

# بررسی و تحلیل حساسیت شاخصهای موثر بر فشار دینامیکی لوله های GRP در طرحهای آبرسانی

( مطالعه موردی طرح آبرسانی شهرستان سنقر کرمانشاه )

محمد امین گندمی<sup>۱\*</sup>، سارا امیرزاده<sup>۱</sup>، نورالدین بازگیر<sup>۱</sup>، روزبه آقامجیدی<sup>۲</sup>

۱- سازمان آب و برق خوزستان، معاونت حفاظت و بهره برداری منابع آب، خوزستان، ایران

۲- بخش عمران، واحد سپیدان، دانشگاه آزاد اسلامی، سپیدان، ایران

\*نویسنده مسئول: [Gandomi.civil.engineer@gmail.com](mailto:Gandomi.civil.engineer@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۲

## چکیده

جریان های ناماندگار در لوله ها به شکل های گوناگون ممکن است رخ دهد که یکی از اشکال آن، جریان ناماندگار میرا می باشد که ضربه قوچ نامیده می شود. این جریان ها به صورت امواج فشاری بوده و اگر به گونه ای مهار نشوند، می توانند موجب به وجود آمدن خسارت های جبران ناپذیری در خط لوله گردد. در تحقیق حاضر به معرفی پدیده قوچ پرداخته و تاثیرات پارامترهای مختلف، ضخامت و قطر لوله، سرعت های مختلف جریان بر بارهای دینامیکی وارده در اثر وقوع ضربه قوچ را مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مشاهده شد که در شرایط یکسان، تأثیر جنس لوله در کاهش حداکثر ضربه، ۲۵ درصد موثر است. افزایش حداکثر ضربه در اثر افزایش ضخامت لوله به اندازه بسیار کم، در حدود ۱ درصد می شود. دو برابر نمودن ممان اینرسی باعث کاهش حداکثر فشار ناشی از ضربه در حدود ۴۲ درصد می شود که این بررسی با استفاده از نرم افزار بررسی گردیده است.

واژگان کلیدی: ضربه قوچ، ضخامت قطر، فشار منفی، سرچ تانک.

## مقدمه

حاضر مکانیزم تشکیل ضربه قوچ امری شناخته شده می باشد، اما به دلیل وسعت و گستردگی ابعاد مسئله ضربه قوچ و وجود شرایط گوناگون مکانی و زمانی در این فرآیند، دامنه تحقیقات در این زمینه ادامه داشته و هنوز دنیای وسیعی از مجهولات و مشکلات ناشی از ضربه قوچ در برابر محققین قرار دارد و کوشش برای حل و فصل آنها میتواند زمینه مناسبی را برای تحقیقات ایجاد نماید.

از جمله کارهای پژوهشی انجام شده در این زمینه می توان به این موارد اشاره کرد: نامداری و طالب بیدختی (۱۳۸۷) در بررسی چالش ها و معضلات پیش آمده در اثر ضربه آبی و تحلیل آن در خطوط انتقال آب شهر

در این مطالعه پدیده ضربه قوچ و اثرات تغییر قطر، ضخامت و جریان های آبی بر بارهای دینامیکی وارده ناشی از آن مورد توجه قرار گرفت. با استفاده از مطالعه موردی خطوط انتقال آب در شهر سنقر در استان کرمانشاه انتخاب شده و به منظور مدل سازی از نرم افزارهای WaterGems و Hammer استفاده شده است.

با وقوع پدیده ضربه قوچ، امواج فشاری در محل انسداد به وجود آمده و در سرتاسر خط لوله شروع به انتشار می کنند. این امواج فشاری اگر به گونه ای مهار نشوند، می توانند موجب به وجود آمدن خسارت های جبران ناپذیری در خط لوله شوند. با وجود آنکه در حال

Hemmat (۱۹۷۵) با فرض رفتار الاستیک لوله، Khamlichi و همکاران (۱۹۹۵) با توجه به رفتار لوله در ناحیه الاستیک-پلاستیک Tijsseling (۲۰۰۷) درخصوص لوله‌های جدار ضخیم و Keramat و همکاران (۲۰۱۵) و Meniconi و همکاران (۲۰۱۲) با در نظر گرفتن رفتار ویسکوالاستیک لوله پدیده ضربه قوچ را مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۴ و ۱۵ و ۱۹].

می خواهد باز شود یا ناگهان بسته می شود. این پدیده باعث تغییر ناگهانی جریان و ایجاد افت فشار به شکل یک موج فشاری در طول لوله می شود که حرکت کرده و باعث کم و زیاد شدن فشار می شود .

#### منطقه مورد مطالعه :

سقز اولیایی یکی از شهرستان‌های استان کرمانشاه در غرب ایران است. اگر شهرهای همدان و کرمانشاه و سنندج را به عنوان رئوس یک مثلث در نظر گرفته شود. شهرستان سقز کلیایی با مساحتی حدود ۲۲۴۲ کیلومتر مربع تقریباً در مرکز مثلث در شمال شرق استان کرمانشاه بین ۴۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است.

