

بررسی خصوصیات هیدرولیکی و فنی لوله‌های دریچه‌دار انعطاف پذیر

تیمور سهرابی، شعبان زارعی و محمد حسین امید

بترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و مربی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران - کرج

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۱/۲۶

خلاصه

جایگزینی لوله‌های دریچه‌دار انعطاف پذیر به جای لوله‌های سخت به عنوان نهرهای درجه ۴ مزرعه قدم مؤثری در افزایش راندمانهای آبیاری (راندمان انتقال و توزیع داخل مزرعه و راندمان کاربرد) بخصوص در سیستم آبیاری شیاری که شهرت زیادی را به خود اختصاص داده است می‌باشد طراحی این لوله‌ها به ارزیابی عوامل هیدرولیکی بستگی دارد. ماده اولیه این لوله‌ها پلی اتیلن با چگالی کم بوده که بعد از تولید در زمان بهره‌برداری، دریچه‌ها با توجه به فواصل شیارها روی آن نصب می‌گردند. هم‌اکنون تولید این لوله در ایران آغاز شده است. هیدرولیک این نوع لوله‌ها، مخصوصاً در شرائط انعطاف پذیری به طور کامل شناخته نشده و از جمله دلایل آن طبیعت متغیر زمانی این لوله‌ها بواسطه خصوصیات و موادی است که از آن ساخته می‌شوند. براساس یک سری آزمایشهای انجام شده در آزمایشگاه تحقیقات آب گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران که شامل اندازه‌گیری افت بار در لوله‌های انعطاف پذیر قبل و بعد از نصب دریچه به فواصل ۱/۵ و ۰/۷۵ متر در حالت‌های بسته و باز بادیه‌های مختلف می‌باشد و با استفاده از تحلیل رگرسیون نتایجی نظیر روابط زیر برای محاسبه ضریب اصطکاک (f) برای حالت‌های مختلف ارائه می‌گردد:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 0.1516 \log \frac{Re}{\frac{3384}{3} C_{HW}} \quad \text{۱ - لوله بدون دریچه}$$

اعتبار این معادله برای $2 \times 10^4 < Re < 6 \times 10^5$ بوده و ضریب هیزن-ویلیامز (C_{HW}) برای این شرایط ۱۱۲/۸ به دست آمد.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 3.0321 \log \frac{Re}{\frac{3681}{3} C_{HW}} \quad \text{الف: لوله با دریچه‌های بسته به فاصله ۱/۵ متر:}$$

اعتبار این معادله برای محدوده $2 \times 10^4 < Re < 6 \times 10^5$ بوده و ضریب هیزن-ویلیامز (C_{HW}) برای این شرایط ۱۰۲/۸ به دست آمد.

$$f = 0.0349 \quad \text{ب: لوله با دریچه‌های بسته به فاصله ۰/۷۵ متر:}$$

اعتبار این معادله برای محدوده $1/5 \times 10^4 < Re < 6 \times 10^5$ بوده و ضریب هیزن-ویلیامز (C_{HW}) در این شرایط ۸۹/۹ به دست آمد.

$$\text{۳ - افت اصطکاک لوله با دریچه‌های باز:}$$

با استفاده از روابط ارائه شده توسط چوومو ضرائب کاهنده انرژی (k) نسبت به لوله با دریچه‌های باز و بسته برای وضعیت‌های مختلف (دبی و فاصله) برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: لوله‌های دریچه دار، آبیاری شیاری و لوله‌های انعطاف پذیر

مقدمه

امروزه محدودیت منابع آبی به عنوان یکی از مهمترین موانع در بهره‌گیری از مواهب منابع طبیعی بشمار می‌رود. رشد روزافزون جمعیت نیز به عنوان یک شاخص مهم استفاده حداکثر از منابع طبیعی مطرح می‌باشد. از آنجایی که حجم عمده‌ای از آبهای مصرفی به بخش کشاورزی تعلق می‌گیرد ضروری است در راستای مصرف بهینه آب هرچه بیشتر تأمل گردد. از جمله موارد قابل تأمل استفاده از لوله‌های دریچه‌دار انعطاف‌پذیر بخصوص در سیستم آبیاری شیاری به عنوان نهر مزرعه‌ای می‌باشد. با استفاده از این لوله‌ها که از جنس پلی‌اتیلن نرم می‌باشد علیرغم جلوگیری از تلفات آب ناشی از نشت آب از بدنه و کف نهرهای خاکی، کمک مؤثری نیز به توزیع یکنواخت آب در درون شیارها خواهد شد.

از آنجایی که تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی که منجر به نتیجه معینی در راستای تعیین شاخصهای هیدرولیکی و فنی لوله‌های دریچه‌دار انعطاف‌پذیر شود در ایران صورت نگرفته است و با عنایت به آغاز تولید این لوله‌ها در ایران جهت استفاده از آن در آبیاری مزارع در سطح وسیع و عدم وجود شاخصهای هیدرولیکی و فنی خاص این لوله‌ها، جهت استفاده در محاسبات طراحی و کاربرد این لوله‌ها، این تحقیق با هدف تعیین خصوصیات هیدرولیکی و بررسی خصوصیات فنی لوله‌های دریچه‌دار انعطاف‌پذیر ساخت داخل انجام شده است. از آنجایی که افت بار هیدرولیکی مستقیماً بر روی قدرت و اندازه پمپها و یا سیستمهای تولید انرژی (فشار استاتیکی اولیه) مؤثر می‌باشد از زمانهای گذشته سعی در اندازه‌گیری آن شده است. با توجه به اینکه در لوله‌های با سطح مقطع ثابت افت انرژی یا ارتفاع نظیر افت به عواملی نظیر شکل، اندازه و میزان ناهمواریهای مسیر جریان، سرعت و لزوجت سیال بستگی دارد و مستقل از فشار عمل می‌نماید (۱)، روابطی جهت اندازه‌گیری افت بار هیدرولیکی ارائه شده است.

اولین و تنها رابطه تحلیلی که تاکنون برای محاسبه افت اصطکاکی ارائه شده است رابطه داریسی-ویسباخ می‌باشد (۷). نیکورادزه با چسباندن دانه‌های یکنواخت شن به اندازه مختلف به جداره داخلی سه نوع لوله در نهایت توانست نموداری را ارائه نماید. مودی نیز براساس تجربیات و مشاهدات کلبروک و ایت و آنالیز ریاضی پراندل و وان کارمن و تجربیات فراوان خود نموداری را در

سال ۱۹۴۴ ارائه داد که در این نمودار جریان در لوله به سه ناحیه آرام - بینابین و متلاطم تفکیک شده است (۱). همان طور که گفته شده تنها رابطه تحلیلی برای محاسبه افت بار رابطه داریسی بوده و تاکنون هیچ‌گونه رابطه تحلیلی با راه حل مستقیم برای محاسبه ضریب اصطکاکی جریان آشفته ارائه نشده است و تنها رابطه‌ای که برای تمامی لوله‌ها (صاف و زبر) و تمامی محدوده اعداد رینولدز بزرگتر از ۴۰۰۰ ارائه شده معادله کلبروک می‌باشد
$$\left[\frac{4}{3\sqrt{VD}} + \frac{2}{51Re\sqrt{f}} \right] \left(\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \right)$$

هیزن-ویلیامز، مانینگ و شزی نیز معادلات تجربی برای محاسبه افت بار هیدرولیکی ارائه داده‌اند (۷) و اما کریستالنسن (۲) با فرض اینکه دبی در تمام طول لوله دریچه‌دار ثابت باشد از معادله داریسی-ویسباخ استفاده نموده و با استفاده از ضریب تصحیح پیشنهادی، افت بار هیدرولیکی در این لوله را محاسبه نمود.

