جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران
۸۴۶۴
چاپ اول

ISIRI
8464
1st.edition

فن های صنعتی –آزمایش عملکردی با استفاده از مجراهای استاندارد

Industrial fans- Performance testing using standardized airways

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران :کرج ـ شهر صنعتی ،صندوق پستی۱۶۳-۳۱۵۸۵

دفتر مرکـزی :تـهران – ضلع جنوبی میدان ونک - صندوق پستی : ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵

تلفن مؤسسه در کرج : ۸-۲۸۰۶۰۳۱ –۰۲۶۱

تلفن مؤسسه در تهران ۵-۸۸۷۹۴۶۱ – ۰۲۱

دورنگار : کرج ۲۸۰۸۱۱۴ - ۰۲۶۱ تهران: ۸۸۸۷۱۰۳-۸۸۸۷۰۸۰ – ۰۲۱

پخش فروش – تلفن : ۲۸۰۷۰۴۵ –۰۲۶۱ دورنگار : ۲۸۰۷۰۴۵ –۰۲۶۱

پیام نگار : Standard @ isiri.or. ir

بها : ۵۲۶۲۵ ریال

Headquater: Institute of Standards and Industrial Research of IRAN

P .O . BOX : 31585-163Karaj – IRAN

Central office : Southern corner of Vanak square , Tehran

P .O . BOX : 14155 –6139 Tehran - IRAN

Tel .(Karaj): 0098 261 2806031 –8

Tel .(Tehran): 0098 21 8879461-5

Fax (Karaj): 0098 261 2808114

Fax (Tehran): 0098 21 8887080 , 8887103

Email : Standard @ isiri . or . ir

Price : 52625 RLS

«بسمه تعالی»

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی واقتصادی آگاه ومرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی وبا توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان ،مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد.پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع واعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات وپیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح ودر صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بـررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ ومنتشرمی گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن تـوجه به شرایط کلی ونیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهـای بین المـللی استفـاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی وعمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندکان سیستم های مدیریت کیفیت ومدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها ، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد

اعضای دویست و بیست و چهارمین اجلاسیه کمیته ملی
استاندارد مکانیک و فلزشناسی

رئیس	سمت یا نمایندگی
انوری ، آذر (فوق لیسانس)	عضو هیئت علمی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی
اعضا	
اسدی ، حمیدرضا (لیسانس)	**مسئول کنترل کیفیت شرکت دمنده**
انتظاری، فرهاد (لیسانس مکانیک)	**کارشناس سازمان مصرف کنندگان و تولیدکنندگان**
بردبار ، منصوره **(کمک کارشناس)**	**منشی جلسه (موسسه استاندارد)**
دانش آراسته، کاظم **(کارشناس)**	**رئیس سازمان حمایت حقوق مصرف کنندگان و تولیدکنندگان استان همدان**
مسیبیان، فاطمه (لیسانس مکانیک)	کارشناس شرکت خدمات مهندسی رویان پیشه
عبدالهی تیرآبادی، انوشیروان (کارشناسی ارشد)	**مدیر تحقیق و توسعه شرکت تهویه**
قزلباش، پریچهر (لیسانس)	معاون مدیر کل مکانیک و فلزشناسی موسسه استاندارد
ملک پور، حسین (فوق لیسانس مکانیک)	دبیر تدوین
نورانی ، محمد (فوق لیسانس)	دفتر صنایع الکتریکی و فلزی
نوروزی، سعید (دکترا)	مشاور و نماینده ریاست محترم موسسه استاندارد
دبیر	
نوروزی زاده، حمیرا (لیسانس)	نماینده تدوین موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی

کمیسیون استاندارد "فن‌های صنعتی آزمایش عملکردی با استفاده از مجراهای استاندارد؛

رئیس	**سمت یا نمایندگی**
احمدی کیا ،حسین (دکترای مکانیک)	دانشگاه بوعلی سینا، عضو هیئت علمی
اعضا	
اعتضادزاده، پرناز (لیسانس مهندسی مکانیک)	**اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان**
ایزدی ، حسین (لیسانس فیزیک)	**اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان**
حسن نایبی، علیرضا **(لیسانس مهندسی مکانیک)**	**اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان**
دانش آراسته، کاظم **تولیدکنندگان** **(لیسانس اقتصاد)**	**سازمان حمایت از حقوق مصرف کنندگان و**
سهرابی، عنایت اله (لیسانس مهندسی برق)	سازمان صنایع و معادن استان همدان
صادقی مهر، محسن (دکترای بیومکانیک)	دانشگاه بوعلی سینا، عضو هیئت علمی
صمدی، علی (لیسانس مهندسی الکترونیک)	شرکت تولیدی صنعتی همدان ترانس، مدیر تولید
مسیبیان، فاطمه (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت خدمات مهندسی رویان پیشه ، کارشناس
هاشمی، محمد (لیسانس فیزیک)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان
یحیی خو، علیرضا (لیسانس ریاضی)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان
دبیر	
ملک پور، حسین (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	دانشگاه بوعلی سینا، عضو هیئت علمی

فهرست مندرجات صفحه

پیش گفتار .....
۱ هدف ودامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات وتعاریف ۳
۴ نمادها و یکاها ۲۱
۴ – ۱ نمادها و یکاها ۲۱
۴ – ۲ شاخص ها (اندیس ها) ۲۸
۵ کلیات ۳۰

۶ ابزارهای اندازه گیری فشار ۳۲
۶ –۱ فشار سنج (بارومتر) ۳۲
۶-۲ مانومترها ۳۳
۶-۳ ضربه گیری مانومترها ۳۳
۶-۴ بررسی مانومترها ۳۴
۶-۵ موقعیت مانومترها ۳۴

۷ اندازه گیری فشار متوسط در یک مجرا ۳۵
۷-۱ روشهای محاسبه ۳۵
۷-۲ کاربرد اتصالات دیواری . ۳۵
۷-۳ ساخت اتصالات ۳۶
۷-۴ وضعیت و اتصالات ۳۷
۷-۵ بررسی مربوط به نقایص . ۳۷
۷-۶ استفاده از لوله پیتوت استاتیک ۳۸

۸ اندازه گیری دما ۳۹
۸-۱ دماسنج ها ۳۹
۸-۲ محل و موقعیت دماسنج ۳۹
۸-۳ رطوبت ۴۰

۹ اندازه گیری سرعت دورانی ۴۱
۹-۱ سرعت محور فن ۴۱

فهرست مندرجات صفحه

۹-۲ مثال هایی از روش های قابل قبول ۴۱
۱۰ اندازه گیری توان ورودی ۴۳

۱۰-۱ دقت اندازه گیری ۴۳
۱۰-۲ توان محور فن ۴۳
۱۰-۳ اندازه گیری توان محور فن به وسیله اندازه گیری الکتریکی ۴۴
۱۰-۴ توان پره ۴۵
۱۰-۵ سیستم های انتقال ۴۶

۱۱ اندازه گیری ابعاد و اندازه گیری مساحت ها ۴۷
۱۱-۱ وسایل اندازه گیری جریان ۴۷
۱۱-۲ رواداری در ابعاد ۴۷
۱۱-۳ اندازه گیری مساحت مقطع عرضی ۴۷

۱۲ اندازه گیری چگالی هوا، ثابت گاز مرطوب و لزجت ۴۹
۱۲-۱ چگالی هوا در محفظه آزمایش، ثابت گاز برای هوای مرطوب و چگالی متوسط در مقطع X ۴۹
۱۲-۲ اندازه گیری فشار بخار ۵۰
۱۲-۳ اندازه گیری لزجت هوا ۵۱

۱۳ اندازه گیری دبی جریان ۵۴
۱۳-۱ کلیات ۵۴
۱۳-۲ جریان سنج های سری (وسایل اولیه استاندارد) ۵۴
۱۲-۳ روش های تقاطعی ۵۸
۱۴ محاسبه نتایج آزمایش ۶۰
۱۴-۱ کلیات ۶۰
۱۴-۲ واحدها ۶۰
۱۴-۳ درجه حرارت ۶۰
۱۴-۴ عدد ماخ و شرایط مبنا ۶۴
۱۴-۵ فشار فن ۶۹
۱۴-۶ محاسبه فشار سکون در مقطع مبنای فن از فشار مبنا (P_{ex}) که در مقطع x مجرای آزمایش محاسبه شده است ۷۳

فهرست مندرجات **صفحه**

۱۴-۷ دبی حجمی جریان ورودی ۷۴
۱۴-۸ راندمان و توان هوای فن ۷۵
۱۴-۹ روش های محاسبه ساده شده ۸۳

۱۵ قوانین نتایج آزمایش ۹۲
۱۵-۱ قوانین تشابه فن ۹۲
۱۵-۲ قوانین تبدیل ۹۴

۱۶ منحنی های مشخصه فن ۱۰۱
۱۶-۱ کلیات ۱۰۱
۱۶-۲ روشهای ترسیم ۱۰۱
۱۶-۳ منحنی های مشخصه در سرعت ثابت ۱۰۱
۱۶-۴ منحنی های مشخصه در سرعت ذاتی ۱۰۲
۱۶-۵ منحنی های مشخصه برای فن های با عملکرد قابل تنظیم ۱۰۲
۱۶-۶ منحنی مشخصه کامل فن . ۱۰۳
۱۶-۷ آزمایشی برای عملکرد خاص ۱۰۴

۱۷ تحلیل عدم قطعیت ۱۰۵
۱۷-۱ اصول ۱۰۵
۱۷-۲ تحلیل پیش از آزمایش و پس از آزمایش ۱۰۷
۱۷-۳ دستور العمل تحلیل ۱۰۸
۱۷-۴ انتشار عدم قطعیت ۱۰۸
۱۷-۵ گزارش عدم قطعیت ۱۰۹
۱۷-۶ حداکثر اندازه گیری عدم قطعیتهای مجاز ۱۱۰
۱۷-۷ حداکثر عدم قطعیت مجاز نتایج ۱۱۰

۱۸ انتخاب روش آزمایش ۱۱۲
۱۸-۱ طبقه بندی ۱۱۲
۱۸-۲ انواع نصب ۱۱۲
۱۸-۳ گزارش آزمایش ۱۱۵
۱۸-۴ نصب های کاربر ۱۱۵
۱۸-۵ روشهای تناوبی ۱۱۶

فهرست مندرجات صفحه

۱۸-۶ شبیه سازی مجرا ۱۱۶
۱۹ نصب فن و مجراهای آزمایش ۱۱۷
۱۹-۱ ورودی ها و خروجی ها . ۱۱۷
۱۹-۲ مجراهای آزمایش ۱۱۷
۱۹-۳ محفظه آزمایش ۱۱۷
۱۹-۴ سازگار کردن فن و مسر هوایی ۱۱۸
۱۹-۵ سطح خروجی ۱۱۹

۲۰ انجام آزمایش ۱۲۰
۲۰-۱ سیال کاری ۱۲۰
۲۰-۲ سرعت دورنی ۱۲۰
۲۰-۳ عملکرد یکنواخت ۱۲۰
۲۰-۴ شرایط محیطی ۱۲۱
۲۰-۵ قرائت های فشار ۱۲۱
۲۰-۶ آزمایش هایی برای عملکرد خاص ۱۲۱
۲۰-۷ آزمایش هایی برای منحنی مشخصه فن ۱۲۱
۲۰-۸ محدوده عملکرد ۱۲۲

۲۱ اندازه گیری دبی جریان ۱۲۳
۲۱-۱ نازل ونتوری ISO..... ۱۲۳
۲۱-۲ نازل چند گانه یا نازل ونتوری ۱۲۳
۲۱-۳ نازل ورودی مربعی ۱۲۳
۲۱-۴ ورودی مخروطی ۱۲۳
۲۱-۵ صفحه اریفیس ۱۲۳
۲۱-۶ لوله پیتوت استاتیک تقاطعی ۱۲۴

۲۲ اندازه گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری ISO ۱۲۵
۲۲-۱ شکل هندسی ۱۲۵
۲۲-۲ نازل ونتوری در شرایط ورودی آزاد ۱۲۶
۲۲-۳ عملکرد نازل ۱۲۷

۲۲-۴ عدم قطعیت ها ۱۳۴
۲۳ اندازه گیری دبی جریان با استفاده از نازلهای چندگانه یا نازل ونتوری ۱۳۷
۲۳-۱ نصب ۱۳۷
۲۳-۲ شکل هندسی ۱۳۷
۲۳-۳ ناحیه ورودی ۱۴۰
۲۳-۴ نازل چندگانه و مشخصه های نازل ونتوری ۱۴۰
۲۳-۵ عدم قطعیت ۱۴۴
۲۴ اندازه گیری دبی جریان با استفاده از یک نازل ورودی مربعی ۱۴۵
۲۴-۱ نصب ۱۴۵
۲۴-۲ شکل هندسی ۱۴۵
۲۴-۳ فضای بدون مانع در جلوی نازل ورودی ۱۴۶
۲۴-۴ عملکرد نازل ورودی مربعی ۱۴۷
۲۴-۵ عدم قطعیت ۱۴۷
۲۵ اندازه گیری دبی جریان با استفاده از ورودی مخروطی ۱۴۸
۲۵-۱ شکل هندسی ۱۴۸
۲۵-۲ بارگذاری صفحه ای ۱۴۹
۲۵-۳ منطقه ورودی ۱۵۱
۲۵-۴ عملکرد ورودی مخروطی ۱۵۱
۲۵-۵ عدم قطعیت ها ۱۵۲
۲۶ اندازه گیری دبی جریان با استفاده از صفحه اریفیس ۱۵۴
۲۶-۱ نصب ۱۵۴
۲۶-۲ صفحه اریفیس ۱۵۴
۲۶-۳ مجراها ۱۶۰
۲۶-۴ اتصالات فشاری ۱۶۱
۲۶-۵ محاسبه دبی جریان جرمی ۱۶۲
۲۶-۶ عدد رینولدز ۱۶۳
۲۶-۷ اریفیس درون مجرای با اتصالات در D و D/2 ..... ۱۶۴

۲۶-۸ اری‌فی‌س درون مجرای با اتصالات گوشه ای ۱۶۶
۲۶-۹ اری‌فی‌س خروجی با اتصلات دیواری ۱۶۷

فهرست مندرجات صفحه

۲۶-۱۰ اری‌فی‌س ورودی با اتصلات گوشه ای ۱۷۱
۲۶-۱۱ اری‌فی‌س ورودی با اتصلات دی‌واری ۱۷۴

۲۷ اندازه گی‌ری دبی جری‌ان با استفاده از یک تقاطع لوله پی‌توت استاتی‌ک ۱۷۶
۲۷-۱ کلی‌ات ۱۷۶
۲۷-۲ لوله پی‌توت استاتی‌ک ۱۷۶
۲۷-۳ محدودی‌ت های سرعت هوا . ۱۸۱
۲۷-۴ موقعی‌ت نقاط اندازه گی‌ری ۱۸۱
۲۷-۵ اندازه گی‌ری دبی جری‌ان ۱۸۳
۲۷-۶ ضری‌ب دبی جری‌ان ۱۸۵
۲۷-۷ عدم قطعی‌ت اندازه گی‌ری ۱۸۵

۲۸ انواع نصب وتنظی‌مات ۱۸۶
۲۸-۱ نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد ۱۸۶
۲۸-۲ نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرا دار ۱۸۷
۲۸-۳ نوع سوم: ورودی مجرادار وخروجی آزاد ۱۸۷
۲۸-۴ نوع چهارم: ورودی مجرا دار و خروجی مجرادار ۱۸۸
۲۸-۵ آزمای‌ش نوع نصب..... ۱۸۹

۲۹ اجزاء و قطعات مجراهای استاندارد شده . ۱۹۰
۲۹-۱ نمادها ۱۹۰
۲۹-۲ اجزاء و قطعات ۱۹۰
۲۹-۳ دستگاههای اندازه گی‌ری دبی جری‌ان ۱۹۴

۳۰ قطعات مجرا مشترک برای اتصالات فن مجرادار ۱۹۷
۳۰-۱ قطعات مشترک ۱۹۷
۳۰-۲ قطعه مشترک در خروجی فن ۱۹۷

۳-۳۰ مقطع مشترک در خروجی فن ۲۰۲
۴-۳۰ شبیه سازی مجرای خروجی ۲۰۵
۵-۳۰ شبیه سازی مجرای ورودی ۲۰۵

فهرست مندرجات.....صفحه

۶-۳۰ حد مجاز افت برای مجراهای استاندارد ۲۰۶
۳۱ محفظه های آزمایش استاندارد ۲۱۳
۱-۳۱ محفظه آزمایش ۲۱۳
۲-۳۱ سیستم های خروجی و تامین چند متغیر ۲۱۹
۳-۳۱ محقظه های آزمایش ورودی استفاده شده ۲۲۰
۴-۳۱ محفظه های آزمایش خروجی استاندارد شده ۲۲۴
۳۲ – روش های استاندارد با محفظه های آزمایش – نصب نوع اول ۲۲۶
۱-۳۲ انواع تنظیم فن ۲۲۶
۲-۳۲ اندازه گیری دبی جریان ۲۲۷
۳-۳۲ محفظه های آزمایش با لبه خروجی ۲۵۱
۳۳ – روشهای آزمایش استاندارد با مجراهای آزمایش لبه خروجی – نصبهای نوع دوم ۲۶۳
۱-۳۳ انواع آرایش فن ۲۶۳
۲-۳۳ مجرای آزمایش با لبه خروجی دستگاه ضد چرخش ۲۶۴
۳-۳۳ مجرای آزمایش محفظه خروجی بدون دستگاه و ضد چرخش ۲۸۷
۳۴ – روشهای آزمایش استاندارد به وسیله مجراهای آزمایش لبه ورودی یامحفظه ها نصب های نوع سوم ۳۰۳
۱-۳۴ انواع آرایش فن ۳۰۳
۲-۳۴ مجراهای آزمایش با لبه ورودی ۳۰۴
۳-۳۴ محفظه های آزمایش با لبه ورودی ۳۲۶
۳۵ – روش های استاندارد با مجراهای آزمایش هوراه با لبه ورودی و خروجی – نصبهای نوع چهارم ۳۴۸
۱-۳۵ انواع آرایش فن ۳۴۸

۳۵-۲ نصب نوع دوم با دستگاه ضد چرخش خروجی و مجرای ورودی یا شبیه‌ سازی مجرای ورودی ۳۵۴
۳۵-۳ نصب نوع دوم بدون دستگاه ضد چرخش خروجی و بدون قسمت مشترک ولی همراه با شبیه‌ سازی مجرای ورودی یا شبیه‌ سازی مجرای ورودی ۳۶۹
۳۵- ۴ نصب نوع سوم همراه با قطعه مشترک مجرای خروجی و دستگاه ضد چرخش و مجرای ورودی مشترک ۳۷۵
۳۵-۵ نصب نوع سوم همراه با شبیه‌ سازی مجرای خروجی و بدون دستگاه ضد چرخش ۳۸۶
پیوست الف (اطلاعاتی) ۴۰۳

فهرست مندرجات

صفحه

پیوست ب (الزامی) ۴۱۰
پیوست پ (اطلاعاتی) ۴۱۳
پیوست ت (اطلاعاتی) ۴۱۸
پیوست ث (اطلاعاتی) ۴۲۱

پیشگفتار

استانداردفن های صنعتی"آزمای‌ش عملکردی با استفاده از مجراهای استاندارد" که پیش نویس آن توسط کمیسیون های مربوط تهیه و تدوین شده ودوی‌ست و بی‌ست و چهارمی‌ن جلسه کمیته ملی استاندارد مکانی‌ک وفلز شناسی مورخ ۸۴/۷/۵ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران محسوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استاندارد های ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استاندارد های ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد.

در تهیه وتدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود نیازهای جامعه ، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منابع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

ISO 5801

مقدمه

این استاندارد بین المللی نتیجه تقریباً ۳۰ سال بحث، آزمایش تطبیقی و تحلیل‌های مفصّل با استفاده از نظرات متخصصین برجسته از صنعت فن سازی و سازمان‌های تحقیقی در سراسر جهان می‌باشد. سالیان پیش مشخص گردید که قوانین یا نظام آزمایش عملکردی فن که در کشورهای مختلف برقرار شده بود، همیشه به نتایج یکسان منجر نمی‌شد.

نیاز به یک استاندارد بین المللی برای مدت زمانی احساس می‌گردید، لذا کمیته فنی شماره ۱۱۷ در سازمان بین المللی استاندارد (ISO / TC 117) کار خود را در این مورد از سال ۱۹۶۳ آغاز نمود و پیشرفتهای چشمگیری در طی چندین سال حاصل شد. نتایج کار کمیته فنی TC 117 تا کنون منتشر نشده اما بررسی و بازنگری‌های انجام شده توسط استاندارد ملی کشورهای مختلف باعث جلب توافق بیشتر و اعمال اثرات مثبت بر روی نتایج کار این کمیته شده است.

اکنون با توجه به توافقات حاصل، بر روی نکات اصلی و اساسی این استاندارد شرایط تکمیل و انتشار آن فراهم آمده است. با دانستن اینکه تجهیزات آزمایش بسیار گران هستند (به ویژه برای فن‌های بزرگ)، لازم است بسیاری از مونتاژها (آرایش‌ها) که توسط استاندارد ملی کشورهای مختلف صورت گرفته در این استاندارد بین المللی گنجانده شده، تا در آینده استفاده از آنها مجاز باشد. مطلب نوشته شده در بالا در مورد حجم زیاد این سند توضیح می‌دهد.

مشخصات اساسی در این استاندارد عبارتند از:

الف – انواع نصب:

از آن‌جایی که اتصال یک مجرا با ورودی و یا خروجی یک فن، عملکرد آن را تغییر می‌دهد، توافق شده است که چهار نوع نصب استاندارد معرفی گردد:

نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد.

نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرا دار

نوع سوم: ورودی مجرا دارد و خروجی آزاد

نوع چهارم: ورودی مجرادار و خروجی مجرادار

یک فن که با انواع نصب قابل انطباق می‌باشد، دارای مشخصه‌های عملکردی استاندارد مختلفی نیز خواهد بود. بنابراین کاربر بایستی نوع نصبی را انتخاب کند که به کاربرد وی نزدیکتر باشد.

ب – اجزا مشترک:

تفاوت های حاصل از انجام آزمایش بر روی یک فن ثابت طبق قرارداد صورت گرفته برای آزمایش‌های مختلف به طور کلی به الگوی جریان در خروجی فن بستگی دارد، این موضوع اغلب کم اهمیت به نظر می‌رسد در حالی‌که می‌تواند از اهمیت ویژه و اساسی برخوردار باشد. بطور کلی توافق شده است که تمام مسیرهای هوائی آزمایش استاندارد که برای فن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، بایستی بخش‌های مشترکی در مجاورت با ورودی و یا خروجی فن داشته باشند تا اندازه‌گیری مداوم فشار فن میسّر شود.

تفاوتهای هندسی در این بخشهای مشترک تا حد زیادی محدود هستند، امّا توافق رسمی و استاندارد برای بعضی از موقعیت‌های خاص به عمل آمده است.

۱ – برای فن‌های با جریان عرضی یا گریز از مرکز که در خروجی نیز جریان چرخشی ندارند، می‌توان هنگام تخلیه به جو، یا به یک محفظه اندازه‌گیری بدون استفاده از تنظیم کننده از یک مجرای خروجی ساده شده که در بند ۳۰ – ۲ – چ شرح داده شده است استفاده نمود.

۲ – برای فن‌های بزرگ (دارای قطر خروجی متجاوز از ۸۰۰ میلی‌متر)، ممکن است، انجام آزمایش‌ها با مسیرهای هوایی مشترک استاندارد که در خروجی دارای تنظیم کننده می‌باشند دشوار باشد. در این حالت با توافق متقابل بین اعضاء علاقمند می‌توان با استفاده از آرایش توصیف شده

در بند ۳۰ – ۲ – چ عملکرد فن را با مجرایی به طول2D در قسمت خروجی مورد سنجش قرار داد. نتایج حاصل از این روش ممکن است با نتایج بدست آمده از نصب طبیعی نوع چهارم تا حدی متفاوت باشد. به ویژه اگر فن چرخش زیادی را تولید کند. تعیین مقدار احتمالی تفاوت ها هنوز مورد تحقیق است.

ج) محاسبات:

به اختلاف بین فشار حالت سکون در خروجی فن و فشار سکون در ورودی فن فشار فن گفته می‌شود. در زمانی که دقت بالا لازم باشد بایستی قابلیت تراکم هوا در نظر گرفته شود. امّا هنگامی که عدد ماخ مبنا از ۰/۱۵ تجاوز نکند روشهای ساده شده‌ای را می‌توان بکار برد. روش محاسبه فشار سکون و فشار سیال یا فشار استاتیک در یک بخش مرجع فن در پیوست پ ارائه می‌شود که از کار گروه زیر کمیته1، ISO / TC 117 منشاء گرفته است.

سه روش برای محاسبه قدرت خروجی فن و راندمان فن پیشنهاد می‌شود که تمام این سه روش نتایج بسیار مشابهی خواهند داشت. (میزان تفاوتها تا چند هزارم در نسبت‌های فشار معادل ۱/۳ است).

د) اندازه‌گیری دبی جریان:

اندازه‌گیری دبی جریان به طور کامل از محاسبه فشار فن جدا شده است بنابراین می‌توان چندین روش استاندارد در این مورد به کار برد.

فن‌های صنعتی – آزمایش عملکردی با استفاده از مجراهای استاندارد

۱ هدف ودامنه کاربرد:

هدف از تدوین این استاندارد ، تعیین عملکرد انواع فن‌های صنعتی می باشد. انواعی که منحصراً برای چرخش هوا، مثل فن‌های سقفی و فن‌های رومیزی، طراحی شده‌اند، در دامنه کاربرد این استاندارد نمی باشد.تخمین عدم قطعیت اندازه‌گیری، قوانین تبدیل در محدوده‌های مشخص در مورد نتایج آزمایش برای تغییرات در سرعت گاز به کار رفته و اندازه مدل‌های آزمایش نیز شرح داده شده است.

۲ مراجع الزامی:

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات، جزئی ازاین استاندارد محسوب می شود . در مورد مراجع الزامی دارای تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی این مدرک مورد نظر نیست . معهذابهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدید نظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند . در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/یا تجدید نظر ، آخرین چاپ و/یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 3966:1977, Measurement of fluid flow in closed conduits — Velocity area method using pitot static tubes.

2-2 ISO 5167:1991, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices — Part 1: Orifice plates,nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full.

2-3 ISO 5168, Measurement of fluid flow — Evaluation of uncertainties.

2-4 ISO 5221:1984, Air distribution and air diffusion — Rules to methods of measuring air flowrate in an air handling duct.

2-5 IEC 34-2:1972, Rotating electrical machines — Part 2: Methods for ٤-٣ determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles).

2-6 IEC 51-2:1984, Direct acting indicating analogue electrical- measuring instruments and their accessories — Part 2: Special requirements for ammeters and voltmeters.

2-7 IEC 51-3:1984, Direct acting indicating analogue electrical- measuring instruments and their accessories — Part 4: Special requirements for watt meters and varmeters.

2-8 IEC 51-4:1984, Direct acting indicating analogue electrical- measuring instruments and their accessories — Part 2: Special requirements for frequency meters.

۳ اصطلاحات و تعاریف:

علاوه بر تعاریف داده شده در استاندارد ملی ایران به شماره *ISO 5168*[1]، اصطلاحات و/ یا واژه ها با تعاریف زیر به کار می رود.

یادآوری - تمام علائم و واحدهای مربوط که در این استاندارد بین المللی به کار رفته است در بند ٤ فهرست می‌شوند.

۳ – ۱ سطح مقطع جریان، A_x: *area of the conduit section*

مساحت مجرای جریان در مقطع x.

۳ – ۲ مساحت ورودی فن، A_1: *fan inlet area*

مساحت نزدیکترین صفحه سطح محدود شده به وسیله جریان بالا دست ابزار حرکت دهنده هوا.

بنا به قرارداد، مساحت ورودی فن، به عنوان سطح تقریبی در صفحه ورودی داخل محفظه،در نظر گرفته می‌شود.

۳ – ۳ مساحت خروجی فن، A_2: *fan outlet area*

مساحت نزدیکترین صفحه مسطح محدود شده بوسیله جریان پائین دست ابزار حرکت دهنده هوا.

بنا به قرارداد، مساحت خروجی فن، به عنوان سطح تقریبی در صفحه خروجی داخل محفظه، در نظر گرفته می‌شود.

۳ – ٤ دما، t: *temprature*

---

[1] –تا تدوین استاندارد ملی به استاندارد ISO 5168رجوع کنید.

دمای سیال یا هوا که توسط حسگر دمایی اندازه‌گیری می‌شود.

۳ – ۵ دمای مطلق، θ: *absolute temprature*

همان دمای ترمودینامیکی است.

$$\theta = t + 273.15$$

یادآوری – در این استاندارد، θ نشان دهنده دمای مطلق و t دما بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد.

۳ – ۶ ثابت ویژه گازها ، R: *specific gas constant*

برای یک گاز خشک ایده‌آل فرمول حالت ،به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{P}{\rho} = R\theta$$

برای هوای خشک: $R = 287\ J.kg^{-1}\ .\ k^{-1}$

۳ – ۷ نمای آیزنتروپیک، k: *isentropic exponent*

برای یک گاز ایده‌آل و فرآیند آیزنتروپیک فرمول حالت، به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\frac{\rho}{\rho^k} = cons\tan t$$

برای هوای اتمسفری: $k=1.4$

۳ – ۸ ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت، C_P:

Specific heat capacity at constant pressure

برای یک گاز ایده‌آل: $C_P = \frac{k}{k-1}R$

۳ – ۹ ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت، C_v :

Specific heat capacity at constant volume

برای یک گاز ایده‌آل: $C_V = \frac{1}{k-1}R$

۳ – ۱۰ ضریب تراکم پذیری، z: *compressibility factor*

برای یک گاز ایده‌آل: Z=1

برای یک گاز واقعی: $Z = \frac{P}{\rho R\theta}$

Z تابعی از نسبت های p/p_c و θ/θ_c است که:

p_c: فشار بحرانی گاز

θc: دمای بحرانی گاز

۳ – ۱۱ دمای سکون در یک نقطه θ_{sg}: *Stagnation temprature at a point*

درجه حرارت مطلق در یک نقطه ساکن آیزنتروپیک برای جریان گاز ایده‌آل بدون افزایش انرژی یا گرمااست.

دمای سکون در امتداد مجرا ثابت است و برای یک مجرای ورودی معادل دمای محیطی مطلق در محفظه آزمایشگا ه است.

۳ – ۱۲ دمای استاتیک یا دمای سیال در یک نقطه، θ:

Static or fluid temprature at a point

درجه حرارت مطلقی است، که توسط حسگر دمایی در یک سرعت ثابت سیال ثبت می‌شود.

برای یک جریان گاز واقعی: $\theta = \theta_{sg} - \frac{v^2}{2c_p}$

در فرمول بالا v سرعت سیال در یک نقطه بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

در یک مجرای جریان، هنگامی که سرعت افزایش می‌یابد، دمای استاتیک کاهش پیدا می‌کند.

۳ – ۱۳ دمای حباب خشک، t_d: *dry-bulb temprature*

درجه حرارت هوا که توسط یک حسگر دمایی خشک در محفظه آزمایش نزدیک ورودی فن یا ورودی مجرا، اندازه‌گیری می‌شود.

۳ – ۱٤ دمای حباب مرطوب t_w: *wet-bulb temprature*

درجه حرارت هوا توسط یک حسگر دمایی که با یک فتیله مرطوب پوشیده شده و در معرض هوای در حال حرکت قرار دارد، اندازه‌گیری می‌شود.

اگر این دما به درستی اندازه‌گیری شود، تقریب مناسبی از دمای آدیاباتیک اشباع می‌باشد.

۳ – ۱۵ دمای سکون در مقطع x، θ_{sgx}:

Stagnation temprature at a section

مقدار متوسط درجه حرارت سکون در واحد زمان است ، که در سطح مقطع مجرای خاص میانگین گرفته شده است.

۳ – ۱٦ دمای استاتیک یا دمای سیال در سطح مقطع x، θ_x:

Static or fluid temprature at a section

مقدار متوسط درجه حرارت استاتیک یا درجه حرارت سیال در واحد زمان است، که در سطح مقطع مجرای خاص میانگین گرفته شده است.

۳ – ۱۷ فشار مطلق در یک نقطه یا فشار مطلق، P:

absolute pressure at a point, absolute pressure

این فشار نسبت به فشار صفر مطلق اندازه‌گیری شده و در یک نقطه در حال سکون مربوط به هوای اطراف آن اعمال می‌شود.

۳ – ۱۸ فشار اتمسفری، P_a: *atmosferic pressure*

فشار مطلق اتمسفر آزاد در یک ارتفاع متوسط فن.

۳ – ۱۹ فشار نسبی، P_e: *gauge pressur*

زمانی که فشار پایه با فشار اتمسفر در نقطه اندازه‌گیری برابر باشد، فشار نسبی نامیده می‌شود.

این فشار ممکن است مثبت و یا منفی باشد: $P_e = P - P_a$

۳ – ۲۰ فشار سکون مطلق در یک نقطه، P_{sg}:

absolute Stagnation pressure at a point

فشار مطلق اندازه‌گیری شده در یک نقطه از گاز در حال جریان، اگر از طریق فرایند آیزنتروپیک به حالت سکون برسد.

$$P_{sg} = P\left(1 + \frac{k-1}{2} Ma^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

که Ma، عدد ماخ در این نقطه می‌باشد (بند ۳ – ۲۳ را ملاحظه کنید) .

۳ – ۲۱ ضریب ماخ، F_M: *mach factor*

ضریب تصحیح به کار رفته برای فشار دینامیک در یک نقطه است،که توسط فرمول زیر داده می‌شود:

$$F_M = \frac{P_{sg} - P}{P_d}$$

ضریب ماخ را می‌توان به وسیله فرمول زیر نیز محاسبه کرد:

$$F_M = 1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{(2-\kappa)Ma^4}{24} + \frac{(2-\kappa)(3-2\kappa)Ma^6}{192} + \dots$$

۳ – ۲۲ فشار دینامیکی در یک نقطه، P_d

Dynamic pressure at a point

فشار محاسبه شده از سرعت (V) و چگالی (ρ) هوا در یک نقطه.

$$p_d = \rho \frac{v^2}{2}$$

۳ – ۲۳ عدد ماخ در یک نقطه، Ma:

mach number at a point

نسبت سرعت گاز در یک نقطه به سرعت صوت.

$$Ma = \frac{V}{\sqrt{kR_w\theta}} = \frac{V}{C}$$

C = سرعت صوت

$$C = \sqrt{kR_w\theta}$$

R_w = ثابت گازی گاز مرطوب

۳ – ۲٤ فشار سکون معیار در یک نقطه، P_{esg}:

gauge Stagnation pressure at a point

تفاضل بین فشار سکون مطلق (P_{sg}) و فشار اتمسفری (P_a).

$P_{esg} = P_{sg} - P_a$

۳ – ۲۵ دبی جرمی جریان ، q_m: *mass flowrate*

مقدار متوسط جرم هوایی که از سطح مقطع مجرای خاص در واحد زمان عبور می‌کند.

یادآوری - دبی جرمی در تمام سطح مقطع‌ها در سیستم مجرای فن به جز هنگام نشتی یکسان است.

۳ – ۲۶ فشار نسبی متوسط در یک مقطع x ، P_{ex}:

average gauge pressure at a section

مقدار متوسط فشار مطلق در واحد زمان است، که در سطح مقطع مجرای خاص میانگین گرفته شده است.

۳ – ۲۷ فشار مطلق متوسط در مقطع x P_x:

average absolute pressure at a section

مقدار متوسط فشار مطلق در واحد زمان است، که در سطح مقطع مجرای خاص میانگین گرفته شده است.

$P_X = P_{ex} + P_a$

]

۳ – ۲۸ چگالی متوسط در مقطع x P_x:

Average density at a sectio

چگالی سیال که از فشار مطلق (P_x) و دمای استاتیک (θ_x) ،محاسبه شده است.

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_W \theta_x}$$

R_w = ثابت گازی گاز مرطوب.

۳ – ۲۹ دبی حجمی جریان در مقطع x q_{vx}:

Volume flowrate at a section

دبی جرمی جریان در سطح مقطع مجرای خاص که بر مقدار متوسط متناظر زمانی چگالی متوسط در آن مقطع تقسیم می‌شود.

$$q_{vx} = \frac{q_m}{\rho_x}$$

۳ – ۳۰ سرعت متوسط در مقطع x V_{mx}:

Average velocity at a section

دبی حجمی جریان در سطح مقطع مجرای خاص که بر سطح مقطع A_x تقسیم می‌شود.

$$v_{mx} = \frac{q_{vx}}{A_x}$$

یادآوری – این مقدار زمانی، مولفه متوسط سرعت گاز عمود بر سطح مقطع است.

۳ – ۳۱ فشار دینامیکی قراردادی در مقطع x P_{dx}:

Conventional dynamic pressure at a section

فشار دینامیکی است، که از سرعت میانگین و چگالی میانگین در سطح مقطع مجرای خاص محاسبه می‌شود.

$$p_{dx} = \rho_x \frac{v_{mx}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

یادآوری - فشار دینامیکی قراردادی، کمتر از میانگین فشارهای دینامیکی در طول مقطع می‌باشد.

۳ – ۳۲ عدد ماخ در مقطع x M_{ax}:

Mach number at a section

سرعت متوسط گاز تقسیم بر سرعت صوت در سطح مقطع مجرای خاص است.

$$Ma_x = v_{mx} / \sqrt{\kappa R_w \Theta_x}$$

۳ – ۳۳ فشار سکون میانگین در مقطع x P_{sgn}:

Average stagnation pressure at a section

مجموع فشار دینامیکی قراردادی (P_{dx}) و فشار مطلق (P_x) که با ضریب ماخ در یک مقطع (F_{mx}) تصحیح شده است.

$$p_{sgx} = p_x + p_{dx} F_{Mx}$$

یادآوری - فشار سکون میانگین، به وسیله عبارت زیر محاسبه می‌شود:

$$p_{sgx} = p_x \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} Ma_x^2\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

۳ – ۳٤ فشار سکون نسبی در مقطع x P_{esgx}:

Gauge stagnation pressure at a section

تفاضل بین فشار سکون میانگین در یک مقطع (P_{sgx}) و فشار اتمسفری (P_a)است.

$$p_{esgx} = p_{sgx} - p_a$$

۳ – ۳۵ دمای سکون ورودی، θ_{sg1} : *inlet stagnation temperature*

درجه حرارت مطلق در محفظه آزمایش نزدیک ورودی فن در مقطعی می باشد، که سرعت گاز کمتر از ۲۵ متر بر ثانیه است .

$$\theta_{sg1} = \theta_a = t_a + 273/15$$

۳ – ۳۶ چگالی سکون، ρ_{sg1}: *stagnation density*

چگالی محاسبه شده از فشار سکون ورودی (ρ_{sg1}) و دمای سکون ورودی (θ_{sg1})است.

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳ – ۳۷ دبی حجمی جریان سکون ورودی، q_{vsg1}:

inlet stagnation volume flowrate

دبی جرمی جریان تقسیم بر چگالی سکون ورودی است.

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳ – ۳۸ فشار فن، P_F: *fan pressure*

تفاضل بین فشار سکون در خروجی فن و فشار سکون در ورودی فن است.

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1}$$

وقتی عدد ماخ کمتر از ۰/۱۵ باشد:

$$p_F = p_{tF} = p_{t2} - p_{t1}$$

یادآوری - برای تعیین فشار فن ،بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم ،مراجعه شود.

۳ – ۳۹ فشار دینامیکی فن، P_{d2}: *fan dynamic pressure*

فشار دینامیکی متوسط در خروجی فن می‌باشد، که از دبی جرمی جریان ، چگالی متوسط گاز در خروجی و مساحت خروجی فن، محاسبه می‌شود.

$$p_{d2} = \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳ – ۴۰ فشار استاتیک فن، P_{sf}: *fan static pressure*

کمیت قراردادی است ، که به صورت تفاضل فشار فن و فشار دینامیکی فن تعریف می‌شود،که به وسیله ضریب ماخ تصحیح شده است.

$$p_{sF} = p_{sg2} - p_{d2} \cdot F_{M2} - p_{sg1} = p_2 - p_{sg1}$$

یادآوری – برای تعیین فشار فن ، بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۴۱ چگالی متوسط، ρ_m: *mean density*

تعداد میانگین حسابی چگالی‌های ورودی و خروجی

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

۳ – ۴۲ چگالی سکون متوسط، ρ_{msg}: *mean stagnation density*

مقدار میانگین حسابی چگالی‌های سکون ورودی و خروجی است.

$$\rho_{msg} = \frac{\rho_{sg1} + \rho_{sg2}}{2}$$

۳ – ٤۳ کار فن در واحد جرم، y: *fan work per unit mass*

افزایش انرژی مکانیکی در واحد جرم سیال گذرنده از فن است.

$$y = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \alpha_{A2}\frac{v_{m2}^2}{2} - \alpha_{A1}\frac{v_{m1}^2}{2}$$

هم چنین y را می‌توان به صورتی که در بند ۳ – ٤۷ شرح داده شده است (یعنی $Y = \frac{Pv}{q_m}$)، محاسبه کرد. مقادیر حاصل از این دو عبارت، تنها تا چند هزارم با یکدیگر تفاوت دارند.

یادآوری - برای تعیین y بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ٤٤ کار استاتیک فن در واحد جرم، y_s: *fan static work per unit*

$$y_s = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \alpha_{A1}\frac{v_{m1}^2}{2}$$

یادآوری- برای تعیین y_s بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ٤٥ نسبت فشار فن، r: *fan pressure ratio*

نسبت فشار سکون مطلق متوسط درمقطع خروجی فن به فشار سکون مطلق متوسط در مقطع ورودی فن است.

$$r = p_{sg2}/p_{sg1}$$

۳ – ٤٦ ضریب تراکم پذیری، k_p: *cmpressibility coefficient*

نسبت کار مکانیکی انجام شده توسط فن بر هوااست به کاری که بایستی در سیال تراکم ناپذیر با همان جریان جرمی، چگالی ورودی و نسبت فشار انجام شود.

کار انجام شده از قدرت پرّه با فرض تراکم پلی تروپیک بدون حرارت از طریق محفظه فن به دست می‌آید. k_p بوسیله فرمول زیر داده می‌شود:

$$k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k (r-1)\right]}$$

که در آن:

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{\rho_{sg1} p_r}{q_m p_F}$$

یادآوری - k_p و $\frac{\rho_{sg1}}{\rho_{msg}}$ **با هم متفاوت‌اند و مقدارشان از** ۲×۱۰^{-۳} **کمتر می‌باشد.**

۳ – ٤٧ توان هوای فن، P_v : *fan air power*

توان خروجی قراردادی است، که با حاصلضرب دبی جرمی جریان و کار فن در واحد جرم و یا حاصلضرب دبی حجمی ورودی، ثابت تراکمپذیری (k_P) و فشار فن برابر است.

$$P_u = q_m y = q_{Vsg1} \cdot p_F \cdot k_p$$

یادآوری- برای تعیین P_v **بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم ،مراجعه شود.**

۳ – ٤٨ توان هوای استاتیک فن، P_{us}: *fan static air power*

توان خروجی قراردادی است که با حاصلضرب دبی جریان جرمی (q_m) و کار استاتیک فن در واحد جرم و یا حاصلضرب دبی حجمی ورودی ، ضریب تراکم پذیری (k_{ps})، و فشار استاتیک فن (P_{sf}) برابر می‌باشد.

k_{PS} با استفاده از فرمول $r = \frac{p_2}{p_{sg1}}$ محاسبه می‌شود.

$$P_{us} = q_m y_s = q_{vsg1} \cdot k_{ps} \cdot p_{sF}$$

یادآوری - برای تعیین P_{us}، بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۴۹ توان پرّه (P_r): *impeller power*

توان مکانیکی که در پرّه فن ذخیره است.

۳ – ۵۰ توان محور فن، P_a: *fan shaft power*

توان مکانیکی است، که در محور فن ذخیره می‌شود.

۳ – ۵۱ توان خروجی موتور، P_o: *motor output power*

توان خروجی محور موتور و یا دیگر محرک‌های اصلی است.

۳ – ۵۲ توان ورودی موتور، P_e: *motor input power*

توان الکتریکی است ،که در پایانه‌های یک انتقال دهنده موتور الکتریکی ذخیره می‌شود.

۳ –۵۳ سرعت دورانی پرّه، N: *rotational speed of the impeller*

تعداد دورهای پرّه فن در دقیقه است.

۳ – ۵۴ فرکانس دورانی پرّه، n: *rotational frequency of the impeller*

تعداد دورهای پرّه فن در واحد زمان است.

۳ – ۵۵ سرعت نوک فن، u : *tip speed of the impeller*

سرعت محیطی نوک‌های پرّه فن است.

۳ – ۵۶ عدد ماخ محیطی Ma_u : *periferal mach number*

پارامتربی بعدی است، که با نسبت سرعت نوک پرّه به سرعت صوت در گاز در شرایط سکون ورودی فن برابر می‌شود.

$$Ma_u = u/\sqrt{\kappa R_w \Theta_{sg1}}$$

۳ – ۵۷ راندمان پرّه فن، η_r: *fan impeller efficiency*

توان هوای فن (P_u) تقسیم بر توان پرّه (P_r)است.

$\eta_r = Pu/Pr$

یادآوری – برای تعیین η_r بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم، چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۵۸ راندمان استاتیکی پرّه فن، η_{sr} : *fan impeller static efficiency*

توان استاتیکی فن تقسیم بر توان پرّه است.

یادآوری – برای تعیین η_{rs} بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۵۹ راندمان محور فن، η_a : *fan shaft efficiency*

توان هوای فن تقسیم بر توان محور فن است.

یادآوری – توان محور فن شامل افت‌های یاتاقان می‌باشد. در حالی که، توان پرّه فن شامل این افت‌ها نیست.

یادآوری – برای تعیین η_a بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۶۰ راندمان محور موتور فن، η_o: *fan motor shaft efficiency*

توان هوای فن (P_u) تقسیم بر توان خروجی موتور (P_o) است.

یادآوری – برای تعیین η_o بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۶۱ راندمان کلی، η_e: *overal efficincy*

این راندمان برای ترکیب فن و موتور به کار می‌رود، و برابر است با توان هوای فن تقسیم بر توان ورودی موتور.

یادآوری – برای تعیین η_e بایستی به نصب‌های نوع اول، دوم، سوم و چهارم، مراجعه شود.

۳ – ۶۲ نسبت چگالی ورودی به چگالی متوسط، k_p:

Ratio of inlet density to mean density

چگالی سیال در ورودی فن تقسیم بر چگالی متوسط سیال در فن است.

$$k_p = \frac{2\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}$$

۳ – ۶۳ ضریب انرژی جنبشی در مقطع x، α_{Ax}: *kinetic energy factor at section*

ضریب بی بعدی است، که با شار متوسط زمانی انرژی جنبشی در سطح مورد نظر (A_x) تقسیم بر انرژی جنبشی متناظر با سرعت متوسط هوای گذرنده از این سطح، برابر می‌باشد.

$$\alpha_{Ax} = \frac{\iint_{A_x} \left(\rho v_n v^2\right) dA_x}{q_m v_{mx}^2}$$

v = سرعت مطلق موضعی بر حسب متر بر ثانیه.

V_n = سرعت موضعی عمود بر سطح مقطع.

یادآوری - بنا به قرارداد $\alpha_{A2} = 1$ و $\alpha_{A1} = 1$

۳- ٦٤ شاخص جنبشی در مقطع x و i_{Kx}: *kinetic index factor at section*

ضریب بی بعدی است ،که با نسبت انرژی جنبشی در مقطع x در واحد جرم، به کار فن در واحد جرم، برابر می‌باشد.

$$i_{Kx} = \frac{v_{mx}^2}{2y}$$

۳ – ٦٥ عدد رینولدز در مقطع Re_{dx}, x: *renolds number at a section*

پارامتر بی بعدی است، که حالت گسترش یک سیال را تعریف می‌کند و از حاصلضرب سرعت موضعی و چگالی موضعی به دست می آید. در ضمن می توان آن را از حاصلضرب یک سرعت مقیاس موضعی ،چگالی موضعی و یک طول مقیاس مرتبط (وتر پره یا قطر مجرا) تقسیم بر لزجت به دست آورد

۳ – ٦٦ ضریب افت اصطکاکی $(\zeta_{x-y})_y$: *friction loss coefficient*

یک ضریب بی بعدبرای افت‌های اصطکاکی بین مقاطع x و y یک مجرا ،می‌باشد که برای سرعت و چگالی در مقطع y محاسبه می‌شود.

برای جریان تراکم ناپذیر :

نمادها ویکاها:

٤ – ١ نمادها و یکاها:

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
A_x	مساحت مجرا در مقطع x	مترمربع
a	قطر سوراخ اتصالات فشاری دیوار	میلیمتر
b	عرض مقطع مستطیلی یک مجرا	متر
C	ضریب تخلیه	ـــ
C	سرعت صوت $c = \sqrt{KR_W\theta_W}$	متر بر ثانیه
cp	گرمای ویژه در فشار ثابت	ژول بر کیلوگرم کلوین
cv	گرمای ویژه در حجم ثابت	ژول بر کیلوگرم کلوین
d	قطر اریفیس یا قطر گلوگاه نازل	متر
d_i	قطر سوراخ فشار سکون در لوله پیتوت استاتیک	میلیمتر
D	قطر داخلی مجرای بالا دست مدور در یک جریان سنج سری	متر
D_h	قطر هیدرولیک یک مقطع مستطیلی مجرا مساحت سطح مقطع Σx محیط سطح مقطع	
D_x	قطر داخلی یک مجرای مدور در صفحه x	متر
D_r	قطر خارجی یک پرّه	متر
F_{Mx}	ضریب ماخ برای تصحیح فشار دینامیکی در مقطع x	ـــــ
g	شتاب گرانشی	متر بر مجذور ثانیه

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	اواحد SI
h	ارتفاع مقطع مستطیلی یک مجرا	متر
h_u	رطوبت نسبی $\frac{P_v}{P_{sat}}$	ـــــ
i_{kx}	شاخص جنبشی در مقطع x $\left[i_{kx}=\frac{V_{mx}^2}{2Y}\right]$	ـــــ
k_c	ضریب نهایی به کار رفته در تبدیل نتایج	ـــــ
k_p	نسبت چگالی فن $\left[k_p=\frac{2\rho_1}{\rho_1+\rho_2}\right]$	ـــــ
k_p	ضریب تراکم پذیری برای محاسبه توان هوای فن، Pu	ـــــ
k_{ps}	ضریب تراکم پذیری برای محاسبه توان هوای استاتیک فن	ـــــ
Ma	عدد ماخ	ـــــ
Ma_x	عدد ماخ در مقطع x	ـــــ
Ma_{xref}	عدد ماخ مبنادر مقطعx در شرایط سکون ورودی	ـــــ
Ma_u	عدد ماخ محیطی پرّه	ـــــ
m	نسبت مساحت یک صفحه اریفیس $(\frac{d}{D})^2$	ـــــ
n	فرکانس دورانی پرّه	دور بر ثانیه
N	سرعت دورانی پرّه	دور بر دقیقه
P	فشار مطلق سیال	پاسکال
P_a	فشار اتمسفری در ارتفاع متوسط فن	پاسکال
P_e	فشار نسبی $(P_e = P - P_a)$	پاسکال

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
P_{sg}	فشار سکون مطلق	پاسکال
P_{esg}	فشار سکون نسبی در یک نقطه	پاسکال
P_{esgx}	فشار سکون نسبی در مقطع x	پاسکال
P_d	فشار دینامیکی در یک نقطه	پاسکال
P_x	فشار مطلق متوسط در مکان و زمان سیال در مقطع x	پاسکال
P_{ex}	فشار مبنای متوسط در مکان و زمان سیال در مقطع x	پاسکال
P_{sgx}	فشار سکون مطلق متوسط در مکان و زمان سیال در مقطع x	پاسکال
P_{dx}	فشار دینامیکی قراردادی در مقطع x	پاسکال
P_{sat}	فشار بخار اشباع	پاسکال
P_v	فشارجزئی بخار آب	پاسکال
P_f	فشار فن $(P_f = P_{sg2} - P_{sgi})$	پاسکال
P_{ef}	فشار استاتیکی فن $(P_{ef} = P_2 - P_{sg1})$	پاسکال
P_{d2}	فشار دینامیکی فن	پاسکال
P_u	فشار مطلق متوسط در بالادست یک جریان سنج سری	پاسکال
P_{do}	فشار مطلق متوسط در پایین دست یک جریان سنج سری	پاسکال
P_a	توان مکانیکی ذخیره شده در محور فن	وات
P_e	توان ورودی موتور	وات
P_o	توان در دسترس در محور خروجی محرک	وات
P_r	توان مکانیکی ذخیره شده در پرّه فن	وات
P_u	توان هوای فن	وات
P_{us}	توان استاتیکی فن	وات

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
q_m	دبی جرمی جریان	کیلگرم بر ثانیه
q_v	دبی حجمی جریان	مترمکعب بر ثانیه
q_{vsg1}	دبی حجمی جریان در شرایط سکون بالا دست جریان ورودی فن متناظر با شرایط استاندارد کاربرد	مترمکعب برنامه
q_{vx}	دبی حجمی جریان در مقطع x	مترمکعب بر ثانبه
r	نسبت فشار	ـــــ
r_d	نسبت فشار برای یک دبی سنج $r_d = \frac{P_{do}}{P_n}$	ـــــ
$r_{\Delta p}$	نسبت فشار برای یک جریان سنج $r_{\Delta p}=\frac{\Delta p}{\rho_{do}}$	ـــــ
R	ثابت گاز، هوای خشک یا گاز خشک	ژول بر کیلوگرم کلوین
R_w	ثابت گاز، هوای مرطوب یا گاز مرطوب	ژول بر کیلومتر کلوین
Re_{Dx}	عدد رینولدز در مقطع x	ـــــ
t_a	دمای محیطی	درجه سلسیوس
tb	دمای فشار سنج	درجه سلسیوس
t_d	دمای دماسنج با حباب خشک	درجه سلسیوس
t_w	دمای دماسنج با حباب مرطوب	درجه سلسیوس
t_x	دمای استاتیک در مقطع x	درجه سلسیوس
t_{sgx}	دمای سکون در مقطع x	درجه سلسیوس

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
u	سرعت محیطی پرّه یا سرعت نوک پرّه	متر بر ثانیه
u_x	عدم قطعیت نسبی x	درصد
U_x	عدم قطعیت مطلق x	همانند x
V	سرعت گاز در یک نقطه	متر بر ثانیه
V_{mx}	سرعت متوسط گاز در مقطع x	متر بر ثانیه
y	کار فن در واحد جرم	ژول بر کیلوگرم
y_s	کار استاتیکی فن در واحد جرم	ژول بر کیلوگرم
z	ضریب تراکم پذیری در فرمول حالت: $Z = \frac{\rho}{\rho R_W \theta_W}$ برای یک گاز ایده‌آل: Z= 1	ـــــ
Z_k	ضریب به کار رفته در محاسبه ضریب تراکم پذیری، k_p (روش اول)	ـــــ
Z_p	ضریب به کار رفته در محاسبه ضریب تراکم پذیری، k_p (روش دوم)	ـــــ
Z_x	ارتفاع متوسط مقطع x	متر
α	ضریب دبی جریان برای جریان سنج سری	ـــــ
α_{Ax}	ضریب انرژی جنبشی جریان در مقطع x با مساحت A_x α_{Ax} معادل ۱ فرض می‌شود.	ـــــ
B	نسبت قطر داخلی یک اریفییس یا نازل به قطر بالا دست یک مجرا $\frac{d}{D}$	ـــــ
β'	نسبت قطر بیرونی یک اریفیس یا نازل به قطر پائین دست یک مجرا	

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
ΔP	اختلاف فشار	پاسکال
Δz_b	اختلاف بین ارتفاع فشار سنج و ارتفاع متوسط فن	متر
ε	ضریب انبساط پذیری	ـــــ
$(\zeta_{x-y})_y$	ضریب افت انرژی قراردادی بین مقطع x و y که برای مقطع y محاسبه شده است.	ـــــ
η	راندمان	ـــــ
η_s	راندمان استاتیکی	ـــــ
η_a	راندمان محور فن $\eta_a = \frac{P_u}{P_a}$	ـــــ
η_e	راندمان کلی $\eta_e = \frac{P_u}{P_e}$	ـــــ
η_o	راندمان محور موتور فن $\eta_O = \frac{P_u}{P_O}$	
η_r	راندمان فن $\eta_r = \frac{P_u}{P_r}$	ـــــ
η_{sr}	راندمان استاتیکی فن $\eta_{sr} = \frac{P_u}{P_{sr}}$	ـــــ
θ_{sgx}	دمای سکون در مقطع x	درجه کلوین
θ_x	دمای سیال در مقطع x	درجه کلوین
θ_a	درجه حرارت محیطی	درجه کلوین
θ_u	دمای بالادست یک جریان سنج سری	درجه کلوین
k	نمای ایزنتروپیک $k_p = \frac{c_p}{c_v}$ برای یک گاز ایده‌ال	ـــــ

ادامه نمادها و یکاها

نماد	کمیت نشان داده شده	واحد SI
λ	ضریب توان فن	ـــــ
Λ	ضریب افت اصطکات ویژه برای طول یک قطر از یک مجرای مستقیم	ـــــ
μ	لزجت دینامیکی	پاسکال ثانیه
ρ	چگالی گاز	کیلوگرم بر مترمکعب
ρ_x	چگالی متوسط گاز در مقطع x	کیلوگرم برمترمکعب
ρ_m	چگالی متوسط گاز در فن	کیلوگرم برمترمکعب
Φ	ضریب جریان $\phi = \frac{q_m}{\rho_m p_r{}^2 u}$	ـــــ
ψ	نسبت کار فن بر ضریب واحد جرم $\psi = \frac{y}{u^2}$	ـــــ
ω	سرعت زاویه‌ای	رادیان بر ثانیه
υ	لزجت سینماتیک	مترمربع بر ثانیه

٤ – ٢ شاخص‌ها (اندیس‌ها):

١ آزمایش ورودی فن.

٢ آزمایش خروجی فن.

٣ مقطع اندازه‌گیری فشار در لبه ورودی مجرا .

٤ مقطع اندازه‌گیری فشار در لبه خروجی مجرا .

٥ گلوگاه یا اتصالات پائین دست جریان برای اندازه‌گیری ΔP، در لبه ورودی .

٦ اتصال بالا دست جریان برای اندازه‌گیری ΔP و p_u، در لبه خروجی .

٧ اتصال بالا دست جریان برای اندازه‌گیری ΔP و p_u در لبه ورودی .

٨ گلوگاه یا اتصال پائین دست جریان برای اندازه‌گیری ΔP در لبه خروجی .

a اتمسفر محیطی در محفظه آزمایش .

b فشار سنج .

c نقطه مرکزی در مقطع آزمایش .

do جریان پائین دست یک وسیله اندازه‌گیری جریان .

F فن.

Gu تضمین صورت گرفته نسبت به مشخصات تعیین شده در قرارداد .

n صفحه مرجع فن، برای ورودی $n=1$ و برای خروجی $n=2$.

s شرایط استاتیکی .

sat شرایط اشباع .

sg شرایط سکون.

Te آزمایش انجام شده نسبت به مشخصات شرح داده شده در قرارداد .

u شرایط هوای مبنای بالادست جریان در یک وسیله اندازه‌گیری جریان .

x-y طول مجرا از صفحه x به صفحه y .

۵ کلیات

میزان حد بالائی کار فن در واحد جرم ۲۵۰۰۰ ژول بر کیلو گرم است، که با افزایش فشار در فن متناظر می باشد و این فشار تقریبا معادل با ۳۰۰۰۰ پاسکال است. هم چنین چگالی متوسط در فن ۱/۲ کیلو ژول بر متر مکعب می‌باشد.

سیال عامل برای آزمایش در مجراهای استاندارد بایستی هوای اتمسفری باشد، هم چنین فشار و دما، نیز بایستی در محدوده اتمسفری طبیعی قرار بگیرند.

چهار نوع نصب وجود دارد :

- نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد .
- نوع دوم: ورودی آزادی و خروجی مجرادار.
- نوع سوم: ورودی مجرادار و خروجی آزاد.
- نوع چهارم: ورودی مجرا دار و خروجی مجرادار .

که متناظر با این چهار نوع نصب چهار مشخصه عملکردی ظاهر می‌گردد.

عملکرد فن را نمی‌توان به صورت ثابت در نظر گرفت. منحنی عملکردی فشار فن در مقابل دبی جریان را می‌توان با جریان بالا دست سیال تغییر داد. برای مثال: اگر پروفیل سرعت منحرف شود یا چرخش وجود داشته باشد، عملکرد فن تغییر می‌کند.

به طور کلی جریان پائین دست نمی‌تواند روی سیال گذرنده از پرّه عمل کند، ولی به وسیله جریان سیال در خروجی فن می‌توان افت‌های مجرای پائین دست را تغییر داد.

روش های اندازه‌گیری و محاسبه برای دبی‌های جریان، فشارهای فن و ضرایب فن در پیوست الف و بندهای ١٤ تا ٢٧این استاندارد شرح داده شده‌اند. این روش‌ها در مورد جریان تراکم پذیر با در نظر گرفتن اثر عدد ماخ و تغییر چگالی برقرار هستند، امّا روش های ساده شده ای برای عددهای ماخ مبنای کمتر از ۰/۱۵ و فشارهای فن کمتر از ۲۰۰۰ پاسکال داده شده است.

توافق شده است که در این استاندارد، محاسبات با استفاده از فشارهای مطلق و دماهای مطلق انجام شود. امّا با استفاده از فشار نسبی نیز عبارت های معادلی شرح داده می‌شوند.

طبق قرارداد توافق شده است که:

- برای نصب فن‌های نوع سوم و چهارم بایستی در بالا دست ورودی فن، یک مقطع مجرای مشترک به منظور شبیه‌سازی در طول مجرای مستقیم ورودی قرار گیرد.
- برای نصب فن‌های دوم و چهارم بایستی در بالادست مقطع اندازه‌گیری فشار خروجی یک مقطع مجرا مشترک (متشکل از یک تنظیم کننده پرّه هشت شعاعی یا تنظیم کننده مشبک) در مجاورت خروجی فن به منظور شبیه‌سازی در طول مجرای مستقیم خروجی، قرار گیرد.

با اینکه آزمایش نصب به منظور شبیه سازی نصب در محل مطابق با نوع سوم مورد نظر است، امّا با داشتن مجرای تخلیه کوتاه در اتمسفر، بایستی فن مورد آزمایش با یک مجرا به همان شکل در خروجی فن و هم چنین طولی دو برابر قطرهای معادل، تجهیز شود.

در نصب نوع چهارم برای فن‌های بزرگ (دارای قطر ۸۰۰ میلیمتر یا بیشترازآن) انجام آزمایش‌ها با مجراهای مشترک استاندارد شده در لبه خروجی شامل تنظیم کننده‌ها ممکن است دشوار باشد، در این مورد با توافق متقابل بین طرفین قرارداد، می‌توان عملکرد فن را با استفاده از آرایش‌های شرح داده شده در بند ۳۰-۲- ج با مجرایی به طول $2D$ در لبه خروجی مورد سنجش قرار داد. نتایج حاصل از این روش با نتایج به دست آمده به وسیله مجراهای مشترک در هر دو لبه ورودی و خروجی تا حدّی متفاوت هستند، به ویژه اگر فن چرخش زیادی را تولید کند.

طبق قرارداد ضرائب انرژی جنبشی ($\alpha_{A2}, \alpha_{A_1}$) در ورودی و خروجی فن معادل یک فرض می‌شوند.

٦ ابزارهای اندازه‌گیری فشار

٦ – ١ فشار سنج (بارومتر)

فشار اتمسفری در محفظه آزمایش را بایستی در ارتفاع متوسط بین مرکز ورودی فن و مقاطع خروجی با عدم قطعیتی که بیشتر از ٠/٢ ± درصد نباشد، اندازه‌گیری کرد. فشارسنج‌های از نوع ستون جیوه‌ای با قرائت مستقیم بایستی تا نزدیک ١٠٠ پاسکال (یک میلی‌بار) یا نزدیک یک میلیمتر جیوه خوانده شود. این فشارسنج‌ها، بایستی کالیبره شوند و تصحیحات عملی بایستی در موارد زیر صورت پذیرد:

اگر در قرائت، هر نوع تفاوتی در چگالی جیوه از مقدار استاندارد خوانده شود و یا در تغییر طولی در مقیاس کالیبراسیون که ناشی از درجه‌حرارت و مقدار محلی g باشد.

هم چنین تصحیحات، ممکن است برای موارد زیر لازم نباشد:

اگر مقیاس برای مقدار محلی g در حد ٠/٠١ ± متر بر مجذور ثانیه و برای درجه حرارت اتاق در محدوده ٥ ± درجه سلیسوس از پیش تنظیم شده باشند.

انواع فشار سنج‌های فانوسی یا مبدل‌های فشار را به شرطی می‌توان مورد استفاده قرار داد، که دارای دقت کالیبراسیون ٢٠٠ ± پاسکال باشند و بایستی کالیبراسیون فشار سنج‌ها و مبدل‌ها در زمان آزمایش، بررسی شود.

فشار سنج، بایستی در محفظه آزمایش و در ارتفاع متوسط بین ورودی و خروجی فن، نصب شود.

تصحیح $\rho_a g(z_b-z_m)$ بر حسب پاسکال، بایستی برای هر نوع اختلاف ارتفاع بیشتر از ١٠ متر اضافه شود که در آن:

z_b = ارتفاع در مخزن فشار سنج یا در مبدل فشار سنج.

z_m = ارتفاع متوسط بین ورودی و خروجی فن.

g = مقدار محلی شتاب گرانشی .

ρ_a= چگالی هوای محیطی .

٦ – ٢ مانومترها

برای اندازه‌گیری اختلاف فشار، مانومترها بایستی دارای عدم قطعیتی تحت شرایط فشار ثابت باشند و پس از اعمال هر نوع تصحیحات کالیبراسیون (شامل تصحیحات برای اختلاف دما از دمای کالیبره و برای مقدار g) که بیشتر از ١ ± درصداز فشارمعنادار یا ١/٥ پاسکال نباشد، هر کدام از بزرگتر باشد به کار می‌رود.

فشار معنا دار به عنوان فشار سکون فن در کار مخصوص نامی یا اختلاف فشار هنگام اندازه‌گیری جریان حجمی نامی، مطابق با عملکرد مانومتر تعبیر می‌شود. کار مخصوص قاعدتاً نزدیک نقطه بهترین راندمان در منحنی مشخصه فن می‌باشد.

مانومترها طبیعتاً از نوع ستون مایعی قائم یا مایل هستند، امّا مبدل‌های فشار[1] با نشانگر یا دستگاه‌های ثبات با همان دقت و نیازهای کالیبراسیون، قابل قبول می‌باشند.

برای بررسی هر نوع اختلاف بایستی کالیبراسیون در مجموعه‌ای یکنواخت یا ثابت در توالی‌های نزولی و صعودی، انجام شود.

ابزار مبنا بایستی یک مانومتر دقیق یا یک میکرو مانومتر باشد،که قادر است تا دقت ٠/٢٥ ± درصد یا ٠/٥ پاسکال را، (هر کدام که بزرگتر باشد) قرائت کند.

٦ – ٣ ضربه‌گیری مانومترها

نوسانات سریع قرائت‌های مانومتر، بایستی توسط عمل ضربه‌گیری مانومتر محدود شود. به طوری که بتوان قرائت میانگین را در محدود ١ ± درصد از فشار معنی‌دار، تخمین زد. عمل ضربه‌گیری ممکن

1- pressure transducers

است در اتصالات هوایی باشد، که به مانومتر هدایت می‌شود یا در مدار سیال وسیله آزمایش قرار می‌گیرد. عمل ضربه‌گیری بایستی خطی باشد و از نوعی که مقاومت معادلی را برای حرکت در هر جهت فراهم کند. ضربه‌گیری نباید آنقدر محکم باشد که از نمایش دقیق تغییرات اندک ممانعت به عمل آورد. اگر مطالب گفته شده عملی شود بایستی تعداد کافی از قرائت‌ها در نظر گرفته شود تا بتوان مقدار متوسطی را با ۱ ± درصد از فشار معنی‌دار[1] به دست آورد.

٦ – ٤ بررسی مانومترها

مانومترهای با ستون مایع بایستی در موقعیت آزمایشی[2] که در آن قرار می‌گیرند، بررسی شوند تا کالیبراسیون آنها نزدیک فشار معنی‌دار تایید شود. ابزارهای با لوله مایل بایستی به طور مکرّر، از نظر سطح تراز بررسی شوند و اگر در کالیبراسیون اختلالی رخ دهد بایستی بررسی مجدد صورت پذیرد. قرائت صفر تمام مانومترها بایستی پیش و پس از هر سری از قرائت‌ها بدون اغتشاش یا اختلال در کار دستگاه آزمایش، بررسی شود.

٦ – ٥ موقعیت مانومترها

ارتفاع سطح صفر مانومترها یا مبدل‌های فشار بایستی برابر ارتفاع میانگین مقطع اندازه‌گیری فشار باشد (شکل ۱ را ملاحظه‌کنید) .

1- significant pressure

2- test location

۷ اندازه‌گیری فشار متوسط در یک مجرا

۷ – ۱ روش‌های محاسبه

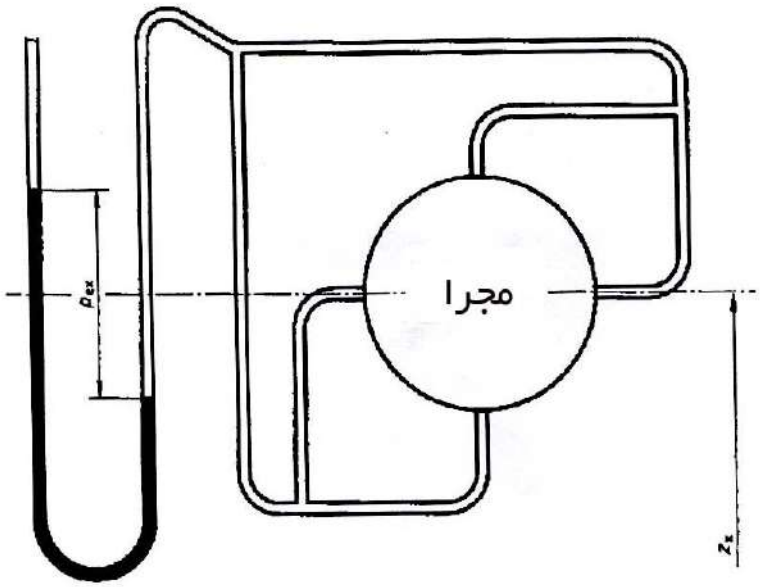
یک مانومتر تفاضلی (منطبق با مشخصات شرح داده شده در بندهای ٦ – ۲تا ٦ – ٥) که از یک طرف به اتصالات دیوار یا به اتصالات فشار مجموعه‌ای از لوله‌های پیتوت استاتیک در صفحه اندازه‌گیری فشار وصل شده است استفاده خواهد شد.

برای اندازه‌گیری فشار استاتیک متوسط در این صفحه، قسمت دیگر مانومتر بایستی در معرض فشار اتمسفری در محفظه آزمایش باشد.

برای اندازه‌گیری اختلاف فشار بین صفحات اندازه‌گیری فشار دردو طرف فن(بین ورودی و خروجی) ،یک یا هر دو طرف مانومتر ممکن است بین مجموعه چهار اتصال آرایش یافته به صورتی که در بند ۷ – ٤ پیشنهاد شده است متصل گردد.

۷ – ۲ کاربرد اتصالات دیواری

برای اندازه‌گیری فشار در هر یک از مقاطع در مجراهای استاندارد مطابق با بندهای ٤ – ۷ تا ۲ – ۱ و ۳۵ تا ۳۲ فشار استاتیکی متوسط برابر با میانگین فشار استاتیک در چهار اتصال دیواری ساخته شده است و مطابق با بند ۷ – ۳، در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱ - اتصالات برای به دست آوردن فشار استاتیک متوسط و ارتفاع مانومتر

۷ – ۳ ساخت اتصالات

مطابق با محدودیت های ابعادی ترسیم شده در شکل ۲ ، هر اتصال شکل سوراخی را دردیوار مجرا به خود می گیرد. برای اتصالات به کار رفته در وسایل اندازه‌گیری –جریان محدودیت‌های دیگری نیز در بندهای ۲۲تا ۲۶ مشخص می‌شود. لازم است که سوراخ به طور دقیقی ایجاد شود، به طوری که، قطر داخلی سوراخ عمود و هم سطح با سطح درونی مجرا باشد و تمام خلل و فرج‌های درونی از بین برود. گرد کردن لبه‌های سوراخ حداکثر تا $0.1a$ مجاز است.

قطر داخلی سوراخ(a) بایستی کمتر از۵ میلیمترو بیشتر از ۱/۵ میلیمتر باشد و بیشتر از $0.1D$نیز نباشد. وقتی که سرعت در مجرا با سرعت در ورودی و خروجی فن قابل مقایسه می‌باشد، دقت ویژه‌ای لازم است. در این گونه موارد بایستی اتصال در مقطعی از مجرا واقع شود که از اتصالات دیگر جداست. یا بی‌نظمی‌های دیگری برای فاصله $1D$ در بالادست جریان و $D/2$ در پائین دست جریان وجود دارد، که D قطر مجرا است. در مجراهای بسیار بزرگ عملاً برآوردن این شرط امکان

پذیر نیست. در چنین مواردی روش لوله پیتوت استاتیک که در بند ۷ – ٦ شرح داده شده است، ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

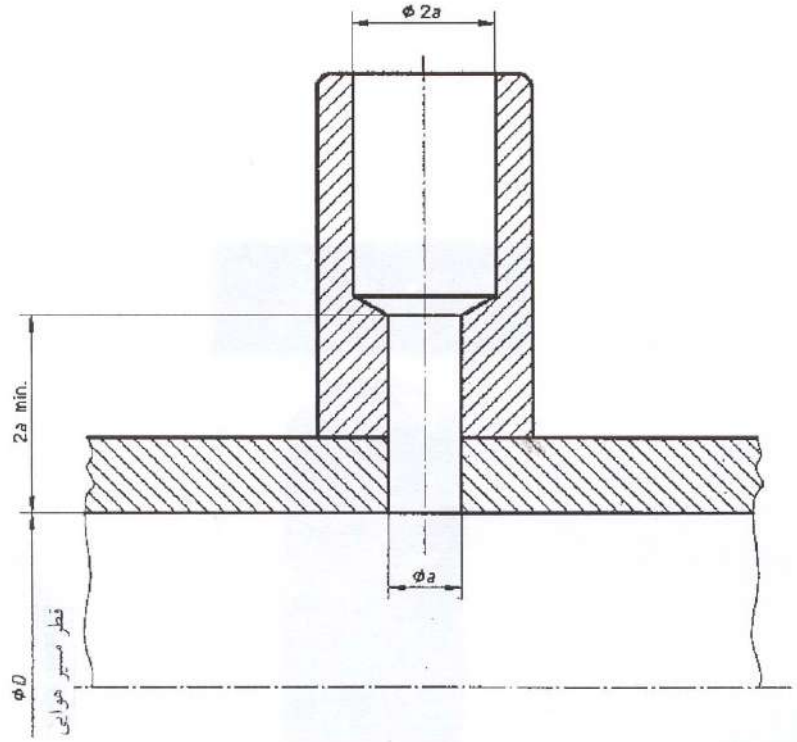
۷ – ٤ وضعیت و اتصالات

در مورد یک مجرای استوانه‌ای بایستی چهار اتصال با فاصله مساوی در اطراف آن نصب شوند و در مورد یک مجرا مستطیلی بایستی چهار اتصال در مرکز چهار ضلع قرار گیرند. چهار اتصال مشابه نیز ممکن است به یک مانومتر وصل شوند. بنابراین، این عمل باید مطابق شکل یک انجام شود.

۷ – ۵ بررسی نقایص

از عدم نشتی اتصالات و خالی بودن آن ها از مایع اطمینان حاصل نمایید. پیش از آغاز هرگونه مشاهدات،بایستی در موقعی که دبی جریان به حداکثر مجموعه نزدیک می‌شود، فشار در اتصالات چهار ضلعی، به طور مجزا اندازه‌گیری شود. اگر هر یک از چهار قرائت، خارج از محدوده قرار گیرند و معادل با ۵ درصد برای $Pex \le 1000Pa$ یا ۲ درصد برای $1000pa < Pex < 3000Pa$ باشند (P_{ex} فشار استاندارد متوسط است) ، اتصالات مانومتری بایستی از نظر وجود نقص بازرسی شوند. اگر هیچ یک از اینها یافت نشود، بایستی از فشار در اتصالات هشت ضلعی استفاده شود.

یادآوری – فشار نسبی متوسط عبارتست از فشار در اریفیس یا نازل که در مورد اندازه‌گیری جریان، جریان نامی می‌باشد و در مورد اندازه‌گیری فشار، فشار نامی فن می‌باشد.



شکل ۲ – ساخت اتصالات فشاری دیواری

۷ – ٦ استفاده از لوله پیتوت استاتیک

برای مجراهای مدور ،حداقل در چهار نقطه از یک صفحه مناسب باید فشار اندازه گیری شود . این چهار نقطه باید دارای فاصله مساوی و متقارن حول محوری به فاصله ۱/۸ قطر مجرا از دیوار باشند . در مورد مجراهای مستطیلی این فاصله باید مساوی ومتقارن ، ۱/۸ از عرض مجرا در هر دیواره باشد. تحت شرایط جریانی یکنواخت فشار استاتیک بایستی در هر نقطه قرائت شود و میانگین آن محاسبه گردد.

در صورت تمایل می‌توان به طور متناوب اتصالات فشار استاتیک چهار لوله پتیوت استاتیک مجزا را به یکدیگر متصل نمود تا یک قرائت متوسط منفرد به روش شرح داده شده در بند ۷-٤ و شکل ۱ ، به دست آید.

۸ اندازه‌گیری دما

۸ – ۱ دماسنج ها

پس از به کارگیری هر نوع تصحیح در کالیبراسیون ابزارهای اندازه‌گیری دما بایستی این ابزارها دارای دقت ۰/۵ ± درجه سلسیوس باشند.

۸ – ۲ محل و موقعیت دماسنج

—وقتی که یک میله بازرسی درون یک مجرا قرارداد می‌شود تا اندازه‌گیری‌های دما را به عمل آورد، دقت اندازه‌گیری تابعی از سرعت جریان می‌گردد.

— دمای اندازه‌گیری شده نه دمای سکون است نه دمای استاتیک، بلکه مقداری است که بین آنها قرار می‌گیرد و معمولاً به مقدار سکون نزدیکتر می‌باشد.

— اگر سرعت هوا معادل ۲۵ متر بر ثانیه باشد، اختلاف بین دمای استاتیک و دمای سکون ۰/۳۱ درجه سیلسیوس می‌شود و اگر سرعت هوا برابر ۳۵ متر بر ثانیه باشد، این اختلاف برابر ۰/٦۱ درجه سلسیوس خواهد بود (برای دمای استاتیک ۲۹۳/۱۵ کلوین) . اگر در جائی که سرعت هوا کمتر از ۲۵ متر بر ثانیه است اندازه‌گیری دما صورت پذیرد،دمای اندازه‌گیری شده معادل با دمای استاتیک و سکون فرض می‌گردد.

— بنابراین سفارش می‌شود ،که اندازه‌گیری دمای سکون یا در بالادست ورودی فن یا مجرای آزمایش انجام شود، البته در مقطعی که سرعت هوا بین صفر و ۲۵ متر بر ثانیه می باشد یا اینکه اندازه گیری در محفظه ورودی انجام می گیرد.

به منظور اندازه گیری درجه حرارت سکون متوسط، یک یا چند میله بازرسی در مقطع مناسب قرار می‌گیرد، که در قطر عمودی در ارتفاعات متفاوت به طور متقارن از مرکز قطر نصب شده‌اند. این میله‌ها نسبت به تشعشع ناشی از سطوح حرارت دیده دارای حفاظ خواهند بود اگر این نیازها

برآورده نشوند، می‌توان میله‌های بازرسی را داخل یک مجرا به قطر افقی حداقل ۱۰۰ میلیمتر از دیوار یا $\frac{1}{3}$ قطر مجرا (هر کدام که کمتر باشد) ، قرارداد.

۸ – ۳ رطوبت

درجه حرارت‌های حباب خشک و حباب مرطوب را بایستی در محفظه آزمایش و در نقطه‌ای که شرایط هوای ورودی به مجرای آزمایش ثبت می شود، اندازه‌گیری کرد. ابزارها بایستی در مقابل تشعشع ناشی در سطوح حرارت دیده، محافظت شوند.

دماسنج حباب خشک بایستی در یک مسیر جریان هوای با سرعت حداقل سه متر برثانیه، نصب شود. غلاف دور دماسنج بایستی تمیز بوده و اتصال صحیحی با حباب داشته باشد و نیز بایستی با آب خالص خیس شود.

رطوبت نسبی را می‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. به شرطی که دستگاه مورد استفاده دارای دقت ۲ ± درصد باشد.

۹ اندازه‌گیری سرعت دورانی

۹ – ۱ سرعت محور فن

سرعت محور فن در بازه‌های منظم در تمام دوره آزمایش برای هر نقطه آزمایش اندازه‌گیری می‌شود تا سرعت دورانی متوسط با عدم قطعیتی که بیشتر از ۵/۵ ± درصد نمی‌باشد، در طی هر دوره اندازه‌گیری شود.

– هیچیک از دستگاه‌های مورد استفاده نباید بر سرعت دورانی فن تحت آزمایش یا عملکرد آن تاثیر زیادی داشته باشد.

۹ – ۲ مثال‌هایی از روش‌های قابل قبول

۹ – ۲ – ۱ شمارش‌گر رقمی تعداد دوران ها را در یک فاصله زمانی مشخص، اندازه‌گیری می‌کند. تعداد دورهای شمارش شده در طی بازه زمانی اندازه‌گیری شده نباید کمتر از ۱۰۰۰ باشد، دستگاه زمان‌بندی با آغاز و توقف شمارنده به طور خودکار فعال می‌شود و برای شمارش تعداد کل دوران‌ها در زمان لازم خطایی بیشتر از ۰/۲۵ درصد نخواهد داشت.

۹ – ۲ – ۲ شمارش‌گر تعداد دوران

شمارش‌گر تعداد دوران بدون خطا خواهد بود و برای یک دوره‌ای که در هر قرائت کمتر از ٦۰ ثانیه نمی‌باشد، برنامه‌ریزی شده است.

۹ – ۲ – ۳ دور سنج الکتریکی یا مکانیکی با قرائت مستقیم

این وسایل بایستی بدون خطا بوده و پیش و پس از استفاده، کالیبره شوند. کمترین تقسیم بندی روی مقیاس چنین دستگاهی بایستی ۰/۲۵ درصد سرعت دورانی اندازه‌گیری شده را، نشان دهد.

۹ – ۲ – ٤ روش‌های چرخش سنجی (استرواسکوپی)

چرخش سنج‌ها بایستی نسبت به استاندارد دورانی پیش و پس از استفاده،کالیبره شوند. مگر اینکه توسط یک منبع، تغذیه شوند یا نسبت به آن منبع بررسی شوند، که آیا دارای فرکانس شناخته شده‌ای بوده و یا با ۰/۲۵ ± درصد اندازه‌گیری شده باشند.

٤ – ۲ – ۵ فرکانس سنج

وقتی که فن توسط یک موتور القایی یا سنکرون به طور مستقیم به حرکت در می‌آید، می‌توان فرکانس منبع تغذیه و نیز فرکانس لغزش را اندازه‌گیری کرد. عدم قطعیت در فرکانس سنج بیشتر از ۵/۵ درصد نمی‌باشد. یعنی شاخص دقت ۰/۵ مطابق با *IEC 51-4* است به همین ترتیب به کارگیری یک دستگاه دیجیتالی با شاخص طبقه پائین‌تر یعنی عدم قطعیت کمتر مجاز است. این دستگاه برای نشان دادن فرکانس لغزش روشی را به کار می‌گیرد که شمارش مستقیم را با عدم قطعیتی که بیشتر از ۰/۲۵ ± درصد سرعت محور نیست، نشان دهد.

۱۰ تعیین توان ورودی

۱۰ – ۱ دقت اندازه‌گیری

توان ورودی به فن در طی محدوده عملکردی خاص به وسیله یک روش، شامل میانگین‌گیری از تعداد قرائت‌های کافی در هر نقطه آزمایش به دست می‌آید، که به نتیجه‌ای با عدم قطعیت کمتر از ۲ ± درصد می‌رسد.

۱۰ – ۲ توان محور فن

وقتی که توان اندازه‌گیری شده همان توان ورودی به محور فن باشد، روش‌های قابل قبول شامل موارد زیر هستند:

۱۰ – ۲ – ۱ نیرو سنج (دینامومتر) واکنشی

گشتاور پیچشی به کمک یک نیروسنج از نوع زینی یا گشتاور پیچشی روی میزی اندازه‌گیری می‌شود. وزنه‌های دارای دقت ۰/۲ ± درصد می‌باشند. طول بازوی گشتاور پیچشی تا دقت ۰/۲ ± درصد، تعیین می‌شود.