#### خصوصیات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر رسوب گذاری و چینه شناسی جزء کمربند چین خورده زاگرس محسوب می‌شود. چین خوردگی زاگرس در ایران از شمال مریوان آغاز و در حاشیه غربی و جنوب غربی به سمت جنوب و نهایتاً در شمال خلیج فارس تا تنگه هرمز ادامه می یابد. انتهای چین خوردگی زاگرس بصورت نوار باریکی در حاشیه شمالی تا شرقی تنگه هرمز تا حوالی

لامرد در استان فارس با استفاده از برنامه کاربردی Hammer گزارش نمودند. که نتیجه حاصل از تحلیل ضربه قوچ برنامه کاربردی با واقعیت امر مطابقت دارد و خطاهای کمی نیز دیده می‌شود که به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. کریمی‌دونا و همکاران (۱۳۹۲) در حل مسأله ضربه قوچی با استفاده از روش بار متحرک و اجزای محدود مورد بررسی قرار دادند. همچنین دانشمندان مختلف پدیده ضربه قوچی با دیدگاه‌های متنوع مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند.

روش تحقیق: در این تحقیق از نرم افزارهای تحلیل هیدرولیکی خطوط انتقال آب استفاده شده است .

#### نرم افزار Water hammer و Watergems

این محصول با قابلیت پشتیبانی با نرم افزار اطلاعات جغرافیایی ArcGis توانایی انجام و انتقال نتایج حاصل از محاسبات جغرافیایی را دارا می باشد. تمام کارایی برنامه Watercad در برنامه WaterGems موجود می باشد و علاوه بر آن فناوری محاسبه و گزارش مقدار هزینه های اجرایی و هزینه مصرف انرژی در آن موجود می باشد. این نرم افزار قابلیت های دیگری همچون پشتیبانی نرم افزار Hammer را دارا می باشد که یکی از برنامه ها قدرتمند در امر تحلیل و محاسبه ضربه قوچ می باشد ، علاوه بر مدل سازی های هیدرولیکی برنامه قابلیت مدل سازی کیفی و انجام تحلیل های مربوطه به آن را دارا می باشد.

#### پدیده ضربه قوچ

زمانی که یک سیال در داخل یک خط لوله در حال حرکت می باشد ممکن است بر اثر عواملی همچون کم و زیاد شدن شدت جریان یا زمانی که شیر

استاندارد مهندسی آب وزارت نیرو، حجم مفید مخازن در انتهای دوره برابر با ۵۰ تا ۷۰ درصد حداکثر حجم روزانه، حجم مخزن بین راهی برابر با ۲۰۰ متر مکعب و حجم مخزن انتهایی برابر با ۲۰۰۰ متر مکعب می باشد.

بندرجاسک گسترش داشته و در برخورد به زون گسلی شمالی جنوبی مکران خاتمه می یابد.

### مشخصات طرح مخازن

با توجه به توصیه نشریه شماره ۳-۱۱۷،

اجزاء طرح آبرسانی از دشت به سنقر

- ۱- احداث ایستگاه های پمپاژ
- ۲- احداث خط انتقال آب



شکل ۱ - طرح آبرسانی از چاه های گیلان غرب به سنقر

جدول ۱ - خلاصه مشخصات گزینه برتر

رقوم انتها	رقوم ابتدا	جنس لوله	نحوه انتقال	قطر لوله (میلیمتر)	طول (متر)	قطعه
۲۴۹	۴۸	فولادی	پمپاژ	۴۰۰	۲۰۵۰۰	۱
۳۲۲	۲۴۹	فولادی	پمپاژ	۴۰۰	۹۱۰۰	۲
۴۳۶	۳۲۲	فولادی	پمپاژ	۳۵۰	۷۹۰۰	۳

### پمپ های انتخابی

#### ایستگاه پمپاژ اول

تامین هد مورد نیاز و دبی طرح، از دو عدد پمپ موازی فشار قوی مدل WKL125/6 با قدرت ۲۰۰ کیلو وات برای این ایستگاه معرفی و انتخاب می گردد.

هدف از احداث این ایستگاه، انتقال آب از گیلان غرب به محل ایستگاه پمپاژ شماره ۲ می باشد. کد ارتفاعی این ایستگاه ۴۸ متر از سطح دریا می باشد. با توجه به نیاز با

جدول ۲ - مشخصات ایستگاه پمپاژ اول

مدل پمپ	کارخانه	تعداد	قطر پروانه	دبی هر پمپ (لیتر بر ثانیه)	هد پمپاژ (متر)	توان الکتروموتور (کیلووات)
WHL125/6	ساخت داخل	۲	۲۹۵	۳۵	۲۰۱	۲۰۰

#### ایستگاه پمپاژ دوم

از دو عدد پمپ موازی فشار قوی مدل WKL125/6a ترتیب با قدرت ۱۶۰ کیلو وات برای این ایستگاه معرفی و انتخاب می گردد.

