



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

آموزش کاربردی

[مفاهیم ضربه قوچ]

در

# WATER HAMMER

با پروژه تشریحی سیستم های آبگیر سد مخزنی

مؤلف:

مهندس محمد کربلائی کریمی

کارشناس ارشد مهندسی عمران آب

مدرس دانشگاه

سرشناسه	: کربلائی کریمی، محمد، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: آموزش کاربردی مفاهیم ضربه قوچ در HAMMER WATER با پروژه تشریحی سیستم‌های آبیگر سد مخزنی / نگارنده محمد کربلائی کریمی.
مشخصات نشر	: تهران : نوآور؛ پارسیا، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۸ ص.: مصور.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۰۸۱-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: ضربه قوچ
موضوع	: آب -- مهندسی -- نرم‌افزار
رده بندی کنگره	: TC۱۷۴/ک۴۱۸ ۱۳۹۱
رده بندی دیویی	: ۱۰۶۴/۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۸۱۶۴۳۸

## آموزش کاربردی مفاهیم ضربه قوچ در WATER HAMMER با پروژه تشریحی سیستم‌های آبیگر سد مخزنی

محمد کربلائی کریمی

نوآور

پارسیا

نسخه ۱۰۰۰

محمد رضا نصیرنیا

۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۰۸۱-۶

مؤلف:

ناشر:

ناشر همکار:

شمارگان:

مدیر تولید:

نوبت چاپ:

شابک:



### نمایشگاه دائمی و مرکز فروش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نویسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان،

پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶

تلفن مرکز پخش: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱-۶۶۴۸۴۱۹۱-۰۹۱۲۶۰۶۲۳۸۳

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

فروشگاه ۱: تهران خ انقلاب، بین خ ۱۲ فروردین و اردیبهشت، پلاک ۱۳۱۲، کتابفروشی صانعی تلفن: ۶۶۴۰۵۳۸۵ - ۶۶۴۰۹۹۲۴

فروشگاه ۲: تهران خ انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، جنب بانک ملت، پلاک ۱۲۱۲، کتابفروشی گوتنبرگ تلفن: ۶۶۴۰۲۵۷۹ - ۶۶۴۱۳۹۹۸

فروشگاه ۳: تهران خ انقلاب، نبش خ ۱۲ فروردین پلاک ۱۳۱۰، کتابفروشی الیاس تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۴ - ۶۶۹۵۵۸۷۸

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است

## مقدمه مولف:

سپاس وستایش خاص آن ازل و ابد باد که گوهر علوی آدمی را به دیهیم عشق و معرفت و سریر دولت ناطقه، مزین ساخت و قامت بلند این سدره نشین افلاکی را با حمایل "علم آدم الاسماء" در بسیط خاک زینت بخشید و او را در پهنه عالم و وادی چون و چرا به جولان درآورد.

جریان غیر ماندگار در لوله به اشکال مختلف بروز می‌نماید. یک نمونه از انواع جریان، جریانهای غیر ماندگار میراست که بطور خاص ضربه قوچ نامیده می‌شود. موجهای فشاری ناشی از ضربه قوچ باعث ناپایداری سیستم انتقال می‌شود و در صورتیکه از فشار مجاز سیستم فراتر رود، باعث خرابی و یا متلاشی شدن آن می‌گردد. جهت طراحی سیستمهای انتقال و لوله‌های ارتباطی، توجه به این پدیده ضروری است. استفاده از نرم‌افزار تخصصی Hammer در دهه اخیر برای تحلیل مسائل گوناگون صنعتی توسعه روزافزونی یافته است. در این کتاب از قابلیت‌های این نرم‌افزار برای مدلسازی و تحلیل سیستمهای آبگیر سد قشلاق بصورت مطالعه موردی (CASE STUDY) استفاده شده است.

بدین منظور ابتدا سیستمهای آبگیر سد قشلاق شامل سه سیستم آبگیر با لوله‌هایی بقطر ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلیمتر در نرم‌افزار **Watercad** مدلسازی شده و در حالت دائمی (**Steady**) آنالیز شده‌اند سپس نتایج حاصله به نرم‌افزار **Hammer** منتقل شده و در محیط آن نرم‌افزار در حالت غیر ماندگار (**Transient**) بررسی شده‌اند. جهت بررسی موضوع با کلیه پارامترهای دخیل پدیده ضربه قوچ در ۷۰ حالت بشرح ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است:

۱- بررسی ضربه قوچ در رقوم مختلف تراز دریاچه سد اعم از رقوم سرریز،

رقوم تاج سد....