تعادل (تراز) صفر گشتاور پیچشی پیش و پس از هر آزمایش، بررسی می شود . در طی آزمایش تفاوت در محدوده ۰/۵ درصد مقدار حداکثر اندازه گیری شده خواهد بود .

۱۰- ۲ – ۲ پیچش سنج

گشتاور پیچشی به کمک یک پیچش سنج اندازه گیری می شود، با عدم قطعیتی که نباید بیشتر از ۲ درصد گشتاور پیچشی مورد اندازه گیری باشد . وزنه ها برای کالیبراسیون بایستی دارای دقت ۰/۲± درصد باشند. طول بازوی گشتاور پیچشی با دقت ۰/۲± درصد تعیین می‌شود.

تعادل (تراز) صفر گشتاور پیچشی و محدوده سیستم قرائت بایستی پیش و پس از هر آزمایش بررسی شوند. در هر مورد تفاوت در محدوده ۰/۵ در صد مقدار ماکزیمم اندازه گیری شده در هر آزمایش خواهد بود.

۱۰ – ۳ اندازه گیری توان محور فن به وسیله اندازه گیری الکتریکی

۱۰ – ۳ – ۱ جمع افتها

توان خروجی یک موتور الکتریکی برای رانش مستقیم از قدرت ورودی الکتریکی آن به وسیله روش جمع افت ها که در (*IEC 34-21*) مشخص شده است به دست می‌آید. بدین منظور، ولتاژ ، جریان ، سرعت و در مورد موتورهای جریان متناوب قدرت خروجی و لغزش موتورهای القایی برای هر نقطه آزمایش اندازه‌گیری می‌شود و هم چنین افت‌های بدون بار موتور، هنگامی که از فن جدا می‌شود، اندازه‌گیری خواهد شد.

۱۰ – ۳ – ۲ موتور کالیبره شده

توان خروجی یک موتور الکتریکی برای رانش مستقیم از کالیبراسیون باراندمانی قابل قبول برای تولید کنندگان و مصرف کنندهان تعیین می‌شوند. موتور بایستی هنگام بار گیری در زمان کافی به حرکت درآید تا مشخص شود، که در دمای کاری طبیعی خود عمل می‌کند. منبع الکتریکی بایستی در محدوده‌های مقرر یعنی ولتاژ ٦± در صد و فرکانس ۱± درصد، باشد.

۱۰ – ۳ – ۳ ابزارهای الکتریکی

توان ورودی الکتریکی برای موتور در طی آزمایش‌های فن که در بندهای ۱۰-۳-۱ یا ۱۰-۳-۲ شرح داده شده‌است توسط یکی از روش‌های زیر اندازه‌گیری خواهد شد:

الف- برای موتورهای جریان متناوب یا a.c به وسیله روش دو – وات سنج یا به وسیله یک وات سنج ترکیبی.

ب- برای موتورهای جریان مستقیم یا d c با اندازه گیری ولتاژ ورودی و جریان ورودی در آزمایش‌های مجرا استاندارد، ابزارهایی که برای اندازه‌گیری استفاده می‌شوند بایستی دارای شاخص ۰/۵ مطابق با *IEC51-2* و *IEC51-3* بوده، که تصحیحات کالیبراسیون برای آنها اعمال شود. یادارای شاخص (اندیس) طبقه ۰/۲ باشند که تصحیحات کالیبراسیون برای آنها لازم نمی‌باشد.

۱۰ – ٤ توان پرّه

برای اندازه‌گیری توان ورودی قسمت میانی پره فن، لازم است که از توان محور فن برای افت‌های ساچمه‌ای و برای افت‌ها در هر نوع کوپلینگ (اتصال) انعطاف‌پذیر، حدمجازی را به دست آوریم ،مگر آنکه پرّه مستقیماً روی محور موتور سوار شده باشد. این عمل را می‌توان با انجام یک آزمایش اضافی در همان سرعت با حذف پره از محور و محاسبه افت‌های گشتاور پیچشی ناشی از اصطکاک ساچمه‌ها، انجام داد. در صورت لزوم پرّه فن را می‌توان با یک جرم معادل جانشین کرد (که دارای افت آیرودینامیکی قابل اغماضی باشد) تا بتوان بارهای ساچمه‌ای مشابهی را به دست آورد.

۱۰ – ۵ سیستم‌های انتقال

برای آزمایش‌های با مجرای استاندارد، از قراردادن سیستم‌های انتقال بین فن و نقطه اندازه‌گیری توان بایستی خودداری شود، مگر اینکه از نوعی باشد، که در آن افت‌های انتقالی تحت شرایط کاری ویژه را بتوان به طور مطمئنی تعیین کرد یا توان ورودی خاصی لازم باشد تا این افت‌ها را شامل شود.

۱۱ اندازه‌گیری ابعاد و اندازه‌گیری مساحت ها

۱۱ – ۱ وسایل اندازه‌گیری جریان

ابعاد نازل‌ها، اریفیس‌ها و مجراهای استفاده شده برای اندازه‌گیری جریان بایستی با رواداری‌های مشخص شده در تبصره‌های مناسبی که کاربرد آنها را شامل می‌شود، مطابقت داشته باشد.

۱۱ – ۲ رواداری در ابعاد

۱۱ – ۲ – ۱ طول مولفه مجرا خاص بایستی پس از ساخت، اندازه‌گیری شود و با نیازهای روش آزمایش با رواداری و $\frac{+10}{-1}$ درصد مطابقت داشته باشد، مگر در مواردی که غیر از آن نوشته می‌گردد.

۱۱ – ۲ – ۲ قطر مجرا خاص بایستی پس از تولید اندازه‌گیری شود تا مطابق با نیازهای روش آزمایش با رواداری $\pm$ ۱ درصد، مطابقت داشته باشد. مگر در مواردی که غیر از این نوشته می‌گردد.

۱۱ – ۳ اندازه‌گیری مساحت مقطع عرضی

۱۱ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری‌های ابعادی

اندزه‌گیری‌های ابعادی کافی بایستی در سرتاسر صفحات مبنای مجراهای انجام شوند تا مساحت مقطع عرضی در محدوده $\pm$ ۵/۵ درصد در مجراهای استاندارد و دیگر مقاطع منظم کاملاً تعریف شده، تعیین شود.

۱۱ – ۳ – ۲ مقاطع مدور

قطر متوسط مقطع برای مقاطع مدور معادل با میانگین حسابی مقادیر اندازه‌گیری شده در حداقل ۳ قطر مقطع اندازه‌گیری، در نظر گرفته می‌شود. قطرها بایستی طوری قرار گیرند، که با سطح مقطع دارای زوایای مساوی باشند.

اگر در اندازه‌گیری خطی بین دو قطر مجاور تفاوت بیش از یک درصد باشد، تعداد قطرهای اندازه‌گیری شده بایستی دو برابر شوند. مساحت مقطع دایروی با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\pi \frac{D^2}{4}$$

که D میانگین حسابی قطرهای اندازه‌گیری شده می‌باشد.

۱۱ – ۳ – ۳ مقاطع مستطیلی

طول و عرض یک مقطع مستطیلی در امتداد پنج خط هم فاصله که دارای عرض و ارتفاع مساوی هستند، اندازه‌گیری می‌شود. اگر تفاوت بین دو عرض یا دو ارتفاع مجاور بیشتر از دو درصد باشد، تعداد اندازه‌گیری‌ها در آن جهت بایستی دو برابر شود.

عرض متوسط مقطع بایستی میانگین حسابی تمام عرض‌های اندازه‌گیری شده باشد و ارتفاع متوسط مقطع بایستی میانگین حسابی تمام ارتفاع‌های اندازه‌گیری شده باشد.

مساحت سطح مقطع عرضی این مقطع برابر است با حاصلضرب عرض میانگین در ارتفاع میانگین.

۱۲ اندازه‌گیری چگالی هوا، ثابت گاز مرطوب و لزجت

۱۲ – ۱ چگالی هوا در محفظه آزمایش، ثابت گاز برای هوای مرطوب و چگالی متوسط در مقطع x.

چگالی هوای محیطی در محفظه آزمایش با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\rho_a = \frac{p_a - 0{,}378 p_v}{287 \theta_a}$$

که در آن:

θ_a دمای مطلق محیطی بر حسب کلوین می‌باشد.

$$\theta_a = t_a + 273{,}15$$

$t_a = t_d$ (دمای حباب خشک بر حسب سلسیوس است. (بند ۱٤ – ۳ را ملاحظه کنید)

$P\upsilon$ = فشار جزئی بخاز آب در هوا بر حسب پاسکال

287 = ثابت گاز برای هوای خشک و R بر حسب ژول بر کیلوگرم کلوین است.

$$0{,}378 = \frac{R_v - R}{R_v}$$

$R\upsilon = 461$، ثابت گاز بخار آب است.

ثابت گاز هوای مرطوب R_w با فرمول زیر داده می‌شود:

$$R_w = \frac{p_a}{\rho_a \theta_a} = \frac{287}{1 - 0{,}378 \frac{p_v}{p_a}}$$

یادآوری – برای هوای استاندارد:

$\rho_a = 1.2\ Kg.\ m\text{-}3$

$\theta_a = 293.15k$

$\rho_a = 101325\ Pa$

$R_w = 288\ J.\ Kg^{-1}\ K^{-1}$

$h_u = 0.40$

چگالی متوسط هوا در یک مجرا با مقطع x را می‌توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

۱۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار بخار

وقتی که رطوبت هوا به کمک یک رطوبت سنج در ورودی فن محاسبه می‌شود، فشار بخار جزئی υ P از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$p_v = (p_{sat})_{tw} - p_B \cdot A_w (t_d - t_w)(1 + 0{,}00115\, t_w)$$

t_d = درجه حرارت حباب خشک بر حسب درجه سلسیوس.

t_w = درجه حرارت حباب‌مرطوب بر حسب درجه سلسیوس .

وقتی که t_w بین ۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس باشد، بنابراین:

$$A_w = 6.6 \times 10^{-4\,o} C^{-1}$$

وقتی که t_w کمتر از صفر درجه سلسیوس باشد، بنابراین:

$$A_w = 5.94 \times 10^{-4\,o} C^{-1}$$

$(Psat)t_w$ = فشار بخار اشباع شده در هوای حباب‌تر (tw).

جدول ۱ مقادیر فشار بخار اشباع شده (P_{sat}) را در محدوده دمایی ٤– تا ٤٩٥ درجه سلسیوس فهرست می‌کند.

P_{sat} را می‌توان با استفاده از فرمول زیر بین ۰ و ۳۰ درجه سلسیوس یا بین ۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس به دست آورد.

$$p_{sat} = \exp\left(\frac{17{,}438\, t_w}{239{,}78 + t_w} + 6{,}4147\right)$$

یا بین ۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس

$$p_{sat} = 610{,}8 + 44{,}442\, t_w + 1{,}4133\, t_w^2 + 0{,}02768\, t_w^3 + 2{,}55667\, e^{-4}\, t_w^4 + 2{,}89166\, e^{-6}\, t_w^5$$

رطوبت نسبی هوا (hv)، را نیز می‌توان به طور مستقیم برای به دست آوردن P_v محاسبه کرد.

$$p_v = h_u (p_{sat})_{td}$$

که فشار بخار اشباع $(P_{sat})_{td}$ در درجه حرارت حباب خشک (td) با استفاده از فرمول بالا با جانشینی td به جای t_w محاسبه می‌شود.

۱۲ – ۳ اندازه‌گیری لزجت هوا

فرمول زیر را می‌توان در محدوده ۲۰– درجه سلسیوس تا ۱۰۰+ درجه سلسیوس برای محاسبه لزجت دینامیکی بر حسب پاسکال ثانیه به دست آورد.

$$\mu = (17{,}1 + 0{,}048\, t_x) \times 10^{-6}$$

لزجت سینماتیک (υ) ، با فرمول زیرداده می‌شود:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

جدول ۱ – فشار بخار اشباع آب Psat به عنوان تابعی از درجه حرارت

درجه حرارت حباب تر، tw	فشار بخار اشباع آب (بالا آب)									
°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
– 4	4,55	4,51	4,48	4,44	4,41	4,37	4,35	4,31	4,28	4,24
– 3	4,89	4,87	4,83	4,79	4,76	4,72	4,68	4,65	4,61	4,59
– 2	5,28	5,24	5,20	5,16	5,12	5,08	5,04	6,01	4,97	4,93
– 1	5,68	5,64	5,60	5,56	5,52	5,47	5,44	5,39	5,36	5,32
– 0	6,11	6,07	6,03	5,97	5,93	5,89	5,84	5,80	5,76	5,72
0	6,11	6,16	6,19	6,24	6,29	6,33	6,37	6,43	6,47	6,52
1	6,56	6,61	6,67	6,71	6,76	6,80	6,85	6,91	6,96	7,00
2	7,05	7,11	7,16	7,21	7,25	7,31	7,36	7,41	7,47	7,52
3	7,57	7,63	7,68	7,73	7,79	7,85	7,91	7,96	8,01	8,08
4	8,13	8,19	8,24	8,31	8,36	8,43	8,48	8,53	8,60	8,65
5	8,72	8,79	8,84	8,91	8,96	9,03	9,09	9,16	9,21	9,28
6	9,35	9,41	9,48	9,53	9,61	9,68	9,75	9,81	9,88	9,95
7	10,01	10,08	10,15	10,23	10,29	10,36	10,43	10,51	10,57	10,65
8	10,72	10,80	10,87	10,95	11,01	11,09	11,17	11,24	11,32	11,40
9	11,48	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,19
10	12,27	12,36	12,44	12,52	12,61	12,69	12,77	12,87	12,95	13,04
11	13,12	13,21	13,29	13,39	13,47	13,56	13,65	13,75	13,84	13,93
12	14,01	14,11	14,20	14,29	14,39	14,48	14,59	14,68	14,77	14,87
13	14,97	15,07	15,17	15,27	15,36	15,47	15,57	15,67	15,77	15,88
14	15,97	16,08	16,19	16,29	16,40	16,51	16,61	16,72	16,83	16,93
15	17,04	17,16	17,27	17,37	17,49	17,60	17,72	17,83	17,96	18,05
16	18,17	18,29	18,41	18,52	18,64	18,76	18,88	19,00	19,12	19,25
17	19,37	19,49	19,61	19,73	19,87	19,99	20,12	20,24	20,37	20,51
18	20,63	20,76	20,89	21,03	21,16	21,29	21,43	21,56	21,69	21,83
19	21,96	22,11	22,24	22,39	22,52	22,67	22,80	22,95	23,09	23,23
20	23,37	23,52	23,67	23,81	23,96	24,11	24,25	24,41	24,56	24,71
21	24,87	25,01	25,17	25,32	25,48	25,64	25,80	25,95	26,11	26,27
22	26,43	26,60	26,76	26,92	27,08	27,25	27,41	27,59	27,75	27,92
23	28,09	28,25	28,43	28,60	28,77	28,95	29,12	29,31	29,48	29,65
24	29,84	30,01	30,19	30,37	30,56	30,75	30,92	31,11	31,29	31,48
25	31,68	31,87	32,05	32,24	32,44	32,63	32,83	33,01	33,21	33,41
26	33,61	33,81	34,01	34,21	34,41	34,61	34,83	35,03	35,24	35,44
27	35,65	35,87	36,08	36,28	36,49	36,71	36,93	37,15	37,36	37,57
28	37,80	38,03	38,24	38,47	38,69	38,92	39,15	39,37	39,60	39,83
29	40,05	40,29	40,52	40,76	41,00	41,23	41,47	41,71	41,95	42,19
30	42,43	42,68	42,92	43,17	43,41	43,67	43,92	44,17	44,43	44,68
31	44,93	45,19	45,44	45,71	45,96	46,23	46,49	46,75	47,01	47,28
32	47,56	47,83	48,09	48,37	48,64	48,92	49,19	49,47	49,75	50,03
33	50,31	50,60	50,88	51,16	51,45	51,73	52,03	52,32	52,61	52,91
34	53,20	53,51	53,80	54,11	54,40	54,71	55,01	55,32	55,63	55,93

ادامه جدول ۱

درجه حباب تر	فشار بخار اشباع آب (بالا آب)									
t_w °C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
35	56,24	56,55	56,87	57,17	57,49	57,81	58,13	58,45	58,77	59,11
36	59,43	59,76	60,08	60,41	60,75	61,08	61,41	61,75	62,08	62,43
37	62,77	63,11	63,45	63,80	64,15	64,49	64,85	65,20	65,56	65,91
38	66,27	66,63	66,99	67,35	67,72	68,08	68,45	68,83	69,19	69,56
39	69,95	70,32	70,69	71,07	71,45	71,84	72,23	72,61	73,00	73,39
40	73,79	74,17	74,57	74,97	75,37	75,77	76,17	76,58	76,99	77,40
41	77,81	78,23	78,64	79,05	79,47	79,89	80,32	80,73	81,16	81,59
42	82,03	82,45	82,89	83,32	83,76	84,20	84,64	85,08	85,53	85,97
43	86,43	86,88	87,33	87,79	88,25	88,71	89,17	89,64	90,11	90,57
44	91,04	91,52	91,99	92,47	92,95	93,43	93,91	94,40	94,88	95,37
45	95,87	96,36	96,85	97,35	97,85	98,36	98,85	99,36	99,88	100,39
46	100,89	101,41	101,93	102,45	102,97	103,51	104,04	104,57	105,09	105,63
47	106,17	106,71	107,25	107,79	108,33	108,89	109,44	109,99	110,55	111,11
48	111,67	112,23	112,80	113,37	113,93	114,51	115,08	115,65	116,24	116,83
49	117,41	118,00	118,59	119,17	119,79	120,37	120,99	121,57	122,19	122,80

۱۳ تعیین دبی جریان

۱۳ - ۱ کلیات

دبی جریان را می‌توان مطابق با*3966* و *ISO 5167-1* اندازه‌گیری کرد و هرگونه محاسبه دبی جریان که بدین طریق به دست می‌آید با نیازهای این استاندارد ،مطابقت خواهد داشت.این استاندارد روش‌های جریان سنجی متفاوتی را مشخص می‌کند، که برای اهداف آزمایش فن مناسب هستند و در هر مورد عدم قطعیت اندازه‌گیری مربوط داده می‌شود.

جریان بایستی به طور موثر غیر چرخشی باشد. شرایط لازم برای دستیابی به این وضعیت در روش‌های آزمایش گنجانده می‌شود.

دو روش جریان سنجی اساسی تحت این شرایط مشخص ممکن و مجاز هستند، یعنی استفاده از یک جریان‌سنج سری یا یک روش تقاطعی.

۱۳ – ۲ جریان سنج‌های سری (وسایل اولیه استاندارد)

۱۳ – ۲ – ۱ جریان سنج‌هایی که ممکن است استفاده شوند، شامل نازل ونتوری، صفحه اریفیس، ورودی مخروطی و نازل ورودی می‌باشند. دو دستگاه اول را می‌توان در خروجی یا ورودی از یک مجرا به کار برد و یا اینکه بین دو مقطع یک مجرا استفاده کرد.

ورودی مخروطی و نازل ورودی را تنها می‌توان در ورودی به یک مجرا که هوا را از فضای آزاد می‌کشد به کار برد.

نیازهای مربوط به این وسایل و نصب‌های ساده شده که در آن ممکن است استفاده شود در *ISO 5167-1* بندهای ۲۶ تا ۲۲ شرح داده شده‌اند.

۱۳ – ۲ – ۲ فرمول کلی برای دبی جرمی جریان از یک جریان سنج فشار تفاضلی سری به شرح زیر است:

$$q_m = \frac{\alpha \varepsilon \pi d^2}{4} \sqrt{2 \rho_u \Delta p}$$

q_m= دبی جرمی جریان بر حسب کیلوگرم در ثانیه .

d = قطر گلوگاه بر حسب متر .

ρ_u = چگالی جریان بالا دست بر حسب کیلوگرم در مترمکعب .

Δp = اختلاف فشار بر حسب پاسکال .

α= ضریب جریان .

ε = ضریب انبساط‌پذیری.

$$\rho_u = \frac{P_u}{R_w \theta_u}$$

بطور طبیعی θ_u بایستی دمای سیال در بالا دست جریان سنج باشد.

وقتی که جریان سنج در لبه ورودی فن مورد آزمایش می‌باشد.

$$\theta_u = \theta_{sgu} - \frac{q_m^2}{2A_u^2 \rho_u^2 c_p} + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

P_{rx} یا P_{ex} = توان فراهم شده به وسیله یک فن کمکی.

A_u = سطح مقطع در بالادست جریان سنج .

$A_u = \infty$ = برای یک اریفیس ورودی یا نازل ورودی .

وقتی که جریان سنج در لبه خروجی فن مورد آزمایش است:

$$\theta_u = \theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} - \frac{q_m^2}{2A_u^2 \rho_u^2 c_p}$$

مقدار q_m با استفاده از روند تکراری به دست می‌آید.

برای یک وسیله مشخص، ε تابعی از نسبت فشار و α تابعی از عدد رینولدز می‌باشد. مقادیر این دو ضریب در بندهای ۲۶تا ۲۲، جداول ۵ و ٦ و اشکال ۱۸، ۲۲, ۲٤ تا ۲۸ شرح داده شده است.

۱۳ – ۲ – ۳ اختلاف فشار در سرتاسر یک جریان‌سنج سری را می‌توان با عدم قطعیتی کمتر از ۱/٤ ± درصد از مقدار مشاهده، محاسبه کرد.

۱۳ – ۲ – ٤ مقادیر عدم قطعیت‌های ضریب جریان در ارتباط با هر جزء جریان سنجی در بندهای ۲۲ تا ۲٦ داده شده است. همیشه می‌توان عدم قطعیت‌های مرتبط با هر نوع نصب جریان سنج‌های سری، متفاوت با جریان سنج‌های تعریف شده در *ISO 5167-1* را با کالیبره کردن نصب به کمک یک وسیله استاندارد کالیبره شده یا بهبود یافته مطابق با *ISO 5167-1*، کاهش داد.

۱۳ – ۲ – ۵ به منظور تسهیل در انتخاب نوع و اندازه جریان سنج، افت‌های مربوط به هر نوع در شکل ۳نشان داده شده‌است. مقادیر تقریبی برای اختلاف فشار (به صورت حاصلضرب فشار دینامیکی در جریان پائین دست مجرا)، که برای هر وسیله ثبت می‌شوند، نیز نشان داده شده‌اند.

۱۳ – ۲ – ٦ نازل ونتوری افت فشار نسبتاً پائین و حساسیت کمتری نسبت به آشفتگی‌های جریان هوای نزدیک شونده دارد. به ویژه، صفحه اریفیس با افت‌های فشار بالاتری مواجه می‌شود و اگر مشخصه فن به جریان حجمی حداکثر گسترش داده شود، حتماً یک فن تقویت کننده کمکی لازم است برای انجام آزمایش‌ها در یک یا چند نقطه از پیش تعیین شده روی منحنی مشخصه فن یک صفحه اریفیس می‌تواند به طور هم زمان با اندازه‌گیری جریان، افت فشار را نیز کنترل کند و این می‌تواند ویژگی مفیدی باشد.

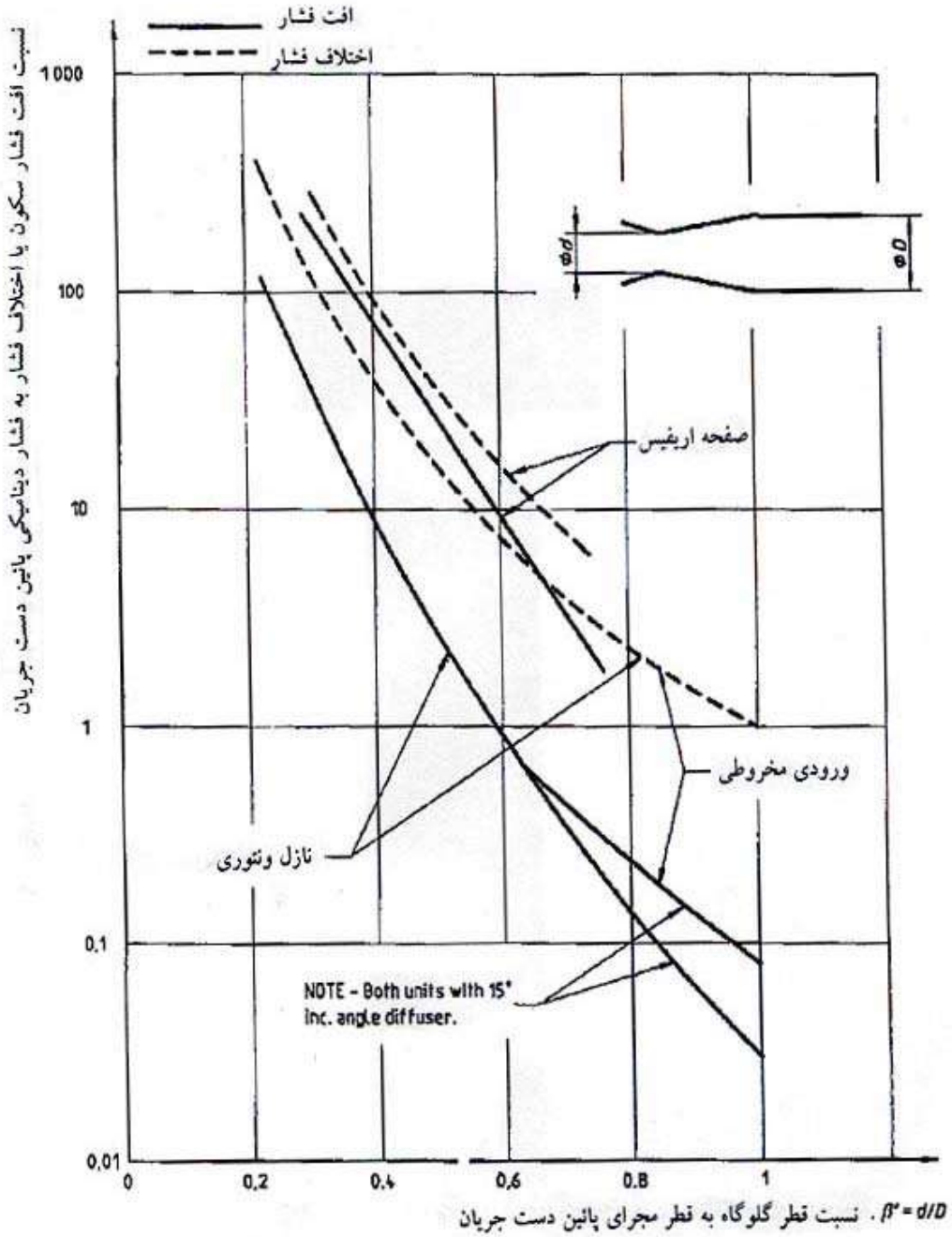
۱۳ – ۲ – ۷ جریان سنج‌های سری معمولاً برای آزمایش‌های آزمایشگاهی استفاده می‌شوند امّا آنها را می‌توان برای آزمایش‌های منطقه‌ای نیز به کاربرد، به شرط آنکه نصب جریان سنج‌ها نیازهای مناسب مشخص شده در بندهای ۲۶ تا ۲۲ را برآورده سازند.

۱۳ – ۳ روش‌های تقاطعی

سرعت موضعی را می‌توان در تعدادی از مکان ها در سرتاسر یک مجرا اندازه‌گیری کرد و با ترکیب سرعت‌های مختلف با یکدیگر، با استفاده از یک تکنیک ترکیبی، تقریبی از سرعت متوسط در مجرا را ،به دست آورد.

اندازه‌گیری مساحت سطح مقطع مجرا در صفحه تقاطع به ما امکان محاسبه دبی جریان را می‌دهد (بندهای ۱۱ و ۲۷ را ملاحظه کنید).

در مجراهای استاندارد یک لوله پیتوت استاتیک مطابق با نیازمندی های *ISO 3966* به کار خواهد رفت (شکل‌های ۲۹ – الف تا ۲۹ – ت را ملاحظه کنید) .



شکل ۳ – افت فشار و تفاوت اختلاف فشار سیستم‌های اولیه استاندارد

۱٤ محاسبه نتایج آزمایش

۱٤ – ۱ کلیات

دستورات خاصی برای محاسبه عملکرد فن از اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه آزمایش منفرد در بند ۱۸ تا ۳۵، با توجه به روش کاربردی شرح داده شده است.

در حالت کلی روش محاسبه جریان سیال قابل تراکم در این بند شرح داده می‌شود. استفاده از روش‌های ساده شده و محدودیت آنها در بند ۱٤ – ۹، شرح داده می‌شود.

۱٤ – ۲ واحدها

واحدهای SI که در بند چهار شرح داده شده‌اند، در تمام این محاسبات به کار می‌روند. سپس نتایج بر حسب این واحدها نوشته می‌شوند، یعنی فشار بر حسب پاسکال (Pa)، توان بر حسب وات (W) و جریان حجمی بر حسب مترمکعب بر ثانیه (m^3s^{-1}).

۱٤ – ۳ درجه حرارت

۱٤ – ۳ – ۱ در این استاندارد ،بجای دمای سیال یا درجه حرارت استاتیک (θ_x) که در سرعت‌های بالا اندکی کمتر می‌باشد دمای سکون (θ_{sgx}) فرض می‌کنیم. درجه حرارت استاتیک (θ_x) مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳، تعیین می‌شود و در فرمول حالت سیال برای محاسبه چگالی، به کار می‌رود.

۱٤ – ۳ – ۲ برای موارد نوشته شده در این استاندارد ،رفتار هوا و مجراهای آزمایش به عنوان حالت آدیاباتیک فرض می‌شود. زیرا اولاً هوا از اتمسفر گرفته می‌شود، ثانیاً انتقال حرارت وجود ندارد، ثالثاً انرژی مکانیکی به جز در مورد آزمایش فن‌ها، کاهش می‌یابد.

نتیجتاً درجه حرارت سکون (θ_{sgx})، در تمام مقاطع بالادست جریان فن مورد آزمایش بایستی ثابت در نظر گرفته شود و نیز معادل درجه حرارت محیطی در منطقه آزمایش، θ_a می‌باشد.

$$\theta_{sg1} = \theta_{sg3} = \theta_a$$

البته در زمانی که فن کمکی در جریان بالا دست محفظه آزمایش یا مجرا آزمایش استفاده می‌شود، عبارت بالا صادق نمی‌باشد.

۱٤ – ۳ – ۳ درجه حرارت سکون در خروجی فن (θ_{sg2}) و در مجراهای پائین دست جریان معادل با درجه حرارت سکون در ورودی فن است، که با افزایش دما در فن افزایش می‌یابد که خود وابسته به توان پرّه (P_r)، جریان جرمی (q_m) و ظرفیت حرارتی هوا در فشار ثابت (C_p) است.

$$\theta_{sg2} = \theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} = \theta_{sg4}$$

یادآوری – در فرمول بالا، C_P را می‌توان به صورت ۱۰۰۸ ژول بر کیلوگرم کلوین به عنوان اولین تقریب برای هوا در نظر گرفت.

یادآوری – وقتی که موتور به طور کامل در جریان هوا غوطه‌ور می‌شود، P_r را بایستی با توان ورودی الکتریکی (P_e) تعویض کرد.

۱٤ – ۳ – ٤ وقتی شرایط بالا به کار نمی‌رود، برای مثال: اگر توان پرّه محاسبه نمی‌شود، درجه حرارت سکون توسط وسایل اندازه‌گیری نظیر دماسنج غوطه‌ور شده در مجرا (مطابق با بند ۸–۲) در نقطه‌ای که سرعت بیشتر از ۳۵ متر بر ثانیه نباشد اندازه‌گیری می‌گردد، به شرط آنکه این نقطه به مقطع مربوطه نزدیک باشد.

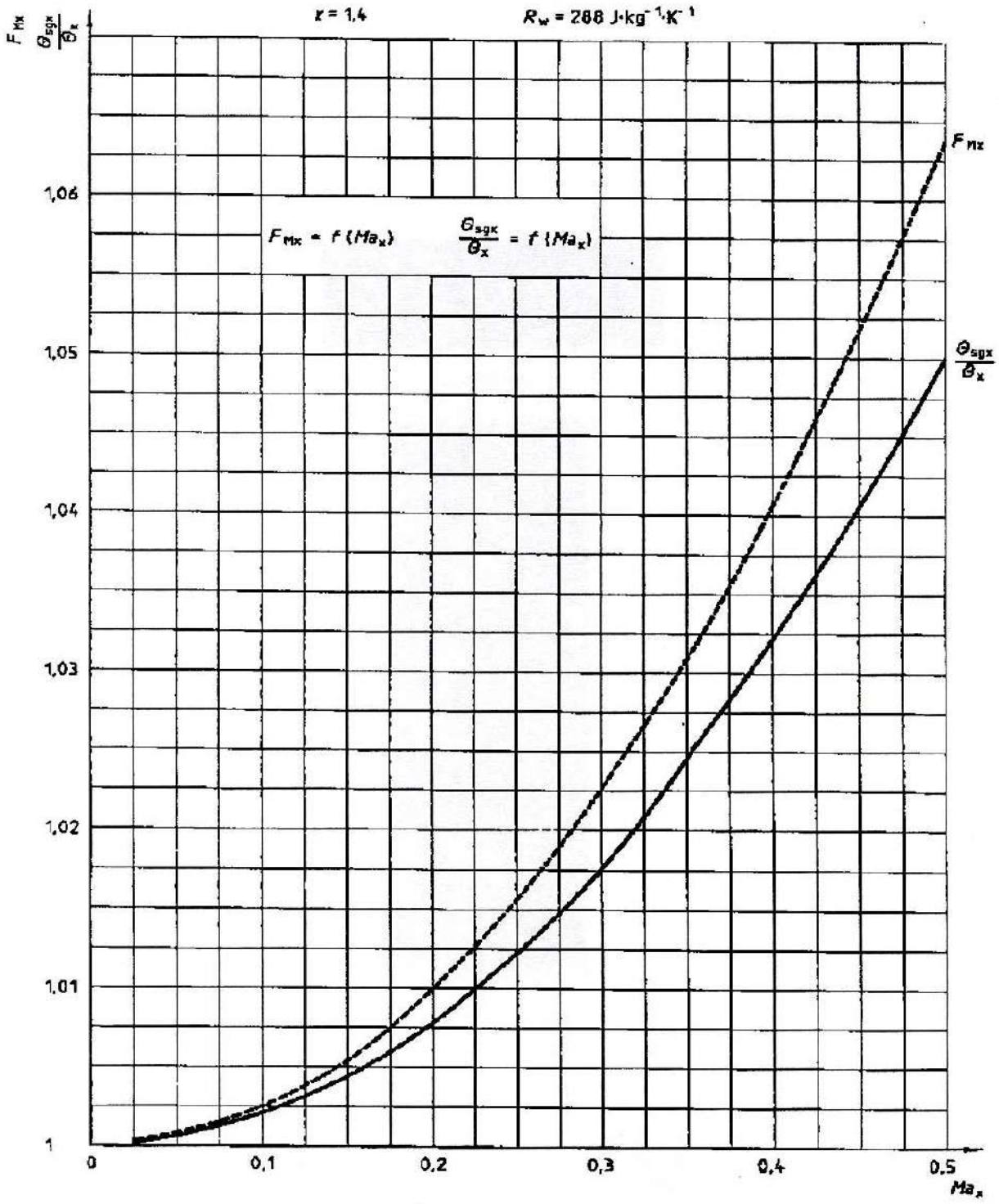
۱٤ – ۳ – ۵ درجه حرارت سیال در مقطع x ,(θ_x) کمتر درجه حرارت سکون به دست آمده در آن مقطع است. که بر حسب عدد ماخ (Ma_x) و درجه حرارت سکون (θ_{sgx}) به صورت زیر نوشته می‌شود.:

$$\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x} = 1 + \frac{\kappa - 1}{2} Ma_x^2$$

نسبت $\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}$ در شکل چهار بعنوان تابعی از Ma_x ترسیم می‌گردد.

از آنجایی که Ma_x معمولاً مجهول می‌باشد، θ_x را می‌توان از پارامترهای زیر مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳، به دست آورد.

- دبی جریان جرمی (q_m).
- درجه حرارت سکون (θ_{sgx}).
- سطح مقطع (A_x).
- فشار (P_x) یا فشار سکون در مقطع x(P_{sgx}).



شکل ٤ – تغییرات در F_{MX} و نسبت $\frac{\theta sgx}{\theta x}$ به عنوان تابعی از Ma_x

۱۴ – ٤ – ۱ کلیات

هنگام انجام آزمایش‌های فن در فشار پائین با استفاده از مجراهای استاندارد شده، معمولاً توافق می‌شود،که سرعت هوا به اندازه کافی کم باشد. به طوری که، بتوان از تاثیر آن روی پارامترهایی نظیر فشار گاز، درجه حرارت و چگالی صرف نظر کرد. برای فن‌های با فشار متوسط یا بالا بایستی بین مقادیر فشار سکون، فشار استاتیک، درجه حرارت و چگالی تمایزی قائل شد. مگر آنکه عدد ماخ مبنا کمتر از ۰/۱۵ مطابق با سرعت هوای استاندارد ۵۱/۵ متر بر ثانیه باشد.

عدد ماخ ۰/۱۵ را به عنوان حدی در نظر می‌گیریم که بالاتر از آن حد این تمایز اجباری است.

۱۴ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا

به منظور به دست آوردن ارزیابی سریع حد بالایی که فراتر از آن پدیده‌های تراکم، ناشی از سرعت هوا در نظر گرفته شوند، عدد ماخ مبنا به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Ma_{2ref} = \frac{v_{m2}}{c_{ref}} = \frac{q_m}{A_2 \rho_a \sqrt{\kappa R_w \Theta_{sga}}} = \frac{q_m}{A_2 \rho_{sg1} \sqrt{\kappa R_w \Theta_{sg1}}}$$

فرض می‌کنیم که شرایط مبنا ی هوا همان شرایط محفظه آزمایش هستند و حد بالایی عدد ماخ مبنا معادل ۰/۱۵ می‌باشد، که فراتر از این حد بین مقادیر استاتیک و سکون درجه حرارت، فشار و چگالی تمایز در نظر گرفته می‌شود.

۱۴ – ٤ – ۳ عدد ماخ در مقطع x (Ma_x)

این عدد را به صورت سرعت میانگین در مقطع x(V_{mx}) تقسیم بر سرعت صوت (C_x) در همان مقطع تعریف می‌کنیم یعنی:

$$Ma_x = \frac{v_{mx}}{c_x} = \frac{q_m}{A_x \rho_x \sqrt{\kappa R_w \Theta_x}}$$

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

$$v_{mx} = \frac{q_m}{A_x \rho_x}$$

۱۴– ٤ – ۳ – ۱ محاسبه Ma_x و x وقتی که P_x و θ_{sgx} معلوم هستند.

با فرض آنکه:

$$M^2 = \left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \cdot \frac{\kappa - 1}{2\kappa} \cdot \frac{R_w \Theta_{sgx}}{p_x^2}$$

$$\frac{\Theta_{sgx}}{\Theta_x} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4M^2}}{2}$$

$$Ma_x = \sqrt{\left(\frac{\Theta_{sgx}}{\Theta_x} - 1\right)\frac{2}{\kappa - 1}}$$

$\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}$ و Ma_x به عنوان توابعی از M^2 در شکل ۵ ترسیم شده‌اند.

۱٤ – ٤ – ۳ – ۲ محاسبه Ma_x و θ_x وقتی که P_{sgx} و θ_{sgx} معلوم هستند.

با فرض اینکه:

$$Ma_{sgx}^2 = \frac{q_m^2}{A_x^2 \rho_{sgx}^2 \kappa R_w \Theta_{sgx}} = \frac{q_m^2}{A_x^2 \kappa p_{sgx} \rho_{sgx}}$$

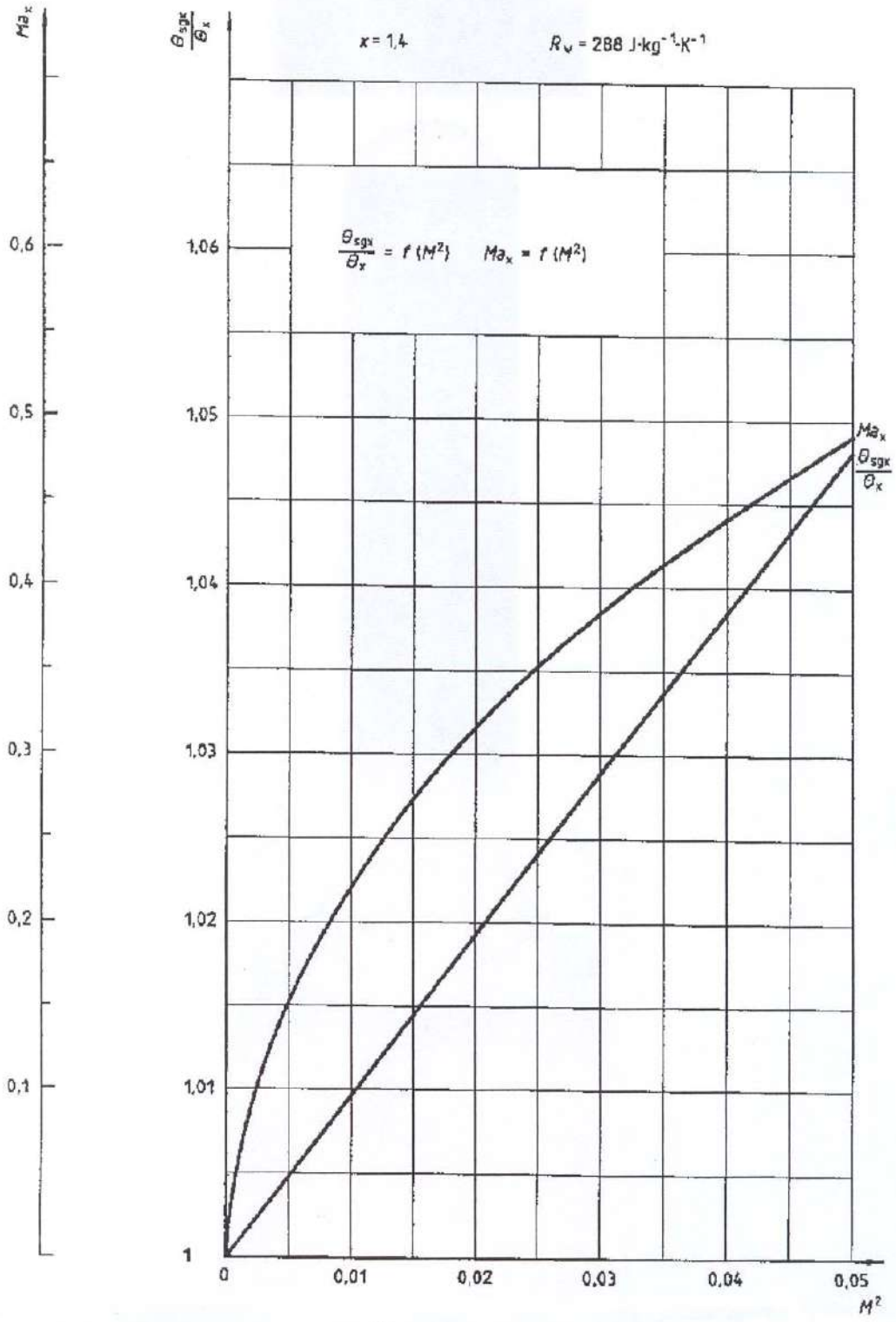
عدد ماخ Ma_x با فرمول زیر داده می‌شود:

$$Ma_x = Ma_{sgx}\sqrt{\left(1+1{,}217\,Ma_{sgx}^2+1{,}369\,Ma_{sgx}^4+10\,Ma_{sgx}^6\right)}$$

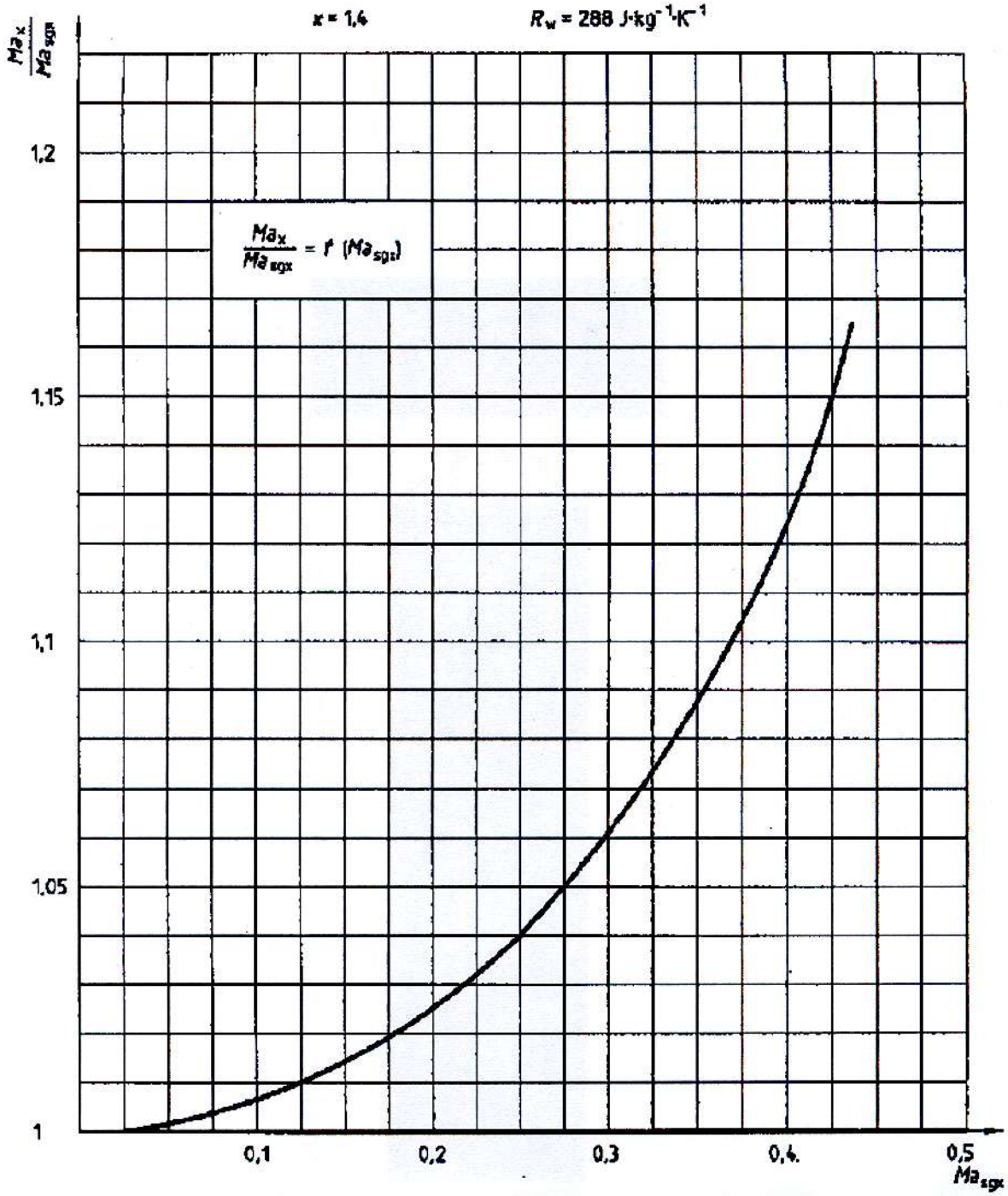
برای $k=1.4$ و $Ma_{sgx}=0.45$.

$$\frac{\Theta_{sgx}}{\Theta_x}=1+\frac{\kappa-1}{2}Ma_x^2$$

شکل ٦، منحنی $\frac{Ma_x}{Ma_{sgx}}$ را نسبت به Ma_{sgx} ،نشان می‌دهد.



شکل ۵ – تغییرات در Ma_x و نسبت $\frac{\theta sgx}{\theta x}$ به عنوان توابعی از M^2



شکل ٦ – تغییرات در $\frac{Ma_x}{Ma_{sgx}}$ به عنوان تابعی از Ma_{sgx}

۱٤ – ٤ – ٤ محاسبه چگالی ρ_x در مقطع x و سرعت میانگین V_{mx}:

اگر عدد ماخ Ma_x مطابق با بندهای ۱۳ – ٤ – ۳ – ۱ یا ۱۳ – ٤ – ۳ – ۲ محاسبه شده باشد، نسبت $\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}$ توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x} = 1 + \frac{\kappa - 1}{2} Ma_x^2$$

$$\frac{p_{sgx}}{p_x} = \left(\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

$$\frac{\rho_{sgx}}{\rho_x} = \left(\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}\right)^{\frac{1}{\kappa - 1}}$$

سرعت میانگین در مقطع x را می‌توان توسط فرمول زیر تعیین کرد:

$$V_{mx} = \frac{q_m}{A_x \rho_x}$$

که در آن:

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \theta_x} = \rho_{sgx}\left(\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}\right)^{\frac{-1}{\kappa - 1}} = \frac{p_{sgx}}{R_w \theta_{sgx}}\left[\frac{\theta_{sgx}}{\theta_x}\right]^{\frac{-1}{\kappa - 1}}$$

۱٤ – ٥ فشار فن

فشار فن (PF) طبق توافق بین المللی به صورت اختلاف فشار سکون در خروجی فن و فشار سکون در ورودی فن تعریف می‌شود. یعنی:

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1}$$

فشار سکون (P_{sgx}) در هر مجرا یا هر مقطع محفظه x (با سطح A_x) با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sgx} = p_x + p_{dx} F_{Mx}$$

که در آن فشار دینامیک قراردادی p_{dx} در مقطع x به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2 = \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

ضریب ماخ (F_{Mx}) برای تصحیح فشار به صورت تابعی از Ma_x با فرمول زیر داده می‌شود:

$$F_{Mx} = \frac{p_{sgx} - p_x}{\frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2} = 1 + \frac{Ma_x^2}{4} + \frac{Ma_x^4}{40} + \frac{Ma_x^6}{1\,600} + \dots$$

برای $k = 1.4$ (بند ۳ – ۲۱ را ملاحظه کنید).

و در شکل ٤ به عنوان تابعی از Ma_x ترسیم می‌گردد.

یادآوری - وقتی که عدد ماخ کمتر از *0.15 (= 0.006 P_{dx})* باشد، اختلاف بین فشار سکون نسبی (P_{esgx}) در مقطع x مجرا آزمایش و فشار کلی (p_{tx}) استفاده شده در استانداردهای پیشین در سرعت‌های پائین، بسیار اندک است.

یادآوری - فشار فن را نیز می‌توان به صورت اختلاف فشار سکون مبنا در خروجی فن و فشار سکون مبنا در ورودی فن تعریف کرد.

که در آن $P_{e1} \leq 0$

$$p_F = p_{esg2} - p_{esg1} = p_{e2} + p_{d2}F_{M2} - (p_{e1} + p_{d1}F_{M1})$$

۲ – ٥ – ١٤ فشار استاتیک فن (P_{sf}) بنا به توافق بین‌المللی به صورت اختلاف بین فشار استاتیک در خروجی فن و فشار سکون در ورودی فن تعریف می‌شود.

$$p_{sF} = p_2 - p_{sg1}$$

وقتیP_{sgx} ،θ_{sgx} ، q_m و A_x برای مقطع x معلوم باشند، P_x را به روش زیر محاسبه می‌کنیم. پس از اندازه‌گیری Ma_x (مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ٢) ρ_x با عبارت زیر داده می‌شود:

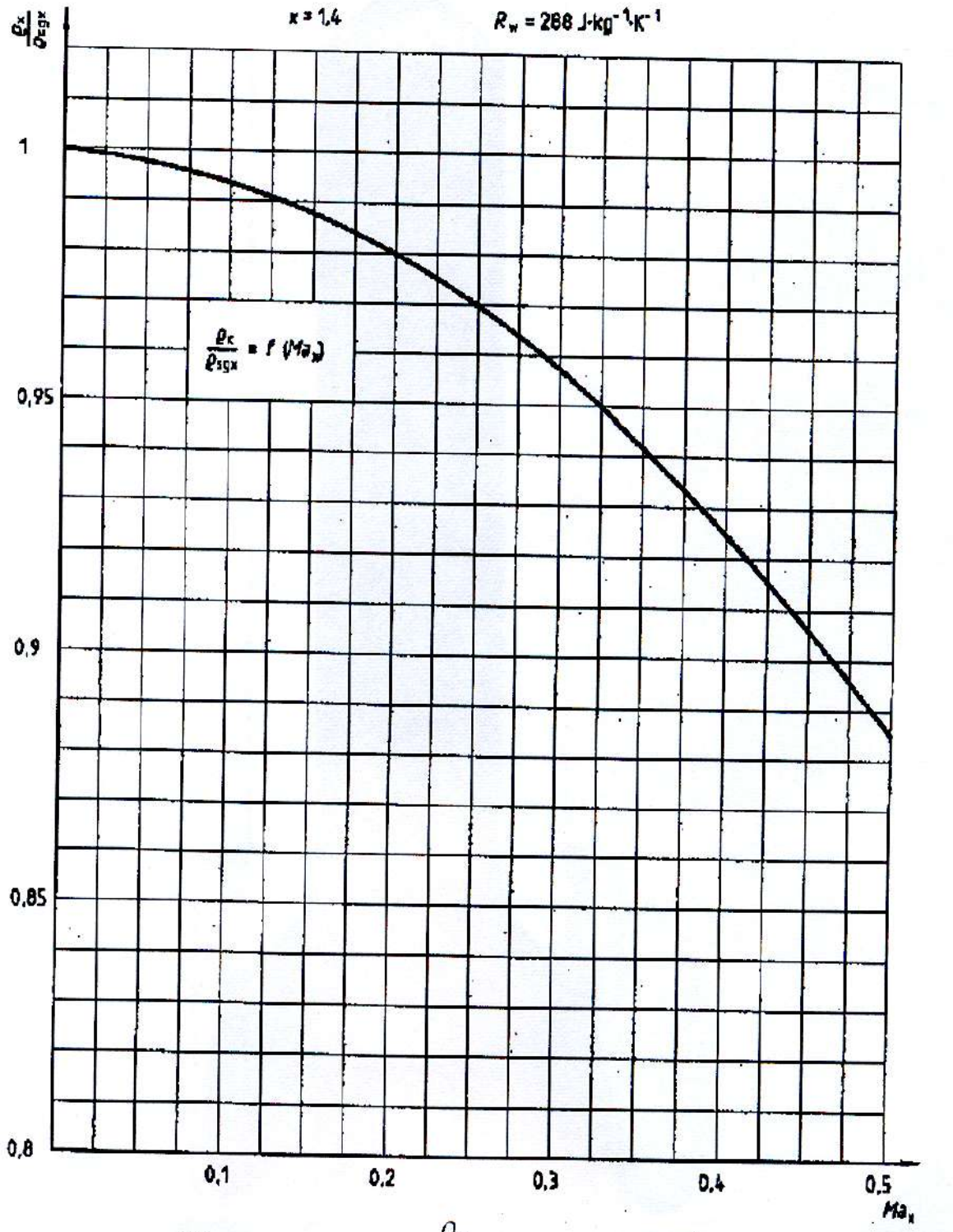
$$\rho_x = \frac{\rho_{sgx}}{\left(1+\frac{\kappa-1}{2}Ma_x^2\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}} = \rho_{sgx}\frac{\rho_x}{\rho_{sgx}}$$

$$\frac{\rho_x}{\rho_{sgx}} = \left(1+\frac{\kappa-1}{2}Ma_x^2\right)^{\frac{-1}{\kappa-1}}$$

روی شکل ٧ به عنوان تابعی از Ma_x نشان داده می‌شود و

$$p_x = p_{sgx} - p_{dx}F_{Mx} = p_{sgx} - \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 F_{Mx}$$

که F_{Mx} (مطابق با بند ١٤ – ٥ – ١) ، در شکل ٤ تعیین می‌شود.



شکل ۷ – تغییرات در $\frac{\rho_x}{\rho_{sgx}}$ به عنوان تابعی از Ma_x

۱۴ – ۶ محاسبه فشار سکون در مقطع مبنای فن از فشار مبنا (P_{ex}) که در مقطع x مجرای

آزمایش محاسبه شده است.

با فرض:

A_n: سطح مقطع ورودی یا خروجی فن ($n = 1$ ، برای ورودی و $n = 2$ ، برای خروجی)

A_x: سطح مقطع محاسبه شده مجرای آزمایش ($n = 3$ ، برای ورودی و $n = 4$ ، برای خروجی)

(شکل هشت را ملاحظه کنید).

فشار مطلق در مقطع x با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_x = p_{ex} + p_a$$

و مطابق با بندهای ١٤ – ٣ – ٢ و ١٤ – ٣ – ٣ و ١٤ – ٣ – ٤:

$$\theta_{sgx} = \theta_{sgn}$$

Ma_x و θ_x مطابق با بندهای ١٤ – ٣ – ٥ و ١٤ – ٤ – ٣ – ١، محاسبه می‌شوند.

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \theta_x}$$

$$v_{mx} = \frac{q_m}{A_x \rho_x}$$

فشار سکون در مقطع مبنای n توسط فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sgn} = p_x + \frac{1}{2} \rho_x v_{mx}^2 F_{Mx} \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$

که در آن:$(\zeta_{n-x})_n$ ، ضریب افت انرژی بین مقطع n و مقطع x است. که برای مقطع x (مطابق با بند ٣٠ – ٦) ، محاسبه شده است.

$(\zeta_{n-x}) \geq 0$: برای یک مجرای آزمایش خروجی .

$(\zeta_{n-x}) \leq 0$: برای یک مجرای آزمایش ورودی .

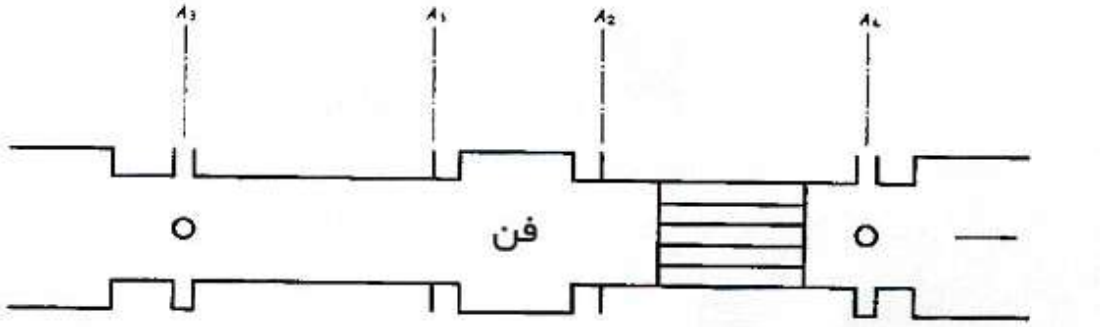
یادآوری – P_{ex} برای یک مجرای آزمایش ورودی یا یک محفظه ورودی منفی است.

یادآوری – P_{ex} را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$p_{esgn} = p_{ex} + \frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2 F_{Mx}\left[1+\left(\zeta_{n-x}\right)_x\right]$$

۱۴ – ۶ – ۱ محاسبه فشار سیال در مقطع مبنای فن

فشار استاتیک یا فشار سیال در یک مقطع مبنای فن (P_n) مطابق با بند ۱۴ – ۵ – ۲ از P_{sgx}, θ_{sgx} و A_n، محاسبه می‌شود.



شکل ۸ – صفحات اندازه‌گیری و صفحات مرجع

۱۴ – ۷ دبی حجمی جریان ورودی

روش‌های اندازه‌گیری جریان در این استاندارد ،در صورت عدم وجود نشتی به تعیین دبی جریان (q_m) ، منجر می‌شود.لازم به ذکر است، که q_m در سرتاسر سیستم مجرا ثابت می‌باشد.

دبی حجمی جریان ورودی را می‌توان به صورت دبی حجمی جریان تحت شرایط سکون ورودی،نوشته کرد. یعنی:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \theta_{sg1}}$$

۱۴ – ۸ راندمان و توان هوای فن:

سه روش پیشنهاد شده است:

- روش اول، از مفهوم کار در واحد جرم نتیجه می‌شود.
- دو روش دیگر، مفاهیم دبی حجمی جریان و فشار را با ضریب تصحیح برای در نظر گرفتن تاثیر سیال قابل تراکم ،مورد استفاده قرار می‌دهد.

این سه روش نتایج یکسانی را با تفاوت تا چند هزارم برای نسبت فشار معادل ۱/۳ به دست می‌دهند.

۱۴ – ۸ – ۱ محاسبه راندمان و توان هوای فن از کار در واحد جرم فن

با داشتن:

$$y = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{\rho_2 A_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{\rho_1 A_1}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

و

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R_w \Theta_1}$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

ρ_1 و ρ_2 مطابق با بند ۱۴ – ۵ – ۲، محاسبه می‌شود.

توان هوایی فن (P_u)، معادل با حاصلضرب $q_m y$ است.

راندمان‌های متفاوت از P_u و انواع متفاوت توان فراهم شده برای فن به دست می‌آید. یعنی توان پرّه (P_r)، توان محور (P_a)، توان خروجی موتور (P_o) و توان ورودی موتور (P_e):

$$\eta_r = \frac{P_u}{P_r}$$

$$\eta_s = \frac{P_u}{P_s}$$

$$\eta_o = \frac{P_u}{P_o}$$

$$\eta_e = \frac{P_u}{P_e}$$

۱۴ – ۸ – ۲ محاسبه توان هوای فن و راندمان از دبی حجمی جریان فن و فشار فن با داشتن:

$$P_u = q_{v_{sg1}} p_F k_p$$

راندمان‌های متفاوت از انواع مختلف توان فراهم شده (به روش نوشته شده در بند ۱۴ – ۸ – ۱) ، به دست می‌آید. که در آن:

$q_{v_{sg1}}$ = دبی حجمی جریان در شرایط سکون ورودی.

P_F = فشار فن، $P_{sg2} - P_{sg1}$.

k_P = ضریب تصحیح برای تاثیر تراکم پذیری.

دو روش برای محاسبه ضریب k_p پیشنهاد شده است، که نتایج دقیقاً یکسانی را به دست می‌دهند.

یادآوری – توان هوای فن که بدین روش محاسبه می‌شود، همیشه کمتر از مقدار محاسبه شده به روش نوشته شده در بند ۱۴ – ۸ – ۱ می‌باشد ($\approx$ **۲*۱۰$^{-۳}$ تا ۳×۱۰$^{-۳}$**) .

۱۴– ۸ – ۲ – ۱ محاسبه ضریب تراکم پذیری، k_p

نسبت فشار، r به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r = 1 + \frac{p_F}{p_{sg1}}$$

که در آن:

P_f = فشار فن (مطابق با بند ۱۴ – ۵ – ۱).

P_{sg1} = فشار سکون در ورودی فن .

با فرض اینکه:

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{\rho_{sg1} P_r}{q_m p_F} = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_F}$$

k_p توسط فرمول زیر داده شده و در شکل ۹ به عنوان تابعی از نسبت فشار، r و ضریب Z_k ترسیم می‌گردد.

$$k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k (r-1)\right]}$$

یادآوری - اگر k_p و $\frac{\rho_{sg1}}{\rho_{msg}}$ کمتر از ۲×۱۰^{-۳} باشند، با هم تفاوت دارند. که در آن:

$\rho_{msg} = \frac{\rho_{sg1} + \rho_{sg2}}{z}$ **است.**

ضریب تراکم پذیری، (k_p) را می‌توان با استفاده از فرمول زیر به دست آورد:

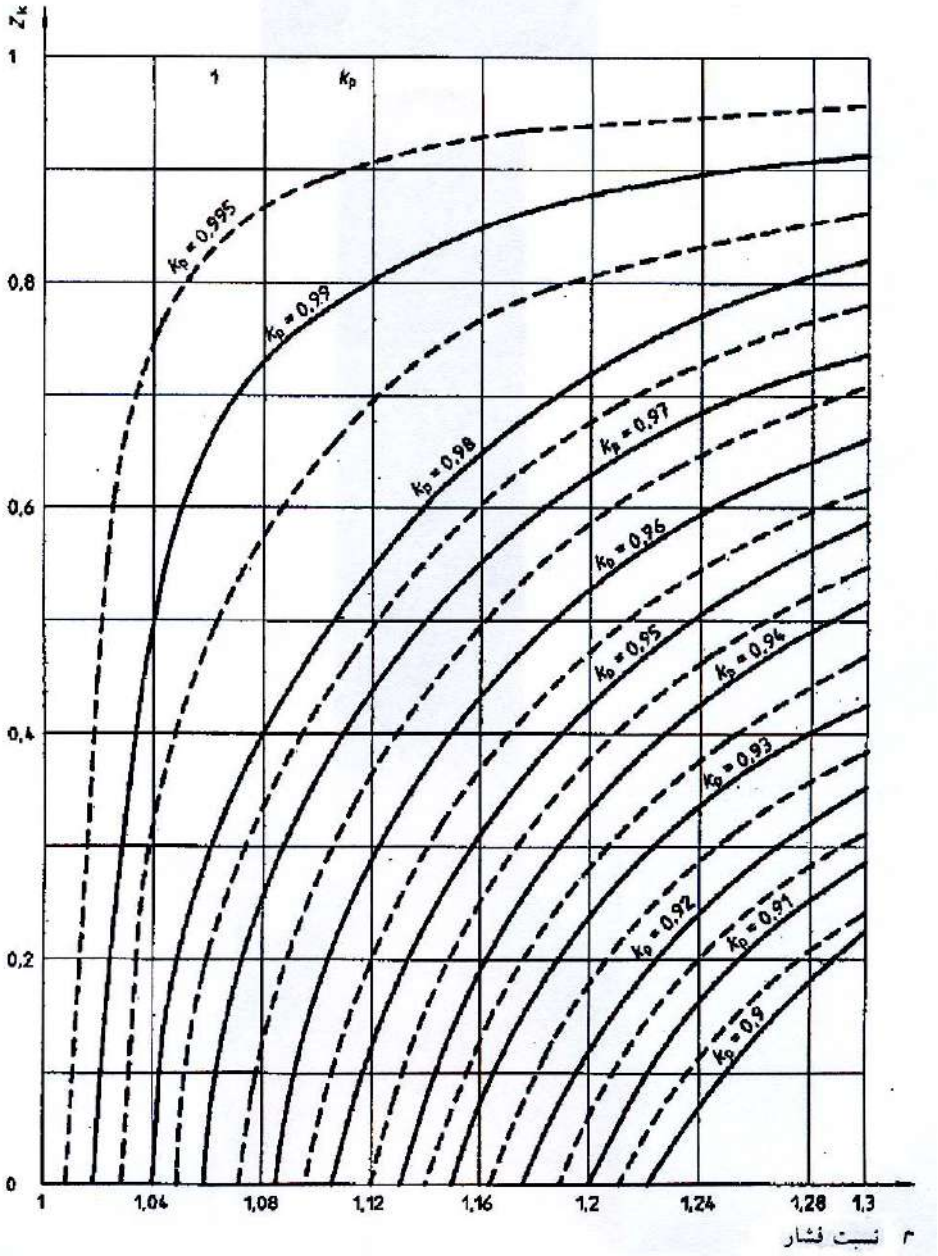
$$k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

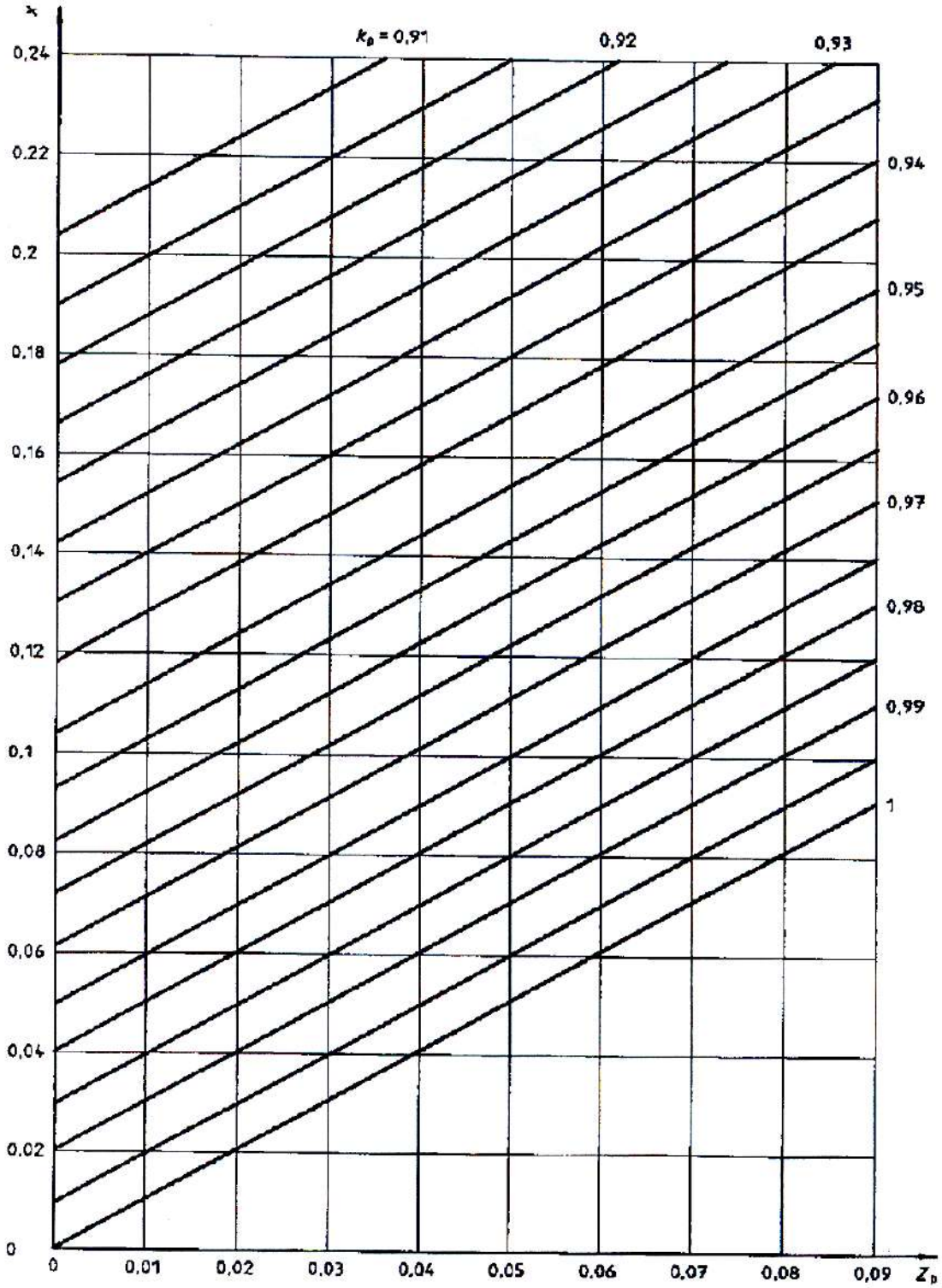
$$x = \frac{p_F}{p_{sg1}} = r - 1$$

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{sg1}}$$

k_p در شکل ۱۰ به عنوان تابعی از x و Z_p ترسیم شده است.



شکل ۹ – نمودار تعیین ضریب قابلیت تراکم، k_p



شکل ۱۰ – نمودار تعیین ضریب قابلیت تراکم، k_p

۱٤ – ۸ – ۲ – ۲ محاسبه کار فن در واحد جرم از توان هوای فن (P_u)

کار فن در واحد جرم، (y)، را می‌توان با استفاده از فرمول زیر به دست آورد:

$$y = \frac{P_u}{q_m} = \frac{P_u}{q_{vsg1}\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$P_u = q_{vsg1} p_F k_p$$

(مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۲ و ۱٤ – ۸ – ۲ – ۱) .

۱٤ – ۸ – ۳ ضریب استاتیک قراردادی

۱٤ – ۸ – ۳ – ۱ محاسبه توان هوای استاتیک فن و ضریب استاتیک فن از کار استاتیک فن در واحد جرم.

با داشتن:

$$y_s = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

که در آن:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

توان استاتیک هوای فن معادل حاصلضرب $q_m y_s$ می‌باشد. بنابراین:

$$P_{us} = q_m y_s$$

راندمان‌های متفاوت از P_{us} به همان شیوه نوشته شده در بند ۱٤ – ۸ – ۱، محاسبه می‌شود.

۱٤ – ۸ – ۳ – ۲ محاسبه توان هوای استاتیک فن از دبی حجمی جریان فن و فشار استاتیک فن.

توان استاتیک فن با عبارت زیر داده می‌شود:

$$P_{us} = q_{vsg1}\, p_{sF}\, k_{ps}$$

که در آن k_{ps} مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۲ – ۱ ،محاسبه می‌شود:

$$r = 1 + \frac{p_{sF}}{p_{sg1}}$$

$$x = \frac{p_{sF}}{p_{sg1}} = r - 1$$

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{\rho_{sg1}\, P_t}{q_m\, p_{sF}}$$

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_t}{q_{vsg1}\, p_{sg1}}$$

و نیز راندمان‌های استاتیک از P_{us} مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ ،تعیین می‌گردد.

یادآوری - توان استاتیک فن که بدین روش محاسبه می‌شود، همیشه بزرگتر از مقدار محاسبه شده مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۳ – ۱ است ($\approx ۲\times۱۰^{-۳}$ تا ٤×۱۰^{-۳}).

۱٤ – ۸ – ۳ – ۳ محاسبه کار استاتیک فن در واحد جرم (y_s)، از توان هوای استاتیک فن (P_{us}).

کار استاتیک فن در واحد جرم (y_s)، با استفاده از عبارت زیر به دست می‌آید:

$$y_s = \frac{P_{us}}{q_m} = \frac{P_{us}}{q_{vsg1}\, \rho_{sg1}}$$

۱٤ – ۸ – ٤ تعیین شاخص (اندیس) جنبشی در ورودی فن (i_{k1}) یا در خروجی فن (i_{k2})

شاخص جنبشی با فرمول های زیر داده می‌شود:

در ورودی فن:

$$i_{k1} = \frac{v_{m1}^2}{2y}$$

در خروجی فن:

$$i_{k2} = \frac{v_{m2}^2}{2y}$$

۱٤ – ۹ روش‌های محاسبه ساده شده

وقتی که عدد ماخ مبنا (Ma_{2ref}) و یا فشار فن از مقادیر معینی فراتر نباشد، روش‌های محاسبه ساده شده‌ای را می‌توان به کار برد.

۱٤ – ۹ – ۱ عدد ماخ مبنا (Ma_{2ref})، کمتر از ۰/۱۵ است امّا فشار فن (P_r)، بیشتر از ۲۰۰۰ پاسکال می‌باشد:

در این حالت:

- ضریب ماخ (F_{mx}) را می‌توان یک در نظر گرفت.
- درجه حرارت سکون (θ_{sgx}) و درجه حرارت سیال یا درجه حرارت استاتیک (θ_x) را می‌توان معادل در نظر گرفت و محاسبه کرد.

۱٤ – ۹ – ۱ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

می‌توان درجه حرارت‌های استاتیک و سکون را معادل در نظر گرفت و درجه حرارت بالا دست جریان سنج را نیز محاسبه کرد.

اندازه‌گیری دبی جریان نیاز به عملیات سعی و خطا برای محاسبه چگالی بالادست جریان سنج (به صورتی که در بندهای ۲۲ تا ۲۷ شرح داده شده است) ندارد.

$$\Theta_u = t_u + 273{,}15 = \Theta_{sgu}$$

$$p_u = p_{eu} + p_a$$

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_w \Theta_u}$$

امّا تصحیح عدد رینولدز در ضریب جریان جریان‌سنج (α) ،بایستی پس از اولین محاسبه دبی جرمی جریان و عدد رینولدز متناظر با آن، انجام شود.

۱٤ – ۹ – ۱ – ۲ اندازه‌گیری فشار سکون در مقطع $(P_{sgx})x$

مطابق با فرضیات شرح داده شده در بند ۱٤ – ۹ – ۱، برای مجرای خروجی داریم:

$$\Theta_2 = \Theta_4 = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg4} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

(درجه حرارت θ_{sg4} را می‌توان محاسبه کرد)

برای مجرای ورودی:

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_3 = \Theta_{sg3}$$

فشار مطلق در مقطع اندازه‌گیری با فرمول های زیر داده می‌شود:

$$p_x = p_{ex} + p_a$$

$$p_{sgx} = p_x + \frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2$$

یا

$$p_{sgx} = p_x + \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

فشار سکون نسبی (P_{esgx}) به وسیله فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{esgx} = p_{ex} + \frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2$$
$$= p_{ex} + \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

۱٤ – ۹ – ۱ – ۳ محاسبه فشار سکون در مقطع مبنای فن از فشار سیالی که در مقطع x اندازه‌گیری می‌شود (P_{ex}):

با فرض:

A_n: مساحت سطح مبنا (n = ۱ برای ورودی فن و n = ۲ برای خروجی فن) .

A_x: مساحت مقطع اندازه‌گیری مجرای آزمایش (شکل ۸ را ملاحظه کنید) .

(x = ۳ برای مجرای ورودی و x = ٤ برای مجرای خروجی) .

با دانستن اینکه:

$$\Theta_{sgx} = \Theta_{sgn} = \Theta_x = \Theta_n$$

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

$$v_{mx} = \frac{q_m}{A_x \rho_x}$$

فشار سکون در مقطع n توسط فرمول های زیر محاسبه می‌شود:

$$p_{sgn} = p_x + \frac{1}{2}\rho_x v_{mx}^2 \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$

یا

$$p_{sgn} = p_x + \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$

که در آن $(\xi_{n-x})_x$ ضریب افت انرژی بین مقطع n و مقطع x است که برای مقطع x مطابق با بند ۳۰ – ٦، محاسبه می‌گردد.

$(\xi_{n-x})_x \geq 0$: برای مجرای آزمایش خروجی .

$(\xi_{n-x})_x \leq 0$: برای مجرای آزمایش ورودی .

یادآوری ۱ - فشار نسبی (P_{ex}) برای یک مجرای آزمایش ورودی یا محفظه آزمایش ورودی منفی است.

یادآوری ۲ - فشار سکون نسبی در مقطع n با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{esgn} = p_{ex} + \frac{1}{2}\rho_x V_{mx}^2\left[1+(\zeta_{n-x})_x\right]$$

$$= p_{ex} + \frac{1}{2\rho_x}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2\left[1+(\zeta_{n-x})_x\right]$$

۱٤ – ۹ – ۱ – ٤ اندازه‌گیری فشار استاتیک در مقطع ابتدایی فن

مطابق با بند ۱٤ – ۹ – ۱ – ۲:

$$\Theta_n = \Theta_{sgn} = \Theta_x = \Theta_{sgx}$$

$$p_n = p_{sgn} - \rho_n\frac{V_{mn}^2}{2} = p_{sgn} - \frac{1}{2\rho_n}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

که در آن :

$$\rho_n = \frac{p_n}{R_w\Theta_n}$$

که در آن: $\rho_n = \frac{\rho_n}{R_w\theta_n}$، امّا ρ_n مجهول است.

با فرض اینکه برای اولین تقریب:

$$(\rho_n)_1 = \rho_{sgn} = \frac{p_{sgn}}{R_w \Theta_{sgn}} = \frac{p_{sgn}}{R_w \Theta_n}$$

$$(p_n)_1 = p_{sgn} - \frac{1}{2(\rho_n)_1}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

$$\rho_n = \frac{(p_n)_1}{R_w \Theta_n}$$

$$p_n = p_{sgn} - \frac{1}{2\rho_n}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

$$p_{en} = p_{esgn} - \frac{1}{2\rho_n}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

برای دقت 10^{-3} روی P_{en} دو یا سه تکرار کافی است، P_n را می‌توان توسط فرمول زیر به دست آورد:

$$p_n = \frac{1}{2}\left[p_{sgn} + \sqrt{p_{sgn}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2 R_w \Theta_{sgn}}\right]$$

$$\rho_n = \frac{p_n}{R_w \Theta_n}$$

۱۴ – ۹ – ۱ – ۵ اندازه‌گیری فشار فن

فشار فن (P_F) و فشار استاتیک فن (P_{sf})، توسط فرمول های زیر داده می‌شوند:

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sF} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

۱۴ – ۹ – ۱ – ۶ اندازه‌گیری توان هوای فن (P_u)

توان هوای فن (P_u)، توان هوای استاتیک فن (P_{us}) و کار فن در واحد جرم (y_s, y) مطابق با بندهای ۱۴ – ۸ – ۱ و ۱۴ – ۸ – ۲ و ۱۴ – ۸ – ۳، داده می‌شوند. راندمان‌های

متفاوت از P_u یا P_{us} و انواع متفاوت توان اعمال شده به فن، مطابق با بند ۱۴ – ۸ – ۱ محاسبه می‌شود.

۱۴ – ۹ – ۲ عدد ماخ مبنا (Ma_{2ref}) کمتر از ۰/۱۵ و فشار فن (P_f) کمتر از ۲۰۰۰ پاسکال:

در این حالت:

ضریب ماخ (F_{Mx}) را می‌توان معادل یک در نظر گرفت.

دمای سکون ورودی و خروجی و دمای استاتیک ورودی و خروجی، می‌توانند به صورت معادل هم در نظر گرفته شوند و اگر در مورد فن مورد آزمایش یک فن کمکی در بالادست جریان فن وجود نداشته باشد، این دماها را می‌توان معادل دمای محیط در نظر گرفت.

$$\theta_1 = \theta_{sg1} = \theta_2 = \theta_{sg2} = \theta_3 = \theta_{sg3} = \theta_u = \theta_a = t_a + 273{,}15$$

- جریان هوا در عبور از فن و مجرای آزمایش به صورت غیر قابل تراکم در نظر گرفته می‌شود.
- در حضور یک فن کمکی، جریان هوا بین مقاطع سه و چهار غیر قابل تراکم در نظر گرفته می‌شود (شکل ۸ را ملاحظه کنید).

۱۴ – ۹ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان:

مطابق با بند ۱۴ – ۹ – ۱ – ۱ :

$$p_u = p_{eu} + p_a$$

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_w \theta_u}$$

امّا تصحیح عدد رینولدز در ضریب جریان دستگاه جریان سنج (α) بایستی پس از اولین محاسبه دبی جرمی جریان و عدد رینولدز متناظر آن، انجام شود.

۱٤ - ۹ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار سکون در مقطع $(P_{sgn})_x$:

مطابق با بندهای ۱٤ – ۹ – ۱ و ۱٤ – ۹ – ۱ – ۲ و ۱٤ – ۹ – ۲:

$$p_x = p_{ex} + p_a$$

$$p_{sgx} = p_x + \frac{1}{2}\rho_1 v_{mx}^2 = p_x + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

یا

$$p_{esgx} = p_{ex} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2$$

بدون وجود یک فن کمکی، جریان بالادست در فن مورد آزمایش، ρ_1 با عبارت زیر داده می‌شود:

$$\rho_1 = \frac{p_a}{R_w \theta_{sg1}} = \frac{p_a}{R_w \theta_a} = \rho_a$$

و به کمک یک فن کمکی جریان بالا دست در فن مورد آزمایش ρ_1 با عبارت زیر داده می‌شود:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \frac{p_3}{R_w \theta_3}$$

۱٤ – ۹ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری فشار سکون در مقطع ابتدایی فن از فشار نسبی اندازه‌گیری شده در مقطع (P_{ex})x:

مطابق با بندهای ۱٤ – ۹ – ۱ – ۲ و ۱٤ – ۹ – ۲ :

$$p_{sgn} = p_x + \frac{1}{2}\rho_1 v_{mx}^2 \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$
$$= p_x + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$

فشار سکون نسبی در مقطع n با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{esgn} = p_{ex} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{n-x})_x\right]$$

۱٤ – ۹ – ۲ – ٤ اندازه‌گیری فشار استاتیک در مقطع ابتدایی فن

مطابق با بندهای ۱٤ – ۹ – ۲ و ۱٤ – ۹ – ۲ – ۲:

$$p_n = p_{sgn} - \frac{1}{2}\rho_1 v_{mn}^2$$
$$p_n = p_{sgn} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \left(\frac{A_x}{A_n}\right)^2 = p_{sgn} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

که آن را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$p_{en} = p_{esgn} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2 \left(\frac{A_x}{A_n}\right)^2 = p_{esgn} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_n}\right)^2$$

۱٤ – ۹ – ۲ – ۵ فشار فن

فشار فن (P_f) و فشار استاتیک فن (P_{sf}) ،به وسیله فرمول های زیر داده می‌شود:

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sF} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

۱٤ – ۹ – ۲ – ٦ اندازه‌گیری توان هوای فن (P_u):

توان هوای فن (P_u) و توان هوای استاتیک فن (P_{us}) ،توسط فرمول های زیر محاسبه می‌شوند:

$$P_u = q_{vsg1}\, p_F$$

$$P_{us} = q_{vsg1}\, p_{sF}$$

راندمان‌های متفاوت از P_u یا P_{us} محاسبه شده و انواع متفاوت توان‌های اعمال شده مطابق با بند ۱۴ – ۸ – ۱، محاسبه می‌گردند.

۱۵ قوانین نتایج آزمایش

اگر در طی انجام آزمایش‌هایی که مورد تائید قرار می‌گیرند، اندازه‌گیری‌های عملکرد فن تحت شرایط مشخص انجام شوند. نتایج آزمایش را تنها می‌توان مستقیماً با مقادیر تضمینی مقایسه کرد. در بسیاری از آزمایش‌هایی که به طور کامل روی فن انجام شده است، امکان ندارد که به طور دقیق بتوان عملیات را باز تولید و نگهداری کرد و یا نمی‌توان شرایط انجام آزمایش در مجراهای را آنگونه که در شرایط کاربردی مشخص شده‌اند، فراهم ساخت.