محل این ایستگاه پس از قطعه اول در کد ارتفاعی ۲۴۹ متر از سطح دریا قرار دارد. با توجه به نیاز به تامین ۱۸۷ متر هد مورد نیاز و تامین دبی طرح،

### جدول ۳ - مشخصات ایستگاه پمپاژ دوم

مدل پمپ	کارخانه	تعداد	قطر پروانه	دبی هر پمپ (لیتر بر ثانیه)	هد پمپاژ (متر)	توان الکتروموتور (کیلووات)
Wkl125/6a	ساخت داخل	۲	۲۹۵	۳۶	۱۸۷	۱۶۰

تحلیل ضربه قوچ در خط انتقال آب

بررسی تأثیرات ضربه قوچ در بخش اول

خط ۴۰۰ میلیمتر و از جنس فولاد می باشد. در فواصل تقریبی ۳۴۰۰ متر و ۱۶۵۰۰ متری از ایستگاه پمپاژ دو خط لوله به قطر ۱۵۰ میلیمتر از جنس چدن داکتیل و به طول های ۳۰۰ و ۲۸۰ متر جهت انشعاب به منطقه از خط لوله گرفته شده است. دبی این انشعاب ها به ترتیب ۱۰/۸ و ۴/۶ لیتر در ثانیه می باشد.

در این قطعه مطابق شبیه سازی هیدرولیکی در حالت پایدار، آب با دبی ۷۸/۸۷ لیتر در ثانیه از مخزن اول در ارتفاع ۴۸ متر به مخزن دوم در ارتفاع ۱۶۸ متر پمپاژ می گردد. انتقال آب در ایستگاه اول توسط سه پمپ فعال و یک پمپ رزرو انجام می گیرد. ارتفاع و دبی طراحی هر یک از پمپ ها ۱۴۳ متر و ۲۶/۲۹ لیتر در ثانیه می باشد. طول تقریبی این خط ۱۶۷۴۵ متر، قطر

### جدول ۴ - مشخصات هیدرولیکی قطعه اول پمپاژ

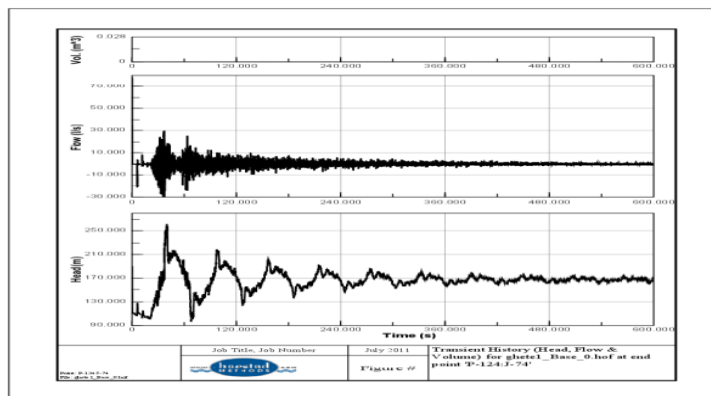
نام قطعه	قطعه اول
نحوه انتقال آب	پمپاژ
تعداد پمپ های ایستگاه	۳+۱
مدل پمپ	WKL100/6
توان مورد نیاز پمپ (کیلووات)	۷۵
هد دینامیکی ایستگاه (متر)	۱۴۲/۶
دور پمپ (دور در دقیقه)	۱۴۵۰
دبی هر پمپ (لیتر در ثانیه)	۲۶/۲۹
طول قطعه (متر)	۱۶۷۴۵
قطر خط (میلیمتر)	۴۰۰
سرعت سیال در خط (متر در ثانیه)	۰/۶
آغاز قطعه و ارتفاع	مخزن RE1 در کد ارتفاعی ۴۸ متر
انتهای قطعه و ارتفاع	مخزن RE2 در کد ارتفاعی ۱۶۸ متر
هد استاتیکی (متر)	۱۲۰
جنس خط	فولادی
ضریب هیزن ویلیامز	۱۱۰
ضخامت لوله (میلیمتر)	تا کیلومتر ۹ خط انتقال ۷/۹ و بقیه خط ۶/۳

در جدول ۵ نتیجه محاسبه برخی از پارامترهای مربوط به تحلیل ضربه نشان داده شده است.

### جدول ۵ - مشخصات هیدرولیکی قطعه اول پمپاژ

مقدار	مشخصات هیدرولیکی
۲/۲	اینرسی دورانی پمپ (نیوتن مترمربع)
۱۴/۷	اینرسی دورانی الکتروموتور (نیوتن مترمربع)
۱۶/۹	اینرسی دورانی کل (نیوتن مترمربع)
۱۱۷۵	سرعت متوسط انتشار موج فشاری (متر بر ثانیه)
۲۸	زمان بحرانی (زمان رفت و برگشت موج فشاری بر حسب ثانیه)
۷۲	ماکزیمم کاهش فشار ناشی از خاموش شدن پمپها (متر)

تحلیل ضربه قوچ در خطوط آبرسانی :  
دبی و حجم هوای ایجاد شده در نقاط بحرانی را  
در شکل ۲ نمودار تاریخچه زمانی تغییرات فشار،  
بدون تاسیسات ضربه گیر نمایش داده شده است.