۲- بررسی ضربه قوچ با توجه به میزان سرعت موج در دو حالت لوله صلب و نیمه صلب.

۳- بررسی پارامترهای موثر بر آسیب دیدگی و تورم ایجاد شده در محل لوله منتهی به شیر پروانه‌ای در آبگیر ۱۲۰۰ میلیمتری.

۴- بررسی ضربه قوچ در هر یک از سیستمهای آبگیر با توجه به زمان انسداد شیر پروانه‌ای.

۵- بررسی آنالیز حساسیت پدیده ضربه قوچ با تغییرات قطر، جنس و طول لوله آبگیر.

در پایان از مدیریت محترم انتشارات نوآور جناب مهندس نصیرنیا و سرکار خانم بیگلی که در تمام مراحل چاپ و نشر کتاب از هیچ کوششی فروگذار ننموده‌اند، صمیمانه سپاسگذاری می‌نمایم و توفیق روزافزون ایشان را از حضرت حق مسئلت می‌نمایم.

محمد کربلائی کریمی

[m. k. karimi80@gmail.com](mailto:m.k.karimi80@gmail.com)

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

## فهرست مطالب

مقدمه مولف	۲-۱-۸- تلفیق روش مشخصه‌ها و اجزاء محدود
<b>فصل اول / مقدمه، کلیات، مفاهیم</b>	۲-۱-۹- خطوط مشخصه صریح
۱-۱- مقدمه	۲-۱-۱۰- خطوط مشخصه ضمنی
۲-۱- تاریخچه	۲-۱-۱۱- معادلات نهایی
۳-۱- ضربه قوچ	۲-۱-۱۲- نتایج روش تلفیقی مشخصه‌ها و اجزاء محدود
۴-۱- اصول اولیه	۲-۲- نظریه‌های ضربه قوچ
۵-۱- محل و علل وقوع ضربه قوچ	۲-۲-۱- نظریه رفتار صلب ستون آب (Rigid Column Theory)
۶-۱- مشکلات ناشی از ضربه قوچ	۲-۲-۲- نظریه رفتار کشسان (Elastic Theory)
۱-۶-۱- فشارهای زیاد و کم	
۲-۶-۱- ارتعاشات	
۳-۶-۱- خلاءزایی	
<b>فصل دوم / پیشینه علمی</b>	<b>فصل سوم / کنترل ضربه قوچ و مقدمه‌ای بر سازه آبگیر</b>
۱-۲- روشهای تحلیل ضربه قوچ	۳-۱- وسایل کنترل ضربه قوچ
۱-۱-۲- روش ریاضی	۳-۲- کنترل بستن شیر
۲-۱-۲- روش مشخصه‌ها	۳-۲-۱- روش بهره‌برداری از شیرهای کنترل
۳-۱-۲- محاسبه ضربه قوچ با روش خصوصیات	۳-۳- سازه آبگیر
۴-۱-۲- روش تجربی	۳-۳-۱- مقدمه
۵-۱-۲- روش تحلیل خطی	۳-۳-۴- آبگیر تحتانی
۶-۱-۲- روش اختلال	
۷-۱-۲- روش تفاضل محدود	

