INSO
22957
1st Edition
2021
Modification of:
ANSI/AWWA
Manual M49:2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۲۹۵۷
چاپ اول
۱۳۹۹

شیرهای ربع‌گرد- تجزیه و تحلیل افت هد، گشتاور و کاویتاسیون

Quarter-turn valves- Head loss, torque and cavitation analysis

23.060

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۹۵۷ (چاپ اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«شیرهای ربع‌گرد- تجزیه و تحلیل افت هد، گشتاور و کاویتاسیون»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
پوررکنی، محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک)	معاون فنی- شرکت نصب، تعمیر و نگه‌داری نیروگاه‌های برق‌آبی استان خوزستان
دبیر:	
جعفری، ایمان (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	رئیس اداره دفتر فنی ناحیه دز- شرکت نصب، تعمیر و نگه‌داری نیروگاه‌های برق‌آبی استان خوزستان
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدپوری، سیدمهدی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	کارشناس استانداردهای مکانیک- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب
بابادی، رضا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مدیر شرکت تعمیرات ناحیه دز- شرکت نصب، تعمیر و نگه‌داری نیروگاه‌های برق‌آبی استان خوزستان
بیگ‌پور، علی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- ساخت و تولید)	مدیر تجهیزات- شرکت توسعه منابع آب و نیرو
پورمطرفی، احمد (کارشناسی زبان انگلیسی)	کارشناس استعلامات- نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان
دایی، مینا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- آلی)	سرپرست اداره هماهنگی امور تدوین استاندارد- اداره کل استاندارد استان خوزستان
رادکیا، علی‌رضا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	کارشناس گروه نظارت- شرکت تولید و بهره‌برداری سد و نیروگاه دز
سالاری، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- ساخت و تولید)	کارشناس مکانیک- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب
صادقی، داریوش (کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)	معاونت اجرایی- سد و نیروگاه گتوند علیا

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
طاهری، محسن (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مدیر تجهیزات- نیروگاه کارون مپنا
عظیمی، مسعود (کارشناسی مهندسی مواد)	کارشناس اداره هماهنگی امور تدوین استاندارد- اداره کل استاندارد استان خوزستان
علی‌عسکری، علی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس مسئول دفتر فنی- نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان
کیان‌فرد، حسین (دکتری مهندسی مکانیک- ساخت و تولید)	کارشناس دفتر فنی- شرکت نصب، تعمیر و نگه‌داری نیروگاه‌های برق‌آبی استان خوزستان
لک، ریحانه (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی)	کارشناس دفتر فنی- شرکت نصب، تعمیر و نگه‌داری نیروگاه‌های برق‌آبی استان خوزستان
متشکر، ابوالفضل (دکتری مهندسی مواد- خواص فیزیکی و مکانیکی مواد)	مدیر تجهیزات- شرکت توسعه منابع آب و نیرو
محسنی، غلامرضا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	مدیر شبکه- شرکت آب و فاضلاب خوزستان
نجف‌پور، احسان (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	مربی گروه فنی و مهندسی- دانشگاه پیام نور
ویراستار:	
محسنی، خلیل (کارشناسی ارشد مهندسی مواد - شناسایی و انتخاب مواد)	سرپرست اداره آموزش و ترویج- اداره کل استاندارد استان خوزستان

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ح
۰ مقدمه	ط
۰-۱ کلیات	ط
۰-۲ تعاریف جدید، حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST) و گشتاور اندازه عملگر (AST)	ی
۰-۳ فرضیات قطر	ک
۰-۴ طراحی شیر ربع‌گرد	م
۰-۵ شرایط سیستم	ش
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۲
۳ اصطلاحات و تعاریف	۳
۴ افت هد شیر و مدل سیستم مقاومت معادل	۲۱
۴-۱ کلیات	۲۱
۴-۲ بحث در مورد افت هد، اختناق و کاویتاسیون	۲۱
۴-۳ محاسبات افت هد	۲۳
۴-۴ نصب اتصال کاهنده	۲۴
۴-۵ مشخصات جریان ذاتی و نصبی شیر کنترلی	۲۸
۴-۶ مدل سیستم مقاومت معادل	۲۹
۴-۷ روش منبع با هد متغیر	۳۵
۴-۸ محاسبات انرژی	۳۶
۵ گشتاور شیرها	۳۹
۵-۱ کلیات	۳۹
۵-۲ مبحث محاسبه گشتاور	۳۹
۵-۳ ترکیب مؤلفه‌های گشتاور	۴۲
۵-۴ گشتاور نشیمن (شامل نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه)	۴۷
۵-۵ گشتاور پکینگ و طوقه	۵۱
۵-۶ گشتاور یاتاقان	۵۳
۵-۷ گشتاور مرکز ثقل	۵۷
۵-۸ گشتاور هیدرواستاتیک	۵۸
۵-۹ گشتاور دینامیکی	۶۰
۵-۱۰ گشتاور برون‌محوری یا خارج از مرکزیت شفت	۶۶

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

عنوان	صفحه
۵-۱۱ سایر مؤلفه‌های گشتاور	۶۷
۵-۱۲ مشخصات سیستم	۷۵
۶ کاویتاسیون شیر	۸۰
۶-۱ کلیات	۸۰
۶-۲ پیش‌بینی کاویتاسیون	۸۰
۶-۳ مثالی از روش محاسبات کاویتاسیون	۸۴
۶-۴ روش‌هایی برای کاهش کاویتاسیون	۸۶
۷ آزمون شیر	۸۷
۷-۱ کلیات	۸۷
۷-۲ عدم قطعیت	۸۸
۷-۳ الزامات آزمون	۸۸
۷-۴ روش اجرای آزمون	۹۰
۷-۵ روش اجرای آزمون گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه/ جدا شدن از نشیمن‌گاه	۹۷
۸ کاربردهای شیر	۱۰۰
۸-۱ کلیات	۱۰۰
۸-۲ تعیین اندازه عملگر	۱۰۱
۸-۳ نصب کلاهک بلند	۱۰۶
۸-۴ تأثیرات نصب و راه‌اندازی لوله‌ها	۱۰۸
۸-۵ گستره معمول بعضی از ضرایب	۱۲۰
۸-۶ ملاحظات	۱۲۴
۸-۷ خلاصه	۱۲۵
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) شرح مشخصات و برگه داده	۱۲۷
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثالی از استخراج گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه برای نشیمن‌گاه دایره‌ای بر مبنای اصول اولیه	۱۲۹
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع	۱۳۱

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

پیش‌گفتار

استاندارد «شیرهای ربع‌گرد- تجزیه و تحلیل افت هد، گشتاور و کاویتاسیون» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک‌هزار و هشتصد و چهاردهمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی مکانیک مورخ ۱۳۹۹/۱۱/۱۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ANSI/AWWA M49: 2017, Quarter-turn valves- Head loss, torque, and cavitation analysis

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۰ مقدمه

۰-۱ کلیات

در انتخاب و تعیین اندازه شیرهای ربع‌گرد در سیستم‌های آبی، افت هد[1]، گشتاور و کاویتاسیون[2] ملاحظات مهمی هستند. اجزاء شیر ربع‌گرد باید در برابر نیروها و گشتاورهای تولیدشده در حین کار مقاوم باشند. عملگر باید قادر به انجام کار باشد و بتواند شیر را در حالت بسته قرار دهد. افت هد ایجادشده در هر شیر، به هزینه‌های انرژی یک سیستم پمپاژ اضافه می‌کند. اگر کاویتاسیون کنترل نشود، می‌تواند به شیر یا لوله‌کشی مجاور آن آسیب برساند.

عناوین مورد بحث در این مقدمه شامل تشریح عناصر طراحی شیرهای ربع‌گرد پایه‌ای و نقش آن‌ها در پیش‌بینی افت هد، گشتاور و کاویتاسیون می‌باشد. ویرایش قبلی این استاندارد تنها محدود به شیرهای پروانه‌ای بود. این ویرایش با ارائه اطلاعات سایر شیرهای ربع‌گرد شامل شیرهای توپی (BV)[3]، شیرهای مخروطی چرخشی (RCV)[4] و شیرهای سماوری (PV)[5] غیر هم‌مرکز بسط داده شده است. بسیاری از تصاویر با هدف تشریح شیرهای پروانه‌ای ارائه شده‌اند اما برای سایر شیرهای ربع‌گرد مورد نظر در این استاندارد نیز قابل استفاده هستند.

برای پیش‌بینی گشتاور عملیاتی شیر باید مشخصات اتلاف انرژی شناسایی شود و طراحان سیستم نیز از این داده‌ها برای تعیین اندازه شیر کنترلی، محاسبه الزامات هد پمپ و ارزیابی هزینه‌های مربوط به افت انرژی شیر در کاربردهایی مانند سیستم پمپاژ استفاده می‌کنند. گشتاور شیر برای دسترسی به اندازه مناسب عملگر و اطمینان از مقاومت اجزاء شیر در برابر نیروهای داخلی تولیدشده توسط جریان آب و فشار سیال محاسبه می‌شود.

کاویتاسیون برای جلوگیری از ایجاد صدا و لرزش نامطلوب و به‌منظور جلوگیری از آسیب به شیر و خطوط لوله مجاور، تجزیه و تحلیل می‌شود. داده‌های کاویتاسیون به‌وسیله آزمون جریان تعیین می‌شوند. مقادیر محدوده زوایای شیر برای پیش‌بینی این‌که آیا کاویتاسیون در یک کاربرد مشخص رخ می‌دهد، مفید هستند.

افت هد، گشتاور و کاویتاسیون با هر موقعیت شیر (زاویه بازشدگی) تغییر می‌کنند. این مشخصات نیز به هندسه بدنه شیر، قطعه انسداد جریان و مشخصات سیستمی که شیر در آن نصب می‌شود، وابسته است. آزمون جریان یک شیر با فرض جریان یکنواخت و بدون اختلال بالادست و پایین‌دست شیر، مانند جریان تولیدشده به‌وسیله

1-Head loss
2-Cavitation
3-Ball Valve
4-Rotary Cone Valve
5-Plug Valve

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

یک لوله مستقیم طویل با قطر ثابت انجام می‌شود. اگرچه تغییر این شرایط ایده‌آل بر افت هد و گشتاور تأثیرگذار است اما این شرایط به‌عنوان محک و مبنایی برای تجزیه و تحلیل‌ها می‌باشد. اختلالات جریان ناشی از پیکربندی لوله‌کشی از قبیل زانویی‌ها، کاهنده‌ها یا سایر شیرها در محدوده کم‌تر از هشت برابر قطر در بالادست شیر ممکن است به بررسی بیش‌تر نیاز داشته باشد.

ضرایب ارائه‌شده توسط سازنده شیرهای ربع‌گرد می‌تواند برای محاسبه گشتاور و افت هد همان‌طور که در این استاندارد شرح داده شده است، استفاده شوند، به شرطی که براساس روش‌های آزمون شرح داده‌شده در بند ۷ تعیین شوند. ضرایب تهیه‌شده در این استاندارد تنها برای گویایی هرچه بیش‌تر مطلب و در دست بودن تخمینی از مقادیر ارائه می‌شوند. پیش از انجام محاسبات شیر برای یک استفاده خاص، اطلاعات آزمون شیر یا سازنده مورد نیاز است. به هر حال اطلاعات کلی‌سازی شده یا نمونه می‌تواند در تعیین قابلیت کاربرد یا حساسیت برخی مشخصات کمک کند.

قطعه انسداد جریان در این استاندارد به‌عنوان نمونه‌های توپی، دیسک (در شیرهای پروانه‌ای)، مخروطی و سماوری ارجاع داده می شود. در این استاندارد ممکن است به قطعه انسداد جریان به‌صورت کلی و یا با یک طرح خاص ارجاع داده شود. در استانداردهای بین‌المللی و اروپایی هم‌چنین از عبارت مسدودکننده برای قطعه انسداد جریان استفاده می شود.

۲-۰ تعاریف جدید، حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST)[1] و گشتاور اندازه عملگر (AST)[2]

الزامات گشتاور عملکردی شیرهای ربع گرد در بسیاری از استانداردهای AWWA، به دو اصطلاح متفاوت ارجاع داده می شوند. این دو اصطلاح عبارت‌اند از گشتاور اندازه عملگر (AST) و حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST) که در ادامه تعریف آن‌ها ارائه می‌شود. این اصطلاحات به‌صورت مقادیر مجزا و تکی در نظر گرفته نمی‌شوند. بلکه به‌صورت مجموعه‌ای از مقادیر (یا منحنی‌ها) که با موقعیت شیر تغییر می‌کنند، مورد توجه قرار می‌گیرند. در بعضی از موارد، یک یا دو (شکستگی و/ یا شکستگی و راه‌اندازی) مقدار محافظه‌کارانه یا حدی ممکن است در سرتاسر دامنه حرکتی شیر، استفاده شود و اما در بسیاری از موارد، مقادیر در فواصل زاویه‌ای °۱۰، ° ۵ و یا زوایای کم‌تر، مورد نیاز است. پیش‌بینی‌های گشتاور این استاندارد، محتمل‌ترین الزامات گشتاور عملکردی برای شیرهایی که تحت شرایط تحلیل‌شده سیستم عمل می‌کنند را عرضه می‌کند. این گشتاور مجموع به حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST) ارجاع داده می‌شود. وابسته به نوع شیر، استاندارد یا آئین کار عملگر و کاربرد شیر (قطع و وصل جریان یا تنظیم جریان)، حداقل گشتاور مورد نیاز شفت در یک ضریب کاربرد (AF)[3] ضرب می‌شود تا گشتاور تعیین اندازه عملگر (AST = MRST × AF) به‌دست آید. این مقدار

1- Minimum Required Shaft
2- Actuator Sizing Torque
3-Application Factor

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

برای تعیین اندازه صحیح‌تر عملگر در بسیاری از موقعیت‌های قرارگیری شیر محاسبه می‌شود. ضرایب کاربرد در استانداردهای عملگر یا شیر ارائه می‌گردد.

در سایر استانداردهای ANSI/AWWA یک مقدار گشتاور اضافی در تعیین اندازه عملگر جهت افت‌های ایجاد شده در خلال کار و/ یا ضرایب ایمنی برای تأمین قدرت عملگرها (یعنی موتور الکتریکی، سیلندر (هیدرولیک) یا تیغه) تخصیص داده می‌شود. این مقدار در ضرایب کاربرد یا سایر الزامات تعیین اندازه استاندارد محصول گنجانده می‌شود.

۳-۰ فرضیات قطر

در خصوص قطر شفت شیر، همواره بهتر است که قطر شفت از طریق اندازه‌گیری یا از اسناد سازنده شیر به‌دست آورده شود.

منابع بسیاری برای ضرایب جریان و گشتاور شیرهای ربع‌گرد در دسترس هستند. این منابع شامل کتاب‌های دستی (هندبوک) شیر، مقالات پژوهشی منتشرشده، کتاب‌های راهنما، کارنماها یا نشریات فنی تأمین‌کننده‌های شیر هستند. سازنده شیرها عموماً ضرایب جریان (یعنی $C_{v'}$، $C_{vM'}$ یا K) را برای اکثر شیرها منتشر می‌کنند. برخی سازندگان، ضرایب گشتاور (C_t) را به‌عنوان اطلاعات اختصاصی در نظر می‌گیرند و ممکن است این داده‌ها را منتشر نکنند.

بیش‌تر داده‌های موجود پیش از انتشار روش‌های استانداردسازی به‌دست آمده‌اند و محققان ممکن است محاسبات خود را براساس اندازه‌گیری‌های مختلف قطر شیر انجام دهند. قطرهای اصلی شامل؛ اندازه نامی لوله (NPS)[1]، قطر داخلی لوله آبراهه، قطر درگاه شیر، قطر نشیمن شیر و قطر قطعه انسداد جریان شیر هستند (به شکل ۱ مراجعه شود). هم‌چنین، انتشارات مختلف از معادلات اصول اولیه با تغییرات جزئی یا واحدهای مختلف اندازه‌گیری استفاده می‌کنند. به استفاده‌کنندگان از معادلات هشدار داده می‌شود که برای ارزیابی و تبدیل چنین داده‌هایی به چارچوب و واحدهای اندازه‌گیری مناسب توجه داشته باشند. برای نمونه، برخی سازندگان شیر پروانه‌ای یک ضریب گشتاور دینامیکی برای استفاده در فرمول $T_d = C_1 \times \Delta P$ ارائه می‌دهند که معادل است با $T_d = C_t \times D^3 \times \Delta P$ که در آن $C_1 = C_t \times D^3$ یا $C_t = C_1 / D^3$.

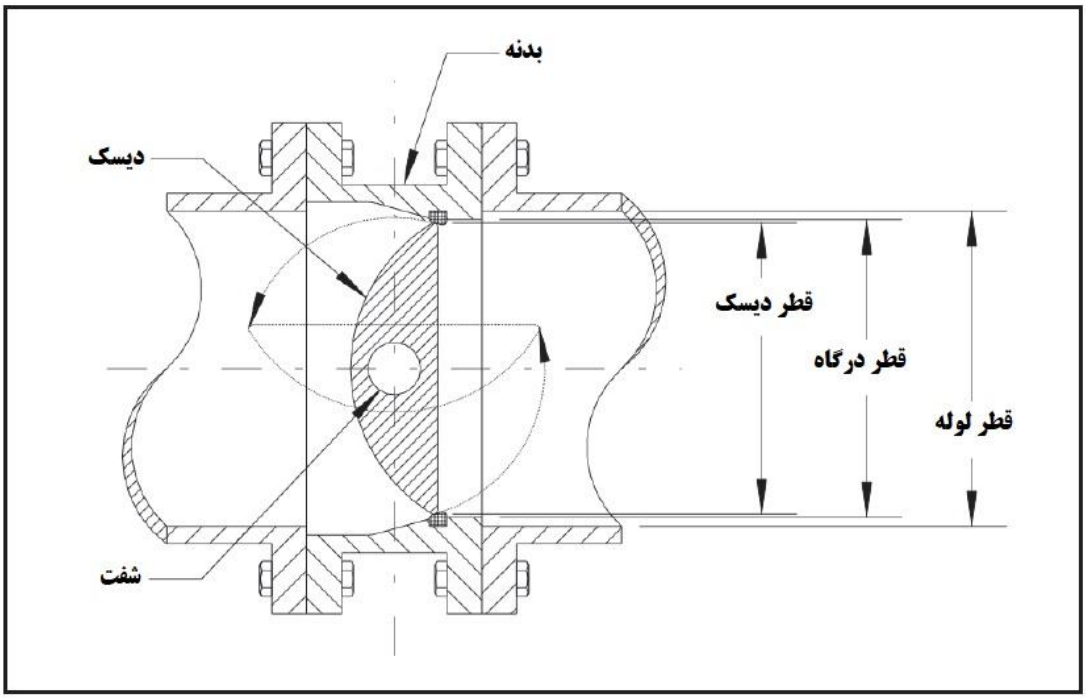
اگر ایجاد داده‌ها بر پایه قطر دیسک شیر پروانه‌ای انجام گیرد و در محاسبات پیش‌بینی، قطر نامی به‌کار گرفته شود عدم قطعیت بزرگ‌تری نسبت به حالتی که قطر دیسک در نظر گرفته شود، در نتایج ایجاد می‌گردد. جهت‌دهی این استاندارد به این سمت است که چه قطری باید برای اهداف استانداردسازی، سازگاری و عدم قطعیت استفاده شود. با این حال، بنابر دلایل مهندسی متعدد، بسیاری از اطلاعات قدیمی با این دستورالعمل‌ها

1-Nominal Pipe Size

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

مطابقت ندارند. در بسیاری از موارد مقدار دقیق قطر داخلی لوله آبراهه، قطر درگاه ورودی شیر و/ یا قطر قطعه انسداد جریان شیر در زمان انجام محاسبات مشخص نیستند. این مسئله طراحان را مجبور می‌کند تا قطر محافظه‌کارانه‌ای با عدم قطعیت بیش‌تر را در نتایج در نظر گیرند.

برای شیرهای موجود در دامنه کاربرد این استاندارد زمانی‌که از واحدهای ابعادی رایج غیرمتریک استفاده می‌شود، قطر داخلی لوله آبراهه، قطر درگاه ورودی شیر و قطر قطعه انسداد جریان شیر تقریباً همیشه برابر یا کم‌تر از قطر نامی شیر است. بنابراین استفاده از اندازه نامی لوله (NPS) به‌عنوان قطر در محاسبات پیش‌بینی گشتاور، اغلب مقدار گشتاور بالاتر محافظه‌کارانه‌ای را ارائه می‌دهد (زیرا قطر در صورت کسر معادلات ظاهر می‌شود). در این محاسبات پیش‌بینی، همان‌طور که مشخص شد می‌توان از قطر نامی شیر به جای قطر داخلی لوله آبراهه، قطر درگاه ورودی شیر یا قطر دیسک شیر استفاده کرد، اما با در نظر گرفتن این نکته که نتایج گشتاور، عدم قطعیت بالاتری دارند و عموماً بزرگ‌تر از نتایج یک ارزیابی دقیق‌تر می‌باشند. در همه موارد، اگر مبنای قطر که که داده‌ها براساس آن هستند، معلوم باشد، استفاده از همان متغیر بالاترین درستی در پیش‌بینی را ارائه می‌دهد.



شکل ۱- قطرهای دیسک شیر، درگاه و لوله

ضرایب جریان، C_V و K، آزمون و روش‌های گردآوری داده‌ها بر اساس انجمن بین‌المللی اتوماسیون (ISA)[1] و

1-International Society of Automation

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

استاندارد ANSI/ISA S75.02.01- 2008 تشریح شده‌اند و بر مبنای قطر داخلی لوله آزمون می‌باشند. این روش تحلیل دارای دو تغییر جزئی نسبت به استاندارد ANSI/ISA S75.02.01- 2008 است، به گونه‌ای که تلفات آبراهه را از داده‌های آزمون برای به‌دست آوردن مقادیر ضرایب خالص (فقط برای شیر) در مقابل مقادیر ناخالص (مقادیر اندازه‌گیری‌شده شامل تلفات آبراهه) و جهت‌گیری محور شفت در خلال آزمون کم می‌کند. برای جزئیات بیش‌تر به بند ۷ مراجعه شود.

۴-۰ طراحی شیر ربع‌گرد

در حالت کلی شیرها ممکن است به دو دسته با عملکرد خطی یا چرخشی دسته‌بندی شوند. شیرهای با عملکرد خطی شامل شیرهای دروازه کشویی، دروازه‌ای، ساچمه‌ای، سوزنی و دیافراگمی هستند. در این استاندارد شیرهای با عملکرد چرخشی شامل شیرهای توپی، پروانه‌ای، مخروطی و سماوری هستند. از آن‌جائی‌که به‌صورت تقریبی میزان گردش در شیرهای با عملکرد چرخشی در حدود ° ۹۰ است، اغلب این شیرها تحت عنوان شیرهای ربع‌گرد معرفی می‌شوند. هر چند که ممکن است میزان چرخش به‌صورت قابل توجهی بیش‌تر یا کم‌تر از ° ۹۰ یا چرخش ربع‌گرد باشد. شیر ربع‌گرد یک تجهیز چندمنظوره است که در سیستم‌های آبی برای هر دو حالت قطع و وصل و تنظیم جریان استفاده می‌شود. شیرهای ربع‌گرد عموماً برای صنعت آب مطابق با استاندارد ANSI/AWWA C504-15 برای شیرهای پروانه‌ای با نشیمن لاستیکی، استاندارد ANSI/AWWA C507-15 برای شیرهای توپی با نشیمن لاستیکی با اندازه ۱۵۰ mm تا ۱۵۰۰ mm (۶ in تا ۶۰ in)، استاندارد ANSI/AWWA C516-14 برای شیرهای پروانه‌ای با نشیمن لاستیکی و قطرهای از ۲۰۰۰ mm (۷۸ in) و بزرگ‌تر یا استاندارد ANSI/AWWA C517-09 برای شیرهای سماوری خارج از مرکز چدنی با نشیمن ارتجاعی تأمین می‌شوند. همان‌گونه که در شکل‌های ۲ تا ۵ مشاهده می‌شود، این شیرها دارای قطعات انسداد جریان به شکل توپی، مخروطی، دیسکی یا سماوری هستند که درون بدنه شیر توسط یک شفت، دو شفت کوتاه یا ترنیون[1] و یاتاقان‌های قطعه انسداد جریان نگاه داشته می‌شوند. عملکرد (چرخش) یک شیر ربع‌گرد به‌وسیله یک عملگر دستی یا غیر دستی[2] انجام می‌شود. این عملگر به یک شفت که از یک سمت درون بدنه شیر و از سمت دیگر در بیرون از بدنه جای گرفته است، متصل می‌باشد. شیرها می‌توانند دارای نشیمن‌های فلزی یا انعطاف‌پذیر (لاستیکی یا پلاستیکی) باشند.

جریان با قرارگیری قطعه انسداد جریان مابین موقعیت های ° ۰ (٪ ۰ یا کاملاً بسته) تا کاملاً باز (٪ ۱۰۰ تا تقریباً ° ۹۰) کنترل می‌شود. محدوده موثر تنظیم جریان برای شیرهای ربع‌گرد به صورت تقریبی مابین زوایای ° ۱۵ تا ° ۷۵ بازشدگی (یا ٪ ۱۵ تا ٪ ۸۵) است. اما این محدوده می‌تواند بر مبنای طراحی شیر و کاربرد آن تغییر کند. تنظیم جریان در زوایای کم‌تر (کوچک‌تر از ° ۱۵ یا ٪ ۱۵) ممکن است باعث خوردگی سایشی ناشی

1-Trunnion
2-Power actuator

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

از سرعت‌های بالای موضعی یا کاویتاسیون شود. بعضی شیرها با حالت تنظیم دلخواه یا کاهش‌دهنده کاویتاسیون برای گسترش دامنه عملکرد در دسترس هستند. برای توضیحات کاویتاسیون به بند ۶ مراجعه شود. تنظیم جریان در زوایای گشودگی بالاتر، توانایی محدودتری دارد؛ چرا که این زوایا در بسیاری از کاربردهای شیر تأثیر اندکی روی جریان سیستم دارد.

۰-۴-۱ طراحی شیر توپی در استاندارد AWWA

مشخصه‌های شیرهای توپی در استاندارد AWWA براساس عناصر طراحی که در ادامه ذکر شده است، توصیف می‌شوند (به شکل ۲ مراجعه شود):

- در درجه اول این شیرها شامل یک قطعه انسداد جریان کروی شکل سوراخ‌شده (مسدودکننده/ توپی) هستند که به‌وسیله یک شفت یا ترنیون درون بدنه شیر تقریباً یک ربع چرخش می‌کنند.
- درگاه‌های شیر دارای اندازه نامی کامل (استاندارد رایج امریکایی) و بدون مانع در مسیر جریان هستند.

یادآوری ۱- شیرهای خارج از محدوده استاندارد AWWA ممکن است دارای درگاه کاهش‌یافته باشند.

- قطعه انسداد جریان (توپی) ممکن است شفت یا ترنیون‌نصب شده درون بدنه شیر باشد.

یادآوری ۲- شیرهای خارج از محدوده استاندارد AWWA ممکن است دارای توپی شناور که توسط نشیمن نگاه داشته می‌شود، باشند.

- قطعه انسداد جریان (توپی) هنگامی‌که به‌صورت متقارن نصب شده باشد، دارای موقعیت نشست مشخص است و افزایش گشتاور شفت در موقعیت نشسته تأثیری بر محکم‌تر بسته شدن شیر نخواهد داشت.
- قطعه انسداد جریان (توپی) چنان‌چه به‌صورت غیر هم‌مرکز نصب شود، ممکن است به هر دو صورت دارای موقعیت نشست مشخص یا گشتاور نشست وجود داشته باشد. در این حالت آب‌بندی نشیمن با افزایش گشتاور شفت نسبت به نشیمن‌گاه بهتر می‌شود.
- بدنه شیر می‌تواند دارای ساختاری یک، دو، سه یا چهار قطعه‌ای باشد.
- نشیمن‌گاه‌ها ممکن است به‌صورت تماس فلز با فلز یا فلز با مواد انعطاف‌پذیر باشد.
- شیرهای توپی ممکن است دارای نشیمن‌گاه تکی یا دوتایی باشند.
- در شیرهای با نشیمن‌گاه دوتایی، نشیمن پایین‌دست اغلب آب‌بندی اولیه[1] را ایجاد می‌کند.
- این نوع شیرها اغلب در خدمات کنترلی پمپ‌ها به‌منظور کنترل موج‌های ضربه‌ای[2] استفاده می‌شوند و

1-Primary closure seal
2-Surges

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

می‌توانند به‌صورت یک شیر یک‌طرفه با نیروی محرکه الکتریکی عمل کنند.

- در حالت کنترلی پمپ، یک شیر توپی با نشیمن‌گاه تکی به‌منظور آب‌بندی محکم‌تر در مقابل جریان برگشتی و نه جریان پمپاژ بهتر است نصب شود. (در این حالت به‌طور کلی نشیمن در انتهای شیر و نزدیک به پمپ قرار می‌گیرد.)
- این نوع شیرها دارای تنظیم جریان خوبی در نزدیکی درصدهای مشخصات اصلی شیر هستند.
- درگاه مدور با قطر کامل، کم‌ترین افت هد ممکن را در حالت کاملاً باز عرضه می‌کند.
- مسیر جریان کاملاً باز بدون مانع، کاویتاسیون یا ارتعاش تولید نمی‌کند.

شکل ۲-الف- طراحی بدنه چهار قطعه‌ای شکل ۲-ب- طراحی بدنه دو قطعه‌ای

شکل ۲- ساختار معمول شیرهای توپی

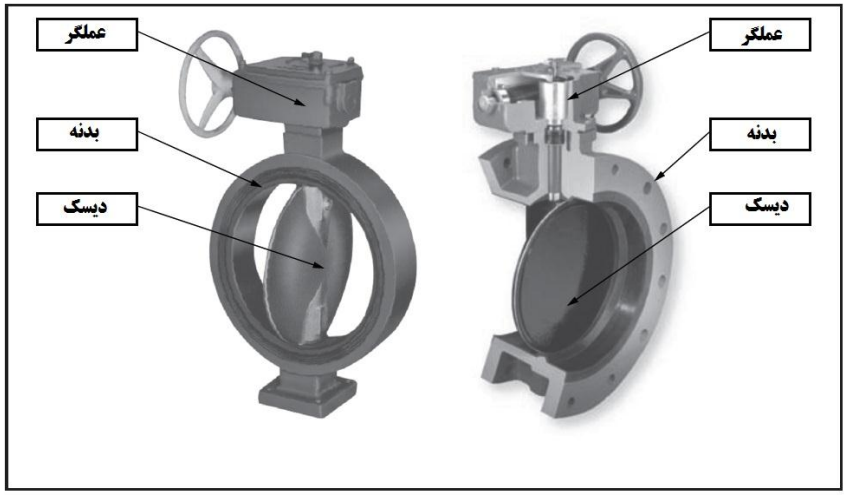
۲-۴-۰ طراحی شیر پروانه‌ای در استاندارد AWWA

مشخصه‌های شیرهای پروانه‌ای در استاندارد AWWA براساس عناصر طراحی که در ادامه ذکر شده است، توصیف می‌شوند (به شکل ۳ مراجعه شود):

- در درجه اول این شیرها شامل یک قطعه انسداد جریان کروی شکل مدور سوراخ‌شده (مسدودکننده/ دیسک) هستند که به‌وسیله یک شفت یا ترنیون درون بدنه شیر تقریباً یک ربع چرخش می‌کنند.
- عموماً این شیرها دارای درگاه‌هایی با قطر نزدیک به قطر داخلی اندازه نامی لوله هستند.
- نشیمن‌ها ممکن است به‌صورت تماس فلز با مواد انعطاف‌پذیر یا فلز با فلز باشد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- دیسک و نشیمن ممکن است طراحی متقارن (نسبت به مرکز) داشته باشند یا دارای برون‌محوری تکی[1]، دوتایی[2] یا سه‌تایی[3] باشند.
- طرح‌های متقارن و برون‌محور تکی دارای موقعیت نشیمن مشخص هستند و با افزایش گشتاور شفت در محل نشست، محکم‌تر بسته نمی‌شوند.
- طرح‌های برون‌محور دوتایی و سه‌تایی ممکن است به هر دو صورت دارای موقعیت نشیمن مشخص یا گشتاور نشست وجود داشته باشد. در این حالت آب‌بندی نشیمن با افزایش گشتاور شفت نسبت به نشیمن‌گاه محکم‌تر می‌شود.
- این نوع شیرها اغلب در خدمات کنترلی پمپ‌ها به‌منظور کنترل موج‌های ضربه‌ای استفاده می‌شوند و می‌توانند به‌صورت یک شیر یک‌طرفه با نیروی محرکه الکتریکی عمل کنند.
- این نوع شیرها دارای کنترل جریان خوبی در نزدیکی درصدهای مشخصات اصلی شیر هستند.
- این نوع شیرها در حالت کاملاً باز، افت هد بسیار پایینی را عرضه می‌کنند.
- بعضی از طرح‌ها ممکن است ارجحیتی برای راستای آب‌بندی فشار داشته باشند.
- بعضی از طرح‌ها ممکن است ارجحیتی برای راستای جریان و گشتاور داشته باشند.



شکل ۳-الف-پیکربندی شیر پروانه‌ای تک برون‌محور با پیکربندی فلنجی شکل ۳-ب- شیر پروانه‌ای متقارن (نسبت به مرکز) با پیکربندی ویفری

شکل ۳- ساختار معمول شیرهای پروانه‌ای)

1-Single-offset
2-Double-offset
3-Triple-offset

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

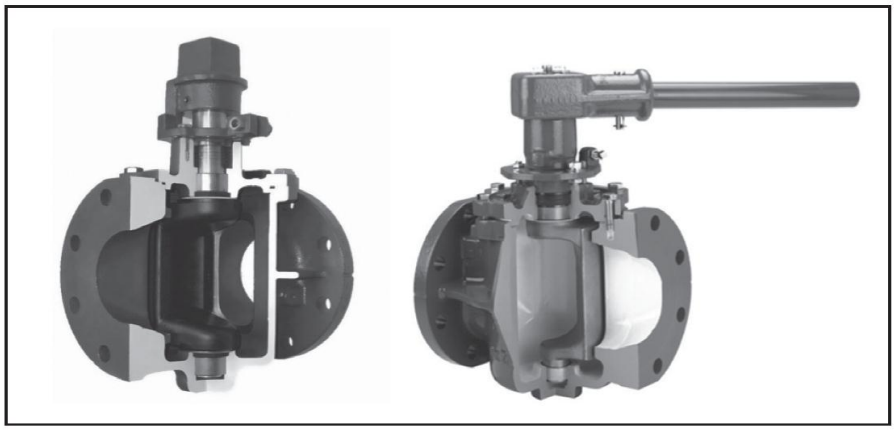
۳-۴-۰ طراحی شیر سماوری در استاندارد AWWA

مشخصه‌های شیرهای سماوری در استاندارد AWWA براساس عناصر طراحی که در ادامه ذکر شده است، توصیف می‌شوند (به شکل ۴ مراجعه شود):

- در درجه اول این شیرها دارای یک قطعه انسداد جریان برون‌محور (پلاگ[1]/ مسدودکننده) هستند که در حدود یک ربع روی شفت، درون بدنه شیر چرخش می‌کنند.
- نوعاً این شیرها دارای درگاه‌هایی هستند که به‌صورت مدور نیستند و ممکن است دارای مساحت درگاه کامل یا اندکی کاسته شده باشند.
- نشیمن‌ها به‌صورت تماس فلز با مواد انعطاف‌پذیر هستند.
- پلاگ و نشیمن دارای طرح غیر هم‌مرکز هستند (برای مثال برون‌محور دوتایی).
- مواد و ساختار برای هر دو نمونه خدمات آب تمیز و فاضلاب طراحی می‌شوند.
- شیرهای سماوری ممکن است به هر دو صورت دارای موقعیت نشیمن مشخص یا گشتاور نشست وجود داشته باشد. در این حالت آب‌بندی نشیمن با افزایش گشتاور شفت نسبت به نشیمن‌گاه محکم‌تر می‌شود.
- این نوع شیرها در خدمات کنترلی پمپ‌ها به‌منظور کنترل موج‌های ضربه‌ای استفاده می‌شوند و می‌توانند به‌صورت یک شیر یک‌طرفه با نیروی محرکه الکتریکی عمل کنند.
- در حالت کنترلی پمپ، یک شیر سماوری به‌منظور آب‌بندی محکم‌تر در مقابل جریان برگشتی و نه جریان پمپاژ نصب می‌شود. (در این حالت به‌طور کلی نشیمن در انتهای شیر و نزدیک به پمپ قرار می‌گیرد.)
- این نوع شیرها دارای کنترل جریان خوبی در نزدیکی درصدهای مشخصات اصلی شیر هستند.
- این نوع شیرها در حالت کاملاً باز افت هد متوسط تا پایینی را عرضه می‌کند.
- به‌طور عادی، جهت آب‌بندی ارجح در نصب، جهت‌گیری فشار مستقیم است.

1-Plug

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴- ساختار معمول شیرهای سماوری

۴-۴-۰ طراحی شیر مخروطی چرخشی

شیرهای مخروطی چرخشی مورد استفاده در صنایع آب و فاضلاب در محدوده استاندارد AWWA قرار نمی‌گیرند اما نوعاً مشخصه‌های آن‌ها براساس عناصر طراحی که در ادامه ذکر شده است، توصیف می‌شوند (به شکل ۵ مراجعه شود):

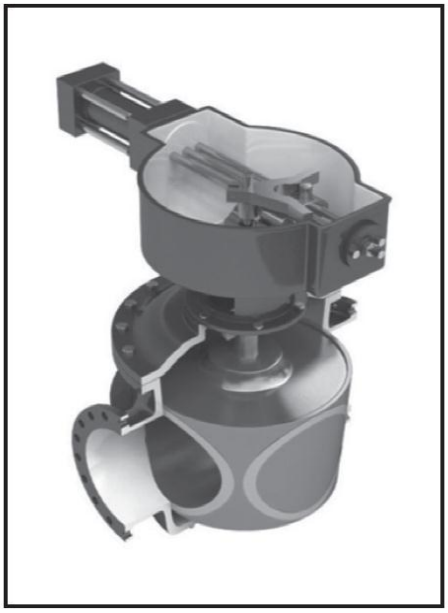
- در درجه اول این شیر شامل قطعه انسداد جریان مخروطی سوراخ‌دار[1] با شیب کم[2] (مسدودکننده/ مخروطی) است که روی شفت یا ترنیون درون بدنه شیر به اندازه یک ربع چرخش می‌کند و با جای دادن مخروطی سوراخ‌دار با شیب کم درون نشیمن فلزی با یک حرکت محوری، آب‌بندی انجام می‌شود.
- عملگر، چرخش و گشتاور را در محدوده حرکتی ° ۹۰ فراهم می‌آورد و در پایان موقعیت حرکتی، رانده یا بالا آورده می‌شود.
- درگاه‌ها دارای اندازه نامی کامل و بدون مانع هستند.
- بدنه با درپوش انسداد یا پوشش به صورت تک قطعه‌ای است.
- قطعه انسداد جریان (مخروطی) با استفاده از ترنیون درون بدنه نصب می‌شود.
- قطعه انسداد جریان (مخروطی) نوعاً متقارن (به‌صورت هم‌مرکز) نصب می‌شود و دارای نشیمن بالارونده است اما با افزایش نیروی رو به بالای شفت نسبت به نشیمن، دارای آب‌بندی محکم‌تری خواهد بود.
- آب‌بندهای نشیمن به‌صورت تماس فلز با فلز و عموماً از جنس مونل[3] برای استفاده در جریان‌های شدید و

1-Bored
2-Tapered
3-Monel

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

مقاوم نسبت به خوردگی است.

- به‌منظور آب‌بندی از هر نوع نشتی، نشیمن‌های آب‌بند از نظر جفت شدن سطوح با یکدیگر با دقت نصب می‌شوند.
- حرکت محوری شفت درون نشیمن، آب‌بندی اولیه را در بستن شیر فراهم می‌کند.
- این نوع شیرها اغلب درکنترل پمپ‌ها به‌منظور کنترل موج‌های ضربه‌ای استفاده می‌شوند و می‌توانند به صورت یک شیر یک‌طرفه با نیروی محرکه الکتریکی عمل کنند.
- این نوع شیرها دارای تنظیم جریان خوبی در نزدیکی درصدهای مشخصات اصلی شیر هستند.
- درگاه مدور با قطر کامل، کم‌ترین افت هد ممکن را در حالت کاملاً باز عرضه می‌کند.
- مسیر جریان کاملاً باز بدون مانع، کاویتاسیون یا ارتعاش تولید نمی‌کند.



شکل ۵- ساختار معمول شیرهای مخروطی چرخشی

۵-۴-۰ طرح‌های برون‌محور شیر پروانه‌ای

شیرهای پروانه‌ای در چند طرح مختلف برون‌محور در دسترس هستند. دیسک‌ها، شفت‌ها، و نشیمن‌ها ممکن است در موقعیت‌های مختلفی نسبت به هم تراز شوند. چینش‌های متداول، طرح متقارن (نسبت به مرکز) و برون‌محور تکی، برون‌محور دوتایی یا برون‌محور سه‌تایی است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

در طرح متقارن (بدون برون محوری)، لبه دیسک چرخش می‌یابد و به‌صورت عمودی با سطح نشیمن بدنه که به صورت تئوریک استوانه‌ای است، در تماس قرار می‌گیرد (به شکل ۶ مراجعه شود). این طرح اساساً دارای موقعیت نشیمن مشخص است و با افزایش گشتاور شفت در محل نشست محکم‌تر بسته نمی‌شود. در این پیکربندی، شفت سطح تماس نشیمن‌گاه دیسک را به دو نیمه تقسیم می‌کند.

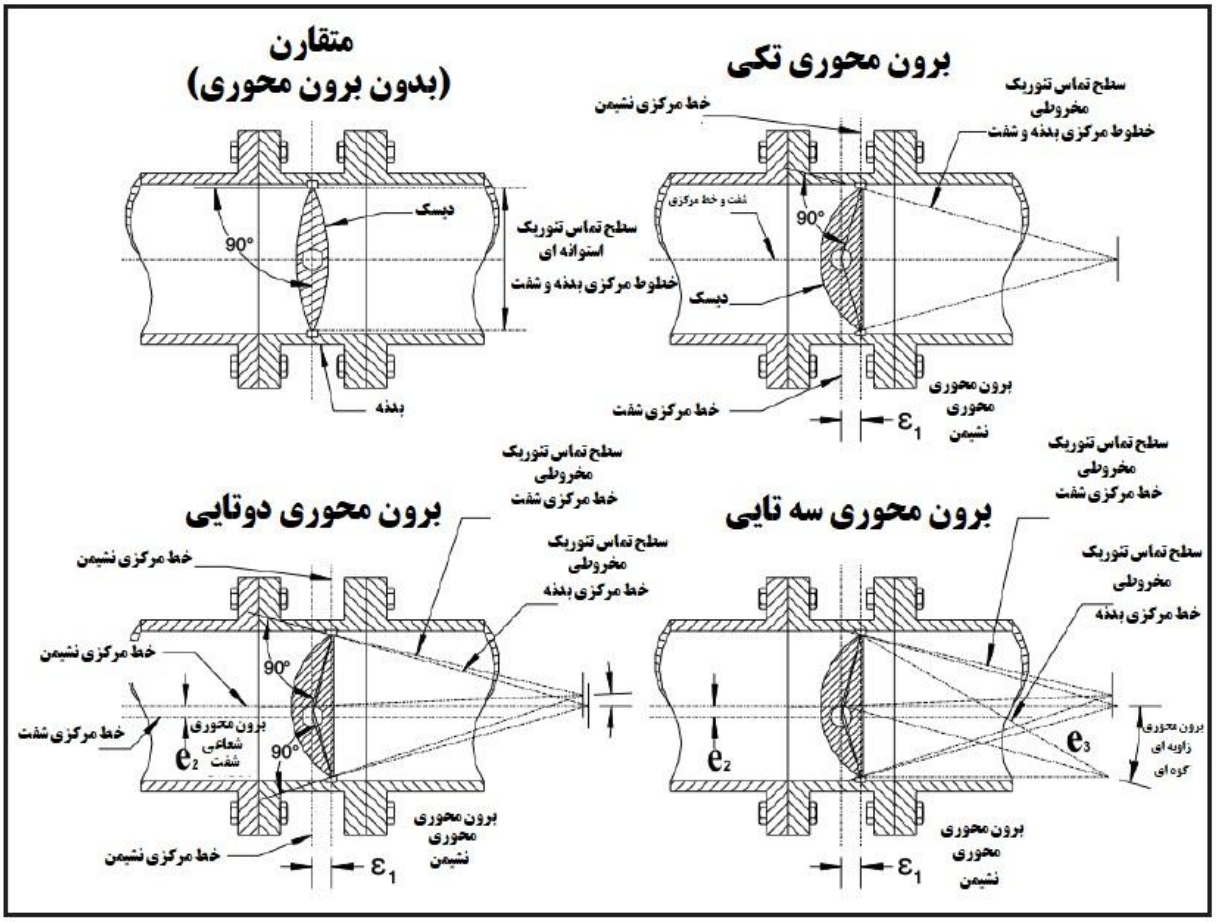
طرح برون‌محور تکی، برون‌محوری نشیمن ε_1را اضافه می‌کند و سطح تماس استوانه‌ای عمودی را به سطح نشیمن بدنه که از نظر تئوری مخروطی شکل است تغییر می‌دهد (به شکل ۶ مراجعه شود). این طرح نیز دارای موقعیت نشیمن مشخص است و با افزایش گشتاور نشیمن، محکم‌تر بسته نمی‌شود. در این ساختار و سایر طرح‌های برون‌محور، شفت سطح تماس نشیمن دیسک را به دو قسمت مساوی تقسیم نمی‌کند.

طرح برون‌محور دوتایی، برون‌محوری شعاعی شفت ε_2 را اضافه می‌کند که در چرخش باعث جابه‌جایی خط مرکزی مخروط سطح تماس عمودی شفت از مخروط سطح تماس عمودی بدنه می‌شود و نتیجه آن یک چرخش و یک زاویه گوه غیر هم‌مرکز است (به شکل ۶ مراجعه شود). این حرکت غیر هم‌مرکز و زاویه گوه باعث می شود که بار نشیمن با افزایش گشتاور اعمالی به نشیمن افزایش یابد و این شیرها ممکن است علاوه بر موقعیت نشیمن مشخص دارای گشتاور نشیمن نیز باشند.

طرح برون‌محور سه‌تایی، مخروط سطح تماس عمودی بدنه در حالت طرح برون‌محور دوتایی را به‌وسیله برون‌محوری زاویه گوه ε_3 می‌چرخاند (به شکل ۶ مراجعه شود). این عمل، خارج از مرکزیت و زاویه گوه را افزایش می‌دهد. بنابراین بار نشیمن با افزایش گشتاور اعمالی نشیمن افزایش می‌یابد و این شیرها ممکن است علاوه بر موقعیت نشیمن مشخص دارای گشتاور نشست هم باشند.

طرح‌های برون‌محور شیرها نسبت به فشار نسبی یا راستای جریان حساس هستند. فشار روی سمت شفت دیسک باعث تغییر شکل خمشی دیسک روی نشیمن می‌شود و فشار روی سمت نشیمن دیسک منجر به فشردگی به سمت بیرون نشیمن می‌گردد. به علت گشتاور خارج از مرکزیت طرح‌های برون‌محور دوتایی و سه‌تایی، اختلاف فشار در یک راستا باعث کمک به نشستن شیر روی نشیمن و در راستای دیگر کمک به جدا شدن شیر از نشیمن می‌کند. در جهت‌گیری برعکس، فشار نسبی با نشستن شیر روی نشیمن مخالفت و به جدا شدن شیر از نشیمن کمک می‌کند. شیرهای برون‌محور دوتایی و سه‌تایی اغلب دارای راستاهای نصبی ارجح نوعاً با شفت در بالادست، مشابه نصب شیر غیر هم‌مرکز سماوری تحت فشار «مستقیم» هستند. اگرچه مستندات علمی دیگری در زمینه گشتاور، جریان و کاویتاسیون وجود دارد که ممکن است این مسئله را رد کند و لزوم نصب شفت پایین‌دست («معکوس») را ارجح بداند. همیشه نشانه‌های جریان و راستای نصب روی شیر و/ یا در نقشه‌های سازنده و اسناد بهره‌برداری و تعمیرات را پیش از نصب بررسی کنید.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۶- طرح‌های برون‌محور شیر پروانه‌ای

۵-۰ شرایط سیستم

تجزیه و تحلیل‌ها به دانستن شرایط سیستم که بر محاسبات افت هد، گشتاور و کاویتاسیون برای شیرهای ربع‌گرد اثر می‌گذارد، نیاز دارند. این شرایط در ادامه ذکر شده است:

۱- **سرعت یا آهنگ جریان سیال:** بیش‌ترین آهنگ پیش‌بینی شده نرخ جریان یا سرعت جریان سیال عبوری از شیر با اندازه نامی، باید با در نظر گرفتن شرایط طراحی هیدرولیک تعیین شود و ممکن است شامل شکست خط یا سایر عیب‌های پیش آمده در زمان مقتضی باشد. بیش‌ترین سرعت پیش‌بینی‌شده جریان (یا نرخ جریان) برای محاسبات گشتاور دینامیکی سیال مورد نیاز است. این مورد به‌صورت کلی در موقعیت کاملاً باز شیر است. چنان‌چه شیر در حالت کاملاً باز قرار نداشته باشد و بیشینه نرخ جریان رخ دهد، فشار نسبی و موقعیت شیر باید مشخص و برای انجام محاسبات در اختیار باشد.

۲- **فشار تفاضلی:** بیش‌ترین فشار تفاضلی برای محاسبات گشتاور، آب‌بندی و ملاحظات سازه‌ای مورد نیاز است (در حالت کاملاً بسته). محاسبات کاویتاسیون نیز نیازمند تعیین فشار بالادست و پایین‌دست شیر در

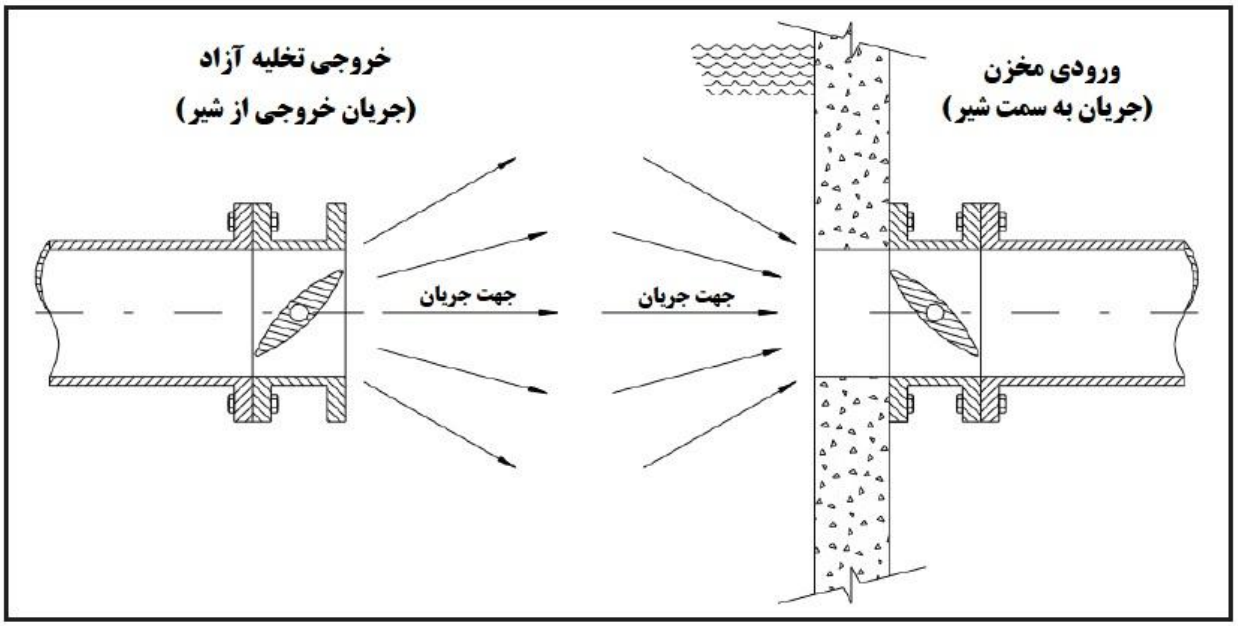
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شدیدترین شرایط تنظیم جریان می‌باشد.

۳- **تأسیسات لوله‌کشی:** همواره فرض بر این است که ورودی و خروجی تحت شرایط لوله طویل مستقیم هستند مگر آن‌که خلاف آن اشاره شود. خروجی آزاد شیر یا شیرهایی که در ورودی یک منبع نصب می‌شوند (نشان داده‌شده در شکل ۷) کاربردهای منحصر به فردی هستند که فراتر از محدوده این استاندارد قرار می‌گیرند. این تأسیسات می‌توانند مشخصات افت هد و گشتاور یک شیر ربع‌گرد را تحت تأثیر قرار دهند. توصیه می‌شود سازنده شیر از کاربرد شیر در چنین شرایطی آگاه باشد.

۴- **دمای کار:** نشیمن‌گاه شیرهای ربع‌گرد و عملگرها برای نشستن روی نشیمن‌گاه، جدا شدن از نشیمن‌گاه، کنترل و محکم نگه‌داشتن دیسک‌های شیر تحت طیف وسیعی از شرایط کاری طراحی می‌شوند. دما می‌تواند گشتاورهای نشیمن‌گاه و عوامل اصطکاک یاتاقان‌های شیر را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین دما بهتر است در نظر گرفته شود. دمای کاری شیرهای در محدوده این استاندارد، ۰٫۶ °C تا ۵۱٫۷ °C (۳۳ °F تا ۱۲۵ °F) می‌باشد. توصیه می‌شود زمانی که دماهای کاری نزدیک آخرین درجه یا فراتر از آخرین حد این دامنه هستند، با سازنده شیر مشورت شود.

۵- **پیکربندی لوله‌کشی:** آشفتگی جریان ناشی از پیکربندی لوله‌کشی بالادست یا پایین‌دست ممکن است تأثیر قابل توجهی بر عملکرد شیر داشته باشد. جریان‌های نامتقارن یا چرخشی می‌توانند گشتاور عملیاتی و افت هد یک شیر ربع‌گرد را زیاد کنند و موجب لرزش بیش از اندازه و کاهش عمر مفید آن شوند. رهنمودهای نصب در بند ۸ ارائه شده‌اند.



شکل ۷- نصب شیر پروانه‌ای در خروجی آزاد و در ورودی یک مخزن

ت

شیرهای ربع‌گرد- تجزیه و تحلیل افت هد، گشتاور و کاویتاسیون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روشی پیشنهادی برای محاسبه افت هد، گشتاور عملکردی و کاویتاسیون برای شیرهای ربع‌گرد معمول مورد استفاده در کارهای آبی براساس جریان آب یا فاضلاب است. این محاسبات برای سایر مایعات و گازها به صورت خاص کاربرد ندارد. استفاده از این محاسبات برای دیگر سیالات می‌تواند در سایر متون مکانیک سیالات یافت شود.

این استاندارد برای شیرهای توپی گرد یا مدور (دایره‌ای) و شیرهای پروانه‌ای با طرح‌های اساساً با طول استاندارد ورودی (درگاه کامل)[1] که در آن‌ها قطر درگاه و قطر قطعه انسداد جریان، نزدیک به اندازه نامی لوله (NPS) یا قطر نامی می‌باشند (بر حسب اینچ یا میلی‌متر) کاربرد دارد. این استاندارد برای شیرهای پروانه‌ای در اندازه‌های ۷۵ mm (۳ in) و بزرگ‌تر و شیرهای توپی در اندازه‌های ۱۵۰ mm (۶ in) تا ۱۵۰۰ mm (۶۰ in) کاربرد دارد.

این استاندارد هم‌چنین برای شیرهای سماوری که دارای ورودی (درگاه)های مدور یا دوکی شکل هستند و به صورت ناحیه ورودی با طول کامل (استاندارد) یا ورودی (درگاه) با طول کاهش‌یافته[2] کاربرد دارد. ناحیه ورودی کاهش‌یافته عموماً بیش از ٪ ۷۵ ناحیه ورودی کامل (استاندارد) است.

شیرهای مخروطی چرخشی در اندازه ۱۵۰ mm تا ۲۱۰ mm با نرخ فشار کاری سرد (CWP)[3] ۱۲۵ یا ۲۷۵ CWP برای چدن[4] یا چدن نشکن[5] یا کلاس‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ ANSI برای ساختار فولادی، اغلب در این صنعت استفاده می‌شود. این استاندارد برای این نمونه شیر نیز کاربرد دارد.

بعضی از سازنده‌ها، شیرهایی تولید می‌کنند که به‌عنوان شیرهای سه راهی و/ یا چهار راهی همراه با سه یا چهار اتصال ورودی پیکربندی می‌شوند. چنین شیرهایی نیاز به ملاحظات ویژه‌ای دارند و این استاندارد برای این شیرها کاربرد ندارد.

این استاندارد برای شیرهای با پیکربندی دو راهی (همراه با دو اتصال انتهایی برای برقراری یا انسداد و یا تنظیم جریان) کاربرد دارد. برای همه این شیرها، استفاده از داده‌های تطبیق‌دهنده برای طراحی مطلوب شیر دارای اهمیت است.

1-Full ported
2-Reduced port
3-Cold working pressure
4-Cast iron
5-Ductile iron

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی بـه آن‌هـا ارجـاع داده شـده اسـت. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن بـرای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 American Water Works Association (AWWA). 2010. ANSI/AWWA C504-15: Standard for Rubber-Seated Butterfly Valves. Denver, CO: AWWA

2-2 American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C504-15: Standard for Rubber-Seated Butterfly Valves. Denver, CO: AWWA

2-3 American Water Works Association (AWWA). 2010. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Large-Diameter Ball Valves, 6 in. Through 60 in. (150 mm Through 1,500 mm), Denver, CO:AWWA

2-4 American Water Works Association (AWWA). 2015. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Ball Valves, 6 In. Through 60 In. (150 mm Through 1,500 mm). Denver, CO: AWWA

2-5 American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Rubber-Seated Ball Valves. Denver, CO: AWWA

2-6 American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C516-14: Standard for Large Diameter Rubber-Seated Butterfly Valves, 78 In. (2,000 mm) and Larger. Denver, CO:AWWA

2-7 American Water Works Association (AWWA). 2010. ANSI/AWWA C517-09: Standard for Resilient-Seated Cast-Iron Eccentric Plug Valves, Denver, CO: AWWA

2-8 American Water Works Association (AWWA). 2015. M44: Distribution Valves: Selection, Installation, Field Testing, and Maintenance, Third Edition, Denver, CO: AWWA

2-9 American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C517-16: Standard for Cast-Iron Eccentric Plug Valves. Denver, CO: AWWA

2-10 American Water Works Association. 2009. ANSI/AWWA C517-16: Standard for Resilient-Seated Cast-Iron Eccentric Plug Valves. Denver, CO: AWWA

2-11 American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C517-16: Standard for Resilient-Seated Cast-Iron Plug Valves, Denver, CO: AWWA

2-12 American Water Works Association. 2008. ANSI/AWWA C541-10: Standard for Hydraulic and Pneumatic Cylinder and Vane-Type Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

2-13 American Water Works Association. 2008. ANSI/AWWA C541-16: Standard for Hydraulic and Pneumatic Cylinder and Vane-Type Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA

2-14 American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C542-16: Standard for Electric Motor Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA

2-15 American Water Works Association. 2015. Cylinder and Vane Actuators and Controls – Design and Installation. AWWA Manual M66. Denver, CO: AWWA.

2-16 International Society of Automation. 1995. ISA-RP75.23-1995: Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation. Research Triangle Park, NC: ISA

2-17 International Society of Automation. 2012. Industrial-Process Control Valves. Part 2-1: Flow capacity: Sizing equations for fluid flow under installed conditions, ANSI/ISA-S75.01.01-2012

2-18 International Society of Automation. 2008. Control Valve Capacity Test Procedure, ANSI/ISA S75.02.01-2008

2-19 Crane Co. 2009. Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe. Technical Paper 410. Stamford, CT: Crane

2-20 Hutchinson, J.W., ed. 1976. ISA Handbook of Control Valves, 2nd ed. Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America (now known as the International Society of Automation)

2-21 Skousen, P.L. 1998. Valve Handbook. New York: McGraw-Hill.

2-22 Tullis, J.P. 1989. Hydraulics of Pipelines. New York: John Wiley & Sons.

2-23 Tullis, J.P. 1993. NUREG/CR-6031: Cavitation Guide for Control Valves, US Nuclear Regulatory Commission. New York: John Wiley & Sons

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌روند:

۳-۱

گشتاور تعیین اندازه عملگر

actuator sizing torque
AST

گشتاوری است که از حاصل‌ضرب حداقل گشتاور مورد نیاز شفت و ضریب کاربرد به‌دست می‌آید (AST = MRST × AF). این گشتاور معمولاً توسط کارخانه سازنده یا توسط شرکتی که عهده‌دار انتخاب و نصب عملگر روی شیر است محاسبه می‌شود. توصیه می‌شود الزامات گشتاور در موقعیت نشسته (در خلال نشستن روی نشیمن‌گاه یا در خلال جدا شدن از نشیمن‌گاه) و موقعیت‌های میانی کورس (از زاویه ° ۵ تا ° ۹۰ در خلال باز شدن و بسته شدن) ارزیابی شود. گشتاور اندازه عملگر بر مبنای موقعیت شیر دارای مقادیر متفاوتی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

است. به‌منظور ساده‌سازی ممکن است یک یا دو مقدار محافظه‌کارانه یا نزدیک به حد نهایی استفاده شود اما این گشتاور یک مقدار واحد ندارد و باید در شرایط عادی به‌عنوان یک متغیر یا منحنی مقادیر در نظر گرفته شود.

۲-۳

ضریب کاربرد

application factor
AF

ضریبی افزاینده است که به‌منظور تعیین اندازه عملگر و منبع قدرت استفاده می‌شود. ضریب کاربرد بر مبنای نوع عملگر و هم‌چنین نوع خدمات شیر (خدمات روشن-خاموش یا تنظیم جریان) است.

۳-۳

قطعه انسداد

closure member

عنوانی کلی برای مسدودکننده شیر است. این قطعه ممکن است توپی، دیسک، دروازه کشویی، دروازه‌ای، سوزنی، سماوری یا قطعات یا عبارتی دیگر برای یک طرح خاص شیر باشد. هم‌چنین به تعریف مسدودکننده (زیربند ۳-۶) مراجعه شود.

۴-۳

فشار مستقیم

direct pressure

جهت فشار اعمال‌شده است به‌گونه‌ای که افزایش فشار باعث افزایش آب‌بندی نشیمن و اصطکاک یا بار نشیمن در شیر پروانه‌ای تک‌نشیمن یا شیر سماوری غیر هم‌مرکز می‌شود. به زیربند ۳-۲۹ و شکل ۱۰ مراجعه شود.

۵-۳

درصد معادل مشخصات ذاتی شیر

equal percentage inherent valve characteristic

مشخصه‌ای از جریان شیر که در آن تغییر درصد موقعیت شیر با تغییر برابر درصد ضریب جریان ذاتی شیر همراه شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۶-۳

حداقل گشتاور مورد نیاز شفت

minimum required shaft torque
MRST

حداقل گشتاوری که برای عملکرد شفت مورد نیاز است که در حالت عادی توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود و معمولاً با استفاده از روش‌های ذکر شده در این استاندارد تعیین می‌شود. توصیه می‌شود الزامات گشتاور در موقعیت نشسته (در خلال نشستن روی نشیمن‌گاه و در خلال جدا شدن از نشیمن‌گاه) و موقعیت‌های میانی کورس (از زاویه ° ۵ تا ° ۹۰ در خلال باز شدن و بسته شدن) ارزیابی گردد. حداقل گشتاور مورد نیاز شفت بر مبنای موقعیت شیر دارای مقادیر متفاوتی است. به‌منظور ساده‌سازی ممکن است یک یا دو مقدار محافظه‌کارانه یا نزدیک به حد نهایی استفاده شود اما این گشتاور یک مقدار واحد ندارد و توصیه می‌شود در شرایط عادی به عنوان یک متغیر یا منحنی مقادیر در نظر گرفته شود.

یادآوری- برای شیرهای خطی، از جمله دروازه کشویی[۱]، دروازه‌ای[۲] و بشقابی[۳]، این گشتاور حداقل نیروی مورد نیاز برای بالا آوردن میل محور است و نه گشتاور شفت.

۷-۳

مسدودکننده

obturator

عنوانی کلی برای عضو انسداد جریان شیر است که اغلب در استانداردهای بین المللی یا اروپایی تحت این نام به کار برده می‌شود. این قطعه ممکن است توپی[۴]، دیسک[۵]، دروازه کشویی[۶]، دروازه ای[۷]، دروازه سوزنی[۸]، سماوری[۹] یا قطعات با شکل دیگر برای سایر طرح‌های خاص شیر باشد.

۸-۳

موقعیت قراردادی

position convention

موقعیت شیر که ممکن است به‌صورت درجه یا درصد گشودگی شناسه‌گذاری شود. موقعیت کاملاً بسته به زاویه ° ۰ درجه یا ٪ ۰ موقعیت گشودگی اطلاق می‌شود. موقعیت کاملاً باز همواره به ٪ ۱۰۰ گشودگی یا در حالت

1-Slide gate valve
2-Gate valve
3-Globe valve
4-Ball
5-Disc
6-Slide gate
7-Gate
8-Needle
9-Plug

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

عادی به موقعیت تقریباً ° ۹۰ ارجاع داده می‌شود. بعضی از شیرهای ربع‌گرد ممکن است دارای کورسی بیش‌تر یا کم‌تر از ° ۹۰ برای دامنه حرکتی کامل باشند. این استاندارد از درجه گشودگی برای شناسه‌گذاری موقعیت استفاده می‌کند و فرض بر آن است که موقعیت ° ۹۰ و ٪ ۱۰۰ معادل هستند.