تنها نتایج تبدیل شده به شرایط عملکردی را می‌توان با مقادیر مشخص شده مقایسه کرد.

وقتی که به خاطر محدودیت‌ها در ایجاد توان یا محدودیت‌ها در ابعاد مجراهای آزمایش استاندارد انجام آزمایش مقیاس کامل غیر عملی باشد، می‌توان آزمایش‌های الگویی را برای فن‌های بزرگ در مسیرهای هوای استاندارد انجام داد.

۱۵ – ۱ قوانین تشابه فن

۱۵ – ۱ – ۱ تشابه

دو فن که دارای شرایط جریانی یکسان هستند، مشخصه عملکردی یکسانی نیز خواهند داشت. درجه تشابه در مشخصه‌های عملکردی به درجه تشابه در فن‌ها و جریان فن‌ها ،بستگی دارد.

۱۵ – ۱ – ۱ – ۱ تشابه هندسی

تشابه هندسی کامل بدین مفهوم است که، نسبت تمام ابعاد متناظر برای هر دو فن یکسال باشد. این شامل نسبت ضخامت، لقی‌ها، زبری ها و هم چنین دیگر ابعاد خطی برای گذرگاه جریان می‌باشد. تمام زوایای متناظر بایستی معادل باشند.

۱۵ – ۱ – ۱ – ۲ تشابه عدد رینولدز

به منظور ایجاد ضخامت نسبی لایه مرزی، پروفیل سرعت و افت‌های اصطکاکی به صورت یکسان، تشابه عدد رینولدز لازم می‌باشد.

$$Re_u = \frac{uD_t\rho_{sg1}}{\mu} = \frac{uD_t p_{sg1}}{\mu R_w \Theta_{sg1}}$$

وقتی که عدد رینولدز محیطی افزایش می‌یابد، افت‌های اصطکاکی کاهش پیدا می‌کنند. بنابراین، راندمان و احتمالاً عملکرد افزایش خواهد یافت.

تفاوت در راندمان ۰/۰٤ (٤ درصد) را، می‌توان برای نسبت عدد رینولدز معادل با دو به دست آورد.

۱۵ – ۱ – ۱ – ۳ عدد ماخ و تشابه مثلث‌های سرعت

به منظور معادل کردن مثلث‌های سرعت بایستی تغییرات فشار و سرعت و دما در فن یکسان باشند. برای اعداد ماخ محیطی بیشتر از ۰/۱۵ تفاوت‌های مهمی ممکن است به وجود آید.

اگر عدد ماخ برای شرایط تعیین شده و شرایط آزمایش یکسان نباشند، برای اعداد ماخ محیطی بیشتر از ۰/۱۵ تفاوت‌های عمده‌ای ممکن است به وجود آید.

عدد ماخ محیطی در فن با فرمول زیر داده می‌شود:

$$Ma_u = \frac{u}{\sqrt{\chi R_w \Theta_{sg1}}}$$

وقتی عدد ماخ زیاد می‌شود، عدد رینولدز محیطی و هم چنین فشار فن افزایش می‌یابد، با افزایش فشار فن، ρ_m و افت‌ها زیاد می‌شوند، در حالی که k_p و نسبت $\frac{\rho_{sg1}}{\rho_{msg}}$ هر دو کاهش پیدا می کنند ودر نتیجه تشابه مثلث سرعت دیگر برقرار نمی باشد. بدین دلیل است که، وقتی عدد ماخ افزایش می یابد عملکرد وراندمان فن ابتدا بهبود پیدا کرده وسپس دچار افت می شوند، این تاثیر به نوع فن ، پره های فن و وضعیت نقطه عملکردی روی منحنی مشخصه فن بستگی دارد

ازآنجایی که ضریب تراکم پذیری ،k_p که در بندهای ۱۴-۸-۲-۱و۱۴-۸-۲-۲ تعریف شده است، به مقدار $\frac{\rho_{sg1}}{\rho_{msg}}$ نزدیک می‌باشد. از آن می‌توان برای نمایش تغییرات چگالی در فن تفسیر نمودن تشابه مثلث‌های سرعت، استفاده کرد.

یادآوری - در فن‌هایی که $Ma \leq 0.7$ است هرگز امواج ضربه‌ای وجود ندارد.

۱۵ - ۲ قوانین تبدیل

بنا به قرارداد زیرنویس T_e برای اندازه‌گیری‌های آزمایش و نتایج آزمایش و زیرنویس Gu برای شرایط و عملکردی عملکرد تضمین شده به کار می‌روند.

شکل ۱۱، تغییرات مجاز نسبت $\frac{R_{euTe}}{R_{euGu}}$ را به عنوان تابعی از R_{euGu}، نشان می‌دهد.

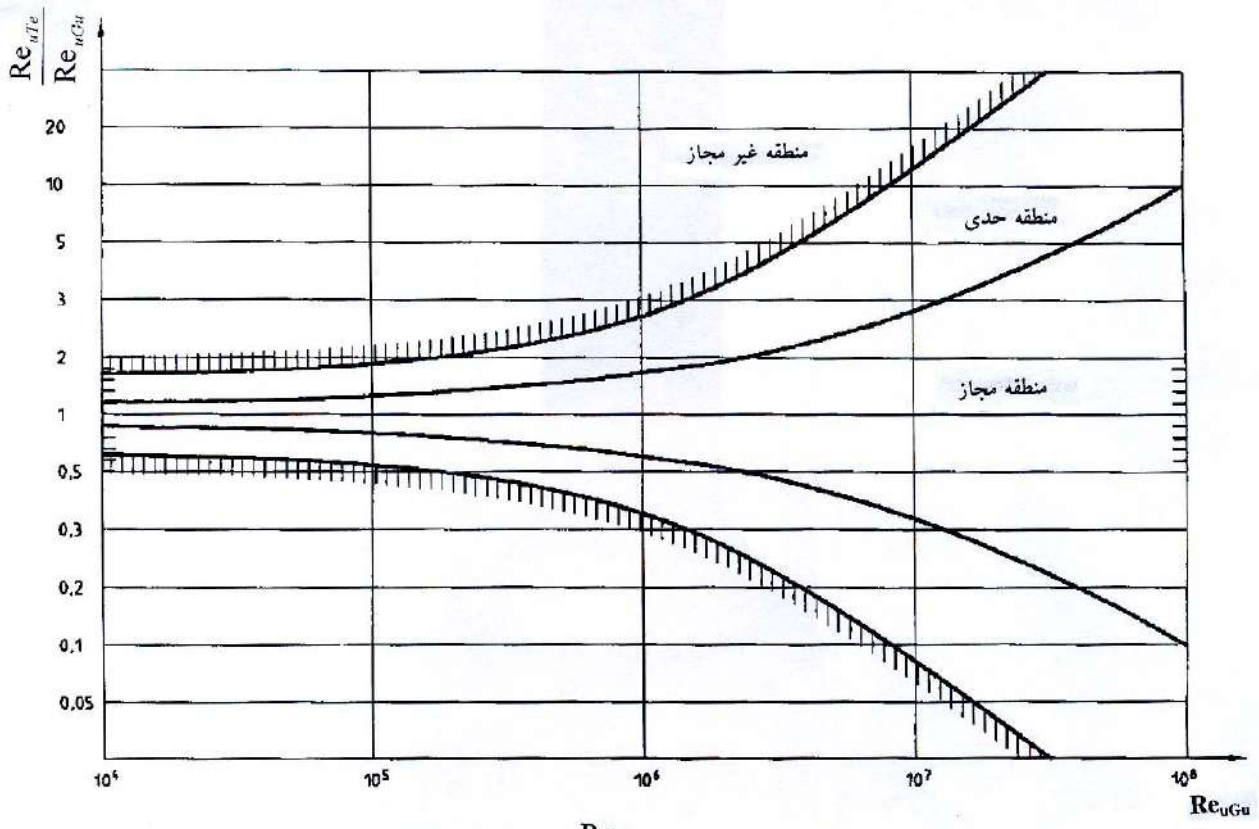
$$\frac{Re_{u}Te}{Re_{u}Gu}$$

شکل ۱۲، معرف تغییرات نسبت $\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}$ به عنوان تابعی از k_{pGu} و Δk_p است. که در آن:

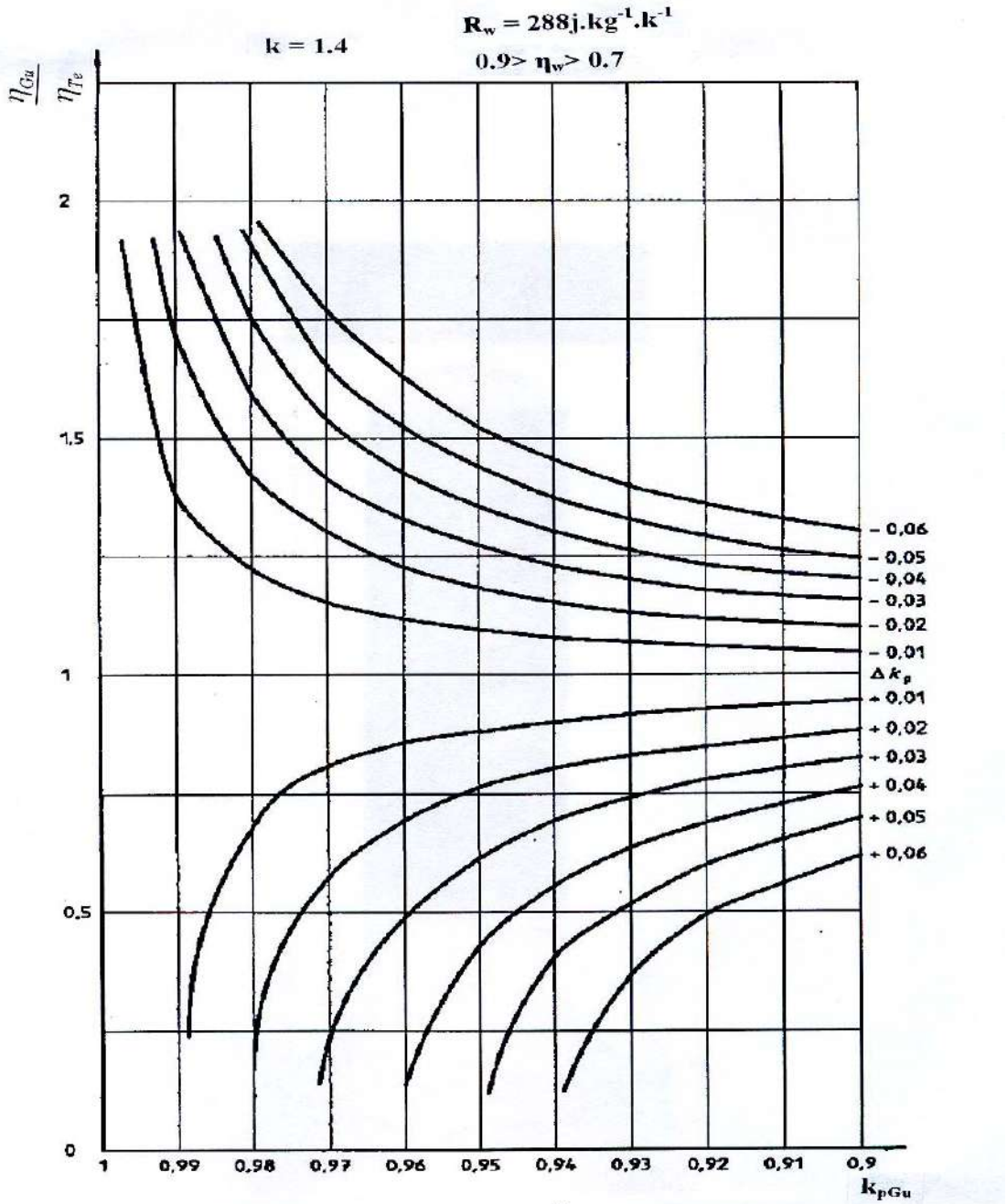
$$\Delta k_p = k_{pGu} - k_{pTe}$$

۱۵ - ۲ - ۱ قوانین تبدیل برای جریان تراکم پذیر

مدارک اندکی وجود دارد که بتوان قوانین همگانی را برای تبدیل عملکرد فن مورد آزمایش به یک شرایط مشخص شده برقرار کرد، که این شرایط شامل تغییر در ضریب تراکم بیش از ۰/۰۱± و ضریبی که ممکن است به اندازه ۰/۰۶ می‌باشد.



شکل ۱۱ – تغییرات مجاز $\frac{Re_{uTe}}{Re_{uGu}}$ به عنوان تابعی از Re_{uGu}



شکل ۱۲ – تغییر $\frac{\eta_{Gu}}{\eta_{Te}}$ به عنوان تابعی از k_{pGu} و Δkp

۱۵ – ۲ – ۱ – ۱ قوانین تبدیل برای تغییر بیشتر ۰/۰۱ در ضریب تراکم (k_p):

این قوانین تبدیل را می‌توان با عبارت‌های زیر نشان داد، که در آن q نمایی است که ممکن است از یک طرح به طرح دیگر تغییر کند و مقادیر و مقادیر از ۰ تا ۰/۵ شرح داده شده‌اند. یک نوع آزمایش سفارش می‌گردد (که ممکن است به اندازه اصلی مدل باشد) تا محدوده نسبت فشار (r) و محدوده مشخصه فن را روی هر قسمت از نقطه بهترین راندمان مشخص کند، که در آن نقطه q را می‌توان به عنوان عددی ثابت بدون افزایش غیر منتظره در عدم قطعیت پیش‌بینی عملکردی در نظر گرفت. برای اینکه این قوانین تبدیل را به کار ببریم، لازم است بین مصرف کننده و تولید کننده توافق حاصل شود. ضریب تراکم پذیری (k_{PGU}) را پس از تبدیل، می‌توان از فرمول تقریبی زیر که در محدوده‌ای تا ۱۰۰۰ قابل قبول است به دست آورد.

$$\frac{1-k_{pGu}}{1-k_{pTe}}=\left(\frac{n_{Gu}D_{rGu}}{n_{Te}D_{rTe}}\right)^2\left(\frac{R_{wTe}\theta_{sg1Te}}{R_{wGu}\theta_{sg1Gu}}\right)\frac{\kappa_{Te}}{\kappa_{Gu}}\left[\frac{1-\kappa_{Gu}(1-\eta)}{1-\kappa_{Te}(1-\eta)}\right]=k^2$$

که در آن η معادل η_r یا η_{sr} است.

عملکرد فن پس از تبدیل را می‌توان از فرمول های زیر پیدا کرد:

$$\frac{q_{Vsg1Gu}}{q_{Vsg1Te}}=\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^3\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^q$$

$$\frac{p_{FGu}}{p_{FTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^2\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^2\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{-1}$$

$$\frac{p_{sFGu}}{p_{sFTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^2\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^2\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{-1}$$

$$\frac{P_{rGu}}{P_{rTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^3\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^5\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^q$$

عدد رینولدز (R_{eu}) را می‌توان در محدوده‌های شکل ۱۱ قرار داد.

این فرمول‌ها در مورد تغییر در سرعت دورانی (N) یا فرکانس دورانی (n)، قطر پره (D_r). ثابت گاز (k, R_w)، دمای ورودی (θ_{sg1}) و چگالی (ρ_{sg2}) ، به کار می‌روند.

یادآوری - عملیات ساده‌سازی را می‌توان به عنوان تابعی از پارامترهایی که ثابت در نظر گرفته می‌شوند، انجام داد.

۱۵ – ۲ – ۱ – ۲ قوانین تبدیل برای تغییری کمتر از ۰/۰۱± در ضریب تراکم پذیری (k_p) در محدوده‌های عدد رینولدز محیطی مطابق با شکل ۱۱ عبارت‌های زیر را می‌توان به کار برد:

ضریب تراکم پذیری برای شرایط تصمیمی (K_{pGu}) را می‌توان از فرمول شرح داده شده در بند ۱۵ – ۲ – ۱ – ۱ ،تخمین زد.

$$\frac{1-k_{pGu}}{1-k_{pTe}}=\left(\frac{n_{Gu}D_{rGu}}{n_{Te}D_{rTe}}\right)^{2}\left(\frac{R_{wTe}\Theta_{sg1Te}}{R_{wGu}\Theta_{sg1Gu}}\right)\frac{\kappa_{Te}}{\kappa_{Gu}}\left(\frac{1-\kappa_{Gu}(1-\eta)}{1-\kappa_{Te}(1-\eta)}\right)$$

عملکرد فن را می‌توان پس از تبدیل با استفاده از عبارت‌های زیر به دست آورد:

$$\frac{q_{Vsg1Gu}}{q_{Vsg1Te}}=\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^{3}\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{q}$$

$$\frac{p_{FGu}}{p_{FTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^{2}\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^{2}\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{-1}$$

$$\frac{P_{sFGu}}{P_{sFTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^{2}\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^{2}\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{-1}$$

$$\frac{P_{rGu}}{P_{rTe}}=\left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^{3}\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^{5}\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)\left(\frac{k_{pGu}}{k_{pTe}}\right)^{q}$$

که در آن η معادل η_r یا η_{sr} است و q شاخصی است که ممکن است از یک طرح به طرح دیگر تغییر کند. که مقادیر از ۰ تا ۰/۵- شرح داده شده‌اند.

یادآوری - عملیات ساده سازی را می‌توان به عنوان تابعی از پارامترهایی که ممکن است ثابت در نظر گرفته شوند ،انجام داد.

۱۵ – ۲ – ۲ قوانین تبدیل ساده شده برای جریان تراکم ناپذیر

وقتی که فشار فن برای آزمایش و شرایط تضمین شده کمتر از ۲۰۰۰ پاسکال باشد، KP به ۱ نزدیک می‌شود و فرمول ساده شده زیر را می‌توان برای محاسبه عملکرد تبدیل یافته به کار برد:

$$\frac{q_{Vsg1Gu}}{q_{Vsg1Te}} = \left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^3$$

$$\frac{p_{FGu}}{p_{FTe}} = \left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^2\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^2\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right) = \frac{p_{sFGu}}{p_{sFTe}}$$

$$\frac{P_{rGu}}{P_{rTe}} = \left(\frac{n_{Gu}}{n_{Te}}\right)^3\left(\frac{D_{rGu}}{D_{rTe}}\right)^5\left(\frac{\rho_{sg1Gu}}{\rho_{sg1Te}}\right)$$

۱۵ – ۲ – ۳ توان محور و توان پرّه

توان‌های ورودی مشخص و اندازه‌گیری شده، معمولاً توان محور فن (P_{aTe} و P_{aGu}) خواهند بود. لازم است افت‌های یاتاقان‌های (P_{bTe} در n_{Te} و P_{bGu} در n_{Gu}) را تخمین زد. به کار بردن فرمول های زیر به منظور انجام تبدیل مشخص شده در بند ۱۵ – ۲، لازم می‌باشد:

$$P_{rTe} = P_{aTe} - P_{bTe}$$

$$P_{aGu} = P_{rGu} + P_{bGu}$$

امّا این خطای رخ داده شده با فرض $\frac{P_{rGu}}{P_{rTe}}$ با عبارت $\frac{P_{aGu}}{P_{aTe}}$ معادل می‌باشد. و مقدار آن بر حسب درصد از مقدار زیر بیشتر نمی باشد:

$$\frac{200\left(n_{Gu} - n_{Te}\right)P_b}{n_{Te}P_a}$$

لازم به توضیح است، که این خطا قابل صرف نظر کردن می‌باشد.

۱۶ منحنی‌های مشخصه فن

۱۶ – ۱ کلیات

این بند با نمایش نموداری نتایج آزمایش روی یک سری از فن‌ها بستگی دارد.

نمودارهای مشخص کننده عملکرد یک سری از فن‌ها که در محدوده‌ای از سرعت و اندازه به وسیله ضرائب بی بعد یا غیر از آن می‌باشند، خارج از محدوده این استاندارد هستند.

۱۶ – ۲ روش‌های ترسیم

نتایج واقعی آزمایش و یا نتایج پس از تبدیل (مطابق با قوانین شرح داده شده در بند ۱۵) به عنوان مجموعه‌ای از نقاط آزمایشی نسبت به جریان حجمی ورودی، ترسیم خواهند شد. وقتی که نتایج پایدار به دست نمی‌آیند، منحنی‌های پیوسته با مقاطعی از خطوط گسسته که نا پیوستگی‌ها را بهم مشترک می‌سازد، از این نقاط عبور خواهند کرد. نتایج تبدیل (مطابق با قوانین شرح داده شده در بند ۱۵) را در صورتی می‌توان به کار برد، که این تغییرات خارج از محدوده تبدیل (که در بند ۱۵ – ۱ – ۱ شرح داده شده‌اند) ، به درستی روی منحنی‌ها ترسیم شده و نمایش داده شوند.

برای فن‌هایی که در آنها فشار بیش از ۲۰۰۰ پاسکال باشد، معرف‌های چگالی خروجی فن با استفاده از نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_{sg1}}$ یا $K_p = \frac{\rho_1}{\rho_m}$ ،ترسیم خواهد شد.

۱۶ – ۳ منحنی‌های مشخصه در سرعت ثابت

برای منحنی‌های مشخصه در سرعت دورانی ثابت (از نتایج تبدیل شده مطابق با قوانین شرح داده شده در بند ۱۵) یک سرعت ثابت دورانی؛ N_{Gu}، یک فشار سکون مطلق ورودی ثابت، P_{sg1Gu} و یک چگالی ثابت ρ_{sg1Gu} (اگر غیر از این توافق شدهباشد مقدار چگالی ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد بود) خواهیم داشت. فشار فن (P_f) و فشار استاتیک فن (P_{sf}) یا یکی از آنها همراه با فشار

دینامیکی فن که برای اثر عدد ماخ تصحیح شده $(P_{d2}\ F_{M2})$ نسبت به دبی حجمی جریان ورودی (q_{rsg1})،ترسیم خواهند شد.

راندمان فن (η) راندمان استاتیک فن (η_r) یا فرمول‌های توان محوری آنها را نیز می‌توان ترسیم نمود. در شکل ۱۳، مثالی برای این تعریف شرح داده شده است.

۱۶ – ٤ منحنی‌های مشخصه در سرعت ذاتی

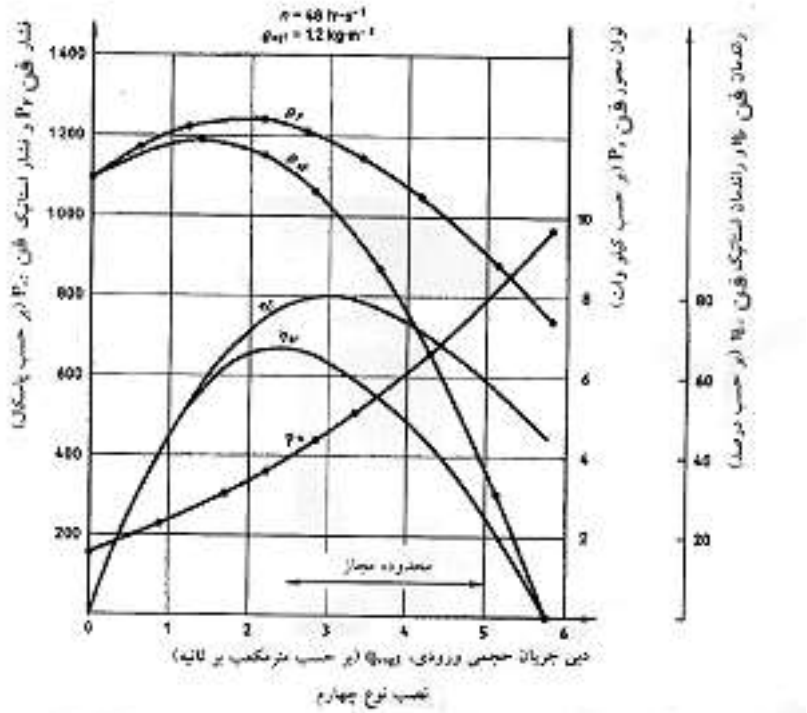
منحنی‌های مشخصه در سرعت ذاتی را می‌توان زمانی به کار برد، که برای یک واحد شامل فن و وسایل رانشی آن مناسب باشد. وسایل رانشی بایستی تحت شرایط ثابت و پایدار یعنی در ولتاژ و فرکانس نامی برای یک موتور الکتریکی عمل کند. سرعت دورانی بایستی در منحنی مشخصه عملکردی فن که نسبت به دبی حجمی جریان ورودی ترسیم شده است ،نشان داده شود.

تبدیل به چگالی هوای دیگر با نسبی عدد رینولنر که در بند ۱۵ – ۲ شرح داده شده است مجاز است به شرط آنکه سرعت دورانی با توجه به توان ورودی موتور به کمک اطلاعات عملکردی درباره وسایل رانشی تصحیح شود.

۱۶ – ۵ منحنی‌های مشخصه برای فن‌های با عملکرد قابل تنظیم

منحنی‌های مشخصه فن با عملکرد قابل تنظیم برای فنی لازم هستند، که توانایی کافی برای تغییر در عملکرد پرّه‌های با زاویه متغیر یا پرّه‌های راهنمای ورودی متغیر را داشته باشند. استفاده دسته‌ای از منحنی‌های مشخصه با سرعت ثابت در چگالی ورودی ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب ،سفارش می‌گردد. که این منحنی‌ها در گام های تنظیمی مناسبی روی کل محدوده موجود دبی حجمی جریان انتخاب شده‌اند. راندمان‌ها را می‌توان به کمک خطوط و منحنی‌های ثابتی که از نقاطی با راندمان مساوی روی

منحنی مشخصه فشار فن ترسیم شده است، نشان داد. مثالی در این مورد در شکل ١٤ نشان داده شده است.



شکل ١٣ – مثالی از یک مجموعه کامل از منحنی مشخصه‌های فن با سرعت ثابت

١٦ – ٦ منحنی مشخصه کامل فن

یک منحنی مشخصه کامل فن از فشار استاتیک صفر فن تا دبی حجمی جریان ورودی صفر امتداد می‌یابد. تنها بخشی از این منحنی غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرد و سفارش می‌گردد، که تامین کننده این فن محدوده دبی حجمی جریان ورودی مناسب آن فن را مشخص سازد.

منحنی مشخصه فن ترسیم شده را می‌توان به این حوزه عملکردی طبیعی محدود کرد. عدم قطعیت اندازه‌گیری، خارج از محدوده عملکردی طبیعی دبی‌های حجمی جریان ورودی، می‌تواند افزایش یابد و الگوهای جریانی که رضایت بخش نیستند در ورودی یا خروجی گسترش می‌یابند.

۱۶ – ۷ آزمایشی برای عملکرد خاص

آزمایش برای عملکرد خاص نباید کمتر از سه نقطه آزمایش را که بخش کوچکی از منحنی عملکردی را مشخص می‌کند، در بر گیرد. این سه نقطه شامل دبی حجمی جریان ورودی مشخص شده، فشار استاتیک فن یا فشار سکون فن مشخص شده می‌باشد. یک خط مقاومت سیستم نیز باید از نقطه عملکرد مشخص نشده رسم شود. چنانچه فشار استاتیک یا فشار سکون با مربع دبی حجمی جریان ورودی تغییر کند (شکل ۱۵ رابببنید و ملاحظه کنید) ، نقطه عملکردی واقعی فن در تقاطع منحنی مشخصه فن و خط مقاومت سیستم می‌باشد.

یادآوری – انحراف یا رواداری فن، بایستی مطابق با طرح و برنامه‌ریزی استاندارد *ISO* تعیین گردد.

۱۷ تحلیل عدم قطعیت

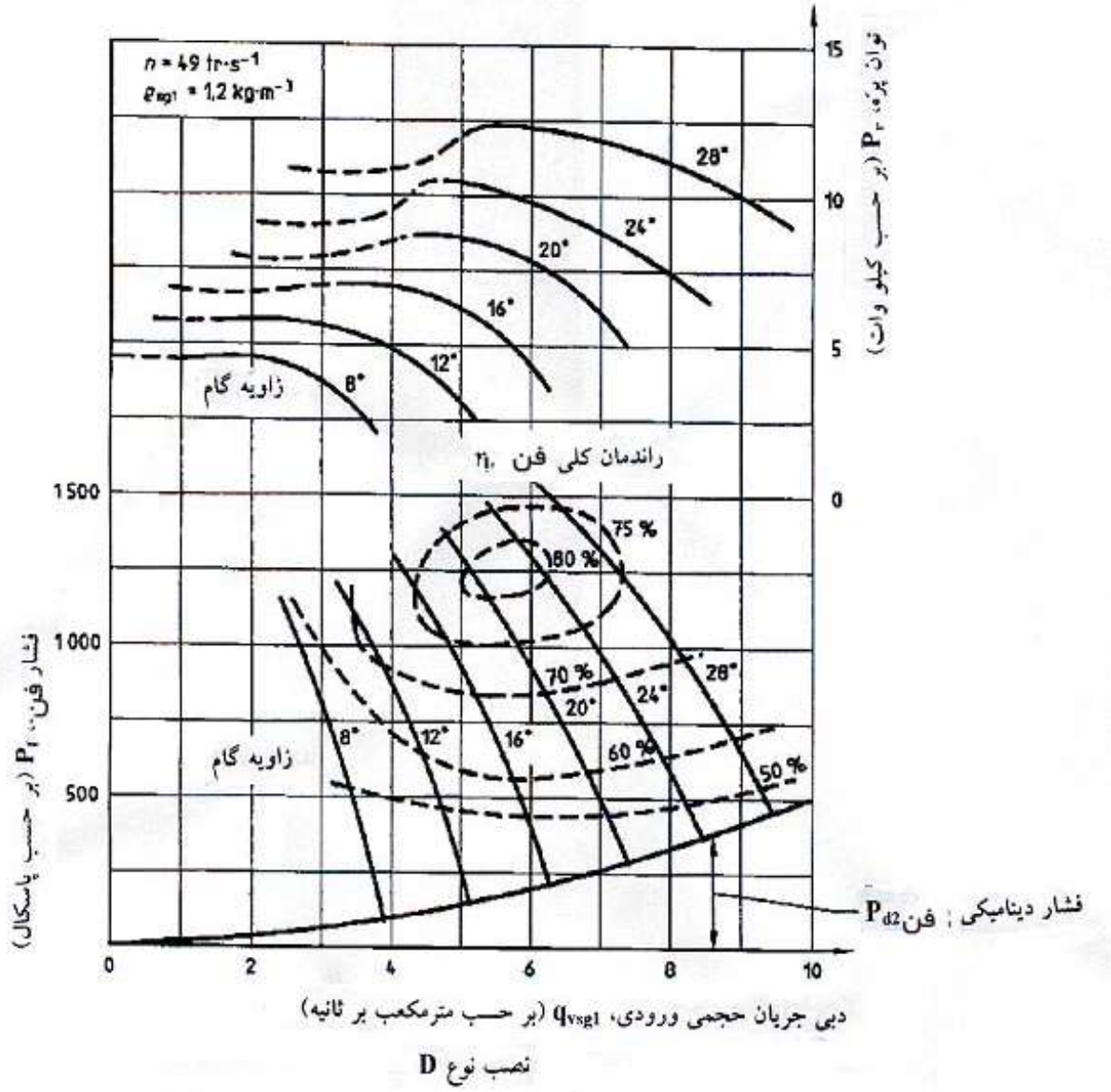
۱۷ – ۱ اصول

اینکه تمام اندازه‌گیری‌ها دارای مقداری خطا هستند، یک اصل پذیرفته شده است. هم چنین بدیهی است که هرگونه نتیجه از محاسبه دبی حجمی جریان فن و فشار فن که از اطلاعات اندازه‌گیری شده به دست آمده است شامل خطاهای نه تنها ناشی از خطاها در داده‌ها بلکه ناشی ا تقریبات یا خطاها در مراحل محاسبه خواهند بود.

به همین ترتیب کیفیت اندازه‌گیری یا نتیجه، تابعی از خطاهای مرتبط با آن می‌باشد. تحلیل عدم قطعیت وسیله‌ای برای مشخص کردن خطاها با سطوح متفاوت پوششی است. کیفیت هرگونه آزمایش فن به بهترین وجه با ایجاد یک تحلیل عدم قطعیت، محاسبه و ارزشیابی می‌شود.

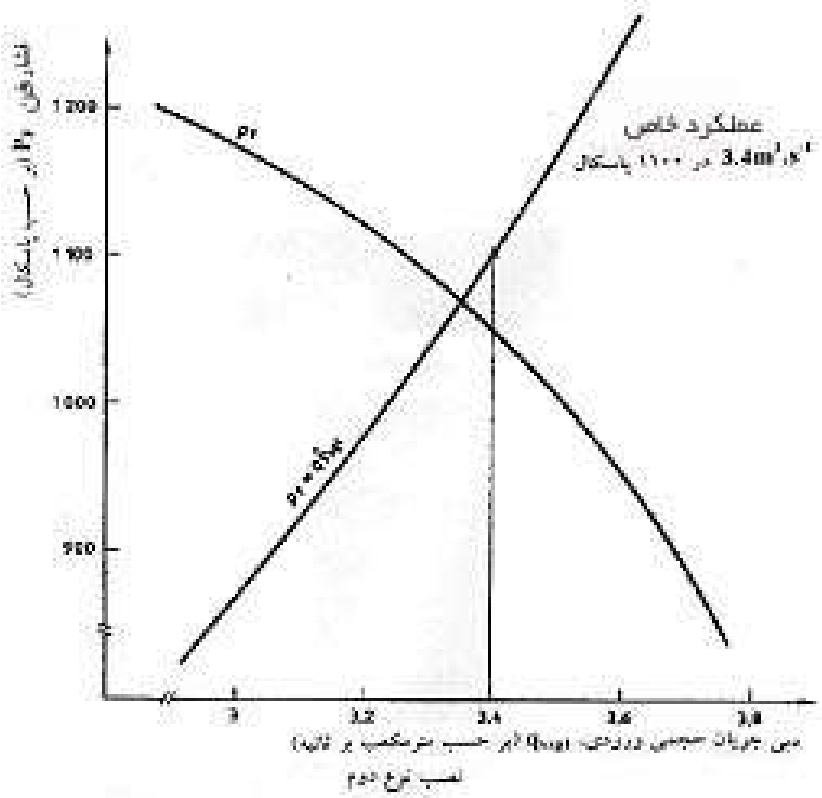
ISO 8168 بحث بسیار خوبی از تحلیل عدم قطعیت را در بر دارد،که می‌تواند برای تمام جنبه‌های آزمایش فن و نه تنها اندازه‌گیری‌های جریانی مایع به کار رود. مفهوم موجود در *ISO 5168* مبنایی را برای موضوع زیر فراهم می‌سازد.

در این استاندارد لازم است حداقل ۹۵ درصد از خطاها پوشش داده شود.



نصب نوع **D**

شکل ١٤ - مثالی از منحنی‌های مشخصه برای یک فن با وظیفه قابل تنظیم



شکل ۱۵ – مثالی از آزمایش برای یک عملکرد خاص

۱۷ – ۲ تحلیل پیش از آزمایش و پس از آزمایش

برای تشخیص مسائل بالقوه اندازه‌گیری و امکان طراحی آزمایش با هزینه و شرایط بهینه یک تحلیل عدم قطعیت پیش از آزمایش را، سفارش می‌کنیم. تحلیل عدم قطعیت پیش از آزمایش برای تثبیت کیفیت آزمایش لازم است. هم چنین این تحلیل نشان خواهد داد، که کدام اندازه‌گیری‌ها با بزرگترین خطاها ارتباط داشته‌اند.

۱۷ – ۳ دستور العمل تحلیل عدم قطعیت

برای آزمایش فن یک تحلیل دقیق عدم قطعیت، نیاز به کوشش جدی و نیز اطلاعات دقیق در ارتباط با ابزارها، کالیبراسیون‌ها، محاسبات و سایر عوامل دیگر دارد. حداقل ۵ و شاید تا ۱۵ پارامتر وجود دارد که می‌تواند به عنوان نتایج آزمایش یک فن ،در نظر گرفته شود. هر نتیجه به یک یا چند اندازه‌گیری بستگی دارد. هر اندازه‌گیری می‌تواند ۵ مولفه عدم قطعیت یا بیشتر را داشته باشد. تمام این مولفه‌ها را بایستی در تحلیل عدم قطعیت در نظر گرفت.

روند تشریح شده در *ISO 5168* شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف – فهرست تمام منابع احتمالی خطا.

ب – محاسبه یا تخمین خطاهای اولیه و مقتضی برای هر منبع.

پ – ترکیب جداگانه عناصر ایجاد کننده و محدودیت‌ها و شاخص‌های دقت عناصر به وسیله روش مربع مجموع ریشه برای هر اندازه‌گیری.

ت – انتشار محدودیت‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخص‌های اندازه‌گیری، یا به وسیله استفاده از فاکتورهای حساسیت یا به وسیله واپس روی، برای هر پارامتر به طور جداگانه.

ث – محاسبه عدم قطعیت برای هر پارامتر.

ج – برقراری بازه عدم قطعیت برای هر پارامتر.

یادآوری - علاوه بر خطاهای اندازه‌گیری، خطاهای دیگری نیز مرتبط با اقتباس داده‌ها از جداول یا نمودارها یا استفاده از فرمول ها وجود دارد.

۱۷ – ٤ انتشار عدم قطعیت

ISO 5168 شرح می‌دهد، که چگونه می‌توان عدم قطعیت‌های ناشی از خطاهای کالیبراسیون، خطاهای جمع‌آوری داده‌ها، خطاهای کاهش داده‌ها، خطاهای روش و خطاهای مشخصی را با عدم قطعیت‌های یک اندازه‌گیری ترکیب کرد. هم چنین شرح می‌دهد، که چگونه می‌توان اندازه‌گیری‌های مختلف و عدم قطعیت‌های دیگری را به عدم قطعیت نتیجه انتقال دهیم. انجام یک گزارش جداگانه از شاخص دقت و محدودیت‌های ایجاد شونده مهم است، حتی اگر آنها در محاسبه نهایی ترکیب شده باشند.

۱۷ – ٥ گزارش عدم قطعیت

گزارش آزمایش برای هر پارامتر، بایستی موارد زیر را نوشته کند:

الف – ارزش آزمایش آن پارامتر.

ب – شاخص دقت و درجه آزادی همراه آن، υ.

پ – حد یکسونگری.

ت – عدم قطعیت مطابق با ۹۵ درصد از سطح اطمینان.

مثال :

a) $R = q_V = 5\ m^3 \cdot s^{-1}$

b) $s = 0{,}05\ m^3 \cdot s^{-1}$ $\nu = 5$

c) $B = 0{,}025\ m^3 \cdot s^{-1}$

d) $U = \sqrt{B^2 + (t_{95}s)^2}$

$$U = \sqrt{0{,}025^2 + (2{,}57 \times 0{,}05)^2} = 0{,}131 m^3 \cdot s^{-1}$$

در نتیجه:

$$u = \frac{U}{R} = \frac{0{,}131}{5}$$

۱۷ – ٦ حداکثر اندازه‌گیری عدم قطعیت‌های مجاز

این استاندارد نیازهای خاصی را برای اندازه‌گیری ابزار فهرست می‌کند. این نیازمندی ها شامل دقت و خوانایی خود ابزار و در بعضی از موارد اطلاعات مشابهی درباره استاندارد کاری می‌باشد، که بایستی برای کالیبره کردن ابزار پیش و پس از آزمایش به کار روند. هیچیک از این اطلاعات بر حسب شاخص دقت و حد یکسو نگری داده نمی‌شوند و محدوده هیچکدام از آنها شرح داده نمی‌گردد، امّا مقادیر را می‌توان برای عدم قطعیت در ۹۵ درصد از سطح اطمینان فرض کرد. همین فرض معمولاً هنگام تفسیر داده‌های فنی فراهم شده توسط تولید کننده دستگاه، مورد نظر قرار می‌گیرد.

جدول ۲ شامل خلاصه‌ای از عدم قطعیت‌های نسبی مجاز حداکثر را برای هر کدام از پارامترهای اندازه‌گیری شده، مستقیم یا غیر مستقیم، در طی آزمایش فن نوشته می‌کند. دستگاه (یا ترکیبی از دستگاه‌های) مورد استفاده برای تعیین مقدار پارامتر بایستی به اندازه‌ای دقیق باشند، که هنگامی که تخمین‌های خطاهای متفاوت با هم ترکیب می‌شوند، عدم قطعیت نهایی بیشتر از مقادیر شرح داده شده در جدول ۲ نباشد.

۱۷ – ۷ حداکثر عدم قطعیت مجاز نتایج

پارامترهای متفاوت که نتایج آزمایش یک فن را تشکیل می‌دهند در جدول ۳ فهرست شده‌اند. هم چنین اگر قرار است آزمایش به عنوان یک آزمایش انجام شده تحت شرایط بین المللی در نظر گرفته شود بایستی حداکثر عدم قطعیت نسبی مجاز برای هر نتیجه فهرست شود.

کیفیت بهتر (عدم قطعیت پائین‌تر) ، ممکن است با استفاده از ابزارهایی با عدم قطعیت‌های معلوم پائین‌تر از مقادیری که لازم هستند تا موارد پیشین را برآورده کنند، به دست می‌آید.

عدم قطعیت‌های موجود در جدول ۳ مطابق با ۹۵ درصد از سطح اطمینان هستند. شاخص‌های دقت و حدهای یکسونگری، به طور جداگانه نوشته نمی‌شوند. علیرغم این، هرگونه آزمایش انجام شده مطابق با این استاندارد بین المللی بایستی یک تحلیل عدم قطعیت را در بر گیرد.

شاخص‌های دقت و حدهای یکسونگری بایستی به طور جداگانه در چنین تحلیلی استفاده شوند.

۱۸ انتخاب روش آزمایش

۱۸ – ۱ طبقه‌بندی

فنی که مورد آزمایش قرار می‌گیرد. بایستی مطابق با یکی از چهار نوع مشخص شده در بند ۱۸ – ۲، طبقه‌بندی شود. سازنده بایستی نوع یا انواع نصب را که برای آن فن در نظر می‌گیرند اعلام کند، و کاربر بایستی از انواع موجود نصب نوعی را انتخاب کند که به کاربرد خودش نزدیکتر است.

۱۸ – ۲ انواع نصب

چهار نوع نصب به شرح زیر می‌باشند:

نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد.

نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرا دار.

نوع سوم: ورودی مجرا دار و خروجی آزاد .

نوع چهارم: ورودی مجرادار و خروجی مجرادار .

در طبقه‌بندی بالا اصطلاحات به کار برده شده معانی زیر را دارند:

ورودی یا خروجی مجرادار بدین معنی است، که هوا مستقیماً از فن و از فضای اتمسفر بدون مانع وارد یا خارج می‌شود.

ورودی یا خروجی مجرادار بدین معنی است، که هوا از طریق یک مجرا که مستقیماً به ورودی یا خروجی فن متصل شده است به ترتیب وارد یا خارج می‌شود.

جدول ۲ – حداکثر عدم قطعیت‌های مجاز در اندازه‌گیری هر یک از پارامترها .

بنداصلی یا بند فرعی	ملاحظات	عدم قطعیت نسبی اندازه‌گیری	نماد	پارامتر
٦ – ١	برای درجه حرارت و ارتفاع تصحیح شده است	$u_{pa} = \pm 0.2\%$	P_a	فشار اتمسفری
٨ – ١	نزدیک ورودی فن یا مجرای ورودی یا در محفظه‌ای که سرعت کمتر از ۲۵ متر بر ثانیه می‌باشد اندازه‌گیری شده است (۵/۵ درجه سلسیوس)	$u_{\theta a} = \pm 0.2\%$	θ_a	فشار محیطی
٨ – ٣	عدم قطعیت در چگالی هوا ناشی از عدم قطعیت۲± درجه سلسیوس در $(t_d - t_w)$ بر روی $T = 30^{\circ}C$	$u_{Ru} = \pm 0.2\%$	h_u	رطوبت
٦ – ٢ ٦ – ٣	فشار استاتیک بیشتر از ۱۵۰ پاسکال: ترکیب یک درصد مانومترویک درصد عدم قطعیت نوسانی قرائت ممکن است به یک درصد یا کمتر برای فن‌های با فشار بالا به عنوان تابعی از نوسانات کاهش یابد	$u_{pe} = \pm 1.4\%$	P_e	فشار مبنا
٦ – ٢ ٦ – ٣	همانند فشار مبنا	$u_{\Delta P} = \pm 1.4\%$	Δp	فشار تفاضلی
٩	ممکن است تا ۰/۲ درصد بخاطر استفاده از پاکسازی الکتریکی کاهش یابد.	$u_N = \pm 0.5\%$	N	سرعت دورانی پرّه
٩	همانند سرعت روانی	$u_n = \pm 0.5\%$	n	فرکانس دورانی پرّه
١٠	مطابق با طبقه و اتمتر و ترانسفور به وسیله پیچش سنج یا روش دو واتمتری عدم قطعیت اندازه‌گیری شده است.	$u_{pr} = \pm 2\%$	P_r	توان ورودی
	$u_d = 0.1\%$	$u_{Ad} = \pm 0.2\%$	A_d	سطح گلوگاه نازل
١١	$u_d = 0.1\ \%$	$u_{Ax} = \pm 0.5\%$	A_x	سطح مجرا
٢٢ تا ٢٧		u_{qm}	q_m	دبی جرمی جریان

جدول ۳ - حداکثر عدم قطعیت‌های مجاز برای نتایج.

پارامتر	نماد	عدم قطعیت نسبی	ملاحظات
چگالی محیطی	ρ_a	$u_{\rho a} = \pm 0{,}4\ \%$	$\sqrt{u_{\Theta a}^2 + u_{hU}^2 + u_{pa}^2}$
افزایش دمای فن	$\Delta\Theta$	$u_{\Delta\Theta} = \pm 2{,}8\ \%$	$\sqrt{u_{pr}^2 + u_{qm}^2}$
دمای سکون خروجی	Θ_{sg2}	$u_{\Theta sg2} = \pm 0{,}4\ \%$	$\frac{u_{\Delta\Theta}\Delta\Theta}{\Theta_{sg2}}$
چگالی سکون خروجی	ρ_{sg2}	$u_{\rho sg2} = \pm 0{,}7\ \%$	$u_{\rho 2}$
فشار دینامیک	p_{d2}	$u_{pd2} = \pm 4\ \%$	$\sqrt{4u_{qm}^2 + 4u_A^2 + u_{\rho 2}^2}$
فشار فن	p_F	$u_{pF} = \pm 1{,}4\ \%$	$= u_{p\Theta}$
توان هوای فن	P_u	$u_{Pu} = \pm 2{,}5\ \%$	$\sqrt{u_{qm}^2 + u_{pF}^2}$
راندمان فن	η_{tr}	$u_{\eta t} = \pm 3{,}2\ \%$	$\sqrt{u_{Pu}^2 + u_{Pr}^2}$
دبی جریان فن	q_m or q_V	u_{qm} or $u_{qV} = \pm 2\ \%$	تک تک موارد رابرای روش های اندازه گیری جریان متفاوت ملاحظه کنید

۱۸ – ۳ گزارش آزمایش

مطابق با این استاندارد تمام مراجع عملکرد فن و هم چنین نوع نصبی را که به آن اشاره می‌شود، نوشته خواهند کرد. این بدین خاطر است، که یک فن برای استفاده در هر چهار نوع نصب قابل انطباق است، هم چنین هر نوع نصب دارای مشخصه عملکردی متفاوتی است و میزان تفاوت در هر نصب به نوع فن و طراحی آن، بستگی خواهد داشت.

روش‌های انتخاب شده از بندهای ۳۲ تا ۳۵ بایستی در گزارش یک آزمایش نوشته شوند. امّا این برای اطلاعات جزوه راهنما یا قرارداد فروش لازم نیست، پس می‌توان انتظار داشت، که روش‌های تناوبی مجاز در هر کدام از انواع نصب نتایجی را که در محدوده عدم قطعیت اندازه‌گیری قرار می‌گیرند، شرح دهد.

۱۸ – ٤ نصب‌های کاربر

در انتخاب یک نوع نصب برای انطباق با سیستم، کاربر بایستی توجه داشته باشد، که سیستمی که از طریق یک طول مجرا (معادل با یکی از قطرها) به فن متصل شده معمولاً کافی است (بند ۳۰ – ۳ را ملاحظه کنید) تا عملکرد ورودی مجرایی را ایجاد کند، مشروط بر آنکه خمش‌ها، انبساط‌های ناگهانی یا دیگر منابع بالادست که موجب جدایش جریانمی شوند خیلی به یکدیگر نزدیک نباشند.

در لبه خروجی طول یک مجرا با دو یا سه برابر قطر لازم است تا عملکرد مجرای خروجی تامین شود. تبدیل مستطیل به دایره دارای تاثیر اندکی است مشروط بر آنکه هیچگونه تغییری در مساحت سطح مقطع عبوری به وجود نیاید. وقتی که سطح مقطع عبوری از طریق یک افشانه (پخش کننده) نصب شده به خروجی فن هم برای خروجی آزاد هم برای سیستم‌های خروجی مجرادار افزایش یابد، می‌توان تغییر در عملکرد فن را انتظار داشت.

۱۸ – ۵ روش‌های تناوبی

از روش‌های تناوبی موجود برای هر یک از انواع نصب تنها روش اندازه‌گیری دبی جریان و کنترل دبی جریان با هم تفاوت دارند. در مورد مزایای نسبی نازل، اریفیس و روش‌های تقاطعی اندازه‌گیری دبی جریان در بند ۱۳ شرح داده شده است. هم چنین ممکن است روش‌های دیگری که کاملاً سازگار با نیازهای استاندارد بین المللی یا دیگر استانداردهای معتبر است، به کار گرفته شود.

مسیرهای هوای استاندارد شده تناوبی و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات لازم در بندهای ۳۵ تا ۳۲ همراه با شکل های ضمیمه شرح داده می‌شوند.

۱۸ – ٦ شبیه سازی مجرا

برای محدود کردن تعداد مجراهای استاندارد لازم در یک آزمایشگاه، می‌توان مجراهای استاندارد طراحی شده برای ورودی آزاد یا خروجی آزاد را با مجراهای استاندارد طراحی شده برای ورودی یا خروجی مجرادار و با اضافه کردن بخش‌های شبیه‌سازی مجرایی ورودی و خروجی شرح داده شده در بند ۳۰،سازگار کرد.

مجراهای استاندارد طراحی شده و برای آزمایش نصب نوع اول را، می‌توان برای تامین آزمایش‌ها در نصب‌های دوم و سوم و چهارم، سازگار کرد. یعنی اینکه لبه ورودی یا لبه خروجی محفظه آزمایش شرح داده شده در بند ۳۱ که شامل محدوده گسترده‌ای از اندازه‌های فن می‌باشد، کاملاً با نیازهای یک نصب آزمایش، نصب همگانی و نصب دائمی، متناسب هستند.

مجراهای استاندارد و برای آزمایش‌های نصب نوع دوم یا سوم را،می‌توان برای تامین آزمایش‌هایی برای نصب نوع چهارم، منطبق و سازگار کرد.

۱۹ نصب فن و مجراهای آزمایش

۱۹ – ۱ ورودی‌ها و خروجی‌ها

مطابق با موارد نوشته شده در تولید بدون وسائل اضافی (به جز برای مجراهای آزمایش) و بدون حذف هر یک از اجزاء تشکیل دهنده فن که ممکن است بر جریان تاثیر بگذارد. فن بایستی آزمایش شود مگر آنکه پیش از آزمایش طور دیگری توافق شود.

با این حال برای محاسبه عملکرد مرکب فن و مسیر هوایی انتقال یافته نظیر جعبه ورودی[1] افشانه (پخش کن) خروجی که با فن همراه نیست مجازیم از توافق پیشین بین تولید کننده و مصرف کننده تبعیت کنیم. چنین وسایل اضافی بایستی در گزارش آزمایش دقیقاً مشخص شوند و ورودی یا خروجی آن‌ها به عنوان ورودی یا خروجی فن برای اهداف آزمایش، تلقی شوند.

۱۹ – ۲ مجراهای آزمایش

تمام مجراهای آزمایش بایستی مستقیم و دارای سطح مقطع دایروی باشند، مگر مواردی که غیر از آن، مشخص می‌گردد.

مفاصل (اتصالات) بین مقاطع مسیر هوایی بایستی کاملاً در امتداد یکدیگر بوده و منافذ داخلی نیز نداشته باشند و هم چنین در مقایسه با جریان جرمی فن تحت آزمایش، بایستی نشتی قابل اغماض باشد در جایی که برای به حداقل رساندن نشتی و هم چنین انسداد مسیر هوایی شرایطی برای نصب و ساختن دستی ابزارهای اندازه‌گیری وجود دارد، بایستی دقت ویژه‌ای اعمال کرد.

1- Inlet box

۱۹ – ۳ محفظه آزمایش

مجموعه فن با مجراهای آزمایش آن، بایستی طوری نصب شوند، که وقتی فن در حال کار نیست هیچ نوع جریان هوای خشکی در مجاورت ورودی یا خروجی مجموعه با سرعتی بیشتر از یک متر بر ثانیه وجود نداشته باشد. برای جلوگیری از وجود هر نوع انسداد که ممکن است به طور قابل توجهی جریان هوا را در ورودی یا خروجی تحت تاثیر قرار دهد، مراقبت کافی مورد نیاز می‌باشد، به ویژه هیچ‌گونه دیواره یا انسداد عمده‌ای نباید نزدیکتر از دو قطر مسیر هوایی به ورودی و خروجی مسیرهای هوایی یا فن مورد آزمایش باشد. فضای انسدادی بیشتر در ورودی و خروجی وسایل اندازه‌گیری جریان در بندهای ۲۶ تا ۲۲، مشخص می‌گردند. محفظه آزمایش بایستی به اندازه‌ای بزرگ باشد، که امکان بازگشت آزاد را از خروجی به ورودی میسّر سازد.

۱۹ – ٤ سازگار کردن فن و مجرا

برای ایجاد سازگاری با محدودیت‌های مربوط به ابعاد مجرای آزمایش بایستی مساحت ورودی و یا خروجی فن را به عنوان محدوده تقریبی در لبه ورودی یا خروجی، بدون هیچگونه کاهشی برای موتورها یا دیگر انسدادها در نظر گرفت. در جایی که موتورها یا انسدادهای دیگر فراتر از لبه ورودی یا خروجی باشند که در آن عملکرد نصب مجرا معین می‌گردد، بایستی محفظه به وسیله یک مجرا با همان اندازه و شکل به عنوان ورودی و خروجی و با طول کافی برای پوشاندن منطقه انسدادی گسترش یابد. ابعاد مسیر هوای آزمایش بایستی از صفحه‌ای که از آن بیشترین گسترش انسداد رخ دهد اندازه‌گیری شود، به طوری که، همان صفحه، لبه ورودی یا خروجی به نظر برسد.

۱۹ – ۵ سطح خروجی

برای اندازه‌گیری فشار دینامیکی فن بایستی سطح خروجی فن را به عنوان سطح تقریبی در لبه خروجی یا روزنه خروجی در محفظه بدون هیچ‌گونه محدوده اضافی برای موتورها یا دیگر انسدادها در نظر گرفت.

برخی از فن‌های با خروجی آزاد و بدون محفظه دارای محدوده خروجی کاملاً مشخصی نیستند. محدوده اسمی را می‌توان در اینجا مشخص و معتبر کرد. یعنی محدوده‌ای در حلقه فن دیواری با پره یا محدوده خروجی محیطی یک دمنده گریز از مرکزی بارانش آزاد.

فشار دینامیکی فن متناظر و فشار فن، اسمی خواهند بود و به همین صورت تعریف می‌شوند.

۲۰ انجام آزمایش

۲۰ – ۱ سیال به کار رفته

سیال مورد استفاده در آزمایش‌های با مجراهای استاندارد بایستی سیال **به کار رفته**در هوای اتمسفری و فشار و دما نیز در محدوده اتمسفری طبیعی یا در خروجی فن یا ورودی فن باشد.

۲۰ – ۲ سرعت دورانی

۲۰ – ۲ – ۱ برای مشخصات سرعت ثابت بایستی فن ترجیحاً در سرعت نزدیک به سرعت مشخص شده عمل کند. اگر سرعت اساساً متفاوت باشد، در جایی که فن برای استفاده با گازی غیر از هوا یا در چگالی متفاوت مد نظر باشد بایستی شرایط بند ۱۵ اعمال شود.

۲۰ – ۲ – ۲ در مورد مشخصه سرعت ذاتی همانگونه که در بند ١٦ تعریف شده است، موتور فن بایستی در شرایط تامین پایدار در محدوده مجاز برای محرک اولیه یا موتور عمل کند.

۲۰ – ۳ عملکرد پایدار

پیش از اندازه‌گیری برای هر نقطه روی منحنی دبی جریان فن، بایستی فن تا رسیدن به عملکرد پایدار در محدوده نوسان سرعتی که از یک درصد بیشتر نباشد عمل کند.

قرائت‌های سرعت و توان ورودی را بایستی در هر نقطه روی منحنی مشخصه فن انجام داد. اگر سرعت و توان در حال نوسان باشند، می‌توان با میانگین گرفتن، قرائت‌های کافی را تکرار کرد تا مقداری را که با دقت اندازه‌گیری داده شده در بندهای ۹ و ۱۰ سازگار است به دست آورد.

۲۰ – ٤ شرایط محیطی

قرائت‌های فشار اتمسفری، درجه حرارت‌های حباب خشک و تر بایستی در محدوده محفظه آزمایش به عمل آید (مگر در مواقعی که توسط سفارش‌های بند ٦ – ۱ مجاز شمرده شده است).

در طول مجموعه مشاهدات لازم برای تعیین منحنی‌های مشخصه فن، اگر شرایط محیطی در حال تغییر باشند، می‌توان با میانگین گرفتن از چندین قرائت برای هر نقطه آزمایش روی منحنی مشخصه مقداری را که با دقت اندازه‌گیری داده شده در بندهای ٦ و ۸ سازگار است به دست آورد.

۲۰ – ۵ قرائت‌های فشار

در مجراهای آزمایش و در بازه‌های زمانی کمتر از یک دقیقه بایستی فشار برای هر نقطه روی منحنی مشخصه فن ملاحظه گردد. نوسانات سریع در مانومتر بایستی ازبین بروند و اگر قرائت‌ها هنوز تغییرات تصادفی را نشان می‌دهند، تعداد مشاهدات کافی بایستی ثبت شود تا مشخص گردد ،که یک متوسط زمانی در محدوده دقت داده شده در بند ٦ – ۳ حاصل شده است.

۲۰ – ٦ آزمایش‌هایی برای عملکرد خاص

آزمایش برای یک عملکرد خاص بایستی دارای حداقل سه نقطه باشد، که قسمت کوتاهی در منحنی مشخصه فن را که شامل دبی جریان مشخص است در بر گیرد.

۲۰ – ۷ آزمایش‌هایی برای منحنی مشخصه فن

آزمایش برای تعیین منحنی‌های مشخصه فن بایستی شامل تعداد نقاط کافی آزمایش باشد تا به ما امکان دهد منحنی مشخصه را روی محدوده عملکرد طبیعی ترسیم کنیم.

اگر شواهدی مبتنی بر تغییرات سریع در شکل منحنی مشخصه به وجود آید، وجود نقاطی که بهم نزدیک هستند ضروری خواهد بود.

۲۰ – ۸ محدوده عملکرد

نقاط آزمایش بایستی خارج از محدوده عملکرد طبیعی ثبت شوند و منحنی مشخصه فن کامل تنها برای ایجاد اطلاعات باید ترسیم شوند. آزمایش‌هایی که خارج از محدوده عملکرد طبیعی انجام می‌شوند، لزوماً دقت مورد نظر را که توسط آزمایش در محدوده طبیعی صورت می‌گیرد، نخواهند داشت.

۲۱ اندازه‌گیری دبی جریان

شش روش محاسبه دبی جریان در بندهای ۲۱ – ۱ تا ۲۱ – ٦ فهرست شده است، که در بندهای ۲۲ تا ۲۷ شرح داده می‌شوند.

۲۱ – ۱ نازل ونتوری *ISO* (استاندارد *ISO 5167-1* را ملاحظه کنید)

- نازل ونتوری ورودی .
- نازل ونتوری مجرایی .
- نازل ونتوری خروجی .

۲۱– ۲ نازل چند گانه یا نازل ونتوری

- نازل چندگانه در محفظه آزمایش .
- نازل ونتوری ورودی .
- نازل ونتوری مجرادار .
- نازل ونتوری خروجی .

۲۱ – ۳ نازل ورودی مربعی .

۲۱ – ٤ ورودی مخروطی .

۲۱– ۵ صفحه اریفیس .

- صفحه اریفیس ورودی.
- صفحه اریفیس مجرا دار (*ISO 5167-1* را ملاحظه کنید) .
- صفحه اریفیس خروجی .
- صفحه اریفیس در محفظه.

۲۱ – ٦ لوله پیتوت استاتیک تقاطی (استانداردهای *ISO 3966* و *ISO 5221* را ملاحظه کنید).

۲۲ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری *ISO*

۲۲ – ۱ شکل هندسی

ابعاد نازل در شکل ١٦ نشان داده شده‌است و این ابعاد با *ISO 5167-1991* و بندهای ۹ – ۱ و ۱۰ – ۲، مطابقت دارند. پروفیل نازل از لحاظ محوری متقارن است و قسمت منحنی آن به وسیله یک الگو بررسی می‌شود. گلوگاه، استوانه‌ای شکل است که قطر آن از قطر متوسط تا $0.0005d$ که در صفحه‌ای بازاویه قائم نسبت به محور نازل اندازه‌گیری می‌شود تفاوت نخواهد داشت. زبری شرح داده شده توسط انحراف حسابی سطح پروفیل (R_s) نباید از $10^{-4}d$ بیشتر باشد ($R_s \leq 10^{-4}d$). گلوگاه دو کمان دایره‌ای و سطح صاف، بدون هیچگونه فاصله قابل مشاهده‌ای به یکدیگر مماس خواهند بود. محور نازل و محور مجرا بایستی بر هم منطبق باشند.

۲۲ – ۱ – ۱ قطر گلوگاه (d)، برابر است با متوسط حسابی چهار اندازه‌گیری در محدوده دقت $0.001d$، که در فواصل زاویه‌ای تقریباً ٤٥ درجه در صفحه اتصالات فشار گلوگاه قرار می‌گیرد.

۲۲ – ۱ – ۲ اتصالات فشاری بایستی با ابعاد نشان داده شده در شکل ١٦، نیازهای مشخص شده در بند ۷ و *ISO 5167-1 :1991* و بندهای ۹ – ۱ – ۵ و ۱۰ – ۲ – ۳، مطابقت داشته باشند.

۲۲ – ۱ – ۳ اختلاف فشار (ΔP) در نازل، بایستی مطابق با نیازهای بندهای ٦ و ۱۳ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری شوند.

۲۲ – ۱ – ٤ زاویه بخش واگرا ممکن است در محدوده $0^\circ < \theta < 30^\circ$ قرار گیرد، مگر در مواردی که مشخص می‌شوند.

یک زاویه داخلی ۱۵ درجه سفارش می‌گردد، زیرا دقت در این حالت حداقل می‌باشد مگر در مورد نصب نوع سوم (بند ۳٤ را ملاحظه کنید) که نازل ونتوری می‌تواند کوتاه گردد. در آن صورت حدود ۳۵ درصد طول کامل بخش واگرا بدون تغییر جدی در افت فشار در دستگاه کوتاه خواهد شد. قطعه بخش اتصال استوانه‌ای یا اتصال واگرا بایستی طولی کمتر از $3d$ داشته باشد .

۲۲ – ۱ – ۵ شرایط نصب و طول مجرای بالا دست و پائین دست جریان بایستی با ISO 5167؛ بند ۷ ،مطابقت داشته باشد. قطر مجرای بالادست جریان بایستی استوانه‌ای باشد،که با قطر متوسط متناظر تا $0.003\ D$ تفاوت پیدا نکند (شکل ۱۷ – الف رابببنید و ملاحظه کنید).

۲۲ – ۲ نازل ونتوری در شرایط ورودی آزاد

۲۲ – ۲ – ۱ در محدوده ورودی تعریف شده در شکل ۱۷ – ب ،هیچگونه مانع خارجی برای حرکت آزاد هوا به ورودی وجود ندارد و سرعت هرگونه جریان مقطعی، نباید از پنج درصد سرعت گلوگاه نازل بیشتر باشد.

۲۲ – ۲ – ۲ مقدار فشار حداکثر توسط یک مانومتر از نوع " فشار تفاضلی " اندازه گیری می شود،برای اطمینان از اینکه ثبت فشار در قسمت فشار بالای مانومتر ، معادل فشار محیطی در منطقه ورودی باشد ، بایستی دقت کافی به عمل آید

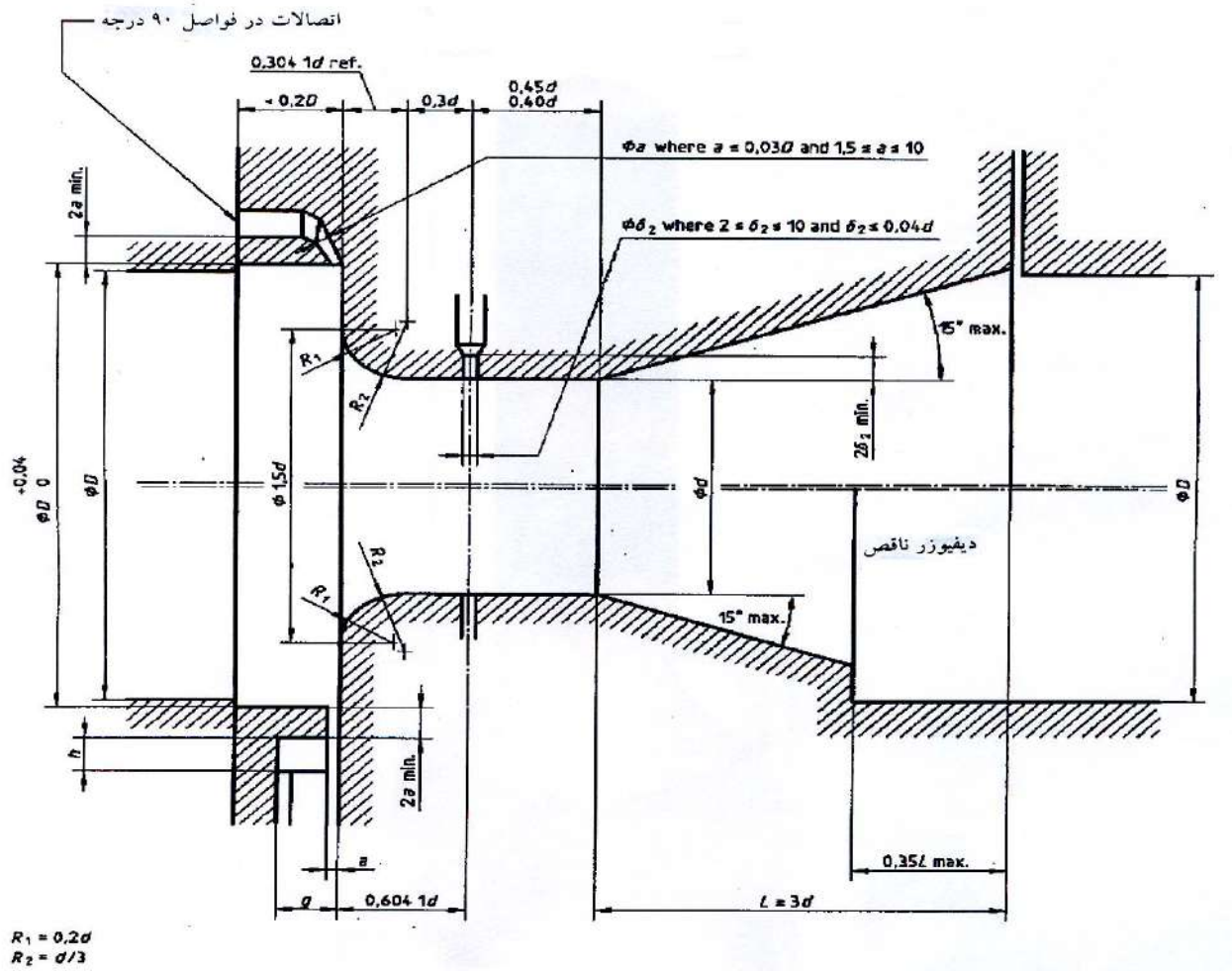
۲۲ – ۲ – ۳ بارگذاری صفحه‌ای مطابق با نیازهای بند ۲۵ – ۲ و شکل ۱۷ – پ با نصب نازل ونتوری ورودی آزاد مجاز است. امّا در عدم قطعیت ضریب دبی جریان، α افزایشی وجود دارد. اگر عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان از ۲ ± درصد بیشتر نشود، نسبت فشار r_d نباید کمتر از ۰/۹۰ باشد.

۲۲ – ۲ – ٤ مطابق با نیازهایبند ۲۲ – ٤ – ۳ و شکل ۱۷ – ب، بارگذاری صفحه‌ای که کمتر از $4d$ پائین دست جریان سطح ورودی نازل قرار گرفته‌اند را، می‌توان بدون افزایش عدم قطعیت ضریب دبی جریان به کار برد.

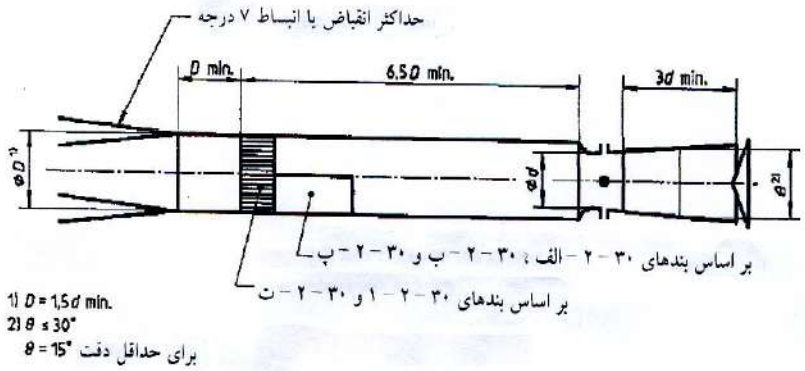
۲۲ – ۳ عملکرد نازل

۲۲ – ۳ – ۱ نسبت قطر

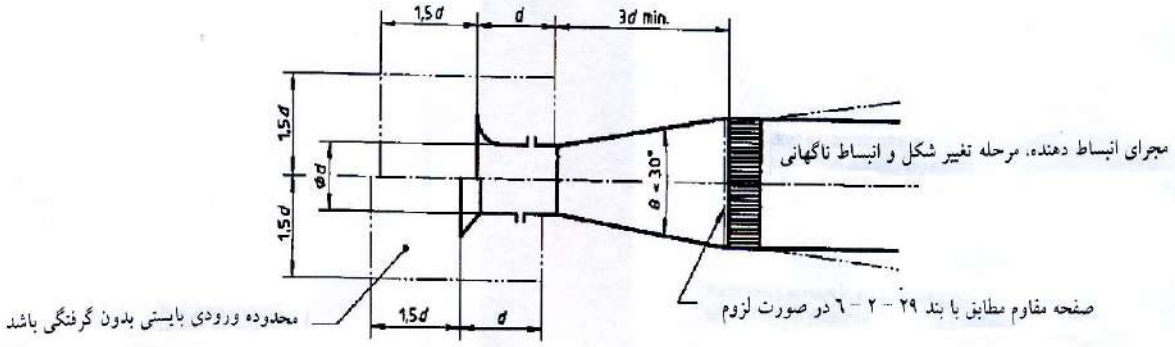
در این استاندارد ،نازل ونتوری را می‌توان در شرایطی مطابق با ورودی آزاد یعنی $\beta = 0$ تا نسبت قطر حداکثر $\beta=0.67$ برای یک نازل ونتوری مجرایی، به کار برد.



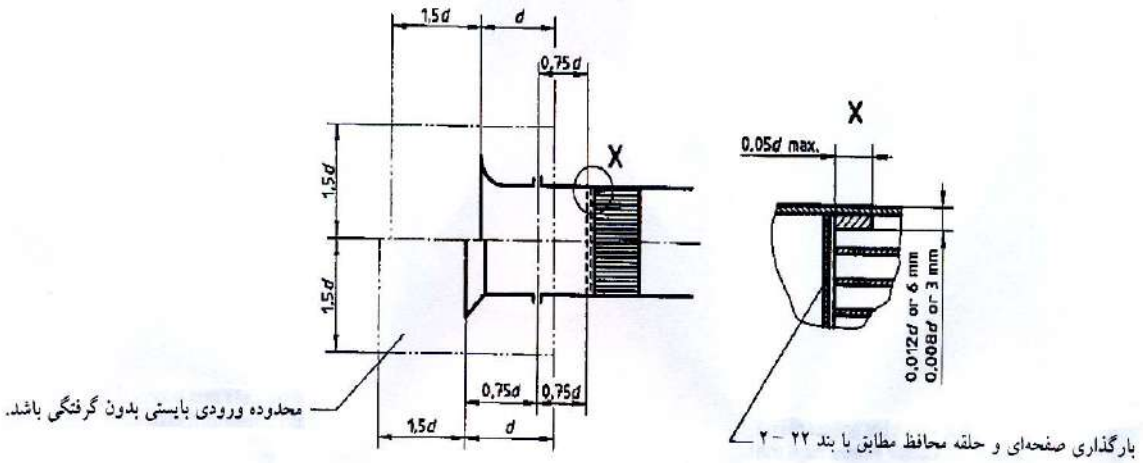
شکل ۱۶ – شکل هندسی نازل ونتوری ISO



الف – نازل ونتوری درون مجرایی



ب – ورودی مخروطی یا نازل ورودی آزاد



پ – نازل ونتوری ورودی آزاد یا ورودی مخروطی با بارگذاری صفحه‌ای قابل تنظیم

شکل ۱۷ - نصب‌های جریان سنج

۲۲ – ۳ – ۲ ضریب دبی جریان

ضریب دبی جریان (α) در شرایط زیر به عدد رینولدز بستگی دارد:

- نسبت قطر $\beta = \frac{d}{D}$ که $0 < \beta < 0.67$.
- قطر گلوگاه: $d > 0.05m$.
- عدد رینولدز.

که در آن:

$$Re_d = \frac{4q_m}{\pi \mu d} \geq 10^6$$

μ = لزجت دینامیکی بالا دست نازل .

D = قطر جریان بالا دست مجرا.

d = قطر گلوگاه نازل .

تحت این شرایط رابطه بین α و β با استفاده از فرمول های تجربی زیر شرح داده میشود.

$$\alpha = \frac{0{,}985\,8 - 0{,}196\beta^{4.5}}{\left(1-\beta^4\right)^{0.5}}$$

۲۲ – ۳ – ۳ ضریب انبساط پذیری

ضریب انبساطپذیری (ε) به نسبت فشار (r_d) مرتبط می‌شود که:

$$r_d = \frac{p_{do}}{p_u} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$$

(ΔP مثبت فر ض می‌شود.)، فرمول زیر وقتی که $r_d > 0.75$ باشد، صادق می‌باشد:

$$\varepsilon = \left[\frac{\kappa r_d^{2/\kappa}}{\kappa - 1} \frac{1-\beta^4}{1-\beta^4 r_d^{2/\kappa}} \frac{1-r_d^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}{1-r_d}\right]^{0.5}$$

۲۲ – ۳ – ٤ ضریب ترکیب

ضریب ترکیب $(\alpha\varepsilon)$ نسبت به β در شکل ۱۸ ،برای بعضی از مقادیر نسبت فشار (r_d) ترسیم شده است.

دبی جرمی جریان از فرمول زیر حاصل می‌گردد:

$$q_m = \alpha\varepsilon\pi\frac{d^2}{4}\sqrt{2\rho_u\Delta p}$$

ρ_u = چگالی جریان بالادست نازل.

۲۲ – ۳ – ۵ محاسبه چگالی جریان بالادست نازل

۲۲ – ۳ – ۵ – ۱ نازل ونتوری در شرایط ورودی آزاد

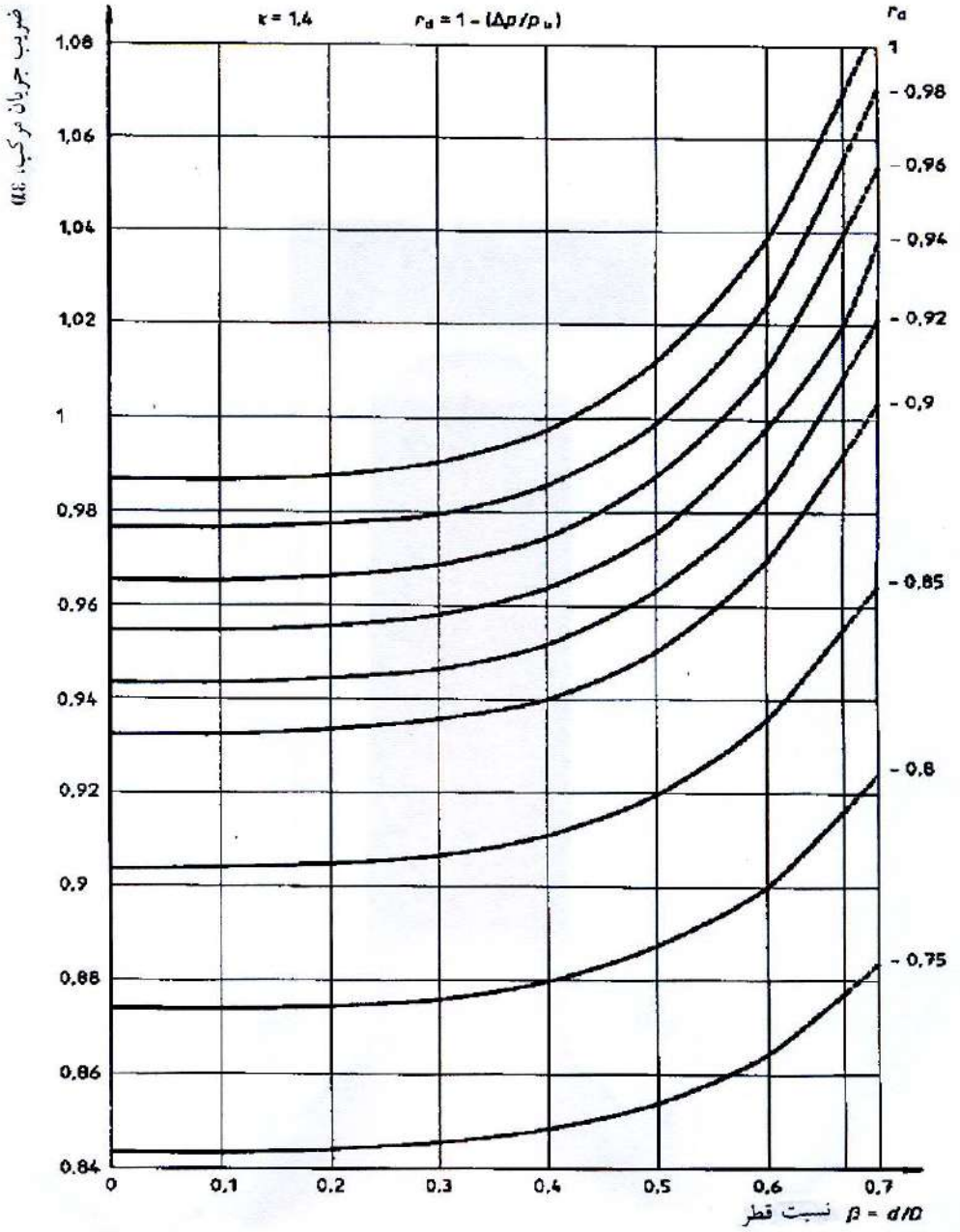
چگالی جریان بالادست نازل با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_w\theta_u}$$

که در آن:

$p_u = p_s$

$\theta_u = \theta_s = t_s + 273{,}15$



یادآوری – برای یک نازل ونتوری ورودی آزاد، β بایستی صفر در نظر گرفته شود.

شکل ۱۸ – ضرایب جریان مرکب نازل‌های ونتوری ISO

۲۲ – ۳ – ۵ – ۲ نازل ونتوری در شرایط درون مجرا

چگالی جریان بالا دست نازل به وسیله فرمول زیر داده می‌شود:

$$\rho_u = \frac{P_u}{R_w \theta_u}$$

که در آن:

P_u = فشار جریان بالا دست .

θ_u = دمای جریان بالا دست نازل ونتوری .

۲۲ – ۳ – ۵ – ۲ – ۱ درجه حرارت t_u اندازه‌گیری می‌شود و عدد ماخ جریان بالادست کمتر از ۰/۱۵ است.

دمای مطلق به اندازه $\theta_u = t_u + 273.15$ از دمای استاتیک واقعی بیشتر و از دمای سکون کمتر است. امّا تفاوت بین این دو مقدار از ۵×۱۰^{-۳} کمتر می‌باشد. لازم به یادآوری است، که محاسبات با θ_u انجام می‌شود.

۲ – ۳ – ۵ – ۲ – ۲ درجه حرارت t_u اندازه‌گیری نمی‌شود و عدد ماخ جریان بالادست از ۰/۱۵ بیشتر است.

دمای سکون بالادست جریان سنج با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\theta_{sgu} = \theta_a = t_a + 273,15$$

برای یک مجرای ورودی بدون فن کمکی:

$$\theta_{sgu} = \theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

برای یک فن کمکی بالادست جریان در یک مجرای ورودی، توان محور فن کمکی با P_{rx} و یا توان ورودی موتور در درون محفظه فن با P_{ex}، نشان داده می‌شود.

$$\theta_{sgu} = \theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_s}{q_m c_p}$$

در یک مجرای خروجی، برای تمام حالت ها درجه حرارت استاتیک (θ_u) را می‌توان با فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\theta_u = \theta_{sgu} - \frac{q_m^2}{2A_u^2 \rho_U^2 c_p}$$

برای یک تقریب اولیه تساوی $\theta_u = \theta_{sgu}$ برقرار است و برای یک مقدار اولیه q_m، معادل با q_{m1} می‌باشد.

این مقدار به ما امکان محاسبه θ_u، عدد رینولدز جریان سنج (Re_D یا Re_d) و دبی جرمی جریان (q_m) را می‌دهد.

یادآوری ۳۹ - وقتی که $\beta=0.69$ و $\frac{P_{do}}{P_u}$0.75 در نتیجه $Ma_u = 0.235$ و $\frac{\theta_{sgn}}{\theta u}$1.0110 است، $q_m(\theta_{sgu})$ به میزان 10^{-3}*۵/۵ از مقدار واقعی q_m کمتر است.

۲۲ – ٤ عدم قطعیت‌ها

۲۲ – ٤ – ۱ عدم قطعیت ضریب دبی جریان (u_α) بر حسب درصد در نازل ونتوری با ورودی مجرادار که در شل ۱۷ – الف نشان داده شده است، به قرار زیر می‌باشد:

$$u_\alpha = \pm\left[1{,}2 + 1{,}5\left(\frac{d}{D}\right)^4\right]$$

۲۲ – ٤ – ۲ عدم قطعیت ضریب جریان (u_α) در نازل ونتوری با ورودی آزاد که در شکل ۱۷ – ب نشان داده شده است، $1/2 \pm$ درصد می‌باشد.

۲۲ – ٤ – ۳ وقتی بارگذاری صفحه‌ای همانند شکل ۱۷ – پ برای نازل ونتوری با ورودی آزاد در صفحه کمتر از $4d$ از وجه ورودی نازل به کار برده شود بایستی ۰/۵ درصد به عدم قطعیت دبی جریان افزود. در آن صورت u_α معادل ۱/۷± درصد خواهد بود.

۲۲ – ٤ – ٤ عدم قطعیت ضریب انبساط پذیری(u_ε) با فرمول زیر داده می‌شود:

$$u_\varepsilon = \pm \left(4 + 100\beta^8\right) \frac{\Delta p}{p_u}$$

۲۲ – ٤ – ۵ اگر عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری فشار، چگالی و قطر با حداکثر مقدار مشخص شده در بندهای ۷ تا ۱۱ معادل باشند، عدم قطعیت کلی اندازه‌گیری دبی جرمی جریان (u_{qm}) یا دبی حجمی جریان(u_{qv}) در مقادیر داده شده در جدول ٤ بیشتر نخواهد بود، به شرط آنکه نسبت فشار (r_d) از مقدار معتبر شده در جدول ٤ کمتر نباشد.

جدول ٤ - عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان.

نصب نازل ونتوری	ورودی مجرادار (شکل ۱۷ - الف)	ورودی آزاد (شکل ۱۷ – ب)	ورودی آزاد به صفحه (شکل ۱۷ – پ)
نسبت فشار $r_d = 1 - \frac{\Delta P}{\rho_u}$	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۹۰
عدم قطعیت ضریب جریان u_α	±٪۱/۵	±٪۱/۲	± ٪۱/۷
عدم قطعیت دبی جریان $\mathbf{u_{qv}}$ یا $\mathbf{u_{qm}}$	±٪۲/۰	±٪۱/۷۵	±٪۰/۲

۲۳ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل‌های چند گانه یا نازل ونتوری

۲۳ – ۱ نصب

برای آزمایش در مجراهای استاندارد، نازل‌های چندگانه را می‌توان در محفظه‌های ورودی یا خروجی به کار برد. نازل‌ها ممکن است دارای اندازه‌های متغیر باشند، امّا از لحاظ موقعیت مکانی ،بایستی نسبت به محور محفظه از لحاظ اندازه یا شعاع حالت تقارن داشته باشند.