- فصل چهارم / مطالعات حوزه آبخیز و تاسیسات و تجهیزات هیدرومکانیک و سیستمهای آبخیز سد
- ۱-۴-۱- مقدمه
- ۲-۴-۲- مشخصات سد
- ۳-۴-۳- وضعیت طبیعی و جغرافیایی حوزه آبخیز
- ۴-۴-۴- آب و هوای منطقه
- ۵-۴-۵- هیدرولوژی
- ۶-۴-۶- تجهیزات هیدرو مکانیک
- ۱-۶-۴-۱- لوله ۱۲۰۰ میلیمتری (تخلیه کننده تحتانی)
- ۲-۶-۴-۲- لوله ۱۵۰۰ میلیمتری (تخلیه کننده اضطراری)
- ۳-۶-۴-۳- لوله ۲۰۰۰ میلیمتری (آبگیر نیروگاه)
- ۷-۴-۷- تجهیزات سد قشلاق
- ۱-۷-۴-۱- تجهیزات آبخیز ۱۲۰۰ میلیمتری
- ۲-۷-۴-۲- تجهیزات آبخیز ۱۵۰۰ میلیمتری
- ۳-۷-۴-۳- تجهیزات آبخیز ۲۰۰۰ میلیمتری
- ۸-۴-۸- طرحهای مطالعاتی و کنترل
- ۱-۸-۴-۱- طرح ترمیم لوله متورم
- ۱۲۰۰ میلیمتری
- ۹-۴-۹- آبخیز ۱۲۰۰ میلیمتری
- ۱-۹-۴-۱- لوله های فولادی آبخیز
- ۲-۹-۴-۲- شیر پروانه ای
- ۳-۹-۴-۳- شیر تخلیه
- ۱۰-۴-۱۰- سرویس و نگهداری
- فصل پنجم / معرفی نرم افزار WATER HAMMER
- ۱-۵-۱- مقدمه
- ۲-۵-۲- کاربرد نرم افزار در مطالعه اثر ضربه جریان غیر ماندگار
- ۱-۲-۵-۱- سیستمهای آب
- ۲-۲-۵-۲- سیستمهای فاضلاب
- ۳-۲-۵-۳- سیستمهای ترکیبی فاضلاب و تونل
- ۳-۵-۳- نرم افزار HAMMER
- قابلیت های HAMMER
- ۴-۵-۴- مقاصد و کاربرد استفاده از نرم افزار HAMMER
- ۱-۴-۵-۱- ناپایداری ها
- ویژگی های بارز این نرم افزار
- ۲-۴-۵-۲- جزئیات نرم افزار HAMMER
- استفاده از روش مشخصه ها
- ۳-۴-۵-۳- تجهیزات کنترل امواج

۳- پوشش بتنی	ضربه قوچ
۴- طول لوله	۴-۴-۵- مدل نمودن انواع
۶-۳- زمان انسداد شیر پروانه‌ای	نایاب‌داری‌های هیدرولیکی
۶-۴- بررسی حالات وقوع ضربه	- مدیریت و ساخت مدل
قوچ	ساخت مدل‌های یکنواخت و پایدار
۶-۵- مدل‌سازی با نرم‌افزار	هیدرولیکی
Watercad	۵-۴-۵- محاسبه نیروهای ناشی از
۶-۶- خروجی حاصل از مدل‌سازی	نایاب‌داری‌های هیدرولیکی
و آنالیز سیستم‌های آبیگر در لوله	- مدل نمودن توربین؛ پذیرش
منتهی به شیر پروانه‌ای	و عدم پذیرش بار
۶-۷- بررسی نتایج در حالت دوم	ارائه نتایج و گزارش
(زمان انسداد کند)	۵-۵- مدل انتخابی جهت
۶-۸- جمع‌بندی حاصل از خروجی	کالیبراسیون نرم‌افزار
نرم‌افزار	۵-۱-۵- روش کار
	۵-۲-۶- مشخصات مدل
	آزمایشگاهی کالیبراسیون
	۵-۳-۶- نتایج اجرا
<b>فصل هفتم / تحلیل خروجی</b>	<b>فصل ششم / مدل‌سازی و آنالیز</b>
۷-۱- تحلیل خروجی در محل شیر	<b>پروژه با نرم‌افزار</b>
پروانه‌ای در سیستم آبیگر ۱۲۰۰	۶-۱- مدل‌سازی سیستم‌های آبیگر
میلیمتری در حالت اول (زمان	با نرم‌افزار
انسداد سریع)	۶-۲- سرعت موج
۷-۱-۱- ماکزیمم حجم بخار	۱- مهاربندی سیستم
تحلیل خروجی مقادیر ماکزیمم	۲- اتصالات
حجم بخار	
۷-۱-۲- ماکزیمم دبی منفی	
تحلیل خروجی مقادیر ماکزیمم دبی	