۹-۳

موقعیت نشست

position seated

حالتی از شیر ربع‌گرد است که بسته به این‌که چه مقدار گشتاور روی قطعه انسداد جریان در موقعیت نشسته اعمال شود، دارای آب‌بندی محکم‌تری نخواهد بود. این شیرها اغلب اجازه می‌دهند که قطعه انسداد جریان به‌صورت کامل درون موقعیت نشست قرار گیرند و پس از عبور کامل از موقعیت نشست در حالت باز قرار گیرند. این شیرها عموماً در چرخش خود درون نشیمن بدنه به‌صورت هم‌مرکز هستند. این شیرها ممکن است شامل شیرهای متقارن و تک برون‌محور باشند.

۱۰-۳

فشار معکوس

reverse pressure

جهت فشار اعمال‌شده است به‌گونه‌ای که افزایش تغییرات فشار موجب کاهش آب‌بندی نشیمن و اصطکاک یا بار نشیمن در شیر پروانه‌ای یا شیر سماوری تک‌نشیمن می‌شود. به زیربند ۳-۲۹ و شکل ۱۰ مراجعه شود.

۱۱-۳

جریان سمت نشیمن

seat side flow

جهت جریان سیال است که در آن سیال ابتدا از خط مرکزی نشیمن و پس از آن از خط مرکزی شفت در شیرهای پروانه‌ای تک، دو و سه برون‌محوره، شیرهای توپی تک برون‌محوره و شیرهای سماوری عبور کند. به زیربند ۳-۲۹ و شکل ۱۰ مراجعه شود.

۱۲-۳

قطعه انسداد نصب‌شده روی شفت

shaft-mounted closure member

این طرح نگه‌دارنده قطعه انسداد، هنگامی‌که یک شفت به قطعه انسداد جریان متصل و از آن به صورت مستقیم با عبور از یک یاتاقان به درون بدنه شیر گسترش می‌یابد، به‌خوبی نگه داشته می‌شود. این طرح دارای دو شفت است که در دو امتداد قطر قطعه انسداد مقابل هم گسترش می‌یابند و یک انتهای آن از درون بدنه شیر برای

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نصب عملگر عبور می‌کند. شفت، قطعه انسداد جریان را در بدنه شیر نگه داشته و گشتاور را برای عملکرد آن منتقل می‌کند.

۳-۱۳

جریان سمت شفت

shaft side flow

جهت جریان سیال است که ابتدا از خط مرکزی شفت و پس از آن از خط مرکزی نشیمن در شیرهای پروانه‌ای تک، دو و سه برون‌محوره، شیرهای توپی تک برون‌محوره و شیرهای سماوری عبور کند. به زیربند ۳-۲۹ و شکل ۱۰ مراجعه شود.

۳-۱۴

گشتاور نشست

torque seated

حالتی از شیر ربع‌گرد است که بسته به این‌که چه مقدار گشتاور روی قطعه انسداد جریان در موقعیت نشسته اعمال شود، دارای آب‌بندی محکم‌تری خواهد بود. این شیرها اغلب اجازه نمی‌دهند که قطعه انسداد جریان به صورت کامل درون موقعیت نشست قرار گیرند. این شیرها عموما در چرخش درون نشیمن بدنه، به‌صورت غیر هم‌مرکز هستند. این شیرها ممکن است شامل شیرهای پروانه‌ای، توپی و سماوری دو و سه برون‌محوره باشند.

۳-۱۵

قطعه انسداد جریان نصب شده روی ترونیون

trunnion-mounted closure member

این طرح نگه‌دارنده قطعه انسداد جریان، هنگامی‌که یک شفت به قطعه انسداد جریان متصل می‌شود و از آن به صورت مستقیم به درون بدنه شیر گسترش می‌یابد، به‌خوبی نگه داشته می‌شود. یاتاقان‌های بدنه به‌صورت مستقیم قطعه انسداد جریان را با ترنیون‌ها در دو امتداد قطر قطعه انسداد مقابل هم نگاه می‌دارند. این طرح دارای یک شفت گسترش‌یافته است که از بدنه برای اتصال به عملگر عبور می‌کند و گشتاور عملکرد را منتقل می‌کند. در این حالت شفت، نگه‌دارنده عضو انسداد جریان نسبت به بدنه نمی‌باشد.

۳-۱۶

فشار تفاضلی

differential pressure

ΔP

در یک شیر ربع گرد، بیشینه اختلاف فشار مابین جریان بالادست و پایین‌دست هنگامی‌که شیر در حالت بسته قرار دارد، می‌باشد. در خلال عملکرد شیر، فشار تفاضلی بر اساس شرایط سیستم و موقعیت شیر تغییر می‌کند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

فشار بالادست می‌تواند از یک منبع هد ثابت از قبیل هد ناشی از یک منبع ذخیره یا یک مخزن در ارتفاع و یا از یک منبع با هد متغیر از قبیل هد تولیدشده توسط یک پمپ (به شکل ۲۰ مراجعه شود) و یا ترکیبی از دو حالت ذکرشده ایجاد گردد. در تجزیه و تحلیل محافظه‌کارانه گشتاور، فشار پایین‌دست ممکن است صفر در نظر گرفته شود. فشار تفاضلی به‌منظور محاسبه نیروهای وارده بر قطعه انسداد (توپی، مخروطی، دیسک یا سماوری) و تخمین مشخصات جریان سیستم لوله‌کشی و محاسبه نرخ جریان و افت فشار شیر در گشودگی‌های مختلف شیر استفاده می‌شود. به‌منظور تعیین اختلاف فشار با هد متغیر ایجادشده توسط یک پمپ، منحنی پمپ می‌تواند برای محاسبه جریان عبوری از شیر در تمامی موقعیت‌های شیر استفاده شود.

۱۷-۳

ضرایب جریان، در حالت کلی

flow coefficients, general

$C_v, C_f, C_d, C_{vm}, K \text{ or } K_v$

برای هر سرعت خط جریان یا نرخ جریان مشخص، افت هد شیر می‌تواند با استفاده از معادلات جریان و ضرایب جریان استاندارد پیش‌بینی شود. بسیاری از معادلات جریان که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که با انواع بسیاری از سیستم‌ها و شرایط جریان ویژه سازگار هستند. چندین متغیر ضریب جریان از جمله K_v، C_v، C_f و C_d وجود دارد. دو ضریب جریان رایج که برای شیرهای ربع‌گرد در خدمات آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، C_v و K است. این استاندارد ابتدا استفاده از ضریب مقاومت K یا K_v و ضریب جریان C_v را از معادلات جریان مبنا تشریح می‌کند (Crane 2009). معادل متریک C_v در سایر متون اغلب K_v است. در این استاندارد، K_v همواره به ضریب مقاومت جریان شیر اطلاق می‌شود و معادل متریک C_V نمی‌باشد. این استاندارد از نماد C_{vm} به جای معادل متریک C_v برای جلوگیری از سردرگمی استفاده می‌کند.

برای مایعات، ضریب جریان C_v به‌صورت ظرفیت جریان بر حسب گالن بر دقیقه در ۱۶ °C (۶۰ °F) آب با افت فشار ۶٫۸۹ kPa (۱ psi) بیان می‌شود. برای مایعات، ضریب مقاومت جریان (یا افت هد سرعت) K به‌صورت افت هد که مستقیماً به هد سرعت وابسته است بیان می‌شود. اندیس V به K برای نشان دادن نماد شیر اضافه می‌شود.

ضرایب جریان عموماً با استفاده از لوله آزمون با امتداد مستقیم با قطر نامی مشابه شیر به‌دست می‌آیند. شیر ممکن است به خط لوله‌ای با قطر داخلی[1] (ID) اندکی متفاوت اتصال داده شود. به‌عنوان مثال، لوله بدون آستر با وزن استاندارد ۶۰۰ mm (۲۴ in) دارای قطر داخلی ۵۹۰٫۶۰ mm (۲۳٫۲۵ in) است. صرف‌نظر از درستی یا قطر داخلی لوله‌های نصب‌شده، محاسبات شیر براساس قطر نامی شیر است یعنی ۶۰۰mm (۲۴ in). هم‌چنین قطر ورودی یا قطر درگاه شیر ربع‌گرد، معمولاً کم‌تر از قطر نامی است. در هر صورت ضرایب گشتاور شیر ربع‌گرد

1-Inside diameter

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

هم‌چنان بر اساس دیسک یا قطر نامی است (به بند ۷ مراجعه شود). قطر دیسک شیر پروانه‌ای معمولاً کم‌تر از قطر داخلی لوله است و اغلب در محاسبات نیروهای هیدرولیکی روی دیسک و یاتاقان‌های شفت شیر پروانه‌ای استفاده می‌شود. اما استفاده از قطر نامی در محاسبات تعیین اندازه عملگر، فرضی محافظه‌کارانه است.

شیرهای سماوری غیر هم‌مرکز، ممکن است دارای سطوح درگاه غیر مدور باشند، اما ضرایب هم‌چنان براساس قطر نامی شیر است. اگرچه گروه‌بندی و بسط داده‌های آزمون مدل هم‌چنان وابسته به شکل و سطح درگاه است.

۳-۱۸

ضریب جریان

flow coefficient

C_v

ضریبی که اغلب برای شیرهای کنترلی استفاده می‌شود و به صورت جریان آب با دمای ۱۶ °C (۶۰ °F) بر حسب گالن بر دقیقه با افت فشار ۶٫۸۹ kPa (۱ psi) در امتداد شیر تعریف می‌شود. بسیاری از کارخانه‌ها مقادیر C_v را برای شیرها در موقعیت کاملاً باز انتشار می‌دهند و مقادیر C_v و/ یا منحنی مشخصات جریان مورد استفاده در تعیین مقادیر C_v را در موقعیت‌های میانی، برای شیرهای کنترل جریان انتشار می‌دهند. این داده‌ها می‌تواند به سهولت برای محاسبه نرخ جریان یا افت فشار در سیستم‌های آبی با استفاده از معادلات زیر استفاده شود:

$$Q = C_v \times \sqrt{\frac{\Delta P}{S_g}} \qquad \text{(بر حسب واحدهای غیر متریک)} \qquad (۱)$$

$$Q = C_{vm} \times \sqrt{\frac{\Delta P}{S_g}} \qquad \text{(بر حسب واحدهای متریک)} \qquad (۲)$$

$$C_{vm} = C_v \times 0.86 \qquad (۳)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_v	ضریب جریان شیر. جریان آب عبوری از شیر در ۱۶ °C (۶۰ °F) در سیستم آمریکایی بر حسب گالن بر دقیقه در افت فشار ۱ psi. ضریب جریان متریک، K_v، آب به‌عنوان جریان آب عبوری از شیر با دمای متغیر از ۵ °C تا ۳۰ °C بر حسب مترمکعب بر ساعت (m^3/h) همراه با افت فشار ۱ bar (۱ bar = ۱۰۰ kPa). در جهت اهداف این استاندارد، نسخه واحد متریک C_v به وسیله نماد متغیر C_{vm} شناخته خواهد شد.	غیر متریک $(gpm / psi^{1/2})$
C_{vm}	معادل متریک C_v (به‌عنوان K_v در متون دیگر)	$m^3 / hr / bar^{1/2}$ $m^3 / hr / (100\ kPa)^{1/2}$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

Q	نرخ حجمی جریان	m^3/hr (gpm)
نماد متغیر	**تعریف یا توصیف**	**واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)**
S_g	وزن مخصوص مایع نسبت به آب در دمای ۱۶ °C (۶۰ °F) (آب = ۱٫۰)	بدون بعد
ΔP	افت فشار (یا اتلاف) بین هر دو نقطه مرجع در یک سیستم	kPa (psid)

یادآوری – در واحدهای متریک C_vاغلب به عنوان K_v شناخته می‌شود. اگرچه، K_v در این استاندارد استفاده نشده است چون به راحتی با ضریب مقاومت K، اشتباه گرفته می‌شود. وقتی ضریب مقاومت K، ضریب مقاومت شیر باشد، آن را با زیروند «v» برای نمایش K_v نشان می‌دهند.

یک تصور غلط راجع به ضریب جریان شیر C_v ممکن است ارجاع آن به «ظرفیت جریان» شیر باشد. هر چند C_v معیاری از ظرفیت شیر برای عبور آب در فشار تفاضلی مشخص ۱ psi است، بیشینه نرخِ جریانِ ممکن برای شیر یا نرخِ جریانِ طراحی شیر نمی‌باشد؛ در واقع ظرفیت جریان با قابلیت جریان یکسان نیست. C_v معمول برای یک شیر پروانه‌ای ۶۰۰ mm (۲۴ in) کاملاً باز $2400\ gpm/psi^{1/2}$ ۲۴۴۰۰ است. این گفته نباید با این معنی اشتباه گرفته شود که ظرفیت جریان شیر ۱٫۵۸ m^3/sec (۲۴۴۰۰ gpm) است که می‌تواند معادل سرعت جریان ۵٫۳ m/s (۱۷٫۳ ft/s) باشد. شیرهای پروانه‌ای تهیه‌شده براساس الزامات این استاندارد، معمولاً برای سرعت حداکثر m/s ۴٫۹ (۱۶ ft/s) ارزیابی می‌شوند. این بدان معناست که اکثر شیرهای پروانه‌ای مطابق با الزامات این استاندارد قابلیت تحمل و کنترل جریان را در سرعت‌های جریان در حالت کاملاً باز بالاتر از ۴٫۹ m/s یا ۵٫۳ m/s (۱۶ ft/s یا ۱۷٫۳ ft/s) را دارا می‌باشند. C_v با بیشینه نرخ جریان طراحی یا قابلیت جریان بیشینه شیر یکسان نیست.

به‌علاوه مقایسه C_v یک شیر با سایر اجزاء آبراهه هم‌چون زانویی‌ها، سه راهی‌ها یا امتداد لوله مشکل است. چرا که این اجزاء معمولاً به‌صورت یک طول معادل یا ضریب مقاومت K تهیه می‌شوند.

۳-۱۹

ضریب مقاومت جریان

flow resistance coefficient
K

ضریبی که به‌عنوان عدد افت هدهای سرعت جریان ناشی از وجود شیر یا اتصالات تعریف شده است. ضریب مقاومت جریان، K، برای انواع مختلف شیرها یا اتصالات در دامنه گسترده‌ای از اندازه شیر نسبتاً ثابت باقی می‌ماند. برای مثال، یک زانویی معمولی ° ۹۰ دارای ضریب ۰٫۳ و یک سه راهی دارای ضریب ۰٫۹ (جریان به سمت انشعاب) است. طراح سیستم می‌تواند برای شیر پروانه‌ای کاملاً باز ۶۰۰ mm (۲۴ in) از مقدار K_v حدوداً ۰٫۵ (در مقایسه با C_v که حدوداً ۲۴۴۰۰ است) استفاده کند که چیزی مابین افت هد نرمال یک زانویی و سه راهی می‌باشد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

هم‌چنین، برای به‌دست آوردن مقدار کلی K می‌توان مقادیر K لوله‌ها و اتصالات سری را به‌طور مستقیم با هم جمع کرد. پس از آن K_{sys} سیستم می‌تواند برای تخمین نرخ جریان و سایر پارامترهای سیستم لوله‌کشی با به‌کارگیری مدل مقاومت معادل ارائه‌شده در شکل ۲۰ استفاده شود.

پیش از ان‌که معادلات جریان با استفاده از ضریب مقاومت شیر، K_v، ارائه شوند، شروط زیر درباره قابلیت کاربرد این روش مورد نیاز است:

۱- معادلات جریان و ضرایب بر اساس اندازه لوله آزمون هستند. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شد، قطر درگاه شیر، دیسک و بدنه ممکن است با قطر اسمی متفاوت باشند. توصیه می‌شود استفاده‌کننده از این روش، ضرایب را برای در نظر گرفتن اثرات استفاده از شیر در یک لوله با قطر داخلی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر تنظیم کند. این عمل ممکن است با استفاده از نسبت بتا و روابط ارائه‌شده در Crane 2009 و سایر متون مکانیک سیالات انجام شود.

۲- معادلات جریان برای آب در دمای ۱۶ °C (۶۰ °F) با فرض جریان تراکم ناپذیر آشفته هستند. برای معادلات جایگزین که چگالی سیال، جریان تراکم‌پذیر، شرایط آرام و جریان اختناقی را دربر می‌گیرد به Crane 2009 (جریان سیالات) یا متون مشابه مراجعه شود.

۳- محاسبات به اندازه روش و کاربرد آزمون مورد استفاده در به‌دست آوردن ضرایب، دارای دقت هستند. هر زمان که امکان‌پذیر است، نتایج آزمون آزمایشگاه را مرور کنید.

۴- استفاده از دو روش برای آزمون شیرها جهت تعیین افت هد رایج است. در استاندارد ANSI/ISA S75.02.01: 2008 شامل افت هد لوله‌ای به طول دو برابر قطر در بالادست و شش برابر قطر در پایین‌دست شیر می‌شود. روش‌های دیگر (و این استاندارد) خواستار کم کردن افت هد لوله می‌باشد به‌گونه‌ای فقط افت هد شیر گزارش می‌شود. وقتی شیرهایی با افت هد کم آزمون می‌شوند، اختلاف می‌تواند بیش از ٪ ۴۰ باشد. روش‌های اجرای آزمون ارائه‌شده در بند ۷ مشابه با روش موجود در استاندارد ANSI/ISA S75.02.01: 2008 می‌باشد با این تفاوت که فقط افت هد خالص شیر گزارش می‌شود.

۵- دقت افت هد محاسبه‌شده، از شبکه لوله‌های مجاور و اتصالات هم تأثیر می‌پذیرد. اتصالات کاهنده، زانویی‌ها یا شیرهای بالادست می‌توانند باعث سرعت‌های موضعی بالا شوند که ممکن است به شکل قابل توجهی افت هد شیر را تغییر دهد. به همین شکل، شرایط غیر معمول پایین‌دست یا استفاده از تخلیه آزاد، می‌تواند نتایج متفاوتی را ایجاد کند. همان‌طور که شیرهای این حوزه عموماً شیرهای با افت بسیار پایین هستند (یعنی مقدار K_v در شرایط کاملاً باز کمتر از ۱٫۰ است)، عدم انطباق قطر داخلی مابین انواع و مواد مختلف لوله و اتصالات، با یا بدون آستر و پوشش داخلی یا یک واشر[1] بیرون‌زده درون لوله می‌تواند افت هد اضافی

1-Gasket

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

مهمی را ایجاد کند. در حالت شیرهای توپی یا مخروطی چرخشی که درگاه شیر برابر قطر نامی است و مقاومت در حالت کاملاً باز برابر با لوله‌ای با قطر مشابه و طول معادل است، هر تغییر در قطر داخلی لوله و اتصالات به سمت بالادست و پایین‌دست، افت اضافی تولید کرده که می‌تواند بزرگ‌تر از افت هد شیر باشد.

این شرایط به وضوح نشان می‌دهد که بهتر است افت هد محاسبه‌شده برای یک شیر، تنها یک تخمین بوده و به عنوان یک مقدار دقیق یا کالیبره در نظر گرفته نشود. توصیه می‌شود هدف از به‌دست آوردن این مقدار باید تنها محدود به محاسبات انرژی یا تحلیل کلی سیستم باشد.

۲۰-۳

مشخصه ذاتی شیر

inherent valve characteristic

مشخصه جریان شیر کنترلی، درصد بیشینه جریان عبوری از شیر است که نسبت به موقعیت حرکتی ترسیم می‌شود. برای شیرهای ربع‌گرد، موقعیت حرکتی ممکن است به هر دو صورت درصد حرکت یا زاویه گشودگی باشد. مشخصه ذاتی شیر برای شیر به تنهایی است و به صورت درصد کاملاً باز C_v نسبت به موقعیت حرکتی همان‌گونه که در شکل ۱۸ نشان داده شده است، ترسیم می‌شود.

۲۱-۳

مشخصه شیر نصب‌شده

installed valve characteristic

زمانی‌که شیر درون یک سیستم نصب شود، مقاومت جریان سیستم تحت تأثیر متقابل شیر قرار دارد و مشخصه سیستم نصب شده همانند شکل ۱۹ به صورت ترکیبی از مقاومت شیر و سیستم است.

۲۲-۳

بیشینه نرخ جریان یا سرعت سیستم

maximum system flow rate or velocity
Q_{MAX}* or *V_{MAX}

بیشینه نرخ جریان یا سرعت سیستم در حالت شیر کاملاً باز برای محاسبه گشتاور شیر در محدوده درصدهای گشودگی مختلف استفاده می‌شود. اگر شیر در شرایط موقتی با جریان بالا مانند جریان آتش[۱] یا جریان‌های خط شکسته به‌کار گرفته شود، آن‌گاه توصیه می‌شود آن سرعت‌های بالاتر را در نظر گرفت. اگر چه به‌طور معمول نرخ جریان بیشینه سیستم در خلال باز شدن و بسته شدن برابر در نظر گرفته می شود، اما بهتر است بالاترین حد نرخ جریان یا نرخ جریان اضطراری تنها برای کورس عملکردی (باز کردن یا بستن) دارای اهمیت در نظر گرفته

۱- جریان آتش به مقدار آب در دسترس (به عنوان مثال در یک شهر) با هدف مقابله با آتش گویند. این مقدار آب دارای حجمی بیش از سایر اهداف مصرفی محتمل آب است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شود. این استاندارد نرخ جریان را با سرعت سیال در لوله معرفی می‌کند و از به‌کار بردن کمیت‌های نرخ جریان مانند گالن در دقیقه (gpm)، لیتر بر دقیقه (l/min)، فوت مکعب بر ثانیه (ft^3/s) یا متر مکعب بر ثانیه (m^3/s) اجتناب می‌کند. تبدیل نرخ جریان به سرعت جریان در لوله، یک رویه استاندارد مهندسی است و جزئیات آن تشریح نمی‌شود. بند ۴، مدل مقاومت معادل سیستم را برای تعیین سرعت‌ها (یا نرخ‌های جریان) و فشارهای مورد استفاده در محاسبات گشتاور و کاویتاسیون ارائه می‌دهد.

۲۳-۳

ضرایب گشتاور

torque coefficients
C_t **and** $C_{t\theta}$

این ضرایب در امتداد لوله‌های مستقیم بدون ایجاد تأثیر اغتشاش جریان ناشی از اتصالاتی مانند زانویی‌ها، سه راهی‌ها، یا تبدیل‌ها به‌دست آورده می‌شوند. تأثیر این اتصالات بر ضرایب گشتاور در محدوده این استاندارد قرار نمی‌گیرد و توصیه می‌شود این شرایط توسط تولیدکنندگان شیر مورد توجه قرار گیرند. تولیدکنندگان ممکن است ضریب گشتاور را به‌عنوان اطلاعات اختصاصی در نظر گیرند. رهنمودهای ویژه نصب در بند ۸ ارائه شده است.

۲۴-۳

گشتاور یاتاقان

bearing torque
T_b **and** $T_{b\theta}$

محاسبات گشتاور یاتاقان به قطرهای عضو انسداد و شفت و ضریب اصطکاک مابین مواد شفت یا ترنیون و یاتاقان بستگی دارد. برای به‌دست آوردن قطرهای واقعی یا انجام اندازه‌گیری‌ها از نقشه‌ها و سایر مدارک سازنده-های شیر راهنمایی بگیرید.

۲۵-۳

ضریب اصطکاک یاتاقان

bearing coefficient of friction
C_f

مواد یاتاقان شفت علاوه بر ایجاد امکان چرخش شفت و دیسک، این دو را در بدنه شیر نگاه می‌دارد. برای محاسبه گشتاور اصطکاک یاتاقان شیر، نیاز است ضریب اصطکاک استاتیک (سکون) برای هر دو مواد یاتاقان و شفت یا ترنیون محاسبه گردد. منابع سازندگان شیر یا یاتاقان، مراجع مهندسی مکانیک و کتابچه‌های دستی موجود در زمینه ضرایب اصطکاک می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای تعیین ضریب اصطکاک به‌کار برده شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۲۶-۳

گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه یا جداشدن از نشیمن‌گاه

seating and unseating torque
T_s* and *T_{us}

طراحی نشیمن وابسته به کارخانه سازنده دارای انواع مختلف و مشخصات گشتاور خاص خود است. این استاندارد اصول اولیه پیش‌بینی گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه یا جدا شدن از نشیمن‌گاه را ارائه می‌دهد. این گشتاورها با استفاده از ضرایب نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه استخراج‌شده از آزمون‌ها برای انواع مختلف نشیمن به‌دست می‌آیند. این ضرایب ممکن است بسته به نوع ماده نشیمن، دما و نرخ فشار شیر متفاوت باشد. در حالت عادی، گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه شیر با هم برابر در نظر گرفته می‌شوند. اگرچه، در بعضی از طراحی‌ها- مثل طراحی برون‌محور دوتایی و سه‌تایی- ممکن است هر دو گشتاور مقادیر یا ضرایب جداگانه‌ای داشته باشند. هم‌چنین برای هر جهت جریان نیز این امر صدق می‌کند. گاهی مجموع گشتاور جداشدن از نشیمن‌گاه با عنوان «گشتاور شکست» مشخص می‌شود.

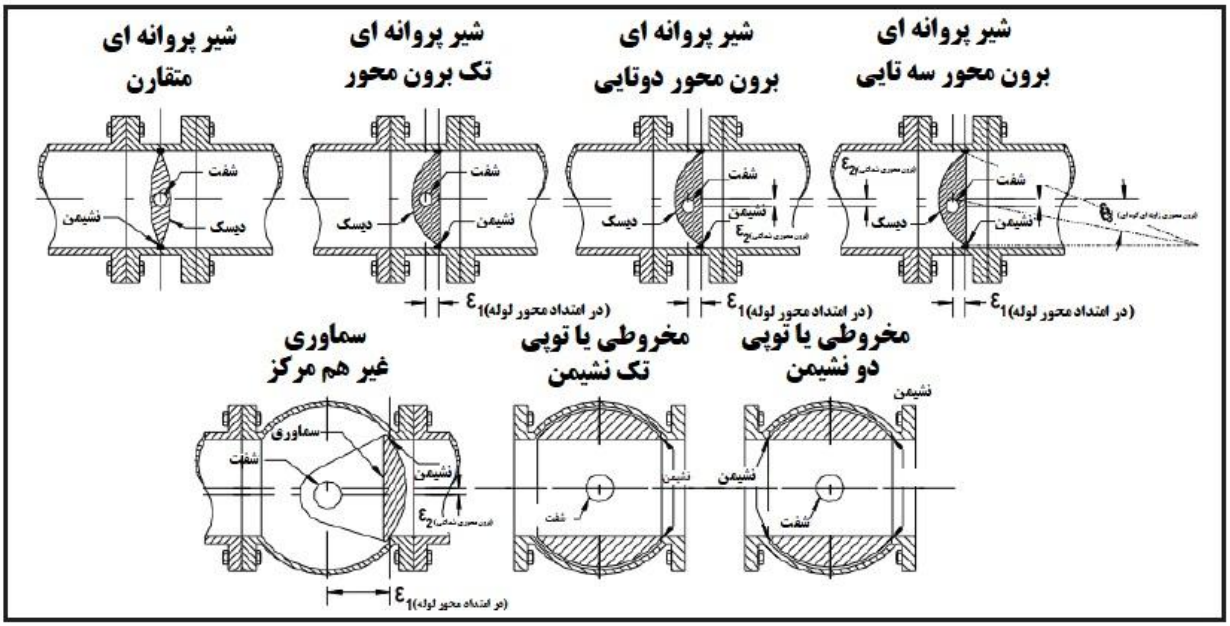
۲۷-۳

هندسه عضو انسداد

closure member geometry

مؤلفه‌ای از جریان است که برای محاسبه گشتاور شیر، شرایط جریان و کاویتاسیون در خلال حرکت شیر (به شکل ۸ مراجعه شود) دارای اهمیت است. به‌عنوان مثال، یک دیسک متقارن شیر پروانه‌ای در حالت عادی تمایل به بسته شدن ناشی از جریان عبوری از دیسک دارد. این مشابه نیروی بالابرنده روی بال‌های هواپیما است. بیش‌تر شیرهای ربع‌گرد در حالت عادی تمایل به بسته شدن در اکثر موقعیت‌های قرارگیری دارند اما ممکن است در بعضی از موقعیت‌های قرارگیری تمایل به باز شدن داشته باشند. این استاندارد از طرح‌های برون‌محور سه‌تایی شیرهای پروانه‌ای در محاسبات استفاده نمی‌کند. چرا که در معادلات گشتاور و جریان دارای اهمیت نمی‌باشد و به‌صورت بخشی از ضریب گشتاور دینامیکی، از آزمون به‌دست می‌آید. ضرایبی که در معادلات به‌کار برده می‌شوند باید به‌صورت خاص و بر مبنای نوع شیر ارزیابی شوند. ابعاد برون‌محوری ε_1 و ε_2 در شکل ۸ نمایش داده شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



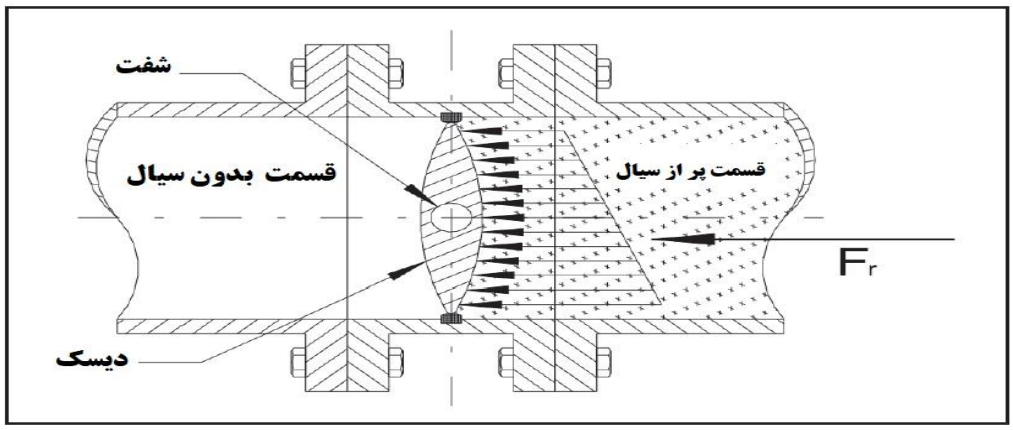
شکل ۸- هندسه طرح‌های پایه عضو انسداد جریان

۲۸-۳

راستای قرارگیری شفت

shaft orientation

هنگامی‌که یک شیر ربع‌گرد در یک لوله افقی نصب شده است، راستای قرارگیری شفت برای محاسبه گشتاور اهمیت دارد. هنگامی‌که شفت شیر در موقعیت افقی درون یک لوله افقی قرار گرفته و یک سمت آن خالی از سیال است، فشار آب بالا و پایین شفت برابر نیست و این حالت منجر به چرخش دیسک شیر می‌شود (به شکل ۹ مراجعه شود). این راستای قرارگیری شفت بر محاسبات گشتاور هیدرواستاتیک و گشتاور مرکز ثقل تأثیر می‌گذارد. برای گشتاور مرکز ثقل، چنان‌چه گشتاور مرکز ثقل به عملیات باز کردن و بستن کمک کند، موقعیت گشتاور مرکز ثقل در حالت کاملاً باز، بالا یا پایین محور شفت تعیین می‌شود.



شکل ۹- شفت شیر افقی نصب‌شده در خط لوله افقی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۲۹-۳

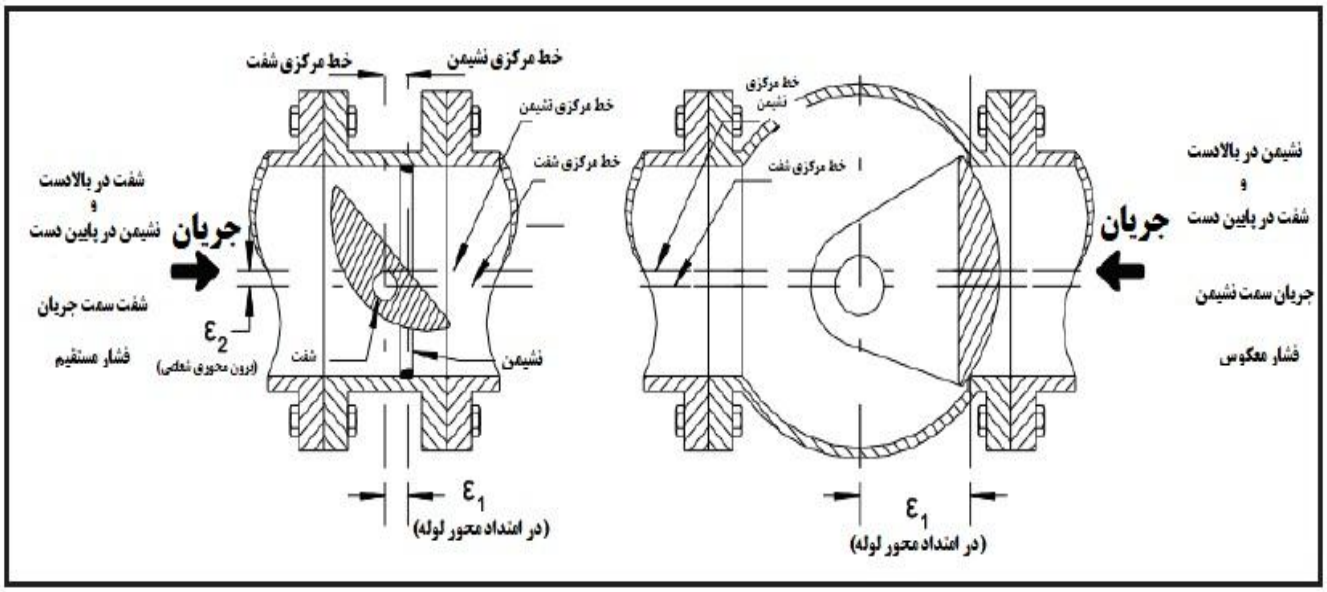
راستای جریان عبوری از شیر

flow direction through the valve

از آن‌جا که بسیاری از شیرهای ربع‌گرد دارای عضو انسداد برون‌محور یا طرح غیر متقارن هستند، راستای قرارگیری شیر نسبت به جهت جریان دارای اهمیت می‌باشد. شیر ممکن است دارای الزامات گشتاور بالاتری در حالت جریان به سمت شفت عضو انسداد و یا سمت‌های دیگر باشد. جهت نصب دیسک، باید توسط سازندگان شیر تعیین شود (به شکل ۱۰ مراجعه شود). در راستای اهداف این استاندارد جهت جریان وقتی‌که نشیمن دیسک در بالادست شفت شیر قرار دارد به جریان سمت نشیمن و زمانی‌که نشیمن در پایین‌دست شفت شیر قرار دارد به جریان سمت شفت منتسب می‌شود.

بسیاری از شیرهای ربع‌گرد دارای ارجحیت جهت جریان نمی‌باشند. اما تعیین اندازه عملگر و آب‌بندی نشیمن ممکن است وابسته به جهت جریان باشد. بعضی از شیرهای تک نشیمن توپی و سماوری ممکن است دارای ارجحیت جهت جریان باشند. شیرهای تک نشیمن توپی و سماوری در قطع و وصل و بررسی عملکرد پمپ استفاده می‌شوند و دارای الزامات جهت نصب می‌باشند و این زمانی است که نشیمن در جایی قرار می‌گیرد که مشابه شیر یک‌طرفه عمل می‌کند (مابین پمپ و شیر) و مانع برگشت جریان در جهت عکس جریان پمپ می‌شود. در این کاربرد، هنگامی‌که پمپ در حال کار است، شیر در حالت باز یا بسته‌شده فشار معکوس را تجربه می‌کند و هنگامی‌که پمپ در حالت خاموش قرار دارد، شیر پمپ را ایزوله کرده و فشار مستقیم را تجربه می‌کند.

چنان‌چه جهت نصب مشخص نباشد یا امکان جریان برگشتی وجود داشته باشد، توصیه می‌شود جریان در هر دو جهت در تجزیه و تحلیل‌ها مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱۰- راستاهای جهت جریان مستقیم سمت نشیمن، برگشتی و سمت شفت

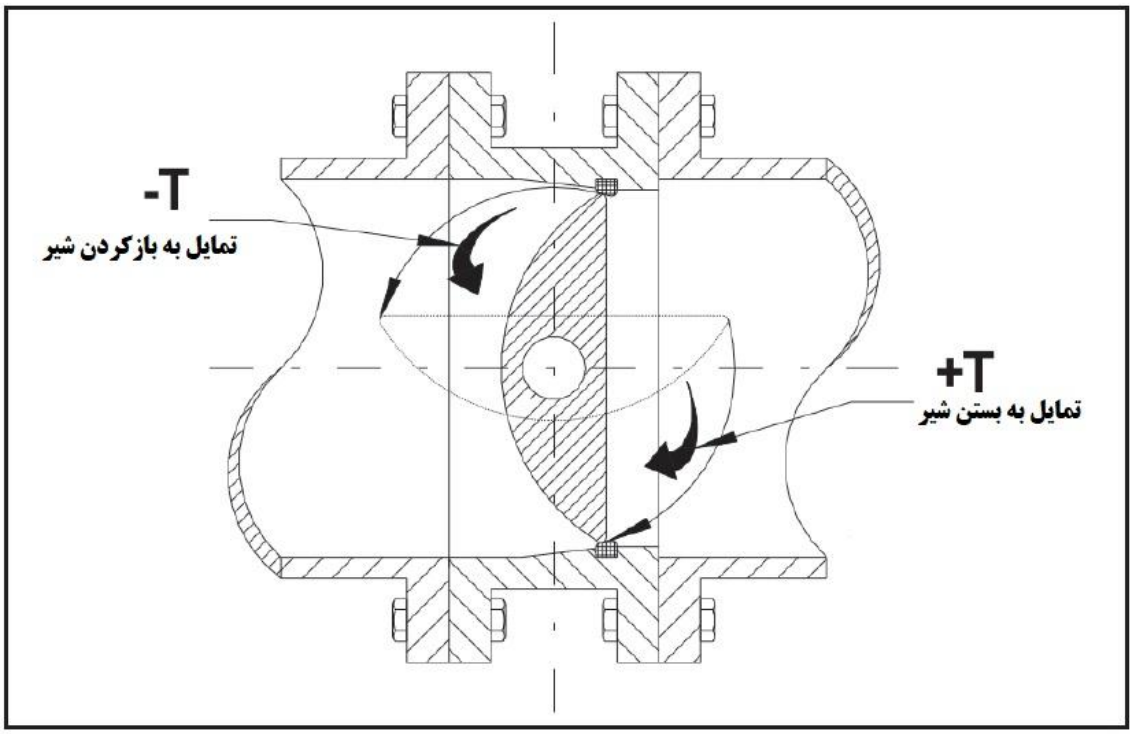
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۳-۳۰

علامت‌های قراردادی گشتاور

torque sign conventions

مؤلفه‌های گشتاور فعال تولیدشده در شیر (T_d، T_h، T_{cg} و T_{ecc}) وقتی که گرایش به بستن شیر دارند، مثبت و وقتی گرایش به باز کردن شیر دارند منفی در نظر گرفته می‌شوند (به شکل ۱۱ مراجعه شود). علائم مؤلفه‌های گشتاور مبتنی بر اصطکاک (گشتاورهای غیر فعال یا منفعل) (T_b، T_s و T_p) همواره مقدار مثبت دارند، زیرا آن‌ها همیشه با حرکت محرک مخالف هستند. بنابراین کل گشتاور محرک مورد نیاز در جهت باز کردن برابر جمع همه مؤلفه‌های گشتاور است، در حالی‌که در جهت بسته شدن مؤلفه‌های گشتاور فعال کم می‌شوند. محافظه‌کارترین رویکرد جمع کردن مقادیر مطلق تمام مؤلفه‌های گشتاور است، اما این عمل ممکن است منجر به پیش‌بینی عملگری بزرگ‌تر از اندازه مورد نیاز شود.



شکل ۱۱- علامت قراردادی گشتاور فعال؛ مقادیر مثبت تمایل به بستن شیر دارند

۳-۳۱

کاویتاسیون

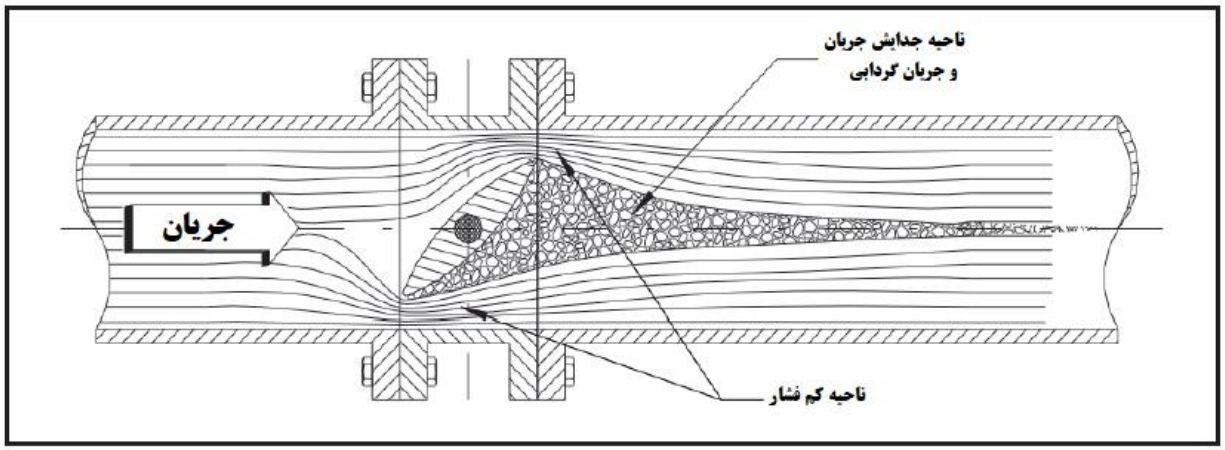
cavitation

تبخیر و سپس چگالش شدید یک سیال است که ناشی از کاهش فشار موضعی در یک سیستم لوله‌کشی ایجاد می‌شود. هنگامی‌که آب از یک شیر ربع‌گرد با بازشدگی جزئی، جریان می‌یابد، ناحیه کم‌فشار موضعی ممکن

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

است بلافاصله در پایین‌دست دیسک شیر به‌دلیل تغییرات ناگهانی در سرعت و جدایی جریان به‌وجود آید. هنگامی‌که فشار در این ناحیه تا زیر فشار بخار مایع کاهش یابد، مایع تبخیر می‌شود و کیسه هوای بخار یا حباب بخار ایجاد می‌کند. همان‌طور که حباب‌ها به سمت پایین دست، جریان پیدا می‌کنند و فشار خط لوله بازیابی می‌شود، حباب‌ها شدیداً دچار فروپاشی شده یا می‌ترکند. فروپاشی حباب در نزدیکی یک مرز، اجزای شیر، اتصالات یا دیواره لوله ممکن است منجر به ایجاد حفره و جدا شدن مواد از سطح شود. اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که فشارهای موضعی ۶۸۹ Mpa (۱۰۰۰۰۰ psi) ناشی از انفجار (فروپاشی) حباب‌ها ایجاد می‌گردد. این انفجارهای (فروپاشی‌های) سریع و زیاد می‌توانند اثرات فراوانی از صدای ترکیدن حباب‌ها (حفره‌ها) گرفته تا لرزش بلند و یا حتی غرش کرکننده‌ای تا ۱۰۰ dB تولید کنند (Tullis 1989). در نهایت، وقتی کاویتاسیون به‌طور کامل توسعه پیدا کند، جریان محدود و دیگر متناسب با ریشه مربع فشار تفاضلی نخواهد بود.

کاویتاسیون می‌تواند در شیر ربع‌گرد بلافاصله در پایین‌دست عضو انسداد، جایی که ناحیه کم‌فشار است رخ دهد. شکل ۱۲ ناحیه کم‌فشار پایین‌دست دیسک شیر پروانه‌ای را نشان می‌دهد. حباب‌های کاویتاسیون می‌توانند در لبه‌های دیسک، پایین‌دست نشیمن بدنه یا پایین‌دست دیواره لوله آغاز شود. حباب‌های کاویتاسیون می‌توانند درست در پایین‌دست شیر یا در فاصله‌ای چند برابر قطر لوله در پایین‌دست وابسته به جایی‌که بازیابی فشار انجام شود، دچار فروپاشی شوند. این فرآیند، صدا و لرزشی مانند حرکت سنگ‌ریزه درون خط لوله تولید می‌کند.



شکل ۱۲- نواحی وقوع کاویتاسیون در پایین‌دست دیسک شیر پروانه‌ای

در بسیاری از کاربردهای ساده شیر انسداد جریان، کاویتاسیون در موقعیت‌های نزدیک به بسته شدن شیر جایی‌که فشار تفاضلی به بالاترین سطح خود در آن نقطه می‌رسد، ایجاد می‌گردد. تحت شرایط عادی استفاده از شیر، از آن‌جایی‌که شیر انسداد جریان برای زمان کوتاهی در موقعیت نزدیک به بسته شدن قرار می‌گیرد، معمولاً آسیب قابل توجهی برای شیر یا خط لوله رخ نمی‌دهد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

هنگامی‌که یک شیر در کاربردهای مدوله کردن جریان یا کنترل فشار، به‌طور مداوم در معرض شرایط کاویتاسیون قرار می‌گیرد، آسیب قابل توجهی می‌تواند برای سطوح فلزی شیر یا لوله‌های پایین‌دست در کوتاه مدت اتفاق بیفتد. بنابراین در کاربردهای مدوله کردن و تنظیم جریان، ارزیابی شرایط کاویتاسیون لازم است.

سه اصطلاح معمولاً برای طبقه‌بندی کاویتاسیون در شیرها مطابق با انجمن بین‌المللی اتوماسیون (ISA-RP75.23-1995 ,1995) استفاده می‌شود:

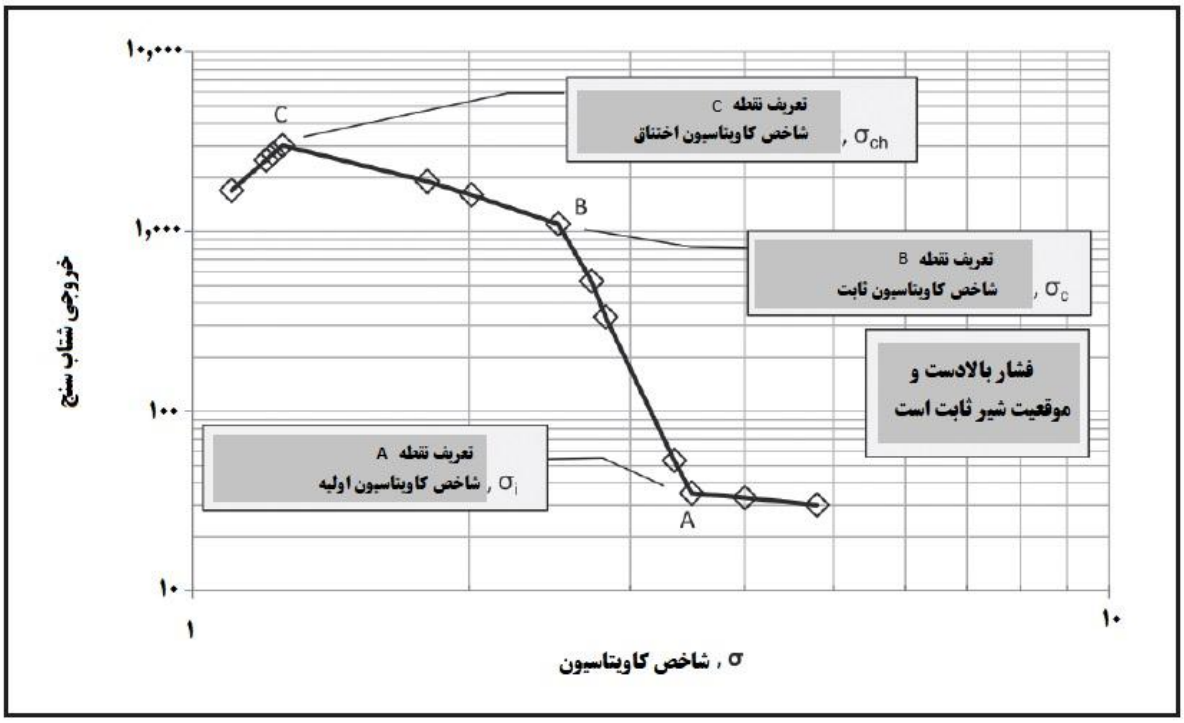
۱- کاویتاسیون اولیه؛

۲- کاویتاسیون ثابت؛

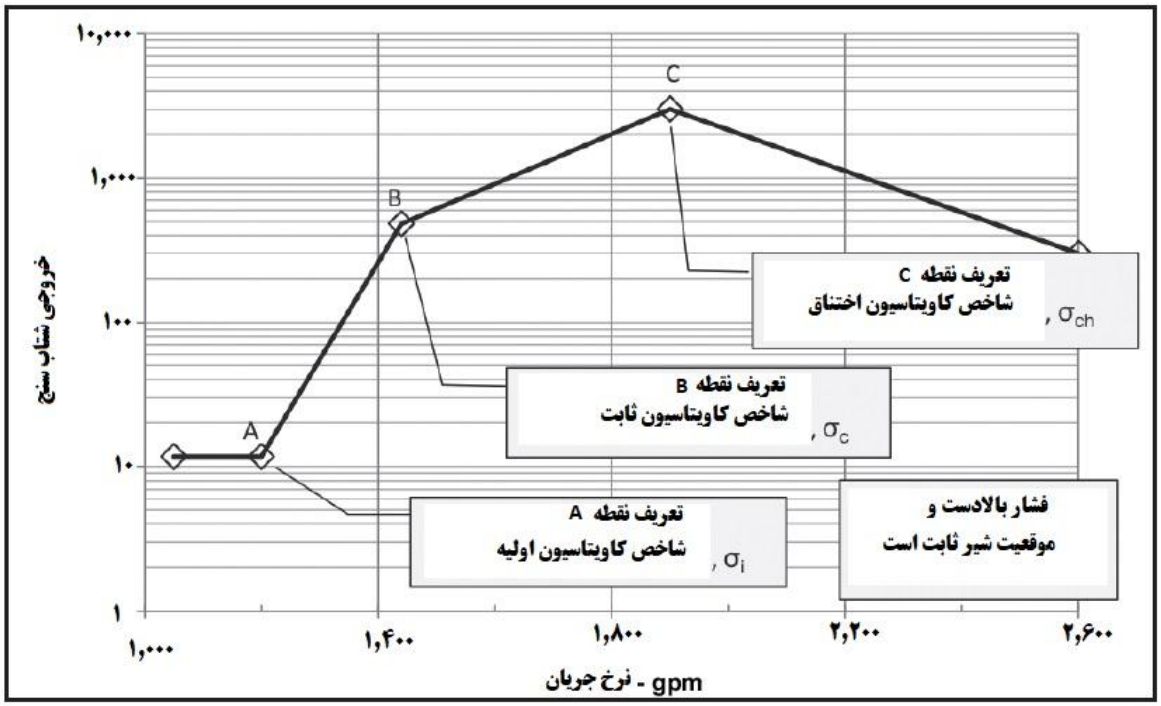
۳- کاویتاسیون اختناق.

شروع کاویتاسیون مداوم، به نام کاویتاسیون اولیه، می‌تواند با یک صدای متناوب ترکیدن در جریان جاری (نقطه A در شکل‌های ۱۳ و ۱۴) آشکار شود. کاویتاسیون اولیه معمولاً سبب آسیب و سر و صدای زیادی نمی‌شود. اگر دیفرانسیل فشار (تغییرات فشار) افزایش یابد، شرایط جریان به سطح کاویتاسیون ثابت می‌رسد و این حالت می‌تواند با صدای ترکیدن (فروپاشی) مداوم که مشابه صدای جاری شدن شن و سنگ‌ریزه درون لوله یا سرخ کردن گوشت است نمایان شود (نقطه B در شکل ۱۴). جریان پیوسته و مداوم بالاتر از سطح کاویتاسیون ثابت، اغلب همراه با سر و صدا و آسیب به شیر یا لوله‌کشی است. در نهایت، سطح کاویتاسیون اختناق (نقطه C در شکل‌های ۱۳ و ۱۴) زمانی رخ می‌دهد که حداکثر جریان ممکن از شیر در فشار بالادست معلوم عبور می‌کند. حباب‌های بخار ممکن است در مسیر طولانی کشیده شوند که باعث ایجاد صدمه به سمت پایین‌دست شیر می‌شود. کاویتاسیون اختناق ممکن است موجب کاهش صدای اضافه (نوفه) شوند ولی این تغییر معمولاً بعد از بالاترین سطح سر و صدا و ارتعاش پیش می‌آید. شیرهایی که در سطح کاویتاسیون اختناق عمل می‌کنند، معمولاً انفجارهای جزئی جریان را با سرعت بالا و گشتاور کاری بالقوه بالا متحمل می‌شوند. توصیه می‌شود شرایطی که باعث خفگی می‌شود را با سازنده شیر مورد بررسی قرار داد. برای دریافت یک تصویر کلی وقتی‌که کاویتاسیون و اختناق در یک سیستم در حال کار رخ می‌دهد، به شکل ۱۵ مراجعه شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۱۳- سطوح شاخص کاویتاسیون نوعی و خوانش‌های شتاب (Tullis, 1989 p.135)



شکل ۱۴- خوانش‌های شتاب و نرخ جریان

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۴ افت هد شیر و مدل سیستم مقاومت معادل

۴-۱ کلیات

یک شیر ربع‌گرد مانند هر محدودیتی در خط لوله، یک منشاء از افت هد است. هنگامی‌که شیر ربع‌گرد بسته می‌شود، افت هد تا زمانی‌که همه تغییر هد سیستم در امتداد شیر در موقعیت بسته ایجاد شود، افزایش می‌یابد. افت هد در امتداد یک شیر ربع‌گرد کاملاً باز یا تنظیم‌کننده جریان دارای اهمیت است چرا که افت هد هزینه‌های انرژی را در سیستم‌های پمپاژ افزایش می‌دهد. در کاربردهای کنترلی، افت هد شیر برای تعیین موقعیت‌های کاری (درصد گشودگی)، حساسیت کنترلی و پتانسیل کاویتاسیون اهمیت دارد.

افت هد یا افت فشار در شیر ربع‌گرد می‌تواند با استفاده از بسیاری از انواع ضرایب جریان محاسبه شود. دو ضریب معمول مورد استفاده در این بند مورد بحث قرار گرفته و یک روش ساده برای پیش‌بینی افت هد و نرخ جریان شیر ربع‌گرد در خلال عملکرد شیر و در موقعیت میانی کورس ارائه شده است.

۴-۲ بحث در مورد افت هد، اختناق و کاویتاسیون

بیش‌تر تحلیل‌های در ارتباط با صنعت آب می‌تواند بدون توجه به محدودیت‌های اختناق انجام شود. ملاحظات اختناق، محاسبات اضافی و دشواری به روش حل اضافه می‌کند ولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اکثر محاسبات افت هد، جریان یا گشتاور در دامنه کاربرد این استاندارد نمی‌گذارد. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد محاسبات اختناق به استانداردهای ANSI/ISA S75.02.01-2008, ANSI/ISA S75.01.01-2012 و Hutchinson (1976) مراجعه شود.

محاسبات نرخ جریان (یا سرعت سیال)، افت هد شیر (یا افت فشار)، گشتاور دینامیکی و گشتاور اصطکاک یاتاقان دربرگیرنده اثر اختناق شیر نیستند. برای ارزیابی اختناق ضرایب دیگری (F_L, F_L^2 یا K_M) مورد نیاز هستند. معمولاً در محدوده مورد بحث این استاندارد وقوع اختناق کامل در شیر، جایی‌که بیش‌ترین نرخ جریان برقرار است در نظر گرفته نمی‌شود. اگر اختناق رخ دهد، محاسبات اضافی برای تعیین این‌که چه موقع معادلات افت هد، جریان، و معادلات گشتاور کلاسیک دیگر مناسب نیستند، نیاز است و توصیه می‌شود از معادلات جریان اختناقی استفاده شود. برای اضافه‌کردن اثر اختناق به محاسبات، عوامل بازیابی فشار مایع عبوری از شیر بدون اتصالات وابسته (F_L^2) لازم است، و مقاومت سیستم از روی قسمت بالادست شیر و هم‌چنین مقاومت معادل کل سیستم باید تعیین شود. برای به‌دست آوردن اطلاعات بیش‌تر در مورد اختناق و ضرایب بازیابی فشار مایع به استاندارد ANSI/ISA S75.02.01-2008 مراجعه شود. تحلیل‌های شامل ارزیابی‌های جریان اختناقی معمولاً بنابر دلایل زیر انجام نمی‌شوند:

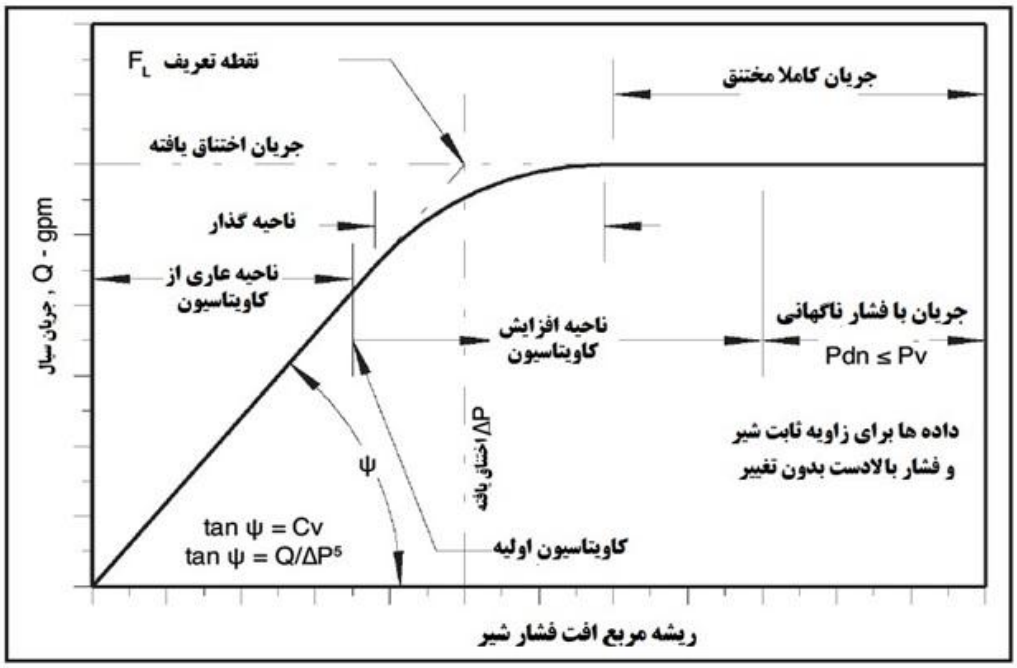
- این محاسبات پیچیدگی قابل توجهی را به روش تحلیل اضافه می‌کند؛
- دانش عمیق عملیاتی برای انجام مؤثر محاسبات به راحتی موجود نیست؛

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- محاسبات گشتاور بر اساس افت هد و جریان کلاسیک عموماً برای اکثر کاربردها قابل قبول است.

هنگام اختناق، نرخ جریان به بیش‌ترین حد می‌رسد (متناظر با خط فشار بالادست شیر) و گشتاور دینامیکی با بالاتر رفتن هد یا تغییرات فشار افزایش نمی‌یابد (چون نرخ جریان افزایش نمی‌یابد). گشتاور اصطکاک یاتاقان با افزایش فشار نسبی افزایش نمی‌یابد، و روش محاسبه فشار نسبی در شیر به بیش‌ترین اختلاف فشار در حالت شیر بسته‌شده منهای اتلاف سیستم در نرخ جریان اختناقی، تغییر می‌کند. تحلیل‌های کاویتاسیون در این استاندارد می‌تواند برای نشان دادن این‌که آیا اختناق یک نگرانی است یا خیر، استفاده شود، اختناق در حقیقت با وقوع شدید پدیده کاویتاسیون معمولاً در نتیجه افت فشار تا فشار بخار در پایین‌دست شیر ایجاد می‌شود.

شکل ۱۵، نتایج معمول چگونگی به وقوع پیوستن کاویتاسیون و اختناق در یک شیر ربع‌گرد را نشان می‌دهد. از یک دیدگاه محاسباتی، جریان و فشار تفاضلی شیر تا نقطه F_L به‌صورت جریان کلاسیک عمل می‌کنند و بعد از آن در فشارهای نسبی بالاتر شیر، نرخ جریان ثابت باقی می‌ماند. یک خطای کوچک محاسباتی در منطقه گذار جایی که نتایج واقعی آزمون خطی نیستند در شکل ۱۵، وجود دارد. مانند ضرایب گشتاور و جریان، مقادیر F_L با طراحی و موقعیت تغییر می‌کند. در فشار اختناق بالای بحرانی یا کاربردهای کنترل جریان، برای اطمینان از شیوه‌های طراحی خوب ممکن است در نظر گرفتن کاویتاسیون و اختناق جریان برای انجام محاسبات جریان ضروری باشد.



شکل ۱۵- تشریح تصویری جریان، اختلاف فشار، کاویتاسیون و اختناق در شیرهای ربع‌گرد معمول

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۳-۴ محاسبات افت هد

با در اختیار داشتن ضریب جریان K (یا K_v برای K یک شیر) برای یک شیر یا اتصال، افت هد می‌تواند با رابطه زیر محاسبه شود (Crane 2009):

$$\Delta H = \frac{K \times V^2}{2 \times g} \qquad (۴)$$

اگر ضریب جریان به‌صورت C_v بیان شود، می‌توان آن را به‌وسیله رابطه زیر با K برابر گرفت:

$$K = \frac{891 \times D^4}{C_v^2} \qquad (۵) \quad \text{(بر حسب واحدهای غیر متریک)}$$

اگر ضریب جریان به صورت C_{vm} بیان شود، می‌توان آن را به‌وسیله رابطه زیر با K برابر گرفت:

$$K = \frac{8.52 \times (D \times U_{C1})^4}{C_{vm}^2} \qquad (۶) \quad \text{(بر حسب واحدهای متریک)}$$

هم‌چنین اگر جریان با واحد گالن بر دقیقه بیان شود، سرعت سیال را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$V = \frac{0.4085 \times Q}{D_{PIPEID}^2} \qquad (۷) \quad \text{(بر حسب واحدهای غیر متریک)}$$

اگر جریان با واحد متر مکعب بر ساعت بیان شود، سرعت سیال را می‌توان با رابطه زیر به‌دست آورد:

$$V = \frac{353.7 \times Q}{D_{PIPEID}^2} \qquad (۸) \quad \text{(بر حسب واحدهای متریک)}$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_v	ضریب جریان شیر. جریان آب عبوری از شیر در ۱۶ °C (۶۰ °F) در سیستم آمریکایی بر حسب گالن بر دقیقه در افت فشار ۱ psi. ضریب جریان متریک، K_v، آب به‌عنوان جریان آب عبوری از شیر با دمای متغیر از ۵ °C تا ۳۰ °C بر حسب مترمکعب بر ساعت (m^3/h) همراه با افت فشار ۱ bar (۱ bar = ۱۰۰ kPa). در جهت اهداف این استاندارد، نسخه واحد متریک C_v به سیله نماد متغیر C_{vm} شناخته خواهد شد.	غیر متریک ($gpm / psi^{1/2}$)
C_{vm}	مقدار معادل متریک برای C_v (در متون دیگر با K_v عنوان شده است.)	$m^3/hr/bar^{1/2}$ $m^3/hr/(100\ kPa)^{1/2}$ (در استاندارد غیر متریک مرسوم نیست)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
D	قطر اسمی شیر	mm (in)
D_{PIPEID}	قطر داخلی لوله	mm (in)
g	ثابت گرانش شتاب ناشی از جاذبه $9{,}81\ m/s^2$ ($32{,}2\ ft/s^2$)	m/s^2 (ft/s^2)
K	ضریب مقاومت جریان هر جزء یا اتصال	بدون بعد
Q	نرخ حجمی جریان	m^3/hr (gpm)
U_{C1}	ضریب تبدیل واحدها: واحدهای مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب in-lb: U_{C1} = ۱ in/in واحدهای مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب ft-lb: ۱٪ (۰٫۰۸۳۳) ft/in = U_{C1} واحد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: $U_{C1} = ۱ \times ۱۰^{-۳}$ (۰٫۰۰۱) m/mm	ft/in m/mm (in/in)
V	سرعت جریان سیال	متر بر ثانیه، m/s (فوت بر ثانیه، ft/s)
ΔH	افت هد بین دو نقطه مرجع در یک سیستم	متر از آب (فوت از آب)

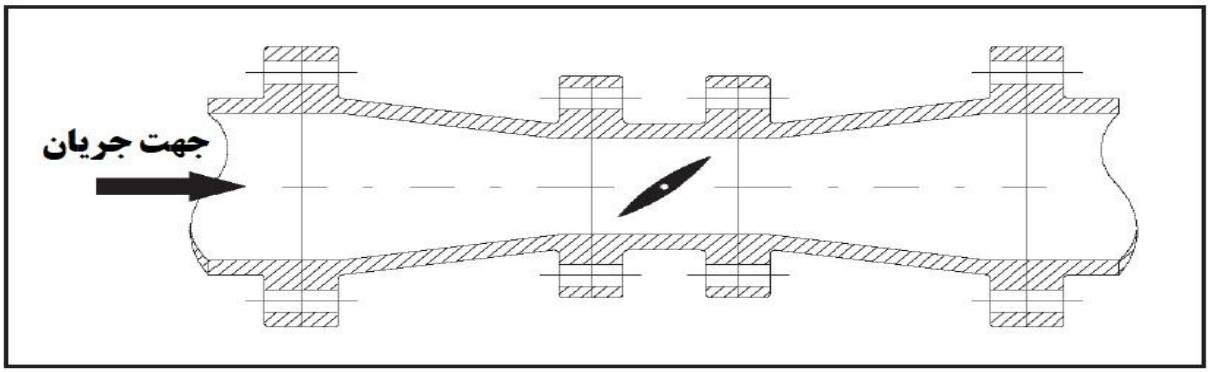
یادآوری – در واحدهای متریک C_v اغلب به عنوان K_v شناخته می‌شود. اگرچه، K_v در این استاندارد استفاده نشده است چون به راحتی با ضریب مقاومت K، اشتباه گرفته می‌شود. وقتی ضریب مقاومت K، ضریب مقاومت شیر باشد، آن را با زیروند «v» برای نمایش K_v نشان می‌دهند.