نازل‌ها با اتصالات گلوگاه یک پارچه برای نصب‌های مجرایی به کار می‌روند. اتصالات فشار جریان بالادست همانند شکلمربوط با نصب مناسب به کار برده می‌شوند. اتصالات جریان پائین دست، اتصالات گلوگاهی یک پارچه هستند که همانند شکل ۱۹،نصب می‌شوند.

۲۳ – ۲ شکل هندسی

۲۳ – ۲ – ۱ ابعاد نازل چندگانه و رواداری در شکل نشان۱۹ داده شده‌است.

پروفیل باید از لحاظ محوری متقارن باشد و لبه خروجیآن، بایستی چهارگوش، تیز و بدون هرگونه فرورفتگی، شکاف یا برآمدگی باشد.

محورهای نازل‌ها و محورهای محفظه‌ای که در آنها نصب می‌شوند بایستی موازی باشند.

طول گلوگاه نازل (L) بایستی $0.6d\pm0.005d$ یا $0.5d\pm0.005d$ باشد.

۲۳ – ۲ – ۲ نازل‌هایی که دارای شکل بیضوی (مانند شکل ۱۹) هستند با دو یا سه تقریب شعاعی که در هیچ نقطه‌ای در جهت قائم بیشتر از d ۰/۰۱۵ از شکل بیضوی تفاوت ایجاد نمی‌کنند را نیز می‌توان به کار برد.

۲۳ – ۲ – ۳ قطر گلوگاه نازل (d) بایستی با دقت $0.001d$ در محور کوچک بیضی و خروجی نازل اندازه‌گیری شود. چهار اندازه‌گیری در فواصل زوایای ٤٥ درجه لازم هستند و بایستی به فاصله $\pm 0.002d$ از وسط اندازه‌گیری شوند.

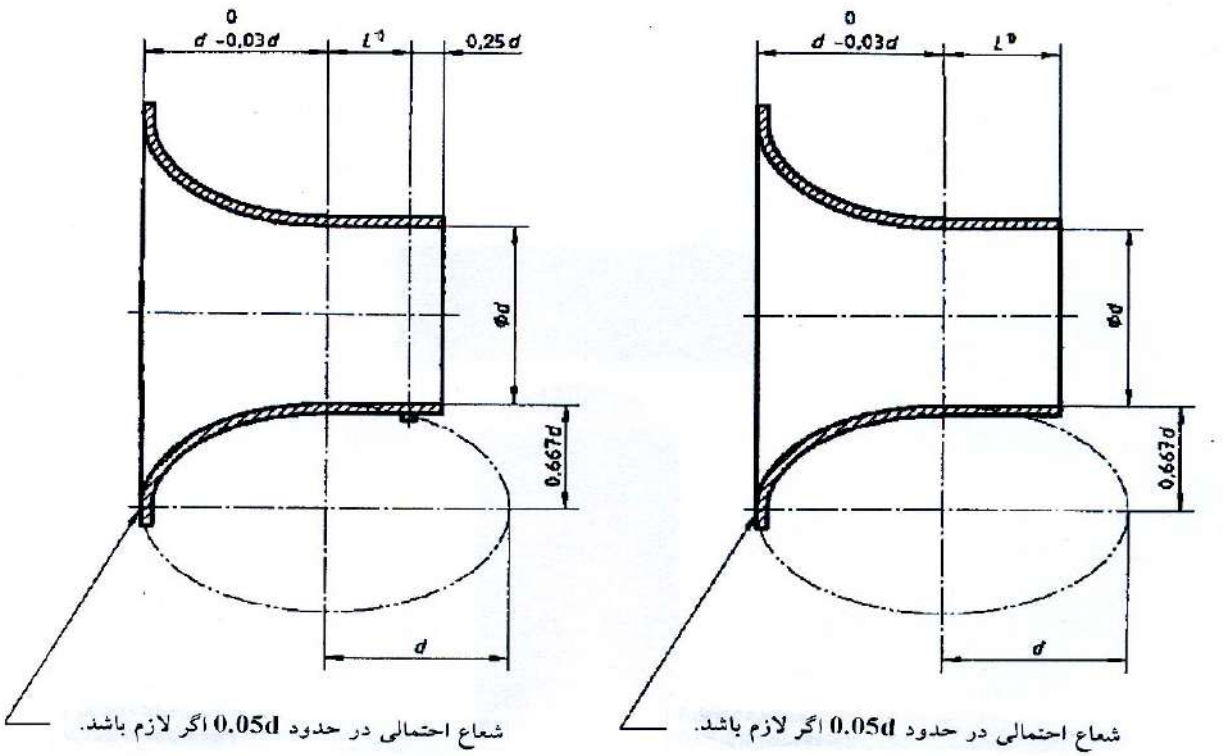
در ورودی به گلوگاه قطر متوسط ممکن است به میزان $0.002d$ بزرگتر باشد، امّا از قطر متوسط در خروجی نازل کمتر نیست.

۲۳ – ۲ – ٤ سطح درونی نازل بایستی به قدری هموار باشد، که یک لبه صاف بتواند روی یک سطح، بدون تماس داشتن حرکت کند و موجی بودن سطوح نبایستی از $0.001d$ سر به سر تجاوز کند.

۲۳ – ۲ – ٥ وقتی که از نازل‌ها در یک محفظه استفاده می‌شود، هر کدام از انواع نشان داده شده در شکل ۱۹ را می‌توان به کار برد.

وقتی که یک نازل مستقیماً به یک مجرا یا یک افشانه تخلیه می‌شود، می‌توان نازل با اتصالات گلوگاهی را به کار برد.

بایستی خروجی نازل بسته شود و چهار گیره فشاری به یک حلقه فشار سنج متصل گردد.



شکل ۱۹ – شکل هندسی نازل

۲۳ – ۲ – ٦ اتصالات گلوگاه نازل شامل چهار اتصال فشاری استاتیک هستند، که در فاصله ۹۰ درجه‌ای حلقه فشار سنج مایع به آن متصل می‌شوند.

۲۳ – ۲ – ۷ وقتی که یک مجرا به نازل مرتبط می‌شود، نسبت قطر گلوگاه به قطر ورودی مجرا بیشتر از ۰/۵۲۵ نخواهد بود. مجراهای مرتبط به لبه بالادست جریان یک نازل بایستی مستقیم بوده و سطح مقطع دایره ای یکنواخت داشته باشد. هنگامی که این مجراها برای ایجاد یک مقطع اندازه‌گیری به کار می‌روند، بایستی طولی بین ٦/۵ و ٦/۷۵ برابر قطر خود را داشته باشند و یا زمانی

که به عنوان یک مجرای خروجی به کار برده می‌شوند بایستی طولی بین ۹/۵ و ۹/۷۵ برابر قطر را داشته باشند.

۲۳ – ۳ ناحیه ورودی

نازل‌های چندگانه بایستی چنان نصب شوند، که خط مرکزی هر نازل کمتر از $1.5d$ از دیواره محفظه نباشد. حداقل فاصله بین مراکز هر دو نازل در کاربرد هم زمان بایستی $3d$ باشد که d قطر نازل بزرگ است.

۲۳ – ٤ نازل چند گانه و مشخصه‌های نازل ونتوری

۲۳ – ٤ – ۱ نصب نازل چند گانه که مطابق با نیازهای مندرج در بند ۲۳ – ۳ ساخته شده، ممکن است بدون کالیبراسیون برای نسبت‌های فشار r_d >۰/۹ (یعنی $\Delta P < 10\ Kpa$) به کار رود.

۲۳ – ٤ – ۲ ضریب دبی جریان نازل (α) از جدول پنج یا از فرمول های زیر به دست می‌آید:

برای $\frac{L}{d} = 0.6$:

$$\alpha = \left[0{,}998\,6 - \frac{7{,}006}{\sqrt{Re_d}} + \frac{134{,}6}{Re_d}\right]\left[\frac{1}{\sqrt{1-\alpha_{AU}\beta^4}}\right] = \frac{C}{\sqrt{1-\alpha_{AU}\beta^4}}$$

یا برای $\frac{L}{d} = 0.5$:

$$\alpha = \left[0{,}998\,6 - \frac{6{,}688}{\sqrt{Re_d}} + \frac{131{,}5}{Re_d}\right]\left[\frac{1}{\sqrt{1-\alpha_{AU}\beta^4}}\right] = \frac{C}{\sqrt{1-\alpha_{AU}\beta^4}}$$

در عبارت بالا R_e، عدد رینولدز مطابق با قطر خروجی است ،که می‌توان آن را توسط فرمول زیر تخمین زد:

$$Re_d = 0{,}95\varepsilon d \frac{\sqrt{2\rho_u \Delta p}}{(17{,}1+0{,}048 t_u)} \times 10^6$$

αA_u، ضریب انرژی جنبشی جریان بالادست نازل است، که برای نازل در مجرا معادل با ۱/۰۴۳ و برای یک نازل و یک نازل چندگانه در محفظه یا یک نازل با ورودی آزاد معادل با یک می‌باشد.

$\beta = \frac{d}{p}$ که آن را می‌توان برای محفظه صفر در نظر گرفت.

برای یک نازل در مجرا $\beta \leq 0.525$ می‌باشد.

C، ضریب تخلیه نازل است.

جدول ۵ – دبی جرمی جریان برای نازل های به کار رفته در یک محفظه.

ضریب دبی جریان نازل	عدد رینولدز Re_d		ضریب دبی جریان نازل	عدد رینولدز Re_d	
α	$L/d = 0{,}5$	$L/d = 0{,}6$	α	$L/d = 0{,}5$	$L/d = 0{,}6$
0,950	12 961	14 720	0,973	57 519	63 948
			0,974	62 766	69 736
0,951	13 657	15 491			
0,952	14 401	16 314	0,975	68 713	76 295
0,953	15 196	17 195	0,976	75 488	83 765
0,954	16 047	18 137	0,977	83 249	92 320
			0,978	92 195	102 180
0,955	16 961	19 148	0,979	102 576	113 620
0,956	17 942	20 234			
0,957	18 998	21 402	0,980	114 715	126 992
0,958	20 136	22 661	0,981	129 024	142 753
0,959	21 365	24 021	0,982	146 048	161 500
			0,983	166 513	184 032
0,960	22 695	25 492	0,984	191 401	211 428
0,961	24 137	27 086			
0,962	25 703	28 817	0,985	222 073	245 182
0,963	27 407	30 701	0,986	260 450	287 409
0,964	29 268	32 758	0,987	309 324	341 172
			0,988	372 865	411 057
0,965	31 303	35 006	0,989	457 538	504 164
0,966	33 535	37 472			
0,967	35 989	40 184	0,990	573 788	631 966
0,968	38 697	43 174	0,991	739 389	813 986
0,969	41 693	46 482	0,992	986 593	1 085 643
			0,993	1 378 954	1 516 727
0,970	45 018	50 153	0,994	2 056 291	2 260 760
0,971	48 723	54 242	0,995	3 377 887	3 712 194
0,972	52 866	58 815			

۲۳ – ٤ – ۳ ضریب انبساط پذیری از جدول ٦ به دست می‌آید یا می‌توان آن را از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\varepsilon = \left[\frac{\kappa r_d^{2/\kappa} \left(1 - r_d^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right)}{(\kappa - 1)(1 - r_d)} \right]^{0.5} \left[\frac{1 - \beta^4}{1 - r_d^{2/\kappa} \beta^4} \right]^{0.5}$$

$$r_d = \frac{p_u - \Delta p}{p_u} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$$

به جای فرمول بالا می توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\varepsilon = \left[\frac{\kappa r_d^{2/\kappa}}{\kappa - 1} \frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 r_d^{2/\kappa}} \frac{1 - r_d^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}{1 - r_d} \right]^{0.5}$$

جدول ٦- ضرائب انبساط پذیری برای نازل‌های به کار رفته در یک محفظه.

نسبت فشار استاتیک (r_d)	نسبت قطرها (β)					
	۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/٤۰	۰/۵۰
	ضریب انبساط پذیری(ε)					
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۹۸	۰/۹۸۹ ۲۳	۰/۹۸۹ ۲۱	۰/۹۸۹ ۱۷	۰/۹۸۹ ۱۱	۰/۹۸۸ ۸٦	۰/۹۸۸ ۲۹
۰/۹٦	۰/۹۷۸ ۳٤	۰/۹۷۸ ۲۹	۰/۹۷۸ ۲۳	۰/۹۷۸ ۱۱	۰/۹۷۷ ٦۱	۰/۹۷٦ ۵۰
۰/۹٤	۰/۹٦۷ ۳۲	۰/۹٦۷ ۲٦	۰/۹٦۷ ۱٦	۰/۹٦٦ ۹۹	۰/۹٦۸ ۲۵	۰/۹٦٤ ٦۱
۰/۹۲	۰/۹۵٦ ۱۹	۰/۹۵٦ ۱۰	۰/۹۵۵ ۹۸	۰/۹۵۵ ۷۵	۰/۹۵٤ ۷۸	۰/۹۵۲ ٦۳
۰/۹۰	۰/۹٤٤ ۹۲	۰/۹٤٤ ۸۱	۰/۹٤٤ ٦٦	۰/۹٤٤ ۳۸	۰/۹٤۳ ۱۹	۰/۹٤۰ ۵۵

۲۳ – ٤ – ٤ دبی جرمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

برای یک نازل چندگانه:

$$q_m = \varepsilon \sum_{i=1}^{n} \left(\alpha_i d_i^2\right) \frac{\pi}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta p}$$

برای نازل ونتوری:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta p}$$

که در آن $\sum_{i=1}^{n}(\alpha_i d_i^2)$، مجموع مربع قطرهای نازل آزاد متعددی است، که در ضرائب دبی جرمی جریان مرتبط با آن ضرب می‌شود.

ρ_u چگالی جریان بالادست مطابق با بند ۲۲ – ۳ – ۵ است.

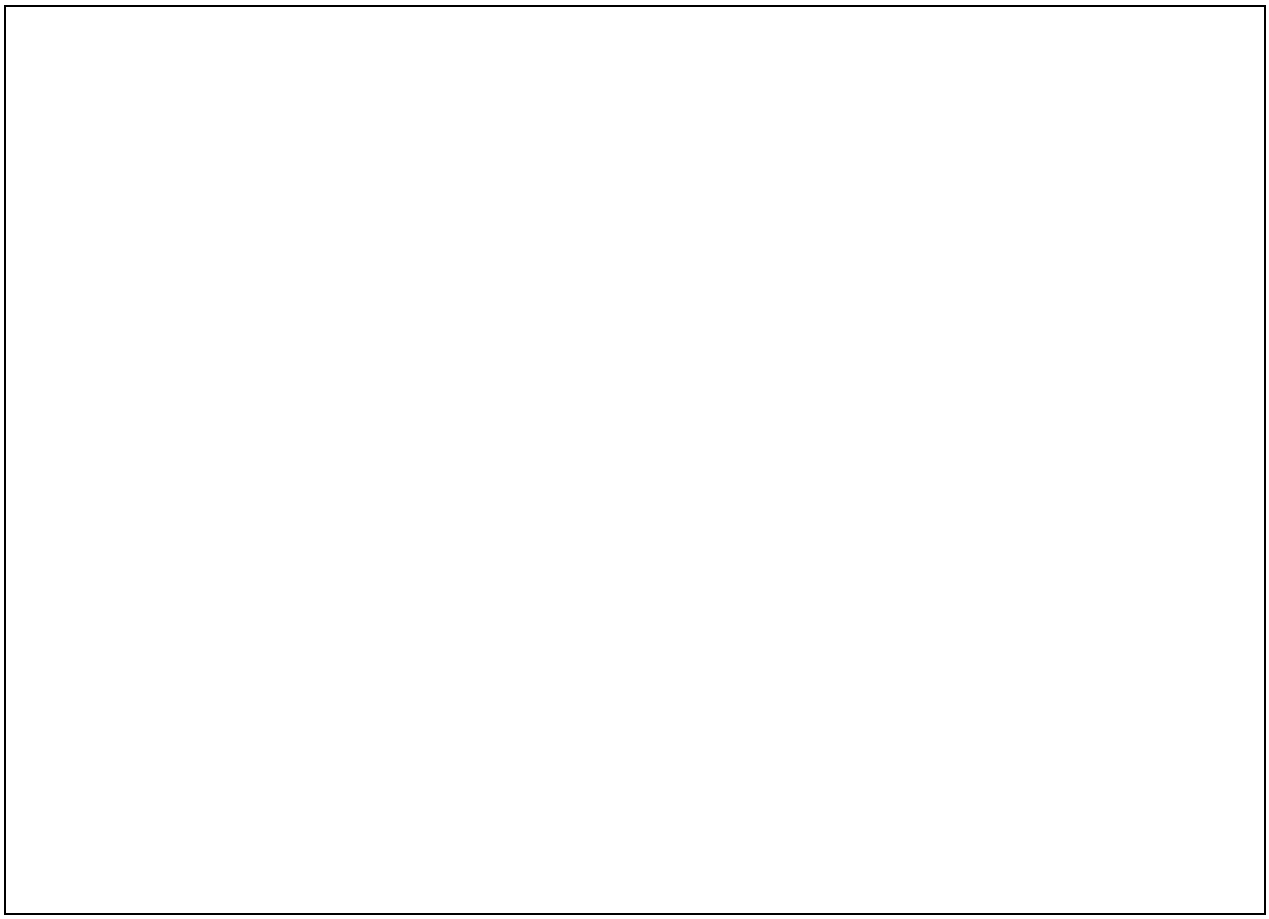
۲۳ – ۵ عدم قطعیت

۲۳ – ۵ – ۱ عدم قطعیت در ضریب تخلیه، c، برای $Re_d \geq 1.2 \times 10^4$، به میزان۱/۲± درصد می‌باشد.

۲٤ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از یک نازل ورودی مربعی

۲٤ – ۱ نصب

نازل ورودی تنها در شرایط ورودی باز (آزاد) ومطابق با شکل ۲۰، به کار خواهد رفت.



۲٤ – ۲ شکل هندسی

۲٤ – ۲ – ۱ نازل اندازه‌گیری مربعی ورودی با یک نازل استاندارد که دارای سطح مقطع مجرای استوانه‌ای است مطابقت دارد، که سطح داخلی آن با دقت معینی پرداخت شده است. این پرداخت موجب می‌شود جریان در یک المان که مستقیماً به مجرا متصل شده است، شرایط اندازه‌گیری در ورودی نازل را تحت تاثیر قرار ندهد. اگر لازم باشد که گسترش را در سطح مقطع مجرا آزمایش به

عمل آوریم، این امر تنها در ارتباط با مجرای استوانه‌ای نازل اندازه‌گیری ورودی به کار برده می‌شود. نازل و مقطع مجرای استوانه‌ای گسترش یافته در شکل ۲۰، نشان داده شده‌است.

۲٤ – ۲ – ۲ قطر گلوگاه نازل (d) با دقت $0.001d$ اندازه‌گیری می‌شود.

چهار اندازه‌گیری در فاصله‌ای با زوایای ٤٥ درجه و $\pm\ 0.002d$ از مقدار متوسط صورت می‌گیرد. اتصالات فشاری مطابق با ابعاد نشان داده شده در شکل ۲۰ و نیازهای مشخصونوشته شده در بند ۷ ،انجام می‌شود.

سطح نازل، مجرای اندازه‌گیری و سطح گسترش یافته، بایستی به اندازه کافی صاف باشند.

۲٤ – ۳ فضای بدون مانع در جلوی نازل ورودی

حداقل ابعاد فضای مستطیلی نا مسدود حول نقطه میانی ورودی به اندازه قطر نازل (d) ، بستگی دارد.

$$a = b \geq 2{,}5d$$

a = فاصله بین نقطه میانی ورودی و صفحه بالادست جریان. شکل‌های ۱۷ – ب، ۱۷ – پ و ۲۰ را ملاحظه کنید.

b = قسمت فضای مستطیلی.

۲٤ – ٤ عملکرد نازل ورودی مربعی

دبی جرمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha\varepsilon \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\Delta p \rho_u}$$

برای $d \geq 50mm,\ 10^5 \leq Re_d \leq 10^7$:

$$\alpha = 1 - 0{,}004\sqrt{\frac{10^6}{Re_d}}$$

برای $\Delta P \leq 2000Pa$ و $k = 1.4$:

$$\varepsilon = 1 - 0{,}55\frac{\Delta p}{p_a}$$

$\rho_u = \rho_a$: چگالی جریان بالادست می‌باشد، که مطابق با بند ۲۲ – ۳ – ۵ محاسبه شده است.

۲٤ – ۵ عدم قطعیت

عدم قطعیت در ضریب دبی جریان برای $\alpha \leq 1$ و $Re_d \geq 10^5$ برابر با ۰/۰۰۰۳ ± است.

۲۵ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از ورودی مخروطی

ورودی مخروطی بایستی در شرایط ورودی آزاد به کار برده شود.

۲۵ – ۱ شکل هندسی

۲۵ – ۱ – ۱ ابعاد ورودی مخروطی و رواداری در شکل ۲۱ نشان داده شده‌است. پروفیل بایستی تقارن محوری داشته باشد، به طوری که، اتصالات بین مخروط و سطح و هم چنین بین مخروط و گلوگاه استوانه‌ای، هر کدام دارای لبه‌های تیز و بدون برآمدگی و یا فرورفتگی باشند. محور ورودی و محور مجرا بایستی بر هم منطبق باشند.

۲۵ – ۱ – ۲ قطر گلوگاه (d) میانگین حسابی چهار اندازه‌گیری در محدوده دقت $0.001d$ می‌باشد که در زاویه ٤٥ درجه نسبت به یکدیگر در صفحه اتصالات فشار گلوگاه واقع شده است.

۲۵ – ۱ – ۳ اتصالات فشار بایستی با نیازهاینوشته شده در بند ۷، مطابقت داشته باشد.

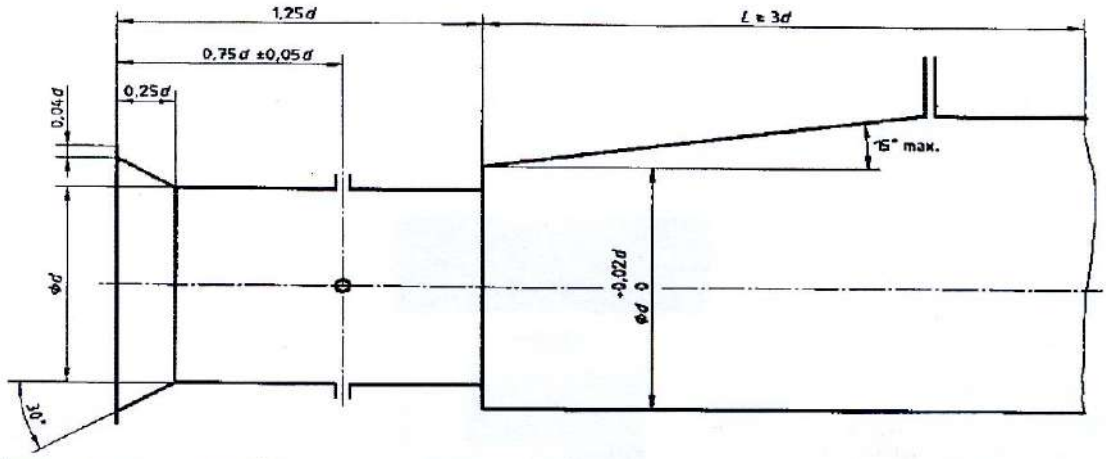
۲۵ – ۱ – ٤ اختلاف فشار (Δp)، بایستی مطابق با نیازهای نوشته شده در بند ۱۳ – ۲ – ۳ ، اندازه‌گیری شود.

۲۵ – ۱ – ۵ به جز در مواردی که طور دیگری مشخص می‌گردد، زاویه دربرگیرنده مقطع واگرا ممکن است در محدوده $\theta \leq 30^{\circ}$ قرار گیرد. طول این قطعه ارتباطی استوانه‌ای یا واگرا، نباید از $3d$ کمتر باشد.

۲۵ – ۲ بارگذاری صفحه‌ای

۲۵ – ۲ – ۱ بارگذاری صفحه‌ای قابل تنظیم مطابق با شکل ۱۷ – پ،با ورودی مخروطی مجاز است. امّا عدم قطعیت دبی جرمی جریان α افزایش می‌یابد (بند ۲۵– ۵ – ۳ را ملاحظه کنید).

۲۵ – ۲ – ۲ صفحات، وسایل ضد چرخش و تکیه‌گاه‌های آنها را می‌توان در قطعه ارتباطی نصب کرد، امّا نباید به آنها امکان داد که در گلوگاه نازل وارد شوند.



یادآوری – چهار اتصال دیواری همانگونه که در بند ۷ مشخص شده است.

شکل ۲۱ – شکل هندسی ورودی مخروطی

۲۵ – ۲ – ۳ تکیه‌گاه‌ها برای صفحات بایستی دارای سطح جلویی حداقل و دارای سختی و مقاومت لازم برای کاربرد مورد نظر باشد.

برای مثال: هیچگونه عضو جانبی منفرد نبایستی انسدادی بیشتر از دو درصد را ایجاد کند. تکیه‌گاه‌ها اجازه نمی‌دهند که صفحات از وسط خم شوند.

یادآوری - یک دستگاه ضد چرخش به عنوان یک تکیه‌گاه عالی صفحه‌ای به کار می‌رود (شکل ۱۷ – پ را ملاحظه کنید).

صفحات بایستی به دقت بریده شوند و یک حلقه محافظ با ضخامت شعاعی حداکثر $0.012d$ یا ٦ میلیمتر و حداقل $0.008d$ یا ۳ میلیمتر و طول حداکثر $0.05d$ دور آنها قرار گیرد یا اینکه می‌توان از وسایل دیگری برای حذف نشتی در دیوار استفاده نمود.

۲۵ – ۳ منطقه ورودی

۲۵ – ۳ – ۱ در منطقه ورودی که در شکل ۱۷ – پ مشخص شده است، نباید مانع یا بازدارنده اضافی برای حرکت آزاد هوای وارد شده به ورودی وجود داشته باشد و سرعت هرگونه جریان مقطعی، نباید در پنج درصد سرعت گلوگاه نازل بیشتر باشد.

۲۵ – ۳ – ۲ برای تضمین اینکه فشار ثبت شونده در قسمت فشار بالای مانومتر قرائت فشار تفاضلی معادل با فشار محیطی در منطقه ورودی باشد بایستی دقت کافی به عمل آورد.

۲۵ – ٤ عملکرد ورودی مخروطی

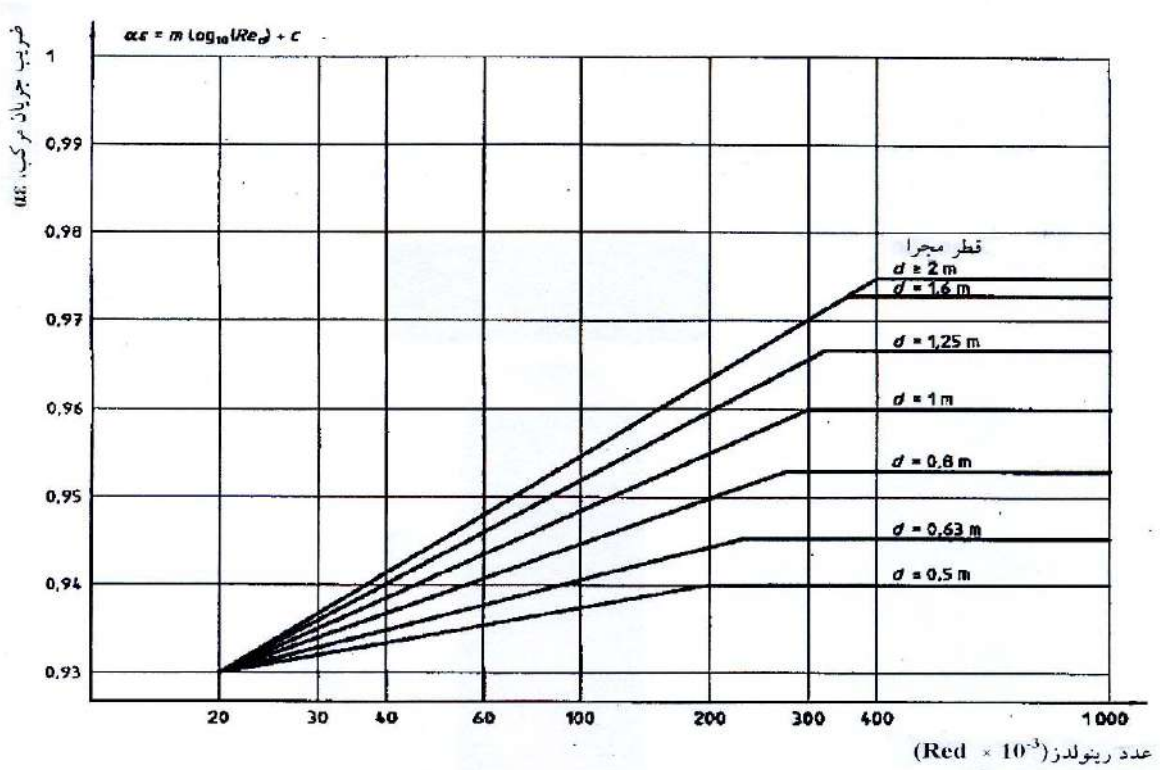
۲۵ – ٤ – ۱ یک ورودی مخروطی ساخته شده مطابق با نیازهای بالا را، می‌توان بدون کالیبراسیون برای نسبت‌های فشار $r_d \geq 0.96$ یعنی $\Delta p < 4000Pa$ به کار برد.

۲۵ – ٤ – ۲ ضریب ترکیب $(\alpha\varepsilon)$ به عدد رینولدز (Re_d) بستگی دارد و در شکل ۲۲ رسم شده است. ورودی مخروطی هنگامی که $Re_d < 2000$ باشد، نباید به کار روند.

۲۵ – ٤ – ۳ دبی جرمی جریان با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha\varepsilon\pi\frac{d^2}{4}\sqrt{2\rho_u\Delta p}$$

ρ_u، چگالی جریان بالادست می‌باشد که مطابق با بند۲۲ – ۳ – ۵، محاسبه شده است.



For $d \leq 0{,}5$ m: $m = 0{,}011\,07$, $c = 0{,}882\,4$, $\alpha\varepsilon$ max. = 0,94
For 0,5 m < $d \leq 2$ m: $m = 0{,}009\,63 + 0{,}047\,83d + 0{,}055\,33d^2$,
$c = 0{,}971\,6 - 0{,}205\,8d + 0{,}055\,33d^2$,
$\alpha\varepsilon$ max. $= 0{,}913\,1 + 0{,}062\,3d - 0{,}015\,67d^2$.
For $d \geq 2$ m: $m = 0{,}345\,9$, $c = 0{,}781\,2$, $\alpha\varepsilon$ max. = 0,975

شکل ۲۲ – ضریب دبی جریان مرکب، $\alpha\varepsilon$ برای ورودی‌های مخروطی

۲۵ – ۵ عدم قطعیت‌ها

۲۵ – ۵ – ۱ عدم قطعیت در ضریب ترکیب $(\alpha\varepsilon)$ و در ضریب جریان (α) یکسان است.

عدم قطعیت کلی زمانی قابل به کارگیری است که $Re_d \geq 3\times10^5$ است و هیچ بارگذاری صفحه‌ای در قطعه ارتباطی که معادل ۱/۵± درصد است، انجام نمی‌شود. بر این اساس بایستی عدم قطعیت دیگری در ارتباط با Re_d پائین و بارگذاری صفحه‌ای به طور جبری اضافه کرد.

۲۵ – ۵ – ۲ عدم قطعیت اضافی (بر حسب درصد) ناشی از رینولدز پائین یعنی $2\times10^4 < Re_d < 3\times10^5$ به صورت زیر می‌باشد:

$$\pm\left(\frac{2\times10^4}{Re_d}-\frac{1}{15}\right)$$

۲۵ – ۵ – ۳ عدم قطعیت اضافی ناشی از وجود یک صفحه یکنواخت طبق بند ۲۵ – ۲ برابر با ۰/۵ درصد است و بایستی به طور جبری جمع شود.

۲۵ – ۵ – ٤ اگر مقدار کالیبره $\alpha\varepsilon$ به جای مقدار داده شده در بند ۲۵ – ٤ – ۳ به کار رود، این عدم قطعیت‌ها می‌توان کاهش داد با استفاده از لوله پیتوت استاتیکی مطابق با نیازهای *ISO 3966* یا به کمک یک وسیله اولیه با عدم قطعیت ضریب دبی جرمی جریان که بیشتر از یک درصد نباشد، می‌توان کالیبراسیون را انجام داد.

عدم قطعیت کلی اندازه‌گیری دبی حجمی جریان یا دبی جرمی جریان با بارگذاری صفحه‌ای مطابق باشکل۱۷ – پ را می‌توان ۲± درصد در نظر گرفت.

۲٦ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از صفحه اریفیس

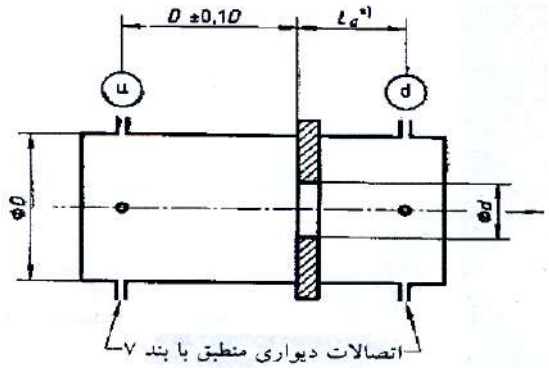
۲٦ – ۱ نصب

برای آزمایش در مجراهای استاندارد، می‌توان در ورودی به مجرای آزمایش (اریفیس ورودی) و در خروجی از یک مجرای آزمایش (اریفیس خروجی) یا بین مجراهای بالا دست و پائین دست جریان که دارای قطر یکسان می‌باشند، طراحی مشترک صفحه اریفیس را بکار برد. (اریفیس درون مجرا مطابق با *ISO 15167-1* می‌باشد). مجراها بایستی با نیازهای روش‌های آزمایش مربوط مطابقت داشته باشند.

۲۶ – ۲ صفحه اریفیس

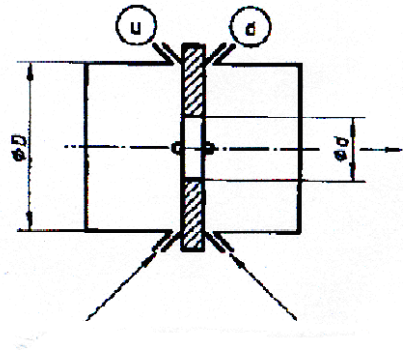
۲۶ – ۲ – ۱ صفحه اریفیس و اتصالات فشاری مرتبط با آن، بایستی با ابعادنوشته شده در شکل ۲۳، نیازهای دیگر این بند و *ISO 5167-1:1991*؛ بندهای ۷ و ۸ ،مطابقت داشته باشند.

دو نوع اتصال جایگزین دیگرنیز وجود دارند؛ حلقه پیرومتر که عموماً برای مجراهای کوچکتر مناسبتر است و اتصال دیواری برای اندازه‌های بزرگ، گرچه استفاده از هیچکدام انحصاری نمی‌باشد.

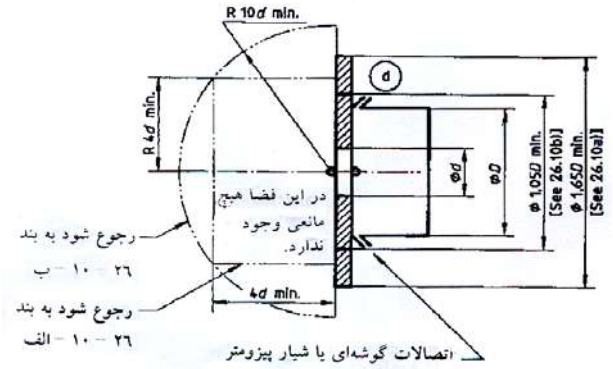


الف – اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$

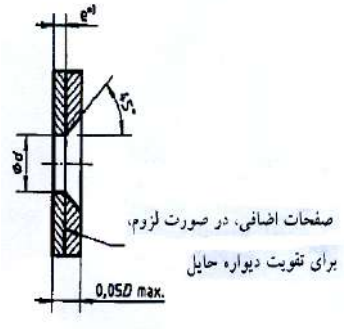
شکل ۲۳ – صفحات اریفیس و قطعات روی هم



ب - چهار اتصال گوشه ای یا شیار پیزومتر

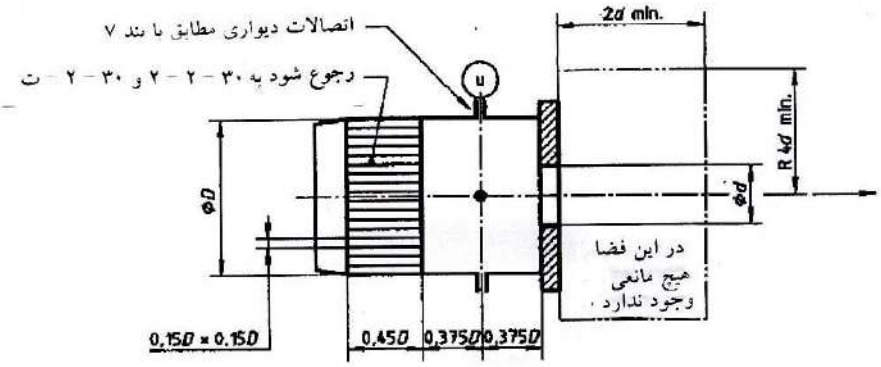


پ - اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای

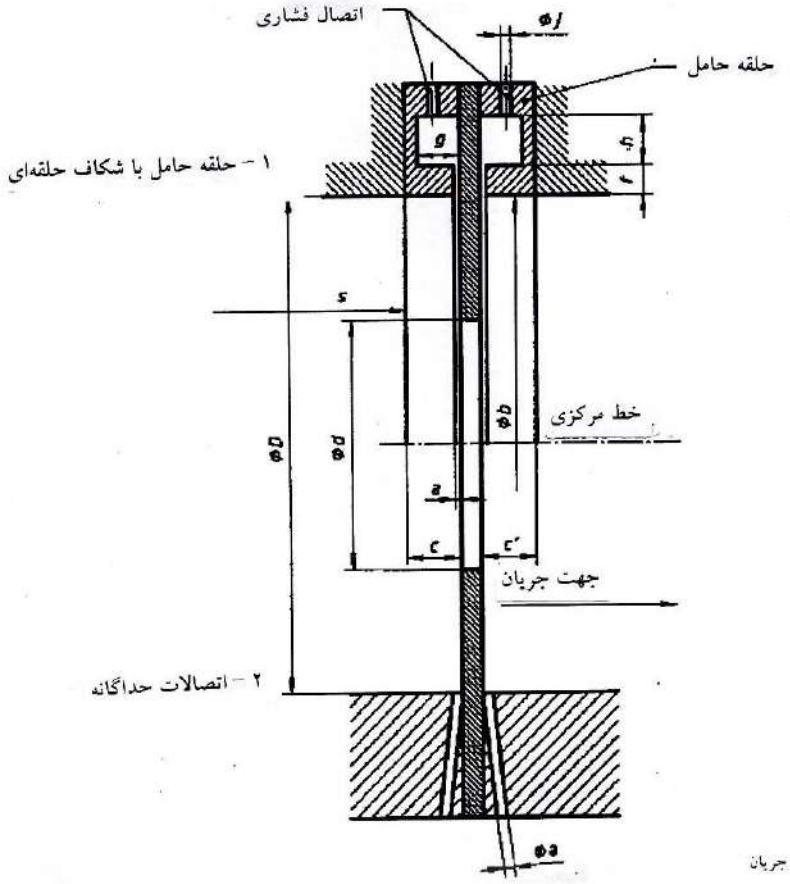


ت - جزئیات صفحه اریفیس

شکل ۲۳ - صفحات اریفیس و قطعات روی هم



ث – اریفیس خروجی با اتصالات دیواری



f = ضخامت شکاف

c = طول حلقه بالادست جریان

c' = طول حلقه پائین دست جریان

b = قطر حلقه حامل

a = عرض شکاف حلقه‌ای یا قطر شکاف

S = فاصله از گام بالادست جریان به حلقه حامل

j = قطر اتصال فشار

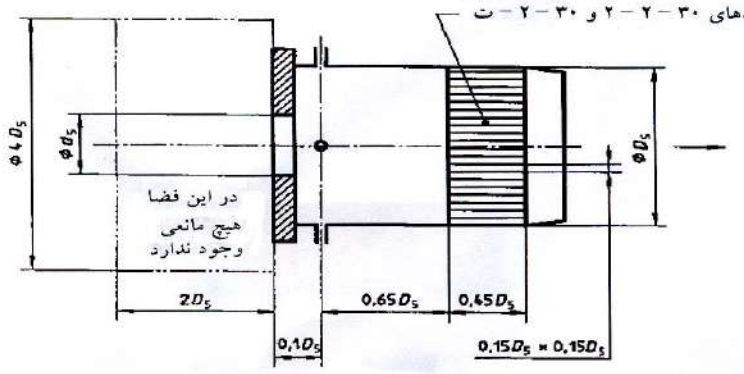
$4 < j < 10$

$gh = \pi aD$

ج – اتصالات گوشه‌ای

شکل ۲۳ – صفحات اریفیس و قطعات روی هم

رجوع شود به بندهای ۳۰ – ۲ – ۲ و ۳۰ – ۲ – ت



یادآوری:

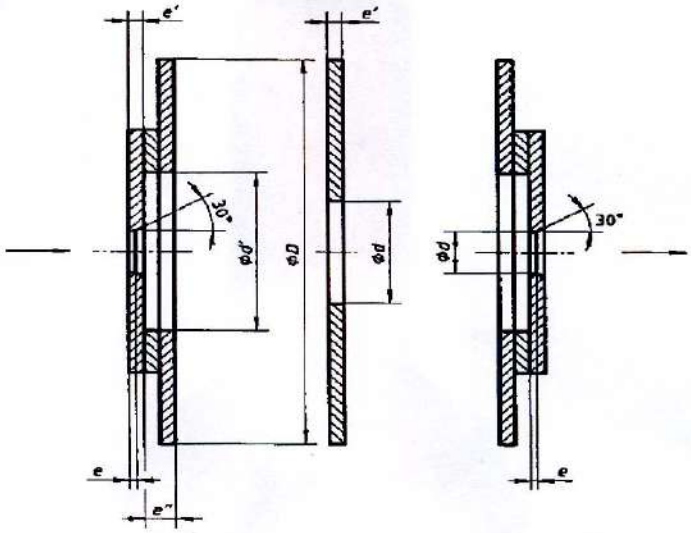
بستن صفحه اریفیس توسط طوقه نگهدارنده لوله: قطر داخلی = D_s

ضخامت = $0.01D_s$

بستن صفحه اریفیس توسط گیره: ضخامت کلی = $0.15D_s$

انسداد شعاعی = $0.15D_s$ بیشتر از D_s

چ – اریفیس ورودی با اتصالات دیواری



اریفیس ورودی — اریفیس خروجی

$e' \geq 0{,}003D$

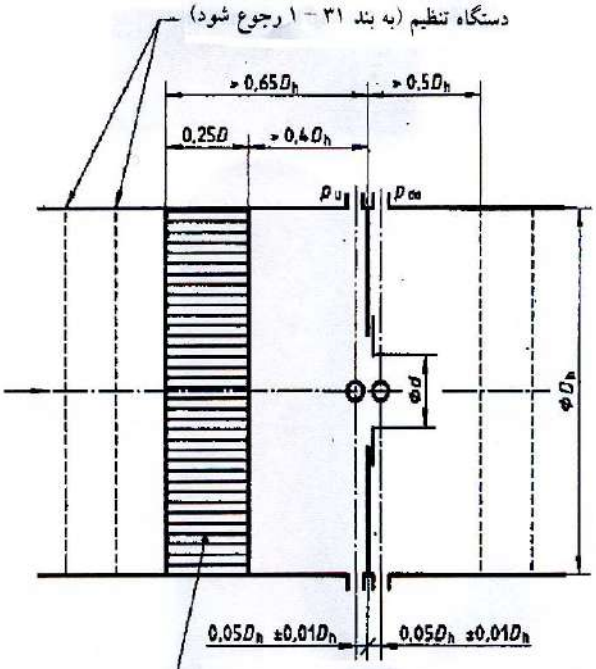
$e = 0{,}01d$

یادآوری ۱ – محفظه برای $e' \geq 0.01d$

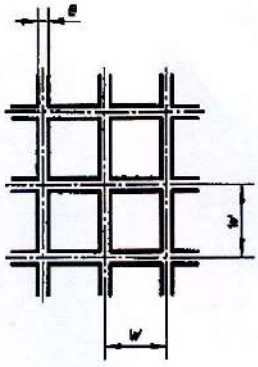
یادآوری ۲ – وقتی که صفحه اریفیس به صفحه کمکی پیچ و مهره می‌شود $d' \geq 1.25d + 4e$

ح – صفحه اریفیس در محفظه آزمایش (لبه ورودی یا خروجی)، به بندهای ۲۶ – ۹ – ۱، ۳۱ – ۳ و ۳۱ – ٤ رجوع شود.

شکل ۲۳ – صفحات اریفیس و قطعات روی هم



خ – صفحه اریفیس در محفظه آزمایش (لبه ورودی یا لبه خروجی)، به بندهای ۲۶ – ۹ – ۱، ۳۱ – ٤ و ۳۱ – ۳ رجوع شود.



د – جزئیات مستقیم ساز جریان

شکل ۲۳ – صفحات اریفیس و قطعات روی هم

۲۶ – ۲ – ۲ صفحه اریفیس بایستی از ماده‌ای ساخته شود، که هنگام استفاده دچار فرسودگی و خوردگی نشود و هم چنین در هنگام عملیات و تمیزسازی در مقابل آسیب‌ها محافظت شود. به ویژه مهم است، که لبه‌های اریفیس ناصاف یا مدور نباشد یا صدمات دیگر را که با چشم مسلح قابل رویت است تحمل کند.

لبه بالادست جریان اریفیس بایستی تیز بوده و نباید نور را منعکس سازد. هرگونه شعاع لبه‌ای، نباید بیشتر از $0.0004\ d$ باشد. این شرایط ممکن است با ماشین‌کاری و سوراخ کاری صفحه اریفیس و سپس پرداخت صفحه بالادست جریان به وسیله یک برش شعاعی بسیار ظریف از مرکز به سمت خارج حاصل شود.

۲۶ – ۲ – ۳ اریفیس بایستی با $\pm 0.0005d$ استوانه‌ای باشد و قطر آن تا نزدیک $0.001d$ اندازه‌گیری شود. پس از مونتاژ، اریفیس بایستی با مجرای بالادست جریان با زاویه یک درجه و $(\pm 0.0005D)/(0.1+2.3\beta)^4$، هم محور باشد.

۲۶ – ۲ – ٤ سطح بالایی جریان در صفحه اریفیس بایستی تا یک میلیمتر در هر ۱۰۰ میلیمتر هموار شود و زبری آن (R_a) نباید از $10^{-4}d$ بیشترباشد. هم چنین برای هرگونه اندازه‌گیری یا نشت‌بندی در صفحه و لبه مجرا، نباید از درون طرح‌ریزی شود.

۲۶ – ۳ مجراها

مطابق با *ISO 5167-1* برای اریفیس‌های درون مجرایی بایستی قطر مجرای بالادست *(D)* تا نزدیک *0.003D* به عنوان میانگین ۱۲ اندازه‌گیری در زوایای حدود °۴۵ اندازه‌گیری شود، که این اندازه‌گیری‌ها در سه سطح مقطع که به طور مساوی بین اتصال بالادست جریان و سطح مقطع در *0.5D* پائین دست جریان توزیع شده‌اند، صورت می‌گیرد. مجرای جانبی پائین دست جریان کافی است که ظاهراً استوانه‌ای بوده و قطر آن *0.03D*± باشد.

طول مجرای جریان بالادست و پائین دست در *ISO 5167 - 1:1991* بند ۷تعیین و ارائه شده است. یک سیستم‌ساز جریان در شکل ۵۵ یا ۵۷ نشان داده شده است، می‌تواند در مجرای بالادست جریان سوار شود. طول مجراهای جریان بالادست و پائین دست و شرایط نصب آنها در *ISO 5167-1:1991* بندهای ۷ و ۸ تعیین و ارائه شده‌است.

مطابق با بند ۷ و در موقعیت‌های نشان داده شده در شکل ۲۳ بایستی تعداد اتصالات دیوار چهار عدد باشد. محور هر اتصال بایستی محور مجرا را با زاویه ۹۰ درجه قطع کند، مگر در مورد اتصالات گوشه‌ای که ممکن است زاویه آنها به اندازه‌ای خمیده باشد که بتوان آنها را مته زده و متصل کرد.

ابعاد سوراخ‌های اتصالات دیواری مطابق با ابعاد شکل ۲ می‌باشد، به جز در مورد اتصالات گوشه‌ای هیچ قسمت از سوراخ نباید از *0.03D* برای $\beta \leq 0.65$ یا *0.02D* برای $\beta > 0.65$ بیشتر باشد و بایستی در صفحه اریفیس در نقطه‌ای باشد، که سوراخ وارد حلقه حامل می‌گردد. در این بعد هرگونه درزگیری بایستی لحاظ شود.

۲۶ – ٤ اتصالات فشاری

۲۶ – ٤ –۱ حلقه‌های پیزومتر به شکل یک شکاف جانبی پیوسته با عرض محوری a به نسبت به صفحه اریفیس و عمق شعاع کمینه $2a$ می‌باشند. عرض q از $0.03D$ برای $\beta \leq 0.65$ یا $0.02D$ برای $\beta > 0.65$ بیشتر نخواهد شد. اگر مساحت سطح مقطع فرورفتگی‌های جانبی حداقل معادل با کمترین مقدار نشان داده شده در شکل ۲۳ – ج باشد، می‌توان یک اتصال مجزا برای اتصال با مانومتر به کار برد.

سوراخ حلقه حامل پیزومتر، نباید از سوراخ مجرایی به قطر D در هر نقطه جلوتر باشد. برای وفق دادن قسمت‌های غیر انطباقی با یکدیگر در مجرا بایستی حد مجاز قطری $0.04D$ را در نظر گرفت.

۲۶ – ۵ محاسبه دبی جرمی جریان

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2 \rho_u \Delta p}$$

ρ_u مطابق با بند ۲۲ – ۳ – ۵ می‌باشد.

تعاریف و محدودیت های کمیت‌ها در سمت راست این فرمول مطابق با نصب اریفیس انتخاب شده اندکی متفاوتی هستند و بنابراین برای هر مورد، به طور جداگانه، در نظر گرفته می‌شود.

محدودیت‌های زیر برای یک اریفیس درون مجرایی در نظر گرفته می‌شود. (*ISO 5167-1*)

- قطر مجرا (D)، نباید کمتر از ۵۰ میلیمتر و بیشتر از ۱۰۰۰ میلیمتر برای اتصالات D و $D/2$ و اتصالات گوشه‌ای باشد.
- قطر اریفیس (d) ، نباید کمتر از ۱۲/۵ میلیمتر باشد (*ISO 5167-1:1991* و بند ۸ – ۱ – ۷ را ملاحظه کنید).

ضریب دبی جریان (α) به نسبت قطر اریفیس $\beta = \frac{d}{D}$ و به عدد رینولدز مجرا (Re_D) ،بستگی دارد (بند ۲۶ – ۶ را ملاحظه کنید).

محدوده β و Re_D برای هر نصب مشخص می‌باشد. در بعضی از موارد برای سادگی محدودیت های Re_D بر حسب فشار حدی و سرعت حدی در هوای استاندارد، بیان می‌شود.

ضریب انبساط پذیری (ε) در بندهای ۲۶ – ۷ تا ۲۶ – ۱۱شرح داده شده ودر شکل ۲۶ نشان داده شده‌است.

۲۶ – ۶ عدد رینولدز

اعداد رینولدز لازم برای محاسبه دبی جریان اریفیس به شرح زیر تعریف می‌شوند:

$$Re_D = \frac{Dv_D}{\nu} = \frac{4q_m}{\pi D\mu} = \frac{\alpha\varepsilon d^2}{\nu D}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}} = \frac{\alpha\varepsilon\beta d}{\nu}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

$$Re_d \frac{d v_d}{\nu} = \frac{4q_m}{\pi d\mu} = \frac{\alpha\varepsilon d}{\nu}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

μ مطابق با بند ۱۲ – ۳ محاسبه می‌شود.

لزجت سینماتیک (υ) به وسیله فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho_u}$$

اگر بخواهیم به طور دقیق بنویسیم ، استنتاج Re از یک مقدار آزمایشی ΔP نیاز به محاسبه تکراری دارد زیرا α و q_m مجهول هستند. تنها یک تقریب اولیه Re_d مورد نیاز می‌باشد و ممکن است کافی باشد که Re_D یا Re_d را از اولین تقریب q_m به دست آورد.

برای اریفیس ورودی کافی است که مقدار لزجت دینامیک (μ) را برای هوای استاندارد در نظر بگیریم:

در این حالت:

$$Re_D = \frac{71q_m}{D} \times 10^3$$

یا

$$Re_d = \frac{71q_m}{d} \times 10^3$$

که D و d بر حسب متر و q_m بر حسب کیلومتر بر ثانیه، بیان می‌گردد.

۷ – ۲۶ اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$ (شکل ۲۳ – الف و *ISO 5167-1* را ملاحظه کنید):

شرایط زیر برقرار هستند:

$$\Delta p = p_u - p_{do} = p_{eu} - p_{edo}$$

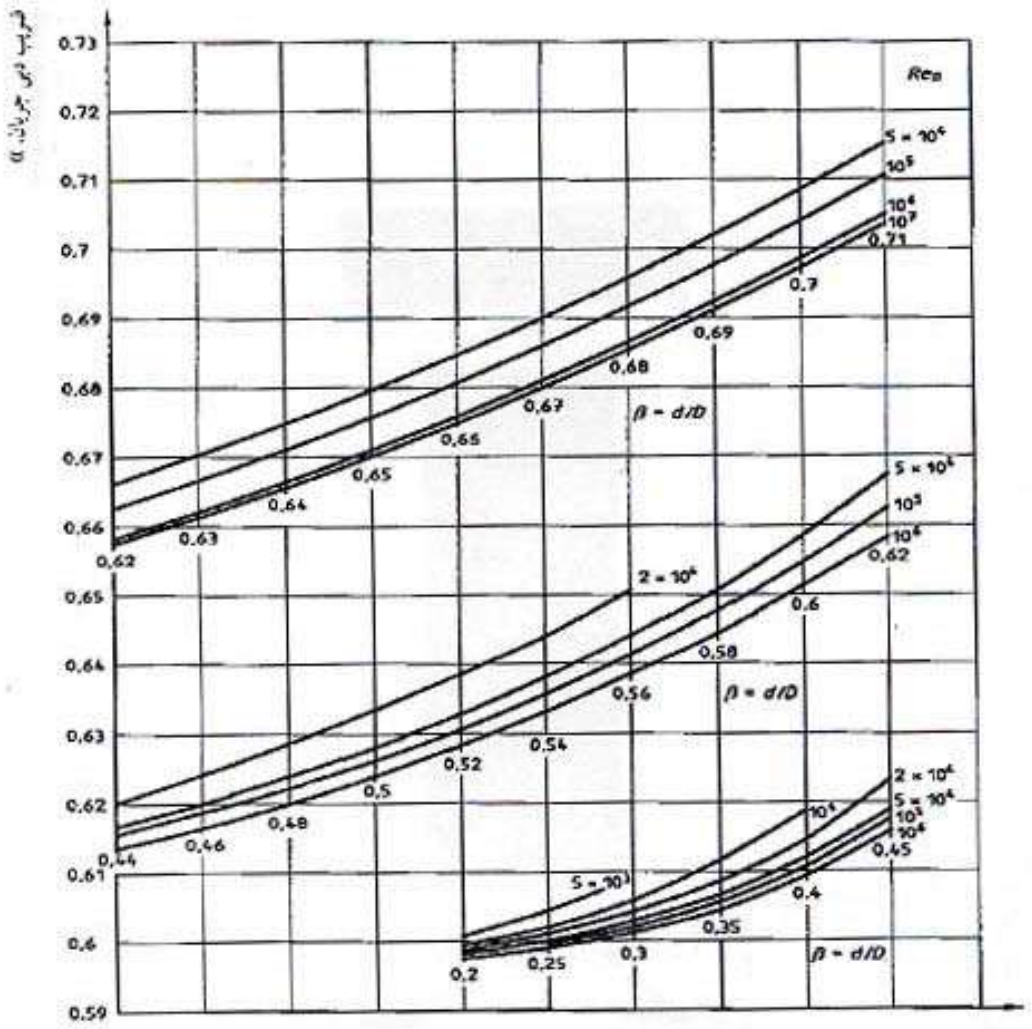
$$p_{do}/p_u \geq 0{,}75$$

ρ_u چگالی هوا در اتصال جریان بالادست می‌باشد (بند ۲۲ – ۳ – ۵ – ۲ را ملاحظه کنید).

$\beta = \frac{d}{D}$ نباید کمتر از ۰/۲ و بیشتر از ۰/۷۵ باشد.

ضریب دبی جریان (α) با فرمول اشتولز داده می‌شود، که در شکل ۲٤ نمایش داده شده است:

$$\alpha = \left(1-\beta^4\right)^{-0,5}\left[0{,}595\,9 + 0{,}031\,2\beta^{2,1} - 0{,}184\beta^8 + 0{,}002\,9\beta^{2,5}\left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,75} + 0{,}039\beta^4\left(1-\beta^4\right)^{-1} - 0{,}015\,8\beta^3\right]$$



شکل ٢٤ – ضریب دبی جریان، α برای اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و D/2
(به بند ٢٦ – ٧ رجوع شود)

ضریب انبساط پذیری (ε) با عبارت زیر محاسبه می‌شود و در شکل٢٦ نمایش داده شده است.

$$\varepsilon = 1 - \left(0{,}41 + 0{,}35\beta^4\right)\frac{\Delta p}{\kappa p_u}$$

عدم قطعیتی که α توسط آن مشخص می‌گردد، ٠/٦ درصد می‌باشد: برای $R_{eD} \geq 1260\beta^2 D$ (D بر حسب میلیمتر) و $\beta \leq 0.6$ یا $\beta\%$ و $0.6 < \beta \leq 0.75$ به شرط آنکه طول‌های مستقیم مجراها مطابق با *ISO 5167-1:1991* بند ٧ – ٢ باشد. هنگامی که این طول‌ها بر دو تقسیم می‌شوند، یک عدم قطعیت اضافی ٠/٥ درصد را نیز به طور جبری اضافه می‌کنیم.

عدم قطعیت روی ε بر حسب درصد ،عبارت است از:

$$4\,\frac{\Delta p}{p_u}$$

۲۶ – ۸ اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای (شکل۲۳ – ب و *ISO 5167-1* را ملاحظه کنید). شرایط زیر برقرار هستند:

$$\Delta p = p_u - p_{do} = p_{eu} - p_{edo}$$

$$p_{do}/p_u \geq 0{,}75$$

$\beta = \frac{d}{D}$ چگالی هوا در اتصال جریان بالادست می‌باشد (بند ۲۲ – ۳ – ۵ – ۲ را ملاحظه کنید) ρ_u

کمتر از ۰/۲ و بیشتر از ۰/۷۵ نخواهد بود.

ضریب دبی جریان (α) به وسیله فرمول اشتولز داده می‌شود و در شکل ۲۵ ترسیم شده است.

$$\alpha = \left(1-\beta^4\right)^{-0,5}\left[0{,}595\,9 + 0{,}031\,2\beta^{2,1} - 0{,}184\beta^8 + 0{,}002\,9\beta^{2,5}\left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,75}\right]$$

ضریب انبساط پذیری (ε) به وسیله عبارت زیر داده می‌شود و در شکل ۲۶ ترسیم شده است.

$$\varepsilon = 1-\left(0{,}41+0{,}35\beta^4\right)\frac{\Delta p}{\kappa p_u}$$

عدم قطعیتی که α توسط آن مشخص می‌گردد همان مقدار را برای اتصالات در D و $D/2$ دارد (بند ۲۶ – ۷ را ملاحظه کنید).

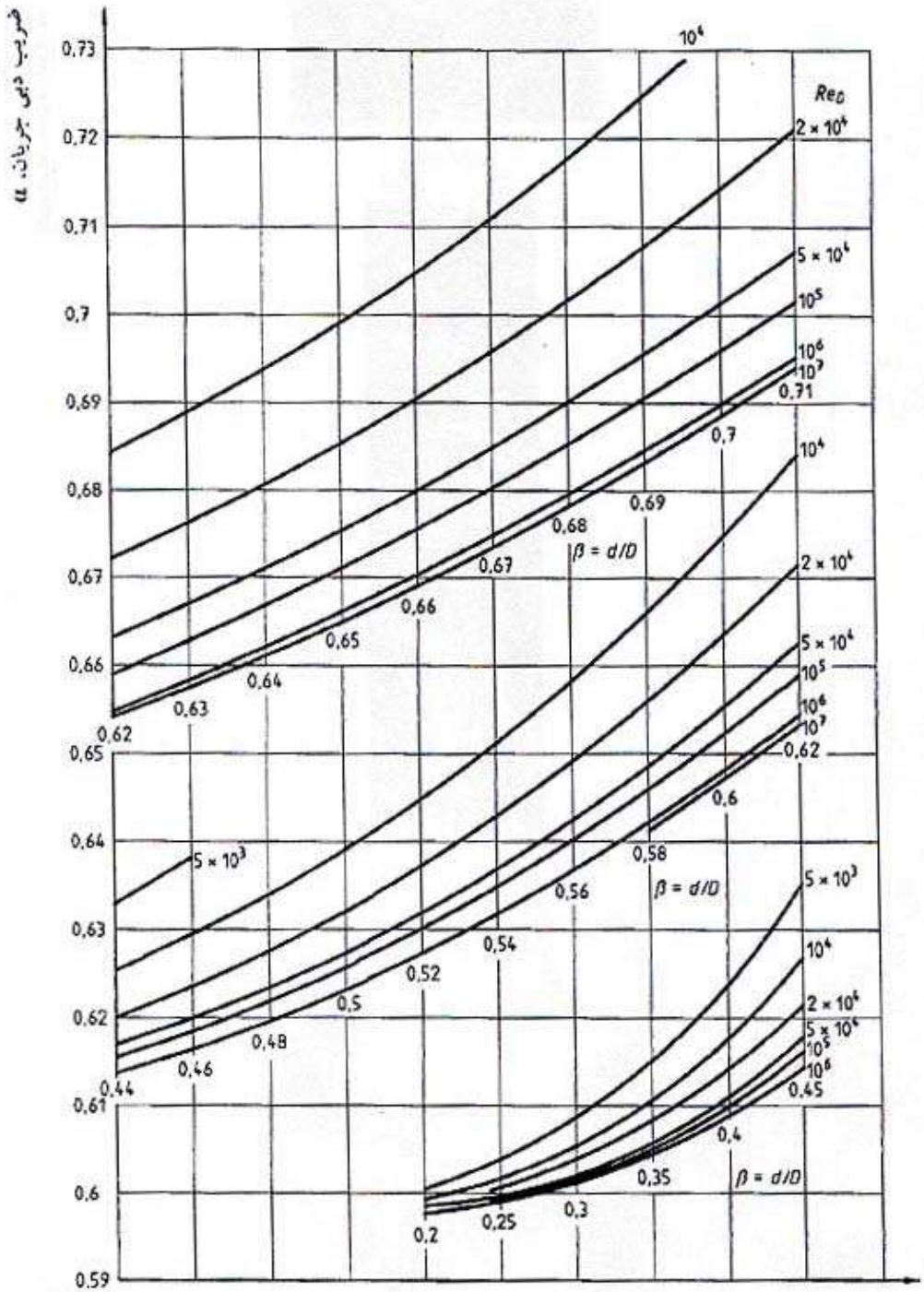
برای $0.2 \leq \beta \leq 0.45$: $Re_D \geq 5000$

برای $0.45 \leq \beta \leq 0.75$ $Re_D \geq 10000$

۲۶ – ۹ اریفیس خروجی با اتصالات دیواری (شکل‌های ۲۳ – ث و ۲۳ – ح را ملاحظه کنید) شرایط زیر برقرار هستند:

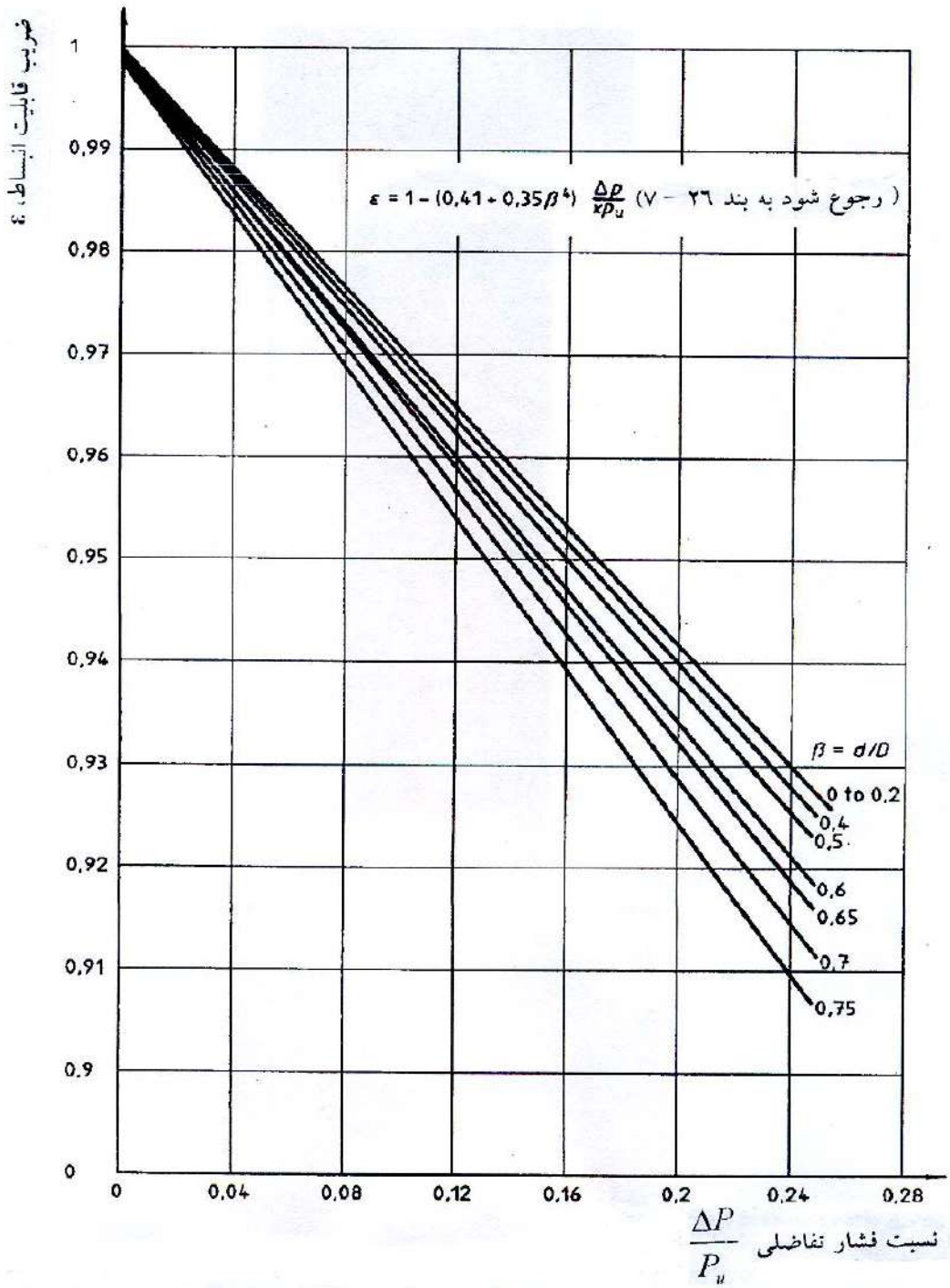
$$\Delta p = p_u - p_a = p_{eu} = p_{e6}$$

ρ_u، چگالی هوا در اتصال جریان بالادست است که مطابق با بند ۲۲ – ۳ – ۵، محاسبه می‌گردد.



شکل ۲۵ – ضریب دبی جریان، α در اریفیس خروجی یا اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای

(به بند ۲۶ – ۸ رجوع شود)



شکل ۲۶ – ضریب قابلیت انبساط، ε برای صفحات اریفیس در هوای اتمسفری
(به بندهای ۲۶ – ۷، ۲۶ – ۸ و ۲۶ – ۱۰ رجوع شود)

$\beta = \frac{d}{D}$ نباید از ۰/۵ (یا ۰/۷ با عدم قطعیت بیشتر)، بیشتر باشد.

$\alpha\varepsilon$ با زیر داده می‌شود:

$$\alpha\varepsilon = A\left[1 - r_{\Delta p}\left(B - Cr_{\Delta p}\right)\right]$$

و در شکل ۲۷ به عنوان تابعی از $\frac{P_{e6}}{P_a} = \frac{P_{eu}}{P_a} = r_{\Delta P} = \frac{\Delta P}{P_u - \Delta P}$ رسم می‌گردد:

که در آن A , B و C به ترتیب با عبارت های زیر معادل اند:

$$A = 0{,}599\,3 + 0{,}159\,9\beta^2 - 0{,}915\,6\beta^4 + 6{,}567\,5\beta^6 - 9{,}142\,9\beta^8 \text{ for } \beta \leqslant 0{,}5$$

$$A = 0{,}6\,(2{,}04)\beta^{3{,}2} \text{ for } \beta > 0{,}5$$

$$B = 0{,}249 + 0{,}070\,1\beta^2 + 0{,}243\beta^4 + 0{,}113\beta^6$$

$$C = 0{,}075\,7 + 0{,}058\beta^2 + 0{,}22\beta^4 + 0{,}25\beta^6$$

عدم قطعیتی که $\alpha\varepsilon$ توسط آن معلوم می‌گردد، ممکن است به صورت ۰/۵ ± درصد در نظر گرفته شود، به شرط آنکه β بیشتر از ۰/۵ نباشد و عدد رینولدز که به قطر اریفیس (d) ارجاع داده می‌شود کمتر از 10^5 نباشد. شرایط ثانوی به ما می‌گوید، که برای شرایط اتمسفری استاندارد، ΔP نباید کمتر از $(2000/d)^2$ باشد که d بر حسب میلیمتر بیان می‌گردد.

۲۶ – ۹ – ۱ صفحه اریفیس با اتصالات دیواری در محفظه آزمایش (شکل های ۲۳ – ح و ۲۳ – خ را ملاحظه کنید).

شرایط زیر برقرار هستند:

$$\Delta p = p_{eu} - p_{edo} = p_u - p_{do}$$

درجه حرارت t_u در محفظه آزمایش اندازه‌گیری می‌شود:

$$\Theta_u = \Theta_{sgu} = t_u + 273{,}15$$

$\beta = \frac{d}{D_h}$ نباید از ۰/۲۵ بیشتر باشد.

$\alpha\varepsilon$ مطابق با بند ۲۶ – ۹ اندازه‌گیری می‌شود.

ملاحظات دیگر در بند ۲۶ – ۹ به کار خواهند رفت.

۲۶ – ۱۰ اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای (شکل ۲۳ – پ را ملاحظه کنید).

دو نوع آرایش را می‌توان به کار برد:

– قطر خارجی صفحه اریفیس بیشتر از $1.65D$ است که D را قطر مجرای پائین دست جریان در نظر می‌گیریم (شکل ۲۳ – پببینید وآن را ملاحظه کنید).

– قطر خارجی صفحه اریفیس بیشتر از $1.05D$ است.

– در هر دو مورد شرایط زیر برقرار هستند:

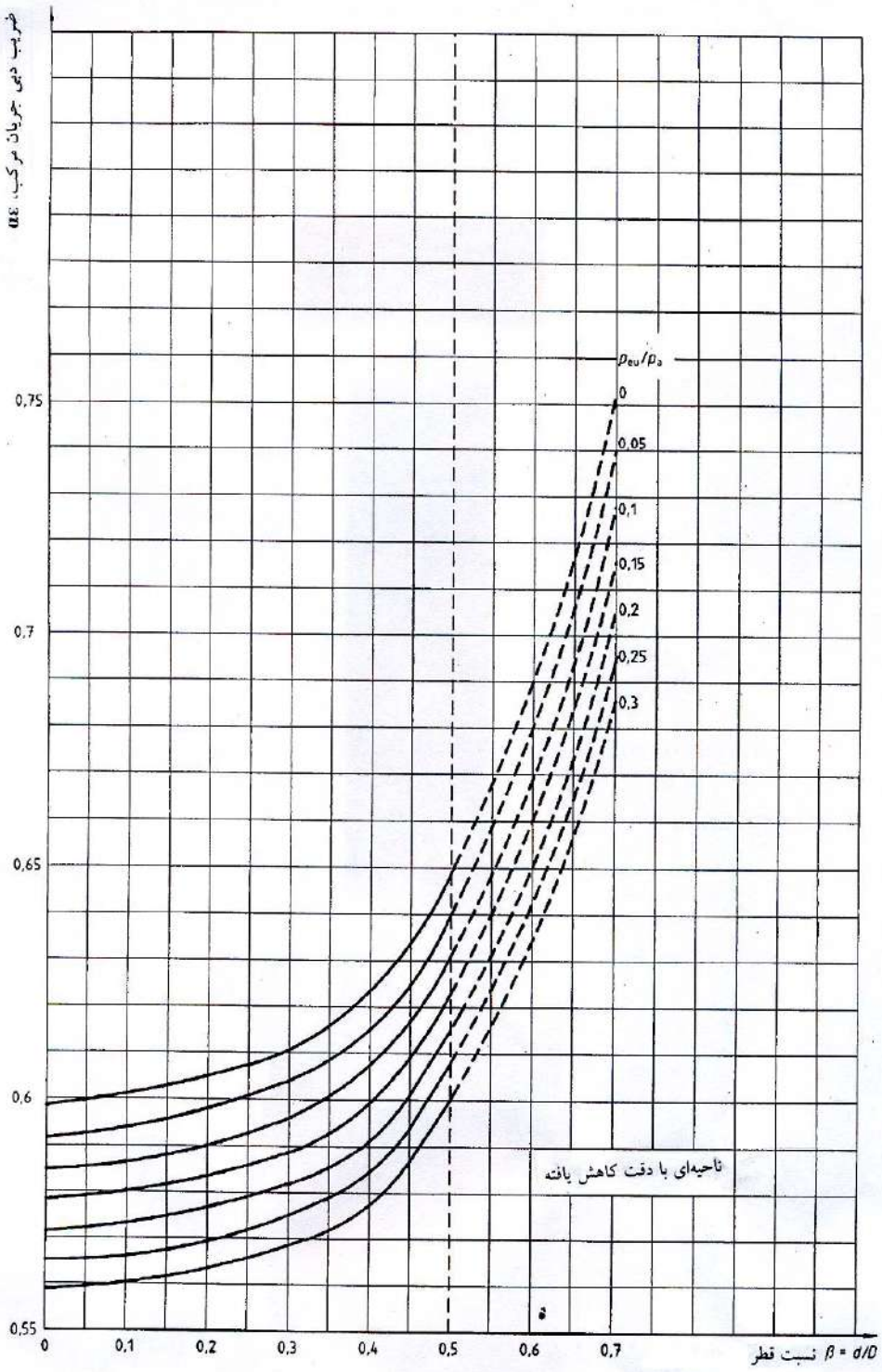
$$\Delta p = p_a - p_{do} = p_{e5}$$

P_a فشار اتمسفری محیطی است.

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_w \Theta_u} = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

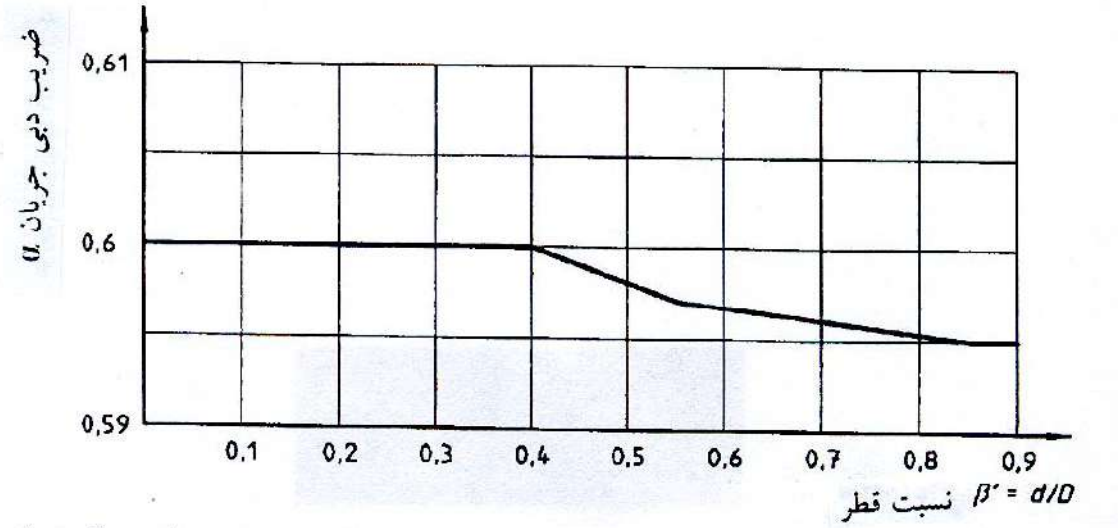
الف – قطر خارجی صفحه اریفیس بیشتر از $1.65D$:

$\beta' = \frac{d}{D}$ نسبت قطر اریفیس به قطر مجرای پائین دست جریان می‌باشد و نباید بیشتر از ۰/۸۵ باشد. حد پائینی برای آن وجود ندارد ،مگر برای حداقل قطر d که در بند ۲۶ – ۵ مشخص گردیده است. ضریب جریان (α) در شکل ۲۸ تنها به عنوان تابعی از β داده می‌شود.



شکل ۲۷ – ضریب دبی جریان مرکب، α، اریفیس‌های خروجی با اتصالات دیواری

(به بند ۲۶ – ۹ رجوع شود)



شکل ۲۸ – ضریب دبی جریان، α، اریفیس‌های ورودی با اتصالات گوشه‌ای

ضریب انبساط پذیری (ε) را می‌توان به وسیله فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\varepsilon = 1 - \left(0{,}41 + 0{,}35\beta^4\right)\frac{\Delta p}{\kappa p_u} = 1 - 0{,}41\frac{\Delta p}{\kappa p_u}$$

که برای آن $0.25 \geq \frac{\Delta P}{P_u}$ معتبر است و در شکل ۲۶ رسم شده است.

عدم قطعیتی که α توسط آن مشخص می‌گردد را، می‌توان ۱/۵± درصد در نظر گرفت، به شرطی که Re_d کمتر از ۱۰^4 × ۵ نباشد. این شرط مستلزم این است که برای شرایط اتمسفری طبیعی Δp کمتر از مقدار $[\frac{1000}{d}]^2$ نباشد (d بر حسب میلیمتر بیان می‌گردد) .

عدم قطعیت بر حسب درصد را که ε توسط آن مشخص می‌گردد، می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$\pm 4\frac{\Delta p}{p_u} = \pm 4\frac{\Delta p}{p_a}$$

ب – قطر خارجی صفحه اریفیس بیشتر از $1.05\ D$:

$\beta' = \frac{d}{D}$ کمتر از ۰/۲۰ و بیشتر از ۰/۷۵ نخواهد بود.

α تابعی از $\beta' = \frac{d}{D}$ نیست. α ثابت و معادل ۰/٦ می‌باشد.

ضریب انبساط پذیری (ε) را می‌توان به وسیله عبارت زیر محاسبه کرد:

$$\varepsilon = 1 - 0{,}41\frac{\Delta p}{\kappa p_u}$$

که برای $\frac{\Delta P}{P_u} \leq 0.25$ معتبر می‌باشد و در شکل ۲٦ رسم شده است.

عدم قطعیتی که α توسط آن مشخص می‌گردد ۰/ ۱± در نظر گرفته می‌شود، به شرط آنکه:

برای $0.2 \leq \beta \leq 0.45$ $Re_D \geq 5000$

برای $0.45 \leq \beta \leq 0.57$ $Re_D \geq 10000$

عدم قطعیت بر حسب درصد که ε توسط آن مشخص می‌گردد، عبارت است از:

$$\varepsilon = 1 - 0{,}41\frac{\Delta p}{\kappa p_u}$$

۲٦ – ۱۱ اریفیس ورودی با اتصالات دیواری: (شکل‌های ۲۳ – چ و ۲۳ – ح را ملاحظه کنید).

شرایط زیر برقرار هستند:

$$\Delta p = p_a - p_{do} = p_{e5}$$

P_a = فشار اتمسفری محیطی.

$\rho_u = \rho_a$

ρ_a = چگالی اتمسفری محیطی.

$\beta' = \frac{d}{D}$: در این حالت برابر است با نسبت اریفیس به مجرای پائین دست جریان، β' نباید از ۰/۷ بیشتر باشد. حد پائینی برابر آن موجود نیست مگر برای حداقل d که در بند ۲۶ – ۵ مشخص شده است.

$$\alpha = 0,598$$

$$\varepsilon = 1 - r_{\Delta p}\left(0,249 - 0,075\,7 r_{\Delta p}\right)$$

$$r_{\Delta p} = p_{e5}/p_5 = \Delta p/\left(p_a - \Delta p\right)$$

عدم قطعیتی را که α توسط آن مشخص می‌شود، می‌توان ۱± درصد در نظر گرفت، به شرط آنکه:

$$r_{\Delta P} = \Delta P / (P_u - \Delta p) \leq 0.3 \text{ و } Re_D \geq 5 \times 10^4$$

۲۷ اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از لوله پیتوت استاتیک[1]

۲۷ – ۱ کلیات

برای آزمایش‌های مجرای استاندارد، تنها تقاطع‌های استفاده شده در لوله پیتوت استاتیک در مجراهای استوانه‌ای معتبر هستند. موقعیت‌های صفحات تقاطعی در شکل‌های ۷۰ – ث، ۷۲ – ت، ٧٤ – ج، ٧٤ – چ، ۷۵ – ب و ٧٦ – چ، نشان داده شده است و سیال کاری طبیعتاً هوای اتمسفری می‌باشد.

مطابق با *ISO 3966* می‌توان اندازه‌گیری‌ها را انجام داد و تصحیح های لازم را به کار برد.
اما برای رسیدن به مقاصد این استاندارد ،امکان دارد که سرعت‌های تصحیح نشده را در نقاط مشخص شده اندازه‌گیری کرده و میانگین نتایج را محاسبه کنیم و تصحیح واحدی را که در بند ۲۷ – ٦ به عنوان تابعی از عدد رینولدز داده شده است ، برای اندازه‌گیری سرعت متوسط در یک مقطع با عدم قطعیت ۲ ± درصد اعمال کنیم.

۲۷ – ۲ لوله پیتوت استاتیک

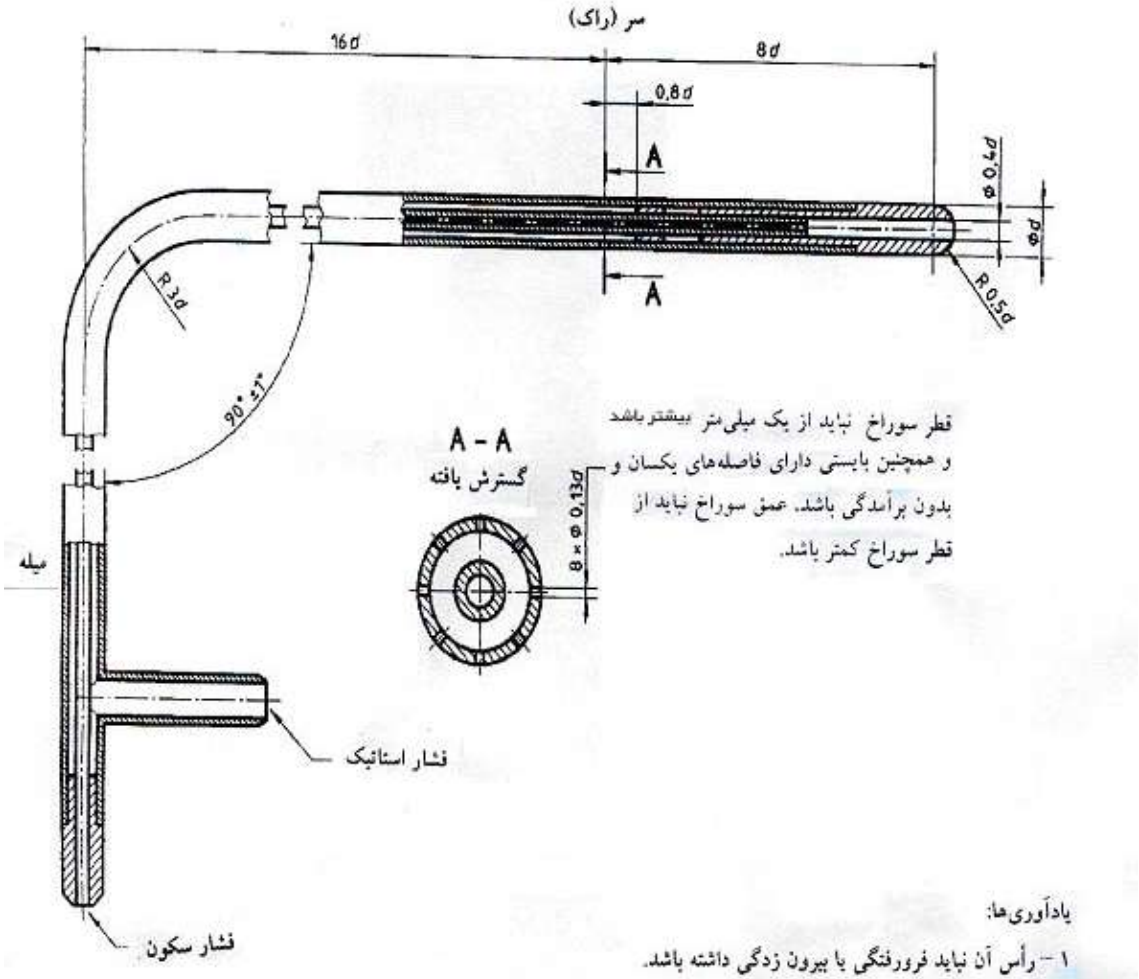
این دستگاه مطابق با نیازهای *ISO 3966* عمل می‌کند. قطر خارجی لوله (d) ،نباید از ۱/٤٨ قطر مجرا (D) بیشتر باشد. قطر سوراخ فشار سکون، نیز نباید کمتر از یک میلیمتر باشد.