تحلیل خروجی	منفی
۷-۳-۲- ماکزیمم دبی منفی	۷-۱-۳- ماکزیمم دبی مثبت
تحلیل خروجی	تحلیل خروجی مقادیر ماکزیمم دبی
۷-۳-۳- ماکزیمم دبی مثبت	مثبت
تحلیل خروجی	۷-۱-۴- ماکزیمم فشار
۷-۳-۴- ماکزیمم فشار	تحلیل خروجی مقادیر ماکزیمم
تحلیل خروجی	فشار
۷-۴-۴- بررسی نتایج در محل لوله	۷-۱-۵- تحلیل نمودار فشار-مکان
منتهمی به شیر پروانه‌ای در	۷-۲-۲- تحلیل خروجی در محل
سیستمهای آبگیر در حالت دوم	لوله منتهمی به شیر پروانه‌ای در
(زمان انسداد کند)	سیستم آبگیر ۲۰۰۰ میلیمتری
۷-۴-۱- بررسی خروجی حالت	۷-۲-۱- ماکزیمم حجم بخار
دوم (زمان انسداد کند) در محل شیر	تحلیل خروجی مقادیر ماکزیمم
پروانه‌ای در سیستم آبگیر ۱۲۰۰	حجم بخار
میلیمتری	۷-۲-۲- ماکزیمم دبی منفی
۷-۴-۲- ماکزیمم حجم بخار	تحلیل خروجی
۷-۴-۳- ماکزیمم دبی منفی	۷-۲-۳- ماکزیمم دبی مثبت
۷-۴-۴- ماکزیمم دبی مثبت	تحلیل خروجی
تحلیل خروجی	۷-۲-۴- ماکزیمم فشار
۷-۴-۵- ماکزیمم فشار	تحلیل خروجی
تحلیل خروجی	۷-۳-۳- بررسی نتایج در محل لوله
۷-۵-۵- تحلیل مقادیر حالت دوم	منتهمی به شیر پروانه‌ای در سیستم
(زمان انسداد کند) در محل لوله	آبگیر ۱۵۰۰ میلیمتری در حالت
منتهمی به شیر پروانه‌ای در سیستم	اول(زمان انسداد سریع)
آبگیر ۲۰۰۰ میلیمتری	۷-۳-۱- ماکزیمم حجم بخار



فصل هشتم / بررسی و تحلیل نتایج	۷-۵-۱- ماکزیمم حجم بخار
۸-۱- نتایج نهایی حالت اول (زمان انسداد سریع)	۷-۵-۲- ماکزیمم دبی منفی
۸-۲- نتایج نهایی حالت دوم (زمان انسداد کند)	۷-۵-۳- ماکزیمم دبی مثبت
۸-۳- زمان بهینه انسداد شیر پروانه‌ای	نتایج
۸-۴- نتایج حاصل از آنالیز حساسیت	۷-۵-۴- ماکزیمم فشار
۸-۵- پیشنهادات	نتایج
فصل نهم / اصول بهره‌گیری از نرم‌افزارهای محاسبه ضربه قوچ	۷-۶-۶- تحلیل مقادیر حالت دوم (زمان انسداد کند) در محل لوله
۹-۱- کلیات	نتیجه به شیر پروانه‌ای در سیستم آبگیر ۱۵۰۰ میلیمتری
۹-۲- انتخاب و استفاده از نرم افزار	۷-۶-۱- ماکزیمم حجم بخار
۹-۳- حداقل اطلاعات اولیه ورودی در نرم افزار	۷-۶-۲- ماکزیمم دبی منفی
۹-۴- موارد کنترلی نرم افزار در محاسبات	۷-۶-۳- ماکزیمم دبی مثبت
۹-۵- نتایج خروجی نرم افزار مراجع	نتایج
	۷-۶-۴- ماکزیمم فشار
	نتایج
	۷-۷-۷- آنالیز حساسیت
	۱) حالت اول: مبنا (کلی)
	۲) حالت دوم: تغییر جنس لوله
	۳) حالت سوم: تغییر قطر لوله
	۴) حالت چهارم: تغییر طول لوله
	۷-۷-۱- تحلیل خروجی حاصل از آنالیز حساسیت

---

## فصل اول

### مقدمه، کلیات، مفاهیم

---

#### ۱-۱- مقدمه:

آب از گذشته‌های دور با زندگی بشر آمیخته بوده است، چنانچه حیات بدون آن میسر نبوده و بشر همواره در تلاش بوده تا از این ماده حیاتی در بهبود و توسعه زندگی روزمره خویش بهره گیرد و اولین تمدنها نیز در کنار منابع آب شکل گرفته است. در ابتدا، تلاش بشر به مهار و کنترل منابع آبی معطوف بود، ولی با گذشت زمان و توسعه تمدنها فکر انتقال آب به دوردست در ذهن بشر بوجود آمد و روز به روز گسترده‌تر شد.