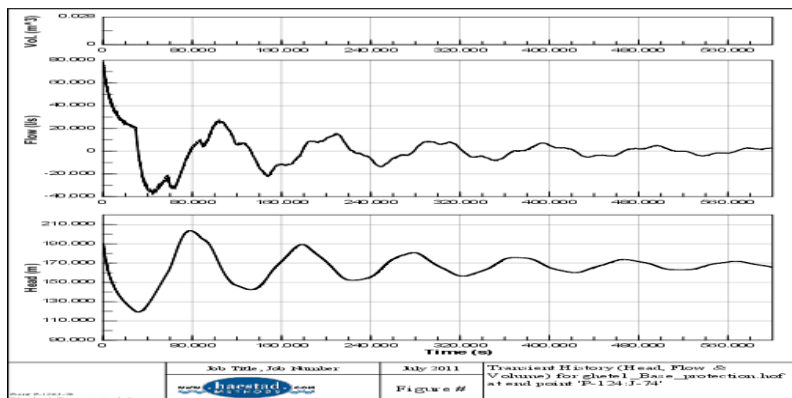


شکل ۲ - تاریخچه زمانی تغییرات فشار، دبی و حجم هوای ایجاد شده در نقاط بحرانی (بدون تاسیسات ضربه گیر)

در این قطعه استفاده از مخزن ضربه گیر تحت  
فشار با مشخصات زیر در محل کلکتور رانش پمپاژ  
مناسب می باشد. در جدول ۶ مشخصات کلی مخزن  
ضربه گیر تحت فشار آمده است.

### جدول ۶ - مشخصات مخزن ضربه گیر تحت فشار

۱/۵	حجم هوای مورد نیاز (متر مکعب)
۱ متر مکعب- با احتساب درصد افزایش به عنوان ضریب اطمینان ۱/۳ متر مکعب	حجم آب داخل مخزن (متر مکعب)
۱	ضریب افت فشار (از مخزن به سمت خط اصلی)
۲/۵	نسبت افت فشار در جهت جریان خروجی از خط لوله به مخزن
۱۰۰	قطر لوله اصلی مخزن (میلیمتر)
۱/۲	توان در قانون گازها



شکل ۳ - تاریخچه زمانی تغییرات فشار، دبی و حجم هوای ایجاد شده در نقاط بحرانی (با استفاده از تاسیسات ضربه گیر)

در جدول ۷ مشخصات مخزن ضربه گیر قطعه اول نمایش داده شده است.

### جدول ۷ - مشخصات مخزن ضربه گیر قطعه اول

محل قرارگیری مخزن ضربه گیر	با توجه به ابعاد مخزن ضربه گیر و شرایط آب و هوایی منطقه در داخل ایستگاه پمپاژ
نحوه قراردادن مخزن	به صورت عمودی
جنس ورق مخزن	با توجه به فشار کار ( $P > 10 \text{ bar}$ )، از جنس ST-52 می باشد.
فشار کار مخزن و فشار نشست آن	به ترتیب ۱۸ و ۲۵ بار می باشد.
ضخامت خوردگی مجاز	مطابق با استاندارد، برابر با ۳ میلیمتر در نظر گرفته می شود.
حداقل ابعاد آدم رو در مخزن ضربه گیر	برابر با ۴۰۰ میلیمتر می باشد.
ظرفیت کمپرسور	با توجه به حجم هوای مورد نیاز (۲۰۰۰ لیتر) و مدت زمان پر شدن (۳۰ دقیقه) ظرفیت کمپرسور برابر است با ۷۰ لیتر در دقیقه .
فشار خروجی کمپرسور	با توجه به ارتفاع پمپاژ (۱۲۰ متر)، فشار خروجی کمپرسور ۱۵ یا ۱۷ بار می باشد.
حداقل قطر لوله ارتباطی هوای فشرده کمپرسور	بر اساس حداکثر سرعت ۱۵ متر بر ثانیه برابر با ۱۰ میلیمتر یا ۰/۵ اینچ
حداقل قطر لوله خروجی از مخزن ضربه گیر (میلیمتر)	حدوداً ۱۰۰ میلیمتر می باشد.
حداقل قطر لوله کنار گذر (میلیمتر)	حدوداً ۵۰ میلیمتر می باشد.

### تحلیل ضربه قوچ در پروژه :

در ثانیه می باشد. طول تقریبی این خط ۹۶۳۳ متر، قطر خط ۳۵۰ میلیمتر و از جنس فولاد می باشد. در فاصله ۶۱۰۰ متری از ایستگاه پمپاژ یک خط لوله به قطر ۱۵۰ میلیمتر از جنس چدن داکتیل و به طول های ۱۲۸ متر جهت انشعاب به روستاهای منطقه از خط لوله گرفته شده است. دبی این انشعاب ۰/۷۵ لیتر در ثانیه می باشد.

