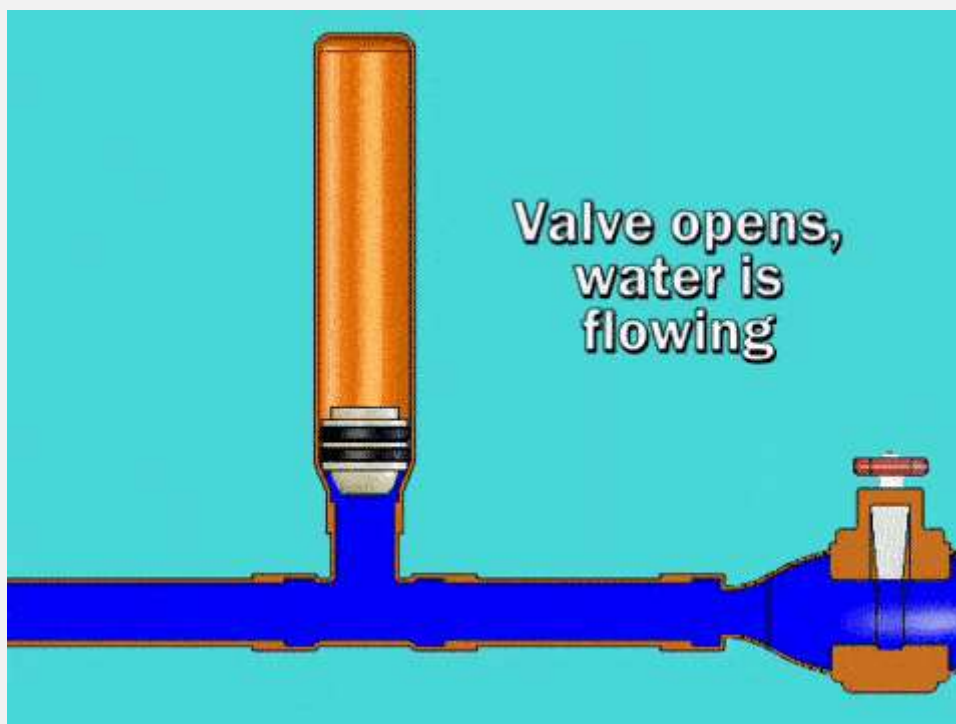
اگر نوع سیال محدودیتی ایجاد نکند، سایز لوله خروجی باید به گونه ای انتخاب شود تا سرعت سیال در خط خروجی بیشتر از ۱۵ m/s نشود.



استفاده از مخزن تلاطم گیر تحت فشار

در این شیوه از یک مخزن حاوی سیال که توسط یک گاز معمولاً خنثی (نیتروژن و یا گاهی هوا) تحت فشار قرار گرفته، استفاده می شود. انرژی حاصل از شوک شدید و ناگهانی ناشی از ضربه قوچ توسط سیال درون

مخزن جذب می گردد. به دلیل تحت فشار قرار گرفتن سیال درون مخزن از این روش صرفاً در تلاطم های تولید کننده اختلاف فشار بالا (معمولاً بالای ۳ bar) استفاده می شود.



استفاده از مخزن تلاطم گیر اتمسفریک

منطق حاکم، مشابه روش قبل است با این تفاوت که امکان دفع تلاطم های بسیار جزئی (زیر ۳ bar)، به دلیل فشار بارومتريک سطح مخزن نیز در این شیوه وجود خواهد داشت.

استفاده از شیر یک طرفه هیدرولیکی

یکی از معضلات استفاده از شیرهای یک طرفه معمولی، بسته شدن سریع آن ها در صورت وقوع جریان برگشتی است.

جهت کاهش اثرات مخرب ناشی از این واکنش سریع از شیرهای یک طرفه
مجهز به جک هیدرولیکی (که می توانند با سرعتی پایین تر و در یک یا چند
مرحله بسته شوند) استفاده می شود.



برای محاسبه زمان بسته شدن ناگهانی شیر یک طرفه ابتدا می بایست با
استفاده از رابطه زیر مقدار تغییر فشار ایجاد شده را محاسبه نماییم. سپس
از رابطه معروف ژوکسفسکی سرعت موج ایجاد شده تعیین می گردد.

$$\Delta P = -\rho a \Delta V$$

ΔP : میزان فشار ایجاد شده برحسب پاسکال (Pa)

ΔV : اختلاف سرعت برحسب متر بر ثانیه (m/s)

ρ : چگالی سیال برحسب کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3)

a : سرعت موج برحسب متر بر ثانیه (m/s)

$$T = \frac{2L}{a}$$

T: زمان بسته شدن برحسب ثانیه (s)

L: طول خط لوله مستقیم بین شیر بسته شده و اولین تغییر برحسب متر (m)

استفاده از شیر اطمینان

در مدار پایین دست پمپ می توان از شیر اطمینان استفاده نمود تا در صورت نیاز، افزایش فشار ایجاد شده مهار گردد. برای محاسبات تفصیلی ضربه قوچ از روابط تجربی دیگر و همچنین برخی نرم افزار های تحلیلی مانند AFT IMPULSE نیز می توان استفاده نمود که قابلیت شبیه سازی سناریوهای متنوع و دریافت نتیجه اثرات آن ها به صورت یک گزارش در آن وجود دارد.