انواع دیگری از معادلات جریان در منابع ذکر شده در کتاب‌نامه ارائه شده است.

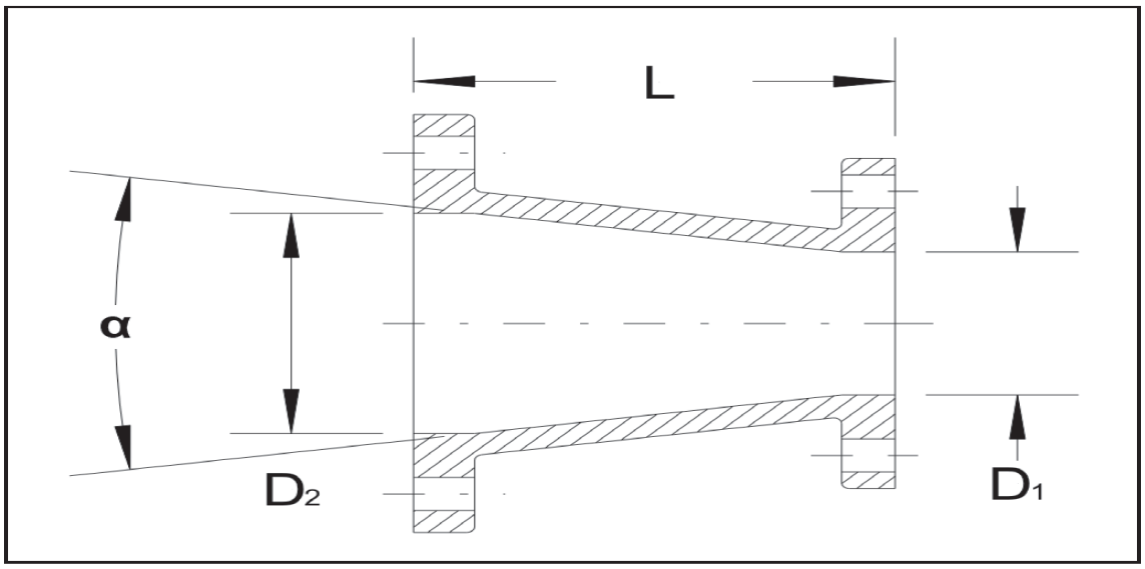
۴-۴ نصب اتصال کاهنده

استفاده از شیر ربع‌گرد کوچک‌تر از اندازه خط برای کاربردهای کنترل فشار و جریان رایج است. بنابراین در این حالت خطوط شامل اتصال کاهنده در هر دو سمت شیر خواهد بود (به شکل ۱۶ مراجعه شود). نام‌گذاری و هندسه اتصال کاهنده در شکل ۱۷ نمایش داده شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۱۶- نصب شیر پروانه‌ای با اندازه کوچک‌تر از خط آبراهه



شکل ۱۷- هندسه کاهنده

ضریب مقاومت جریان (K) اجزایی که به‌صورت سری در خط لوله قرار دارند، به‌صورت مستقیم با هم جمع می‌شوند اما باید در یک قطر مشخص ثابت باشند. هنگامی‌که تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس قطر شیر (قطر کوچک‌تر) انجام می‌گیرد، توصیه می‌شود مقاومت جریان اتصال کاهنده و افزاینده به‌صورت K_1 یا بر مبنای قطر شیر (D یا D_1) ارزیابی گردد. در این روش، این مقادیر مقاومت می‌توانند به مقدار مقاومت جریان شیر (K_v) اضافه شوند و به صورت یک پیکره واحد در تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از قطر شیر جهت تبدیل نرخ جریان به سرعت استفاده شوند. چنان‌چه تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس قطر بزرگ‌تر خط جریان برای تبدیل نرخ جریان به سرعت انجام گیرد، K_1 اتصال کاهنده، K_1 اتصال افزاینده و K_{Vd1} شیر بهتر است بر β_r^4 تقسیم شده و جمع شوند و یا با هم جمع شده و مجموع آن‌ها بر β_r^4 تقسیم شود تا معادل K_2 حاصل شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ضریب مقاومت K_1، برای اتصال کاهنده نصب شده در بالادست می‌تواند با استفاده از رابطه زیر از Crane (2009) محاسبه شود:

$$\alpha = A\,rctan\left(\frac{D_2 - D_1}{2 \times L}\right) \quad (۹)$$

$$K_1 = 0.8 \times \left(Sin\frac{\alpha}{2}\right) \times \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right] \quad (۱۰)$$

ضریب مقاومت K_1، برای اتصال کاهنده (افزاینده) نصب‌شده در پایین‌دست می‌تواند با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود:

$$K_1 = 2.6 \times \left(Sin\frac{\alpha}{2}\right) \times \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2 \quad (۱۱)$$

بر مبنای قطر خط لوله، K_2 و K_{vd2} به‌صورت زیر به‌دست می‌آیند:

$$\beta_r = \frac{D_1}{D_2} \quad (۱۲)$$

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta_r^4} \quad (۱۳)$$

$$K_{Vd2} = \frac{K_{Vd1}}{\beta_r^4} \quad (۱۴)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیرمتریک)
D_1	قطر اتصال کاهنده جهت کاهش قطر خط جریان (انتهای کوچک‌تر)	mm (in)
D_2	قطر اتصال کاهنده جهت افزایش قطر خط جریان (انتهای بزرگ‌تر)	mm (in)
K_1	ضریب مقاومت اتصال کاهنده بر مبنای قطر کوچک‌تر اتصال کاهنده (انتهای کوچک‌تر)	بدون بعد
K_2	ضریب مقاومت اتصال کاهنده بر مبنای قطر بزرگ‌تر اتصال کاهنده (انتهای بزرگ‌تر)	بدون بعد
K_{vd1}	ضریب مقاومت شیر بر مبنای قطر مرجع D_1 (عموما قطر نامی D)	بدون بعد
K_{vd2}	ضریب مقاومت شیر بر مبنای قطر D_2	بدون بعد
L	طول قسمت شیپوری مانند اتصال کاهنده	mm (in)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیرمتریک)
α	زاویه اتصال کاهنده (افزاینده) برای زوایای $\geq 45°$ ($\pi/4$ رادیان)	رادیان (درجه)
β_r	نسبت بتا برای محاسبات ضریب جریان اتصال کاهنده: نسبت قطر اتصال کاهنده (افزاینده)	بدون بعد

۱-۴-۴ مثالی برای محاسبات ضرایب جریان همراه با نصب اتصال کاهنده

داده های ورودی شیر و اتصال کاهنده مطابق با جدول‌های ۱ و ۲ در اختیار است. بر این اساس ضرایب جریان برای اتصال کاهنده، شیر و اتصال افزاینده به‌عنوان یک مجموعه، محاسبه می‌شوند:

جدول ۱- محاسبات اتصالات کاهنده و افزاینده

ورودی	ورودی	ورودی	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده
اندازه شیر D, D_1 (in)	اندازه لوله (in)	طول اتصال (in)	زاویه کاهنده α (رادیان) معادله ۹	نسبت بتا (D_1/D_2) β_r معادله ۱۲	K_1 اتصال کاهنده برمبنای قطر شیر معادله ۱۰	K_1 اتصال افزاینده برمبنای قطر شیر معادله ۱۱	K_2 اتصال کاهنده برمبنای قطر لوله معادله ۱۳	K_2 اتصال افزاینده برمبنای قطر لوله معادله ۱۳
۲۴	۳۶	۳۶	۰٫۳۳۰	۰٫۶۶۷	۰٫۰۷	۰٫۱۳	۰٫۳۷	۰٫۶۷

جدول ۲- ضرایب جریان اتصالات کاهنده و افزاینده

ورودی	ورودی	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده
زاویه شیر θ (درجه)	$K_{V\theta}$[a]	شیر $C_{V\theta}$[a] gpm/psi$^{1/2}$	مقاومت جریان مجموعه اتصال کاهنده محاسبه‌شده "$K_{RA1\theta}$" بر مبنای قطر شیر	مقاومت جریان مجموعه اتصال کاهنده محاسبه‌شده "$K_{RA2\theta}$" بر مبنای قطر لوله	ضریب جریان مجموعه اتصال کاهنده محاسبه‌شده "$C_{Vassy\theta}$" gpm/psi$^{1/2}$ معادله ۵
۹۰	۰٫۳۰	۳۱.۳۹۱	۰٫۵۰	۲٫۵۶	۲۴.۱۹۵
۸۰	۰٫۴۰	۲۷.۱۸۵	۰٫۶۰	۳٫۰۶	۲۲.۱۰۵
۷۰	۱٫۱۰	۱۶.۳۹۳	۱٫۳۰	۶٫۶۱	۱۵.۰۵۱
۶۰	۳٫۱۰	۹.۷۶۵	۳٫۳۰	۱۶٫۷۳	۹.۴۵۸
۵۰	۸٫۳۰	۵.۹۶۸	۸٫۵۰	۴۳٫۰۶	۵.۸۹۶
۴۰	۲۴٫۸۰	۳.۴۵۳	۲۵٫۰۰	۱۲۶٫۵۹	۳.۴۳۸
۳۰	۸۳٫۳۰	۱.۸۸۴	۸۳٫۵۰	۴۲۲٫۷۴	۱.۸۸۲
۲۰	۳۳۳٫۳۰	۹۴۲	۳۳۳٫۵۰	۱.۶۸۸٫۳۷	۹۴۱
۱۰	۳.۰۰۰٫۰۰	۳۱۴	۳.۰۰۰٫۲۰	۱۵.۱۸۸٫۵۴	۳۱۴

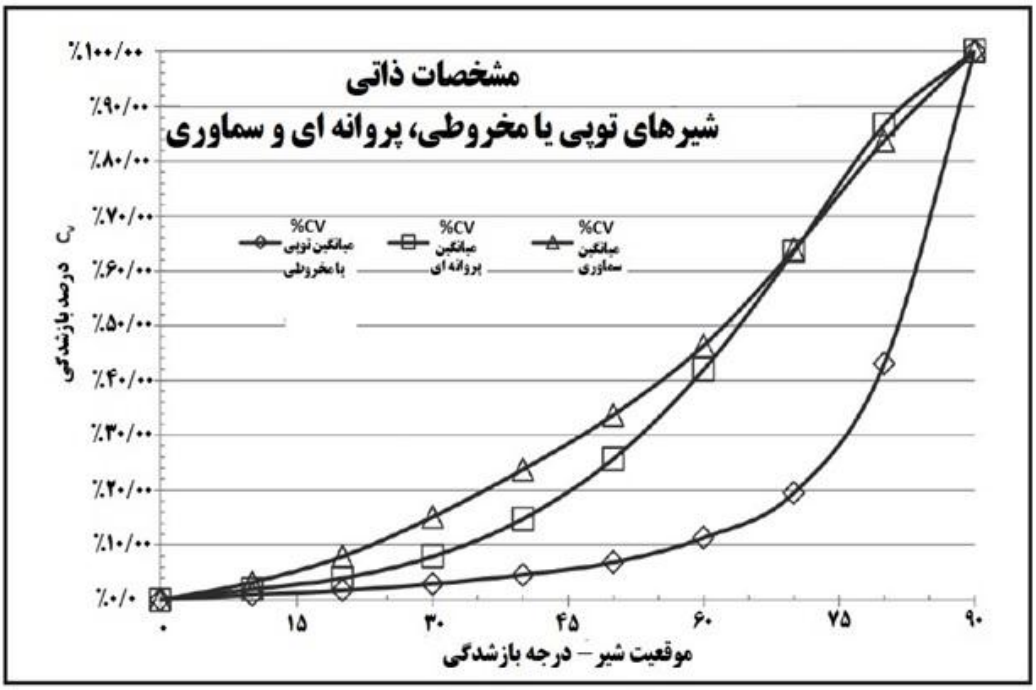
[a] داده‌های شیر تنها برای این مثال خاص به کار برده شده‌اند و هیچ ارتباطی با شیر واقعی ندارند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۵-۴ مشخصات جریان ذاتی و نصبی شیر کنترلی

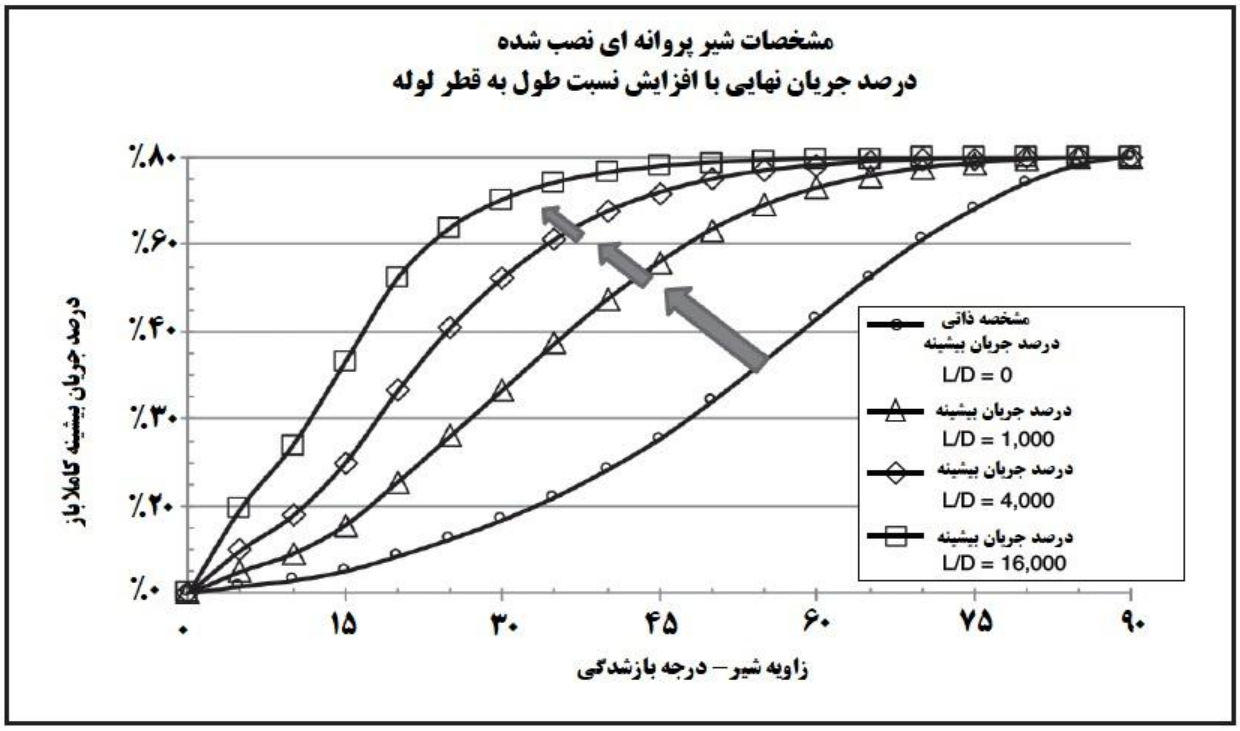
مشخصات جریان شیر کنترلی، درصد بیشینه جریان عبوری از شیر است که نسبت به موقعیت حرکتی شیر ترسیم می‌شود. در مورد شیرهای ربع‌گرد، موقعیت مکانی ممکن است درصد حرکت یا درصد بازشدگی باشد. مشخصه ذاتی در شرایطی است که شیر به تنهایی بررسی می‌شود و به صورت درصد کاملاً باز C_v نسبت به موقعیت حرکت همانند شکل ۱۸ ترسیم می‌شود. زمانی‌که شیر در یک سیستم نصب می‌شود، مقاومت جریان سیستم بر مقاومت جریان شیر تأثیر می‌گذارد و مشخصه نصبی به‌صورت ترکیبی از مقاومت شیر و سیستم مطابق با شکل ۱۹ به‌دست می‌آید.

خطوط منحنی شکل ۱۹ چگونگی تأثیرگذاری شیر و سیستم بر یکدیگر را نشان می‌دهد و این‌که چگونه با افزایش طول، مقاومت افزایش می‌یابد. طول سیستم به‌صورت تعداد قطر لوله (L/D) نمایش داده می‌شود. به گونه‌ای که در این شکل نمایش داده شده است، منحنی مشخصه نصبی با افزایش مقاومت سیستم به سمت بالا و چپ متمایل می‌شود. چنان‌چه یک شیر در سیستم به تنهایی نصب شود و بدون لوله‌گذاری و یا با لوله‌گذاری بسیار کم باشد، شیر کنترل کاملی روی جریان دارد و فشار تفاضلی در امتداد شیر اساساً در تمام زوایا ثابت است. با افزایش مقاومت سیستم، قابلیت شیر جهت کنترل جریان در زوایای کوچک‌تر شیر، کاهش می‌یابد و فشار تفاضلی در امتداد شیر زمانی‌که شیر باز است کاهش می‌یابد.



شکل ۱۸- مشخصات ذاتی معمول شیر

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

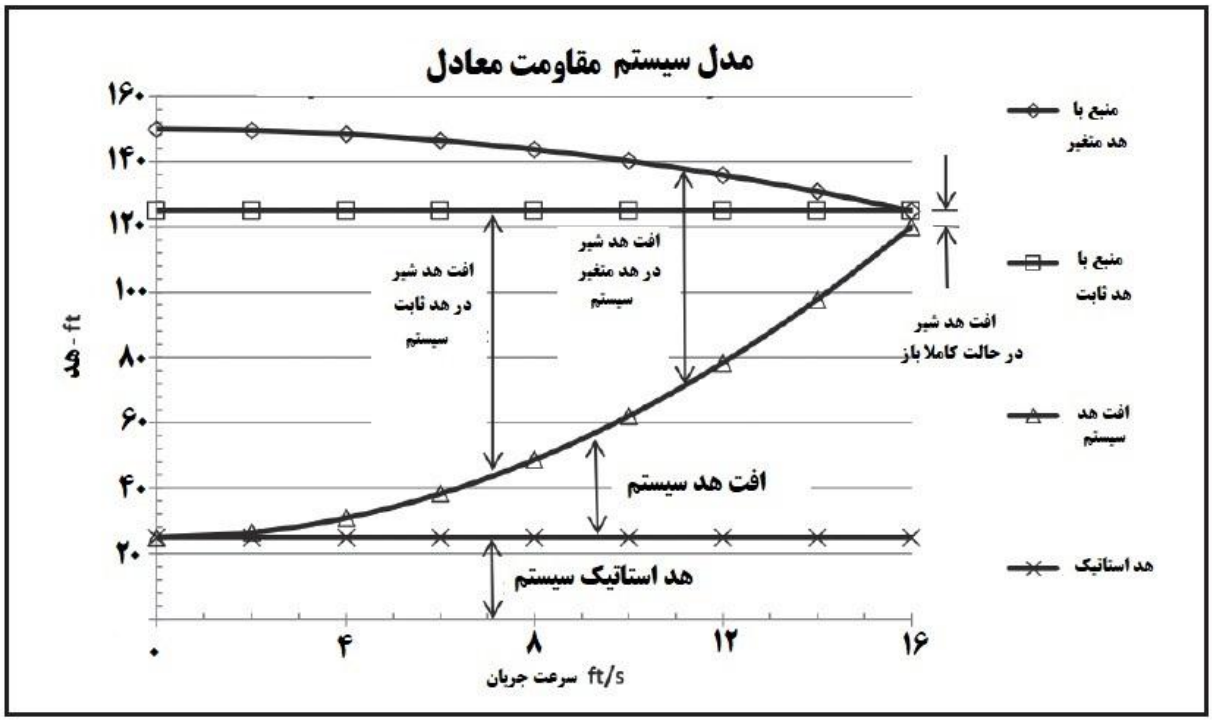


شکل ۱۹- مشخصات نصبی شیر

۶-۴ مدل سیستم مقاومت معادل

از تشریح مشخصات نصبی توصیف‌شده در بخش قبل این نتیجه حاصل می‌شود که، مقاومت سیستم به فشار تفاضلی و نرخ جریان شیر در یک موقعیت مشخص شیر تأثیر می‌گذارد. جهت فهم چگونگی کنترل جریان و افت فشار توسط شیر و تعیین گشتاور عملکردی شیر، مشخصه نصبی سیستم باید محاسبه شود. این مدل بر اساس داشتن بیشینه انرژی پتانسیل سیستم (فشار) و بیشینه انرژی جنبشی سیستم (جریان) است. بیشینه انرژی پتانسیل سیستم، هد یا فشار تفضلی در امتداد شیر است زمانی‌که شیر بسته است و نرخ جریان یا سرعت صفر است. بیشینه انرژی جنبشی می‌تواند به عنوان بیشینه نرخ جریان یا سرعت خط، زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد، تعریف شود. با در اختیار داشتن این دو ورودی، مقاومت معادل سیستم (K_{sys}) می‌تواند تعیین شود. این مدل به‌صورت تصویری در شکل ۲۰ نمایش داده شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۲۰- مدل سیستم مقاومت معادل

در این مدل فرض می‌شود که در خلال باز کردن یا بستن شیر، مابقی سیستم هیچ‌گونه تغییری ندارد و تنها مقاومت متغیر مربوط به شیر مورد تجزیه و تحلیل است. اکثر سیستم‌ها دارای چندین تابع و شرایط عملکردی هستند. از قبیل راه‌اندازی، از کار انداختن، شرایط یا سناریوهای عملکردی چندگانه عادی و توابع اضطراری. عموماً، بالاترین هد یا فشار تفاضلی و بزرگ‌ترین سرعت یا نرخ جریان حتی اگر واقع نشوند در نظر گرفته می‌شود. این یک فرض محافظه‌کارانه برای تعیین اندازه عملگر است. در مقابل، هر مورد عملکردی می‌تواند به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل شود.

موقعیت شیر در سیستم برای تعیین اندازه عملگر و محاسبات افت هد شیر مورد نیاز نیست. هر چند که برای تجزیه و تحلیل خفگی (اختناق) و کاویتاسیون تعیین فشار استاتیک درست در بالادست شیر لازم است. برای تجزیه و تحلیل‌های دقیق شرایط اختناق و کاویتاسیون، فشار بالادست و/یا پایین‌دست شیر و هم‌چنین فشار تفاضلی مورد نیاز است. برای تجزیه و تحلیل‌های اختناق وکاویتاسیون، مقاومت معادل سیستم باید به دو مؤلفه بالادست و پایین‌دست تقسیم شود و فشار استاتیک بالادست (یا پایین‌دست) و هم‌چنین فشار تفاضلی در حالت بسته مورد نیاز است. به‌صورت محافظه‌کارانه می‌توان فرض کرد که شیر در نزدیکی انتهای سیستم قرار گرفته است و تمامی یا اکثر تلفات سیستم در بالادست شیر رخ می‌دهد به گونه‌ای که فشار پایین‌دست شیر ۰ kPa (۰ psig) است. این بدترین حالت مورد تجزیه و تحلیل است. اما نتایج معمولاً مورد قبول نمی‌باشند چرا که کاویتاسیون اغلب همیشه پیش‌بینی می‌شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

برای محاسبات تعیین اندازه شیر کنترلی تک نقطه‌ای، فشار بالادست با نرخ جریان کنترل‌شده، فشار پایین دست یا فشار تفاضلی و دمای آب جهت پیش‌بینی موقعیت شیر، خفگی و شاخص کاویتاسیون عملکردی مورد نیاز است. با در اختیار داشتن سه یا تعداد بیش‌تر از مجموعه داده‌های شرایط جریان کنترل شده (فشارها، جریان و دما) برای دامنه وسیعی از فرآیند می‌توان «شرایط بدون خطا» را محاسبه نمود و عملکرد یا استفاده از این حالت بدون خطای فرآیندی ارزیابی شود.

۴-۶-۱ روش منبع هد ثابت

یک مثال از منبع آب ذخیره با هد ثابت، جریان آب از یک منبع در ارتفاع برای تأمین آب مناطق مسکونی است. اگرچه سطح آب در مخزن ذخیره در خلال روز تغییر می‌کند، در هر زمان مشخص هد تأمین (که برابر با تراز سطح آب موجود در مخزن است) صرف‌نظر از دبی جریان ثابت است. مجموع تمامی تلفات در یک سیستم جریان بدون در نظر گرفتن شیر در هر لحظه برابر است با ΔH_{sys}. محاسبه گشتاور عملکردی برای یک شیر ربع‌گرد به تنهایی در یک سیستم انجام می‌شود. به‌گونه‌ای که فرض می‌شود سایر ضرایب تلفات متغیر، از قبیل تلفات شیرهای دیگر در خلال حرکت شیر تغییری در سیستم ایجاد نمی‌کنند. بنابراین، ضریب افت هد سرعت همه اجزاء به غیر از شیر می‌توانند به‌صورت ثابت و برابر K_{SYS} در نظر گرفته شوند. زمانی‌که محاسبات افت هد (فشار تفاضلی)، نرخ جریان (یا سرعت خط) و گشتاور عملکردی شیر ربع‌گرد انجام می‌شود، سیستم به‌صورت دو جزء، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

۱- شیر؛

۲- سیستم لوله‌کشی.

در یک سیستم با منبع هد ثابت، ΔH_{sys} در تمامی شرایط جریان می‌تواند ثابت در نظر گرفته شود. وقتی که شیر در سیستم در حالت بسته قرار دارد، بیشینه فشار تفاضلی در امتداد شیر (ΔH_{max}) برابر است با بیشینه تغییرات در کل سیستم (ΔH_{sys}).

سیستم بر مبنای بیشینه هد یا فشار تفاضلی در حالت بسته و بیشینه دبی جریان یا سرعت مدل‌سازی می‌گردد.

یادآوری ۱- این مقادیر براساس استانداردهای ANSI/AWWA C504-15، ANSI/AWWA C516-14 و AWWA C517-09 مورد نیاز هستند.

مراحل و معادلات زیر به‌منظور ایجاد افت هد و فشارها و نرخ‌های جریان در وضعیت‌های مختلف شیر با استفاده از مقاومت معادل مدل سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱- محاسبه K_{sys} با استفاده از K_v برای یک شیر ربع‌گرد کاملا باز:

$$K_{sys} = \frac{2 \times g \times \Delta H_{max}}{V_{max}^{2}} - K_{V90} \qquad (۱۵)$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیرمتریک)
G	ثابت گرانش شتاب ناشی از جاذبه ۹٫۸۱ m/s^2 (۳۲٫۲ ft/s^2)	m/s^2 (ft/s^2)
K_{sys}	ضریب مقاومت جریان سیستم (به غیر از شیر)	بدون بعد
K_{v90}	ضریب مقاومت جریان شیر در حالت کاملاً باز (۹۰ ° ≈ ، $\pi/2$ رادیان)	بدون بعد
V_{max}	بیشینه سرعت در حالت کاملاً باز	متر بر ثانیه، m/s (فوت بر ثانیه، ft/s)
ΔH_{max}	افت هد در امتداد شیر بسته یا تلفات مجموع سیستم در حالت شیر کاملاً بسته	متر از آب (فوت از آب)
ΔH_{sys}	افت هد در امتداد سیستم	متر از آب (فوت از آب)

یادآوری ۱- در استفاده از K_{v90} فرض بر این است که شیر پس از طی ۹۰ ° کاملاً باز می‌شود.

یادآوری ۲- V_{max} چنان‌چه از دبی جریان به‌دست بیاید بر مبنای قطر نامی شیر خواهد بود.

۲- سرعت جریان از درون شیر در موقعیت زاویه θ ممکن است با استفاده از رابطه زیر به‌دست آید:

$$V_\theta = \sqrt{\frac{2 \times g \times \Delta H_{max}}{\left(K_{sys} + K_{v\theta}\right)}} \qquad (۱۶)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$K_{v\theta}$	ضریب مقاومت جریان شیر در موقعیت زاویه θ	بدون بعد
V_θ	سرعت ورودی جریان سیال در موقعیت زاویه θ	متر بر ثانیه، m/s (فوت بر ثانیه، ft/s)

۳- محاسبه $\Delta H_{v\theta}$ در موقعیت زاویه θ:

$$\Delta H_{v\theta} = \frac{K_{v\theta} \times V_\theta^{\,2}}{2 \times g} \qquad (۱۷)$$

یا

$$\Delta H_{v\theta} = \frac{\Delta H_{max} \times K_{v\theta}}{\left(K_{v\theta} + K_{sys}\right)} \qquad (۱۸)$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$\Delta H_{v\theta}$	افت هد در امتداد شیر در موقعیت زاویه θ	متر از آب (فوت از آب)

۴- محاسبه $\Delta P_{v\theta}$ در موقعیت زاویه θ:

$$\Delta P_{v\theta} = 0.4335 \times \Delta H_{v\theta} \quad (۱۹)$$

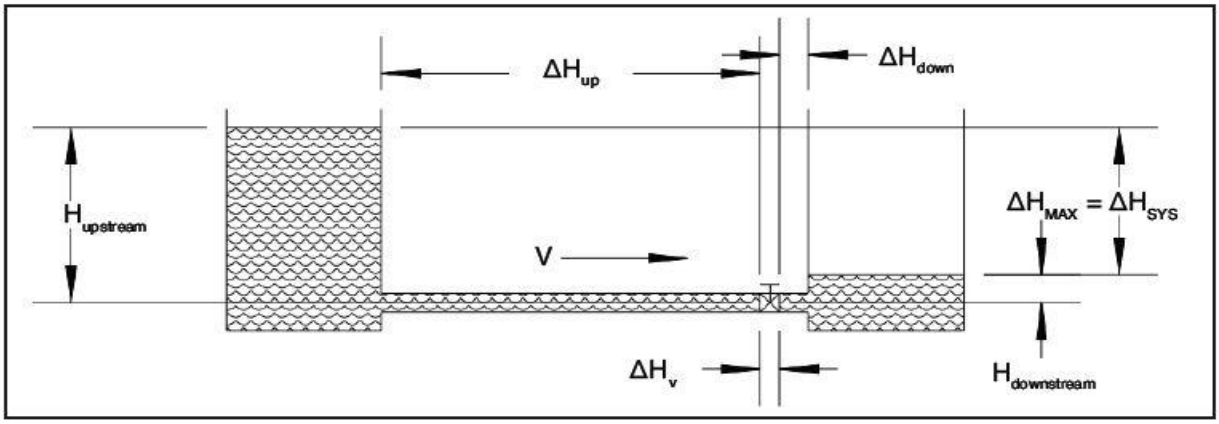
یا

$$\Delta P_{v\theta} = \frac{\Delta P_{max} \times \Delta K_{v\theta}}{\left(K_{v\theta} + K_{sys}\right)} \quad (۲۰)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$\Delta P_{v\theta}$	افت فشار (تلفات) در امتداد شیر در موقعیت زاویه θ	kPa (psid)

۵- مراحل ۲، ۳ و ۴ را برای سایر زوایای شیر (θ) تکرار کنید.



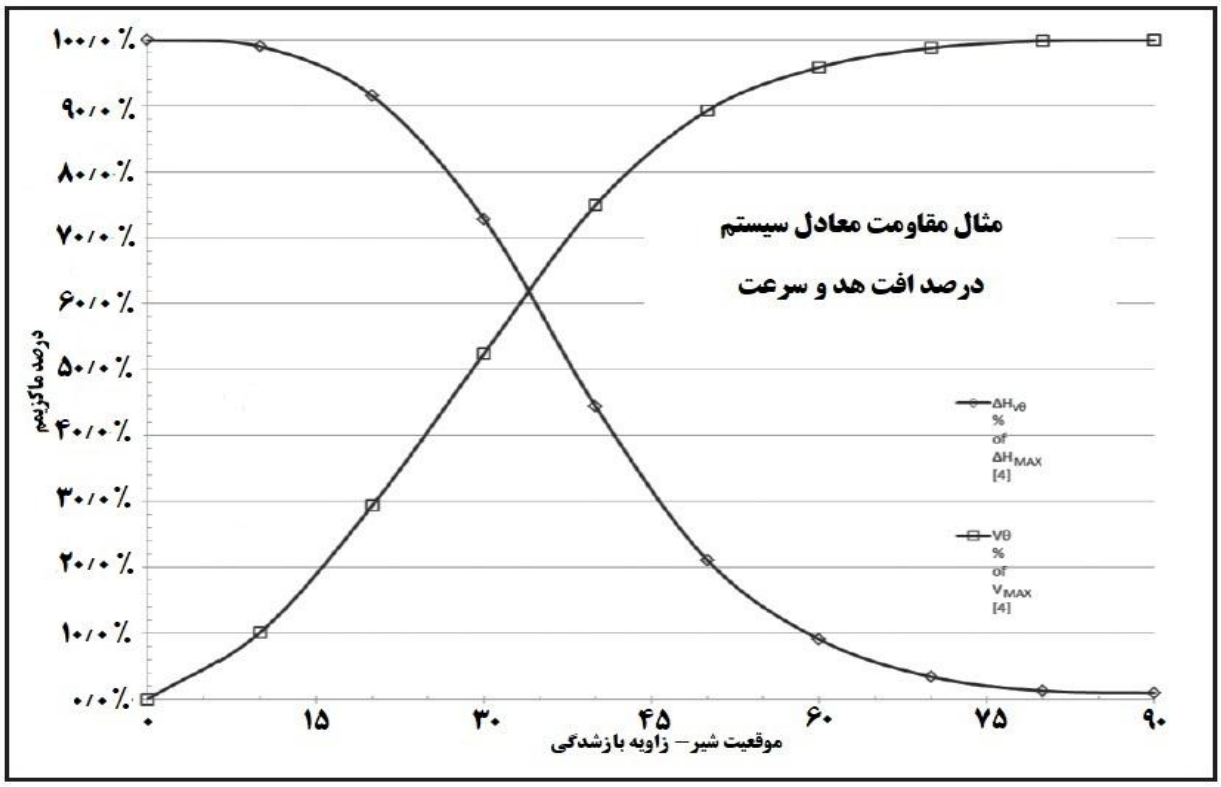
شکل ۲۱- مثالی از نمودار مدل سیستم مقاومت معادل

۴-۶-۲ مثالی از روش منبع با هد ثابت

داده‌های شیر و سیستم مطابق با زیر در اختیار است:

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- شیر پروانه‌ای با رده AWWA 150B با دیسک تک برون‌محوره با قطر ۲۴ in و جریان سمت نشیمن؛
- بیشینه اختلاف هد (ΔH_{max}) ۱۰۰ ft از آب است. (از معادله ۱۹: ΔP_{max} = ۴۳٫۴ psid)؛



شکل ۲۲- ارتباط مابین افت هد و سرعت به‌صورت تصویری

- هد بالادست در حالت بسته ($H_{upstream}$) ۲۰۰ ft آب است. (از معادله ۱۹: $P_{upstream}$ = ۸۶٫۷ psi)؛
- هد استاتیک پایین دست سیستم ($H_{downstream}$) برابر با ۱۰۰ =۱۰۰-۲۰۰ = $H_{upstream} - \Delta H_{max}$ است. (از معادله ۱۹: $P_{dnstream}$ = ۴۳٫۴ psi)؛
- بیشینه نرخ جریان سیستم Q_{max} = ۲۰۰۰۰ gpm است. (از معادله ۷: V_{max} = ۱۴٫۲ ft/s)؛
- دمای آب °F ۶۰ است (با فشار بخار ۰٫۵۸ فوت مطلق = ۰٫۲۵ psia = -۳۳٫۳ feet gauge ، -۱۴٫۴ psig)؛
- $K_{v\theta}$ در جدول ۳ فهرست شده است؛
- از معادله ۱۵ داریم: $K_{sys} = \frac{۲ \times ۳۲٫۱۷ \times ۱۰۰}{۱۶^۲} - ۰٫۳ = ۳۱٫۶۱$؛
- درصد سیستم در بالادست شیر ٪ ۷۵ است (K_{sys-up}= ۲۳٫۷۰)؛
- برای مدل سیستم به شکل ۲۱ و برای نتایج محاسبات و منحنی نتایج به جدول ۳ و شکل ۲۲ مراجعه شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

جدول ۳- داده‌های محاسبات افت هد برای مثال منبع هد ثابت

ورودی	ورودی	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده
زاویه شیر θ (درجه)	$K_{V\theta}$[a]	$\Delta H_{v\theta}$[b]	V_θ[b]	ΔH_{sys}[d] (۱۰۰ ٪)	ΔH_{sys}[c,e] در بالادست شیر (۷۵ ٪)	هد سرعت در شیر $V^2/2G$[c,e]	هد استاتیک در بالادست شیر $H^{c,e}$	فشار استاتیک در بالادست شیر $P^{c,e}$
۹۰	۰٫۳۰	۰٫۹	۱۴٫۲	۹۹٫۱	۷۴٫۳	۳٫۱	۱۲۲٫۶	۵۳٫۱
۸۰	۰٫۴۰	۱٫۲	۱۴٫۲	۹۸٫۸	۷۴٫۱	۳٫۱	۱۲۲٫۸	۵۳٫۲
۷۰	۱٫۱۰	۳٫۴	۱۴٫۰	۹۶٫۶	۷۲٫۵	۳٫۱	۱۲۴٫۵	۵۴٫۰
۶۰	۳٫۱۰	۸٫۹	۱۳٫۶	۹۱٫۱	۶۸٫۳	۲٫۹	۱۲۸٫۸	۵۵٫۸
۵۰	۸٫۳۰	۲۰٫۸	۱۲٫۷	۷۹٫۲	۵۹٫۴	۲٫۵	۱۳۸٫۱	۵۹٫۹
۴۰	۲۴٫۸۰	۴۴٫۰	۱۰٫۷	۵۶٫۰	۴۲٫۰	۱٫۸	۱۵۶٫۲	۶۷٫۷
۳۰	۸۳٫۳۰	۷۲٫۵	۷٫۵	۲۷٫۵	۲۰٫۶	۰٫۹	۱۷۸٫۵	۷۷٫۴
۲۰	۳۳۳٫۳۰	۹۱٫۳	۴٫۲	۸٫۷	۶٫۵	۰٫۳	۱۹۳٫۲	۸۳٫۸
۱۰	۳.۰۰۰٫۰۰	۹۹٫۰	۱٫۵	۱٫۰	۰٫۸	۰٫۰	۱۹۹٫۲	۸۶٫۳
۰	بی‌نهایت	۱۰۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۲۰۰٫۰	۸۶٫۷

[a] داده‌های ارائه‌شده برای شیر فقط برای این مثال صدق می‌کنند و ارتباطی با شیرهای واقعی ندارند.

[b] برای محاسبات افت هد (افت فشار)، سرعت (جریان) و گشتاور استفاده می‌شود.

[c] برای محاسبات اختناق و کاویتاسیون استفاده می‌شوند و برای محاسبات افت هد (افت فشار) ، سرعت (جریان) و گشتاور مورد نیاز نمی‌باشند.

[d] تنها جهت اطلاع

[e] محاسبات این ستون با استفاده از مبانی هیدرولیک استاندارد محاسبه شده‌اند و مطالعه آن‌ها به خواننده واگذار می‌شود (به Crane 2009 مراجعه شود).

۷-۴ روش منبع با هد متغیر

یک نمونه از کاربرد منبع با هد متغیر، پمپاژ آب از یک دریاچه به مخزنی در ارتفاع بالاتر می‌باشد. در این کاربرد هد تأمین پمپ به‌صورت تابعی از نرخ جریان عبوری از پمپ، مطابق با منحنی عملکردی پمپ است. مجموع افت هد در یک سیستم جریان در هر زمان مشخص برابر است با ΔH_{sys}. استفاده از این روش به ندرت نیاز می‌شود، چرا که فرض منبع با هد ثابت برای اکثر کاربردها قابل استفاده است. اگر منحنی پمپ به صورت منحنی پارابولیک درجه دوم است (همانند آن‌چه در شکل ۲۲ نشان داده شده است)، نتایج از یک فرض منبع هد ثابت و روش‌های منابع هد متغیر همسان هستند. در این حالت تنها نیاز است که از این روش هد متغیر زمانی‌که منحنی پمپ دارای شکل پلی‌نومیال درجه دوم است، استفاده کرد. زیرا حالت هد (یا فشار) خاموش متغیر بالاتر از حالت هد (یا فشار) خاموش ثابت برای نرخ جریان (یا سرعت) یکسان است. بنابراین با استفاده از روش هد ثابت، مقاومت سیستم محاسبه‌شده (K_{sys}) به‌صورت مصنوعی افزایش خواهد یافت. این افزایش اساساً برابر و مقابل کاهش هد منبع است. همان‌گونه که شیر به سطح بین منحنی هد (یا فشار) خاموش متغیر و منحنی مقاومت سیستم پاسخ می‌دهد، نتایج محاسبات تفاضلی همخوانی دارد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۱- K_{sys} را با استفاده از معادله ۱۵ با یک تفاوت که در زیر توضیح داده شده است، محاسبه کنید. ΔH_{sys} در V_{max} از منحنی پمپ خوانده می‌شود. مقدار برای ΔH_{sys} اختلاف مابین هد تأمین پمپ و هد استاتیک سیستم است.

۲- محاسبه سرعت جریان سیستم در زاویه بازشدگی شیر مورد نظر θ با استفاده از رابطه زیر:

$$V_{\theta} = \sqrt{\frac{2 \times g \times \Delta H_{max}}{\left(K_{sys} + K_{v\theta}\right)}} \qquad (۲۱)$$

در این رابطه، $K_{v\theta}$ برابر است با K شیر در زاویه بازشدگی دلخواه شیر. از آن‌جا که $\Delta H_{sys\theta}$ متغیر و وابسته به $V_{v\theta}$ است، این معادله باید با استفاده از روش تکرار حل شود.

الف- یک مقدار برای $V_{v\theta}$ کم‌تر از V_{θ} در زاویه شیر بالاتر بعدی فرض می‌شود.

ب- $\Delta H_{sys\theta}$ متناظر محاسبه می‌شود:

$$\Delta H_{sys\theta} = \frac{\left(K_{sys} + K_{v\theta}\right) \times V_{\theta}^{2}}{2 \times g} \qquad (۲۲)$$

پ- منحنی پمپ را بررسی کرده و اگر $\Delta H_{sys\theta}$ با منحنی منطبق باشد، تعیین می‌شود.

ت- اگر $\Delta H_{sys\theta}$ با مقدار محاسبه‌شده مطابقت خوبی ندارد، مقداری بالاتر و یا پایین‌تر برای V_{θ} فرض شود و مراحل ۲-الف تا ۲-ت مجدداً تکرار شود تا این‌که $\Delta H_{sys\theta}$ با منحنی پمپ تطبیق پیدا کند.

۳- محاسبه $\Delta H_{v\theta}$ در زاویه شیر مورد نظر θ:

$$\Delta H_{v\theta} = \frac{K_{v\theta} \times V_{\theta}^{2}}{2 \times g} \qquad (۲۳)$$

۴- محاسبه $\Delta P_{v\theta}$ در زاویه شیر مورد نظر θ:

$$\Delta P_{v\theta} = 0.4335 \times \Delta H_{v\theta} \qquad (۲۴)$$

۵- مراحل ۲ تا ۴ را برای سایر زوایای شیر تکرار کنید.

۸-۴ محاسبات انرژی

یک دلیل برای استفاده از شیرهای ربع‌گرد، افت هد پایین آن‌ها در یک فاصله فشرده است. در یک سیستم پمپاژ، هنگامی‌که جریان از یک شیر یا اتصال عبور می‌کند، افت هد ناشی از آن نیاز به تأمین انرژی اضافی از پمپ‌ها دارد. بنابراین افت هد به‌صورت مستقیم به مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورهای پمپ تبدیل می‌شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

یک رابطه برای محاسبه هزینه انرژی سالیانه به صورت زیر است:

(۲۵) (بر حسب واحدهای غیر متریک)

$$A_{cost} = \frac{1.65 \times Q \times \Delta H \times S_g \times C \times U}{E}$$

(۲۶) (بر حسب واحدهای متریک)

$$A_{cost} = \frac{1.65 \times Q \times \Delta H \times S_g \times C \times U}{E}$$

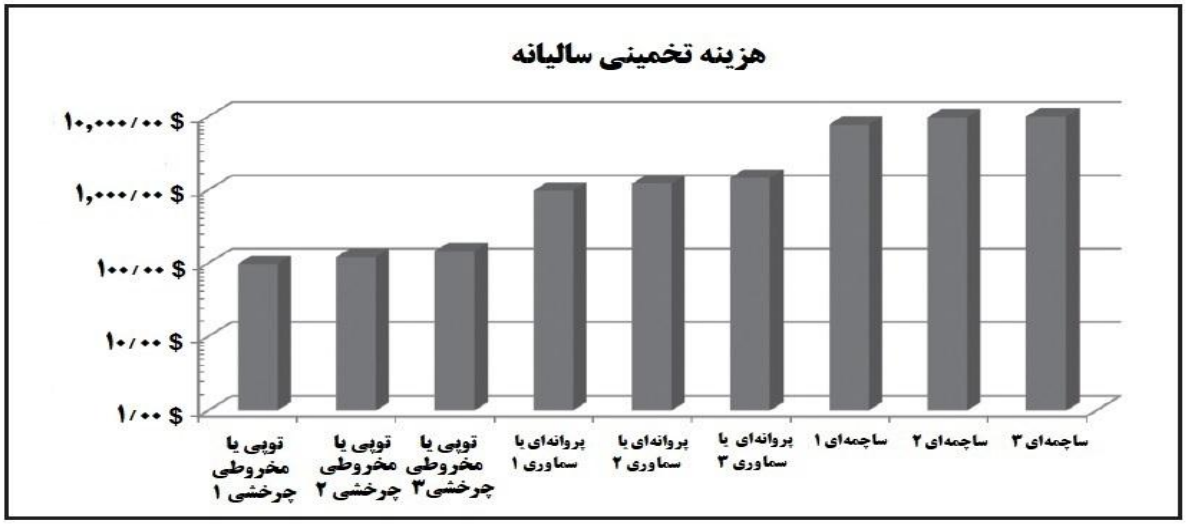
که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
A_{cost}	هزینه انرژی سالیانه	سال/$
C	هزینه الکتریسیته	$/kWh
E	راندمان مجموعه پمپ و موتور (معمولاً ٪ ۸۰، ۰٫۸)	٪ /۱۰۰ (اعشاری/کسر)
Q	نرخ جریان حجمی	m^3/hr (gpm)
S_g	چگالی ویژه سیال نسبت به آب در ۱۶ °C (۶۰ °F) (آب = ۱٫۰)	بدون بعد
U	درصد استفاده از پمپ، ٪ ۱۰۰ (۱٫۰) برابر ۲۴ ساعت در هر شبانه‌روز	٪ /۱۰۰ (اعشاری/کسر)
ΔH	افت هد مابین دو نقطه مرجع سیستم	متر از آب (فوت از آب)

۴-۸-۱ مثالی از محاسبه انرژی

به‌عنوان مثال یک شیر توپی یا مخروطی چرخشی ۶۰۰ mm (۲۴ in) (K_v = ۰٫۰۵ ± ۰٫۰۱ [۲۰ ٪]) یک شیر پروانه‌ای یا سماوری (K_v = ۰٫۵۰ ± ۰٫۱[۲۰ ٪]) و یک شیر ساچمه‌ای (K_v = ۴٫۰۰ ± ۰٫۸[۲۰ ٪]) در یک خط با دبی ۱ m^3/s یا ۱۵۰۰۰ gpm (۱۰٫۶ ft/s یا ۳٫۲ m/s) است. راندمان مجموعه پمپ و موتور ۰٫۸ اعشاری/ کسر (٪ ۸۰) و هزینه الکتریسیته $ ۰٫۰۹ در هر kWh است. هزینه افت هد شیرها با استفاده از معادله ۲۲ محاسبه می‌شود. یک شیر ۶۰۰ mm (۲۴ in) در مثال می‌تواند با فرض پمپاژ آب S_g= ۱٫۰ درون یک شیر ۰٫۵ اعشاری/ کسر (٪ ۵۰) زمان کارکرد، از $ ۹۷ تا تقریباً $ ۱۲۰۰۰ به‌صورت سالیانه مصرف انرژی داشته باشد. جدول ۴ نمونه‌های دیگری را ارائه می‌دهد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۲۳- مقایسه هزینه‌های عملکردی انواع شیر

جدول ۴- محاسبات نمونه هزینه پمپاژ سالانه

نوع شیر	کاملاً باز K_V	ΔH در ۱۵.۰۰۰ gpm (۱۰/۶ fps)	A_{COST}
توپی یا مخروطی چرخشی ۱	۰/۰۴	۰/۰۷	۹۷/۲۵ $
توپی یا مخروطی چرخشی ۲	۰/۰۵	۰/۰۹	۱۲۱/۵۶ $
توپی یا مخروطی چرخشی ۳	۰/۰۶	۰/۱۰	۱۴۵/۸۷ $
پروانه‌ای یا سماوری ۱	۰/۴۰	۰/۷۰	۹۷۲/۵۰ $
پروانه‌ای یا سماوری ۲	۰/۵۰	۰/۸۷	۱.۲۱۵/۶۲ $
پروانه‌ای یا سماوری ۳	۰/۶۰	۱/۰۵	۱.۴۵۸/۷۵ $
ساچمه‌ای ۱	۳/۲۰	۵/۵۹	۷.۷۷۹/۹۸ $
ساچمه‌ای ۲	۴/۰۰	۶/۹۹	۹.۷۲۴/۹۷ $
ساچمه‌ای ۳	۴/۸۰	۸/۳۸	۱۱.۶۶۹/۹۷ $

$$A_{cost} = \frac{1.65 \times Q \times \Delta H \times S_g \times C \times U}{E} \qquad (۲۷)$$

این مثال در صورتی‌که نرخ جریان و راندمان پمپ ثابت باشند، به صورت تئوری درست است. در عمل، شیرهای با تلفات کم‌تر باعث ایجاد جریان‌های پمپاژ بالاتر در فشار عملکرد یکسان می‌شوند. در این حالت پمپ به خارج از منحنی پمپ وارد می‌شود و ممکن است پمپ جریان متفاوتی (کمی کم‌تر یا بیش‌تر) در خلال عملکرد بکشد. در این حالت کاهش مصرف به‌درستی قابل مشاهده است (کاهش زمان کارکرد) و راندمان بالاتر پمپ را برای حصول مقدار یکسان از آب نتیجه می‌دهد. ذخیره‌سازی یا کاهش مصرف بر اساس کاهش زمان کارکرد پمپ یا کاهش تعداد پمپ‌های در سرویس برای تأمین تقاضای یکسان مورد نیاز محاسبه می‌شود. همان‌طور که در شکل

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۲۳ نمایش داده شده است، بزرگ‌ترین تغییر هزینه انرژی مابین انواع شیرها است و تغییر زیادی مابین شیرهای مشابه از نظر مدل، کلاس و نوع نمی‌باشد. البته نتایج به این معناست که از شیر بشقابی نباید در خدمات کنترلی پمپ استفاده کرد. چراکه این شیرها متغیرهای کارکردی مهندسی متفاوت شامل دامنه کنترلی وسیع جریان، تغییرات اصلاحی کاویتاسیون، مشخصه‌سازی جریان ذاتی متفاوت و راه حل‌های کنترل جریان گذرا را در اختیار می‌گذارند و این مزایا در کنار هزینه انرژی در کارکردهای متفاوت است. زمانی‌که شیرهای با طراحی یکسان بررسی می‌شوند، ذخیره‌سازی مابین مدل های تولید تکی، رده‌های فشار، یا تأمین‌کننده‌ها به صورت کلی مهم نیستند. برای این شیرهای ربع‌گرد تلفات پایین، تفاوت مابین تأمین‌کننده‌های مختلف معمولاً کم‌تر از یک زانو تکی یا حتی تفاوت مابین یک زانو با شعاع بلند و یک زانو با شعاع کوتاه است.

۵ گشتاور شیرها

۵-۱ کلیات

در یک شیر ربع‌گرد، گشتاور برابر است با میزان نیروی چرخشی مورد نیاز برای چرخاندن عضو انسداد (توپی، مخروطی، دیسک یا سماوری) یا نگه داشتن آن در یک موقعیت خاص. گشتاور بسته به شرایط سیستم، طراحی شیر و موقعیت دیسک متفاوت است. روش ارائه‌شده در این استاندارد، فرآیند مرحله به مرحله‌ای جهت پیش‌بینی گشتاور شیرها در خلال بهره‌برداری است و روش رایج مورد استفاده در بسیاری از کارخانه‌جات شیر ربع‌گرد در صنایع آب را نشان می‌دهد.

شیرهای مخروطی چرخشی در جهت نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه منحصر به‌فرد هستند به گونه‌ای که دارای گشتاور و حرکت چرخشی متفاوتی برای نیروی بالابرنده، بار محوری و حرکت محوری هستند. این مسئله باعث توسعه مجموعه‌ای از معادلات تبدیل گشتاور محوری و چرخشی به بار محوری می‌شود که در این استاندارد عنوان نشده است. بنابراین حالت های نشستن روی نشیمن‌گاه و جداشدن از نشیمن‌گاه برای شیر مخروطی چرخشی تا زمانی‌که استانداردی برای شیر خطی در دسترس باشد، پوشش داده نمی‌شود.

۵-۲ مبحث محاسبه گشتاور

محاسبات گشتاور به ده مؤلفه مجزا تقسیم می‌شود و هر یک با استفاده از رویکرد اصول اولیه به‌دست می‌آیند. ده مؤلفه مجزای گشتاور در دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- منفعل یا مبتنی بر اصطکاک

۲- فعال یا تولیدشده به‌صورت پویا

این ده مؤلفه در جدول ۵ ارائه می‌شوند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

هر یک از این مؤلفه‌ها از رویکرد اصول اولیه به‌صورت ریاضی ارزیابی شده و معادلات آن‌ها ارائه می‌شود، غیر از گشتاور شناوری (مورد ۷) و گشتاور یاتاقان کف‌گرد (مورد ۵)، که این دو عموماً برای این محدوده از شیرها ناچیز در نظر گرفته می‌شوند. مؤلفه‌های گشتاور اصطکاک آب‌بند طوقه (مورد ۳)، گشتاور وزن و مرکز جرم (مورد ۶)، گشتاور انحراف جانبی یا خروج از مرکز (مورد ۸)، و گشتاور نامتعادل هیدرواستاتیک (مورد ۱۰) بسته به طراحی شیر و متغیرهای نصب ممکن است قابل کاربرد نباشند. گشتاور اصطکاک نشستن روی نشیمن‌گاه (و/یا جداشدن از نشیمن‌گاه) (مورد ۱)، گشتاور اصطکاک پکینگ (مورد ۲)، گشتاور اصطکاک یاتاقان‌ها (مورد ۴) و گشتاور دینامیک سیال (مورد ۹) باید همیشه در عملیات محاسبات گشتاور شیرهای توپی، پروانه‌ای و ساوری گنجانده شوند. تبدیل‌های نیروی بالابرنده، بار محوری و گشتاور به بار محوری برای نشستن روی نشیمن‌گاه و جداشدن از نشیمن‌گاه در شیرهای مخروطی چرخشی ارزیابی نشده است، اما توصیه می‌شود سایر الزامات گشتاور در محدوده میانی کورس ارزیابی شود.

جدول ۵- دسته‌بندی مؤلفه‌های گشتاور

شماره مورد	مؤلفه گشتاور	دسته‌بندی گشتاور
۱	گشتاور اصطکاک نشستن روی نشیمن‌گاه (و/یا جدا شدن از نشیمن‌گاه)	مؤلفه‌های منفعل یا مبتنی بر اصطکاک
۲	گشتاور اصطکاک پکینگ	
۳	گشتاور اصطکاک آب‌بند طوقه	
۴	گشتاور اصطکاک یاتاقان	
۵	گشتاور اصطکاک یاتاقان کف‌گرد	
۶	گشتاور وزن و مرکز جرم	مؤلفه‌های فعال یا تولیدشده به‌صورت پویا
۷	گشتاور شناوری	
۸	گشتاور انحراف جانبی یا خروج از مرکز	
۹	گشتاور دینامیکی یا دینامیک سیال	
۱۰	گشتاور نامتعادل هیدرواستاتیکی	

مؤلفه‌های گشتاور منفعل مربوط به اصطکاک هستند و در کل برای یک شیر معین یا ثابت هستند و یا به‌طور مستقیم به فشار تفاضلی وابسته‌اند. این مؤلفه‌ها همیشه با حرکت عملگر مخالفت می‌کنند و عموماً جز برای گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه و گشتاور جداشدن از نشیمن‌گاه با مقدار یکسان در هر جهت عملکرد (در خلال باز شدن یا بسته شدن) در نظر گرفته می‌شوند. گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه و جداشدن از نشیمن‌گاه را می‌توان به‌صورت جداگانه ارزیابی کرد یا زمانی‌که اختلاف‌ها کوچک هستند به‌صورت مشابه در نظر گرفت.

مؤلفه‌های گشتاور فعال یا پویا در شیر به‌وسیله تأثیرات سیال درونی (آب) یا اثر گرانش بر شیر ایجاد می‌شوند. این مؤلفه‌ها می‌توانند با کار عملگر مخالفت یا به آن کمک کنند. از آن‌جا که گشتاور دینامیکی عموماً به بستن

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شیر تمایل دارد، عملگر می‌تواند هنگام بسته شدن به‌عنوان یک ترمز برای کنترل سرعت عمل کند. اما باید در زمان باز شدن نیز بر این گشتاور غلبه کند.

روش گشتاور اعمالی مجزا که در این استاندارد ارائه شده است، عموماً برای شیرهای دارای اندازه بزرگ‌تر استفاده می‌شود. اندازه عملگر در شیرهای ۳۰۰ mm (۱۲ in) و کوچک‌تر در درجه اول به الزامات گشتاور اصطکاکی منفعل نیاز دارد. چرا که مؤلفه‌های گشتاور فعال یک کسر کوچک از گشتاور کل عملیاتی مورد نیاز می‌باشند. نقطه انتقال جایی است که مؤلفه‌های گشتاور تولیدشده به‌صورت پویا به بخش بزرگی از گشتاور کل مورد نیاز تبدیل می‌شوند که بستگی به بسیاری از عوامل طراحی شیر دارد. با این حال، می‌توان به‌طور کلی بیان کرد که این انتقال در دامنه اندازه ۳۵۰ mm (۱۴ in) تا ۹۰۰ mm (۳۰ in) رخ می‌دهد. تعیین اندازه عملگر برای شیرهای بزرگ‌تر از ۹۰۰ mm (۳۰ in) تقریباً همیشه به‌طور قابل ملاحظه‌ای براساس شرایط جریان پویا می‌باشد.

بر این اساس و این حقیقت که شیرهای دارای اندازه کوچک‌تر به آسانی آزمون می‌شوند و در دامنه کوچک‌تری از گشتاور مورد نیاز عملگر در سرتاسر محدوده فشار و آهنگ جریان طراحی گروه‌بندی می‌شوند، این روش محاسبه پیچیده گشتاور تولیدشده به‌صورت پویا می‌تواند با یک محاسبه ساده براساس اندازه و فشار شیر با استفاده از تکنیک‌های انطباق منحنی از داده‌های آزمون جایگزین شود. در اندازه‌های کوچک‌تر، سازنده ممکن است معادلات منطبق بر منحنی، اطلاعات تصویری یا جدول‌بندی‌شده را ارائه دهد.

این روش گشتاور اعمالی مجزا، در اندازه‌های بزرگ‌تر شیر- ۴۵۰ mm (۱۸ in) و بزرگ‌تر- و در سرعت‌های بسیار بالای خط سیال (بزرگ‌تر از ۴٫۹ m/s (۱۶ ft/s)) به‌طور فزاینده‌ای مهم می‌شود. از لحاظ اقتصادی یا فیزیکی، آزمون بسیاری از شیرهای با قطر بزرگ امکان‌پذیر نیست و استفاده از محاسبات آثار مجزا، مدل داده‌های آزمون و گروه‌بندی داده‌های آزمون ضروری است. تکنیک‌های مدل‌سازی ضرایب بدون بعد، شبیه‌سازی هیدرولیکی، گروه‌بندی، میان‌یابی، و برون‌یابی در این استاندارد مورد بحث قرار نمی‌گیرند.

مؤلفه‌های گشتاور مبتنی بر اصطکاک ثابت یا وابسته به توان دوم (D^2) قطر شیر هستند. از آن‌جا که مؤلفه گشتاور پویا (دینامیکی) تابعی از مکعب قطر شیر است (D^3). گشتاور دینامیکی گشتاور اصلی مؤثر بر تعیین اندازه عملگر شیرهای با اندازه بزرگ‌تر تبدیل می‌شود. به همین دلیل حداکثر آهنگ جریان عملیاتی یا سرعت خط سیال برای تعیین اندازه عملگر شیرهای با اندازه بزرگ‌تر، لازم است.

گشتاور نامتعادل هیدرواستاتیکی نیز (اگر وجود داشته باشد) برای لوله‌های دارای اندازه بزرگ‌تر، به علت این‌که تابعی از توان چهارم قطر است، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، اگرچه در شیرهای تقریباً ۹۰۰ mm (۳۶ in) و کوچک‌تر می‌توان از آن به‌عنوان مقداری ناچیز صرف‌نظر کرد. اگر چه به ندرت تحت شرایط عملکرد واقعی دیده می‌شود، اما تأثیر آن در شیرهای با اندازه بزرگ‌تر از ۹۰۰ mm (۳۶ in) می‌تواند بسیار دارای اهمیت باشد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

در مواردی که مؤلفه‌های گشتاور به‌صورت جداگانه (به جای تکنیک‌های انطباق منحنی گشتاور کل) تعیین می‌شوند و از آن‌جایی‌که ترکیب فشار تفاضلی اعمالی در شرایط شیر کاملاً بسته و حداکثر آهنگ جریان عملیاتی (یا خط سرعت) تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر نتایج دارد، این روش بهترین روش برای تعیین گشتاور مورد نیاز عملگر برای شیرهای با اندازه بزرگ‌تر می‌باشد.

روش‌های محاسبه گشتاور عملگر مورد نیاز، جریان سیستم، افت فشار و شاخص‌های کاویتاسیون توضیح داده شده در این‌جا برای سایر شیرهای ربع‌گرد مانند شیرهای توپی، مخروطی و شیرهای سماوری قابل اجرا می‌باشد. ضرایب به‌دست آمده از آزمون باید با توجه به نوع و طراحی شیر اختصاصی باشند، اما اصول اولیه اساساً بدون تغییر است.

داده‌های ضرایب جریان و گشتاور استفاده‌شده باید از شیر با طراحی یکسان و روش آزمون مشابه به‌دست آمده باشند. لازم به ذکر است نباید از ضرایب جریان به‌دست آمده از یک طرح و اعمال آن‌ها برای طرح دیگر استفاده کرد.

۳-۵ ترکیب مؤلفه‌های گشتاور

گشتاور شیرهای ربع‌گرد از عناصر متعددی تشکیل شده است که مجموع گشتاور مورد نیاز عملگر شیر را موجب می‌شود. مجموع محاسبات تأثیر گشتاورهای مجزای ارائه شده در اینجا برای طراحی شفت، اتصالات و هم‌چنین اندازه مورد نیاز عملگر استفاده می‌شود.

تعیین محتمل‌ترین الزامات گشتاور عملکردی عملگر تحت شرایط مورد بررسی هدف این استاندارد است. داده‌های جمع‌آوری‌شده و مورد استفاده باید در حالت نرمال یا میانگین برای شیر و کاربردهای خدماتی باشد. از آن‌جایی‌که این روش به‌صورت مجموع تعدادی از الزامات گشتاور مجزای تولید شده است، هر مؤلفه گشتاور امکان یک عدم قطعیت وابسته به نتایج را خواهد داشت. عدم قطعیت هر مؤلفه گشتاور ممکن است در هر زمان مثبت یا منفی باشد و در حالت عادی به صورت جذر مجموع مربعات برای ترکیب مجموع عدم قطعیت‌ها به‌دست می‌آید. در این روش نوع کاربرد و/ یا ضریب ایمنی ترکیب نمی‌شوند.

زمانی‌که این محاسبات و جمع‌ها برای انتخاب عملگر استفاده می‌شوند، به حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST) ارجاع داده می‌شوند. تعیین اندازه عملگر براساس گشتاور تعیین اندازه عملگر (AST) است که شامل ضریب کاربرد (AF) که در استاندارد شیر یا عملگر ارائه شده است، می‌باشد. AF بر اساس نوع شیر، نوع عملگر و خدمات شیر (روشن/ خاموش یا تنظیم جریان) انتخاب می‌شود. MRST با ضرب در AF، AST را نتیجه می‌دهد ($AST = MRST \times AF$). این عمل در بسیاری از موقعیت‌های شیر برای به‌دست آوردن اندازه صحیح عملگر محاسبه می‌شود. به استانداردهای شیر برای ضرایب کاربرد مورد استفاده مراجعه شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

وابسته به موقعیت عضو انسداد، نوع نصب شیر و سایر ضرایب که در این‌جا بحث شده است، معادله کلی که در محاسبه الزامات گشتاور عملکردی یا MRST استفاده می‌شود، مطابق با زیر است:

مجموع گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه (گشتاور نشیمن در خلال استقرار آب‌بند دیسک روی نشیمن):

$$T_{ts} = T_{b0^\circ} - T_{cg0^\circ} - T_h + T_s + T_p - T_{ecc} \quad (۲۸)$$

مجموع گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه (شکست) (گشتاور نشیمن در خلال جدا شدن آب‌بند دیسک از نشیمن):

$$T_{tus} = T_{b0^\circ} + T_{cg0^\circ} + T_h + T_{ts} + T_p + T_{ecc} \quad (۲۹)$$

مجموع گشتاور در عملیات باز کردن (در خلال حرکت) شیر:

$$T_{to\theta} = T_{b\theta} + T_{cg\theta} + T_{d\theta} + T_p \quad (۳۰)$$

مجموع گشتاور در عملیات بستن (در خلال حرکت) شیر:

$$T_{tc\theta} = T_{b\theta} - T_{cg\theta} - T_{d\theta} + T_p \quad (۳۱)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
T_{b0°	گشتاور یاتاقان* در زاویه شیر 0° (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{b\theta}$	گشتاور یاتاقان در زاویه θ شیر (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{cg\theta}$	گشتاور مرکز ثقل در زاویه θ (علامت مثبت در خلال بستن شیر و علامت منفی در خلال باز کردن شیر)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{cg0°	گشتاور مرکز ثقل در زاویه 0° (علامت مثبت در خلال بستن شیر و علامت منفی در خلال باز کردن شیر)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{d\theta}$	گشتاور پویا در زاویه θ شیر (علامت مثبت در خلال بستن شیر و علامت منفی در خلال باز کردن شیر.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{ecc}	گشتاور خروج ار مرکز[a] (علامت مثبت در خلال بستن شیر و علامت منفی در خلال باز کردن شیر)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_h	گشتاور هیدرواستاتیک[b] (علامت مثبت در خلال بستن شیر و علامت منفی در خلال باز کردن شیر)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_p	گشتاور پکینگ آب‌بند و طوقه (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

T_s	گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
نماد متغیر	**تعریف یا توصیف**	**واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)**
$T_{tc\theta}$	مجموع گشتاور بستن شیر در زاویه θ (مقادیر مثبت هنگامی‌که بر خلاف جهت عملگر است و مقادیر منفی هنگامی‌که هم‌جهت با حرکت عملگر است.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{to\theta}$	مجموع گشتاور باز شدن شیر در زاویه θ (مقادیر مثبت هنگامی‌که بر خلاف جهت عملگر است و مقادیر منفی هنگامی‌که هم‌جهت با حرکت عملگر است.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{ts}	گشتاور نشیمن در خلال استقرار آب‌بند دیسک روی نشیمن (مقادیر مثبت هنگامی‌که بر خلاف جهت عملگر است و مقادیر منفی هنگامی‌که همجهت با حرکت عملگر است.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{us}	گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{tus}	مجموع گشتاور جدا شدن (مقادیر مثبت هنگامی‌که بر خلاف جهت عملگر است و مقادیر منفی هنگامی‌که هم‌جهت با حرکت عملگر است.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
θ	زیروند نشان‌دهنده زاویه موقعیت بازشدگی شیر است. زاویه ۰ رادیان (° ۰) به معنی کاملاً بسته و زاویه π/۲ رادیان (° ۹۰) به معنی کاملاً باز است.[c]	رادیان (درجه)

[a] تنها در موقعیت نشستن در خلال باز شدن و بستن در نظر گرفته می‌شود.

