



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۵۸۹

چاپ اول

۱۳۹۵

**INSO
21589**

1st.Edition

2017

Identical with:

ISO/TR 11583

(2012)

اندازه‌گیری شارش گاز مرطوب با فشارسنج-
های تفاضلی وارد شده در مجرای با سطح
مقطع مدور

**Measurement of wet gas flow by means of
pressure differential devices inserted in
circular cross-section conduits**

ICS:17.120.10

استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۵۸۹ : سال ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

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



shaghool.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به 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 منصفانه 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 فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 زیست محیطی 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 زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه 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 Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اندازه‌گیری شارش گاز مرطوب با فشارسنج‌های تفاضلی وارد شده در مجرای با سطح مقطع مدور»

رئیس:

ولی پور، محمد صادق

(دکتری مهندسی مکانیک)

دبیر:

حیدریان، مجید

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ادب، حسین

(کارشناسی مهندسی شیمی)

امیریان، خدیجه

(کارشناسی مهندسی متالوژی)

بهروزفر، قاسم

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

توسلی، محمد حسن

(کارشناسی مهندسی صنایع)

خرمی، حامد

(کارشناسی مهندسی متالوژی)

دانایی، سعید

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

دوست محمدی، احسان

(کارشناسی فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

دانشگاه سمنان

اداره کل استاندارد استان سمنان

شرکت کلران

شرکت فراسنج

اداره کل استاندارد استان سمنان

شرکت ایران انشعاب

شرکت ایران انشعاب

شرکت بنیاد بتن ایران

اداره کل استاندارد استان سمنان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

دهقان، محمد علی

(کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک)

رضایی عراقی، مهدی

(دکتری DBA)

فیروزبخت، امین

(کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی)

قدس، نادر

(کارشناسی ارشد عمران سازه)

کیهان، حسین

(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

گروسی، رجب

(کارشناسی مدیریت)

معینیان، علی

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

نوروزی، محمد

(کارشناسی مهندسی شیمی)

ویراستار:

خدام عباسی، روح اله

(کارشناسی فیزیک)

سمت و / یا محل اشتغال:

شرکت مخابرات و خطوط لوله نفت شمال
شرق

شرکت آب بان

شرکت نفت منطقه شاهرود

شرکت آب و فاضلاب شهری استان سمنان

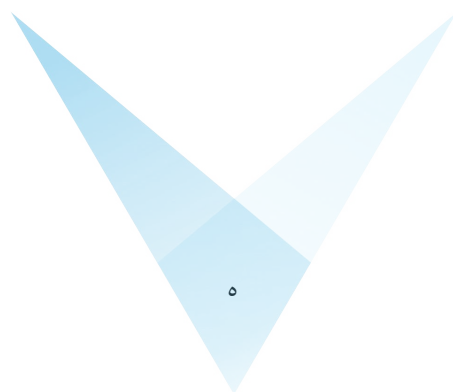
شرکت سهامی آب منطقه ای استان سمنان

شرکت آبفر

شرکت آب و فاضلاب روستایی استان سمنان

شرکت نفت منطقه شاهرود

اداره کل استاندارد استان سمنان



فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ نمادها و نمایه‌پایین‌ها
۴	۵ اصل روش اندازه‌گیری و محاسبه
۴	۱-۵ اصل روش اندازه‌گیری
۶	۲-۵ محاسبات
۷	۶ تیوب‌های ونتوری
۷	۱-۶ کلیات
۷	۲-۶ الزامات طراحی
۸	۳-۶ نقاط فشارسنجی
۹	۴-۶ محاسبات آهنگ شارش‌گاز
۱۲	۵-۶ عدم قطعیت‌ها
۱۳	۷ صفحه‌های اریفیس
۱۳	۱-۷ کلیات

صفحه	عنوان
۱۳	۲-۷ الزامات طراحی
۱۴	۳-۷ استفاده از صفحه‌های اریفیس با سوراخ‌های تخلیه
۱۴	۴-۷ نقاط فشارسنجی
۱۴	۵-۷ محاسبات آهنگ شارش گاز
۱۷	۶-۷ عدم قطعیت‌ها
۱۸	۸ تکنیک‌های ردیاب
۱۸	۱-۸ کلیات
۱۹	۲-۸ تکنیک
۱۹	۳-۸ اندازه‌گیری آهنگ شارش گاز با استفاده از تکنیک‌های ردیاب
۲۰	۹ روش مقایسه
۲۱	۱۰ آهنگ شارش جرمی کل معلوم
۲۲	۱۱ استفاده از گرماسنج گلویی
۲۲	۱۲ نصب
۲۲	۱-۱۲ حالت‌دهنده‌های شارش
۲۳	۲-۱۲ عایق‌بندی
۲۳	۳-۱۲ نقاط فشارسنجی و خطوط ضربه
۲۴	۴-۱۲ ترکیب گاز
۲۴	۵-۱۲ چگالی‌سنج‌ها

صفحه	عنوان
۲۴	۱۳ نمونه برداری
۲۴	۱-۱۳ کلیات
۲۵	۲-۱۳ نقاط نمونه برداری در کنتور گاز مرطوب
۲۵	۳-۱۳ نقاط نمونه برداری در جداسازهای آزمون
۲۶	پیوست الف (آگاهی دهنده) محاسبات
۳۴	کتابنامه



پیش‌گفتار

استاندارد «اندازه‌گیری شارش گاز مرطوب توسط فشارسنج‌های تفاضلی وارد شده در مجرای با سطح مقطع مدور» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در سیصد و هشتمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۵/۱۲/۲ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون‌های فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO/TR 11583:2012, Measurement of wet gas flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits

مقدمه

استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱، ۲-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ و ۴-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ شامل ویژگی‌هایی برای تیوب‌های^۱ و نتوری و صفحه‌های اریفیس^۲ است، اما استانداردهای بالا در جایی که سیال در مجرا تک فاز بوده و مجرا کاملاً پر باشد، قابل اجرا است. اگر سیال مورد اندازه‌گیری گاز مرطوب باشد یک بیش از قرائت^۳ وجود دارد که می‌توان آن را با استفاده از معادله‌های تصحیح گاز مرطوب، اصلاح کرد.

- 1- Tubes
- 2- Orifice
- 3- Over reading

اندازه‌گیری شارش گاز مرطوب با فشارسنج‌های تفاضلی وارد شده در مجرای با سطح مقطع مدور

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش اندازه‌گیری گاز مرطوب با کنتورهای فشار تفاضلی است. این استاندارد برای شارش‌های دو فاز گاز و مایع که در آنها مخلوط سیال در حال شارش شامل منطقه گاز با کسر حجمی ۹۵٪ یا بیشتر است، (حدود دقیق مخلوط در زیربندهای ۳-۴-۶، ۵-۴-۶، ۳-۵-۷ و ۵-۵-۷ تعریف شده است) کاربرد دارد. این استاندارد الحاقی مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۶۴۶۸ محسوب می‌شود. معادله‌های این استاندارد که برای گستره گازها و مایعات به‌دست آمده در زیربندهای ۱-۴-۶ و ۱-۵-۷ ارائه شده است و امکان دارد، این معادله‌ها برای مایعاتی که به طور قابل ملاحظه‌ای از موارد آزمون شده متفاوت باشند به طور خاص با گرانیوی بالا یا جزیی، کاربردی ندارند.

اگرچه معادله‌های بیش از قرائت ارائه شده در این استاندارد برای گستره وسیعی از گازها و مایعات در نسبت‌های چگالی گاز - مایع مناسب کاربرد دارد، اما ارزیابی آهنگ شارش گاز علاوه بر اطلاعاتی که در مورد شارش تک فاز مورد نیاز است، تحت شرایط معین به اطلاعات اضافی نیز نیاز دارد، یک اندازه‌گیری از افت فشار کافی است، ردیاب‌ها می‌توانند برای اندازه‌گیری شارش مایع به کار روند، آهنگ شارش جرمی کل ممکن است، مشخص باشد (این مورد بیشتر در شارش بخار مرطوب احتمال دارد تا در شارش گاز طبیعی یا مایع) در شارش بخار مرطوب، یک گرماسنج گلوپی^۱ می‌تواند استفاده شود.

در این استاندارد اندازه‌گیری گاز مرطوب با استفاده از تیوب‌های ونتوری یا صفحه‌های اریفیس پوشش داده می‌شود.

این استاندارد تنها برای شارش‌های گاز مرطوب با یک مایع، کاربرد دارد و همچنین برای صنعت نفت گاز کاربردی ندارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، 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 برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

1- Throttling calorimeter

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱، اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار

داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال - قسمت ۱: اصول کلی و الزامات

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱، اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار

داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال - قسمت ۲: صفحه‌های اریفیس

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱، اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار

داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال - قسمت ۴: لوله‌های ونتوری

2-4 ISO 4006, Measurement of fluid flow in closed conduits-Vocabulary and symbols

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۳۳۰: سال ۱۳۹۴، اندازه‌گیری جریان سیال در مجاری بسته - واژگان و نمادها با استفاده از استاندارد ISO 4006:1991 تدوین شده است.

2-5 ISO 2186, Fluid flow in closed conduits-Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements

2-6 ISO/TR 15377, Measurement of fluid flow by means of pressure-differential devices - Guidelines for the specification of orifice plates, nozzles and venturi tubes beyond the scope of ISO 5167.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۲۰۳۳۰ و ۱-۱۶۴۶۸ اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

شارش لایه لایه

Stratified flow

رژیم^۱ متداول در لوله‌های افقی و در سرعت‌های کم گاز (معمولا $5 m/s$ یا کمتر) که در آن مایع آزاد در کف لوله در حال گردش و گاز در قسمت بالای لوله شارش دارد.

۲-۳

شارش حلقوی

annular flow

رژیم شارش که در لوله‌های افقی در سرعت‌های متوسط گاز (معمولا $5 m/s$ تا $15 m/s$) رخ می‌دهد که در آن مایع اطراف دیواره لوله و گاز در مرکز لوله شارش دارد.

1- Regime

یادآوری - در لوله‌های افقی، شارش حلقوی متحدالشکل نیست که به دلیل اثرهای گرانشی می‌باشد، مقدار بیشتر مایع در اطراف دیواره ته لوله تا نسبت به اطراف دیواره بالای لوله قرار دارد.

۳-۳

شارش مه‌ای

mist flow

رژیم شارش در لوله‌های افقی با سرعت‌های زیاد گاز (به طور معمول 15 m/s یا بیشتر) که مایع به صورت معلق در گاز نگه داشته می‌شود و مایع به فرم قطره کوچک در داخل گاز حمل می‌شود.

