دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب-گرایش هیدرولیک

موضوع پایان نامه

بررسی اثرات غیرماندگاری ضریب افت انرژی در روش‌های نشت‌یابی خطوط لوله

استاد راهنما:

دکتر حمید شاملو

دانشجو:

سیده مریم موسوی فرد

شماره دانشجوئی:

۸۶۰۲۴۸۴

خرداد۸۹

بسم الله الرحمن الرحیم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان؛

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است؛

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید؛

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند؛

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم.

استادارجمندم؛

به من درس اخلاق و احترام به دستاوردهای دیگران آموختی.

باتوجه بی نظیرت به من کمک کردی تا احساس کنم کارم در نظرت مهم است، زمانی که صدها مشغولیت دیگر داشتی.

ازصمیم قلب برای زمانی که با مهربانی در طول این دو سال به من اختصاص دادی و راهنمایی هایت که راه گشای من بوده است سپاسگزارم.

می دانم مهارتی در بیان بزرگی لطفت ندارم. تنها می توانم بگویم برای همه چیز متشکرم.

همچنین بر خود لازم می دانم از کلیه کسانی که بدون کمک آن ها نمی توانستم این مجموعه را به پایان برسانم، تقدیر و تشکر کنم، بخصوص جناب آقای

دکتر حقیقی که به راستی بدون راهنمایی های ایشان راه به جایی نمی بردم.

چکیده

نشت‌ها در خطوط لوله به دلایل مختلفی از جمله کیفیت پایین مصالح لوله، خطا در بهره‌برداری و حفاظت، فرسایش، فشارهای بالا در درون یا خارج لوله‌ها رخ می‌دهند که منجر به کاهش در تولید، آسیب به محیط زیست، افزایش استفاده از انرژی و نیاز به افزایش ظرفیت پمپ می‌شوند. روشن است که به تلاش‌های بیشتری در زمینه کاهش افت‌ها و افزایش کارایی انرژی نیاز می‌باشد.

روش‌های نشت‌یابی مختلفی تاکنون معرفی شده‌اند لیکن در این تحقیق تنها به بررسی دو روش نشت‌یابی بر پایه جریان گذرا پرداخته شده است.

این تحقیق به طور عمده شامل سه قسمت زیر می‌باشد:

۱- افزودن مدل اصطکاک ناماندگار به مدل جریان گذرا

۲- بررسی اثرات ضریب اصطکاک ناماندگار و مدت زمان بستن شیر در رینولدزهای مختلف به منظور تعیین شرایط مناسب نشت‌یابی با استفاده از روابط انرژی

۳- تایید نتایج بدست آمده با استفاده از روش نشت‌یابی معکوس

به منظور واسنجی موفق نشت، لازم است شبیه‌سازی صحیحی از جریان گذرا انجام شود. یکی از عدم قطعیت‌هایی که در این زمینه وجود دارد، شبیه‌سازی ضریب اصطکاک می‌باشد. سابقاً اصطکاک در حین جریان گذرا با استفاده از اصطکاک تقریبی ماندگار، مانند معادله دارسی- ویسباخ مدل می‌شد، ولی محققین (*Daily* (1956)) به این نتیجه رسیدند که تقریب اصطکاک ماندگار استهلاک کمتری در مقایسه با واقعیت ایجاد می‌کند. از این رو مدل‌های بسیاری به منظور تعریف این کمبود استهلاک معرفی شدند.

در این تحقیق تنها به مدل اصطکاک ناماندگار *Brunone* و همکاران (1991)، بر پایه شتاب لحظه‌ای سیال پرداخته می‌شود و دو روش تقریبی۱ و روش تقریبی۲ برای افزودن رابطه اصطکاک ناماندگار به شبکه خطوط مشخصه پیشنهاد می‌شود.