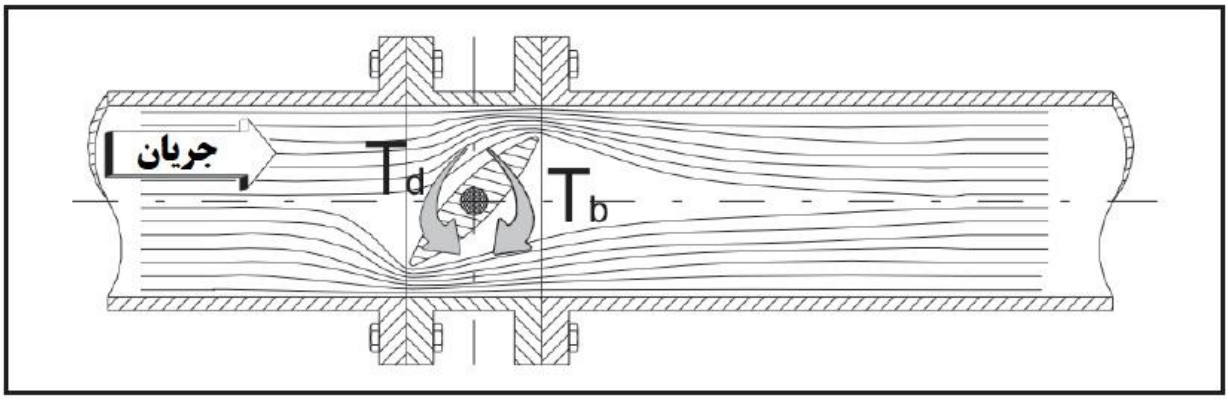
[b] تنها در موقعیت نشستن در خلال باز شدن و بستن در نظر گرفته می‌شود.

[c] در بعضی طرح‌ها شیر برای رسیدن به حالت کاملاً باز ممکن است در زوایایی کم‌تر از π/۲ رادیان (° ۹۰) حرکت کنند.

یادآوری – در پیوست A استاندارد ANSI/AWWA C504 ویرایش 1987، گشتاور اصطکاک یاتاقان در ضریب ۱٫۲ ضرب شده است. این عملیات محافظه‌کارانه در این استاندارد حذف شده است. این عمل به‌منظور واقعی‌سازی محاسبات و جلوگیری از اعمال ضرایب ایمنی مجدد و تأثیر آن بر انتخاب عملگر انجام می‌شود. این ضریب علاوه بر آن برای جبران تأثیر وزن دیسک و شفت در نظر گرفته می‌شد. در این استاندارد تأثیر وزن به‌صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شود.

گشتاور عملیاتی (T_t) کل نشان‌دهنده گشتاور یا نیروی چرخشی مورد نیاز برای چرخاندن عضو انسداد است. گشتاور کل معمولاً در حالت بسته (° ۰، گشتاور جداشدن یا شکستن) و در موقعیت زاویه ° ۱۰ یا کوچک‌تر (گشتاور در خلال حرکت) محاسبه می‌شود. گشتاور عملیاتی کل باید به‌طور مستقل برای هر دو جهت باز و بسته شدن محاسبه شود. زیرا مؤلفه‌های گشتاور با جهت چرخش تغییر می‌کنند (به شکل‌های ۱۱ و ۲۴ مراجعه شود). بنابراین گشتاور محاسبه‌شده برای باز کردن در یک زاویه مشخص با گشتاور بسته شدن در همان زاویه متفاوت است. بزرگی و جهت گشتاور در انتخاب محرکی که مشخصات گشتاور خروجی متغیری دارد ضروری است (مانند عملگرهای سیلندری با فنر برگشتی). توصیه‌هایی درباره تعیین اندازه عملگر در بند ۸ ارائه شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

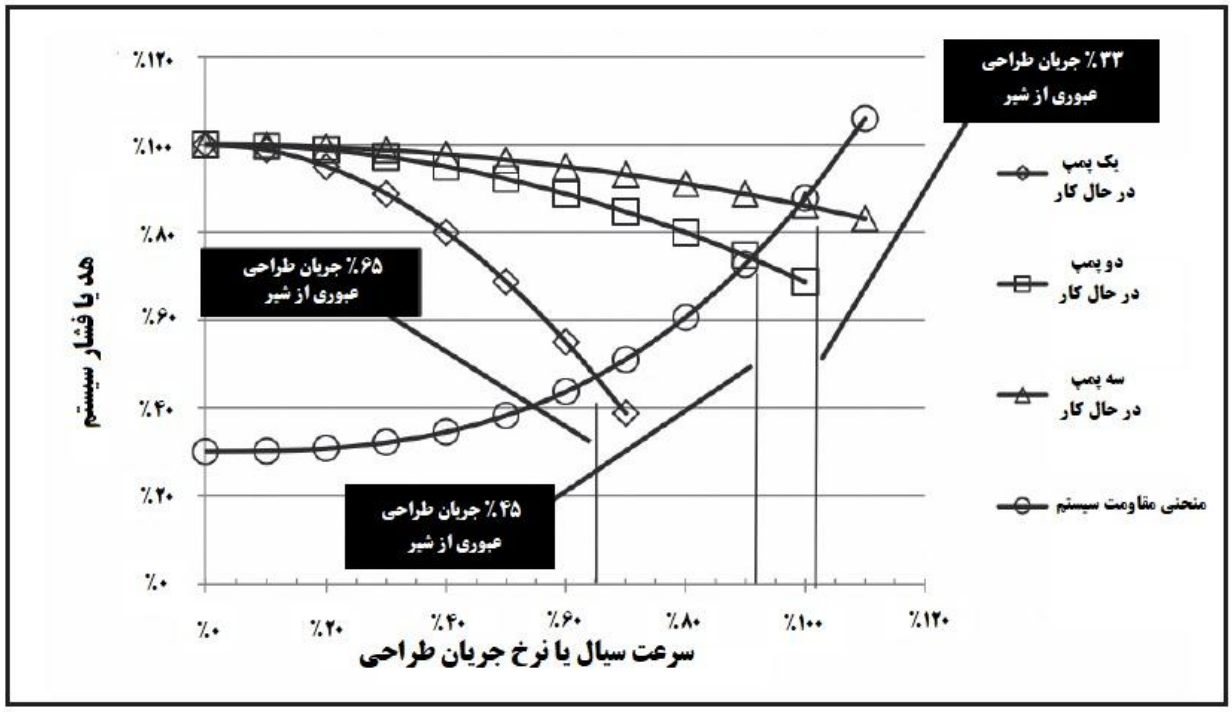


شکل ۲۴- گشتاور دینامیکی (T_d) و گشتاور یاتاقان (T_b) در خلال بسته شدن شیر

پس از فهم دقیق بزرگی و جهت مؤلفه‌های گشتاور، سایر تحلیل‌های مرتبط را می‌توان انجام داد. به‌عنوان مثال، یک شیر و محرک ممکن است برای حداکثر نرخ جریان عادی سیستم انتخاب شده باشند، اما همین مجموعه باید قابلیت انسداد جریان را در شرایط جریان شکست خط داشته باشد. (هرگز نیاز به باز کردن شیر در شرایط جریان شکست خط نیست). محاسبات گشتاور در دبی‌های بالاتر جریان در جهت بستن می‌توانند تنها برای بررسی اندازه عملگر و قابلیت گشتاور شیر استفاده شود. زیرا بسیاری از شیرها که ناشی از جریان سیال تمایل به بسته شدن دارند، توانایی استقامت در مقابل جریان‌های بالای ناشی از شکست خط را با عملگرهایی که برای شرایط دبی عادی شیر انتخاب شده‌اند، دارا می‌باشند.

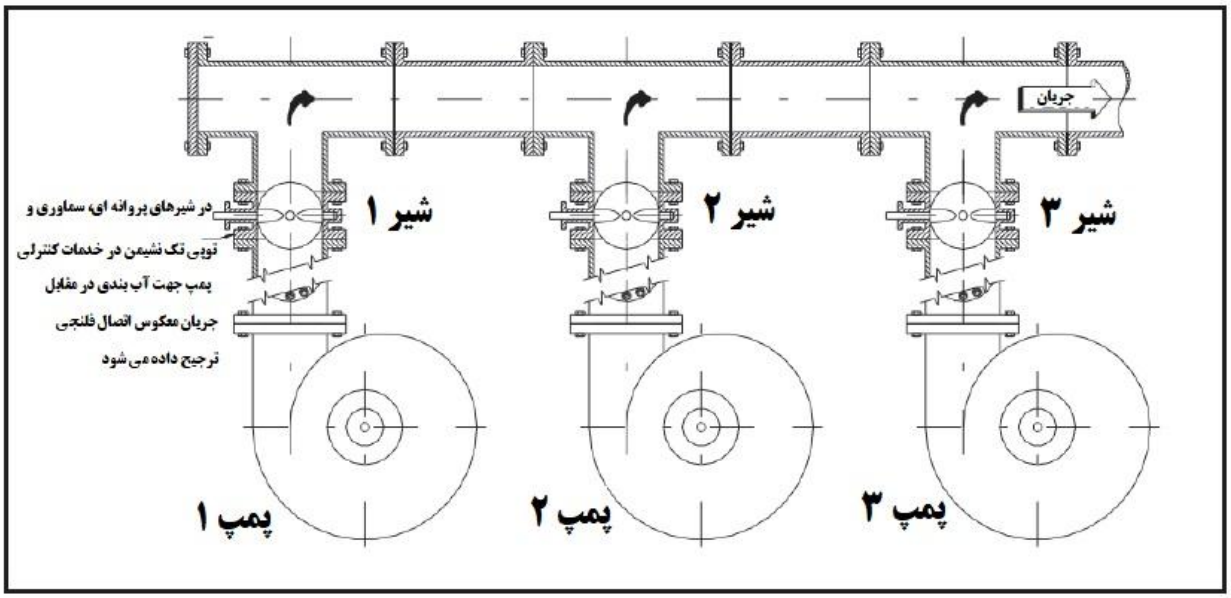
سایر محاسبات گشتاورهای خاص شامل ترکیب پمپ‌های مختلف که در کاربری‌های با چند پمپ راه اندازی می‌شوند یا شرایط جریان برگشتی (اگر قابل کاربرد باشد چرا که گشتاور شیر اغلب وابسته به راستای جریان می‌باشد) هستند. به‌عنوان مثال، وقتی یک پمپ از میان مجموعه پمپ‌های نصب‌شده شروع به کار می‌کند (به شکل‌های ۲۵ و ۲۶ مراجعه شود)، شرایط کارکردی آن زیر منحنی عملکرد پمپ می‌باشد. بنابراین دبی پمپ از شرایطی که تمامی پمپ‌ها مشغول کار باشند، بالاتر است. این دبی بالاتر می‌تواند باعث ایجاد گشتاورهای بالاتر شیر و ایجاد ممانعت برای عملکرد موتور عملگر گردد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



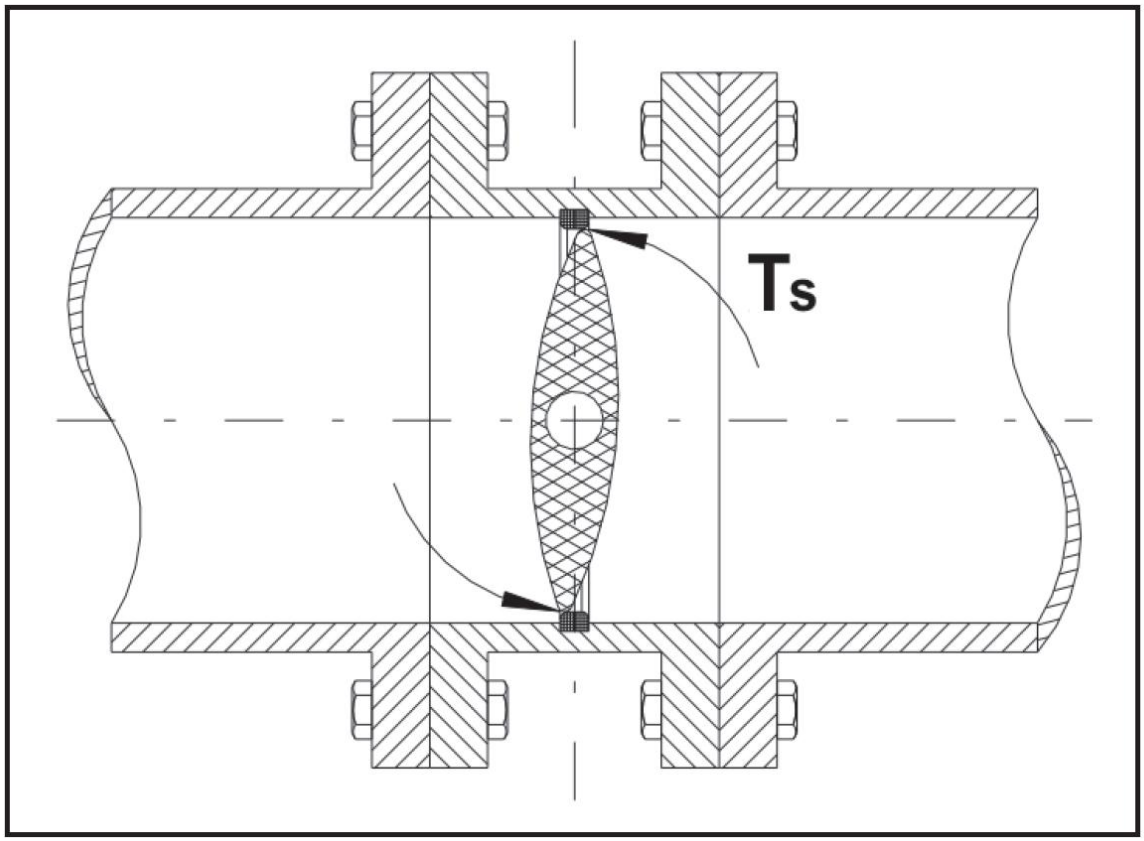
شکل ۲۵- منحنی‌های سیستم‌های شامل یک، دو و سه پمپ

در بخش‌های آتی مؤلفه‌های گشتاور به شکل مستقل و همراه با جزئیات تشریح شده‌اند.



شکل ۲۶- سیستم شامل چند پمپ همراه با نصب شیرهای پروانه‌ای

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۲۷-گشتاور نشیمن شیر پروانه‌ای

۴-۵ گشتاور نشیمن (شامل نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه)

در شیرهای متقارن و تک برون‌محوره، گشتاور نشیمن (T_s) ناشی از اصطکاک و تداخل بین سطوح جفت شده نشیمن (لاستیکی یا فلزی)، همان‌طور که در شکل ۲۷ نشان داده شده است، ایجاد می‌گردد. در طرح‌های برون-محور دوتایی و سه‌تایی، گشتاور نشیمن ممکن است بر اساس بار مورد نیاز جهت آب‌بندی و محکم شدن نشیمن باشد. گشتاور نشیمن، تابعی از عوامل بسیاری از جمله نوع نشیمن، ماده، اندازه شیر، دمای سیال و افت فشار در امتداد عضو انسداد است. تأثیر کلی باید با استفاده از آزمون‌ها تعیین شود. در شرایطی که همه عوامل مشخص هستند، گشتاور نشیمن با مربع قطر عضو انسداد متناسب است. این رابطه از معادلات اصول اولیه مشتق شده و با انتگرال‌گیری حول محیط عضو انسداد به‌دست می‌آید. این نحوه استخراج در پیوست الف ارائه شده است.

شیرهای مخروطی چرخشی موارد منحصر به‌فردی از شیرهای ربع‌گرد هستند که به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که نشستن و جدا شدن به‌وسیله بلند کردن یا پایین آوردن عضو انسداد در یک کورس مستقیم موازی با جهت

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

محور شفت انجام می‌شود. یک مکانیزم خاص لینک/ لیور[1] برای بلند کردن، چرخاندن و پایین آوردن عضو انسداد با یک حرکت خطی نرم از میله محرک خروجی از عملگر، گشتاور و نیروی بلند کردن یا رانش را فراهم می‌آورد. میله محرک خروجی از عملگر ممکن است توسط یک میل‌محور تمام رزوه یا به‌وسیله سیلندر هیدرولیک (یا سیلندر رفت و برگشتی هیدرولیکی-پنوماتیکی) فشرده شده یا کشیده شود. به علت این حرکت خاص‌شده عضو انسداد، گشتاور شفت شیر مخروطی می‌تواند تنها در محدوده میانی حرکتی (چرخشی) از حرکت خود ارزیابی شود. در انتهای مسیر حرکتی هیچ بار پیچشی روی شفت شیر هنگام بلند کردن یا پایین آوردن به اندازه قسمتی از حرکت کل وجود ندارد. حرکت کل عضو انسداد می‌تواند هنگامی‌که مقاومت محوری در بلند کردن یا پایین آوردن و مقاومت پیچشی در مقابل چرخش هر کدام به تنهایی مقرر شوند، ارزیابی شود. چرا که این بلند کردن و پایین آوردن مخروطی، شامل محاسبات رانش شیرهای خطی و تبدیل گشتاور به رانش میل‌محور تمام رزوه است، سهم نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه شیرهای مخروطی چرخشی در حال حاضر در این استاندارد پوشش داده نمی‌شود.

بسیاری از طرح‌های نشیمن در اصل دارای ضریب اصطکاک ثابت یا مستقل از فشار هستند و در سایر طرح‌های نشیمن متأثر از فشار یا وابسته به فشار ممکن است با فشار اعمالی اصطکاک (بار) افزایش یا کاهش یابد. بنابراین دو ضریب نشیمن مجزا در رابطه ارائه می‌شود. ضریب C_{sc} ضریب ثابت یا ضریب نشیمن مستقل از فشار و ضریب C_{sp} ضریب نشیمن وابسته به فشار است. برای یک طرح مشخص شیر، هر دو این ضرایب ممکن است صفر باشند. به‌عنوان مثال شیرهای گلویی[2] که فاقد نشیمن هستند دارای گشتاور نشیمن نیز نمی‌باشند و هر دو ضریب صفر هستند. شیرهای همراه با نشیمن در حالت کلی دارای ضریب C_{sc} مثبت هستند اما در عین حال ضریب C_{sp} ممکن است صفر و یا دارای مقدار مثبت یا منفی باشد.

برای شیرهای توپی و پروانه‌ای از معادله ۳۲ استفاده می‌شود. برای شیرهای توپی از D یا D_{port} به‌جای D_d استفاده می‌شود. داده‌های آزمون شیر توپی برای تعیین C_{sc} و C_{sp} می‌تواند بر مبنای حل همان معادلات با استفاده از قطر درگاه و/ یا قطر اسمی باشد.

$$T_s = U_{C2} \times \left(C_{sc} + C_{sp} \times \Delta P_{max} \right) \times D_d^{\,2} \qquad (۳۲)$$

(شیر توپی، پروانه‌ای)

برخی از سازندگان شیرهای پروانه‌ای غیر هم‌مرکز دوتایی و سه‌تایی از مبنای روش بارگذاری نشیمن زیر به‌منظور تعیین گشتاور نشیمن استفاده می‌کنند:

$$T_s = U_{C2} \times \left(C_{sc} + C_{sp} \times \Delta P_{max} \right) \times D_d^{\,2} \qquad (۳۳)$$

(شیر پروانه‌ای برون‌محور دوتایی و سه‌تایی)

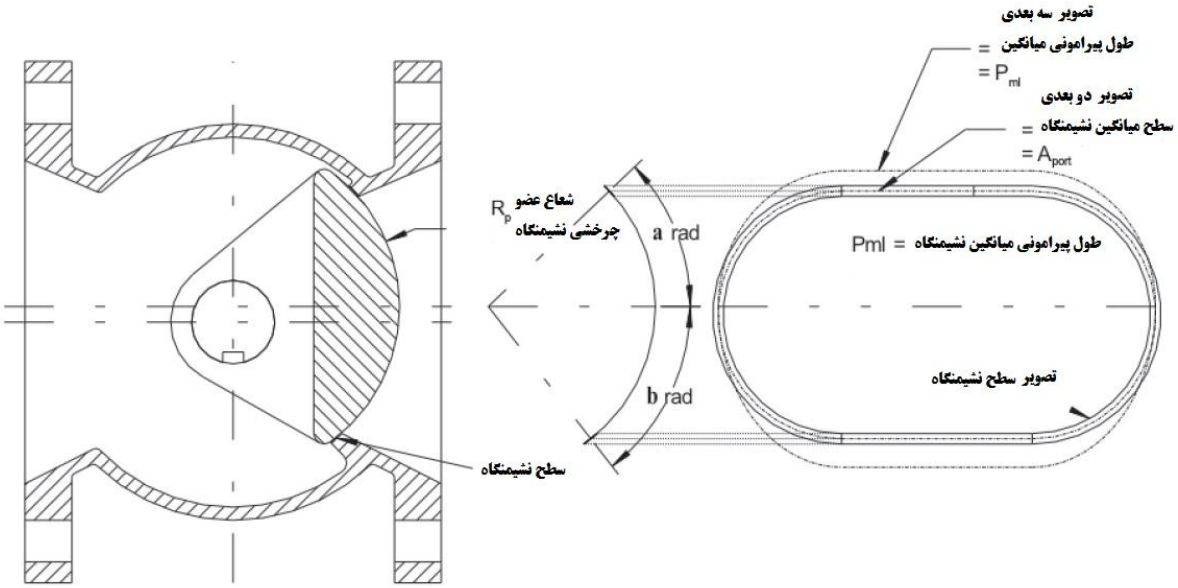
که در آن‌ها:

[1]-Link/lever
[2]-Throttling

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_{sc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور نشیمن [a]	N/m (lb/in)
C_{sp}	ضریب وابسته به فشار گشتاور نشیمن [a]	N/m/kPa (lb/in/psi)
D_d	قطر دیسک (برای شیرهای توپی از D یا D_{port} به‌عنوان D_d استفاده می‌شود.)	mm (in)
T_s	گشتاور نشیمن (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} =۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: ft/in (۰٫۰۸۳۳) = ۱/۱۲ U_{C2} استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: m^2/mm^2 (۰٫۰۰۰۰۰۱) U_{C2} = ۱ ×۱۰$^{-۶}$	m^2/mm^2 (ft/in یا) (in/in)
ΔP_{max}	بیشینه افت (یا تلفات) فشار در امتداد شیر بسته یا مجموع سیستم در حالت شیر بسته‌شده	kPa-d (psid)
W_{seat}	پهنای نشیمن	mm (in)
K	ضریب فشردگی نشیمن، معمولاً برابر ۲	بدون بعد
μ_{seat}	ضریب اصطکاک نشیمن	بدون بعد

[a] این متغیرها وابسته به کاربرد جهت فشار مستقیم یا برگشتی هستند. برای شیرهای دارای گشتاور نشیمن (برون‌محور دوتایی و سه تایی)، ضریب‌ها ممکن است بر مبنای گشتاور مورد نیاز برای حصول فشار و نرخ نشتی مورد نیاز باشد.



azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شکل ۲۸- محدوده پیرامونی و درگاه نشیمن شیر سماوری

برای شیرهای سماوری، رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$T_s = U_{C2} \times \left(C_{sc} + C_{sp} \times \Delta P_{max}\right) \times P_{ml} \times R_p \qquad (۳۴)$$

(شیر سماوری)

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
P_{ml}	طول پیرامونی میانگین نشیمن	mm (in)
R_p	شعاع عضو چرخشی شیر سماوری همراه با سطح عضو انسداد پوشیده شده با لاستیک (به شکل ۲۶ مراجعه شود.)	mm (in)

گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه (T_s یا T_{us}) همیشه مثبت هستند؛ زیرا همواره خلاف حرکت مسدودکننده اعمال می‌گردند. اثرات تمیزی، کهنه شدن و از هم پاشیدگی نشیمن معمولاً در ضریب، احتساب نمی‌شود. آزمون مورد استفاده برای تعیین ضریب نشیمن (بحث شده در بند ۷) براساس نشیمن نو (جدید) است. تولیدکنندگان می‌توانند یک ضریب ایمنی یا ضریب از هم پاشیدگی در طول دوره بهره‌برداری به کار برند یا گشتاور نشیمن را برای استفاده در مدت زمان طولانی محاسبه کنند. بهتر است توجه داشت که کهنه‌گی و ساییدگی ممکن است وابسته به طراحی شیر، راستای نصب و شرایط عملیاتی خدمات آن باعث کاهش یا افزایش گشتاور نشیمن شود. بنابراین به‌کار بردن ضریب کاهشی بدون در نظر داشتن تجربیات عملیاتی خوب، مناسب نیست.

ضریب وابسته به فشار (C_{sp}) نشان‌دهنده تغییر گشتاور در طرح‌های نشیمن مختلف است که تحت فشار قرار می‌گیرند و یا این‌که بر اساس فشار تفاضلی عملیاتی، متغیر هستند. ضریب وابسته به فشار (C_{sp}) ممکن است وابسته به راستای نصب، مثبت یا منفی باشد. طرح‌های نشیمن که فشار نسبی بر آن‌ها اثرگذار نیست، ممکن است دارای مقدار صفر برای C_{sp} باشند.

اگر گشتاور مورد نیاز برای نشستن و گشتاور مورد نیاز برای جدا شدن اساساً متفاوت باشند، ضرایب نشیمن جداگانه برای حالت نشستن و جداشدن، به‌صورت مشابه می‌تواند به‌صورت زیر به‌دست آورده شود:

$$T_{us} = U_{C2} \times (C_{usc} + C_{usp} + \Delta P_{max}) \times D_d^{\,2} \qquad (۳۵)$$

(شیر پروانه‌ای، توپی)

که در آن:

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_{usc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور نشیمن[a]	N/m (lb/in)
C_{usp}	ضریب وابسته به فشار گشتاور نشیمن[a]	N/m/kPa (lb/in/psi)
D_d	قطر دیسک (برای شیرهای توپی از D یا D_{port} به‌عنوان D_d استفاده می‌شود.)	mm (in)
T_s	گشتاور نشیمن (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) ft/in استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: $U_{C2} = ۱ \times ۱۰^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (ft/in یا) (in/in)
ΔP_{max}	بیشینه افت (یا تلفات) فشار در امتداد شیر بسته یا مجموع سیستم در حالت شیر بسته‌شده	kPa-d (psid)

[a] این متغیرها وابسته به کاربرد جهت فشار مستقیم یا برگشتی هستند. برای شیرهای دارای گشتاور نشیمن (برون‌محور دوتایی و سه تایی)، ضریب‌ها ممکن است بر مبنای گشتاور مورد نیاز برای حصول فشار و نرخ نشتی مورد نیاز باشد.

برای شیرهای سماوری:

$$T_{us} = U_{C2} \times (C_{usc} + C_{usp} + \Delta P_{max}) \times P_{ml} \times R_p \qquad (۳۶)$$

(شیر سماوری)

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
P_{ml}	طول پیرامونی میانگین نشیمن	mm (in)
R_p	شعاع عضو چرخشی شیر سماوری همراه با سطح عضو انسداد پوشیده شده با لاستیک	mm (in)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

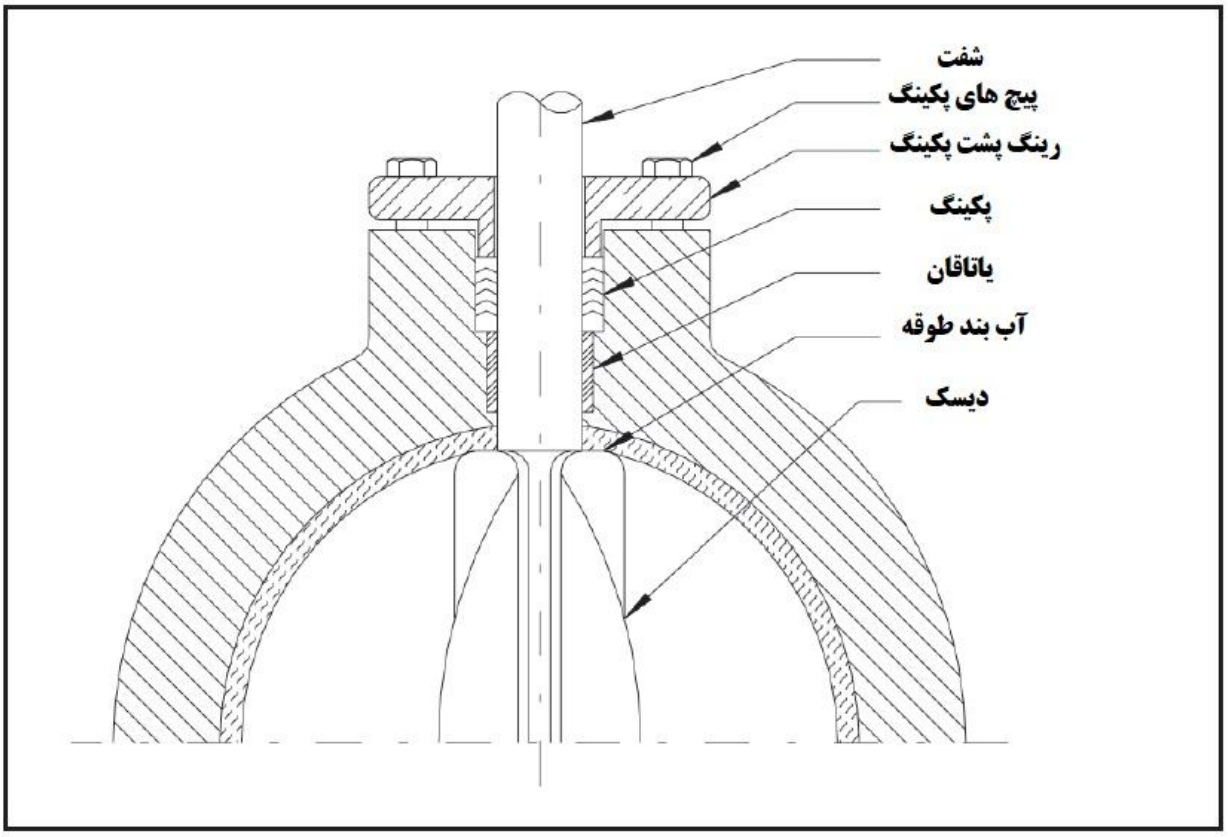
۵-۵ گشتاور پکینگ[1] و طوقه[2]

گشتاور پکینگ (Tp) ناشی از اصطکاک مابین آب بند شفت (پکینگ) و شفت شیر ایجاد می‌گردد. گشتاور آب‌بندی طوقه ناشی از اصطکاک مابین دیسک یا شفت و یا هر دوی آن‌ها و طوقه آب‌بند بدنه، جائی‌که شفت به درون مرز فشار وارد می‌شود (طوقه) (به شکل ۲۹ مراجعه شود) ایجاد می‌گردد. اغلب این دو گشتاور به‌صورت یک گشتاور واحد در نظر گرفته می‌شوند. این مقدار اغلب به‌وسیله آزمون تعیین می‌شود و می‌تواند به‌وسیله اندازه شیر، قطر شفت، چند برابر قطر شفت و یا سایر موارد صورت‌بندی شده و ارائه شود.

گشتاور پکینگ و طوقه (T_p) همواره مثبت هستند، زیرا همواره بر خلاف حرکت دیسک اعمال می‌گردند. این مقدار معمولاً مؤلفه‌ای کوچک از گشتاور کل است و اغلب در شیرهای بزرگ‌تر نادیده گرفته می‌شود. زمانی‌که آب‌بند مورد استفاده اُ-رینگ[3] و یا وی-پکینگ[4] باشد، معمولاً این نوع گشتاور چندان دارای اهمیت نخواهد بود و نادیده گرفته می‌شود. هرچند که سفت کردن بیش از اندازه پیچ‌های پشت‌بند پکینگ می‌تواند باعث افزایش قابل ملاحظه این گشتاور شود. برای دستورالعمل‌ها و توصیه‌نامه‌های تنظیم پکینگ با سازنده شیر مشورت شود. در بعضی موارد این گشتاور می‌تواند به‌عنوان مؤلفه‌ای از گشتاور نشیمن و یا سایر مؤلفه‌های اصطکاکی عنوان گردد. در چنین حالتی ممکن است مقدار آن صفر در نظر گرفته شود.

[1]- Packing
[2]- Hub
[3]- O-ring
[4]- V-packing

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۲۹- گشتاور آب‌بند پکینگ و طوقه (T_p)

از آن‌جایی‌که پکینگ مبنای اصطکاکی دارد و انواع مختلفی از آن وجود دارد، روش‌های بارگذاری و رویه‌های تنظیم تغییرات گسترده‌ای در داده‌های اصطکاک وجود دارد. بسیاری از کارخانه‌جات سازنده پکینگ، محدوده اصطکاک پکینگ و روند محاسبات آن را بر اساس نوع پکینگ، مواد سازنده، روش بارگذاری و فشار عملیاتی ارائه می‌دهند. برخی از محاسبات نوعی گشتاور پکینگ که ممکن است مورد استفاده قرار بگیرد مطابق با زیر است:

$$T_p = U_{C1} \times C_{pck\,f} \times d_s^{\,2} \qquad (۳۷)$$

$$T_p = U_{C1} \times C_{pck\,tq} \times d_s \qquad (۳۸)$$

یا برای پکینگ‌های نوع کاسه نمد مطابق با معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$T_p = U_{C1} \times \frac{3 \times P_c \times \pi \times v \times H_p \times \mu_p}{4} \times d_s^{\,2} \qquad (۳۹)$$

که در آن‌ها:

نماد	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک

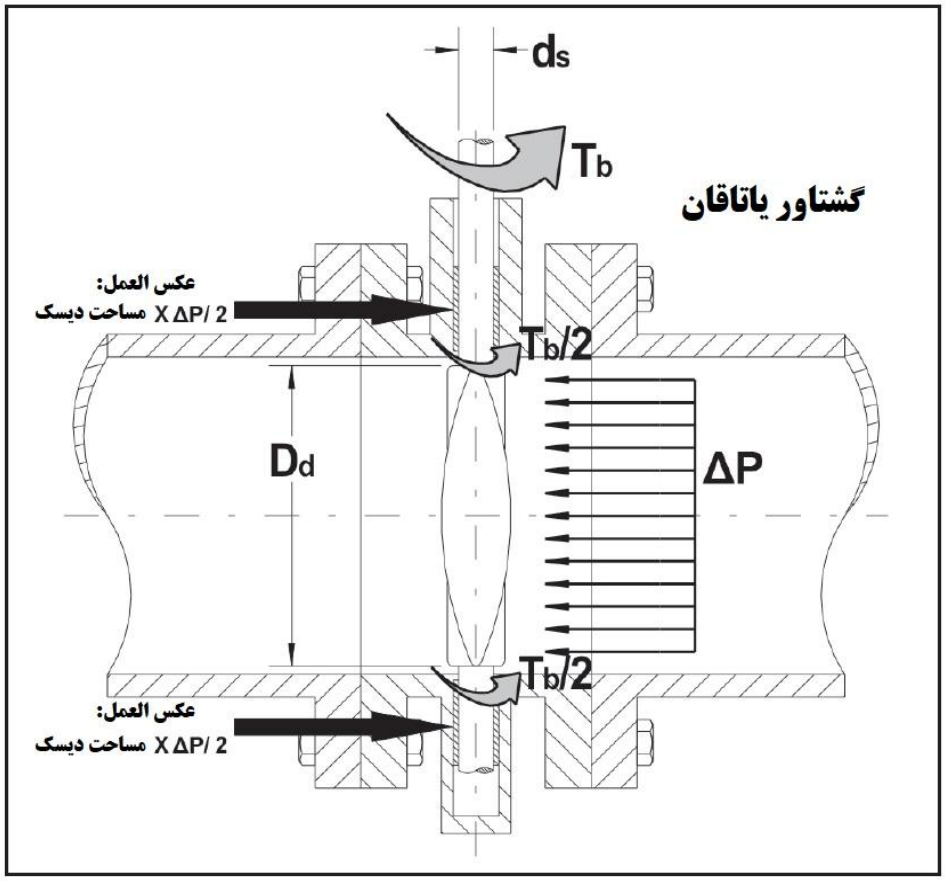
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

متغیر		(واحدهای غیر متریک)
$C_{pck\ f}$	ضریب نیروی پکینگ	N/m (lb/in)
$C_{pck\ tq}$	ضریب گشتاور پکینگ	N (lb)
d_s	قطر شفت	m (in)
H_p	ارتفاع پکینگ	m (in)
P_c	رده فشار یا بیشینه فشار طراحی (بزرگ‌ترین مقدار)	kPa (psi)
T_p	گشتاور آب‌بند پکینگ یا طوقه (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C1}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C1} =۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C1} = $\frac{۱}{۱۲}$ (۰٫۰۸۳۳) in/ft استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C1} = ۱ ×$۱۰^{-۳}$ (۰٫۰۰۱) m/mm	m/mm (in/ft یا) (in/in)
μ_p	ضریب اصطکاک پکینگ (نوعا مابین ۰٫۱ تا ۰٫۳)	بدون بعد
ν	نرخ انتقال تنش شعاعی به تنش محوری پکینگ (نوعاً ثابت و برابر ۰٫۵ در نظر گرفته می‌شود)	بدون بعد

۵-۶ گشتاور یاتاقان

گشتاور یاتاقان (T_b) در یک شیر ربع‌گرد تابعی از ضریب اصطکاک مابین یاتاقان و شفت، قطر شفت، قطر عضو انسداد (یا مساحت)، ترکیبی از وزن عضو انسداد و شفت (شفت‌ها)، جهت‌گیری عمودی محور شفت و افت فشار در امتداد دیسک در هر زاویه چرخش است (به شکل ۳۰ مراجعه شود).

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۳۰- گشتاور اصطکاکی یاتاقان (T_b)

۵-۶-۱ شیرهای توپی، پروانه‌ای و مخروطی چرخشی

برای گشتاور یاتاقان اعمال‌شده تنها ناشی از فشار تفاضلی خواهیم داشت:

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{\pi \times D_d^{\,2} \times \Delta P_\theta \times d_s \times C_f}{8} \qquad (۴۰)$$

برای گشتاور یاتاقان اعمال‌شده ناشی از اختلاف فشار و وزن شفت با استفاده از جمع مستقیم محافظه‌کارانه، داریم:

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{(\pi \times D_d^{\,2} \times \Delta P_\theta + W_{d\&s}) \times d_s \times C_f}{8} \qquad (۴۱)$$

یا

$$P_{ew} = \frac{4 \times (W_{d\&s})}{\pi \times D_d^{\,2}} \qquad (۴۲)$$

و

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{\pi \times D_d^{\,2} \times (\Delta P_\theta + P_{EW}) \times d_s \times C_f}{8}$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

(۴۳)

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_f	ضریب اصطکاک مابین شفت یا ترنیون و بوش، بدون بعد (این مقدار ممکن است از آزمون جریان، کتابچه‌های دستی مهندسی، سازندگان یاتاقان یا سازندگان شیر به‌دست آید.)	بدون بعد
D_d	قطر دیسک برای شیرهای پروانه‌ای یا قطر نامی (D) یا قطر درگاه (D_{Port}) برای شیرهای توپی	mm (in)
d_s	قطر شفت. برای شیرهای دارای ترنیون از قطر ترنیون استفاده شود (d_{tr})	mm (in)
d_{tr}	قطر ترنیون برای عضوهای انسداد دارای ترنیون	mm (in)
P_{EW}	رده فشار یا بیشینه فشار طراحی (بزرگ‌ترین مقدار)	kPa (psi)
$T_{b\theta}$	گشتاور یاتاقان در موقعیت زاویه θ (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا in-lb)
$W_{d\&s}$	وزن مجموعه مسدودکننده (توپی، دیسک یا سماوری) و مجموعه شفت(ها) (بانجو). برای کاربردهایی که شامل اعمال بارهای ارتعاشی اضافی هستند، ممکن است $W_{d\&s}$ در G یا $(G \pm 1)$ ضرب شود، که در آن G به‌عنوان ضریب اضافی شتاب جاذبه اعمال می‌گردد.	Kg (lb)
ΔP_θ	افت فشار (تلفات فشار) در موقعیت زاویه θ	kPa-d (psid)

۵-۶-۲ شیرهای سماوری

برای گشتاور یاتاقان اعمال‌شده تنها ناشی از فشار تفاضلی خواهیم داشت:

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{A_{port} \times \Delta P_\theta \times d_{sm} \times C_f}{2} \qquad (۴۴)$$

برای گشتاور یاتاقان ناشی از فشار تفاضلی به‌علاوه وزن عضو انسداد و شفت به‌عنوان جمع مستقیم محافظه‌کارانه خواهیم داشت:

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{(A_{port} \times \Delta P_\theta + W_{d\&s}) \times d_{sm} \times C_f}{2} \qquad (۴۵)$$

یا

$$P_{ew} = \frac{(W_{d\&s})}{A_{port}} \qquad (۴۶)$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

و

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{A_{port} \times (\Delta P_{\theta} + P_{EW}) \times d_{sm} \times C_f}{2} \qquad (۴۷)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_f	ضریب اصطکاک مابین شفت یا ترنیون و بوش، بدون بعد (این مقدار ممکن است از آزمون جریان، کتابچه‌های دستی مهندسی، سازندگان یاتاقان یا سازندگان شیر به‌دست آید.)	بدون بعد
A_{port}	سطح میانگین درگاه شیر بر مبنای نقطه مرکزی یا میانی نقطه نشیمن‌گاه حول محیط نشیمن	mm^2 (in^2)
d_{sm}	قطر میانگین شفت. شفت بالایی یا شفت عملگر و شفت تحتانی یا شفت کور ممکن است قطرهای متفاوتی داشته باشند.	Mm (in)
P_{EW}	فشار معادل وزن شفت و مسدودکننده[a]	kPa (psi)
$T_{b\theta}$	گشتاور یاتاقان در موقعیت زاویه θ (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$W_{d\&s}$	وزن مجموعه مسدودکننده (توپی، دیسک یا سماوری) و مجموعه شفت(ها) (بانجو). برای کاربردهایی که شامل اعمال بارهای ارتعاشی اضافی هستند، ممکن است $W_{d\&s}$ در G یا $(G \pm ۱)$ ضرب شود، که در آن G به‌عنوان ضریب اضافی شتاب جاذبه اعمال می‌گردد.[a]	kg (lb)
ΔP_{θ}	افت فشار (تلفات فشار) در موقعیت زاویه θ	kPa-d (psid)

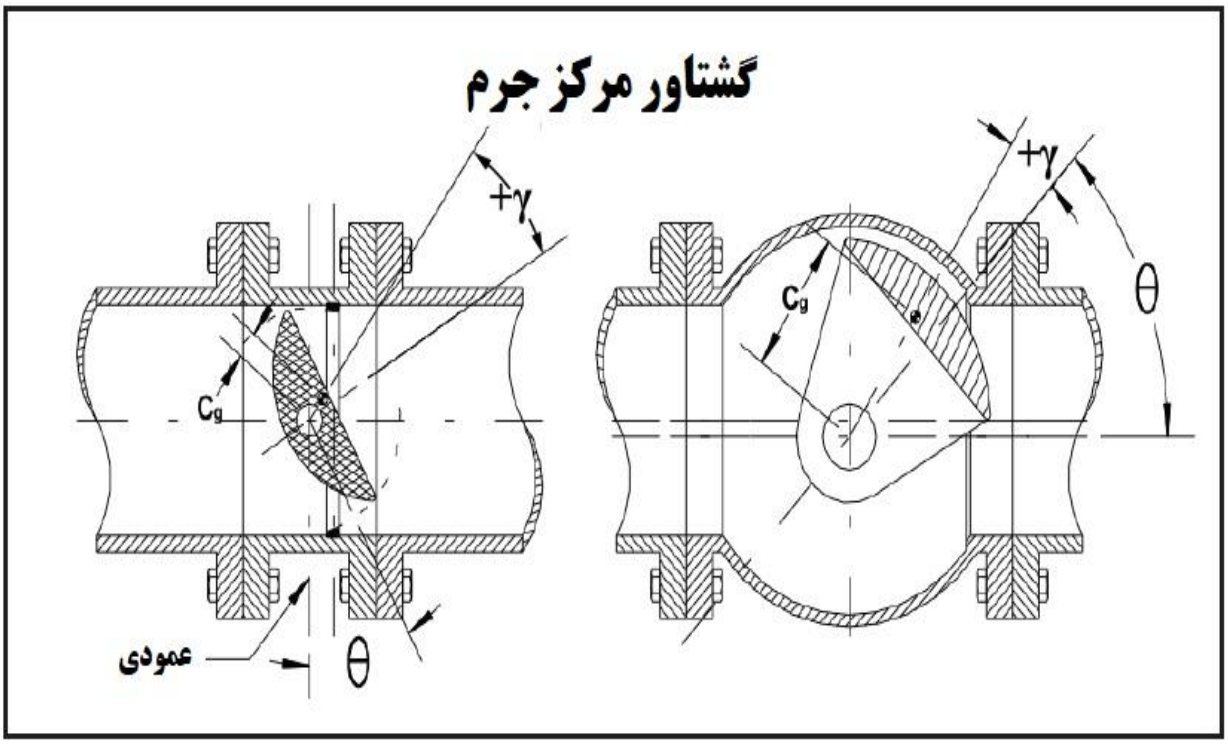
[a] در معادلات ۴۵، ۴۶ و ۴۷ وزن عضو انسداد و شفت به‌صورت محافظه‌کارانه به‌طور مستقیم در محاسبه اصطکاک یاتاقان اضافه شده است. این حالت بدترین شرایط ممکنی است که بار نیروی یاتاقان ناشی از اختلافات فشار و نیروهای ناشی از وزن شفت(ها) و عضو انسداد به صورت برداری در شرایط خاص جهت‌گیری نصب، با یکدیگر جمع شوند. در حالت عادی جمع مؤلفه‌های وزن با گشتاور در اختلاف فشارهای بالاتر کم اهمیت است؛ اما در اختلاف فشارهای کم و وقتی بارهای لرزه‌ای بالا واقع شوند، دارای اهمیت است. مقدار اضافه‌شده، در حال کلی مابین ۳٫۴۵ kPa تا ۲۷٫۶ kPa (۰٫۴ psi تا ۰٫۵ psi)، به اختلاف فشار محاسبه‌شده برای شیرهای مورد نظر این استاندارد است. برای مشاهده روش‌های تکمیلی بیش‌تر تحت شرایط بحرانی به زیربند ۵-۱۱ مراجعه شود. برای کاربردهای همراه با بارهای لرزشی اضافی، ممکن است $W_{d\&s}$ در G (افقی) یا $G \pm ۱$ (عمودی) ضرب شود. که در آن G شتاب لرزشی اضافی است.

گشتاور یاتاقان همواره مثبت است؛ چرا که این گشتاور بر خلاف هر حرکت عضو انسداد اعمال می‌گردد. این گشتاور در نزدیکی بسته شدن بالاترین مقدار را دارا می‌باشد. زیرا بالاترین اختلاف فشار در نزدیکی بستن شیر ایجاد می‌شود و مقدار گشتاور یاتاقان هنگامی‌که شیر به حالت کاملاً باز نزدیک می‌شود، تقریباً به مقدار صفر کاهش می‌یابد.

۵-۷ گشتاور مرکز ثقل

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

گشتاور مرکز ثقل (T_{cg}) ناشی از برون‌محوری عضو انسداد ایجاد می‌شود. این نوع گشتاور زمانی ایجاد می‌شود که شفت شیر در حالت افقی و یا نزدیک به آن قرار دارد و تابعی از موقعیت عضو انسداد و وزن آن و هم‌چنین فاصله مابین محور چرخش و مرکز ثقل است (به شکل ۳۱ مراجعه شود). گشتاور مرکز ثقل در یک شیر با شفت و آبراهه افقی، زمانی‌که موقعیت مرکز ثقل روی محور آبراهه قرار می‌گیرد، بزرگ‌ترین مقدار را داراست. این گشتاور به شکل مشهودی با توجه به طراحی عضو انسداد و محل مرکز ثقل تغییر می‌کند. این گشتاور ممکن است ناچیز فرض شود و یا در بدترین حالت بزرگ‌ترین مقدار را در حرکت شیر، حالتی‌که $\cos(\theta + \gamma)$ برابر ۱ است، داشته باشد. برای جزئیات کامل‌تر نصب در شرایط کاربرد بحرانی، جائی‌که محور لوله و محور شفت مشخص هستند و در راستاهای دیگری قرار دارند، به زیربند ۵-۱۱ و شکل‌های ۴۲ و ۴۳ مراجعه شود. شیرهای توپی و مخروطی چرخشی دارای مقدار C_g صفر (۰) یا خیلی کوچک هستند و این گشتاور در حالت کلی برای این شیرها به کار برده نمی‌شود.



شکل ۳۱- گشتاور مرکز ثقل (T_{cg})

برای حالت محورهای افقی شفت و لوله، فرمول پایه برای محاسبه گشتاور مرکز ثقل عبارت است از:

$$T_{cg\theta} = U_{C1} \times S_c \times W_d \times C_g \times \cos(\theta + \gamma) \quad (۴۸)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

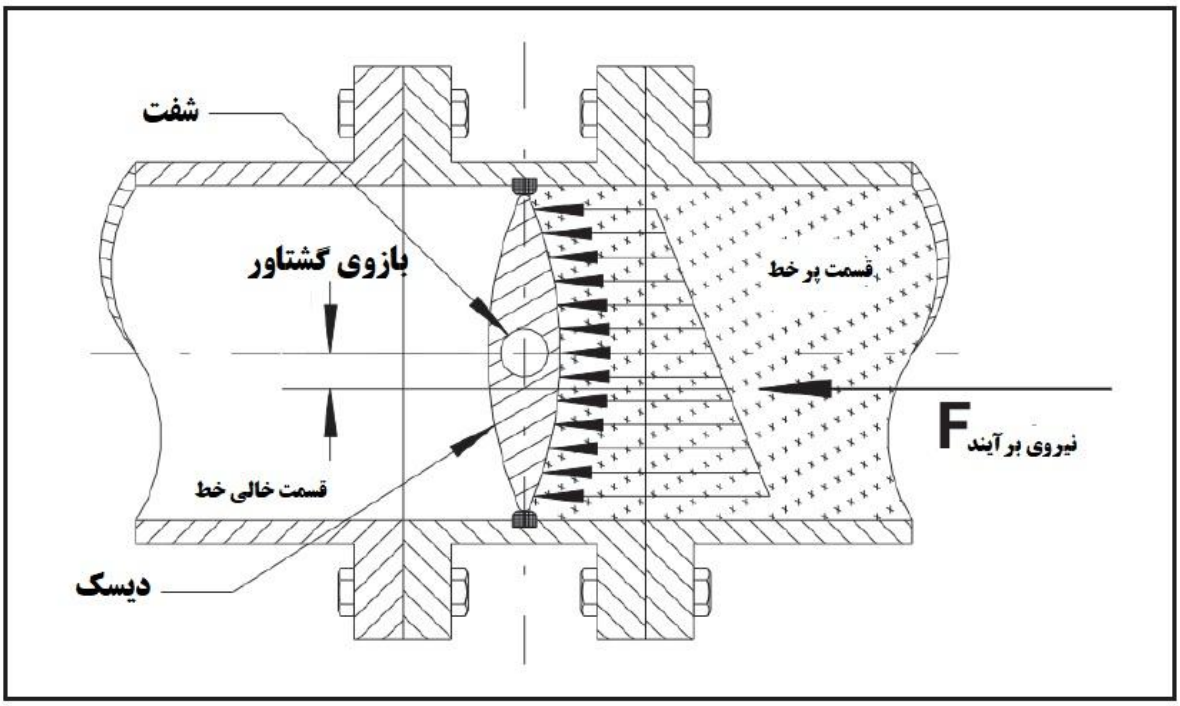
C_g	فاصله مرکز ثقل عضو انسداد شیر از خط مرکزی شفت	mm (in)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به‌صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد
$T_{cg\theta}$	گشتاور مرکز ثقل در موقعیت زاویه θ، دارای مقدار مثبت زمانی‌که شیر در جهت بستن حرکت می کند و دارای مقدار منفی زمانی‌که شیر در جهت باز شدن حرکت می‌کند.	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
W_d	وزن دیسک شیر	Kg (lb)
γ	زاویه برون‌محوری مرکز ثقل (برای طرح‌های نامتقارن عضو انسداد)	رادیان (درجه)
θ	زاویه موقعیت بازشدگی شیر، در حالت بسته = ۰ رادیان (° ۰)؛ در حالت کاملاً باز ≈ $\pi/2$ (° ۹۰)	رادیان (درجه)

۸-۵ گشتاور هیدرواستاتیک

گشتاور هیدرواستاتیک (T_h) ناشی از هد تراز استاتیک آب در یک سمت عضو انسداد زمانی‌که سمت دیگر عضو انسداد خالی از سیال باشد، ایجاد می‌شود. (به شکل‌های ۳۲ و ۴۴ مراجعه شود). این مؤلفه گشتاور زمانی ایجاد می‌شود که محورهای لوله آبراهه و شفت در نزدیکی حالت افقی و یا در حالت افقی باشند (زوایای شفت و لوله آبراهه بالاتر از صفر باشد). متغیر قرارداد علامتی ممکن است جهت نشان دادن هم‌جهت بودن و یا خلاف جهت بودن حرکت عملگر اختصاص یابد یا ممکن است در بدترین حالت مخالف هر دو جهت حرکت عملگر لحاظ شود. این مؤلفه گشتاوری زمانی‌که هیچ جریان سیالی وجود ندارد و شیر در حالت بسته قرار گرفته است و یک سمت خط خالی از سیال باشد، ایجاد می‌شود.

زمانی‌که نیروهای فشاری گسترده آب روی سطح عضو انسداد با یکدیگر جمع می‌شوند، می‌توانند با بردار نیروی واحد $F_{resultant}$، مطابق با شکل ۳۲ جایگزین شوند. هرچند که این بردار در استخراج رابطه گشتاور استفاده نمی‌شود اما تجسم بهتری از تأثیر بار فشار سیال ایجاد می‌کند. استخراج این گشتاور در این استاندارد گنجانده نشده است اما بر مبنای سطحی دایره‌ای می‌باشد. اگر چه شیرهای سماوری ممکن است سطح درگاه غیردایره‌ای داشته باشند، این استخراج برای استفاده در تمام شیرها در محدوده این استاندارد مناسب می‌باشد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۳۲- گشتاور هیدرواستاتیک (T_h)

زمانی‌که محورهای شفت و لوله در حالت افقی قرار دارند:

(۴۹) (بر حسب واحدهای غیر متریک)
$$T_h = S_c \times U_{C1} \times \frac{\rho \times \pi}{5.333} \times \left(\frac{D_d}{12}\right)^4 \times \left(1 + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right)$$

یا

(۵۰) (بر حسب واحدهای متریک)
$$T_h = S_c \times \frac{\rho \times \pi \times g}{64} \times (U_{C1} \times D_d)^4 \times \left(1 + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right)$$

یا برای آب سرد، جائی‌که $\varrho = ۶۲٫۴ \ lb/ft^3$:

(۵۱) (بر حسب واحدهای غیر متریک)
$$T_h = S_c \times U_{C1} \times 0.0017726 \times (D_d)^4 \times \left(1 + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right)$$

یا برای آب سرد، جائی‌که $\varrho = ۱۰۰۰ \ kg/m^3$:

(۵۲) (بر حسب واحدهای متریک)
$$T_h = S_c \times 481.322 \times (U_{C1} \times D_d)^4 \times \left(1 + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right)$$

که در آن‌ها:

نماد	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

متغیر		(واحدهای غیر متریک)
D_d	قطر عضو انسداد، برای درگاه‌های غیر مدور (شیر سماوری) از رابطه $D_d = (4 \times A_{port} / \pi)^{1/2}$ استفاده می‌شود.	mm (in)
g	ثابت گرانش شتاب ناشی از جاذبه، ۹٫۸۱ m/s^2 (۳۲٫۲ ft/s^2)	m/s^2 (ft/s^2)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد
T_h	گشتاور هیدرواستاتیک (مقدار مثبت تمایل به بستن شیر دارد و مقدار منفی تمایل به باز کردن شیر دارد)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C1}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C1} =۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: (۰٫۰۸۳۳) in/ft $U_{C1} = 1/12$ استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: (۰٫۰۰۱) m/mm $U_{C1} = 1 \times 10^{-3}$	m/mm (ft/in یا) (in/in)
ε_2	برون محوری عرضی عضو انسداد.	Mm (in)
ϱ	چگالی سیال	kg/m^3 (lb/ft^3)

یادآوری ۱- T_h تنها در موقعیت نشیمن‌شده در حین باز شدن یا بستن در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۲- ε_2 برای طرح‌های متقارن و تک برون‌محوره صفر است.

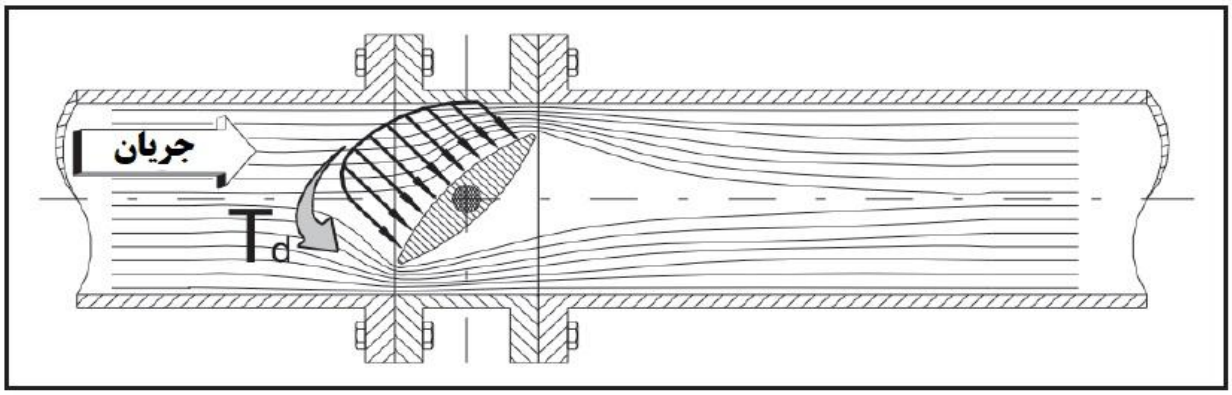
یادآوری ۳- علامت قراردادی ε_2 برای گشتاور هیدرواستاتیک، زمانی‌که در بالای خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد مثبت و زمانی‌که در پایین خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد منفی است. به شکل ۱۷ مراجعه شود.

یادآوری ۴- چگالی استاندارد آب ۱۰۰۰ kg/m^3 (۶۲٫۴ lb/ft^3) در نظر گرفته می‌شود.

۵-۹ گشتاور دینامیکی

گشتاور دینامیکی (T_d) ناشی از جریان سیال ایجاد می‌شود و به‌صورت تابعی از هندسه شیر، دبی جریان و موقعیت شیر تعیین می‌گردد (به شکل ۳۳ مراجعه شود).

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۳۳- گشتاور دینامیکی (T_d) برای یک دیسک متقارن شیر پروانه‌ای

$$T_{d\theta} = U_{C2} \times C_{t\theta} \times D_d^{\,3} \times \Delta P_\theta \qquad (۵۳)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$C_{t\theta}$	ضریب گشتاور دینامیکی در موقعیت زاویه θ (مقدار مثبت تمایل به بستن شیر دارد)	-
D_d	قطر دیسک[a]	mm (in)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به‌صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) ft/in استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: $U_{C2} = ۱ \times ۱۰^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (ft/in یا) (in/in)
ΔP_θ	افت فشار (تلفات فشار) در موقعیت زاویه θ عضو انسداد	kPa (psid)

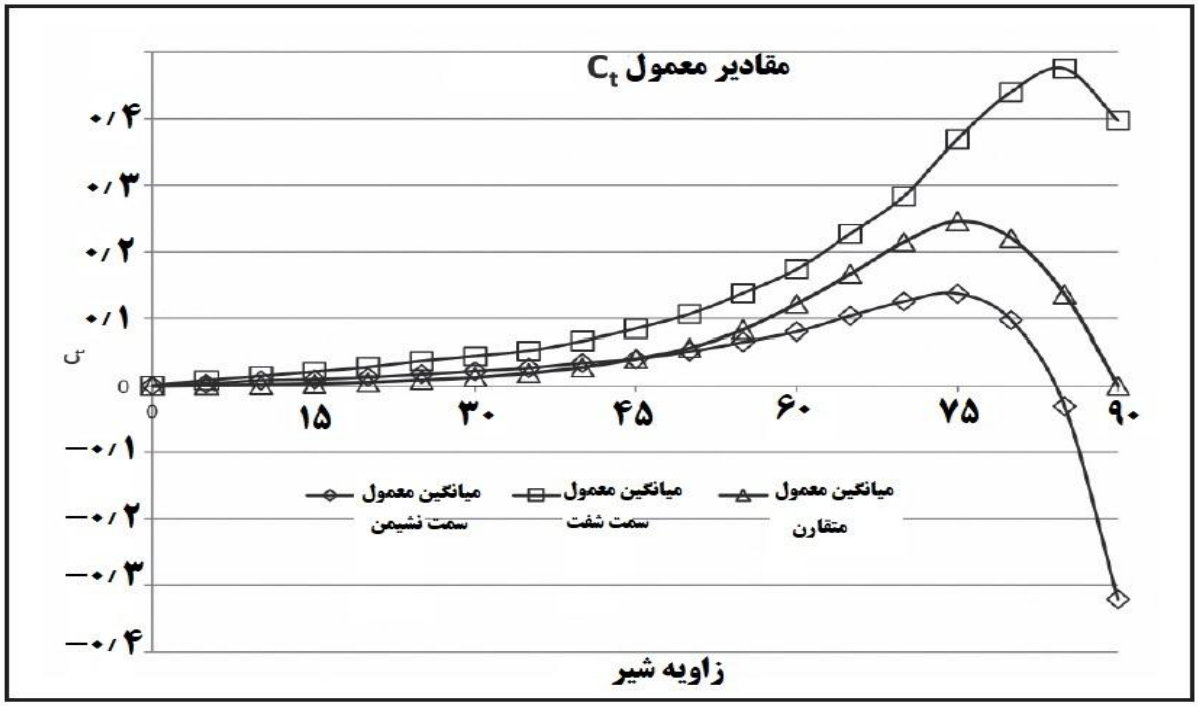
[a] قطر نامی شیر (D) برای شیرهای توپی، مخروطی چرخشی و سماوری استفاده می‌شود. قطر نامی شیر (D) اغلب برای شیرهای پروانه‌ای زمانی‌که D_h نامشخص است استفاده می‌شود و باعث افزایش عدم قطعیت می‌شود. اما به‌طور محافظه‌کارانه‌ای مقادیر گشتاور بزرگ‌تری را تولید می‌کند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

بیشینه ضریب گشتاور دینامیکی (که انعکاس‌دهنده افت فشار ثابت در تمام موقعیت‌های انتقالی است) به‌صورت تقریبی، در زوایای بازشدگی مابین ° ۶۵ تا ° ۸۰ درجه رخ می‌دهد. در مقابل بیشینه گشتاور دینامیکی کل (مجموع همه گشتاورهای اعمال‌شده) در موقعیت انتقالی میانی مابین زاویه ° ۰ (شیر کاملاً بسته) و زاویه ° ۵۰ (شیر باز) که در آن اختلاف فشار بالا است، رخ می‌دهد (افت فشار با موقعیت شیر تغییر می‌کند). افت فشار و گشتاور دینامیکی وابسته به مشخصات سیستم لوله‌کشی هستند و بدون بررسی سیستم نمی‌توانند در نظر گرفته شوند.

ضرایب گشتاور دینامیکی برای یک عضو انسداد متقارن در حالت عادی مستقل از راستای جریان است (به شکل ۳۴ را مراجعه شود). این ضرایب تابعی از هندسه عضو انسداد، موقعیت انتقالی شیر و افت فشار هستند.