در این قطعه مطابق شبیه سازی هیدرولیکی در حالت پایدار، آب با دبی ۶۱/۷ لیتر در ثانیه از مخزن دوم در ارتفاع ۱۶۸ متر به مخزن سوم در ارتفاع ۳۰۱ متر پمپاژ می گردد. انتقال آب در ایستگاه دوم توسط سه پمپ فعال و یک پمپ رزرو انجام می گیرد. هد و دبی طراحی هر یک از پمپ ها ۱۵۲ متر و ۱۹/۲ لیتر

### جدول ۸ - مشخصات هیدرولیکی قطعه دوم پمپاژ

نام قطعه	قطعه دوم
نحوه انتقال آب	پمپاژ
تعداد پمپ های ایستگاه	۳+۱
مدل پمپ	WKL100/6

۷۵	توان مورد نیاز پمپ (کیلووات)
۱۵۲/۴	هد دینامیکی ایستگاه (متر)
۱۴۵۰	دور پمپ (دور در دقیقه)
۱۹/۲	دبی هر پمپ (لیتر در ثانیه)
۹۶۳۳	طول قطعه (متر)
۳۵۰	قطر خط (میلیمتر)
۰/۷	سرعت سیال در خط (متر در ثانیه)
مخزن RE2 در کد ارتفاعی ۱۶۸ متر	آغاز قطعه و ارتفاع
مخزن RE3 در کد ارتفاعی ۳۰۱ متر	انتهای قطعه و ارتفاع
۱۳۳	هد استاتیکی (متر)
فولادی	جنس خط
۱۱۰	ضریب هیزن ویلیامز
۶/۳	ضخامت لوله (میلیمتر)

در جدول ۹ نتیجه محاسبه برخی از پارامترهای مربوط به تحلیل ضربه نشان داده شده است.

#### جدول ۹ - مشخصات هیدرولیکی قطعه دوم پمپاژ

۲/۲	اینرسی دورانی پمپ (نیوتن مترمربع)
۱۴/۷	اینرسی دورانی الکتروموتور (نیوتن مترمربع)
۱۶/۹	اینرسی دورانی کل (نیوتن مترمربع)
۱۱۵۰	سرعت انتشار موج فشاری (متر بر ثانیه)
۱۷	زمان بحرانی (زمان رفت و برگشت موج فشاری بر حسب ثانیه)

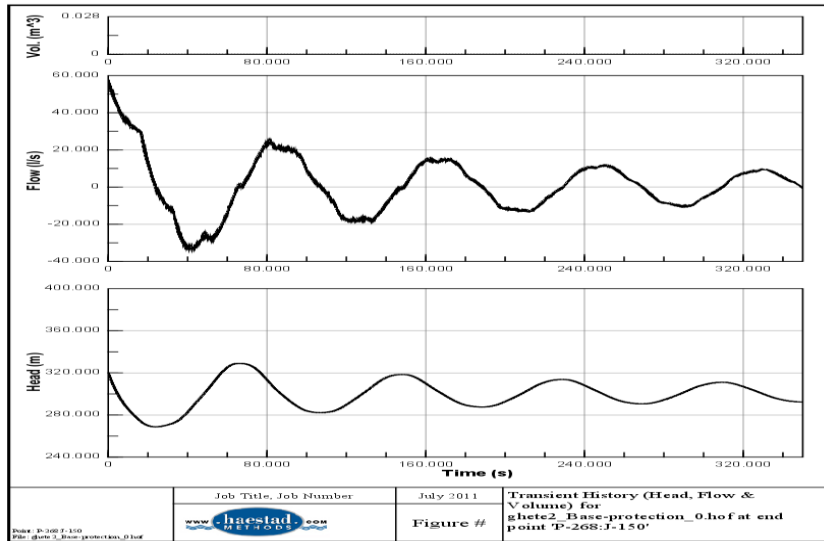
#### نتایج تحلیل ضربه قوچ ( حالت Shut off پمپها )

در ادامه نمودار مربوط به تاثیر ضربه قوچ در اثر خاموش شدن ناگهانی همزمان پمپ ها نشان داده شده است.

#### جدول ۱۰ - مشخصات مخزن ضربه گیر تحت فشار قطعه دوم

۲	حجم هوای مورد نیاز (متر مکعب)
۰/۷ متر مکعب - با احتساب درصد افزایش جهت جلوگیری از تخلیه هوا به داخل خط	حجم آب داخل مخزن (متر مکعب)
۱ متر مکعب	ضریب افت فشار (از مخزن به سمت خط اصلی)
۱	نسبت افت فشار در جهت جریان خروجی از خط لوله به مخزن
۲/۵	قطر لوله اصلی مخزن (میلیمتر)
۱۰۰	توان در قانون گازها
۱/۲	

شکل ۴ نمودار تاریخچه زمانی تغییرات فشار، دبی و حجم هوای ایجاد شده در نقاط بحرانی را همراه با تاسیسات ضربه گیر نمایش می دهد.