۴-۳

شارش لخته‌ای

slug flow

رژیم شارش که در آن در طول لوله که به طور متناوب مایع جابجا می‌شود، اما مقدار عمده مایع ناشی از به تله افتادن در خط شارش است، به طور مثال در ته لوله‌های عمودی یا وقتی که شروع شارش بعد از خاموش شدن، است.

۵-۳

کسر حجمی مایع

liquid volume fraction

LVF

نسبت آهنگ شارش حجمی مایع به آهنگ شارش کل که در آن آهنگ شارش حجمی کل، مجموع آهنگ شارش حجمی مایع و گاز است، همه آهنگ‌های شارش حجمی در شرایط واقعی (نه استاندارد) هستند.

۶-۳

کسر حجمی گاز

gas volume fraction

GVF

نسبت آهنگ شارش حجمی گاز به آهنگ شارش کل که در آن آهنگ شارش حجمی کل، مجموع آهنگ شارش حجمی مایع و گاز است، همه آهنگ‌های شارش حجمی در شرایط واقعی (نه استاندارد) هستند.

۴ نمادها و نمایه پایین

به جدول ۱ مراجعه شود.

۵ اصل روش اندازه‌گیری و محاسبه

۱-۵ اصل روش اندازه‌گیری

اصل روش اندازه‌گیری استفاده از کنتورهای فشار تفاضلی، بر پایه نصب وسیله اولیه (مانند صفحه‌های اریفیس یا تیوب ونتوری) در خط لوله می‌باشد. نصب وسیله اولیه سبب یک اختلاف فشار بین سمت بالادست و دهانه یا سمت پایین دست وسیله می‌شود. آهنگ شارش می‌تواند از مقدار اختلاف فشار اندازه‌گیری شده و از دانش مشخصات سیال و اوضاعی که در آن وسیله به کار برده شده، تعیین شود. فرض می‌شود که وسیله مشابه هندسه یکی از وسایل استانداردهای ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸ و ۴-۱۶۴۶۸ کالیبره و در همان شرایط به کار گرفته شود.

جدول ۱- نمادها

نماد	کمیت	بعد الف	یکای متریک
C	ضریب تخلیه	بدون بعد	۱
C_{ch}	ضریب چیسپولم ^۱	بدون بعد	۱
C_{fluid}	غلظت ردیاب در سیال	بدون بعد	۱
d	قطر اریفیس یا گلویی لوله ونتوری در شرایط کاری	L	m
D	قطر لوله داخلی بالادست (یا قطر بالادست لوله ونتوری) در شرایط کاری	L	m
Fr_{gas}	عدد فرود ^۲ چگالی‌سنجی گاز (به معادله ۳ مراجعه شود)	بدون بعد	۱
g	شتاب گرانشی	LT^{-2}	m/s^2
h	آنتالپی مخصوص	L^2T^{-2}	J/kg

ادامه جدول ۱- نمادها

علامت	کمیت	ابعاد الف	یکای متریک
H	تابع کشش سطحی مایع (به زیربند ۶-۴-۳ مراجعه شود)	بدون بعد	۱
L_{down}	فاصله بین انتهای پایین دست بخش واگرای لوله ونتوری (اندازه‌گیری شده از انتهای مخروطی که فلنچ نیست) و نقطه فشارسنجی ^۳ پایین دست که جهت اندازه‌گیری افت فشار به کار برده شده است	L	m
p	فشار استاتیک مطلق سیال	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
q_m	آهنگ شارش جرمی	MT^{-1}	kg/s
q_v	آهنگ شارش حجمی	L^3T^{-1}	m^3/s
t	دمای سیال	θ	$^{\circ}C$
X	پارامتر لکارت - مارتینلی ^۴ (به معادله (۲) مراجعه شود)	بدون بعد	۱
β	نسبت قطر: $\beta = d/D$	بدون بعد	۱
Δp	فشار تفاضلی	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\Delta \varpi$	افت فشار (افت فشار بدون تصحیح برای مکانی که اگر لوله ونتوری یا صفحه اریفیس حضور نداشته باشد، اتفاق خواهد افتاد)	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
δ	عدم قطعیت مطلق	ب_	ب_
ε	عامل قابلیت انبساط (انبساط)	بدون بعد	۱
k	توان ایزوتروپیک ^۵	بدون بعد	۱
ρ	چگالی سیال (زیر نویس ۱، مقدار آن را در صفحه نقطه فشارسنجی بالادست مشخص می‌کند)	ML^{-3}	kg/m^3
Φ	عامل تصحیح بیش از قرائت (به معادله ۱ مراجعه شود)	بدون بعد	۱

الف = L = طول، M = جرم، \square = دما، T = زمان.
 ب ابعاد و یکاها کمیت‌های متناظر هستند.

1- Chisholm coefficient
 2- Froude number
 3- Pressure tapping
 4- Lockhart-Martinelli
 5- Isentropic

آهنگ شارش گاز مرطوب به‌وسیله ارزیابی بیش از قرائت تعیین می‌شود. بیش از قرائت ناشی از جرم مایع عبوری از میان وسیله اولیه است. بیش از قرائت تحت تاثیر رژیم شارش است که شارش گاز مرطوب عموماً لایه‌لایه، حلقوی یا مه‌ای است، اگر چه در عمل ممکن است شارش گاز مرطوب، ترکیبی از این رژیم‌ها باشد.

اگر مایع در خط شارش به طور مثال در ته یک لوله عمودی به تله افتد، سایر رژیم‌های شارش می‌تواند به صورت تناوبی رخ دهند، خصوصا رژیم شارش لخته‌ای.

ترکیب‌های شرایط خط، جهت‌های لوله، نسبت‌های گاز به مایع، روی نوع رژیم شارش موجود تاثیرگذار است. در صورت وجود رژیم شارش درک آن می‌تواند بسیار مفید باشد. کاربرد همان تکنیک اندازه‌گیری گاز مرطوب می‌تواند به طور گسترده نتایج متفاوتی را ایجاد کند که بستگی به غالب بودن رژیم شارش و دانش رژیم شارش احتمالی که می‌تواند بر انتخاب صحیح اصل اندازه‌گیری به کار گرفته شده، تاثیر گذارد.

یادآوری - در لوله افقی، مایع به وسیله شارش گاز تا 1 m/s یا کمتر می‌تواند نگه داشته شود و تقریباً می‌تواند به جای شارش با گاز ساکن باقی بماند.

۲-۵ محاسبات

آهنگ شارش جرمی گاز $q_{m,gas}$ به وسیله معادله زیر به دست می‌آید:

$$q_{m,gas} = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\sqrt{2\Delta p \rho_{1,gas}}}{\phi} \quad (1)$$

که در آن:

C در زیر بندهای ۶-۴-۲ یا ۷-۵-۲ به صورت مناسب ارائه می‌شود؛

ε تعیین شده از قسمت مناسب مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۶۴۶۸؛

$\rho_{1,gas}$ چگالی گاز بالادست؛

ϕ عامل تصحیح بیش از قرائت.

یادآوری - در ارزیابی ε مقادیر واقعی p_1 و p_2 اندازه‌گیری شده در گاز مرطوب به کار برده شده است.

عامل ϕ به وسیله اولیه، نسبت چگالی گاز - مایع، $\rho_{1,gas}/\rho_{liquid}$ بستگی دارد ρ_{liquid} چگالی مایع است، پارامتر لکارت - مارتینلی X مطابق معادله (۲) تعریف می‌شود.

$$X = \left(\frac{q_{m,liquid}}{q_{m,gas}} \right) \sqrt{\frac{\rho_{1,gas}}{\rho_{liquid}}} \quad (2)$$

و به عدد فرود چگالی‌سنج گاز Fr_{gas} بستگی دارد که برابر معادله (۳) تعریف می‌شود:

$$Fr_{\text{gas}} = \frac{4q_{m,\text{gas}}}{\rho_{l,\text{gas}} \pi D^2 \sqrt{gD}} \sqrt{\frac{\rho_{l,\text{gas}}}{\rho_{\text{liquid}} - \rho_{l,\text{gas}}}} \quad (۳)$$

که در آن g شتاب ناشی از جاذبه و $q_{m,\text{liquid}}$ آهنگ شارش جرمی است.

۶ تیوپ‌های ونتوری

۱-۶ کلیات

تیوپ‌های ونتوری به صورت گسترده برای کاربردهای گاز مرطوب استفاده می‌شود. از جمله مزیت‌های آن‌ها موارد زیر است:

الف- شارش را مسدود نمی‌کند (مشابه صفحه‌های اریفیس نیستند)

ب- آن‌ها می‌توانند در فشارهای تفاضلی بالاتری نسبت به صفحه‌های اریفیس بدون آنکه موجب آسیب دائمی به کنتور شوند، مورد بهره‌برداری قرار گیرند (فشارهای تفاضلی تا و بالای ۲۰۰ kPa) (۲ bar) می‌تواند در نظر گرفته شود، برای یک آهنگ شارش جرمی گاز ثابت، حضور مایع ممکن است فشار تفاضلی را به شدت افزایش دهد.

پ- بنابراین، وقتی که با گستره‌بندی مناسب انتقال دهنده‌های فشار تفاضلی به کار برده شود، آن‌ها به نسبت برگشت زیادی دارند (به طور نمونه ۱:۱۰).

۲-۶ الزامات طراحی

الزامات طراحی برای تیوپ‌های ونتوری در استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸ مشخص شده است. به هر حال، بهتر است به موارد زیر توجه ویژه شود:

بهتر است سطح داخلی تیوب ونتوری پرداخت شده باشد، صاف و عاری از عیوب ماشین‌کاری شامل پلیسه و برآمدگی^۱ باشد، نقاط فشارسنجی که در نقاط ورودی به گمانه داخلی کنتور دارای لبه‌های تیز و عاری از پلیسه و لبه‌های سیمی باشد و همچنین لبه ورودی مخروطی تیز و عاری از عیوب ساخت باشد.

توصیه می‌شود، معادله‌های موجود در این استاندارد، صرفاً برای کنتورهایی که به صورت افقی نصب می‌شوند، به کار رود. بهتر است، از نصب لوله ونتوری در نقطه پایین چیدمان لوله‌کشی که در آن مایع می‌تواند جمع شود، اجتناب شود.

1- Burrs and ridges

در رابطه با تعداد و محل نقاط فشارسنجی، بهتر است کنتور مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸، نباشد. به زیربند ۳-۶ مراجعه شود.

در بسیاری از موقعیت‌ها، مطلوب است که لوله ونتوری با شیرهای جداسازی^۱ باز و بسته دوتایی^۲ که می‌توان در موارد لزوم در کنتور جدا و بازرسی شود، نصب گردد.