ضرایب گشتاور دینامیکی برای یک دیسک شیر پروانه‌ای تک برون‌محور، به‌صورت نشان داده‌شده در شکل ۳۴، علاوه بر جهت جریان به هندسه دیسک، موقعیت انتقالی شیر و افت فشار در امتداد دیسک شیر پروانه‌ای وابسته هستند. ضریب گشتاور دینامیکی زمانی‌که نشیمن در بالادست نصب شده است و دیسک در موقعیت باز قرار دارد (عضو انسداد متمایل به باز شدن است)، ممکن است منفی باشد. هم‌چنین علامت ضریب گشتاور دیسک تک برون‌محور شیر پروانه‌ای در نزدیکی زاویه ° ۸۵، ممکن است تغییر کند. اگر دیسک در موقعیت زاویه‌ای قرار گیرد که جهت گشتاور ناپایدار باشد (جائی‌که C_t در اطراف ۰ در زوایایی غیر از °۹۰ نوسان می‌کند) در دوره‌های زمانی طولانی مدت ممکن است ناشی از ارتعاشات باعث ایجاد آسیب شود و توصیه می‌شود از بهره‌برداری طولانی مدت از شیر در این موقعیت قرارگیری شیر خودداری شود.



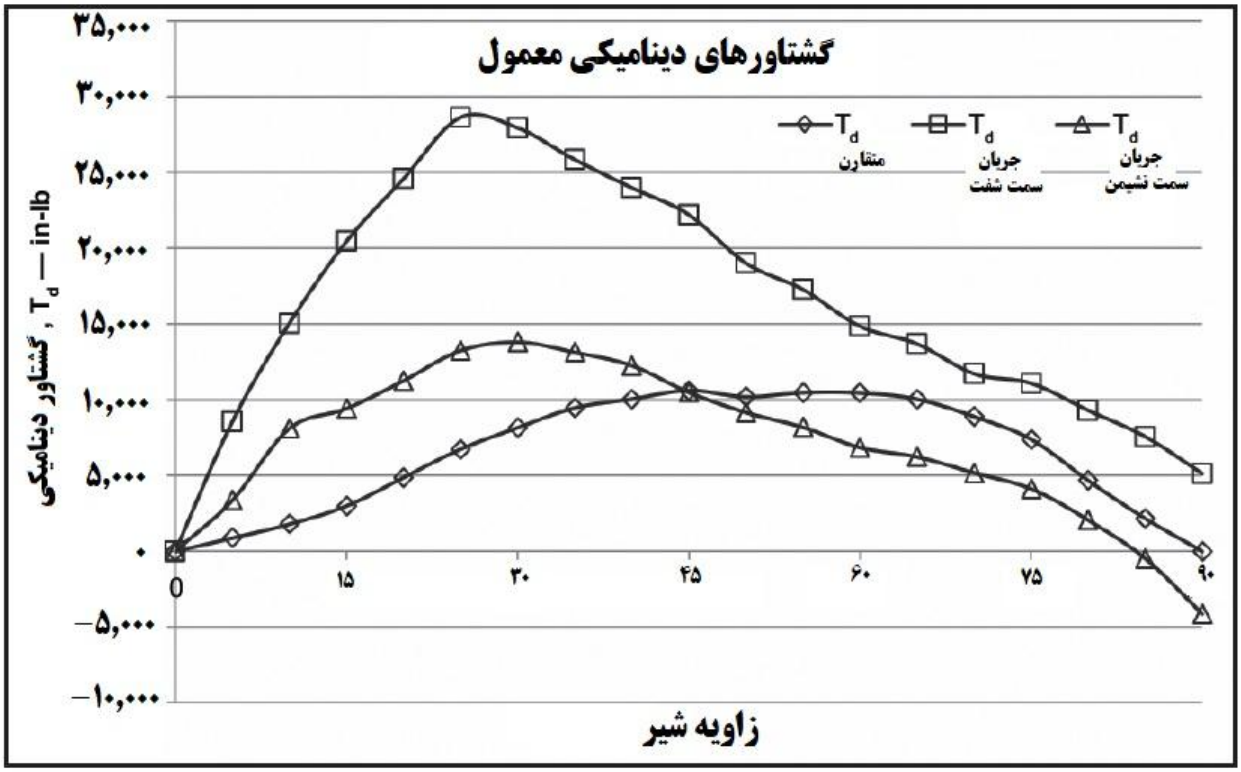
شکل ۳۴- نمودار ضریب گشتاور دینامیکی (C_t) برای شیرهای پروانه‌ای با دیسک‌های متقارن و برون‌محور

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

اگر چه بیشینه ضرایب گشتاور دینامیکی در زوایای بازشدگی حدود ° ۷۰ تا ° ۸۰ (٪ ۷۸ تا ٪ ۹۰ بازشدگی) ایجاد می‌گردد (مطابق با شکل ۳۴)، بیشینه گشتاور کل بازشدگی شیر در زوایای کم‌تر (حدود ° ۳۵ یا ° ۳۹) رخ می‌دهد (مطابق با شکل‌های ۳۶ و ۳۷). شکل‌های ۳۸ و ۳۹ چگونگی تغییرات گشتاور کل عملگر را در کورس بسته شدن شیر نمایش می‌دهند. در شکل ۳۵ مقدار گشتاور دینامیکی، در موقعیت زاویه تقریباً ° ۴۵ (٪ ۵۰ بازشدگی) بیشینه مقدار را دارا می باشد، چرا که میزان افت فشار (ΔP) در این زاویه بیش از افت فشار در موقعیت زاویه ° ۸۰ (٪ ۹۰ بازشدگی) است و گشتاور دینامیکی محصولی از هر دو عامل ضریب گشتاور دینامیکی و افت فشار است (به معادله ۵۳ مراجعه شود).

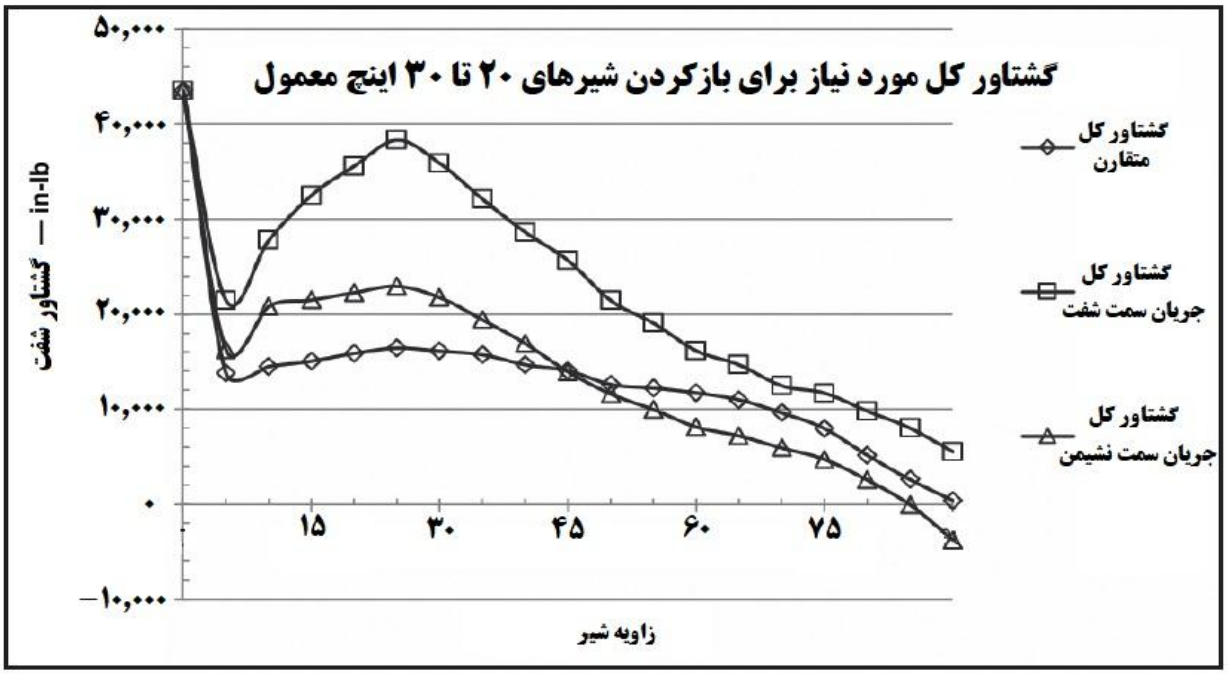
از آن‌جائی‌که گشتاور دینامیکی با مکعب قطر عضو انسداد متناسب است، در شیرهای بزرگ‌تر از ۵۰۰ mm (۲۰ in) و برای سرعت‌های بالاتر از ۵٫۲ m/s (۱۶ ft/s) این گشتاور اغلب بزرگ‌ترین گشتاور اعمالی به شیر خواهد بود. برای شیرهای کوچک‌تر به‌طور نمونه برای شیرهای ۱۵۰ mm (۶ in) و کم‌تر از آن گشتاور دینامیکی می‌تواند نادیده گرفته شود و عملگر بر مبنای گشتاورهای نشیمن، یاتاقان و پکینگ انتخاب گردد مگر آن‌که سرعت بالاتر از ۵٫۲ m/s (۱۶ ft/s) باشد.

از آن‌جائی‌که گشتاور دینامیکی در خلال حرکت انتقالی شیر وابسته به افت فشار است، ضریب گشتاور دینامیکی و ضریب جریان باید از داده‌های شیر یکسان باشند و با ضرایب سایر انواع شیرها ترکیب نشوند.

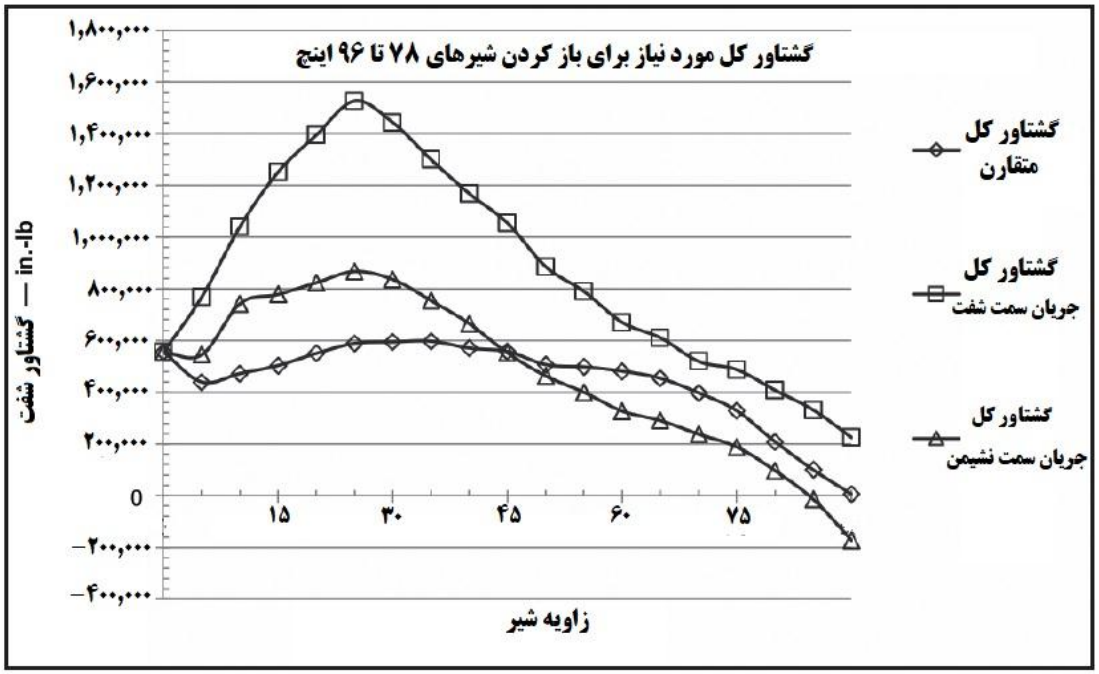


شکل ۳۵- گشتاور دینامیکی (T_d) برای یک شیر پروانه‌ای با دیسک‌های متقارن و برون‌محور

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

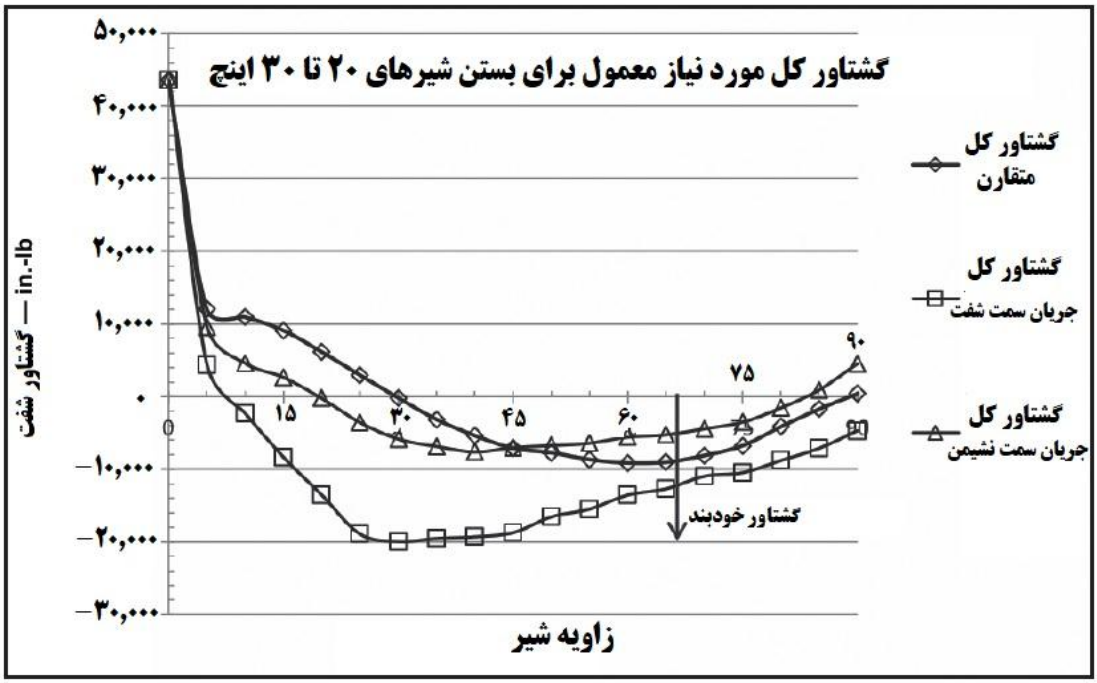


شکل ۳۶- مجموع گشتاور بازشدگی (T_{to}) برای یک شیر پروانه‌ای ۵۰۰ mm (۲۰ in) تا ۷۵۰ mm (۳۰ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور (برای هر دو جهت جریان)

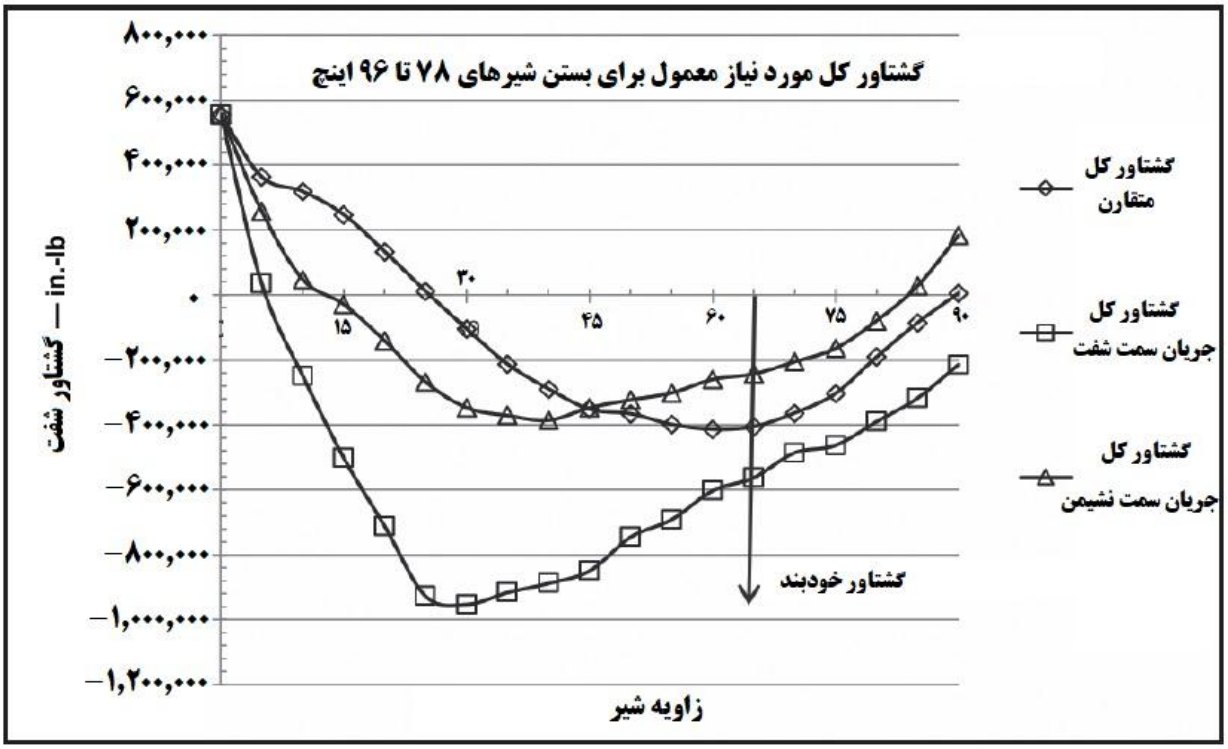


شکل ۳۷- مجموع گشتاور بازشدگی (T_{to}) برای یک شیر پروانه‌ای ۲۰۰۰ mm (۷۸ in) تا ۲۴۰۰ mm (۹۶ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور(برای هر دو جهت جریان)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۳۸- مجموع گشتاور بستن (T_{tc}) برای یک شیر پروانه‌ای ۵۰۰ mm (۲۰ in) تا ۷۵۰ mm (۳۰ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور



شکل ۳۹- مجموع گشـــتاور بستن (T_{tc}) برای یک شـــیر پروانه‌ای ۲۰۰۰ mm (۷۸ in) تا ۲۴۰۰ mm (۹۶ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۵-۱۰ گشتاور برون‌محوری یا خارج از مرکزیت شفت

گشتاور برون‌محوری یا خارج از مرکزیت شفت برای یک شیر ربع‌گرد با شفت برون‌محور دوتایی و سه‌تایی در شکل ۴۰ نمایش داده شده است. این نوع طراحی عامل ایجاد یک گشتاور اضافی وابسته به برون‌محوری عرضی یا خارج از مرکزیت و نیروی هیدرواستاتیک تفاضلی روی دیسک است. این نوع گشتاور تنها در موقعیت نشسته یا شیر کاملاً بسته به‌کار برده می‌شود و در سایر موقعیت‌های دیسک در قالب ضرایب و محاسبات گشتاور دینامیکی اعمال می‌گردد. این گشتاور اغلب به‌صورت مقدار مثبت ظاهر می‌شود. اما ممکن است در شرایطی که گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرند، دارای علامت شود.

$$T_{ecc} = S_C \times U_{C2} \times \frac{\pi \times D_d^{\,2} \times \varepsilon_2 \times \Delta P_V}{4} \qquad (۵۴)$$

(شیر توپی، پروانه‌ای یا مخروطی چرخشی)

یا

$$T_{ecc} = S_C \times U_{C2} \times A_{port} \times \varepsilon_2 \times \Delta P_V \qquad (۵۵)$$

(شیر سماوری)

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
A_{port}	مساحت درگاه شیر سماوری	mm^2 (in^2)
D_d	قطر دیسک. از قطر نامی (D) یا (D_{Port}) برای شیرهای توپی، مخروطی چرخشی و سماوری استفاده شود.	mm (in)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به‌صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد
T_{ecc}	گشتاور خروج از مرکز. (مقدار مثبت تمایل به بستن شیر و مقدار منفی تمایل به باز کردن شیر دارد.	N-m (ft-lb یا) (in-lb)

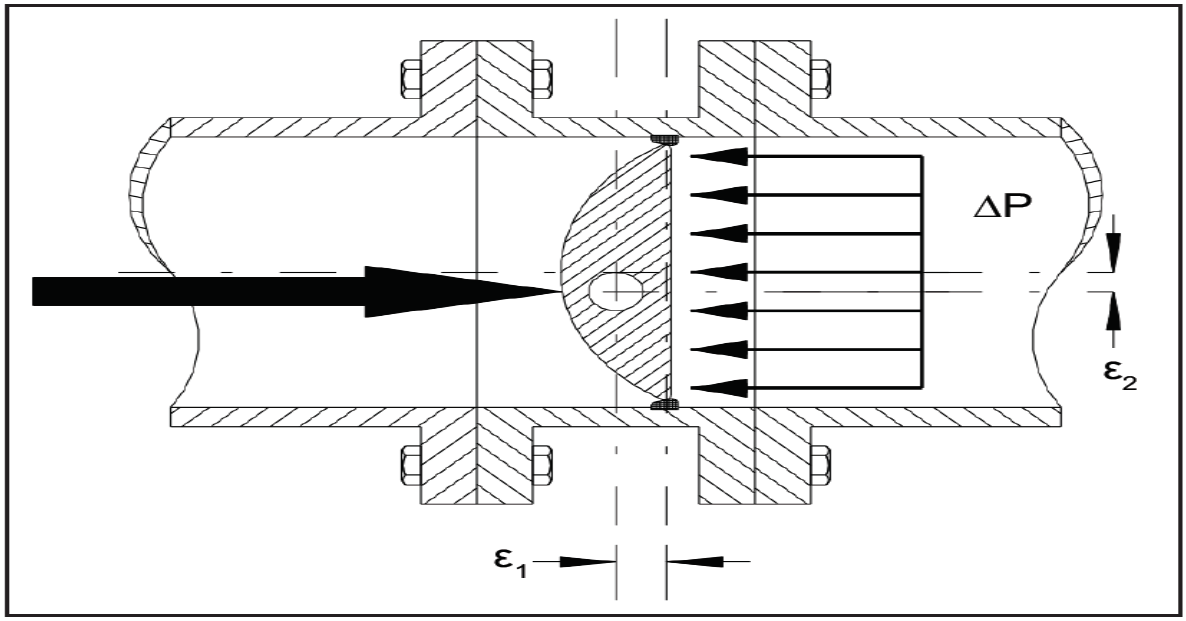
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) ft/in استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C2} = ۱ ×۱۰$^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (ft/in یا) (in/in)
ΔP_V	افت فشار (تلفات فشار) در امتداد شیر (شکل کلی).	kPa (psi-d)
ε_2	برون‌محوری عرضی عضو انسداد	mm (in)

یادآوری ۱- T_{ecc} تنها در موقعیت نشیمن‌شده در حین باز شدن یا بستن در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۲- ε_2 برای طرح‌های متقارن و تک برون‌محوره صفر است.

یادآوری ۳- علامت قراردادی ε_2 برای گشتاور هیدرواستاتیک، زمانی‌که در بالای خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد مثبت و زمانی‌که در پایین خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد منفی است. به شکل ۱۷ مراجعه شود.



شکل ۴۰- گشتاور برون‌محور یا خارج از مرکزیت شفت (T_{ecc})

۵-۱۱ سایر مؤلفه‌های گشتاور

مؤلفه‌های گشتاوری که در قسمت‌های پیش از این تشریح شد، برای اکثر کاربری‌های شیرهای ربع‌گرد به‌کار برده می‌شوند. در برخی از طراحی‌ها، نصب تأسیسات و یا اندازه‌ها، ممکن است محاسبات گشتاورهای دیگری غیر از موارد یادشده مورد نیاز باشد. تشریح جزئیات این گشتاورها در حالت عادی خارج از محدوده مورد نظر این استاندارد است. اما جهت روشنی مطلب و راحتی کار در این‌جا تشریح می‌شوند. در حالت کلی در خلال

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

مرحله طراحی پروژه، جزئیات دقیق و راستاها مشخص و در دسترس نبوده و امکان انجام این نوع بررسی‌ها وجود ندارد.

۵-۱۱-۱ گشتاور یاتاقان ناشی از وزن مجموعه عضو انسداد و شفت (T_{bw})

آن‌چه در ادامه آمده است روشی مختصر و مفید جهت تعیین گشتاور اصطکاکی یاتاقان ناشی از وزن عضو انسداد و شفت است. در حالت عادی برای ساده‌سازی از آن استفاده نمی‌شود اما در کاربردهای موارد بحرانی، که اغلب شامل ملاحظات شتاب‌های نوسانی بزرگ است، در نظر گرفته می‌شود. این نتایج ممکن است تنها با گشتاور اصطکاکی یاتاقان ناشی از فشار تفاضلی، معادله ۴۰ یا معادله ۴۴ جمع شود.

گشتاور یاتاقان ناشی از وزن عضو انسداد و شفت (T_{bw}) در یک شیر ربع‌گرد تابعی از ضریب اصطکاک مابین یاتاقان و شفت یا ترنیون، قطر شفت یا ترنیون، وزن عضو انسداد و شفت (بانجو) و زاویه قرارگیری لوله آبراهه و شفت نسبت به محور عمودی است (به شکل ۴۱ مراجعه شود).

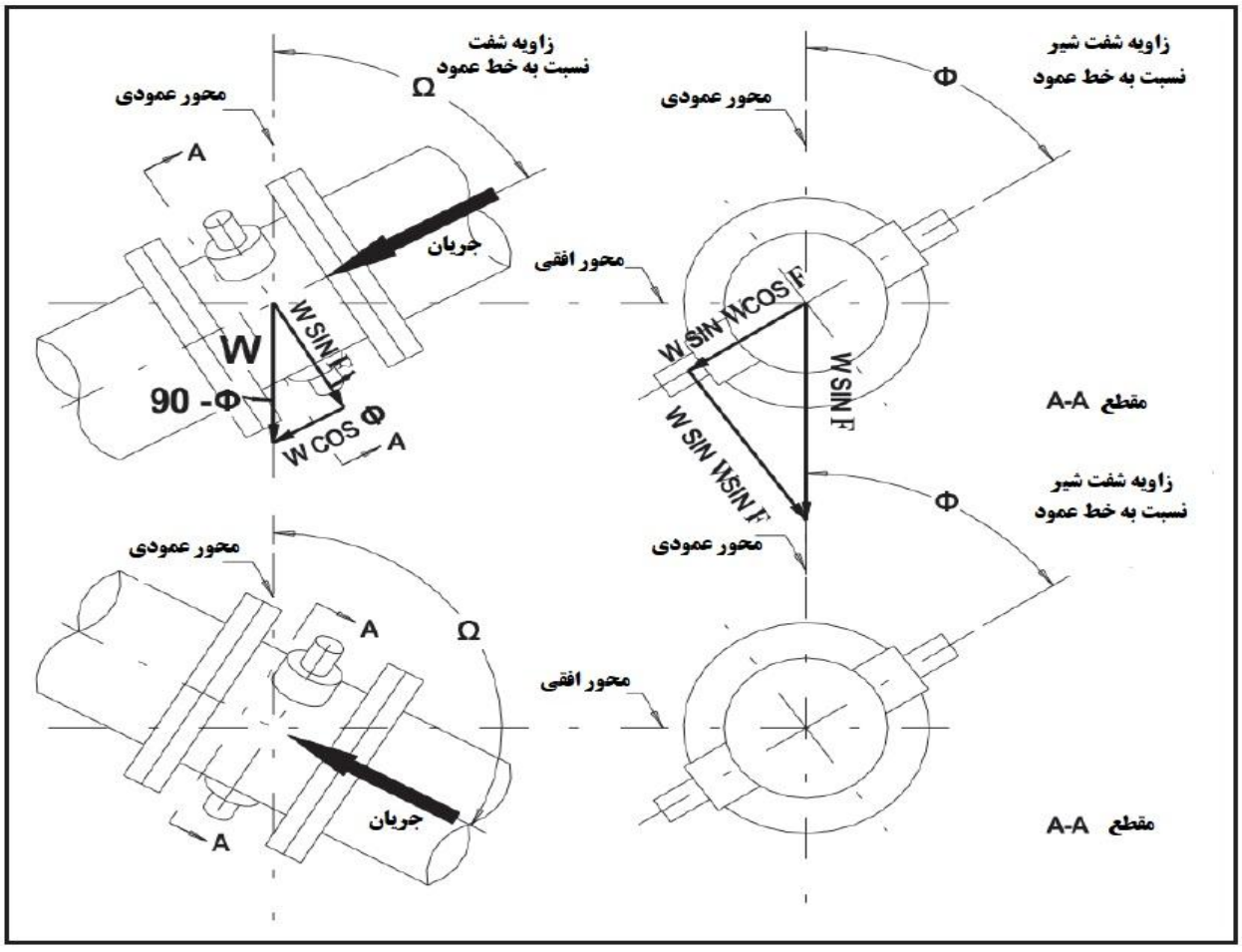
$$T_{bw} = U_{C2} \times \frac{W_{d\&s} \times \sqrt{\cos^2(\Omega) + \left[\sin(\Omega) \times \sin(\phi)\right]^2} \times C_f \times d_s}{2} \qquad (۵۶)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
A_{port}	مساحت درگاه شیر سماوری	mm^2 (in^2)
C_f	ضریب اصطکاک مابین شفت و ترنیون یا بوش (این مقدار ممکن است از آزمون جریان، کتابچه‌های مهندسی، کارخانه‌جات سازنده یاتاقان یا شیرها به‌دست بیاید.)	بدون بعد
D_d	قطر دیسک. از قطر نامی (D) یا (D_{Port}) برای شیرهای توپی، مخروطی چرخشی و سماوری استفاده شود.	mm (in)
d_s	قطر شفت	mm (in)
T_{bw}	گشتاور یاتاقان از وزن عضو انسداد وابسته به راستای نصب (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{b\theta}$	گشتاور یاتاقان در موقعیت زاویه θ (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) ft/in استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C2} = ۱ ×۱۰$^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m/mm (ft/in یا) (in/in)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$W_{d\&s}$	وزن عضو انسداد و مجموعه شفت(ها) (بانجو). برای کاربردهایی که شامل اعمال بارهای ارتعاشی اضافی هستند، ممکن است $W_{d\&s}$ در G یا $(1 \pm G)$ ضرب شود، که در آن G به‌عنوان ضریب اضافی شتاب جاذبه اعمال می‌گردد.	kg (lb)
ΔP_θ	افت فشار (تلفات فشار) در موقعیت زاویه θ عضو انسداد	kPa (psi-d)
Φ	زاویه شفت شیر نصب‌شده نسبت به محور عمودی، مابین ۰ رادیان تا $\pi/2$ رادیان (° ۰ تا ° ۹۰)	رادیان (درجه)
Ω	زاویه لوله آبراهه نسبت به محور عمودی برای گشتاورهای هیدرواستاتیک و یاتاقان، مابین ۰ رادیان تا $\pi/2$ رادیان (° ۰ تا ° ۹۰) برای جریان سرازیر و $\pi/2$ رادیان تا π رادیان (° ۹۰ تا ° ۱۸۰) برای جریان رو به بالا	رادیان (درجه)



شکل ۴۱- گشتاور یاتاقان ناشی از زوایای قرارگیری وزن عضو انسداد و شفت(ها)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

جمع برداری مجموع گشتاور اصطکاکی یاتاقان ناشی از هر دو بار اعمالی فشار تفاضلی و وزن عضو انسداد و شفت(ها) مطابق با زیر است:

$$T_{btotal\theta} = (T_{b\theta} + T_{bw}) \quad (۵۷)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$T_{btotal\theta}$	مجموع گشتاور یاتاقان در موقعیت زاویه θ همراه با گشتاور ناشی از وزن عضو انسداد و شفت(ها) وابسته به راستای نصب (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{bw}	گشتاور یاتاقان ناشی از وزن عضو انسداد و شفت(ها) وابسته به راستای نصب (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
$T_{b\theta}$	گشتاور یاتاقان در موقعیت زاویه θ (همواره مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)

۵-۱۱-۲ گشتاور مرکز ثقل بر اساس راستای نصب‌شده ($T_{cg\theta}$)

برای مجموعه‌های نصب‌شده‌ای که محور لوله آبراهه و محور شفت، مشخص و در جهت‌های دیگری قرار دارند معادلات پیش رو قابل استفاده می‌باشد. این روشی است که بیش‌تر در حالت کلی برای کاربردهای بحرانی‌تر و اغلب ملاحظات دارای شتاب‌های نوسانی بزرگ به‌کار برده می‌شود (شکل‌های ۴۲ و ۴۳).

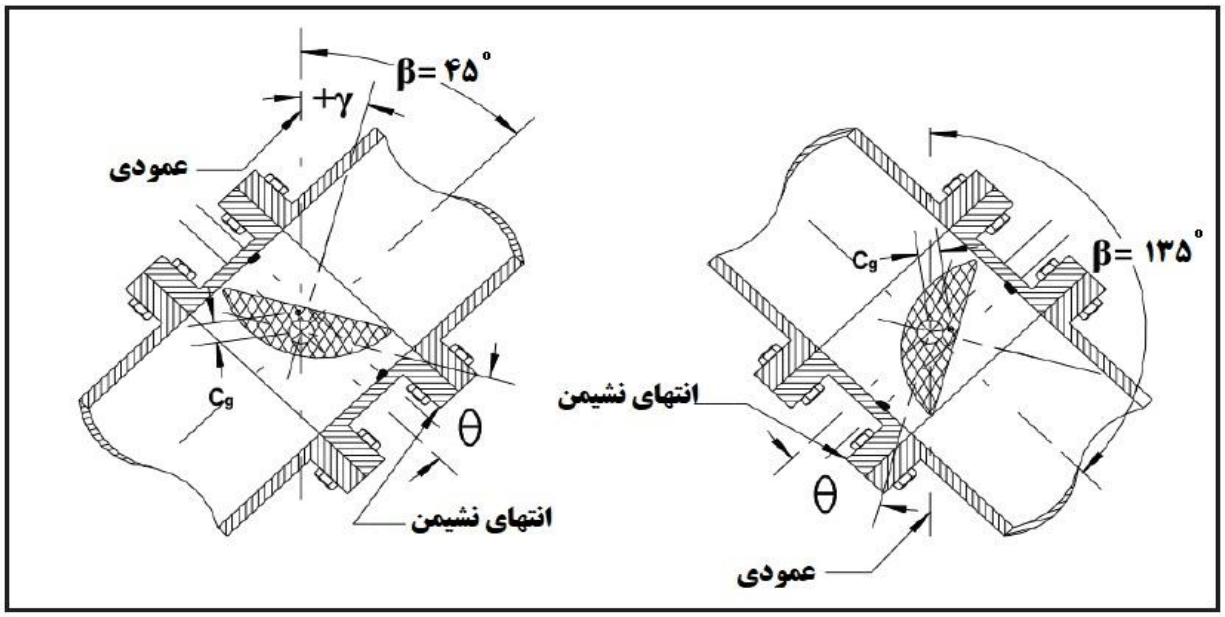
$$T_{cg\theta} = U_{C1} \times S_c \times W_d \times C_g \times \sin(\beta - \theta - \gamma) \times \sin(\varphi) \quad (۵۸)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_g	فاصله مرکز ثقل عضو انسداد شیر از خط مرکزی شفت	mm (in)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد

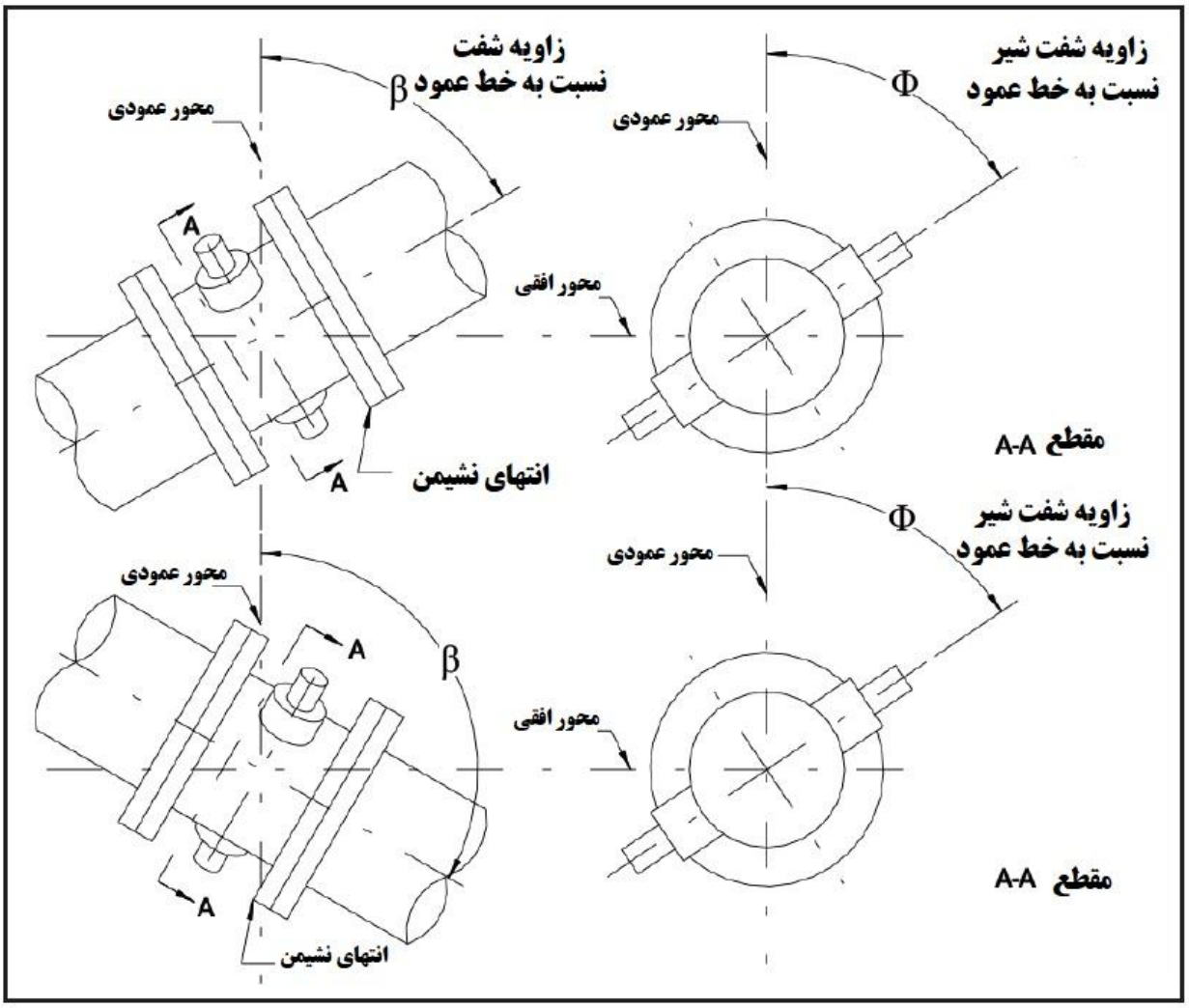
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
$T_{cg\theta}$	گشتاور مرکز ثقل در موقعیت زاویه θ (مقدار مثبت تمایل به بستن شیر دارد و مقدار منفی تمایل به باز کردن شیر دارد).	N-m (in-lb) (یا ft-lb)
U_{C1}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C1} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: in/ft (۰٫۰۸۳۳) $U_{C1} = 1/12$ استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: m/mm (۰٫۰۰۱) $U_{C1} = 1 \times 10^{-3}$	m/mm (ft/in یا) (in/in)
W_d	وزن عضو انسداد شیر. برای کاربردهای دارای بارهای نوسانی اضافی، $W_{d\&s}$ ممکن است در ضریب G یا (G ± ۱) ضرب شود که در آن G ضریب شتاب گرانشی اضافی است.	kg (lb)
β	زاویه لوله آبراهه از محور عمودی برای مرکز ثقل نسبت تا موقعیت نشستن دیسک، ۰ رادیان تا $\pi/2$ رادیان (° ۰ تا ° ۹۰) زمانی‌که موقعیت نشستن بالاتر از افق قرار دارد؛ بزرگ‌تر از $\pi/2$ رادیان تا π رادیان (° ۹۰ تا ° ۱۸۰) زمانی‌که موقعیت نشستن پایین‌تر از افق قرار دارد.	رادیان (درجه)
γ	زاویه برون‌محوری مرکز ثقل (برای طرح‌های عضو انسدادهای غیر متقارن)؛ ممکن است شامل تنظیماتی برای طراحی شیر زمانی‌که زاویه نشستن عمود بر محور لوله آبراهه است، باشد.	رادیان (درجه)
θ	زاویه موقعیت بازشدگی شیر، شیر بسته = ۰ رادیان (° ۰)؛ شیر کاملاً باز ≈ $\pi/2$ رادیان (° ۹۰)	رادیان (درجه)
□	زاویه شفت نصب‌شده شیر از محور عمودی، ۰ رادیان تا $\pi/2$ رادیان (° ۰ تا ° ۹۰)	رادیان (درجه)



شکل ۴۲- تعریف زاویه لوله آبراهه برای گشتاور مرکز ثقل

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴۳- جهت قرارگیری شفت شیر و لوله آبراهه از محور عمودی برای گشتاور مرکز ثقل

۵-۱۱-۳ گشتاور هیدرواستاتیک بر اساس راستای نصب شیر (T_h)

زمانی‌که شفت شیر عمودی نیست و محور لوله آبراهه مشخص است اما افقی نیست، رابطه زیر ممکن است استفاده شود. این روش دقیق‌تر تنها برای بررسی‌های بحرانی لازم است و نیازمند دانستن راستای نصب است که عموماً در خلال مراحل اولیه طراحی یک پروژه در دسترس نیست (شکل ۴۴).

$$T_h = S_c \times U_{C1} \times \frac{\rho \times \pi}{5.333} \times \left(\frac{D_d}{12}\right)^4 \times \left[\sin(\phi) + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right] \times \sin(\Omega) \qquad (۵۹)$$

(بر حسب واحدهای غیر متریک)

برای آب سرد، جائی‌که $\varrho = ۶۲٫۴ \text{ lb/ft}^3$:

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

(۶۰) (بر حسب واحدهای غیر متریک)

$$T_h = S_c \times U_{C1} \times 0.0017726 \times (D_d)^4 \times \left[\sin(\phi) + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right] \times \sin(\Omega)$$

یا برای آب سرد، جائی‌که ϱ = ۱۰۰۰ kg/m^3 :

(۶۱) (بر حسب واحدهای متریک)

$$T_h = S_c \times 481.332 \times (U_{C1} \times D_d)^4 \times \left[\sin(\phi) + \frac{8 \times \varepsilon_2}{D_d}\right] \times \sin(\Omega)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
D_d	قطر دیسک. از قطر نامی (D) یا (D_{Port}) برای شیرهای توپی، مخروطی چرخشی و سماوری استفاده شود.	mm (in)
g	ثابت گرانش شتاب ناشی از جاذبه ۹٫۸۱ m/s^2 (۳۲٫۲ ft/s^2)	m/s^2 (ft/s^2)
S_c	متغیر قراردادی علامت: برای مؤلفه‌های فعال گشتاور: ۱+ وقتی‌که گشتاور تمایل به بستن شیر دارد، یا ۱- وقتی‌که گشتاور تمایل به باز کردن شیر دارد. برای گشتاور مرکز ثقل، متغیر قرارداد علامتی ۱+ است تمایل به بستن شیر دارد زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قراردارد و مرکز ثقل در بالای افق قرار گرفته است، یا ۱- است زمانی‌که شیر در حالت کاملاً باز قرار دارد و مرکز ثقل در پایین افق قرار گرفته است. برای گشتاور منتقل‌شده به عملگر، دارای مقدار مثبت است زمانی‌که گشتاور شفت بر خلاف حرکت عملگر است و دارای مقدار منفی است زمانی‌که گشتاور شفت در جهت حرکت عملگر اعمال می‌شود (عملگر به صورت یک ترمز عمل می‌کند).	بدون بعد
T_h	گشتاور هیدرواستاتیک (مقدار مثبت تمایل به بستن شیر دارد و مقدار منفی تمایل به باز کردن شیر دارد)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C1}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C1} =۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C1} = ۱/۱۲ (۰٫۰۸۳۳) in/ft استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C1} = ۱ ×۱۰$^{-۳}$ (۰٫۰۰۱) m/mm	m/mm (ft/in یا) (in/in)
ε_2	برون‌محوری عرضی عضو انسداد	mm (in)
ϱ	چگالی سیال	kg/m^3 (lb/ft^3)
□	زاویه شفت نصب‌شده شیر از محور عمودی، ۰ رادیان تا π/۲ رادیان (° ۰ تا ° ۹۰)	رادیان (درجه)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
Ω	زاویه لوله آبراهه نسبت به محور عمودی برای گشتاورهای هیدرواستاتیک و یاتاقان، مابین ۰ رادیان تا $\pi/2$ رادیان (۰° تا ۹۰°) برای جریان سرازیر و $\pi/2$ رادیان تا π رادیان (۹۰° تا ۱۸۰°) برای جریان رو به بالا	رادیان (درجه)

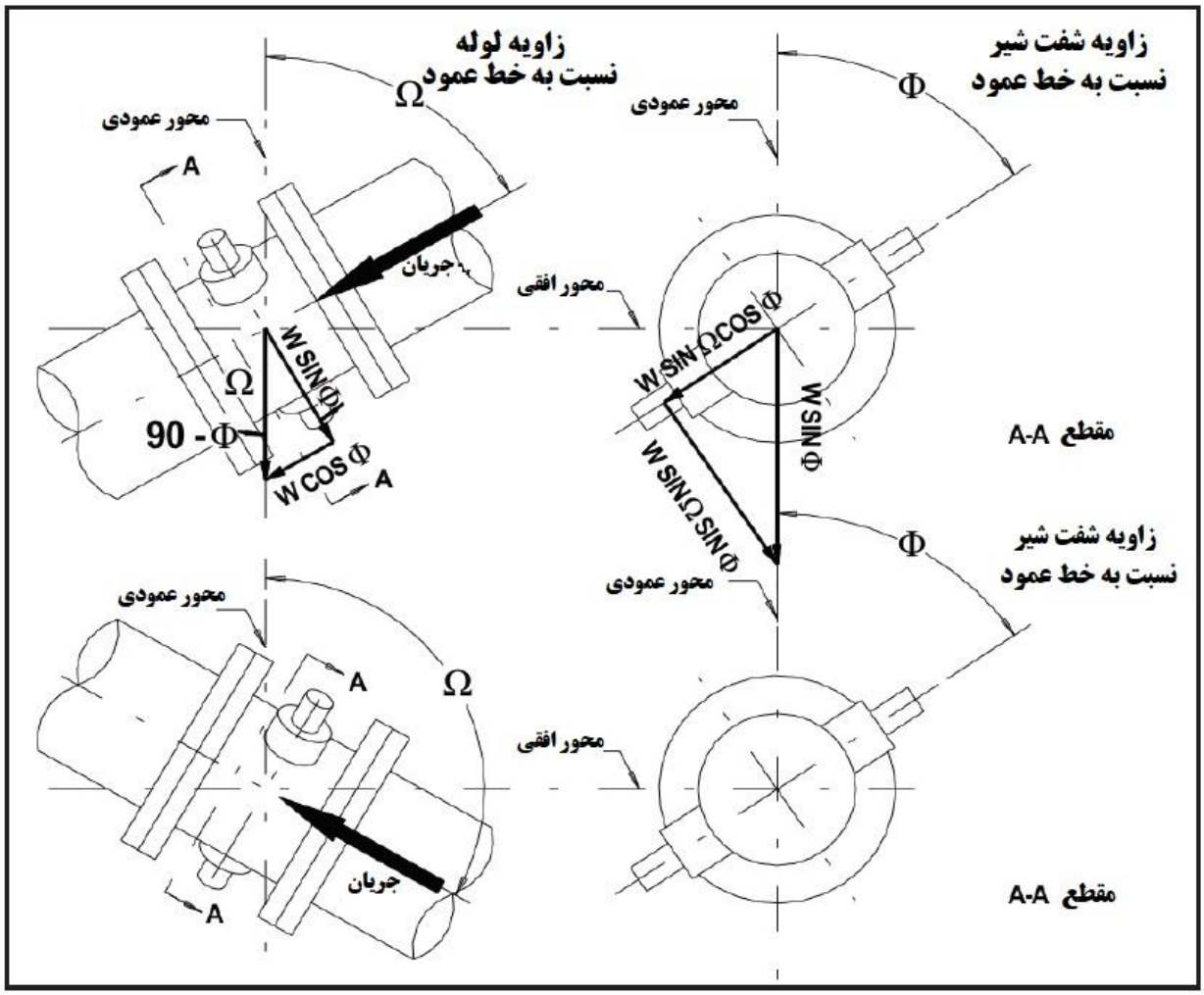
یادآوری ۱– T_h تنها در موقعیت نشیمن‌شده در حین باز شدن یا بستن در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۲– ε_2 برای طرح‌های متقارن و تک برون‌محوره صفر است.

یادآوری ۳– علامت قراردادی ε_2 برای گشتاور هیدرواستاتیک، زمانی‌که در بالای خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد مثبت و زمانی‌که در پایین خط مرکزی شیر قرار می‌گیرد منفی است. به شکل ۱۷ مراجعه شود.

یادآوری ۴– چگالی استاندارد آب ۱۰۰۰ kg/m3 (۶۲/۴ lb/ft3) در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۵– اگر زاویه شفت شیر □ برابر صفر باشد (شفت عمودی) یا زاویه لوله آبراهه Ω برابر صفر باشد (لوله آبراهه عمودی) آن‌گاه T_h = ۰ خواهد بود.



شکل ۴۴– جهت شفت شیر و لوله آبراهه از محور عمودی برای گشتاورهای یاتاقان و هیدرواستاتیک

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۵-۱۱-۴ گشتاور شناوری

مؤلفه دیگر گشتاور توسط نیروهای شناوری آب تولید می‌شود و با حرکت عمودی عضو انسداد بالای مرکز شناوری جابه‌جا می‌شود. این گشتاور در اصل خلاف گشتاور مرکز ثقل می‌باشد و در حالت کلی آن‌قدر ناچیز است که می‌توان از آن صرف‌نظر نمود مگر برای طرح‌های خیلی بزرگ (مثلاً بزرگ‌تر از ۱۵۰۰ mm (۶۰ in)) و فشار بسیار پایین (مثلاً پایین‌تر از ۱۷۲ kPa (۲۵ psig)) با ساختارهای توخالی عضو انسداد. روش به‌دست آوردن این گشتاور مشابه گشتاور مرکز ثقل و گشتاور وزن است.

۵-۱۱-۵ گشتاور یاتاقان بار محوری[1]

این مؤلفه گشتاور توسط مقاومت اصطکاکی یاتاقان بار محوری شیر که مرکزیت عضو انسداد را در امتداد محور شفت حفظ کرده و علاوه بر آن وزن عضو انسداد و شفت را نیز متحمل می‌شود و بارهای محوری شفت ناشی از فشار داخلی (هم‌چنین تحت عنوان تأثیر پیستون یا بار محوری پس‌زنی شفت نیز شناخته می‌شود) تولید می‌شود. این گشتاور به جز در طرح‌های بسیار فشار بالا (مثلاً ۱٫۷۲ Mpa (۲۵۰ psig)) و طرح‌های با اصطکاک بسیار بالای یاتاقان‌های بار محوری، قابل صرف‌نظر کردن است.

۵-۱۱-۶ جریان آشفته بالادست و توزیع جریان غیر متقارن

همان‌گونه که در بند ۸ توضیح داده شده است، در نصب‌های غیر معمول شیر پروانه‌ای که در آن شیر پروانه‌ای برای مثال در پایین‌دست یک زانویی، پمپ و یا سایر انواع شیر نصب می‌شود، چنان‌چه شیر در تطبیق کامل با شرایط نباشد، باعث گشتاورهای دینامیکی غیر معمول قوی‌تر یا ناپایدار می‌شود. اگر جهت‌گیری خاصی برای شیر مدنظر باشد، آزمون‌های جریان سیال در طرح واقعی آبراهه یا یک مدل از آن، جهت تعیین ضرایب قابل استفاده جریان و گشتاور، می‌تواند به اجرا درآید. هم‌چنین بعضی از محققان روش‌های تخمینی را برای برآورد گشتاور دینامیکی اضافه‌شده ناشی از زانویی‌های بالادست در جهت‌گیری‌های نصب مختلف تدوین کرده‌اند.

۵-۱۲ مشخصات سیستم

همان‌گونه که در بند ۴ تشریح شد، مشخصات سیستم جهت محاسبه جریان، ΔP و گشتاور در موقعیت‌های مختلف شیر در حالت بسته یا باز، باید مشخص باشند. افت فشار در یک سیستم لوله‌کشی ناشی از افت اصطکاک لوله، شیرها و سایر اجزا و اتصالات سیستم ایجاد می‌گردد. نرخ جریان سیستم با تغییرات موقعیت شیر بیش‌تر یا کم‌تر می‌شود. با افزایش یا کاهش نرخ جریان، مقدار افت اصطکاکی در مابقی سیستم با نسبت مربع نرخ جریان تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال کاهش یک دومی نرخ جریان باعث کاهش یک چهارمی افت اصطکاکی

[1]-Thrust

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

در لوله می‌گردد. با دانستن این رابطه، داده‌های طراحی سیستم و پارامترهای جریان اولیه جهت تعیین افت فشار در امتداد شیر و مقادیر گشتاور مطابق با تغییرات موقعیت شیر، باید معلوم باشند.

اطلاعات مورد نیاز برای یک مدل و تجزیه و تحلیل کامل در ادامه ذکر شده است:

۵-۱۲-۱ تشریح منبع هد سیستم (ثابت یا متغیر)

چنان‌چه هد سیستم متغیر باشد، توصیه می‌شود منحنی عملکرد پمپ نیز در اختیار باشد. چنان‌چه منحنی عملکرد پمپ در اختیار نیست، یک منبع هد ثابت با فشار منبع برابر با فشار نسبی در امتداد شیر فرض می‌شود.

۵-۱۲-۲ بیشینه اختلاف فشار

بیشینه اختلاف فشار در امتداد یک شیر بسته.

۵-۱۲-۳ بیشینه نرخ جریان طراحی

بیشینه جریان طراحی گذرنده از درون آبراهه و از درون شیر کاملاً باز.

۵-۱۲-۴ افت فشار سیستم

افت فشار سیستم در نرخ جریان طراحی. چنان‌چه این اطلاعات در اختیار نباشد، افت فشاری برابر با اختلاف فشار در امتداد شیر بسته فرض می‌شود.

۵-۱۲-۴-۱ تجزیه و تحلیل سیستم و محاسبات نمونه

شکل ۲۰ نمایش ترسیمی از روابط مهم را نشان می‌دهد. محاسبات شامل متغیرهای زیر هستند:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
ΔH	افت هد مابین دو نقطه در یک سیستم	متر از آب (فوت از آب)
ΔP	افت فشار مابین دو نقطه در یک سیستم	kPa (psi)
K	ضریب مقاومت	بدون بعد
K_{v90}	ضریب مقاومت شیر در وضعیت کاملاً باز (°۹۰)	بدون بعد
g	ثابت گرانش (شتاب ناشی از جاذبه زمین)	m/s^2 (ft/s^2)
D	قطر شیر	m (in)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
V	سرعت جریان	متر بر ثانیه، m/s (فوت بر ثانیه، ft/s)

سایر زیرنویس‌هایی که برای متغیرهایی چون C_t، T_d، T_b، ΔP، ΔH یا K به کار برده می‌شوند عبارتند از:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف
sys	زیرنویس نشان‌دهنده سیستم لوله‌کشی و اجزاء آن به غیر از شیر پروانه‌ای است.
v	زیرنویس نشان‌دهنده شیر ربع‌گرد
۰ تا ۹۰	زیرنویس نشان‌دهنده زاویه عضو انسداد شیر

این روش‌ها بر مبنای مدل مقاومت معادل، همان‌گونه که در شکل ۲۰ نمایش داده شده است، می‌باشند.

۵-۱۲-۵ مثالی از روش محاسبات گشتاور

داده‌ها و محاسبات سیستم از بند ۴ و داده‌های اضافی شیر مطابق با زیر است:

۵-۱۲-۵-۱ داده‌های ورودی شیر

- شیر پروانه‌ای ۶۰۰ mm (۲۴ in) با رده AWWA Class 150B با قطر دیسک تک برون‌محوره ۶۰۰ mm (۲۴ in) و جریان سمت نشیمن (شیر به صورت افقی و با شفت عمودی نصب می‌شود).
- $K_{v\theta}$ در بند ۴ جدول ۲ فهرست شده است.
- $C_{t\theta}$ از جدول ۶ به‌دست می‌آید.
- C_f برای یاتاقان برنزی ۰٫۲۵ است.
- d_s = ۳٫۰۰ in (براساس ANSI/AWWA C504)
- T_p = ۱٫۳۵۰ in-lb
- D_d = ۲۴٫۰ in
- T_{cg} = ۰
- $C_{sc} = C_{usc}$ = ۱۶٫۰ lb/in
- $C_{sp} = C_{usp}$ = ۰٫۰۳ lb/in/psi
- $W_{d\&s}$ = ۴۵۰ lb
- ضریب کاربرد موتور الکتریکی دارای خاموش/ روشن براساس استاندارد AWWA C504 = ۱٫۲۵

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۱- از ورودی‌ها، T_{cg} و T_h قابل کاربرد نیستند. زیرا راستای شفت عمودی است. T_{ecc} قابل کاربرد نیست؛ چرا که طراحی به‌صورت شیر پروانه‌ای تک برون‌محوره است.

۲- از بند ۴، فشارهای تفاضلی و نرخ‌های جریان شیر در زاویه شیر (θ) را محاسبه کنید:

۳- گشتاور دینامیک $T_{d\theta}$ را در زاویه (θ) محاسبه کنید:

$$T_{d\theta} = U_{C2} \times C_{t\theta} \times D_d^{\,3} \times \Delta P_\theta \qquad (۵۳)$$

۴- گشتاور یاتاقان $T_{b\theta}$ را در زاویه (θ) محاسبه کنید:

$$T_{b\theta} = U_{C2} \times \frac{(\pi \times D_d^{\,2} \times \Delta P_\theta + W_{d\&s}) \times d_s \times C_1}{8} \qquad (۴۱)$$

یادآوری- این معادله برای گشتاور یاتاقان ناشی از فشار تفاضلی به‌علاوه جمع مستقیم وزن دیسک و شفت است.

۵- گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه، T_s و T_{us} را در زاویه (θ) محاسبه کنید:

$$T_s = U_{C2} \times (C_{sc} + C_{sp} \times \Delta P_{max}) \times D_d^{\,2} \qquad (۳۲)$$ (شیرهای توپی و پروانه‌ای)

۶- گشتاور مجموع $T_{t\theta}$ را در زاویه گشودگی شیر در جهت باز شدن یا بسته شدن محاسبه کنید:

$$T_{ts} = T_{b0^\circ} - T_{cg0^\circ} - T_h + T_s + T_p - T_{ecc} \qquad (۳۳)$$ (در زاویه شیر θ)

$$T_{tus} = T_{b0^\circ} + T_{cg0^\circ} + T_h + T_{us} + T_p - T_{ecc} \qquad (۳۴)$$ (در زاویه شیر θ)

$$T_{to\theta} = T_{b\theta} + T_{cg\theta} + T_{d\theta} + T_p \qquad (۳۵)$$ (در زاویه شیر $\theta <$)

$$T_{tc\theta} = T_{b\theta} - T_{cg\theta} - T_{d\theta} + T_p \qquad (۳۶)$$ (در زاویه شیر $\theta <$)

توجه داشته باشید که گشتاور T_d در راستای بازشدن جمع می‌شود و در راستای بسته شدن کم می‌شود.

۷- مراحل ۲ تا ۶ را برای سایر زوایای گشودگی شیر تکرار کنید.

مثال‌های دیگر در جدول ۶ و شکل ۴۵ ارائه شده‌اند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

جدول ۶- طبقه‌بندی مؤلفه‌های گشتاور

ورودی	محاسبه‌شده از بند ۴	محاسبه‌شده از بند ۴	ورودی	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده
زاویه شیر θ (درجه)	افت شیر $\Delta H_{v\theta}$ (ft)	افت شیر $\Delta P_{v\theta}$ (psid)	ضریب گشتاور دینامیکی $C_{t\theta}$	گشتاور دینامیکی $T_{d\theta}$ (in.lb)	گشتاور اصطکاکی یاتاقان $T_{b\theta}$ (in.lb)	گشتاور نشیمن T_s (in.lb)	گشتاور اصطکاکی پکینگ $T_{p\theta}$ (in.lb)	گشتاور مجموع باز شدن $T_{to\theta}$ [MRST] (in.lb)	گشتاور مجموع بسته شدن $T_{c\theta}$ [MRST] (in.lb)	گشتاور تعیین اندازه عملگر AST (in.lb)
۹۰	۰٫۹	۰٫۴۱	-۰٫۳۲۱۰	-۱.۸۰۹	۱۱۱	۰	۱.۳۵۰	-۳۴۷	۳.۲۷۰	۴.۰۸۷
۸۰	۱٫۲	۰٫۵۴	-۰٫۰۹۶۹	۷۲۶	۱۳۴	۰	۱.۳۵۰	۲.۲۱۰	۷۵۸	۲.۷۶۲
۷۰	۳٫۴	۱٫۴۶	۰٫۱۲۵۰	۲.۵۱۹	۲۹۰	۰	۱.۳۵۰	۴.۱۵۹	-۸۸۰	۵.۱۹۸
۶۰	۸٫۹	۳٫۸۷	۰٫۰۸۰۰	۴.۲۸۲	۶۹۹	۰	۱.۳۵۰	۶.۳۳۱	-۲.۲۳۳	۷.۹۱۴
۵۰	۲۰٫۸	۹٫۰۲	۰٫۰۵۱۱	۶.۳۶۹	۱.۵۷۲	۰	۱.۳۵۰	۹.۲۹۰	-۳.۴۴۷	۱۱.۶۱۳
۴۰	۴۴٫۰	۱۹٫۰۶	۰٫۰۳۴۱	۸.۹۸۴	۳.۲۷۵	۰	۱.۳۵۰	۱۳.۶۱۰	-۴.۳۵۹	۱۷.۰۱۲
۳۰	۷۲٫۵	۳۱٫۴۳	۰٫۰۲۱۹	۹.۵۱۴	۵.۳۷۳	۰	۱.۳۵۰	۱۶.۲۳۷	-۲.۷۹۱	۲۰.۲۹۷
۲۰	۹۱٫۳	۳۹٫۶۰	۰٫۰۱۲۸	۷.۰۰۶	۶.۷۵۹	۰	۱.۳۵۰	۱۵.۱۱۶	۱.۱۰۳	۱۸.۸۹۴
۱۰	۹۹٫۰	۴۲٫۹۰	۰٫۰۰۸۰	۴.۷۴۴	۷.۳۲۰	۰	۱.۳۵۰	۱۳.۴۱۴	۳.۹۲۵	۱۶.۷۶۷
۰	۱۰۰٫۰	۴۳٫۳۵	۰٫۰۰۰۰	۰	۷.۳۹۶	۹.۹۶۵	۱.۳۵۰	۱۸.۷۱۱	۱۸.۷۱۱	۲۳.۳۸۹

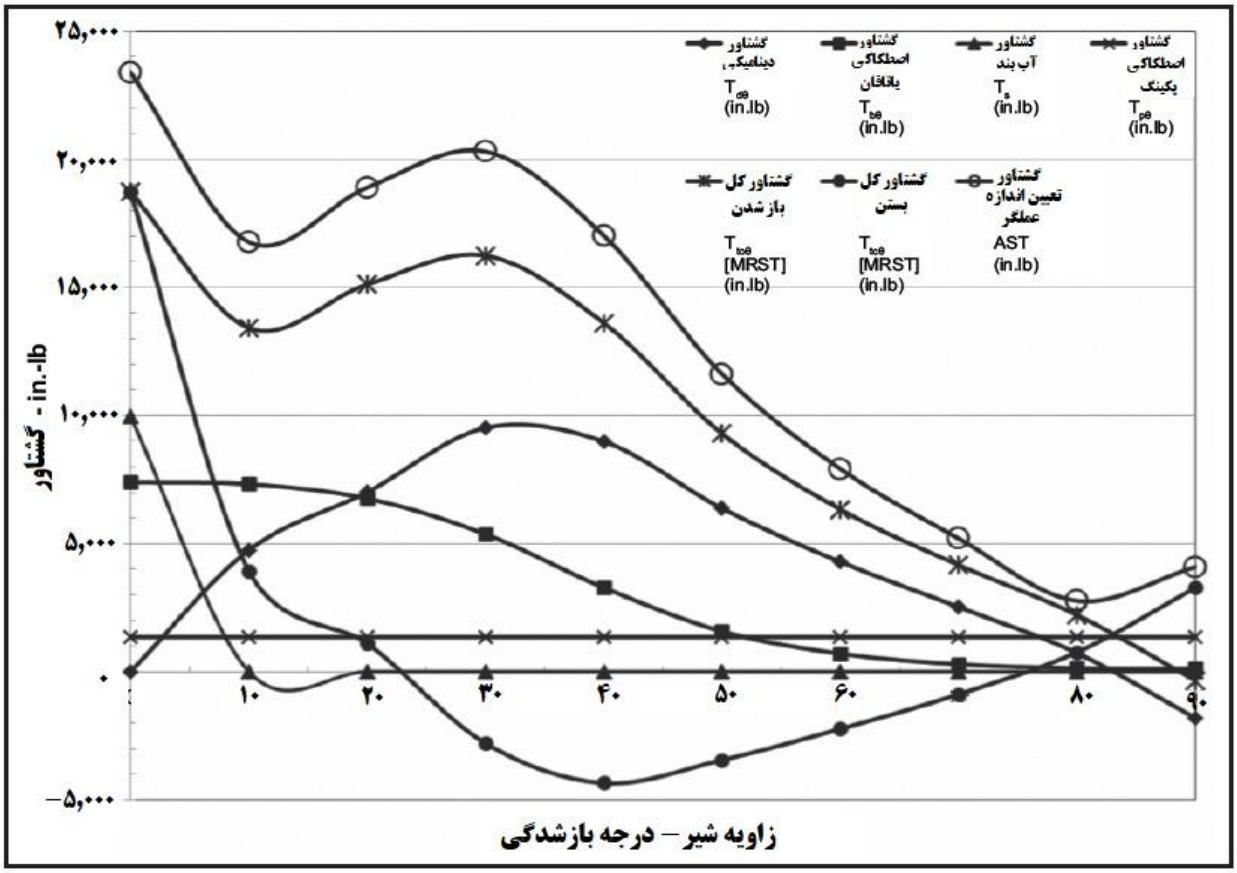
یادآوری ۱- داده‌های ارائه‌شده برای شیر فقط برای این مثال صدق می‌کنند و ارتباطی با شیرهای واقعی ندارند.