شکل ۴ - تاریخچه زمانی تغییرات فشار، دبی و حجم هوای ایجاد شده در نقاط بحرانی (با استفاده از تاسیسات ضربه گیر)

### جدول ۱۱ - مشخصات مخزن ضربه گیر قطعه دوم

محل قرارگیری مخزن ضربه گیر	با توجه به ابعاد مخزن ضربه گیر و شرایط آب و هوایی منطقه در داخل ایستگاه پمپاژ
نحوه قراردادن مخزن	به صورت عمودی
جنس ورق مخزن	با توجه به فشار کار ( $P > 10 \text{ bar}$ )، از جنس ST-52 می باشد.
فشار کار مخزن و فشار نشست آن	به ترتیب ۱۹ و ۲۵ بار می باشد.
ضخامت خوردگی مجاز	مطابق با استاندارد، برابر با ۳ میلیمتر در نظر گرفته می شود.
حداقل ابعاد آدم رو در مخزن ضربه گیر	برابر با ۴۰۰ میلیمتر می باشد.
ظرفیت کمپرسور	با توجه به حجم هوای مورد نیاز (۲۰۰۰ لیتر) و مدت زمان پر شدن (۳۰ دقیقه) ظرفیت کمپرسور برابر است با ۷۰ لیتر در دقیقه .
فشار خروجی کمپرسور	با توجه به ارتفاع پمپاژ (۱۳۳ متر)، فشار خروجی کمپرسور ۱۶ یا ۱۸ بار می باشد.
حداقل قطر لوله ارتباطی هوای فشرده کمپرسور	بر اساس حداکثر سرعت ۱۵ متر بر ثانیه برابر با ۱۰ میلیمتر یا ۰/۵ اینچ
حداقل قطر لوله خروجی از مخزن ضربه گیر (میلیمتر)	حدوداً ۱۰۰ میلیمتر می باشد.
حداقل قطر لوله کنار گذر (میلیمتر)	حدوداً ۵۰ میلیمتر می باشد.
قطر لوله اصلی مخزن (میلیمتر)	۱۰۰
توان در قانون گازها	۱/۲

( بررسی و تحلیل حساسیت ضربه قوچ بر اساس پارامترهای مختلف )

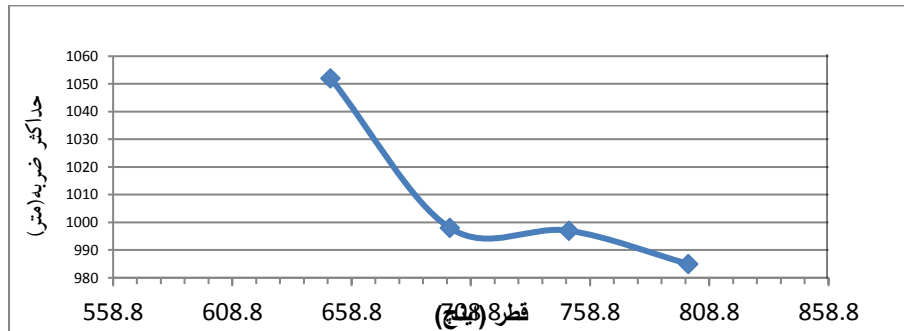
بررسی اثر تغییر قطر خط انتقال در میزان حداکثر

ضربه قوچ

شده و پارامترهای دیگر مدل ثابت در نظر گرفته شده اند. نتایج این قسمت از مطالعه بصورت شکل ۵ نمایش داده شده است که نشان می دهد با افزایش قطر میزان حداکثر ضربه قوچ بصورت خطی کاهش می یابد.

یکی از عواملی که باعث تغییر در سرعت و شدت فشار ایجاد شده در پدیده ضربه قوچ می گردد، قطر لوله است. برای مشاهده تاثیر قطر در میزان ضربه، ۴ قطر متفاوت شامل ۶۵۰، ۷۰۰، ۷۵۰ و ۸۰۰ در نظر گرفته



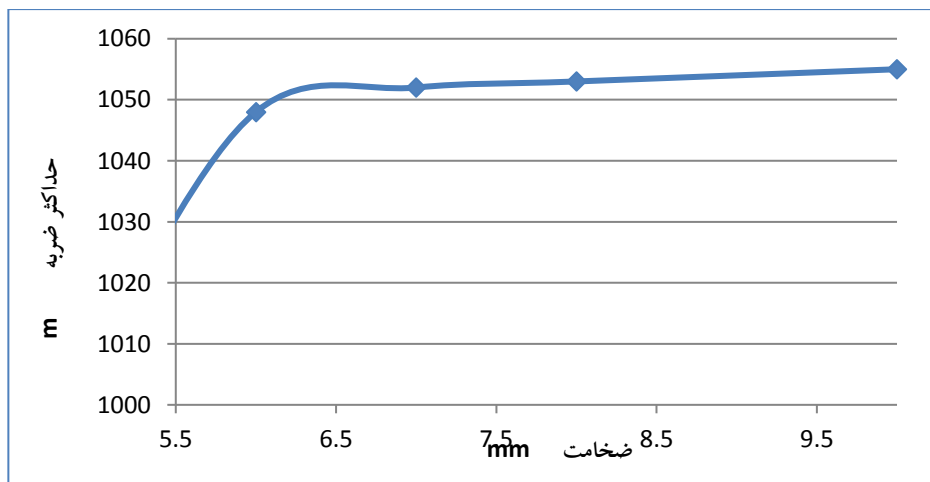


شکل ۵ - تغییرات حداکثر ضربه قوچ در مقابل تغییر قطر

#### بررسی اثر تغییر ضخامت لوله در میزان حداکثر ضربه قوچ

انتخاب شده اند. بطور متوسط به ازای افزایش ضخامت لوله به میزان یک میلی متر (یک سایز) حداکثر ضربه قوچ به اندازه ۳ متر آب افزایش را نشان می دهد. (شکل ۶)