وجود مایع در خط شارش، در ورودی لوله ونتوری بر روی پروفایل شارش تاثیر می‌گذارد این موضوع منبع عدم قطعیت اندازه‌گیری بیش و بالاتر از انتظار معمولی برای اندازه‌گیری گاز خشک است. به‌منظور کمینه‌سازی این عدم قطعیت اضافی، بهتر است لوله بالادست طوری طراحی شود که زانویی‌های بدون واسطه در بالادست کنتور مایع شارش را ترغیب به لایه‌لایه شدن در ته لوله کنند. علاوه بر این، توصیه نمی‌شود طرح کلی طول‌های مستقیم کاهنده در استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸ مورد استفاده قرار گیرد. بهتر است در جایی که امکان پذیر است، طول‌های بلندتر جهت کمینه‌سازی عدم قطعیت اندازه‌گیری به کار برده شود. استفاده از حالت‌دهنده های شارش برای گازهای مرطوب توصیه نمی‌شود. (به زیربند ۱۲-۱ مراجعه شود).

۳-۶ نقاط فشارسنجی

بهتر است، کنتور با یک جفت نقاط فشارسنجی، به‌صورت افقی نصب شود و موقعیت پیشنهادی نقاط فشارسنجی جانبی در زیر بند ۱۲-۳ ارائه شده است.

بهتر است هر شیر باز و بسته دوتایی نصب شده برای نقاط فشارسنجی یک شیر با گمانه کامل^۳ باشد. استفاده از شیرهای باز و بسته دوتایی یا تنگ هم قرار دادن، باعث به تله افتادن مایع در خط ضربه^۴ می‌شود.

علاوه بر این، ممکن است نقطه فشارسنجی سومی در پایین‌دست در خروجی انبساط مخروطی ونتوری (مقطع پخش کننده^۵) برای تسهیل اندازه‌گیری قرار داده شود. موقعیت بهینه برای نقطه فشارسنجی سوم، قطعی نشده است، اما تقریباً در فاصله ۶D از انتهای پایین‌دست مقطع واگرا^۶ است.

نسبت افت فشار به فشار تفاضلی، می‌تواند خیلی بیش از شارش تک فاز باشد. این نسبت می‌تواند برای شرایط معین جهت تعیین پارامتر لکارت-مارتینلی به کار برده شود. در جایی که آهنگ شارش جرمی مایع، صرفاً به صورت غیر پیوسته اندازه‌گیری می‌شود، وقتی که یک اندازه‌گیری آهنگ شارش جرمی مایع جدید مورد نیاز باشد، تغییرات معنی‌دار در این نسبت، می‌تواند در نشاندهی کمک کند.

- 1- Isolation valves
- 2- Double block and bleed
- 3- Full-bore valve
- 4- Impulse line
- 5- Diffuser section
- 6- Divergent section

۴-۶ محاسبه آهنگ شارش گاز

۱-۴-۶ کلیات

مدل عمومی برای عامل تصحیح بیش از قرائت در مراجع [6] و [1] گزارش شده است. مرجع [3] شامل یک تصحیح بهبود یافته است. تحقیقات گسترده (مراجع [22] تا [28]) شامل جمع‌آوری اطلاعات بر پایه معادله‌های ۲-۴-۶، ۳-۴-۶ و ۵-۴-۶ است. معادله‌های آهنگ شارش گاز در این زیربند، در مرجع [19] ظاهر می‌شود.

تحقیقات بیشتر برای تیوب‌های ونتوری جهت گاز مرطوب، هنوز لازم است. گستره گازها و مایعات در پایگاه داده‌ها که در آن از معادله‌های آهنگ شارش گاز، به دست آمده است: نیتروژن، آرگون، گاز طبیعی و بخار آب (در دمای محیط و شارش بخار مرطوب)، Exxsol D80^۱ حلال استودارد^۲ (وایت اسپریت^۳) و دکان^۴. ممکن است این معادله‌ها برای مایعاتی که آزمون شده‌اند خصوصاً مایعات با گرانش بالا، اختلاف معنی‌داری داشته باشند، که قابل کاربرد نیست.

آهنگ شارش گاز مرطوب، از معادله (۱) محاسبه می‌شود C و ϕ به ترتیب از معادلات (۴) و (۵) به دست می‌آیند.

مثال‌هایی از چگونگی اجرای محاسبات در پیوست الف ارائه شده است.

۲-۴-۶ ضریب تخلیه

$$C = 1 - 0,0463 \exp(-0,05 Fr_{gas,th}) \min\left(1, \sqrt{\frac{X}{0,016}}\right) \quad (۴)$$

که در آن:

$$Fr_{gas,th} = \frac{Fr_{gas}}{\beta^{2,5}}$$

۱- این محصول تجاری است. این اطلاعات جهت راحتی کاربر از این مستندات ارائه شده است و به معنی مجوز موافقت تایید به‌وسیله سازمان استاندارد سازی جهانی (ISO) نمی‌باشد.

2- Stoddard solvent

3- White spirit

۴- دکان (هریک از آلکان‌های ایزومری به فرمول C10H22 که در نفت یافت می‌شوند)

$$\phi = \sqrt{1 + C_{Ch}X + X^2} \quad (5)$$

که در آن C_{ch} از معادله زیر داده شده است:

$$C_{Ch} = \left(\frac{\rho_{liquid}}{\rho_{1, gas}} \right)^n + \left(\frac{\rho_{1, gas}}{\rho_{liquid}} \right)^n$$

که در آن :

$$n = \max \left[0,583 - 0,18\beta^2 - 0,578 \exp \left(\frac{-0,8Fr_{gas}}{H} \right), 0,392 - 0,18\beta^2 \right]$$

H بستگی به مایع داشته و برابر یک برای مایع هیدروکربن ، ۱٫۳۵ برای آب در دمای محیط و ۰٫۷۹ برای آب مایع در شارش بخار مرطوب که آن تابعی از کشش سطحی مایع است. محدودیت‌های کاربرد:

$$0,4 \leq \beta \leq 0,75$$

$$0 < X \leq 0,3$$

$$Fr_{gas, th} > 3$$

$$\frac{\rho_{1, gas}}{\rho_{liquid}} > 0,02$$

$$D \geq 50 \text{ mm}$$

۴-۴-۶ تعیین X

جهت اجرای محاسبه آهنگ شارش، نیاز به X است. با استفاده از یکی از روش‌های زیر می‌توان آن را به دست آورد:

الف - اندازه‌گیری آهنگ شارش با استفاده از تکنیک‌های ردیاب (به بند ۸ مراجعه شود)؛

ب- با مقایسه نتایج حاصل از کنتور گاز مرطوب با نتایج حاصل از کنتورهای گاز و مایع پایین دست یک جدا کننده که با کنتور گاز مرطوب به صورت متوالی بسته شده است؛

پ- مقایسه نتایج حاصل از یک کنتور با دیگر کنتورهای گاز مرطوب (به بند ۹ مراجعه شود)؛

ت- به وسیله محاسبه حاصل از آهنگ شارش جرمی کل معلوم (به بند ۱۰ مراجعه شود)؛

ث- با استفاده از گرماسنج گلوبی در شارش آب/ بخار (به بند ۱۱ مراجعه شود)؛

ج- با استفاده از نقطه فشارسنجی سوم و اعمال تصحیح اضافی (به زیربند ۶-۴-۵ مراجعه شود).

۵-۴-۶ استفاده از نسبت افت فشار برای تعیین X

برای یک گستره محدود شده X ، استفاده از افت فشار برای تعیین پارامتر لکارت- مارتینلی، امکان پذیر است. فرمول داده شده در اینجا، برای تیوب ونتوری با زاویه واگرایی کل در گستره 7° تا 8° ، معتبر است.

افت فشار $\Delta\bar{w}$ از نقطه فشارسنجی بالادست تا نقطه فشارسنجی با فاصله L_{down} پایین دست انتهای بخش واگرا انتهای تیوب ونتوری، اندازه گیری می شود. بهتر است L_{down} دارای شرایط زیر باشد.

$$\max(5, 20\beta - 7) \leq \frac{L_{down}}{D} \leq 9$$

آن گاه ارزیابی کنید (این یک روش اجرایی تکرار شده است):

$$Y = \frac{\Delta\bar{w}}{\Delta p} - 0,0896 - 0,48\beta^9$$

9

$$Y_{max} = 0,61 \exp \left[-11 \left(\frac{\rho_{1, gas}}{\rho_{liquid}} \right) - 0,045 \left(\frac{Fr_{gas}}{H} \right) \right]$$

اگر $Y/Y_{max} \geq 0.65$ باشد، امکان استفاده نسبت افت فشار برای تعیین X ، وجود ندارد.

اگر $Y/Y_{max} < 0.65$ باشد، X از رابطه زیر ارزیابی می شود:

$$\frac{Y}{Y_{max}} = 1 - \exp \left[-35X^{0,75} \exp \left(\frac{-0,28Fr_{gas}}{H} \right) \right]$$

محدودیت های استفاده، علاوه بر محدودیت های زیربند ۶-۴-۳ عبارتند از:

$$Fr_{gas,th} > 4$$

$$\frac{Fr_{gas}}{H} \leq 5,5$$

$$\frac{\rho_{l,gas}}{\rho_{liquid}} \leq 0,09$$

این حدود داده‌های قابل دسترس را منعکس می‌کند: به مرجع [19] مراجعه شود.
سپس ϕ از زیربند ۳-۴-۶ به دست می‌آید.

۵-۶ عدم قطعیت‌ها

عدم قطعیت آهنگ شارش جرمی گاز $\delta q_{m,gas}$ از معادله زیر، به دست می‌آید:

$$\frac{\delta q_{m,gas}}{q_{m,gas}} = \sqrt{\left[\frac{\delta(C/\phi)}{C/\phi} \right]^2 + \left[\frac{\delta(\phi q_{m,gas}/C)}{\phi q_{m,gas}/C} \right]^2}$$

که در آن:

$$\frac{\delta(C/\phi)}{C/\phi}$$

عدم قطعیت نسبی C/ϕ در جدول ۲ داده شده است و

$$\frac{\delta(\phi q_{m,gas}/C)}{\phi q_{m,gas}/C}$$

با در نظر گرفتن معادله (۱) به دست می‌آید. مخرج $\phi q_{m,gas}/C$ شامل عبارت‌هایی از معادله (۱) است که عامل C/ϕ را در بر نمی‌گیرد و بنابر این عدم قطعیت هر یک از عبارت‌ها می‌تواند از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۶۴۶۸ یا با استفاده از کالیبراسیون تخمین زده شود (به زیربند ۸-۲-۲-۱ از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ مراجعه شود).