کلر (۲) نیز با فرض تعداد خروجی نامحدود و شیب معلوم معادله‌ای را برای توزیع فشار در یک لوله دریچه‌دار پیشنهاد نمود. تحقیقات چوومو (۲) نیز درباره بهترین شیب لوله برای لوله‌های دریچه‌دار که با استفاده از معادله انرژی و یکسری مطالعات بوده است منجر به معادله‌ای برای محاسبه افت بار هیدرولیکی و محاسبه شیب مناسب لوله‌های دریچه‌دار شده است.

واتس و همکاران (۱) نیز با در نظر گرفتن محدوده یک دریچه به عنوان یک حجم کنترل و برقراری معادله انرژی در بالا دست و پایین دست آن و انجام یکسری آزمایشها ضریب اصطکاکی لوله دریچه‌دار آلومینیمی را محاسبه نموده‌اند.

مواد و روشها

مراحل اصلی تحقیق حاضر را می‌توان به دو بخش اصلی به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- تعیین خصوصیات هیدرولیکی شامل اندازه‌گیری افت بار لوله در وضعیتهای مختلف لوله بدون دریچه، لوله با دریچه‌های بسته با فواصل ۱/۵ و ۰/۷۵ متر و لوله با دریچه‌های باز به فواصل ۱/۵ و ۰/۷۵ متر و دیبهای مختلف خروجی از دریچه‌ها با مقادیر ۰/۵، ۱/۰، ۱/۵ و ۲/۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. اندازه‌گیری افت بار نموده و افت بار در لوله انعطاف‌پذیر دریچه‌دار در وضعیتهای مختلف در این بخش از آزمایشها با استفاده از استانداردهای موجود اقدام به

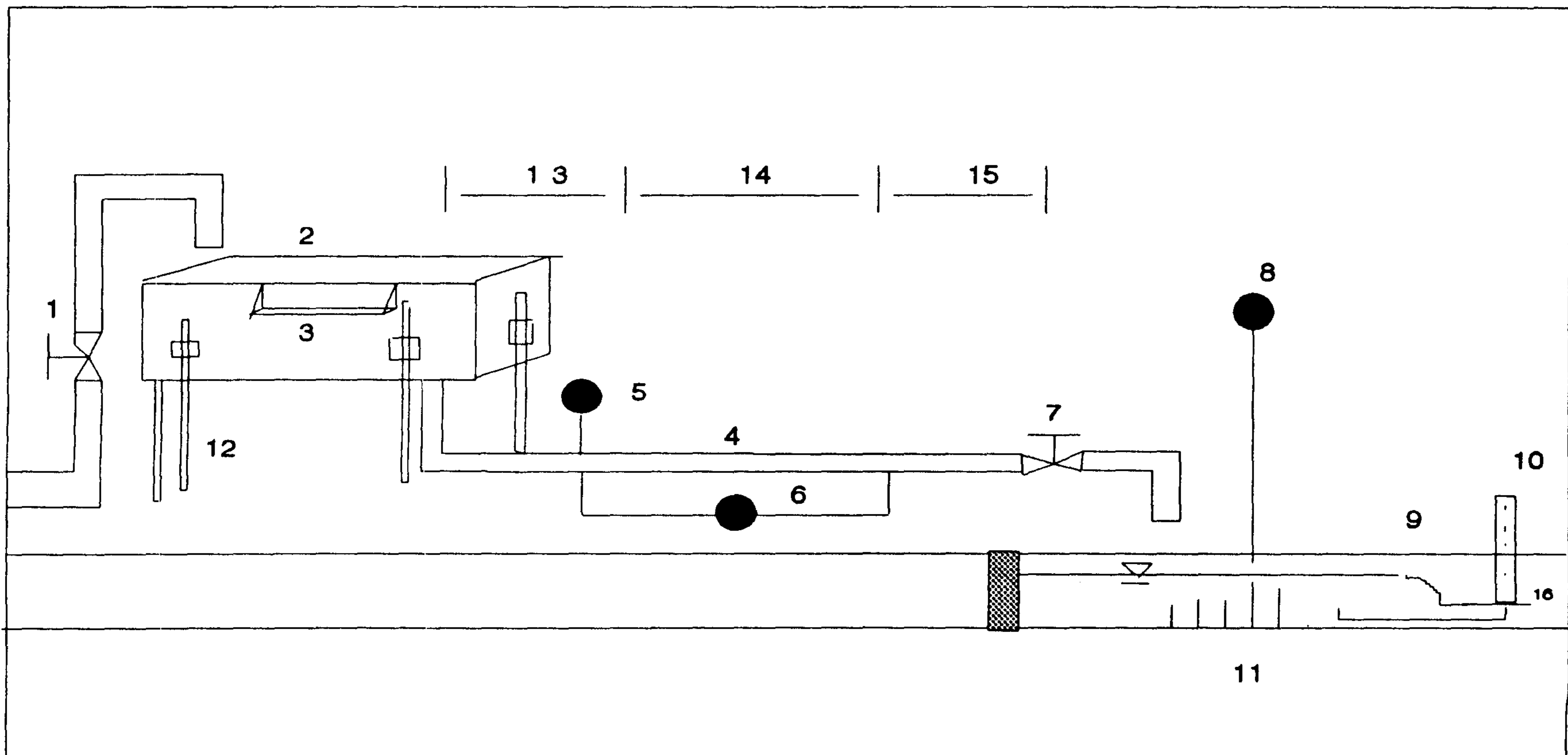
نیاز و فشار مورد نظر جهت انجام آزمایش تأمین شد و سپس با استفاده از پایه‌های متحرک مخزن ثانویه، فشار مورد نظر بر روی سیستم اعمال شد. بخش اندازه‌گیری افت بار پس از نصب قطعه لوله مورد نظر و قراردادن قطعات استاندارد بالادست و پایین دست جهت جلوگیری از تأثیر عوامل بالا و پایین بر روی پیزومترهای اولیه و ثانویه و همچنین نصب پیزومترها بر روی مقاطع مورد نظر و اتصال پیزومترها به تابلو پیزومتر با استفاده از استانداردهای موجود (۴، ۵ و ۶) صورت گرفت. قابلیت اندازه‌گیری با به کارگیری یک سرریز لبه تیز که توسط یک لیمنیتر مجهز شده بود انجام گرفت. برای دبی آب جریان یافته در لوله اندازه‌گیری شده در اینجا، قبل از رسیدن آب به سرریز پس از شیر فلکه پایین دست برای گرفتن تلاطم ناشی از خروج آب از لوله ابنیه‌ای خاص تعبیه گردید. در این قسمت درجه حرارت آب توسط یک دماسنج الکلی جهت استفاده در محاسبات اندازه‌گیری می‌شد. لازم به توضیح است که آب مورد نیاز جهت انجام آزمایشها از یک مخزن زیرزمینی به ابعاد $7 \times 4 \times 3$ متری تأمین

ساخت یک سیستم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.
۲- بررسی خصوصیات فنی لوله درجه‌دار انعطاف‌پذیر که شامل اندازه‌گیری یکنواختی محیط و ضخامت در یک حلقه لوله و همچنین اندازه‌گیری حداکثر فشار قابل تحمل و بررسی قابلیت تحمل لوله در برابر فشار کارگاهی می‌باشد.

۲-۱- تعیین خصوصیات هیدرولیکی

سیستم اندازه‌گیری افت بار - برای تعیین افت بار لوله در وضعیتهای مختلف، یک سیستم اندازه‌گیری مطابق شکل (۱) راه اندازی شد. در ساخت این سیستم سعی شده است با استفاده از استانداردهای موجود و به کار بردن شرایط کاربردی تحت فشارهای مختلف روی (۱۱۲، ۱۲۸، ۱۶۳ سانتیمتر آب از بستر لوله)، که در دامنه فشار کار با این لوله‌ها می‌باشد آزمایشها قابلیت اجرایی پیدا نمایند.