پس از آن اثرات ضریب اصطکاک ناماندگار با معرفی یک مثال در شرایط مختلف و اندازه‌های مختلف شدت جریان نشت، یکبار با استفاده از روابط انرژی و بار دیگر با استفاده از روش‌های نشت‌یابی، بررسی می‌شود و به دنبال آن نوآوری‌هایی ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی

جریان گذرا، نشت‌یابی، اصطکاک ناماندگار

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۱-۱- تعریف تلفات آب ۲

۱-۱-۲-انواع تلفات ۲

۱-۱-۳- عوامل مؤثر در تلفات آب در شبکه‌های توزیع ۳

۱-۱-۴-روش‌های مطالعه وبهبود تلفات ٤

۱-۲-هدف ۵

۱-۳-معرفی فصل‌های پروژه ۵

فصل دوم : پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- روش‌های نشت‌یابی ۸

۲-۲-۱- مدل‌های عددی ۸

۲-۲-۲- مدل‌های آزمایشگاهی ۱۱

۲-۳-مدل‌های اصطکاک ناماندگار ۱۱

۲-۳-۱-مدل‌های عددی ۱۲

۲-۳-۲- مدل‌های آزمایشگاهی ۱٤

فصل سوم : هیدرولیک جریان گذرا و روش‌های نشت‌یابی

۳-۱- مقدمه ۱۷

۳-۲- جریان گذرا ۱۸

۳-۳- هیدرولیک جریان گذرا ۱۸

۳-۳-۱- مطالب کلی در مورد معادلات مومنتم و پیوستگی ۱۸

۳-۳-۲- معادلات تفاضل محدود ۲۱

۳-۳-۳- مدل‌سازی نشت در لوله ۲۳

۳-۳-۴- شرایط مرزی در گره‌های نشتی ۲٤

۳-۳-۴-۱- روش نیوتن- رفسون ۲۵

۳-۳-۵- شرایط پایه در مرزها ۲٦

۳-۳-۵-۱- مدل‌سازی شیر ۲۷

۳-۳-۶- افت اصطکاک ناماندگار در جریان‌های گذرا ۲۷
۳-۳-۶-۱- مدل *Brunone* ۳۲
۳-۳-۶-۲- روش تقریبی۱ ..... ۳۳
۳-۳-۶-۳- شرط مرزی در گره متصل به شیر ۳۵
۳-۳-۶-۴- خطای روش تقریبی۱ ..... ۳۷
۳-۳-۶-۳- روش تقریبی۲ ..... ۳۹
۳-۳-۶-۳-۱- خطای روش تقریبی۲ ..... ٤۰
۳-۳-۶-۳-۱-۱- همگرایی و پایداری ٤۰
۳-۳-۶-۳-۱-۲- خطای گسسته‌سازی ٤۱
۳-۳-۶-۳-۱-۳ خطای برش ٤۱
۳-۳-۷- اصطکاک شبه ماندگار ٤۱
۳-۴- روش‌های نشت‌یابی ۴۲
۳-۴- ۱-ساختار کلی ٤۳
۳-۴-۱-۱- روش بهینه سازی ٤۳
۳-۴-۲- تحلیل معکوس جریان گذرا ٤٤
۳-۴ -۳- تحلیل عقب‌گرد جریان گذرا ٤٥
۳-۴-۴- اصطکاک ناماندگار در مدل‌های نشت‌یابی ٤٦
۳-۴-۴-۱- مدل‌سازی اصطکاک ناماندگار *Brunone* در مدل معکوس ٤٦
۳-۴-۴-۲- مدل‌سازی اصطکاک ناماندگار Brunone در مدل تحلیل عقب‌گرد ٤٦
۳-۵- روش انرژی ۴۷
۳-۶- منابع خطا ۴۹
۳-۷- نتیجه‌گیری ۵۰

فصل چهارم : بهینه‌سازی

۴-۱- مقدمه ۵۲
۴-۲- الگوریتم‌های بهینه‌سازی ۵۳
۴-۳- روابط ریاضی ۵۳
۴-۴- بهینه‌سازی محلی و سراسری ۵۴
۴-۵- روش برنامه‌ریزی متوالی درجه دو ۵۵