چهار نوع لوله پیتوت استاتیک را می‌توان به کار برد:

- نوع اول *AMCA*، شکل ۲۹ – الف را ببینید و آن را ملاحظه کنید.
- نوع *Npl* اصلاح شده با دماغه بیضوی، شکل ۲۹ – ب را ملاحظه کنید.

1–traverse pitot

- نوع *CETIAT*، شکل ۲۹ – پ را ببینید و آن را ملاحظه کنید.
- نوع *DLR*، شکل ۲۹ – ت را ببینید و آن را ملاحظه کنید.



قطر سوراخ نباید از یک میلی‌متر بیشتر باشد و همچنین بایستی دارای فاصله‌های یکسان و بدون برآمدگی باشد. عمق سوراخ نباید از قطر سوراخ کمتر باشد.

یادآوری‌ها:

۱ – رأس آن نباید فرورفتگی یا بیرون زدگی داشته باشد.

۲ – تمامی ابعاد در ۲ ± درصد باشند.

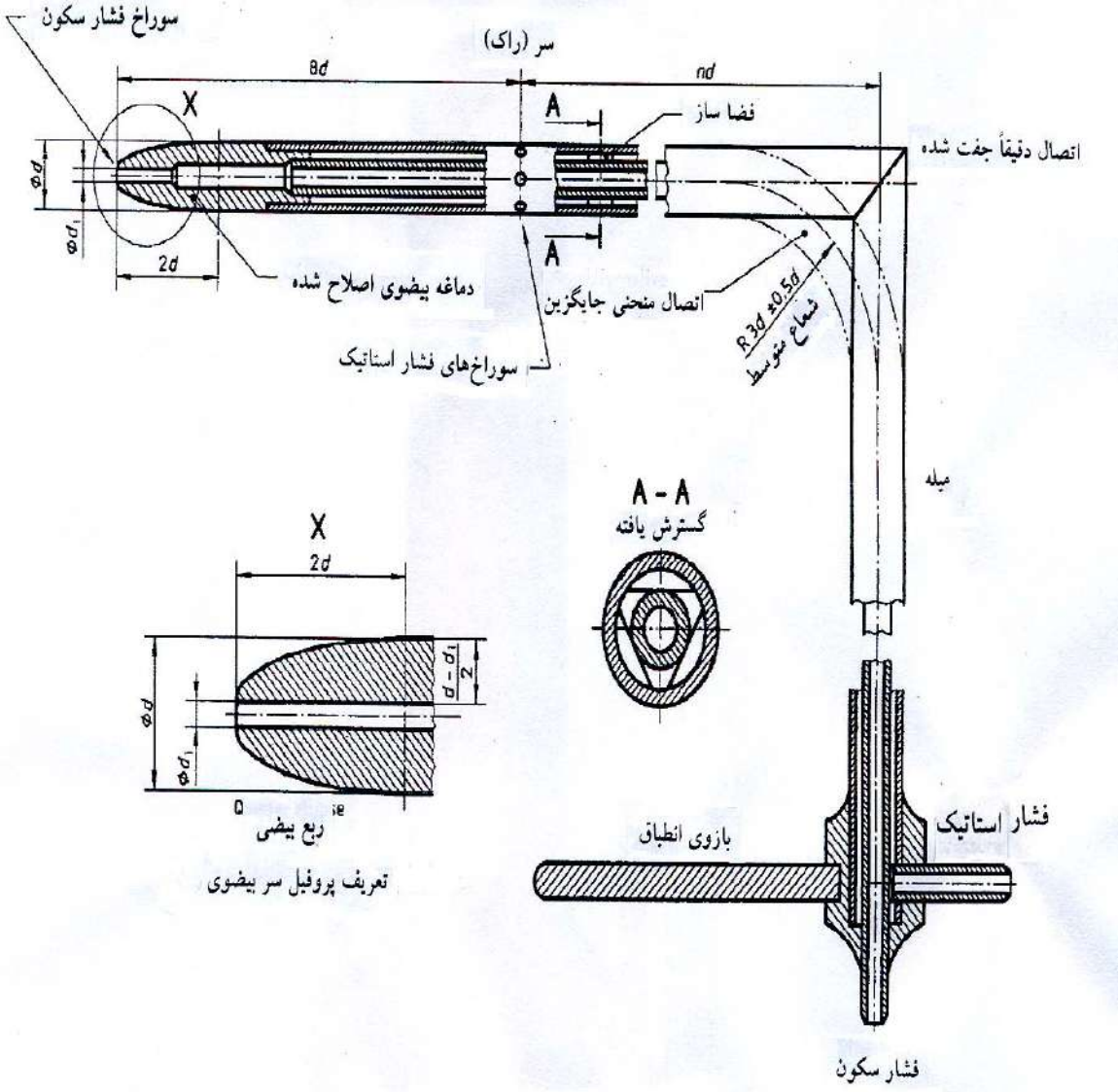
۳ – زبری سطح بایستی ۰/۸ میکرومتر یا کمتر باشد.

٤ – قطر اریفیس‌های استاتیک نباید بیشتر از یک میلیمتر باشد.

۵ – قطر حداقل بدنه لوله پیتوت استاتیک مجاز در این استاندارد ملی ایران ۲۵ میلیمتر است. در هر مورد قطر بدنه نباید بیشتر از ۱/۳۰ برابر قطر مجرای آزمایش باشد.

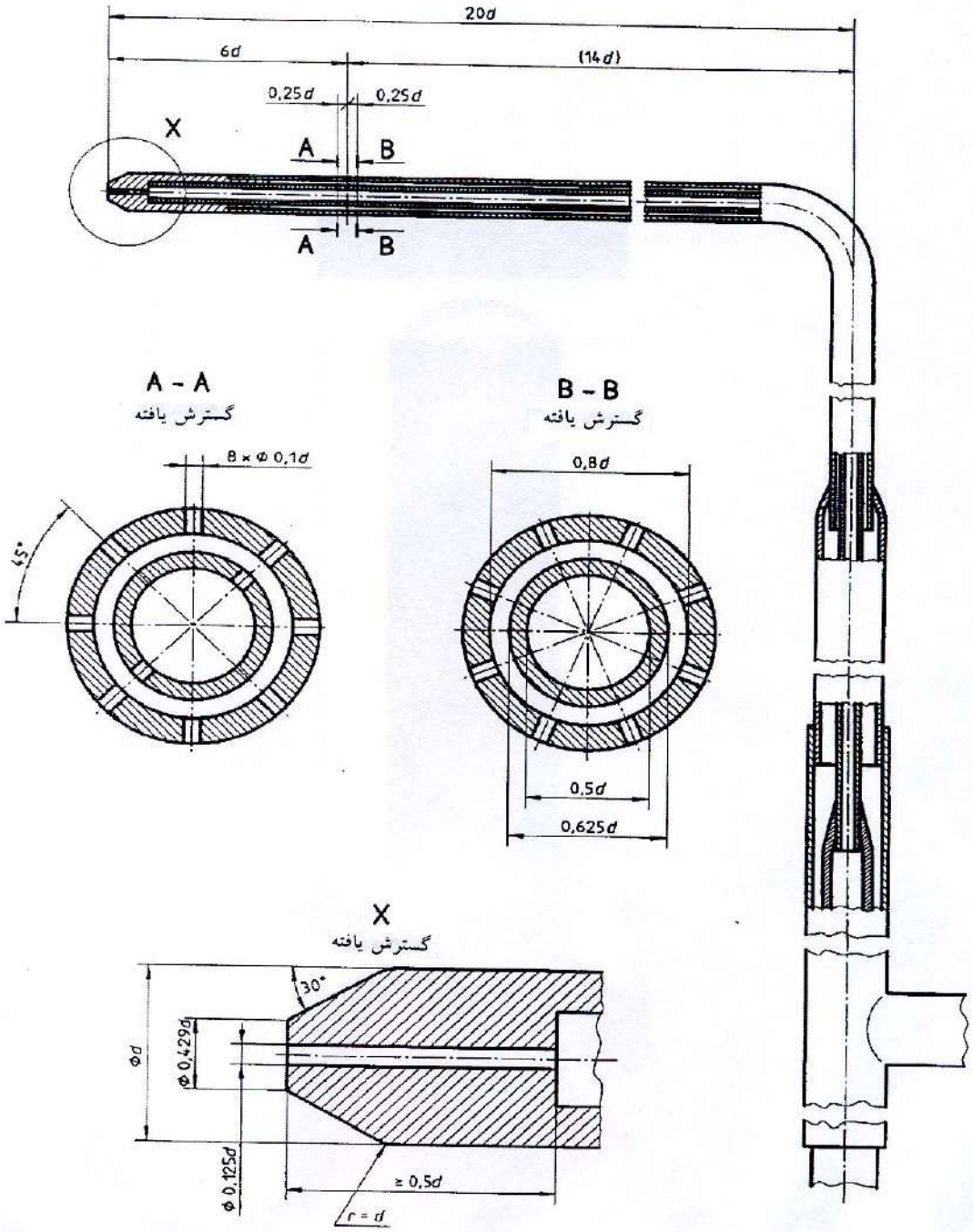
الف – نوع AMCA

شکل ۲۹ – انواع لوله‌های پیتوت استاتیک



ب – نوع NPL با دماغه بیضوی اصلاح شده

شکل ۲۹ – انواع لوله‌های پیتوت استاتیک

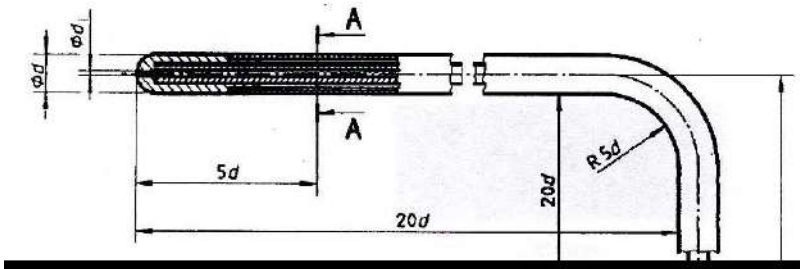


یادآوری - اتصالات فشار استاتیک را می‌توان با اتصالاتی که در برش A–A مشخص شده‌اند، محدود کرد که در آن حالت مقطع A – A در فاصله 6d از لبه لوله قرار داده می‌شود.

پ - نوع CETIAT

شکل ۲۹ - انواع لوله‌های پیتوت استاتیک

ابعاد بر حسب میلیمتر



۲۷ – ۳ محدودیت‌های سرعت هوا

عدد ماخ جریان گذرنده از لوله، نباید از ۰/۲۵ (۸۵ متر بر ثانیه هوای اتمسفری) بیشتر باشد.

عدد رینولدز که به قطر اتصال فشار سکون (d) ارجاع داده می‌شود بایستی بیشتر از ۲۰۰ متر باشد. این بدان معنی است، که برای آزمایش‌های با هوای اتمسفری سرعت، نباید از $V = \frac{3}{d_i}(m/s)$ کمتر باشد.

۲۷ – ٤ موقعیت نقاط اندازه‌گیری

مرکز دماغه لوله پیتوت استاتیک بایستی به طور متوالی حداقل در ٢٤ نقطه اندازه‌گیری قرار داده شوند، که در امتداد سه قطر متقارن مرتب شده مجرا جای گرفته‌اند. همانند شکل ۳۰.

نوک لوله پیتوت استاتیک بایستی با محور مجرا تا ۲± درجه موازی و هم راستا باشد. فاصله نقاط اندازه‌گیری از یک دیواره داخلی مجرا (در ۸ قطر) بایستی در محدوده‌های داده شده زیر قرار گیرند. به جز در موردی که رواداری وضعیتی حداقل ۱± میلیمتر باشد.

$0{,}021D \pm 0{,}000\,6D$

$0{,}117D \pm 0{,}003\,5D$

$0{,}184D \pm 0{,}005D$

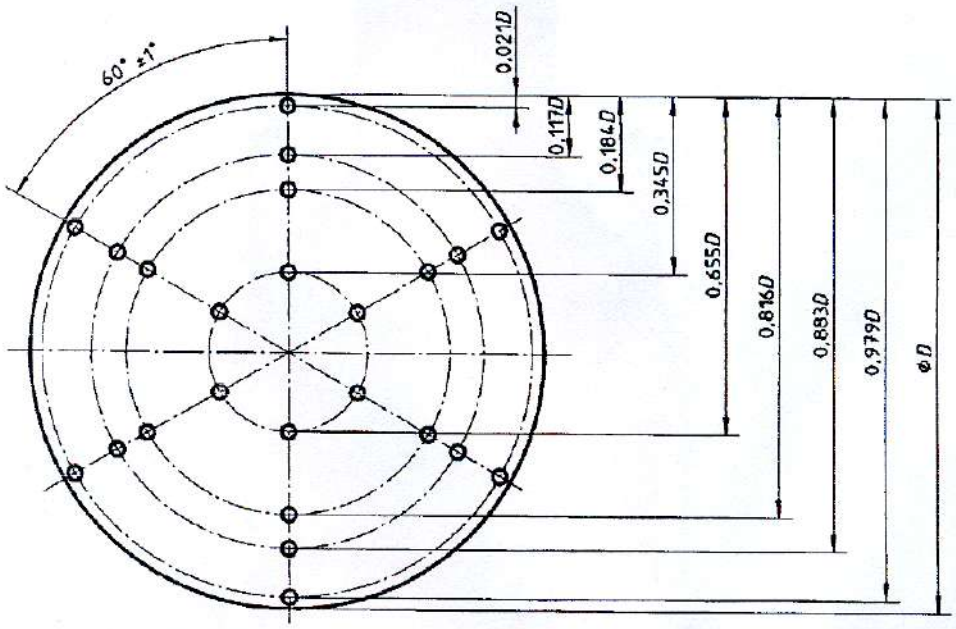
$0{,}345D \pm 0{,}005D$

$0{,}655D \pm 0{,}005D$

$0{,}816D \pm 0{,}005D$

$0{,}883D \pm 0{,}003\,5D$

$0{,}979D \pm 0{,}000\,6D$



شکل ۳۰ – وضعیت‌هایی برای اندازه‌گیری‌های تقاطعی در مسیرهای هوایی استاندارد

۲۷ – ۵ اندازه‌گیری دبی جریان

در هر نقطه اندازه‌گیری فشار تفاضلی (ΔP_j) را بایستی در لوله پیتوت استاتیک محاسبه کرد. فشار تفاضلی در هر مقطع (ΔP_m) مربع ریشه دوم (n) از فشارهای تفاضلی (ΔP_j) است، که با عبارت زیر داده می‌شود:

$$\Delta p_{\mathrm{m}} = \left[\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\Delta p_j^{0,5}\right]^2$$

$$\Delta p_{\mathrm{m}} = \left[\frac{1}{n}\left(\sqrt{\Delta p_1} + \sqrt{\Delta p_2} + \ldots + \sqrt{\Delta p_n}\right)\right]^2$$

- چگالی هوای متوسط (ρ_x) در مقطع اندازه‌گیری جریان (x) را، می‌توان از فشار استاتیک متوسط به دست آورد.

$$p_{\mathrm{ex}} = \frac{1}{n}\left(p_{\mathrm{ex1}} + p_{\mathrm{ex2}} + \ldots + p_{\mathrm{ex}n}\right)$$

$$p_{\mathrm{x}} = p_{\mathrm{ex}} + p_{\mathrm{a}}$$

درجه حرارت استاتیک θ_x توسط فرمول زیر داده می‌شود:

$$\Theta_{\mathrm{x}} = \Theta_{\mathrm{sgx}}\left[\frac{p_{\mathrm{x}}}{p_{\mathrm{x}} + \Delta p_{\mathrm{m}}}\right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

$$\rho_{\mathrm{x}} = \frac{p_{\mathrm{x}}}{R_{\mathrm{w}}\Theta_{\mathrm{x}}}$$

دبی جرمی جریان (q_m) با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha\varepsilon\pi\frac{D_{\mathrm{x}}^2}{4}\sqrt{2\rho_{\mathrm{x}}\Delta p_{\mathrm{m}}}$$

که در آن:

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{1}{2\kappa}\frac{\Delta p_m}{p_x} + \frac{\kappa+1}{6\kappa^2}\left(\frac{\Delta p_m}{p_x}\right)^2\right]^{0,5}$$

ضریب انبساط پذیری (α) برابر است با ضریب تصحیح یا ضریب دبی جریان که در بند ۲۷ – ٦ شرح داده شده است.

۲۷ – ٦ ضریب دبی جریان

ضریب دبی جریان (α) با اعمال هر کدام از ضرایب تصحیح مشخص شده در *ISO 3966* در مقدار متوسط از متغیر مناسب با انجام آزمایش‌ها با هوای اتمسفری متناسب با این بند به دست آمده است.

ضریب α به عدد رینولدز وابسته است، که از قطر (D_x) و سرعت متوسط (V_{mx}) در سطح مقطع مانند زیر به دست می‌آید.

$$Re_{Dx} = \frac{\rho_x v_{mx} D_x}{\mu} = \frac{4q_m}{\pi D_x \mu} \approx 71 \times 10^3 \frac{q_m}{D_x}$$

برای هوای اتمسفری و با واحدهای SI:

Re_{Dx}	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6	3×10^6
α	0,986	0,988	0,990	0,991	0,992

۲۷ – ۷ عدم قطعیت اندازه‌گیری

استفاده از مقدار متوسط برای α موجب نادیده گرفتن خطاهای سیستماتیک می‌شود، که ممکن است ۰/۸± درصد دبی حجمی جریان یا دبی جرمی جریان باشد. میزان عدم قطعیت‌های تصادفی اندازه‌گیری به طور کلی ۱/۱± درصد می‌باشد. بنابراین عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان را می‌توان ۲± درصد گرفت.

در این تخمین فرض می‌شود، که عدم قطعیت درجه‌بندی مانومتر ۱± درصد می‌باشد.

مانومترهای حساس بایستی این نیازها را در سرعت‌های هوای نسبتاً پائین مرتفع سازند.

لزوم درجه‌بندی مانومتر برای هوا با دانسیته ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب در زیر نشان داده شده است.

± 1,5 Pa	± 1 Pa	± 0,5 Pa	± 0,25 Pa
16 $m \cdot s^{-1}$	13 $m \cdot s^{-1}$	9 $m \cdot s^{-1}$	6 $m \cdot s^{-1}$

۲۸ انواع نصب و تنظیمات

چهار نوع نصب در محل وجود دارد که می‌تواند برای فن‌ها به کار برده شود.

نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد.

نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرادار.

نوع سوم: ورودی مجرادار و خروجی آزاد.

نوع چهارم: ورودی مجرادار و خروجی مجرادار

نصب آزمایشی، شرایط کاری را تا حد ممکن فراهم می‌سازد، بنابراین چهار نوع تنظیم آزمایش تعریف می‌شود.

۲۸ – ۱ نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد

به منظور اینکه شرایط لازم برای نصب نوع اول برقرار باشد بایستی فن بدون هرگونه وسیله کمکی که در آزمایش‌ها اضافه شده است، مورد آزمایش قرار گیرد (به طور نمونه دهانه ورودی یا مجرای خروجی). امّا وسایل کمکی تعبیه شده در فن نظیر شبکه حفاظتی، دهانه ورودی و غیره بایستی روی فن سوار شوند. در این مورد یک محفظه ورودی یا خروجی مطابق با تعریف نوشته شده دربندهای ۳۱ – ۲ و ۳۱ – ٤، به کار می‌رود.

۲۸ – ۲ نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرادار

به منظور اینکه شرایط لازم برای نصب نوع دوم برقرار باشد بایستی از یک مجرای خروجی با مستقیم ساز استفاده کنیم، هم چنین وقتی که در خروجی فن پیچیش یا چرخش وجود ندارد بایستی یک نوع مجرای کوتاه بکار ببریم.

زمانی فن مورد آزمایش قرار خواهد گرفت، که هیچگونه وسیله کمکی به ورودی‌اش اضافه نشود، مگر در صورتی که این وسایل کمکی همراه فن باشند.

طبیعتاً فشار خروجی پس از یک وسیله ضد چرخش در مجرای خروجی اندازه‌گیری می‌شود. وسیله ضد چرخش و مجرا یک قطعه مشترک را در خروجی فن تشکیل می‌دهند (بند ۳۰ – ۲ را ملاحظه کنید).

وقتی که محفظه خروجی به کار می‌رود و جریان چرخشی در خروجی فن وجود ندارد، به ویژه برای فن‌های گریز از مرکزی، ممکن است یک مجرای کوتاه بین فن و محفظه به کار رود (بند ۳۰ – ۲ – ج را ملاحظه کنید).

۲۸ – ۳ نوع سوم: ورودی مجرادار و خروجی آزاد

به منظور اینکه شرایط لازم برای نصب نوع سوم برقرار باشد، بایستی از یک شبیه‌ساز مجرای ورودی استفاده کرده و مجرای خروجی یا وسیله کمکی به کار نروند، مگر آنهایی که ما خود فن همراه هستند (مانند شبکه حفاظتی، افشانه و ...)

وقتی که فشار ورودی در مجرای ورودی اندازه‌گیری می‌شود، یک قطعه مشترک در ورودی فن به کار می‌رود (بند ۳۰ – ۳ را ملاحظه کنید).

اگر فن در قسمت خروجی به یک مجرای کوتاه متصل باشد، می‌توان از محفظه آزمایش ورودی استفاده کرد (بند ۳۱ – ۳ ملاحظه کنید)

این امر بر عملکرد آن به طور قابل ملاحظه‌ای تاثیر می‌گذارد، حتی اگر این مجرا بسیار کوتاه باشد (برای مثال: D ۰/۵) ، زیرا عملاً مقاومت کل جریان در قسمت ورودی می‌باشد. بنابراین اگر فن مستقر دارای یک مجرا با قسمت خروجی کوتاه باشد، بایستی چنین مجرایی در مجرا آزمایش گنجانده شود. در طی آزمایش‌ها بایستی طول مجرای به کار رفته در گزارش آزمایشگاهی ذکر شود. عملکرد فن همانند آزمایش‌های فن نوع سوم محاسبه می‌گردد.

۲۸ – ٤ نوع چهارم: ورودی مجرادار و خروجی مجرادار

به منظور اینکه شرایط لازم برای نصب نوع چهارم برقرار باشد بایستی یک شبیه‌ساز مجرای ورودی و یک مجرا خروجی مورد استفاده قرار گیرد.

به طور طبیعی مجراهای ورودی و خروجی بایستی از نوع مقطع مشترک به ترتیب همانند بندهای ۳۰ – ۲ و ۳۰ – ۳ باشند.

وقتی که یک محفظه ورودی یا خروجی استفاده می‌شود و در خروجی فن چرخش وجود ندارد، بایستی مجرای خروجی از نوع کوتاه باشد که در بند ۳۰ – ۲ – ج، شرح داده شده است.

برای فن‌های بزرگ (با قطر ۸۰۰ میلیمتر و بیشتر) دشوار است که آزمایش‌ها را با مجراهای قطعه مشترک استاندارد در قسمت خروجی شامل مستقیم‌سازها انجام دهیم. در این حالت به وسیله توافق دو جانبه بین گروه‌های علاقه‌مند می‌توان عملکرد فن را با استفاده از روش شرح داده شده در بندهای ۳۰ – ۲ – ج و ۳۰- ٤ با مجرایی به طول $2D_h$ در قسمت خروجی تعیین کرد.

نتایج به دست آمده بدین طریق ممکن است تا حدی با نتایج به دست آمده با استفاده از مجراهای مشترک در قسمت ورودی و خروجی متفاوت باشد. به ویژه اگر فن چرخش زیادی را تولید کند. با این حال برای اینکه تعیین کنیم کدام روش ارائه شده معرّف بهترین مقادیر است بایستی این موضوع مورد بررسی قرار گیرد.

در این حالت فشار استاتیک خروجی در مجرای خروجی اندازه‌گیری نمی‌شود، امّا فرض می‌شود که با فشار اتمسفری معادل است.

۲۸ – ۵ آزمایش نوع نصب

برای تعیین عملکرد، نمادهای ویژه‌ای تحت عنوان نوع نصب، دارای یک حرف اضافی خواهند بود ، که آزمایش نوع نصب را نشان می‌دهند.

p_{FA}, p_{FB}, p_{FC} or p_{FD}

p_{sFA}, p_{sFB}, p_{sFC} or p_{sFD}

η_{rA}, η_{rB}, η_{rC} or η_{rD}

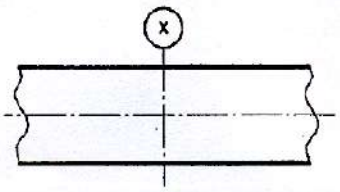
۲۹ اجزاء و قطعات مجراهای استاندارد شده

۲۹ – ۱ نمادها

نمادهای تصویری زیر به منظور مشخص کردن اجزای مجرای استاندارد که در بندهای ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳٤ و ۳۵ ، تعریف شده‌اند به کار می‌روند. هر مولفه‌ای با شرح داده مربوط که در بند ۲۹ – ۲ مشخص شده مطابقت خواهد داشت.

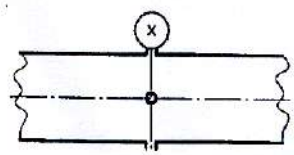
۲۹ – ۲ اجزاء و قطعات

۲۹ – ۲ – ۱ شکل ۳۱ یک مجرای استوانه‌ای با قطر درونی Dx را که در صفحه x مطابق با بند ۱۱ اندازه‌گیری شدهاست را نمایش می‌دهد. مفصل‌های بین مقاطع مجرا را تا حد ممکن کوچک می‌گیریم و به طور دقیق بدون هیچگونه فرورفتگی درونی با هم منطبق می‌کنیم. نشتی در مقایسه با دبی جریان تحت آزمایش، می‌تواند قابل صرف‌نظر کردن باشد و در جایی که لوله پیتوت یا دماسنج برای اندازه‌گیری نصب می‌شود بایستی دقت کافی به عمل آید.



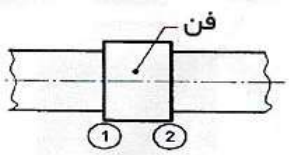
شکل ۳۱ – نماد برای مجرای استوانه‌ای با قطر داخلی D_x

۲۹ – ۲ – ۲ شکل ۳۲ نمادی از اتصالات دیواری را برای اندازه‌گیری فشار استاتیکی متوسط (P_{ex}) در مقطع x نشان می‌دهد. اتصالات دیواری و ارتباطات آنها با دستگاه مانومتر مطابق با بند ۷ خواهند بود.



شکل ۳۲ – نماد برای یک گروه از اتصالات دیواری

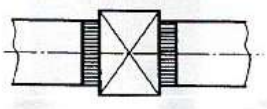
۲۹ – ۲ – ۳ شکل ۳۳ نمادی از فن تحت آزمایش را که نصب شده است، نشان می‌دهد و مطابق با بندهای ۱۸ و ۱۹ عمل می‌کند.



شکل ۳۳ – نماد برای **فن** تحت آزمایش

۲۹ – ۲ – ٤ شکل ۳٤ نمادی از یک فن کمکی را به تصویر می‌کشد، که برای غلبه بر مقاومت جریان مجرا های هوای آزمایش طراحی شده است. کنترل دبی جریان را می‌توان با کنترل سرعت، کنترل گام، ضربه‌گیر یا غیر از آن تامین کرد، به شرط آنکه جریان در هر آرایش کنترل، یکنواخت باقی بماند.

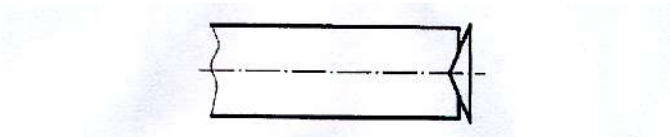
یک دستگاه ضد چرخش را می‌توان بین فن کمکی و هرگونه مجرای آزمایش که به آن مرتبط می‌شود، تعبیه کرد.



شکل ۳٤ – نماد **فن** کمکی

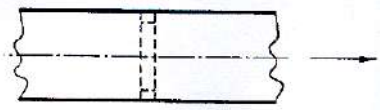
۲۹ – ۲ – ۵ شکل ۳۵ نمادی از دستگاه دبی جریان را در ورودی یا خروجی مجرای آزمایش نشان می‌دهد. این دستگاه نباید حول محور مجرا چرخش یا جریان متقارن ایجاد کند.

یک فن کمکی ممکن است بخشی از دستگاه را تشکیل دهد.



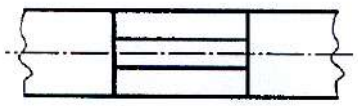
شکل ۳۵ – نمادی برای دستگاه کنترل دبی جریان ورودی یا خروجی

۲۹ – ۲ – ٦ شکل ۳٦ نمادی از یک دستگاه کنترل دبی جریان درون مجرایی را نشان می‌دهد ، که از سیم پیچ‌ها یا فلزهای سوراخ شده شکل گرفته شده است. سوراخ‌ها باید یکنواخت بوده و در فواصل کمتر از $0.05\ D$ به طور مساوی قرار گیرند. صفحات بایستی به دقت بریده شوند. و یک حلقه حایل با ضخامت شعاعی $0.012\ d$ یا حداکثر شش میلیمتر بین آنها قرار گیرد. طولی بین $0.008\ d$ یا سه میلیمتر حداکثر $0.05\ d$ داشته باشند. هم چنین برای حذف و از بین بردن نشتی در دیواره بایستی وسایل دیگری تعبیه گردد.



شکل ۳٦ – نمادی برای دستگاه کنترل دبی جریان درون مجرایی

۲۹ – ۲ – ۷ شکل ۳۷ نمادی از یک مستقیم‌ساز جریان استاندارد را نشان می‌دهد، که به منظور تجزیه هرگونه انرژی چرخشی در خروجی فن طراحی شده است.



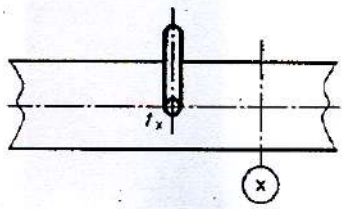
شکل ۳۷ – نمادی برای مستقیم ساز جریان استاندارد

۲۹ – ۲ – ۸ شکل ۳۸ نمادی از یک دستگاه ضد چرخش را نشان می‌دهد، که برای جلوگیری از رشد و گسترش چرخش در جریان محوری طبیعی یا یک مستقیم‌ساز جریان به کار می‌رود و برای از بین بردن انرژی چرخشی طراحی شده است.



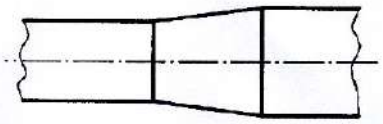
شکل ۳۸ – نمادی برای دستگاه ضد چرخش یا مستقیم ساز جریان

۲۹ – ۲ – ۹ شکل ۳۹ نمادی از یک دماسنج را نشان می‌دهد، که در محفظه آزمایش یا مجرا برای تعیین دمای متوسط به صفحه x اعمال می‌شود، قرار می‌گیرد. دماسنج را می‌توان به منظور جلوگیری از آشفتگی‌های زیاد جریان روی اتصالات دیوار یا درون دستگاه اندازه‌گیری دبی جریان قرار داد.



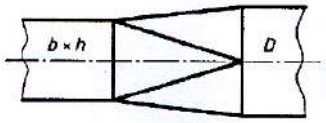
شکل ۳۹ – نمادی برای دماسنج جایگزین شده در محفظه آزمایش

۲۹– ۲ – ۱۰ شکل ٤٠ نمادی از یک مقطع تبدیل مخروطی را نشان می‌دهد، که دو مجرای استوانه‌ای را یا یک خروجی فن مدور و یک مجرای آزمایش را آن گونه که در بند ۳۰ تعریف شده‌است و با زوایای حاده یا نسبت سطح و طول بهم وصل می‌کند.



شکل ٤٠ – نمادی برای تبدیل مقطع مخروطی که مجراهای استوانه‌ای را به یکدیگر متصل می‌سازد.

٢٩ – ٢ – ١١ شکل ٤١ نمادی از یک مقطع تبدیل را نشان می‌دهد، که مجرا ی آزمایش استوانه‌ای را به خروجی فن مستطیلی یا مجرا به ابعاد $b.h$ آن گونه که در بند ٣٠ تعریف شده استبا طول و نسبت سطح نشان می‌دهد، که از جنس ورق فلزی با انحنای یکسان مطابق با تصویری ساخته شده است.



شکل ٤١ – نمادی برای تبدیل مقطع که مجرای استوانه‌ای را به مجرای خروجی مستطیلی متصل می‌سازد.ا

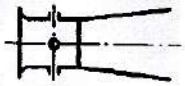
٢٩ – ٢ – ١٢ شکل ٤٢ نمادی از یک مانومتر را مطابق با نیازهای بند ٦ – ٢ برای اندازه‌گیری فشار استاتیک در یک مقطع یا فشار تفاضلی، نشان می‌دهد.



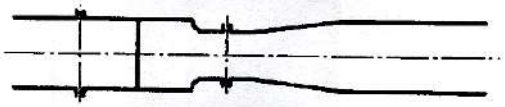
شکل ٤٢ – مانومتر

٢٩ – ٣ دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی جریان

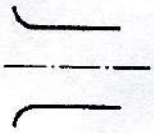
هر دستگاهی که در زیر نشان داده شده است، با بند مربوط برای ابعاد، رواداری ابعاد و روش‌های اندازه‌گیری، سازگاری خواهد داشت.



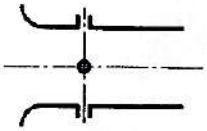
شکل ٤٣ – نازل ونتوری ورودی **ISO** (به بند ٢٢ رجوع شود)



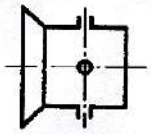
شکل ٤٤ – نازل ونتوری درون مجرایی **ISO** (به بندهای ٢٢ و ٢٣ رجوع شود)



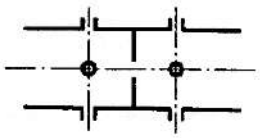
شکل ٤٥ – نازل مورد استفاده در محفظه آزمایش (به بند ٢٣ رجوع شود)



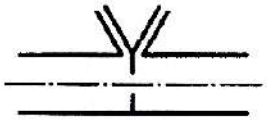
شکل ٤٦ – نازل ورودی مربعی (به بند ٢٤ رجوع شود)



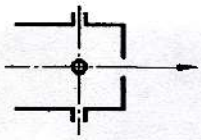
شکل ٤٧ – نازل ورودی مخروطی (به بند ٢٥ رجوع شود)



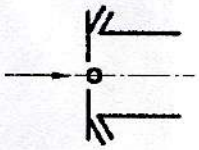
شکل ٤٨ – اریفیس درون مجرایی با اتصالات در **D** و $D/2$ (به بند ٢٦ رجوع شود)



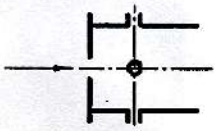
شکل ۴۹ – اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای (به بند ۲۶ رجوع شود)



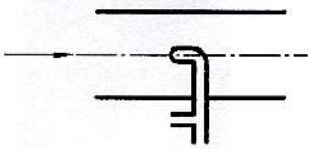
شکل ۵۰ – اریفیس خروجی با اتصالات دیواری (به بند ۲۶ رجوع شود)



شکل ۵۱ – اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای (به بند ۲۶ رجوع شود)



شکل ۵۲ – اریفیس ورودی با اتصالات دیواری (به بند ۲۶ رجوع شود)



شکل ۵۳ – تقاطع لوله پیتوت استاتیک برای اندازه‌گیری دبی جریان (به بند ۲۷ رجوع شود)

۳۰ قطعات مجرای مشترک برای اتصالات فن مجرادار

۳۰ – ۱ قطعات مشترک

مجراهای استاندارد برای نوع دوم، سوم و یا چهارم در نصب‌های فن مجرایی متشکل از قطعات مشترکی هستند، که با ورودی و یا خروجی فن مجاور بوده که در این بند شرح داده می‌شوند.

اندازه‌گیری‌های فشار در پایانه‌های خارجی این قطعات مشترک به عمل می‌آیند و تغییرات هندسی آنقدر محدود هستند، که فشارهای اندازه‌گیری شده فن از یک نوع نصب به نوع دیگر تفاوتی نخواهند داشت.

۳۰ – ۲ قطعه مشترک در خروجی فن

قطعه مشترک در خروجی فن شامل قسمت خروجی مجرای آزمایش مجاور به فن می‌شود و مستقیم ساز جریان استاندارد را مطابق با بند ۲۹ – ۲ – ۷ و شکل ٥٤ در مقطع استوانه مرکزی با مجموعه‌ای از اتصالات دیواری مطابق با بند ۷، ادغام می‌سازد.

می‌توان یک مقطع تبدیل را برای ایجاد تفاوت سطح و یا تفاوت شکل در محدوده‌های تعیین شده در بخش‌های ب و پ مانند زیر به کار برد.

شکل‌های ٥٤، ٥٥ و ٥٦ دستگاه‌های شرح داده شده را نشان می‌دهد.

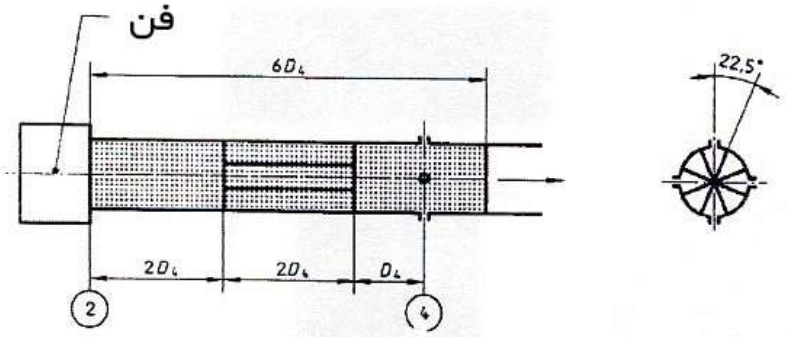
شکل ٥٧ دستگاه جایگزین می‌باشد، در حالیکه شکل ٥٩ با یک مورد خاص سر و کار دارد.

الف - خروجی فن مدور وقتی که $D_2 = D_4$ (شکل ٥٤ را ملاحظه کنید).

مستقیم‌ساز ستاره‌ای شامل ۸ پره شعاعی می‌باشد، که به فواصل مساوی و با اندازه ۲۲/٥ درجه از ضخامت شعاعی از طریق اتصالات دیواری در چهار سطح ، نصب شده‌اند.

ضخامت پره از مقدار $0.007D_4$ بیشتر نمی باشد.

طول مستقیم ساز $\pm 1\%$ از $2D_4$ می‌باشد.



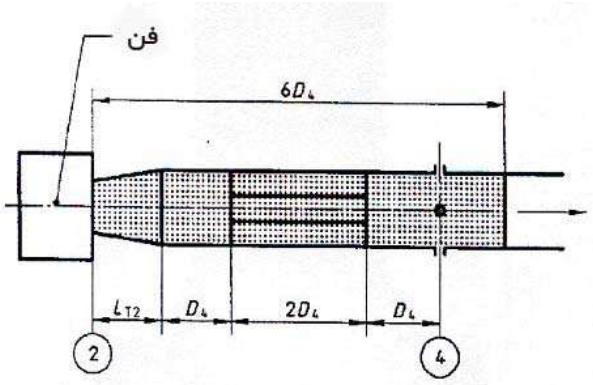
شکل ٥٤ – خروجی فن مدور برای $D_2 = D_4$

ب – **خروجی فن مدور وقتی که $D_2 \neq D_4$** (شکل ٥٥ را ملاحظه کنید).

$$0{,}95 \leqslant (D_4/D_2)^2 \leqslant 1{,}07$$

$$L_{T2} = D_4$$

یادآوری – مقطع تبدیل به شکل مخروطی است و ضریب افت استاتیک همانند ضریب افت استاتیک یک مجرا به قطر D_4 و طول D_4 است.



شکل ٥٥ – خروجی فن مدور برای $D_2 \neq D_4$

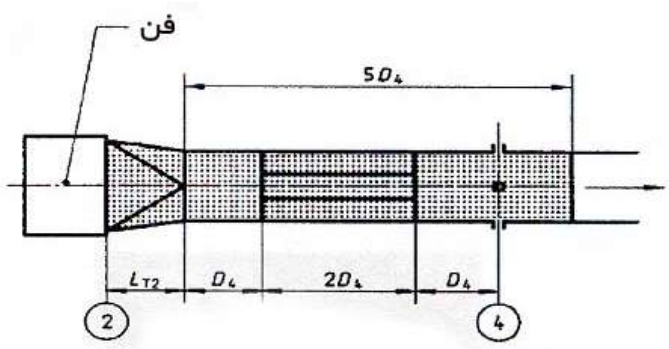
ج – **خروجی فن مستطیلی: b ×h که b×h** (شکل ٥٦ را ملاحظه کنید).

$0,95 \leqslant \pi D_4^2 / 4bh \leqslant 1,07$

$L_{T2} = 1,0\ D_4$ when $b \leqslant 4h/3$

$L_{T2} = 0,75\ (b/h)\ D_4$ when $b > 4h/3$

یادآوری - مقطع تبدیل از جنس ورقه فلزی با انحنای یکسان ساخته می‌شود.



شکل ٥٦ – خروجی فن مستطیلی که در آن b>h

د - خروجی فن مستطیلی یا مدور که در آن $0.95 \leq A_2/A_1 \leq 1.05$ (شکل ٥٧ را ملاحظه کنید).

برای یک مجرای خروجی با مستقیم ساز سلولی: دستگاه ضد چرخش شامل تعدادی از سلول‌ها با سطح مقطع یکسان (مربی، هشت ضلعی و ...) می‌باشد که هر کدام عرض W و طول L را دارد. میزان ضخامت پره e از $0.005D$ بیشتر نمی باشد.

١ – برای مستقیم ساز مجرای طبیعی:

$w = 0,075D_4$ between axes

$L = 0,45D_4$

$e \leqslant 0,005D_4$

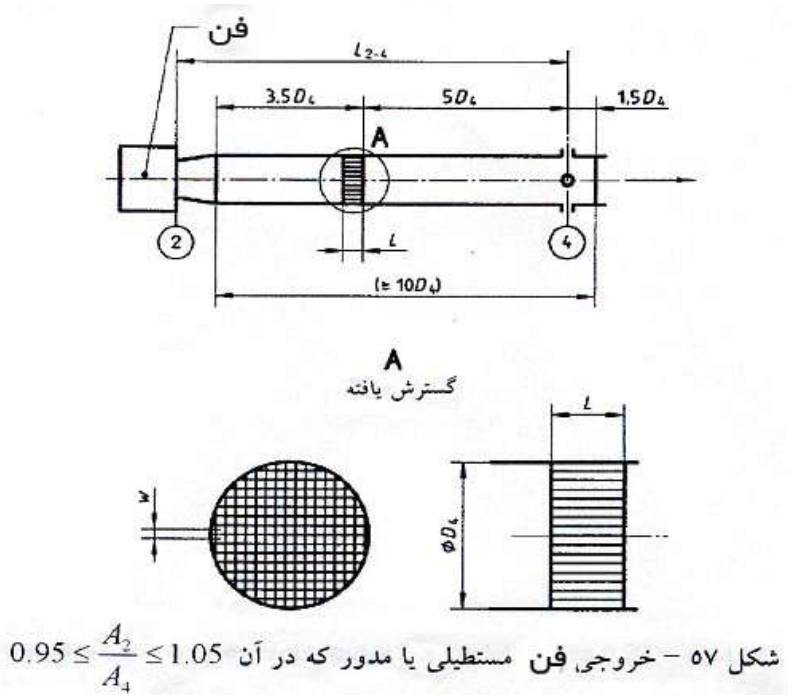
تمام ابعاد بجز e بایستی در محدوده $\pm 0.005D$ باشند.

٢ – برای یک مستقیم ساز در بالادست جریان در صفحه اریفیس با اتصالات دیواری (بند ٢٦ – ٩، شکل‌های ٢٣ – ث و ٢٣ – چ رابببنید و آن را ملاحظه کنید).

$$w = 0{,}15D_6$$

$$e \leqslant 0{,}003D_6$$

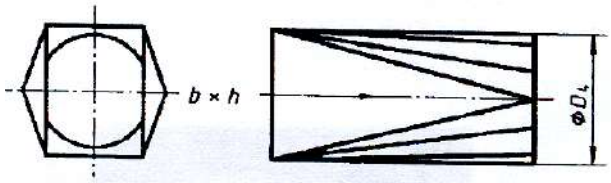
$$L = 0{,}45D_6$$



شکل ۵۷ – خروجی **فن** مستطیلی یا مدور که در آن $0.95 \leq \frac{A_2}{A_4} \leq 1.05$

ث – تبدیل (شکل ۵۸ را ببینید و آن را ملاحظه کنید)

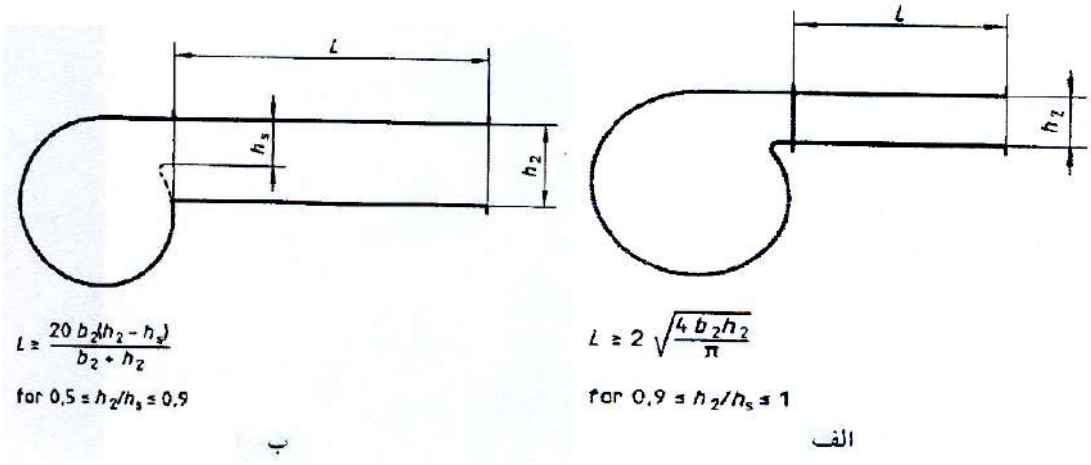
مقطع تبدیل از یک ورقه فلزی همانند شکل ۵۸ مطابق با بند ۳۰ – ۲ – پ، ساخته می‌شود.



شکل ۵۸ – تبدیل

ج – حالت خاص (شکل ۵۹ را ببینید و آن را ملاحظه کنید).

در حالتی خاص، آزمایش روی فن‌های نوع دوم یا چهارم که دارای چرخش خروجی قابل ملاحظه‌ای نیستند، نظیر فن های با جریان گریز از مرکز یا فن‌های با جریان متقاطع، وقتی که تخلیه به اتمسفر یا محفظه اندازه‌گیری صورت پذیرد ممکن است، یک مجرای خروجی ساده شده روی فن قرارگیرد.
این مجرا دارای همان سطح مقطع در خروجی فن می‌باشد و طول آن بایستی برابر با مقدار تعیین شده به وسیله عبارت های ارائه شده در شکل‌های ۵۹ – الف یا ۵۹ – ب باشد.



شکل ۵۹ – حالت‌های خاص

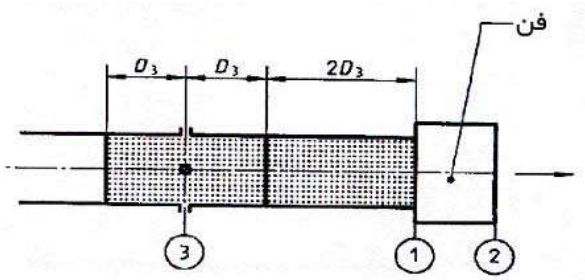
رواداری در سطح مقطع مجرا برابر است با (یک درصد) ۱٪± از سطح خروجی فن.

۳۰ – ۳ مقطع مشترک در خروجی فن

این مقطع شامل قسمتی از مجرای آزمایش در لبه ورودی مجاور با فن می‌باشد، و مجموعه‌ای از اتصالات دیواری را مطابق با بند ۷ و شکل ٦۰ در بر می‌گیرد.

مقطع تبدیل را می‌توان برای اصلاح اختلاف در سطح و یا شکل با محدوده‌های مشخص شده در بندهای ب و پ که در زیر شرح داده شده‌اند، استفاده کرد.

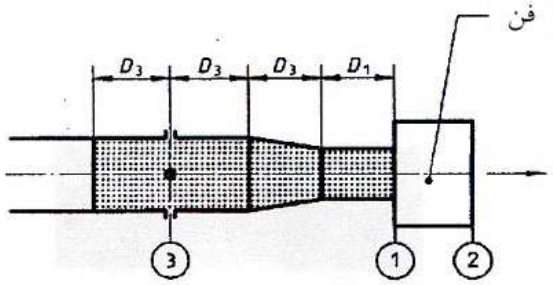
الف – ورودی فن مدور وقتی که $D_3 = D_1$ (شکل ٦۰ رابببنید وآن را ملاحظه کنید).



شکل ٦۰ – ورودی فن مدور برای $D_3 = D_1$

ب – ورودی فن مدور وقتی که $0.975\ D_1 \leq D_3 \leq 1.5 D_1$ (شکل ٦۱ را ابببنید وآن را ملاحظه کنید).

یاد آوری – مقطع تبدیل به شکل مخروطی است وضریب افت اصطکاک همانند مجرایی با قطرD_3 وطول D_3 می باشد.



شکل ٦۱ – ورودی فن مدور برای $0.975D1 \leq D3 \leq 1.5D1$

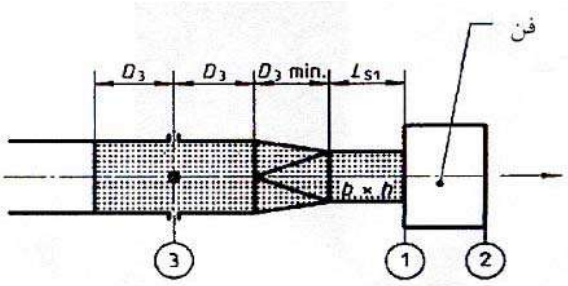
پ- ورودی فن مستطیلی $b \times h$ (شکل ٦٢را ملاحظه کنید).

مقطع مجاور با ورودی فن دارای همان سطح مقطع مستطیلی، $b \times h$ نظیر ورودی فن می‌باشد، که به آن متصل شده و طول آن، Ls_1 در زیر داده شده است.

$$\frac{\pi D_3^2}{4} \geq 0{,}95bh$$

$$L_{s1} = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}$$

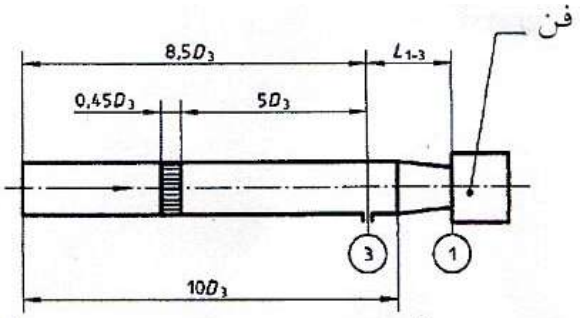
برای D_3 یا نسبت نظیر $\frac{b}{h}$ (که $b>h$ می‌باشد) حد بالایی وجود ندارد، امّا زوایای درونی انبساط بین قسمت‌های کوتاه نباید از ١٥ درجه بیشتر باشد و نیز زاویه درونی انقباض بین قسمت‌های طولانی نباید از ٣٠ درجه بیشتر باشد. مقطع تبدیل، شکل شرح داده شده در بند ٣٠ – ٢ – ث را به خود می‌گیرد.



شکل ٦٢ – ورودی فن مستطیلی

ت – ورودی فن مستطیلی یا مدور وقتی که $0.925 \leq \frac{A_3}{A_1} \leq 1.125$

(شکل ٦٣ و بندهای ٣٠ – ٢ – ١ و ٣٠ – ٢ – ت را ملاحظه کنید)



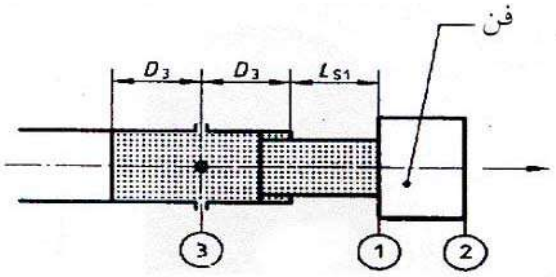
شکل ٦٣ – ورودی فن مستطیلی یا مدور که در آن $0.925 \le \frac{A_3}{A_1} \le 1.125$

ث – ورودی فن مستطیلی یا مدور

یک مقطع شبیه به مجرای ورودی مطابق با بند ۳۰ – ۵ را، می‌توان مانند شکل ٦٣ به کار برد. وقتی که مجرای آزمایش به قطر D_3 به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند کل دهانه ورودی شیپوری را در بر گیرد، این روش مناسب می‌باشد.

$LS_1 = D_1$، برای یک ورودی فن مدور که از شرایط ارائه شده در بند ۳۰ – ۵ – الف، تبعیت می‌کند.

$Ls_1 = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}$، برای یک ورودی فن مستطیلی صادق می‌باشد.



شکل ٦٤ – ورودی فن مستطیلی یا مدور

۳۰ – ٤ شبیه سازی مجرای خروجی

یک فن که برای کار با خروجی آزاد مورد آزمایش قرار گرفتهاست، در صورتی می‌تواند با خروجی مجرادار قابل انطباق باشد، که از حالت اولیه به ثانویه تبدیل شود و این تبدیل با اتصال یک مقطع شبیه ساز مجرای خروجی به خروجی فن، امکان پذیر است.

مقطع شبیه‌ساز خروجی قطعه مشترک شرح داده شده در بندهای ۳۰ – ۲ – الف تا ۳۰ – ۲ – ت و ۳۰ – ۲ – ۱ یا ۳۰ – ۲ – ج را به خود اختصاص می‌دهد. خروجی قطعه مشترک به جو آزاد گذاشته می‌شود، امّا فشار لبه خروجی توسط اتصالات دیواری در سطح چهار اندازه‌گیری می‌شود (به جز برای بند ۳۰ – ۲ – ج) .

برای فن‌های بزرگ (۸۰۰ میلیمتر یا بزرگتر) انجام آزمایش‌ها با مجراهای مشترک استاندارد در خروجی شامل مستقیم سازها دشوار می‌باشد.

در این حالت، بنا به توافق دو جانبه بین افراد ذینفع، می‌توان عملکرد فن را با مجرایی به طول $2D_h$ در لبه خروجی تعیین کرد.

نتایج حاصل از این طریق ممکن است تا حدی با نتایج به دست آمده هنگام استفاده از مجراهای مشترک در هر دو لبه‌های ورودی و خروجی متفاوت باشد، به ویژه اگر فن چرخش زیادی تولید کند. در این حالت فشار استاتیک، P_{e4} در دیواره مجرای خروجی به طول $2D$ اندازه‌گیری نمی‌شود. لازم به ذکر است، که فشار استاتیک معادل با فشار اتمسفری در نظر گرفته می‌شود.

۳۰ – ۵ شبیه‌سازی مجرای ورودی

یک فن که برای کار با ورودی آزاد مورد آزمایش قرار گرفتهاست، در صورتی می‌تواند با ورودی مجرادار قابل انطباق باشد، که از حالت اولیه به ثانویه تبدیل شود و این تبدیل با اتصال یک مقطع شبیه‌ساز مجرای ورودی به ورودی فن امکان پذیر است.

الف – ورودی فن مدور

مقطع شبیه‌سازی بایستی مجرای استوانه‌ای با همان قطر ورودی فن باشد، که به آن متصل می‌گردد. یک ورودی دهانه شیپوری را نیز می‌توان نصب کرد.

طول ورودی معادل با D_I یک فرمول طبیعی می‌باشد و مشخصه فن ورودی مجرادار واقعی را برای هرگونه فن در محدوده وظیفه‌کاری طبیعی فراهم می‌سازد، امّا در بعضی از حالت ها یک مجرای طولانی‌تر لازم است تا به فن امکان دهد فشار ورودی مجرادار کامل خود را در هر جریان حجمی تا نزدیک صفر گسترش دهد، اگر در چنین دوره‌ای یک مشخصه فن کامل لازم باشد، امکان پذیر است که این مجرا را تا حد لازم گسترش دهیم یا از یک بخش مشترک که در بند ۳۰ – ۳ – الف ارائه شده با یک ورودی دهانه شیپوری در پایانه ورودی آن استفاده کنیم.

ب – ورودی فن مستطیلی

مقطع شبیه‌سازی بایستی دارای سطح مقطع مستطیلی، $b \times h$ همانند ورودی فن باشد که به آن متصل می‌شود و طول آن با فرمول زیر بیان می‌گردد:

$$L_{S1} = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}$$

یک ورودی دانه شیپوری نیز بایستی نصب شود.

۳۰ – ٦ حد مجاز افت برای مجراهای استاندارد

حدود مجاز قراردادی که در این بند ارائه می‌شود، بایستی برای اصطکاک مجرا از آزمایش‌هایی با مجرا استاندارد مطرح گردد. عوامل حد مجاز اصطکاک در شکل ، ٦٥ نشان داده شده است.

این حدود مجاز به عدد رینولدز، Re_D جریان در مجرا آزمایش بستگی دارد و مطابق با جریان کاملاً توسعه یافته در مجراهای صاف بدون توجه به الگوی جریان واقعی تولید شده به وسیله فن می‌باشد.

حدود مجاز برای بخش‌های مشترک شرح داده شده در بندهای ۳۰ – ۲ و ۳۰ – ۳ بین خروجی یا ورودی فن و سطح اندازه‌گیری فشار، محاسبه می‌گردد. همین حدود مجاز را می‌توان هنگامی که سطوح انتقال با یکدیگر ترکیب می‌شوند و زمانی که بخش شبیه‌ساز مجرای ورودی، آن گونه که در بند ۳۰ – ۵ شرح داده شده به کار می‌رود، انجام داد. (در این مورد حدود مجاز افت، ورودی دانه شیپوری را می‌پوشاند) .

۳۰ – ٦ – ۱ حدود مجاز افت برای بخش‌های خروجی مشترک که در بندهای ۳۰ – ۲ – الف، ۳۰ – ۲ – ب و ۳۰ – ۲ – پ شرح داده شده‌اند.

ضریب افت اصطکاک برای طولی از یک قطر مجرای مستقیم با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\Lambda = 0{,}005 + 0{,}42\left(Re_{D4}\right)^{-0{,}3}$$

ضریب افت قراردادی مستقیم‌ساز شامل مجرای خروجی با فرمول زیر بیان می‌گردد:

$$\zeta_s = 0{,}95\left(Re_{D4}\right)^{-0{,}12}$$

و ضریب افت قراردادی، $(\zeta_{2-4})_4$ بین خروجی فن و سطح اندازه‌گیری ٤، به وسیله عبارت زیر داده می‌شود:

$$\begin{aligned}\left(\zeta_{2-4}\right)_4 &= 3\Lambda + 0{,}95\left(Re_{D4}\right)^{-0{,}12} \\ &= 0{,}015 + 1{,}26\left(Re_{D4}\right)^{-0{,}3} + 0{,}95\left(Re_{D4}\right)^{-0{,}12}\end{aligned}$$

که در آن:

$$Re_{D4} = \frac{v_{m4} D_4 \rho_4}{\mu_4} \approx \frac{v_{m4} D_4}{15} \times 10^6$$

برای هوای استاندارد؛ ضریب افت، $(\zeta_{2-4})_4$ نسبت به عدد رینولدز رسم می‌شود.

(به شکل ٦٥ – الف مراجعه شود).

افت‌های بین سطوح ۲ و ٤ با عبارت زیر داده می‌شود:

$$\Delta p_{2-4} = (\zeta_{2-4})_4 \frac{\rho_4 v_{m4}^2}{2} F_{M4}$$

۳۰ – ۶ – ۲ حدود مجاز افت برای بخش‌های خروجی مشترک، که در بند۳۰ – ۲ – ۱ و ۳۰ – ۲ – ت شرح داده شده است.

ضریب افت اصطکاک، Λ برای یک طول مجرا که معادل با قطر در نظر گرفته می‌شود و در شکل ۶۵ – ب ترسیم گردیده است ، از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\Lambda = 0{,}14(Re_{Dh4})^{-0{,}17}$$

نسبت طول معادل یک مستقیم ساز – سلولی به قطر هیدرولیک $D_h = D_4) D_h$ برای مجرای مدور).

با عبارت زیر بیان می‌گردد:

$$\frac{L_e}{D_h} = \frac{15{,}04}{\left[1 - 26{,}65\frac{e}{D_h} + 184{,}6\left(\frac{e}{D_h}\right)^2\right]^{1{,}83}}$$

ضریب افت قراردادی قطعه خروجی مشترک که در بندهای ۳۰ – ۲ – ۱ و ۳۰ – ۲ – ت شرح داده شده است، با عبارت زیر بیان می‌گردد (به شکل ۵۷ رجوع شود):

$$(\zeta_{2-4})_4 = \Lambda\left[\frac{L_{2-4}}{D_{h4}} + \frac{L_e}{D_{h4}}\right]$$

که در آن، L_{2-4} طول مجرا، بین خروجی فن و مقطع اندازه‌گیری است.

۳۰ – ۶ – ۳ حدود مجاز افت برای مجرای خروجی کوتاه که در بند ۳۰ – ۲ – ج شرح داده شده است.

اصطکاک مجرا، نباید در نظر گرفته شود.

۳۰ – ٦ – ٤ حدود مجاز افت انرژی برای قسمت ورودی مشترک که در بندهای ۳۰ – ۲ – الف، ۳۰ – ۲ – ب و ۳۰ – ۲ – پ شرح داده شده است.

ضریب افت اصطکاک، Λ با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\Lambda = 0{,}005 + 0{,}42\left(Re_{D3}\right)^{-0{,}3}$$

و

$$\left(\zeta_{1-3}\right)_3 = 0{,}015 + 1{,}26\left(Re_{D3}\right)^{-0{,}3}$$

که در آن:

$$Re_{D3} = \frac{v_{m3} D_3 \rho_3}{\mu_3} \approx \frac{v_{m3} D_3}{15} \times 10^6$$

در هوای استاندارد است.

ضریب افت قراردادی، $(\zeta_{3\text{-}1})_3 = -(\zeta_{1\text{-}3})_3$ همیشه منفی است و در شکل ٦٥ – الف نشان داده شده است. افت انرژی بین سطوح ۳ و ۱، با عبارت زیر داده می‌شود:

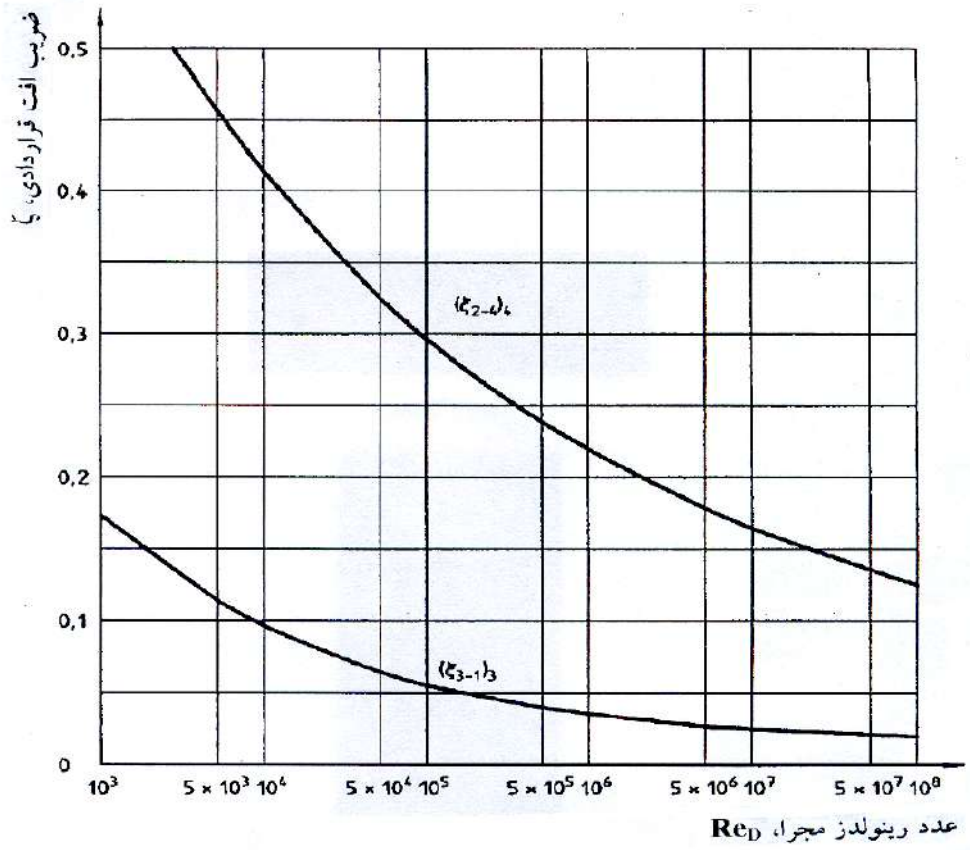
$$\Delta p_{3-1} = \left(\zeta_{3-1}\right)_3 \frac{\rho_3 v_{m3}^2}{2} F_{M3}$$

۳۰ – ٦ – ٥ حدود مجاز افت انرژی برای مجرای ورودی مشترک با مستقیم‌ساز سلولی، که در بند ۳۰ – ۳ – ت شرح داده شده است.

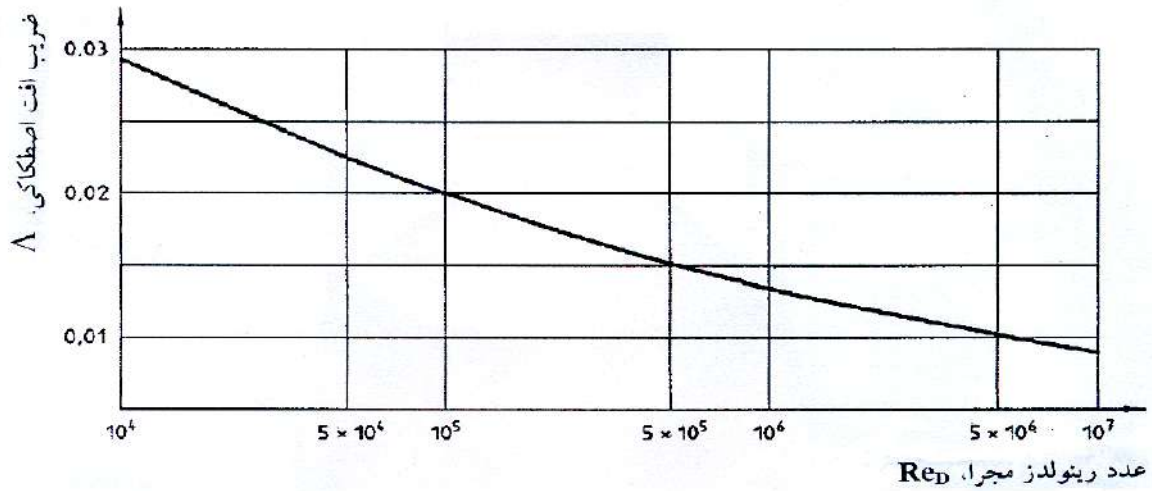
ضریب افت اصطکاک، Λ مانند عبارت ارائه شده در بند ۳۰ – ٦ – ۲ می‌باشد.

$$\Lambda = 0{,}14\left(Re_{Dh3}\right)^{-0{,}17}$$

که در آن $\mathrm{Re}_{D3} = \dfrac{\upsilon_{m3} D_{h3} \rho_3}{\mu_3} = \dfrac{\upsilon_{m3} D_{h3}}{ls} \times 10^6$ در هوای استاندارد می‌باشد.



الف – ضریب افت قراردادی برای مسیرهای هوایی استاندارد (۳۰ – ۶ – ۱ و ۳۰ – ۶ – ٤)



ب – ضریب افت اصطکاکی برای مجراها (۳۰ – ۶ – ۲ و ۳۰ – ۶ – ۵)

شکل ٦٥ – ضرایب افت

نتیجتاً ضریب افت قراردادی بین سطوح ۱ و ۳ با فرمول زیر بیان می‌گردد، که در شکل ٦٥ – الف نیز رسم شده است.

$$(\zeta_{3-1})_3 = -\lambda \frac{L_{1-3}}{D_{h3}}$$

افت انرژی بین سطوح ۳ و ۱ ، با عبارت زیر بیان می‌گردد:

$$\Delta p_{3-1} = (\zeta_{3-1})_3 \frac{\rho_3 v_{m3}^2}{2} F_{M3}$$

۳۰ – ٦ – ٦ حدود مجاز افت انرژی برای شبیه‌سازی مجرای ورودی شرح داده شده در بند ۳۰ – ٥

هیچ افت مجازی برای این مجرای ورودی وجود ندارد، مگر آنکه افت مجاز در مجرای ورودی متناظر با قسمت‌های خروجی شرح داده شده در بندهای ۳۰ – ۳ – الف یا ۳۰ – ۳ – ت یا جای دیگر لازم باشد.

۳۱ محفظه‌های آزمایش استاندارد

۳۱ – ۱ محفظه آزمایش

می توان یک ایستگاه اندازه‌گیری یا شبیه‌سازی در شرایط کاری فن ویا شرایط شبیه سازی آن ویا هر دوی آن ها ایجاد نمود و محفظه را درون آن وارد کرد .

۳۱ – ۱ – ۱ ابعاد

سطح مقطع محفظه آزمایش، می‌تواند دایره، مربع یا مستطیل باشد.

طول محفظه آزمایش بایستی به اندازه کافی باشد تا بتواند هرگونه فن مورد آزمایش را بدون کاهش در حداقل فاصله نشان داده شده در شکل‌های ٦٤ و ٦٧ ، در خود جای دهد.

۳۱ – ۱ – ۲ اتصالات فشار

اتصالات دیواری در سطوح اندازه‌گیری بایستی مطابق با نیازهای بند ۷ باشند و به طور یکسان حول یک محفظه استوانه‌ای یا در مرکز هر کدام از اضلاع یک محفظه مربعی یا مستطیلی قرار گیرد.

۳۱ – ۱ – ۳ وسایل تثبیت جریان

وسایل تثبیت جریان را می‌توان در محفظه نصب کرد، که این وسایل در طرح‌های نصب آزمایش برای ایجاد الگوهای جریان لازم، شرح داده شده‌است.

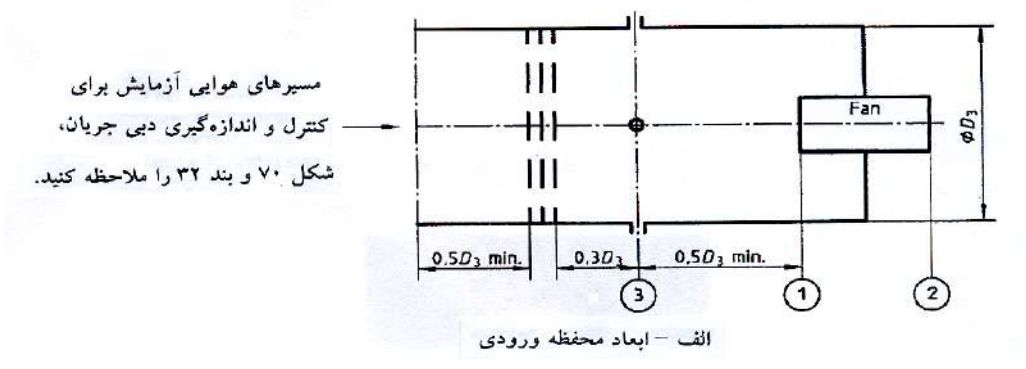
اگر سطح اندازه‌گیری در پائین دست وسایل تثبیت جریان قرار داده شوند، وسایل تثبیت جریان را به منظور ایجاد یک جریان الزاماً یکنواخت در جلوی سطح اندازه‌گیری به کار می‌بریم. در این حالت سرعت بیشینه در فاصله $0.1D_h$ از پائین دست جریان سطح، بیشتر از سرعت متوسط یا ۲۵ درصد نخواهد شد. مگر اینکه سرعت بیشینه کمتر از دو متر بر ثانیه باشد.

اگر سطح اندازه‌گیری در بالادست وسایل تثبیت جریان قرار داده شوند، هدف صفحه تثبیت جریان، جذب انرژی جنبشی جت بالادست جریان می‌باشد و امکان انبساط طبیعی آن به طوری که در یک فضای بدون قید و بند به نظر برسد، وجود دارد. این موضوع مقداری از بازگشت جریان را برای تأمین هوای مخلوط شونده در مرزهای جت جریان را الزامی می‌کند. امّا سرعت بیشینه بازگشتی نباید بیشتر از ۱۰ درصد سرعت متوسط جت ، محاسبه شده باشد.

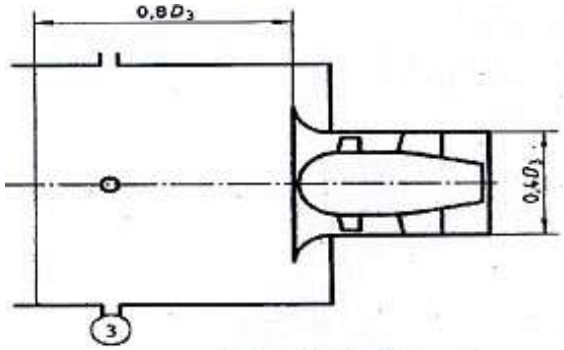
اگر سطوح اندازه‌گیری در هردو قسمت وسایل تثبیت جریان در درون محفظه قرار داده شوند، نیازهای هر کدام از قسمت‌ها که در بالا تشریح شده است بایستی برآورده شود.

هرگونه از سطوح ترکیبی یا سطوح جدا از هم را که این نیازها را برآورده می‌سازند، می‌توان به کار برد امّا به طور کلی یک طول محفظه معقول برای دستگاه‌های تثبیت جریان لازم است تا هر دو نیاز را برآورده سازد. سه صفحه سوراخ شده یا دارای حلقه‌های سیم پیچی یکنواخت که به طور کافی حمایت می‌شوند و نسبت به دیواره محفظه محکم می‌گردند، به طوری که دارای فاصله $0.1D_h$ جدا از سطح آزاد و نیز دارای فاصله ٦٠ درصد، ٥٠ درصد و ٤٥ درصد با سطح آزاد در جهت جریان هستند، را می‌توان برای آنکه جریان شرایط بالا را داشته باشد، به کار برد. صفحات نباید به خاطر گرد و غبار دارای انسداد باشند.

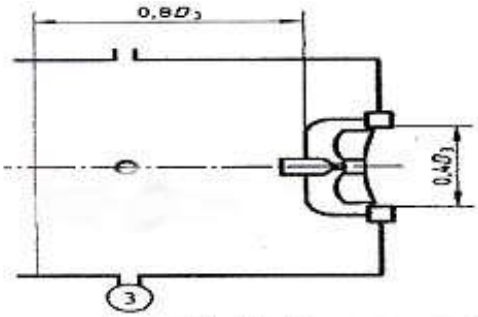
برای اینکه بدانیم دستگاه‌های تثبیت جریان، الگوی جریان لازم و مطلوب را فراهم می‌کنند، یک بررسی عملکردی لازم می‌باشد.



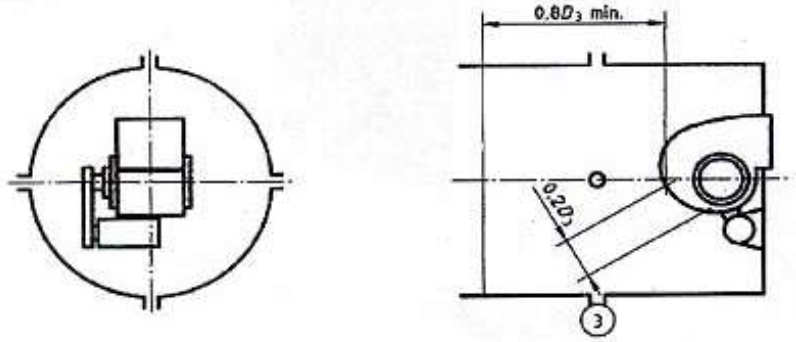
الف – ابعاد محفظه ورودی



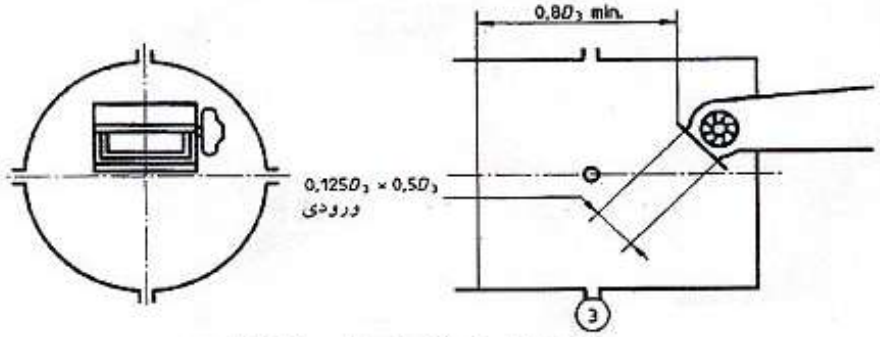
پ – مثالی از فن محوری



پ – مثالی از فن پره دار



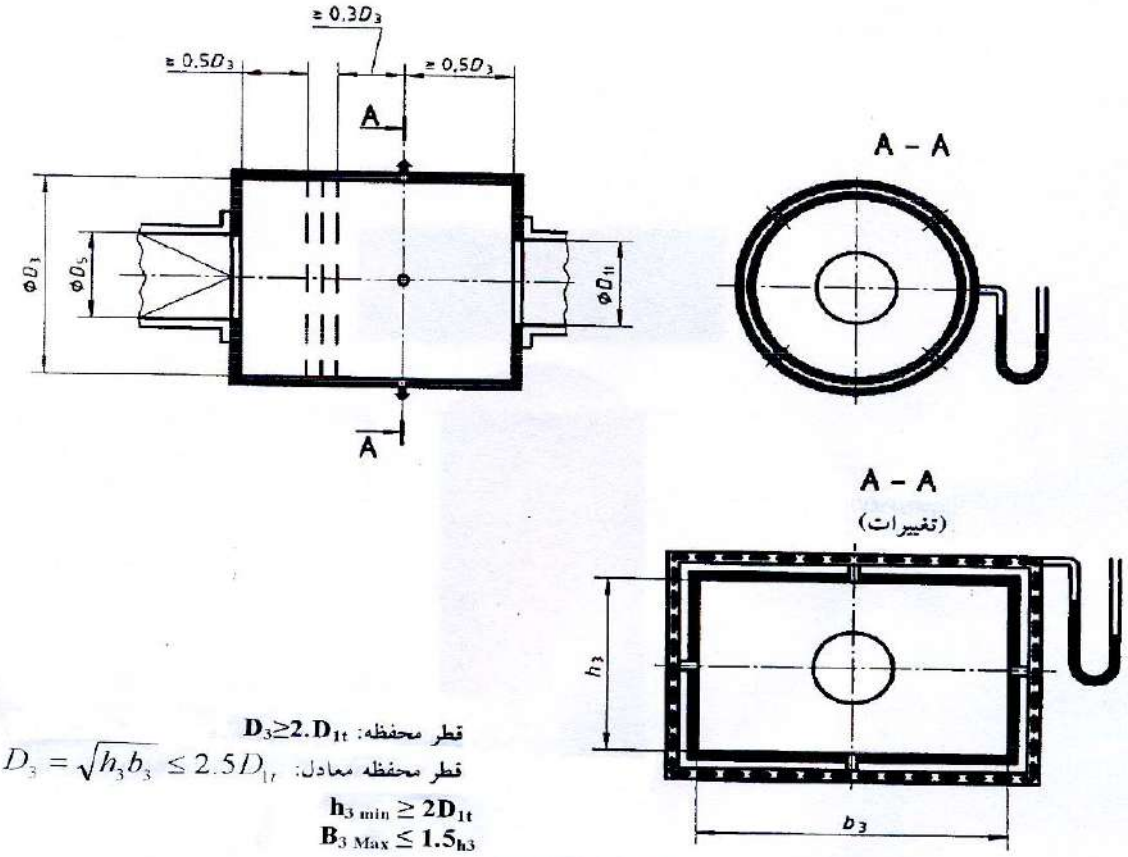
ت – مثالی از یک فن گریز از مرکزی با ورودی دو گانه



ت – مثالی از یک فن با جریان مقطع

یادآوری – فن های نشان داده شده دارای ابعاد مجاز بیشینه هستند.

شکل ٦٦ – لبه ورودی محفظه آزمایش نوع اول



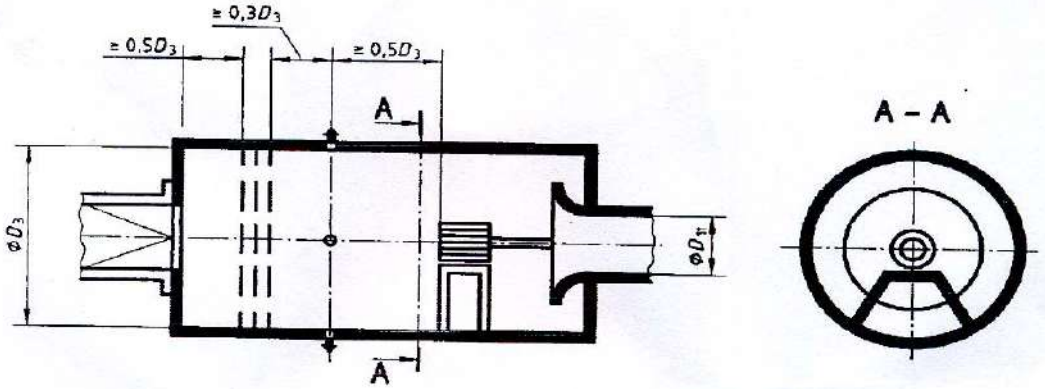
قطر محفظه: $\mathbf{D_3 \geq 2.D_{1t}}$

قطر محفظه معادل: $D_3 = \sqrt{h_3 b_3} \leq 2.5 D_{1t}$

$\mathbf{h_{3\ min} \geq 2D_{1t}}$

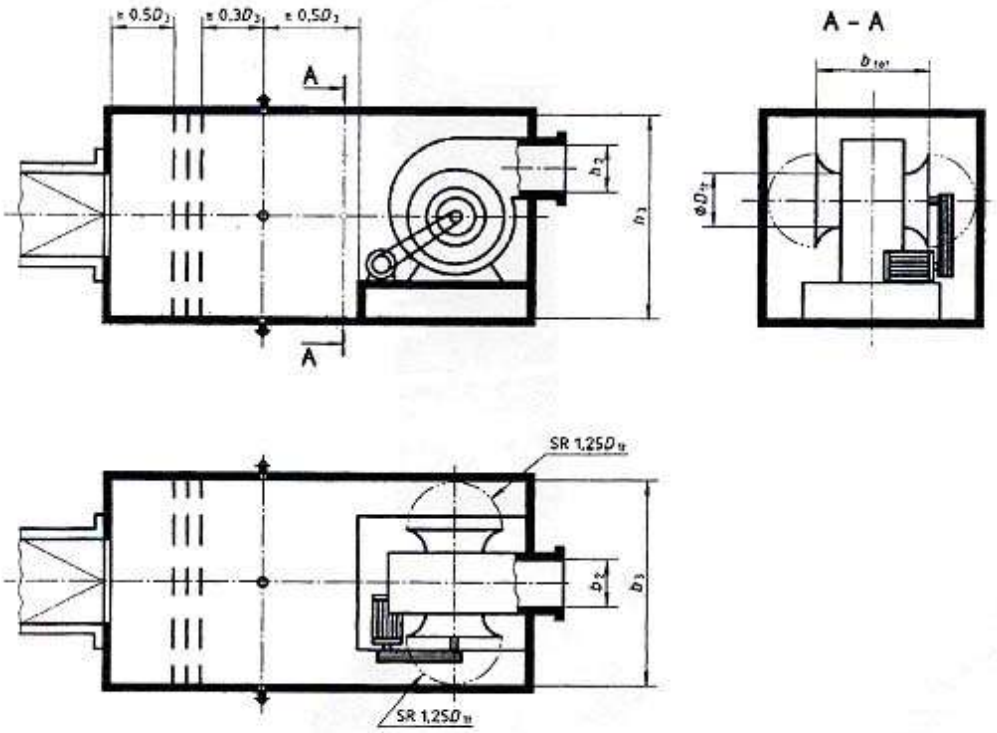
$\mathbf{B_{3\ Max} \leq 1.5_{h3}}$

الف – ابعاد محفظه آزمایش ورودی



ب – حداقل ابعاد محفظه آزمایش گسترش یافته با نصب موتور روی لبه ورودی

شکل ٦٧ – لبه ورودی محفظه آزمایش نوع دوم



پ – حداقل ابعاد محفظه آزمایش گسترش یافته برای نصب فن های دو جریانه

شکل ٦٧ – لبه ورودی محفظه آزمایش. نوع دوم

٣١ – ١ – ٤ نازل‌های چندگانه

نازل‌های چندگانه را بایستی تا حد امکان به صورت متقارن نصب کرد. خط مرکزی هد نازل بایستی حداقل ١/٥ برابر قطر گلوگاه نازل از دیواره محفظه باشد. حداقل فاصله بین مراکز هر دو نازل هنگام استفاده هم زمان بایستی سه برابر قطر گلوگاه بزرگترین نازل باشد. فاصله از قسمت خروجی بزرگترین نازل تا قسمت پایین دست جریان بایستی حداقل ٢/٥ برابر قطر گلوگاه بزرگترین نازل باشد.