در سیستم اندازه‌گیری افت بار هیدرولیکی ساخته شده ابتدا با استفاده از شیر فلکه بالادست مخزن ثانویه و سرریز آن، دبی مورد



شکل (۱) نمای کلی و استاندارد در آزمایش افت بار

- ۱- شیرفلکه بالادست ۲- مخزن ثانویه ۳- سرریز مخزن ثانویه ۴- لوله انعطاف‌پذیر ۵- فشارسنج ۶- فشارسنج تفاضلی ۷- شیرفلکه پایین دست ۸- دماسنج
- ۹- سرریز (اندازه‌گیری دبی) ۱۰- لیمنیتر ۱۱- ابنیه‌گیرنده تلاطم ۱۲- پایه‌های متحرک مخزن ثانویه ۱۳- قطعه بالادست حلقه پیزومتر تا شیرفلکه ۱۴- قطعه آزمایش
- ۱۵- قطعه پایین دست حلقه پیزومتر تا شیرفلکه پایین دست ۱۶- سطح آب درون کانال جمع‌آوری آب.

می شد که به وسیله چند پمپ به مخزن هوایی به ارتفاع ۱۵ متر انتقال یافته و از آنجا جهت استفاده در آزمایش به آزمایشگاه انتقال داده می شد و پس از انجام آزمایش توسط یک سیستم جمع آوری روباز مجدداً به سمت مخزن زیرزمینی هدایت می گردید.

مراحل انجام آزمایش افت بار در لوله های دریچه دار انعطاف پذیر - جهت اندازه گیری افت بار لوله پس از جدا نمودن طول لوله مورد نیاز و مشخص نمودن محل دقیق پیزومترها اقدام به نصب ضخامت کاذب بر روی لوله شده و پس از اتصال پیزومترها به آنها لوله های رابط به تابلو پیزومترها متصل گردید. در اینجا با روشن کردن پمپ و باز و تنظیم نمودن شیر فلکه های بالادست و پایین دست دبی و فشار مورد نیاز تأمین شده و پس از هواگیری حلقه پیزومترها تا تابلو پیزومترها اقدام به قرائتهای مورد نیاز گردید.

تکرار آزمایش برای دبی های مختلف در حالات مختلف از وضعیت های مختلف لوله، باز یا بسته بودن دریچه ها و فواصل مختلف دریچه ها از یکدیگر و همچنین میزان گشودگی دریچه ها و به عبارت دیگر دبیهای مختلف خروجی از دریچه ها برای کلیه موارد انجام شده در جدول شماره (۱) درج شده است. چگونگی ثبت نتایج در جدول (۲) آورده شده است.

بررسی خصوصیات فنی

در این سری از آزمایشها صرفاً جهت کنترل موارد ارائه شده از طرف کارخانه سازنده اقدام به اندازه گیری یکسری عوامل از قبیل محیط و ضخامت لوله و حداکثر فشار قابل تحمل و فشار کارگاهی شد (۲)

اندازه گیری محیط و ضخامت - وسایل مورد نیاز برای این کار متر پارچه ای و یا فلزی با دقت یک میلی متر و میکرون متر بود. در حالت لوله خالی از آب، در چند مقطع محیط لوله توسط متر اندازه گیری شد که متوسط نتایج برابر ۱۱۶/۸ سانتیمتر بوده است. همچنین با استفاده از میکرون متر در نقاط مختلف ضخامت جداره لوله اندازه گیری شده که دامنه اندازه گیریها بین ۵۵۰ تا ۶۰۰ میکرون متغیر بود.

اندازه گیری حداکثر فشار قابل تحمل (فشار پاره گی) - این آزمایش طی فصول مختلف سال در محل استفاده از این لوله یعنی کشت و صنعت نیشکر شعیبیه واقع در ۱۰۰ کیلومتری شمال غربی اهواز بر روی لوله های ارسالی از طرف کارخانه سازنده به صورت

تصادفی صورت گرفت.

برای اندازه گیری حداکثر فشار قابل تحمل لوله، ۲۰ متر از یک حلقه لوله را که عوارض خاصی از قبیل سوراخ، نازک شدن ضخامت، عدم یکنواختی قطر در آن وجود نداشت، جدا نموده و مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش با قراردادن قطعه لوله مورد نظر بین دو عدد تهنند و محکم نمودن لوله به ته لوله ها با ورود آب از یک طرف به درون لوله به تدریج با پر شدن لوله از آب، فشار درون لوله افزایش پیدا نموده و توسط یک پیزومتر عمودی که در یک طرف لوله تحت آزمایش بر روی سطح صاف با شیب صفر قرار گرفته بود اندازه گیری می شد. با ادامه آزمایش، فشار درون لوله افزایش پیدا کرده و در نهایت فشار، در لحظه ای که بر اثر آن فشار، لوله سوراخ یا پاره می شود را به عنوان حداکثر فشار قابل تحمل یا فشار پاره گی نامگذاری می گردید. حداکثر فشار قابل تحمل لوله بایستی ۳ متر بوده که در آزمایشهای انجام شده بر روی تولیدات مختلف کارخانه سازنده فشارهای پاره گی ۲/۴۸، ۲/۹۸، ۳ متر اندازه گیری شده است.

اندازه گیری فشار کارگاهی - در شرایط مختلف استفاده از لوله های انعطاف پذیر دریچه دار، هیچ وقت در طراحی از فشار پاره گی استفاده نمی شود بلکه حاصل نسبت فشار پارگی به ضریب اطمینان ۲/۵ تا ۳ که تقریباً فشار کارکرد معادل ۱/۲ متر خواهد بود منظور می شود لیکن برای آنکه لوله های تولید شده از ضریب اطمینان بالاتری برخوردار باشند و از آنجایی که تحمل لوله در برابر فشار وارده خود عاملی در راستای دوام لوله جهت استفاده از آن در سالهای متمادی خواهد بود فشار کارگاهی به عنوان شاخصی جهت کنترل کیفیت لوله بوده که در آن، لوله ظرف ۴۸ ساعت متمادی تحت فشار استاتیک ۲ متر ستون آب با درجه حرارت تقریباً ثابت قرار گرفته و مقاومت آن بررسی شد. وسایل آزمایش مطابق اندازه گیری فشار پاره گی می باشد. لازم به توضیح است نتایج آزمایش که بدین منظور در محل استفاده از لوله انجام شد مثبت بوده است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آزمایش تعیین خصوصیات هیدرولیکی پس از آماده سازی لوله انعطاف پذیر مطابق دستورالعملهای استاندارد و نصب آن بر روی سیستم اندازه گیری افت بار، عمل

جدول ۱ - موارد انجام آزمایش افت بار بر روی لوله‌های دریچه‌دار انعطاف پذیر

ارتفاع سرریز مخزن ثانویه (cm)			افزایش یا کاهش مقادیر دبی لوله		دبی دریچه‌ها (lps)	باز یا بسته بودن دریچه‌ها	فاصله دریچه (m)	وجود یا عدم وجود دریچه‌ها بر روی لوله
۱۶۳/۵	۱۲۸	۱۱۲	کاهش	افزایش				
۵	۳	۱		x	-	-	-	لوله بدون دریچه
۶	۴	۲	x					
۷	۱۷	۲۷		x	-	بسته	۱/۵	لوله با دریچه
۸	۱۸	۲۸	x					
۹	۱۹	۲۹		x	۰/۵	باز	۱/۵	
۱۰	۲۰	۳۰	x					
۱۱	۲۱	۳۱		x	۱/۰	باز	۱/۵	
۱۲	۲۲	۳۲	x					
۱۳	۲۳	۳۳		x	۱/۵	باز	۱/۵	
۱۴	۲۴	۳۴	x					
۱۵	۲۵	۳۵		x	۲/۰	باز	۱/۵	
۱۶	۲۶	۳۶	x					
۵۷	۴۷	۳۷		x	-	بسته	۰/۷۵	
۵۸	۴۸	۳۸	x					
۵۹	۴۹	۳۹		x	۰/۵	باز	۰/۷۵	
۶۰	۵۰	۴۰	x					
۶۱	۵۱	۴۱		x	۱/۰	باز	۰/۷۵	
۶۲	۵۲	۴۲	x					
۶۳	۵۳	۴۳		x	۱/۵	باز	۰/۷۵	
۶۴	۵۴	۴۴	x					
۶۵	۵۵	۴۵		x	۲/۰	باز	۰/۷۵	
۶۶	۵۶	۴۶	x					