۴-۵-۱-SQP ۵۵
۴-۵-۲- زیرمساله QP ۵۵
۴-۶- اجرای SQP ۵۶
۴-۶-۱- حل برنامه‌ریزی درجه دو ۵۷
۴-۶-۱-۱- جستجوی خطی و تابع ارزش ۵۸
۴-۷- نرم افزار MATLAB ۵۸
۴-۸- نتیجه‌گیری ۵۹

فصل پنجم : نتایج

۵-۱- مقدمه ۶۱
۵-۲-شرح دستگاه آزمایش ۶۱
۵-۲-۱- شرایط مرزی بالادست ٦٢
۵-۲-۲- شرط مرزی در گره متصل به شیر ٦٢
۵-۲-۳- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با نتایج حاصل از مدل‌سازی اصطکاک ناماندگار Brunone به دو روش تقریبی۱ و تقریبی۲ ..... ٦٣
۵-۳- تعیین محدوده مناسب برای فرآیند نشت‌یابی با استفاده از روابط انرژی ۶۶
۵-۳-۱- بررسی روابط انرژی در دو حالت خط لوله به طول ۵۰ متر و خط لوله به طول ۵۰۰ متر ٦٧
۵-۳-۱-۱- خط لوله ۵۰ متری ٦٧
۵-۳-۱-۱-۱- اثر مدت زمان بسته شدن شیر بر انرژی مستهلک شده از نشت در رینولدزهای مختلف در خط لوله ۵۰ متری ٦٨
۵-۳-۱-۱-۲- اثر مدت زمان بستن شیر بر انرژی مستهلک شده ناشی از اصطکاک ناماندگار به ازای افزایش شدت جریان نشت در اعداد رینولدز مورد بررسی در خط لوله ۵۰ متری ٧٣
۵-۳-۱-۱-۳- اثرمکان نشت بر انرژی مستهلک شده ناشی از اصطکاک ناماندگار در رینولدزهای مختلف در خط لوله ۵۰ متری ٧٥
۵-۳-۱-۲- خط لوله ۵۰۰ متری ٧٦
۵-۳-۱-۲-۱- اثر مدت زمان بسته شدن شیر بر انرژی مستهلک شده از نشت در رینولدزهای مختلف در خط لوله ۵۰۰ متری ٧٦
۵-۳-۱-۲-۲- اثر مدت زمان بستن شیر بر انرژی مستهلک شده ناشی از اصطکاک ناماندگار به ازای افزایش شدت جریان نشت در اعداد رینولدز مورد بررسی در خط لوله ۵۰۰ متری ٧٨

۵-۳-۲- بررسی اثر تعداد نشت در خط لوله بر استهلاک انرژی ناشی از نشت و اصطکاک ناماندگار ۸۱
۵-۳-۳- بررسی اثر رینولدزهای بسیار بالا بر استهلاک انرژی ناشی از نشت و اصطکاک ناماندگار ۸۳
۵-۴- روش معکوس ۸۵
۵-۴-۱- خط لوله ۵۰ متری ۸۵
۵-۴-۱-۱- اثر نقاط شروع بهینه‌سازی بر نتایج مدل معکوس در رینولدزهای مختلف ۸۵
۵-۴-۱-۲- اثر حذف اصطکاک ناماندگار بر نتایج مدل معکوس در رینولدزهای مختلف به ازای مدت زمان‌های مختلف بستن شیر در خط لوله ۵۰ متری ۸۹
۵-۴-۱-۳- تاثیر مدت زمان برداشت اطلاعات از سیستم مورد بررسی بر نتایج مدل معکوس در رینولدزهای مختلف در خط لوله ۵۰ متری ۹۷
۵-۴-۲- خط لوله ۵۰۰ متری ۹۸
۵-۵- نتیجه‌گیری ۱۰۵

فصل ششم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه ۱۰۹
۶-۲- نتیجه‌گیری ۱۱۰
۶-۳- پیشنهادات ۱۱۲
مراجع ۱۱۴