با افزایش ضخامت سرعت موج افزایش می یابد. جهت مشاهده تاثیر تغییر ضخامت لوله فولادی در میزان حداکثر ضربه، ضخامت های ۹،۸،۷،۶ و ۱۰ میلی متر

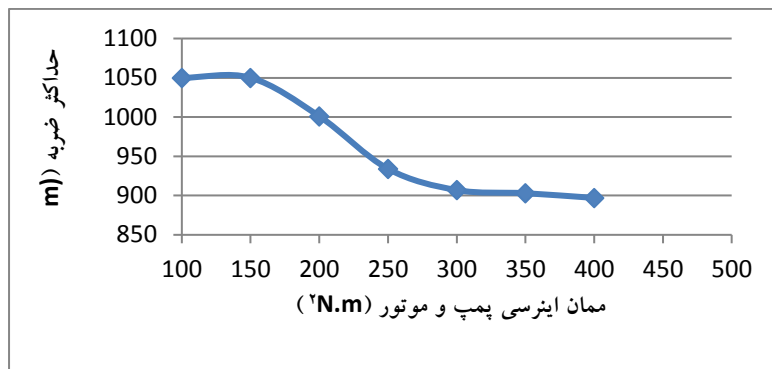


شکل ۶ - تغییرات حداکثر ضربه قوچ در مقابل تغییر ضخامت

#### بررسی اثر تغییر ممان اینرسی در میزان حداکثر ضربه قوچ

استنتاج می شود که با دو برابر نمودن ممان اینرسی (یعنی از ۱۰۰ به ۲۵۰) کاهش حداکثر ضربه در حدود ۱۰۰ متر آب است و بعد از آن آهنگ کاهش ناچیز است. (شکل ۷)

جهت بررسی اثر ممان اینرسی در حداکثر ضربه، مقدار ۷، ۳۰۰، ۳۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۴۰۰ نیوتن مترمربع در مدل وارد شده که نتایج در شکل زیر ارائه گردیده است. با توجه در گراف مذکور چنین

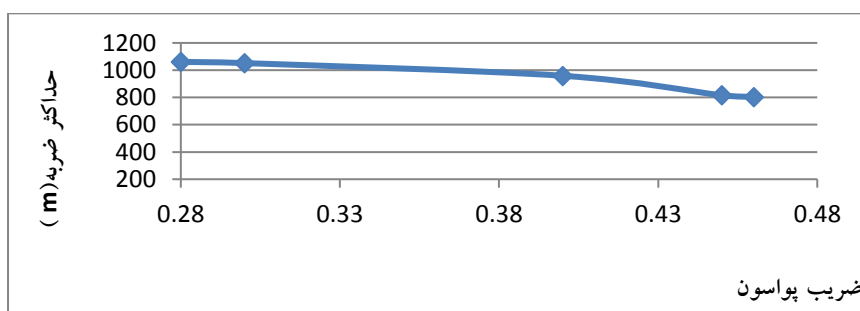


شکل ۷ - تغییرات حداکثر ضربه قوچ در مقابل تغییر ممان اینرسی پمپ و موتور

#### تأثیر جنس لوله در حداکثر ضربه قوچ

یکسان پمپاژ و خط انتقال، سرعت موج برای لوله فولادی برابر ۱۱۶۷ متر بر ثانیه و برای لوله GRP ۸۲۰ متر بر ثانیه بدست می آید. با قرار دادن این مقادیر در نرم افزار hammer حداکثر ضربه قوچ برای لوله فولادی و GRP به ترتیب برابر ۱۰۶۱ و ۹۵۹ متر است لذا می توان نتیجه گرفت که در شرایط یکسان و با داشتن حق انتخاب با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی پروژه جهت کاهش مقدار ضربه قوچ بهتر است از لوله GRP استفاده شود. (شکل ۸)

در تحقیق حاضر برای نشان دادن اثر جنس لوله در ضربه قوچ با توجه به فشار بالای ۲۰ بار در پروژه، دو جنس فولادی و GRP مورد مقایسه قرار گرفته اند. با تغییر جنس لوله مدول کشسانی لوله (E) و u ضریب پواسون در رابطه شماره (۱) تغییر می نماید. مدول کشسانی فولاد  $2.07 \times 10^{11}$  پاسکال و ضریب پواسون ۰/۳ ولی همین مقادیر برای لوله GRP به ترتیب  $5 \times 10^{10}$  و ۰/۲۵ است. برای شرایط



شکل ۸ - تغییرات حداکثر ضربه قوچ در مقابل تغییر جنس لوله

#### نتیجه گیری :

بررسی تأثیر قطر، ضخامت، جنس، ممان اینرسی و درجه حرارت در میزان حداکثر ضربه قوچ پروژه پمپاژ مارون به دشت آبلش بوده می توان گفت که :

اثرات تغییر قطر، ضخامت لوله و سرعت های مختلف جریان بر بارهای دینامیکی وارده در اثر وقوع ضربه قوچ را مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالب ارائه شده در متن و همچنین هدف این مطالب که