جدول ۲- عدم قطعیت نسبی C/ϕ در معادله (۱) برای تیوب ونتوری با استفاده از معادله‌های زیربند ۴-۶

عدم قطعیت نسبی از C/ϕ در معادله (۱)	گستره از X یا از Y/Y_{max}	
۳٪	$X \leq 0.15$	X معلوم بدون خطا
۲٫۵٪	$X > 0.15$	
۴٪	$Y/Y_{max} < 0.6$	X از فرمول بند ۴-۶-۵ به دست می‌آید
۶٪	$0.6 \leq Y/Y_{max} < 0.65$	

برای شارش بخار مرطوب، داده‌های محدودشده زیادی وجود دارد. به دلیل عدم قطعیت در مقدار H ، در $\phi_{0.94}$ ، مقدار \square در $H = 0.94$ داده شده و مقدار $\phi_{0.79}$ مقدار \square در $H = 0.79$ داده شده و بهتر است محاسبه شود.

$$100 \left(\frac{\phi_{0.79} - \phi_{0.94}}{\phi_{0.79}} \right) \%$$

اضافه شده به عدم قطعیت نسبی C/ϕ .

۷ صفحه‌های اریفیس

۱-۷ کلیات

صفحه‌های اریفیس از گذشته در گستره وسیعی که شامل گازهای مرطوب بوده به کار برده شده‌اند. مشروط بر آن که صفحه اریفیس، بدون خرابی باقی بماند، صفحه‌های اریفیس در گاز مرطوب، خوب ایفای نقش می‌کند. خطری وجود دارد که در حرکت لخته‌ای مایع می‌تواند صفحه اریفیس را خم کند.

۲-۷ الزامات طراحی

الزامات طراحی برای صفحه اریفیس مونتاژ شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸ قید شده است. بهتر است معادله‌های این استاندارد صرفاً برای کنتورهایی که به صورت افقی نصب شده‌اند، به کار رود. نصب صفحه اریفیس مونتاژی در نقطه پایینی چیدمان لوله‌کشی، درجایی که مایع می‌تواند جمع شود بهتر است، از آن اجتناب شود.

در بسیاری از موقعیت‌ها مطلوبست صفحه اریفیس با شیرهای جداساز باز و بسته دوتایی، نصب شود که صفحه اریفیس بتواند در صورت نیاز برداشته و بازرسی شود.

حضور مایع در خط شارش، پروفایل ورودی به صفحه اریفیس را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این مورد منشا عدم-قطعیت اندازه‌گیری، بالاتر از انتظار عادی در اندازه‌گیری گاز خشک است. به‌منظور حداقل کردن این عدم‌قطعیت اضافی، بهتر است، خط لوله بالادست طوری طراحی شود که زانویی‌ها بلافاصله در بالادست کنتور مایع شارش را تشویق به لایه‌لایه شدن در ته لوله کند. علاوه بر این، توصیه نمی‌شود طرح کلی طول‌های مستقیم که در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸ به کار برده می‌شود، کاهش یابند. در جایی که امکان دارد، طول‌های بلندتر برای حداقل کردن عدم‌قطعیت اندازه‌گیری بهتر است به کار برده شود. استفاده از حالت‌دهنده‌های شارش در کاربردهای گاز مرطوب، توصیه نمی‌شود (به زیربند ۱۲-۱ مراجعه شود).

۳-۷ استفاده از صفحه‌های اریفیس با سوراخ‌های تخلیه

استفاده از صفحه‌های اریفیس قرار داده شده با سوراخ‌های تخلیه به وسیله استاندارد ISO/TR 15377 پوشش داده می‌شود. در جایی که شارش مایع فقط برای دوره‌های کوتاه به ندرت رخ می‌دهد، ممکن است بدون هر تصحیحی، صفحه اریفیس با سوراخ‌های تخلیه، برای بیش از قرائت کافی باشد. داده‌های کافی برای فراهم کردن فرمول‌های عمومی جهت \square و C در صفحه اریفیس با سوراخ تخلیه وجود ندارد. بهتر است، سوراخ تخلیه در ته صفحه اریفیس قرار گیرد (متناظر با موقعیت ساعت ۶).

۴-۷ نقاط فشارسنجی

بهتر است، کنتور با یک جفت نقاط فشارسنجی، افقی نصب شود. موقعیت پیشنهادی برای نقاط فشارسنجی پیرامونی در زیر بند ۱۲-۳ ارائه شده است. علاوه بر این، ممکن است یک نقطه فشارسنجی سوم در پایین‌دست صفحه اریفیس قرار گیرد تا به اندازه‌گیری فشار بهبود یافته کامل، کمک کند. یک فاصله $6D$ از صفحه، معقول به نظر می‌رسد. نسبت افت فشار به فشار تفاضلی می‌تواند نسبت به شارش تک فاز، به‌طور قابل توجهی بالاتر باشد. این نسبت برای تعیین پارامتر لکارت-مارتینلی، تحت شرایط معین، می‌تواند به کار برده شود. در جایی که آهنگ شارش جرمی مایع صرفاً به‌صورت غیرپیوسته، اندازه‌گیری می‌شود، وقتی که یک اندازه‌گیری آهنگ شارش جرمی مایع جدید مورد نیاز باشد، تغییرات معنی‌دار در این نسبت، می‌تواند در نشاندهی کمک کند.

۵-۷ محاسبه آهنگ شارش گاز

۱-۵-۷ کلیات

مدل عمومی برای عامل تصحیح بیش از قرائت، در مراجع [6] و [1] گزارش شده و تحقیقات در مراجع [20]، [21] و [29] لحاظ شده است. معادله‌های زیربند ۷-۵-۳ در مرجع [30] ظاهر شده است. گستره گازها و مایعات در پایگاه داده‌ها از معادله‌های آهنگ شارش گاز در این زیربند به‌دست آمده است: نیتروژن و گاز طبیعی؛ Exxsol D80 و دکان. امکان دارد معادله‌های برای مایعاتی که اختلاف معنی‌دار از این

آزمون‌ها دارند، به طور خاص مایعات با گرانیوی بالا، قابل کاربرد نمی‌باشد. بیش از قرائت در آب سرد، کوچکتر از مایعات هیدروکربن سبک است: تعیین اندازه این اختلاف نیازمند کار بیشتر است. آهنگ شارش گاز مرطوب به ترتیب از معادله (۱) محاسبه می‌شود C و ϕ از زیربندهای ۲-۵-۷ و ۳-۵-۷ به دست می‌آیند.

۲-۵-۷ ضریب تخلیه

پارامتر C به وسیله معادله *Reader-Harris/Gallagher* داده شده است (به زیربند ۵-۳-۲-۱ استاندارد ۲-۱۶۴۶۸ : سال ۱۳۹۱ مراجعه کنید). اگر تنها گاز شارش داشته باشد، عدد رینولدزی استفاده می‌شود که به دست آمده است.

۳-۵-۷ عامل تصحیح بیش از قرائت

$$\phi = \sqrt{1 + C_{Ch}X + X^2} \quad (۶)$$

که در آن C_{ch} برابر است با:

$$C_{Ch} = \left(\frac{\rho_{liquid}}{\rho_{1,gas}} \right)^n + \left(\frac{\rho_{1,gas}}{\rho_{liquid}} \right)^n$$

و

$$n = 0,214 \quad \text{for} \quad 0,2 \leq Fr_{gas} < 1,5$$

و

$$n = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{0,3}{\sqrt{Fr_{gas}}} \right)^2 \quad \text{for} \quad Fr_{gas} > 1,5$$

محدودیت‌های کاربرد:

$$0,24 \leq \beta \leq 0,73$$

$$0 < X \leq 0,3$$

$$Fr_{gas} \geq 0,2$$

$$\frac{\rho_{l,gas}}{\rho_{liquid}} > 0,014$$

$$D \geq 50 \text{ mm}$$

۴-۵-۷ تعیین X

جهت اجرای محاسبه آهنگ شارش، به X نیاز است که با استفاده از یکی از روش‌های زیر، به دست می‌آید:

- الف- اندازه‌گیری آهنگ شارش مایع با استفاده از تکنیک ردیاب (به بند ۸ مراجعه شود)؛
- ب- با مقایسه نتایج کنتور گاز مرطوب با کنتورهای گاز و مایع پایین دست یک جدا کننده که به صورت متوالی با کنتور گاز مرطوب، قرار داده شده است؛
- پ- مقایسه نتایج با دیگر کنتورهای گاز مرطوب (به بند ۹ مراجعه شود)؛
- ت- با محاسبه از آهنگ شارش جرمی کل معلوم (به بند ۱۰ مراجعه شود)؛
- ث- استفاده از گرماسنج گلویی در شارش بخار مرطوب (به بند ۱۱ مراجعه شود)؛
- ج- استفاده از نقطه فشارسنجی سوم و اعمال تصحیح اضافی (به بند ۷-۵-۵ مراجعه شود).

۵-۵-۷ استفاده از نسبت افت فشار برای تعیین X

اگر $0.5 \leq \beta \leq 0.68$ باشد، می‌توان از نسبت افت فشار برای تعیین X استفاده کرد. افت فشار $\Delta \bar{w}$ از نقطه فشارسنجی بالادست تا نقطه فشارسنجی ای بین ΔD تا $7D$ پایین دست صفحه اریفیس، اندازه‌گیری می‌شود. آن‌گاه ارزیابی کنید (این یک روش اجرایی تکراری است).

$$Y = \frac{\Delta \bar{w}}{\Delta p} - \frac{\Delta \bar{w}}{\Delta p} \Big|_{dry}$$

که در آن:

$$\frac{\Delta \bar{w}}{\Delta p} \Big|_{dry}$$

با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸ : سال ۱۳۹۱ و معادله (۷) به دست می‌آید،

$$X = \frac{6,41Y}{\beta^{4,9}} \left(\frac{\rho_{l,gas}}{\rho_{liquid}} \right)^{0,92}$$

محدودیت‌های استفاده علاوه بر زیر بند ۷-۵-۳ عبارتند از:

$$0,5 \leq \beta \leq 0,68$$

$$X < 0,45 \left(\frac{\rho_{1,gas}}{\rho_{liquid}} \right)^{0,46}$$

$$\frac{\rho_{1,gas}}{\rho_{liquid}} \leq 0,21\beta - 0,09 .$$

سپس ϕ از زیر بند ۷-۵-۳ به دست می آید:

۶-۷ عدم قطعیت‌ها

عدم قطعیت آهنگ شارش جرمی گاز $\delta q_{m,gas}$ از معادله زیر به دست می آید:

$$\frac{\delta q_{m,gas}}{q_{m,gas}} = \sqrt{\left[\frac{\delta(C/\phi)}{C/\phi} \right]^2 + \left[\frac{\delta(\phi q_{m,gas}/C)}{\phi q_{m,gas}/C} \right]^2}$$

که در آن:

$$\frac{\delta(C/\phi)}{C/\phi}$$

و در جدول ۳ داده شده است.

$$\frac{\delta(\phi q_{m,gas}/C)}{\phi q_{m,gas}/C}$$

با در نظر گرفتن معادله (۱) به دست می آید. مخرج $\phi q_{m,gas}/C$ شامل عبارتی از معادله (۱) که شامل عامل C/ϕ نمی شود و بنابر این عدم قطعیت هر عبارت می تواند هم از مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۶۸ و هم از کالیبراسیون تخمین زده شود (به زیر بند ۸-۲-۲-۱ از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۴۶۸ : سال ۱۳۹۱ مراجعه شود).