فهرست اشکال

شکل(۳-۱)- استهلاک ایجاد شده ناشی از حضور نشت ۱۷

شکل(۳-۲)- خطوط مشخصه در صفحه xt ۲۱

شکل(۳-۳)- گره محاسباتی با وجود نشت ۲٤

شکل (۳-۴)- شبکه xt برای حل مسائل لوله های منفرد ۲٦

شکل(۳-۵)- خطوط مشخصه در مرزها ۲۷

شکل (۳-۶)- نوسانات هد در محل شیر بعد از بستن ناگهانی شیردر کار آزمایشگاهیHolmboe (1967) ۲۹

شکل (۳-۷)- پروفیل سرعت در جریان گذرای آرام ۳۱

شکل(۳-۸) شیب خطوط مشخصه در روش تقریبی۱ ..... ۳٤

شکل (۳-۹)- جزئیات خطوط مشخصه در این روش ۳٦

شکل (۳-۱۰)- نمادگذرای برای درون‌یابی ۳۷

شکل(۳-۱۱) - خطای درون‌یابی، صفحه x,t ۳۹

شکل(۳-۱۲) - نمایش تقریبات مشتقات جزئی در مدل مستقیم جریان گذرا ٤۰

شکل(۳- ۱۳)- شبکه خطوط مشخصه روش تحلیل عقب‌گرد ٤٦

شکل (۳-۱۴)- نمایش تقریبات مشتقات جزئی در روش تحلیل عقب‌گرد ٤۷

شکل (۵-۱) - دستگاه آزمایش ٦۱

شکل (۵-۲)- تغییرات Kv بر حسب در صد بازشدگی شیر ٦۲

شکل (۵-۳)- مقایسه هد فشار در محل شیر در حالت V۰=۰/۱ برای شرایط مدل تقریبی۱ و تقریبی ۲ با نتایج تجربی. ٦۳

شکل (۵-۴)- مقایسه هد فشار در محل شیر V۰=۰/۲ برای شرایط مدل تقریبی۱ و تقریبی۲ با نتایج تجربی ٦٤

شکل (۵-۵)- مقایسه هد فشار در محل شیر V۰=۰/۳ برای شرایط مدل تقریبی۱ و تقریبی۲ با نتایج تجربی ٦٤

شکل(۵-۶)- سیستم مورد بررسی ٦۸

شکل (۵-۷) - نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۷۱

شکل (۵-۸)- نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۷۱

شکل (۵-۹)- نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۵۶۰۰ ..... ۷۱

شکل (۵-۱۰) نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۱۰،۷۰۰ ..... ۷۲

شکل (۵-۱۱)- نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۷۳

شکل (۵-۱۲)- نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۷٤

شکل (۵-۱۳)- نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۵۶۰۰ ..... ۷۴
شکل (۵-۱۴) نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۱۰،۷۰۰ ..... ۷۴
شکل(۵-۱۵)- نسبت $\overline{E}_{x}$ در خط لوله ۵۰ متری ۷۵
شکل (۵-۱۶) - نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت درحالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰متری ۷۷
شکل (۵-۱۷) - نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۷
شکل (۵-۱۸) - نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۷
شکل (۵-۱۹) - نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۸
شکل (۵-۲۰) - نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۹
شکل (۵-۲۱)- نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۹
شکل (۵-۲۲) – نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۷۹
شکل (۵-۲۳) - نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۸۰
شکل (۵-۲۴)- سیستم مورد بررسی ۸۱
شکل (۵-۲۵)- نسبت استهلاک انرژی ناشی از دو نشت در حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۸۱
شکل (۵-۲۶)- نسبت استهلاک انرژی ناشی از دو نشت در حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۸۲
شکل (۵-۲۷) – نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۱۲۷۰ در شرایط دو نشت ۸۲
شکل (۵-۲۸) – نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت Re=۳۵۷۰ در شرایط دو نشت ۸۲
شکل (۵-۲۹) - سیستم مورد بررسی ۸۳
شکل (۵-۳۰) – نسبت استهلاک انرژی ناشی از نشت در حالت جریان ثقلی ۸۳
شکل (۵-۳۱) – نسبت $\overline{E}_{fu}$ در حالت جریان ثقلی ۸۴
شکل(۵-۳۲)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۷
شکل (۵-۳۳)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۷
شکل (۵-۳۴)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۷
شکل (۵-۳۵)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۸
شکل (۵-۳۶)- سیستم مورد بررسی ۸۹
شکل (۵-۳۷)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۱
شکل(۵-۳۸)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۱
شکل(۵-۳۹)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۲