یادآوری ۲- مقادیر مثبت $C_{t\theta}$ و $T_{d\theta}$ نشان‌دهنده گشتاور دینامیکی است که در جهت بستن شیر اعمال می‌گردد و مقادیر منفی $C_{t\theta}$ و $T_{d\theta}$ نشان‌دهنده گشتاور دینامیکی است که در جهت باز کردن شیر اعمال می‌گردد.

یادآوری ۳- مقادیر منفی برای گشتاور بستن شیر نشان‌دهنده تمایل به خودبندی شیر در آن موقعیت است. بنابراین عملگر در مقابل این گشتاور مقاومت و به صورت ترمز عمل می‌کند.

یادآوری ۴- MRST = حداقل گشتاور شفت مورد نیاز

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴۵- نمودار محاسبات گشتاور برای مثال مطرح‌شده

۶ کاویتاسیون شیر

۶-۱ کلیات

هنگامی‌که از یک شیر ربع‌گرد برای تنظیم کردن یا تعدیل نرخ جریان استفاده می‌شود، توصیه می‌شود شرایط کاری برای تعیین امکان وقوع کاویتاسیون ارزیابی گردد. کاویتاسیون می‌تواند باعث سر و صدا، لرزش و کاهش عمر مفید یک شیر و اجزای لوله‌کشی نزدیک به آن شود.

مباحث این بند شامل توضیح شرایطی هستند که باعث وقوع کاویتاسیون، روش پیش‌بینی آن و فهرست روش‌هایی برای به حداقل رساندن اثرات آن می‌شود.

۶-۲ پیش‌بینی کاویتاسیون

آزمون‌ها نشان داده است که شرایطی که ایجاد کاویتاسیون در یک شیر ربع‌گرد می‌کند را می‌توان پیش‌بینی و احتمالاً کاهش داد و یا از آن جلوگیری کرد. شاخص کاویتاسیون معمولاً به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده خرابی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شیر استفاده می‌شود و در هر زاویه بازشدگی شیر به‌صورت زیر بیان می‌شود (انجمن بین‌المللی اتوماسیون-ISA-RP75.23-1995,):

$$\sigma = \frac{P_u - P_v}{P_u - P_d} \qquad (۶۲)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
P_d	فشار پایین‌دست مرجع برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_u	فشار بالادست مرجع برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_v	فشار بخار متناظر آب در دما مورد نظر و فشار اتمسفر (مثال: برای آب در ۱۶ °C (۶۰ °F)، P_v = -۹۹٫۶ kPa (-۱۴٫۴ psig) در سطح دریا اندازه‌گیری شده است).	kPa (psi)
σ	شاخص کاویتاسیون، حالت کلی	بدون بعد
زیرنویس‌های σ	زیرنویس‌های مورد استفاده برای شاخص σ عبارت است از: i: شاخص کاویتاسیون اولیه شیر c: شاخص کاویتاسیون ثابت شیر ch: شاخص کاویتاسیون اختناق شیر شاخص سیستم عملکرد نصب‌شده و شاخص عملکرد	

یادآوری – فشارها ممکن است قابل برآورد یا مطلق باشند اما باید پایدار باشد. هم‌چنین فشار ممکن است تا جایی که پایدار باشد به‌عنوان مقدار پایه هد در نظر گرفته شود.

برای پیش‌بینی وقوع سطوح مختلف کاویتاسیون (اولیه، ثابت یا خفگی) می‌توان شاخص کاویتاسیون عملیاتی را با شاخص کاویتاسیون شیرها مقایسه کرد. لازم به ذکر است که در برخی از متون قبلی، شاخص ثابت به‌عنوان *بحرانی* مطرح شده است. متون بعدی این اصطلاح را به *ثابت* تغییر می‌دهند تا بیش‌تر توصیفی از شرایط، بدون اشاره به شرایط سخت عملیاتی باشد.

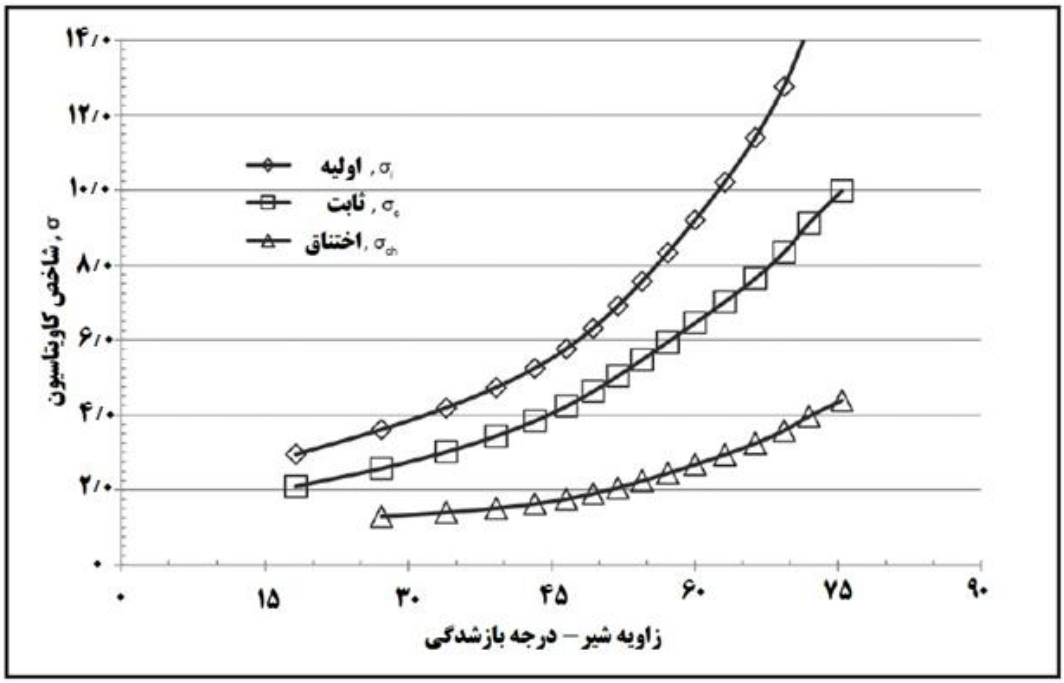
شاخص‌های کاویتاسیون برای سطوح کاویتاسیون اولیه، ثابت و اختناق، می‌توانند از طریق آزمون جریان در محیط آزمایشگاهی تعیین شوند. کاویتاسیون را می‌توان با استفاده از یک هیدروفون یا شتاب‌سنج در آزمون جریان مشاهده کرد. در آشکارسازی شنوایی توسط یک فرد با یک گوش آشنا، به آسانی میزان سطوح کاویتاسیون اولیه یا ثابت شناسایی می‌شود. نتایج آزمون جریان روی شیر پروانه‌ای ۱۵۰ mm (۶ in) در فشار آرمون مرجع ۷۰ psi در شکل ۴۶ نشان داده شده است. جزئیات مشابه را برای هر شیر ربع‌گرد با استفاده از روش آزمونی که در بند ۷ ارائه داده شده، می‌توان ارائه نمود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

به مجردی که شیر درون سیستم نصب شد و مورد بهره‌برداری قرار گرفت، شاخص سیستم یا شاخص عملکردی ($\sigma_{operating}$) می‌تواند محاسبه شود. هرچه مقدار شاخص کاویتاسیون محاسبه‌شده σ پایین‌تر باشد (به رابطه ۶۲ مراجعه شود)، احتمال آسیب ناشی از کاویتاسیون بیش‌تر خواهد شد.

برای مثال، اگر شیر در موقعیت بازشدگی ° ۴۵ با شاخص سیستم یا عملکرد ($\sigma_{operating}$) محاسبه‌شده ۶٫۰ قرار داشته باشد، کاویتاسیون احتمالاً اتفاق نمی‌افتد (با توجه به شکل ۴۶). با این حال، اگر شیر در موقعیت بازشدگی کم‌تر از ° ۳۰ و با شاخص سیستم ($\sigma_{operating}$) محاسبه‌شده ۲٫۲ قرار داشته باشد، آن‌گاه کاویتاسیون در محدوده بین اولیه و ثابت اتفاق خواهد افتاد. صداهای کاویتاسیون شنیده خواهد شد، اما در این شرایط آسیب جدی تنها پس از مدت زمان طولانی رخ خواهد داد.

داده‌های کاویتاسیون معمولاً برای یک شیر با اندازه و فشار آزمون بالادست معلوم، گزارش می‌شود. ضرایب فشار و مقیاس را می‌توان برای داده‌ها به‌منظور تنظیم ضرایب از یک اندازه و فشار به اندازه و فشار دیگر، استفاده کرد.



یادآوری ۱- به منظور توصیف بهتر شرایط و انطباق با عمل فعلی، در شکل عبارت *بحرانی* به *ثابت* تغییر کرده است.

یادآوری ۲- به‌منظور انطباق با عمل فعلی و روش مورد استفاده در این استاندارد، داده‌ها به جای مرجع فشار پائین‌دست براساس رابطه فشار بالادست تنظیم شده‌اند.

یادآوری ۳- جهت سهولت استفاده، در محور افقی به‌جای ضریب جریان، C_d، از زاویه موقعیت شیر متناظر استفاده شده است.

یادآوری ۴- منحنی براساس Tullis 1989, page 140

شکل ۴۶- مقادیر نوعی شاخص کاویتاسیون برای یک شیر پروانه‌ای با اندازه ۱۵۰ mm (۶ in)

(فشار بالادست مرجع از آزمون آزمایشگاهی= Put=۷۰ psi، فشار بخار از آزمون آزمایشگاهی= Pvt =۱۲ psi-)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شاخص‌های کاویتاسیون اولیه و ثابت (σ_i و σ_c) برای اعمال تأثیرات اندازه و مقیاس فشار با استفاده از این معادلات اصلاح می‌شوند (Tullis 1989, 144-148; Tullis 1993,47-55):

$$\sigma_i = (\sigma_{it} - 1) \times PSE \times SSE + 1 \quad (۶۳)$$

$$\sigma_c = (\sigma_{ct} - 1) \times PSE \times SSE + 1 \quad (۶۴)$$

$$PSE = \left(\frac{P_u - P_v}{P_{ut} - P_{vt}} \right)^{0.28} \quad (۶۵)$$

یادآوری ۱- نتایج PSE ممکن است به‌صورت کاملاً محافظه‌کارانه برای فشارهای بالای ۳۰۰ psia باشد.

$$SSE = \left(\frac{D}{d_t} \right)^{Y} \quad (۶۶)$$

یادآوری ۲- برای شیرهای بزرگ‌تر از ۳۶ in در محاسبات SSE، D محدود به $\geq$ ۳۶ in است.

$$Y = 0.3 \times K_v^{-0.25} \quad (۶۷)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
D	قطر نامی شیر	mm (in)
d_t	اندازه شیر مدل یا آزمون	mm (in)
K_v	ضریب مقاومت جریان شیر	بدون بعد
PSE	ضریب اثرات مقیاس فشار برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد
P_u	فشار بالادست مرجع برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_{ut}	فشار بالادست از آزمون آزمایشگاهی برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_v	فشار بخار متناظر آب در دمای مورد نظر و فشار اتمسفر (مثال: برای آب در ۱۶ °C (۶۰ °F)، P_v = -۹۹٫۶ kPa (-۱۴٫۴ psig) در سطح دریا اندازه‌گیری شده است).	kPa (psi)
P_{vt}	فشار بخار به‌دست آمده از آزمون آزمایشگاهی	kPa (psi)
SSE	ضریب اثرات مقیاس اندازه‌بندی برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد
Y	توان (نما) مقیاس اندازه برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
σ_c	شاخص کاویتاسیون ثابت در فشار مرجع، P_u	بدون بعد
σ_{ct}	شاخص کاویتاسیون ثابت از آزمون آزمایشگاهی	بدون بعد
σ_i	شاخص کاویتاسیون اولیه در فشار مرجع، P_u	بدون بعد
σ_{it}	شاخص کاویتاسیون اولیه به‌دست آمده از آزمون آزمایشگاهی	بدون بعد
$\sigma_{operating}$	شاخص کاویتاسیون سیستم نصب‌شده و عملکرد	بدون بعد

۳-۶ مثالی از روش محاسبات کاویتاسیون

داده‌های سیستم و محاسبات از بند ۴، داده‌های شیر از بند ۵ و مقادیر شاخص کاویتاسیون از شکل ۴۷ و جدول ۷ در اختیار است.

۱- از ورودی‌ها، فشار بخار عملکردی psig ۱۴٫۴ است.

۲- از بند ۴، فشارهای بالادست و تفاضلی شیر در زاویه شیر (θ) را محاسبه کنید.

۳- شاخص کاویتاسیون عملکردی شیر، σ_θ، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۲ محاسبه کنید.

۴- ضریب اثرات مقیاس فشار، PSE_θ، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۵ محاسبه کنید.

۵- توان مقیاس اندازه، Y_θ، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۷ محاسبه کنید.

۶- عامل تأثیر مقیاس اندازه، SSE_θ، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۶ محاسبه کنید.

۷- شاخص کاویتاسیون اولیه مرجع اصلاح‌شده، σ_i، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۳ محاسبه کنید.

۸- شاخص کاویتاسیون ثابت مرجع اصلاح‌شده، σ_i، را در زاویه شیر (θ) با استفاده از رابطه ۶۴ محاسبه کنید.

۹- مراحل ۳ تا ۸ را برای سایر زوایای شیر (θ) تکرار کنید.

۱۰- شاخص کاویتاسیون عملکردی شیر را با شاخص کاویتاسیون اولیه و ثابت مرجع اصلاح‌شده در هر زاویه شیر (θ) مقایسه کنید. زمانی‌که شاخص کاویتاسیون عملکردی برابر یا کم‌تر از شاخص کاویتاسیون اولیه باشد، کاویتاسیون آغاز می‌گردد و تا مادامی که شاخص عملکردی افت نماید، افزایش می‌یابد. زمانی‌که شاخص کاویتاسیون عملکردی مابین شاخص‌های کاویتاسیون اولیه و ثابت مرجع اصلاح‌شده قرار دارد، کاویتاسیون وجود دارد و از سیستم قابل شنیدن است اما آسیب ناشی از کاویتاسیون ناچیز است. زمانی‌که شاخص کاویتاسیون عملکردی پایین‌تر از شاخص‌های کاویتاسیون ثابت مرجع اصلاح‌شده باشد، کاویتاسیون ثابت

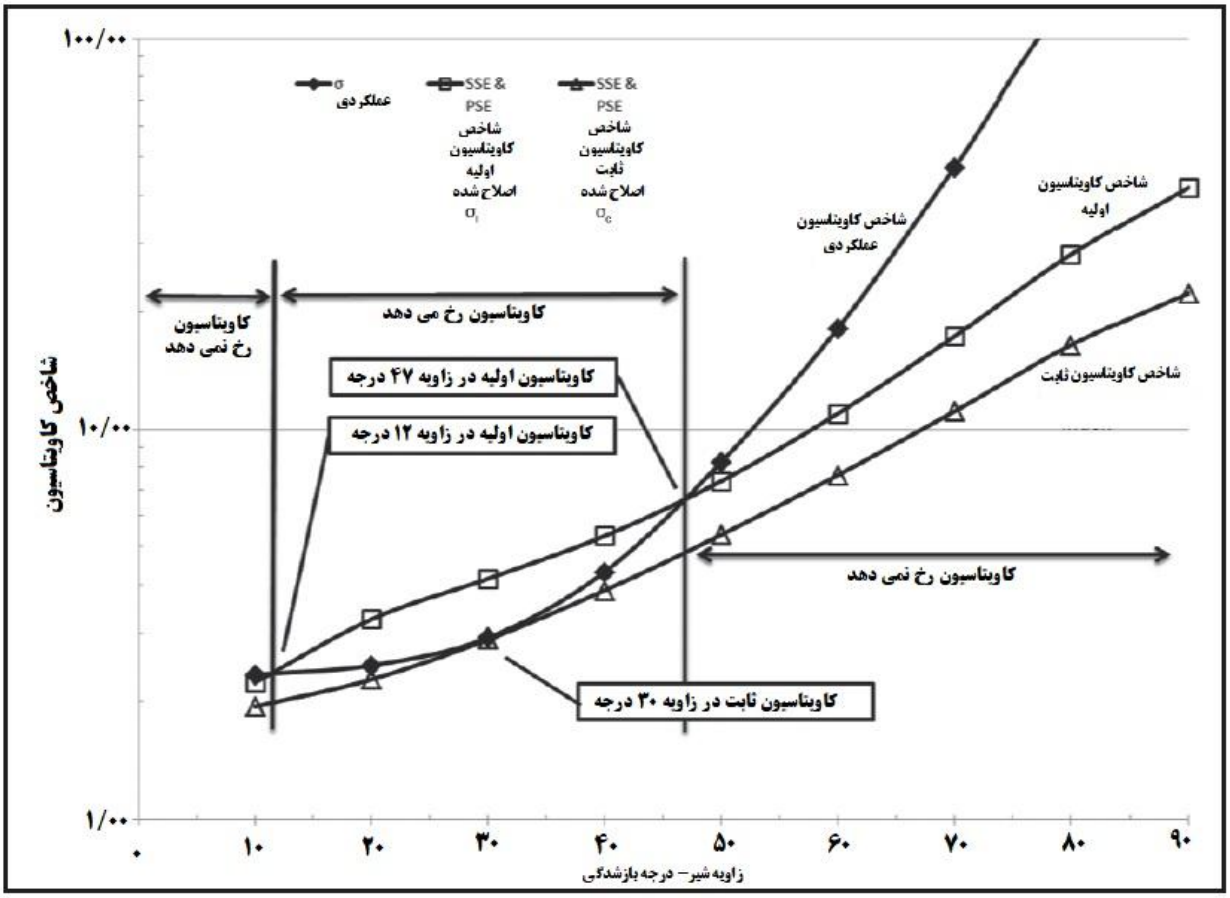
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

واقع شده و کاملاً توسعه می‌یابد و تا زمانی‌که شاخص کاویتاسیون عملکردی در ادامه کار افت پیدا کند، ریسک آسیب‌های ناشی از کاویتاسیون افزایش می‌یابد.

جدول ۷- داده‌های محاسبات کاویتاسیون برای مثالی با منبع هد ثابت

ورودی	ورودی	محاسبه شده از بند ۴	محاسبه شده از بند ۴	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده	محاسبه‌شده
زاویه شیر θ (درجه)	$K_{V\theta}$	$\Delta H_{V\theta}$	ΔH_{sys} در بالادست شیر (۷۵ ٪)	$\sigma_{operating}$	PSE	Y	SSE	شاخص کاویتاسیون اولیه آزمون ۶ in σ_i	شاخص کاویتاسیون ثابت آزمون ۶ in σ_c	SSE و PSE شاخص کاویتاسیون اولیه اصلاح شده σ_i	PSE و SSE شاخص کاویتاسیون ثابت اصلاح شده σ_c
۹۰	۰٫۳۰	۰٫۹	۷۴٫۳	۱۶۵٫۷۹	۰٫۸۸۸	۰٫۴۱	۱٫۷۵۴	۲۷٫۱۸	۱۴٫۷۲	۴۱٫۷۷	۲۲٫۳۶
۸۰	۰٫۴۰	۱٫۲	۷۴٫۱	۱۲۴٫۹۲	۰٫۸۸۸	۰٫۳۸	۱٫۶۸۷	۱۹٫۰۹	۱۱٫۳۲	۲۸٫۱۱	۱۶٫۴۶
۷۰	۱٫۱۰	۳٫۴	۷۲٫۵	۴۶٫۹۱	۰٫۸۹۱	۰٫۲۹	۱٫۵۰۱	۱۳٫۲۱	۸٫۵۷	۱۷٫۳۲	۱۱٫۱۲
۶۰	۳٫۱۰	۸٫۹	۶۸٫۳	۱۸٫۱۵	۰٫۸۹۸	۰٫۲۳	۱٫۳۶۸	۹٫۱۳	۶٫۴۰	۱۰٫۹۸	۷٫۶۳
۵۰	۸٫۳۰	۲۰٫۸	۵۹٫۴	۸٫۲۴	۰٫۹۱۲	۰٫۱۸	۱٫۲۷۸	۶٫۴۷	۴٫۷۵	۷٫۳۷	۵٫۳۶
۴۰	۲۴٫۸۰	۴۴٫۰	۴۲٫۰	۴٫۳۱	۰٫۹۳۸	۰٫۱۳	۱٫۲۰۵	۴٫۸۳	۳٫۵۴	۵٫۳۳	۳٫۸۷
۳۰	۸۳٫۳۰	۷۲٫۵	۲۰٫۶	۲٫۹۲	۰٫۹۶۸	۰٫۱۰	۱٫۱۴۸	۳٫۸۳	۲٫۷۰	۴٫۱۴	۲٫۸۹
۲۰	۳۳۳٫۳۰	۹۱٫۳	۶٫۵	۲٫۴۸	۰٫۹۸۶	۰٫۰۷	۱٫۱۰۲	۳٫۰۸	۲٫۱۸	۳٫۲۶	۲٫۲۸
۱۰	۳.۰۰۰٫۰۰	۹۹٫۰	۰٫۸	۲٫۳۵	۰٫۹۹۳	۰٫۰۴	۱٫۰۵۸	۲٫۱۸	۱٫۹۰	۲٫۲۴	۱٫۹۴

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴۷- نمونه نمودار خلاصه‌ای از بررسی کاویتاسیون

۴-۶ روش‌هایی برای کاهش کاویتاسیون

مقررات طراحی برای سیستم‌های آب کاملاً عاری از کاویتاسیون، فراتر از محدوده این استاندارد است، اما توصیه های عمومی برای کاهش کاویتاسیون می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. نگاهی دقیق به رابطه شاخص کاویتاسیون (معادله ۶۲) ممکن است سرنخ‌هایی در مورد چگونگی کاهش کاویتاسیون ارائه کند.

برای کاهش کاویتاسیون، مقدار شاخص کاویتاسیون عملکردی، ($\sigma_{operating}$)، باید به بالاتر از شاخص کاویتاسیون ثابت برای شیر، σ_c، مشابه آن‌چه در شکل ۴۶ نشان داده شده است، افزایش یابد. راه اول برای انجام این کار افزایش فشار پایین دست، P_d، است که در آن صورت مقدار شاخص کاویتاسیون هم افزایش خواهد یافت. راه دیگر کاهش فشار تفاضلی در شیر است، $(P_d - P_u)$. هم‌چنین مقدار شاخص کاویتاسیون ثابت، σ_c، با استفاده از شیر در حالت‌های گشودگی مختلف یا استفاده از یک مدل شیر متفاوت می‌تواند تغییر کند. در نهایت هوا برای کاهش و تخفیف کاویتاسیون می‌تواند تزریق شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

در عمل با استفاده از یک تا تعداد بیش‌تری از روش‌های زیر، در بعضی موارد می‌توان به این تغییرات دست یافت (Tullis 1989pp.145-165, Skousen 1998, pp 511-517):

۱- فشار پایین‌دست را به‌وسیله تغییر محل شیر ربع‌گرد در سیستم یا مهیا ساختن محدودیت‌های اضافی در پایین‌دست با استفاده از یک شیر دیگر یا محدودیت دائمی مثل استفاده از یک اریفیس[1] افزایش دهید.

۲- کاهش فشار تفاضلی، $(P_d - P_u)$، با به‌کار بردن دو یا تعداد بیش‌تری شیر به‌صورت سری به‌منظور پایین آوردن فشار تفاضلی در امتداد هر شیر.

۳- تنظیم جریان شیر در حالت‌های گشودگی مختلف با استفاده از تغییر اندازه شیر. برای حفظ همان دبی، شیری کوچک‌تر در زوایای گشودگی بزرگ‌تر یا شیری بزرگ‌تر در زوایای گشودگی کوچک‌تری قرار گیرد. شیرهای کنترلی اغلب به زیر اندازه خط کاهش می‌یابند تا امکان کنترل بهتر زمانی‌که افت انرژی بزرگ‌تری نیاز است را فراهم آورند.

۴- یک خط کنارگذر[2] کوچک‌تر دور شیر اصلی قرار دهید تا شرایط جریان پایین را کنترل کند.

۵- مجاری ورودی هوا را بلافاصله در پایین‌دست محور شیر قرار دهید تا هوا وارد شود و ناحیه تفاضل فشار در لوله را کاهش دهد. سیستم باید قادر به پذیرش دریافت هوای ورودی باشد، یا توصیه می‌شود برای تخلیه هوا تدارکی دیده شود (یعنی گذاشتن یک شیر یا شیرهای آزادسازی هوا). این تکنیک در چندین منبع مورد بحث قرار گرفته است (Tullis 1989, 145-165).

۶- سازندگان ممکن است روش‌های دیگری را نیز برای کاهش کاویتاسیون در شیرهای ربع‌گرد پیشنهاد دهند.

۷ آزمون شیر

۷-۱ کلیات

در بندهای پیش از این اهمیت محاسبات افت هد، گشتاور و کاویتاسیون نشان داده شده است. این محاسبات دارای درستی برابر با درستی ضرایب به کارگرفته شده در معادلات می‌باشند. هدف از این بند ارائه یک روش عملی برای آزمون شیرهای ربع‌گرد و به‌دست آوردن ضرایب جریان، گشتاور و کاویتاسیون است. اگرچه که انجام آزمون توصیه می‌شود اما جزء الزامات استاندارد نمی‌باشد. هم‌چنین ضرایب می‌توانند از طریق روش‌های تحلیلی و تشابه هندسی به‌دست آیند. با این حال، درستی‌های بالاتر، از نتایج آزمون‌ها به‌دست می‌آید. توصیه می‌شود هر ضریب جریان، گشتاور و کاویتاسیون که از معادلات تحلیلی، مقایسه تشابهی یا مدل‌های مکانیک سیالات محاسباتی یا ریاضی به‌دست می‌آید، به‌وسیله آزمون برای تعیین میزان دقت آن‌ها بررسی شود.

1-Orifice
2-Bypass

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۷-۲ عدم قطعیت

تمامی شیرها، همانند انسان‌ها منحصر به فرد هستند. هرچند که ما ویژگی‌های اختصاصی مشترکی داریم که قابلیت پیش‌بینی و دسته‌بندی را دارد، اما به‌صورت متفاوتی در حال و آینده عمل می‌کنیم. عدم قطعیت موضوع پیچیده‌ای است و جزء عناوین مباحث این استاندارد نمی‌باشد. اگر چه دقت تجربی مربوط به هر مجموعه داده و روش‌های کاهشی وجود دارد، اغلب آزمایشگاه‌ها و محققان از اندازه‌گیری با درستی بالا و داده‌های تکراری برای به حداقل رساندن عدم قطعیت در نتایج استفاده می‌کنند. استفاده از این روش به این قصد انجام می‌شود که بهترین تخمین از افت هد عملکردی عادی، الزامات گشتاور و پتانسیل کاویتاسیون تحت شرایط مورد تجزیه و تحلیل یا معین تأمین گردد.

انتظار می‌رود که درستی اندازه‌گیری تجهیزات ثبت شود و برنامه کنترل کیفی به‌منظور اطمینان از درستی نتایج آزمون استفاده می شود، اما عدم قطعیت ویژه به‌وسیله این استاندارد تعیین نمی‌شود و در این خصوص خوانندگان به مراجع دیگر ارجاع داده می شوند[۱]. عدم قطعیت اندازه‌گیری جریان و فشار در زیربندهای بعدی این بند ارائه شده است.

۷-۳ الزامات آزمون

در طراحی و انجام آزمون‌های جریان و گشتاور، الزامات زیر باید برآورده شود:

۱- سیال آزمون باید آب تمیز در محدوده دمایی ۱۰ °C تا ۲۱ °C (۳۵ °F تا ۸۰ °F) باشد. دماهای مختلف معمولاً بر مقدار افت هد تأثیر نمی‌گذارد، اما تغییرات دمایی می‌تواند به دلیل وجود لاستیک آب‌بند بر گشتاور تأثیر بگذارد. اگر دما متغیر باشد، آزمون اضافی برای پیش‌بینی میزان تغییر گشتاور نسبت به دما توصیه می‌شود.

۲- توصیه می‌شود سیستم لوله‌کشی بالادست و پایین‌دست شامل یک لوله مستقیم و افقی باشد که با اندازه اسمی مشابه با شیر آزمون حداقل ۲۰ برابر قطر لوله در بالادست و ۱۰ برابر قطر لوله در پایین‌دست شیر باشد. به‌طور جایگزین طول لوله مستقیم در بالادست شیر می‌تواند به درازای مورد نیاز برای حصول پروفیل جریان کاملاً یکنواخت، آزموده و مستندشده با حداقل سه برابر قطر لوله در بالادست شیر مورد آزمون باشد. ممکن است از نرم‌کننده جریان[۲] برای بهبود شرایط جریان در ورودی لوله استفاده شود. افت هد اصطکاکی سیستم لوله‌کشی که بیش از آغاز آزمون تعیین می‌شود، باید از افت هد اندازه‌گیری‌شده در امتداد آبراهه برای تعیین ضرایب جریان، گشتاور و کاویتاسیون خالص کم شود.

---

[۱]- انجمن بین المللی اتوماسیون (ISA) و انجمن مهندسان امریکا (ASME)

2-Flow conditioner

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۳- توصیه می‌شود اندازه‌گیری جریان، فشار و گشتاور حداقل در ۱۰ موقعیت محدوده حرکت شیر انجام شود: ° ۰ (بسته)، ° ۱۰، ° ۲۰، ° ۳۰، ° ۴۰، ° ۵۰، ° ۶۰، ° ۷۰، ° ۸۰ و ° ۹۰ (باز). هم‌چنین توصیه می‌شود اندازه‌گیری‌ها در چند موقعیت اطراف موقعیت ضریب دینامیکی بیشینه انجام شوند. بسیاری از محققان دریافته‌اند که بهترین جمع‌آوری داده‌ها در فواصل ° ۵ است. هم‌چنین توصیه می‌شود اندازه‌گیری‌ها شامل داده‌های اضافی در اطراف موقعیت ضریب گشتاور دینامیک بیشینه یا جائی‌که تغییر راستای گشتاور (گذر صفر) رخ می‌دهد، باشد. آزمون‌های بیش‌تر در موقعیت‌های انتقالی با صلاح‌دید محققان، کاردان‌های آزمون و سازندگان انجام می‌شود. وضعیت‌های شیر می‌تواند با نقاله (زاویه‌سنج) دقیق، پتانسیومتر (مقسم ولتاژ)، ترانسفورماتور دیفرانسیلی دوار متغیر (RVDT) یا وسیله‌ای مشابه که مستقیماً به شفت شیر متصل می‌شود، اندازه‌گیری شود. به علت هیسترزیس (پسماند) در اتصالات و چرخ دنده توصیه می‌شود از خوانش موقعیت در عملگر شیر به‌عنوان یک شاخص قابل اعتماد از موقعیت دقیق استفاده نشود.

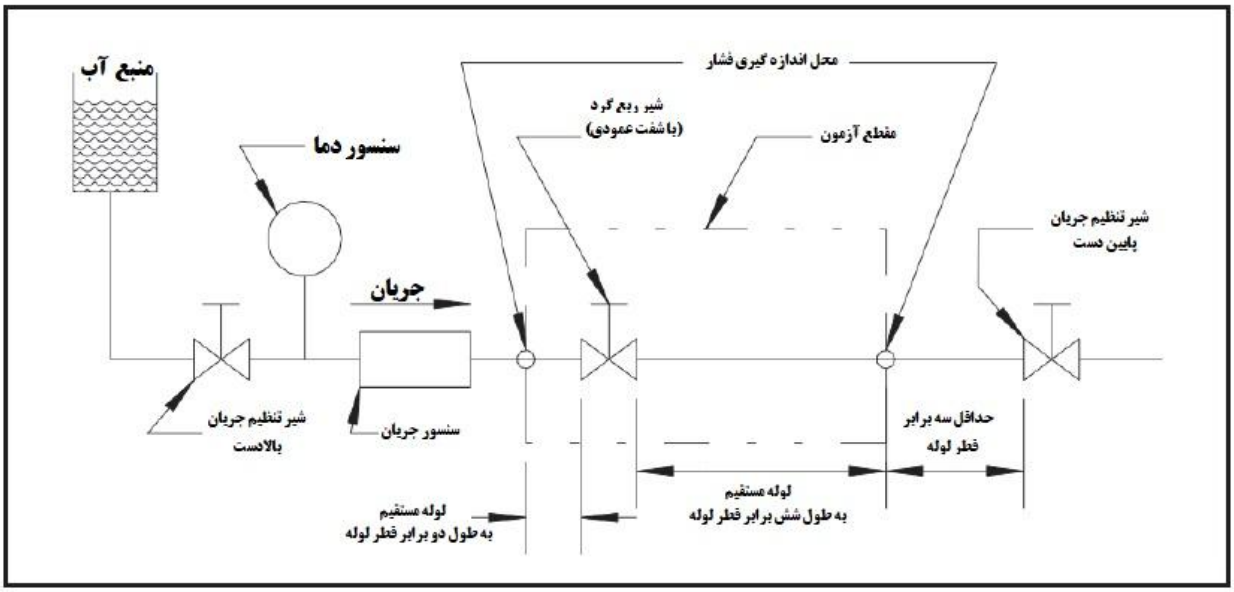
۴- ممکن است در آزمون از شیر مدل استفاده شود. اما در این حالت باید برای حصول عدد رینولدز بیش از ۱۰۰۰۰۰، مدل به اندازه کافی بزرگ و شکل هندسی آن‌ها شبیه به شیرهای تولیدی باشد. شیرهای مدل نباید دارای قطر اسمی کم‌تر از ۱۵۰ mm (۶ in) باشند. سازنده باید درستی ابعادی مدل مورد آزمون را تا محدوده ٪ ۲ از مقیاس واقعی تصدیق کند.

۵- آزمون جریان، مقادیر ضریب مقاومت جریان K یا K_V، مقادیر ضریب جریان، C_V، شاخص‌های کاویتاسیون، σ و ضرایب گشتاور دینامیکی، C_t، را تعیین می‌کند. آزمون جریان باید مطابق با استاندارد ANSI/ISA S75.02.01-2008 انجام شوند با این تفاوت که تلفات چندگانه[1] لوله‌کشی برای تعیین K_V خالص شیر کم می‌شود. مقادیر K بر مبنای اندازه‌گیری‌های مستقیم بدون کم کردن تلفات چندگانه لوله‌کشی تحت عنوان K_V ناخالص اشاره می‌شوند اما در این‌جا استفاده نمی‌شود.

۶- فشار در فاصله‌ای دو برابر قطر لوله در بالادست و شش برابر قطر لوله در پایین‌دست شیر اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۴۸). اندازه‌گیری‌های فشار از طریق انشعابات قلاویزکاری‌شده در خط لوله و با استفاده از فشار سنج پیزومتریک در دو سمت مخالف لوله جهت سنجش فشار استاتیک در هر محل انجام می‌شود. طراحی انشعاب فشارسنج باید مطابق با استاندارد ANSI / ISA S75.02.01-2008 (ISA 2008) باشد. تنها یک تفاوت به شرح زیر وجود دارد: برای این استاندارد، شفت شیر عمودی نصب خواهد شد. به‌گونه‌ای که اثرات وزن، شناوری و مرکز ثقل عضو انسداد بر اندازه‌گیری‌های گشتاور و اریبی داده‌های گشتاور تأثیری تأثیری ندارد.

1-Manifold

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴۸- سیستم مبنای آزمون جریان

۷- دبی حجمی با مخازن وزن قابل ردیابی، مخازن حجمی یا نازل‌های جریان بر مبنای استانداردهای ملی و فناوری (NIST) با حداکثر خطای ٪ ۲ اندازه‌گیری می‌شود.

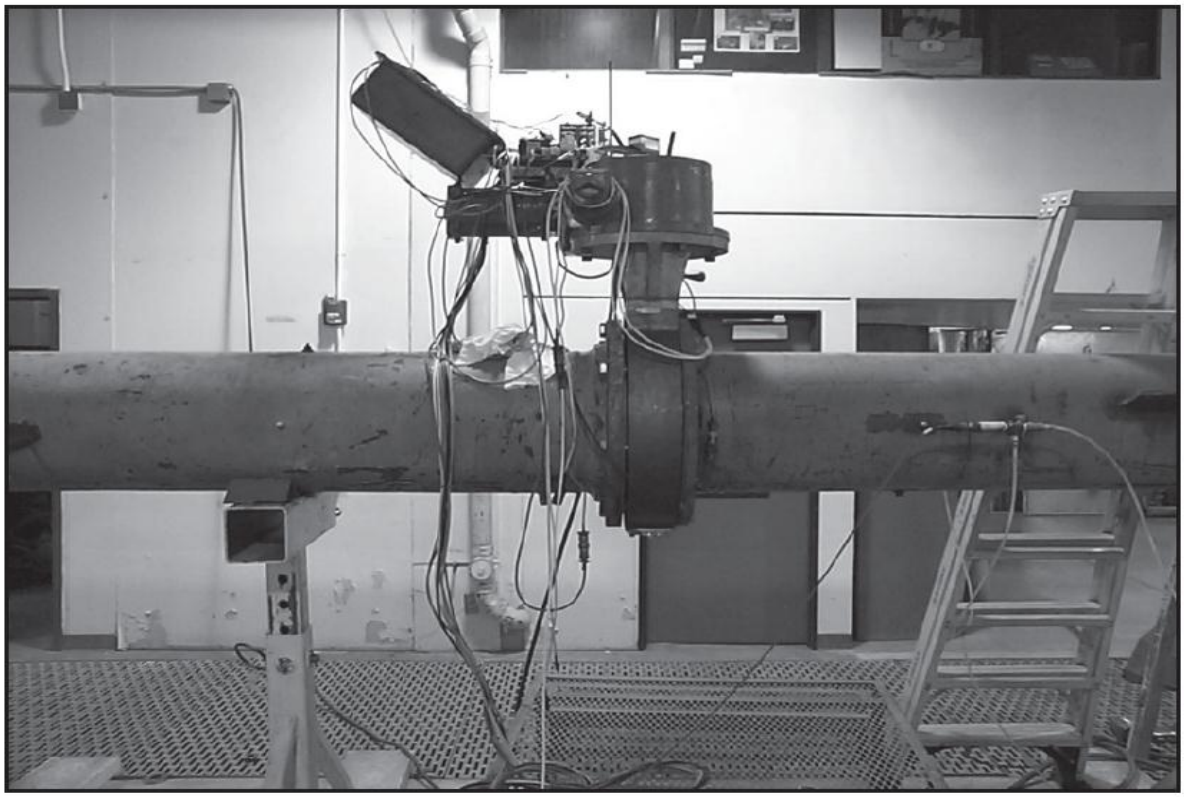
۸- درستی اندازه‌گیری فشار باید در گستره خطایی ٪ ۲ ± از اختلاف فشار اندازه‌گیری باشد.

۴-۷ روش اجرای آزمون

مراحل زیر نشان‌دهنده یک روش عمومی برای آزمون جریان یک شیر ربع‌گرد است. در برخی موارد به دلیل محدودیت‌های آزمون و پیکربندی‌های غیر معمول شیر، انحرافات و ناهنجاری‌هایی اتفاق می‌افتد. توصیه می‌شود چنین شرایطی در گزارش نهایی آزمون شرح داده شود.

شکل‌های ۴۸ و ۴۹ مجموعه تأسیسات شیر آزمون را نشان می‌دهد. اگرچه انشعاب سنجش فشار پایین‌دست (در سمت چپ شیر آزمون) قابل مشاهده نیست؛ انشعاب سنجش فشار بالاست در سمت راست شیر قابل مشاهده است (شکل ۴۹). گشتاور شفت با یک کرنش‌سنج نصب‌شده مابین عملگر و شیر اندازه‌گیری می‌شود. دبی جریان با استفاده از دبی‌سنج، مخزن وزنی، یا مخازن حجمی کالیبره‌شده اندازه‌گیری می‌شود (نشان داده نشده است).

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۴۹- تأسیسات آزمون شیر پروانه‌ای

۱- توصیه می‌شود طرح شیر ربع‌گرد یا مدل مقیاس بررسی شود تا تصدیق شود که حداقل مقدار گشتاور پکینگ روی شفت را برای آب‌بندی مناسب دارد. مقدار کمی از نشت پکینگ در صورتی که باعث کم شدن گشتاور پکینگ شود، می‌تواند جایز باشد، به شرطی که تأثیری بر درستی اندازه‌گیری جریان یا سایر ابزار در خلال آزمون نشود. با دوران شیر در گستره میانی، حرکت شیر، گشتاور پکینگ و/ یا طوقه آب‌بندی، T_{pt}، را در حالی که آبراهه پر از آب ولی بدون جریان باشد، اندازه‌گیری می‌شود.

۲- قبل از نصب در خط آزمون، شیر را به وسیله‌ای برای نشان دادن زاویه دقیق دریچه مجهز کنید. کرنش‌سنج یا مبدل گشتاور را به شفت شیر برای ثبت گشتاور عملیاتی نصب کنید. توصیه می‌شود گشتاور دینامیکی که تمایل به بستن شیر دارد، با علامت مثبت ثبت شود که در نتیجه این گشتاور همان گشتاور لازم توسط محرک برای باز کردن شیر است. توصیه می‌شود گشتاور دینامیکی که تمایل به باز کردن شیر دارد، با علامت منفی ثبت شود که در نتیجه این گشتاور همان گشتاور لازم توسط محرک برای بستن شیر است.

۳- توصیه می‌شود شیر در خط آزمون عمود با شفت نصب شود، تا از اثرات گشتاورهای ناشی از وزن و شناوری جلوگیری شود. این مسئله بر خلاف الزام ISA 4.6 در مورد انشعاب سنجش فشار و راستای موقعیت شفت است. توصیه می‌شود برای طرح‌های غیرمتقارن عضو انسداد، جهت جریان ثبت شود. توصیه می‌شود برای

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شیرهای برون‌محور دوتایی و سه‌تایی، جهت چرخش برون‌محوری عرضی یا گشتاور خارج از مرکزیت (با تمایل به بستن یا باز کردن شیر) ثبت شود.

۴- توصیه می‌شود خط لوله به وسایل اندازه‌گیری مناسب جریان و فشار مانند لوله‌های جریان، مانومترها و مبدل‌ها و انتقال‌دهنده‌های فشار مجهز شود. توصیه می‌شود لوله به‌منظور تعیین میزان افت هد در هشت قطر خط لوله آزمون (دو قطر در بالادست و شش قطر در پایین‌دست) پیش‌آزمون شود.

۵- توصیه می‌شود داده‌های تجهیزات اندازه‌گیری شامل شماره‌های شناسایی، سازنده، شماره مدل، مقیاس، درستی و آخرین تاریخ کالیبراسیون و تاریخ انقضاء آن ثبت شود.

۶- با شیر ربع‌گرد در حالت کاملاً باز، شیر را در معرض جریان در گستره ۱٫۳ m/s تا ۵٫۲ m/s (۴ ft/s تا ۱۶ ft/s) قرار داده و جریان و افت هد را ثبت کنید. آزمون جریان در حالت شیر کاملاً باز را با حداقل سه جریان متفاوت تکرار کنید. در هر نقطه آزمون، ضریب جریان، K_v، شیر را محاسبه کنید. از اندازه‌گیری فشار، افت هد لوله را به‌منظور به‌دست آوردن ΔH_v کم کنید. معادله جریان، معادله ۶۸ است. میانگین ریاضی مقادیر K_V محاسبه‌شده را تا دو رقم اعشار (به عنوان نمونه ۰٫۳۲) محاسبه کنید. آزمون ضریب جریان را برای زوایای کوچک‌تر در ° ۱۰ یا افزایش‌های ٪ ۱۰ (یا کوچک‌تر) تکرار کنید.

۷- گشتاور مورد نیاز برای چرخش محور شیر در جهت باز و بسته شدن در هر موقعیت بازشدگی شیر را اندازه‌گیری کنید. خواندن گشتاور باید همراه با چرخش شیر انجام شود به‌گونه‌ای که گشتاور یاتاقان نیز اندازه‌گیری می‌شود. افزایش گشتاور باز شدن نشان می‌دهد که گشتاور دینامیکی تمایل به بستن شیر دارد. گشتاورهای اندازه‌گیری‌شده ترکیبی از گشتاورهای دینامیکی، T_d، گشتاور یاتاقان، T_b، و گشتاور پکینگ و طوقه، T_p هستند. گشتاور دینامیکی را براساس معادله ۶۹ محاسبه کنید. آزمون ضریب گشتاور برای زوایای مشابه کوچک‌تر در ° ۱۰ یا افزایش‌های ٪ ۱۰ (یا کوچک‌تر) مشابه آن‌چه در آزمون ضریب جریان انجام گرفت، تکرار کنید.

یادآوری- از گشتاور تنها بر حسب in.lb یا N.m استفاده کنید.

۸- گشتاور یاتاقان (و ضریب یاتاقان ظاهری) در یک زاویه کوچک عضو انسداد که در آن عضو انسداد با نشیمن‌گاه تداخلی ندارد، می‌تواند با محاسبه اختلاف بین دو مقدار گشتاور (باز و بسته شدن) و تفریق گشتاور پکینگ و طوقه اندازه‌گیری‌شده در مرحله ۱ تعیین شود.

یادآوری- از گشتاور تنها بر حسب in.lb یا N.m استفاده کنید.

۹- توصیه می‌شود شیر ربع‌گرد در فواصل حداکثر ° ۱۰ برای تعیین کاویتاسیون‌های اولیه، ثابت و اختناق با استفاده از تنظیم شیرهای کنترلی بالادست و پایین‌دست آبراهه، مورد آزمون قرار گیرد. فشار بالادست ثابت نگه داشته می‌شود (به‌طور معمول در ۴۸۱ kPa (۷۰ psig)) در حالی که جریان کم‌کم افزایش می‌یابد تا زمانی که حدود کاویتاسیون مورد نظر شناسایی شود. نمودار لگاریتمی خروجی شتاب‌سنج نسبت به نرخ

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

جریان یا شاخص کاویتاسیون مفید است. شیب این منحنی به‌طور معمول در نقاط کاویتاسیون‌های اولیه، ثابت و اختناق، همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، تغییر می‌کند. اگر امکان ثابت نگه داشتن فشار بالادست وجود نداشته باشد، ممکن است روش سنجش صوتی برای شناسایی کاویتاسیون اولیه و ثابت استفاده شود و سپس نتیجه آزمایشگاهی به مقیاس فشار بالادست از قبل تعیین‌شده تبدیل شود. اطلاعات بیش‌تر در مورد آزمون کاویتاسیون در استاندارد (ISA 1995) ISA-RP75.23-1995 یافت می‌شود.

– کاویتاسیون اولیه با نوفه متناوب ظاهرشده یا با افزایش ارتعاش بالاتر از حد جریان آشفته نمایان می‌شود.

– کاویتاسیون ثابت با یک نوفه و ارتعاش پایا که در نرخ آهسته‌تری افزایش می‌یابد، نشان داده می‌شود. شدت کاویتاسیون مشابه کاویتاسیون اولیه است، هرچند که وقوع کاویتاسیون پایا است.

– کاویتاسیون اختناق هنگامی رخ می‌دهد که سرعت جریان با باز شدن بیش‌تر دریچه کنترل پایین‌دست و عدم افزایش فشار بالادست، افزایش نمی‌یابد. حد اختناق ممکن است از قابلیت جریان حلقه آزمون (مدار آزمون) بیش‌تر باشد. هنگامی که این اتفاق می‌افتد، ممکن است این داده‌ها نادیده گرفته شود یا برای دست‌یابی به نتایج معقول، از ابزار جایگزین (مانند استفاده از یک لوله آزمون با انتهای باز و شامل عامل بازیابی فشار مایع) استفاده شود.

۱۰- توصیه می‌شود برای شیر با عضو انسداد برون‌محور یا متقارن، آزمون‌های جریان برای عضو انسداد در جهت مقابل نیز تکرار شود.

۱۱- توصیه می‌شود ضرایب کاویتاسیون اولیه و ثابت (σ_i و σ_c) برای اعمال تأثیرات مقیاس اندازه (SSE) و اعمال تأثیرات فشار (PSE) براساس معادلات ۷۵ و ۷۳ اصلاح شوند و در قالب یک جدول مختصر، در فشار بالادست و اندازه یکسان گزارش شوند. (یعنی اندازه شیر اسمی ۱۲ و فشار ۴۸۱ kPa (۷۰ psig) (Tullis1989). این داده‌ها شامل موارد زیر باشد:

الف- اندازه با SSE اصلاح‌شده مورد استفاده (۱۲ in)؛

ب- اندازه اسمی شیر مورد آزمون؛

پ- فشار با PSE اصلاح‌شده (۷۰ psig)؛

ت- فشار بخار آب در حین آزمون.

هنگامی که تمام داده‌ها نسبت به اندازه (۱۲ in) و فشار بالادست (۷۰ psig) یکسان تنظیم شدند، آن‌گاه می‌توان نتایج گونه‌ها و طرح‌های مختلف شیر را به‌طور مستقیم مقایسه کرد. توصیه می‌شود اگر داده‌ها دارای SSE یا PSE اصلاح‌شده نباشند، اندازه واقعی، فشار بالادست و فشار بخار آب گزارش شوند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۱۲- معادلات جایگزین ممکن است برای ارائه و پیش‌بینی داده‌های کاویتاسیون به‌منظور فهم بهتر و درک روشن‌تر استفاده شوند.

۱۳- داده‌های آزمون را در هر نقطه داده خلاصه کنید و حداقل نتایج زیر را گزارش دهید:

- جنس و مدل شیر؛
- نقشه ساخت و شماره و تاریخ تجدید نظر؛
- زاویه شیر در درجات بازشدگی؛
- سرعت جریان (براساس اندازه اسمی شیر)؛
- افت هد کل (اندازگیری‌شده)؛
- افت هد (در لوله‌کشی)؛
- افت هد خالص (فقط شیر)؛
- مقادیر میانگین $K_{v\theta}$، T_p، T_b، $T_{d\theta}$، $C_{t\theta}$ و C_f؛
- گشتاور باز شدن و بسته شدن (متشکل از $T_d + T_b + T_p$)؛
- $\sigma_{c\theta}$، $\sigma_{i\theta}$ یا سایر ضرایب کاویتاسیون در فشار مرجع (به شکل ۴۶ مراجعه شود).

$$K_v = \frac{2 \times g \times (\Delta H_t - \Delta H_{pipe})}{V^2} \qquad (۶۸)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
G	ثابت گرانش شتاب ناشی از جاذبه زمین ۹٫۸۱ m/s^2 (۳۲٫۲ ft/s^2)	m/s^2 (ft/s^2)
K_v	ضریب مقاومت جریان شیر	بدون بعد
V	سرعت جریان سیال	متر بر ثانیه، m/s (فوت بر ثانیه، ft/s)
ΔH_{pipe}	افت هد اندازه‌گیری‌شده آبراهه در خلال آزمون بدون در نظر گرفتن شیر	متر از آب (فوت از آب)
ΔH_t	افت هد اندازه‌گیری‌شده در امتداد شیر و آبراهه در خلال آزمون	متر از آب (فوت از آب)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

(۶۹)

$$T_{dt} = \frac{\text{گشتاور بستن + گشتاور باز کردن}}{2}$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
گشتاور بستن	گشتاور اندازه‌گیری‌شده در جهت بسته شدن	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
گشتاور باز کردن	گشتاور اندازه‌گیری‌شده در جهت باز شدن	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{dt}	گشتاور دینامیکی اندازه‌گیری‌شده. (مقدار مثبت نشان‌دهنده تمایل به بستن شیر است.)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)

ضریب گشتاور دینامیکی براساس رابطه زیر به‌دست می‌آید:

(۷۰)

$$C_t = \frac{1}{U_{C2}} \times \frac{T_{dt}}{D_d^3 \times \Delta P_t}$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_t	ضریب گشتاور دینامیکی (علامت مثبت تمایل به بستن شیر)، حالت کلی	بدون بعد
D_d	قطر دیسک	mm (in)
T_{dt}	گشتاور دینامیکی اندازه‌گیری‌شده از آزمون (مقدار مثبت نشان‌دهنده تمایل به بستن شیر است).	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} =۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) in/ft استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C2} = ۱ ×۱۰$^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (in/ft یا) (in/in)
ΔP_t	افت فشار اندازه‌گیری‌شده روی دیسک به‌دست آمده از آزمون	kPa (psid)

گشتاور یاتاقان براساس رابطه زیر به‌دست می‌آید:

(۷۱)

$$T_{dt} = \frac{\text{گشتاور بستن + گشتاور باز کردن}}{2} - T_{pt}$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ضریب یاتاقان اصطکاکی را محاسبه کنید:

$$C_f = \frac{1}{U_{C2}} \times \frac{8 \times T_{bt}}{\pi \times D_d^{\,2} \times d_s \times \Delta P_t} \qquad (۷۲)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_f	ضریب اصطکاک بین شفت و بوش یا ترنیون، بدون بعد (این مقدار ممکن است از آزمون جریان، کتابچه دستی مهندسی، سازنده یاتاقان یا سازنده شیر به‌دست آید.)	بدون بعد
گشتاور بستن	گشتاور اندازه‌گیری‌شده در جهت بسته شدن	N-m (in-lb)
D_d	قطر دیسک	mm (in)
d_s	قطر شفت	mm (in)
گشتاور باز کردن	گشتاور اندازه‌گیری‌شده در جهت باز شدن	N-m (in-lb)
T_{bt}	گشتاور یاتاقان اندازه‌گیری‌شده از آزمون	N-m (in-lb)
T_{pt}	گشتاور پکینگ و طوقه اندازه‌گیری‌شده از آزمون	N-m (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = 1/12 (۰/۰۸۳۳) in/ft استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: $U_{C2} = ۱ \times ۱۰^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (in/ft یا) (in/in)
ΔP_t	افت فشار اندازه‌گیری‌شده روی دیسک به‌دست آمده از آزمون	kPa (psid)

$$PSE = \left(\frac{P_u - P_v}{P_{ut} - P_{vt}} \right)^{0.28} \qquad (۷۳)$$

$$Y = 0.3 \times K_v^{\,-0.25} \qquad (۷۴)$$

$$SSE = \left(\frac{D}{d_t} \right)^{Y} \qquad (۷۵)$$

$$\sigma_i = (\sigma_{it} - 1) \times PSE \times SSE + 1 \qquad (۷۶)$$

$$\sigma_c = (\sigma_{ct} - 1) \times PSE \times SSE + 1 \qquad (۷۷)$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

یادآوری- برای نمودارهای نوعی شاخص‌های کاویتاسیون به شکل ۱۴ مراجعه شود.

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
PSE	ضریب اثرات مقیاس فشار برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد
SSE	ضریب اثرات مقیاس اندازه‌بندی برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد
Y	توان (نما) مقیاس اندازه برای تحلیل کاویتاسیون	بدون بعد
P_u	فشار بالادست مرجع برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_{ut}	فشار بالادست به‌دست آمده از آزمون آزمایشگاهی برای تحلیل کاویتاسیون	kPa (psi)
P_v	فشار بخار متناظر آب در دمای مورد نظر و فشار اتمسفر (مثال: برای آب در ۱۶ °C (۶۰ °F)، P_v = -۹۹٫۶ kPa (-۱۴٫۴ psig) در سطح دریا اندازه‌گیری شده است).	kPa (psi)
P_{vt}	فشار بخار به‌دست آمده از آزمون آزمایشگاهی	kPa (psi)
σ_c	شاخص کاویتاسیون ثابت در فشار مرجع، P_u	بدون بعد
σ_{ct}	شاخص کاویتاسیون ثابت از آزمون آزمایشگاهی	بدون بعد
σ_i	شاخص کاویتاسیون اولیه در فشار مرجع، P_u	بدون بعد
σ_{it}	شاخص کاویتاسیون اولیه به‌دست آمده از آزمون آزمایشگاهی	بدون بعد

یادآوری - فشارها ممکن است قابل برآورد یا مطلق باشند اما باید پایدار باشد.

۵-۷ روش اجرای آزمون گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه/جدا شدن از نشیمن‌گاه

مراحل زیر نشان‌دهنده یک روش عمومی برای انجام آزمون گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه/ جداشدن از نشیمن‌گاه شیر ربع‌گرد است. در برخی موارد به دلیل محدودیت‌های آزمون و پیکربندی‌های غیر معمول شیر، انحرافات و ناهنجاری‌هایی اتفاق می‌افتد. توصیه می‌شود چنین شرایطی در گزارش نهایی آزمون شرح داده شود. توصیه می‌شود آزمون‌ها برای هر دو جهت جریان و برای اکثر شیرها به غیر از شیرهای با طراحی کاملاً متقارن انجام شود. توصیه می‌شود شیرهای همراه با برون‌محوری و عضو انسداد غیرمتقارن در هر دو جهت آزمون شوند.

۱- توصیه می‌شود مدل، نوع و مواد ساخت شیر ثبت شود. جنس یاتاقان و ضریب اصطکاک، C_f یا گشتاور اصطکاک یاتاقان اندازه‌گیری‌شده از مرحله ۸ آزمون جریان پیشین برای محاسبات گزارش لازم است. توصیه

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

می‌شود شیر ربع‌گرد ابتدا تحت یک آزمون نشت پوسته و نشیمن‌گاه برای تصدیق تنظیمات دقیق نشیمن گاه و پکینگ قرار گیرد (اگر قابل کاربرد باشد).

۲- شیر را تا نیمه چرخانده و گشتاور پکینگ و طوقه آب‌بند ($T_p + T_h$) را با شیر پر از آب، ولی بدون جریان یا فشار اندازه‌گیری کنید. این اندازه‌گیری را سه بار تکرار کنید و میانگین نتایج را به‌دست آورید.

۳- با کور کردن یک فلنج شیر، فشار را به حد نهایی آن برسانید. به آرامی شیر را در حالت بدون فشار تفاضلی باز کنید و حداکثر گشتاور کل بازشدن (نشستن روی نشیمن‌گاه) را ثبت کنید ($T_s + T_b + T_p \pm T_{ecc}$). به آرامی شیر را تحت فشار اعمال شده ببندید و بالاترین گشتاور بسته شدن (جداشدن از نشیمن‌گاه) ($T_{us} + T_b + T_p \pm T_{ecc}$) را ثبت کنید. این آزمون را سه بار تکرار کنید و میانگین نتایج را برای شرایط بدون فشار تفاضلی به‌دست آورید. برای بعضی از انواع شیرها، توصیه می‌شود این آزمون با فشارهای تفاضلی پایین جهت حصول اطمینان از آب‌بندی انجام شود.

۴- با کور کردن یک فلنج شیر، شیر را تا اندازه تعیین‌شده[1] فشاردار کنید. به آرامی شیر را باز کرده و بیش‌ترین گشتاور مجموع باز شدن (جدا شدن از نشیمن‌گاه) ($T_{us} + T_b + T_p + T_h \pm T_{ecc}$) را ثبت کنید. به آرامی شیر را تحت فشار تفاضلی ببندید و بالاترین گشتاور بسته شدن (نشستن روی نشیمن‌گاه) ($T_s + T_b + T_p + T_h \pm T_{ecc}$) را ثبت کنید. این آزمون را سه مرتبه تکرار کنید میانگین نتایج را به‌دست آورید.

۵- مرحله ۴ در بالا را در یک یا چند فشار میانی به‌منظور تعیین ضرایب نشیمن وابسته به فشار تکرار کنید.

۶- گشتاور جداشدن از نشیمن‌گاه (T_{us}) و گشتاور نشستن (T_s) را با کم کردن T_b (از محاسبات یا از آزمون جریان) و T_p (شامل گشتاور طوقه آب‌بند اگر قابل اجرا باشد و در مرحله ۲ اندازه‌گیری شده باشد) از گشتاور اندازه‌گیری‌شده کل محاسبه کنید. توصیه می‌شود اگر شیر به‌صورت برون‌محور دوتایی یا سه‌تایی طراحی شده باشد، گشتاور خارج از مرکزیت (T_{ecc}) بسته به جهت چرخش، اضافه یا کم شود.

۷- گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه را به‌صورت تصویری به‌گونه‌ای که گشتاورهای روی محور y و فشار تفاضلی روی محور x باشد را ترسیم کنید. رگرسیون خطی داده‌ها را به منظور ضرایب ثابت و وابسته به فشار نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه انجام دهید.

اگر چه اغلب بر مبنای مقادیر گشتاور باز شدن و بستن بالاتر، ممکن است ضرایب نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه مجزا چنان‌چه اختلاف بالا باشد، به‌صورت جداگانه تعیین شود.

یادآوری – برای گشتاور تنها از واحدهای in.lb و N.m استفاده کنید.

1-Rating

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ضریب نشستن روی نشیمن‌گاه C_{sc} و ضریب جدا شدن از نشیمن‌گاه C_{usc} را بر مبنای داده‌های تصویری و بررسی رگرسیون خطی مرحله ۷ در بالا و معادلات پیش رو محاسبه کنید. اگر گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه و جداشدن از نشیمن‌گاه در تمامی فشارها به صورت معقولی ثابت است، تنها لازم است که ضرایب مستقل از فشار تعیین شوند. اگر این داده‌ها شیب منفی یا مثبت روشنی را نسبت به فشار کارکردی نشان دهند، آن‌گاه توصیه می‌شود ضرایب وابسته به فشار به‌دست آورده شوند.

مثال زیر و معادلات بر مبنای روش‌های نشستن رو نشمین‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه شیرهای پروانه‌ای و توپی (معادله ۳۲) نشان داده شده در بند ۵ هستند. برای شیرهای پروانه‌ای با برون‌محوری دوتایی و سه‌تایی، ضرایب جایگزین ممکن است مطابق با نام‌گذاری ارائه‌شده در معادله ۳۳ به‌دست آورده شوند. برای شیرهای سماوری، نیاز است ضرایب جایگزین مطابق با نام‌گذاری ارائه‌شده در معادله ۳۴ به‌دست آورده شوند.

$$C_{sc} = \frac{1}{U_{C2}} \frac{T_{st}}{D_d^2} \quad (۷۸)$$

$$C_{usc} = \frac{1}{U_{C2}} \frac{T_{ust}}{D_d^2} \quad (۷۹)$$

که در آن‌ها:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_{sc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه	N/m (lb/in)
C_{usc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه	N/m (lb/in)
D_d	قطر دیسک	mm (in)
T_{st}	گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه (همیشه مثبت)	N-m (in-lb)
T_{ust}	گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه (همیشه مثبت)	N-m (in-lb)
U_{C2}	ضریب تبدیل واحدها: استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب اینچ پوند: U_{C2} = ۱ in/in استاندارد مرسوم غیر متریک برای گشتاور بر حسب فوت پوند: U_{C2} = ۱/۱۲ (۰/۰۸۳۳) in/ft استاندارد متریک برای گشتاور بر حسب N-m: U_{C2} = ۱ ×۱۰$^{-۶}$ (۰/۰۰۰۰۰۱) m^2/mm^2	m^2/mm^2 (in/ft یا) (in/in)

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

$$T_s = (C_{sc} + C_{sp} \times \Delta P_V) \times D_d^2 \quad (۸۰)$$

و

$$T_{us} = (C_{usc} + C_{usp} \times \Delta P_V) \times D_d^2 \quad (۸۱)$$

که در آن:

نماد متغیر	تعریف یا توصیف	واحدهای متریک (واحدهای غیر متریک)
C_{sc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه	N/m (lb/in)
C_{sp}	ضریب وابسته به فشار گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه	N/m/kPa (lb/in/psi)
C_{usc}	ضریب ثابت یا مستقل از فشار گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه	N/m (lb/in)
C_{usp}	ضریب وابسته به فشار گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه	N/m/kPa (lb/in/psi)
D_d	قطر دیسک	mm (in)
T_{st}	گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه (همیشه مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
T_{ust}	گشتاور جدا شدن از نشیمن‌گاه (همیشه مثبت)	N-m (ft-lb یا) (in-lb)
ΔP_V	افت فشار (یا تلفات) در امتداد شیر، حالت کلی.	kPa (psid)

۸ کاربردهای شیر

۸-۱ کلیات

این بند توصیه‌هایی برای تعیین اندازه عملگر و نصب شیر ارائه می‌دهد. برخی پیکربندی‌های لوله‌کشی در سیستم‌های آبی می‌توانند به طور چشمگیری بر اتلاف انرژی در شیر و عملکرد آن تأثیر بگذارند. توصیه می‌شود طراح سیستم این تأثیرات را درک کند. این بند هم‌چنین شامل احتیاط‌هایی است که توصیه می‌شود در زمان استفاده از شیرهای ربع گرد به عنوان کنترل جریان، زمانی که شیر در معرض شرایط غیر معمول جریان

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

بالادست قرار می‌گیرد و زمانی که عملگرها جابه‌جا می شوند (احتمالاً به منظور اهداف تعمیراتی از مجموعه شیر جدا می‌شوند)، در نظر گرفته شوند.

۸-۲ تعیین اندازه عملگر

در بند ۵، روابطی برای تعیین گشتاورهای کل شکست، بازشدن و بسته‌شدن ارائه شده است. توصیه می‌شود تعیین اندازه عملگر براساس مقایسه بالاترین مقادیر گشتاور برای شیر و مقدار و قابلیت خروجی گشتاور عملگر باشد. گشتاور عملکردی مجموع در زیربند ۵-۳، حداقل گشتاور مورد نیاز شفت (MRST) در هر موقعیت انتقالی است. این گشتاور، محتمل ترین گشتاور مورد نیاز برای شیر است که در خلال عملکرد شیر در سیستم تحلیل شده است.

روابط گشتاور شامل ضرایب کاربرد که بهتر است در تعیین اندازه عملگر در نظر گرفته شوند، نمی‌باشند. برای تعیین ضرایب کاربرد (AFها) و سایر ملاحظات مورد نیاز جهت تعیین اندازه صحیح عملگرهای دستی، سیلندری و الکتریکی به استانداردهای AWWA مراجعه شود. مقادیر MRST در مقادیر مناسب AF که در این استاندارد ارائه شده‌اند، برای تعیین اندازه عملگر (AST) ضرب می‌شوند (AST=MRST×AF). در استانداردهای AWWA، نویسندگان از واژه «ضرایب کاربرد» استفاده کرده‌اند؛ چرا که مقادیر متفاوتی وابسته به نوع عملگر و نوع کاربرد وجود دارد. سایر استانداردهای صنعتی از واژه ضریب ایمنی یا اختلاف[1] به روش مشابه استفاده می‌کنند.