فاصله بین سطح ورودی نازل و جریان‌های بالادست و پائین دست اتصالات فشاری ٦±٣٨ میلیمتر می‌باشد.

۳۱ – ۱ – ۵ صفحه اریفیس در محفظه

اریفیس بایستی در محفظه با دقت ۱ ± درجه و $\pm 0.005D_h$ هم محور باشد (به بند ۲۶ – ۲ رجوع شود) فاصله بین سطح بالادست جریان صفحه اریفیس و خروجی وسایل تنظیم بالادست جریان بایستی حداقل $0.4D_h$ باشد که D_h قطر هیدرولیک محفظه است.

فاصله بین سطح خروجی صفحه اریفیس و وسایل تنظیم پایین دست جریان بایستی حداقل $0.5D_h$ باشد.

فاصله بین سطح ورودی صفحه اریفیس و جریان‌های پائین دست و بالا دست اتصالات فشاری $0.05D_h \pm 0.01D_h$ است.

صفحه اریفیس بایستی مطابق با شرایط شرح داده شده در بند ۲۶ – ۲ باشد.

۳۱ – ۲ سیستم‌های خروجی و تامین چند متغیر

یک وسیله که نقطه عملکردی را تغییر می‌دهد بایستی درآرایش آزمایشگاهی فراهم گردد.

۳۱ – ۲ – ۱ دستگاه‌های کنترل جریان

دستگاه‌های کنترل جریان را می‌توان برای کنترل نقطه عملکردی فن مورد استفاده قرار داد. چنین دستگاهی را بایستی در انتهای مجرا یا محفظه نصب کرد و هم چنین این دستگاه ، باید حول محور محفظه یا مجرا متقارن باشد.

۳۱ – ۲ – ۲ فن‌های کمکی

فن‌های کمکی را می‌توان برای کنترل نقطه عملکردی فن مورد آزمایش به کاربرد. آنها را بایستی برای ایجاد فشار کافی در دبی جریان مطلوب علاوه بر افت‌های آرایش آزمایش طراحی کرد. وسایل تنظیم جریان نظیر ضربه‌گیرها، کنترل گام یا کنترل سرعت مورد نیاز هستند.

فن‌های کمکی نمی‌توانند جریان موجی یا کوبشی را در طی آزمایش، ایجاد کند.

۳۱ – ۳ محفظه‌های آزمایش ورودی استاندارد شده

۳۱ – ۳ – ۱ محفظه آزمایش

سه نوع محفظه آزمایش ورودی در این استاندارد شرح داده می‌شود (به شکل‌های ٦٦، ٦٧ و ٦٨ رجوع شود).

۳۱ – ۳ – ۱ – ۱ محفظه آزمایش ورودی نوع اول

سطح مقطع محفظه آزمایش ممکن است دایره‌ای با قطر D_3، یا مربعی به ابعاد $D_3 x D_3$ یا مستطیلی به طول D_3 و عرض کوتاهتر باشد.

طول محفظه بایستی به اندازه کافی باشد تا بتواند هرگونه فن مورد آزمایش را بدون کاهش در حداقل فاصله بین اتصالات فشار محفظه و محفظه فن یا موتور که در شکل ٦٦ نشان داده شده است، در خود جای دهد.

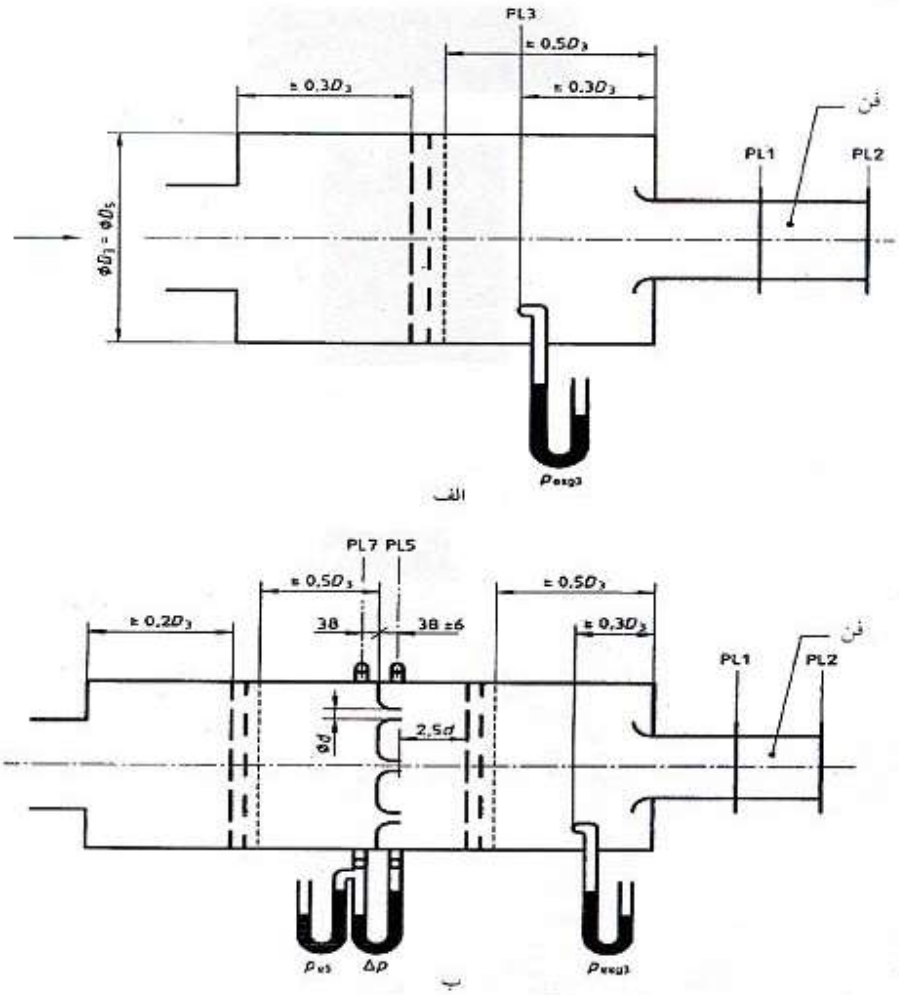
۳۱ – ۳ – ۱ – ۲ محفظه آزمایش ورودی نوع دوم

سطح مقطع آزمایش ممکن است دایره‌ای با قطر داخلی D_3، مربعی به ابعاد $D_3 x D_3$ یا مستطیلی به اندازه $b_3 x h_3$ باشد که $b_3 \leq 1.5 h_3$ و قطر محفظه معادل از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$D_3 = \sqrt{b_3 h_3}$$

برای فن‌هایی با رانش لبه ورودی یا فن‌های دو جریانه یا فن‌های با دو ورودی که در آنها یک فاصله حداقل در محفظه بین اتصال فشار و بخش دوم فن بسته به شرایط نصب مورد نیاز می‌باشد. لازم است که از یک محفظه آزمایش گسترش یافته از لحاظ طول در مقایسه با حداقل ابعاد نوشته شده در شکل ٦٧، استفاده کرد.

ابعاد بر حسب میلیمتر



شکل ٦٨ – لبه ورودی محفظه آزمایش نوع سوم

۳۱ – ۳ – ۱ – ۳ محفظه آزمایش ورودی نوع سوم

بعد D_3 محفظه آزمایش ورودی نوع سوم، قطر داخلی یک محفظه دایره‌ای یا قطر معادل محفظه مستطیل با ابعاد جانبی داخلی $h_3 b_3$ می‌باشد.

که در آن:

$$D_3 = \sqrt{\frac{4 h_3 b_3}{\pi}}$$

صفحه اندازه‌گیری فشار نوع سوم:

- در حداقل $0.3D_3$ جریان بالا دستِ پائین دست انتهایی محفظه می‌باشد.
- در حداقل $0.2D_3$ پائین دست وسایل تنظیم جریان است.

محفظه ورودی نوع سوم را می‌توان با نازل‌هایی برای اندازه‌گیری دبی جریان نصب کرد (به شکل ٦٨ رجوع کنید)

۳۱ – ۳ – ۲ فن تحت آزمایش

۳۱ – ۳ – ۲ – ۱ محفظه ورودی نوع اول

فن تحت آزمایش ممکن است دارای مساحت گلوگاهی ورودی A_{1t} باشد که برای یک محفظه دایروی از $\frac{D_3^2}{8}$ یا $D^2{}_3>8\ A_{lt}$ بیشتر نیست ، هم چنین A_{lt} مساحت گلوگاه ورودی است به شرط آنکه ورودی با محفظه هم محور باشد.

وقتی این شرایط به دست نیاید، مساحت گلوگاه ورودی یا ورودی‌ها نبایستی از $\frac{D_3^2}{16}$ بیشتر باشد. ورودی‌ها بایستی طوری نصب شوند، که جریان طول محور محفظه تا حد ممکن متقارن باقی بماند مثال‌هایی از فن‌ها با اندازه‌های ورودی بیشینه در شکل‌های ٦٦ و ٦٧ ، نشان داده شده است.

۳۱ – ۳ – ۲ – ۲ محفظه ورودی نوع دوم

فن تحت آزمایش ممکن است دارای قطر گلوگاهی D_{lt} باشد که از $\frac{D_3^2}{2.5}$ یا $A_{lt} \le \frac{A_3}{0.25}$ یا $A_3 \ge 6.25 A_{lt}$ کمتر است.

هنگام آزمایش روی یک فن با ورودی دو گانه، حداقل عرض محفظه بایستی بتواند هر دو ورودی را در خود جای دهد. انتخاب یک محفظه با سطح مقطع مستطیلی یا مربعی که عرض کل آن b_3،

مجموع عرض فن، b و فضای باز اطراف در ورودی باشد. سفارش می‌گردد، که متناظر با نیم کره‌های به شعاع $1.25D_{lt}$ است(مطابق با شکل ٦٧).

٣١ – ٣ – ٢ – ٣ محفظه ورودی نوع سوم

در محفظه‌های ورودی بایستی مساحت سطح مقطع پنج برابر مساحت گلوگاه ورودی فن باشد.

$A_3 \geq 5A_1$

آنها را می‌توان بدون نازل‌های چندگانه یا همراه با آن‌ها برای اندازه‌گیری دبی جریان به کار برد (به شکل ٦٨ رجوع شود)

۳۱ – ٤ محفظه‌های آزمایش خروجی استانداردشده

۳۱ – ٤ – ۱ محفظه آزمایش (به شکل ٦۹ رجوع شود) .

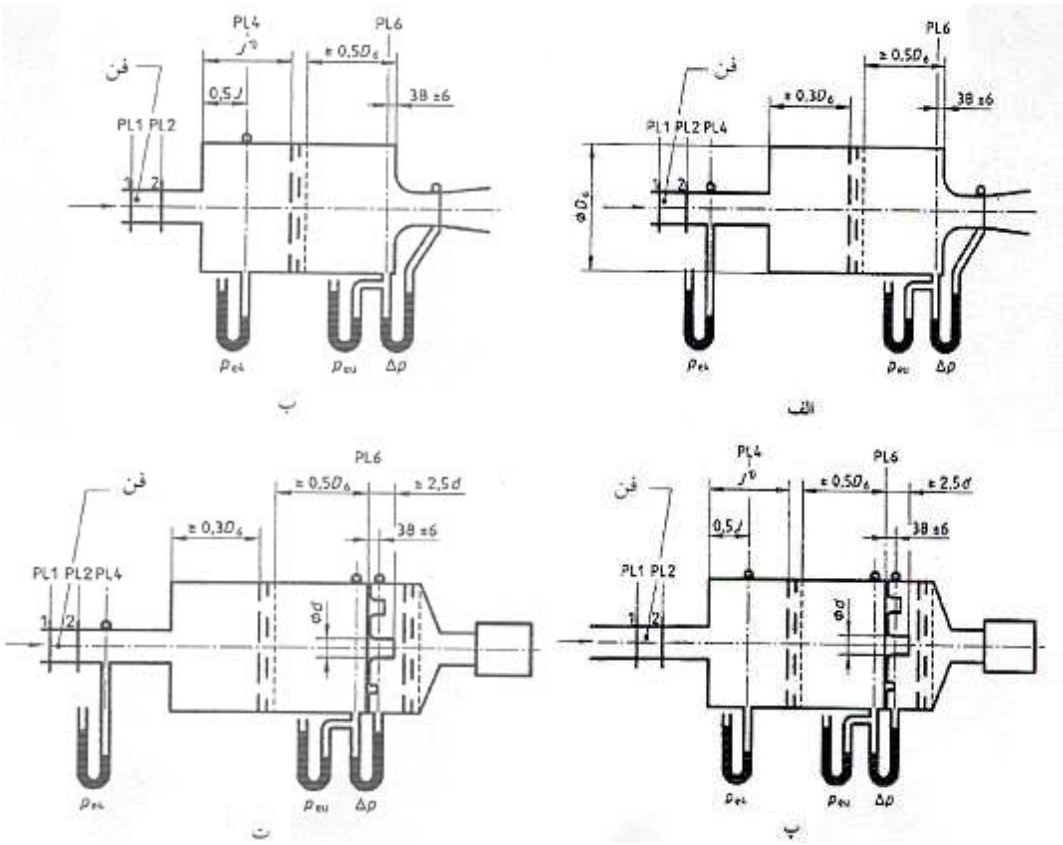
سطح مقطع محفظه آزمایش بایستی دایره‌ای با قطر داخلی D_6 یا مربعی به ابعاد $D_6 x D_6$ یا مستطیلی به ابعاد $h_6 x b_6$ باشد.

بعد D_6 محفظه معادل قطر داخلی محفظه دایروی یا قطر یک محفظه مستطیلی با ابعاد درونی h_6 و b_6 می‌باشد.

که در آن:

$$D_6 = \sqrt{\frac{4 h_6 b_6}{\pi}}$$

فشار خروجی فن، P_{e4} را می‌توان در مجرای خروجی فن یا در محفظه اندازه‌گیری کرد. محفظه‌های خروجی را، می‌توان با نازل‌های چندگانه یا بدون آنها برای اندازه‌گیری دبی جریان نصب کرد (به شکل ٦۹ رجوع شود) .



۱ - فاصله L بابستی معادل حداقل قطر مجرای خروجی برای فن ها با محور گردش عمود بر جریان تخلیه باشد و حداقل دو برابر قطر مجرای خروجی برای فن ها با محور گردش موازی با جریان تخلیه

شکل ٦٩ – لبه خروجی محفظه‌های آزمایش

۳۱ – ٤ – ۲ فن تحت آزمایش

برای فن‌هایی که جریان با زاویه ۹۰درجه نسبت به محور دوران تخلیه می شود ، بایستی مساحت سطح مقطع خروجی محفظه آزمایش خروجی حداقل ۹ برابر مساحت مجرای خروجی یا خروجی فن باشد $(A_6 \geq 9A_2)$

و نیز برای فن‌هایی با محور گردش یا دوران موازی با جریان خروجی ، بایستی مساحت سطح مقطع خروجی محفظه آزمایش خروجی حداقل ١٦ برابر مساحت مجرای خروجی یا خروجی فن باشد $(A_6 \geq 16A_2)$ (به شکل ٦٩ رجوع شود).

۳۲ روش‌های استاندارد با محفظه‌های آزمایش – نصب نوع اول

۳۲ – ۱ انواع تنظیم فن

دو نصب عمومی فن روی محفظه نشان داده شده‌اند.

الف – تنظیم محفظه آزمایش با لبه ورودی .

ب – تنظمی محفظه آزمایش با لبه خروجی .

یازده روش کنترل و اندازه‌گیری دبی جریان در مورد تنظیم محفظه ورودی و دو روش در مورد تنظیم محفظه خروجی نشان داده شده‌اند. روش اندازه‌گیری دبی جریان در هر مورد همراه با بندها و اشکالی در ارتباط با روند اندازه‌گیری جریان، مشخص می‌گردد.

یک روند معمول شامل اندازه‌گیری‌های به عمل آمده و مقادیر محاسبه شده که امکان محاسبه عملکرد فن را در نصب نوع اول تعیین می‌کنند. با یازده روش برای اندازه‌گیری دبی جریان در مورد تنظیم محفظه ورودی و دو روش در مورد تنظیم محفظه خروجی در بندهای ۳۲ – ۲ و ۳۲ – ۳ ، نشان داده شده‌اند.

فرض می‌شود، که محفظه‌ها به اندازه کافی بزرگ بوده تا تاثیرات عدد ماخ بر آنها قابل صرف نظر باشد.

این روند به طور معمول برای فن‌ها مطابق با این استاندارد معتبر می‌باشند.

امّا دو روند ساده شده را می‌توان به کار بست، وقتی که:

– عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از 0.15 و نسبت فشار کمتر از 1.02 است.

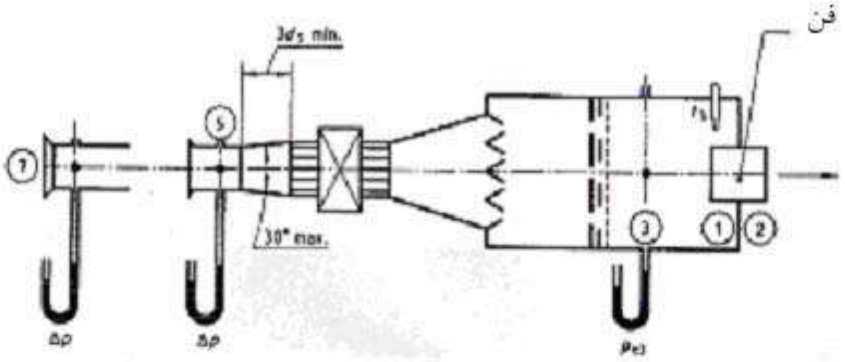
روندهای مربوط به این موارد در بندهای ۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ و ۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ ، ارائه شده‌اند.

۳۲ – ۲ محفظه‌های آزمایش با لبه ورودی

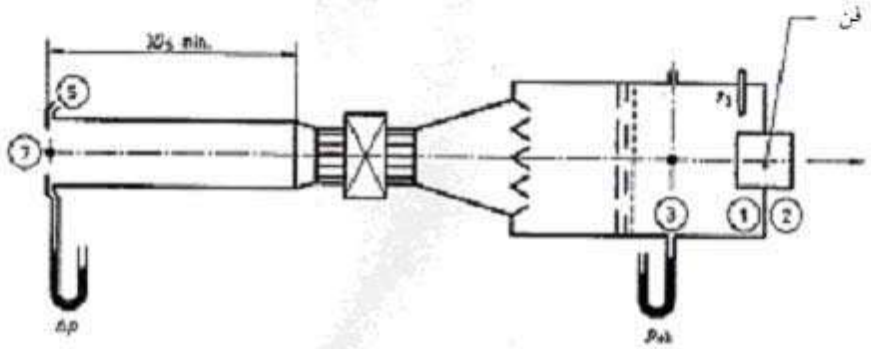
۳۲ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جریان

دبی جریان در موارد زیر اندازه‌گیری می‌شود:

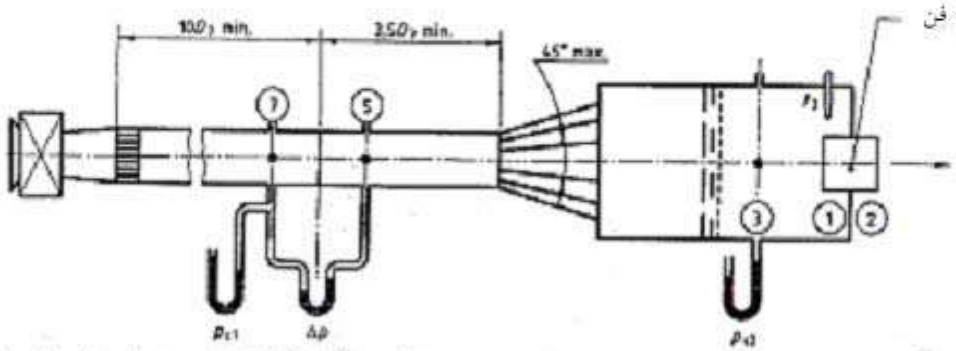
- نازل ورودی ونتوری ISO (به شکل ۷۰ – الف رجوع شود).
- ورودی مربعی (به شکل ۷۰ – الف رجوع شود) .
- ورودی مخروطی (به شکل ۷۰ – الف رجوع شود) .
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای (به شکل ۷۰ – ب رجوع شود) .
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری (به شکل ۷۰ – ب رجوع شود) .
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$ (به شکل ۷۰ – پ رجوع شود) .
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای (به شکل ۷۰ – پ رجوع شود) .
- نازل ونتوری درون مجرایی ISO (به شکل ۷۰ – ب رجوع شود) .
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک (به شکل ۷۰ – ث رجوع شود) .
- نازل ونتوری درون مجرایی ISO (به شکل ۷۰ – ج رجوع شود) .
- نازل‌های چند گانه در محفظه (به شکل ۷۰ – چ رجوع شود) .
- صفحه اریفیس در محفظه (به شکل‌های ۷۰ – چ و ۲۳ – ح رجوع شود) .



الف – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تانژل وشوری **ISO** یا ورودی مخروطی یا نازل ورودی مزیمی.

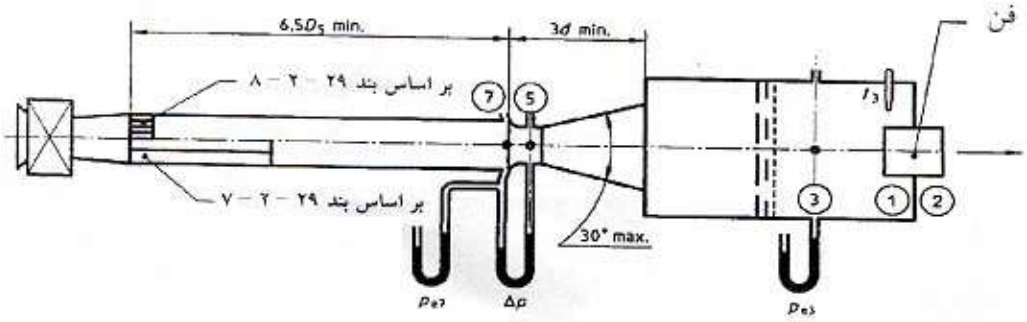


ب – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای یا اتصالات دیواری

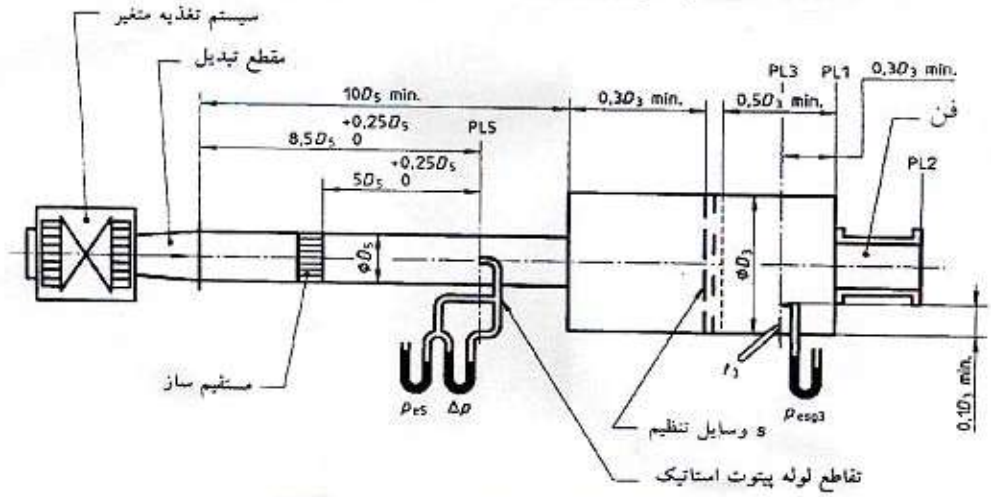


پ – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس درون مجرایی با اتصالات در **D** و **D/2** یا اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای

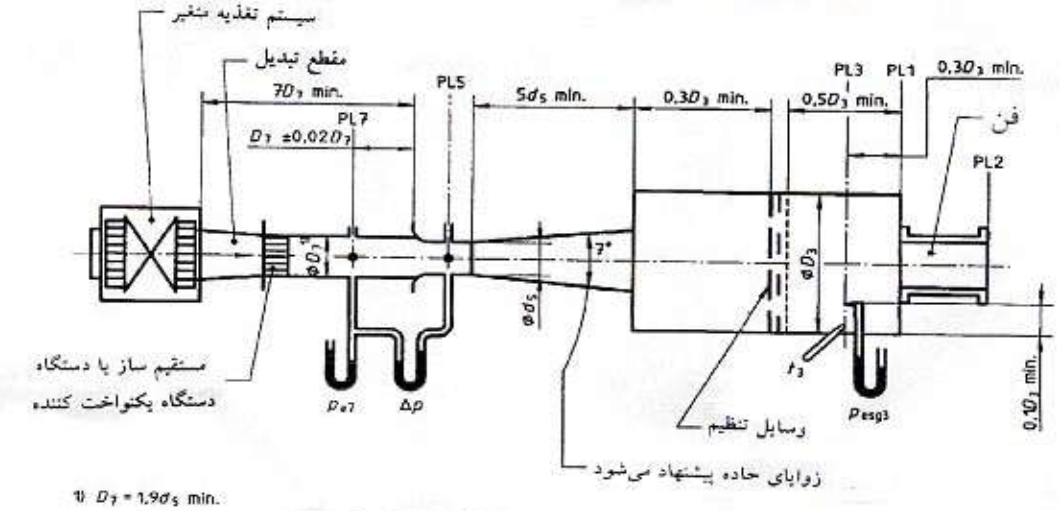
شکل ۷۰ – نصب‌های آزمایش نوع اول (لبه ورودی محفظه آزمایش)



ت – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری درون مجرایی



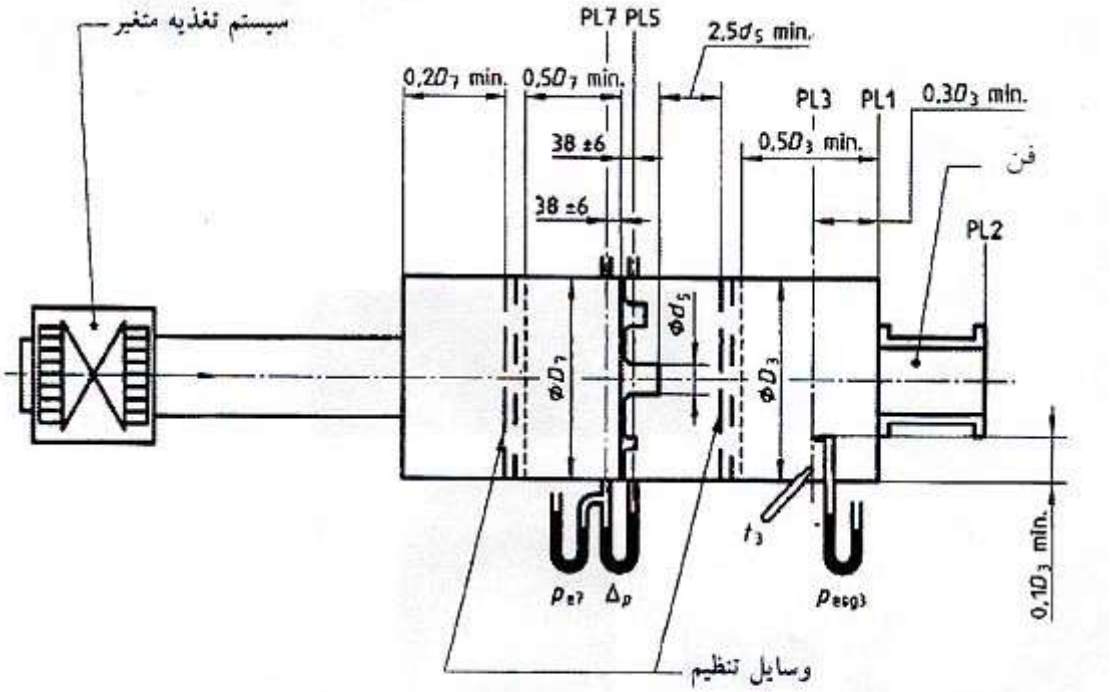
ث – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک



1) $D_7 = 1{,}9d_S$ min.

ج – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری درون مجرایی

شکل ۷۰ – نصب‌های نوع اول (لبه ورودی محفظه آزمایش)



ج – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه در محفظه

شکل ۷۰ – نصب‌های نوع اول (لبه ورودی محفظه آزمایش)

۳۲ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .

- توان P_o, P_a یا P_e و توان تخمینی پرّه (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) و توان یک فن کمکی، P_{ex}.

- فشار تفاضلی جریان سنج، Δp.

- فشار بالادست جریان سنج، P_{e7} یا P_{e5}.

- فشار محفظه، P_{e3} برای شکل‌های ۷۰ – الف تا ۷۰ – ت و فشار سکون محفظه برای شکل‌های ۷۰ – ث، ۷۰ – ج و ۷۰ – چ.
- دمای محفظه t_3.

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن
- دمای محیطی نزدیک ورودی فن، t_a.
- درجه حرارت‌های حباب خشک و تر، t_d و t_w.

چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را تعیین کنید (به بند ۱۲ رجوع شود)

۲۳ – ۲ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیر

این روند را با یستی هنگامی که نسبت فشار فن بیشتر از 1.02 و عدد ماخ Ma_{2ref} بیشتر از 0.15 باشد به کار بست (بند ۱٤ – ٤ – ۲ رجوع شود)

۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جریان

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جریان در موارد زیر اندازه گیری می‌شود:

- نازل ورودی ونتوری ISO، به بند ۲۲ و شکل ۷۰ – الف رجوع شود.
- نازل ورودی مربعی، به بند ۲٤ و شکل ۷۰– الف رجوع شود.
- ورودی مخروطی به بند ۲۵ وشکل ۷۰ الف رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای به بند ۲٦–۱۰ و شکل ۷۰ –ب رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری به بند ۲٦ – ۱۱ و شکل ۷۰ –ب رجوع شود

جریان سنج سری با یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی همراه با دستگاه کنترل نصب می‌شود.

با فرض اینکه:

$$p_7 = p_a = p_U$$

$$\Theta_{sg7} = \Theta_7 = t_a + 273,15$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_W \Theta_7}$$

پس از محاسبه لزجت دینامیکی هوا مطابق با بند ۱۲ – ۳ و تقریب اولیه عدد رینولدز در جریان‌سنج، ضریب جریان، α و ضریب انبساط پذیری ،ε یا ضریب مرکب ،$\alpha\varepsilon$ را، می‌توان مطابق با بندهای ۲۲ – ۳ – ۲ ، ۲۲ – ۳ – ۳ و ۲۲ – ۳ – ٤ و شکل ۱۸ برای یک ونتوریISO به دست آورد.

بند ۲٤–٤ برای نازل ورودی مربعی.

بند ۲۵–٤ و شکل ۲۲ برای یک ورودی مخروطی.

بند ۲٦ – ۱۰ شکل های ۲٦و۲۸ برای اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای.

بند ۲٦–۱۱ برای یک اریفیس ورودی با اتصالات دیواری.

دبی جرمی جریان، با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

که در آن α تابعی از عدد رینولدز، Re_d یا Re_D است، تغییر α با Re_d یا Re_D ، بایستی در عبارت بالا مد نظر قرار گیرد.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جریان با استفاده از موارد زیر اندازه گیری می‌شود:

- اریفیس درون مجرایی با اتصالاتی در D و $D/2$، به بند ۲٦ – ۷ و شکل۷۰ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای به بند ۲٦ – ۸ و شکل ۷۰ – پ رجوع شود.
- نازل ونتوری درون مجرایی ISO، به بند ۲۲ و شکل ۷۰ – ت رجوع شود.

یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی همراه با دستگاه کنترل در جریان بالادست جریان‌سنج نصب می‌شود.

با فرض اینکه:

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\Theta_{sg7} = \Theta_{sg3} = t_3 + 273{,}15 = \Theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} - \frac{q_m^2}{2A_7^2 \rho_7^2 c_p}$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7}$$

دبی جرمی جریان با استفاده از عبارت زیر محاسبه می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \frac{\pi d_5^2}{4} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

ضریب انبساط پذیری مطابق با بندهای ۲۲ – الف، ۲۶ – ۷ و ۲۶ – ۸ تعیین می‌شود. پس از تخمین عدد رینولدز جریان سنج:

$$Re_{d5} = \frac{\alpha \varepsilon d_5 \sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{(17{,}1 + 0{,}048 t_7)} \times 10^6$$

یا

$$Re_{D7} = Re_{d5} \beta$$

ضریب جریان، α یا ضریب مرکب، $\alpha\varepsilon$ مطابق با بند ۲۶ – ۷ و شکل ٦٤ برای اریفیس بدون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$ تعیین می‌شوند.

بند ۲۶ – ۸ و شکل ۲۵ برای اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای است.

بند ۲۲ و شکل ۱۸ برای نازل‌های ونتوری ISO درون مجرایی است.

تقریب اولیه q_m را می‌توان با $\theta_7 = \theta_{sg7}$ به دست آورد و θ_7 و مقادیر جدید α و q_m را نیز محاسبه کرد.

برای دقت محاسبه 10^{-3} دو تکرار کافی است.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک، اندازه‌گیری می‌شود (به شکل ۷۰ – ث و بند ۷ رجوع شود) .

دستگاه کنترل یا فن کمکی همراه با دستگاه کنترل در بالادست جریان مجرا برای محاسبه دبی جریان، تنظیم می‌شود.

با فرض اینکه:

$$p_5 = p_{e5} + p_a$$

$$p_{e5} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} p_{e5j}$$

$$\Theta_{sg5} = \Theta_{sg3} = t_3 + 273,15$$

درجه حرارت، t_5 در مجرای آزمایش را، می‌توان محاسبه و به عنوان دمای سکون در نظر گرفت، امّا بهتر است که درجه حرارت t_3 را در محفظه، اندازه‌گیری کنیم.

فشار تفاضلی متوسط توسط فرمول زیر داده می‌شود:

$$\Delta p_m = \left[\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \Delta p_j^{0,5}\right]^2$$

به بند ۲۷–۵ ، رجوع شود

هم چنین دبی جرمی جریان با فرمول زیر بیان می شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon A_5 \sqrt{2\rho_5 \Delta p_m}$$

که در آن:

$$\rho_5 = \frac{p_5}{R_w \Theta_5}$$

$$\Theta_5 = \Theta_{sg5} \left(\frac{p_5}{p_5 + \Delta p_m} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$$

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{1}{2\kappa} \frac{\Delta p_m}{p_5} + \frac{\kappa + 1}{6\kappa^2} \left(\frac{\Delta p_m}{p_5} \right)^2 \right]^{1/2}$$

α، تابعی از عدد رینولدز، Re_{D5} است، که به 0.99 بسیار نزدیک می‌باشد (به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود) .

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ٤ دبی جریان با استفاده از یک نازل ونتوری درون مجرایی اندازه‌گیری می‌شود، به بند ۲۳ و شکل ۷۰ – ج رجوع شود.

یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی همراه با دستگاه کنترل در جریان بالادست جریان سنج، قرار داده می‌شود.

با فرض اینکه:

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} = t_3 + 273{,}15 = \Theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} - \frac{q_m^2}{2A_7^2 \rho_7^2 c_p}$$

دبی جرمی جریان ، q_m، با عبارت زیر بیان می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

$$= C \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \frac{\sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{\sqrt{1 - \alpha_{AU} \beta^4}}$$

که در آن:

ε، ضریب انبساط پذیری است که مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ۵ محاسبه می‌شود.

$$r_d = 1 - \Delta p/p_7$$

α، ضریب دبی جریان که معادل با $\frac{C}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$ می‌باشد.

C، ضریب تخلیه گلوگاه تابعی از عدد رینولدز، Re_{d5} و شکل نازل می‌باشد (به بند ۲۳ – ٤ – ۲ و جدول ۵ رجوع شود) .

α_{Au}، ضریب انرژی جنبشی، برای قسمت باریک محفظه معادل با یک و برای قسمت باریک مجرا معادل با ۱/۰٤۳ می‌باشد.

$$\beta = d_5/D_7$$

$$Re_{d5} = \alpha \varepsilon d_5 \frac{\sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_7} \times 10^6$$

برای یک تقریب اولیه:

$$\alpha = \frac{0{,}95}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$$

و

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7}$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7}$$

تقریب اولیه q_m را می‌توان محاسبه کرد و با این مقدار، θ_7، ρ_7 Re_{d5} و α به دست می‌آیند و امکان محاسبه مقدار جدید برای q_m به وجود می‌آید.

برای دقت محاسبه 10^{-3} دو یا سه تکرار کافی است.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۵ محاسبه دبی جریان با استفاده از نازل چندگانه در محفظه (به بند ۲۳ و شکل ۷۰ – چ رجوع شود).

یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی همراه با دستگاه کنترل در بالادست جریان محفظه، قرار داده می‌شود.

با فرض اینکه:

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} = \Theta_7 = t_3 + 273{,}15$$

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7}$$

$$\beta = \frac{d_5}{D_7} \approx 0$$

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۲۳ – ٤ ، با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \varepsilon \pi \sum_{j=1}^{n} \left(C_j \frac{d_{5j}^2}{4} \right) \sqrt{2 \rho_7 \Delta p}$$

که در آن:

ε، ضریب انبساط پذیری مطابق با ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ٦ می‌باشد.

c_j، ضریب تخلیه نازل jام است که تابعی از عدد رینولدز گلوگاه نازل، Re_{dsj}، می‌باشد.

$c_j = \alpha y$ و $\beta = 0$

$cj = \alpha j$: مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۲ و جدول ۵ محاسبه می‌شود.

n، تعداد نازل‌هاست.

برای هر نازل عدد رینولنر گلوگاه، Re_{d5}، با عبارت زیر تخمین زده می‌شود.

$$Re_{d5j} = \frac{\varepsilon C_j d_{5j} \sqrt{2 \rho_7 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_7} \times 10^6$$

پس از تخمین اولیه دبی جرمی جریان ، ضریب تخلیه، cj ، تصحیح می‌گردد.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ٦ محاسبه دبی جریان با استفاده صفحه اریفیس در محفظه آزمایش با اتصالات دیواری، به بند ۲۹ – ٦ – ۱ و شکل‌های ۷۰ – چ تا ۷۰ – د رجوع کنید.

صفحه اریفیس به جای نازل‌های ونتوری چندگانه قرار می‌گیرد.

با فرض اینکه:

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} = \Theta_7 = t_3 + 273,15$$

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7}$$

$$\beta = \frac{d_5}{D_7} \leq 0,25$$

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۲٦ – ۵، با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

که در آن $\alpha\varepsilon$ مطابق با بندهای ۲٦ – ۹ و ۲٦ – ۹ – ۱ ، محاسبه می‌شود.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

با فرض:

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_3 = t_3 + 273,15 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1}$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

مطابق با بندهای ۱۵ – ۵ و ۱٤ – ٦ :

$$p_{sg1} = p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} = p_3 + \frac{1}{2} \frac{q_m^2}{A_3^2 \rho_3} = p_{sg3}$$

یا

$$p_{esg1} = p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} = p_{e3} + \frac{1}{2} \frac{q_m^2}{A_3^2 \rho_3} = p_{esg3}$$

این مقدار برای آرایش‌های شکل‌های ۷۰ – الف تا ۷۰ – ت، قابل قبول است. برای آرایش‌های شکل‌های ۷۰ – ث، ۷۰ – ج و ۷۰ – چ، فشار سکون، ρ_{esg3} به وسیله یک لوله پیتوت استاتیک جریان، اندازه‌گیری می‌شود و

$$p_{sg1} = p_{esg3} + p_a = p_{sg3}$$

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

$$p_{e3} \leqslant 0 \text{ and } p_{esg1} \leqslant 0$$

مطابق با بندهای ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲ و ۱٤ – ٥ – ۲:

Ma_1، $\frac{\theta 1}{\theta sg1}$ و P_1، را می‌توان محاسبه نمود.

فشار استاتیکی ورودی، P_1 با عبارت زیر می‌شود:

$$p_1 = p_{sg1} - p_{d1} F_{M1} = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2 F_{M1}$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - p_{d1} F_{M1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2 F_{M1} = p_1 - p_a$$

ضریب ماخ F_{M1} را می‌توان مطابق با بند ۱٤ – ٥ – ۱، محاسبه کرد.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن، P_2 معادل با فشار اتمسفری P_a، می‌باشد و

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

Ma_2 و θ_2 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١ محاسبه می‌شود.

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

F_{M2} مطابق با بند ١٤ – ٥ – ١، محاسبه می‌شود.

هم چنین می‌توان آن، را به صورت زیر نوشت:

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_p = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

٣٢ – ٢ – ٣ – ٢ – ٣ فشار فن

فشار استاتیک فن، P_{sFA} ، توسط عبارت زیر داده می‌شود:

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

و فشار فن، P_{FA} به وسیله فرمول های زیر داده می‌شود:

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - p_{sg1}$$

$$p_{FA} = p_{esg2} - p_{esg1} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - p_{esg1}$$

٣٢ – ٢ – ٣ – ٣ محاسبه دبی حجمی جریان

در شرایط آزمایش دبی حجمی جریان، با عبارت زیر محاسبه می‌گردد:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۲ – ۲ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

۳۲ – ۲ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم و توان هوای فن

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ١ کار استاتیک فن در واحد جرم با فرمول های زیر داده می‌شود:

$$y_{sA} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1 \rho_1}\right)^2$$

و کار فن در واحد جرم ، توسط عبارت زیر داده می‌شود:

$$y_A = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$
$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{q_m}{A_2 \rho_2}\right)^2 - \left(\frac{q_m}{A_1 \rho_1}\right)^2\right]$$

توان استاتیک فن و توان هوای فن، P_{usA} و P_{uA}، توسط عبارت های زیر داده می‌شود:

$$P_{usA} = q_m \cdot y_{sA}$$

$$P_{uA} = q_m \cdot y_A$$

۳۲ – ۲ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضریب تراکم پذیری

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ٢:

$$P_{usA} = q_{Vsg1} \cdot p_{sFA} \cdot k_{ps}$$

$$P_{uA} = q_{Vsg1} \cdot p_{FA} \cdot k_p$$

ضرایب تراکم پذیری ، k_p و k_{ps} را می‌توان با دو روش یکسان و معادل، اندازه‌گیری کرد (به بندهای ١٤ – ٨ – ٢ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢ – ٢ رجوع شود).

الف – روش اول

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k (r-1)\right]}$$

که در آن:

$$r = 1 + \frac{p_{sFA}}{p_{sg1}}$$

یا برای توان هوای استاتیک فن

$$r = 1 + \frac{p_{FA}}{p_{sg1}}$$

برای توان هوای فن و

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_f}{q_{vsg1}\left(p_{sFA} \text{ or } p_{FA}\right)}$$

برای توان استاتیک فن یا توان هوای فن می‌باشد

ب – روش دوم

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln\left(1+Z_p\right)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{p_{sFA}}{p_{sg1}} \text{ or } \frac{p_{FA}}{p_{sg1}}$$

برای توان استاتیک فن یا توان هوای فن:

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_f}{q_{vsg1}\, p_{sg1}}$$

۳۲ – ۲ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ راندمان‌ها، با عبارت‌های زیر داده می‌شوند:

راندمان استاتیک فن؛

$$\eta_{srA} = \frac{P_{usA}}{P_r}$$

راندمان فن:

$$\eta_{rA} = \frac{P_{uA}}{P_r}$$

راندمان محور استاتیک فن:

$$\eta_{saA} = \frac{P_{usA}}{P_a}$$

راندمان محور فن:

$$\eta_{aA} = \frac{P_{uA}}{P_a}$$

۳۲ – ۲ – ٤ عملیات ساده شده

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲.

درجه حرارت‌های سکون و استاتیک یکسان در نظر گرفته می‌شوند و ضرائب ماخ، F_M معادل یک می‌باشند (به بند ۱٤ – ۹ – ۱ رجوع شود) .

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با روش‌های شرح داده شده و در بند ۳۱ – ۲ – ۳ – ۱، محاسبه می‌شود. اما ساده‌سازی‌های زیر را می‌توان برای محاسبه آرایش‌های شکل‌های ۷۰ – پ تا ۷۰ – چ انجام داده ، درجه حرارت جریان بالادست جریان‌سنج در محفظه را، می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\Theta_u = t_u + 273{,}15 = \Theta_{sgu}$$

$$p_u = p_{eu} + p_a$$

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_w \Theta_u}$$

برای در نظر گرفتن تفاوت بین درجه حرارت استاتیک و سکون، انجام روندهای تکراری لازم نیست.

امّا وقتی که α با عدد رینولدز تغییر می‌کند، تخمین عددرینولدز لازم می‌باشد

(به بند ۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ رجوع شود) .

دبی جریان با مقدار تخمینی α و ، $\theta_u = \theta_{sgu}$ محاسبه می‌گردد.

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

مطابق با بندهای ١٤ – ٩ – ١ – ٢ و ١٤ – ٩ – ١ – ٣:

$$p_{sg1} = p_{sg3} = p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

یا

$$p_{esg1} = p_{esg3} = p_{e3} + \frac{v_{m3}^2}{2} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3} = \frac{p_{e3} + p_a}{R_w \Theta_3}$$

به جز در موارد شکل‌های ۷۱ – ث، ۷۰ – ج و ۷۰ – چ که برای آنها فشار سکون محاسبه می‌گردد:

$$p_{sg1} = p_{sg3}$$

یا

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R_W \Theta_1} = \frac{p_1}{R_W \Theta_{sg1}} = \frac{p_1}{R_W \Theta_{sg3}}$$

امّا P_1 مجهول است و یک روند تکراری برای تعیین P_1 و ρ_1 به کار خواهد رفت. دو یا سه مرحله برای محاسبه کافی است (به بند ۱٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود) .

فشار P_1 را می‌توان، با عبارت زیر محاسبه کرد (به بند ۱٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود).

$$p_1 = \frac{p_{sg1} + \sqrt{p_{sg1}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_W \Theta_{sg1}}}{2}$$

و

$$p_{e1} = p_1 - p_a$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن، $P_2 = P_a$ یا $P_{e2} = 0$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_{sg2}}$$

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار استاتیک فن، P_{sFA} و فشار فن، P_{FA}، با فرمول‌های زیر داده می‌شوند:

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_{sg1}$$

$$= \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

یادآوری - $P_{esg7} \leq 0,\ P_{e3} \leq 0$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان، توسط عبارت زیر مانند: بند ۳۲ – ۲ – ۳ – ۳ داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ٤ محاسبه توان هوای فن

توان‌های هوای فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ و ٣٢ – ٢ – ٣ – ٤ ، محاسبه می‌شوند.

۳۲ – ۲ – ٤ – ۱ – ٥ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن براساس بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ و ٣٢ – ٢ – ٣ – ، ٤ محاسبه می‌شوند.

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{2reF} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ (به بند ١٤ – ٩ – ٢ رجوع شود).

جریان هوا در فن را می‌توان تراکم ناپذیر در نظر گرفت.

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_2 = \Theta_{sg2}$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ٣٢ – ٢ – ٤ – ١ – ١ ، اندازه‌گیری می‌شود.

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

$$\rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_{sg3} = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_{sg1}} \left(\frac{q_m}{A_3} \right)^2$$

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{q_m}{A_3} \right)^2$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2$$

به جز در مورد شکل‌های ۷۰ – ت، ۷۰ – ج و ۷۰ – چ که برای آن‌ها فشار سکون، P_{esg3} اندازه‌گیری می‌شود و $P_{esg1} = P_{esg3}$ یا $P_{sg1} = P_{sg3}$.

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن:

$$p_2 = p_a$$

$$p_{e2} = 0$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ فشار فن

فشارهای فن با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_2 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left[p_3 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\right]$$

$$= \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left[p_{e3} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\right]$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان در شرایط ورودی با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ٤ محاسبه توان هوای فن

توان‌های فن را می‌توان توسط فرمول های زیر به دست آورد:

$$P_{usA} = q_{vsg1} \cdot p_{sFA}$$

$$P_{uA} = q_{vsg1} \cdot p_{FA}$$

۳۲ – ۲ – ٤ – ۲ – ۵ محاسبه راندمان فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١ و ٣٢ – ٢ – ٤ – ١ – ۵ ، به دست می‌آیند:

۳۲ – ۲ – ۵ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

تحت شرایط آزمایش عملکرد فن، عبارت است از:

- جریان حجمی ورودی، q_{vsg1}:
- فشار استاتیک فن، P_{sFA}:
- فشار فن، P_{FA}:
- راندمان فن، η_{srA} یا η_r:

۳۲ – ۳ محفظه‌های آزمایش با لبه خروجی

۳۲ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جریان

دبی جریان با استفاده از موارد زیر به دست می‌آید:

- نازل ونتوری در انتهای محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۱ – الف رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۱ – ب رجوع شود.
- صفحه اریفیس در محفظه، به بند ۲٦ – ۹ – ۱ و شکل ۷۱ – ب رجوع شود.

۳۲ – ۳ – ۲ اندازه‌گیری لازم در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n.
- توان ورودی P_o, P_a یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود)
- فشار تفاضلی جریان سنج، Δp
- فشار بالادست جریان، P_{e6}
- فشار محفظه، P_{e4}
- دمای محفظه، t_4

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری در ارتفاع متوسط فن، P_a
- فشار محیطی، نزدیک ورودی، t_a.
- دمای حباب خشک و تر، t_d و t_w.

چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گازی هوای مرطوب، R_w را مطابق با بند ۱۲ محاسبه کنید.

۳۲ – ۳ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیر

این روند بایستی زمانی که عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد، اعمال گردد.

۳۲ – ۳ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳۲ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر اندازه‌گیری می‌شود:

- نازل ونتوری، به بند ۲۳ و شکل ۷۱ – الف رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۱ – ب رجوع شود.
- محفظه به کمک یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی با دستگاه کنترل همراه است.

با فرض اینکه:

$$p_6 = p_a + p_{e6}$$

$$\Theta_6 = t_6 + 273{,}15 = \Theta_{sg6}$$

$$\frac{d_8}{D_6} = \beta \approx 0$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_w \Theta_6}$$

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۲۳ – ٤، با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \varepsilon \pi \sum_{j=1}^{n} \left(C_j \frac{d_{8j}^2}{4} \right) \sqrt{2 \rho_6 \Delta p}$$

که در آن:

ε، ضریب انبساط پذیری مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ٦ است.

c_j، ضریب تخلیه نازل j ام به عنوان تابعی از عدد رینولدز گلوگاه نازل، Re_{d8j} می‌باشد (به بند ۲۳ – ٤ رجوع شود)

$$c_j = \alpha \text{ و } \beta = 0$$

$c_j = \alpha_j$ مطابق با بند ۲۳ – ٤ و جدول ۵ ، محاسبه می شود.

n، تعداد نازل‌ها که برای یک نازل در انتهای محفظه معادل یک می‌باشد.

برای هر نازل عدد رینولدز گلوگاه، Re_{d8} ، با استفاده از عبارت زیر تخمین زده می‌شود:

$$Re_{d8j} = \frac{\varepsilon C_j d_{8j} \sqrt{2\rho_6 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_6} \times 10^6$$

پس از تخمین اولیه دبی جرمی جریان ، ضرائب تخلیه، c_j برای تغییرات عدد رینولدز تصحیح می‌گردد.

۳۲ – ۳ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جرمی جریان با استفاده از صفحه اریفیس در محفظه آزمایش با اتصالات دیواری تعیین می‌شود. به بند ۲٦ – ۹ – ۱ و شکل‌های ۷۱ – ب، ۲۳ – ح ، ۲۳ – خ و ۲۳ – د رجوع شود.

با فرض اینکه:

$$p_6 = p_a + p_{e6}$$

$$\Theta_6 = t_6 + 273{,}15 = \Theta_{sg6}$$

$$\frac{d_8}{D_6} = \beta \leqslant 0{,}25$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_w \Theta_6}$$

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۲٦ – ۵، با عبارت زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_8^2}{4} \sqrt{2\rho_6 \Delta p}$$

که $\alpha\varepsilon$ مطابق با بندهای ۲٦ – ۵ و ۲٦ – ۹ – ۱ ، تعیین می‌گردد.

۳۲ – ۳ – ۳ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

$$p_2 = p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg4} = t_4 + 273{,}15 = \Theta_{sg6}$$

عدد ماخ، Ma_2 و درجه حرارت θ_2 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ و شکل ۵، محاسبه می‌شود.

$$\Theta_2 = \Theta_{sg2}\,\frac{\Theta_2}{\Theta_{sg2}}$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2} = \frac{p_4}{R_w \Theta_2}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e2} + \frac{1}{2}\,\rho_2 \left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

F_{M2} مطابق با بند ۱٤ – ۵ – ۱ ، تعیین می‌شود.

۳۲ – ۳ – ۳ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

$$p_{sg1} = p_a;\ p_{esg1} = 0$$

$$\Theta_{sg1} = t_a + 273{,}15$$

عدد ماخ Ma_1، نسبت $\frac{\rho_{sg1}}{\rho_1}$ و ضریب ماخ F_{M1} براساس بندهای ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲، ۱٤ – ٤ – ٤ و ۱٤ – ۵ – ۱ ، محاسبه می‌شود.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

یا

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

۳۲ – ۳ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار استاتیک فن، P_{sFa} و فشار فن P_{FA} به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آیند.

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1} = p_{esg2}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۲ – ۳ – ۳ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

تحت شرایط آزمایش، دبی حجمی جریان با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{v sg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$\rho_{sg1} = \frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۲ – ۳ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

۳۲ – ۳ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم وتوان هوای فن

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ١ کار استاتیک فن در واحد جرم و کار فن در واحد جرم به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$y_{sA} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$y_A = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_2\rho_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

توان هوای استاتیک فن و توان هوای فن به وسیله فرمول های زیر داده می‌شود:

$$P_{usA} = q_m y_{sA}$$

$$P_{uA} = q_m y_A$$

۳۲ – ۳ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضرایب تراکم پذیر

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ٢ ضرائب تراکم پذیر، k_p و k_s را می‌توان با دو روش معادل به دست آورد (به بندهای ١٤ – ٨ – ٢ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢ – ٢ رجوع شود) .

الف – روش اول

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k(r-1)\right]}$$

که در آن

$$r = 1 + \frac{p_{sFA}}{p_{sg1}} \text{ and } Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_f}{q_{Vsg1} p_{sFA}} \text{ for } k_{ps}$$

$$r = 1 + \frac{p_{FA}}{p_{sg1}} \text{ and } Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_f}{q_{Vsg1} p_{FA}} \text{ for } k_p$$

ب – روش دوم

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{p_{sFA}}{p_{sg1}} \text{ for } k_{ps}$$

$$x = r - 1 = \frac{p_{FA}}{p_{sg1}} \text{ for } k_{p}$$

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{Vsg1} p_{sg1}}$$

۳۲ – ۳ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ راندمان‌ها، با عبارت زیر داده می‌شوند:

– راندمان استاتیک فن:

$$\eta_{srA} = \frac{P_{usA}}{P_r}$$

– راندمان فن:

$$\eta_{rA} = \frac{P_{uA}}{P_r}$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ امّا نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲

دماهای استاتیک و سکون را می‌توان معادل در نظر گرفت و ضرائب ماخ، F_M را معادل یک قرارداد (به بند ۱٤ – ۹ – ۱ رجوع شود).

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان به وسیله روند شرح داده شده در بند ۳۲ – ۳ – ۱ ، به دست می‌آید.

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

با فرض اینکه

$$\Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg4} = \Theta_4 = t_4 + 273{,}15$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2} = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$p_{sg2} = p_4 + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

$$p_a = p_{sg1}$$

$$\rho_{sg1} = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R_w \Theta_1}$$

امّا P_1 مجهول است و یک عملیات تکراری برای تعیین P_1 و ρ_1 لازم می‌باشد.

(به بند ٤ – ٩ – ١ – ٤ رجوع شود)

دو یا سه مرحله برای محاسبه کافی است.

فشار P_1 را می‌توان با فرمول زیر به دست آورد:

$$p_1 = \frac{p_{sg1} + \sqrt{{p_{sg1}}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_W \Theta_{sg1}}}{2}$$

و

$$p_{e1} = p_1 - p_a$$

٣٢ – ٣ – ٤ – ١ – ٣ فشار فن

فشار استاتیک فن و فشار فن با فرمول های زیر داده می‌شوند:

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_4 - p_a = p_{e4}$$

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_4 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_a$$

$$= p_{e4} + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

٣٢ – ٣ – ٤ – ١ – ٣ محاسبه دبی حجمی جریان

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

٣٢ – ٣ – ٤ – ١ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ٢ و ٣٢ – ٣ – ٣ – ٤ ، محاسبه می‌شوند.

۳۲ – ۳ – ٤ – ۱ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

راندمان‌ها را می‌توان مطابق با بند ۳۲ – ۳ – ۳ – ۵، محاسبه کرد.

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ (به بند ۱٤ – ۹ – ۲ رجوع شود).

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_4 = \Theta_{sg4} = \Theta_u = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

جریان در فن و مجرا آزمایش را، می‌توان غیر تراکم پذیر در نظر گرفت.

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۳۲ – ۳ – ۳ – ۱، اندازه‌گیری می‌شود.

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

$$\rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_2 = \rho_{sg2} = \rho_4 = \rho_u = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۳ فشار فن

فشارهای فن با فرمول های زیر داده می‌شوند.

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_4 - p_a = p_{e4}$$

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_a$$

$$= p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 = p_{esg4}$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ٤ محاسبه توان هوای فن

توان‌های هوای فن توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند.

$$P_{usA} = q_{vsg1} \cdot p_{sFA}$$

$$P_{uA} = q_{vsg1} \cdot p_{FA}$$

۳۲ – ۳ – ٤ – ۲ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۱ و ۳۲ – ۳ – ۳ – ۵ ، محاسبه می‌شوند.

۳۲ – ۳ – ۵ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

تحت شرایط آزمایش عملکردهای فن به قرار زیر هستند:

- دبی جریان ورودی، q_{vsg1}
- فشار استاتیک فن، P_{sfA}
- فشار فن P_{FA}
- راندمان فن، η_{srA} یا η_{rA}

۳۳ روش‌های آزمایش استاندارد با مجراهای آزمایش لبه خروجی – نصب‌های نوع دوم

۳۳ – ۱ انواع آرایش فن

دو آرایش عمومی فن عبارتند از:

الف – مجرای آزمایش خروجی با دستگاه ضد چرخش، که فشار در پائین دست جریان دستگاه ضد چرخش، اندازه‌گیری می‌شود.

ب – مجرای خروجی نوع کوتاه؛ دو یا سه قطر با طول‌های معادل بدون دستگاه ضد چرخش که در آن هیچ نوع اندازه‌گیری انجام نمی‌شود و یک محفظه خروجی و یک جریان سنج همراه دستگاه وجود دارد. نتایج به دست آمده بدین طریق می‌تواند تا حدی با نتایج به دست آمده با استفاده از مجراهای عمومی روی لبه خروجی ، تفاوت داشته باشد.

هشت روش کنترل اندازه‌گیری دبی جریان در مجرای آزمایش در مورد بند الف و دو روش در مورد بند ب ارائه می‌شود. روش اندازه‌گیری دبی جریان در هر مورد همراه با بندها و اشکالی که روند محاسبه جریان را تعیین می‌کنند، مشخص می‌گردد.

یک روند عمومی شامل محاسبات و مقادیر محاسبه شده که تعیین عملکرد فن را در نصب‌های نوع دوم میسر می‌سازند در بندهای ۳۲ – ۲ – ۳ تا ۳۲ – ۲ – ۳ – ۵ داده شده‌است.

به طور کلی این روند برای تمام فن‌های مطابق با این استاندارد معتبر می‌باشد. امّا دو روند ساده شده را می‌توان به شرح زیر بکار برد وقتی که:

- عدد ماخ مبنا، Ma_{sref} کمتر از ۰/۱۵ امّا نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد.
- عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ باشد.

در این شرایط روندهایی که در بندهای ١٤ – ٩ – ١، ١٤ – ٩ – ٢، ٣٣ – ٢ – ٤ و ٣٣ – ٣ – ٤ داده شده‌اند را می‌توان دنبال کرد.

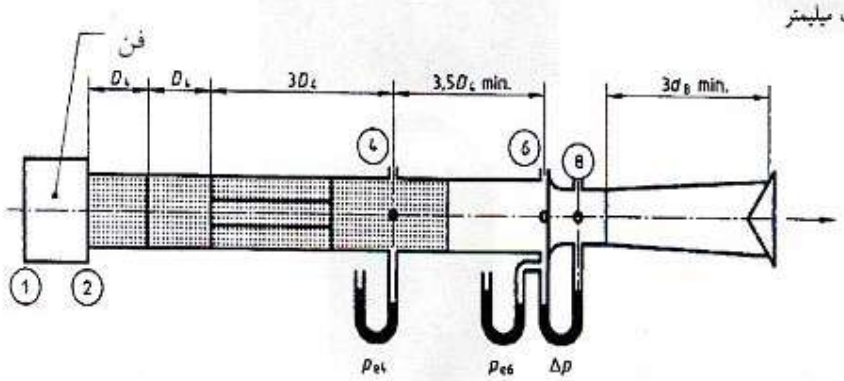
٣٣ – ٢ مجرای آزمایش با لبه خروجی و دستگاه ضد چرخش

٣٣ – ٢ – ١ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

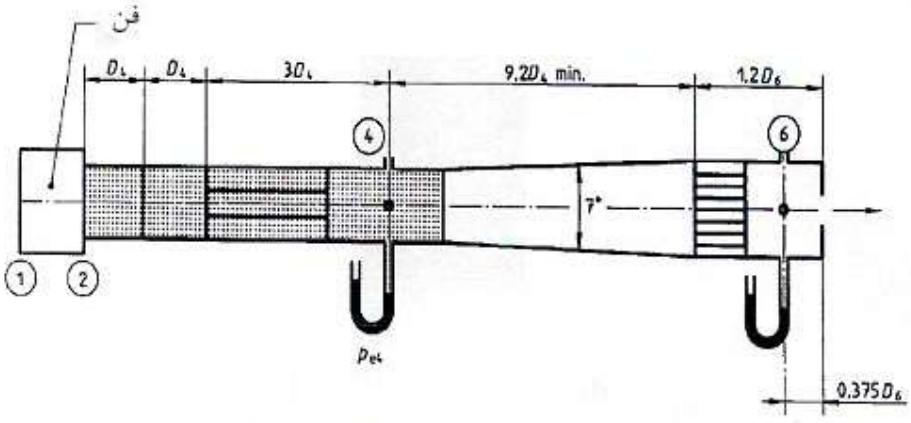
دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری درون مجرایی ISO بند ٢٢ و شکل ٧٢ – الف.
- اریفیس خروجی با اتصالات دیواری بند ٢٦ – ٩ و شکل ٧٢ – ب.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات D و $D/2$، به بند ٢٦ – ٧ و شکل ٧٢ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ٢٦ – ٨ و شکل ٧٢ – پ رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به بند ٢٧ و شکل‌های ٧٢ – ت و ٧٢ – ث رجوع شود.
- نازل ونتوری درون مجرایی، به بند ٢٣ و شکل ٧٢ – ج رجوع شود.
- نازل خروجی ونتوری روی محفظه، به بند ٢٣ و شکل ٧٢ – چ رجوع شود.
- نازل‌های چند گانه در محفظه، به بند ٢٣ و شکل ٧٢ – ح رجوع شود.

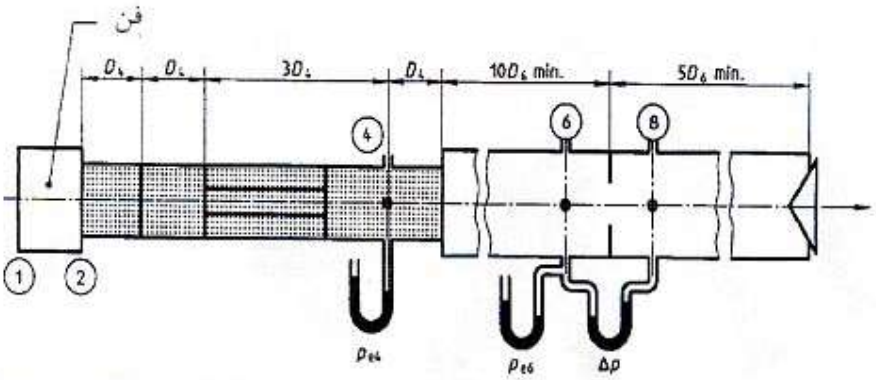
ابعاد بر حسب میلیمتر



الف – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری **ISO**



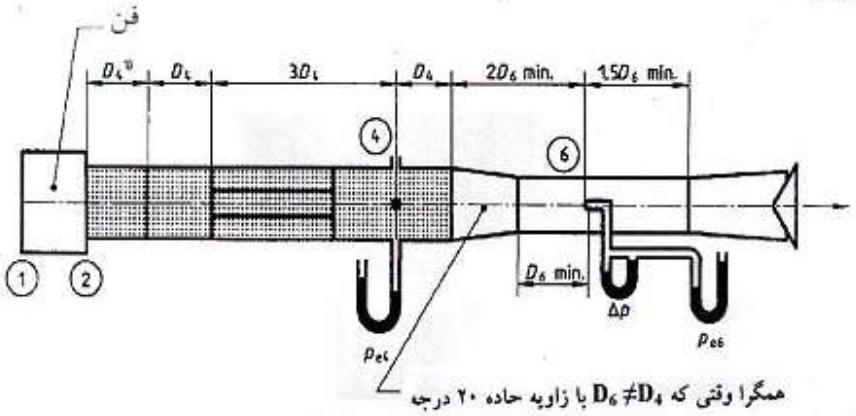
ب – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس خروجی



پ – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از ایفیس درون مجرایی با اتصال در **D** و **D/2** یا اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای

شکل ۷۲ – نصب‌های آزمایش نوع دوم (با وسیله ضد چرخش)

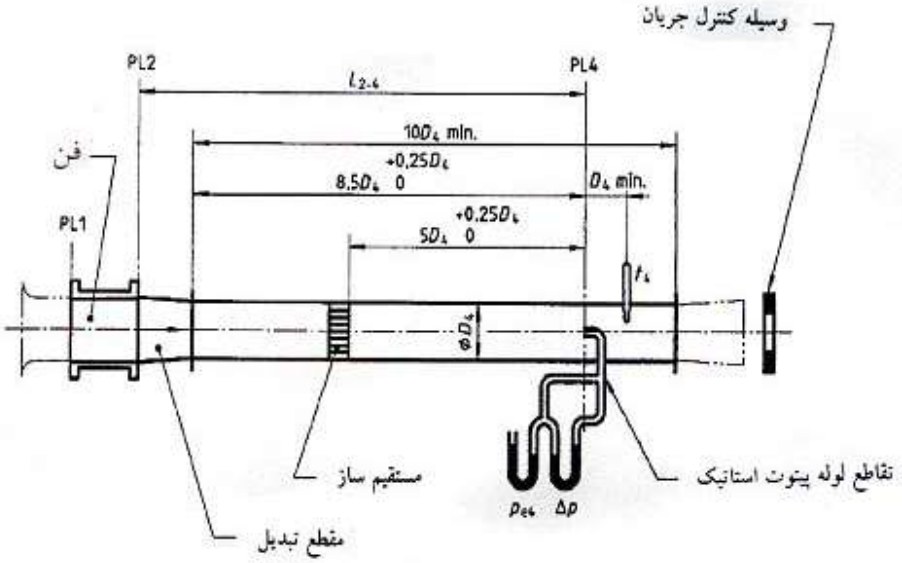
ابعاد بر حسب میلیمتر



همگرا وقتی که $D_6 \neq D_4$ با زاویه حاده ۲۰ درجه

۱ – این مقطع مسیر هوایی استوانه‌ای به طول D_4 را می‌توان با یک مقطع تبدیل بر اساس بند ۳۰ تعویض کرد وقتی که لازم باشد تغییری را در مساحت و یا شکل ایجاد کنیم.

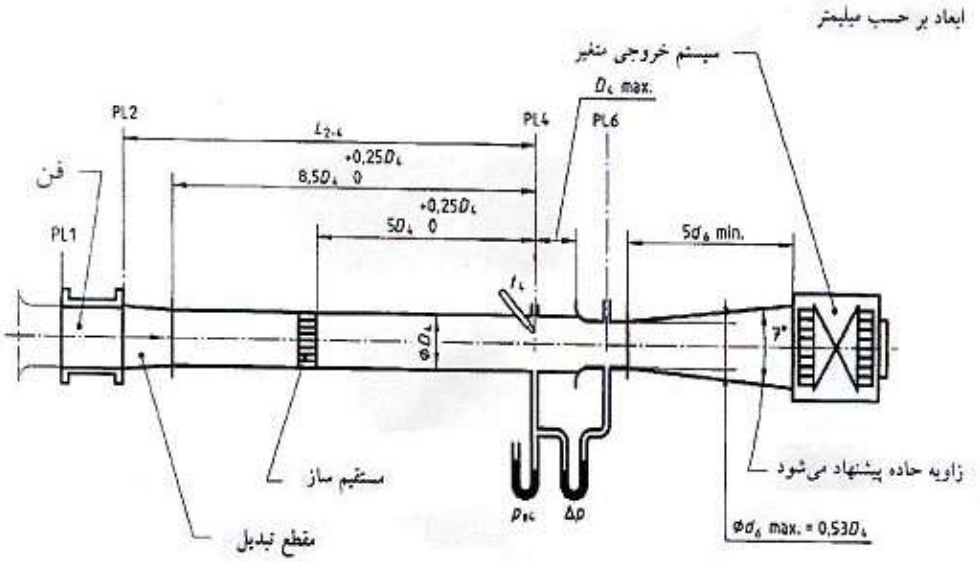
ث – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تفاطع لوله پیتوت استاتیک



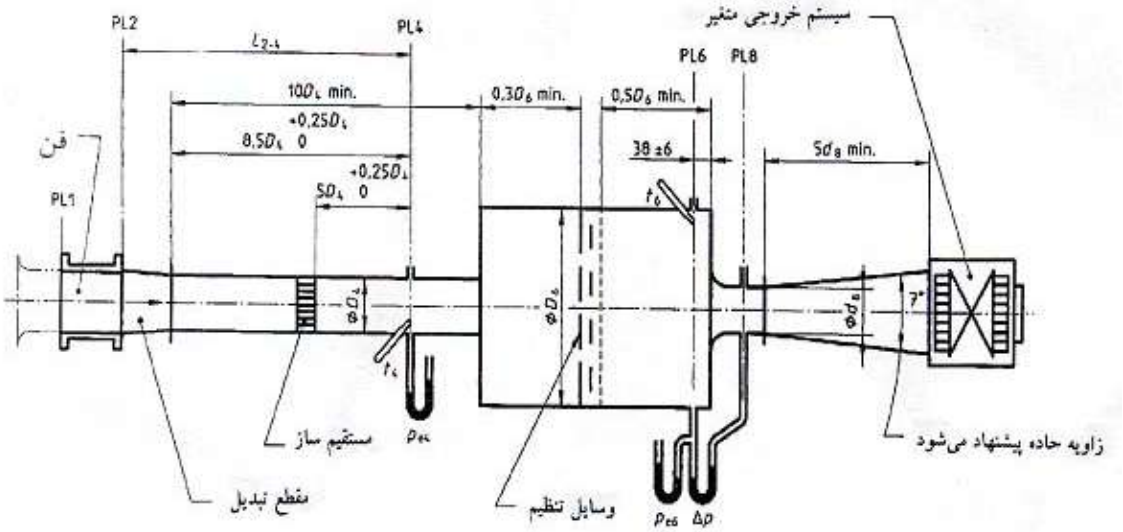
ث – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک

شکل ۷۲ – نصب‌های آزمایش نوع دوم (با وسیله ضد چرخش)

ابعاد بر حسب میلیمتر

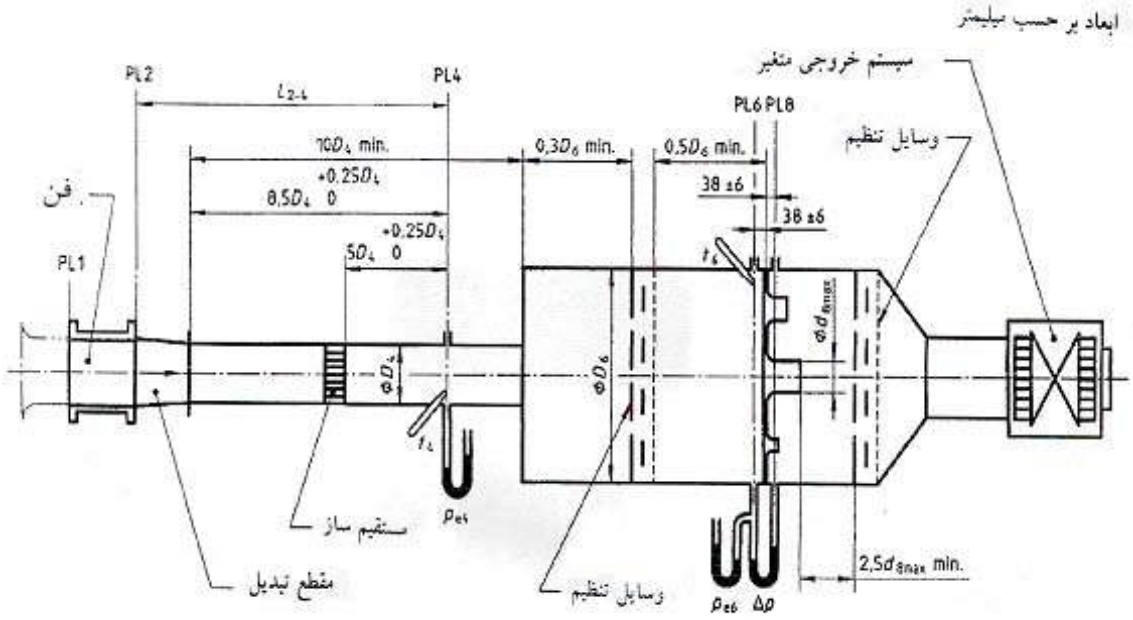


ج – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری درون مجرایی



ج – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل در انتهای محفظه

شکل ۷۲ – نصب‌های آزمایش نوع دوم (با وسیله ضد چرخش)



ح – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه از محفظه

شکل ۷۲ – نصب‌های آزمایش نوع دوم (با وسیله ضد چرخش)

۳۳ – ۲ – ۲ محاسبات لازم در حین آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید :

- سرعت دوران، N یا فرکانس دورانی، n.
- توان ورودی، P_a و P_o یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- فشار خروجی، P_{e4} .
- فشار P_{e4} بالادست جریان سنج .
- فشار تفاضلی، ΔP .
- دمای محفظه، t_6 در محفظه آزماش .

موارد زیر را در محفظه آزمایش، اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی نزدیک ورودی فن، t_a .

- دمای حباب خشک و تر t_d و t_w .

چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را، اندازه‌گیری کنید (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۲ – ۲ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیر

این روند را وقتی هم عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و هم نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد می‌توان به کار برد.

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان، با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری درون مجرایی *ISO*، به بند ۲۲ و شکل ۷۲ – الف رجوع شود.
- اریفیس خروجی با اتصالات دیواری، به بند ۲۶ – ۹ و شکل ۷۲ – ب رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$، به بند ۲۶ – ۷ و شکل ۷۲ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ۲۶ – ۸ و شکل ۷۲ – پ رجوع شود.

مجرای آزمایش خروجی برای اندازه‌گیری فشار و دبی جریان با یک دستگاه کنترل یا یک فن کمکی با دستگاه کنترل همراه هستند.

الف – دما در مجرای آزمایش t_4 یا t_6 محاسبه نمی‌شود.

این روند طبیعی می‌باشد.

با فرض اینکه:

$$p_6 = p_{e6} + p_a$$

$$\Theta_{sg1} = t_a + 273{,}15$$

$$\Theta_{sg6} = \Theta_{sg1} + \frac{P_f \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$$\Theta_6 = \Theta_{sg6} - \frac{q_m^2}{2A_6^2\rho_6^2 c_p} = \Theta_{sg1} + \frac{P_f \text{ or } P_e}{q_m c_p} - \frac{q_m^2}{2A_6^2\rho_6^2 c_p}$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_w \Theta_6}$$

امّا θ_6 و q_m و θ_{sg6} مجهول هستند.

دبی جرمی جریان با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_m = \alpha\varepsilon\pi\frac{d_8^2}{4}\sqrt{2\rho_6\Delta p}$$

که در آن

ε، ضریب انبساط پذیری است که مطابق با بندهای ۲۲ – ۳ – ۳، ۲۶ – ۷، ۲۶ – ۸ و ۲۶ – ۹ ، محاسبه می‌شود.

α، ضریب جریان است که تابعی از عدد رینولدز Re_{d8} یا Re_{D6} می‌باشد و با فرمول زیر تخمین زده می‌شود:

$$Re_{d8} = \frac{\alpha\varepsilon d_8\sqrt{2\rho_6\Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048t_6} \times 10^6$$

یا

$$Re_{D6} = \frac{\alpha\varepsilon\beta d_6\sqrt{2\rho_6\Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048t_6} \times 10^6$$

α یا ضریب مرکب، $\alpha\varepsilon$ مطابق با بندهای ۲۲ – ۳، ۲۶ – ۷، ۲۶ – ۸ و ۲۶ – ۹ و شکل‌های ۱۸ و ۲۴ و ۲۵ و ۲۶ و ۲۷ ، تعیین می‌شوند.

روند تکراری را بایستی برای محاسبه θ_6، ρ_6، Re_{d8}، α و q_m از اولین مقدار $\theta_{sg7} = \theta_{sg6} = \theta_6$; به کار برد.

سه یا چهار تکرار برای به دست آوردن q_m با دقت اندازه‌گیری 10^{-3} کافی است.

ب – دمای t_6 اندازه‌گیری می‌شود. این دما را می‌توان به عنوان دمای سکون θ_{sg6} ،در نظر گرفت.

$$\Theta_6 = t_6 + 273{,}15 - \frac{q_m^2}{2A_2^2\rho_6^2 c_p}$$

وروند بالا تکرار می‌شود.

۳۳ – ۲ – ۳ – ۱– ۲ دبی جریان با استفاده از یک تقاطع لوله پیتوت استاتیک، تعیین می‌گردد. به بند ۲۷ و شکل‌های ۷۲ – ت و ۷۲ ث رجوع شود.

یادآوری – برای نصب در شکل ۷۲ – ث صفحات چهار و شش یکسان هستند.

مجرای خروجی برای اندازه گیری‌های فشار و دبی جریان با دستگاه های کنترل و یا فن کمکی با دستگاه کنترل همراه هستند.

با فرض اینکه:

$$p_{e6} = \frac{1}{n}\sum_{j=n}^{n} p_{e6j}$$

$$p_6 = p_{e6} + p_a$$

$$\Theta_{sg6} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$$\Theta_6 = \Theta_{sg6}\left(\frac{p_6}{p_6 + \Delta p_m}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

که در آن:

$$\Delta p_{\mathrm{m}} = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \Delta p_j^{0,5} \right)^2$$

$$= \left[\frac{1}{n} \left(\sqrt{\Delta p_1} + \sqrt{\Delta p_2} + \ldots \sqrt{\Delta p_n} \right) \right]^2$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_{\mathrm{W}} \Theta_6}$$

دبی جرمی جریان ، q_m یا فرمول زیر داده می شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon A_6 \sqrt{2 \rho_6 \Delta p_{\mathrm{m}}}$$

که در آن:

α، ضریب دبی جریان و تابعی از عدد رینولدز ، Re_{d6} که به ۰/۹۹ بسیار نزدیک می‌باشد.

$$Re_{D6} = \alpha \varepsilon D_6 \frac{\sqrt{2 \rho_6 \Delta p_{\mathrm{m}}}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_6} \times 10^6$$

(به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود).

ε، ضریب انبساط پذیری است (به بند ۲۷– ۵ رجوع شود) .

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{1}{2\kappa} \frac{\Delta p_{\mathrm{m}}}{p_6} + \frac{\kappa + 1}{6\kappa^2} \left(\frac{\Delta p_{\mathrm{m}}}{p_6} \right)^2 \right]^{1/2}$$

یک تفریب اولیه، q_m با ۰/۹۹ = α محاسبه می‌شود و ε توسط عبارت های بالا به دست می‌آید.

این مقدار از q_m محاسبه Re_{D6}، α و مقدار ثانویه q_m را میسر می‌سازد.

دو یا سه تکرار برای اندازه گیری دبی جرمی جریان با دقت محاسبه $^{-3}$ ۱۰ کافی است.

۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ونتوری درون مجرایی محاسبه می گردد. به بند ۲۳ و شکل ۷۲- چ، رجوع شود.

مجراهای خروجی برای محاسبات فشار و دبی جریان با دستگاه کنترل و یا فن کمکی با دستگاه کنترل همراه هستند.

با فرض اینکه:

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$$\Theta_4 = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} - \frac{q_m^2}{2A_4^2 \rho_4^2 c_p}$$

Θ_{sg4}, Θ_4, q_m are unknown.

$$\beta = \frac{d_6}{D_4}$$

θ_{sg4}، θ_4، q_m مجهول هستند.

دبی جرمی جریان، q_m با فرمول زیر داده می شود (به بند ۲۳ رجوع شود) .

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_6^2}{4} \sqrt{2\rho_4 \Delta p}$$

$$q_m = \varepsilon C \pi \frac{d_6^2}{4} \frac{\sqrt{2\rho_4 \Delta p}}{\sqrt{1 - \alpha_{Au} \beta^4}}$$

که در آن:

α، ضریب جریان نازل است که با $\frac{C}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$ معادل می‌باشد.

که در آن، C ضریب تخلیه نازل تابعی از عدد رینولدز گلوگاه Re_{d6} می‌باشد.

$$Re_{d6} = \frac{\alpha \varepsilon d_6 \sqrt{2\rho_4 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048 t_4} \times 10^6$$

(به بند ۲۳-٤ – ۲ و جدول ۵ رجوع شود).

α_{Au} ضریب انرژی جنبشی برای کاربرد مجرا معادل با ۱/۰٤۳ و برای کاربرد محفظه معادل با یک می‌باشد.

ε ضریب انبساط پذیری می‌باشد که مطابق با بند ۲۳-٤-۳ و جدول ٦، محاسبه شده است.

برای تقریب اولیه:

$$\alpha = \frac{0,95}{\sqrt{1-\alpha_{AU}\beta^4}}$$

$$\Theta_4 = \Theta_{sg1}$$

مقدار محاسبه شده q_m، امکان محاسبه مقادیر جدید θ_4، ρ_4، Re_{d6}، α، q_m را میسر می‌سازد.

دو یا سه تکرار برای دقت محاسبه 10^{-3} برای q_m کافی هستند.

۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ – ٤ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود.

– نازل ونتوری خروجی در محفظه، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷۲ – چ و ۷۲ – ح رجوع شود.

– نازل‌های چندگانه در محفظه به بند ۲۳ و شکل‌های ۷۲ – چ و ۷۲ – ح رجوع شود.

مجراهای خروجی برای محاسبات فشار و دبی جریان با دستگاه کنترل و یا فن کمکی با دستگاه کنترل همراه می‌باشد.