ضربه قوچ و کاویتاسیون

جداسازی ستون (Column Separation) پدیده ای است که می تواند در طی یک رویداد چکش در آب اتفاق بیفتد. اگر فشار در یک خط لوله از زیر فشار بخار مایع فرو رود، حفره رخ می دهد (برخی از مایع بخار می شوند، تشکیل حباب در خط لوله، نگه داشتن فشار نزدیک به فشار بخار).

این حالت به احتمال زیاد در مکان های خاصی مانند انتهای بسته، نقاط زیاد یا زانوها (تغییر در شیب لوله) اتفاق می افتد. در صورت جابجایی مایع درون اتمی داخل فضای موجود در بخار، ناحیه تماس بین بخار و مایع افزایش می یابد. این امر باعث می شود بخار به درون مایع متراکم شود و باعث کاهش فشار در فضای بخار شود. مایع موجود در هر دو طرف فضای بخار با اختلاف فشار در این فضا شتاب می یابد. برخورد دو ستون مایع (یا یک ستون مایع اگر در انتهای بسته باشد) باعث افزایش زیاد و تقریباً فوری فشار می شود.

این افزایش فشار می تواند به ماشین آلات هیدرولیک، لوله های منفرد و سازه های پشتیبانی آسیب برساند. بسیاری از تکرارهای تشکیل حفره و ریزش حفره ممکن است در یک اتفاق چکش در آب اتفاق بیفتد.

محاسبات ضربه قوچ

به وسیله رابطه ژوکوفسکی، می توان محاسبات مورد نیاز ضربه قوچ را انجام داد. برای استفاده از رابطه ژوکوفسکی نیاز به تبدیل واحد ها و همچنین

محاسبه مدول الاستیسیته معادل داریم که در ادامه به شرح این موارد می پردازیم.

تبدیل واحد مورد نیاز برای محاسبه ضربه قوچ (طبق استاندارد MPIP)

<i>Convert</i>	<i>To</i>	<i>Multiply by</i>
$\frac{kg}{m^2}$	$\frac{lb}{ft^2}$	0.2048
$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{lb}{ft^3}$	0.06243
m	ft	3.281
$\frac{m^3}{s}$	$\frac{ft^3}{s}$	35.32
$\frac{m}{s^2}$	$\frac{ft}{s^2}$	3.28
mm	in	0.0393
bar	psi	14.5

مدول الاستیسیته معادل

به وسیله فرمول زیر می توانیم مدول الاستیسیته معادل را بدست آوریم:

$$E' = \frac{1}{\frac{1}{E_L} + \frac{dc_L}{tE_P}}$$

که تعریف پارامترهای آن به شرح زیر می باشند:

E' : مدول الاستیسیته معادل لوله و مایع برحسب psi

E_L : مدول الاستیسیته مایع برحسب psi

E_P : مدول الاستیسیته لوله برحسب psi

D : قطر داخلی لوله برحسب اینچ (in)

E : ضریب پواسون (معمولا بین ۰/۳۸ الی ۰/۴۲ می باشد)

C_1 : مقدار ثابت وابسته به ضریب پواسون

t : ضخامت دیواره لوله برحسب اینچ (in)

$$c_1 = \frac{5}{4} - e \rightarrow \text{soft barrier}$$

$$c_1 = 1 - e^2 \rightarrow \text{hard barrier}$$

$$c_1 = 1 - \frac{e}{2} \rightarrow \text{hard barrier with flexible interrim}$$

رابطه ژوکوسفکی

به وسیله رابطه ژوکوسفکی اختلاف فشار ایجاد شده را می توان محاسبه نمود که به شرح زیر است:

$$\Delta P = \frac{V \sqrt{\frac{\rho E'}{g}}}{12}$$

که تعریف پارامترهای آن به شرح زیر می باشد.

E' : مدول الاستیسیته معادل لوله و مایع برحسب psi

ΔP : میزان فشار ایجاد شده برحسب پاسکال (Pa)

g : شتاب گرانش برحسب فوت بر مجذور ثانیه (ft/s^2)

V : سرعت کاهش یافته به وسیله ضربه قوچ برحسب متر بر ثانیه (m/s)

ρ : چگالی سیال برحسب کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3)

نرم افزار محاسبه ضربه قوچ

همانطور که در بخش محاسبات بیان شد، می توان از نرم افزارهای تحلیلی استفاده کرد. از نرم افزار های تحلیلی می توان به AFT IMPULSE اشاره کرد. از قابلیت های این نرم افزار می توان به قابلیت شبیه سازی سناریوهای متنوع و دریافت نتیجه اثرات آن ها به صورت یک گزارش اشاره نمود.