۱. بطور متوسط هر بار به ازای افزایش قطر به اندازه یک سایز، کاهش حداکثر ضربه در حدود ۷,۳ بار است .
۲. افزایش حداکثر توان در اثر افزایش ضخامت لوله به اندازه یک میلی متر، در حدود ۳ متر آب است.
۳. دو برابر نمودن ممان اینرسی باعث کاهش حداکثر ضربه در حدود ۱۱۵ متر آب (تقریباً نصف کل ضربه (۲۳۰ متر آب) می شود که این کار توسط Flywheel انجام می شود و در ادامه این روند با دو برابر نمودن ممان اینرسی، کاهش حداکثر ضربه به پمپ ها در حدود ۱,۴۴ bar می باشد .

#### منابع

۱. سامانی ح. (۱۳۷۵). هیدرولیک پیشرفته، اهواز: دانشگاه شهید چمران، درس نامه.
۲. وکیلی تهامی، ع. (۱۳۸۱). ضربت قوچی آب و سیستمهای حفاظتی، تبریز: انتشارات آیدین.
۳. حقیقی پور، ص. (۱۳۸۷). بهینه سازی محل مخزن موج گیر به کمک الگوریتم ژنتیک در نیروگاههای برقابی. تهران: دانشگاه تربیت مدرس، پایان نامه کارشناسی ارشد.
۴. کهرم، م. (۱۳۸۱). سیستمهای انتقال آب، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی، چاپ سوم.
- ۵.
6. A, hamajidi, R. and kamanbedast, AA, shahhosseini. M. 2010 "Evalueation of Nomerical method to analyzed. Hammer Effect in Turbine Penstock pipe "world opplies seience journal 9 (6) .689-694, 2010
7. Applied Flow Technology Corporation, 2011. Quick start guides for AFT Impulse Version 4.0 Water hammer modeling in Piping Systems
8. Berganta, A., Simpsonb, A. R. Tijsseling, A. S., 2006, Water Hammer with Colum Separation: A Historical Review, Journal of Fluid and Structures, 22: 135-171.
9. Fouzi, A. and Ali, F., 2011, Comparative study of the phenomenon of propagation of elastic waves in conduits, Proceed. of the World Congress on Eng., Vol. III, London, U.K.
10. Hemmat H. 1972, SAFWAT, "on the elastic behavior of the pipe wall for water-hammer applications", Nuclear Engineering and Design 21 :85-94 .
11. Keramat, A., Tijsseling, A. S., Hou, Q, Ahmadi, A., 2012, Fluid-structure interaction with pipe-wall viscoelasticity during water hammer", Journal of Fluids and Structures 28: 434-455
12. Khamlichi, A., Jezequel L, Tephany, F., 1995, Elastic-plastic water hammer analysis in piping systems, Wave Motion 22: 279-295 .
13. KIM S, G, LEE K, B, KIM K, Y, 2014, Water hammer in the pump-rising pipeline system with an air chamber, journal of Hydrodynamics, 960-964.
14. Meniconi, S, Brunone, B, Ferrante, M., 20۱۰, Water-hammer pressure waves interaction at crosssection changes in series in viscoelastic pipes, Journal of Fluids and Structures 33 : 44-58.
15. Sciamarella, D., A G. Artana, 2008, A Water Hammer Analysis of pressure and flow in the voice production system, Speech Communication, 51: 344-351.
16. Tijsseling, A.S., 2007, Water hammer with fluid-structure interaction in thick-walled pipes, Computers and Structures 85: 844-851 .
17. Wang, R., Wang, Z, Wang, X, Yang, H, Sun, J, 2014, Water hammer assessment techniques for water distribution systems, Procedia Engineering 70: 1717 – 1725.

## **Investigation and sensitivity analysis of indicators affecting the dynamic pressure of GRP pipes in water supply designs (Case study: Songhar water supply plan)**

Mohammd Amin Gandomi<sup>1\*</sup>, Sarah Amirzadeh<sup>1</sup>, Nooredin Bazgir<sup>1</sup>, Roozbeh Aghamajidi<sup>2</sup>

1-Khuzestan Water and Power Authority (KWPA), Khuzestan, Iran

2- Civil Department, Sepidan Branch, Islamic Azad University, Sepidan, Iran

### **Abstract:**

Unsteady currents in pipes can occur in various forms, one of which is the unsteady current of damping, which is called Surge shock. These currents are in the form of pressure waves and if not controlled in some way, can cause irreparable damage to the pipeline. In the present study, the ram phenomenon was introduced and the effects of different parameters, pipe thickness and diameter, different flow velocities on the dynamic loads due to the occurrence of ram impact were investigated.

Finally, it was observed that under the same conditions, the effect of pipe material is 25% effective in reducing the maximum impact. The maximum impact increase is about 1% due to a very small increase in pipe thickness. Doubling the moment of inertia reduces the maximum impact pressure by about 42%, which has been investigated using Water Hammer software.

**Keywords:** *Ram impact, diameter thickness, negative pressure, surg tank.*