زیر تقسیم بندی گردیده است:

- ۱- لوله بدون دریچه و یا لوله با دریچه‌های بسته با فواصل مختلف از یکدیگر
- ۲- لوله با دریچه‌های باز با فواصل مختلف از یکدیگر و با دبیهای مختلف خروجی از آنها

در تجزیه و تحلیل نتایج سری اول با استفاده از رابطه

یادداشت برداری انجام گرفت. عمل یادداشت برداری در هر یک از موارد آزمایش با افزایش و کاهش دبی صورت پذیرفت. بنابراین در این سری از آزمایشها با اعمال تغییرات دبی از کم به زیاد و برعکس توسط شیرفلکه پایین دست و تنظیم ارتفاع آب بر روی سرریز مخزن ثانویه توسط شیرفلکه بالادست قرائت های لازم به عمل آمد. در اینجا تجزیه و تحلیل ارقام بسته به مورد آزمایش به دو بخش عمده

جدول ۲ - نمونه جداول ثبت نتایج آزمایشهای افت بار

شماره مورد آزمایش: ۱							
ارتفاع سرریز مخزن ثانویه: (cm) ۱۱۲							
دبی دریچه: (lit/sec) صفر							
تعداد دریچه: -							
وضعیت تغییرات دبی جریان: کم به زیاد							
h_1	h_2	T	H	h_1	h_2	T	H
	(cm)	(cm)	(°C)	(cm)	(cm)	(°C)	(cm)
۱۱۶/۳	۱۱۶/۱۵	۲۱/۹	۲/۷۹	۷۶/۲	۶۹/۸۰	۲۲/۳	۱۹/۳۰
۱۱۴/۷	۱۱۴/۴۵	۲۱/۹	۴/۹۱	۷۴/۰۵	۶۶/۷۵	۲۲/۸	۲۰/۰۰
۱۱۳/۷	۱۱۳/۳	۲۲	۷/۹۰	۶۸/۷۵	۶۱/۰۵	۲۲/۸	۲۰/۵۰
۱۱۰/۹	۱۱۰/۱۵	۲۲	۹/۱۸				
۱۰۷/۰۵	۱۰۵/۹۰۵	۲۲	۱۱/۵۱				
۱۰۲/۹۵	۱۰۱/۱۵	۲۲	۱۳/۵۰				
۹۹/۶	۹۷/۱۶۰	۲۲	۱۴/۲۵				
۹۳/۸۵	۹۰/۶۰	۲۲/۱	۱۶/۱۱				
۸۷/۸۵	۸۳/۶۵	۲۲/۳	۱۷/۳۱				
۸۱/۸۵	۷۶/۲۰	۲۲/۳	۱۸/۲۶				

h_1 - فشار در پیزومتر اول (cm) T - درجه حرارت آب (°C)

h_2 - فشار در پیزومتر دوم (cm) H - ارتفاع آب روی تیغه سرریز برای اندازه گیری دبی جریان (cm)

و همچنین برای به دست آوردن عدد رینولدز از رابطه (۲) استفاده شد.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \Rightarrow Re = \frac{4Q}{\pi D \nu} \times 10^5 \quad (2)$$

که در آن:

Q - دبی (lit/sec)

π - عدد پی برابر ۳/۱۴۱۵۹۲

D - قطر (cm)

ν - لزوجت $10^6 \text{ m}^2/\text{sec}$

از آنجایی که دامنه آزمایش برای $Re > 4000$ می باشد جریان آشفته بوده و لذا برای مقایسه نتایج آزمایش از رابطه پراندل (رابطه ۳) استفاده گردید.

داری - ویسباخ (رابطه ۱) مورد بررسی قرار گرفته، در این موارد مقادیر مختلف اعداد رینولدز در برابر ضریب اصطکاک مربوطه ترسیم گردید.

$$H_L = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \Rightarrow f = \frac{g \pi^2 D^5 H_L}{8L Q^2} \times 10^{-6} \quad (1)$$

که در آن:

g - شتاب ثقل و برابر ۹۸۰/۶ (cm/sec²)

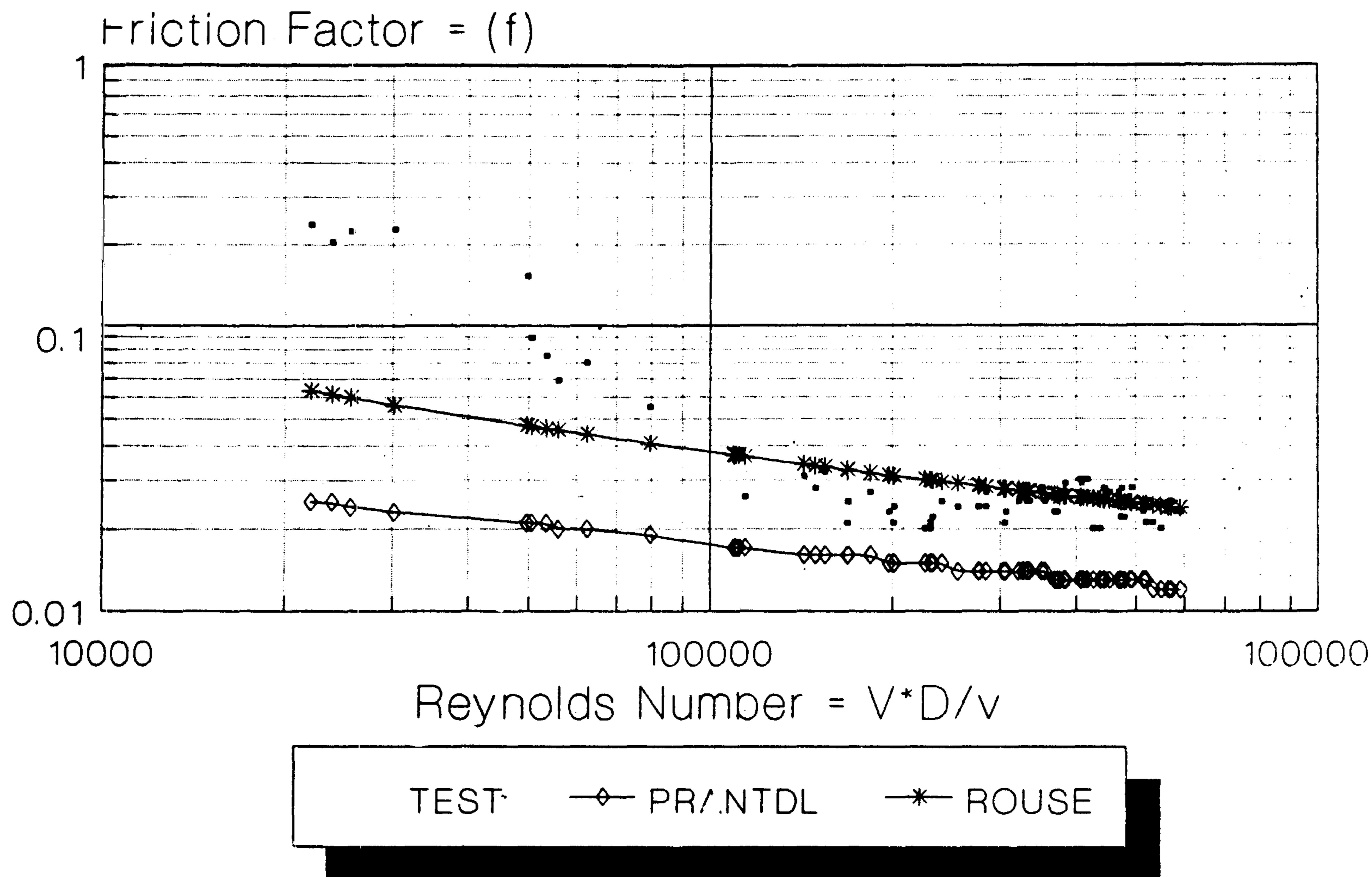
D - قطر لوله (cm)