دمای t_6 در محفظه را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

$$p_6 = p_{e6} + p_a$$

$$\Theta_6 = \Theta_{sg6} = t_6 + 273,15$$

$$\beta = \frac{d_8}{D_6} = 0$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_W \Theta_6}$$

دبی جرمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_m = \varepsilon\pi \sum_{j=1}^{n} \left(C_j \frac{d_{8j}^2}{4} \right) \sqrt{2\rho_6 \Delta p}$$

که در آن:

ε = ضریب انبساط پذیری مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ٦.

c_j = ضریب تخلیه نازلj ام به عنوان تابعی از عدد رینولدز گلوگاه نازل، Re_{d8j} (به بند ۲۳ – ٤ رجوع شود).

$\beta=0$ و $cj = \alpha j$.

$cj = \alpha j$ ، مطابق با بند ۲۳ – ٤ و جدول ۵ محاسبه می‌شود.

n = تعداد نازل‌ها که برای یک نازل در انتهای محفظه معادل یک می‌باشد.

برای هر نازل عدد رینولدز گلوگاه، با استفاده از عبارت زیر تخمین زده می‌شود:

$$Re_{d8j} = \frac{\varepsilon C_j d_{8j} \sqrt{2\rho_6 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_6} \times 10^6$$

که در آن $c_j = ۰/۹۵$ است.

پس از تخمین اولیه دبی جرمی جریان ضراب تخلیه، c_j برای تغییرات عدد رینولدز، تصحیح می‌گردد.

۳۳ – ۲ – ۳ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

با فرض اینکه:

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} = \Theta_{sg6} = t_6 + 273{,}15$$

عدد ماخ در مقطع ٤ و نسبت θ_{sg4}/θ_4 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١ و شکل ۵ ، محاسبه می‌گردد.

$$\Theta_4 = \Theta_{sg4} \frac{\Theta_4}{\Theta_{sg4}}$$

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$F_{M4} = 1 + \frac{Ma_4^2}{4} + \frac{Ma_4^4}{40} + \frac{Ma_4^8}{1600}$$

(به بند ١٤ – ٥ – ١ رجوع شود).

ضریب افت اصطکاک بین مقاطع ٢ و ٤، $\zeta_{(2-4)2}$ مطابق با بند ٣٠ – ٦ و شکل ٦٥ محاسبه می‌شود.

فشار سکون در خروجی فن، P_{sg2} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{\rho_4 v_{m4}^2}{2} F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{\rho_4 v_{m4}^2}{2} F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

چگالی استاتیک، ρ_2 و فشار P_2 مطابق با بند ١٤ – ٥ – ٢ محاسبه می‌شود، که Ma_2 را می‌توان مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ٢ و شکل ٦ ، اندازه‌گیری کرد.

$$p_2 = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2}$$

$$= p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

٣٣ – ٢ – ٣ – ٢ – ٢ فشار ورودی فن

در ورودی فن $P_{sg1} = P_a$ و $\theta_{sg1} = \theta_a$ و P_1 را می‌توان براساس بندهای ١٤–٥– ٢ و ١٤ – ٤ – ٣ – ٢، محاسبه کرد.

$$p_1 = p_{sg1} - \rho_1 \frac{v_{m1}^2}{2} F_{M1} = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

Ma_1 و ρ_1 مطابق با بندهای ۱۴ – ٤ – ۳ – ۲ و ۱٤ – ٥ – ۲ و شکل‌های ٤، ٥ و ٦، محاسبه می‌شوند.

هم چنین داریم؛

$$p_{esg1} = 0$$

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

۳۳ – ۲ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FB} و فشار استاتیکی فن P_{sFB} را می‌توان، با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_2 + \rho_1}{2}$$

and

$$k_\rho = \rho_1/\rho_m$$

۳۳ – ۲ – ۳ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان، به وسیله فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۲ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

۳۳ – ۲ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم و توان هوای فن

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱، کار فن در واحد جرم، y_B و کار استاتیک فن در واحد جرم، y_{SB}، به وسیله عبارت های زیر داده می‌شود:

$$y_B = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_2\rho_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$= \frac{p_{e2} - p_{e1}}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$y_{sB} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$= \frac{p_{e2} - p_{e1}}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

توان هوای فن، P_{uB} و توان استاتیک فن، P_{usB} ، به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$P_{uB} = q_m y_B$$

$$P_{usB} = q_m y_{sB}$$

۳۳ – ۲ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضرائب تراکم پذیرمطابق با بند ١٤ – ٨ – ٢:

$$P_{uB} = q_{vsg1}\, p_{FB}\, k_p$$

$$P_{usB} = q_{vsg1}\, p_{sFB}\, k_{ps}$$

ضرائب تراکم پذیر k_p و k_{PS} را می‌توان با دو روش یکسان، اندازه‌گیری کرد.

(به بندهای ١٤ – ٨ – ٢ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢ – ٢ رجوع شود) .

الف – روش اول

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k(r-1)\right]}$$

که در آن:

$$r = 1 + \frac{p_{FB}}{p_{sg1}}$$

برای k_p یا

$$r = 1 + \frac{P_{sFB}}{P_{sg1}}$$

برای k_{PS} یا

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{Vsg1} P_{FB}}$$

برای k_P یا

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{Vsg1} P_{sFB}}$$

برای k_{PS}

ب – روش دوم

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{p_{FB}}{p_{sg1}}$$

یا

$$x = \frac{p_{sFB}}{p_{sg1}}$$

و

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{Vsg1} p_{sg1}}$$

۳۳ – ۲ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ راندمان‌ها به وسیله فرمول های زیر محاسبه می‌گردند:

– راندمان فن:

$$\eta_{rB} = \frac{P_{uB}}{P_r}$$

- راندمان استاتیک فن:

$$\eta_{srB} = \frac{P_{usB}}{P_r}$$

- راندمان محور فن:

$$\eta_{sB} = \frac{P_{uB}}{P_a}$$

- راندمان استاتیک محور فن:

$$\eta_{saB} = \frac{P_{usB}}{P_a}$$

۳۳ – ۳ – ٤ عملیات ساده شده:

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2reF} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲.

در مقطع مجرای آزمایش و دماهای استاتیک و سکون یکسان ، در نظر گرفته می‌شوند.

$$\Theta_x = \Theta_{sgx} = t_x + 273,15$$

ضرائب عدد ماخ، F_{M1} و F_{M2} معادل یک هستند.

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با روش‌های توضیح داده شده در بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ ، محاسبه می‌شود. اما عملیات ساده شده زیر نیز به کار می‌رود. درجه حرارت بالادست جریان در جریان سنج را می‌توان، اندازه‌گیری کرد.

$$\Theta_u = \Theta_{sgu} = t_u + 273{,}15 = \Theta_{sg4} = \Theta_4$$

$$p_u = p_{eu} + p_a$$

$$\rho_u = \frac{p_u}{R_W \Theta_u} = \frac{p_u}{R_W \Theta_{sgu}}$$

برای روند تکراری لازم نیست تفاوت بین درجه حرارت سکون و استاتیک لحاظ شود اما اثر عدد ماخ روی α یا C را بایستی اعمال کرد.

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

مطابق با بندهای ١٤ – ٩ – ١ – ٢، ١٤ – ٩ – ١ – ٣ و ٣٠ – ٦:

$$p_{sg2} = p_4 + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2}\left[1+\left(\zeta_{2-4}\right)_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2}\left[1+\left(\zeta_{2-4}\right)_4\right]$$

که در آن

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4} = \frac{p_4}{R_w \Theta_{sg4}}$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} = \Theta_{sg2}$$

P_2 را می‌توان به روش زیر به دست آورد (به بند ١٤ – ٩ – ١ – ٤ رجوع شود)

$$(p_2)_1 = p_{sg2} - \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2}\left(\frac{A_4}{A_2}\right)^2$$

$$(p_2)_1 = \frac{(p_2)_1}{R_w \Theta_{sg2}}$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{A_2^2 (\rho_2)_1}$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{A_2^2 (\rho_2)_1}$$

دو یا سه تکرار کافی هستند، P_2 را می‌توان با فرمول زیر به دست آورد:

$$p_2 = \frac{1}{2}\left[p_{sg2} + \sqrt{p_{sg2}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 R_w \Theta_{sg2}}\right]$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_{sg2}}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

در ورودی فن:

$$p_{sg1} = p_a$$

$$p_{esg1} = 0$$

فشار استاتیک P_1 را می‌توان به وسیله یکی از دو روش به کار رفته در بند ۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ ، اندازه‌گیری کرد.

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن P_{FB} و فشار استاتیک فن P_{sFB}، توسط عبارت های زیر داده می‌شوند:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{esg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول های زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۵ محاسبه توان هوای فن

توان‌های هوای فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ و ۳۳ – ۲ – ۳ – ۵ ، محاسبه می‌شوند.

۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ و ٣٣ – ٢ – ٣ – ، ٥ محاسبه می‌شوند.

٣٣ – ٢ – ٤ – ٢ عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از ٠/١٥ و نسبت فشار کمتر از ١/٠٢ (به بند ١٤ – ٩ – ٢ رجوع شود) .

جریان هوا در فن و مجرای آزمایش را می‌توان تراکم پذیر در نظر گرفت.

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_4 = \rho_6 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

٣٣ – ٢ – ٤ – ٢ – ١ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ٣٣ – ٢ – ٤ – ١ – ١ و عبارت $\rho u = \rho a = \frac{Pa}{Rw\theta a}$ ، محاسبه می‌شود.

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

مطابق با فرض بالا

$$\rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_2 = \rho_{sg2} = \rho_4 = \rho_6 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + \left(\zeta_{2-4}\right)_4\right]$$

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + \left(\zeta_{2-4}\right)_4\right]$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

$$p_{sg1} = p_a$$

$$p_{esg1} = 0$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲– ۳ فشار فن

فشار فن P_{FB} و فشار استاتیک فن، P_{sFB} را می‌توان با فرمول های زیر به دست آورد:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{esg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر مانند بند ۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳، به دست می‌آید.

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ٤ محاسبه توان هوای فن

مطابق با بند ١٤ – ۹ – ۲ – ٦:

$$P_{uB} = q_{vsg1}\, p_{FB}$$

$$P_{usB} = q_{vsg1}\, p_{sFB}$$

۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ٥ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن از P_{uB} یا P_{usB} مانند بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ٥، محاسبه می‌شوند.

۳۳ – ۲ – ٥ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

تحت شرایط آزمایش عملکردهای فن به قرار زیر هستند:

- دبی حجمی جریان ورودی، q_{vsg1} .
- فشار فن، P_{FB} .
- فشار استاتیک فن، P_{sFB} .
- راندمان فن، η_B یا η_{srB}

۳۳ – ۳ مجرای آزمایش محفظه خروجی بدون دستگاه ضد چرخش

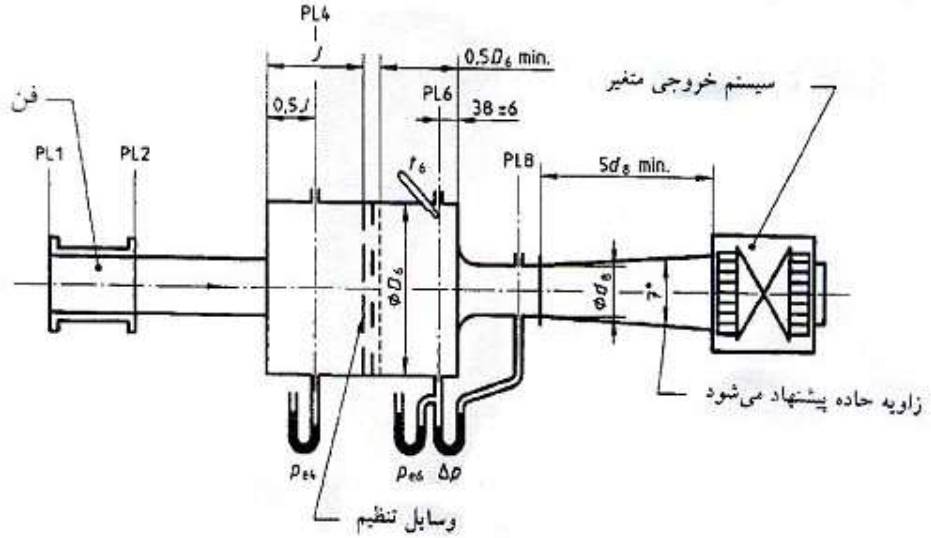
استفاده از آرایش‌های زیر تنها برای فن‌های بدون جریان چرخشی خروجی، سفارش می‌شود.

۳۳ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

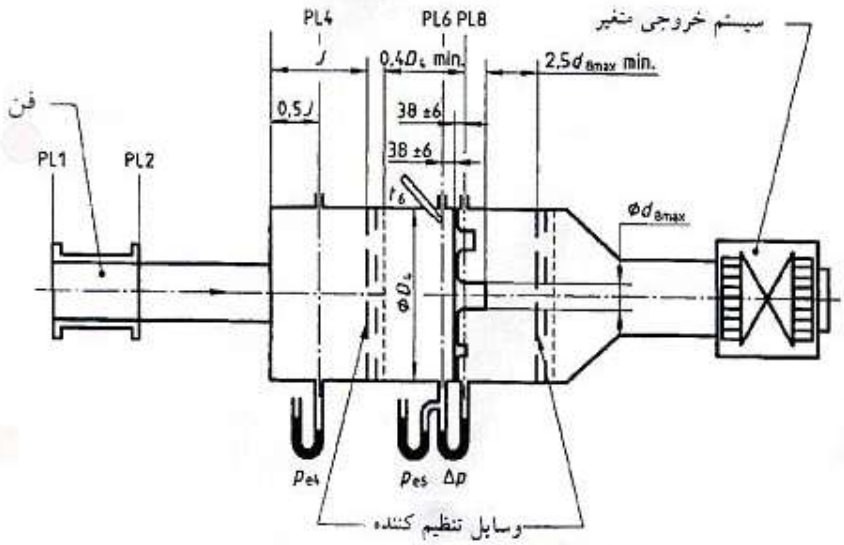
دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری در انتهای محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۳ – الف رجوع شود.
- نازل‌های چند گانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۳ – ب رجوع شود.

ابعاد بر حسب میلیمتر



الف – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری در انتهای محفظه



ب – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه در محفظه

یادآوری – بعد j بایستی برابر با حداقل قطر تخلیه معادل فن برای فن هایی با محور دورانی عمود بر جریان تخلیه و حداقل دو برابر تخلیه معادل فن برای فن هایی با محور دورانی با جریان تخلیه باشد.

شکل ۷۳ – نصب‌های آزمایش نوع دوم (بدون وسیله ضد چرخش)

۳۳ – ۳ – ۲ اندازه‌گیری‌هایی که بایستی در طی آزمایش انجام شود (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n؛
- توان ورودی P_a، P_o یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- فشار خروجی، P_{e4} .
- فشار بالا دست جریان در جریان سنج، P_{e6} .
- فشار تفاضلی، ΔP .
- دمای خروجی، t_6 .

موارد زیر را در محفظه آزمایش، اندازه‌گیری کنید.

- فشار اتمسفری، P_a، در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی، t_a، نزدیک ورودی فن .
- دمای حباب خشک و تر t_d و t_w .

چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را محاسبه کنید. (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۳ – ۳ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیر این روند وقتی که هم عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و هم نبست فشار بزرگتر از ۱/۰۲ باشد به کار می‌رود.

۳۳ - ۳ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳۳ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری در انتهای محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۳ – الف رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۳ – ب رجوع شود.

مجرای خروجی برای اندازه‌گیری فشار و دبی جریان با دستگاه کنترل دبی جریان یا یک فن کمکی با دستگاه کنترل دبی جریان همراه هستند.

درجه حرارت t_6، در محفظه را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

$$p_6 = p_{e6} + p_a$$

$$\Theta_6 = \Theta_{sg6} = t_6 + 273,15$$

$$\beta = \frac{d_8}{D_6} \approx 0$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_w \Theta_6}$$

دبی جرمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_m = \varepsilon \pi \sum_{j=1}^{n} \left(C_j \frac{d_{8j}}{4} \right) \sqrt{2 \rho_6 \Delta p}$$

که در آن:

ε = ضریب انبساط پذیری مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ٦ .

c_j = ضریب تخلیه نازل j ام که به عدد رینولدز گلوگاه نازل، Re_{d8j} بستگی دارد.

$$c_j = \alpha_j \text{ و } \beta = 0$$

$c_j = \alpha_j$، مطابق با بند ۲۳ – ٤ و جدول ٥ محاسبه می‌شود.

n = تعداد نازل‌ها و برای نازل در انتهای محفظه معادل یک در نظر گرفته می‌شود.

برای هر نازل، عدد رینولدز گلوگاه، Re_{d8} ، با عبارت زیر تخمین زده می‌شود:

$$Re_{d8j} = \frac{\varepsilon C_j d_{8j} \sqrt{2 \rho_6 \Delta p}}{17,1 + 0,048 t_6} 10^6$$

که در آن:

$c_j = 0.95$

استفاده از این آرایش‌ها تنها روی فن‌ها بدون جریان چرخشی، سفارش می‌شود.

پس از اولین تخمین دبی جرمی جریان ، ضریب تخلیه c_j ، تعیین و تصحیح می‌شود.

۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

با فرض آنکه:

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg6} = t_6 + 273{,}15 = \Theta_{sg1} + \frac{P_f \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

بخش ۲ – ٤ بخش مجرای خروجی در ورود به محفظه می‌باشد ($A_{2\text{-}4} = A_2$) اگر شبیه سازی مجرای خروجی در کار نباشد) عدد ماخ در مقطع ۲ – ٤، $Ma_{2\text{-}4}$ و نسبت $\frac{\theta_{sg4}}{\theta_{2-4}}$ مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ و شکل ۵ ، محاسبه می‌شود.

$$\Theta_{2.4} = \Theta_{sg4} \frac{\Theta_{2.4}}{\Theta_{sg4}}$$

$$\rho_{2.4} = \frac{p_4}{R_w \Theta_{2.4}}$$

$$F_{M2.4} = 1 + \frac{Ma_{2.4}^2}{4} + \frac{Ma_{2.4}^4}{40} + \frac{Ma_{2.4}^6}{1\,600}$$

(به بند ۱٤ – ۵ – ۱ و شکل ٤ رجوع شود) .

هیچ نوع افت مجازی برای مجرای آزمایش وجود ندارد، و فشار سکون در مقطع ۲ با عبارت زیر داده می‌شود:

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_{2.4}} \left(\frac{q_m}{A_{2.4}} \right)^2 F_{M2.4}$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_{2.4}}\left(\frac{q_m}{A_{2.4}}\right)^2 F_{M2.4}$$

فشار p_2 و درجه حرارت استاتیک θ_2 در مقطع ۲ مطابق با بند ۱٤ – ٥ – ۲ و Ma_2 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲ ، محاسبه می‌شود.

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

$$p_2 = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

در ورودی فن

$$\Theta_{sg1} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

$$p_{sg1} = p_a$$

و p_1 را می‌توان مطابق با بند ۱٤ – ٥ – ۲ و Ma_1 و θ_1 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲، محاسبه کرد.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FB} و فشار استاتیک فن، P_{sFB} را، می‌توان با عبارت های زیر به دست آورد.

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{sg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

$$p_m = \frac{p_2 + p_1}{2}$$

and

$$k_p = \frac{p_1}{p_m}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

۳۳ – ۳ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم و توان هوای فن

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ١، کار فن در واحد جرم، y_B و کار استاتیک فن در واحد جرم، y_{sB} به وسیله فرمول های زیر ارائه می‌شود:

$$y_B = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_2\rho_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$= \frac{p_{e2} - p_{e1}}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$y_{sB} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$= \frac{p_{e2} - p_{e1}}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

توان هوای فن، P_{uB} و توان استاتیک فن، P_{usB} با فرمول های زیر داده می‌شوند:

$$P_{uB} = q_m y_B$$

$$P_{usB} = q_m y_{sB}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضریب تراکم پذیر:

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ٢ :

$$P_{uB} = q_{vsg1}\, p_{FB}\, k_p$$

$$P_{usB} = q_{vsg1}\, p_{sFB}\, k_{ps}$$

ضرایب تراکم پذیر ، k_p و k_{ps} را می‌توان توسط دو روش معادل، محاسبه کرد.

(به بندهای ١٤ – ٨ – ٢ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢ – ٢ رجوع شود) .

الف – روش اول :

$$k_{ps\ or}\ k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k(r-1)\right]}$$

که در آن:

$$r = 1 + \frac{p_{FB}}{p_{sg1}}$$

برای k_p یا

$$r = 1 + \frac{p_{sFB}}{p_{sg1}}$$

برای توان هوای استاتیک و

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{FB}}$$

برای توان هوای فن

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{sFB}}$$

برای توان هوای استاتیک فن

ب – روش دوم :

$$k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{p_{FB}}{p_{sg1}}$$

یا

$$x = \frac{p_{sFB}}{p_{sg1}}$$

و

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{sg1}}$$

۳۳ – ۳ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ ، راندمان‌ها با عبارت زیر داده می‌شوند:

– راندمان فن:

$$\eta_{rB} = \frac{P_{uB}}{P_r}$$

– راندمان استاتیکه فن:

$$\eta_{srB} = \frac{P_{usB}}{P_r}$$

– راندمان محور فن:

$$\eta_{aB} = \frac{P_{uB}}{P_a}$$

– راندمان محور استاتیک فن:

$$\eta_{saB} = \frac{P_{usB}}{P_a}$$

۳۳ – ۳ – ٤ عملیات ساده شده

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ در مقطع مجرای آزمایش دماهای استاتیک و سکون معادل، در نظر گرفته می‌شوند.

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با روش‌های شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۱، به دست می‌آید.

$$\Theta_u = \Theta_{sgu} = t_6 + 273{,}15 = \Theta_6 = \Theta_{sg6}$$

$$p_u = p_{e6} + p_a$$

$$\rho_6 = \frac{p_6}{R_w \Theta_6} = \frac{p_6}{R_w \Theta_{sg6}}$$

c و α برای تاثیر عدد رینولدز تصحیح می‌شوند.

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

مطابق با بندهای ١٤ – ۹ – ۱، ١٤ – ۹ – ۱ – ۳ و ۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ :

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$p_{sg2} = p_4 + \rho_4 \frac{v_{m24}^2}{2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_{24}}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \rho_4 \frac{v_{m24}^2}{2}$$

که در آن:

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4} = \frac{p_4}{R_w \Theta_{sg4}}$$

P_2 را می‌توان به وسیله روش زیر محاسبه کرد (به بند ۱٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود) :

$$(p_2)_1 = p_{sg2} - \rho_4 \frac{v_{m24}^2}{2}\left(\frac{A_{24}}{A_2}\right)^2$$

$$(\rho_2)_1 = \frac{(p_2)_1}{R_w \Theta_{sg2}}$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{A_2^2 \rho_2}$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{A_2^2 \rho_2}$$

دو یا سه تکرار کافی هستند، P_2 را می‌توان با فرمول های زیر نیز به دست آورد:

$$p_2 = \frac{1}{2}\left[p_{sg2} + \sqrt{p_{sg2}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 R_w \Theta_{sg2}}\right]$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_{sg2}}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

در ورودی فن:

$$P_{sg1} = P_a$$

$$P_{esg} = 0$$

فشار، P_1 و چگالی، ρ_1 را می‌توان به وسیله یکی از دو روش توسعه یافته برای محاسبه P_2 ، تعیین کرد.

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن P_{FB} و فشار استاتیک فن P_{sFB} توسط عبارت زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{esg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با عبارت زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ٤ محاسبه توان هوای فن

توان‌های هوای فن، مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ یا ١٤ – ٩ – ١ – ٦ و ٣٣ – ٣ – ٣ – ٤ ، به دست می‌آیند.

۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ٥ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣ و ٣٣ – ٣ – ٣ – ٥ ، محاسبه می‌شوند.

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{2reF} کمتر از ۰/۱۵ و نبست فشار کمتر از ۱/۰۲ (به بند ١٤ – ٩ – ٢ رجوع شود) .

جریان هوا در فن و مجرای آزمایش رامی‌توان تراکم پذیر در نظر گرفت.

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_4 = \Theta_{sg4} = \Theta_6 = \Theta_{sg6} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_4 = \rho_6 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ ، محاسبه می‌شود.

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

مطابق با فرضیات بالا:

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 = p_4$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 = p_{e4}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

$$p_{sg1} = p_a$$

$$p_{esg1} = 0$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = -\frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن P_{FB} و فشار استاتیک فن P_{sFB} را می‌توان با فرمول های زیر محاسبه کرد:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{esg2}$$

$$p_{sFB} = p_2 - p_{sg1} = p_2 - p_a = p_{e2}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر مانند بند ۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳، ارائه می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_a}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ٤ محاسبه توان هوای فن

مطابق با بند ١٤ – ۹ – ۲ – ٦:

$$P_{uB} = q_{vsg1}\, P_{FB}$$

$$P_{usB} = q_{vsg1}\, P_{sFB}$$

۳۳ – ۳ – ٤ – ۲ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن از P_{uB} یا P_{uFB} مانند بند ۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۵ ، محاسبه می‌شوند.

۳۳ – ۳ – ۵ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

تحت شرایط آزمایش عملکرد فن به قرار زیر می‌باشد:

- جریان حجمی ورودی، q_{vsg1} .
- فشار فن، P_{FB}.
- فشار استاتیک فن، P_{sFB} .
- راندمان فن، η_{rB} یا η_{srB}.

۳٤ روش‌های آزمایش استاندارد به وسیله مجراهای آزمایش لبه ورودی یا محفظه‌ها – نصب‌های نوع سوم

۳٤ – ۱ انواع آرایش فن

دو نوع آرایش عمومی فن به قرار زیر هستند:

الف – مجرای ورودی که در آن فشار ورودی در مجرای آزمایش، اندازه‌گیری می‌شود.

ب – محفظه ورودی با شبیه‌سازی مجرای ورودی در انتهای محفظه.

فشار ورودی در محفظه اندازه‌گیری می‌شود.

۹ روش کنترل و اندازه‌گیری دبی جریان در مجرای آزمایش نشان داده شده‌است. روش اندازه‌گیری دبی جریان در هر مورد همراه با بندها و شکل‌هایی که روند اندازه‌گیری دبی جریان را شرح می دهد، مشخص می‌گردد.

یک روند عمومی شامل اندازه‌گیری به عمل آورده و مقادیر مورد محاسبه که امکان تعیین عملکرد فن‌ها در نصب‌های نوع سوم با ۹ روش برای محاسبه روی جریان میسّر می‌سازد.

در بندهای ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ تا ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ و نیز ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ تا ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ٤ ، داده شده‌اند.

این روند برای فن‌هایی مطابق با این استاندارد معتبر می‌باشد.

امّا دو روش ساده شده زیر را نیز می‌توان اجرا کرد وقتی که:

- عدد ماخ مبنا کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد.
- عدد ماخ مبنا کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ باشد.

در این شرایط روندهای ارائه شده در بندهای ۳٤ – ۲ – ٤ و ۳٤ – ۳ – ٤ را ، می‌توان به کار برد.

۳٤ – ۲ مجراهای آزمایش با لبه ورودی

۳٤ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان به وسیله موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری ورودی ISO، به شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- نازل ورودی مربعی، به شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- ورودی مخروطی، به شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل ۷٤ – ب رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل ۷٤ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری، به شکل ۷٤ – ت رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در $D/2,D$ به شکل ۷٤ – ث رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل ۷٤ – ث رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل ۷٤ – ج رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل ۷٤ – چ رجوع شود.

۳٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی P_a، P_O یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ۳ رجوع شود) و توان ورودی P_{ex} در یک فن کمکی .
- فشار تفاضلی جریان سنج، ΔP .
- فشار جریان بالادست جریان سنج، P_{e7} یا P_{e3} .

- فشار استاتیک ورودی، P_{e3} .

موارد زیر را در محفظه آزمایش، اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی، t_a، نزدیک ورودی مجرای فن .
- دمای حباب خشک و تر t_d و t_w .

چگالی هوای محیطی،P_a و ثابت گازی هوای مرطوب، R_w را محاسبه کنید(به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳٤- ۲ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیر

وقتی که عدد ماخ مبنا Ma_{2reF} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد، این روند به کار می‌رود (به بند ۱٤ – ٤ – ۲ رجوع شود) .

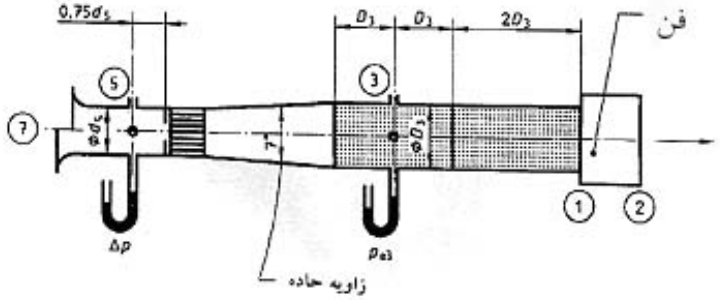
۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

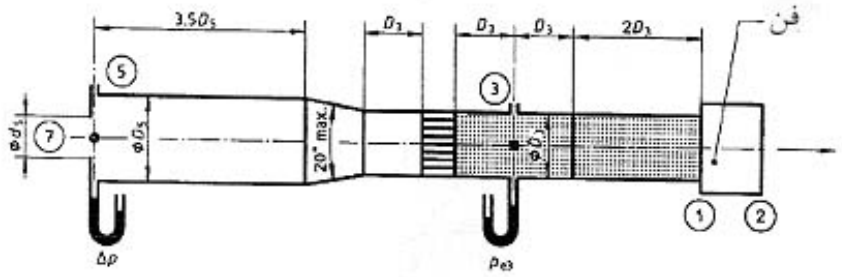
- نازل ونتوری ورودی *ISO*، به بند ۲٤ و شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- نازل ورودی مربعی، به بند ۲٤ و شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- ورودی مخروطی، به بند ۲۵ و شکل ۷٤ – الف رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ۲٦ – ۱۰ و شکل‌های ۷٤ – ب و ۷٤ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری، به بند ۲٦ – ۱۱ و شکل ۷٤ – پ و۷٤ – ت رجوع شود.

دبی جریان به کمک یک بارگذاری صفحه‌ای قابل تنظیم (به شکل ٧٤ – الف و بند۲۵ – ۲ رجوع شود)، یا به وسیله صفحه ورودی (به شکل‌های ٧٤ – ب و ٧٤ – ت رجوع شود) یا به وسیله یک فن کمکی با یک دستگاه کنترل قابل کنترل می‌باشد (به شکل ٧٤ – پ رجوع شود) .

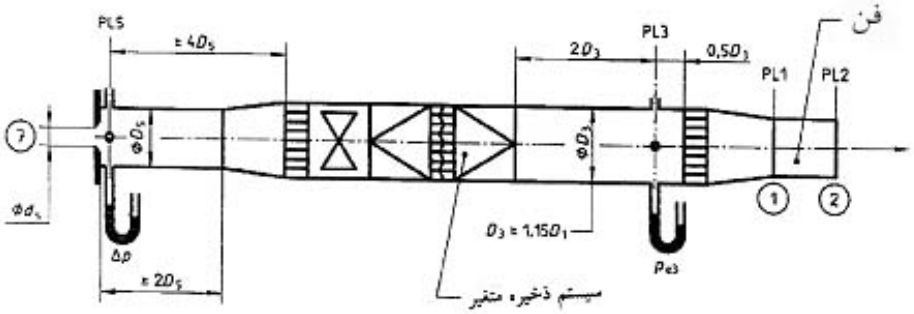
ابعاد بر حسب میلیمتر



الف – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ورودی، نازل ورودی مربعی، ورودی مخروطی



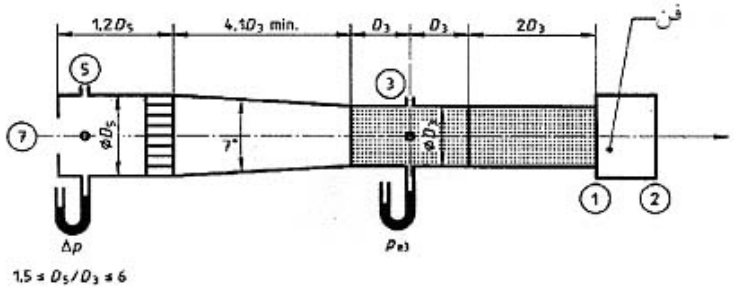
ب – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای



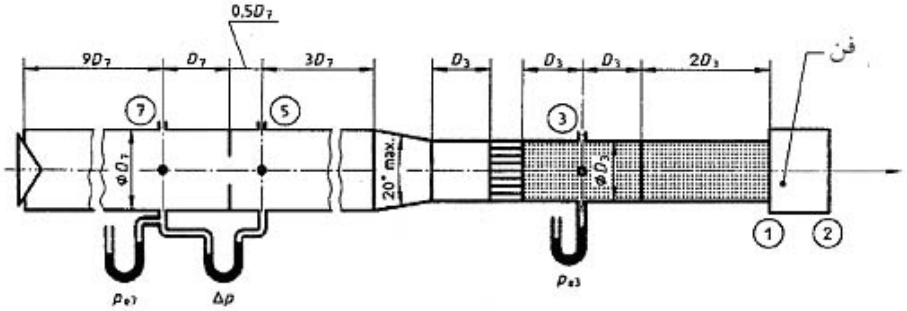
پ – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس ورودی با اتصالات دیواری سیستم تغذیه متغیر

شکل ۷٤ – نصب‌های آزمایش نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش)

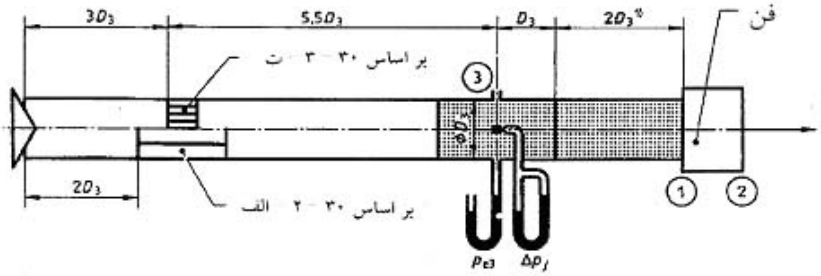
ابعاد بر حسب میلیمتر



ت – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس ورودی با اتصالات دیواری



ث – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از اریفیس درون مجرایی با اتصالات در **D/2 D** یا اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای

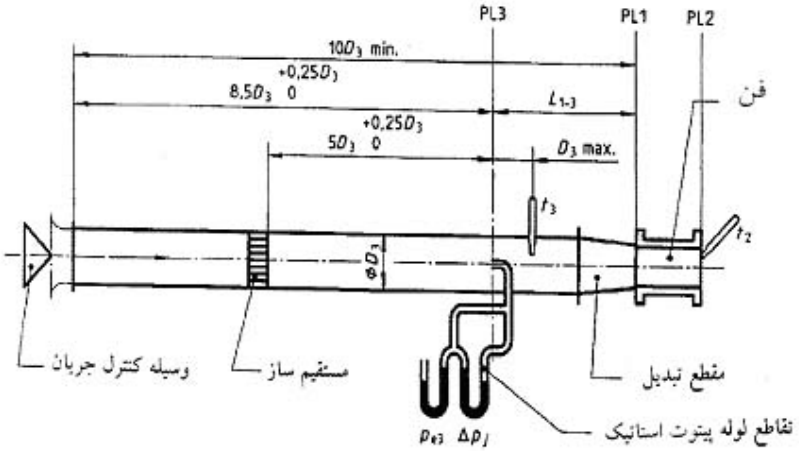


۱ – مقطع مسیر هوایی استوانه‌ای به طول **2D_3** را می‌توان با یک مقطع تبدیل بر اساس بند ۳۰ تعویض کرد وقتی که لازم باشد یک تغییر در سطح یا شکل ایجاد شود.

ج – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک

شکل ۷٤ – نصب‌های آزمایش نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش)

ابعاد بر حسب میلیمتر



چ – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک

شکل ٧٤ – نصب‌های آزمایش نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش)

با فرض اینکه

$$p_{e7} = 0$$

$$p_7 = p_a$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} = t_a + 273,15$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_W \Theta_7}$$

دبی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

که در آن α، ضریب دبی جریان تابعی از عدد رینولدز، Re_{d5} است که با فرمول زیر تخمین زده می‌شود. و در آن مقدار α ، مقدار متوسطی است.

$$Re_{d5} = \frac{\alpha \varepsilon d_5 \sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{17,1 + 0,048 t_a} \times 10^6$$

ε، ضریب انبساط پذیری می‌باشد.

α، ε یا ضریب مرکب، $\alpha\ \varepsilon$ مطابق با بندهای ۲۲ – ۳ – ۲، ۲۲ – ۳ – ۳، ۲٤ – ٤، ۲۵ – ٤، ۲٦ – ۱۰ – الف، ۲٦ – ۱۰ – ب و ۲٦ – ۱۱ و شکل‌های ۱۸ و ۲۲ و ۲۷ و ۲۸ و ۲٦ ، پس از تخمین Re_{d5} تعیین می‌شوند.

۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جرمی جریان با استفاده از یک اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$ یا اتصالات گوشه‌ای تعیین می‌شوند (به بندهای ۲۷ – ۷ و ۲٦ – ۸ و شکل ۷٤ – ث رجوع شود).

با فرض اینکه:

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\Theta_{sg7} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} - \frac{v_{m7}^2}{2c_p} = \Theta_{sg7} - \frac{1}{2c_p}\left(\frac{q_m}{A_7\rho_7}\right)^2$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_W\Theta_7}$$

دبی جرمی جریان به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$q_m = \alpha\varepsilon\pi\frac{d_5^2}{4}\sqrt{2\rho_7\Delta p}$$

که در آن، ε ضریب انبساط پذیری ، تابعی از نسبت $\Delta P/P7$ و عدد رینولدز، Re_{D7} می‌باشد.

$$Re_{D7} = \frac{\alpha\varepsilon\beta d_5\sqrt{2\rho_7\Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048t_7}\times 10^6$$

α، ضریب دبی جریان است که با $\beta = \frac{d_5}{D_7}$ تغییر می‌کند.

θ_7، ρ_7 و q_m مجهول هستند و q_m با عملیات تکراری که در آن $\theta_7 = \theta_{sg7}$ برای اولین تقریب در نظر گرفته می‌شود، تعیین می‌گردد.

دو یا سه تکرار برای دقت محاسبه $۱۰^{-۳}$ کافی است.

۳۴ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جرمی جریان با استفاده از یک تقاطع لوله پیتوت استاتیک اندازه‌گیری می‌شود (به بند ۲۷ و شکل‌های ۷٤ – ج و ۷٤ – چ رجوع شود).

با فرض اینکه:

$$P_3 = P_{e3} + P_a$$

وقتی که فشار P_{e3}، به وسیله لوله پیتوت استاتیک محاسبه می‌شود.

$$p_{e3} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} p_{e3j}$$

$$\Theta_{sg3} = t_a + 273{,}15$$

$$\Delta p_m = \left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \Delta p_j^{0{,}5}\right)^2$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3}\left(\frac{p_3}{p_3 + \Delta p_m}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

موقعیت نقاط محاسبه J در بند ۲۷ – ٤ و شکل ۳۰ داده شده‌است.

دبی جرمی جریان ، q_m با فرمول زیر داده می‌شود (به بند ۲۷ – ۵ رجوع شود) .

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{D_3^2}{4}\sqrt{2 p_3 \Delta p_m}$$

که در آن ε، ضریب انبساط پذیری می‌باشد (به بند ۲۷ – ۵ رجوع شود) .

α، ضریب تصحیح یا ضریب جریان است (به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود) و به عدد رینولدز Re_{D3}، بستگی دارد.

$$Re_{D3} = \frac{4\, q_m}{\pi D_3 (17{,}1 + 0{,}048\, t_3)} \times 10^6$$

α، بین ۰/۹۹۰+۰/۰۰۲ برای $Re_{D3} = ۳ \times ۱۰^{۶}$ و نیز بین ۰/۰۰٤ – ۰/۹۹۰ برای $Re_{D3} = ۳ \times ۱۰^{٤}$ تغییر می‌کند.

در اولین تقریب q_m، ۰/۹۹۰ = α به دست می‌آید و برای مقدار Re_{D3} تصحیح می‌شود.

(به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود) .

٣٤ – ٢ – ٣ – ٢ محاسبه فشار فن

٣٤ – ٢ – ٣ – ٢ – ١ فشار ورودی فن

دو حالت زیر را بایستی در نظر گرفت:

- هیچ نوع فن کمکی بین سطوح ٥ و ٣ وجود دارد.
- یک فن کمکی بین سطوح ٥ و ٣ وجود دارد.

الف – هیچ نوع فن کمکی بین سطوح ٥ و ٣ وجود ندارد.

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_{sg3} = \Theta_{sg5} = \Theta_{sg7} = \Theta_a = \Theta_{sg1} = t_a + 273{,}15$$

عدد ماخ Ma_3 و نسبت $\frac{\theta_3}{\theta_{sg3}}$ مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١ ، محاسبه می‌شوند.

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3}\,\frac{\Theta_3}{\Theta_{sg3}}$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_W \Theta_3}$$

فشار سکون ورودی، P_{sg1} به وسیله فرمول زیر به دست می‌آید (به بند ١٤ – ٦ – ١ رجوع شود) .

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2}\rho_3 v_{m3}^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$= p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن:

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$، ضریب قراردادی است که مطابق با بندهای ٣٠ – ٦ – ٤، ٣٠ – ٦ – ٥ و ٣٠ – ٦ – ٦ ، محاسبه می‌شود.

F_{M3}، ضریب ماخ است که مطابق با بند ۱٤ – ٥ – ۱، محاسبه می‌شود.

P_{e3}، همیشه منفی است.

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]$$

ب – یکی فن کمکی بین سطوح ٥ و ۳ وجود دارد (به شکل ۷٤ – پ رجوع شود).

در این حالت، $0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ به وسیله آزمایش اندازه‌گیری می‌شود و تحت تعریف این استاندارد قرار نمی‌گیرد.

توان پرّه فن کمکی، P_{ry} یا توان ورودی موتور فن کمکی P_{ex} (در حالت یک موتور غوطه‌ور) را می‌توان به صورت زیر حساب کرد:

$$\Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p} = \Theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p} = \Theta_{sg1}$$

در حالت دیگر دمای t_3 را بایستی اندازه‌گیری کرد و مقدار $t_{3t}.273.15$ را دمای سکون فرض می‌کنیم.

درجه حرارت استاتیک، θ_3 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ محاسبه گردیده وفشار سکون P_{sg1} به همین طریق مانند مورد الف، محاسبه می‌شود.

فشار P_1 پس از محاسبه عدد ماخ، Ma_1 و نسبت $\frac{\theta_1}{\theta_{sg1}}$ مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲ ، تعیین می‌گردد.

چگالی ρ_1 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ٤ محاسبه می‌شود و فشار استاتیک P_1 با فرمول زیر داده می‌شود: (به بند ۱٤ – ٥ – ۲ رجوع شود) .

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2}\rho_1 v_{m1}^2 F_{M1} = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2}\rho_1 v_{m1}^2 F_{M1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

فشار استاتیک در خروجی فن، P_2 معادل با فشار اتمسفری، P_a است.

$$P_2 = P_a$$

دمای سکون در خروجی فن θ_{sg2} با فرمول زیر بیان می‌گردد:

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg3} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

عدد ماخ، Ma_2 و نسبت $\frac{\theta_2}{\theta_{sg2}}$ مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ ، محاسبه می‌شوند.

$$\Theta_2 = \Theta_{sg2}\frac{\Theta_2}{\Theta_{sg2}}$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w\Theta_2} = \frac{p_e}{R_w\Theta_2}$$

و P_{sg2} با فرمول زیر به دست می‌آید (به بند ۱٤ – ۵ – ۱ رجوع شود).

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن P_{FC} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - \left\{p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

$$= \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - \left\{p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

فشار استاتیک فن، P_{SFC} با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - \left\{ p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

$$= -\left\{ p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۴ – ۲ – ۳ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان در شرایط ورودی سکون با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{v sg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}} = \frac{q_m}{\left(\frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}\right)}$$

۳۴ – ۲ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

۳۴ – ۲ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم و توان هوای فن

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱ ، کار فن در واحد جرم، y_c و کار استاتیک فن در واحد جرم، y_s با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

توان فن، P_{uc} و توان استاتیک فن P_{usc} با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$P_{uC} = y_C\, q_m$$

$$P_{usC} = y_{sC}\, q_m$$

۳٤ – ۲ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضرائب تراکم پذیری مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۲ :

$$P_{uC} = q_{vsg1}\, p_{FC}\, k_p$$

$$P_{usC} = q_{vsg1}\, p_{sFC}\, k_{ps}$$

ضرایب تراکم پذیری k_p و k_{ps} را می‌توان با دو روش معادل تعیین کرد (به بندهای ۱٤– ۸ – ۲ – ۱ و ۱٤ – ۸ – ۲ – ۲ رجوع شود) .

الف – روش اول:

$$k_{ps\ or}\ k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k (r-1)\right]}$$

که در آن:

$$r = 1 + \frac{p_{FC}}{p_{sg1}}$$

برای k_p یا

$$r = 1 + \frac{p_{sFC}}{p_{sg1}}$$

برای k_p و

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1}\, p_{FC}}$$

برای k_p یا

$$Z_K = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1}\, p_{sFC}}$$

برای k_{ps}

ب – روش دوم :

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{p_{FC}}{p_{sg1}} \text{ for } k_p$$

یا

$$x = \frac{p_{sFC}}{p_{sg1}} \text{ for } k_{ps}$$

و

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{Vsg1} p_{sg1}}$$

۳٤ – ۲ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۱ و ۱٤ – ۸ – ۲ راندمان‌ها را می‌توان با فرمول های زیر محاسبه کرد:

– راندمان فن:

$$\eta_{rC} = \frac{P_{uC}}{P_r}$$

– راندمان استاتیک فن:

$$\eta_{srC} = \frac{P_{usC}}{P_r}$$

– راندمان محور فن:

$$\eta_{aC} = \frac{P_{uC}}{P_a}$$

– راندمان محور استاتیک فن:

$$\eta_{saC} = \frac{P_{usC}}{P_a}$$

۳٤ – ۲ – ٤ عملیات ساده شده

۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲.

در مقطعی از مجرای آزمایش ورودی، دماهای استاتیک و سکون را یکسان در نظر می‌گیریم.

$$\Theta_x = \Theta_{sgx} = t_x + 273,15$$

ضرائب ماخ، F_{M1} و F_{M2} معادل یک می‌باشند.

۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

برای آرایش‌های متناظر، روندهای شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ ، دنبال می‌شوند.

برای روندهای شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲، تکرار عملیات در تعیین θ_7 لازم نیست. زیرا:

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} = t_7 + 273,15 = t_a + 273,15$$

t_7 را در مجرای آزمایش اندازه می‌گیریم.

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7} = \frac{p_7}{R_w \Theta_{sg7}}$$

به همین ترتیب برای بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳.

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_3 + 273,15\ t_a + 273,15$$

امّا در هر حالت تصحیح α بایستی به عنوان تابعی از عدد رینولدز، اعمال شود.

۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

با فرض آنکه:

بدون فن کمکی

$$\Theta_7 = \Theta_3 = \Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

با فن کمکی

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_1 = \Theta_{sg1} = t_3 + 273{,}15$$

و $(\zeta_{3\text{-}1})_3$ به وسیله آزمایش تعیین می‌شود.

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_W \Theta_3}$$

مطابق با بند ۱٤ – ۹ – ۱

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2}\rho_3 v_{m3}^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$
$$= p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

یا

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن P_{e3} و $(\zeta_{3\text{-}1})_3$ منفی هستند (به بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ – قسمت ب رجوع شود).

فشار P_1 را می‌توان به وسیله فرمول های زیر تعیین کرد:

$$p_1 = p_{sg1} - \rho_1 \frac{v_{m1}^2}{2} = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R_W \Theta_1} = \frac{p_1}{R_W \Theta_{sg1}}$$

مقدار اولیه $(\rho_1)_1$ با $(\rho_1)_1 = \rho_{sg1}$ به دست می‌آید.

$$(\rho_1)_1 = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_1}$$

$$(p_1)_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2(\rho_1)_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = p_1 - p_a$$

دو یا سه تکرار برای دقت اندازه‌گیری $^{-3}$ ۱۰ روی P_{e1} کافی هستند.

فشار P_1 را می‌توان با فرمول های زیر نیز محاسبه کرد:

$$p_1 = \frac{1}{2}\left[p_{sg1} + \sqrt{p_{sg1}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_w \Theta_{sg1}}\right]$$

$$p_{e1} = p_1 - p_a$$

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R_w \Theta_1}$$

۲ – ۲ – ۱ – ٤ – ۲ – ۳٤ فشار خروجی فن

در خروجی فن $P_2 = P_a$ و فشار سکون، P_{sg2} را می‌توان به وسیله فرمول های زیر به دست آورد:

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2}\rho_2 v_{m2}^2 = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$= p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

$$\Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

۳۴ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FC} و فشار استاتیک فن P_{SFC} به وسیله فرمول های زیر داده می‌شوند:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left\{p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\left[1+(\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

$$= \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left\{p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\left[1+(\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۴ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان در شرایط سکون ورودی با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۴ – ۳ – ٤ – ۱ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۱، ۱٤ – ۸ – ۲ و هم چنین ۳٤ – ۲ – ۳ – ٤ ، تعیین می‌شود.

۳۴ – ۲ – ٤ – ۱ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

راندمان‌های فن مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۵ ، تعیین می‌شوند.

۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_3 = \Theta_{sg3}$$

دما در مجرای آزمایش را می‌توان اندازه‌گیری کرد و

$$F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = 1$$

$$k_p = 1$$

جریان درون فن و مجرای آزمایش را می‌توان تراکم پذیری در نظر گرفت، به جز زمانی که با یک فن کمکی سر و کار داریم.

۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ با $\rho_u = \rho_a$ محاسبه می‌شود.

۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

با فرض اینکه:

بدون یک فن کمکی

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_a + 273{,}15$$

$$\Theta_3 = t_a + 273{,}15$$

وقتی که یک فن کمکی بین سطوح ۷ و ۳ قرار دارد، درجه حرارت t_3 در مجرای آزمایش را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_3 + 273{,}15$$

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

مطابق با بند ١٤ – ٩ :

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2}\rho_3 v_{m3}^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$= p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن:

$$p_{e3} \text{ and } (\zeta_{3-1})_3 \leqslant 0$$

به بند ٣٤-٢٣-٢-١-ب رجوع شود.

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3} = \frac{p_3}{R_w \Theta_{sg3}}$$

فشار P_1 با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left(\frac{A_3}{A_1}\right)^2 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

٣٤ – ٢ – ٤ – ٢ – ٢ – ٢ فشار خروجی فن

در خروجی فن:

$$p_2 = p_a$$

$$p_{e2} = 0$$

و فشار سکون P_{sg2} با فرمول زیر بیان می‌گردد:

$$p_{sg2} = p_a + \frac{1}{2}\rho_3 v_{m2}^2 = p_a + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۴ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن P_{FC} و فشار استاتیک فن، P_{SFC} با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left\{p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\left[1+(\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

$$= \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - \left\{p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\left[1+(\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

$$= -\left\{p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2\left[1+(\zeta_{3-1})_3\right]\right\}$$

۳۴ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان در شرایط سکون ورودی با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۴ – ۲ – ٤ – ۲ – ٤ محاسبه توان هوای فن

مطابق با بند ۱٤ – ۹ – ۲ – ۵ :

$$P_{uC} = q_{vsg1}\, p_{FC}$$

$$P_{usC} = q_{vsg1}\, p_{sFC}$$

۳۴– ۲– ٤– ۲– ۵ محاسبه راندمان های فن

راندمان‌ها مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۱ و ۳٤ – ۲ – ۳ – ۵ ، محاسبه می‌شوند.

٣٤ – ٢ – ٥ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

عملکرد فن تحت شرایط آزمایش به قرار زیر می‌باشد:

- فشار فن، P_{Fc} .
- فشار استاتیک فن، P_{Sfc} .
- دبی حجمی جریان ورودی، q_{vsg1} .
- راندمان فن، η_{rc} .
- راندمان استاتیک فن، η_{src} .

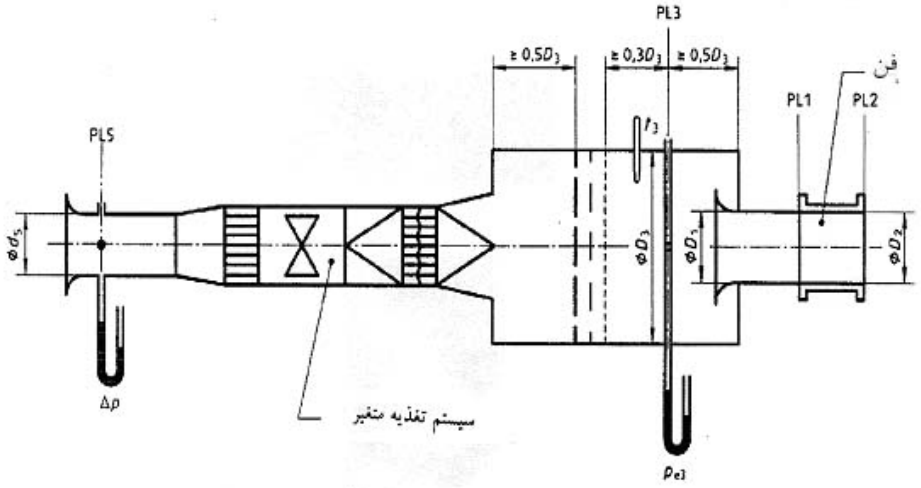
۳٤ – ۳ محفظه‌های آزمایش با لبه ورودی

۳٤ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

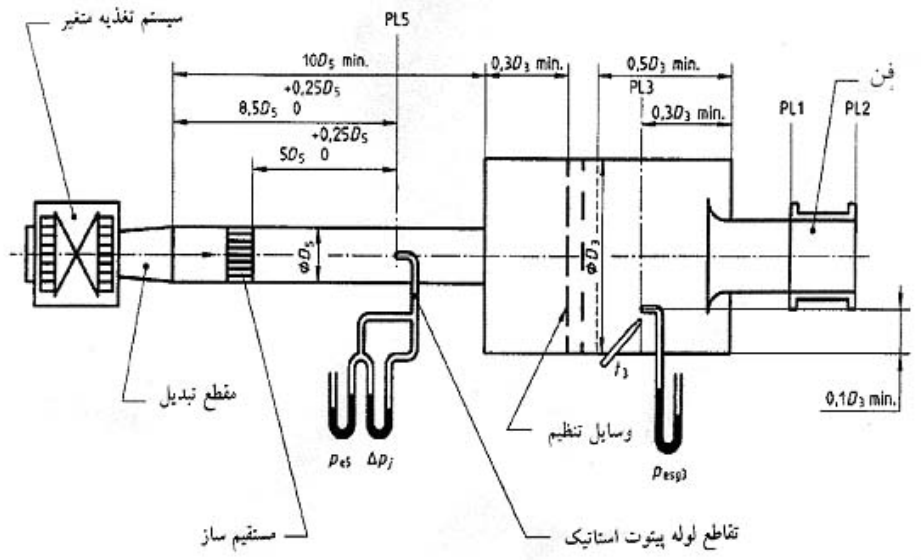
دبی جرمی جریان با مشخصات زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ورودی مربعی (به بند ۲٤ و شکل ۷۵ – الف رجوع شود) .
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک (به بند ۲۷ و شکل ۷۵ – ب رجوع شود) .
- نازل ونتوری درون مجرایی در بالا دست جریان محفظه(به بند ۲۳ و شکل ۷۵ – پ رجوع شود).
- نازل‌های چندگانه در محفظه،(به بند ۲۳ و شکل ۷۵ – ت رجوع شود).

ابعاد بر حسب میلیمتر

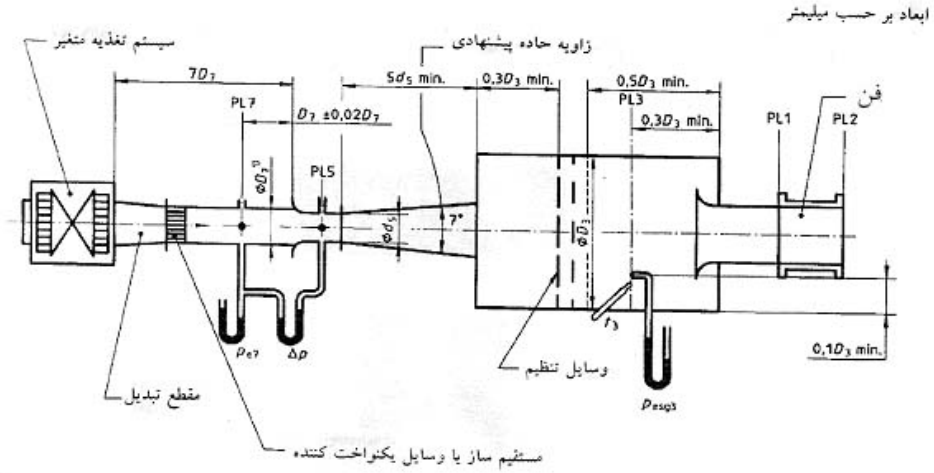


الف – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ورودی مربعی



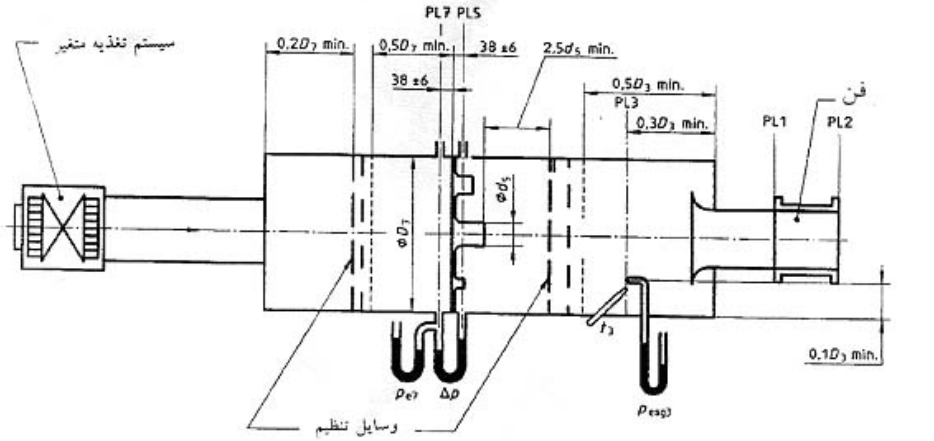
ب – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک

شکل ۷۵ – نصب‌های آزمایش نوع سوم (لبه ورودی محفظه آزمایش)



1) $D_7 = 1,9d_5$ min.

پ – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل ونتوری درون مجرایی



ت – اندازه‌گیری دبی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه در محفظه

شکل ۷۵ – نصب‌های آزمایش نوع سوم (لبه ورودی محفظه آزمایش)

۳٤ – ۳ – ۲ اندازه‌گیری‌های انجام شده در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی، P_o, P_a یا P_e و توان پره تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) و توان ورودی P_{ex} یک فن کمکی .
- فشار تفاضلی جریان سنج، ΔP.

- فشار در بالادست جریان سنج، P_{e7} یا P_{e5} .
- فشار استاتیک یا سکون محفظه P_{e3} یا P_{esg3} .
- درجه حرارت محفظه، t_3 .

موازد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن.
- دمای محیطی، t_a و نزدیک ورودی فن .
- دمای حبات خشک و تر، t_a و t_w .
- چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را محاسبه کنید. (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳٤ – ۳ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال تراکم پذیری

این روند را هنگامی که عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار فن بیشتر از ۱/۰۲ باشد می‌توان به کار برد.

۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ورودی مربعی (به بند ۲٤ و شکل ۷۵ – الف رجوع شود) ، محاسبه می‌گردد. دبی جرمی جریان با یک بارگذاری صفحه قابل تنظیم همراه با یک فن کمکی، کنترل می‌شود.

با فرض آنکه:

$$p_{e7} = 0$$

$$p_7 = p_a$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} = t_a + 273{,}15$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_w \Theta_7}$$

دبی جرمی جریان با فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4} \sqrt{2 \rho_7 \Delta p}$$

که در آن، α ضریب جریان، تابعی از عدد رینولدز، Re_{d5} است که با فرمول زیر تخمین زده می‌شود.

و در آن مقدار α مقدار متوسطی معادل یک می‌باشد.

$$Re_{d5} = \frac{\alpha \varepsilon d_5 \sqrt{2 \rho_7 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_7} \times 10^6$$

ε ، ضریب انبساط پذیری است.

α و ε مطابق با بند ٢٤ – ٤ از مقدار Re_{d5} و ΔP به دست می‌آیند.

٣٤ – ٣ – ٣ – ١ – ٢ دبی جرمی جریان با استفاده از یک تقاطع لوله پیتوت استاتیک به دست می‌آید (به بند ٢٧ و شکل ٧٥ – ب رجوع شود).

با فرض آنکه:

$$p_{e5} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} p_{e5j}$$

$$p_5 = p_{e5} + p_a$$

$$\Theta_{sg5} = t_3 + 273{,}15 = \Theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

$$\Delta p_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \Delta p_j^{0.5} \right)^2$$

$$\Theta_5 = \Theta_{sg5} \left(\frac{p_5}{p_5 + \Delta p_m} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$$

$$\rho_5 = \frac{p_5}{R_w \Theta_5}$$

موقعیت نقاط از اندازه‌گیری j، در بند ۲۷ – ٤ و شکل ۳۰ داده شده‌است.

دبی جرمی جریان با فرمول های زیر به دست می‌آید (به بند ۲۷ – ۵ رجوع شود).

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{D_5^2}{4} \sqrt{2 \rho_5 \Delta p_m}$$

که در آن:

ε، ضریب انبساط پذیری مطابق با بند ۲۷ – ۵ است.

α، ضریب تصحیح یا ضریب جریان می‌باشد (به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود) و به عدد رینولدز Re_{D5}، بستگی دارد.

$$Re_{D5} = \frac{4 q_m}{\pi D_5 (17{,}1 + 0{,}048\, t_5)} \times 10^6$$

α بین ۰/۰۰۲ + ۰/۹۹۰ برای $Re_{D5} = 3 \times 10^6$ و نیز بین ۰/۰۰٤ – ۰/۹۹۰ برای $Re_{D5} = 3 \times 10^5$ ، تغییر می‌کند.

در تقریب اولیه q_m با α = ۰/۹۹۰ به دست می‌آید و برای مقدار Re_{D5} تصحیحی می‌گردد (به بند ۲۷ – ٦ رجوع شود).

۳ – ۱ – ۳ – ۳ – ۳٤ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ونتوری درون مجرایی محاسبه می‌گردد (به بند ۲۳ و شکل ۷۵ – پ رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\Theta_{sg7} = t_3 + 273{,}15 = \Theta_a + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p}$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7} - \frac{1}{2c_p}\left[\frac{q_m}{A_7 \rho_7}\right]^2$$

دبی جرمی جریان q_m با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_m = \alpha \varepsilon \pi \frac{d_5^2}{4}\sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$
$$= C\varepsilon\pi \frac{d_5^2}{4}\frac{\sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$$

که در آن:

ε = ضریب انبساط پذیری که مطابق با بند ۲۲ – ٤ – ۳ و جدول ٦ ، محاسبه می‌شود.

α = دبی جریان نازل که معادل است با:

$$\frac{C}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$$

c = ضریب تخلیه نازل که تابعی از عدد رینولدز گلوگاه Re_{d5} می‌باشد (به بند ۲۳ – ٤ – ۲ و جدول ۵ رجوع شود) .

α_{Au}، ضریب انرژی جنبشی برای یک مجرا معادل با ۱/۰٤۳ و برای یک محفظه معادل یک می‌باشد.

$$\beta = d_5/D_7$$

$$Re_{d5} = \alpha\varepsilon d_5 \frac{\sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048 t_3} 10^6$$

برای یک تقریب اولیه

$$\alpha = \frac{0{,}95}{\sqrt{1-\alpha_{Au}\beta^4}}$$

$$\Theta_7 = \Theta_{sg7}$$

اولین تقریب q_m که در این شرایط به دست می‌آید، امکان محاسبه مقادیر جدید θ_7، ρ_7، Re_{d5}، α و بنابراین q_m را می‌دهد.

دو یا سه تکرار برای دقت محاسبه 10^{-3} کافی است.

۳۴ – ۳ – ۳ – ۱ – ٤ دبی جرمی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه در محفظه به دست می‌آید (به بند ۲۲ و شکل ۷۵ ت رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$p_7 = p_{e7} + p_a$$

$$\Theta_{sg7} = \Theta_7 = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_3 + 273{,}15$$

$$\rho_7 = \frac{p_7}{R_W \Theta_7}$$

$$\beta = \frac{d_{5j}}{D_7} \approx 0$$

دبی جرمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_m = \varepsilon\pi \sum_{j=1}^{n} \left(C_j \frac{d_{5j}^2}{4} \right) \sqrt{2\rho_7 \Delta p}$$

که در آن:

ε = ضریب انبساط پذیری مطابق با بند ۲۳ – ٤ – ۳ و جدول ٦ است.

c_j= ضریب تخلیه نازل jام است که تابعی از عدد رینولدز گلوگاه، Re_{D5} می‌باشد.

$\beta = 0$ و $c_j = \alpha_j$

$c_j = \alpha_j$ مطابق با بند ۲۳ – ٤ و جدول ۵، محاسبه می‌شود.

n = تعداد نازل‌ها

برای هر نازل عدد رینولدز گلوگاه، Re_{d5} با فرمول زیر تخمین زده می‌شود:

$$Re_{d5j} = \frac{\varepsilon C_j d_{5j} \sqrt{2\rho_7 \Delta p}}{17{,}1 + 0{,}048\, t_7} 10^6$$

$c_j = 0.95$

پس از تخمین اولیه دبی جرمی جریان ، ضرائب تخلیه c_j تصحیح می‌گردد.

۳٤ – ۳ – ۳ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳٤ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

شکل‌های ۷۵ – الف تا ۷۵ – پ دو نوع از اندازه‌گیری‌های فشار محفظه را نشان می‌دهد، که در آن:

- فشار محفظه P_{e3} فشار مبنا می‌باشد.
- فشار محفظه P_{esg3} فشار سکون مبنا است.

الف – فشار محفظه، فشار مبنا P_{e3} است.

با فرض اینکه:

$$F_{M3} = 1$$

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_{sg1} = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_3 + 273{,}15$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

فشار سکون ورودی، P_{sg3} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2}\rho_3 v_{m3}^2 = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

$$p_{esg3} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

ب – فشار محفظه، فشار سکون مطلق، P_{esg3} است.

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = t_3 + 273,15$$

در این شرایط، هیچ نوع حد مجاز افت اصطکاکی برای مجرای شبیه سازی ورودی به طول $1D_1$ یا $2D_1$ ،وجود ندارد.

$$p_{sg1} = p_{sg3}$$

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

وقتی که مجرای شبیه‌سازی ورودی بزرگتر از $1D_1$ یا $2D_1$ لازم باشد، حد مجاز افت اصطکاکی را می‌توان در نظر گرفت.

در ورودی مجرا، پائین دست جریان دهانه شیپوری ورودی، پیوست ۳-۱.

$$P_{sg1} = P_{sg3}$$

فشار سکون در مقطع ورودی فن یک با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{3.1} = p_{sg3} \frac{\rho_{3.1}}{\rho_{sg3}}$$

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2 F_{M3.1} (\zeta_{3-1})_1$$

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}} \left(\frac{q_m}{A_1} \right)^2 F_{M3.1} (\zeta_{3-1})_1$$

که در آن:

Ma_{3-1}، ρ_{3-1} و F_{M3-1} مطابق با بندهای ١٤ – ٤ – ٣ – ٢، ١٤ – ٤ – ٤ و ١٤ – ٥ – ٢،محاسبه می‌شوند.

$0 \leq (\zeta_{3-1})$، ضریب افت اصطکاکی قراردادی برای مجرای شبیه سازی ورودی به قطر D_1 و طول L مطابق با بند ٣٠ – ٦ می‌باشد.

$$(\zeta_{3-1})_1 = -\Lambda \frac{L}{D_1}$$

فشار استاتیک، P_1 با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

یا:

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

که در آن:

Ma_1، ρ_1، F_{M1} مطابق با بندهای ۱۴ – ٤ – ۳ – ۲، ۱٤ – ٤ – ٤ و ۱٤ – ٥ – ۲ ،محاسبه می‌شوند.

۳٤ – ۳ – ۳ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن

$$p_2 = p_a$$

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

عدد ماخ، Ma_2 و چگالی ρ_2 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ و شکل ٥ ،محاسبه می‌شود.

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2} = \frac{p_a}{R_w \Theta_2}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

۳٤ – ۳ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FC} و فشار استاتیک فن، P_{SFC} از فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - p_{sg1}$$

$$= \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۴ – ۳ – ۳ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان تحت شرایط سکون به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آیند.

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۴ – ۳ – ۳ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

۳۴ – ۳ – ۳ – ٤ – ۱ کار فن در واحد جرم و توان هوای فن

کار فن در واحد جرم، y_c و کار استاتیک فن در واحد جرم، y_{sc} به وسیله فرمول های زیر به دست می‌آید.

$$y_C = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_2\rho_2}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$y_{sC} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

$$= \frac{p_{e2} - p_{e1}}{\rho_m} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_m}{A_1\rho_1}\right)^2$$

توان هوای فن، P_{uc} و توان هوای استاتیک فن، P_{usc} از فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$P_{uC} = y_C\, q_m$$

$$P_{usC} = y_{sC}\, q_m$$

۳٤- ۳ – ۳ – ٤ – ۲ محاسبه توان هوای فن و ضریب تراکم پذیری

مطابق با بند ١٤ – ٨ – ٢:

$$P_{uC} = q_{vsg1}\, p_{FC}\, k_p$$

$$P_{usC} = q_{vsg1}\, p_{sFC}\, k_{ps}$$

ضرائب تراکم پذیری ، k_p و k_{ps} را می‌توان با دو روش معادل هم محاسبه کرد (به بندهای ١٤ – ٨ – ٢ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢ – ٢ رجوع شود).

الف – روش اول:

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}\left[1 + Z_k(r-1)\right]}$$

که در آن:

$$r = 1 + \frac{p_{FC}}{p_{sg1}}$$

برای k_p یا

$$r = 1 + \frac{p_{sFC}}{p_{sg1}}$$

برای k_{ps} و

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} P_{FC}}$$

برای k_p یا

$$Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{sFC}}$$

برای k_{ps}

ب – روش دوم:

$$k_{ps} \text{ or } k_p = \frac{\ln(1+x)}{x} \frac{Z_p}{\ln(1+Z_p)}$$

که در آن:

$$x = r - 1 = \frac{P_{FC}}{p_{sg1}}$$

یا

$$x = \frac{p_{sFC}}{p_{sg1}}$$

و

$$Z_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{P_r}{q_{vsg1} p_{sg1}}$$

۳٤ – ۳ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌ها

مطابق با بند ۱٤ – ۸ – ۱، راندمان‌ها را می‌توان با استفاده از فرمول های زیر به دست آورد:

– راندمان فن:

$$\eta_{rC} = \frac{P_{uC}}{P_r}$$

– راندمان استاتیک فن:

$$\eta_{srC} = \frac{P_{usC}}{P_r}$$

– راندمان محور فن:

$$\eta_{sC} = \frac{P_{uC}}{P_a}$$

– راندمان محور استاتیک فن:

$$\eta_{saC} = \frac{P_{usC}}{P_a}$$

۳٤ – ۳ – ٤ عملیات ساده شده

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ اندازه‌گیری دبی جریان

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$
$$F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = 1$$

عملیات شرح داده شده در بندهای ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ تا ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ٤،به کار می‌رود.

درجه حرارت θ_7 در محفظه آزمایش را می‌توان اندازه‌گیری کرد و نیازی برای تکرار عملیات در تعیین θ_7 وجود ندارد.

در هر حالت، تصحیح α را بایستی به عنوان تابعی از عدد رینولدز به کار برد.

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

فشار مطلق سکون در محفظه، P_{esg3} اندازه‌گیری می‌شود.

$$\Theta_{sg3} = \Theta_3 = \Theta_1 = \Theta_{sg1} = t_3 + 273{,}15$$

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

یا با عملیات زیر به دست می‌آید:

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

$$p_{esg3} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

به طور طبیعی :

$$p_{sg1} = p_{sg3}$$

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

وقتی حدود مجاز افت اصطکاکی اعمال می‌شوند، فشار، $P_{3.1}$ در ورودی مجرای شبیه ساز با روش زیر تعیین می‌گردد:

با فرض اینکه:

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1}$$

$$p_{3.1} = p_{sg3} - \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

برای یک تقریب اولیه، $(\rho_{3\text{-}21}) = \rho_{sg3}$

$$(p_{3.1})_1 = p_{sg3} - \frac{1}{2(\rho_{3.1})_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$\rho_{3.1} = \frac{(p_{3.1})_1}{R_w \Theta_3}$$

$$p_{3.1} = p_{sg3} - \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

دو یا سه مرحله محاسبه کافی هستند؛ $\rho_{3.1}$ را می‌توان با روش زیر محاسبه کرد:

$$p_{3.1} = \frac{1}{2}\left[p_{sg3} + \sqrt{p_{sg3}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_w \Theta_{sg3}}\right]$$

فشار سکون در ورودی فن، P_{sg1} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

یا

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

که در آن $0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})$، ضریب افت قراردادی برای شبیه سازی مجرای ورودی مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ و ۳٤ – ۳ – ۳ – ۲– ۱ است .

فشار، P_1 با روش به کار رفته برای محاسبه $P_{3\text{-}1}$ به دست می‌آید.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن

$$\Theta_2 = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_\theta}{q_m c_p}$$

$$p_2 = p_a$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 = p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۴ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FC} و فشار استاتیک فن، P_{SFC} با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$= p_a + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_{sg1} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_{esg1}$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

که در آن:

$$p_{esg1} \leqslant 0$$

۳۴ – ۳ – ٤ – ۱ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان تحت شرایط سکون ورودی با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_1}$$

۳۴ – ۳ – ٤ – ۱ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

توان هوای فن مطابق با بندهای ۱۴ – ۸ – ۱، ۱۴ – ۸ – ۲ و ۳۴ – ۳ – ۳ – ٤ ،محاسبه می‌شود.

۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ۱۴ – ۸ – ۱، ۱۴ – ۸ – ۲ و ۳۴ – ۳ – ۳ – ۵ ،محاسبه می‌شود.

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشارکمتراز ۱/۰۲.

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = t_3 + 273{,}15$$

جریان هوا در فن را می‌توان غیر قابل تراکم در نظر گرفت:

$$\rho_3 = \rho_1 = \rho_2$$
$$k_p = 1$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ ،محاسبه می‌شود.

درجه حرارت بالادست جریان سنج را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

فشار ورودی فن مطابق با بند ۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ محاسبه می‌شود.

وقتی فشار محاسبه شده فشار استاتیک، P_{e3} باشد:

$$p_3 = p_{e3} + p_2$$

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^3$$

$$p_{esg3} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3} = \rho_{sg1}$$

وقتی فشار محاسبه شده فشار سکون باشد:

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

در دو حالت:

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

یا

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

که در آن:

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_1$، مطابق با بندهای ۳٤ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱، ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦ – ٥ و ۳۰ – ٦ – ٦، محاسبه می‌شود.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن:

$$p_2 = p_a$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FC} و فشار استاتیک فن، P_{sFC} با فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$= \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 - p_{esg1}$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = -p_{esg1}$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان تحت شرایط سکون ورودی از فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg3}}$$

$$\rho_{sg1} = \rho_{sg3} = \frac{p_{sg3}}{R_w \Theta_{sg3}}$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

توان‌های هوای فن از فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$P_{uC} = q_{vsg1}\, p_{FC}$$

$$P_{usC} = q_{vsg1}\, p_{sFC}$$

۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ و ۳٤ – ۳ – ۳ ۵ از P_{uc} و P_{usc} ،به دست می‌آیند.

۳٤ – ۳ – ۵ عملکرد فن تحت شرایط آزمایش

عملکردهای فن تحت شرایط آزمایش به قرار زیر هستند.

- فشار فن، P_{FC} .
- فشار استاتیک فن، P_{SFC} .
- دبی حجمی جریان ورودی، q_{vsg1} .
- راندمان فن، η_{rc} .
- راندمان استاتیک فن، η_{src} .

۳۵ روش‌های استاندارد با مجراهای آزمایش همراه با لبه ورودی و خروجی – نصب‌های نوع چهارم

۳۵ – ۱ انواع آرایش فن

در حالت کلی نصب آزمایشی نوع چهارم از موارد زیر به دست می‌آید:

الف – نصب آزمایش نوع دوم با یک شبیه ساز مجرایی ورودی، مطابق با بندهای ۳۰ – ۳ و ۳۰ – ۵.

ب – یک نصب آزمایش نوع سوم با شبیه‌سازی مجرای خروجی، مطابق با بندهای ۳۰ – ۲ و ۳۰ –٤.

نتیجتاً چهار نوع نصب نوع چهارم در این بند شرح داده میشود:

۱ – نصب نوع دوم با مجرای خروجی مقطع مشترک و دستگاه ضد چرخش خروجی و همراه با شبیه‌سازی مجرای ورودی، مطابق با بندهای ۳۰ – ۲، ۳۰ – ۳ و ۳۰ – ۵ (به شکل‌های ۷٦ – الف و ۷٦ – ب رجوع شود) .

۲ – نصب نوع دوم بدون دستگاه ضد چرخش خروجی با مجرای خروجی بخش مشترک و همراه با شبیه‌سازی مجرای ورودی، مطابق با بندهای ۳۰ – ۲ – ج، ۳۰ – ۳ و ۳۰ - ۵ (به شکل ۷٦ – ت رجوع شود).

۳ – نصب نوع سوم با مجرای خروجی بخش مشترک دستگاه ضد چرخش خروجی و مجرای ورودی بخش مشترک، مطابق با بندهای ۳۰ – ۲ – الف تا ۳۰ – ۲ – ت و ۳۰ – ۳، ۳۰- ٤ و ۳۰ – ۵ (به شکل ۷٦ – پ رجوع شود).

٤ – نصب نوع سوم با شبیه‌سازی مجرای خروجی بدون دستگاه ضد چرخش، مطابق با بندهای ۳۰ – ۲ – ج، ۳۰ – ۳ و ۳۰ – ۵ (به شکل‌های ۷٦ – ث، ۷٦ – ج و ۷٦ – چ رجوع شود) .

نصب‌های یک و سه سفارش می‌شوند.

نصب‌های دو و چهار قابل قبول هستند، امّا نتایج به دست آمده در این روش ممکن است تا حدی با نتایج به دست آمده هنگام استفاده از مجراهای مشترک در هر دو لبه ورودی و خروجی تفاوت داشته باشند.

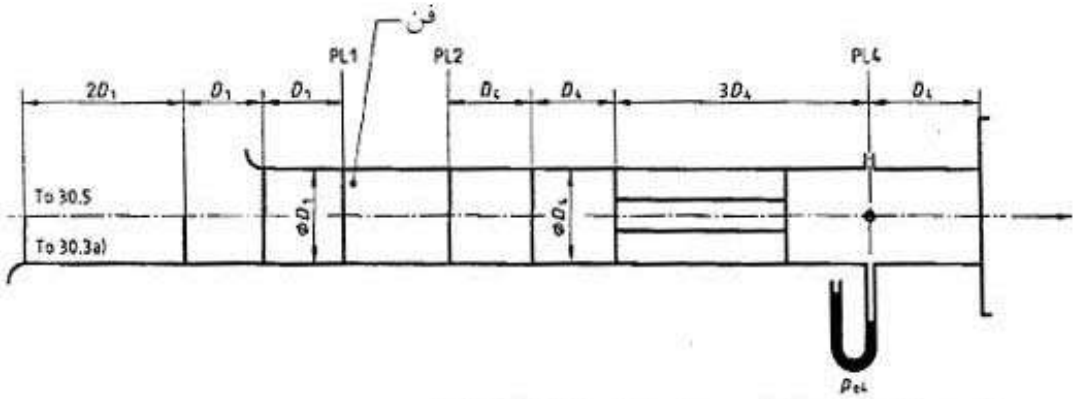
روش‌های محاسبات دبی جریان را که در بندهای ۲۲ تا ۲۷ و ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱، ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱، ۳۳ – ۳ – ۳ – ۱ و ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ شرح داده شده‌است، می‌توان مورد استفاده قرار داد. روندهای محاسبات انجام شد و کمیت‌های محاسبه شده که امکان محاسبه عملکرد فن را در نصب‌های نوع چهارم می‌دهند، دربندهای۳۵ – ۲ – ۳ – ۱، ۳۵ – ۳ – ۳ – ۱، ۳۵ – ٤ – ۳ – ۱ و ۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ ، داده شده‌اند.

این موضوع در حالت کلی برای تمام فن‌هایی که با این استاندارد ملی ایران سازگار هستند، معتبر می‌باشد.

اما روندهای ساده شده را می‌توان به کار بست وقتی که:

- عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ است.
- عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ است .

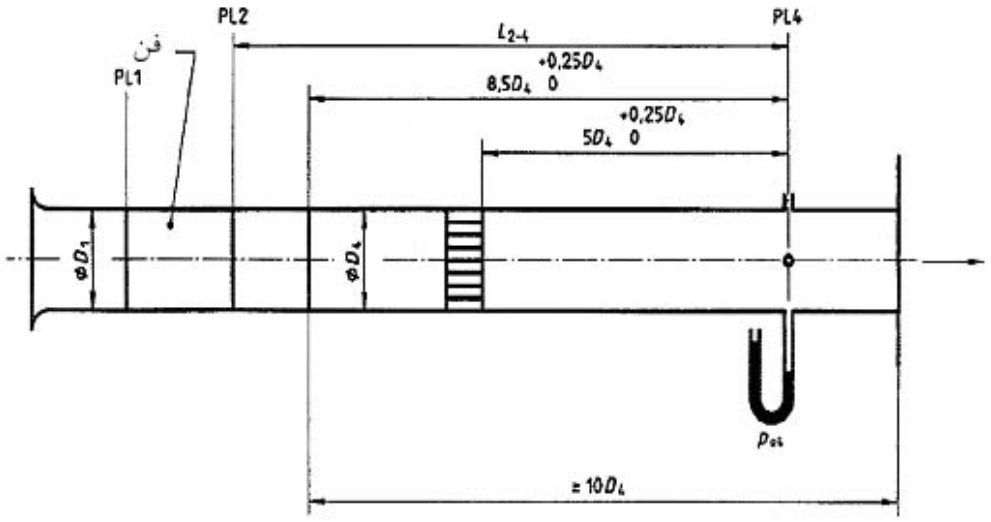
در حالت آخر، روندهای شرح داده شده در بندهای ۳۵ – ۲ – ٤، ۳۵ – ۳ – ٤ و ۳۵ – ۵ – ٤ را می‌توان دنبال کرد.