جدول ۳- عدم قطعیت نسبی C/ϕ در معادله (۱) برای صفحه اریفیس با استفاده از معادله‌های زیربند ۷-۵ برای صفحه اریفیس به کار برده می شود

عدم قطعیت نسبی C/ϕ در معادله (۱)	مایع در شارش گاز مرطوب	
۲٪	یک مایع هیدروکربن سبک یا آب در شارش بخار مرطوب	X معلوم بدون خطا
۳٪	آب در دمای محیط	
۴٪	یک مایع هیدروکربن سبک یا آب در شارش بخار مرطوب	X از فرمول بند ۷-۵-۵ به دست آمده است
۷٪	آب در دمای محیط	

۸ تکنیک‌های ردیاب

۱-۸ کلیات

در جایی که زیربندهای ۶-۴-۵ و ۷-۵-۵ انجام نمی‌شوند یا امکان‌پذیر نیست، تکنیک‌های ردیاب ممکن است جایگزین رضایت‌بخشی باشند (مرجع [11]). آن‌ها خصوصا در شارش گاز طبیعی/مایع مفید هستند، وقتی که دستگاه مسیریابی شارش برای جدا کننده آزمون ممکن نباشد، تیوپ‌های ونتوری تایید می‌شوند. در جایی که بیش از یک مایع در خط لوله وجود دارد، ردیاب‌های مختلفی ممکن است جهت تمیز دادن شارش مایعات، استفاده شود به‌طور مثال ردیاب‌های آب گریز^۱ و آب دوست^۲ که ممکن است جهت تشخیص شارش مایعات چگالیده و آب به کار رود. به هر حال این استاندارد تنها شارش با مایع تکی را پوشش می‌دهد. اگر تصمیم گرفته شد در ابتدا تکنیک ردیاب را به کار رود، جهت نصب، بهتر است نیازها و الزامات این تکنیک در ذهن طراحی و بنا شود. به خصوص موارد فهرست شده لازم است در نظر گرفته شود:

الف- بهتر است، نقطه تزریق در مکانی قرار داشته باشد که اختلاط بین سیال ردیاب و خط سیال‌ها، قبل از نمونه برداری، به خوبی اتفاق افتد.

ب- الزامات فاصله اختلاط به طور عموم بستگی به دسترسی به زانویی‌ها یا سایر وسایلی که منجر به اختلاط اضافی می‌گردد، دارد. از آنجایی که اختلاط مطلوب است، نیاز نیست لوله‌ها مستقیم باشند؛ به‌طور مثال، ممکن است شامل زانویی‌ها و شیرها باشد. اگر لوله مستقیم باشد، $D \cdot 150$ از لوله، بین تزریق ردیاب و نقطه های نمونه‌برداری کافی است. به هر حال، طرح لوله و داده طراحی شارش بهتر است به منظور اجرای

1- Hydrophobic
2- Hydrophilic

محاسبات اختلاط و ایجاد توصیه‌های مفصل از نزدیک آزمایش شده باشد (به مراجع [31] و [32] مراجعه شود).

پ- بهتر است، نقطه نمونه‌برداری در ته یک لوله افقی به منظور اطمینان از آن که مقدار کافی از مایع بتواند جهت اهداف تجزیه و تحلیل به دست آید، قرار داشته باشد. به طور عموم لازم است تا دست کم ۵۰ ml مایع، جمع‌آوری شود.

تکنیک‌های ردیاب، اساساً بررسی نقطه‌ای^۱ است، بنابراین درجه‌ای از عدم قطعیت ذاتی حاصل از نوسانات، در حضور مایع، وجود دارد.

۲-۸ تکنیک

تکنیک ردیاب برای تعیین آهنگ شارش حجمی مایع در یک لوله با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید:

$$q_{V,liquid} = q_{V,injected} \frac{C_{injected}}{C_{sample}}$$

که در آن:

$q_{V,injected}$ آهنگ شارش حجمی تزریقی است؛

$C_{injected}$ غلظت ردیاب در سیال تزریقی است؛

C_{sample} غلظت ردیاب در سیال نمونه‌برداری شده است.

بهتر است جهت دوری از شارش لخته‌ای در خط لوله تلاش معقول شود از آن جایی که در روش تزریق ردیاب فرض شده که شارش مایع ثابت است.

یادآوری- تکنیک‌های ردیاب می‌تواند جهت اندازه‌گیری‌های مستقیم کسر گاز در آهنگ شارش استفاده شود. به‌هرحال در حال حاضر موثرترین تکنیک برای این اهداف استفاده از ردیاب‌های رادیو اکتیو است که استفاده آنها در بسیاری از کاربردها محدود است. این تکنیک خارج از دامنه این استاندارد است.

۳-۸ اندازه‌گیری آهنگ شارش گاز با استفاده از تکنیک‌های ردیاب

آهنگ شارش جرمی گاز، با استفاده از روش اجرایی می‌تواند تعیین شود:

الف- تکنیک شارش ردیاب برای تعیین آهنگ شارش مایع را اجرا کنید؛

ب- در صورت نیاز، جهت تعیین چگالی مایع را تجزیه و تحلیل کنید؛

- پ- در صورت نیاز، جهت تعیین چگالی گاز نمونه برداری کنید؛
- ت- آهنگ شارش جرمی گاز تصحیح نشده کل حاصل از کنتور فشار تفاضلی را از معادله (۱) با استفاده از $\phi = 1$ در مدت تکنیک شارش ردیاب محاسبه کنید (با استفاده از $C = 1$ برای تیوپ ونتوری و $C = 0.6$ برای صفحه اریفیس).
- ث- از معادله (۲)، Fr_{gas} از معادله (۳) را تعیین کنید.
- ج- از معادله (۵) یا (۶) چنانچه مناسب است، برای تعیین ϕ به کار برید، از معادله (۴) یا معادله Reader-Harris/Gallagher (به زیربند ۵-۳-۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ مراجعه شود) چنانچه مناسب است، برای تعیین C به کار برید.
- چ- آهنگ شارش جرمی گاز را از معادله (۱) تعیین کنید.
- ح- از θ تا χ را تکرار کنید تا $q_{m, gas}$ یکی شده و به دست آید.
- خ- تا زمانی که تکنیک ردیاب مجدداً استفاده شود، ضروری است یک فرض درباره محتویات مایع، در نظر گرفته شود.

یادآوری- تحت شرایط معین، در جایی که یک نقطه فشارسنجی سوم موجود است، ممکن است زیربند ۶-۴-۵ یا زیربند ۷-۵-۵ با بند ۸ به وسیله اندازه گیری نسبت افت فشار در یک یا چند مقدار از X ترکیب شده و با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده از نسبت افت فشار، همراه با زیر بند ۶-۴-۵ یا زیر بند ۷-۵-۵ یک تخمین بهبود یافته از نسبت افت فشار، مانند تابعی از X برای نصب خاص، ارائه شود.

۹ روش مقایسه

یک روش جایگزین برای زیر بندهای ۶-۴-۵ و ۷-۵-۵ یا بند ۸، یک روش مقایسه است. این روش می تواند جهت تصدیق کنتورها در مکان های دور استفاده شود (به طور مثال در زیر دریا یا سکوه های بدون سرنشین). اساساً کنتور تحت آزمون، با یک مرجع اندازه گیری مقایسه می شود. این یک روش عمومی است که امکان اندازه گیری ها را در پایین دست جدا کننده ایجاد کند (به مرجع [33] مراجعه شود). ضروری است درباره محتوی مایع فرض شود تا روش مقایسه مجداً به کار گرفته شود.

یادآوری - مطمئناً اختلاف بین نتایج کنتورهای فاصله‌دار وجود دارد و بنابر این امکان دارد سیال آزمونی در یک زمان قابل توجه به منظور شفاف‌سازی یا تحویل مایعات تا به یکپارچگی طی یک دوره کافی برسد، نیاز دارد. بهتر است ملاحظات در زمان‌های انتقال و نگهداشتن مایع ارائه شود. آن خیلی مهم خواهد بود تا خط شارش زیر دریا برای تعیین نسبت گاز به مایع طی دوره شارش شفاف شود، ممکن است نسبت گاز به مایع به عامل‌های اندازه‌گیری شارش تغییرپذیر در طول زمان ارتباط پیدا کند. (شاید به اندازه چند سال)

آزمون شارش همچنین می‌تواند جهت تولید نمونه‌ای از بخش گازی، از گاز مرطوب، در قسمت بالا برای یک کنتور زیر دریا، به کار برده شود.

تصحیح‌های اعمال شده برای کسر حجمی مایع کنتورهای تحت آزمون، می‌تواند از اطلاعات به‌دست آمده از اندازه‌گیری مرجع، تعیین شود. این اندازه‌گیری‌ها ممکن است نیاز به تنظیم برای تغییرات جزئی فاز بین سیال‌ها در کنتورهای تحت آزمون و در اندازه‌گیری مرجع داشته باشد. استفاده از یک بسته مهندسی فرآیند اختصاصی می‌تواند در محاسبه کسرهای فاز در کنتور، به کار برده شود. درستی این روش، بستگی به درستی عامل‌های تبدیل به کار برده شده، دارد.

به‌منظور حداقل کردن عدم قطعیت اندازه‌گیری، از آنجایی که اصلاحات، ممکن است برای تغییرات جزئی فاز لازم باشد، توصیه می‌شود نقاط نمونه‌برداری گاز و مایع، در قسمت‌های بالا ایجاد شود.

۱۰ آهنگ شارش جرمی کل معلوم

در جایی که آهنگ شارش جرمی کل، معلوم است، برای مثال در شارش بخار مرطوب، مطابق زیر اقدام کنید:

الف - آهنگ شارش جرمی گاز اصلاح نشده را از کنتور فشار تفاضلی و با استفاده از معادله (۱) و با استفاده از

$$\phi = 1 \text{ محاسبه کنید. } C = 1 \text{ برای تیوب ونتوری و } C = 0.6 \text{ برای صفحه اریفیس به کار برید.}$$

ب - آهنگ شارش جرمی مایع را با استفاده از تفریق آهنگ شارش جرمی گاز از آهنگ شارش جرمی کل، محاسبه کنید.