شکل(۵-۴۰)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۲
شکل (۵-۴۱)- نتایج مدل معکوس در شرایط حذف اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ... ۹٤
شکل (۵-۴۲) نتایج مدل معکوس در شرایط حذف اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹٤
شکل (۵-۴۳)- نتایج مدل معکوس در شرایط حذف اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری.... ۹٤
شکل (۵-۴۴) - نتایج مدل معکوس در شرایط حذف اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۵

شکل (۵-۴۵)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۰
شکل (۵-۴۶)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۰
شکل (۵-۴۷) - نتایج مدل معکوس در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۰
شکل (۵-۴۸)- نتایج مدل معکوس درحالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۱
شکل (۵-۴۹)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۲
شکل (۵-۵۰)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۳
شکل (۵-۵۱)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۳
شکل (۵-۵۲)- نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۰،۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۳

فهرست جداول

جدول(۵-۱) - انرژی ناشی از نشت به ازای افزایش مدت زمان بستن شیردر حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۶۹
جدول(۵-۲)- انرژی ناشی از نشت به ازای افزایش مدت زمان بستن شیردر حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۶۹
جدول(۵-۳)- انرژی ناشی از نشت به ازای افزایش مدت زمان بستن شیردر حالت Re=۵۶۰۰ ..... ۷۰
جدول (۵-۴)- انرژی ناشی از نشت به ازای افزایش مدت زمان بستن شیر در حالت Re=۱۰،۷۰۰ ..... ۷۰
جدول (۵-۵)- نتایج مدل معکوس در حالت Re= ۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۵
جدول (۵-۶) - نتایج مدل معکوس در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۶
جدول (۵-۷) - نتایج مدل معکوس در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۶
جدول (۵-۸) - نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۰۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۸۶
جدول (۵-۹) - واریانس نتایج مدل معکوس نسبت به درصدی از شدت جریان میانگین..... ۸۹
جدول (۵-۱۰) - نتایج مدل معکوس با اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۰
جدول (۵-۱۱) - نتایج مدل معکوس با اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۰
جدول (۵-۱۲) - نتایج مدل معکوس با اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۰
جدول (۵-۱۳) - نتایج مدل معکوس با اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۰۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۱
جدول (۵-۱۴) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰ متری..... ۹۲
جدول (۵-۱۵) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰ متری..... ۹۳
جدول (۵-۱۶) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۳
جدول (۵-۱۷) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۰۷۰۰ در خط لوله ۵۰ متری ۹۳
جدول (۵-۱۸)- محاسبه خطا در حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۹۵
جدول (۵-۱۹)- محاسبه خطا در حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۹۶
جدول (۵-۲۰) - محاسبه خطا در حالت Re=۵۶۰۰..... ۹۶
جدول (۵-۲۱) - محاسبه خطا در حالت Re=۱۰۷۰۰..... ۹۶
جدول (۵-۲۲)- نتایج حاصل از تغییر مدت زمان برداشت اطلاعات از سیستم بر نتایج مدل معکوس درحالت Re=۱۲۷۰
..... ۹۷
جدول (۵-۲۳) - نتایج حاصل از تغییر مدت زمان برداشت اطلاعات از سیستم بر نتایج مدل معکوسدرحالت Re=۳۵۷۰ ۹۷
جدول (۵-۲۴) - نتایج حاصل از تغییر مدت زمان برداشت اطلاعات از سیستم بر نتایج مدل معکوس درحالت Re=۵۶۰۰
..... ۹۷