یادآوری - اندازه‌گیری و کنترل دبی جریان بر اساس بند ۳۳ - ۲ - ۳ - ۱

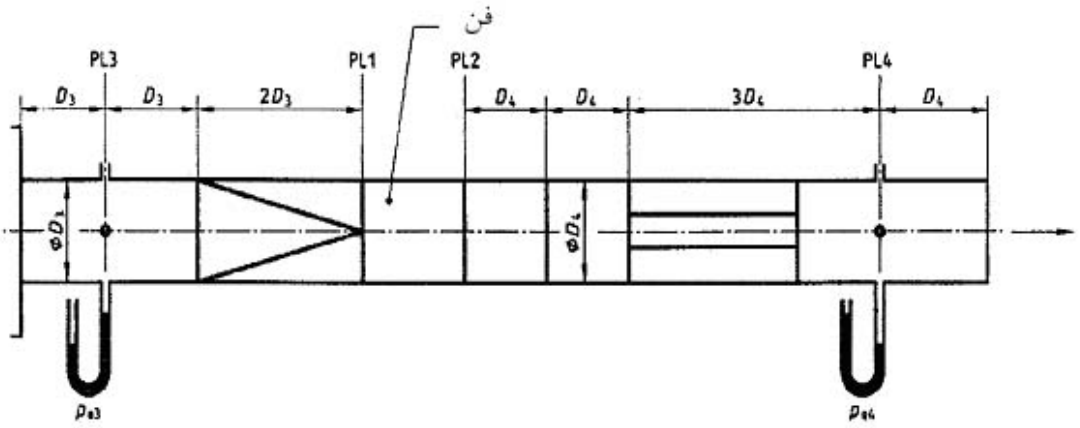
الف - نوع دوم (لبه خروجی مجرای آزمایش) با بخش مشترک و دستگاه ضد چرخش و شبیه ساز مجرای ورودی

شکل ۷۶ - نصب‌های آزمایش نوع چهارم



یادآوری – اندازه‌گیری و کنترل دبی جریان بر اساس بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱

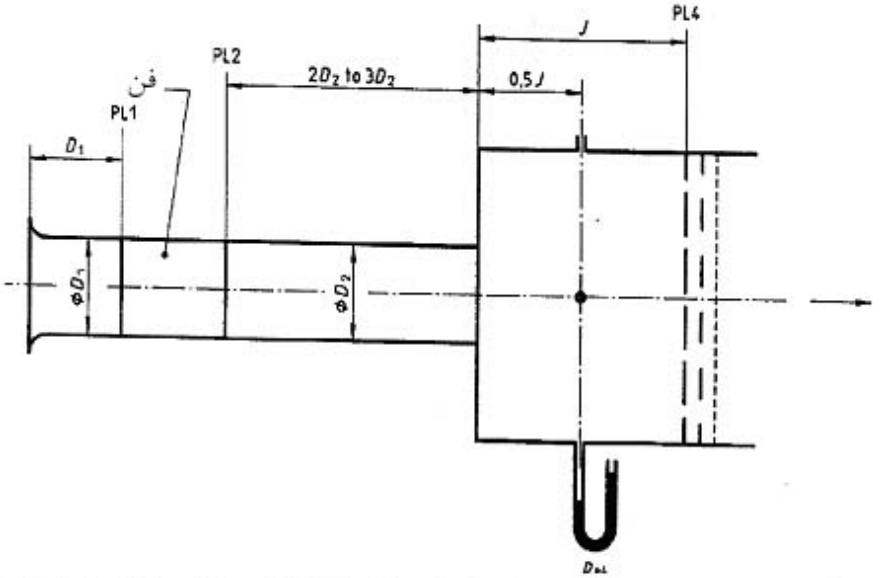
ب – نوع دوم (لبه خروجی مجرای آزمایش) با بخش مشترک و دستگاه ضد چرخش و شبیه ساز مجرای ورودی



یادآوری – اندازه‌گیری و کنترل دبی جریان بر اساس بند ۳٤ – ۲

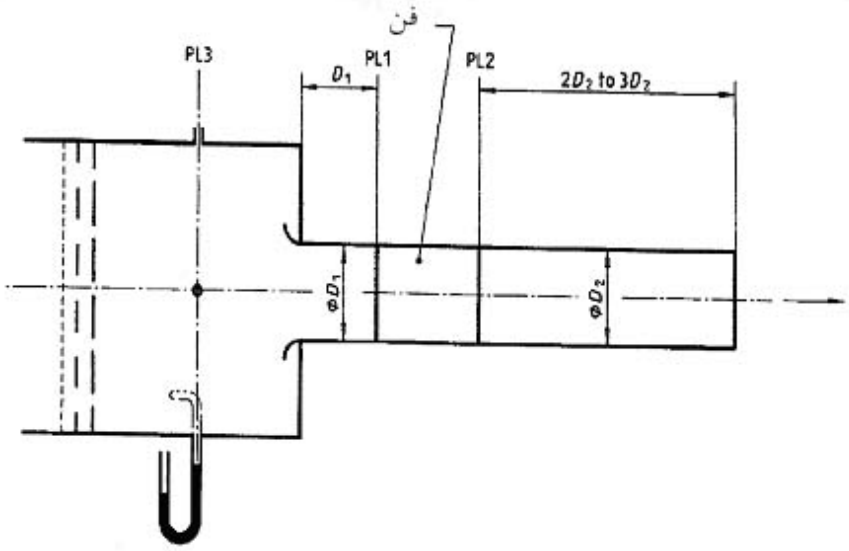
پ – نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش) با دستگاه ضد چرخش و بخش ورودی مشترک

شکل ۷٦ – نصب‌های آزمایش نوع چهارم



یادآوری – اندازه‌گیری دبی جریان بر اساس بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ و شکل‌های ۷۳ – الف و ۷۳ – ب (تنها برای فن های بدون جریان چرخش خروجی)

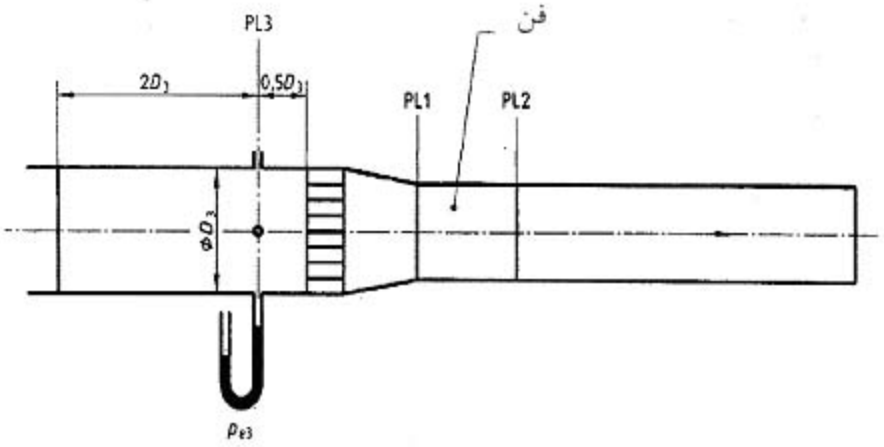
ت – نوع دوم (لبه خروجی مجرای آزمایش) بدون دستگاه ضد چرخش و بدون قسمت مشترک و شبیه ساز مجرای ورودی



یادآوری – اندازه‌گیری دبی جریان بر اساس بندهای ۳۴ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ ، ۳۴ – ۳ – ۳ – ۱ – ۲، ۳۴ – ۳ – ۳ – ۱ – ۳ و ۳۴ – ۳ – ۳ – ۱ – ٤ و شکل‌های ۷۵ الف تا ۷۵ – ت (تنها برای فن هایی بدون جریان چرخشی خروجی)

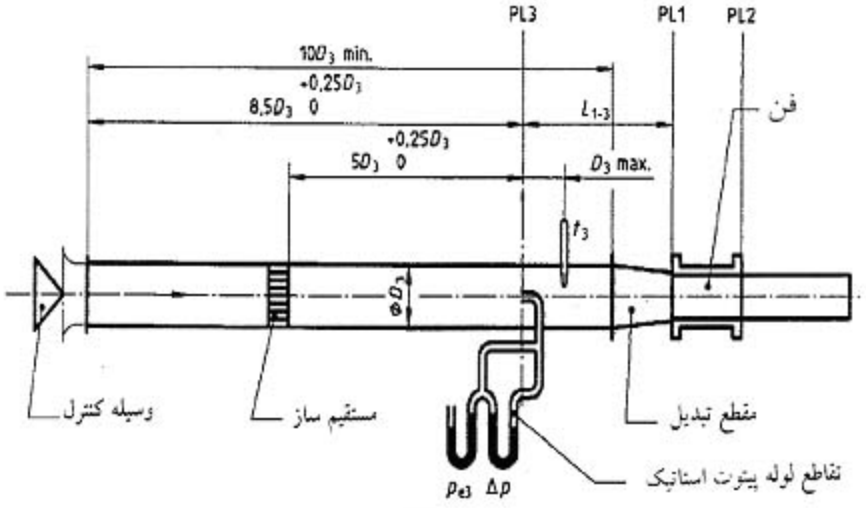
ث – نوع سوم (لبه خروجی مجرای آزمایش) با شبیه ساز مجرای خروجی و بدون دستگاه ضد چرخش)

شکل ۷٦ – نصب‌های آزمایش نوع چهارم



یادآوری – اندازه‌گیری دبی جریان بر اساس بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ و شکل ۷٤ – پ

چ – نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش) با شبیه سازی مجرای خروجی و بدون دستگاه ضد چرخش (آن را می‌توان برای پنکه‌های بزرگ، تنها به وسیله توافق دو جانبه بین طرفین علاقه‌مند به کاربرد)



چ – نوع سوم (لبه ورودی مجرای آزمایش) با شبیه‌سازی مجرای خروجی بدون دستگاه ضد چرخش (از آن می‌توان برای پنکه‌های بزرگ تنها با توافق دو جانبه بین طرفین علاقه‌مند استفاده کرد)

شکل ۷٦ – نصب‌های آزمایش نوع چهارم

۳۵ – ۲ نصب نوع دوم با دستگاه ضد چرخش خروجی و مجرای ورودی یا شبیه سازی مجرای ورودی

۳۵ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر تعیین می‌شود:

- نازل ونتوری درون مجرایی *ISO*، به شکل‌های ۷۲ – الف و ۷٦ – الف رجوع شود.
- اریفیس خروجی با اتصالات دیواری، به شکل‌های ۷۲ – ب و ۷٦ – الف رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در *D* و *D/2*، به شکل‌های ۷۲ – پ و ۷٦ – الف رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای به شکل‌های ۷۲ – پ و ۷٦ – الف رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل‌های ۷۲ – ت، ۷۱ – ث و ۷٦ – الف رجوع شود.
- نازل ونتوری درون مجرایی، به شکل‌های ۷۲ – ج، ۷٦ – الف یا ۷٦ – ب رجوع شود.
- نازل ونتوری در انتهای محفظه، به شکل‌های ۷۲ – ج، ۷٦ – الف یا ۷٦ – ب رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به شکل‌های ۷۲ – ح و ۷٦ – الف یا ۷٦ – ب رجوع شود.

۳۵ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری‌های لازم در طول آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی P_a، P_e یا P_o و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- فشار ورودی، P_{e3} .
- فشار خروجی، P_{e4} .
- فشار بالا دست جریان سنج، P_{e6} .

- اختلاف فشار، ΔP .
- درجه حرارت محفظه، t_6 .

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- درجه حرارت محیطی، t_a (نزدیک ورودی فن) .
- درجه حرارت‌های حباب خشک و تر، t_d و t_w .
- چگالی هوای محیطی، P_a و ثابت گازی هوای مرطوب، R_w را محاسبه کنید (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۵ – ۲ – ۳ روند کلی برای جریان سیال قابل تراکم

هرگاه عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد، از این روند می‌توانیم استفاده کنیم.

۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود.

- نازل ونتوری درون مجرای ISO، (به بند ۲۲ و شکل ۷۲ – الف رجوع شود) .
- اریفیس خروجی با اتصالات دیواری، به بند ۲۶ – ۹ و شکل ۷۲ – ب رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$، به بند ۲۶ – ۷ و شکل ۷۲ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ۲۶ – ۸ و شکل ۷۲ – پ رجوع شود.

روندهای شرح داده شده در بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ دنبال می‌شود.

۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جرمی جریان با استفاده از یک تقاطع لوله پیتوت استاتیک تولید می‌شود (به بند ۲۷ و شکل ۷۲ – ت و ۷۲ – ث رجوع شود).

روند شرح داده شده در بند ۳۲ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲ ،دنبال می‌شود.

۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ونتوری درون مجرایی محاسبه می‌شود. به بند ۲۳ و شکل ۷۲ – ج رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ ، دنبال می‌شود.

۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ – ٤ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل در انتهای محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۲ – چ رجوع شود.
- نازل‌های چند گانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل ۷۲ – ح رجوع شود.
- روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ – ٤، دنبال می‌شود.

۳۵ – ۲ – ۳- ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳۵ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

با فرض اینکه: (به بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ رجوع شود)

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

عدد ماخ Ma_4 و نسبت $\frac{\theta_{sg4}}{\theta_4}$ مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١ ،محاسبه می‌شود.

$$\Theta_4 = \Theta_{sg4} \frac{\Theta_4}{\Theta_{sg4}}$$

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$F_{M4} = 1 + \frac{Ma_4^2}{4} + \frac{Ma_4^4}{40} + \frac{Ma_4^6}{1\,600}$$

فشار سکون در خروجی فن P_{sg2} با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{\rho_4 v_{m4}^2}{2} F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$$= p_4 + \frac{1}{2\rho_4} \left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_4} \left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$(\zeta_{2\text{-}4})_4$ مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ۱ یا ۳۰ – ٦ – ۲ و شکل ٦٥ ،محاسبه می‌شود.

فشار P_2 با فرمول زیر داده می‌شود.

$$p_2 = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2}$$

$$= p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_2} \left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_2} \left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

که در آن Ma_2، ρ_2 F_{M2} مطابق با بندهای ١٤ – ٤ – ۳ – ۲ و ١٤ – ٥ ،محاسبه می‌شوند.

۳٥ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

الف – مجرای ورودی مطابق با بندهای ۳۰ – ۳ – الف تا ۳۰ – ۳ – ث (به بند ۳٤– ۲ – ۳ –۲– ۱ رجوع شود).

فشار ورودی، P_{e3} اندازه‌گیری می‌شود.

$$p_3 = p_a + p_{e3}$$

$$\Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

عدد ماخ، Ma_3 و دمای سیال θ_3 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١،تعیین می‌شود.

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

یا

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦ – ٥ و ۳۰ – ٦ – ٦ و شکل‌های ٦٥ – الف و ٦٥ – ب ،تعیین می‌گردد.

ب – شبیه‌سازی مجرای ورودی مطابق با بند ۳۰ – ٥ یا بندهای ۳۰ – ۳ – الف تا ۳۰ – ۳ – ث .

فشار ورودی، P_{e3}،اندازه‌گیری می‌شود.

فشار سکون در بالادست جریان ورودی مجرا، فشار اتمسفری، P_a است. و درجه حرارت ورودی سکون فن، θ_{sg1} معادل با درجه حرارت محیطی می‌باشد.

$$\Theta_{sg1} = \Theta_a = t_a + 273{,}15$$

فشار ورودی سکون فن، P_{sg1} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}(\zeta_{3-1})_3$$

یا

$$p_{esg1} = \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}(\zeta_{3-1})_3$$

که در آن:

ρ_3، چگالی هوا در ورودی مجرای پایین دست دهانه شیپوری است که مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ٤ پس از تعیین Ma_3 مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۲ ،تعیین می‌شود.

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$، ضریب افت استاتیکی قراردادی بین مقطع سه (مقطع گلوگاه دهانه شیپوری ورودی) و مقطع یک در ورودی فن می‌باشد که مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦ – ٥ و ۳۰ – ٦ – ٦، محاسبه می‌شود.

$$(\zeta_{3-1})_3 = -\Lambda\frac{L}{D_3}$$

L = طول مجرا (به بندهای ۳۰ – ۳ و ۳۰ – ٥ رجوع شود).

D_3 = قطر مجرا.

Λ = به عدد رینولدز، Re_{D3} بستگی دارد.

فشار P_1 مطابق با بند ۱٤ – ٥ – ۲،محاسبه می‌شود.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

که در آن Ma_1، ρ_1، F_{M1} مطابق با بندهای ۱٤ – ٤ – ۳ – ٤، ۱٤ – ٤– ٤ و ۱٤– ٥– ۲، اندازه‌گیری می‌شوند.

۳٥ – ۲ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیکی فن، P_{SFD} با استفاده از فرمول های زیر به دست می‌آیند.

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

چگالی متوسط معادل است با:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۵ – ۲ – ۳ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۵ – ۲ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤– ٨ – ٢ و٣٣–٢–٣– ٤ ،محاسبه می‌شوند.

۳۵ – ۲ – ۳ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

روند شرح داده شده در بند ۳۲ – ۲ – ۳ – ۵، دنبال می‌گردد.

۳۵ – ۲ – ٤ عملیات ساده شده

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ عدد ماخ، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ در مقطعی از مجرای آزمایش، درجه حرارت‌های استاتیک و سکون معادل،هم در نظر گرفته می‌شوند.

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$

و درجه حرارت درون مجرا را، می‌توان اندازه‌گیری و به عنوان درجه حرارت سکون تعریف کرد.

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با روش شرح داده شده در بندهای ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ و ۳۵ – ۲ – ۳ – ۱ محاسبه می‌شود.

امّا چند مورد را برای ساده کردن در نظر می‌گیریم.

درجه حرارت بالادست جریان سنج را می‌توان اندازه‌گیری کرد، و محاسبه دبی جرمی جریان نیاز به تکرار عملیات برای تخمین درجه حرارت سیال ندارد.

تاثیر عدد رینولدز روی ضریب دبی جریان α را، می‌توان در نظر گرفت.

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

مطابق با بندهای ١٤ – ٩ – ١ – ٢، ١٤ – ٩ – ١ – ٣ و ٣٣ – ٢ – ٤ – ١ – ٢ – ١ :

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

که در آن :

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4} = \frac{p_4}{R_w \Theta_{sg4}}$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$\zeta_{(2\text{-}4)4}$ را بایستی مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ۱، ۳۰ – ٦ – ۲ و ۳۰ – ٦ – ۳ و شکل ٦٥ ،محاسبه کرد.

فشار P_2 را می‌توان توسط روش‌های زیر به دست آورد:(به بند ١٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود) .

$$(\rho_2)_1 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_{sg2}}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$(\rho_2)_1 = \frac{p_{2.1}}{R_w \Theta_{sg2}}$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2(\rho_2)_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2(\rho_2)_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_{sg2}}$$

یا با فرمول زیر محاسبه کرد :

$$p_2 = \frac{p_{sg2} + \sqrt{p_{sg2}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 R_w \Theta_{sg2}}}{2}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

الف – مجرای ورودی مطابق با بندهای ۳۰ – ۳ – الف تا ۳۰ – ۳ – ث و ۳۰ – ٥ (به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ رجوع شود) .

فشار ورودی، P_{e3} اندازه‌گیری می‌شود.

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = t_a + 273{,}15$$

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$(\zeta_{3\text{-}1})_3 \leq 0$$

(به بندهای ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦ – ٥ و ۳۰ – ٦ – ٦ رجوع شود) .

ب – شبیه‌سازی مجرای ورودی مطابق با بندهای ۳۰ – ۳ – الف تا ۳۰ – ۳ – ت) .

فشار ورودی، P_{e3} محاسبه نمی‌شود.

فشار P_3 در گلوگاه دهانه شیپوری ورودی (با قطر D_3) را ،می‌توان توسط روند زیر اندازه‌گیری کرد:

(به بند ١٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود) .

$$(p_3)_1 = p_a - \frac{1}{2\rho_a}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

$$(\rho_3)_1 = \frac{p_{3.1}}{R_w \Theta_3}$$

$$p_3 = p_a - \frac{1}{2(\rho_3)_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

دو یا سه تکرار کافی است. فشار P_3 را می‌توان توسط فرمول های زیر اندازه‌گیری کرد:

$$p_3 = \frac{1}{2}\left[p_a + \sqrt{p_a^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 R_w \Theta_3}\right]$$

فشار سکون در ورودی فن، با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 (\zeta_{3-1})_3$$

$$p_{esg1} = p_{sg1} - p_a$$

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ را مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦ – ٥، ۳۰ – ٦ – ٦ و ۳٥ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲، می‌توان اندازه‌گیری کرد.

فشار، P_1 را می‌توان به وسیله یکی از دو روش شرح داده شده در بند ١٤ – ۹ – ۱ – ٤ ، اندازه‌گیری کرد.

۳٥ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن، P_{sFD} توسط فرمول های زیر محاسبه می‌شوند:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

چگالی متوسط هوا در فن معادل است با:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

و

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن را، می‌توان مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤ – ٨ – ٢، ١٤ – ٨ – ٣، ١٤ – ٩ – ١ و ٣٣ – ٢ – ٣ – ٤، محاسبه کرد.

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

روند شرح داده شده در بند ١٤ – ٨ – ١، را می‌توان دنبال کرد (به بند ٣٣ – ٢ – ٣ – ۵ رجوع شود).

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ در مقطع مجراهای آزمایش دماهای استاتیک و سکون را، می‌توان معادل در نظر گرفت.

$$\Theta_{sgx} = \Theta_x$$
$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$
$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_{sg1} = \rho_{sg2} = \rho_{sg3} = \rho_a = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$
$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_{sg2} = \Theta_2 = \Theta_{sg3} = \Theta_3 = t_a + 273{,}15$$

و روند مبتنی بر فرض سیال جریان هوای غیر قابل تراکم در مجرا آزمایش به کار برده می‌شود.

۳۵ – ۲ – ٤ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان با روند شرح داده شده در بندهای ۳۳ – ۲ – ۳ – ۱ و ۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۱ و $\rho_u = \rho_{sg1}$ ،محاسبه می‌شود.

امّا بایستی تاثیر عدد رینولدز روی ضریب دبی جریان، α را مد نظر قرار داد.

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

فشار سکون، P_{sg2} با فرمول زیر داده می‌شود: (به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

که در آن $(\zeta_{2-4})_4$، مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ۱ و ۳۰ – ٦ – ۲ و شکل‌های ٦٥ – الف و ٦٥ – ب ،اندازه‌گیری می‌شود.

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن (به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ رجوع شود).

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

(P_{e3} اندازه‌گیری می‌شود).

یا اگر P_{e3} اندازه‌گیری نشود:

$$p_{sg1} = p_a + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 (\zeta_{3-1})_3$$

$$p_{esg1} = \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 (\zeta_{3-1})_3$$

که در آن $0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ مطابق با بندهای ۳۰ – ٦ – ٤، ۳۰ – ٦– ٥، ۳۰ – ٦– ٦ و ۳۵ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ یا ۳۵ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲ ،اندازه‌گیری می‌شود.

فشار P_1 را می‌توان به کمک فرمول های زیر به دست آورد:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه گیری فشار فن

فشار فن،P_{FD} و فشار استاتیک فن،P_{sFD}توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

توان هوای فن، P_{uD} و توان استاتیک فن، P_{usD} توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$P_{uD} = p_{FD} q_{vsg1}$$

$$P_{usD} = p_{sFD} q_{vsg1}$$

۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن را، می‌توان به کمک فرمول های زیر به دست آورد:

$$\eta_{rD} = \frac{P_{uD}}{P_r}$$

$$\eta_{srD} = \frac{P_{usD}}{P_r}$$

۳۵ – ۳ نصب نوع دوم بدون دستگاه ضد چرخش خروجی و بدون قسمت مشترک، ولی همراه با شبیه‌سازی مجرای ورودی یاشبیه سازی مجرای ورودی .

این آرایش را می‌توان برای فن‌هایی با جریان چرخشی خروجی، به کار برد.

۳۵ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جریان

دبی جریان توسط موارد زیر به دست می‌آید:

- نازل ونتوری در انتهای محفظه، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷۳ – الف و ۷٦ – ت رجوع شود.

- نازل‌های چندگانه در محفظه، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷۳ – ب و ۷٦ – ت رجوع شود.

۳۵ – ۳ – ۲ اندازه‌گیری‌های لازم در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی P_a، P_o یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- فشار خروجی، P_{e4} .
- فشار بالا دست جریان سنج، P_{e6} .
- اختلاف فشار، ΔP.
- دمای محفظه، t_θ

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی، t_a، نزدیک ورودی فن .
- درجه حرارت‌های حباب خشک و تر، t_d و t_w .
- چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را اندازه‌گیری کنید.

(به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۵ – ۳ – ۳ روند کلی برای سیال قابل تراکم

هنگامی که عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ باشد، بایستی این روند به کار برده شود.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل در انتهای محفظه به بند ۲۳ و شکل ۷۳ – الف رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به بند ۲۳ و کل ۷۳ – ب رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ را، بایستی دنبال کرد.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۲ محاسبه فشار فن

۳۵ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۲ – ۱، دنبال می‌شود. امّا $(\zeta_{2\text{-}4})_4=0$ و مقطع $A_{2\text{-}4}$، مساحت مجرای آزمایش در هنگام تخلیه به محفظه می‌باشد.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

روند شرح داده شده در بند ۳۵ – ۲ – ۳ – ۲ – ۲، به کار می‌رود.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن، P_{SFD} مانند بند ۳۵ – ۲ – ۳ – ۲ – ۳ ،محاسبه می‌شود.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۳ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ۱٤ – ۸ – ۱، ۱٤ – ۸ – ۲ – ۱ و ۱٤ – ۸ – ۲ – ۲ و مانند بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ٤ ،محاسبه می‌شود.

۳۵ – ۳ – ۳ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۵، دنبال می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ عملیات ساده شده

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{3ref} کمتر از ۰/۱۵ امّا نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ است.

در مقطعی از مجرای آزمایش دماهای استاتیک و سکون معادل، در نظر گرفته می‌شوند.

$\Theta_x = \Theta_{sgx}$

$F_{M1} = F_{M2} = 1$

و دما در مجرای آزمایش را می‌توان اندازه‌گیری کرد، و به عنوان دمای سکون تعریف نمود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۲۳ و روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ٤ – ۱ – ۱ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

فشار سکون، P_{sg7} و فشار P_2 در خروجی فن همانند روند شرح داده شده در بند۳۳–۳–٤–۱–۲–۱ ،اندازه‌گیری می‌شود و مقطع $A_{2\text{-}4}$، مساحت مجرای آزمایش در هنگام تخلیه به محفظه می‌باشد.

۳۵ – ۳ – ٤ –۱ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

روند شرح داده شده در بند ۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۱ – ۲ ،به کار می‌رود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن، P_{SFD} مطابق با روند به کار رفته در بند۳۵–۲–٤–۱–۲–۳ اندازه‌گیری می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١، ١٤–٨–٢ و٣٣–٢–٣–٤ ،اندازه‌گیری می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۱ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

روند استفاده شده در بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۵ ،دنبال می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ عدد ماخ، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ در یک مقطع از مجرای آزمایش، دماهای استاتیک و سکون معادل، در نظر گرفته می‌شوند.

$$\Theta_x = \Theta_{sgx}$$

$$\rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_2 = \rho_{sg2} = \rho_3 = \rho_4 = \rho_6 = \frac{p_a}{R_w \Theta_a}$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

درجه حرارت در مجرای آزمایش را ،می‌توان اندازه‌گیری کرد و جریان هوا در مجرا آزمایش نیز قابل تراکم، در نظر گرفته می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با روند شرح داده شده در بند ۳۳ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ با $\rho_6 = \rho_a$ تعیین می‌شود. امّا تاثیر عدد رینولدز روی ضریب دبی جریان، α را بایستی مد نظر قرارداد.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری فشار فن

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار خروجی فن

فشار سکون، P_{sg2} و فشار P_2 مطابق با روند به کار رفته در بند ۳۳– ۳– ٤– ۲– ۲– ۱ ،تعیین می‌شود که در آن $(\zeta_{2\text{-}4})_4=0$ و $A_{2\text{-}4}$، سطح مجرای آزمایش در هنگام تخلیه به محفظه می‌باشد.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار ورودی فن

فشار سکون، P_{sg1} و فشار P_1 مطابق با روند به کار رفته در بند ۳۵– ۲– ٤– ۲– ۲– ۳ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ٤ اندازه‌گیری توان هوای فن

روند شرح داده شده در بند ۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ دنبال می‌شود:

۳۵ – ۳ – ٤ – ۲ – ۵ اندازه‌گیری راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مانند بند ۳۵ – ۲ – ٤ – ۲ – ۵ ،تعیین می‌شوند.

۳۵ – ٤ نصب نوع سوم همراه با قطعه مشترک مجرای خروجی و دستگاه ضد چرخش و مجرای ورودی مشترک

۳۵ – ٤ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر تعیین می‌شود:

- نازل ونتوری ورودی *ISO*، به شکل‌های ۷٤ – الف و ۷٦ – پ رجوع شود.
- نازل ورودی مربعی، به شکل‌های ۷٤ – الف و ۷٦ – پ رجوع شود.
- ورودی مخروطی، به شکل‌های ۷۲ – الف و ۷٦ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل‌های ۷٤ – ب و ۷٦ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری، به شکل‌های ۷٤ – پ و ۷٦ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری، به شکل‌های ۷٤ – ث و ۷٦ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$، به شکل‌های ۷٤ – ث و ۷٦ – پ رجوع شود.
- اریفیس درون مجرایی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل‌های ۷٤ – ث و ۷٦ – پ رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل‌های ۷٤ – ج و ۷٦ – پ رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل‌های ۷٤ – چ و ۷٦ – پ رجوع شود.

۳۵ – ٤ – ۲ اندازه‌گیری‌های لازم در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N و فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی، P_a، P_o و P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- اختلاف فشار جریان سنج، ΔP .

- فشار بالادست جریان سنج، P_{e7} یا P_{e3}.
- فشار استاتیک ورودی، P_{e3} .
- فشار استاتیک خروجی، P_{e4} .

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی نزدیک ورودی مجرا، t_a .
- درجه حرارت‌های حباب خشک و تر، t_d و t_w .
- چگالی هوای محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را محاسبه کنید. (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۵ – ٤ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال قابل تراکم

وقتی که عدد ماخ مبنا Ma_{2ref} (به بند ١٤ – ٤ – ۲ رجوع شود) بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ ،باشد می‌توان این روند را به کاربرد.

۳۵ – ٤ – ۳ – ۱ محاسبه دبی جرمی جریان

۳۵ – ٤ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از موارد زیر محاسبه می‌شود:

- نازل ونتوری ورودی *ISO*، به بند ۲۲ و شکل ٧٤ – الف رجوع شود.
- نازل ورودی مربعی، به بند ٢٤ و شکل ٧٤ – الف رجوع شود.
- ورودی مخروطی، به بند ۲۵ و شکل ٧٤ – الف رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ٢٦ – ۱۰ – الف و شکل ٧٤ – پ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به بند ٢٦ – ۱۰- ب و شکل ٧٤ – پ رجوع شود.

- اریفیس ورودی با اتصالات دیواری، به بند ۲٦ – ۱۱ و شکل ۷٤ – ت رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱، به کار می‌رود.

۳۵ – ٤ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جریان با استفاده از اریفیس درون مجرایی با اتصالات در D و $D/2$ یا اتصالات گوشه ای تعیین می شود.

به بندهای ۲٦ – ۷ و۲٦ – ۸ و شکل ۷٤ – ث رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۲، به کار می‌رود.

۳۵ – ٤ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک تعیین می‌شود.

به بند ۲۷ و شکل های ۷٤ – ج و ۷٤ – چ رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ ،به کار می‌رود.

۳۵ – ٤ – ۳ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ٤ – ۳ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

فشار سکون، P_{sg1} و فشار P_1 مطابق با روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ٤ – ۳ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

فشار سکون، P_{sg2} و فشار P_2 مطابق با روند زیر تعیین می‌شوند: (به بند ۳۳ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\Theta_{sg4} = \Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

عدد ماخ در مقطع ٤ و درجه حرارت θ_4 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١ ،تعیین می‌شود.

$$\Theta_4 = \Theta_{sg4} \frac{\Theta_4}{\Theta_{sg4}}$$

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$F_{M4} = 1 + \frac{Ma_4^2}{4} + \frac{Ma_4^4}{40} + \frac{Ma_4^6}{1\,600}$$

به بند ١٤–٥–١ رجوع شود.

ضریب افت اصطکاکی قراردادی بین مقاطع ٢ و ٤، $(\zeta_{2\text{-}4})_4$ مطابق با بند ٣٠ – ٦ و شکل ٦٥،تعیین می‌گردد.

فشار سکون، P_{sg2} با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p_{sg2} = p_4 + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2} F_{M4}\left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$$= p_4 + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 F_{M4}\left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 F_{M4}\left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

فشار، P_2 و چگالی، ρ_2 مطابق با بند ١٤ – ٥ – ٢ ،تعیین می‌شود. Ma_2 مطابق با بند ١٤–٤–٣–٢ ،به دست می‌آید.

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

۳۵ – ٤ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن، P_{sFD} توسط فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۵ – ٤ – ۳ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۵ – ٤ – ۳ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ٤ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ٤ – ۳ – ٥ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ٥ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ٤ – ٤ عملیات ساده شده

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ امّا نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ است.

در مقطع مجرای آزمایش، درجه حرارت استاتیک و سکون را، می‌توان معادل در نظر گرفت.

$$\Theta_x = \Theta_{sgx} = t_x + 273,15$$

درجه حرارت در مقطع x را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

ضرائب ماخ F_{M1} و F_{M2} معادل یک هستند.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

روند شرح داده شده در بندهای ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ و ۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ ،برای انواع متفاوت آرایش به کار می‌رود.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی

فشار سکون، P_{sg1} و فشار P_1 را می‌توان مطابق با روند شرح داده شده در بند ۳٤–۲–٤–۱–۲–۱ ،تعیین کرد.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

فشار سکون، P_{sg2} و فشار P_2 توسط روند زیر تعیین می‌شود: (به بندهای ۳۳ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$\Theta_4 = \Theta_{sg4} = \Theta_{sg3} + \frac{P_f \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$\rho_4 = \frac{p_4}{R_w \Theta_4}$$

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_4}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

P_2 را می‌توان مطابق با عملیات زیر به دست آورد: (به بند ١٤ – ۹ – ۱ – ٤ رجوع شود) .

دو یا سه مرحله محاسبه کافی هستند، به همین ترتیب:

$$p_2 = \frac{p_{sg2}\sqrt{p_{sg2}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 R_w \Theta_{sg2}}}{2}$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن P_{sFD} توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_p = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۳ محاسبه دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ٤ محاسبه توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ١٤–٨–١، ١٤–٨–٢، ٣٤–٢–٣–٤ یا ۳۵ – ۲ – ۳ – ٤ ،تعیین می‌شوند.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۱ – ۵ محاسبه راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ١٤ – ٨ – ١ و ٣٤ – ٢ – ٣ – ٥ ،تعیین می‌شوند.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲.

جریان هوا در مسیر جریان هوای آزمایش را می‌توان غیر قابل تراکم در نظر گرفت. به جز مواردی که با یک فن کمکی بین سطوح ۳ و ۵ همراه باشد (به شکل ٧٤ – پ رجوع شود) .

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = t_3 + 273,15$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۱ و فرضیات ارائه شده در بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

فشار سکونP_{sg1} و فشار P_1 توسط روند زیر تعیین می‌شود: (به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ رجوع شود).

با فرض اینکه:

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\rho_1 = \frac{p_3}{R_w \Theta_1}$$

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

به بند ۳۲-۲-۳-۲-۱ قسمت ب رجوع شود:

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

فشارسکون، P_{sg2} وفشار P_2 توسط فرمول هایزیربه دست می‌آیند:(به بند ۳۳ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ –۱ رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$p_4 = p_{e4} + p_a$$

$$p_{sg2} = p_4 + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e4} + \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_4}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$$p_2 = p_{sg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$p_{e2} = p_{esg2} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۲- ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیک فن، P_{sFD} توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ۲ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول زیر داده می‌شود:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ٤ تعیین توان هوای فن

مطابق با بندهای ١٤ – ٩ – ٢ – ٦ و ٣٤ – ٢ – ٤ – ١ – ٤ :

$$P_{uD} = q_{vsg1}\, p_{FD}$$

$$P_{usD} = q_{vsg1}\, p_{sFD}$$

۳۵ – ٤ – ٤ – ۲ – ٥ تعیین راندمان‌های فن

راندمان‌های فن مطابق با بندهای ٣٤ – ٢ – ٤ – ١ – ٥ ، ١٤ – ٨ – ١ و ١٤ – ٨ – ٢،تعیین می‌شوند.

۳۵ – ۵ نصب نوع سوم همراه با شبیه‌سازی مجرای خروجی و بدون دستگاه ضد چرخش.

این آرایش را می‌توان برای فن‌هایی بدون جریان چرخشی خروجی یا برای فن‌های بزرگ، به کاربرد.

در این حالت، بنا به توافق دو جانبه بین افراد و علاقه‌مند، می‌توان عملکرد فن را با استفاده از این نصب، محاسبه کرد.

نتایج به دست آمده به این طریق ممکن است تا حدی با نتایج به دست آمده با استفاده از بخش‌های مشترک در هر دو لبه‌های ورودی و خروجی تفاوت داشته باشد، به ویژه اگر جریان باعث چرخش زیاد در خروجی شود.

۳۵ – ۵ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان را می‌توان با استفاده از فرمول های زیر تعیین کرد:

- نازل ورودی مربعی، به شکل‌های ۷۵ – الف و ۷٦ – ث رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک جریان در بالادست محفظه، به شکل‌های ۷۵ – ب و ۷٦ – ث رجوع شود.
- نازل ونتوری درون مجرایی در بالادست جریان محفظه، به شکل‌های ۷۵ – پ و ۷٦ – ث رجوع شود.
- نازل‌های چندگانه در محفظه، به شکل‌های ۷۵ – ت و ۷٦ – ث رجوع شود.
- تقاطع لوله پیتوت استاتیک، به شکل‌های ۷٤ – چ و ۷٦ – چ رجوع شود.
- اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای، به شکل‌های ۷٤ – پ و ۷٦ – ج رجوع شود.

۳۵ – ۵ – ۲ اندازه‌گیری‌های لازم در طی آزمایش‌ها (به بند ۲۰ رجوع شود)

موارد زیر را اندازه‌گیری کنید:

- سرعت دورانی، N یا فرکانس دورانی، n .
- توان ورودی، P_a، P_o یا P_e و توان پرّه تخمینی (به بند ۱۰ – ٤ رجوع شود) .
- اختلاف فشار، ΔP .
- فشار P_{e7} یا P_{e5} در بالادست جریان سنج .
- فشار استاتیک یا سکون در محفظه، P_{e3} یا P_{esg3} .
- دمای محفظه، t_3
- توان ورودی، P_{ex} در فن کمکی (اختیاری) .

موارد زیر را در محفظه آزمایش اندازه‌گیری کنید:

- فشار اتمسفری، P_a در ارتفاع متوسط فن .
- دمای محیطی نزدیک ورودی فن، t_a .
- درجه حرارت‌های حباب خشک و حباب تر t_d وt_w .
- چگالی محیطی، ρ_a و ثابت گاز هوای مرطوب، R_w را تعیین کنید. (به بند ۱۲ رجوع شود) .

۳۵ – ۵ – ۳ روند عمومی برای جریان سیال قابل تراکم

وقتی که عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} بیشتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲، باشد می‌توان این روند را به کار برد.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ – ۱ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ورودی مربعی اندازه‌گیری می‌شود، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷٤ – ث و ۷۵ – الف رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۱ ، به کار می‌رود.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ – ۲ دبی جرمی جریان با استفاده از تقاطع لوله پیتوت استاتیک محاسبه می‌شود. به بند ۲۷ و شکل‌های ۷٦ – ث، ۷٦ – چ، ۷٤ – چ و ۷۵ – ب رجوع شود.

- روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۲ ،به کار می‌رود.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ – ۳ دبی جرمی جریان با استفاده از یک نازل ونتوری درون مجرایی اندازه‌گیری می‌شود، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷٦ – ث و ۷۵ – پ رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ۳ ،به کار می‌رود.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ – ٤ دبی جرمی جریان با استفاده از نازل‌های چندگانه در محفظه ،اندازه‌گیری می‌شود، به بند ۲۳ و شکل‌های ۷٦ – ث و ۷۵ – ت رجوع شود.

روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۳ – ۳ – ۱ – ٤ ، به کار می‌رود.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۱ – ۵ دبی جرمی جریان با استفاده از یک اریفیس ورودی با اتصالات گوشه‌ای ،محاسبه می‌شود. به بندهای ۲۲، ۲٤، ۲۵، ۲٦ – ۷، ۲٦ – ۸، ۲٦ – ۱۰ و ۲٦ – ۱۱ و شکل‌های ۷٦ – ج و ۷٤ – الف تا ۷٤ – ث رجوع شود.

روند شرح داده شده در بندهای ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۱ تا ۳٤ – ۲ – ۳ – ۱ – ۳ ،به کار می‌روند.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ۵ – ۳ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

۳۵ – ۵ – ۳ – ۲ – ۱ – ۱ فشار ورودی P_{e3} در مجرای ورودی،محاسبه می‌شود. به شکل‌های ۷٤ – الف تا ۷٤ – ث و ۷٦ – ج و بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱، رجوع شود.

الف – هیچ نوع فن کمکی بین سطوح سه و پنج وجود ندارد.

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} = \Theta_a = \Theta_{sg1} = t_a + 273{,}15$$

عدد ماخ، Ma_3 و نسبت $\frac{\theta_3}{\theta_{sg3}}$ مطابق با بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ محاسبه می‌شود.

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3}\,\frac{\Theta_3}{\Theta_{sg3}}$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3}$$

فشار سکون، P_{sg1} توسط فرمول های زیر به دست می‌آیند: (به بند ۱٤ – ۵ رجوع شود) .

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 F_{M3}\left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن:

$0 \le (\zeta_{3\text{-}1})_3$، ضریب افت اصطکاکی قراردادی بین مقاطع یک‌وسه است که براساس بندهای ۳۰–٦– ٤، ۳۰ – ٦ – ۵ و ۳۰ – ٦ - ٦ محاسبه می‌شود.

(به بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ قسمت الف رجوع شود) .

F_{M3}، ضریب ماخ می‌باشد (به بند ۱٤ – ۵ – ۱ رجوع شود) .

ب – یک فن کمکی بین سطوح پنج و سه وجود دارد (به بند ٣٤ – ٢ – ٣ – ٢ – ١ قسمت ب رجوع شود) .

وقتی که توان پرّه P_{rx}، یا توان الکتریکی P_{ex} در مورد یک موتور غوطه‌ور فن کمکی، اندازه‌گیری می‌شود:

$$\Theta_{sg3} = \Theta_{sg7} + \frac{P_{rx} \text{ or } P_{ex}}{q_m c_p} = \Theta_{sg1}$$

در موارد دیگر درجه حرارت در مجرای ورودی اندازه‌گیری می‌شود و به عنوان درجه حرارت سکون، t_{sg3} فرض می‌گردد. درجه حرارت θ_3 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ١، محاسبه می‌شود و فشار سکون P_{sg1} مانند حالت اول، محاسبه می‌گردد.

فشار P_1 پس از محاسبه عدد ماخ، Ma_1 و نسبت $\frac{\theta_1}{\theta_{sg1}}$ مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٣ – ٢ با $\theta_{sg1} = \theta_{sg3}$ ،تعیین می‌شود.

چگالی ρ_1 مطابق با بند ١٤ – ٤ – ٤ ،محاسبه می‌شود و P_1 به کمک فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

٣٥ – ٥ – ٣ – ٢ – ١ – ٢ فشار ورودی، P_{e3} در محفظه آزمایش، محاسبه می‌شود (به بند ٣٤ – ٣ – ٣ – ٢ – ١ رجوع شود) .

الف – فشار اندازه‌گیری شده در محفظه، فشار مبنا، P_{e3} است.

با فرض اینکه:

$$F_{M3} \approx 1$$

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_{sg1} = \Theta_{sg3} = \Theta_3 = t_3 + 273{,}15$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_W \Theta_3}$$

فشار سکون در مقطع سه، P_{sg3} به کمک فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

ب – فشار اندازه‌گیری شده در محفظه، فشار سکون مبنا،P_{esg3} است.

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

$$\Theta_{sg3} = \Theta_3 = \Theta_{sg1} = t_3 + 273{,}15$$

هیچ نوع حد مجاز افت اصطکاکی برای شبیه‌سازی مجرای ورودی به طول $1D_1$ و $2D_1$ وجود ندارد

و

$$p_{sg1} = p_{sg3}$$

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

هنگامی که شبیه‌سازی مجرای ورودی طولانی تر از $1D_1$ یا $2D_1$ لازم باشد، افت‌های اصطکاکی در این مجرا را ،بایستی مد نظر قرار داد.

فشار سکون، P_{sg1} را به کمک فرمول های زیر به دست می‌آوریم:

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M3.1}\left(\zeta_{3-1}\right)_1$$

یا

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M3.1}\left(\zeta_{3-1}\right)_1$$

که در آن:

ρ_{3-1} = چگالی هوا در مقطع گلوگاه دهانه شیپوری، که براساس بندهای ١٤–٤–٣–٢ و ١٤ – ٤ – ٤ ،محاسبه می‌شود.

F_{M3-1} = ضریب ماخ که مطابق با عدد ماخ Ma_{3-1} ،محاسبه می‌شود.

$(\zeta_{3-1})_3$ = ضریب افت اصطکاکی قراردادی که مطابق با بندهای٣٠ – ٦- ٤ و٣٠ – ٦ – ٥ ،تعیین می‌شود.

$$\left(\zeta_{3-1}\right)_1 = -\Lambda \frac{L}{D_1} \leqslant 0$$

L = طول شبیه سازی مجرای خروجی به قطر D_1

فشار P_1 را می‌توان به کمک فرمول های زیر به دست آورد:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

که در آن، Ma_1 ، ρ_1 و F_{M1} مطابق با بندهای١٤ – ٤ – ٣ – ٢، ١٤ – ٤ – ٤ و ١٤ – ٥ محاسبه می‌شود.

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 F_{M1}$$

٣٥ – ٥ – ٣ – ٢ – ٢ فشار خروجی فن

حد مجاز افت اصطکاکی برای مجرای خروجی وجود ندارد.

$$p_2 = p_a \text{ or } p_{e2} = 0$$

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

فشار سکون، P_{sg2} را می‌توان توسط فرمول های زیر به دست آورد:

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

یا

$$p_{esg2} = \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2 F_{M2}$$

که در آن:

ρ_2، چگالی در خروجی فن می‌باشد.

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

θ_2 و M_{a2} را می‌توان مطابق با بند ۱۴ – ٤ – ۳ – ۱،محاسبه کرد.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیکی فن، P_{sFD} را به کمک فرمول های زیر به دست می‌آوریم:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = - p_{esg1}$$

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$k_\rho = \frac{\rho_1}{\rho_m}$$

۳۵ – ۵ – ۳ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان توسط فرمول زیر به دست می‌آید:

$$q_{vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

که در آن:

$$\rho_{sg1} = \frac{p_{sg1}}{R_w \Theta_{sg1}}$$

۳۵ – ۵ – ۳ – ٤ تعیین توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و کار هوای فن مطابق با روند شرح داده شده در بند ۳٤ – ۳ – ۳ – ٤ ، تعیین می‌شود.

۳۵ – ۵ – ۳ – ۵ تعیین راندمان‌های فن

روند شرح داده شده در یند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۵ ،دنبال می‌شود.

۳۵ – ۵ – ٤ سادەسازی عملیات

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ عدد ماخ مبنا، Ma_{2reF}، کمتر از ۰/۱۵ امّا نسبت فشار بیشتر از ۱/۰۲ است.

در مقطعی از مجرای آزمایش درجه حرارت‌های استاتیک و سکون سیال را معادل در نظر می‌گیرد.

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$\theta_x = \theta_{sgx}$$

و دما در مجرای آزمایش را می‌توان، محاسبه کرد و به عنوان درجه حرارت سکون تعریف نمود.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان براساس روش‌های شرح داده شده در بندهای ۳٤–۲–٤–۱–۱ و ۳٤–۳–٤–۱–۱ ،تعیین می‌شود. امّا ساده سازی زیر را به کار می‌بریم:

درجه حرارت در بالادست جریان سنج را، می‌توان اندازه‌گیری کرد و نیازی به انجام عملیات تکراری نیست.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ – ۱ فشار ورودی، P_{e3} در مجرای آزمایش، اندازه‌گیری می‌شود.

(به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = t_3 + 273{,}15$$

فشار سکون توسط فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

یا

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن $0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ مطابق با بند ۳۵–۵–۳–۲–۱–۱ ،تعیین می‌شود (به بندهای ۳٤–۲–۳–۲–۱ قسمت الف و ۳٤ – ۲ – ۳ – ۲ – ۱ قسمت ب رجوع شود).

فشار P_1 توسط روندهای زیر مشخص می‌شود:

$$(p_1)_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$(\rho_1)_1 = \frac{(p_1)_1}{R_w \Theta_3}$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2(\rho_1)_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2(\rho_1)_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_1 = \frac{p_{sg1} + \sqrt{p_{sg1}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_W \Theta_{sg1}}}{2}$$

$$p_{e1} = p_1 - p_a$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ – ۲ فشار ورودی، P_{e3} یا P_{esg3} در محفظه، محاسبه می‌شود. (به بند ۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ رجوع شود).

اگر P_{e3} اندازه‌گیری شود آنگاه:

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = t_3 + 273{,}15$$

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

که در آن:

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_W \Theta_3}$$

اگر P_{esg3} اندازه‌گیری شود.

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

به طور طبیعی :

$$p_{sg1} = p_{sg3}$$

$$p_{esg1} = p_{esg3}$$

اگر حدود مجاز افت اصطکاکی را مد نظر بگیریم ،روند زیر به کار می رود:

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

یا

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_{3.1}}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

که در آن:

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ = ضریب افت اصطکاکی قراردادی (به بند ۳۵ – ۵ – ۳ – ۲ – ۱ – ۲ رجوع شود).

$$\rho_{3.1} = \frac{p_{3.1}}{R_w \Theta_{sg1}} = \frac{p_{3.1}}{R_w \Theta_{sg3}} \approx \frac{p_{3.1}}{R_w \Theta_1}$$

فشار $P_{3\text{-}1}$ در گلوگاه دهانه شیپوری را می‌توان به کمک روند تکراری مانند بندهای ۱٤ – ۹ – ۱ – ٤ و ۳٤ – ۳ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ ،تعیین کرد.

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_1}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_1 = \frac{p_{sg1} + \sqrt{p_{sg1}^2 - 2\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 R_w \Theta_{sg1}}}{2}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

$$p_2 = p_a \text{ or } p_{e2} = 0$$

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} + \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p} = \Theta_2$$

$$\rho_2 = \frac{p_2}{R_w \Theta_2}$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e2} + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD} و فشار استاتیکی فن را به کمک راوبط زیر به دست می‌آوریم:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = - p_{esg1}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان را از فرمول زیر به دست می‌آوریم :

$$q_{V sg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ٤ تعیین توان هوای فن

کار فن در واحد جرم و توان هوای فن مطابق با بندهای ۳٤ – ۲ – ۳ – ٤ ،تعیین می‌شود.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۵ راندمان‌های فن

راندمان‌های فن را مطابق با بند ۳٤ – ۲ – ۳ – ۵ ،به دست می‌آوریم.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ عدد ماخ مبنا، Ma_{2ref} کمتر از ۰/۱۵ و نسبت فشار کمتر از ۱/۰۲ در مقطعی از مجرای آزمایش دماهای استاتیک و سکون معادل هم در نظر گرفته می‌شوند.

$$\Theta_1 = \Theta_{sg1} = \Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_2 = \Theta_{sg2} = t_3 + 273{,}15$$

$$F_{M1} = F_{M2} = 1$$

$$k_p = 1$$

و روندهای مبتنی بر فرض جریان هوای غیر قابل تراکم در مجرای آزمایش اعمال می‌شود، به جز زمانی که فن کمکی در بالادست جریان فن آزمایش وجود دارد.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۱ اندازه‌گیری دبی جرمی جریان

دبی جرمی جریان را مطابق با بندهای ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۱ و ۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۱ ،تعیین می‌کنیم.

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ تعیین فشار فن

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ فشار ورودی فن

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ – ۱ فشار ورودی، P_{e3} در مجرای آزمایش، اندازه‌گیری می‌شود (به بند ۳٤ – ۲ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = t_3 + 273,15$$

$$\rho_3 = \frac{p_3}{R_w \Theta_3} = \rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_{sg2}$$

فشار سکون در ورودی فن با فرمول های زیر تعیین می‌گردد:

$$p_{sg1} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

یا

$$p_{esg1} = p_{e3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2 \left[1 + (\zeta_{3-1})_3\right]$$

که در آن $0 \leq (\zeta_{3-1})_3$ مطابق با بند ۳۰ – ٦ – ۵ ،تعیین می‌شود.

فشار P_1 را از فرمول های زیر به دست می‌آوریم:

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

یا

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ – ۲ فشار ورودی P_{e3} یا P_{esg3} در محفظه آزمایش، اندازه‌گیری می‌شود (به بند ۳٤ – ۳ – ٤ – ۲ – ۲ – ۱ رجوع شود) .

$$p_3 = p_{e3} + p_a$$

$$\Theta_3 = \Theta_{sg3} = \Theta_{sg1} = \Theta_1 = t_3 + 273{,}15$$

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_3}\right)^2$$

یا

$$p_{sg3} = p_{esg3} + p_a$$

$$\rho_1 = \rho_{sg1} = \rho_3$$

$$p_{sg1} = p_{sg3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

$$p_{esg1} = p_{esg3} + \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2 (\zeta_{3-1})_1$$

$$p_1 = p_{sg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

$$p_{e1} = p_{esg1} - \frac{1}{2\rho_3}\left(\frac{q_m}{A_1}\right)^2$$

که در آن:

$0 \leq (\zeta_{3\text{-}1})_3$ = ضریب افت اصطکاکی قراردادی (به بند ۳۵ – ۵ – ٤ – ۱ – ۲ – ۱ – ۲ رجوع شود)

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ – ۲ فشار خروجی فن

در خروجی فن:

$$p_2 = p_a \text{ or } p_{e2} = 0$$

$$p_{sg2} = p_2 + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

یا

$$p_{esg2} = p_{e2} + \frac{1}{2\rho_2}\left(\frac{q_m}{A_2}\right)^2$$

$$\rho_3 = \rho_2 = \rho_1 = \rho_{sg3}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۲ – ۳ فشار فن

فشار فن، P_{FD}و فشار استاتیکی فن، P_{SFD} از فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = -p_{sg1}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۳ اندازه‌گیری دبی حجمی جریان

دبی حجمی جریان را از فرمول زیر تعیین می‌کنیم:

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

۳۵ – ۵- ٤ – ۲ – ٤ تعیین توان هوای فن

توان‌های هوای فن را به کمک فرمول های زیر به دست می‌آوریم:

$$P_{uD} = q_{Vsg1}\, p_{FD}$$

$$P_{usD} = q_{Vsg1}\, p_{sFD}$$

۳۵ – ۵ – ٤ – ۲ – ۵ تعیین راندمان‌های فن

راندمان‌های فن به کمک فرمول های زیر به دست می‌آیند:

$$\eta_{rD} = \frac{P_{uD}}{P_r}$$

$$\eta_{srD} = \frac{P_{usD}}{P_r}$$

پیوست الف

فشار فن و انواع نصب فن

(اطلاعاتی)

مطابق با بند ۱۸، چهار نوع نصب فن تعریف می‌شود:

الف – نوع اول: ورودی و خروجی آزاد .

ب – نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرا دار .

پ – نوع سوم: ورودی مجرادار و خروجی آزاد .

ت – نوع چهارم: ورودی و خروجی مجرادار .

الف . – ۱ فشار فن

اکنون فشار فن بنا به توافق بین المللی به عنوان اختلاف بین فشار سکون در خروجی فن و فشار سکون در ورودی فن، تعریف می‌شود، یعنی:

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

برای فن‌هایی با خروجی آزاد، وقتی که فن به یک محفظه آزمایش یا یک اطاقک مجزا تخلیه می‌شود، انرژی جنبشی در خروجی فن را از دست رفته تلقی می‌کنیم.

حتی اگر چه انرژی توسط فن تأمین گردد، فشار فن موثر در این مورد، فشار استاتیک فن می‌باشد.

$$p_{sF} = p_{sg2} - p_{d2}\, F_{M2} - p_{sg1} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

الف . ۱ – ۱ فشار فن که در نصب‌های استاندارد به کار برده می‌شود.

تعیین این نوع مقادیر به طبقه‌بندی فن، به نوع نصبآن بستگی دارد. (به بند ۱۸ رجوع شود) و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

الف – نوع اول: ورودی آزاد و خروجی آزاد

$$p_{sFA} = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - p_{sg1}$$

فشار موثر فن، عبارت است از:

با توجه به اینکه:

$$p_{sg2} - \frac{\rho_2 v_{m2}^2}{2} F_{M2} = p_2$$

مقدار $P_2 - P_{sg1}$، فشار استاتیک فن می‌باشد.

$$p_{sFA} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

اگر چه فشار استاتیک فن، P_{SFA} فشار موثر فن برای نصب نوع اول است، فشار فن P_{FA} را می‌توان با فرمول زیر به دست آورد:

$$p_{FA} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

ب – نوع دوم: ورودی آزاد و خروجی مجرا دار

فشار موثر فن فشاری است که با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

و فشار استاتیک فن را از فرمول زیر تعیین می‌کنیم:

$$p_{sFB} = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - p_{sg1} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

پ – نوع سوم: ورودی مجرا دار و خروجی آزاد

فشار موثر فن، فشار استاتیک فن، P_{Sf} می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p_{sFC} = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - p_{sg1} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

فشار فن را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$p_{FC} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

ت – نوع چهارم: ورودی و خروجی مجرا دار

فشار موثر فن، فشار فن است که با فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{esg2} - p_{esg1}$$

فشار استاتیک فن را می‌توان به وسیله فرمول زیر به دست آورد:

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{e2} - p_{esg1}$$

الف . – ۲ محاسبه

الف . – ۲ – ۱ نوع اول

الف – ۲ – ۱ – ۱ محفظه آزمایش ورودی (به شکل‌های ٦٦ و ٦٧ رجوع شود) .

در این حالت فشار موثر فن، فشار استاتیک فن، P_{SFA} است که با فرمول های زیر به دست می‌آید:

$$p_2 = p_a$$

$$p_{sFA} = p_a - p_{sg1} = - p_{esg1}$$

که در آن:

$$p_{sg1} = p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}$$

$$p_{esg1} = p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}$$

عدد ماخ در محفظه آزمایش، Ma_3 به طور طبیعی کمتر از ۰/۱۵ و $F_{M3} = 1$ می‌باشد. فشار فن، P_{FA} از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$p_{FA} = p_a + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - \left(p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} \right) = \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - \left(p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} \right)$$

که در آن، ρ_2 ،V_{m2} ،F_{M2} ،ρ_3 وV_{m3} مطابق با بندهای ١٤ – ٤، ١٤ – ٥، ١٤ – ٦ یا ١٤ – ٩ محاسبه می‌شوند.

الف – ۲ – ۱ – ۲ محفظه آزمایش خروجی

وقتی یک فن، در حال کشیدن هوا، از محفظه آزمایش یا فضای اتمسفری ورودی آزاد به داخل می‌باشد (به شکل ٦٩ – الف و ٦٩ – ب رجوع شود)، فشار سکون ورودی با فشار اتمسفری معادل می‌شود.

$$p_2 = p_4$$

$$p_{sg1} = p_a$$

و فشار موثر فن، فشار استاتیک فن است.

$$p_{sFA} = p_4 - p_a = p_{e4}$$

فشار فن از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$p_{FA} = p_4 + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - p_a = p_{e4} + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2}$$

که در آن ρ_2، V_{m2} و F_{M2} مطابق با بندهای ۱۴ – ۴، ۱۴ – ۵، ۱۴ – ۶ یا ۱۴ – ۹ ،محاسبه می‌شوند.

یادآوری – اندازه محفظه خروجی نسبت به اندازه فن بسیار بزرگ است (معادل با بزرگی فضای آزاد) ، مساحت سطح مقطع حداقل ۲ یا در غیر این صورت ۳/۲ برابر مساحت سطح مقطع محفظه آزمایش ورودی می‌باشد،و به نوع محفظه برای همان فن بستگی دارد.

الف. – ۲ – ۲ نوع دوم

فن هوا را از محفظه آزمایش یا از فضای اتمسفری می‌کشد.

$$P_{sg1} = P_a$$

در این حالت فشار موثر فن، فشار فن است که با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$p_{FB} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_{sg2} - p_a = p_{esg2}$$

و

$$p_{sg2} = p_4 + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2} F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

$$p_{esg2} = p_{e4} + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2} F_{M4} \left[1 + (\zeta_{2-4})_4\right]$$

و فشار استاتیک فن توسط فرمول های زیر داده می‌شود:

$$p_{sFB} = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - p_a$$

$$= p_{esg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2}$$

که در آن P_4، V_{m4}، F_{M4}، P_2، V_{m2} و F_{M2} مطابق با بندهای ۱۴ – ۴، ۱۴ – ۵، ۱۴ – ۶ یا ۱۴ – ۹ ،محاسبه می‌شود.

الف . – ۲ – ۳ نوع سوم

در این حالت فشار موثر فن، فشار استاتیک فن است ،که می‌تواند با عبارت های زیر تعیین شود:

$$p_2 = p_a$$

$$p_{sFC} = p_2 - p_{sg1} = p_a - \left\{ p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3} \left[1 + (\zeta_{3-1})_3 \right] \right\}$$

$$= - \left\{ p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3} \left[1 + (\zeta_{3-1})_3 \right] \right\}$$

و فشار فن را از فرمول زیر به دست می‌آوریم:

$$p_{FC} = p_a + \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - \left\{ p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3} \left[1 + (\zeta_{3-1})_3 \right] \right\}$$

که در آن ρ_3 ،V_{m3} ،F_{M3} ،ρ_2 ،V_{m2} و F_{M2} مطابق با بندهای ۱۴ – ۴، ۱۴ – ۵، ۱۴ – ۶ یا ۱۴ – ۹، محاسبه می‌شود.

الف . ۲ – ۴ نوع چهارم

در این حالت، فشار موثر فن، فشار فن است، که با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$p_{FD} = p_{sg2} - p_{sg1} = p_4 + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2} F_{M4}\left[1+\left(\zeta_{2-4}\right)_4\right] - \left\{p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

$$= p_{e4} + \rho_4 \frac{v_{m4}^2}{2} F_{M4}\left[1+\left(\zeta_{2-4}\right)_4\right] - \left\{p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

و فشار استاتیک فن را از فرمول زیر تعیین می‌کنیم:

$$p_{sFD} = p_2 - p_{sg1} = p_{sg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - \left\{p_3 + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

$$= p_{esg2} - \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} F_{M2} - \left\{p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} F_{M3}\left[1+\left(\zeta_{3-1}\right)_3\right]\right\}$$

که در آن ρ_4 ،V_{m4} ،F_{M4} ،ρ_3 ،F_{M3} ،ρ_2 ،V_{m2} ،F_{M3} مطابق با بندهای ۱٤ – ٤،۱٤ – ٥، ۱٤ – ٦ یا ۱٤ – ۹ ،تعیین می‌شوند.

یادآوری - $(\zeta_{3-1})_3$ و P_{e3} معمولاً منفی هستند.

پیوست ب

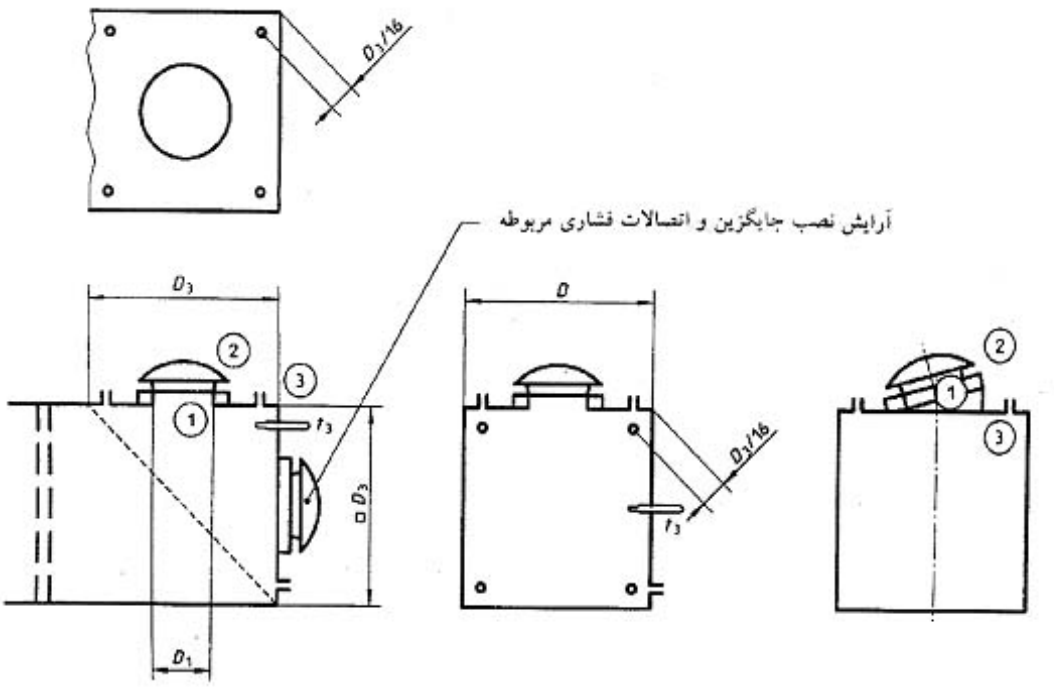
دستگاه‌های تهویه هوای خروجی پشت بام مجهز به فن

(الزامی)

ب . – ۱ به منظور برآوردن نیازهای نصب خاص برای دستگاه‌های تهویه خروجی سقف مجهز به فن،هنگامی که این واحدهای دارای درب‌های کنترل شده با جاذبه هستند، بایستی در وضعیت نصب صحیح آزمایش شوند. لازم است که از ترکیب استاندارد نصب کمی انحراف داشته باشیم.

شکل‌های ب . – ۲ و ب . – ۳ دو گونه متفاوت را نشان می‌دهند، که تنها برای این نوع از دستگاه‌های مجاز می‌باشند.

ب . – ۲ شکل ب . – ۱ یک اصلاح را نشان می‌دهد، که شامل شیب‌دار کردن صفحه پایانی به اندازه ٤٥ درصد از بیشینه سطح آزاد می‌باشد و موقعیت نصب تناوبی دستگاه را، نشان می‌دهد .



یادآوری ۱ – باقیمانده مدارهای آزمایش مانند شکل‌های ۷۰ – الف تا ۷۰ – ج می‌باشد.

یادآوری ۲ – $D_1 \leq 1/2D_3$ وقتی که D_1 قطر شکاف در سقف یا قسمت بزرگتر شکاف مستطیلی است

یادآوری ۳ – اندازه‌گیری‌ها و محاسبات بایستی بر اساس بند ۳۲ – ۲ انجام شود.

شکل ب . – ۱ دستگاه تهویه هوای خروجی سقف مجهز به فن روی یک محفظه ورودی
آرایش نصب جایگزین و اتصالات فشاری مربوطه

ب . – ۳ یک نوع دیگر از استفاده مجاز بازگذاری صفحه‌ای در پایانه خروجی نازل ورودی مطابق با آزمایش‌های نوع سوم مانند شکل ب . – ۲ است.

این تغییر وضعیت دستگاه کنترل همراه با استفاده از یک انبساط کنترل شده در محفظه باعث می‌شود که یک صفحه منفرد قطری با شیب ٤٥ درصد از بیشینه سطح آزاد در محفظه مورد استفاده قرار گیرد. در حالتی که محفظه ورودی بسیار بزرگ است، استفاده از یک صفحه قطری غیر عملی می‌باشد، این صفحه را می‌توان حذف کرد به شرطی که بتوان اثبات کرد که در کل محدوده دبی‌های حجمی جریان

هوا که مورد بررسی قرار می‌گیرند، جریان هوایی که به فن تحت آزمایش اعمال می‌شود دارای پروفیل سرعت کاملاً یکنواخت و بدون چرخش باشد.

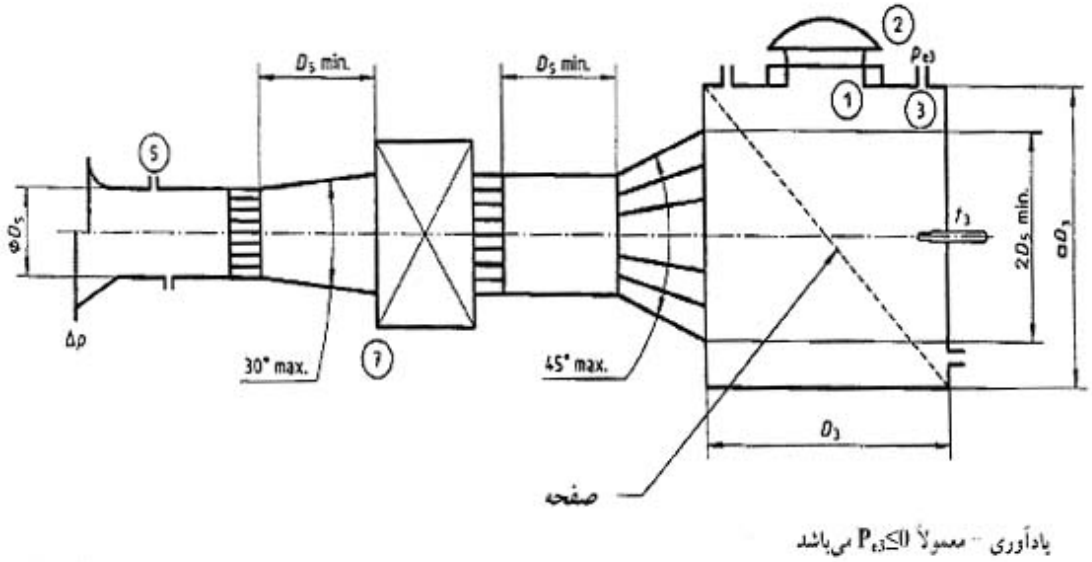
مدار آزمایش در شکل ب . – ۲ نشان داده شده است.

ΔP، P_{e3} و t_3 را اندازه‌گیری کنید و t_u را با t_a مساوی قرار دهید.

$$p_{e2} = 0$$

$$p_{esg3} = p_{e3} + \rho_3 \frac{v_{m3}^2}{2} = p_{esg1}$$

$$P_{e3} \leqslant 0$$



یادآوری – معمولاً P_{e3} منفی می‌باشد

شکل ب. ۲ – دستگاه تهویه هوای خروجی سقف مجهز به فن روی نصب نوع سوم

پیوست پ

محاسبه مستقیم P_{sgn} و P_n در مقطع n فن – نصب‌های نوع دوم و سوم و چهارم

(اطلاعاتی)

پ . – ۱ کلیات

بند ١٤ – ٦ روشی را برای محاسبه فشار سکون در مقطع مبنای n فن ($n= 1$ یا $n=2$) از فشار استاتیک، P_{ex} اندازه‌گیری شده در مقطع x مجرای آزمایش، نشان می‌دهد.

این روش نیاز به محاسبه موارد زیر دارد:

- عدد ماخ، Ma_x در مقطع x (به بندهای ١٤ – ٤ – ٣ – ١ و ١٤ – ٤ – ٣ – ٢ رجوع شود) .
- چگالی هوا در این مقطع (به بند ١٤ – ٤ – ٤ رجوع شود) .
- ضریب ماخ F_{Mx} (به بند ١٤ – ٥ – ١ رجوع شود) .
- ضریب افت اصطکاکی قراردادی، $(\zeta_{n-x})_x$ (به بند ٣٠ – ٦ رجوع شود) .

می‌توان روش مستقیمی را که در این پیوست شرح داده شده‌است به کار برد، نتایج بیشتر از 1×10^{-3} برای فشار فن، P_f که مطابق با بندهای ١٤ – ٤، ١٤ – ٥ و ١٤ – ٦ محاسبه شده‌است متفاوت نمی‌باشد.

پ . – ۲ محاسبه فشار سکون، P_{sgn} . فشار p_n

مقادیر زیر معلوم هستند:

- دبی جرمی جریان ، q_m
- فشار اتمسفری، P_a .
- فشار معیار در مقطع اندازه‌گیری مجرای آزمایش، P_{ex}

- دمای سکون ورودی، θ_{sg1} .
- توان پرّه، P_r یا توان یا توان ورودی موتور، P_e .
- مساحت مقطع اندازه‌گیری، A_x
- مساحت مقطع مبنای فن، A_n ($n = 1$ یا $n = 2$) .

درجه حرارت سکون، θ_{sg2} با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\Theta_{sg2} = \Theta_{sg1} \frac{P_r \text{ or } P_e}{q_m c_p}$$

پس از محاسبه θ_x مطابق با بند ۱۴ – ۴ – ۳ – ۱

$$p_x = p_a + p_{ex}$$

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \Theta_x}$$

با فرض آنکه :

$$p^* = p_n / p_x$$

$$\rho^* = \rho_n / \rho_x$$

$$n_1 = (A_n / A_x)^2$$

$$\gamma_1 = \frac{\kappa - 1}{2\kappa} \frac{q_m^2}{A_x^2 p_x \rho_x}$$

* ρ ریشه فرمول زیر می‌باشد:

$$F(\rho^*) = B_3 \rho^{*3} - B_2 \rho^{*2} + B_1 \rho^* + B_0 = 0$$

که در آن :

$$B_3 = n_1\left\{1+\gamma_1\left[1-\frac{\kappa}{2(\kappa-1)}\left[1+(\zeta_{n-x})_x\right]\right]\right\}$$

$$B_2 = n_1\left\{1+\gamma_1\left[\frac{\kappa}{2(\kappa-1)}\right]\left[1+(\zeta_{n-x})_x\right]\right\}$$

$$B_1 = \gamma_1\left[\frac{2-\kappa}{2(\kappa-1)}\right]$$

$$B_0 = \gamma_1\left[\frac{\kappa}{2(\kappa-1)}\right]$$

$(\zeta_{n-x})_x$ = ضریب افت اصطکاکی برای مجرای آزمایش بین مقاطع n و x ،که برای مقطع x ،محاسبه شده است (به بند ۳ – ٦ رجوع شود) .

همراه با:

$(\zeta_{n-x})_x>0$ برای مجرای خروجی: $n = 2$ و $n = 4$.

$(\zeta_{n-x})_x<0$ برای مجرای ورودی: $n = 1$ و $n = 3$.

برای حل معادل $F(\rho^*) = 0$ یک روند تکراری همراه با روش نیوتن – رافسون، به کار می‌رود. اگر از اولین تقریب شروع کنیم:

$$(\rho^*)_1 = 1$$

تقریب $(P+1)$ ام با فرمول زیر داده می‌شود:

$$\left(\rho^*\right)_{p+1} = \left(\rho^*\right)_p - \frac{F\left(\rho^*\right)_p}{F'\left(\rho^*\right)_p}$$

که در آن :

$$F'(\rho^*) = 3B_3\rho^{*2} - 2B_2\rho^* + B_1$$

به طور طبیعی سه تکرار لازم است تا ρ^* به دست آید.

ضریب ρ^* با فرمول زیر داده می‌شود:

$$p^* = \rho^*(1+\gamma_1) - \frac{\gamma_1}{n_1 \rho^*}$$

و

$$p_n = p_x \cdot p^*$$

$$\rho_n = \rho_x \cdot \rho^*$$

فشار سکون را به کمک فرمول زیر به دست می‌آوریم:

$$p_{sgn} = p_n\left(1 + \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{q_m^2}{2A_n^2 p_n \rho_n}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

پ . – ۲ – ۱ فشار سکون، P_{sgn} و درجه حرارت سکون، θ_{sgn} معلوم هستند.

با فرض اینکه:

$$m^2 = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{q_m^2}{2A_n^2 p_{sgn} \rho_{sgn}}$$

$$\Theta^* = \frac{\Theta_{sgn}}{\Theta_n}$$

که در آن θ^* ریشه و جواب فرمول زیر است:

$$F(\Theta^*) = m^2 \cdot \Theta^{*\frac{\kappa+1}{\kappa-1}} - \Theta^* + 1$$

از روند تکراری با استفاده از روش نیوتن – رافسون ،استفاده می‌شود تا θ^* را ،محاسبه کنیم.

$$(\Theta^*)_1 = 1$$

اگر از $(\theta^*)_1 = 1$ شروع کنیم، تقریب $(P+1)$ ام با فرمول زیر داده می‌شود:

$$(\Theta^*)_{(p+1)} = (\Theta^*)_p - \frac{F(\Theta^*)}{F'(\Theta^*)}$$

که در آن:

$$F'\left(\Theta^*\right)=\frac{\kappa+1}{\kappa-1}m^2\Theta^{*\frac{2}{\kappa-1}}-1$$

سه تکرار، θ^* را به ما می‌دهد.

$$\Theta_n=\frac{\Theta_{sgn}}{\Theta^*}$$

$$p_n=\frac{p_{sgn}}{\Theta^{*\frac{\kappa}{\kappa-1}}}$$

$$\rho_n=\frac{\rho_{sgn}}{\Theta^{*\frac{1}{\kappa-1}}}$$

پ . – ۲ – ۲ فشار، P_n و درجه حرارت سکون θ_{sgn} معلوم هستند (به بند ۱٤ – ٤ – ۳ – ۱ رجوع شود) .

با فرض اینکه:

$$M^2=\left(\frac{q_m}{A_x}\right)^2\frac{\kappa-1}{2\kappa}\frac{R_w\Theta_{sgn}}{p_n^2}$$

$$\frac{\Theta_{sgn}}{\Theta_n}=\frac{1+\sqrt{\left(1+4M^2\right)}}{2}$$

پیوست ت

فضای خروجی فن در مورد یک محور تخلیه غیر افقی

(اطلاعاتی)

در نصب‌های نوع دوم یا چهارم برای فن‌های گریز از مرکزی بزرگ یا فن‌هایی با توان بالا که دارای محور تخلیه غیر افقی می‌باشند، پس از توافق بین تولید کننده و خریدار، می‌توان یک زانویی را بین خروجی فن و بخش مشترک با اتصالات فشاری قرار داد.

این زانویی، بایستی با مشخصات داده شده در شکل ت. – ۱، سازگار باشد.

زاویه بین محور تخلیه و محور مجرای آزمایش استاندارد ،بایستی تا حد امکان کوچک باشد. مقطع این زانویی بایستی بین مقاطع A_2 و A_4 قرار گیرد و هم چنین دارای سطح مقطع یکنواخت با پرّه‌های شکاف دهنده باشند.

ضریب افت اصطکاکی قراردادی با فرمول زیر داده می‌شود:

$$(\zeta_c)_4 = \left[\frac{\chi}{2\pi}\left(\frac{h}{b}\right)^{\frac{1}{6}}\right]\left(\frac{A_4}{A_c}\right)^2$$

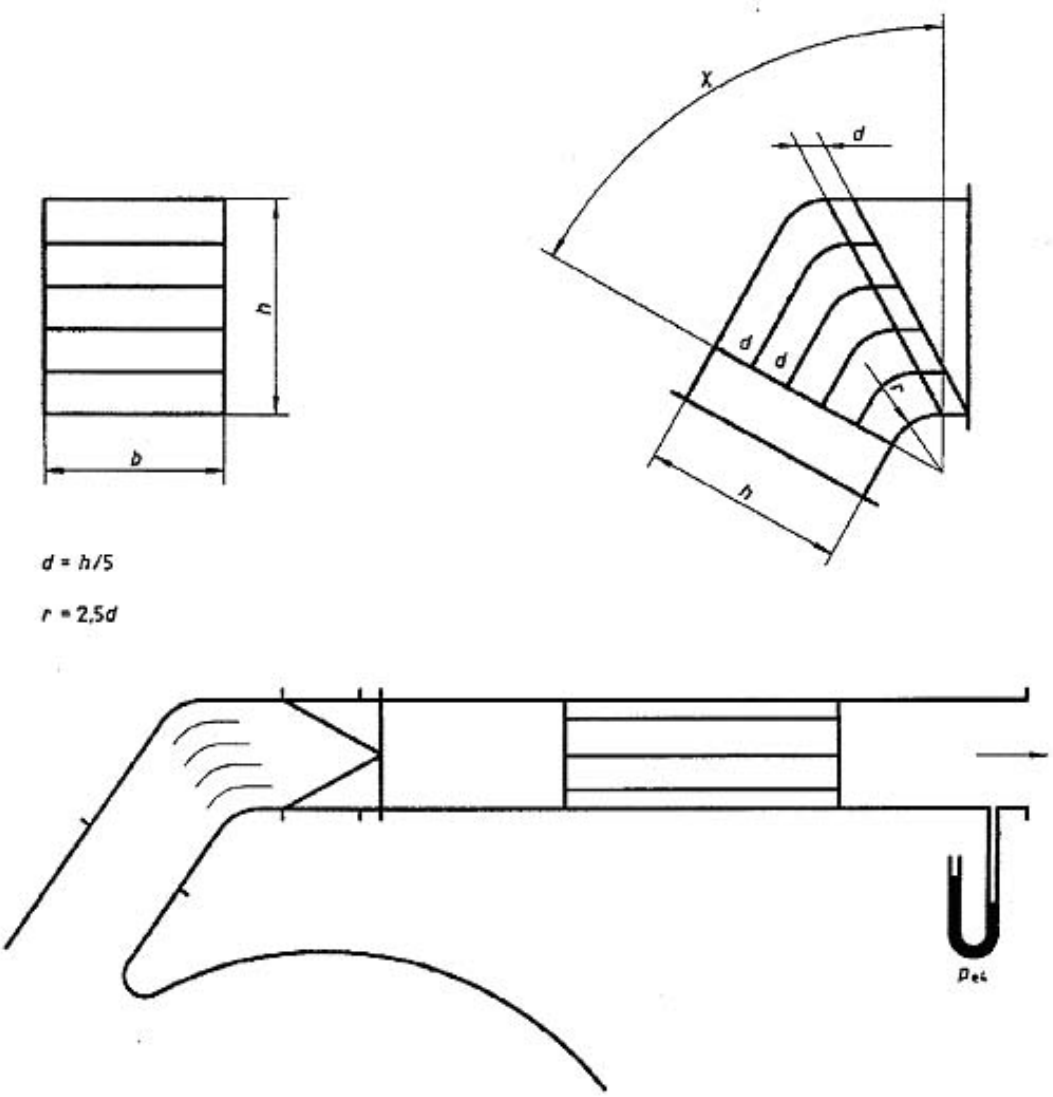
که در آن:

A_c = مساحت تقاطع ورودی و خروجی این زانویی .

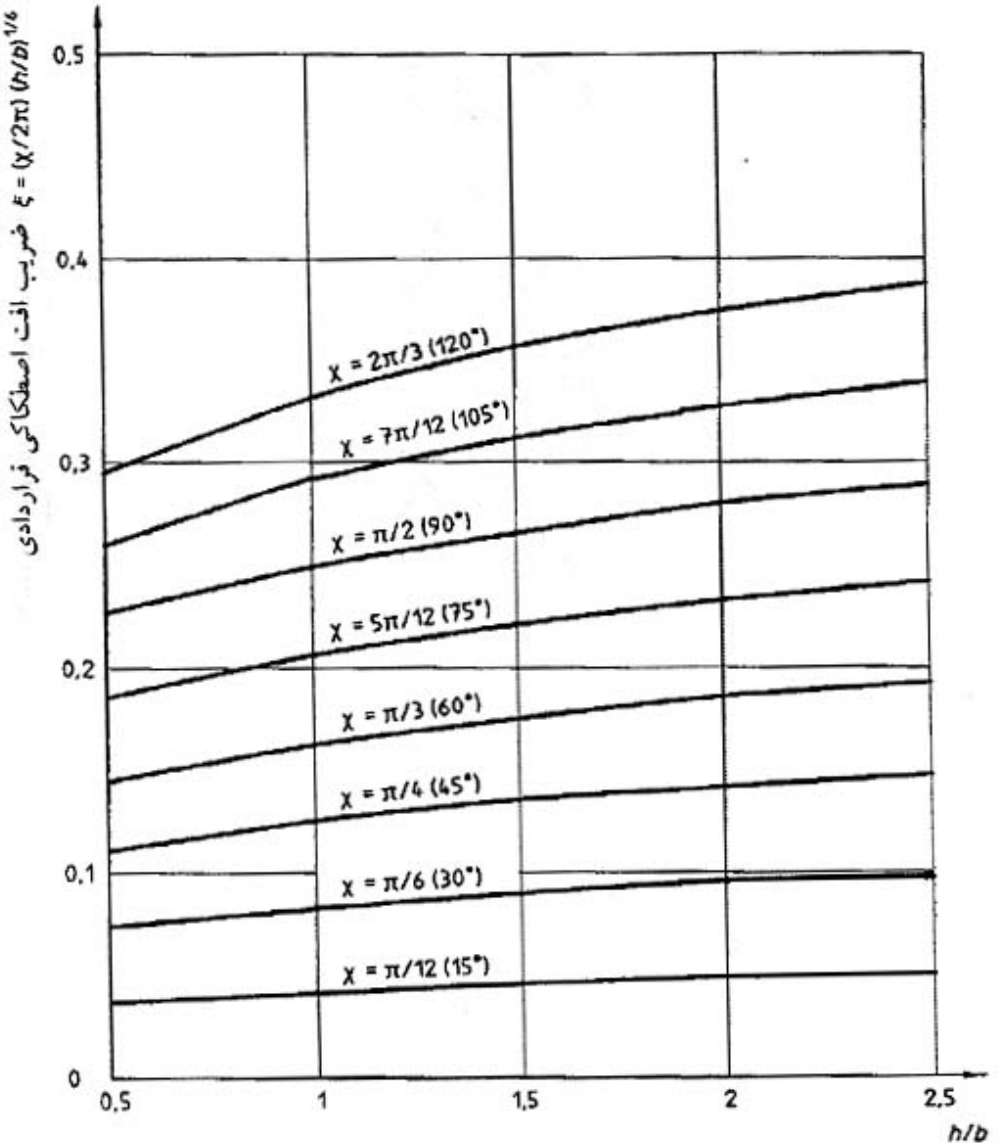
x= زاویه زانویی بر حسب رادیان .

$(\zeta c)_4$ = ضریب افت اصطکاکی قراردادی زانویی که برای مقطع چهار محاسبه می‌شود.

$\frac{x}{2\pi}(\frac{h}{n})^{1/6}$، در شکل ت. – ۲ به عنوان تابعی از $(\frac{h}{b})$ و X رسم می‌شود.



شکل ت . – ۱ ابعاد زانویی خروجی برای آزمایش فن های گریز از مرکز بزرگ



شکل ت . – ۲ تغییر $\frac{x}{2\pi}(\frac{h}{b})^{1/6}$ برای محاسبه افت فشار در زانوی خروجی

پیوست ث

کتابنامه

(اطلاعاتی)

[۱] ISO/TR8428: تاثیر تراکم پذیری سیال روی فن‌های صنعتی .

[۲] ANSI/AMCA 210 - 85:1985: روش‌های آزمایشگاهی، آزمایش فن‌ها برای کالیبراسیون (هم چنین طرح ANSI / ASHRAE51 - 1985).

[۳] BS848-1:1980 – فن‌ها برای کاربرد عمومی – بخش اول: روش‌های آزمایش عملکرد .

[٤] DIN24163-2:1985 فن‌ها – آزمایش عملکرد – بخش ۲: مجراهای استاندارد شده.

[٥] NFX 10-200:1986 فن‌های صنعتی - قوانین آزمایش عملکرد ورودی آزاد، مجرادار و فن‌های کاملاً مجرادار با استفاده از مجراهای آزمایش – "روش Caisson reduit" در خروجی .

[٦] ESI - 100:1983(AFNOP) فن‌های صنعتی – اثر تراکم سیال.

ICS: 23.120