پ - X را از معادله (۲) و $F_{r_{gas}}$ را از معادله (۳)، تعیین کنید.

ت - با استفاده از معادله (۵) یا (۶) به طریقه مناسب ϕ را تعیین کنید، همچنین با استفاده از معادله (۴) یا

معادله Reader-Harris/Gallagher به طریقه مناسب C را تعیین کنید (به زیربند ۵-۳-۲-۱ از استاندارد

ملی ایران شماره ۲-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ مراجعه شود).

ث - آهنگ شارش جرمی گاز را از معادله (۱) محاسبه کنید.

ج - تا یکی شدن $q_{m,gas}$ از ب تا ث تکرار کنید.

۱۱ استفاده از یک گرماسنج گلویی

در شارش بخار مرطوب، احتمال عبور مقداری بخار مرطوب از میان لوله یک اریفیس کوچک به محفظه نمونه- برداری، وجود دارد. بخار در حالت فوق گرم^۱ در محفظه نمونه برداری آماده می‌گردد و در این محفظه در فرآیند ایزنتروپیک منبسط شده که در این صورت امکان تعیین کیفیت بخار وجود دارد:

$$\frac{q_{m, \text{gas}}}{q_{m, \text{gas}} + q_{m, \text{liquid}}} = \frac{h_{\text{chamber}} - h_{\text{liquid}}}{h_{\text{gas}} - h_{\text{liquid}}}$$

که در آن:

آنتالپی ویژه بخار فوق گرم در محفظه؛	h_{chamber}
آنتالپی ویژه بخار (اشباع) در لوله؛	h_{gas}
آنتالپی ویژه آب مایع در لوله.	h_{liquid}

با استفاده از این معادله و معادله (۲)، می‌توان X را تعیین کرد، این روش صرفاً در X کم کاربرد دارد. جزییات بیشتر را می‌توان از مرجع [14] به دست آورد.

۱۲ نصب

۱-۱۲ حالت‌دهنده‌های شارش

استفاده از صفحه ضخیم در حالت‌دهنده‌های شارش که برای کاربرد با صفحه‌های اریفیس طراحی شده‌اند تا پروفایل شارش را اصلاح کنند، در کاربرد با شارش گاز مرطوب توصیه نمی‌شوند. مایع‌ها به راحتی می‌توانند جلوی حالت‌دهنده‌های شارش ایجاد و باعث پروفایل شارش نامتوازن شده و خطای اندازه‌گیری را نتیجه دهند.

یادآوری- در شرایط معین و محدود کردن شارش و ایجاد پروفایل‌های خروجی غیرطبیعی، حتی هیدرات‌ها می‌توانند در حالت دهنده‌های شارش، شکل بگیرند. تجربه عملی (به‌طور مثال در مراجع [9]، [10]) برجسته و دیگر مشکلات با استفاده از حالت دهنده‌های شارش همراه است.

دامنه‌ای برای استفاده از حالت‌دهنده‌های شارش ممکن است وجود داشته باشد که به‌طور خاص، برای کاربرد در گاز مرطوب طراحی شده‌اند، هدف اولیه آن‌ها، توزیع مجدد مایعات در سراسر شارش است، اما چنین حالت-دهنده‌های شارش، ممکن است عامل تصحیح بیش از قرائت را تغییر دهند و توصیه نمی‌شود بدون آزمون مورد استفاده قرار گیرند.

۱۲-۲ عایق‌بندی

به منظور ارتقای پایداری دما و اطمینان از اینکه دمای اندازه‌گیری شده، معرف دمای کنتور است توصیه می‌شود، کنتور در حال کار را از طول لوله مستقیم بالادست تا وسیله اندازه‌گیری دما در پایین دست، عایق شود. استفاده از گرمایش ردیاب، می‌تواند در حداقل کردن حضور مایع، کمک کند.

یادآوری - ممکن است، استفاده از گرمایش ردیاب برای جلوگیری از تشکیل هیدرات‌ها در شرایط کرانی^۱ ضروری باشد.

۱۲-۳ نقاط فشارسنجی و خطوط ضربه^۲

۱۲-۳-۱ کلیات

الزامات خطوط ضربه در استاندارد ISO 2186 داده شده است. چیدمان خطوط ضربه به آيا گاز به‌طور مثال بخار یا بخار چگالشی است، بستگی دارد.

۱۲-۳-۲ گاز در شرایط چگالش، به‌طور مثال بخار آب

اگر گاز یک بخار چگالشی است، به‌طور مثال بخار آب، بهتر است نقاط فشارسنجی روی خط مرکزی افقی وسیله اولیه، قرار داشته باشد.

اگر گاز یک بخار چگالشی است، بهتر است خطوط ضربه شیب به سمت پایین از نقاط فشارسنجی داشته و در نتیجه در خطوط ضربه مایع آن از بخار سیال، چگالیده شود.

۱۲-۳-۳ گاز در شرایط غیر چگالش

اگر گاز یک بخار چگالشی نیست، بهتر است نقاط فشارسنجی در بالای لوله (در موقعیت ساعت ۱۲) قرار گیرند. در این روش، پتانسیل جهت مایع شدن در نقطه فشارسنجی یا خطوط ضربه حداقل می‌گردد و اگر رژیم شارش لایه‌لایه یا حلقوی باشد، نقاط فشارسنجی تا جایی که امکان دارد از توده مایع محافظت می‌شوند. سایر موقعیت‌ها برای نقاط فشارسنجی بین ساعت ۱۰ و ۲ می‌تواند رضایت بخش باشند اما ممکن است عدم قطعیت افزایش یابد. تشخیص آنکه خارج شدن مایع در خطوط ضربه فشار ممکن است رخ دهد، مهم است به طوری که یک مرتبه دمای گاز به دمای محیط میل می‌کند و آن بخار کنتور را ترک می‌کند و در موردهای منتهی الیه، هیدرات‌ها ممکن است شکل بگیرند. حضور مایعات (یا هیدرات‌ها) در خطوط ضربه، باعث ایجاد خطاها در اندازه‌گیری فشار تفاضلی یا استاتیک می‌شود. خطوط ضربه فشار متصل به نقاط فشارسنجی کنتور انتقال‌دهنده فشار استاتیک یا تفاضلی بهتر است تا جای ممکن کوتاه و مایل به سمت عمودی به‌منظور تخلیه آهسته مایعات باشد.

1- Extreme condition

2- Impulse lines

تجمع مایع (یا هیدرات) را می‌توان به‌وسیله عایق‌بندی خطوط ضربه و با استفاده از گرمایش ردیاب، جبران کرد. برای حداقل کردن سرمایش به‌وسیله شرایط محیط، انتقال‌دهنده‌های فشار و حتی خطوط ضربه در صورت امکان، بهتر است در جایی مجهز به گرمکن و محفظه مهر و موم شده، قرار گیرد. متعاقباً، استفاده از مهر و موم-های دیافراگم (یا از راه دور) جهت حداقل کردن خطر هیدرات‌ها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. محفظه‌های چگالش^۱ قرار داده شده در خطوط ضربه می‌تواند در گرفتار کردن مایعات موثر باشد. بهتر است مایعات به تکرار تخلیه شود تا از ایجاد مایعات بیش از اندازه دوری شود و بنابراین ممکن نیست در استفاده از تاسیسات خودکار که قطرات مایع چشمگیر در خطوط ضربه تجربه می‌شود، موثر باشد.

۴-۱۲ ترکیب گاز

کاربرد گرماتوگراف‌های گازی^۲ برخط^۳ در جایی که مقدار زیادی مایع حضور دارد، به طور آشکارا بحران‌زا است. نقاط نمونه‌برداری گاز، حتی در جایی که نسبت مایع به گاز نسبتاً زیاد است اگر به طور شایسته طراحی شوند قادر خواهند بود نمونه‌های گاز را فراهم کنند. در جایی که ترکیب گاز، در کاربرد گاز مرطوب نیاز است، اندازه‌گیری شود، توصیه می‌گردد از طریق تجزیه و تحلیل نمونه‌های به‌دست آمده از یک نقطه نمونه طراحی شده مناسب، با اتصال به کروماتوگرافی گاز خارج از خط^۴ اندازه‌گیری شود (به بند ۱۳ مراجعه شود).

۵-۱۲ چگالی‌سنج‌ها

بهتر است چگالی‌سنج‌ها در کاربرد گاز مرطوب مورد استفاده قرار نگیرند، حتی زمانی که کسر حجمی مایع نسبتاً پایین باشد. آلودگی رخ خواهد داد و لازم است دستی مداخله شود. به‌غیر از مورد بخار، چگالی گاز و مایع بهتر است از تجزیه و تحلیل نمونه‌های معرف تعیین شود (به بند ۱۳ مراجعه شود).

۱۳ نمونه‌برداری

۱-۱۳ کلیات

نمونه‌برداری یک بخش به طور بالقوه بحرانی در یک سیستم اندازه‌گیری گاز مرطوب است. به‌خصوص در موقعیت‌هایی که جداساز آزمون جهت تصدیق کارایی کنتور گاز مرطوب و تکنیک‌های ردیاب مورد استفاده قرار

- 1- Condensate pots
- 2- Gas chromatographs
- 3- On- line
- 4- Off-line

می‌گیرد، فراهم نشده باشد. اگر یک نمونه در دمای و/یا فشار متفاوت از شرایط دما/یا فشار خط باشد، یک بسته شبیه‌سازی فرآیند برای تعیین مقادیر در شرایط خط ممکن است، لازم باشد. این بند نمونه‌برداری برخی راهنمایی که می‌تواند کمک کند تا نتایج اندازه‌گیری اشتباه از طراحی ضعیف و/یا بهره‌برداری از سیستم‌های نمونه‌برداری را حداقل نماید، را ارائه می‌کند. نمونه‌برداری در اینجا برای تکمیل گنجانده شده است، اما جزئیات بیشتر را می‌توانید در مستندات مرجع این بند و یا دیگر مراجع کتاب‌نامه پیدا کنید. هدف از نمونه‌برداری در شارش‌های گاز مرطوب، به‌دست آوردن ترکیبات گازی، آبی و بخش‌های هیدروکربنی مایع شارش است. آن نمی‌تواند از شباهت‌های نسبی این ترکیبات به‌دست آید.

۱۳-۲ نقاط نمونه‌برداری در کنتور گاز مرطوب

اگر نمونه‌برداری از خود خط شارش انجام می‌شود، در جایی که مقادیر معنی‌داری از مایع ممکن است حضور داشته باشد، دو نقطه نمونه‌برداری یکی برای گاز و دیگری برای مایع، می‌تواند نصب شود. ممکن است، پروب‌های نمونه‌برداری برای کاربردهای مشخص از دیدگاه خطر بالای آلودگی نمونه، قابل توصیه نباشد.