H_L - افت بار هیدرولیکی (cm)

L - طول قطعه مورد آزمایش (بین حلقه پیزومترها) (cm)

Q - دبی (lit/sec)

π - عدد پی



3T 1-6

شکل (۲) پراکندگی نتایج آزمایش افت بار لوله در حالت بدون دریچه

$$Q = 0.894 C_{HW} AR^{1/3} S_f^{1/54} \quad (4) \text{ فرمول هیزن-ویلیامز}$$

$$B = 0.894 C_{HW} AR^{1/3}$$

$$\Rightarrow Q = BS_f^{1/54}$$

$$C_{HW} = \frac{B}{0.00153 D^{2/3}}$$

که در آن D - قطر لوله (cm) می‌باشد.

در اینجا جهت مشخص شدن وضعیت، نتایج به دست آمده در لوله بدون دریچه و لوله با دریچه به فواصل ۱/۵ و ۰/۷۵ متر در شکل (۵) آورده شده است.

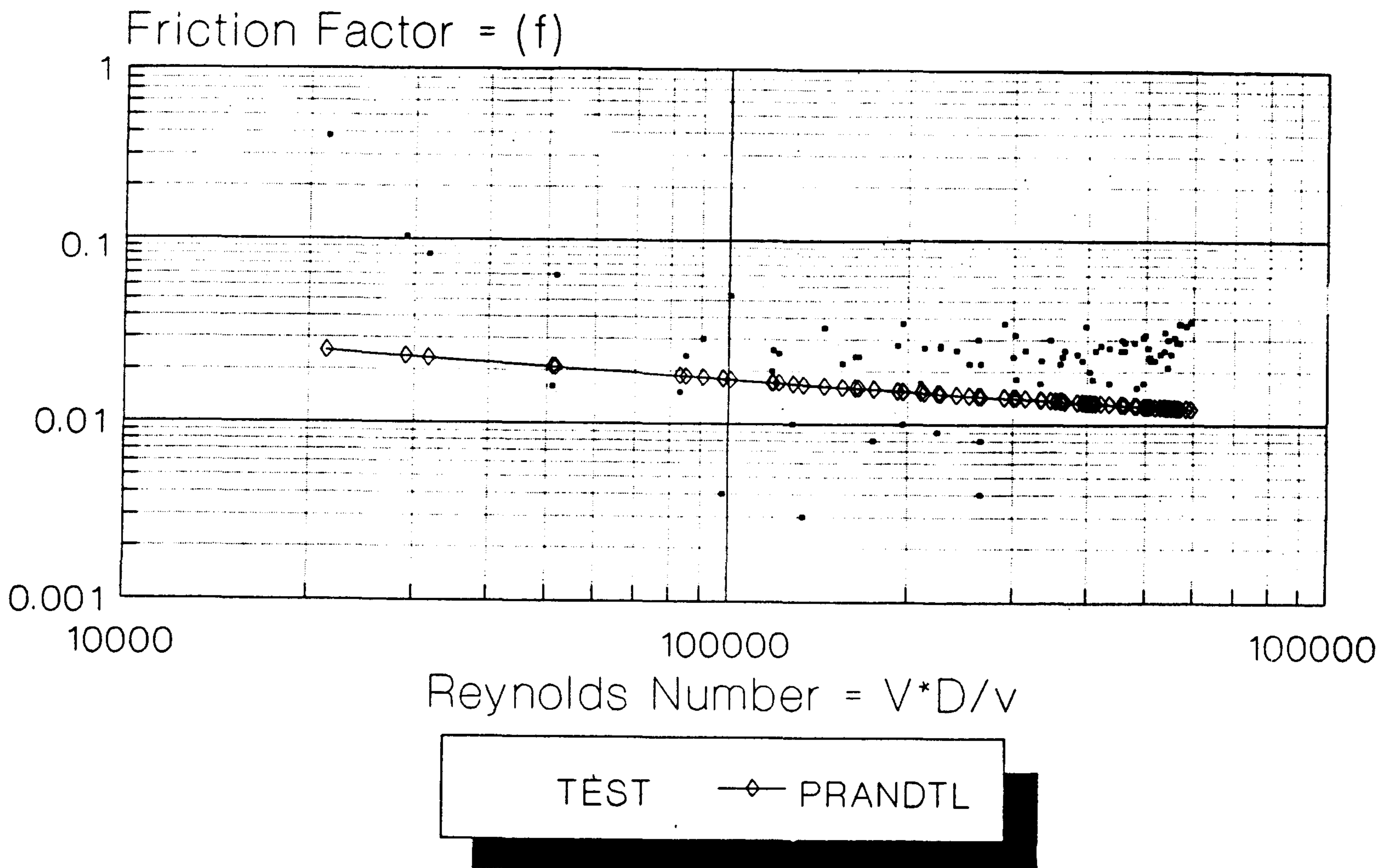
در تحلیل بخش دوم از آزمایشها ابتدا توسط رابطه داریسی-ویسباخ با توجه به دبی جریان و عدد رینولدز مربوطه، میزان افت را در لوله با دریچه بسته (مورد آزمایش مشابه) و یا با لوله بدون دریچه به دست آورده، حاصل تقسیم افت بار واقعی اندازه گیری شده به افت بار محاسباتی ضریب چوومو را به دست خواهد داد. حال با عنایت به تعداد دریچه‌ها مقدار ضریب کریستانسن را محاسبه کرده و با استفاده از روابط (۶) تا (۹) می‌توان مقدار $F^*(N,k)$ را محاسبه نموده و سپس با استفاده از جدول (۳) می‌توان ضریب کاهشده انرژی

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

در شکل (۲) پراکندگی نتایج آزمایش افت بار لوله در حالت بدون دریچه با مقادیر ضریب اصطکاک حاصله از رابطه پراندل و مقادیر موجود بر روی خط چین رویس در نمودار مودی آورده شده است. همچنین پراکندگی نتایج آزمایش افت بار لوله در حالت‌های دریچه بسته به فاصله ۱/۵ و ۰/۷۵ متر در شکل‌های (۳) و (۴) آورده شده است.