جدول (۵-۲۵) - نتایج حاصل از تغییر مدت زمان برداشت اطلاعات از سیستم بر نتایج مدل معکوس در حالت Re=۱۰۷۰۰ ..... ۹۸
جدول (۵-۲۶) - نتایج مدل معکوس با وجود اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۹۹
جدول (۵-۲۷) - نتایج مدل معکوس با وجود اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۹۹
جدول (۵-۲۸) - نتایج مدل معکوس با وجود اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۹۹
جدول (۵-۲۹) - نتایج مدل معکوس با وجود اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۰۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۹۹
جدول (۵-۳۰) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۲۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۱
جدول (۵-۳۱) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۳۵۷۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۱
جدول (۵-۳۲)- نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۵۶۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۲
جدول (۵-۳۳) - نتایج مدل معکوس بدون اصطکاک ناماندگار در حالت Re=۱۰۷۰۰ در خط لوله ۵۰۰ متری ۱۰۲
جدول (۵-۳۴) - محاسبه خطا در حالت Re=۱۲۷۰ ..... ۱۰٤
جدول (۵-۳۵) - محاسبه خطا در حالت Re=۳۵۷۰ ..... ۱۰٤
جدول (۵-۳۶) - محاسبه خطا در حالت Re=۵۶۰۰ ..... ۱۰٤
جدول (۵-۳۷) - محاسبه خطا در حالت Re=۱۰۷۰۰ ..... ۱۰٤

فهرست علائم و اختصارات

a سرعت موج

D قطر لوله

d قطر نشت

g شتاب جاذبه

H هد فشار

H_0 هد فشار در شرایط جریان ماندگار

Q شدت جریان

L طول لوله

Re عدد رینولدز

t زمان

V سرعت متوسط در هر مقطع

V_0 سرعت متوسط در هر مقطع در شرایط جریان ماندگار

f مجموع اصطکاک شبه‌ماندگار و ناماندگار

f_q اصطکاک شبه‌ماندگار

f_u اصطکاک ناماندگار

t_c مدت زمان بستن شیر

t_s زمان شروع بستن شیر

τ_w تنش برشی دیواره

τ_s تنش برشی دیواره در شرایط جریان ماندگار

τ_{us} تنش برشی دیواره در شرایط جریان ماندگار

k ضریب اصطکاک *Brunone*

C^* ضریب کاهش برش *Vardy*

H_i^m iامین هد اندازه‌گیری شده

H_i iامین هد محاسباتی از مدل نشت‌یابی

$\overline{E}_L$ نسبت انرژی مستهلک شده ناشی از نشت با شدت جریان‌های مختلف در مدت زمان‌های بستن شیر بر انرژی مستهلک شده ناشی از نشت‌ها در مدت زمان $32L/a$

$\overline{E}_{fu}$ نسبت انرژی مستهلک شده ناشی از اصطکاک ناماندگار در هر مدت زمان بستن شیر بر انرژی مستهلک شده ناشی از اصطکاک ناماندگار در مدت زمان $32L/a$

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

۱-۱-۱- تعریف تلفات آب

منظور از تلفات آن قسمت از کل تولید آب است که مورد استفاده مفید مصرف کنندگان قرار نمی‌گیرد، در بهره‌برداری از تأسیسات آبرسانی به کار نمی‌رود و یا به طور نامعقول و افراط آمیزی مورد مصرف واقع می‌شود.

۱-۱-۲-انواع تلفات

۱ - نشت‌های بزرگ

نشت‌های بزرگ اغلب در تأسیسات آبرسانی بوقوع می‌پیوندند، این قبیل نشت‌ها معمولا به علت شکستگی عمده در خطوط اصلی پدیدار می‌شوند. این نوع نشت‌ها معمولا همراه افت فشار در سیستم آبرسانی و بصورت خروج آب از سطح زمین و در مواردی فرسایش خاک و نشست زمین آشکار می‌شوند و باید در اولین فرصت تعمیر گردند زیرا سیستم آبرسانی بایستی همواره دایر باشد.