امروز به دلیل افزایش جمعیت، توسعه شهرها، گسترش فعالیت کشاورزی و صنعتی مساله انتقال آب به عنوان یکی از مهمترین مسائل مورد توجه قرار گرفته است، بگونه‌ای که اکنون مهندسی آب در میان علوم از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

انتقال آب در گذشته به روشهای سنتی مثل ایجاد قنات و کانالهای آبیاری صورت می‌گرفت، اما امروزه روشهای مختلفی برای انتقال آب وجود دارد که

در آن میان مجاری تحت فشار به دلیل اینکه مقدار آب بیشتری را در زمان کوتا‌هتر منتقل می‌کنند، از اهمیت خاصی برخوردار هستند. طراحی و بهره‌برداری از اینگونه سیستمها همواره با مسائل خاصی همراه است. یکی از مهمترین مسائل تحلیل و بررسی جریانهای غیرماندگار است. جریانهای غیرماندگار در لوله‌ها بشکلهای گوناگون نمود می‌کند. همانطور که اشاره شد ضربه قوچ یک پدیده در جریان غیرماندگار است. پدیده ضربه قوچ در خطوط لوله جریان تحت فشار و مجاری باز اتفاق می‌افتد و بوضوح بر قوانین فشار، تغییرات دبی یا تغییرات سرعت جریان و شرایط مکانی و زمانی حرکت سیال استوار است.

در بعضی سیستمهای هیدرولیکی تحت فشار نظیر خطوط انتقال آب، نفت یا شبکه توزیع و لوله‌های آب بر منتهی به توربین‌ها، تونلهای آبی، سیستم پمپاژ و جریانهای ثقلی، پدیده ضربه قوچ با ایجاد موجهای سریع، میرا و زودگذر موجب خطرات زیادی اعم از ترکیدن خط لوله در سیستم انتقال و شبکه توزیع و خرابی و شکستن شیرها، دریچه‌های کنترل و پمپها می‌شود.

در اثر تکرار پدیده و خسارات وارده در زمان بهره‌برداری موجب کاهش کارایی سیستم و در نهایت به خطوط لوله، شیر آلات، دریچه‌ها، پمپها، توربین، سازه‌های هیدرولیکی و تاسیسات مکانیکی آسیب می‌رساند. فلذا لازم است در کلیه طرحهای انتقال آب پدیده ضربه قوچ مطالعه شده و با شناخت کامل پدیده اثرات آن کنترل و تمهیدات مناسب اتخاذ شود. بدلیل پیچیده بودن جریان غیر ماندگار و ناشناخته بودن آن تا اواسط قرن نوزدهم، بدلیل ضرورت بررسی پدیده در سیستمهای هیدرولیکی تحت فشار در این خصوص مطالعات زیادی انجام شده است.

## ۱-۲- تاریخچه:

بر اساس اظهار نظر آقای وبر<sup>۱</sup> در سال ۱۸۵۰ میلادی، اثر کشسانی دیواره یا جداره لوله را بر روی سرعت حاصل از ضربه قوچ تحت شرایط معین و ثابت اشاره نمود.

$$\Delta H = (a/g)\Delta V \quad (1-1)$$

$\Delta H$ : ماکزیمی فشار ایجاد شده بر حسب ستون آب در لوله‌ای که بالادست آن مخزن و پایین دست آن شیر ضربه قوچ ایجاد می‌شود.  $\Delta V$ : سرعت جریان قبل از ضربه قوچ وی برای نخستین بار به مطالعه اثر مخزن هوا و شیر اطمینان در استهلاک موج فشاری ضربه قوچ پرداخت، و موفق به تعیین اثرات ناشی از پدیده ضربه قوچ که در اثر باز و بسته کردن سریع شیرهای کشویی ایجاد می‌شود، نائل آمد.

وردن<sup>۲</sup> نشان داد سرعت موج در لوله‌های ساخته شده از مواد آلی غوطه ور در آب کمتر از مقدار پیش‌بینی شده آن توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$a = \sqrt{(K/p)} \quad (2-1)$$

**a**: سرعت موج

**p**: چگالی آب

**K**: مدول حجمی سیال

هلمهوتز (Helmholtz) در همان سال این اثر را به الاستیسیته لوله مرتبط دانست. ماری (Marrey) (۱۸۷۵) به کمک نتایج آزمایشگاهی نشان داد که سرعت موج مستقل از دامنه امواج فشاری و متناسب با میزان کشسانی لوله است.

