

# محاسبه ضربه قوچ آب

مهندس پژمان رحمانی نیا

منبع: کاتالوگ های فنی Carrier



یک موج فشاری ناگهانی هنگامی که شیرری به سرعت باز و بسته می شود یا هنگامی که پمپی با خطدهش خالی شروع به کار می کند، یا به طور ناگهانی خاموش می شود، می تواند به وجود آید. این پدیده نتیجه ی یک تغییر ناگهانی در سرعت جریان سیال در ترکیب با مشخصات لوله کشی است. این موج ناگهانی و ضربه ای به وسیله ی یک سری از صداهایی شبیه ضربات چکش آشکار می شود که به عنوان ضربه قوچ آب<sup>۱</sup> شناخته می شوند که می تواند دارای بزرگی کافی برای ایجاد صدمات و آسیب های پیچیده و فاجعه آور درون سیستم لوله کشی باشد.

خارج کند.

۳- شیرهای دارای راه انداز با حرکت آرام به سمت بسته شدن برای کنترل سرعت در موقعیت های باز و بسته شیرها باید نصب شوند. این شیرها می توانند به طریق الکتریکی یا پنوماتیکی کنترل شوند، و

جدول (۱): ضرایب کشسانی در دمای ۷۳°F

مواد مصرفی	PVC	CPVC
ضرایب (psi)	۰۰۰/۴۰۰	۰۰۰/۳۶۰

برای جلوگیری از شرایط ایجاد ضربه قوچ آب موارد زیر را لحاظ کنید:

۱- سرعت های سیال بیشتر از ۵ فوت بر ثانیه در سیستم های لوله کشی پلاستیکی تاثیر ضرب هیدرولیکی را افزایش می دهند که در اثر روشن و خاموش کردن پمپ ها و باز و بسته شدن سریع شیرها هستند. سرعت سیال که از ۵ فوت در ثانیه تجاوز نکند به عنوان عدد ایمن و مطمئن لحاظ می شود، و تاثیرات ضربه آب را به حداقل می رساند.

۲- شیرهای تخلیه فشار<sup>۲</sup> را نصب کنید تا تاثیرات ضربه قوچ آب را کاهش دهد یا از بین ببرد و فشار اضافی و سیال اضافی را از سیستم

جدول (۲): ثابت‌های موج (برای لوله حامل آب در دمای °F ۷۳ و °C ۰.۴۲)

اندازه		1		2/1-1		2		3		4		6		8		10		12				
درجه لوله	40	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80			
PVC	1/30	4/35	3/27	1/32	8/26	8/30	7/22	9/26	9/20	25	3/20	1/23	7/18	5/22	7/16	9/20	7/15	7/19	15	2/19	5/14	19
CPVC	9/28	1/34	1/26	8/30	9/25	6/29	7/21	7/25	9/19	9/23	4/19	1/22	8/17	4/21	9/15	9/19	9/14	8/18	2/14	3/18	8/13	1/18

خطاهای احتمالی افراد را حذف کند.

افزایش فشار که در اثر ضربه قوچ آب ایجاد می‌شود به فشار اسمی کاری سیستم اضافه می‌شود. جهت محاسبه این افزایش فشار، لازم است که اول به یک ضریب ترکیبی کشسانی<sup>۳</sup> سیستم لوله - مایع برسیم:

$$E^* = \frac{1}{\frac{1}{E_p} + \frac{d}{4tE_p}(5-4\nu)} = 57,531 \text{ psi}$$

جایی که:

E: ضریب کشسانی ترکیب لوله - سیستم (psi)

D: قطر داخلی لوله (in)

e: نسبت پواسون<sup>۴</sup> برای مواد لوله‌های ترموپلاستیک، شیر در محدوده‌ی ۰.۳۸ تا ۰.۴۲.

E<sub>p</sub>: ضریب کشسانی برای لوله (psi، از جدول ۱)

E<sub>w</sub>: ضریب کشسانی مایع، آب برابر با ۳۰۰۰۰۰ psi

t = ضخامت دیواره لوله (in)

مثال ۱: برای یک لوله‌ی PVC با درجه ۸۰ و اندازه‌ی ۴ اینچ (قطر داخلی ۳.۷۸۶ اینچ و ضخامت دیواره ۰.۳۳۷ اینچ) که حامل آب است، ضریب کشسانی ترکیبی به این صورت محاسبه می‌شود:

$$E^* = \frac{1}{\frac{1}{300,000} + \frac{3.786}{4(0.337)400,000}[5-4(4.2)]} = 37,531 \text{ psi}$$

حال افزایش فشار ناشی از ضربه قوچی آب عبارت است از:

$$\Delta P = \frac{V \sqrt{\frac{\rho E^*}{G_c}}}{12}$$

که در آن:

ΔP: افزایش فشار ناشی از ضربه آب (psi)

m: چگالی مایع، (آب ۶۲.۴ پوند بر فوت مکعب)

G<sub>c</sub>: ثابت ابعادی برابر با ۳۲.۲ پوند فوت بر پوند مجذور ثانیه

E: ضریب کشسانی لوله - سیستم (psi)

V: کاهش سرعت عامل به وجود آورنده‌ی ضربه قوچ (فوت بر ثانیه)

مثال ۲: آب به میزان (۶.۵ ft/sec) ۲۵۰ gpm در یک خط فشار ۴۰ psi در حال جریان است. اگر شیر در این خط ناگهان بسته شود، افزایش فشار به دست آمده به این صورت محاسبه می‌شود:

$$\Delta P = \frac{6.5 \sqrt{\frac{62.4 \cdot 37531}{32.2}}}{12} = 146 \text{ psi}$$

کل فشار خط برابر است با:

$$P_{total} = 40 + 146 = 186 \text{ psi}$$

یک لوله‌ی پلاستیکی (PVC) با اندازه‌ی ۴ اینچ برای فشار ۳۲۰ psi در نظر گرفته شده است، بنابراین در این شرایط مشکلی ایجاد نمی‌شود. نکته: مطمئن شوید که کلیه اجزا و متعلقات سیستم برای محاسبه فشار در نظر گرفته شوند.

برای راحتی، جدول (۲) ثابت‌های موج را برای اندازه‌های رایج لوله‌های حامل آب در دمای °F ۷۳ نشان می‌دهد.

ثابت موج برای محاسبه سریع افزایش فشار در نتیجه ضربه قوچی آب به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\Delta P = VC$$

که در آن:

ΔP = افزایش فشار ناشی از ضربه آب (psi)

C = ثابت موج از جدول (۲)

V = کاهش سرعت بوجود آورنده‌ی ضربه آب

پی‌نوشت:

1-water hammer

2- Pressur relief valve

3- Combined modulus of elasticity

4- Poisson, s ratio