۸-۲-۱ تعیین اندازه عملگر دستی

عملگرهای دستی براساس دو معیار برآورد می‌شوند. نخست این‌که، توان نامی عملگر باید بیش از MRST در تمامی موقعیت‌های شیر باشد. دوم این‌که، اندازه عملگر باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که عملکرد شیر بدون هیچ گونه محدودیت خاص اضافی برای نیروی کششی یا گشتاور ورودی به دسته محرک[2] یا چرخ زنجیر[3] شیر باشد (به عنوان نمونه نیروی اعمالی به لبه دسته محرک برابر ۳۵۶ N (۸۰ lb) یا گشتاور ورودی ۲۱۹ N.m (۱۵۰ ft.lb) در استاندارد فعلی ANSI/AWWA C504-15). محاسبه نیرو کششی اعمالی یا گشتاور ورودی نیاز به بررسی منحنی مشخصه گشتاور برای عملگر دارد (به شکل ۵۰ مراجعه شود).

بیشینه نوعی AWWA برای الزامات کشش چرخ محرک یا چرخ زنجیر، ۳۸٫۳ kg (۸۰ lb) براساس یافته‌های پرسنل بهره‌برداری با سوابق بالا است و نیروهای کششی کم‌تر ۱۸٫۱ kg تا ۲۴٫۲ kg (۴۰lb تا ۶۰ lb) در پاره‌ای از اوقات براساس یافته‌ها کافی دانسته شده‌اند. در این حالت ممکن است نیاز به چرخش ورودی بالاتر، چرخ محرک یا چرخ زنجیر بزرگ‌تر یا شاید عملگر بزرگ‌تر یا با کارایی بالاتر باشد.

1- Margin
2-Handwheel
3-Chainwheel

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

منحنی‌های ضریب افزاینده گشتاور معمول برای یک عملگر دنده حلزونی[۱] و یک عملگر مهره-متحرک[۲] در شکل ۵۰ ارائه شده‌اند. با توجه به بازده مکانیزم و/ یا جعبه دنده ضریب افزایش گشتاور به صورت نسبت گشتاور خروجی به گشتاور ورودی است. برای مثال، اگر یک عملگر ضریب افزایش گشتاور برابر ۲۰ داشته باشد و یک شیر پروانه‌ای نیاز به گشتاور عملیاتی برابر ۹۷۳ N.m (۸۰۰۰ in.lb یا ۶۶۶ ft.lb) داشته باشد، آن‌گاه عملگر به گشتاور ورودی ۹۷۳ N.m/۲۰ (۸۰۰۰ in.lb/۲۰ یا ۶۶۶ ft.lb/۲۰) یا ۴۹ N.m (۴۰۰ in.lb یا ۳۳٫۳ ft.lb) نیاز خواهد داشت.

عملگر دنده حلزونی دارای ضریب افزاینده گشتاور ثابت در تمامی موقعیت‌های انتقالی است و منحنی نشان داده‌شده در شکل ۵۰ به‌صورت خطی افقی صاف برای همه موقعیت‌های گشودگی شیر است. برعکس، عملگر نوع مهره- متحرک شامل یوغ اسکاچ[۳] یا بازو و دسته[۴]، یک ضریب افزاینده گشتاور متغیر وابسته به موقعیت گشودگی شیر ایجاد می‌کند. هنگام محاسبه الزامات گشتاور ورودی یک عملگر با منحنی مشخصه گشتاور متغیر، از گشتاور عملکردی در هر موقعیت گشودگی شیر و ضریب افزاینده گشتاور متناظر با آن استفاده کنید.

گشتاور ورودی با تقسیم گشتاور شیر بر ضریب افزاینده گشتاور عملگر محاسبه می‌شود. نیروی لازم برای حرکت دادن دسته محرک عملگر با تقسیم مجدد گشتاور ورودی بر شعاع دسته محاسبه می‌شود.

نمونه تصویر برش‌خورده یک عملگر دنده حلزونی (شکل ۵۱)، یک عملگر مهره متحرک یوغ اسکاچ (شکل ۵۲) و یک عملگر مهره متحرک بازو و دسته (شکل ۵۳) نمایش داده شده‌اند. این شکل‌ها مکانیزم داخلی این عملگرها را نشان می‌دهند. عملگرهای مهره متحرک یوغ اسکاچ و بازو و دسته اغلب در شیرهای ربع‌گردی استفاده می‌شوند که ضریب گشتاور یا مزیت مکانیکی در موقعیت بسته شدن شیر بیش‌ترین است. در شیرهای کوچک‌تر، این مزیت است که گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه و یا جدا شدن از نشیمن‌گاه اغلب بزرگ‌ترین الزامات گشتاور است. در شیرهای بزرگ‌تر که بزرگ‌ترین گشتاور عملکردی ممکن است در موقعیت میانی کورس رخ دهد، هم‌چنان یک خصوصیت برتری است که سرعت چرخش را هنگامی‌که شیر به سمت بسته شدن می‌رود، کاهش می‌دهد و به کاهش ریسک موج گذرای ناشی از بسته شدن سریع شیر کمک می‌کند.

۸-۲-۲ تعیین اندازه عملگر سیلندری

پنج نوع عملگر هیدرولیکی و پنوماتیکی پایه وجود دارد که در شیرهای ربع‌گرد AWWA استفاده می‌شود. این عملگرها شامل چرخ‌دنده و دنده شانه‌ای[۵]، یوغ اسکاچ، بازو و دسته، سیلندر دوار[۶] و پره است. چهار عملگر اول نیازمند مکانیزم مجزا (چرخ‌دنده یا بازو) برای تبدیل خروجی نیروی بالابرنده خطی سیلندر به گشتاور عملکردی

4- Worm-gear
5- Travelling-nut
1- Scotch yoke
4- Link-and-lever
5- Rack-and-pinion
6-Pivoting cylinder

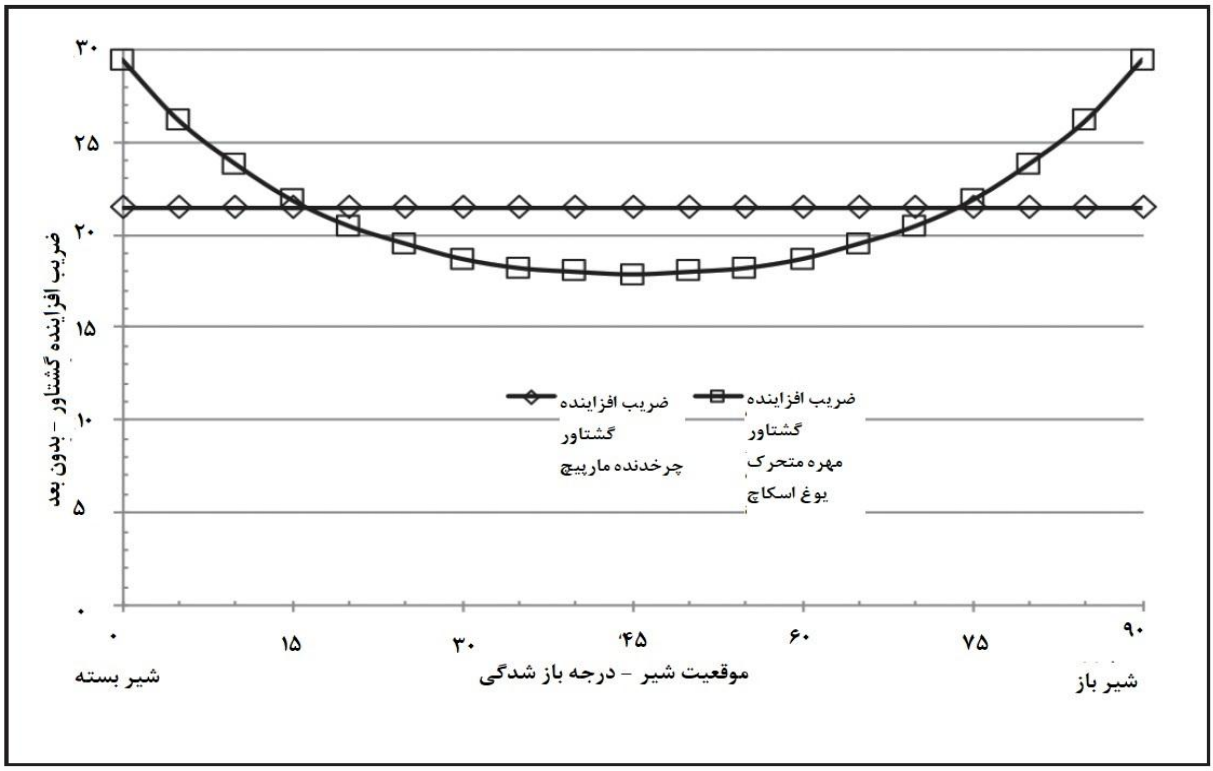
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شیر ربع‌گرد هستند. عملگر نوع پره‌ای تنها نمونه‌ای است که مستقیماً فشار سیال را به گشتاور تبدیل می‌کند.

توصیه می‌شود بخش چرخ‌دنده یا بازوی مکانیکی عملگر سیلندری به‌گونه‌ای طراحی شود که توانایی انتقال گشتاور محاسبه‌شده برای عملگرهای دستی را داشته باشد. توصیه می‌شود انتخاب اندازه قطر داخلی سیلندر (یا مساحت) براساس حداقل فشار تأمین‌شده درون سیلندر باشد. به علاوه، ANSI/AWWA C504-15، ANSI/AWWA C507-15، ANSI/AWWA C516-14 و ANSI/AWWA C517 ضرایب کاربرد را براساس نوع کنترل سیلندر در زمان تعیین اندازه عملگر پیشنهاد می‌دهند.

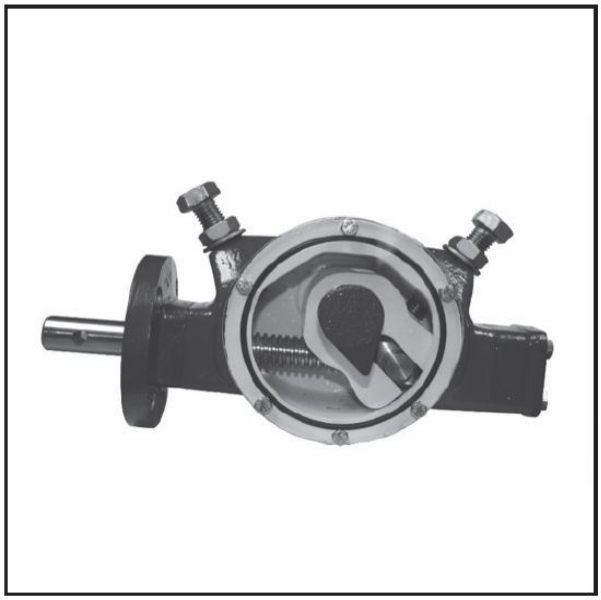
یادآوری – ویرایش فعلی ANSI/AWWA C517-16 از واژه ضرایب کاربرد استفاده نکرده است و در ویرایش‌های جدیدتر از این واژه استفاده می‌شود.

ضرایب کاربرد برای اجازه دادن به افت فشار در شیرهای کنترل سیلندری و تجهیزات کنترل سرعت مورد نیاز هستند. ضرایب کاربرد بالاتر برای سیلندرهای طراحی‌شده با هوا و جهت استفاده در کنترل جریان نیاز می‌شوند، زیرا سیلندر به‌وسیله فشار تفاضلی متغیر در سرتاسر پیستون که با استفاده از یک اریفیس کوچک در تثبیت‌کننده موقعیت ایجاد می‌شود، جابه‌جا می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود به علت تراکم‌پذیری هوا، از به‌کارگیری عملگر بدون تثبیت‌کننده موقعیت، برای کنترل جریان اجتناب کرد.



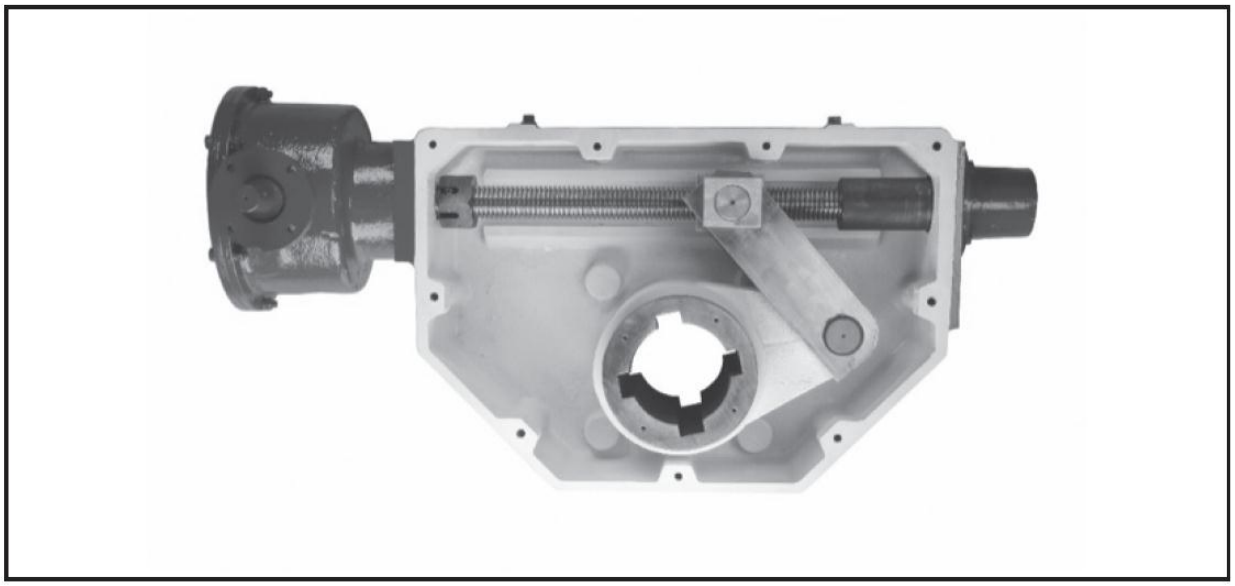
شکل ۵۰– مشخصات گشتاور عملگرهای رایج

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۵۱- عملگر دنده حلزونی (دنده مارپیچ) شکل ۵۲- عملگر برش‌خورده یوغ اسکاچ با مهره متحرک

برخی عملگرهای سیلندری برای بسته شدن یا باز شدن ایمن به فنرهای فشرده مجهز هستند. یک سیلندر (با قابلیت) برگشت با فنر به تجزیه و تحلیل دقیق‌تر اندازه بر اساس محاسبه گشتاورهای عملیاتی مورد نیاز شیر، ضرایب کاربرد سیلندر و گشتاور متغیر ایجاد شده توسط فنر، نیاز دارد. در همه موارد، توصیه می‌شود سازندگان عملگر، برای تعیین اندازه مناسب عملگر مشاوره دهند.

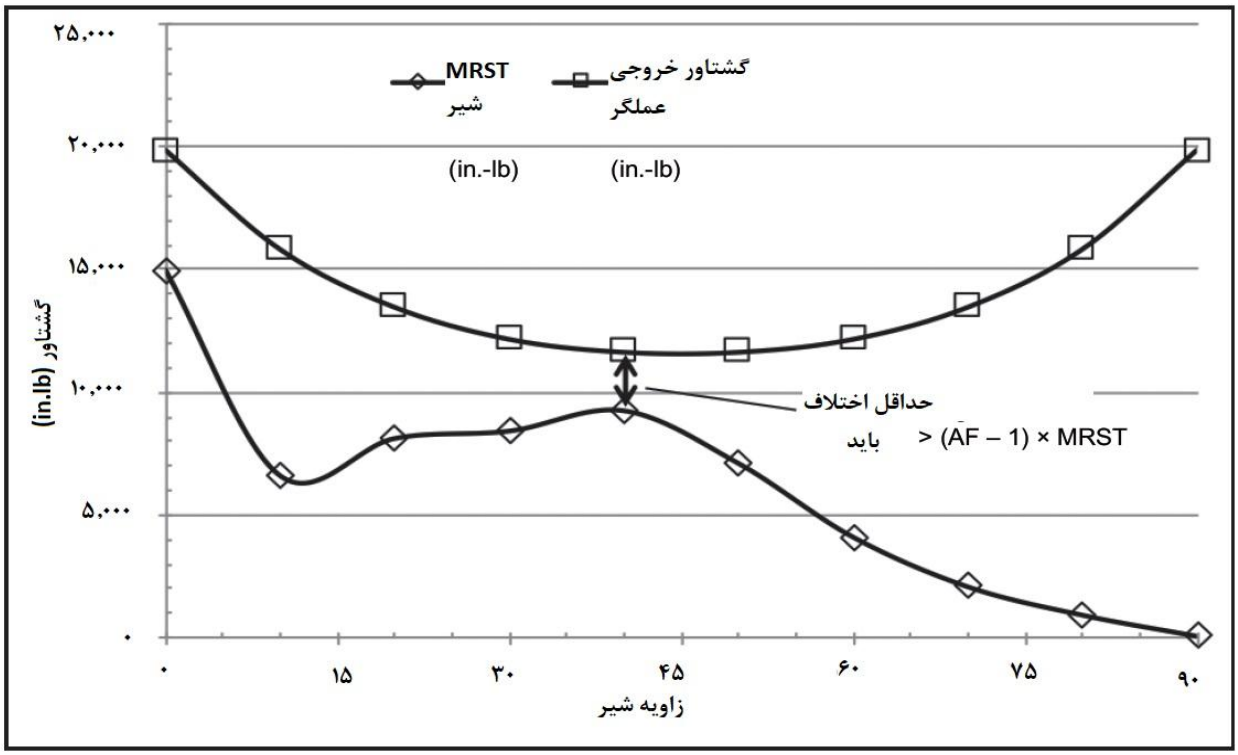


شکل ۵۳- عملگر برش‌خورده بازو و دسته با مهره متحرک

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

برخی از عملگرهای سیلندری یک مشخصه خروجی متغیر غیرخطی نسبت به موقعیت شیر دارند. زمانی‌که این مسئله رخ می‌دهد، توصیه می‌شود ضرایب کاربرد (یا اختلاف) عملگرها در همه موقعیت‌های قرارگیری شیر به‌صورت نشان داده‌شده در شکل ۵۴، ارزیابی شوند.

برای طراحی و ساخت این عملگرها به استاندارد ANSI/AWWA C541-16، عملگرهای سیلندری و پره‌ای هیدرولیکی و پنوماتیکی برای شیرها و دروازه‌های کشویی، و آئین‌کارهای تأمین آب AWWA Manual M66، عملگرها و کنترل‌های سیلندری- طراحی و نصب، رجوع کنید. پیوست A از استاندارد ANSI/AWWA C541-16 فهرست داده‌های سودمندی از عملگرها برای انتخاب و تعیین الزامات عملگر ارائه می‌دهد.



شکل ۵۴- نمودار مشخصات تعیین اندازه عملگر

۸-۲-۳ تعیین اندازه عملگر الکتریکی و تنظیمات قطع جریان

بخش چرخ‌دنده عملگر الکتریکی بر اساس گشتاورهای توقف و راه‌اندازی ارائه‌شده در این استاندارد تعیین اندازه می‌شود. علاوه بر این، توصیه می‌شود تعیین اندازه موتور براساس کم‌ترین ولتاژ مورد انتظار موتور و هم‌چنین براساس ضرایب کاربرد پیشنهادشده در استانداردهای ANSI/AWWA C504-15، ANSI/AWWA C507-15، ANSI/AWWA C516-14 یا ANSI/AWWA C517-16 باشد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

یک عملگر الکتریکی برای شیرهای ربع‌گرد ممکن است مجهز به کلیدهای حدی[1] (لیمیت سوئیچ های) موقعیت نشستن یا گشتاور نشستن باشد که توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود. شیرهای متقارن تک برون‌محور از نوع نشیمن لاستیکی معمولاً دارای کلید حدی موقعیت نشستن هستند و شیرهای با برون محوری دوتایی و سه تایی ممکن است دارای کلید حدی گشتاور نشستن باشند. برای شیرهای نوع موقعیت نشستن، کلید حدی گشتاور برای حفاظت سیستم در گشتاورهای بیش از اندازه استفاده می‌شود. مقدار این گشتاور می‌تواند بالای مقدار AST و زیر مقدار نامی تعیین‌شده برای عملگر یا گشتاوری که باعث توقف کار موتور می‌شود، تنظیم گردد. این عمل باعث حفاظت واحد از افزایش دمای سیستم ناشی از گشتاور بالای اعمالی می‌شود (به‌عنوان مثال زمانی‌که یک انسداد در آبراهه وجود دارد).

جهت الزامات بیشتر درباره طراحی و ساخت این نوع عملگرها به استاندارد ANSI/AWWA C542-16، شیرها و دروازه‌های کشویی با عملگرهای موتور الکتریکی، مراجعه شود.

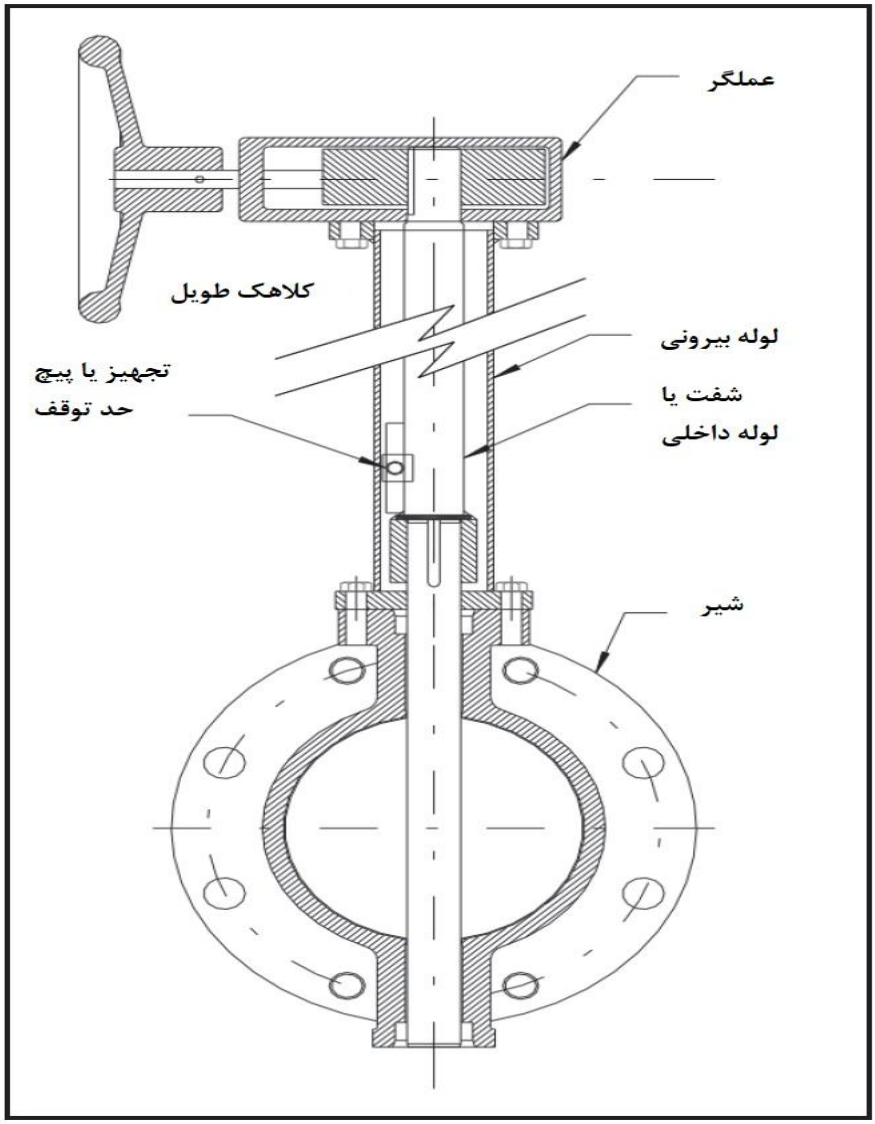
۸-۳ نصب کلاهک بلند

زمانی‌که شیر ربع‌گرد به‌دلیل شرایط مدفون یا مستغرق باید از یک فاصله قابل‌توجه بالاتر کنترل شود، شیر می‌تواند به یک کلاهک بلند مجهز شود. یک کلاهک بلند متشکل است از یک لوله بیرونی که به‌صورت صلب به بدنه شیر متصل می‌شود و به بالا ادامه پیدا می‌کند. این لوله بیرونی به‌صورت صلب عملگر را نگاه می‌دارد. شفت شیر از درون کلاهک بلند با استفاده از یک میله یا لوله داخلی به سمت بالا امتداد می‌یابد و به مکانیزم عملگر متصل می‌شود. سپس عملکرد شیر با چرخش $^{\circ}$ ۹۰ لوله داخلی امکان‌پذیر می‌شود. ساختار رایج در شکل ۵۵ نمایش داده شده است.

برای اطمینان از محکم بسته‌شدن شیر ربع‌گرد، عملگر و کلاهک بلند باید عضو انسداد شیر را با یک زاویه حدی مشخص‌شده وابسته به طراحی شیر در موقعیت خود قرار دهند. به‌عنوان مثال شیرهای توپی و پروانه‌ای نیاز به قرارگیری عضو انسداد با زاویه‌ای در حدود $^{\circ}$ ۱ ± در موقعیت صحیح بسته شدن هستند. از آن‌جایی‌که شیرهای سماوری عملکرد غیر هم‌مرکز دارند و ممکن است از نوع گشتاور نشستن باشند، این زاویه ممکن است عموماً $^{\circ}$ ۲ ± یا $^{\circ}$ ۳ ± بالاتر باشد. از آن‌جائی‌که هر دو لوله‌های خارجی و داخلی، متأثر از گشتاور عملکرد کامل شیر هستند، در معرض انحراف پیچشی قرار دارند. انحراف پیچشی برابر با مجموع انحرافات لوله‌های خارجی و داخلی می‌باشد. انحراف متناسب با افزایش طول کلاهک افزایش می‌یابد. بنابراین تعیین اندازه لوله‌های کلاهک بلند برای محدود کردن انحراف پیچشی نسبت به استحکام و تنش مجاز دارای اهمیت است. در خلال موقعیت‌های میانی کورس، انحراف پیچشی چندان مهم نیست و تنش دارای اهمیت بالاتر و بحرانی‌تر است. اگرچه، هرگونه انحراف پیچشی در موقعیت‌های میانی کورس، باید بین $^{\circ}$ ۳ تا $^{\circ}$ ۵ محدود گردد.

1- Limit switch

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY



شکل ۵۵- ساختار کلاهک بلند رایج

با به‌کارگیری امتدادهای طولانی‌تر (بزرگ‌تر از تقریباً ۱٫۸ m [۶ ft]) ممکن است محدود کردن انحراف پیچشی به مقادیر پایین غیرعملی باشد، زیرا در این حالت اندازه لوله کلاهک‌دار بیش از اندازه بزرگ می‌شود. در چنین شرایطی ممکن است برخی طرح‌های کلاهک بلند در پایین نزدیک شیر یک پیچ توقف حالت بسته (پیچ قفل در حالت بسته) داشته باشند. زمانی‌که یک پیچ قفل در حالت بسته استفاده می‌شود، به کلاهک بلند اجازه انحراف بیشتر داده می‌شود و پیچ قفل در حالت بسته دقیقاً موقعیت دیسک شیر را در حالت بسته قرار می‌دهد. در این مورد، انحراف کلاهک طویل می‌تواند تا ° ۳ تا ° ۵ بسته به آزادی حرکت عملگر، مجاز باشد. فارغ از آن‌که شیر دارای موقعیت نشست یا گشتاور نشست باشد، بسیار مهم خواهد بود که در طرح‌های با کلاهک بلند، الزامات مربوط به انحراف هم‌چون الزامات مقاومتی مواد در نظر گرفته شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴ تأثیرات نصب لوله‌ها

نصب مناسب می‌تواند از مشکلات جدی در زمینه عملکرد و عمر شیر جلوگیری کند. توصیه می‌شود بسیاری از شرایط عملیاتی همراه سازنده بررسی شوند؛ مانند دبی جریان، فشار نسبی، دما و مانند آن. فهرستی جامع از اطلاعاتی که بهتر است هنگام درخواست شیر در اختیار باشد در استانداردهای ANSI/AWWA C504-15، ANSI/AWWA C507-15، ANSI/AWWA C516-14 و ANSI/AWWA C517-16 ارائه شده است. علاوه بر آن، توصیه‌های زیر بهتر است در جای‌گذاری و نصب یک شیر ربع‌گرد در سیستم لوله‌کشی دنبال شود. پیوست **الف** یک شرح مشخصات و برگه‌داده را شامل می‌شود که می‌تواند ارتباط مابین الزامات طراحی شیر ربع‌گرد را براساس استانداردهای شیر ربع‌گرد AWWA برقرار کند.

طراحی شیرهای ربع گرد بر مبنای آبراهه آزمون مستقیم در شرایط آزمایشگاهی است. هرگونه اجزاء لوله‌کشی در بالادست که منجر به شرایط جریان غیر متقارن یا افزایش آشفتگی در شیر شوند، کارایی شیر و هم‌چنین کارایی سیستم را تغییر خواهد داد. در بسیاری از موارد، این تغییرات آن‌چنان مهم نیست، اما چندین حالت نصب وجود دارد که می‌تواند به شدت کارایی شیر ربع‌گرد را تحت تأثیر قرار دهد. مثال‌های پیش رو، رهنمودهایی از به‌کارگیری شیرهای ربع‌گرد را ارائه می‌دهد. اگرچه بسیاری از اشکال مربوط به شیر پروانه‌ای هستند، اما تأثیرات یکسانی برای سایر شیرهای ربع‌گرد مشابه شیر پروانه‌ای متصور خواهد بود.

۸-۴-۱ جهت جریان و فشار

شیرهای پروانه‌ای با دیسک‌های متقارن را می‌توان در جهت یکسان جریان و فشار نصب کرد. شیرهای پروانه‌ای و سماوری با عضو انسداد غیرمتقارن وابسته به اینکه شفت بالادست یا پایین‌دست نشیمن است دارای خواص جریان و گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه، جدا شدن از نشیمن‌گاه و دینامیک متفاوتی است. هم‌چنین بسیاری از شیرهای برون محور تمایل به آب‌بندی بهتر با شفت روی بالادست شیر دارند (به شکل‌های ۸ و ۱۰ مراجعه شود). هرچند که یک شیر ممکن است دارای راستای قرارگیری ارجح بر مبنای فشار جهت کارایی آب‌بندی بهتر باشد، الزامات گشتاورهای نشستن روی نشیمن‌گاه، جدا شدن از نشیمن‌گاه و دینامیکی ممکن است نیاز به راستایی خلاف آن داشته باشد. در خصوص شرایطی که ارجحیت جهت جریان یا فشار روی بدنه شیر، دستورالعمل‌ها یا نقشه‌ها مشخص نمی‌شود، پیش از نصب با سازندگان شیر این موضوع بررسی را بررسی کنید.

اگر پیکربندی سیستم یا حالت‌های عملکردی نیاز به نصب شیر در خلاف راستای نصب ارجح داشته باشد، با کارخانه سازنده جهت اخذ پیشنهادات یا اصلاحات مشورت کنید.

نصب شیر می‌تواند تحت تأثیر پیکربندی عملگر قرار گیرد. با توجه به شرایط ممکن است تمایل به جهت‌دهی دسته محرک یا مهره محرک در یک جهت خاص باشد. چنان‌چه جهت‌گیری مطلوب عملگر با جهت‌گیری مورد نیاز جریان مطابقت نداشته باشد، توصیه می‌شود سازنده شیر در این خصوص مشاوره دهد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴-۲ آشفتگی جریان بالادست به صورت کلی

اولین ملاحظه مربوط به نرخ جریان است. اگر نرخ جریان و سرعت سیال متناظر با آن کم باشد، تأثیر آشفتگی جریان بالادست بر کارایی دینامیک شیر (گشتاور و افت هد) احتمالا بسیار ناچیز است. همان‌طور که سرعت‌های موضعی در نزدیکی شیر بزرگ‌تر می‌شوند، تأثیرات آن‌ها بر گشتاور دینامیکی و افت هد افزایش می‌یابد و متعاقب آن بارها و تنش‌های غیر معمول در شیر توسعه می‌یابند. شدت عدم پیوستگی در طرح سرعت موضعی شیر، عدم قطعیت در مورد کارایی شیر را افزایش می‌دهد. تحقیقاتی در زمینه تأثیر زانویی‌ها و پمپ‌ها در بالادست شیرهای ربع‌گرد انجام شده است، اما داده‌ها در این تحقیقات محدود هستند در حالی‌که متغیرهای قابل بررسی بسیاری در این زمینه وجود دارد. این متغیرها شامل نوع شیر، راستای قرارگیری زانو یا پمپ نسبت به محور شفت شیر، فاصله مابین آشفتگی و شیر، جهت چرخش عضو انسداد و سرعت سیال (یا نرخ جریان) است.

این شرایط بر پاسخ های دینامیک سیال شیر (افت هد و گشتاور دینامیکی) تأثیر می‌گذارند. برای شیرهایی که گشتاورهای ناشی از اصطکاک پایینی دارند، این اثرات دینامیکی می‌توانند پیامدهای بزرگ‌تری نسبت به شیرهایی که گشتاور آنها اساساً بر مبنای اصطکاک است، داشته باشد. به‌عنوان مثال، یک شیر با پکینگ غیر چسبان، نشیمن تمیز و یاتاقان غلتکی، گشتاور اصطکاکی عملکردی کمی خواهد داشت و هر گونه تغییر در گشتاور دینامیکی تأثیری قابل ملاحظه و مهمی بر گشتاور عملکردی کل خواهد داشت. از طرفی دیگر یک شیر ساخته شده همراه با پکینگ بافته فشرده شده درون شیار پکینگ و عاری از آزبست، همراه با نشیمن‌های فلزی با نشتی کم و یاتاقان‌ها و شفت‌های فولاد زنگ‌نزن گشتاور عملکردی اصطکاکی بالایی خواهد داشت و تغییر در گشتاور دینامیکی تأثیری قابل ملاحظه بر گشتاور عملکردی مجموع نخواهد داشت.

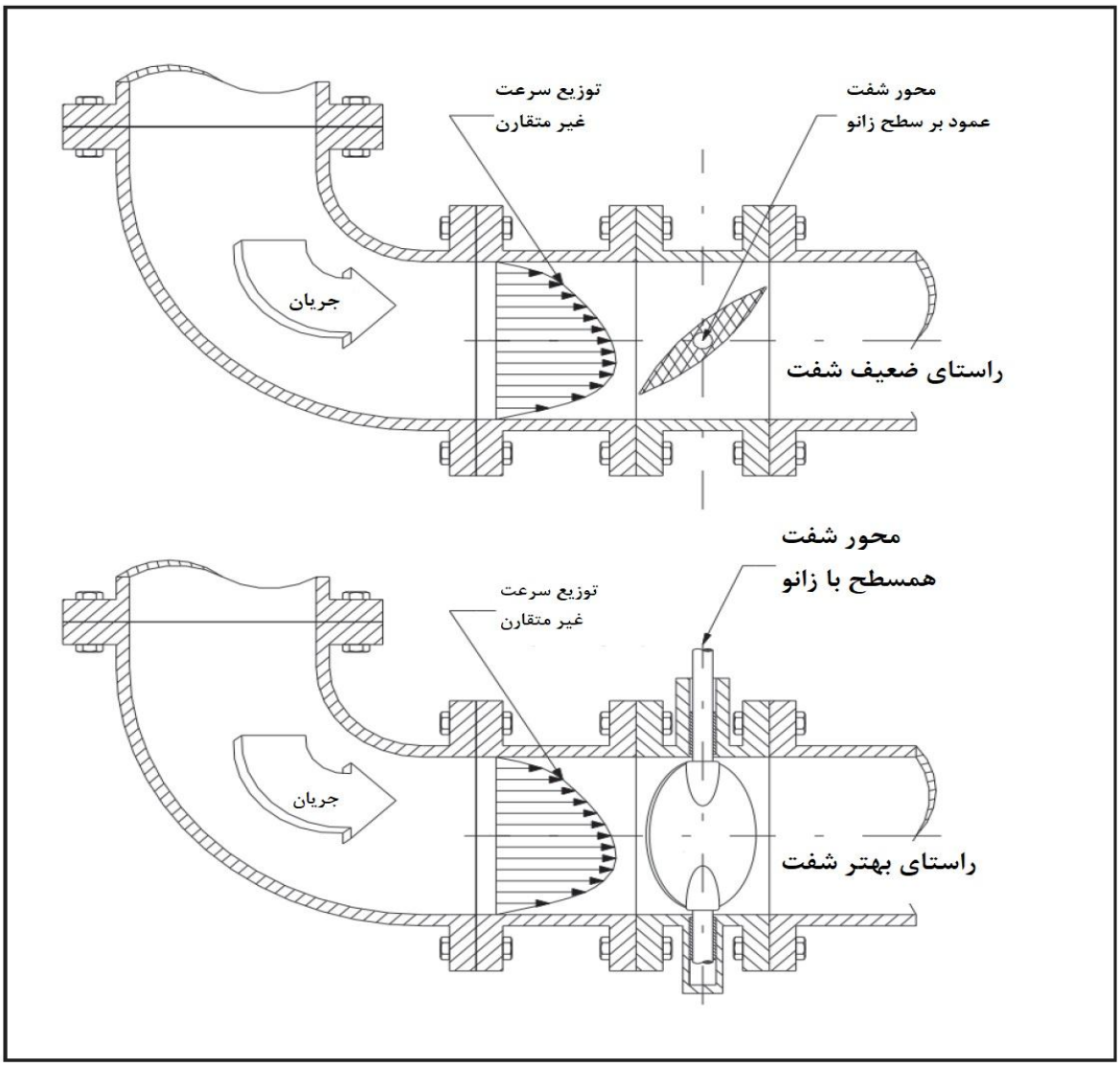
برای اکثر کاربردهای آبی، بعضی از قواعد سرانگشتی بیشینه سرعتی کم‌تر از استاندارد AWWA رده B که در حدود ۴٫۸۸ m/s (۱۶ ft/s) است را ارائه می‌دهند. برای بهترین کارایی دینامیکی (افت هد و گشتاور)، طول لوله آبراهه مستقیم مابین آشفتگی و شیر برای فراهم ساختن جریان عادی گذرنده از شیر در اندازه‌ای برابر هشت برابر قطر لوله کفایت می‌کند. برای کارایی خوب طول لوله مستقیم در بالادست شیر باید دو یا سه برابر قطر لوله باشد. چنان‌چه اندازه لوله مستقیم در بالادست شیر، کم‌تر از دو برابر قطر لوله باشد، ممکن است باعث افت کارایی شیر در سرعت‌های بالای سیال شود. توصیه می‌شود شفت شیر به‌گونه‌ای جانمایی شود که جریان گذرنده از دو سمت آن اساساً برابر باشد.

زمانی‌که شرایط عملکردی غیرعادی یا عملکرد و کارکرد بحرانی هستند، ممکن است بهترین کار این باشد که به تجارب عملکردی مشابه یا آزمون مدل رجوع شود.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴-۳ زانویی یا انشعاب سه‌راهی بالادست

زانویی‌ها و انشعابات سه‌راهی موجب سرعت نامتقارن سیال در لوله می‌شوند (به شکل ۵۶ مراجعه شود) که بر عملکرد شیرهای ربع‌گرد تأثیر می‌گذارد. این شکل و سایر اشکال استفاده‌شده در این بخش برای شیر پروانه‌ای ترسیم شده‌اند؛ چرا که این نوع شیر در حالت کلی از نظر بصری بهتر موضوع مورد بحث را نمایش می‌دهد. اگرچه این اصول برای سایر شیرهای ربع‌گرد قابل کاربرد می‌باشند. گشتاور دینامیکی به‌وسیله یک شیر با جهت‌گیری نادرست و یک زانویی در بالادست می‌تواند دو برابر شود. زمانی‌که شیر در پایین دست یک زانویی یا انشعاب سه‌راهی عمودی نصب می شود، شفت شیر باید به‌صورت عمودی قرار گیرد. برای یک زانویی یا سه‌راهی افقی، توصیه می‌شود شفت شیر به‌صورت افقی جانمایی گردد.

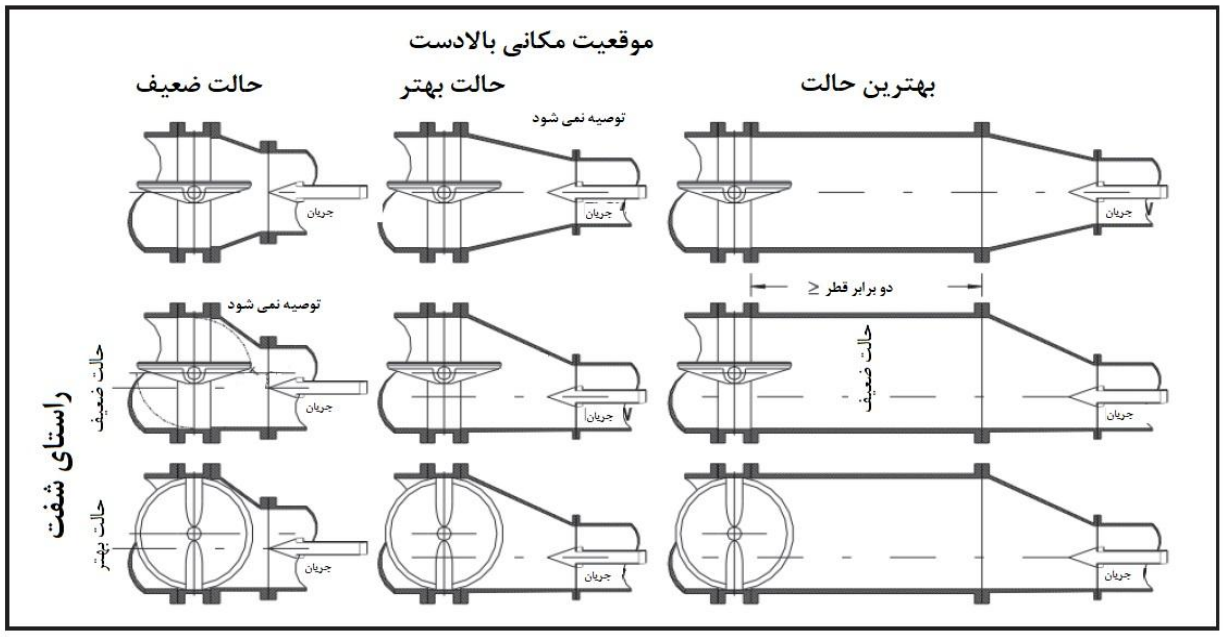


شکل ۵۶- راستای ترجیحی نصب زانویی عمودی در بالادست یک شیر پروانه‌ای یا سایر شیرهای ربع‌گرد

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴-۴ اتصال افزاینده در بالادست

بخش‌های انبساطی موجب ایجاد تغییرات شدید در الگو و آشفتگی جریان می‌شوند به گونه‌ای که این تغییرات تا پایین‌دست شیر ربع‌گرد امتداد می‌یابد. زمانی‌که از یک اتصال افزاینده کوتاه استفاده می‌شود و این اتصال در نزدیکی شیر نصب می‌شود، دیسک شیر ممکن است هنگام عملکرد شیر وارد محدوده اتصال افزاینده گردد. توصیه می‌شود اتصالات افزاینده در بالادست شیرهای ربع‌گرد تا جایی که امکان دارد به جای غیر هم‌مرکز بودن به‌صورت هم‌مرکز باشند. مشابه زانویی‌های بالادست، توصیه می‌شود فاصله در بالادست دو برابر قطر یا بیش‌تر از آن برای حصول کارایی خوب باشد. چنان‌چه از طرح غیر متقارن ناگزیر باید استفاده شود، توصیه می‌شود محور شفت در جهت نشان‌داده شده در طرح‌های پایین شکل ۵۷ قرار گیرد. شکل ۵۷ برای چندین راستای چینش، تطابق و ارجحیت مورد نظر را نشان داده است. اگرچه در اشکال، تنها شیرهای پروانه‌ای نشان داده شده است، این سناریو برای همه شیرهای ربع‌گرد قابل استفاده است.



شکل ۵۷- اولویت جهت‌گیری شیر براساس افزایش قطر در بالادست شیر

۸-۴-۵ دبی‌سنج‌های اریفیسی و ونتوری[1] در بالادست

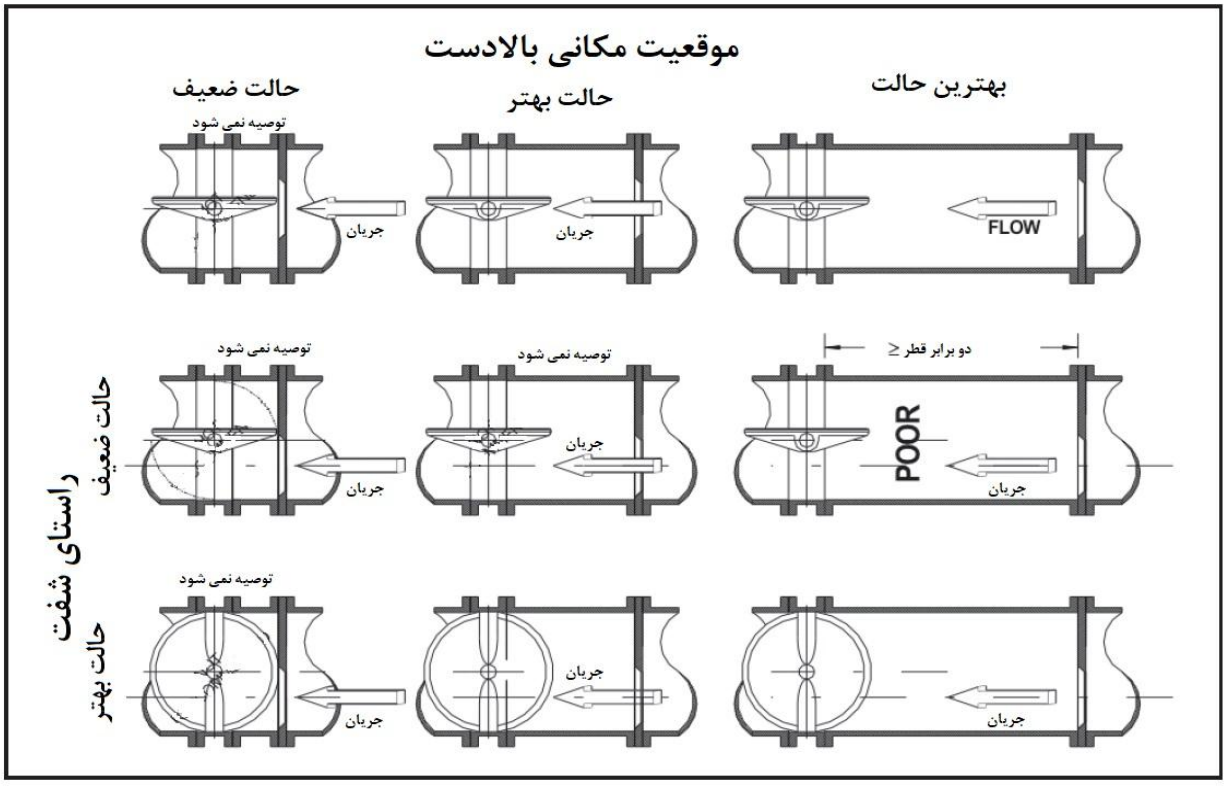
اریفیس‌های نصب‌شده در بالادست هم‌چنین موجب تغییرات عمده‌ای در الگوی جریان و ایجاد آشفتگی در جریان سیال و امتداد آن تا پایین‌دست شیر ربع‌گرد می‌شوند. توصیه می‌شود اریفیس‌ها در بالادست شیرهای ربع‌گرد تا آن‌جا که امکان دارد به جای غیر هم‌مرکز بودن به صورت هم‌مرکز باشند. مشابه زانویی‌ها و اتصالات

[1] -Venturi

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

افزاینده بالادست، توصیه می‌شود فاصله نصب اریفیس تا شیر ربع‌گرد برای حصول کارایی خوب هم برای شیر و هم برای اریفیس دو برابر قطر یا بیش‌تر از آن باشد. در این حالت چنان‌چه فاصله مناسب رعایت نشود، کارایی اریفیس و شیر ربع‌گرد تغییر می‌کند. این مسئله به‌خصوص هنگامی‌که اریفیس به‌عنوان دبی‌سنج مورد استفاده قرار می‌گیرد حائز اهمیت است. نصب یک شیر کنترلی در نزدیکی دبی‌سنج می‌تواند خوانش فشار را تغییر دهد و بر درستی سنجش تأثیرگذار باشد. ونتوری که در بالادست و در دهانه سوراخ سنجش فشار استفاده می‌شود، به صورت نامطلوبی تحت تأثیر شیر کنترلی که در نزدیکی آن و در پایین‌دست نصب می‌شود قرار می‌گیرد. اگرچه دبی‌سنج ونتوری چه دارای فلنج و چه دارای مغزی[1] با طول کامل باشد، اغلب قطر خروجی آن کاهش یافته است و می‌تواند در عملکرد عضو انسداد جریان در صورتی‌که به اندازه کافی فاصله نگرفته باشد، مداخله ایجاد کند.

چنان‌چه استفاده از طرح اریفیس غیر هم‌مرکز لازم باشد، توصیه می‌شود محور شفت در راستای برون‌محوری مشخص‌شده در پایین‌ترین خط شکل ۵۸ قرار گیرد. برای دریافت اولویت‌ها و سازگاری‌های بیش‌تر به شکل ۵۸ مراجعه شود. مجدداً تاکید می‌شود که تصاویر حاوی شیر پروانه‌ای برای تمامی شیرهای ربع‌گرد نیز صادق است.



1-Insert

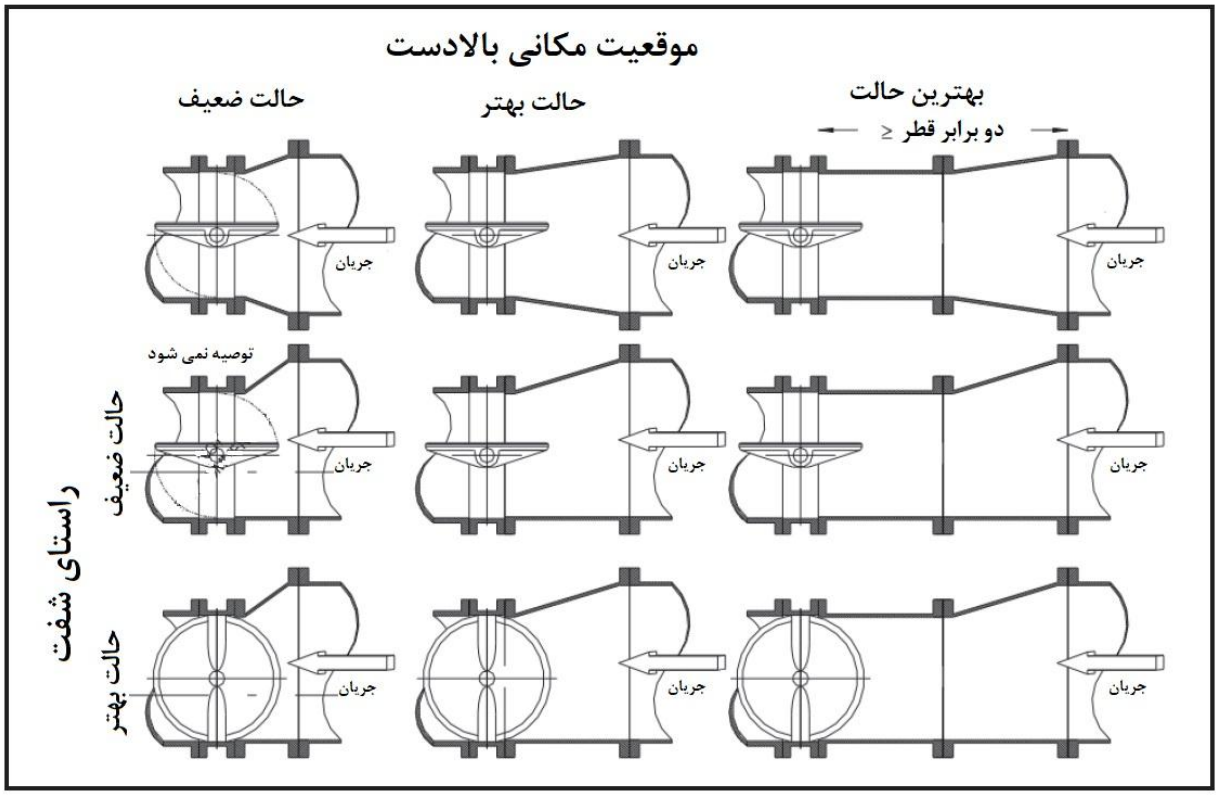
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شکل ۵۸- طرح‌های ارجح قرارگیری اریفیس در بالادست

۸-۴-۶ اتصالات کاهنده بالادست

اتصالات کاهنده بالادست چنان‌چه به‌خوبی جهت‌گیری نشوند می‌توانند موجب عملکرد ضعیف شیر شوند. اتصالات کاهنده هم‌مرکز بهترین نوع هستند و مجدداً بهتر است که در فاصله بیش‌تری در بالادست برای حصول کارایی بهتر نصب شوند. برای سایر جهت‌گیری‌ها، بهترین حالت زمانی است که جریان به‌طور مؤثر در طرفین محور شفت به‌صورت مساوی باشد. مجدداً تصاویر حاوی شیر پروانه‌ای برای سایر شیرهای ربع‌گرد نیز صادق است.

چنان‌چه نصب یک اتصال کاهنده غیر هم‌مرکز لازم باشد، توصیه می‌شود محور شفت در راستای برون‌محوری مشخص‌شده در طرح پایین شکل ۵۹ جهت‌گیری شود. برای دریافت اولویت‌ها و سازگاری‌های بیش‌تر به شکل ۵۹ مراجعه شود.



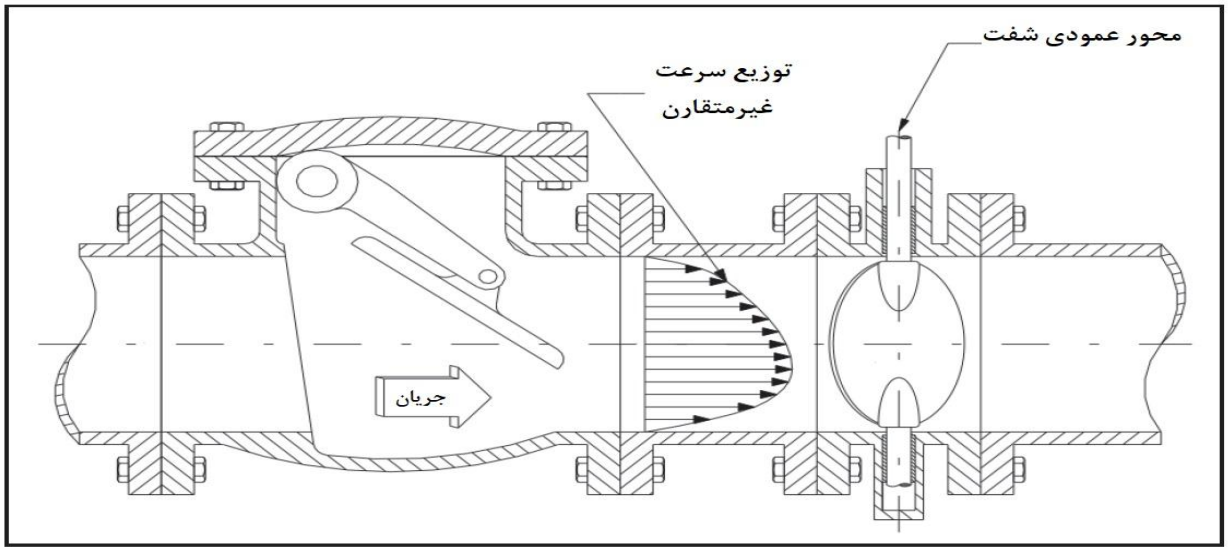
شکل ۵۹- طرح‌های ارجح قرارگیری اتصال کاهنده در بالادست

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴-۷ شیرهای بالادست

بیش‌ترین نوع مرسوم شیر قرارگرفته در بالادست شیرهای ربع‌گرد، یک شیر یک‌طرفه است (به شکل ۶۰ مراجعه شود). فاصله کم‌تر از یک برابر قطر لوله مستقیم مابین شیر یک‌طرفه و شیر ربع‌گرد می‌تواند بر عملکرد دو شیر تأثیرگذار باشد. زمانی‌که شیر یک‌طرفه شفت لولایی محوری[1] (یا پین لولایی[2]) افقی دارد، توصیه می‌شود شیر ربع‌گرد با یک شفت عمودی نصب شود. این حالت قرارگیری اجازه می‌دهد سرعت‌های موضعی بالای سیال به طور یکنواخت در امتداد شفت شیر ربع‌گرد تقسیم شوند. زمانی‌که دو شیر ربع‌گرد در مجاورت هم قرار دارند (در فاصله‌ای کم‌تر از سه برابر قطر)، توصیه می‌شود شفت آن‌ها بر یکدیگر عمود باشند به‌طوری که شیر بالادست موجب گشتاورهای بیش از حد در شیر پایین‌دست نشود. این شیوه قرارگیری در شکل ۶۱ نمایش داده شده است و برای تمامی شیرهای ربع‌گرد صادق است.

بسیاری از شیرها و سایر اجزاء لوله‌کشی بخش‌های داخلی یا عضوهای انسدادی دارند که ممکن است تا بیرون اتصال انتهایی آن‌ها در خلال عملکرد گسترش یابد. توصیه می‌شود مجموعه‌ای از شیرها و اجزاء مختلف نصب شده به‌صورت سری که حاوی بخش‌های داخلی یا عضوهای انسداد هستند به‌گونه‌ای نصب شوند که از تداخل میان اجزاء جلوگیری شود. به‌عنوان مثال، خط مرکزی دو شیر پروانه‌ای که به‌صورت سری نصب شده‌اند، توصیه می‌شود حداقل به اندازه یک قطر از یکدیگر فاصله داشته باشد که دیسک های دو شیر در خلال عملکرد به یکدیگر برخورد نداشته باشند. این شیرها در صورت حفظ فاصله‌ای به اندازه دو یا سه برابر قطر مابین مراکز، عملکرد بهتری خواهند داشت؛ چرا که امکان برهم‌کنش‌های دینامیکی سیال را کاهش می‌دهد.



شکل ۶۰- جهت‌گیری ارجح نصب شیر یک‌طرفه در بالادست

1-Pivot shaft
2-Hinge pin

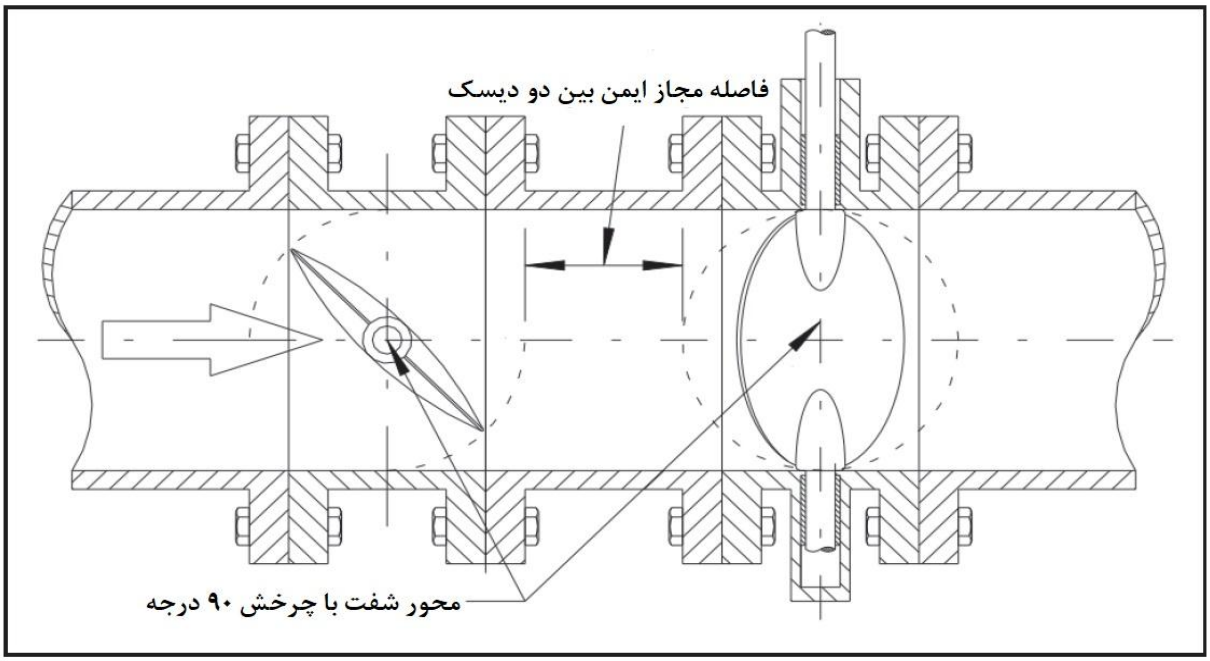
azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

به‌علاوه، هرگز دو یا تعداد بیش‌تری از جهت‌گیری‌های ضعیف زیر را ترکیب نکنید:

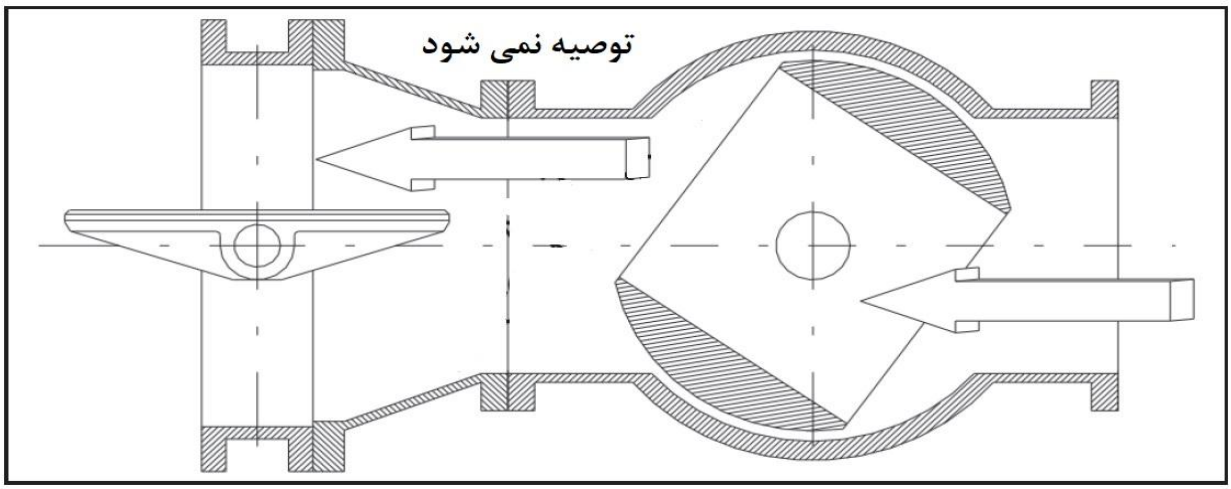
۱- اتصال افزاینده کوتاه؛

۲- شفت‌های با جهت‌گیری نامناسب؛

۳- شیری در بالادست با درصد گشودگی بسیار پایین که در شکل ۶۲ به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۶۱- جهت‌گیری ارجح نصب شیرها به‌صورت سری



شکل ۶۲- جهت‌گیری‌های نامناسب ترکیبی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۴-۸ ورودی یا تخلیه آزاد

شیرهای ربع‌گرد همانند شکل ۷ اغلب بر دیوارها یا جداره‌های حوضچه‌ها و مخازن نصب می‌شوند. سازنده شیر باید از چنین نصبی آگاهی داشته باشد، زیرا برای ارزیابی این شرایط باید از ضرایب گشتاور و جریان ویژه استفاده شود. هم‌چنین ممکن است جهت جریان برای یک شیر نامتقارن بحرانی‌تر باشد. شفت شیر معمولاً در جهت عمودی نصب می‌شود به‌طوری که جریان‌های جزئی[1] (جریانی که کل لوله را پر نکرده باشد) به صورت مساوی در سراسر هر دو سمت شفت تقسیم می‌شوند.

۸-۴-۹ بارهای خارجی و بارهای لوله

شیرهای ربع‌گرد تجهیزاتی بی‌نیاز به دستگاه‌های کمکی هستند اما در صورتی‌که تحت نیروهای خارجی قرار گیرند، عملکرد درستی ندارند و محکم در جای خود قرار نمی‌گیرند. شیرهای ربع‌گرد به‌عنوان نگهدارنده یا پایه لوله طراحی نمی‌شوند و توصیه می‌شود برای انتقال بارهای سیستم لوله‌کشی به نگهدارنده یا پایه لوله استاتیکی و دینامیکی استفاده نشوند. شیرهای ربع‌گرد برای تحمل بارهای مخازن فشار و بارهای عملکردی عادی و با مقاومتی بالاتر از سیستم لوله‌کشی مجاور طراحی می شوند. بارهای اعمالی اضافی از جانب سیستم لوله‌کشی و بارهای خارجی ممکن است بر کارایی و عملکرد شیر تأثیرگذار باشند. شیرهای ربع‌گرد برای ایجاد حداقل نشتی یا آب‌بندی کامل، دارای نصب دقیقی بین بدنه و عضو انسداد هستند. اگرچه بدنه شیر به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که دارای مقاومت بالاتری نسبت به حالت استاندارد یا مقاومت لوله مجاور باشد، اما آن‌ها هم‌چنان مستعد انحراف یا اعوجاج ناشی از بارهای اعمالی سیستم لوله‌کشی و بارهای خارجی هستند. هرگونه انحراف یا اعوجاج در شیر ناشی از بارهای اعمالی در قابلیت شیر از نظر نشستن عضو انسداد روی نشیمن یا آب‌بندی کامل، اختلال ایجاد می‌کند. اگرچه انحراف یا اعوجاج باعث ایجاد نشتی ناچیزی شود، اما دوره سرویس و زمان عملکرد می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد.