۱. Weber

۲. Wertheri

کرتوگ (Korteweg) (۱۸۷۸) اولین کسی بود که سرعت موج را با توجه به کشسانی جدار لوله و کشسانی سیال بدست آورد. برای بدست آوردن رابطه زیر فرض شده است که تنشهای طولی ایجاد شده روی دیوار لوله ناچیز است و طول موج در مقایسه با قطر لوله بزرگتر است:

$$a/a_0 = \sqrt{(1/(1+DK/Ee))} \quad (3-1)$$

**K:** مدول حجمی سیال

**D:** قطر لوله

**E:** مدول الاستیسیته

**A:** سرعت موج با در نظر گرفتن کشسان بودن لوله

بعدها آزمایش کانت (Kundit) صحت این رابطه را در محدوده ۱۰- تا ۴۰ درصد خطا از مقدار تایید نمودند.

در سال ۱۸۹۸ نیکلای ژوکوسکی (Joukowski) در مسکو نشان داد که علت بالا رفتن فشار در مسیر خط لوله انتقال در نتیجه تغییر سرعت و جرم مخصوص سیال است و فرمولی برای تعیین و محاسبه سرعت انتشار موج فشار ناشی از ضربه قوچ ارائه نمود. از ایشان بعنوان پدر علم ضربه قوچ نامبرده می شود.

$$\Delta P = \rho \alpha v \quad (4-1)$$

$$\Delta H = \Delta p / \rho g = \alpha \Delta V / g$$

در طول قرن بیستم تحقیقات ادامه یافت و در سال (۱۹۰۳) لودانزو آلیویو همکارانش روش ریاضی و ترسیمی را برای تعیین فشار ضربه قوچ ابداع و ارائه نمودند و در مدت ۵۰ سال تحقیقات بتایج مهمی در این زمینه دست یافتند همچنین بر اساس حذف ترم خطی اصطکاک از معادله اندازه حرکت به تجزیه و تحلیل جدید از فرایند ضربه قوچ رسید. رابطه افزایش فشار در محل شیر با افزایش یا

کاهش فشار ناشی از بستن و باز شدن یکنواخت توسط وی ارائه شده است.

$$\partial^2 P / \partial x^2 = 1/a^2 (\partial^2 P / \partial t^2) \quad (5-1)$$

در ادامه دانشمندان زیادی چون برگرون، آنگوس، ولوپتان، به ادامه تحقیقات پرداختند

از ۹۰ سال پیش تاکنون پدیده ضربه قوچ در طرحهای انتقال مورد توجه خاص قرار گرفته و از سال ۱۹۵۰ به بعد مطالعات مربوط به ضربه قوچ ابعاد وسیعی پیدا کرده است.

### ۱-۳- ضربه قوچ:

هرگاه مشخصات جریان نظیر سرعت، دبی، فشار و... نسبت به زمان تغییر کند به آن جریان غیرماندگار گفته می‌شود. چنین جریانی می‌تواند هم در مجاری روباز و هم در مجاری بسته رخ دهد. ضربه قوچ پدیده ایست که در اغلب جریانهای غیرماندگار رخ می‌دهد و آن هنگامی است که تغییرات سرعت و یا هر عاملی که موجب تغییرات ناگهانی سرعت جریان می‌شود، باشد. در مجاری بسته و تحت فشار تغییرات دبی یا سرعت باعث تغییر در اندازه حرکت جریان می‌شود و در نتیجه فشار سیستم را تغییر می‌دهد که این تغییر بصورت موج فشاری حرکت کرده و باعث عدم ثبات سیستم انتقال جریان می‌شود. این موجهای فشاری با سرعت زیاد در سیستم انتقال انعکاس می‌یابد تا زمانی که موجهای فشاری مستهلک شوند و از بین بروند. بهمین دلیل به آن جریان غیر ماندگار میرا گویند. فشار ایجاد شده در اکثر مواقع می‌تواند خطراتی از قبیل لرزش، خلاءزایی، صدا، فرسایش و در نهایت خرابی سیستم را به بار آورد. از این لحاظ شناخت این پدیده و برخورد صحیح با آن حائز اهمیت است. تبدیل انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل (از نوع انرژی پتانسیل فشاری یا ثقلی) و