۱۳-۳ نقاط نمونه‌برداری در جداسازهای آزمون

۱۳-۳-۱ کلیات

بهتر است، جداسازهای آزمون با نقاط نمونه‌برداری مناسب فراهم شود. پروب‌های نمونه‌برداری ممکن است به‌کار روند.

۱۳-۳-۲ نمونه‌برداری گاز

بهتر است، برای نمونه‌برداری گاز از استاندارد IP 345/80 (مرجع [12]) پیروی شود.

۱۳-۳-۳ نمونه‌برداری مایع

بهتر است، برای نمونه‌برداری مایع و تجزیه و تحلیل، به توصیه‌نامه‌های استاندارد GPA 2165 (مرجع [13]) ارجاع شود.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)
محاسبات

الف-۱ مثال ۱

الف-۱-۱ ورودی‌ها

اندازه‌گیری‌های زیر با استفاده از تیوپ ونتوری که برای آن $D = 100 \text{ mm}$ و $d = 60 \text{ mm}$ انجام شده است.

$$\Delta p = 0.5 \text{ bar} = 50000 \text{ pa}$$

$$p = 0.5 \text{ bar} = 50000 \text{ pa}$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

با توجه به این روابط برای گاز خاص مورد استفاده $\rho_{1,gas} = 50 \text{ kg/m}^3$ ، $k = 1.3$ مشخص است.

مایع، هیدروکربن با چگالی $\rho_{liquid} = 800 \text{ kg/m}^3$ و همچنین $H = 1$ است.

تیوپ ونتوری در محلی که $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ است، قرار دارد.

کاربرد از جدیدترین جدا ساز فرض می‌شود که

$$\frac{q_{m,liquid}}{q_{m,gas}} = 0,5$$

با فرض که عدم قطعیت برابر ۰٫۰۵، یعنی ۱۰٪ در این نسبت وجود داشته باشد.

الف-۱-۲ محاسبات

الف-۱-۲-۱ محاسبات اولیه

مطابق زیربند ۵-۶ از استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱

$$\varepsilon = 0.994236$$

از معادله (۲):

$$X = 0.5 \sqrt{\frac{50}{800}} = 0.125$$

تکرار لازم است.

الف-۲-۱-۲ تکرارها

الف-۲-۱-۲-۱ اولین تکرار

فرض کنید:

$$C = 1$$

$$\phi = 1$$

از معادله (۱):

$$q_{m,gas} = \frac{1}{\sqrt{1-0,6^4}} 0,994\ 236 \frac{\pi}{4} 0,06^2 \frac{\sqrt{2 \times 50\ 000 \times 50}}{1} = 6,737\ 63\ \text{kg/s}$$

از معادله (۳):

$$Fr_{gas} = \frac{4 \times 6,737\ 63}{50\pi 0,1^2 \sqrt{9,81 \times 0,1}} \sqrt{\frac{50}{800 - 50}} = 4,472\ 68$$

از زیربند ۲-۴-۶:

$$Fr_{gas,th} = \frac{4,472\ 68}{0,6^{2,5}} = 16,039\ 4$$

از معادله (۴) با فرض $X > 0.016$

$$C = 1 - 0,046\ 3 \exp(-0,05 \times 16,039\ 4) = 0,979\ 237$$

از زیربند ۳-۴-۶:

$$n = \max(0,583 - 0,18 \times 0,6^2 - 0,578 \exp(-0,8 \times 4,472\ 68 / 1), 0,392 - 0,18 \times 0,6^2) = 0,502\ 058$$

از زیربند ۳-۴-۶:

$$C_{Ch} = \left(\frac{800}{50}\right)^{0,502\ 058} + \left(\frac{50}{800}\right)^{0,502\ 058} = 4,271\ 47$$

از معادله (۵):

$$\phi = \sqrt{1 + 4,271\ 47 \times 0,125 + 0,125^2} = 1,244\ 813$$

الف-۲-۱-۲-۲ دومین تکرار

از معادله (۱):

$$q_{m,gas} = \frac{0,979\ 237}{\sqrt{1-0,6^4}} 0,994\ 236 \frac{\pi}{4} 0,06^2 \frac{\sqrt{2 \times 50\ 000 \times 50}}{1,244\ 813} = 5,300\ 19\ \text{kg/s}$$

از معادله (۳):

$$Fr_{gas} = \frac{4 \times 5,300.19}{50\pi \times 0,1^2 \sqrt{9,81 \times 0,1}} \sqrt{\frac{50}{800 - 50}} = 3,518.45$$

از زیربند ۶-۴-۲ :

$$Fr_{gas,th} = \frac{3,518.45}{0,6^{2,5}} = 12,617.5$$

از معادله (۴):

$$C = 1 - 0,046.3 \exp(-0,05 \times 12,617.5) \min\left(1, \sqrt{\frac{0,125}{0,016}}\right) = 0,975.363$$

از زیربند ۶-۴-۳:

$$n = \max(0,583 - 0,18 \times 0,6^2 - 0,578 \exp(-0,8 \times 3,518.45 / 1), 0,392 - 0,18 \times 0,6^2) = 0,483.567$$

از زیربند ۶-۴-۳:

$$C_{Ch} = \left(\frac{800}{50}\right)^{0,483.567} + \left(\frac{50}{800}\right)^{0,483.567} = 4,083.49$$

از معادله (۵):

$$\phi = \sqrt{1 + 4,083.49 \times 0,125 + 0,125^2} = 1,235.339$$

این روش تکرار شده و در ششمین تکرار، مقادیر از زیربند الف-۱-۲-۳ به دست می‌آیند.

الف-۱-۲-۳ نتایج نهایی

$$q_{m,gas} = 5,319.26 \text{ kg/s}$$

$$Fr_{gas} = 3,531.11$$

$$Fr_{gas,th} = 12,662.9$$

$$C = 0,975.418$$

$$n = 0,483.916$$

$$C_{Ch} = 4,086.94$$

$$\phi = 1,235.513$$

تکرار بیشتر، مقادیر بیان شده را تغییر نمی‌دهد.

الف-۱-۳ عدم قطعیت

عدم قطعیت از زیربند ۵-۶ به دست می‌آید، در عمل این احتمال وجود دارد که

$$\frac{\delta(C/\phi)}{C/\phi}$$

که آن بسیار بزرگتر از

$$\frac{\delta(\phi q_m / C)}{\phi q_m / C}$$

بنابراین اگر مورد دوم در مقایسه با مورد قبلی قابل اغماض باشد و X بدون خطا شناخته شده باشد، عدم قطعیت آهنگ شارش جرمی گاز ۳۰٪ است. از آنجایی که عدم قطعیت ۱۰٪ برای X وجود دارد، آن باعث عدم قطعیت اضافی می‌شود. اگر X تا ۱۰٪ کاهش یابد، آهنگ شارش جرمی گاز (محاسبه شده به روش بالا) باید تا $5,414 \text{ kg/s}$ افزایش یابد، یک افزایش ۱,۸٪. بنابراین عدم قطعیت کلی در آهنگ شارش جرمی گاز برابر است با:

$$\sqrt{3,0^2 + 1,8^2} = 3,5 \%$$

الف-۲ مثال ۲

الف-۲-۱ ورودی

اندازه‌گیری‌های زیر با استفاده از تیوپ ونتوری که برای $D = 100 \text{ mm}$ و $d = 60 \text{ mm}$ انجام شده است.

$$\Delta p = 0.5 \text{ bar} = 50000 \text{ pa}$$

$$\Delta \bar{w} = 0.125 \text{ bar} = 12500 \text{ pa}$$

$$p = 60 \text{ bar} = 6000000 \text{ pa}$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

این فرم برای گازهای خاص در کاربرد که $\rho_{1,gas} = 50 \text{ kg/m}^3$, $k = 1.3$ شناخته شده است.

مایع آب با چگالی $\rho_{liquid} = 1000 \text{ kg/m}^3$ و همچنین $H = 1.35$.

لوله ونتوری در محلی که $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ است، قرار دارد.

الف-۲-۲ محاسبات

الف-۲-۲-۱ محاسبات اولیه

از زیر بند ۵-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۶۴۶۸: سال ۱۳۹۱ داریم:

$$\varepsilon = 0.994236$$

از زیر بند ۵-۴-۶:

$$Y = \frac{12\,500}{50\,000} - 0.089\,6 - 0.48 \times 0.6^9 = 0.155\,56$$

تکرار نیاز است.

الف-۲-۲-۲ تکرارها

الف-۲-۲-۱ اولین تکرار

فرض کنید:

$$C = 1$$

$$\phi = 1$$

از معادله (۱):

$$q_{m,gas} = \frac{1}{\sqrt{1-0.6^4}} 0.994\,236 \frac{\pi}{4} 0.06^2 \frac{\sqrt{2 \times 50\,000 \times 50}}{1} = 6.737\,63 \text{ kg/s}$$

از معادله (۳):

$$Fr_{gas} = \frac{4 \times 6.737\,63}{50\pi \times 0.1^2 \sqrt{9.81 \times 0.1}} \sqrt{\frac{50}{1000 - 50}} = 3.974\,08$$

از زیر بند ۵-۴-۶:

$$Fr_{gas,th} = \frac{3.974\,08}{0.6^{2.5}} = 14.251\,4$$

از معادله (۴) با فرض $X > 0.016$

$$C = 1 - 0.046\,3 \exp(-0.05 \times 14.251\,4) = 0.977\,295$$

از زیر بند ۵-۴-۶:

$$n = \max \left[0.583 - 0.18 \times 0.6^2 - 0.578 \exp(-0.8 \times 3.974\,08 / 1.35), 0.392 - 0.18 \times 0.6^2 \right] = 0.463\,352$$

از زیر بند ۵-۴-۶:

$$C_{Ch} = \left(\frac{1000}{50} \right)^{0.463\,352} + \left(\frac{50}{1000} \right)^{0.463\,352} = 4.256\,70$$

از زیربند ۶-۴-۵:

$$Y_{\max} = 0,61 \exp \left[-11 \left(\frac{50}{1000} \right) - 0,045 \frac{3,974\ 08}{1,35} \right] = 0,308\ 27$$

چیدمان مجدد معادله سوم در زیربند ۶-۴-۵:

$$X = \left[\frac{-\ln \left(1 - \frac{Y}{Y_{\max}} \right)}{35 \exp \left(-0,28 \frac{Fr_{\text{gas}}}{H} \right)} \right]^{4/3} = \left[\frac{-\ln \left(1 - \frac{0,155\ 56}{0,308\ 27} \right)}{35 \exp \left(-0,28 \frac{3,974\ 08}{1,35} \right)} \right]^{4/3} = 0,016\ 37$$