۲- نشت‌های کوچک

مهمتر از نشت‌های بزرگ نشت‌های کوچکی هستند که ممکن است سال‌ها و یا هرگز شناسایی نشده و باعث تلفات تجمعی آب شوند. دلایل زیادی همچون سوراخ شدن لوله‌ها در اثر خوردگی، اتصالات غلط، مصالح نامرغوب، اجرای بد، بستر ناسالم لوله، شیرهای نصب شده، انشعابات پوسیده و یا شیرهای آتش نشانی معیوب می‌توانند باعث ایجاد این نشت‌ها شوند. اغلب این نشت‌ها به علت صدمات تصادفی در مواقع ساختمان‌سازی‌ها ، جاده‌سازی‌ها و یا کندن ترانشه برای احداث سایر تأسیسات شهری به تأسیسات آبرسانی، ایجاد می‌شوند. این‌گونه نشت‌ها به آسانی قابل درک نیست و باید با یک برنامه سیستماتیک بلند مدت و با استفاده از ابزار اندازه‌گیری جریان آب، وسایل شنود و تکنیک های خاص شناسایی گردند.

۳- انشعابات غیرمجاز

انشعابات غیر مجاز شامل انشعاب غیرقانونی از شبکه، انشعاب از انشعاب قانونی مشتری دیگر، انشعاب از لوله اصلی زیرزمینی و یا نصب یک لوله و شلنگ به شیرهای عمومی می‌باشد که مصرف کننده بدلیل نپرداختن هزینه مصرف، خود را موظف به رعایت صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف آب نمی‌داند.

۱-۱-۳- عوامل مؤثر در تلفات آب در شبکه‌های توزیع

۱- فشار بالا

مقدار جریان آب در لوله متناسب با فشار آن است. فشارهای بالا مقدار جریان را افزایش داده و لذا تلفات آب ناشی از نشت زیاد می‌شود. افزایش فشار از ۱/۸ تا ۳/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مقدار جریان و تلفات ناشی از نشت را تقریباً ۳۰ درصد زیادتر می‌کند. طبق بررسی‌های انجام شده، بر اثر اتلاف یک قطره آب در ثانیه ۳۶ لیتر آب در طی یک هفته از دست می‌رود.

۲- خاک‌های خورنده

لوله‌های فلزی در مقابل عوامل خورندگی حساس هستند و لوله‌های چدنی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. سوراخ‌هایی که بر اثر خوردگی در لوله‌ها ایجاد می‌شود، مسبب اتلاف آب می‌باشند.

۳- آب‌های خورنده

آب‌های خورنده باعث خوردگی و ضعیف شدن لوله می‌شوند که به همراه سایر عوامل باعث نشت‌های بزرگ در لوله می‌شوند. خوردگی با به وجود آمدن سوراخ ریز در لوله شروع و توسعه می‌یابد.

۴- اتصالات نامرغوب / لوله‌کشی غیر استاندارد

تلفات آب به خاطر استفاده از اتصالات نامرغوب و یا لوله‌کشی غیراستاندارد معمولاً زیاد است و کنترل این گونه موارد موجب جلوگیری از هدررفتن قابل ملاحظه آب می‌شود.

۵- جابه‌جایی خاک

خاک رس بسته به میزان رطوبت خود منقبض یا منبسط می‌شود. حرکات ناشی از انقباض و انبساط خاک به ویژه انقباض ممکن است باعث شل شدن اتصالات و ایجاد ترک‌های محیطی در لوله‌ها شود. نشست‌های غیر یکنواخت خاک نیز به لوله‌ها صدمه وارد می‌کند. دلائل نشست‌های غیر یکنواخت می‌تواند جابجایی طبیعی زمین، زمین لرزه‌ها یا ساختمان‌سازی‌های سنگین و پر کردن غلط ترانشه‌ها، مرطوب نکردن و متراکم نکردن خاک ترانشه به قدر کافی در موقع پر کردن آن باشد.