اگر یک شیر به صورت صلب در سیستم لوله‌کشی نصب شده باشد، تمامی مجموعه شیر و سیستم لوله‌کشی می‌تواند تحت تنش‌های ناشی از تغییرات دما، نشست، تکیه‌گاه و (در صورت دفنی بودن) بارهای سطحی استثنایی قرار گیرد. برای جلوگیری از تحت تنش قرار گرفتن شیر ناشی از تنش‌های خارجی، خستگی و/ یا اعوجاج، توصیه می‌شود حداقل یک اتصال قابل انعطاف بعد از شیر و یا نزدیک شیر نصب شود. هرگز یک شیر دارای فلنج را به لوله یا فلنجی که خارج از رواداری است و یا کاملاً مدور نیست متصل نکنید. برای رواداری ابعادی پیچ و مهره‌های اتصال به استانداردهای فلنج رجوع کنید. ساختار اتصال و نگهدارنده بعد از شیر باید از انتقال بارهای سیستم لوله‌کشی و گشتاورهای خمشی به بدنه شیر و ایجاد تنش بیش از حد به فلنج‌ها و ایجاد انحراف در بدنه شیر جلوگیری کند و یا حداقل آن‌ها را به کم‌ترین حد ممکن برساند. استفاده از دو کوپلینگ

1- Partial flows

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

انعطاف‌پذیر در نزدیکی شیر و یکی در طرفین آن بهترین حالت است. چرا که اگر بخش مابین این کوپلینگ‌ها به خوبی مهار و نگه داشته شوند، بارهای لوله به‌صورت کاهش‌یافته و بهبودیافته به شیر منتقل می‌شوند.

برای کاربردهای دفنی شیرهای دارای فلنج با قطر بالاتر، توصیه می‌شود طراح تمامی موارد شامل لوله، شیر، خاک و بارهای زنده سطحی را در طراحی نگهدارنده‌ها و سیستم لوله‌کشی مجاور مدنظر قرار دهد. طراح ممکن است برای نگهداری سیستم لوله‌کشی مجاور از نگهدارنده‌های بتنی و سیمانی رایج لوله استفاده کند و در عین حال برای اطمینان حاصل کردن از عدم ایجاد اعوجاج و خمیدگی ناشی از هر گونه بار لوله یا بارهای خارجی از اتصالات لوله قابل انعطاف در دو سمت شیر استفاده کند. این مسئولیت طراح سیستم یا طراح لوله‌کشی است که شرایط بارگذاری و شیر مورد نیاز و نگهدارنده‌های لوله را برای یک نصب خاص تعیین کند. البته هرچند که موارد ذکرشده و بسیاری ساختارهای دیگر بسیار مناسب هستند اما مهم است که طراح سیستم و لوله‌کشی متوجه این موضوع باشد که انتقال بارهای لوله به داخل شیر و ایجاد یک اعوجاج یا خمیدگی کوچک در نشیمن شیر ممکن است در توانایی آب‌بندی شیر تأثیرگذار باشد، الزامات گشتاور عملکردی را تغییر دهد، مشخصات جریان سیال را تغییر و زمان دوره سرویس را کاهش دهد.

در حالت عادی برای شیرهای دفنی توصیه می‌شود از اتصال مکانیکی یا اتصالات لوله‌کشی از نوع چفت‌شونده گسکت‌دار استفاده شود. چرا که این نوع اتصالات اجازه مقداری انعطاف‌پذیری و آزادسازی بارهای لوله را می‌دهد. این اتصالات بارهای لوله انتقالی به شیر را کاهش می‌دهند اما در عین حال باید از قطعات نگهدارنده نیروی رانشی یا سایر تجهیزات نگهداری برای جلوگیری از جدا شدن اتصال استفاده کرد. زمانی‌که شیرهای دارای فلنج به صورت دفنی استفاده می‌شوند، توصیه می‌شود شیر به‌وسیله پیچ و مهره به فلنج‌های لوله‌کشی مجاور بدون استفاده از هر گونه نگهدارنده صلب در زیر یا اطراف بدنه شیر اتصال یابد. در هیچ موردی توصیه نمی‌شود بدنه شیر به‌صورت مستقیم به‌وسیله نگهدارنده زینی شکل یا سایر ساختارها نگاه داشته شود. در این حالت، شیر تبدیل به یک مهار یا یک نگهدارنده برای سیستم لوله‌کشی می‌شود و بارهای سیستم لوله‌کشی به آن منتقل می‌شوند.

در سیستم‌های لوله‌کشی کارشده در بالای سطح زمین، فضای روباز یا ماشین‌آلات، توصیه می‌شود طراحی نگهدارنده با دقت انجام شود تا از گشتاورهای خمشی یا رانشی اعمالی به اتصالات انتهایی شیر اجتناب شود. در کاربردهای دفنی توصیه می‌شود از جعبه‌ها یا اتاقک‌های[1] شیر جهت جلوگیری از انتقال بارها و تنش‌های ترافیکی، ضربه‌ای، جابه‌جایی خاک یا زمین به شیر و عملگر استفاده شود و این عمل باعث جلوگیری از اعمال گشتاورهای خمشی و رانشی به اتصالات انتهایی شیر می‌گردد.

1-Vaults

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

چنان‌چه بارهای خارجی یا بارهای سیستم لوله‌کشی به اندازه کافی شدید باشد. باعث تغییر شکل و چسبیدن قطعات مختلف شامل شفت‌ها، ترنیون‌ها، نشیمن‌ها، پکینگ‌ها و یاتاقان‌ها می‌شود و ممکن است عملکرد شیر در این حالت غیرعملی باشد.

۸-۴-۱۰ ملاحظات و احتیاط‌های مهم در نصب

زمانی‌که شیر ربع‌گرد دارای نشیمن قابل تنظیم است، تجهیز تنظیم شیر را در سمت شیر نصب کنید به‌گونه‌ای که امکان دسترسی و تنظیم در خلال عملکرد شیر امکان‌پذیر باشد مگر آن‌که نقشه‌های سازنده یا دستورالعمل‌های نصب، راستای نصب مورد نظر دیگری را مشخص کرده باشند.

در صورت عملی بودن، توصیه می‌شوند شیرهای ربع‌گرد در کاربردهای دفنی درون اتاقک‌های شیر قرار داده شوند. بسیاری از انواع لوله‌های دفنی برای انحرافی بین ٪ ۲ تا ٪ ۵ قطر لوله طراحی شده‌اند که این میزان انحراف می‌تواند باعث آسیب رساندن به شیر گردد. توصیه می‌شود لوله مجاور شیر به‌گونه‌ای نگهداشته شود و/ یا محکم شود که سطح تماس اتصال دایره‌ای شکل به بدنه شیر آسیب نرساند.

مواد خارجی در یک شیر ربع‌گرد می‌تواند در خلال عملکرد شیر باعث آسیب رساندن به نشیمن شود. از تمیز بودن درون شیر و لوله‌کشی مجاور از مواد خارجی با اولویت اتصالات مابین شیر و لوله اطمینان حاصل کنید. مواد خارجی هم‌چنین ممکن است مانع عملکرد شیر و آسیب به عملگر شوند.

اتصالات انتهای لوله را تهیه کرده و شیرهای ربع‌گرد را مطابق با دستورالعمل‌های سازنده در مورد نوع اتصال انتهایی لوله به شیر، نصب کنید. اتصال شیر و لوله نباید انحراف داشته باشد. از یک شیر ربع‌گرد به‌عنوان یک جک (بالابرنده) برای تراز کردن لوله استفاده نکنید. توصیه می‌شود دستورالعمل نصب خمیدگی شیر ربع‌گرد را ناشی از بارهای لوله را به حداقل برساند.

زمانی‌که شیرهای ربع‌گرد درون اتاقک‌های شیر نصب می‌شوند، توصیه می‌شود طرح اتاقک شیر فضای لازم برای جابه‌جایی یا سرویس مجموعه شیر و عملگر را به‌منظور اهداف تعمیر و نگهداری و دسترسی برای تنظیم مجموعه یاتاقان‌های کف‌گرد (بار محوری) فراهم آورد. توصیه می‌شود اتاقک شیر به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شود که پهنای لازم را داشته باشد تا این‌که درها، پوشش‌ها یا تابلوهای برق روی محفظه عملگر بدون ایجاد مانع یا محدودیتی برای دسترسی به داخل محفظه عملگر یا سیستم الکترونیکی، امکان باز و بسته شدن را داشته باشند. توصیه می‌شود امکان نفوذ آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی و جلوگیری از آن مدنظر قرار گیرد. توصیه می‌شود مهره عملگر شیر از قسمت بالای بازشوی اتاقک شیر توسط یک آچار T شکل در دسترس باشد.

همان‌طور که پیش از این تشریح شد، شیرهای ربع‌گرد تک‌نشیمن ممکن است مشخصات بسته شدن متفاوتی بر مبنای راستای نشست داشته باشد و توصیه می‌شود با نشیمنی در جهت ارجح یا مورد نظر برای بسته شدن نصب شوند. هم‌چنین برای شیرهای با نشیمن قابل تنظیم، قابل تعویض یا قابل تعمیر ممکن است دسترسی از

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

یک انتهای مشخص‌شده شیر برای انجام راحت‌تر کار مورد نیاز باشد. زمانی‌که چینش سیستم لوله‌کشی نصب شده و جهت بسته شدن با یکدیگر سازگار نباشند، طراح ممکن است برای حل مشکل، یک شیر متفاوت را انتخاب کند یا یک راستا با ارجحیت بالاتر را انتخاب کند.

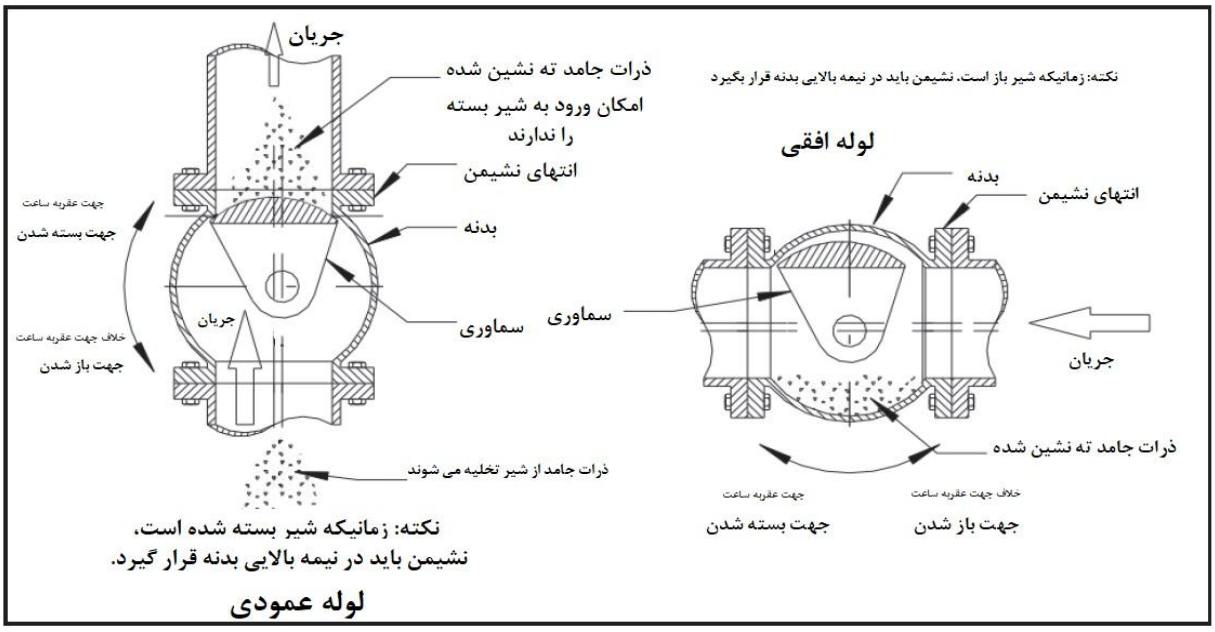
توصیه می‌شود شیرهای ربع‌گرد در کاربردهای کنترلی پمپ‌ها به گونه‌ای نصب شوند که راستای نشیمن بهترین عملکرد را در مقابل برگشت جریان به سمت پمپ داشته باشد.

توصیه می‌شود شیرهای ربع‌گرد دفنی با شفت افقی و مهره محرک داخلی عملگر به طرف بالا نصب شوند.

توصیه می‌شود جعبه شیر یا لوله متصل به آن به‌گونه‌ای نصب شوند که مهره محرک داخلی عملگر و میله متصل به آن به راحتی چرخش کنند.

شیرهای سماوری برای سیالات عاری از ذرات جامد معلق ممکن است در هر راستایی نسبت به حالت عمودی نصب شوند مگر آن‌که محدودیتی برای راستای قرارگیری عملگر باشد. اگر عملی باشد، شیرهای سماوری باید به گونه‌ای نصب شوند که فشار خط لوله نیرویی در سمت مقابل انتهای نشیمن شیرها اعمال کند (یعنی راستای قرارگیری فشار مستقیم).

توصیه می‌شود شیرهای سماوری که برای سیالات حاوی ذرات معلق جامد استفاده می‌شوند مطابق شکل ۶۳ نصب شوند. زمانی‌که این شیرها روی لوله‌های افقی نصب می‌شوند، محور شفت عضو انسداد به‌صورت افقی است و با ورود جریان به بدنه شیر از انتهای نشیمن باعث نگه داشته شدن سماوری در نیمه بالایی بدنه در هنگام چرخش می‌شود (خلاف جهت عقربه‌های ساعت).



شکل ۶۳- راستای نصب ارجح شیر سماوری در کاربردهای سیالات حاوی ذرات معلق جامد

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

توصیه می‌شود شیرهای ربع‌گرد در لوله‌های افقی برای سیالات حاوی ذرات جامد معلق با شفت افقی نصب شوند به‌گونه‌ای که رسوبات در فضای یاتاقان‌های شفت جمع نشوند یا به درون آن نفوذ نکنند و باعث قفل‌شدگی در شفت نشود. حتی وقتی که از سیال تمیز استفاده می‌شود، اغلب بهتر است که از شفت‌های با راستای قرارگیری عمودی اجتناب شود مگر آن‌که شرایط مهم دیگری وجود داشته باشد. شیرهای با شفت‌های افقی باعث تمیز شدن قسمت پایینی لوله و استفاده طولانی مدت و بهتر از سیستم می‌شوند.

زمانی‌که امکان‌پذیر باشد، توصیه می‌شود عملگر در سمت کناری یا بالایی یک لوله افقی نصب شود. اگر لازم باشد عملگر در زیر لوله قرار گیرد، بهتر است توصیه سازنده شیر و عملگر در مورد این راستای قرارگیری مدنظر قرار گیرد.

شیرهای با نشیمن دوتایی ممکن است نسبت به قفل شدن (حبس شدن) فشار مابین دو نشیمن آسیب‌پذیر باشند. توصیه می‌شود طراحان سیستم انتقال یا رفت و برگشت فشار و دستورالعمل‌های عملکردی را برای اطمینان حاصل کردن از عدم حبس فشار اضافی یا رفت و برگشت فشار مابین نشیمن‌ها که عامل اعوجاج و قفل شدن نشیمن‌ها و ایجاد بارهای با شدت بالا است را بررسی کنند. در کاربردهای سیستم‌های آبی داشتن چرخه‌های حرارتی عملکردی با تغییرات دمایی (ΔT) بزرگ‌تر از ۱۰ °C (۵۰ °C) رایج نیست. چنان‌چه بهتر است این حالت در طراحی سیستم وجود داشته باشد، توصیه می‌شود ساختار شیر از نظر قفل شدن فشار و قفل شدن حرارتی سیستم ناشی از ضرایب حرارتی انبساط متفاوت سیال و مواد که موجب ایجاد مؤلفه‌های گشتاور بالاتر مبتنی بر اصطکاک و عدم کارکرد شیر گردد. این مسئله بزرگ‌ترین نگرانی در شیرهای با نشیمن جفتی یا مجموعه‌ای از شیرهای سری که به‌صورت همزمان عمل می‌کنند، است. ممکن است در این حالت لازم باشد که حفره مرکزی درون شیر به سیستم تخلیه فشار مجهز باشد یا یکی از نشیمن‌ها غیر فعال شود. توصیه می‌شود این شرایط توسط کارخانه سازنده شیر بررسی شود. چرخه‌های حرارتی بزرگ یا تکرارشونده هم‌چنین می‌توانند باعث نفوذ گریس به خارج از آب‌بندهای محفظه عملگر شوند. چنان‌چه این مسئله جزء نگرانی‌ها باشد، ممکن است ونت‌ها[1] (تجهیزات تخلیه فشار)، بریسرها[2] (تجهیزات تنفس) یا حجم‌های سازگارشونده مورد نیاز باشد.

۸-۵ گستره معمول بعضی از ضرایب

از آن جائی‌که ممکن است بسیاری از استفاده‌کنندگان این روش تحلیل، دانش کافی در مورد ضرایب و عوامل مختلف دخیل نداشته باشند، در ادامه اطلاعاتی پیرامون مقادیر معمول که در صنعت وجود دارد ارائه می‌شود. این داده‌ها از منابع گوناگون جمع‌آوری شده‌اند و نمایانگر شیر یا سازنده خاص نیستند. این مقادیر صرفاً جهت اطلاع تهیه شده و توصیه می‌شود فقط به‌عنوان نمونه درک شوند.

1-Vents
2-Breathers

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

جهت نرمال‌سازی، داده‌های خارج از محدوده حذف شده‌اند. تمام مقادیر نشان داده شده برای شیرها و مواد در شرایط خوب و تعمیر و نگهداری مناسب هستند و شرایط خیلی بد یا شرایطی که دارای نقصی بوده را نشان نمی‌دهد. این مقادیر تنها جهت اهداف آموزشی و مقایسه‌ای تهیه شده‌اند.

جدول ۸- ضرایب معمول اصطکاک یاتاقان

جنس مواد	مقدار کم C_f	مقدار متوسط C_f	مقدار زیاد C_f
غیر فلزی	۰٫۰۷	۰٫۱۲	۰٫۲۵
فلزی	۰٫۱۲۵	۰٫۲۵	۰٫۳۵

جدول ۹- ضرایب معمول پکینگ

مقدار کم $C_{pck\ f}$	مقدار متوسط $C_{pck\ f}$	مقدار زیاد $C_{pck\ f}$
(۳۰ lb/in) ۵.۲۵۴ N/m	(۴۰۰ lb/in) ۷۰.۰۰۰ N/m	(۱.۲۰۰ lb/in) ۲۱۰.۰۰۰ N/m
مقدار کم $C_{pck\ tq}$	مقدار متوسط $C_{pck\ tq}$	مقدار زیاد $C_{pck\ tq}$
(۱۰۰ lb) ۴۴۴ N	(۴۵۰ lb) ۲.۰۰۲ N	(۷۰۰ lb) ۳.۱۱۴ N
مقدار کم μ_p	مقدار متوسط μ_p	مقدار زیاد μ_p
۰٫۱۰	۰٫۲۰	۰٫۳۰

جدول ۱۰- ضرایب معمول نشیمن

نوع شیر	مقدار کم C_{sc} (lb/in) N/m	مقدار متوسط C_{sc} (lb/in) N/m	مقدار زیاد C_{sc} (lb/in) N/m
توپی، نشیمن‌های ارتجاعی	(۱۰) ۰٫۰۵۴	(۲۴) ۰٫۱۳۷	(۴۰) ۲۲۹
پروانه‌ای، نشیمن‌های ارتجاعی	(۶) ۰٫۰۳۴	(۱۶) ۰٫۰۹۱	(۳۶) ۰٫۲۰۶
نوع شیر	**مقدار کم C_{sp}** (lb/in/psi) N/m/kPa	**مقدار متوسط C_{sp}** (lb/in/psi) N/m/kPa	**مقدار زیاد C_{sp}** (lb/in/psi) N/m/kPa
توپی، نشیمن‌های ارتجاعی	(۰٫۰۸) ۲٫۰۳	(۰٫۱۲) ۳٫۰۵	(۰٫۲۶) ۶٫۶۰
پروانه‌ای، نشیمن‌های ارتجاعی	(-۰٫۰۲) -۰٫۵۱	(۰٫۰۲) ۰٫۵۱	(۰٫۰۵) ۱٫۲۷

۸-۵-۱ اصطکاک یاتاقان

جدول ۸ گستره‌های معمول برای ضریب اصطکاک یاتاقان، C_f، را که ممکن است به‌طور گسترده‌ای با مواد یاتاقان و مواد شفت تغییر کند، نشان می‌دهد. تمام شیرهایی که در دامنه این گزارش ذکر شده‌اند دارای شفت‌های با جنس آهن، فولاد یا فولاد زنگ‌نزن هستند، ولی مواد یاتاقان ممکن است از انواع متنوع بسیاری

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

تهیه شود. عموماً، یاتاقان‌های غیرفلزی برخلاف یاتاقان‌های فلزی، برای ضریب اصطکاک پایین طراحی می‌شوند. هم‌چنین بعضی مواد یاتاقان‌های غیرفلزی دارای ضریب اصطکاکی هستند که با اعمال بار تغییر می‌کنند.

۸-۵-۲ اصطکاک پکینگ

جدول ۹ گستره‌های معمول برای ضریب پکینگ، $C_{pck\ f}$ و $C_{pck\ tq}$ و ضریب اصطکاک، μ_p، که ممکن است با نوع آب‌بند و مواد آن تغییر کند، ارائه می‌دهد. بسیاری از سازندگان پکینگ‌ها، مقادیر و دستورالعمل‌هایی برای تعیین بار پکینگ ارائه داده‌اند.

۸-۵-۳ ضرایب نشیمن‌گاه

جدول ۱۰ گستره‌های معمول برای ضرایب نشیمن‌گاه، C_{sc} و C_{sp}، که وابسته به طراحی‌ها و مواد، قابل تغییر است را نشان می‌دهد.

۸-۵-۴ ضرایب جریان

جدول ۱۱ گستره‌های معمول ضرایب جریان، C_V و K_V مربوط به شیرهای ربع‌گرد را نشان می‌دهد. این ضرایب را می‌توان به‌صورت گروه‌بندی‌شده و نموداری به روش‌های مختلف نمایش داد. ابتدا ضریب مقاومت جریان کاملاً باز، K_V، معمولاً بین ۰٫۳۰ تا ۰٫۸۵ است. C_V و K_V با هم رابطه عکس دارند، بنابراین حداکثر K_V با حداقل C_V متناظر است. شیرهای با فشار پایین به‌طور کلی مقادیر مقاومت جریان کاملاً باز (K_V) پایین‌تری دارند.

همان‌طور که شکل ۱۸ نشان می‌دهد، شیرهای پروانه‌ای دارای منحنی مشخصه‌های ذاتی هستند که به شیرهای کنترلی با درصد مشابه نزدیک هستند. این منحنی‌های کلی را می‌توان برای محاسبه C_V و K_V مربوط به شیرهای پروانه‌ای در زاویه‌های بین کاملاً باز و کاملاً بسته استفاده کرد.

جدول ۱۱- ضرایب معمول جریان در حالت شیر کاملاً باز

نوع شیر	مقدار کم C_V	مقدار متوسط C_V	مقدار زیاد C_V
توپی و مخروطی چرخشی	$۱۱۸٫۹ \times D^2$	$۱۳۹٫۲ \times D^2$	$۱۸۸٫۸ \times D^2$
پروانه‌ای	$۳۲٫۴ \times D^2$	$۴۱٫۰ \times D^2$	$۵۴٫۵ \times D^2$
سماوری، درگاه کوتاه	$۳۱٫۵ \times D^2$	$۳۳٫۵ \times D^2$	$۳۹٫۹ \times D^2$
سماوری، درگاه کامل	$۳۸٫۹ \times D^2$	$۴۴٫۸ \times D^2$	$۵۷٫۴ \times D^2$
نوع شیر	**مقدار کم K_V**	**مقدار متوسط K_V**	**مقدار زیاد K_V**
توپی و مخروطی چرخشی	۰٫۰۶۳	۰٫۰۴۶	۰٫۰۲۵
پروانه‌ای	۰٫۸۵	۰٫۵۳	۰٫۳۰
سماوری، درگاه کوتاه	۰٫۹۰	۰٫۷۹	۰٫۵۶
سماوری، درگاه کامل	۰٫۵۹	۰٫۴۴	۰٫۲۷

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

۸-۵-۵ ضریب گشتاور دینامیکی

شکل ۳۴ گستره‌های معمول ضرایب گشتاور دینامیکی، C_t، را نشان می‌دهد که وابسته به طراحی و مواد، قابل تغییر است. ترکیب ضرایب جریان و گشتاور باید از یک مجموعه داده تطابق‌یافته، باشند. نمی‌توان فرض کرد که شیرهای با مقاومت جریان بالا دارای ضریب گشتاور پایینی هستند. این داده‌ها عمومی و نمونه هستند، اما استفاده از آن‌ها نشانگر یک شیر خاص نیست.

۸-۶ ملاحظات

شیرهایی که برخلاف توصیه‌های موجود در بخش قبلی نصب می‌شوند یا ساختار آن‌ها تحت جریان‌های غیر یکنواخت و متناوب شدید است، ممکن است مورد تنش‌ها و گشتاورهای اضافی بیش از آن‌چه در انتخاب اندازه شفت، اتصالات دیسک‌ها و عملگرها فرض شده بود، قرار بگیرند. در نتیجه، ممکن است عملگرهای الکتریکی متوقف شوند و اجزای دیگر ممکن است در نتیجه خستگی فلز پس از مدتی از کار بیفتند. خرابی هر جزء (شفت یا کوپلینگ) که دیسک را به مکانیزم عملگر متصل می‌کند، ممکن است باعث بسته شدن با ضربه دیسک شود، که نتیجه آن آسیب به شیر و احتمالاً ضربه قوچ شدید و خرابی لوله است.

برای چنین نصبی ممکن است در جایی‌که بهبود شرایط لوله‌کشی بالادست امکان‌پذیر نمی‌باشد از عملگرهایی با گشتاور بالاتر و شیر با اجزای قوی‌تر استفاده شود.

۸-۶-۱ ضریب عملکرد عملگر

سرعت باز شدن و بسته شدن شیر ربع‌گرد می‌تواند فشار گذرای بزرگی (موج فشاری) را بر سیستم لوله‌کشی تحمیل کند. استانداردهای شیرهای ربع‌گرد AWWA عموماً زمان بازگشایی برای سیستم قدرت عملگر را مابین ۷۴٫۷۸ m/s تا ۱۵۷٫۴۸ m/s (۲ in/s تا ۴ in/s) اندازه نامی شیر تعیین می‌کند. این بر مبنای الزامات منطقی قدرت عملکردی برای عملگر و فشار گذرای پایین در خط لوله تا طول ۴۰۰۰ برابر قطر است. توصیه می‌شود سرعت‌های عملکردی توسط استفاده‌کننده از شیر زمانی‌که طول لوله، نزدیک یا بیش از این حد تعیین‌شده است یا وقتی‌که بنابر شرایط و احتیاجات عملکردی، عملگر باید حرکت سریع‌تری داشته باشد، بررسی گردد.

۸-۶-۲ سرویس و جابه‌جایی عملگر

عملگر را نباید از روی یک شیر نصب‌شده، سرویس یا از مدار جدا کرد، مگر این‌که خط لوله در هر دو سمت شیر بدون انرژی باشد (یعنی بدون فشار و تخلیه‌شده). عضو انسداد شیر ربع‌گرد که با عملگر مهار نشده، ممکن است حرکت کند، به‌صورت محکم باز یا بسته شده و موجب آسیب رساندن به سیستم شود. هم‌چنین هنگام بررسی یا کار بر روی شیر ربع‌گرد نصب‌شده در خط باید احتیاط فوق العاده‌ای داشته باشیم. عملگر باید برای جلوگیری از حرکت غیرمنتظره قفل شود. یک شیر بدون عملگر خطرناک است. یک عضو انسداد جریان برون‌محور، به خاطر انحراف مرکز ثقل خود ممکن است تمایل به باز یا بسته شدن داشته باشد. به‌طور مشابه، نیروی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

هیدرواستاتیکی (که در بند ۵ مورد بحث قرار گرفته است) ممکن است یک شیر غیر ایمن را با شفت افقی در یک خط افقی با وجود آب در یک طرف عضو انسداد، باز کند. پرسنل نباید جایی‌که عملگر قفل نشده است و مجوز کار صادر نشده است، وارد لوله‌های با قطر بالا شوند.

۸-۶-۳ سرویس و جابه‌جایی نشیمن

توصیه می‌شود نشیمن‌های شیر تنها زمانی‌که هر دو سمت شیر بدون انرژی است (بدون فشار و خالی از سیال)، سرویس یا تعویض گردند. بسیاری از حوزه‌های قضایی و مراجع ایمنی صنعتی، شیرها را مخازن تحت فشار می‌دانند. بنابراین در چنین شرایطی نیاز است شیرها در وضعیتی قرار گیرند که هیچ‌گونه فشار و سیالی در دو سمت شیر زمانی‌که روی هر جزء و یا متعلقات تحت فشار شیر کار می‌شود، وجود نداشته باشد. اگر ناگزیر نشیمن شیر روی خط باید سرویس یا تعمیر شود، ملاحظات لازم جهت فراهم‌سازی حداقل الزامات تعیین‌شده شهرداری‌ها، الزامات قضایی و یا مراجع ایمنی باید تأمین گردد. به‌خصوص مقررات مربوط به سیستم‌های ایزولاسیون انسداد و تخلیه پایین‌دست تکی و دوتایی. هر زمان که امکان‌پذیر باشد، توصیه می‌شود که شیر برای تعمیر و یا جابه‌جایی نشیمن از خط جدا شود.

۸-۶-۴ کنترل جریان

شیرهای ربع‌گرد دارای ویژگی‌های جریان خوبی است و اغلب برای کنترل جریان استفاده می‌شود. با این حال، شیرهای ربع‌گرد معمولاً در گستره کنترل جریان مابین ° ۱۵ تا ° ۷۵ درجه محدود می‌شوند (٪ ۱۵ تا ٪ ۸۵). عملکرد شیرها در موقعیت‌های گشودگی کم‌تر از ° ۱۵ (٪ ۱۵) ممکن است باعث افزایش سرعت محلی و کاویتاسیون شود و به تبع آن به سطوح نشیمن‌گاه صدمه برساند.

همان‌طور که در بند ۶ توضیح داده شده است، کاویتاسیون را می‌توان با سر و صدای شبیه جریان سنگ‌ریزه در خط لوله بلافاصله در پایین‌دست شیر، یا با استفاده از شتاب‌سنج متصل به لوله تشخیص داد. کاویتاسیون ناشی از افت فشار بیش از حد شیر است که با فشار کم پایین دست همراه شده است. هنگامی‌که فشار موضعی پایین‌دست دیسک به زیر فشار بخار آب (معمولاً حدود ۳٫۵ kPa [۰٫۵ psia] برای آب سرد) می‌رسد، حباب‌های بخار آب تشکیل می‌شوند و پس از آن شدیداً بعد از بازیابی فشار دچار فروپاشی می‌شوند (به شکل ۴-۱ مراجعه شود).

۸-۷ خلاصه

موضوعات ارائه‌شده در این استاندارد به کاربران، مهندسین سیستم و طراحان برای درک خصوصیات شیرهای ربع‌گرد کمک خواهد کرد. محاسبات، توصیه‌ها، کاربردها و اقدامات احتیاطی نصب شیر ارائه‌شده در این‌جا، استفاده‌کننده از شیر و طراح را با کاربرد مؤثر و بدون دردسر این نوع شیر آشنا می‌کند. با توجه به پیچیدگی

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

مهنـدسی این موضوع و وابستگی به متغـیرهای مختلف، اثرات هر یک از آن‌ها با افزایـش انـدازه شـیر افـزایش می‌یابد. توصیه می‌شود با افزایش اندازه شیر، تلاش بیش‌تری روی جزئیات روش‌ها، اثرات و نتایج مصروف گردد.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مشخصات سیستم

۱. کارفرما/ مشتری: .....

۲. پروژه/ محل: .....

۳. شرح خدمت/ سیستم: .....

۴. شماره شناسایی یا عدد نشانه تجهیز: .....

.....

۵. نوع نصب: (یکی را انتخاب کنید)

دفنی □ غرق‌آبی □ غیر دفنی/ غرق‌آبی □

۶. نوع مکان نصب: (یکی را انتخاب کنید)

داخلی □ خارجی □ اتاقک شیر □

سایر انواع نصب/ داده □: .....

۷. سیال سیستم: (یکی را انتخاب کنید)

آب □ فاضلاب □ گاز □ .....

سایر سیالات/ داده □ : .....

۸. بیشینه فشار بدون شوک خط: .....

۹. بیشینه اختلاف فشار بدون شوک در حالت شیر بسته: .....

۱۰. اگر مشخص است بیشینه فشار گذرا و نرخ و مشخصات آن: .....

۱۱. جریان سیال درگاه یا سرعت سیال درون شیر و واحدها:

الف) شرایط عادی: .....

ب) شرایط جریان بیشینه: .....

ج) بازگشایی اضطراری: .....

د) بستن اضطراری: .....

۱۲. گستره دمای سیال: .....

۱۳. جهت جریان (الف-۱، الف-۲-الف-۳، ب یا پ را انتخاب کنید):

الف) جریان یک‌طرفه □

الف-۱) بهترین جریان یا جریان ارجح کارخانه □

الف-۲) فشار مستقیم/ جریان سمت شفت □

الف-۳) فشار معکوس/ جریان سمت نشیمن □

۱۴. خدمت: (یکی را انتخاب کنید)

باز/ بسته □ تنظیم موقت جریان □ تنظیم دائمی جریان □

شرایط جریان برای تنظیم موقت و دائم جریان (با واحدها):

الف) شرایط شماره ۱: جریان: .....

فشار بالادست: .....

فشار پایین‌دست: .....

ب) شرایط شماره ۲: جریان: .....

فشار بالادست: .....

فشار پایین‌دست: .....

ج) شرایط شماره ۳: جریان: .....

فشار بالادست: .....

فشار پایین‌دست: .....

د) شرایط شماره ۴: جریان: .....

فشار بالادست: .....

فشار پایین‌دست: .....

مشخصات نصب (اگر مشخص باشد)

۱. تشریح لوله‌کشی اتصالی: .....

.....

۲. راستای نصب لوله: عمودی □ افقی □

سایر راستاها □: .....

۳. راستای نصب شفت: عمودی □ افقی □

سایر راستاها □: .....

مشخصات شیر

۱. نوع شیر: (یکی را انتخاب کنید) توپی (BV) □ پروانه‌ای (BFV) □

مخروطی (RCV) □ سماوری (PV) □

۲. اندازه شیر و واحدها: .....

۳. رده فشار/ شناسه سرعت (AWWA): .....

۴. دبی مورد نیاز: .....

۵. نوع اتصال انتهایی بدنه: (یکی را انتخاب کنید)

فلنجی □ ویفری □ اتصال مکانیکی □

سایر اتصالات .....

۶. جنس‌های خاص قسمت‌های شیر یا الزامات مواد

الف) بدنه: .....

ب) عضو انسداد: .....

ج) نشیمن (های) فلزی: .....

د) نشیمن ارتجاعی: .....

ه) یاتاقان: .....

و) شفت: .....

ز) آب‌بندهای شفت: .....

۷. اگر BV یا RCV، نشیمن تکی □ نشیمن دوتایی □

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

شرح مشخصات و برگه داده

مشخصات عملگر نصب‌شده

۱. نوع عملگر: (یکی را انتخاب کنید)

مستقیم □ همراه با پکینگ آب‌بند قابل تعویض □ همراه با کلاهک یا یوغ طویل □

موقعیت خط مرکزی شیر نسبت به خط مرکزی ورودی عملگر: .....

همراه با نگهدارنده و تیوب گشتاورکلاهک طویل □

موقعیت خط مرکزی شیر نسبت به کف: .....

سایر حالت‌ها □ .....

□ عملگر دستی

۱. نوع عملگر دستی: (یک یا تعداد بیش‌تری را انتخاب کنید)

مستقیم (بازو/ مهره) □ چرخ‌دنده مارپیچ □ مهره متحرک □ سایر انواع □

۲. ورودی: (یک یا تعداد بیش‌تری را انتخاب کنید)

بازو □ میل‌لنگ □ مهره in ۲ □ اهرم زنجیر □ چرخ محرک □ چرخ زنجیر □

۳. راستای باز شدن: (یکی را انتخاب کنید)

استاندارد (خلاف عقربه‌های ساعت-سمت چپ) □

غیراستاندارد (جهت عقربه‌های ساعت-سمت راست) □

۴. لوازم / تجهیزات ورودی: (یک یا تعداد بیش‌تری را انتخاب کنید)

شفت طویل □. طول شفت: .....

نگهدارنده کف □

قطر چرخ محرک ویژه □ .....

نشان‌دهنده موقعیت ویژه □ .....

۵. لوازم / تجهیزات خروجی: (یک یا تعداد بیش‌تری را انتخاب کنید)

کلیدهای حدی □ تعداد/ نوع: .....

انتقال‌دهنده الکترونیکی موقعیت □ .....

□ عملگر الکتریکی

برگه داده‌های جداگانه در الصاق نمایید. به منابع AWWA C541 و AWWA C542 مراجعه شود.

پوشش سطوح یا سایر ملزومات ویژه

.....

.....

.....

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از استخراج گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه برای نشیمن‌گاه دایره‌ای بر مبنای اصول اولیه

فرض کنید:

C_s = بار/ نیروی اصطکاکی نشستن روی نشیمن‌گاه، طول واحد (یعنی lb force/in یا Newtons/m)؛

D = قطر خط تماس نشیمن‌گاه عضو انسداد = ۲ × R، طول واحد (یعنی in یا m)؛

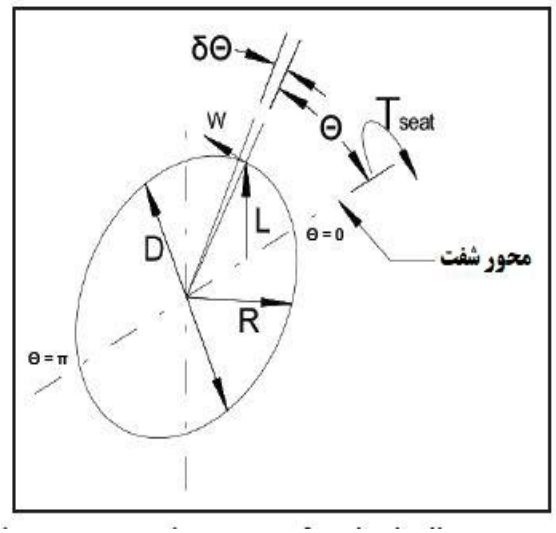
L = طول مؤثر بازو = R × sin θ، طول واحد (یعنی in یا m)؛

R = شعاع خط تماس نشیمن‌گاه دیسک، طول واحد (یعنی in یا m)

T_{seat} = گشتاور یا نیروی نشستن روی نشیمن‌گاه، طول واحد (یعنی lb force/in یا Newtons/m)؛

W = بار اصطکاکی در دایره تماس نشیمن‌گاه، نیروی واحد = $C_s \times R \times \delta\theta$

Θ = زاویه حول دایره تماس نشیمن‌گاه، رادیان.



شکل ب-۱- نمودار جسم آزاد گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه

$$T_{seat} = 2 \times \int_0^{\pi} L \times W$$

$$T_{seat} = 2 \times \int_0^{\pi} (R \sin \theta) \times (C_s \times R \times d\theta)$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

$$T_{seat} = 2 \times C_s \times R^2 \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta$$

$$T_{seat} = 2 \times C_s \times R^2 \times \left[-\cos\theta\right]_0^{\pi}$$

$$T_{seat} = 2 \times C_s \times R^2 \times (1) - (-1)$$

$$T_{seat} = 4 \times C_s \times R^2$$

$$T_{seat} = C_s \times D^2 \qquad \text{(ب-۱)}$$

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد منبع

پ-۱ بخش‌های حذف‌شده

- بخش «Preface»، به غیر از جمله اول آن، از ابتدای استاندارد حذف شده است.
- پیوست C از استاندارد منبع حذف شده‌اند.
- بخش‌های «Index» و «List of manuals» از استاندارد منبع حذف شده‌اند.

پ-۲ بخش‌های جایگزین‌شده

- در کل متن واحدهای SI جایگزین واحدهای اینچ-پوند در خارج از پرانتز و واحدهای اینچ-پوند جایگزین واحدهای SI در داخل پرانتز شده است.
- درکل متن کلمه «بند» جایگزین کلمه «فصل» شده است.
- زیربند ۰-۱ (کلیات): پاراگراف ۶، در جمله اول، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیربند ۰-۳ (فرضیات قطر): پاراگراف ۶، در جمله آخر، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیربند ۰-۴ (طراحی شیر ربع‌گرد): پاراگراف ۶، در جمله آخر، عبارت «بند ۶» جایگزین عبارت «فصل ۴» شده است.
- زیربند ۰-۵ (شرایط سیستم): پاراگراف ۶ (مورد ۵)، در جمله آخر، عبارت «بند ۸» جایگزین عبارت «فصل ۶» شده است.
- زیربند ۳-۴ (فشار مستقیم): در جمله دوم، عبارت «زیربند ۳-۲۹» جایگزین عبارت «فصل ۳، بخش «راستای جریان عبوری از شیر»» شده است.
- زیربند ۳-۱۰ (فشار معکوس): در جمله دوم، عبارت «زیربند ۳-۲۹» جایگزین عبارت «فصل ۳، بخش «راستای جریان عبوری از شیر»» شده است.
- زیربند ۳-۱۱ (جریان سمت نشیمن): در جمله دوم، عبارت «زیربند ۳-۲۹» جایگزین عبارت «فصل ۳، بخش «راستای جریان عبوری از شیر»» شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- زیربند ۳-۱۳ (جریان سمت شفت): در جمله دوم، عبارت «زیربند ۳-۲۹» جایگزین عبارت «فصل ۳، بخش «راستای جریان عبوری از شیر»» شده است.
- زیربند ۳-۱۷ (ضرایب جریان، در حالت کلی): پاراگراف سوم، در جمله ششم، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیربند ۳-۱۹ (ضریب مقاومت جریان): پاراگراف سوم، مورد ۴، در جمله پنجم، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیربند ۳-۲۳ (ضرایب گشتاور): در جمله آخر، عبارت «بند ۸» جایگزین عبارت «فصل ۶» شده است.
- زیربند ۵-۳ (ترکیب مؤلفه‌های گشتاور): پاراگراف پنجم، در جمله آخر، عبارت «بند ۸» جایگزین عبارت «فصل ۶» شده است.
- زیربند ۵-۴ (گشتاور نشیمن (شامل نشستن روی نشیمن‌گاه و جدا شدن از نشیمن‌گاه)): پاراگراف هفتم، در جمله سوم، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیربند ۵-۱۱-۶ (جریان آشفته بالادست و توزیع جریان غیر متقارن): در جمله اول، عبارت «بند ۸» جایگزین عبارت «فصل ۶» شده است.
- زیربند ۵-۱۲ (مشخصات سیستم): پاراگراف اول، در جمله اول عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» شده است.
- زیربند ۵-۱۲-۵ (مثالی از روش محاسبات گشتاور): پاراگراف اول، در جمله اول عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» شده است.
- زیربند ۵-۱۲-۵-۱ (داده‌های ورودی شیر): در مورد دوم فهرست خط تیره، عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» شده است.
- زیربند ۵-۱۲-۵-۱ (داده‌های ورودی شیر): مورد دوم فهرست عددی، در جمله اول، عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» شده است.
- زیربند ۶-۲ (پیش‌بینی کاویتاسیون): پاراگراف سوم، در جمله پنجم، عبارت «بند ۷» جایگزین عبارت «فصل ۵» شده است.
- زیر بند ۶-۳ (مثالی از روش محاسبات کاویتاسیون): پاراگراف اول، در جمله اول عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» و عبارت «بند ۵» جایگزین عبارت «فصل ۳» شده است.
- زیر بند ۶-۳ (مثالی از روش محاسبات کاویتاسیون): پاراگراف اول، در مورد دوم، عبارت «بند ۴» جایگزین عبارت «فصل ۲» شده است.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- زیربند ۷-۵ (روش اجرای آزمون گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه/ جدا شدن از نشیمن‌گاه): پاراگراف چهارم، در جمله اول، عبارت «بند ۵» جایگزین عبارت «فصل ۳» شده است.
- زیربند ۸-۲ (تعیین اندازه عملگر): پارگراف اول، در جمله سوم، عبارت «زیربند ۵-۳» جایگزین عبارت «فصل ۳، بخش «ترکیب مؤلفه‌های گشتاور»» شده است.
- زیربند ۸-۶-۲ (سرویس و جابه‌جایی عملگر): در جمله هفتم، عبارت «بند ۵» جایگزین عبارت «فصل ۳» شده است.
- زیربند ۸-۶-۴ (کنترل جریان): پارگراف دوم، در جمله اول، عبارت «بند ۶» جایگزین عبارت «فصل ۴» شده است.
- شماره شکل‌های استاندارد منبع و ارجاعات به آن‌ها به شرح زیر تغییر و با شماره‌های ذکرشده جایگزین شده است:

ردیف	عنوان شکل	شماره شکل در استاندارد منبع	شماره شکل در استاندارد ملی
۱	قطرهای دیسک شیر، درگاه و لوله	1-1	۱
۲	ساختار معمول شیرهای توپی	1-2	۲
۳	ساختار معمول شیرهای پروانه‌ای	1-3	۳
۴	ساختار معمول شیرهای سماوری	1-4	۴
۵	ساختار معمول شیرهای مخروطی چرخشی	1-5	۵
۶	طرح‌های برون‌محور شیر پروانه‌ای	1-6	۶
۷	نصب شیر پروانه‌ای در خروجی آزاد و در ورودی یک مخزن	1-7	۷
۸	هندسه طرح‌های پایه عضو انسداد جریان	3-1	۸
۹	شفت شیر افقی نصب‌شده در خط لوله افقی	3-2	۹
۱۰	راستاهای جهت جریان مستقیم سمت نشیمن، برگشتی و سمت شفت	3-3	۱۰
۱۱	علامت قراردادی گشتاور فعال؛ مقادیر مثبت تمایل به بستن شیر دارند	3-4	۱۱
۱۲	نواحی وقوع کاویتاسیون در پایین‌دست دیسک شیر پروانه‌ای	4-1	۱۲
۱۳	سطوح شاخص کاویتاسیون نوعی و خوانش‌های شتاب (Tullis, 1989 (p.135	4-2	۱۳
۱۴	خوانش‌های شتاب و نرخ جریان	4-3	۱۴
۱۵	تشریح تصویری جریان، اختلاف فشار، کاویتاسیون و اختناق در شیرهای ربع‌گرد معمول	2-1	۱۵
۱۶	نصب شیر پروانه‌ای با اندازه کوچک‌تر از خط آبراهه	2-2	۱۶
۱۷	هندسه کاهنده	2-3	۱۷
۱۸	مشخصات ذاتی معمول شیر	2-4	۱۸

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	عنوان شکل	شماره شکل در استاندارد منبع	شماره شکل در استاندارد ملی
۱۹	مشخصات نصبی شیر	2-5	۱۹
۲۰	مدل سیستم مقاومت معادل	2-6	۲۰
۲۱	مثالی از نمودار مدل سیستم مقاومت معادل	2-7	۲۱
۲۲	ارتباط مابین افت هد و سرعت به‌صورت تصویری	2-8	۲۲
۲۳	مقایسه هزینه‌های عملکردی انواع شیر	2-9	۲۳
۲۴	گشتاور دینامیکی (T_d) و گشتاور یاتاقان (T_b) در خلال بسته شدن شیر	3-5	۲۴
۲۵	منحنی‌های سیستم‌های شامل یک، دو و سه پمپ	3-6	۲۵
۲۶	سیستم شامل چند پمپ همراه با نصب شیرهای پروانه‌ای	3-7	۲۶
۲۷	گشتاور نشیمن شیر پروانه‌ای	3-8	۲۷
۲۸	محدوده پیرامونی و درگاه نشیمن شیر سماوری	3-9	۲۸
۲۹	گشتاور آب‌بند پکینگ و طوقه (T_p)	3-10	۲۹
۳۰	گشتاور اصطکاکی یاتاقان (T_b)	3-11	۳۰
۳۱	گشتاور مرکز ثقل (T_{cg})	3-12	۳۱
۳۲	گشتاور هیدرواستاتیک (T_h)	3-13	۳۲
۳۳	گشتاور دینامیکی (T_d) برای یک دیسک متقارن شیر پروانه‌ای	3-14	۳۳
۳۴	نمودار ضریب گشتاور دینامیکی (C_t) برای شیرهای پروانه‌ای با دیسک‌های متقارن و برون‌محور	3-15	۳۴
۳۵	گشتاور دینامیکی (T_d) برای یک شیر پروانه‌ای با دیسک‌های متقارن و برون‌محور	3-16	۳۵
۳۶	مجموع گشتاور بازشدگی (T_{to}) برای یک شیر پروانه‌ای ۵۰۰ mm (۲۰ in) تا ۷۵۰ mm (۳۰ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور (برای هر دو جهت جریان)	3-17	۳۶
۳۷	مجموع گشتاور بازشدگی (T_{to}) برای یک شیر پروانه‌ای ۲۰۰۰ mm (۷۸ in) تا ۲۴۰۰ mm (۹۶ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور(برای هر دو جهت جریان)	3-18	۳۷
۳۸	مجموع گشتاور بستن (T_{tc}) برای یک شیر پروانه‌ای ۵۰۰ mm (۲۰ in) تا ۷۵۰ mm (۳۰ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور	3-19	۳۸
۳۹	مجموع گشتاور بستن (T_{tc}) برای یک شیر پروانه‌ای ۲۰۰۰ mm (۷۸ in) تا ۲۴۰۰ mm (۹۶ in) با دیسک‌های متقارن و برون‌محور	3-20	۳۹
۴۰	گشتاور برون‌محور یا خارج از مرکزیت شفت (T_{ecc})	3-21	۴۰
۴۱	گشتاور یاتاقان ناشی از زوایای قرارگیری وزن عضو انسداد و شفت(ها)	3-22	۴۱
۴۲	تعریف زاویه لوله آبراهه برای گشتاور مرکز ثقل	3-23	۴۲
۴۳	جهت قرارگیری شفت شیر و لوله آبراهه از محور عمودی برای گشتاور مرکز ثقل	3-24	۴۳

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	عنوان شکل	شماره شکل در استاندارد منبع	شماره شکل در استاندارد ملی
۴۴	جهت شفت شیر و لوله آبراهه از محور عمودی برای گشتاورهای یاتاقان و هیدرواستاتیک	3-25	۴۴
۴۵	نمودار محاسبات گشتاور برای مثال مطرح‌شده	3-26	۴۵
۴۶	مقادیر نوعی شاخص کاویتاسیون برای یک شیر پروانه‌ای با اندازه mm ۱۵۰ (۶ in) (فشار بالادست مرجع از آزمون آزمایشگاهی= Put=۷۰ psi، فشار بخار از آزمون آزمایشگاهی= Pvt= ۱۲- psi)	4-4	۴۶
۴۷	نمونه نمودار خلاصه‌ای از بررسی کاویتاسیون	4-5	۴۷
۴۸	سیستم مبنای آزمون جریان	5-1	۴۸
۴۹	تأسیسات آزمون شیر پروانه‌ای	5-2	۴۹
۵۰	مشخصات گشتاور عملگرهای رایج	6-1	۵۰
۵۱	عملگر دنده حلزونی (دنده مارپیچ)	6-2	۵۱
۵۲	عملگر برش‌خورده یوغ اسکاچ با مهره متحرک	6-3	۵۲
۵۳	عملگر برش‌خورده بازو و دسته با مهره متحرک	6-4	۵۳
۵۴	نمودار مشخصات تعیین اندازه عملگر	6-5	۵۴
۵۵	ساختار کلاهک بلند رایج	6-6	۵۵
۵۶	راستای ارجح نصب زانویی عمودی در بالادست یک شیر پروانه‌ای یا سایر شیرهای ربع‌گرد	6-7	۵۶
۵۷	اولویت جهت‌گیری شیر براساس افزایش قطر در بالادست شیر	6-8	۵۷
۵۸	طرح‌های ارجح قرارگیری اریفیس در بالادست	6-9	۵۸
۵۹	طرح‌های ارجح قرارگیری اتصال کاهنده در بالادست	6-10	۵۹
۶۰	جهت‌گیری ارجح نصب شیر یک‌طرفه در بالادست	6-11	۶۰
۶۱	جهت‌گیری ارجح نصب شیرها به‌صورت سری	6-12	۶۱
۶۲	جهت‌گیری‌های نامناسب ترکیبی	6-13	۶۲
۶۳	راستای نصب ارجح شیر سماوری در کاربردهای سیالات حاوی ذرات معلق جامد	6-14	۶۳
۶۴	نمودار جسم آزاد گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه	B-1	ب-۱

- شماره جداول استاندارد منبع و ارجاعات به آن‌ها به شرح زیر تغییر و با شماره‌های ذکرشده جایگزین شده است:

ردیف	عنوان جدول	شماره جدول در استاندارد منبع	شماره جدول در استاندارد ملی
۱	محاسبات اتصال کاهنده و افزاینده	2-1	۱
۲	ضرایب جریان اتصالات کاهنده و افزاینده شیر	2-2	۲

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	عنوان جدول	شماره جدول در استاندارد منبع	شماره جدول در استاندارد ملی
۳	داده‌های محاسبات افت هد برای مثال منبع هد ثابت	2-3	۳
۴	محاسبات نمونه هزینه پمپاژ سالانه	2-4	۴
۵	دسته‌بندی مؤلفه‌های گشتاور	3-1	۵
۶	طبقه‌بندی مؤلفه‌های گشتاور	3-2	۶
۷	داده‌های محاسبات کاویتاسیون برای مثالی با منبع هد ثابت	4-1	۷
۸	ضرایب معمول اصطکاک یاتاقان	6-1	۸
۹	ضرایب معمول پکینگ	6-2	۹
۱۰	ضرایب معمول نشیمن	6-3	۱۰
۱۱	ضرایب معمول جریان در حالت شیر کاملاً باز	6-4	۱۱

- شماره روابط استاندارد منبع و ارجاعات به آن‌ها به شرح زیر تغییر و با شماره‌های ذکرشده جایگزین شده است:

ردیف	شماره رابطه در استاندارد منبع	شماره رابطه در استاندارد ملی
۱	2-1	۱
۲	2-2	۲
۳	2-3	۳
۴	2-4	۴
۵	2-5	۵
۶	2-6	۶
۷	2-7	۷
۸	2-8	۸
۹	2-9	۹
۱۰	2-10	۱۰
۱۱	2-11	۱۱
۱۲	2-12	۱۲
۱۳	2-13	۱۳
۱۴	2-14	۱۴
۱۵	2-15	۱۵
۱۶	2-16	۱۶
۱۷	2-17	۱۷
۱۸	2-18	۱۸
۱۹	2-19	۱۹
۲۰	2-20	۲۰
۲۱	2-21	۲۱

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	شماره رابطه در استاندارد منبع	شماره رابطه در استاندارد ملی
۲۲	2-22	۲۲
۲۳	2-23	۲۳
۲۴	2-24	۲۴
۲۵	2-25	۲۵
۲۶	2-26	۲۶
۲۷	2-27	۲۷
۲۸	3-1	۲۸
۲۹	3-2	۲۹
۳۰	3-3	۳۰
۳۱	3-4	۳۱
۳۲	3-5	۳۲
۳۳	3-6	۳۳
۳۴	3-7	۳۴
۳۵	3-8	۳۵
۳۶	3-9	۳۶
۳۷	3-10	۳۷
۳۸	3-11	۳۸
۳۹	3-12	۳۹
۴۰	3-13	۴۰
۴۱	3-14	۴۱
۴۲	3-15	۴۲
۴۳	3-16	۴۳
۴۴	3-17	۴۴
۴۵	3-18	۴۵
۴۶	3-19	۴۶
۴۷	3-20	۴۷
۴۸	3-21	۴۸
۴۹	3-22	۴۹
۵۰	3-23	۵۰
۵۱	3-24	۵۱
۵۲	3-25	۵۲
۵۳	3-26	۵۳
۵۴	3-27	۵۴
۵۵	3-28	۵۵

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	شماره رابطه در استاندارد منبع	شماره رابطه در استاندارد ملی
۵۶	3-29	۵۶
۵۷	3-30	۵۷
۵۸	3-31	۵۸
۵۹	3-32	۵۹
۶۰	3-33	۶۰
۶۱	3-34	۶۱
۶۲	4-1	۶۲
۶۳	4-2	۶۳
۶۴	4-3	۶۴
۶۵	4-4	۶۵
۶۶	4-5	۶۶
۶۷	4-6	۶۷
۶۸	5-1	۶۸
۶۹	5-2	۶۹
۷۰	5-3	۷۰
۷۱	5-4	۷۱
۷۲	5-5	۷۲
۷۳	5-6	۷۳
۷۴	5-7	۷۴
۷۵	5-8	۷۵
۷۶	5-9	۷۶
۷۷	5-10	۷۷
۷۸	5-11	۷۸
۷۹	5-12	۷۹
۸۰	5-13	۸۰
۸۱	5-14	۸۱
۸۲	-	ب-۱

ب-۳ بخش‌های اضافه‌شده

- فصل ۱ استاندارد منبع (Introduction) به دو بند «مقدمه» و «هدف و دامنه کاربرد» تقسیم شده و این دو بند به استاندارد اضافه شده‌اند.
- عناوین زیربند «کلیات» در کل متن اضافه شدند.

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

- جمله اول بخش «Preface» با بخش «Scope» ترکیب شده و در قالب بند «هدف و دامنه کاربرد» به استاندارد اضافه شده است.
- شماره بند «مقدمه» (۰) به استاندارد اضافه شده است.
- کلیه شماره زیربندها به استاندارد اضافه شده‌اند.
- بخش‌های «References» از انتهای فصل‌های ۱ تا ۶ منبع با یکدیگر تجمیع شده و در قالب بند «مراجع الزامی» به شرح جدول زیر به استاندارد اضافه شده است:

ردیف	عنوان مرجع	مکان مرجع در بخش «References» استاندارد منبع	شماره مرجع در بند مراجع الزامی استاندارد ملی
۱	American Water Works Association (AWWA). 2010. ANSI/AWWA C504-15: Standard for Rubber-Seated Butterfly Valves. Denver, CO: AWWA	فصل ۲	2-1
۲	American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C504-15: Standard for Rubber-Seated Butterfly Valves. Denver, CO: AWWA	فصل‌های ۱، ۳ و ۵	2-2
۳	American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Large-Diameter Ball Valves, 6 in. Through 60 in. (150 mm Through 1,500 mm), Denver, CO:AWWA	فصل ۲	2-3
۴	American Water Works Association (AWWA). 2015. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Ball Valves, 6 In. Through 60 In. (150 mm Through 1,500 mm). Denver, CO: AWWA	فصل ۳	2-4
۵	American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C507-15: Standard for Rubber-Seated Ball Valves. Denver, CO: AWWA	فصل ۱	2-5
۶	American Water Works Association. 2015. ANSI/AWWA C516-14: Standard for Large Diameter Rubber-Seated Butterfly Valves, 78 In. (2,000 mm) and Larger. Denver, CO:AWWA	فصل‌های ۱، ۲ و ۳	2-6
۷	American Water Works Association. 2010. Eccentric ANSI/AWWA C517-16: Standard for Cast-Iron Plug Valves. Denver, CO: AWWA	فصل ۱	2-7
۸	American Water Works Association. 2009. ANSI/AWWA C517-16: Standard for Resilient-Seated Cast-Iron Eccentric Plug Valves. Denver, CO: AWWA	فصل ۳	2-8
۹	American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C517-16: Standard for Resilient-Seated Cast-Iron Plug Valves, Denver, CO: AWWA	فصل ۲	2-9
۱۰	American Water Works Association. 2008. ANSI/AWWA C541-10: Standard for Hydraulic and Pneumatic Cylinder and Vane-Type Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA	فصل ۳	2-10

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

ردیف	عنوان مرجع	مکان مرجع در بخش «References» استاندارد منبع	شماره مرجع در بند مراجع الزامی استاندارد ملی
۱۱	American Water Works Association. 2008. ANSI/AWWA C541-16: Standard for Hydraulic and Pneumatic Cylinder and Vane-Type Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA	فصل ۶	2-11
۱۲	American Water Works Association. 2010. ANSI/AWWA C542-16: Standard for ElectricMotor Actuators for Valves and Slide Gates. Denver, CO: AWWA	فصل ۳	2-12
۱۳	American Water Works Association. 2015. Cylinder and Vane Actuators and Controls – Design and Installation. AWWA Manual M66. Denver, CO: AWWA.	فصل ۶	2-13
۱۴	International Society of Automation. 1995. ISA-RP75.23-1995: Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation. Research Triangle Park, NC: ISA	فصل‌های ۴ و ۵	2-14
۱۵	International Society of Automation. 2012. Industrial-Process Control Valves. Part 2-1: Flow capacity: Sizing equations for fluid flow under installed conditions, ANSI/ISA-S75.01.01-2012	فصل ۱	2-15
۱۶	International Society of Automation. 2008. Control Valve Capacity Test Procedure, ANSI/ISA S75.02.01-2008	فصل‌های ۱، ۲ و ۵	2-16
۱۷	Crane Co. 2009. Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe. Technical Paper 410. Stamford, CT: Crane	فصل‌های ۲ و ۳	2-17
۱۸	Hutchinson, J.W., ed. 1976. ISA Handbook of Control Valves, 2nd ed. Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America (now known as the International Society of Automation)	فصل‌های ۱ و ۲	2-18
۱۹	Skousen, P.L. 1998. Valve Handbook. New York: McGraw-Hill.	فصل ۴	2-19
۲۰	Tullis, J.P. 1989. Hydraulics of Pipelines. New York: John Wiley & Sons	فصل‌های ۴ و ۵	2-20
۲۱	Tullis, J.P. 1993. NUREG/CR-6031: Cavitation Guide for Control Valves, US Nuclear Regulatory Commission. New York: John Wiley & Sons	فصل ۴	2-21

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

– بخش‌های «Definitions» از هر فصل استاندارد منبع با یکدیگر تجمیع شده و در قالب بند «اصطلاحات و تعاریف» به شرح زیر به استاندارد اضافه شده است:

ردیف	عنوان اصطلاح یا تعریف	مکان اصطلاح و تعریف در بخش «Definitions» استاندارد منبع	شماره زیربند اصطلاح یا تعریف در استاندارد ملی
۱	گشتاور تعیین اندازه عملگر	فصل ۱	۳-۱
۲	ضریب کاربرد	فصل ۱	۳-۲
۳	قطعه انسداد	فصل ۱	۳-۳
ردیف	**عنوان اصطلاح یا تعریف**	**مکان اصطلاح و تعریف در بخش «Definitions» استاندارد منبع**	**شماره زیربند اصطلاح یا تعریف در استاندارد ملی**
۴	فشار مستقیم	فصل ۱	۳-۴
۵	درصد معادل مشخصات ذاتی شیر	فصل ۱	۳-۵
۶	حداقل گشتاور مورد نیاز شفت	فصل ۱	۳-۶
۷	مسدودکننده	فصل ۱	۳-۷
۸	موقعیت قراردادی	فصل ۱	۳-۸
۹	موقعیت نشست	فصل ۱	۳-۹
۱۰	فشار معکوس	فصل ۱	۳-۱۰
۱۱	جریان سمت نشیمن	فصل ۱	۳-۱۱
۱۲	قطعه انسداد نصب‌شده روی شفت	فصل ۱	۳-۱۲
۱۳	جریان سمت شفت	فصل ۱	۳-۱۳
۱۴	گشتاور نشیمن	فصل ۱	۳-۱۴
۱۵	قطعه انسداد جریان نصب‌شده روی ترونیون	فصل ۱	۳-۱۵
۱۶	فشار تفاضلی	فصل ۲	۳-۱۶
۱۷	ضرایب جریان، در حالت کلی	فصل ۲	۳-۱۷
۱۸	ضریب جریان	فصل ۲	۳-۱۸
۱۹	ضریب مقاومت جریان	فصل ۲	۳-۱۹
۲۰	مشخصه ذاتی شیر	فصل ۲	۳-۲۰
۲۱	مشخصه شیر نصب‌شده (مشخصه نصبی)	فصل ۲	۳-۲۱
۲۲	بیشینه نرخ جریان یا سرعت سیستم	فصل ۲	۳-۲۲
۲۳	ضرایب گشتاور	فصل ۳	۳-۲۳
۲۴	گشتاور یاتاقان	فصل ۳	۳-۲۴
۲۵	ضریب اصطکاک یاتاقان	فصل ۳	۳-۲۵
۲۶	گشتاور نشستن روی نشیمن‌گاه یا جداشدن از نشیمن‌گاه (گشتاور	فصل ۳	۳-۲۶

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY

	نشستن و جدا شدن)		
۲۷	هندسه عضو انسداد	فصل ۳	۳-۲۷
۲۸	راستای قرارگیری شفت	فصل ۳	۳-۲۸
۲۹	راستای جریان عبوری از شیر	فصل ۳	۳-۲۹
۳۰	علامت‌های قراردادی گشتاور	فصل ۳	۳-۳۰
۳۱	کاویتاسیون	فصل ۴	۳-۳۱

- با در نظر گرفتن تغییرات فوق، ساختار بندهای استاندارد ملی به شرح زیر است و ارجاعات متناسب با آن تغییر کرده است:

ردیف	شماره یا عنوان بند در استاندارد ملی	شماره یا عنوان فصل معادل در استاندارد منبع
۱	مقدمه	فصل ۱ (Introduction) به غیر از بخش‌های «Scope»، «Definitions» و«References»
۲	بند ۱	جمله اول بخش «Preface» و بخش «Scope» از فصل ۱ (Introduction)
۳	بند ۲	بخش‌های «References» از فصل‌های ۱ تا ۵
۴	بند ۳	بخش‌های «Definitions» از فصل‌های ۱ تا ۵
۵	بند ۴	فصل ۲ به غیر از بخش‌های «Definitions» و«References»
۶	بند ۵	فصل ۳ به غیر از بخش‌های «Definitions» و«References»
۷	بند ۶	فصل ۴ به غیر از بخش‌های «Definitions» و«References»
۸	بند ۷	فصل ۵ به غیر از بخش «References»
۹	بند ۸	فصل ۶
۱۰	پیوست الف	پیوست A
۱۱	پیوست ب	پیوست B

azarnasim
AIR CONDITIONING COMPANY