از معادله (۵):

$$\phi = \sqrt{1 + 4,256\ 70 \times 0,016\ 37 + 0,016\ 37^2} = 1,034\ 38$$

الف - ۲-۲-۲-۲ دومین تکرار

از معادله (۱):

$$q_{m,\text{gas}} = \frac{0,977\ 295}{\sqrt{1-0,6^4}} 0,994\ 236 \frac{\pi}{4} 0,06^2 \frac{\sqrt{2 \times 50\ 000 \times 50}}{1,034\ 38} = 6,365\ 80\ \text{kg/s}$$

از معادله (۳):

$$Fr_{\text{gas}} = \frac{4 \times 6,365\ 80}{50 \pi 0,1^2 \sqrt{9,81 \times 0,1}} \sqrt{\frac{50}{1000 - 50}} = 3,754\ 75$$

از زیربند ۶-۴-۲:

$$Fr_{\text{gas,th}} = \frac{3,754\ 75}{0,6^{2,5}} = 13,464\ 9$$

از معادله (۴):

$$C = 1 - 0,046\ 3 \exp(-0,05 \times 13,464\ 9) \min \left(1, \sqrt{\frac{0,016\ 37}{0,016}} \right) = 0,976\ 385$$

از زیربند ۶-۴-۳:

$$n = \max \left[0,583 - 0,18 \times 0,6^2 - 0,578 \exp(-0,8 \times 3,754\ 75 / 1,35), 0,392 - 0,18 \times 0,6^2 \right] = 0,455\ 739$$

از زیربند ۶-۴-۳:

$$C_{\text{Ch}} = \left(\frac{1000}{50} \right)^{0,455\ 739} + \left(\frac{50}{1000} \right)^{0,455\ 739} = 4,172\ 11$$

از زیربند ۶-۴-۵:

$$Y_{\max} = 0,61 \exp \left[-11 \left(\frac{50}{1000} \right) - 0,045 \frac{3,754\ 75}{1,35} \right] = 0,310\ 54$$

از معادله سوم در زیربند ۶-۴-۵:

$$X = \left[\frac{-\ln \left(1 - \frac{0,155\ 56}{0,310\ 54} \right)}{35 \exp \left(-0,28 \frac{3,754\ 75}{1,35} \right)} \right]^{4/3} = 0,015\ 19$$

از معادله (۵):

$$\phi = \sqrt{1 + 4,172\ 11 \times 0,015\ 19 + 0,015\ 19^2} = 1,031\ 31$$

این روش تکرار شده و در هشتمین تکرار (توجه داشته باشید که X اکنون کمتر از ۰٫۰۱۶ است) مقادیر در زیر بند الف-۲-۲-۳ به دست می آید.

الف-۲-۲-۳ نتایج نهایی

$$q_{m,\text{gas}} = 6,381\ 97\ \text{kg/s}$$

$$Fr_{\text{gas}} = 3,764\ 29$$

$$Fr_{\text{gas,th}} = 13,499\ 1$$

$$C = 0,976\ 992$$

$$n = 0,456\ 092$$

$$C_{\text{Ch}} = 4,175\ 97$$

$$Y_{\max} = 0,310\ 44$$

$$X = 0,015\ 24$$

$$\phi = 1,031\ 44$$

تکرار بیشتر، مقادیر بیان شده را تغییر نمی‌دهد.

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \frac{0,155\ 56}{0,310\ 44} = 0,50111$$

الف-۲-۳ عدم قطعیت

عدم قطعیت از زیر بند ۶-۵ به دست می‌آید. در عمل این احتمال وجود دارد که

$$\frac{\delta(C / \phi)}{C / \phi}$$

که آن بسیار بزرگتر از

$$\frac{\delta(\phi q_m / C)}{\phi q_m / C}$$

بنابراین، اگر مورد دوم در مقایسه با مورد قبلی قابل اغماض باشد و $\Delta \bar{\omega}$ بدون خطا شناخته شده باشد، عدم قطعیت آهنگ شارش جرمی گاز ۴٪ است. به هر حال عاقلانه است که تاثیر عدم قطعیت بر $\Delta \bar{\omega}$ بررسی شود. اگر $\Delta \bar{\omega}$ ، ۲۵٪ افزایش یابد، آهنگ شارش جرمی گاز (محاسبه شده به روش بالا) باید تا $6,37999\text{ kg/s}$ کاهش یابد، یک کاهش ۰٫۰۳٪، بنابراین عدم قطعیت کلی در آهنگ شارش جرمی گاز برابر است با:

$$\sqrt{4,0^2 + 0,03^2} = 4,0\ \%$$

کتابنامه

- [1] CHISHOLM, D. Research note: Two-phase flow through sharp-edged orifice. J. Mech. Eng. Sci. 1997, 19, pp. 128-130
- [2] COUPUT, J.P. Wet gas metering in the upstream area: Needs, applications & developments. North Sea Flow Measurement workshop, Gieneagies. Paper 6.1, 2000
- [3] DE LEEUW, H. Liquid correction of venture meter readings in wet gas flow. North sea flow measurement workshop, Kristiansand, paper 21, 1997
- [4] JAMIESON, A.W., JOHNSON, P.A., SPEARMAN, E.P., SATTARY, J.A. Unpredicted behavior of venture flow meter in gas at high Reynolds numbers. North sea Flow Measurement workshop, Peebles, 1996
- [5] MILLER, R.W. Flow measurement engineering handbook, 3rd edition, Table 6.4. New York, NY: MCGraw Hill, 1996
- [6] MURDOUCK, R.W. flow measurement with orifices. J. Basic Eng. 1962, 84, pp. 419-433
- [7] READER-HARRIS, M.J., BRUNTON, W.C, GIBSON, J.J., HODGES, D., NICHOLSON, I.G. Discharge coefficients of Vnturi tubes with standard and non-standard convergent angles. Flow meas. Instrum 2001, 12, pp. 135-145
- [8] STEVEN, R. An overview of the current state of wet gas metering in the natural gas production industry and propasais for future research. 2nd Annual course on practical developments in gas flow metering - focus on cost reduction. East kilbride: National Engineering Laboratory, 1999
- [9] STOBIE, G. Wet gas flow measurement in the real world. One day seminar: Practical Developments in Gas Flow metering. East Kilbride: National Engineering Laboratory, 1998
- [10] STOBIE, G.J. Wet metering in the real world - Part II. Wer Gas Metering Seminar, Paris, 2001
- [11] VAN MAANEN, H.R.E. Cost reduction for wet gas measurement using the tracer-Vnturi combination, Practical development in gas flow metering, Paper 2. East kilbride: National Engineering Laboratory, 1999
- [12] IP 345/80, Composition of associated natural gas-Determination of nitrogen, oxygen, carbon dioxide and C₁-C₅ hydrocarbons individually, C₆,C₇ and C₈ hydrocarbons as a group

- [13] GPA 2165, Standard for analysis of natural gas liquid mixtures by gas chromatography
- [14] ASME MFC-19G-2008, wet gas flow metering guideline
- [15] ISO 3170, Petroleum liquids - Manual sampling
- [16] ISO 3171, Petroleum liquids- Automatic pipeline sampling
- [17] ISO 6974 (all parts), Natural gas-Determination of composition and associated uncertainty by gas chromatography
- [18] ISO 10715, Natural gas- Sampling guidelines.
- [19] READER-HARRIS, M.J. GRAHAM, E. An improved model for Venturi-tube over-reading in wet gas. North Sea Flow Measurement Workshop, 2009, Tonsberg, Norway, Paper 7 (previously Reader-Harris, M.J. Wet-gas measurement using Venturi Tubes. Communication to ISO/TC 30/SC 2/WG 15, 2009-02)
- [20] STEVEN, R. Update on horizontally installed orifice plate meters with wet gas flows CEESI Publication, 2008
- [21] SETEVEN, R. Horizontally installed differential pressure meter wet gas flow performance review. North Sea Flow Measurement workshop, 2006
- [22] HARRIS, D.M., SHIRES, G.L. Two-phase pressure drop In a Venturi. In: proc. Two-phase Flow Through orifices and Nozzles. Report of a Meeting at NEL, 1972-11-29. Paper 4. NEL Report No 549. East Kilbride: National Engineering Laboratory, 1973
- [23] STEWART, D. G. Application of differential pressure meters to wet gas flow. 2nd international south East Asia Hydrocarbon Flow measurement workshop.2003-03
- [24] READER-HARRIS, M. J., HODGES, D., GIBSON, J. Venturi-tube performance in wet gas using different test Fluids, TUV NEL Report 2005/206, 2005-09
- [25] READER-HARRIS, M.J. HODGES, D., GIBSON, J. Venturi-tube performance in wet gas using different test fluids. North Sea Flow Measurement workshop, Paper 7.1, 2006
- [26] STEVEN, R., KINNEY, J., BRITTON, C. Liquid property and diameter effects on Venturi meters used with wet gas flows. 6th international symposium on Fluid Flow Measurement. Queretaro, 2006-05
- [27] STEVEN, R., BRITTON, C., STEWART, D. In: CEESI wet gas JIP Data Release. 2008-12
- [28] READER-HARRIS, M. J., GRAHAM, E. Venturi tubes in wet gas__ Improved models for the over-reading and the pressure-loss ratio method. 9th south East Asia Hydrocarbon Flow Measurement workshop, 2010-03. Kuala Lumpur

[29] READER-HARRIS, M.J., HODGES, D., BARTON, N. GRAHAM, E.M. Improvements in the measurement of gas flows with entrained liquids using orifice meters. TUV NEL Report 2008/265 on Project FFRE45 for National Measurement System DIUS, 2008

[30] STEVEN, R., STOBIE, G., HALL, A. Further evaluation of the performance of horizontally installed orifice plate and cone differential pressure meters with wet gas flows. South East Asia Hydrocarbon Flow Measurement workshop, 2008

[31] VAN MAANEN, H.R.E. Shell's experiences with wet gas measurement. Wet Gas metering seminar, Paris, 2001-06-26, Paper 7. East Kilbride: National Engineering Laboratory, 2001

[32] DE LEEUW, H., NILSSON, C., BRUMMENAES, H., DYBDAHL, B., KONPCZYNSKI, M.R., VAN MANNEN, H.R.E. Wet gas flow measurement and field development experience in Oman. Wet Gas metering Seminar, Paris, 2001-06-26, Paper 8. East Kilbride: National Engineering Laboratory, 2001

[33] Geach, D. S., Jamieson, A. W. Wet gas measurement in the Southern North Sea. North Sea Flow Measurement Workshop, 2005