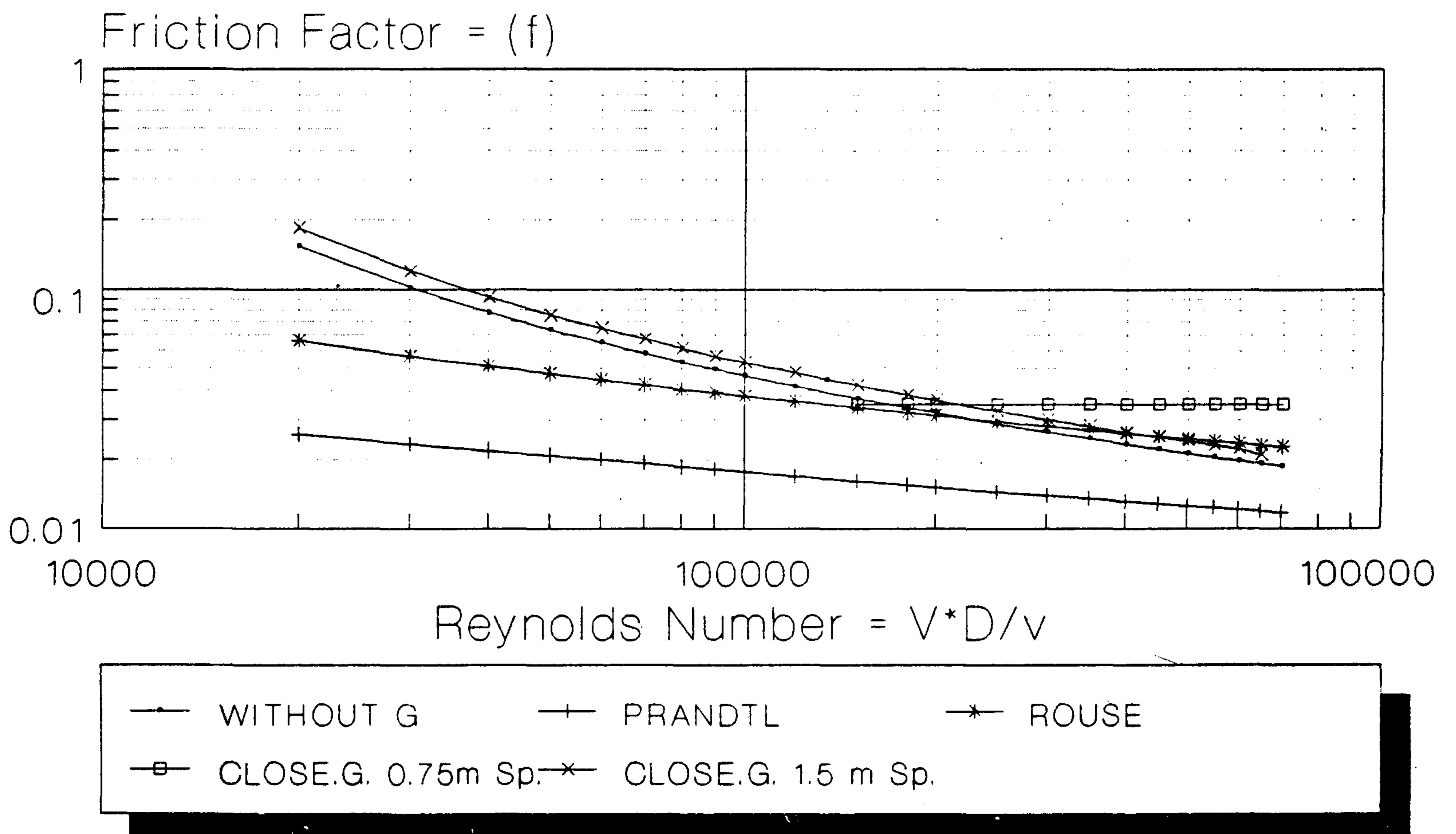
برای هر یک از پراکندگیها، نتایج حاصله با استفاده از عمل رگرسیون گیری بین اشکال مختلف عددی Re و f فرمولهایی به دست آمد که بهترین رگرسیون گیری بین شکل $\frac{1}{\sqrt{f}}$ و $\log Re$ بود. در واقع نتایج منجر به رابطه‌ای مشابه رابطه پراندل گردید.

همچنین برای هر یک از آزمایشهای انجام شده مقادیر $S_f^{1/54}$ را به دست آورده و با انجام عمل رگرسیون گیری بین مقادیر دبی و $S_f^{1/54}$ ضریب هیزن-ویلیامز برای هر یک از موارد آزمایش به دست آمد. چگونگی به دست آوردن این ضریب در فرمولهای زیر آمده است.



TEST NO. 37,38,47,48,57,58

شکل (۴) پراکندگی نتایج آزمایش افت بار لوله در حالت دریچه‌های بسته به فاصله ۰/۷۵ متر



TEST NO 1-6 & 7,8,17,18,27,28
& 37,38,47,48,57,58

شکل (۵) ضرایب اصطکاکی برای لوله بدون دریچه و با دریچه بسته به فواصل ۱/۵ و ۰/۷۵ متر

نتایج به دست آمده برای مقادیر ضریب کاهنده انرژی (k) در حالت لوله با دریچه‌های باز نسبت به لوله بدون دریچه و لوله با دریچه‌های بسته در جدول اول (۴) و (۵) آمده است. نتیجه گیری

در مجموع، هرچند آزمایش افت بار اصطکاکی لوله‌ها از ساده‌ترین آزمایشهای هیدرولیکی می‌باشد ولی بایستی اذعان نمود که دقت در انجام این سری از آزمایشها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد عدم وجود دقت در آزمایش می‌تواند نتیجه‌گیری نهائی را دچار خطا نموده و نتیجه کاملاً اشتباهی را حاصل گرداند. با توجه به مجموعه آزمایشهای انجام شده در این تحقیق به طور کلی نتایج زیر ارائه می‌گردد:

الف) رابطه ضریب اصطکاکی با عدد رینولدز برای لوله بدون دریچه

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 3/1516 \log \left(\frac{Re}{3384/3} \right)$$

حدود اعتبار معادله، $6 \times 10^5 < Re < 20000$ $C_{HW} = 112/8$

ب) رابطه ضریب اصطکاکی با عدد رینولدز برای لوله با دریچه بسته

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 3/0.321 \log \left(\frac{Re}{3681/3} \right) \quad \text{به فاصله } 1/5 \text{ متر}$$

را نسبت به مورد آزمایش لوله بدون دریچه و یا لوله با دریچه بسته را به دقت آورد.

(۶) افت بار اندازه‌گیری شده در لوله با دریچه‌های باز

$$F(N, CF, k) = \frac{\text{افت بار محاسباتی در لوله با دریچه‌های بسته یا بدون دریچه}}{\text{افت بار محاسباتی در لوله با دریچه‌های باز}} \quad (7)$$

$$CF = \frac{D}{fl} \quad (8)$$

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{1N^2} \quad (9)$$

$$\frac{F(N, CF, k) - F + 1/N}{CF} = F^*(N, k)$$

در این روابط:

D- قطر لوله

f- ضریب اصطکاک

l- فاصله دریچه‌ها از یکدیگر

F- ضریب تصحیح کریستیانسن

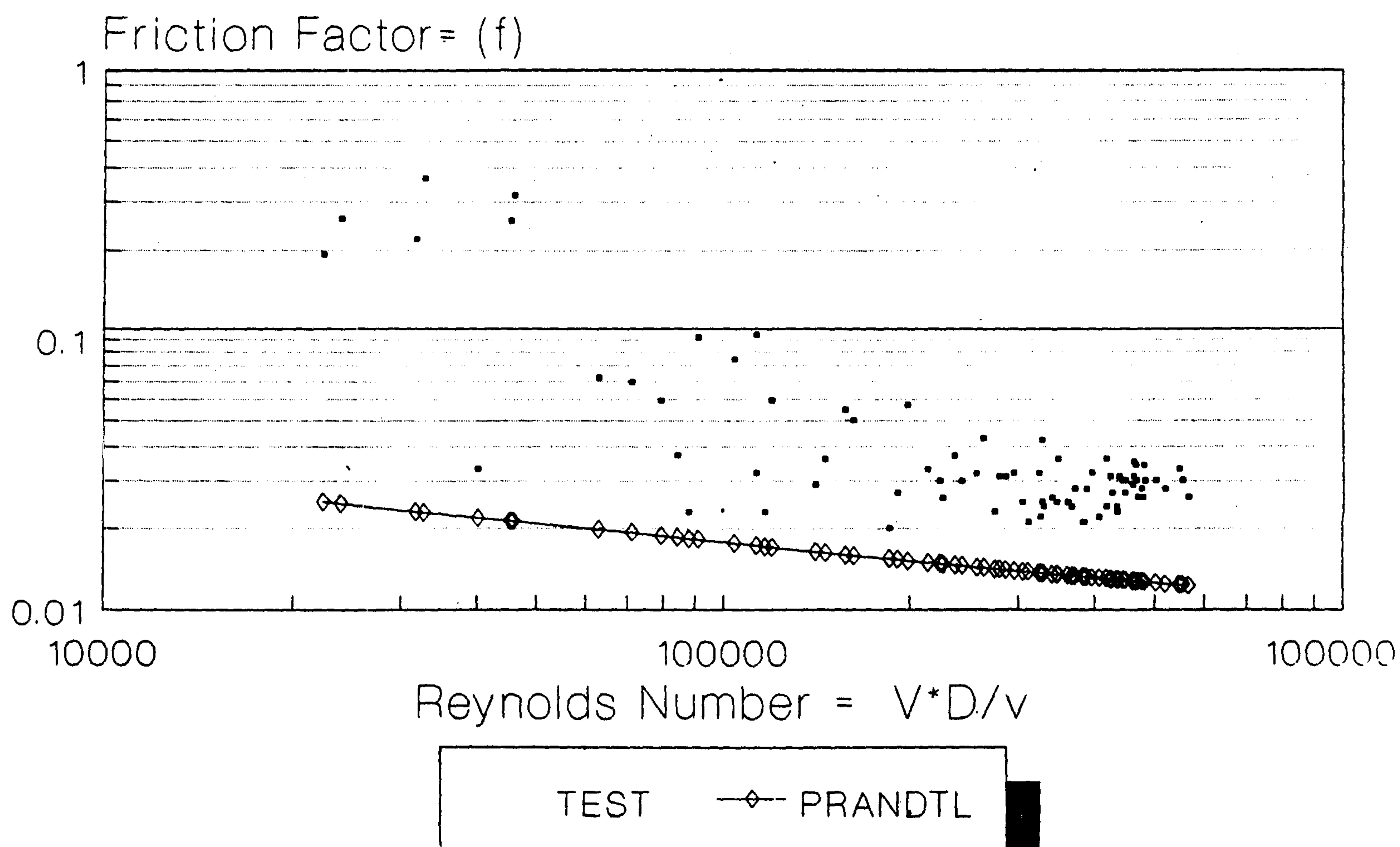
N- تعداد دریچه‌ها

m- توان سرعت و یا دبی (مثلاً در فرمول داریسی-ویسباخ برابر ۲

می‌باشد) برای محاسبه افت

F(N, CF, k)- ضریب چوومو

k- ضریب کاهنده انرژی



TEST NO. 7,8,17,18,27,28

شکل (۳) پراکندگی نتایج آزمایش افت بار لوله در حالت دریچه‌های بسته به فاصله ۱/۵ متر

جدول (۳) مقادیر مختلف $F^*(N,k)$ با استفاده از رابطه داریسی-ویسباخ ($m=2$)

N	k												
	0.0	.05	.1	.15	.2	.25	.3	.35	.4	.45	.5	.55	.6
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	-0.250	-0.242	-0.234	-0.227	-0.219	-0.211	-0.203	-0.195	-0.188	-0.180	-0.172	-0.164	-0.156
3	-0.222	-0.212	-0.202	-0.192	-0.181	-0.171	-0.161	-0.151	-0.141	-0.131	-0.120	-0.110	-0.100
4	-0.188	-0.176	-0.164	-0.153	-0.141	-0.130	-0.118	-0.107	-0.095	-0.084	-0.072	-0.061	-0.049
5	-0.160	-0.148	-0.135	-0.123	-0.110	-0.098	-0.086	-0.073	-0.061	-0.048	-0.036	-0.024	-0.011
6	-0.139	-0.126	-0.113	-0.100	-0.087	-0.074	-0.061	-0.048	-0.035	-0.022	-0.009	0.004	0.017
7	-0.122	-0.109	-0.095	-0.082	-0.069	-0.055	-0.042	-0.028	-0.015	-0.001	0.012	0.026	0.039
8	-0.109	-0.096	-0.082	-0.068	-0.054	-0.040	-0.026	-0.012	0.001	0.015	0.029	0.043	0.057
9	-0.099	-0.085	-0.071	-0.056	-0.042	-0.028	-0.014	0.000	0.014	0.028	0.043	0.057	0.071
10	-0.090	-0.076	-0.061	-0.047	-0.033	-0.018	-0.004	0.011	0.025	0.039	0.054	0.068	0.082
11	-0.083	-0.068	-0.054	-0.039	-0.024	-0.010	0.005	0.019	0.034	0.048	0.063	0.077	0.092
12	-0.076	-0.062	-0.047	-0.032	-0.018	-0.003	0.012	0.027	0.041	0.056	0.071	0.086	0.100
13	-0.071	-0.056	-0.041	-0.026	-0.012	0.003	0.018	0.033	0.048	0.063	0.078	0.092	0.107
14	-0.066	-0.051	-0.036	-0.021	-0.006	0.009	0.024	0.039	0.054	0.069	0.084	0.098	0.113
15	-0.062	-0.047	-0.032	-0.017	-0.002	0.013	0.028	0.043	0.058	0.074	0.089	0.104	0.119
16	-0.059	-0.043	-0.028	-0.013	0.002	0.017	0.033	0.048	0.063	0.078	0.093	0.108	0.124
17	-0.055	-0.040	-0.025	-0.010	0.006	0.021	0.036	0.051	0.067	0.082	0.097	0.113	0.128
18	-0.052	-0.037	-0.022	-0.006	0.009	0.024	0.040	0.055	0.070	0.086	0.101	0.116	0.132
19	-0.050	-0.034	-0.019	-0.004	0.012	0.027	0.043	0.058	0.073	0.089	0.104	0.120	0.135
20	-0.047	-0.032	-0.017	-0.001	0.014	0.030	0.045	0.061	0.076	0.092	0.107	0.123	0.138
25	-0.038	-0.023	-0.007	0.009	0.024	0.040	0.056	0.071	0.087	0.103	0.119	0.134	0.150
30	-0.032	-0.016	-0.001	0.015	0.031	0.047	0.063	0.079	0.095	0.110	0.126	0.142	0.158
35	-0.028	-0.012	0.004	0.020	0.036	0.052	0.068	0.084	0.100	0.116	0.132	0.148	0.164
40	-0.024	-0.008	0.008	0.024	0.040	0.056	0.072	0.088	0.104	0.120	0.136	0.152	0.168
50	-0.020	-0.003	0.013	0.029	0.045	0.061	0.077	0.094	0.110	0.126	0.142	0.158	0.174
60	-0.016	-0.000	0.016	0.032	0.049	0.065	0.081	0.097	0.114	0.130	0.146	0.162	0.179
70	-0.014	0.002	0.019	0.035	0.051	0.067	0.084	0.100	0.116	0.133	0.149	0.165	0.182
80	-0.012	0.004	0.020	0.037	0.053	0.069	0.086	0.102	0.119	0.135	0.151	0.168	0.184
90	-0.011	0.005	0.022	0.038	0.055	0.071	0.087	0.104	0.120	0.137	0.153	0.169	0.186
100	-0.010	0.007	0.023	0.039	0.056	0.072	0.089	0.105	0.121	0.138	0.154	0.171	0.187
120	-0.008	0.008	0.025	0.041	0.058	0.074	0.090	0.107	0.123	0.140	0.156	0.173	0.189
125	-0.008	0.009	0.025	0.041	0.058	0.074	0.091	0.107	0.124	0.140	0.157	0.173	0.190
150	-0.007	0.010	0.026	0.043	0.059	0.076	0.092	0.109	0.125	0.142	0.158	0.175	0.191
200	-0.005	0.012	0.028	0.045	0.061	0.078	0.094	0.111	0.127	0.144	0.160	0.177	0.194
250	-0.004	0.013	0.029	0.046	0.062	0.079	0.095	0.112	0.129	0.145	0.162	0.178	0.195
300	-0.003	0.013	0.030	0.046	0.063	0.080	0.096	0.113	0.129	0.146	0.163	0.179	0.196
350	-0.003	0.014	0.030	0.047	0.064	0.080	0.097	0.113	0.130	0.147	0.163	0.180	0.196
400	-0.002	0.014	0.031	0.047	0.064	0.081	0.097	0.114	0.130	0.147	0.164	0.180	0.197
450	-0.002	0.014	0.031	0.048	0.064	0.081	0.097	0.114	0.131	0.147	0.164	0.181	0.197
500	-0.002	0.015	0.031	0.048	0.064	0.081	0.098	0.114	0.131	0.148	0.164	0.181	0.19

جدول ۴ - مقادیر ضریب کاهنده انرژی (k) نسبت به لوله بدون دریچه

ارتفاع سرریز مخزن ثانویه (cm)			افزایش یا کاهش دبی		دبی دریچه‌ها (lit/sec)	فاصله دریچه‌ها (m)
۱۶۳	۱۲۸	۱۱۲	کاهش	افزایش		
۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۲		x		۱/۵
۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۱	x		۰/۵	
۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۳		x		
۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	x		۱/۰	
۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۴		x		
۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴	x		۱/۵	
۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۰		x		
۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۹	x		۲/۰	
۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۹		x		
۰/۲	۰/۱۹	۰/۲۵	x		۰/۵	
۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹		x		
۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	x		۱/۰	
۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۸		x		
۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۷	x		۱/۵	
۰/۱۸				x		
۰/۱۸			x		۲/۰	

$$C_{HW} = ۸۹/۹$$

با دریچه بسته

سپاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط دانشگاه تهران فراهم شده است که بدین وسیله صمیمانه قدردانی می‌شود.

حدود اعتبار معادله، $۱۰^۵ < Re < ۶ \times ۱۰^۵$ $C_{HW} = ۱۰۲/۸$

(ج) رابطه ضریب اصطکاکی برای لوله با دریچه بسته به فواصل ۰/۷۵ متر

حدود اعتبار معادله، $۱۵۰۰۰۰ < Re < ۶ \times ۱۰^۵$ $f = ۰/۰۳۴۹$

(و) ضریب کاهنده انرژی دریچه‌ها در حالت باز نسبت به لوله

جدول ۵- مقادیر ضریب کاهشده انرژی (k) نسبت به لوله با دریچه بسته

ارتفاع سرریز مخزن ثانویه (cm)			افزایش یا کاهش دبی		دبی دریچهها (lit/sec)	فاصله دریچهها (m)
۱۶۳	۱۲۸	۱۱۲	کاهش	افزایش		
۰/۰۵	۰/۱	۰/۲۲		x	۰/۵	۱/۵
۰/۰	۰/۰۵	۰/۲۳	x			
۰/۱	۰/۲	۰/۱۵		x	۱/۰	
۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲	x			
۰/۱۵	۰/۲	۰/۲۵		x	۱/۵	
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۸	x			
۰/۲	۰/۲۲	۰/۲۹		x	۲/۰	
۰/۲	۰/۲۳	۰/۳	x			
۰/۵	۰/۱	۰/۱		x	۰/۷۵	
۰/۰۸	۰/۱	۰/۱	x			
۰/۱	۰/۱۱	۰/۱		x		
۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	x			۱/۰
۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۶		x		
۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴	x			۱/۵
۰/۱۵				x		
۰/۱۵			x			۲/۰

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- ۱- مدنی، ح.؛ مکانیک سیالات و هیدرولیک؛ چاپ سوم، تهران؛ انتشارات دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی. ۱۳۶۹
- ۲- شرکت صنایع پلاستیک آریا ۱۳۷۳، مشخصات فنی سیستم هیدروفلوم و تجهیزات مربوطه.
3. Chu, S. T. and Moe, D. L.; 1970. The appropriate grade of gated pipes. Trans of the ASAE. 14 : 727-730 and 733.
4. International Standard Organization (ISO) - 9644. 1993. Agricultural irrigation equipment. pressure losses in irrigation valves, Test Method .
5. International Standard Organization (ISO) - 7336. 1984. Asbestos- cement pipelines - guide lines for hydraulic calculation.
6. International Standard Organization (ISO)- 1993. Thermoplastics pipes for the transport of liquids under pressure calculation of head losses. Technical report 10501.
7. Von Bernuth, R. D. 1990. Simple and accurate friction loss equation for plastic pipe. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, 116 (3) : 294-298.

Evaluation of Hydraulic and Technical Specifications of Flexible Gated Pipes

T. M. SOHRABI, SH. ZAREI AND M. H. OMID

Assistant Professor, Former Graduate Student, and Instructor Dept. of Irrigation and Reclamation Eng. College of Agriculture, University of Tehran, Iran.

Accepted 15 April 1998

SUMMARY

Using the flexible gated pipes (made of low density polyethylen) instead of the rigid pipes as a head ditch to distribute water evenly, especially in furrow irrigation, in order to increase in-farm distribution and application efficiencies, is becoming popular by manufacturing them in Iran. Hydraulics of the gated pipeline in some situations, especially in a flexible form, has not been fully investigated. One of the reasons is the temperal varied nature of these pipes due to materials used and its characteristics. In order to evaluate the hydraulic and technical characteristics of the flexible gated pipe made in Iran, experiment was conducted in the Water Research Laboratory of Irrigation and Reclamation Eng. Dept. at Tehran University. The head loss coefficients of this flexible gated pipe were determined under three different conditions such as: (1) flexible pipe w/o gate, (2) closes gated spacing of 1.5 and 0.75 meter, and (3) open gates spacing of 1.5 and 0.75 meter. The operating pressures were about 1.12 , 1.28 and 1.63 meter and discharge through gates were about 0.5 , 1.0, 1.5, and 2.0 lit/sec. The following relationships were developed under different conditions in order to determine head loss coefficients:

1. For flexible gated pipe w/o gates:

$$1/\sqrt{f} = 3.1516 \text{ Log } (Re / 3384.3) \quad 2 \times 10^4 < Re < 6 \times 10^5 \quad C_{HW} = 112.8$$

2. For flexible gated pipe with closed gates:

a. Gate spacing of 1.5 meter.

$$1/\sqrt{f} = 3.0321 \text{ Log } (Re / 3681.3) \quad 2 \times 10^4 < Re < 6 \times 10^5 \quad C_{HW} = 102.8$$

b. Gate spacing of 0.75 meter

$$f = 0.0349 \quad 1.5 \times 10^5 < Re < 6 \times 10^5 \quad C_{HW} = 89.9$$

3. For flexible gated pipe with open gates:

In order to estimate the head loss coefficient by using Chu and Moe equation, the head loss reduction coefficients (k) for different conditions of discharge and gate spacing were determined.

Key Words: Gated pipe, Furrow Irrigation & Flexible Gated pipe